



Ergonomiekompodium

Anwendung Ergonomischer Regeln und Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten

M. Adler, H.-J. Herrmann, M. Koldehoff, V. Meuser, S. Scheuer,
H. Müller-Arnecke, A. Windel, T. Bleyer

Ergonomiekompodium

Anwendung Ergonomischer Regeln und
Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten

M. Adler, H.-J. Herrmann, M. Koldehoff, V. Meuser,
S. Scheuer, H. Müller-Arnecke, A. Windel, T. Bleyer

Impressum

M. Adler, H.-J. Herrmann, M. Koldehoff, V. Meuser, S. Scheuer,
H. Müller-Arnecke, A. Windel, T. Bleyer:
**Ergonomiekompodium. Anwendung Ergonomischer Regeln und
Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten**

Herausgeber:

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Friedrich-Henkel-Weg 1 – 25

44149 Dortmund

Telefon +49 231 9071 - 0

Fax +49 231 9071 - 2454

E-Mail poststelle@baua.bund.de

Internet www.baua.de

Redaktion: Tobias Bleyer

Textbearbeitung und Satz: KONTEXT Oster & Fiedler, Hattingen

Fotos: Hold, Rademacher (BAuA), TÜV Rheinland

Alle Rechte einschließlich der fotomechanischen Wiedergabe und des
auszugsweisen Nachdrucks vorbehalten.

1. Auflage, Dortmund 2010

ISBN 978-3-88261-118-2

Inhaltsverzeichnis

Kurzreferat	7	
Abstract	7	
Résumé	8	
1	Einführung	9
1.1	Ziele und Zielgruppen	9
1.2	Aufbau des Kompendiums	10
1.3	Anwendungshinweise	12
2	Grundlagen	13
2.1	Einführung in die Ergonomie	13
2.1.1	Ergonomie und Gebrauchstauglichkeit	13
2.1.2	Definitionen und Begriffe	15
2.2	Teildisziplinen	15
2.2.1	Anthropometrie	16
2.2.2	Biomechanik	19
2.2.3	Wahrnehmung und Sinnesleistung	25
2.2.4	Informationsverarbeitung	30
3	Verfahrensweisung	37
3.1	Konzepte	37
3.1.1	Nutzungskontext	37
3.1.2	Komponentenbetrachtung	38
3.1.3	Kategorisierung von Produktanforderungen	40
3.2	Ablauf einer Prüfung	46
3.2.1	Vorbereitung	46
3.2.2	Durchführung	47
3.2.3	Dokumentation	51
3.2.4	Zuordnung der Prüfbausteine zum Prüfablauf	51
4	Prüf- und Bewertungsmethoden	53
4.1	Methodische Grundlagen	53
4.1.1	Checklisten	53
4.1.2	Fragebögen	54
4.1.3	Heuristische Evaluationen	55
4.1.4	Benutzertest	56
4.2	Prüfbaustein I – Nutzungskontext	62
4.2.1	Komponenten des Nutzungskontextes	63
4.2.2	Erfassung des Nutzungskontextes	64
4.2.3	Dokumentation und Validierung des Nutzungskontextes	65
4.2.4	Auswertung des Nutzungskontextes	66
4.3	Prüfbaustein II – Inspektion	68
4.4	Prüfbaustein III – Komponentenprüfung	70
4.4.1	Anzeigen und Beschriftungen	70
4.4.2	Bedien- und Stellteile	82
4.4.3	Griffe/Greifflächen	97
4.4.4	Bewegungsabläufe und Körperhaltungen	110
4.4.5	Dialoggestaltung	124

4.5	Prüfbaustein IV – Gesamtbewertung	131
4.5.1	Erhärtungsprüfung	131
4.5.2	Gewichtung	135
4.5.3	Dokumentation der Ergebnisse	136
4.6	Prüf- und Messmittel	137
4.6.1	Messungen an Anzeigen und Beschriftungen	137
4.6.2	Messungen zu Bedien- und Stellteilen	145
4.6.3	Messungen zu Griffen und Greifflächen	147
4.6.4	Messungen von Körperhaltungen und Bewegungsabläufen	149
4.6.5	Messunsicherheiten	152
5	Arbeitshilfen	157
5.1	Glossar	158
5.2	Datensammlungen/Hilfsmittel	161
5.2.1	Anthropometrische Daten	161
5.2.2	Biomechanische Daten	164
5.2.3	Stellteiltypen	166
5.2.4	Checklisten	172
5.3	Normen	176
5.3.1	Physikalische Ergonomie	176
5.3.2	Kognitive Ergonomie	180
5.3.3	Organisationsergonomie	181
5.3.4	Übergreifende/sonstige Normen	182
5.4	Literatur	184
5.5	Anwendungsbeispiele	188
5.5.1	Navigationsgerät	188
5.5.2	Staubsauger	199

Ergonomiekompodium

Anwendung Ergonomischer Regeln und Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten

Kurzreferat

Dieses Kompodium enthält Verfahren zur praktischen Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten. Ausgehend von den Grundlagen der Ergonomie werden die wichtigsten Begriffe und Definitionen der Ergonomie und der Gebrauchstauglichkeit behandelt, die für eine Produktprüfung erforderlich sind. Das zentrale Element der Gebrauchstauglichkeitsprüfung bildet der Nutzungskontext. Aus diesem werden die für die Gebrauchstauglichkeit relevanten Aspekte für die quantifizierbaren Produktanforderungen systematisch konkretisiert. Als Ergebnis wurde festgestellt, dass eine Einteilung der Gebrauchstauglichkeitselemente in die fünf Hauptkategorien Anzeigen, Bedien- und Stellteile, Griffe und Greifflächen, Bewegungsabläufe und Körperhaltungen sowie die Dialoggestaltung einen sinnvollen, praktikablen Ansatz darstellt, Produktanforderungen für die Ergonomie und die Gebrauchstauglichkeit effizient zu ermitteln. Für die Durchführung einer Gebrauchstauglichkeitsprüfung wurde ein Prüfschema entwickelt, das auf jahrelangen Erfahrungen der Produktprüfung von technischen Arbeitsmitteln und Verbraucherprodukten bei der TÜV Rheinland Group aufbaut, dies unter Einbeziehung aktueller wissenschaftlicher Kenntnisse der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und dem Stand der Technik und der Normung. Ziel war es, ein für den Prüfer möglichst effizientes, zielgerichtetes und universelles Verfahren mit allen Ansprüchen an eine validierte Prüfaussage zu erreichen, welches internationalen Ansprüchen an ein dokumentiertes Produktprüfverfahren standhält. Aus diesem Grund wurde die Dokumentation des Prüfverfahrens in Form einer Verfahrensanweisung für den praxiserprobten Prüfer erstellt. Im Anhang des Kompodiums finden sich entsprechende Praxisbeispiele für allgemein genutzte technische Arbeitsmittel.

Schlagwörter:

Anthropometrie, Anzeigen, Bedien- und Stellteile, Benutzer, Benutzertest, Bewegungsabläufe/ Körperhaltungen, Dialoggestaltung, Ergonomie, Gebrauchstauglichkeit, Griffe und Greifflächen, Heuristische Evaluation, Komponenten, Nutzungskontext, Prüfverfahren, Prüfbausteine, Prüf- und Messmittel, Verfahrensanweisung

Application of ergonomic rules and assessment of usability of products

Abstract

This compendium comprises processes for practical testing of the usability of products for their intended use. Based on the principles of ergonomics, the most important terms and definitions of ergonomics and usability required for a product test are dealt with. The central element of the usability test is represented by the context of use. Based on this, the relevant aspects of usability for the intended use are systematically put into concrete terms for quantifiable product requirements. As a result, it was determined that a division of the usability elements into the five main categories like visual displays, operating and regulating elements, handles and grip surfaces, motion procedures and body positions, as well as design of dialogs, represent a sensible and practical approach to efficiently determine product requirements of ergonomics and usability for the intended use. A test schematic for the implementation of a usability test was developed on the basis of many years of experience in product testing of technical equipment and consumer products at TÜV Rheinland Group, while taking into account current scientific findings by the Federal Institute für Occupational Safety and Health (BAuA) and the state-of-the-art as well as standardization. In these efforts, one of the objectives was to achieve the best possible efficient, targeted and universal process meeting all demands made on a validated test statement, and fulfilling international requirements on a documented product test method. For that reason, the documentation of the test methods was prepared in form of a documented working instruction

for test personnel with practical experience. The annex of the compendium contains corresponding practical examples for generally used technical equipment.

Key words:

Anthropometry, displays, operating and regulating elements, user, user test, motions/body positions, dialog design, ergonomics, usability, handles and grip surfaces, heuristic evaluation, components, context of use, test method, test modules, test and measuring equipment, working instruction

Application de règles d'ergonomie et test d'utilisabilité de produits

Résumé

Ce précis comprend des procédures de contrôle pratique de l'aptitude à l'emploi de produits. Partant du principe des fondements de l'ergonomie, il y est traité des notions et des définitions les plus importantes de l'ergonomie et de l'aptitude à l'emploi nécessaires au contrôle des produits. Le contexte d'utilisation forme l'élément central du contrôle d'aptitude à l'emploi. A partir de ce contexte, les aspects pertinents en matière d'aptitude à l'emploi sont concrétisés systématiquement pour les exigences quantifiables pour les produits. Comme résultat, il a été constaté qu'une répartition des éléments d'aptitude d'emploi en cinq catégories principales: affichages, organes de commande et de réglage, poignées et surfaces de préhension, processus de mouvement et postures ainsi que forme du dialogue représente une base intelligente et praticable pour déterminer les exigences de produits en matière d'ergonomie et aptitude à l'emploi. Pour la réalisation d'un contrôle d'aptitude à l'emploi, un schéma de contrôle a été mis au point, il est structuré sur la base d'expériences accumulées pendant des années sur le contrôle de produits pour les moyens de travail techniques et les produits de consommation au TÜV Rheinland Group et ce, en intégrant les connaissances scientifiques actuelles de la BAuA [Office fédéral de la protection et de la médecine du travail] et le niveau d'avancement de la technique et de la normalisation. Ici, le but était de trouver une procédure la plus efficace possible pour le testeur, orientée vers l'objectif et universelle répondant à toutes les exigences formulées à une déclaration de contrôle, ce qui répond aux exigences internationales d'un procédé de vérification de produit valable. C'est la raison pour laquelle, le procédé de vérification a été documenté sous la forme d'une instruction de procédé pour le testeur expérimenté. En annexe du précis figurent des exemples pratiques correspondants pour les moyens de travail techniques à usage général.

Mots clés:

Anthropométrie, affichages, organes de commande et de réglage, utilisateur, test utilisateur, processus de mouvement/postures, forme du dialogue, ergonomie, aptitude à l'emploi, poignées et surfaces de préhension, évaluation heuristique

1 Einführung

1.1 Ziele und Zielgruppen

Ziel und Gegenstand dieses Kompendiums ist es, einen allgemein gültigen, ergonomischen Anforderungskatalog sowie ein darauf basierendes Prüfschema anzubieten. Dieses Prüfschema erlaubt es, die Qualität von Arbeitsmitteln, aber auch von Geräten des privaten Bereiches zu evaluieren und leistet damit einen Beitrag zur Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit. Vor dem Hintergrund der Gestaltungsziele von Produkten zielt dieses Kompendium somit auch auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Benutzer.

Zielgruppe dieses Kompendiums sind vornehmlich Personen, die Produkte auf Gebrauchstauglichkeit prüfen; entsprechendes ergonomisches Hintergrundwissen wird vorausgesetzt. Aber auch für Produktentwickler bietet das Kompendium Hilfen in den unterschiedlichen Phasen der Produktentwicklung und speziell bei der Auswahl von Designvarianten.

Das Kompendium umfasst eine Analyse und Zusammenstellung der Anforderungen und Verfahren, die zurzeit in Normen oder anderen Literaturquellen dokumentiert sind. Aufbauend auf dem derzeitigen Stand wurde aus den vorhandenen Informationen und den praktischen Erfahrungen im Bereich der Produktprüfungen ein Prüfschema entwickelt, das universell einsetzbar ist und auf das jeweilige zu betrachtende Prüfobjekt adaptiert werden kann.

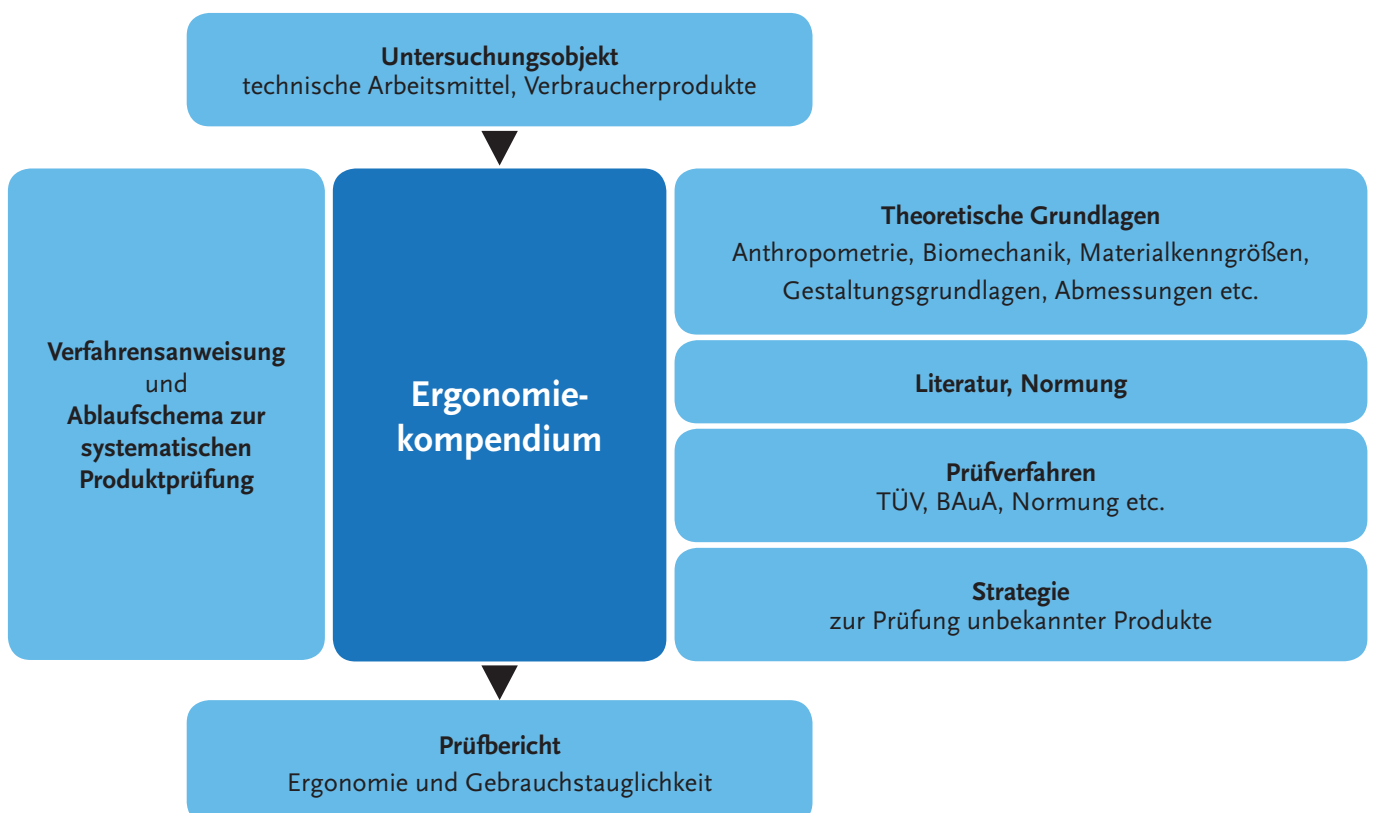


Abb. 1.1: Rahmen des Kompendiums

Dieser Bericht wurde gemeinsam von Ergonomieexperten der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und des TÜV Rheinland erstellt. Ergonomische Grundlagen wurden lediglich umrissen, um die praxisrelevanten Themen der Verfahren zur Prüfung und Bewertung der Gebrauchstauglichkeit in den Vordergrund zu stellen. Besonderer Wert wurde auf ein breites Prüffeld mit unterschiedlichsten Produkten gelegt, um eine universelle Anwendbarkeit zu gewährleisten. Die beschriebenen Verfahren zeigen daher beispielhaft Produktprüfungen aus verschiedenen Bereichen technischer Arbeitsmittel: Maschinen, Werkzeuge, informationstechnische Produkte und Haushaltsgeräte. Auch die Prozesse und Erkenntnisse zur Gebrauchstauglichkeit von Labor- und Medizingeräten sind in Teilen berücksichtigt.

Diese Arbeit kombiniert die Prozesse und deren Beschreibungen in Verfahrensanweisungen und Ablaufschemata mit den Eingaben theoretischer Grundlagen wie Literatur, Normung, Prüfverfahren und Prüfstrategien, um für ein Untersuchungsobjekt einen validierten Prüfbericht über die Ergonomie und Gebrauchstauglichkeit zu erhalten.

1.2 Aufbau des Kompendiums

Das Kompendium gliedert sich in folgende fünf Kapitel:

Kapitel 1 Einführung

Die Einleitung führt in Kürze in das Kompendium ein. Sie beschreibt die Ziele und die damit verbundenen Grenzen, d. h. was dieses Kompendium nicht leisten kann bzw. will.

Kapitel 2 Grundlagen

Die Grundlagen enthalten eine kurze Einführung in die Ergonomie sowie in die im Kompendium verwendeten Begriffe und Definitionen. Es werden grundsätzliche Informationen zu den Teilaspekten Anthropometrie, Biomechanik, Wahrnehmung, Sinnesleistung und Informationsverarbeitung angeboten. Diese Informationen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit - das würde den Rahmen dieses Kompendiums sprengen - liefern aber das immer wieder benötigte Basiswissen. Für detaillierte und weiterführende Informationen wird auf andere Literaturquellen verwiesen.

Kapitel 3 Verfahrensanweisung

Die Verfahrensanweisung beschreibt, wie das Kompendium bei einer Prüfung konkret angewendet werden soll. Es werden zunächst die zentralen Ansatzpunkte erläutert: der Nutzungskontext, die Komponentenbetrachtung und die Verwendung von Anforderungskategorien. Anschließend wird der Ablauf einer Prüfung von der Vorbereitung, über die Durchführung hin zur Auswertung und Dokumentation dargestellt.

Kapitel 4 Prüf- und Bewertungsmethoden

Der Abschnitt Prüf- und Bewertungsmethoden stellt Arbeitswerkzeuge für die Prüfung bereit. Er gliedert sich in die Punkte methodische Grundlagen, Prüfbausteine und Messmittel. Die methodischen Grundlagen enthalten allgemeingültige Informationen zu Prüfmethoden, wie z. B. zur Durchführung von Benutzertest oder die Verwendung von Checklisten. Es werden für die Prüfung vier Prüfbausteine zur Verfügung gestellt, die an unterschiedlichen Stellen des Prüfablaufs zum Tragen kommen: „Nutzungskontext“, „Komponentenprüfung“, „Inspektion“ und „Gesamtbewertung“. Als Abschluss enthält der Abschnitt allgemeine Informationen zu der Anwendung von Messmitteln und der Berücksichtigung von Messunsicherheiten.

Kapitel 5 Arbeitshilfen

In den Arbeitshilfen finden sich Definitionen, Hilfsmittel und Anwendungsbeispiele.

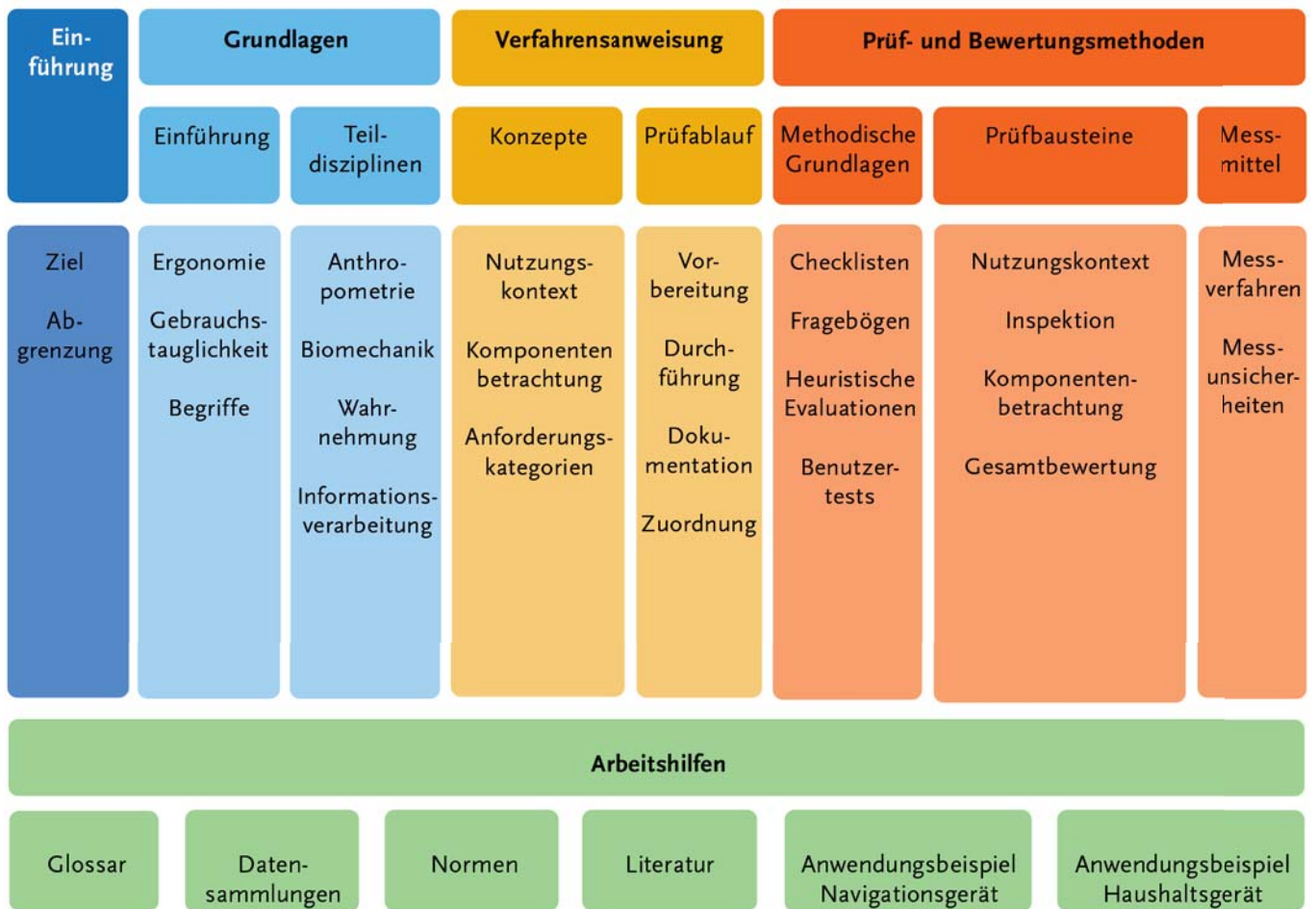


Abb. 1.2: Übersicht über das Kompendium

1.3 Anwendungshinweise

Im Kompendium erleichtert eine durchgehende Farbcodierung die Orientierung und verweist auf korrespondierende Inhalte in den Grundlagen, auf Praxisbeispiele im Anhang sowie auf weiterführende Literatur. Das Verweissystem im einzelnen:

Grundlagen 2.2.3

Verweis auf einen Abschnitt aus dem Kapitel „Grundlagen“

Beispiel Kap. 5.5.1

Verweis auf ein Praxisbeispiel im Kapitel „5. Definitionen, Hilfsmittel und Anwendungsbeispiele“

Literatur

Verweis auf weiterführende Literatur

Verweise auf Internetadressen sind unterstrichen dargestellt: www.internetseite.de

Neben den Praxisbeispielen im Anhang findet sich in den einzelnen Kapiteln eine Reihe von Beispielen. Diese haben die gleiche Leitfarbe wie die Verweise auf die Praxisbeispiele. Darüberhinaus werden an vielen Stellen im Text Tipps gegeben.

Beispiel

Kurzbezeichnung Praxisbeispiel

Beschreibung des Praxisbeispiels

Tipp

Tipps sind Erfahrungen aus der Praxis, die den Leser bei der Anwendung des Kompendiums unterstützen.

2 Grundlagen

2.1 Einführung in die Ergonomie

2.1.1 Ergonomie und Gebrauchstauglichkeit

Zunächst werden die Begriffe „Ergonomie“ und „Gebrauchstauglichkeit“ näher erläutert. Sowohl im täglichen Gebrauch als auch in der Literatur finden sich unterschiedliche Definitionen. Die Normenrecherche zeigt, dass für gleiche Begriffe unterschiedliche Definitionen und für gleiche Sachverhalte unterschiedliche Begriffe existieren. Die meist verbreitete Definition für Ergonomie findet sich in DIN EN ISO 6385:2004, die für Gebrauchstauglichkeit in DIN EN ISO 9241-11:1999. Eine genauere Betrachtung der beiden Normen und der weitergehenden Erläuterungen ergibt, dass sie trotz unterschiedlicher Wortlaute in ihrer Kernaussage dennoch übereinstimmen.

Ungeachtet des unterschiedlichen Verständnisses der Begriffe „ergonomisch“ und „gebrauchstauglich“ in einzelnen Kreisen, werden diese innerhalb dieses Kompendiums synonym verwendet.

Ein weiterer Beleg für die Übereinstimmung der Kernaussagen ist, dass in DIN EN ISO 6385:2004 explizit auf das Konzept der Gebrauchstauglichkeit für die Bewertung der Gestaltungsqualität technischer Bestandteile eines Arbeitssystems hingewiesen wird. Zudem ist ein Verweis auf ISO 9241-11:1999 vorhanden.

Tipp

Unter der „Gebrauchstauglichkeit“ versteht man in der Regel eine Produkteigenschaft, während der Begriff „Ergonomie“ die entsprechende wissenschaftliche Disziplin bezeichnet.

Neben den bereits genannten existieren in verschiedenen Normen weitere Definitionen der Begriffe Ergonomie und Gebrauchstauglichkeit. Da diese den o. g. Quellen inhaltlich nicht widersprechen, werden sie an dieser Stelle informativ aufgeführt:

„GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT: Eigenschaft, die die WIRKSAMKEIT, EFFIZIENZ und Lernbarkeit durch den ANWENDER festlegt.“ (DIN EN 60601-1-6:2006)

„Die Gebrauchstauglichkeit eines Gutes ist dessen Eignung für seinen bestimmungsgemäßen Verwendungszweck, die auf objektiv und nicht objektiv feststellbaren Gebrauchseigenschaften beruht und deren Beurteilung sich aus individuellen Bedürfnissen ableitet.“ (DIN 66050:1980)

„Ergonomie - Ein multidisziplinäres wissenschaftliches Gebiet und dessen Anwendung. Bei der Anwendung ergonomischer Grundsätze in der Gestaltung von Arbeitssystemen ist es wichtig, die menschlichen Fähigkeiten, Fertigkeiten, Grenzen und Bedürfnisse zu berücksichtigen, wenn das Zusammenwirken zwischen Mensch, Technologie und Arbeitsumgebung untersucht wird.“ (DIN EN 13861:2000).

An dieser Stelle sei erwähnt, dass in der Betrachtung der Begriffe und Definitionen internationale Standards (ISO, EN) gegenüber den nationalen Standards (z. B. DIN) vorrangig zu betrachten sind, nicht zuletzt auch aus Sicht eines internationalen Marktes für gebrauchstaugliche Produkte.

Ergonomie (DIN EN ISO 6385:2004)	Gebrauchstauglichkeit (DIN EN ISO 9241-11:1999)
<p>„... wissenschaftliche Disziplin, die sich mit dem Verständnis der Wechselwirkungen zwischen menschlichen und anderen Elementen eines Systems befasst, und der Berufszweig, der Theorie, Prinzipien, Daten und Methoden auf die Gestaltung von Arbeitssystemen anwendet, mit dem Ziel, das Wohlbefinden des Menschen und die Leistung des Gesamtsystems zu optimieren.“</p> <p>... Ziel einer ergonomischen Gestaltung von Arbeitssystemen ist die Optimierung der Arbeitsbeanspruchung, die Vermeidung beeinträchtigender Auswirkungen und die Förderung erleichternder Auswirkungen. Eine nicht beeinträchtigte menschliche Leistung wird gleichzeitig oft die Effektivität und Effizienz des Systems verbessern und so zur Erreichung eines weiteren wichtigen Ziels, der ergonomischen Gestaltung von Arbeitssystemen beitragen.</p> <p>Bei der Gestaltung von Arbeitssystemen sollte der Mensch als Hauptfaktor und integraler Bestandteil des zu gestaltenden Systems, einschließlich des Arbeitsablaufs und der Arbeitsumgebung, gelten...“</p>	<p>„... Das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und mit Zufriedenheit zu erreichen.“</p> <p>Effektivität: Die Genauigkeit und Vollständigkeit, mit der Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen.</p> <p>Effizienz: Der im Verhältnis zur Genauigkeit und Vollständigkeit eingesetzte Aufwand, mit dem Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen.</p> <p>Zufriedenheit: Freiheit von Beeinträchtigungen und positive Einstellungen gegenüber der Nutzung des Produktes.</p> <p>Nutzungskontext: Die Benutzer, die Ziele, Aufgaben, Ausrüstung (Hardware, Software und Materialien) sowie die psychische und soziale Umgebung, in der das Produkt genutzt wird.“</p>

Tab. 2.1 Gegenüberstellung der Definitionen von Ergonomie und Gebrauchstauglichkeit

2.1.2 Definitionen und Begriffe

An dieser Stelle werden zentrale Begriffe dieses Kompendiums definiert. Weitere Definitionen finden sich an den jeweiligen Stellen im Text oder im Glossar.

Begriff	Definition	Quelle
Anzeige	Einrichtung zur Informationsdarstellung, mit deren Hilfe sichtbare, hörbare oder durch Berührung (taktil) unterscheidbare Sachverhalte angegeben werden	DIN EN 894-2:1997
Beschriftung	Auf dem Produkt angebrachte nicht veränderliche Information.	-
Bedien- und Stellteil	Teil eines Produktes, der vom Benutzer, z. B. durch Druck, direkt betätigt wird	nach DIN EN 894-3: 2000
Dialoge	Interaktionen zwischen einem Benutzer und einem interaktiven System in Form einer Folge von Handlungen des Benutzers (Eingaben) und Antworten des interaktiven Systems (Ausgaben), um ein Ziel zu erreichen	DIN EN ISO 9241-110:2006
Greifflächen	Flächen am Produkt, die vom Benutzer verwendet werden, um ein Produkt zu halten oder zu tragen.	-
Griff	Einrichtung am Produkt, die explizit zum Halten oder zum Tragen und/oder Bedienen bzw. Manipulieren vorgesehen ist.	-
Körperhaltung	Lage von Körper, Körperteilen und Gelenken	DIN EN 1005-1:2002
Komponente	Bestandteil oder eine Gruppe einzelner Bestandteile eines Produktes	-
Nutzungskontext	Benutzer, die Ziele, Aufgaben, Ausrüstung (Hardware, Software und Materialien) sowie die psychische und soziale Umgebung, in der das Produkt genutzt wird	DIN EN ISO 9241-11:1999
Produkte	In sich geschlossene, aus einer Anzahl von Gruppen und/oder Teilen bestehende funktionsfähige Gegenstände (z. B. Maschinen, Geräte)	-
Produkt-dokumentation	Sämtliche in gedruckter oder elektronischer Form vorliegenden Informationen, die dem Benutzer zur Verfügung stehen; insbesondere auch die in der Bedienungsanleitung und auf der Verpackung zur Verfügung gestellten Informationen	-

2.2 Teildisziplinen

Die International Ergonomics Association gliedert die Ergonomie in drei Teilgebiete: „physical ergonomics“, „cognitive ergonomics“ und „organisational ergonomics“.

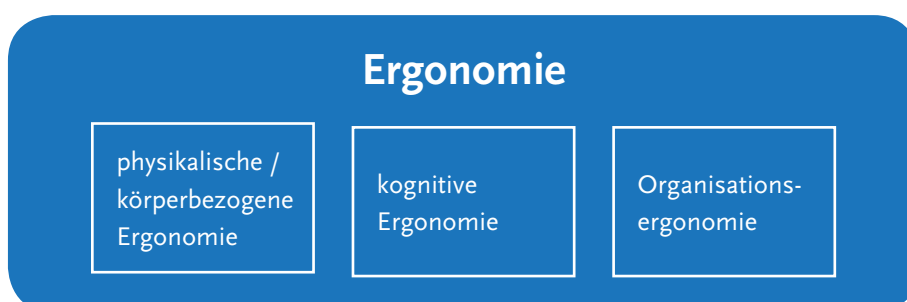


Abb. 2.1: Ergonomie – Teilaspekte

Diese Aufteilung spiegelt den ganzheitlichen Ergonomie-Ansatz wider, der auch in diesem Kompendium verfolgt werden soll. Neben der klassischen körperbezogenen Ergonomie, die Aspekte wie Anatomie, Anthropometrie, Physiologie und Biomechanik betrachtet, wird die kognitive Ergonomie gleichermaßen mit einbezogen. In der kognitiven Ergonomie werden mentale Prozesse wie Wahrnehmung, Gedächtnis und Beurteilung untersucht, d. h. die Verarbeitung von Informationen. Die Organisationsergonomie betrachtet im Wesentlichen die organisatorischen Aspekte der Arbeitsabläufe (Arbeitsaufteilung, Arbeitszeiten, Gruppenarbeit usw.). Da es sich um ein Kompendium zur Produktbewertung handelt, wird dieser Aspekt der Ergonomie nur an denjenigen Stellen behandelt, an denen er zur Spezifikation des Nutzungskontextes erforderlich ist.

In den folgenden Abschnitten werden in kurzer Form Grundlagen zu den Teilgebieten der physikalisch/körperbezogenen Ergonomie und der kognitiven Ergonomie dargestellt.

2.2.1 Anthropometrie

2.2.1.1 Einführung in die Anthropometrie

Ergonomische Produkte sollten an die Körperform des Nutzers angepasst sein. Somit sind entsprechende Informationen über Maße des Menschen für die Entwicklung und die Bewertung von Produkten erforderlich. „Anthropometrie“ bezeichnet die Wissenschaft von den Maßverhältnissen am menschlichen Körper und deren exakter Bestimmung.

Perzentil

Unterschiedliche Menschen weisen ebenso unterschiedliche Körpermaße auf. Da es jedoch in der Praxis nicht möglich ist, jedes Produkt für den einzelnen Menschen und seine Körpermaße zu optimieren, müssen die Daten einer größeren Anzahl von Personen in Perzentilen zusammengefasst werden.

Der Perzentilwert eines bestimmten Körpermaßes gibt an, bei wie viel Prozent der Menschen einer Bevölkerungsgruppe dieses Maß kleiner oder gleich ist, als der angegebene Wert. In der Regel werden für Körpermaße die Werte für das 5., 50. und 95. Perzentil angegeben. So liegt nach DIN 33402-2:2005 bspw. die Körperhöhe des 95. Perzentil der männlichen Bevölkerungsgruppe (18 bis 65 Jahre alt) bei 1855 mm. Dies bedeutet, dass 95 % dieser Gruppe eine Körperhöhe von 1855 mm oder kleiner aufweisen.

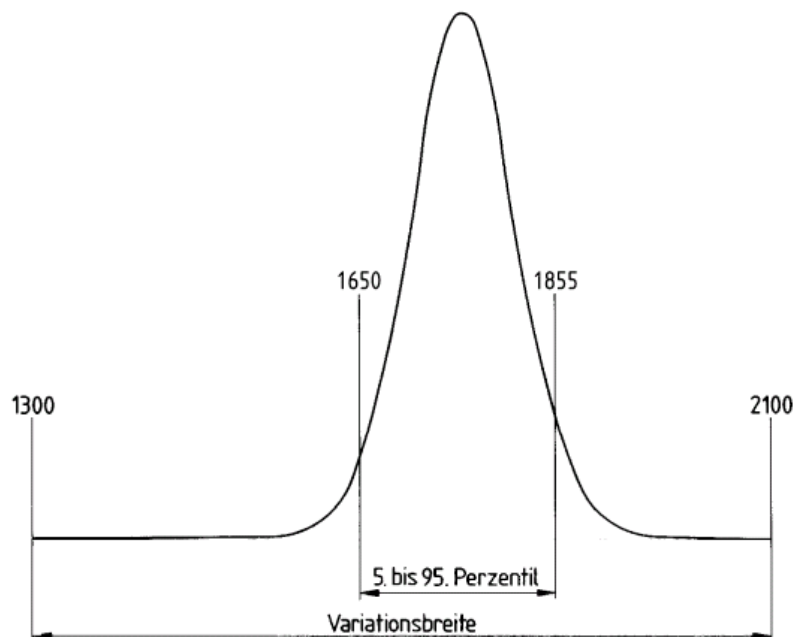


Abb. 2.2: Verteilung der Körperhöhe erwachsener Männer in mm, 0. - 100. Perzentil (DIN 33402-2 Beiblatt 1:2006)

Um die Variabilität in den Körpermaßen zu verringern, aber dennoch einen großen Teil der Bevölkerung zu berücksichtigen, finden in der Praxis vorwiegend das 5. und 95. Perzentil Verwendung. Dies lässt sich an einem Beispiel aus dem Handbuch der Ergonomie verdeutlichen.

Legt man beispielsweise die Körperhöhe von 20-jährigen Männern der Bundesrepublik zugrunde, so beträgt die Körperhöhendifferenz 80 cm. Beschränkt man sich auf das 5. und 95. Perzentil, beträgt die Körperhöhendifferenz nur noch 21 cm (HdE, 2001). Die Variation wird auf ein Viertel reduziert; dennoch werden 90 % der Personen aus der Zielgruppe berücksichtigt.

Bei der Verwendung anthropometrischer Daten sind die folgenden Grundsätze zu beachten. Die Messungen werden in der Regel am unbedeckten Menschen durchgeführt. Da in der Praxis jedoch von bekleideten Menschen ausgegangen werden muss, sind gegebenenfalls durch die Kleidung bedingte Zuschläge zu den Messdaten zu ermitteln.

Tab. 2.2: Zusätzliche Raumanforderungen für Zugangsöffnungen - Oberkörper und Arme (nach DIN EN 547-2:1997)

Kleidungsart	Zuschlag
Arbeitskleidung	20 mm
Schwere Winterkleidung oder persönliche Schutzkleidung	100 mm
Bekleidung, die durch Berühren der Wände der Zugangsöffnung beschädigt werden kann	100 mm
Persönliche Schutzausrüstung (ohne Atemgerät)	100 mm

In der Literatur finden sich oftmals unterschiedliche Messdaten, die sich auf denselben Körperteil beziehen. Hintergrund sind im Wesentlichen unterschiedliche Messmethoden, Erhebungszeitpunkte (Stichwort „Akzeleration“) und Bevölkerungsgruppen (Stichwort „Demographischer Wandel“). Beispielsweise wurde an Norddeutschen eine geringfügig größere Körperhöhe als an Süddeutschen gemessen.

Es wird oft die Körperhöhe als Gliederungsmerkmal verwendet und von großen, mittleren oder kleinen Menschen gesprochen. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Verwendung der Körperhöhe nur sehr bedingt als Indikator geeignet ist. Nicht ohne Grund werden in der Textilindustrie Hosen gleicher Länge mit unterschiedlichen Bauchweiten produziert; Körpermaße korrelieren nicht. Aus anthropometrischer Sicht existiert der Durchschnittsmensch nicht. Dies wird an einer Untersuchung an 4063 US-Soldaten deutlich (vgl. Burandt, 1978):

Von 4063 Soldaten waren „durchschnittlich groß“ 1055	▶ 25,9 %
Von diesen 1055 hatten einen „durchschnittlichen Brustumfang“ 302	▶ 7,4 %
Von diesen 302 hatten eine „durchschnittliche Ärmellänge“ 143	▶ 3,5 %
Von diesen 143 hatten eine „durchschnittliche Beinhöhe“ 73	▶ 1,8 %
Von diesen 73 hatten einen „durchschnittlichen Rumpfumfang“ 28	▶ 0,7 %

Von den gemessenen 4063 Soldaten können weniger als 1 % in allen fünf Körpermaßkategorien als „durchschnittlich“ eingestuft werden.

2.2.1.2 Anthropometrische Datensammlungen

Als Quelle für anthropometrische Daten dienen so genannte „Anthropometrische Datensammlungen“. In ihnen sind – meist eine Kombination aus Maßzeichnung und Tabelle (vgl. Abb. 2.3) – eine Vielzahl von Körpermaßen unterschiedlicher Personengruppen zusammengefasst.

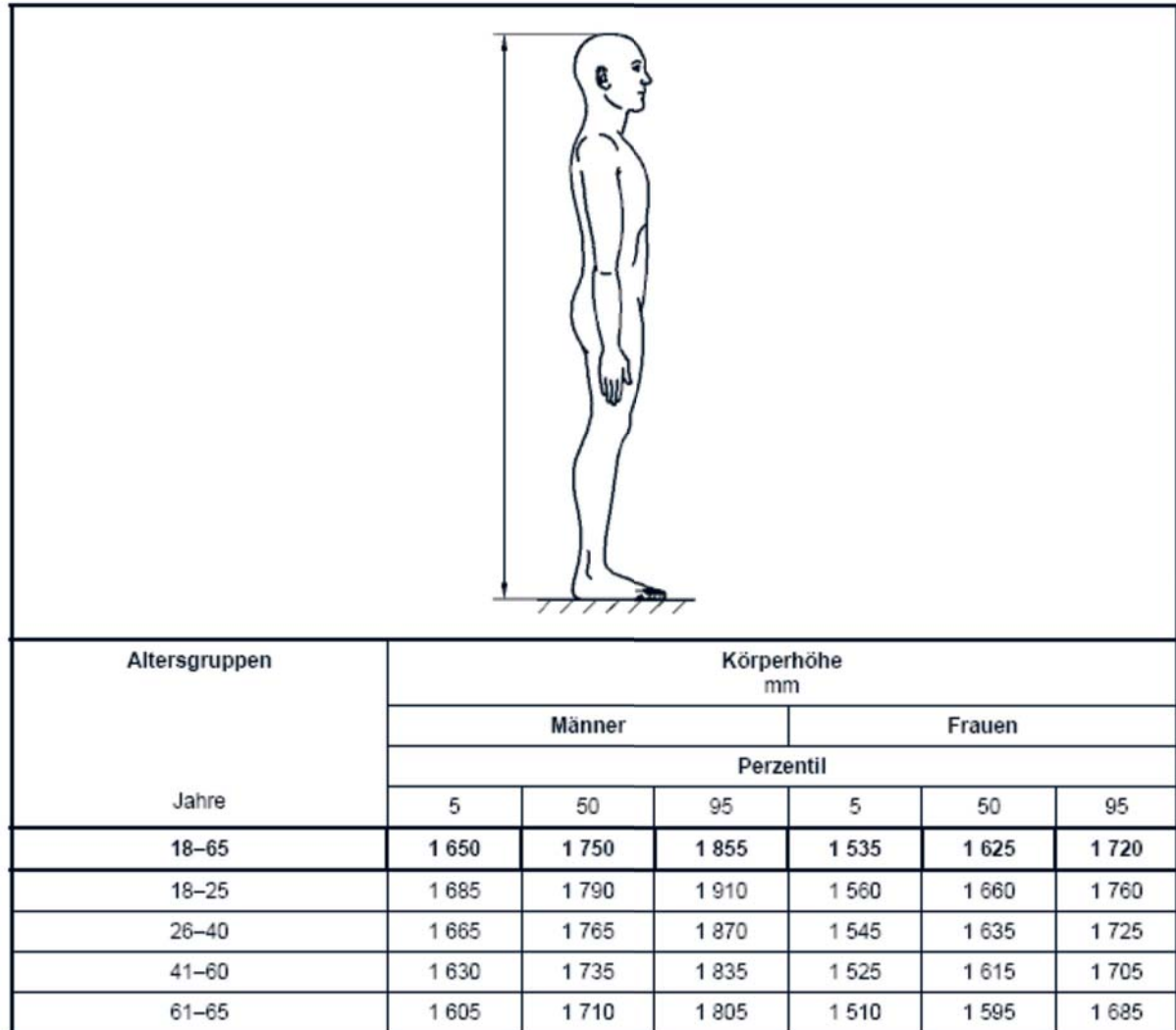


Abb. 2.3: Körperhöhe, Angaben in mm (DIN 33402-2:2005)

Beispiele solcher Datensammlungen sind:

Literatur:

Ergonomie – Körpermaße des Menschen (DIN 33402-2:2005).

Anthropologischer Atlas (Flügel, 1986)

Anthropometry of U.S. Military Personnel (DoD Mil-HDBK-743A, 1991)

Die Datensammlung enthält eine Auswahl anthropometrischer Daten, die typischerweise bei der ergonomischen Bewertung von Produkten herangezogen werden. Die jeweiligen Werte sind DIN 33402:2005 entnommen und wurden an Personen gemessen, die in der Bundesrepublik Deutschland wohnen. Sie stammen aus dem Erhebungszeitraum 1999 bis 2002 und können als sehr aktuell angesehen werden. Es werden ausschließlich Werte der Bevölkerungsgruppen von 18 bis 65 Jahre aufgeführt. Weitere Körpermaße und Werte anderer Personengruppen können den bereits erwähnten Datensammlungen entnommen werden.

Weitergehende Informationen und zusätzliche Erläuterungen zu den Grundlagen der Anthropometrie finden sich beispielsweise in:

Literatur

Lehrbuch der Ergonomie (Schmidke, 1981)
Handbuch der Ergonomie (HdE, 2001)
Ergonomie für Design und Entwicklung (Burandt, 1978)
Human Factors Design Standard (HFDS) (Ahlstrom, 2003)
Anthropometry of U.S. Military Personnel (DoD Mil-HDBK-743A, 1991)
Ergonomie – Körpermaße des Menschen (DIN 33402-2:2005)
Wesentliche Maße des menschlichen Körpers für die technische Gestaltung (DIN EN ISO 7250:1997)

2.2.2 Biomechanik

Die Biomechanik befasst sich mit den Funktionen und Strukturen des Bewegungsapparates. Man unterscheidet zwischen der äußeren Biomechanik, der Darstellung mechanischer Eigenschaften und der inneren Biomechanik sowie den sensomotorischen Regelungsprozessen.

In der Biomechanik erfolgt zunächst eine eindeutige Beschreibung der verschiedenen dynamischen und statischen Zustände im Rahmen einer Tätigkeit. Dieser Beschreibung geht eine detaillierte Beobachtung der einzelnen statischen und dynamischen Einflussfaktoren voraus. Aus beiden lässt sich eine Beurteilung und Qualifizierung der Arbeitstätigkeit vornehmen. Die Beurteilung dient schließlich der Ableitung entsprechender Gestaltungsregeln zur Optimierung der Tätigkeit.

Die folgende Tabelle enthält eine Übersicht praktischer Anwendungsgebiete:

Tab. 2.3: Praktische Anwendungsgebiete biomechanischer Methoden in der Ergonomie (HdE, 2001)

Zweck und Art der Anwendung	Statische Arbeitstätigkeit (einzelne statische Aktion)	Dynamische Arbeitstätigkeit (einzelne Arbeitsbewegungen)
Beschreibung der mechanischen Arbeitstätigkeit	Exakte, objektive und vergleichbare Beschreibung einer statischen Aktion des Körpers (das Widerstehen der statischen Kräfte bei einer konkreten Körperstellung)	Exakte, objektive und vergleichbare Beschreibung der Arbeitsbewegung (der zeitliche Verlauf der kinematischen, dynamischen und energetischen Parameter der Bewegung)
Vergleich von verschiedenen Fällen mechanischer Arbeitstätigkeit	Objektiver Vergleich von zwei oder mehreren statischen Aktionen des Körpers, differenziert nach einzelnen statischen Parametern	Objektiver Vergleich von zwei oder mehreren Arbeitsbewegungen, differenziert nach einzelnen dynamischen Parametern
Ermittlung der summarischen Beschreibungsgröße	Objektive, rechnerische Ermittlung der statischen zeitlichen Kraftwirkung während einer konkreten statischen Aktion mit Hilfe der biostatischen Analyse (ohne direkte Messungen bei Experimenten)	Objektive, rechnerische Ermittlung der während einer Bewegung geleisteten Arbeit mit Hilfe der biomechanischen Analyse (ohne direkte Messungen bei Experimenten)
Beurteilung der mechanischen Arbeitstätigkeit	Objektive Beurteilung einer konkreten statischen Aktion differenziert nach einzelnen statischen Parametern	Objektive Beurteilung konkreter Arbeitsbewegungen, unterschieden nach einzelnen dynamischen Parametern
Gestaltung der mechanischen Arbeitstätigkeit	Nach objektiven quantitativen Kriterien lässt sich eine konkrete statische Aktion mit Hilfe der biostatischen Analyse für gegebene Anforderungen gestalten	Der Verlauf der Bewegungsbahnen, der sich zu bewegendenden Körperteile und ihrer kinematischen und dynamischen Parameter lässt sich nach gegebenen Anforderungen gestalten
Optimierung der mechanischen Arbeitstätigkeit	Anhand der Beurteilung und Vergleiche von mehreren Alternativen die biostatisch günstigste statische Aktion wählen und dadurch die statische Arbeit optimieren	Die mathematisch-analytischen Beziehungen, die sich aus der biomechanischen Analyse ergeben, lassen sich rechnerisch optimieren, um die biomechanisch günstigste Bewegung zu finden
Biomechanische Gestaltung des Arbeitsplatzes und seiner Elemente	Die maßlichen Parameter eines Arbeitsplatzes und seiner Elemente (Arbeitssitz und -tisch), die für die Parameter der statischen Arbeit relevant sind, lassen sich objektiv und exakt ableiten	Die Wahl der Art und Form der Stellteile, der entsprechenden Betätigungskräfte und räumliche Anordnung der Stellteile lassen sich auf Grund der Biomechanik ableiten

2.2.2.1 Körperkräfte

Um die Belastung bei der Arbeit möglichst gering zu halten, sollten dem Konstrukteur die Körperkräfte in den verschiedenen Arbeitshaltungen und -positionen bekannt sein. Ein Vergleich der Maximalkräfte mit den bei der Tätigkeit auftretenden Kräften ist darüber hinaus ein Maß für die Schwere der Arbeit. Gut anwendbar sind die Untersuchungsergebnisse nach Rohmert (1960), in denen ein Kugelkoordinatensystem zur Darstellung des Kraftangriffs Verwendung findet. Die Darstellung erfolgt für die unterschiedlichen Körperhaltungen mit Isodynem (Linien gleicher Kräfte). Diese Erkenntnisse sind in die Normenreihe DIN 33411:1982-1999 eingeflossen und können entsprechend angewendet werden.

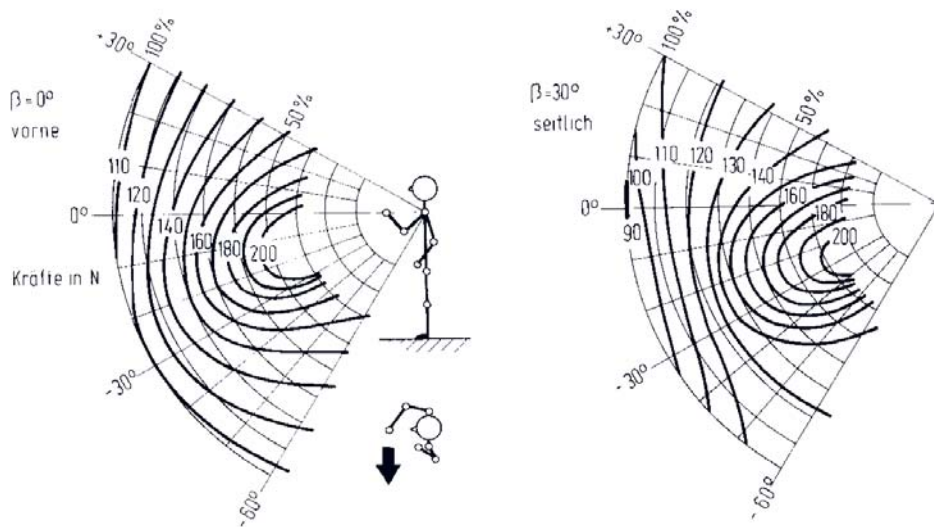


Abb. 2.4: Isodyne der waagerechten max. Armzugkraft von Männern. (DIN 33411-4:1987)

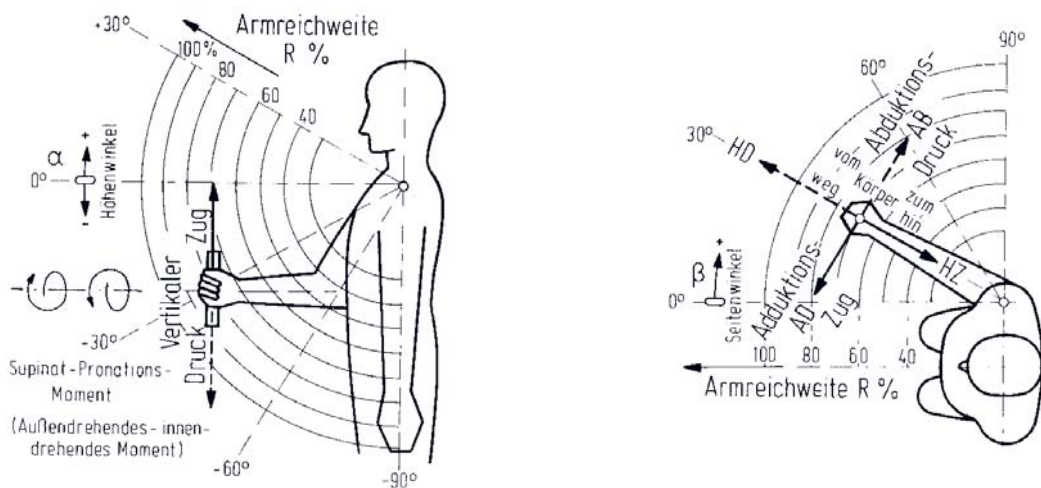


Abb. 2.5: Koordination des Kraftangriffspunktes und Systematik der Stellungskräfte des Arms. (DIN 33411-4:1987)

Zu berücksichtigen sind eine abnehmende Kraft im Alter und Unterschiede bei Männern und Frauen.

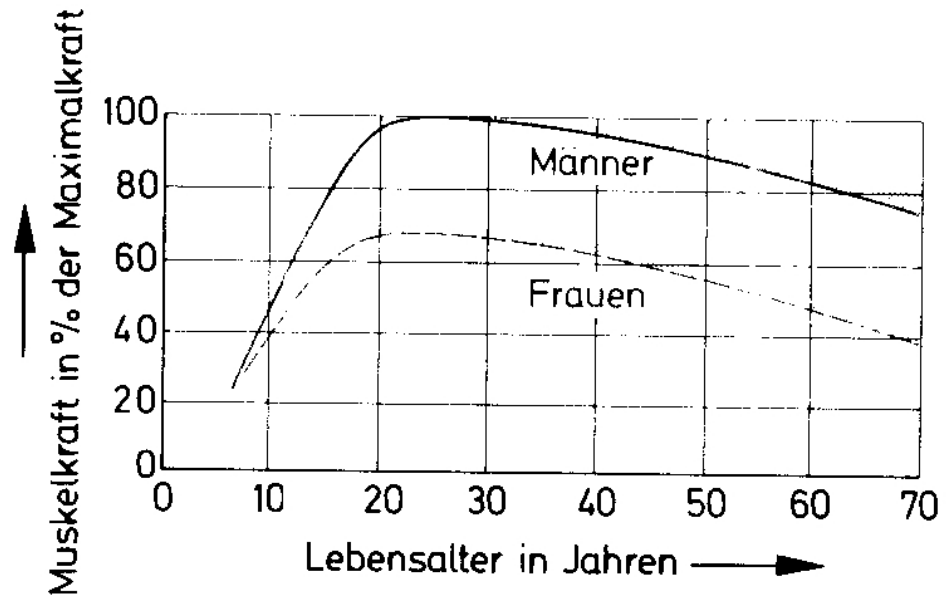


Abb. 2.6: Abnehmende Kräfte mit steigendem Alter (Lange, 2005)

Körperkräfte können in Muskel-, Massen- und Aktionskräfte eingeteilt werden. Die Muskelkraft unterscheidet sich in isometrische (statische) Muskelkraft, dynamische Muskelkraft, Verkürzungsmuskelkraft und die Verlängerungsmuskelkraft. Muskelkraft wirkt durch Aktivität innerhalb des Körpers, die Massenkraft wirkt auf die Körpermasse als Trägheitskraft und die Aktionskraft wirkt nach außen vom Körper. Sie ergibt sich aus Muskelkraft oder Massenkraft oder beiden Kräften zusammen.

Körperkräfte					
Muskel- und Massenkraft (im Körpersystem wirkend)			Aktionskräfte (vom Körper nach außen wirkend)		
Art der Kraftausübung	Ursache der Kraft	Erscheinungsform der Kraft	Funktion der Kraft	Richtung der Kraft	Kraft abgebender Körperteil
aktiv	Dynamische Muskelaktivität	Dynamische Muskelkraft [Verkürzungsmuskelkraft Verlängerungsmuskelkraft]	Dynamische Aktionskraft (Bewegungskraft) [Antriebskraft Bremskraft Manipulationskraft (ungeführte Bewegung) Betätigungskraft (geführte Bewegung)]	Vertikalkraft Horizontalkraft Sagittalkraft Frontalkraft	Armkraft Handkraft Fingerkraft Beinkraft
	Statische Muskelaktivität	Statische (isometrische) Muskelkraft			
passiv	Dynamische Wirkung von Körpermassen	Dynamische Massenkraft (Trägheitskraft) [z. B. Verzögerungskraft, Beschleunigungskraft, Zentrifugalkraft]	Statische Aktionskraft (Stellungskraft) [Haltungskraft Haltekraft Aktionskraft an Stützflächen des Körpers]	Duktions- und Zentralkraft	Knie-, Fuß- und Ganzkörperkraft
	Statische Wirkung von Körpermassen	Statische Massenkraft (Trägheitskraft - Eigengewichtskraft)			

Abb. 2.7: Zusammenhänge zwischen den Körperkräften (DIN 33411-1:1982)

DIN 33411:1982-1999 beschreibt die maximalen Kräfte. Es sind jedoch niedrigere Werte anzustreben. Als weitere Quellen sind DIN EN 1005-2:2003 und DIN EN 1005-3:2002 zu nennen. Diese können ebenfalls zur Ermittlung der Kräfte herangezogen werden. In ihnen sind des Weiteren Verfahren zur Risikoabschätzung beschrieben.

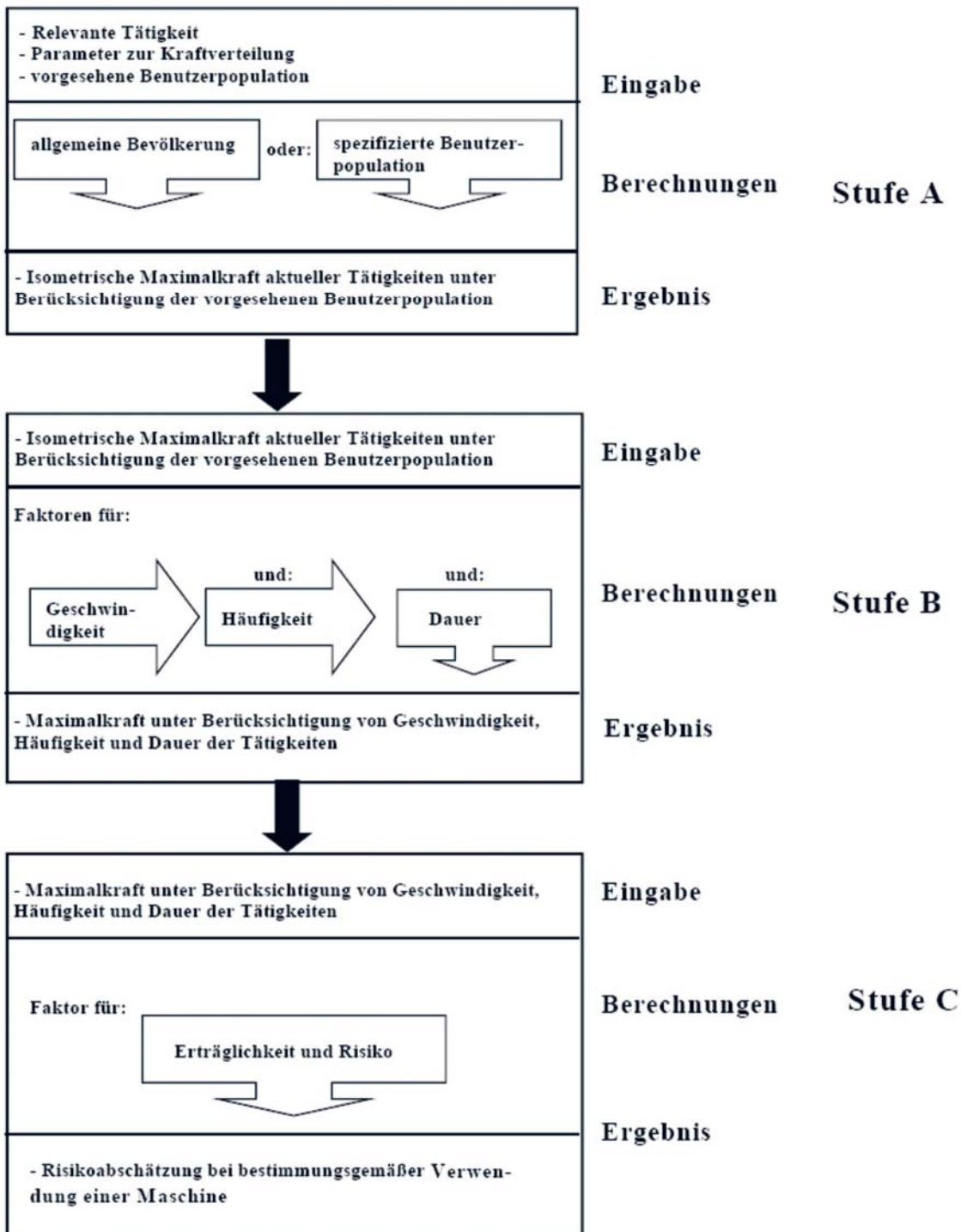


Abb. 2.8: Verfahren zur Risikoabschätzung (DIN EN1005-4:2005)

2.2.2.2 Körperhaltung und Bewegung

Bei der Beurteilung der Körperhaltung werden die Stellung des Körpers bzw. der Körperteile und der Gelenke bewertet. Die Körperhaltung kann bereits in der Konstruktionsphase berücksichtigt werden, indem ungünstige Haltungen durch Simulationen aufgezeigt und schließlich vermieden werden.

Je nach Stellung des Körpers bzw. einzelner Körperteile verändern sich die maximalen Körperkräfte. Diese und die damit verbundene Leistungsfähigkeit sind u. a. abhängig von der Körperhaltung, der Bewegungsfrequenz sowie der Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit. In DIN EN 1005-4:2005 wird auf die Bewertung der Körperhaltung bei Arbeit an Maschinen eingegangen; DIN EN 1005:2002-2007 berücksichtigt gleichermaßen Körperhaltung und Bewegung.

Bei Bewegungen wird unterschieden zwischen gleichförmiger und ungleichförmiger Bewegung, translatorischer, rotatorischer und kombinierter Bewegung sowie freier und geführter Bewegung. Sie werden durch die Winkel des Körpers bzw. der Körperteile zur Körper-Symmetrieebene begrenzt. Diese Winkel begrenzen ebenfalls die Aktionskräfte.

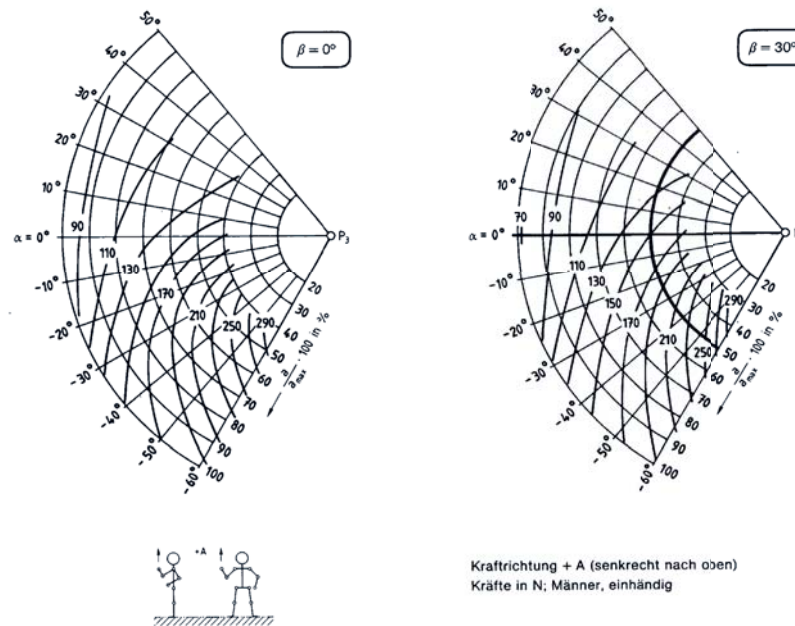


Abb. 2.9: Beispiele für Isodynens bei Seitenwinkel von 0° bis 30° (DIN 33411-4:1987)

Nach Dupuis (1989) sind die Folgen ungünstiger Körperhaltung/ Körperstellungen:

- Vorzeitige Muskelermüdung durch gestörte Blutversorgung und Sauerstoffmangel
- Muskelverhärtungen (Myogelosen) durch unzureichende Milchsäureabfuhr (Anmerkung: Nach heutigem Wissensstand nicht mehr aktuell)
- Erhöhter (unproduktiver) Energieumsatz zur Aufrechterhaltung der ungünstigen Körperhaltung
- Vermehrte Kreislaufbeanspruchung infolge ungünstiger hydrostatischer Verhältnisse
- Als Folge davon Flüssigkeitsstau in den unteren Extremitäten mit Bildung von Varizen und Ödemen
- Veränderung von Bändern und Gelenken (Hüft-, Knie- und Fußgelenk) mit Deformationen der Füße bei langer Stehhaltung
- Unphysiologische Wirbelsäulenverkrümmung
- Schmerzzustände als Folge der aufgeführten körperlichen Veränderungen
- Nachlassen der Leistungsfähigkeit und -bereitschaft
- Erhöhte Fehler- und Unfallgefahr durch Ermüdung

Literatur:

Körperstellungen (DIN 33411:1982-1999)

Körperbewegungen (DIN EN 1005:2002-2007)

Handbuch der Ergonomie (HdE, 2001)

Analyse der Einstufung von Körperhaltungen bei der Arbeit nach der OWAS-Methode (Stoffert, 1985)

2.2.3 Wahrnehmung und Sinnesleistung

2.2.3.1 Einführung in die physiologischen Grundlagen des Auges

Etwa 70 bis 80% aller Informationen werden mit dem Auge aufgenommen (Benz, Kokoschka, Bergmann, Schäfer), weshalb die ergonomische Gestaltung von Anzeigen und Beschriftungen einen hohen Stellenwert hat.

Weitergehende Informationen zu den physiologischen Grundlagen des Auges finden sich beispielsweise in

Literatur:

Physiologie des Menschen (Schmidt, 2000)

Handbuch der Beleuchtung (Lange, 2005)

Licht und Beleuchtung (Hentschel, 1994)

Bilderzeugung und Adaption

Die Bilderzeugung ergibt sich qualitativ in folgender Weise: Die auf das Auge treffende Strahlung wird an der Hornhaut am stärksten gebrochen, durchsetzt dann die vordere Augenkammer, anschließend die Linse und den Glaskörper und trifft schließlich auf die Netzhaut. Die Iris bildet die Blende und reguliert den Pupillendurchmesser und damit den Lichteinfall. Dieser Vorgang wird Adaption genannt.

Akkommodation

Akkommodation bezeichnet die Veränderung der Brennweite der Linse für eine scharfe Abbildung des Sehobjektes auf der Netzhaut. Sie erfolgt durch Änderung der Linsendicke: bei flacher Linse ist die Brennweite groß (Fernakkommodation), bei stark gewölbter Linse ist die Brennweite klein (Nahakkommodation). Das Maß für die Brechkraft ist der reziproke Wert der auf Luft bezogenen Brennweite eines abbildenden Systems (hier das Auge). Die Maßeinheit ist die Dioptrie [dpt]. Es gilt:

$$\text{Brechkraft [dpt]} = 1/\text{Brennweite [m]}$$

Die Akkommodationsbreite ist der maximale Brechkraftunterschied zwischen Nah- und Fernakkommodation:

$$\text{Akkommodationsbreite [dpt]} = 1/\text{Nahpunkt [m]} - 1/\text{Fernpunkt [m]}$$

Gesichtsfeld und Blickfeld

Monoculares Gesichtsfeld: Derjenige Teil der visuellen Umwelt, der mit einem unbewegten Auge wahrgenommen wird.

Binoculares Gesichtsfeld: Derjenige Teil der visuellen Umwelt, der mit beiden unbewegten Augen wahrgenommen wird. Im binocularen Gesichtsfeld gibt es einen Bereich, der mit beiden Augen gesehen wird, und je einen Bereich, den das linke bzw. das rechte Auge alleine sieht.

Blickfeld: Derjenige Teil der visuellen Umwelt, der bei unbewegtem Kopf, aber frei umherblickenden Augen wahrgenommen wird.

Das Auge ist empfindlich für Licht als elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 380 bis 780 nm (Nanometer. 1 nm = 10⁻⁹ m).

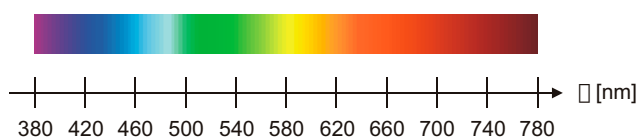


Abb. 2-10: Elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 380 – 780 nm

Die lichtempfindlichen Rezeptoren, die Zapfen bzw. Stäbchen, befinden sich in der Netzhaut. Einen Querschnitt durch die Netzhaut zeigt z. B. Schmidt (2000), Hentschel (1994). Zapfen und Stäbchen sind über die Netzhaut nicht gleichmäßig verteilt, wie nachfolgende Abbildung zeigt.

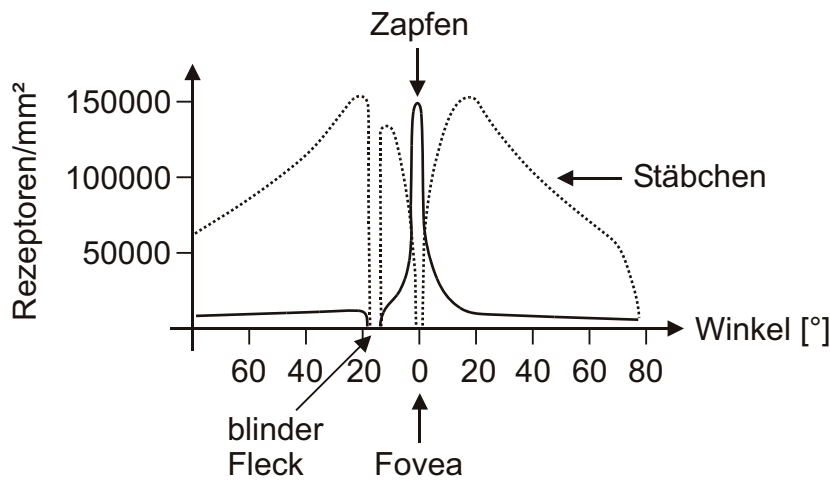


Abb. 2.11: Verteilung der Zapfen und Stäbchen in der Netzhaut

Es wird zwischen Tagessehen und Nachtsehen unterschieden.

Am Tagessehen sind die Zapfen beteiligt. Stellvertretend für Tagessehen werden die Begriffe photopisches Sehen, Zapfensehen oder helladaptiertes Auge verwendet. Tagessehen wird bei Leuchtdichten $\geq 100 \text{ cd/m}^2$ angesetzt; für praktische Zwecke kann Helladaption für Leuchtdichten $> 10 \text{ cd/m}^2$ angenommen werden. Die Empfindlichkeit des helladaptierten Normalbeobachters wird durch den spektralen Hellempfindlichkeitsgrad $V(\lambda)$ bei einem 2° (10°) Gesichtsfeld beschrieben (DIN 5031-2:1982). Die Zapfen zeichnen sich durch eine Differenzierungsfähigkeit für die Wellenlänge des in das Auge einfallenden Lichtes aus. Dieses Verhalten wird durch die CIE-Normspektralwertfunktionen beschrieben (ISO/CIE 10527:1991).

Am Nachtsehen sind die Stäbchen beteiligt. Stellvertretend für Nachtsehen werden die Begriffe skotopisches Sehen, Stäbchensehen oder dunkeladaptiertes Auge verwendet. Nachtsehen wird bei Leuchtdichten $\leq 0,00001 \text{ cd/m}^2$ angesetzt; für praktische Zwecke kann Dunkeladaption für Leuchtdichten $< 0,001 \text{ cd/m}^2$ angenommen werden. Die Empfindlichkeit des dunkeladaptierten Normalbeobachters wird durch den spektralen Hellempfindlichkeitsgrad $V'(\lambda)$ beschrieben (DIN 5031-2:1982). Die Stäbchen sind nicht in der Lage, zwischen verschiedenen Wellenlängen des ins Auge einfallenden Lichtes zu differenzieren.

Der Bereich zwischen Tages- und Nachtsehen, also zwischen $0,00001 \text{ cd/m}^2$ bis 100 cd/m^2 , wird mesopischer Bereich genannt. In diesem Bereich sind Stäbchen und Zapfen aktiv. Er wird durch den spektralen Hellempfindlichkeitsgrad $V_{eq}(\lambda)$ beschrieben (DIN 5031-2:1982).

Sehschärfe

Unter dem Visus wird die Sehschärfe an der Stelle des schärfsten Sehens verstanden. Das Gebiet des schärfsten Sehens befindet sich beim photopischen Sehen in der Netzhautgrube (Fovea centralis) und beim skotopischen Sehen im parafovealen Bereich. Im „blinden Fleck“ beträgt die Sehschärfe Null. Der Visus V ist durch folgende Formel definiert: $V = 1/\alpha$ [Winkelminuten⁻¹], wobei α die Lücke in Winkelminuten ist, die von dem Probanden in einem Reizmuster (z. B. Landoltring) gerade noch erkannt wird.

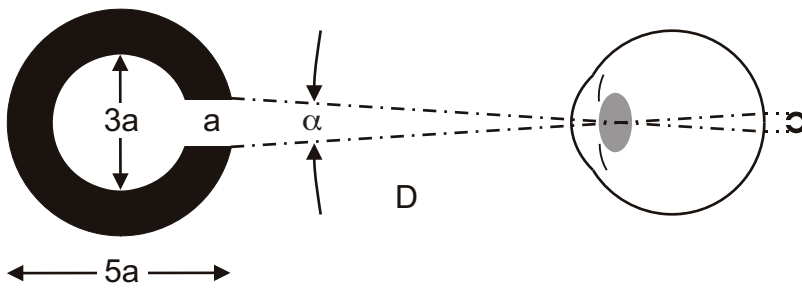


Abb. 2.12: Landoltring

Zu den Fähigkeiten des Auges gehören die mehr oder weniger schnelle Erfassung und Wahrnehmung von Helligkeitsunterschieden sowie Farb- und Formstrukturen des visuell fixierten Sehbildes. Diese Fähigkeiten werden unter dem Begriff Sehleistung zusammengefasst. Sie kann nicht durch eine einzige Kennzahl dargestellt werden und ist das Ergebnis des Zusammenwirkens einer Anzahl elementarer Funktionen des Auges, die je nach den äußeren Bedingungen und Anforderungen zur Sehleistung beitragen (Hentschel, 1994; Boyce, 1981).

Weitergehende Informationen zur Sehleistung finden sich beispielsweise in

Literatur:

- Licht und Beleuchtung (Hentschel, 1994)
- Anforderungen an elektronische optische Anzeigen (ISO/DIS 9241-303:2006)
- Beleuchtung, Bildschirm, Sehen (Kokoschka, 1989)
- Color Science (Wyszecki & Stiles, 2000)
- Physiologie des Menschen (Schmidt, 2000)
- Handbuch der Beleuchtung (Lange, 2005)

Farbsehen

Farbe ist ein durch das Auge vermittelter Sinneseindruck und wird durch drei Elemente charakterisiert: Farbton, Sättigung, Helligkeit. Eine (sichtbare) Strahlung, die eine Farbempfindung hervorruft, wird als Farbreiz bezeichnet und durch die Farbreizfunktion $\varphi(\lambda)$ beschrieben.

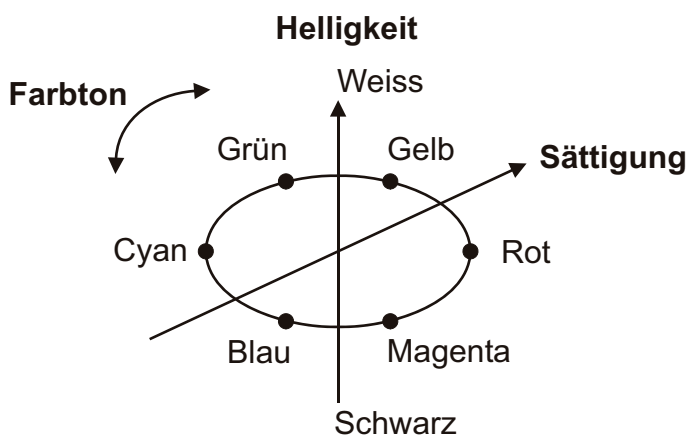


Abb. 2.13: Die Farbe charakterisierenden Elemente

Unbunte Farben sind Farben ohne Farbton z. B. weiß, grau, schwarz. Bunte Farben sind Farben mit Farbton (Buntton) z. B. rot, gelb, grün, blau, violett.

Tab. 2.4: Wellenlängen und zugeordnete Farben

Wellenlänge [nm]	Farbe
380 – 420	Magenta (violett)
420 – 480	blau (cyan)
480 – 560	grün
560 – 580	gelb
580 – 630	orange
630 – 780	rot

Das menschliche Auge ist bezüglich der Farbtonänderung sehr empfindlich und bezüglich der Farbsättigung weniger empfindlich.

Weitergehende Informationen zum Farbsehen finden sich beispielsweise in

Literatur:

Farbmessung (DIN 5033:1979-2005)

Handbuch der Beleuchtung (Lange, 2005)

Farbmessung (Loos, 1989)

Physiologie des Menschen (Schmidt, 2000)

Color Science (Wyszecki&Stiles, 2000)

Veränderungen der visuellen Fähigkeiten mit dem Alter

Akkommodation

Infolge von Wasserverlust wird die Linse des menschlichen Auges mit zunehmendem Alter immer weniger elastisch und die Fähigkeit zur Akkommodation nimmt stark ab. Der Nahpunkt rückt weiter vom Auge weg (Alterssichtigkeit oder Presbyopie). Die Akkommodationsbreite nimmt ab. Eine Vergrößerung der Schriftzeichen erleichtert die Sehaufgabe.

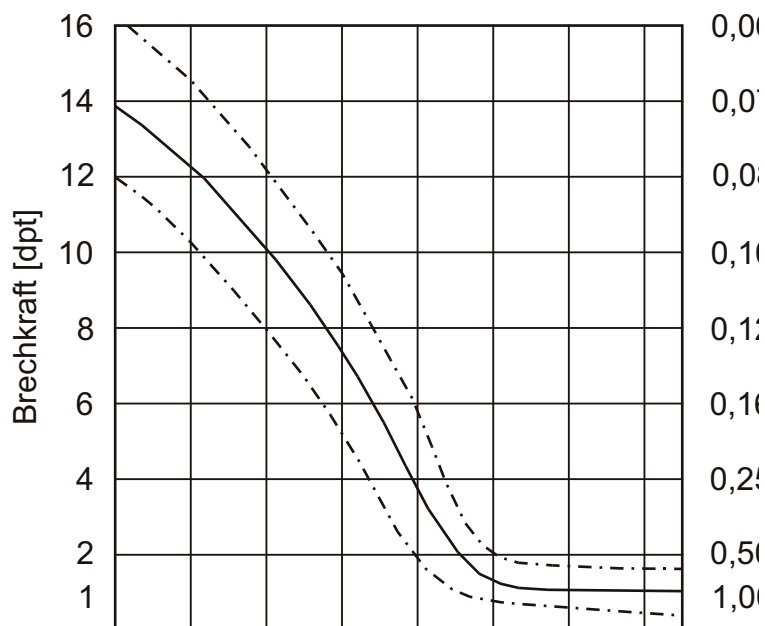


Abb. 2.14: Akkommodationsbreite bei zunehmendem Alter

Weiterhin kann das Auge älterer Menschen nicht so schnell zwischen Fern- und Nahsehen umschalten. Es wird mehr Zeit benötigt, bis ein Objekt scharf wahrgenommen wird.

Linseneintrübung

Die Linse wird auf Grund der Einwirkung der UV-Strahlung eingetrübt. Es dringt weniger Licht durch die Linse. Bei einem 60-jährigen erreicht durchschnittlich nur noch ein Drittel der ursprünglichen Lichtmenge die Netzhaut. Dadurch wird eine höhere Beleuchtungsstärke erforderlich. Weiterhin können die Farben Grün und Blau nicht mehr eindeutig unterschieden werden.

Linseneingelbung

Im fortgeschrittenen Alter (ca. 70 Jahre) ist häufig eine Linseneingelbung zu beobachten. Dadurch kommt es zu einer stärkeren Absorption des blauvioletten Teils des Farbspektrums. Dies führt dazu, dass die Farben Gelb, Rot und Orange besser unterschieden werden können als Blau und Violett.

Gesichtsfeld/Blickfeld

Das Gesichtsfeld und das Blickfeld verkleinern sich ab dem 55. Lebensjahr. Besonders die Fähigkeit zur Aufwärtsbewegung der Augen nimmt stark ab. Kinder können die Augen in einem Winkel von ca. 40° nach oben bewegen, bei Menschen über 75 Jahren liegt dieser Wert nur noch bei ca. 16° .

Sehschärfe

Die Sehschärfe nimmt mit zunehmendem Alter ab.

Adaption

Mit zunehmendem Alter nimmt die Adaptionfähigkeit des menschlichen Auges ab. Das Auge benötigt eine größere Zeitspanne, um von Hell- auf Dunkeladaption und umgekehrt umzustellen. Während dieser Zeitspanne besteht eine erhöhte Blendempfindlichkeit. Eine gleichmäßige Beleuchtungsstärke kann das Auge entlasten.

Verkleinerung der Pupille

Ältere Menschen benötigen auf Grund der natürlichen Verkleinerung der Pupille (im Alter von 80 Jahren nur noch ca. 25 % der Linse) eine wesentlich höhere Beleuchtungsstärke als junge Menschen. Generell soll eine Verdopplung der Beleuchtungsstärke für Senioren vorgesehen werden.

Farbtüchtigkeit

Bei älteren Menschen verringert sich die Fähigkeit, Farben zu erkennen, weshalb dem Leuchtdichtekontrast eine besondere Bedeutung zukommt.

Tiefenwahrnehmung

Durch Verringerung der Akkommodationsfähigkeit und Eintrübung der Linse können räumliche Ausdehnungen und Entfernungen von Objekten schwieriger eingeschätzt werden.

Blendempfindlichkeit

Mit zunehmendem Alter (ab ca. 40 Jahren) nimmt die Blendempfindlichkeit durch Streulichtbildung in den verschiedenen Medien (Hornhaut, Linse, Glaskörper) des Auges erheblich zu. Die Ursache dafür sind u. a. altersbedingte Eiweißverklumpungen im Auge.

Zusammenfassend ist folgenden Elementen aufgrund der sich ändernden visuellen Fähigkeiten Beachtung zu schenken:

- Zeichengröße
- Beleuchtung hinsichtlich Höhe und Gleichmäßigkeit
- Farbe bezüglich der Unterscheidbarkeit
- Leuchtdichte und Kontrast hinsichtlich ihrer Höhe
- Minimierung von hohen Leuchtdichten im Gesichtsfeld

Literatur:

Seniorenrechtliches Konstruieren (Biermann, 1995)

Physiologie des Menschen (Schmidt, 2000)

Barrierefreie und behindertengerechte Lebensräume (VDI 6008 Blatt 1, 2005)

2.2.4 Informationsverarbeitung

2.2.4.1 Kognition

Sinnesreize wie z. B. Bilder, Geräusche oder Gerüche werden als Informationen wahrgenommen und verarbeitet, indem sie nach gegebenen Vorschriften und innerhalb ihres gegebenen Gehaltes ausgewählt und zugeordnet werden. Die Informationsverarbeitung ist ein dynamischer Vorgang: Aus den wahrgenommenen Informationen wird Wissen gewonnen, das weitere Wahrnehmungen mitbestimmt. Es entsteht ein Kreisprozess.

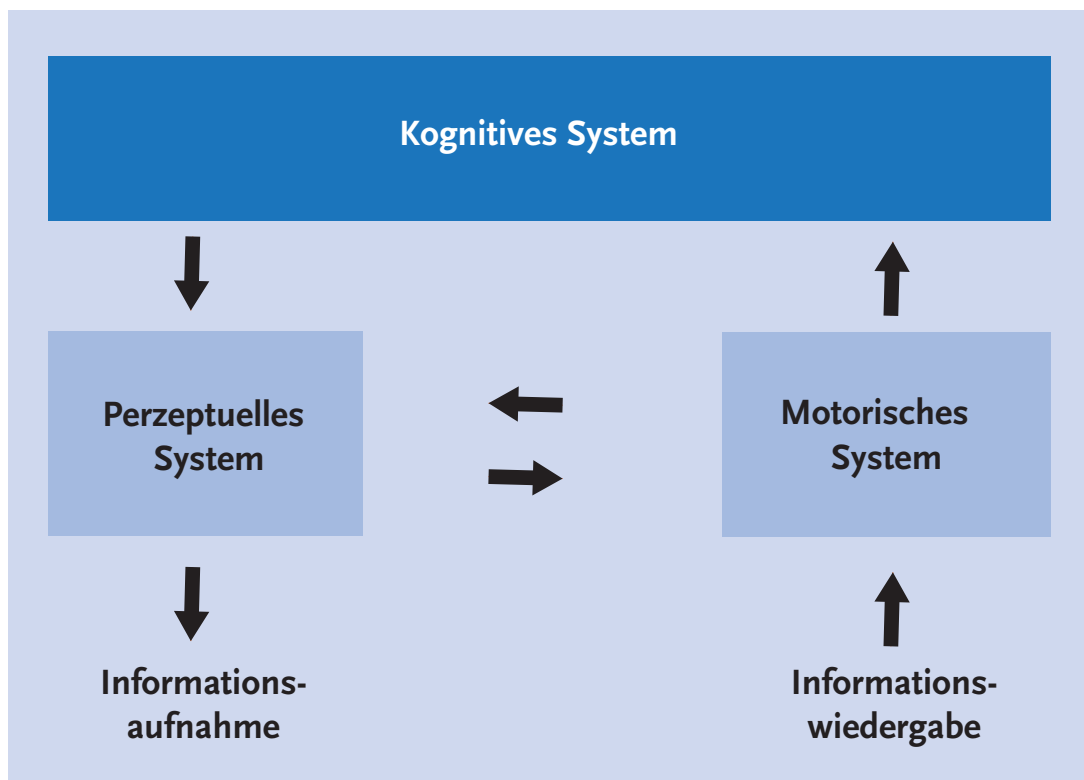


Abb. 2.15: Flussdiagramm der Informationsverarbeitung beim Menschen (HdE, 2001)

Über das perzeptuelle System wird ein wahrgenommener Reiz unbewusst verarbeitet und lässt ein Vorstellungsbild des Wahrgenommenen entstehen. Es stellt somit selektivsubjektive Bestandsaufnahmen dessen, was das Individuum wahrnimmt, her. Visuelle Reize werden dabei im sog. ikonischen Speicher und auditive im Echospeicher verfügbar gehalten. Der Echospeicher ist in der Lage, Informationen länger zu behalten als der ikonische. Kritische Informationen oder Warnungen sollten somit nicht rein bildhaft sein.

Aufgenommene Reize werden schließlich kognitiv weiterverarbeitet. Kognition umfasst unter anderem das Denken, Absichten, Einstellungen, Meinungen und Wünsche.

Zunächst werden verarbeitete Reize im Arbeitsgedächtnis (Kurzzeitgedächtnis), dann im Permanenzgedächtnis (Langzeitgedächtnis) gespeichert. Das Arbeitsgedächtnis arbeitet visuell und auditiv und kann gespeicherte Informationen bis ungefähr 226 Sekunden speichern. Informationen die ins Permanenzgedächtnis übergehen, werden semantisch oder bildhaft abgespeichert. Die Verfallszeit ist dort nicht nur von Person zu Person unterschiedlich, sondern auch Erinnerungen werden unterschiedlich lang abgelegt. Beeinflusst wird das kognitive System von Faktoren wie Emotion oder Motivation.

Die Architektur der menschlichen Kognition lässt sich psychologisch modellieren:

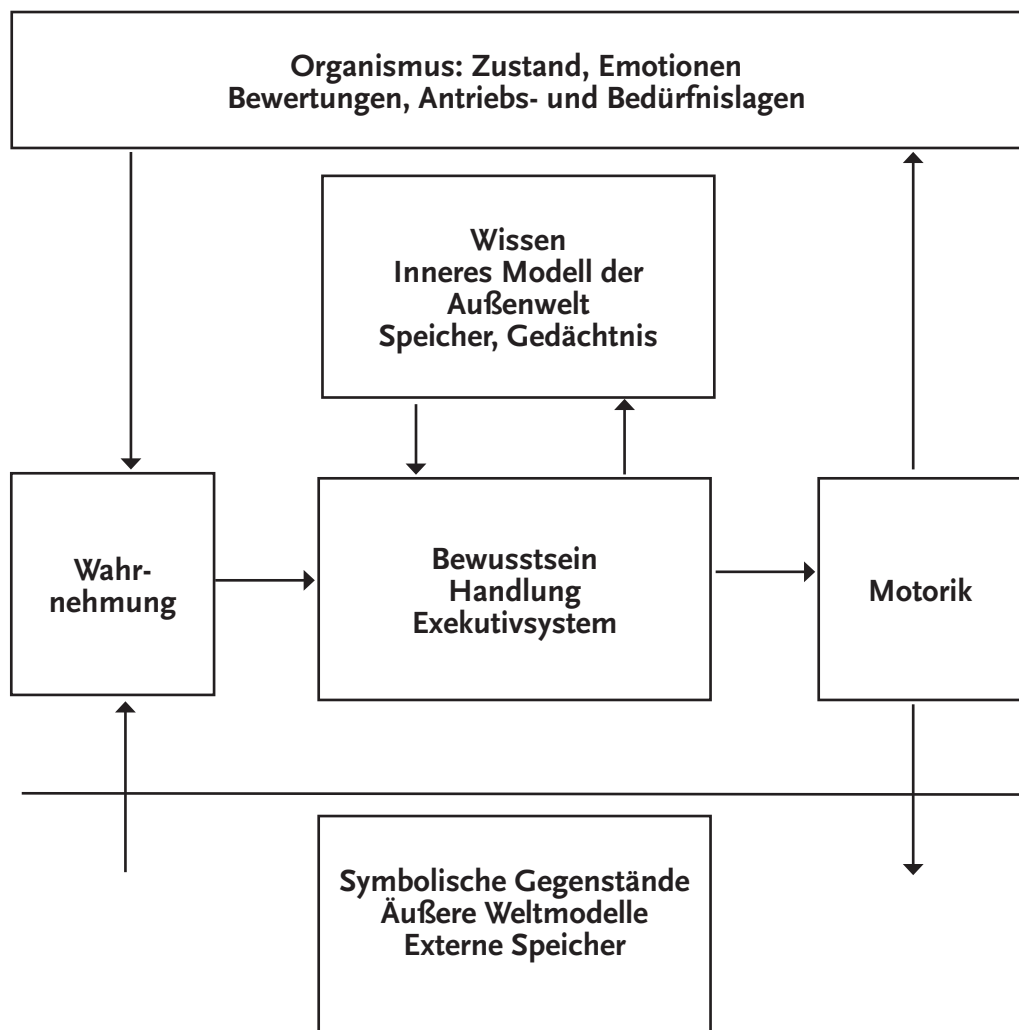


Abb. 2.16: Architektur der menschlichen Kognition (Glaser, 1994)

Die Aufmerksamkeit kann selektiv, d. h. auf einen Reiz fokussiert, oder geteilt, auf mehrere Reize gleichzeitig, erfolgen. Bei der selektiven Wahrnehmung ist es dem Menschen jederzeit möglich, seine Aufmerksamkeit auf andere Dinge zu lenken, die am Rande wahrgenommen und als wichtiger erachtet werden. Bei auditiven Signalen kann ein Wechsel der Aufmerksamkeit schneller vollzogen werden als dies bei visuellen Reizen möglich ist, da das Sichtfeld eingeschränkt ist. Der Mensch kann sich leicht auf verschiedene Reize konzentrieren, z. B. beim Betrachten eines Bildes ein Gespräch führen. Es ist jedoch schwierig bis unmöglich zwei gleiche Reize zu verarbeiten, z. B. Nachrichten im Radio hören und gleichzeitig ein Gespräch führen. Sind Prozesse geübt, benötigt der Mensch für das Erledigen der Aufgaben weniger Aufmerksamkeit als dies bei ungeübten Prozessen der Fall ist.

2.2.4.2 Prinzipien menschlicher Informationsverarbeitung

Subjektivität

In der Regel werden aufgenommene Sinnesreize vom Betrachter als Wahrheit angesehen. Durch das Zusammenspiel der verschiedenen Eindrücke kommt es jedoch zu Fehlern, teils durch Limitierung der Sinnesleistung, teils durch gegenseitige Beeinflussung der Reize. So werden zum Beispiel gleichschwere Körper als unterschiedlich schwer empfunden, wenn sie verschiedener Größe sind. Auch die individuellen Vorkenntnisse nehmen Einfluss auf die Wahrnehmung. Personen mit unterschiedlichem Wissenstand fassen ein und dieselbe Vorlage verschieden auf. Bilder eines Filmes werden als bewegt empfunden, obwohl sich die Bewegung aus vielen Einzelbildern zusammensetzt. Es kann also unter Umständen mehr als wahr angenommen werden, als tatsächlich vorhanden ist.



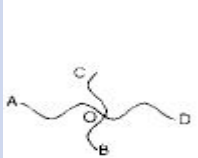




Konstanzphänomen

Dinge werden zum Teil auf der Netzhaut anders abgebildet als sie wahrgenommen werden, z. B. erkennt man eine Tasse, auch wenn ihr Abbild sich je nach Betrachtungsperspektive ändert; eine Zitrone wird immer im gleichen Gelbton wahrgenommen, auch bei veränderten Lichtverhältnissen. Was das Auge erkennt, wird also etwas Bekanntem zugeordnet und als solches wahrgenommen. So entstehen nicht nur optische Täuschungen, sondern dies ist gleichzeitig Voraussetzung dafür, dass Dinge direkt erkannt und identifiziert werden zu können. Gestaltungstechnisch wird dieses Phänomen genutzt, um Informationen besser erkennbar zu machen.

Gestaltungspsychologie/-gesetze

Da der Mensch subjektiv wahrnimmt, betrachtet er häufig selektiv. Er achtet unbewusst auf den Teil eines Ganzen, der sich vom Rest abhebt. Vom Betrachter wird das Wahrnehmungsfeld in zwei Bestandteile aufgeteilt: Figur (Gegenstand) und Grund (Zwischenräume oder leerer Raum). Die Gliederung von Informationen muss folglich so gestaltet werden, dass der relevante Teil Figurcharakter annimmt. Mit Hilfe der Gestaltungsgesetze können Reizkonfigurationen festgelegt werden, in denen der Betrachter einen Teil als Figur und andere Teile als Hintergrund interpretiert.

Tab. 2.5: Gestaltungsgesetze (nach Glaser, 1994 und HdE, 2001)

Gestaltungsgesetz	Beispiel
<p>Gesetz der Nähe</p> <p>Im Wahrnehmungsfeld werden diejenigen Objekte als zusammengehörig wahrgenommen, die den geringsten Abstand zueinander aufweisen.</p>	
<p>Gesetz der Ähnlichkeit</p> <p>Als zusammenhängend werden Elemente wahrgenommen, die sich bis hin zur Gleichheit ähneln.</p>	
<p>Gesetz der guten Fortsetzung</p> <p>Sich schneidende Konturen werden als zusammengehörig interpretiert, wenn sie so wenig gebogen oder geknickt wie möglich erscheinen.</p>	
<p>Gesetz der Geschlossenheit</p> <p>Wenn sich eine klare Form ergibt, werden Objekte, die teils verdeckt sind, als geschlossen wahrgenommen. Es entsteht außerdem räumliche Tiefe.</p>	
<p>Gesetz der Symmetrie</p> <p>Symmetrische Figuren werden als Figur interpretiert, wobei die asymmetrischen Komponenten als Hintergrund wahrgenommen werden.</p>	
<p>Gesetz der Ebenbreite</p> <p>Streifen gleicher Breite werden als Begrenzung einer Figur wahrgenommen. (vgl. Gesetz der Nähe)</p>	
<p>Gesetz des Aufgehens ohne Rest</p> <p>Einzelne Elemente werden nach Möglichkeit so wahrgenommen, dass sie vollständig „untergebracht“ werden und somit ein Ganzes bilden.</p>	

Konkret lässt sich folgern, dass beispielsweise auf einem Steuerpult Bedienelemente mit ähnlichen Funktionen so gestaltet bzw. angeordnet werden müssen, dass sie als zusammengehörig interpretiert werden können. Es genügt bereits die Einhaltung der Gesetze der Nähe und der Ähnlichkeit, damit ein Benutzer schnell und gezielt diese visuelle Information aufnimmt und umsetzt.

2.2.4.3 Prinzipien der Darstellung von Informationen

Informationen sollten so dargestellt werden, dass sie effektiv und effizient wahrgenommen werden können, klar vermittelt werden und voneinander unterscheidbar sind. Es sollten nur die notwendigen Informationen dargeboten werden, die jedoch immer auf dieselbe Art dargestellt werden. Wichtige Informationen sollte der Benutzer stets schnell und gezielt erkennen können; dies beinhaltet auch eine gute Lesbarkeit. Informationen müssen leicht zu verstehen und zu interpretieren sein. Nach DIN EN ISO 9241-12:2000 sollten folgende charakteristische Eigenschaften bei der Gestaltung von Informationen beachtet werden:

- Klarheit
- Unterscheidbarkeit
- Kompaktheit
- Konsistenz
- Erkennbarkeit
- Lesbarkeit
- Verständlichkeit

Sinnggebung

Wie aus den vorangegangenen Kapiteln zu entnehmen ist, sucht der Mensch nach Bedeutungszusammenhängen, auch wenn es keine gibt. Je höher das Wissen mit einer bekannten Vorlage vereinbar ist, desto leichter fällt das Verstehen. Dieses Prinzip findet zum Beispiel bei Piktogrammen Anwendung. Versteht ein Benutzer eine Information nicht, so versucht er entweder weitere Informationen zu sammeln oder diese neu zu interpretieren. Führt dies nicht zum gewünschten Erfolg, stellt sich Frustration ein und die Aufgabe kann wahrscheinlich nicht gelöst werden. Beschriftungen oder Menüoptionen sollten daher so gewählt werden, dass für die jeweiligen Nutzer der Sinn leicht zu entnehmen ist.

Ordnung

Anordnungen und Reihenfolgen lassen sich leichter merken, wenn sie zu sinngleichen Gruppen zusammengeführt werden. Gut und schnell zu erlernen ist die kategoriale Anordnung nach Oberbegriffen. Bestimmte Merkmale sollten immer an gleichen Stellen zu finden sein. Allerdings ist dies sehr abhängig vom Empfinden und Wissensstand des Benutzers. Deutlich wird dies anhand der Gestaltungsgesetze (siehe Abschnitt 2.2.4.2).

Eine Anordnung, die den Erwartungen des Benutzers entspricht, trägt dazu bei, dass dieser nicht lange und unnötig suchen muss. Zu beachten ist, dass die notwendigen Informationen einerseits nicht zu ausführlich und andererseits nicht zu stark komprimiert dargestellt werden.

2.2.4.4 Prinzipien des Dialogs

Die zielführende Interaktion zwischen Benutzer und System wird Dialog genannt. Nach DIN EN ISO 9241-110:2006 sollten folgende Prinzipien bei der Gestaltung von Dialogen beachtet werden:

- Aufgabenangemessenheit
- Selbsterklärungsfähigkeit
- Steuerbarkeit
- Erwartungskonformität
- Fehlerrobustheit
- Anpassbarkeit
- Erlernbarkeit

Zunächst sollte der Dialog den Aufgaben angemessen sein. Das heißt, die Informationen sollten im Zusammenhang mit der Aufgabe stehen und diese unterstützen. Dies kann zum Beispiel durch voreingestellte Werte geschehen. Unnötige Schritte sind zu vermeiden. Daher sollte auch der Dialog den Erwartungen des Benutzers entsprechen. So sollten die für den Benutzer gängigen Fachausdrücke verwendet und diese kontinuierlich beibehalten werden. Die Strukturierung sollte als natürlich empfunden werden. Ein Dialog kann verbessert werden, indem er individualisierbar ist. Die Darstellung sollte hierbei an die persönlichen Fähigkeiten und Anforderungen des Benutzers anpassbar sein, so dass diese möglichst zweckmäßig und erkennbar ist. Es sollte für den Benutzer leicht zu erkennen sein, bei welchem Handlungsschritt er sich befindet; das System sollte selbstbeschreibend sein. Änderungen des Systemzustandes müssen erkennbar sein. Die Möglichkeit, den Dialog durch den Benutzer zu starten und seinen Ablauf zu kontrollieren sollte vorhanden sein. Ebenso sollte er im Stande sein, den Dialog jederzeit zu unterbrechen und ihn wieder aufzunehmen oder Fehler in den Bedienschritten nach Möglichkeit ohne großen Aufwand rückgängig zu machen. Des Weiteren sollten Fehler vom System erkannt und ggf. korrigiert werden.

Natürlich können hierbei nicht alle Grundsätze erfüllt werden, so dass bei der Gestaltung, abhängig vom Nutzungskontext, abgewogen werden muss, welche Anforderungen Priorität haben. Abhängig ist dies von den Anforderungen, welche die Zielgruppe an das Produkt stellt, genauso wie von den zu unterstützenden Aufgaben. Auch die verfügbaren Techniken und Mittel sind zu berücksichtigen.

Den direkten Bezug von Informationsgestaltung, Dialoggestaltung und der Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung ist in DIN EN ISO 9241-110:2006 im Konzept Gebrauchstauglichkeit beschrieben (vgl. Abb. 2.17).

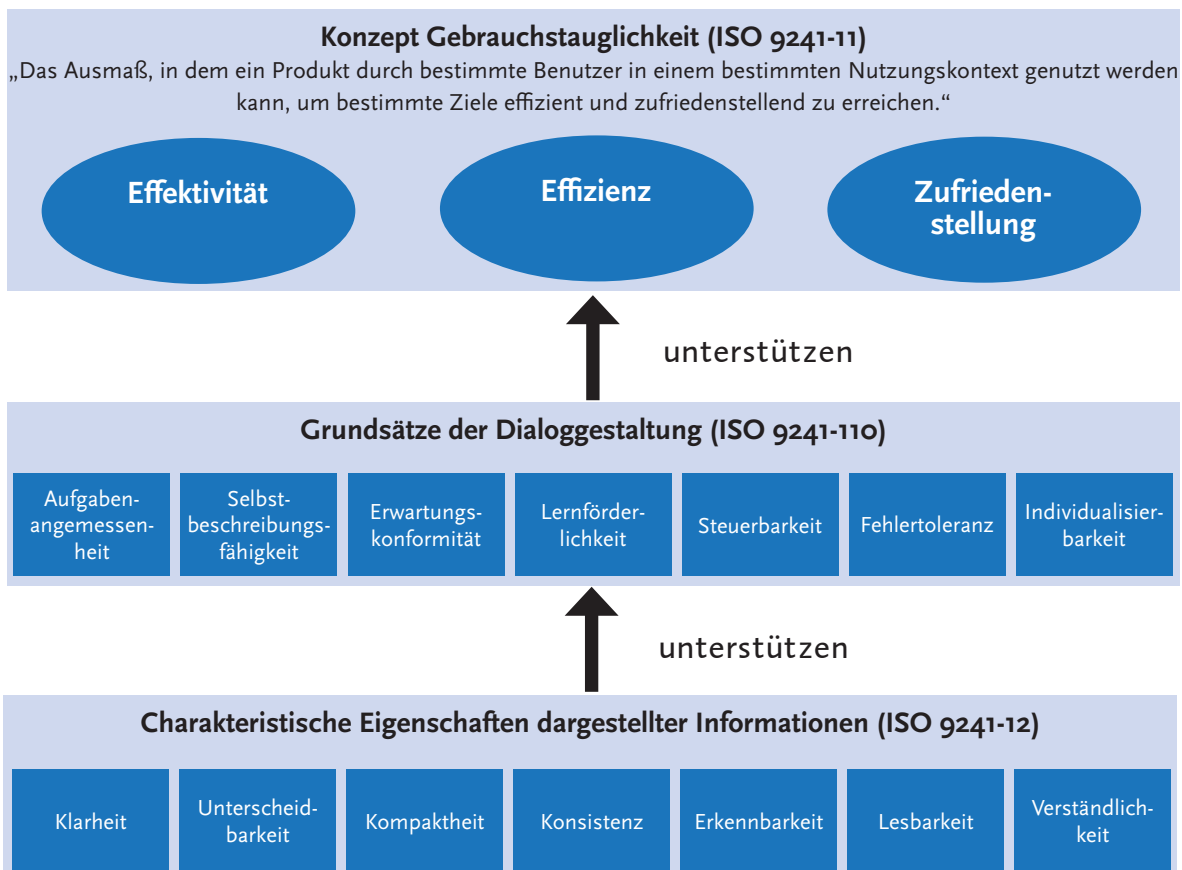


Abb. 2.17: Beziehung zwischen den Teilen 11, 12 und 110 DIN EN ISO 9241 (DIN EN ISO 9241-110:2006)

Antwortzeit

Das System sollte auf den Benutzer und seine Aktionen schnell reagieren und eine adäquate Rückantwort geben; andere Aktivitäten dürfen dadurch nicht gestört werden. Bei verzögerter Ausführung sollte der Benutzer erkennen können, dass das System seinen Befehl akzeptiert hat. Bereits Verzögerungen von einer Sekunde können dazu führen, dass ein Zusammenhang nicht wahrgenommen wird. Wird beispielsweise eine Bohrmaschine eingeschaltet, sollte sie möglichst direkt anlaufen, da der Benutzer sonst nicht unterscheiden kann, ob das Gerät sachgemäß funktioniert oder defekt ist. Bei einer Überprüfung des Gerätes könnte er sich gegebenenfalls verletzen.

Literatur:

- Lehrbuch der Ergonomie (Schmidke, 1981)
- Handbuch der Ergonomie (HdE, 2001)
- Human Factors Design Standard (HFDS) (Ahlstrom, 2003)
- Methoden der Usability Evaluation (Sarodnick, 2006),
- Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten
 - Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit (DIN EN ISO 9241-11:1999)
- Ergonomie der Mensch-System-Interaktion
 - Grundsätze der Dialoggestaltung (DIN EN ISO 9241-110:2006)

3 Verfahrensanweisung

3.1 Konzepte

Dieses Kompendium verfolgt bei der Gebrauchstauglichkeitsprüfung von Produkten drei wesentliche Konzepte:

- Zentrale Stellung des Nutzungskontextes
- Betrachtung einzelner Komponenten von Produkten
- Kategorisierung von Anforderungen

Das Verständnis dieser Konzepte ist für die Anwendung des Kompendiums unerlässlich. Im Anschluss an die Beschreibung der Konzepte folgt eine Anleitung zur Anwendung der in den folgenden Kapiteln dargestellten Prüf- und Bewertungsmethoden.

3.1.1 Nutzungskontext

Der Nutzungskontext ist zentraler Bestandteil bei der Entwicklung von Produkten und bei der Bewertung ihrer Gebrauchstauglichkeit. Er beschreibt die typischen Benutzer, Aufgaben, Arbeitsmittel und Umgebungen. Erst das Verständnis der Randbedingungen, in denen ein Produkt verwendet werden soll, ermöglicht dem Entwickler, Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt zu spezifizieren, um zu entsprechenden Gestaltungslösungen zu gelangen. In Abb. 3.1 ist ein benutzerzentrierter Entwicklungsprozess, wie er in DIN EN ISO 13407:2000 spezifiziert ist, schematisch dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Informationen aus dem Nutzungskontext in viele Stationen der Produktentwicklung einfließen. Eine dieser Phasen ist auch die Bewertung des fertig gestellten Produktes.

Die zentrale Stellung des Nutzungskontextes im Rahmen der Produktprüfung verdeutlicht ebenfalls die folgende Abbildung (Abb. 3.2), die den Prüfbau- stein für die Komponente „Bedien-/Stellteil“ darstellt. An nicht weniger als sieben Stellen dieses Ablaufdiagramms wird auf die Informationen des Nutzungskontextes zurückgegriffen.

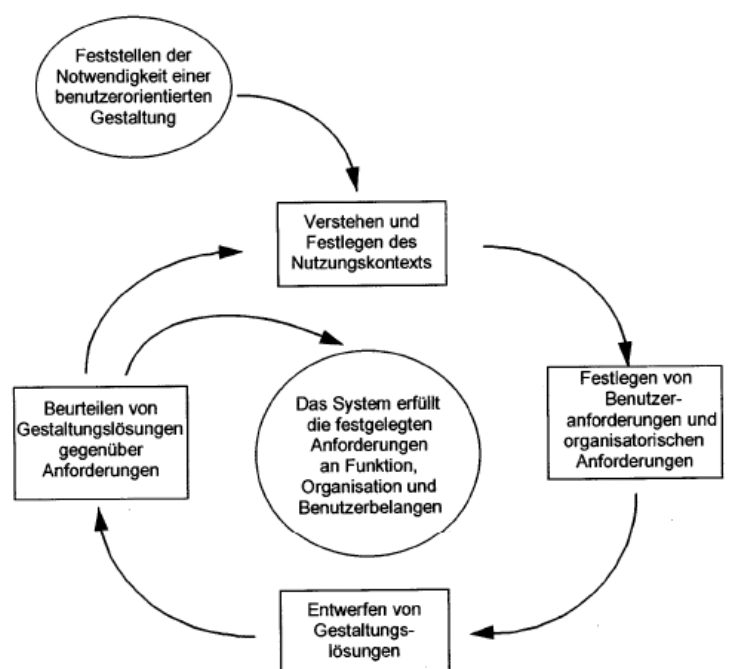


Abb. 3.1: Benutzerzentrierter Entwicklungsprozess (DIN EN ISO 13407:2000)

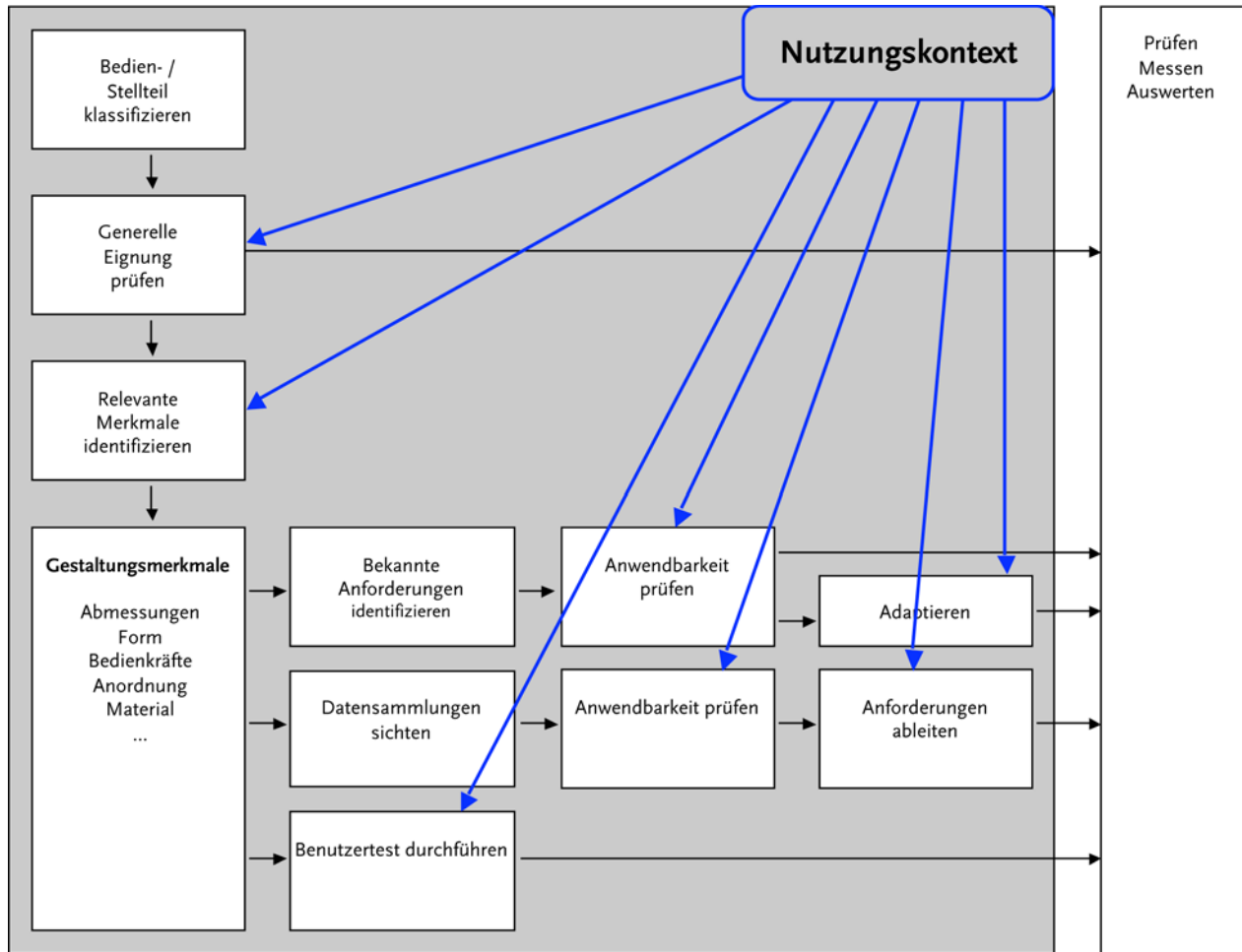


Abb. 3.2: Einflüsse des Nutzungskontextes während der Komponentenprüfung

Wie die Daten des Nutzungskontextes erhoben und in einem weiteren Schritt aus dem Nutzungskontext konkrete Anforderungen an das Produkt abgeleitet werden können, wird im Prüfbaustein I – Nutzungskontext – beschrieben. Im nebenstehenden Beispiel findet sich eine kurze Darstellung eines Nutzungskontextes einer Bohrmaschine.

3.1.2 Komponentenbetrachtung

Bei Prüfungen von komplexen Produkten kann es sinnvoll sein, einzelne Komponenten zu identifizieren und diese zunächst separat zu betrachten, bevor das gesamte Produkt geprüft wird. Dieses Vorgehen hat mehrere Vorteile:

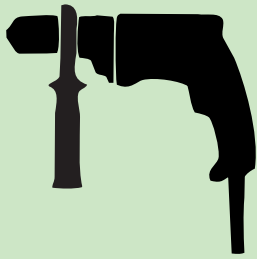
- Der Prüfer kann sich auf die einzelnen Baugruppen und Komponenten konzentrieren, ohne bei einer komplexen Prüfung den Überblick zu verlieren.
- Ergebnisse von anderen Prüfungen können gegebenenfalls übernommen werden, so dass der Prüfaufwand reduziert werden kann.
- Mehrere Prüfer können zeitgleich und unabhängig voneinander an einem Projekt arbeiten.

3.1.2.1 Baugruppen - Komponenten

Eine Komponente ist ein Bestandteil eines Produktes oder eine Gruppe einzelner Bestandteile. Dies kann beispielsweise ein Schalter, ein Griff oder ein Display sein. Da Produkte zum Teil aus

Beispiel

Nutzungskontext einer Bohrmaschine



Folgende Angaben zum Nutzungskontext sind in der Anleitung enthalten: „Die Beispiel-Schlagbohrmaschine wurde zum Bohren in Holz, Metall, Kunststoff und Mauerwerk sowie zum Schrauben entwickelt. Dieses Gerät ist nicht für den gewerblichen Einsatz vorgesehen.“

Aus den Angaben der Anleitung und den Ergebnissen von Benutzerbefragungen ergibt sich folgender Nutzungskontext:

Als typische Heimwerker werden Männer und Frauen im Alter von 25 bis 70 Jahren angesehen. Es wurden zehn Heimwerker befragt, um den Nutzungskontext weiter zu konkretisieren. Die befragten Personen benutzen ihre Schlagbohrmaschine ca. zwei- bis fünfmal pro Jahr. Die jeweilige Dauer ihrer Nutzung beträgt etwa eine Stunde verteilt über den gesamten Tag. Sie verwenden die Schlagbohrmaschine in der Regel ohne Handschuhe.

Die Aufgaben, die sie typischerweise mit der Schlagbohrmaschine bearbeiten, sind:

- Einstellen Links-/Rechtslauf, Betriebsart und Ausschaltsperr (häufig)
- Bohren in Holz, Metall, Kunststoff, Mauerwerk und Schrauben (häufig)
- Waagerechte Handhabung in Augen-, Brust- und Bauchhöhe
- Senkrechte Handhabung überwiegend in Tischhöhe
- Senkrechte Handhabung über Kopf
- Wechsel von Bohrer und Bits (häufig)
- Montage/Demontage Seitenhandgriff (selten)
- Montage/Demontage Tiefenschlag (selten)
- Reinigung / Wartung (selten)

Als Arbeitsumgebung wird der häusliche Bereich angesehen. Die herrschende Beleuchtungsstärke ist variabel und i. a. unbekannt. Es liegt in der Regel nicht kontrollierte Mischbeleuchtung vor (z. B. Glühlampe, Leuchtstofflampe, Leuchtdioden, ggf. auch Tageslichtbeleuchtung mit/ohne direkte Sonneneinstrahlung). Basierend auf Erfahrungswerten wird sie ohne Tageslichtbeleuchtung mit etwa mindestens 50 lx bis etwa 500 lx angenommen.

Der typische Sehabstand auf die Anzeige wird mit 500 mm angesetzt (Armlänge). Als typische Sehrichtung auf die Anzeige wird die senkrechte Sehrichtung angenommen. Der Sehrichtungsbereich auf die Anzeige wird mit bis zu 40° (aus der Senkrechten heraus) angenommen.

vielen Komponenten bestehen, kann es sinnvoll sein unterschiedliche Baugruppen zu bilden. Ein Beispiel einer solchen Baugruppe kann der Griffteil einer Bohrmaschine mit unterschiedlichen Komponenten (Griff, Drehzahlregler, Rechts-/Linkslauf-Umschalter, Verriegelungsknopf für Dauerbetrieb und Beschriftungen) sein. Der Prüfer erhält neben einem besseren Überblick auch ein Verständnis für Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Komponenten.

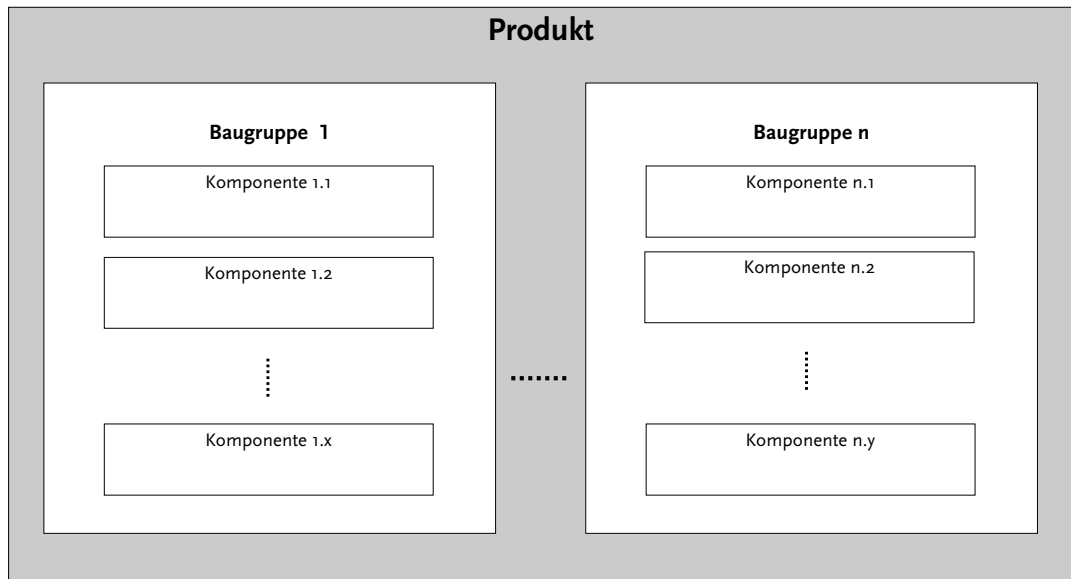


Abb. 3.3: Aufteilung eines Produktes in Baugruppen und Komponenten

3.1.2.2 Bedienungsanleitung

Die Bedienungsanleitung ist Bestandteil eines Untersuchungsobjektes und als solches eine weitere Komponente, die es zu prüfen gilt. Ihre Bewertung ist integraler Bestandteil bei der Betrachtung der Mensch-Maschine-Schnittstelle. Es finden sich unterschiedliche Normen, die ausschließlich Bedienungsanleitungen zum Gegenstand haben. DIN EN 62079:2001 sieht zwei Verfahren zur Bewertung von Bedienungsanleitungen vor: Die Überprüfung durch einen Experten anhand einer Checkliste oder durch interaktives Testen von Serienprodukten durch eine Gruppe potenzieller Benutzer (Paneltest). Da diese Norm jedoch keine Konformitätskriterien enthält, wird empfohlen, eine quantitative Bewertung anhand von Checklisten und eine qualitative bei der Beurteilung der Dialoggestaltung vorzunehmen.

Literatur:

Erstellen von Anleitungen (DIN EN 62079:2001)

Bedienungsanleitungen für vom Endverbraucher genutzte Produkte
(ISO/IEC Guide 37:1995)

Menschengerechte Bedienung Technischer Geräte (VDI Berichte 1303,1996)

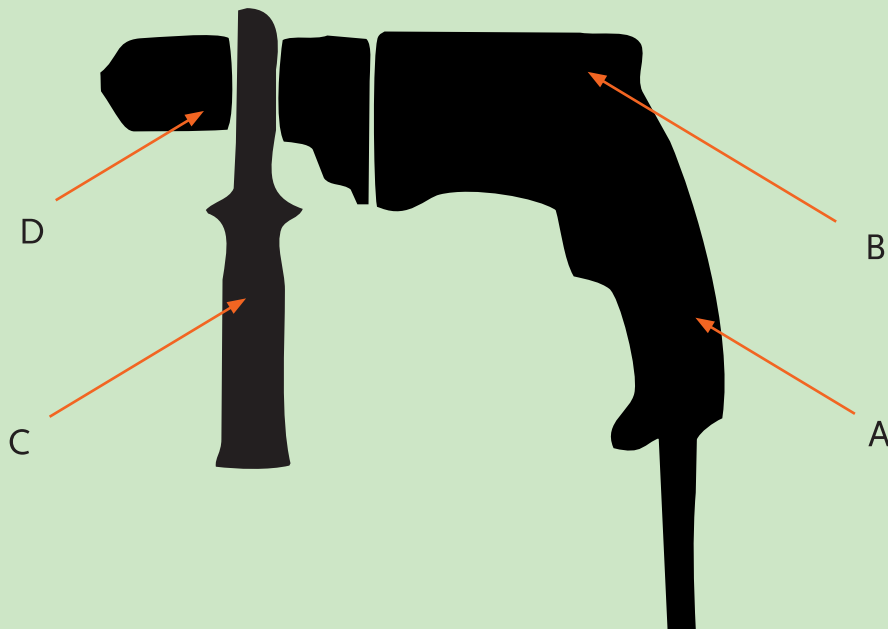
3.1.3 Kategorisierung von Produktanforderungen

Bei der Durchführung von Produktprüfungen zeigt sich sehr schnell, dass die große Anzahl potenzieller ergonomischer Anforderungen bei der Anwendung auf einzelne Komponenten ein Effizienzproblem verursachen kann. Eine praxisnahe Lösung stellt die Zuordnung von Produktanforderungen zu unterschiedlichen Kategorien dar. Auf Grundlage der Strukturen von Ergonomie-normen (z. B. DIN EN 614-1:2006), weiterer Literatur und den Erfahrungen praktischer Prüfungen werden fünf Kategorien als sinnvoll erachtet und festgelegt. Im weiteren Verlauf sollen die folgenden fünf Kategorien näher betrachtet und beschrieben werden:

- Anzeigen/Beschriftungen
- Bedien- und Stellteile
- Griffe/Greifflächen
- Bewegungsabläufe/Körperhaltungen
- Dialoggestaltung

Beispiel

Komponentenbetrachtung



Baugruppe A:	Griffteil mit den Komponenten
–	Griff
–	Drehzahlregler mit Beschriftung
–	Rechts-/Linkslauf-Umschalter mit Beschriftung
–	Verriegelungsknopf für Dauerbetrieb
Baugruppe B:	Rumpf mit den Komponenten
–	Getriebeumschalter mit Beschriftung
–	Display
Baugruppe C:	Zusatzhandgriff mit der Komponente
–	Griff
Baugruppe D:	Bohrfutter mit der Komponente
–	Bohrfutterschlüssel

Für eine umfassende ergonomische Bewertung eines Untersuchungsobjektes können weitere Kategorien spezifiziert werden, z. B. Lärm, Schwingungen, thermische Emission etc. Diese sind jedoch nicht Bestandteil des Kompendiums.

3.1.3.1 Anzeigen und Beschriftungen

Die Anforderungen in der Kategorie Anzeigen/Beschriftungen umfassen Erkennbarkeit, Lesbarkeit und Unterscheidbarkeit von Informationen am Untersuchungsobjekt. Wichtige Kriterien sind daher Kontrast und Schriftgröße. Die Anforderungen hängen vom jeweiligen Nutzungskontext ab (z. B. Beleuchtung und Sehentfernung). Die Verständlichkeit der Informationen wird in der Kate-

gorie Dialoggestaltung betrachtet.

Vereinfachend wird im Weiteren der Begriff „Anzeigen“ stellvertretend für „Anzeigen“ oder „Beschriftungen“ verwendet. Falls technologische Unterschiede unterschiedliche Bewertungsarten erfordern, wird darauf hingewiesen.

Literatur:

Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen (DIN EN 894-2:1997)
 Handbuch der Ergonomie (HdE, 2001)
 Design Criteria Standard – Human Engineering (DoD Mil-Std 1472F, 1999)
 Handbook for Human Engineering Design Guidelines (DoD MIL-HDBK-759C, 1995)
 SemiS8-0705
 Ergonomische Anforderungen für Tätigkeiten an optischen Anzeigeeinheiten in Flachbauweise (DIN EN ISO 13406-2:2003)
 Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten (DIN EN ISO 29241-3:1993, DIN EN ISO 9241-7:1998, DIN EN ISO 9241-8:1998)
 Anforderungen an die Tastatur (DIN EN ISO 9241-4:1999)
 Körpermaße des Menschen (DIN 33402:1978-2007)

3.1.3.2 Bedien- und Stellteile

Auf Bedien- und Stellteile bringt der Benutzer eine Betätigungskraft auf, um Funktionen auszulösen. Die Kategorie Bedien- und Stellteile umfasst im Wesentlichen Anforderungen an Abmessungen, Anordnung (Zugänglichkeit, Erreichbarkeit) und Bedienkräfte. Bei der Beurteilung der Bedien- und Stellteile ist jeweils der Nutzungskontext zu berücksichtigen, um beurteilen zu können, inwieweit sie für die beabsichtigten Aufgaben (Stellgenauigkeit, Stellgeschwindigkeit, Stellkraft, Sichtkontrolle, Tastkontrolle, unbeabsichtigtes Stellen, Reibung, Stellen mit Handschuh und Reinigung) geeignet sind. Die Sinnfälligkeit von Anordnung und Bewegung sowie die Wahrnehmung von Stellpositionen werden in der Kategorie Dialoggestaltung behandelt.

Liegen keine konkreten oder ausreichenden Anforderungen an spezielle Bedien- und Stellteile des Untersuchungsobjektes vor, so sind diese aus entsprechenden anthropometrischen Daten, vergleichbaren Anforderungen oder aus den Erkenntnissen zu anderen Produkten abzuleiten. Zur Validierung dieser Anforderungen sollten sie im Rahmen von Benutzertests überprüft werden.

Literatur:

Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen (DIN EN 894-3:2000)
 Handbuch der Ergonomie (HdE, 2001)
 Design Criteria Standard – Human Engineering (DoD Mil-Std 1472F, 1999)
 Handbook for Human Engineering Design Guidelines (DoD MIL-HDBK-759C, 1995)
 Safety Guidelines for Ergonomics Engineering of Semiconductor Manufacturing Equipment (SemiS8-0307, 2007)

3.1.3.3 Griffe und Greifflächen

Als Griffe und Greifflächen werden diejenigen Komponenten eines Untersuchungsobjekts bezeichnet, die zum Tragen, Ziehen, Heben, Halten oder Öffnen genutzt werden können.

Während Griffe am Untersuchungsobjekt unmittelbar erkennbar sind, ergibt sich die Festlegung

der Greifflächen oft erst aus der Beobachtung der Nutzer z. B. im Rahmen von Benutzertests. Die anzuwendenden Anforderungen umfassen Abmessungen (z. B. minimale Grifflänge, maximaler/minimaler Griffumfang, maximaler/minimaler Griffdurchmesser) und Form (z. B. rund, oval), benötigte Freiräume und aufzuwendende Kräfte für die typischen Hauptaufgaben. Konkrete Anforderungswerte ergeben sich in der Regel unter Einbeziehung des Nutzungskontextes.

Liegen keine konkreten oder ausreichenden Anforderungen an Griffe oder Greifflächen für das Untersuchungsobjekt vor, so sind diese aus entsprechenden anthropometrischen Daten, Anforderungen an andere Produkte oder aus den Erkenntnissen von Prüfungen anderer Produkte abzuleiten. Zur Validierung der Anforderungen sollten diese im Rahmen von Benutzertests überprüft werden.

Literatur:

Ergonomie – Körpermaße des Menschen (DIN 33402-2:2005)
 Handbuch der Ergonomie (HdE, 2001)
 Safety Guidelines for Ergonomics Engineering of Semiconductor Manufacturing Equipment (SemiS8-0307, 2007)
 Design Criteria Standard – Human Engineering (DoD Mil-Std 1472F, 1999)
 Handbook for Human Engineering Design Guidelines (DoD MIL-HDBK-759C, 1995)
 Ergonomische Gestaltung handgeführter Elektrowerkzeuge (Heeg et al., 1989)
 Ergonomische Gestaltung von Handgeführten elektromotorischen Arbeitsmitteln (Feggeler et al., 1992)

3.1.3.4 Körperhaltung und Bewegungsabläufe

Die Kategorie Körperhaltung und Bewegungsabläufe umfasst diejenigen Anforderungen, durch deren Einhaltung bei der Verwendung des Untersuchungsobjektes keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen, z. B. durch unnatürliche Körperhaltungen, entstehen und die Bewegung des Benutzers den natürlichen Abläufen folgt. Für die Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungsabläufen sind Beobachtungen im Rahmen eines Benutzertests unerlässlich. Erst durch eine genaue Analyse der zu bearbeitenden Aufgaben lassen sich Anforderungen an die Platzierung von Griffen und Greifflächen (z. B. Winkel zwischen Untersuchungsobjekt und Griff) bestimmen. Es wird zwischen Körperhaltung und Körperstellung unterschieden: Körperstellungen sind in erster Linie die Grundstellungen des menschlichen Körpers wie Stehen, Sitzen, Liegen, Knien, Hocken; die Körperhaltung beschreibt die Anordnung innerhalb der Körperstellung der Gliedmaßen wie Hand, Arme, Beine, Rumpf, Kopf usw.

Literatur:

Ergonomische Gestaltungsgrundsätze (EN 614-1:2006)
 Handbuch der Ergonomie (HdE, 2001)
 Evaluierung von Körperhaltungen bei der Arbeit an Maschinen (ISO 11226:2000)
 Design Criteria Standard – Human Engineering (DoD Mil-Std 1472F, 1999)
 Handbook for Human Engineering Design Guidelines (DoD MIL-HDBK-759C, 1995)
 Safety Guidelines for Ergonomics Engineering of Semiconductor Manufacturing Equipment (SemiS8-0307, 2007)
 Menschliche körperliche Leistung (DIN EN 1005-4:2005)
 Ergonomische Gestaltung von Handgeführten elektromotorischen Arbeitsmitteln (Feggeler et al. 1992)

3.1.3.5 Dialoggestaltung

Die Kategorie Dialoggestaltung beinhaltet ergonomische Grundsätze, die an den Dialog zwischen Benutzer und Untersuchungsobjekt gestellt werden. Die Anforderungen beziehen alle Komponenten mit Benutzerinteraktion sowie die Bedienungsanleitung als wichtige Informationsquelle für den Benutzer ein.

Als Grundlage zur Bewertung der Dialoggestaltung dienen unter anderem die sieben Dialogprinzipien, die in DIN EN ISO 9241-110:2006 und DIN EN 894-1:1997 beschrieben sind:

- Aufgabenangemessenheit
- Selbstbeschreibungsfähigkeit
- Steuerbarkeit
- Erwartungskonformität
- Fehlertoleranz
- Individualisierbarkeit
- Lernförderlichkeit

Inhaltlich spiegeln beide Normen die gleichen Prinzipien wider. Da DIN EN 894-1:1997 keine Methoden für die Anwendung dieser Prinzipien beinhaltet, besteht die Möglichkeit, auf das „DATech-Prüfhandbuch Gebrauchstauglichkeit“ zurückzugreifen. Bei diesem handelt es sich um einen Leitfaden für die ergonomische Evaluierung von interaktiven Systemen auf der Grundlage von DIN EN ISO 9241-110:2006 und DIN EN ISO 9241-11:1999. Auch wenn das Prüfhandbuch ursprünglich auf die Prüfung von Softwareprodukten ausgerichtet ist, lässt es sich auch auf andere Produkte anwenden. Dies wird bereits durch die Anpassung des Titels deutlich: Während dort zunächst der Begriff „Software“ verwendet wurde, ist dieser seit der Version 3.4 durch „interaktive Systeme“ ersetzt. In DIN EN 894-1:1997 wird darauf hingewiesen, dass die Erfüllung der Anforderungen insbesondere unter realistischen Bedingungen wichtig ist. Dies geschieht mittels Beobachtungsinterviews – eine Methode des DA-Tech-Prüfhandbuchs.

Bei der Aufgabenbearbeitung werden von den Benutzern in der Regel mehrere Komponenten gleichzeitig verwendet. Daher ist es nicht sinnvoll, jede Komponente einzeln hinsichtlich ihrer Dialoggestaltung zu beurteilen. Oftmals ist das Zusammenspiel mehrerer Komponenten (ggf. auch der Bedienungsanleitung) entscheidend. Treten bei der Beurteilung der Dialoggestaltung Nutzungsprobleme auf, können diese dann jedoch sehr wohl einzelnen oder mehreren Komponenten zugeordnet werden.

Literatur:

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Grundsätze der Dialoggestaltung
(DIN EN ISO 9241-110:2006)

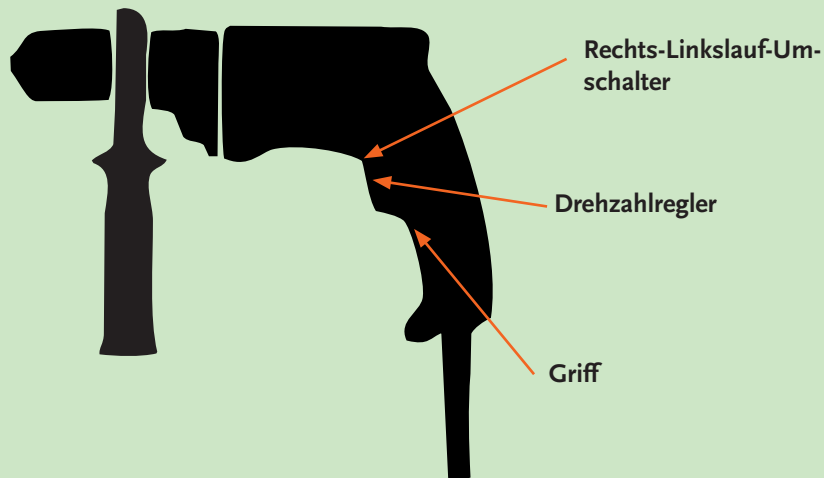
DATech Prüfhandbuch Gebrauchstauglichkeit (DATech, 2006)

Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen
(DIN EN 894-1:1997)

Bedienungsfreundlichkeit von Produkten des täglichen Gebrauchs (ISO 20282:2006)

Beispiel

Komponentenbetrachtung



Komponente	Anforderungskategorie
Rechts-/Linkslauf-Umschalter	Bedien- und Stellteile Anzeigen und Beschriftungen Dialoggestaltung
Drehzahlregler	Bedien- und Stellteile
Griff	Griffe und Greifflächen Körperhaltung und Bewegungsabläufe

3.2 Ablauf einer Prüfung

Um bei einer Produktprüfung unabhängig vom Prüfer vergleichbare, valide Ergebnisse zu erhalten, ist ein strukturiertes Vorgehen notwendig. Dieses Vorgehen ist in folgendem Ablaufdiagramm dargestellt (Abb. 3.4).

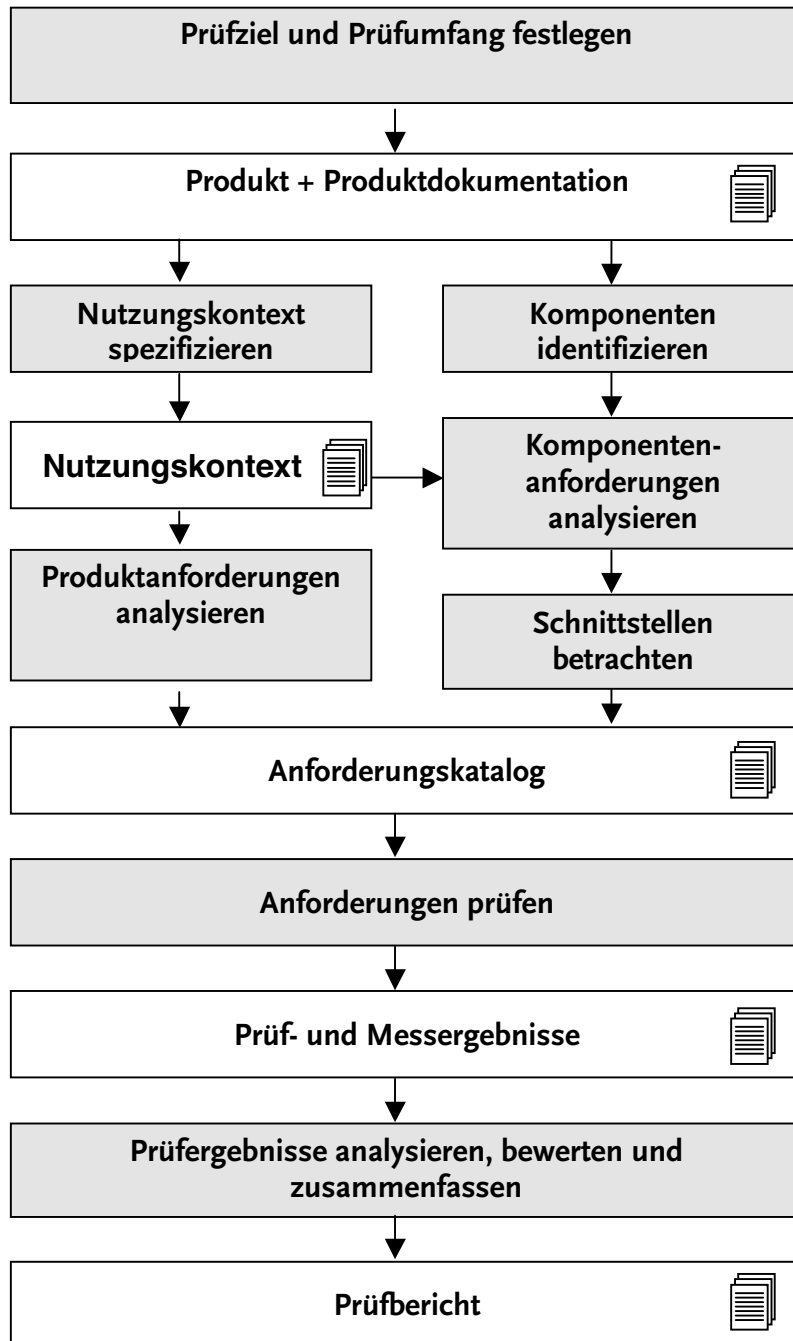


Abb. 3.4: Prüfablauf

3.2.1 Vorbereitung

Zu Beginn einer Prüfung sind das Prüfziel und damit verbunden der Prüfumfang festzulegen und zu dokumentieren. Diese Festlegung ist besonders bei externen Prüfungen wichtig, da sie direkten Einfluss auf die Prüfaussage hat, die im Anschluss an die Prüfung getroffen werden kann.

In der Regel ist das Ziel die Prüfung der Gebrauchstauglichkeit eines Produktes. Je nach Anlass kann das Ziel eingeschränkt werden. So ist auch die Beschränkung der Prüfung auf Teilaspekte der Gebrauchstauglichkeit, z. B. auf die Effektivität, oder auf einzelne Teile des Nutzungskontextes, z. B. auf bestimmte Benutzergruppen, denkbar.

Anschließend muss das zu prüfende Produkt genau spezifiziert werden. Folgende Fragestellungen sind hilfreich:

- Welche Bestandteile des Produktes sollen geprüft werden?
- Welche (optionalen) Zubehörteile sollen ebenfalls betrachtet werden?
- Welche Bestandteile der Produktdokumentation sind für die Prüfung relevant?
- Gibt es Schulungsunterlagen die berücksichtigt werden müssen?

3.2.2 Durchführung

3.2.2.1 Spezifikation des Nutzungskontextes

Die Durchführung einer Prüfung muss immer mit der Spezifikation des Nutzungskontextes beginnen: welche Benutzer welche Aufgaben in welcher Umgebung bearbeiten. Nur wenn der Prüfer den Nutzungskontext eines Produktes verstanden hat, ist er in der Lage, entsprechende Nutzungsanforderungen ableiten und prüfen zu können.

Die zentralen Informationsquellen für die Spezifikation des Nutzungskontextes sind die Produktdokumentation und die Benutzer selbst. Im Kapitel 4.2 wird ein entsprechender Prüfbaustein „Nutzungskontext“ zur Verfügung gestellt. Dieser beschreibt Verfahren zur Erfassung, Dokumentation und Validierung des Nutzungskontextes.

3.2.2.2 Produktanforderungen analysieren

Aus dem Nutzungskontext lassen sich Anforderungen an das zu prüfende Produkt ableiten. In der Praxis haben sich kontextbasierte Methoden zum Ableiten dieser Nutzungsanforderungen bewährt. Im Prüfbaustein „Nutzungskontext“ wird erläutert, wie aus den erhobenen Kontextszenarien zunächst Erfordernisse an die jeweilige Tätigkeit abgeleitet werden und wie sich schließlich Nutzungsanforderungen an das Produkt ableiten lassen.

3.2.2.3 Identifikation von Komponenten

Ist das zu prüfende Produkt spezifiziert, werden im nächsten Schritt Komponenten identifiziert, die unmittelbar Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit des Produktes nehmen. Einige Komponenten des Produktes sind offensichtlich – Anzeigen und Bedienteile sind in der Regel auf den ersten Blick zu erkennen. Andere Komponenten ergeben sich erst aus dem Nutzungskontext und den dort spezifizierten Aufgaben. Greifflächen können zum Teil nur identifiziert werden, indem Benutzer während der Bearbeitung konkreter Aufgaben beobachtet werden.

Die Komponenten sollten nach der Identifikation mit einer eindeutigen Bezeichnung gekennzeichnet werden, so dass in der Kommunikation aller Projektbeteiligten keine Missverständnisse und Verwechslungen auftreten können.

Tipp

Es ist sinnvoll, zusammengehörige Komponenten eines Produktes in einer Baugruppe zusammenzufassen. Beispielsweise lassen sich mehrere Schalter, Taster, Beschriftungen und Anzeigen zu einem Bedienpanel zusammenfassen, da sie bezüglich einiger Merkmale (z. B. Sinnfälligkeit der Anordnung und Konsistenz) nur zusammen beurteilt und bewertet werden können.

3.2.2.4 Komponentenanforderungen analysieren

Sind die einzelnen Komponenten identifiziert, werden im nächsten Schritt die Anforderungen analysiert, die an diese Komponente zu stellen sind. Dazu wird zunächst geprüft, welche Anforderungskategorien für die jeweilige Komponente zutreffend sind. Es ergibt sich eine Prüfmatrix, in der jeder Produktkomponente eine oder mehrere Kategorien ergonomischer Anforderungen zugeordnet werden können. Kann eine Komponente keiner Kategorie zugeordnet werden, bedeutet dies, dass sie nicht separat betrachtet werden muss.

Tab. 3.1: Prüfmatrix

Komponente	Kategorie			
1	2	...	n	
	x	...		Anzeigen/Beschriftungen
	x	...		Bedien- und Stellteile
x		...	x	Griffe/Greifflächen
		...	x	Bewegungsabläufe
x	x	...		Dialoggestaltung

Tipp

Auch wenn Komponenten scheinbar keinen direkten Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit des Produktes haben, können die Ergebnisse einer Prüfung nicht bedenkenlos übernommen werden, wenn diese Komponente gegen eine andere ausgetauscht wird. So kann die Komponente zum Beispiel durch ihr Gewicht die Beurteilung anderer Komponenten (z. B. Griffe) und somit die Gesamtbewertung der Gebrauchstauglichkeit beeinflussen.

Der grundlegende Ablauf der Anforderungsanalyse ist gleich; unabhängig von der Komponente und den betroffenen Anforderungskategorien. Der Ablauf besteht aus vier Schritten und ist in Abb. 3.5 dargestellt.

1. Schritt: Klassifikation der Komponente

Im ersten Schritt wird die Komponente anhand von Beschreibungsmerkmalen klassifiziert. Beispielsweise sind für Bedien- und Stellteile Bewegungsmerkmale (translatorische oder rotatorische Bewegung), Greifart (Kontaktgriff, Zufassungsgriff oder Umfassungsgriff) oder Art der Kraftaufbringung (formschlüssig oder reibschlüssig) typische Beschreibungsmerkmale. Gibt es für eine Komponente eine festgelegte Typbezeichnung, sollte diese auch während der Prüfung verwendet werden, da sie die Suche nach möglichen Anforderungen erleichtern kann.

2. Schritt: Prüfung der generellen Eignung

Teilweise lässt sich schon in einem zweiten Schritt anhand der Beschreibungsmerkmale prüfen, ob die Komponente generell für die im Nutzungskontext spezifizierten Aufgaben geeignet oder ungeeignet ist. So ist beispielsweise ein reflektives Display als Komponente nicht geeignet, wenn sich aus dem Nutzungskontext ergibt, dass dieses Display auch bei der Verwendung des Produktes in dunkler Umgebung abgelesen werden muss.

3. Schritt: Identifikation relevanter Gestaltungsmerkmale

Ist eine generelle Eignung gegeben, so werden für die Komponente im nächsten Schritt die relevanten Gestaltungsmerkmale identifiziert. Es ist im Einzelfall zu prüfen, welche Gestaltungsmerkmale für den konkreten Nutzungskontext relevant sind. An Griffen und Greifflächen sind z. B. Abmessungen, übertragene Kräfte, Form, Anordnung oder auch das verwendete Material zu beachten.

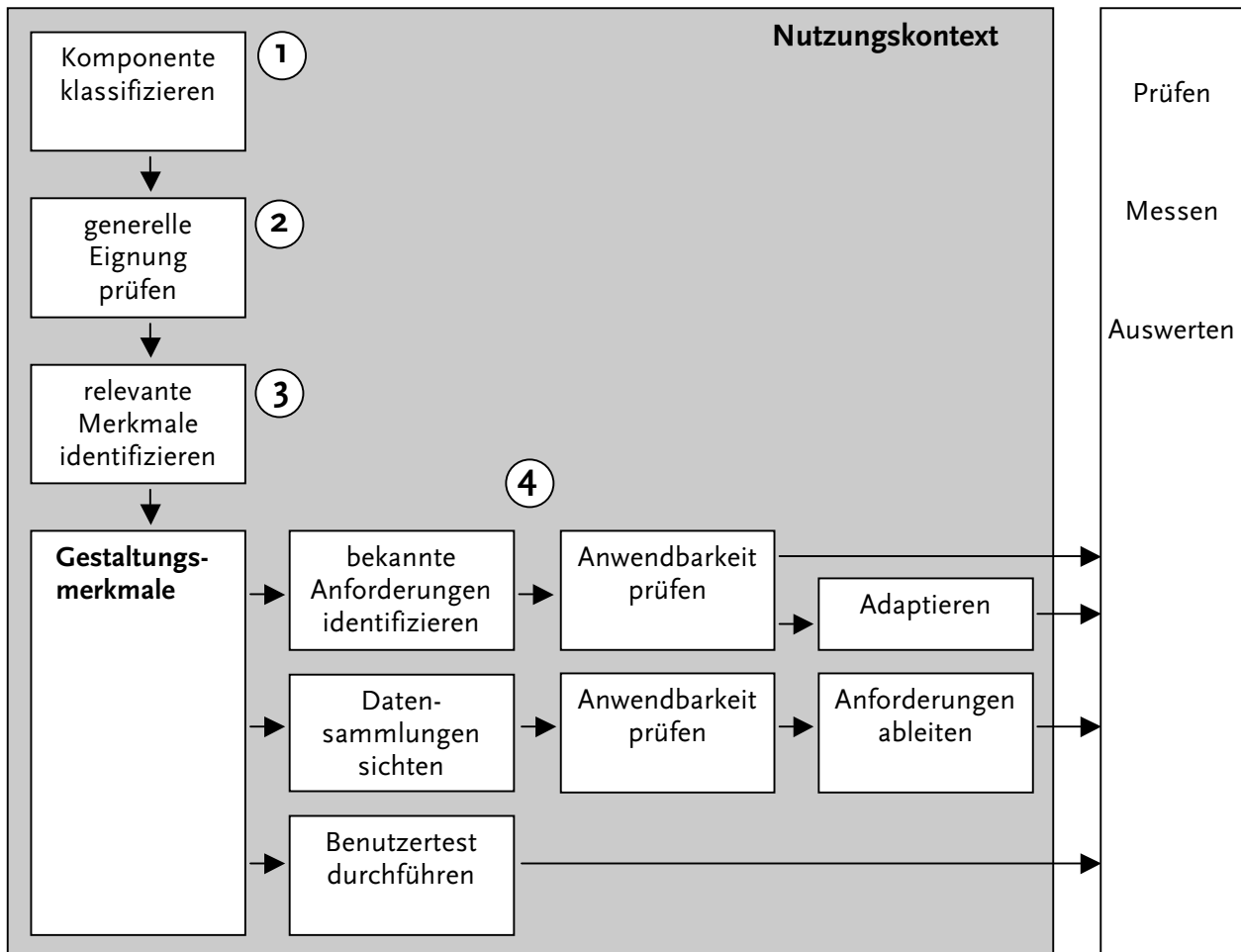


Abb. 3.5: Analyse von Komponentenanforderungen; genereller Ablauf

4. Schritt: Ableitung von Anforderungen

Sind die Gestaltungsmerkmale identifiziert, müssen entsprechende Anforderungen an die Ausprägungen dieser Merkmale bestimmt werden. Mit drei möglichen Ausgangssituationen ist zu rechnen: Es gibt bereits bekannte Anforderungen an ein Gestaltungsmerkmal einer Komponente; es gibt fundierte Datensammlungen, aus denen Anforderungen abgeleitet werden können; es gibt keine konkreten Daten, so dass auf Benutzertests als Informationsquelle zurückgegriffen wird.

a) Bekannte Anforderungen

Liegen bekannte Anforderungen vor, ist zu prüfen, ob diese auch in dem vorliegenden Nutzungskontext gültig und anwendbar sind. Möglicherweise müssen die Anforderungen adaptiert werden. Beispielsweise soll ein Griff zum Tragen des Produktes bewertet werden, dessen typische Benutzer Frauen sind. Liegen Anforderungen für Griffe hinsichtlich der maximalen Kraft nur für Männer vor und es existieren entsprechende Untersuchungen, nach denen Frauen nur einen gewissen Prozentsatz dieser maximalen Kraft aufbringen können, lässt sich die Anforderung an die Maximalkraft entsprechend adaptieren.

b) Datensammlungen stehen zur Verfügung

Falls keine Anforderungen bekannt sind, besteht die Möglichkeit, auf Datensammlungen zurückzugreifen und aus diesen Anforderungen abzuleiten. So finden sich in der Literatur kaum konkrete Anforderungen an Greifflächen. Es lassen sich jedoch mittels anthropometrischer Datensammlungen entsprechende Anforderungen an die Länge einer Greiffläche aus den Maßen der menschlichen Hand ableiten. Es ist wichtig, zunächst zu prüfen, ob die vorliegenden Datensammlungen für den vorliegenden Nutzungskontext anwendbar sind, d. h. ob die Personengruppe, an der die Daten erhoben worden sind, auch den typischen Benutzern des Produktes entspricht.

c) Benutzertest

Sind keine Anforderungen bekannt und lassen sich auch keine Anforderungen ableiten, bleibt zur Bewertung nur der Weg über einen Benutzertest. Je nach Komponente und Anforderungskategorie kann es unterschiedliche Erfordernisse an die Gestaltung und Durchführung des Benutzertests geben. Die Bewertung unterschiedlicher Komponenten lässt sich in einem Benutzertest kombinieren. Eine allgemeine Beschreibung zur Durchführung eines Benutzertests findet sich in Abschnitt 4.1.4.

Es ist wichtig, den Benutzertest nicht zu eng auf eine Komponente oder Anforderungskategorie zu begrenzen, da oftmals eine isoliert betrachtete Komponente anders beurteilt wird als wenn sie als Teil eines Produktes gesehen wird.

Tipp

Der Benutzertest dient nicht nur der Ableitung und Überprüfung von Anforderungen. Er ist ein wichtiges Instrument, um bekannte, adaptierte und abgeleitete Anforderungen mit realen Benutzern zu validieren.

3.2.2.5 Betrachtung der Schnittstellen

Komponenten lassen sich in der Regel nicht losgelöst vom Gesamtprodukt bewerten. Es gibt oftmals Schnittstellen zu anderen Komponenten, die betrachtet werden müssen. Insbesondere im Hinblick auf die Konsistenz gleichartiger Komponenten und die Wechselwirkung unterschiedlicher Komponenten ist dieser Aspekt wichtig. So können die Bewegungsrichtung eines Stellteils und die Anzeige einer Information für sich betrachtet akzeptabel sein, während im Zusammenspiel dieser beiden Komponenten Nutzungsprobleme entstehen. Neben der Erfahrung des Prüfers sind Checklisten hilfreich um potentielle Schnittstellen zu erkennen.

3.2.2.6 Prüfung von Anforderungen

Aus der Analyse der Produkt- und Komponentenanforderungen erhält man einen Anforderungskatalog. Es erfolgt nun im Rahmen der Prüfung ein Soll-Ist-Vergleich. Je nach Anforderungsart findet die Prüfung als Inspektion, Messung oder Benutzertest statt.

- **Inspektion**
Handelt es sich bei der Nutzungsanforderung um ein beobachtbares Merkmal, lässt es sich im Rahmen einer Inspektion überprüfen. Bei derartigen Anforderungen findet der Prüfbaustein II – „Inspektion“ – Anwendung.
- **Messung**
Beispiele für Messungen von konkreten Anforderungen finden sich im Prüfbaustein III – „Komponentenprüfung“. Am Ende jeder Anforderungskategorie findet sich eine Liste von Messverfahren zu den jeweiligen Anforderungen. Eine nähere Beschreibung der Messverfahren und allgemeine Hinweise zu Messunsicherheiten finden sich im Kapitel 4.6.
- **Benutzertest**
Im Abschnitt 4.1.4 wird die Methodik der Benutzertests beschrieben. Diese kommen immer dann zum Einsatz, wenn es keine Anforderungen gibt, die durch reine Beobachtung oder Messung überprüft werden können. Zudem kann der Benutzertest zur Validierung der gestellten Anforderungen eingesetzt werden.

Das Ergebnis dieser Prüfphase ist eine Liste von Mess- und Prüfergebnissen, die entsprechenden Sollvorgaben gegenüber stehen.

3.2.2.7 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

Liegt die Liste der Prüf- und Messergebnisse vor, müssen diese hinsichtlich ihrer Wirkungen auf die Gebrauchstauglichkeit des Produktes untersucht werden. Eine Beschreibung der durchzuführenden Aktionen findet sich im Prüfbaustein IV – „Gesamtbewertung“.

Für alle Nutzungsanforderungen, bei denen die Prüf- und Messergebnisse nicht mit den Sollvorgaben übereinstimmen, ist eine Erhärtungsprüfung vorzusehen. Ziel der Erhärtungsprüfung ist es, festzustellen, ob diese Abweichungen eine bedeutsame Minderung der Gebrauchstauglichkeit darstellen. In einem zweiten Schritt können die Abweichungen noch gewichtet und bezüglich ihres Risikos eingeschätzt werden.

3.2.3 Dokumentation

Wichtig bei einer Prüfung ist eine vollständige Dokumentation der Prüfung und der Prüfergebnisse. Die Prüfdokumentation sollte folgende Gütekriterien erfüllen:

- Vollständigkeit
- Eindeutigkeit
- Nachvollziehbarkeit
- Reproduzierbarkeit

Entsprechende Informationen zur konkreten Erstellung von Prüfdokumentationen finden sich im Abschnitt 4.5.3 des Prüfbausteins „Gesamtprüfung“.

3.2.4 Zuordnung der Prüfbausteine zum Prüfablauf

Zur besseren Orientierung ist in der folgenden Abbildung die Zuordnung der vier Prüfbausteine – Nutzungskontext, Komponentenprüfung, Inspektion und Gesamtbewertung – im Prüfablauf dargestellt. Die genaue Spezifikation und Beschreibung der Prüfbausteine folgt im Kapitel Prüf- und Bewertungsmethoden.

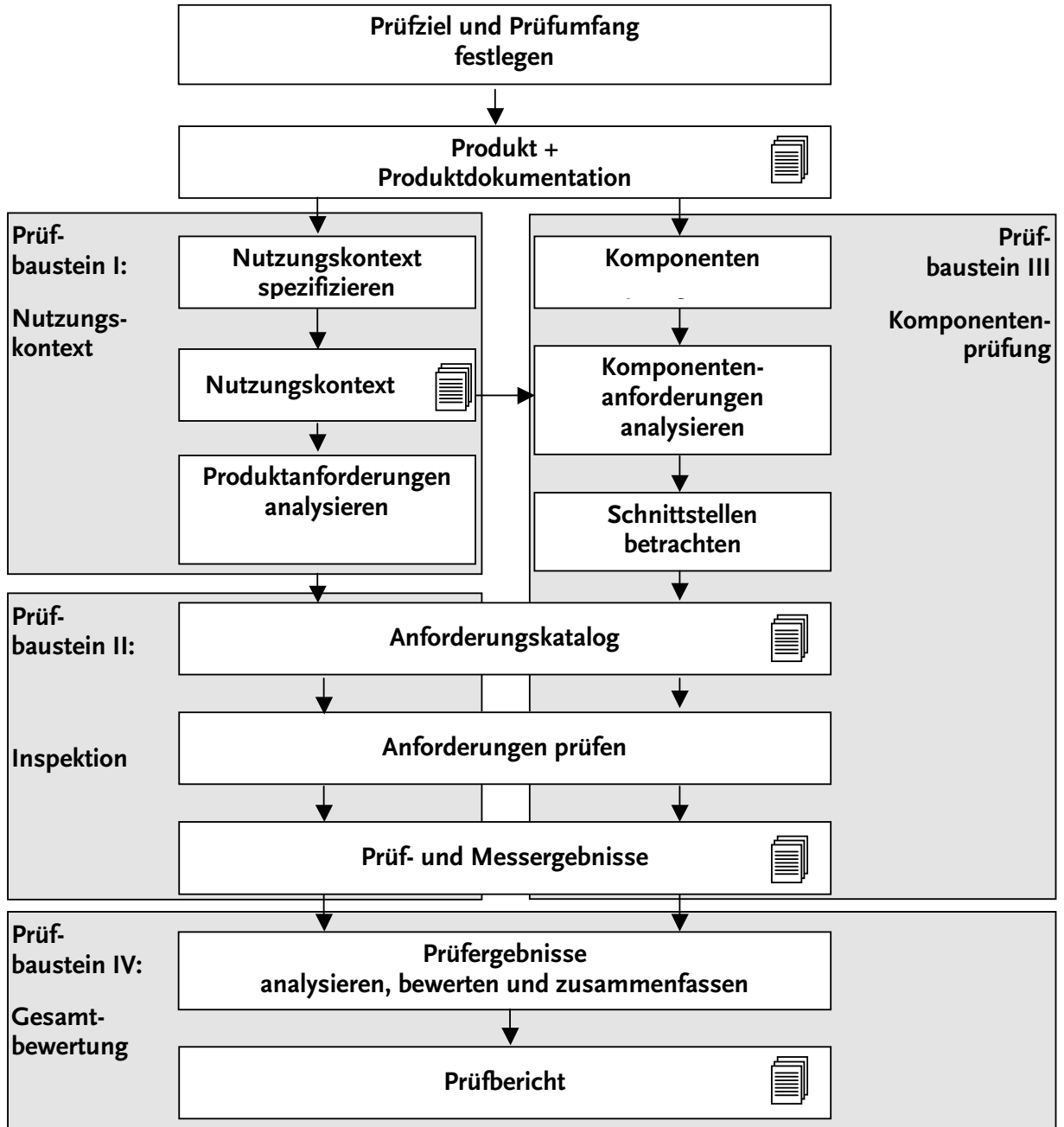


Abb. 3.6: Zuordnung der Prüfbausteine zu Prüfablauf

4 Prüf- und Bewertungsmethoden

4.1 Methodische Grundlagen

In diesem Abschnitt werden unterschiedliche Methoden und Werkzeuge vorgestellt, die bei unterschiedlichen Produktprüfungen angewendet werden. Es wird jeweils auf die wesentlichen Aspekte der Methoden eingegangen. Am Ende jeder Beschreibung sind Verweise auf weiterführende Literatur angegeben.

4.1.1 Checklisten

Checklisten bestehen in der Regel aus geschlossenen Fragen mit nur wenigen Antwortoptionen. Das Ziel von Checklisten ist ein standardisiertes Vorgehen, durch das sichergestellt werden soll, dass keine Kriterien übersehen werden. Die inhaltliche und formale Gestaltung von Checklisten hängt vom jeweiligen Einsatzzweck ab. Es lassen sich jedoch allgemeingültige Anforderungen an Checklisten formulieren:

- Feststellungen und Fragen sollten positiv formuliert werden, um Fehlinterpretationen durch doppelte Verneinungen zu vermeiden.
- Fragen sollten immer eindeutig zu beantworten sein, d. h. unterschiedliche Sachverhalte sollten nicht in einer Frage zusammengefasst werden.
- Die Anordnung von Antwortkategorien sollte innerhalb der Checkliste konsistent sein (z. B. „ja“ immer links von „nein“), um Fehler bei der Eingabe und bei der Auswertung zu vermeiden.
- Es sollten immer alle Antwortmöglichkeiten angeboten werden, um sicherzustellen, dass die Checkliste vollständig bearbeitet worden ist.

Kriterium	Ja
Kann bei der Bohrmaschine zwischen Rechts- und Linkslauf umgeschaltet werden.	<input checked="" type="checkbox"/>
Lassen sich bei der Bohrmaschine die Bohrer ohne zusätzliches Werkzeug einspannen.	<input type="checkbox"/>

*Schlechtes Beispiel einer Checkliste:
Wurde die zweite Antwort bewusst nicht angekreuzt oder einfach vergessen?
Besser ist es, auch noch ein „Nein“ als Antwortmöglichkeit vorzusehen.*

Literatur

Handbuch der Ergonomie (HdE, 2001)

4.1.2 Fragebögen

Ein Fragebogen ist eine mehr oder weniger standardisierte Zusammenstellung von Fragen, die Personen zur Beantwortung vorgelegt werden, bzw. mündlich gestellt werden. Es können unterschiedliche Arten von Fragen gestellt werden. Man unterscheidet zwischen offenen und geschlossenen Fragen. Bei der offenen Frage erhalten die Befragten keine Antwortmöglichkeiten sondern formulieren selbst. Für geschlossene Fragen wird eine feste Anzahl an Antworten vorgegeben. Geschlossene Fragen vereinfachen die statistische Auswertung der Antworten. Für vorgegebene Antwortmöglichkeiten stehen unterschiedliche Skalen zur Verfügung, die sich hinsichtlich ihres Informationswertes unterscheiden (vgl. Tab. 4.1).

Tab. 4.1: Die vier Skalentypen (Sachs, 1988)

	Skalentyp	Informationswert	Hinweise
Nominalskala (Klassifikatorische Skala)	$A = B; A \neq B$ Gleichheit und Ungleichheit von Objekten	Klassifizierung und Etikettierung qualitativer Merkmalausprägungen: mit Namen versehene ungeordnete Werte; reelle Zahlen sind als Schlüsselziffern möglich.	Geschlecht, Vorname, Beruf, Nationalität, Parteizugehörigkeit, Postleitzahl, Telefon-Nr., Nummerierung von Fußballspielern.
Ordinalskala (Rangskala)	$A = B; A \neq B$ dazu: $A > B > C$ Rangordnung	Geordnete Werte: Merkmalausprägungen ANORDBAR, d. h. mit Größer-Kleiner-Relation. Rangreihe: reelle Zahlen sind als Rangordnungsziffern möglich.	Schulnoten, Betriebsklima, Hühnerhofhackordnung. Rang: im Sport, beim Militär, Güteklassen bei landwirtschaftlichen Erzeugnissen.
Intervallskala	$A = B; A \neq B$ $A > B > C$ dazu: $d = A - B$ Gleichheit von Intervallen oder Differenzen	Skala mit konstanten Abständen und „WILLKÜRLICHEM“ Nullpunkt: Subtraktionen und Addition reeller Zahlen zugelassen.	Temperatur gemessen in °Celsius und °Fahrenheit, Kalenderdatum, Punktwerte im Intelligenztest.
Verhältnisskala	Zusätzlich zu $\uparrow C = A : B$ Gleichheit von Verhältnissen	Skala mit ECHTEM Nullpunkt, d. h. exakt vergleichbare Messverhältnisse: Division und Multiplikation reeller Zahlen zugelassen, d. h. Prozentangaben möglich.	Länge, Fläche, Volumen, Gewicht, Alter, Temperatur gemessen in °Kelvin, Stromstärke, Phon, Kosten, Gewinn.

Bei der Erstellung von Fragebögen sollten folgende Grundlagen beachtet werden:

- Der Umfang der gestellten Fragen sollte nicht zu groß sein, da mit zunehmender Zeit die Konzentration und die Motivation der Benutzer nachlässt. Dies kann sich negativ auf die Ergebnisqualität auswirken.
- Die Fragen sollten immer so präzise und einfach wie möglich formuliert werden.
- Es sollte immer nur ein Kriterium in einer Frage behandelt werden.
- Die Wortwahl sollte immer auf die zu befragenden Benutzer und deren Vorwissen abgestimmt sein.
- Die Formulierung ist so zu wählen, dass die Frage neutral gestellt wird, um die Befragten bei der Beantwortung nicht zu beeinflussen.

- Es ist zu beachten, dass jede Frage aktiv beantwortet werden muss. Fragen, die nicht in jedem Fall zutreffen, müssen eine entsprechende Antwortmöglichkeit vorsehen. Nur so erhält man die Information, ob eine Frage nicht zutreffend war oder vom Benutzer übergangen wurde.

Ein Beispiel eines Fragebogens findet sich im DATech Prüfhandbuch Gebrauchstauglichkeit (DATech, 2006):

- ErgoNorm – Benutzerfragebogen zu „Arbeit & Software“

Weitere Fragebögen im Bereich der Softwareergonomie sind (Sardonick, 2006):

- Questionnaire for User Interface Satisfaction (QUIS)
- Software Usability Measurement Inventory (SUMI)
- IsoMetrics

Literatur

Methoden der Usability Evaluation (Sardonick, 2006)

Handbuch der Ergonomie (HdE, 2001)

DATech-Prüfhandbuch Gebrauchstauglichkeit (DATech, 2006)

4.1.3 Heuristische Evaluationen

Bei der heuristischen Evaluation wird das Produkt durch mehrere Experten begutachtet. Jeder Experte untersucht das Produkt auf Einhaltung ergonomischer Grundsätze. Grundlage hierfür bilden persönliche Kenntnisse und vorformulierte ergonomische Grundsätze, sog. Heuristiken. Beispiele für solche Heuristiken sind nach Nielsen(1994):

- Sichtbarkeit des Systemstatus
- Verwendung der Sprache des Benutzers
- Kontrolle durch den Benutzer
- Konsistenz und Anlehnung an Standards
- Vorbeugen von Fehlern
- Geringe Beanspruchung von Gedächtniskapazitäten des Benutzers
- Flexibilität und Effizienz der Aufgabenerledigung
- Ästhetisches und minimalistisches Design
- Hilfe beim Entdecken, Diagnostizieren und Beheben von Fehlern
- Hilfsfunktionen und Dokumentationen

Nielsen hat in Studien aufgezeigt, dass bereits eine relativ geringe Anzahl Evaluatoren einen Großteil der Nutzungsprobleme erkennen können. Danach können schon fünf Evaluatoren bereits bis zu 75 % der Nutzungsprobleme erkennen.

In einer Vorbereitungsphase macht sich der Experte sowohl mit dem Produkt, als auch mit dem spezifizierten Nutzungskontext vertraut. Je besser er den Nutzungskontext kennt, desto besser kann er sich in den Benutzer hineindenken und desto repräsentativer ist das Ergebnis seiner Untersuchung.

In der zweiten Phase begutachtet der Experte das Produkt anhand von Heuristiken und seinem per-

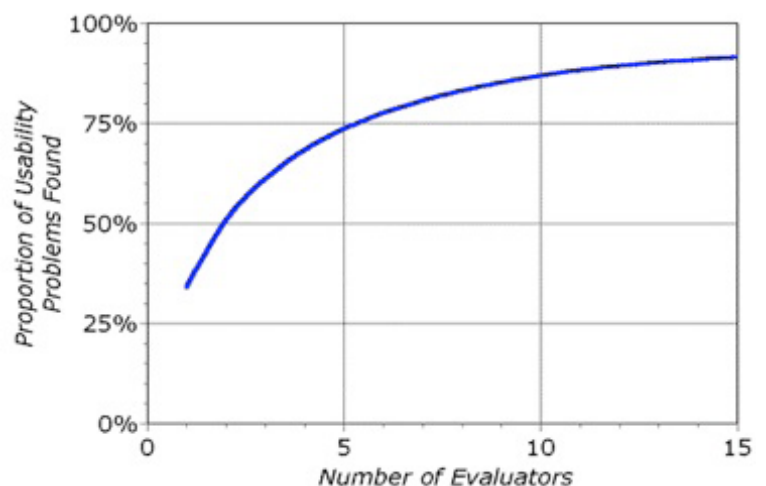


Abb. 4.1: Anzahl von Evaluatoren (Nielsen, 1994)

sönlichen Kenntnisstand. Jeder Experte sollte die Beurteilung separat durchführen, um andere Prüfer nicht zu beeinflussen. Alle Feststellungen werden von ihm protokolliert und jeweils einem Prinzip der Heuristik zugeordnet.

In einer dritten Phase werden die festgestellten Nutzungsprobleme von den Experten bezüglich ihrer Schwere eingestuft. Die Schwere ergibt sich aus der Häufigkeit des Auftretens, der Auswirkung und der Persistenz des Problems. Die Feststellungen aller Experten werden gesammelt und zusammengefasst.

Literatur

Usability Inspection Methods (Nielsen, 1994)

Usability Engineering (Nielsen, 1993)

Methoden der Usability Evaluation (Sarodnick, 2006)

4.1.4 Benutzertest

Personen, die einen Benutzertest planen und durchführen, sollten über entsprechende Kenntnisse in dem Bereich Gebrauchstauglichkeit und speziell auch auf den Gebieten Befragungs- und Interviewtechniken verfügen.

Die Grundlage eines jeden Benutzertests bildet der Nutzungskontext. Nur wenn dieser spezifiziert und von den Prüfern verstanden wurde, lassen sich Benutzertests durchführen, deren Ergebnisse die reale Nutzung des Produktes widerspiegeln. In einem weiteren Schritt ist das Ziel des Benutzertests klar zu spezifizieren. Insbesondere Einschränkungen sind zu dokumentieren, die direkt Einfluss auf die Ergebnisse nehmen können, z. B. die Eingrenzung auf spezielle Nutzergruppen.

Der Benutzertest lässt sich zur besseren Übersicht in sechs Phasen einteilen (vgl. Abb. 4 2): Erstellung eines Testplans, Auswahl von Probanden, Vorbereitung der Testumgebung, Durchführung der Prüfung, Nachbesprechung und Auswertung.

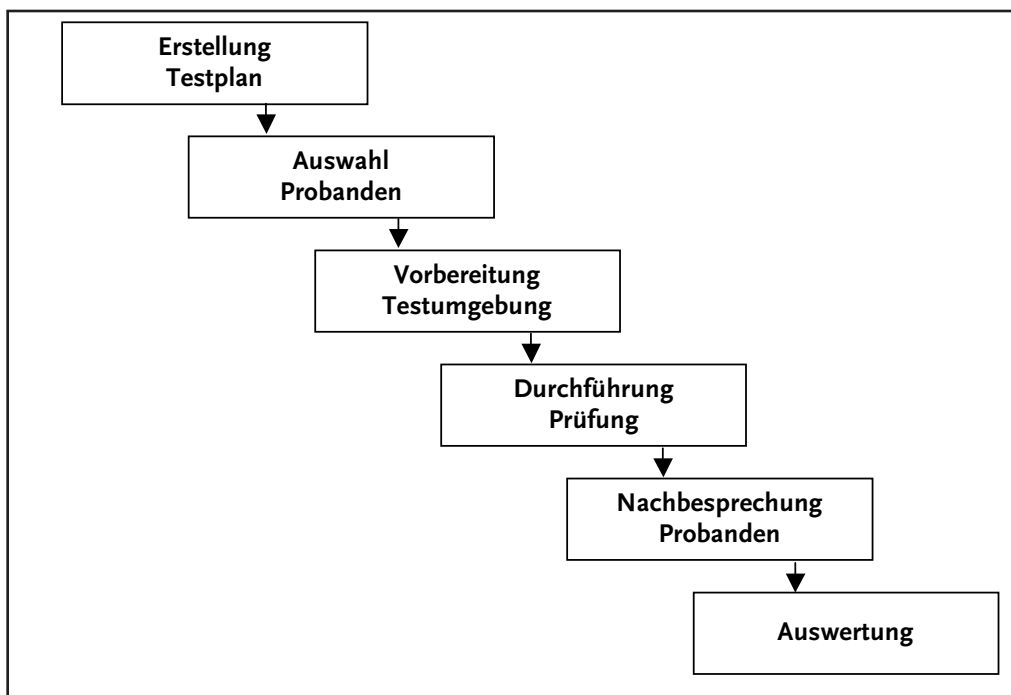


Abb. 4.2: Sechs Phasen des Benutzertests (nach Rubin, 1994)

4.1.4.1 Testplan

Wenn der Nutzungskontext eines Produktes und das Ziel der Prüfung spezifiziert sind, wird ein Testplan erstellt. Dieser ist als Verfahrensanweisung für die Durchführung eines konkreten Benutzertests zu verstehen. Er soll mindestens folgende Informationen enthalten:

- Ziel des Benutzertests
- Benutzerprofile
- Spezifikation der zu verwendenden Methoden
 - Befragung / Interview - Direkte Beobachtung
 - Videoaufzeichnung
 - Interaction Monitoring
- Aufgabenliste → zielorientiert und nicht aktionsorientiert
- Kriterienliste
- Beschreibung der Testumgebung und Ausrüstung
- Zeitplan
- Aufwandsentschädigungen

4.1.4.2 Auswahl der Probanden

Die Probanden, die für einen Benutzertest ausgewählt werden, müssen die im Nutzungskontext spezifizierten Benutzer repräsentativ widerspiegeln. Es sollte darauf geachtet werden, welchen Erfahrungshintergrund die Probanden mit den zu prüfenden oder vergleichbaren Produkten haben. Die Anzahl der Probanden hängt von unterschiedlichen Faktoren ab:

- Anzahl unterschiedlicher Benutzergruppen
- Komplexität des Produktes
- Verfügbarkeit potentieller Probanden
- Sicherheitsrelevanz
- Budget

Tab. 4.2: Abhängigkeit der Anzahl gefundener Gebrauchstauglichkeitsprobleme von der Anzahl der Benutzer (nach Faulkner, 2003)

Anzahl Probanden	Minimale Anzahl gefundener Gebrauchstauglichkeitsprobleme in %	Durchschnittliche Anzahl gefundener Gebrauchstauglichkeitsprobleme in %	Standardabweichung
5	55	85,55	9,30
10	82	94,69	3,22
15	90	97,05	2,12
20	95	98,40	1,61
30	97	99,00	1,13
40	98	99,60	0,81
50	98	100	0

Hilfestellung bei der Festlegung der Probandenanzahl gibt eine Studie von Faulkner (vgl. Tab. 4.2). Sie gibt die minimale und durchschnittliche Anzahl von gefundenen Gebrauchstauglichkeitsproblemen in Abhängigkeit von der Anzahl der Probanden an.

4.1.4.3 Vorbereitung der Testumgebung

Die konkrete Testumgebung muss vor Beginn der Benutzertests vorbereitet werden. Der Test sollte unter möglichst realen Bedingungen stattfinden. Störungen sind zu vermeiden. Daher sollte der Test an einem Ort stattfinden, an dem die Probanden nicht durch weitere Personen abgelenkt werden. Telefone und andere Störquellen sollten ausgeschaltet werden. Bereits im Vorfeld sollen alle benötigten Peripheriegeräte und Verbrauchsmaterialien in ausreichender Menge bereitgestellt werden.

Das zu prüfende Produkt sollte sich in demjenigen Zustand befinden, in dem es der spätere Nutzer bei seinem ersten Kontakt vorfindet. Alle Komponenten des Lieferumfangs müssen zur Verfügung stehen und auf die so genannten Werkseinstellungen zurückgesetzt sein. Um einen möglichst reibungslosen Verlauf des Benutzertests zu erreichen, ist es sinnvoll, einen Probelauf durchzuführen. So ist sichergestellt, dass für den anschließenden Benutzertest alle notwendigen Geräte und Materialien vorliegen und der Zeitplan realistisch ist.

4.1.4.4 Durchführung des Benutzertests

Einführung der Probanden in den Benutzertest

Jeder Proband führt den Benutzertest separat durch. Zu Beginn des Benutzertests erhält der Proband eine Einführung. Diese hilft Ängste und Spannungen zu lösen und ermöglicht eine realistische Nutzungssituation. Folgende Aspekte sollten im Rahmen der Einführung beachtet werden:

1. Stellen Sie sich und andere beteiligte Personen vor.
2. Schaffen Sie eine entspannte Atmosphäre (z. B. durch das Anbieten von Getränken).
3. Erklären Sie den Grund der Teilnahme.
4. Informieren Sie umfassend und ehrlich über die Versuchsumstände (z. B. Videoaufzeichnung).
5. Erklären Sie dem Probanden, was Sie von ihm erwarten.
6. Machen Sie deutlich, dass nicht der Proband, sondern das Produkt getestet wird.
7. Weisen Sie darauf hin, dass der Proband jederzeit Fragen stellen und den Benutzertest unter- oder abbrechen kann.

Die Informationen, die dem Probanden zur Einführung in den Test gegeben werden, sollten im Vorfeld schriftlich fixiert werden. Dadurch wird gewährleistet, dass jeder Proband vor dem Test den gleichen Informationsstand zum Ablauf hat, auch wenn unterschiedliche Personen den Test durchführen. Die Einführung wird neutraler und Erfahrungen aus vorangegangenen Tests mit anderen Probanden werden vermieden.

Erhebung von Hintergrundinformationen

Nach der Einführung sollte der Proband zunächst Fragen zu Hintergrundinformationen beantworten, die nicht das zu prüfende Produkt betreffen, aber für die spätere Auswertung notwendig sind. Dies sind im Wesentlichen Fragen zu demographischen Daten (Alter, Geschlecht, Händigkeit usw.), zum Erfahrungshintergrund des Probanden mit dem zu prüfenden Produkt oder vergleichbaren Produkten sowie Präferenzen des Probanden. So hat auch der Proband die Möglichkeit, sich ein wenig an die Prüfumgebung und den Prüfer zu gewöhnen.

Einführung der Probanden in das Produkt

Oftmals ist es für den Benutzer hilfreich, wenn er sich zunächst losgelöst von den gestellten Aufgaben ein wenig mit dem Produkt vertraut machen kann. Benutzer haben unterschiedliche Herangehensweisen, wenn sie ein neues Produkt erworben haben. Während einige das Produkt direkt benutzen, lesen andere zunächst vollständig die Bedienungsanleitung. Geben Sie den Probanden die Möglichkeit, im Rahmen des Benutzertests so an das neue Produkt heranzugehen, wie sie es auch außerhalb dieser Prüfung tun würden. Ist für ein Produkt eine Schulung vorgesehen, müssen die Probanden vor Aufgabenbearbeitung ebenfalls geschult werden.

Bearbeitung von Aufgaben und Datenerhebung

Nach Einführung in den Benutzertest und Erledigung organisatorischer Dinge beginnt die tatsächliche Produktprüfung. Dazu legt der Prüfer dem Probanden die im Testplan aufgeführten Aufgaben zur Bearbeitung vor.

Für die Datenerhebung existieren verschiedene Methoden, deren Umsetzung unterschiedlich aufwendig ist:

- Beobachtung
- Videoaufzeichnungen
- Lautes Denken
- Interviews
- Fragebögen
- Eingabeprotokolle (Logfiles)
- Aufmerksamkeitsanalyse (Eye-Tracking)
- Messungen (Zeit- und Fehlerdaten)

Eine praktikable Methode ist die teilnehmende Beobachtung mit anschließender Benutzerbefragung. Der Proband sollte zum lauten Denken ermutigt werden, da auf diese Weise Probleme erkannt werden können, die der Proband bei längeren Aufgaben in der anschließenden Befragung möglicherweise vergisst. Im Anschluss an jede Aufgabe sollte der Proband unmittelbar seine Bewertungen und Gewichtungen zu den Bewertungskriterien abgeben. So kann verhindert werden, dass die Bewertung einer einzelnen Aufgabe durch andere Aufgaben beeinflusst wird.

In der Praxis hat sich bewährt, dem Benutzer für die Bewertungen fünf Antwortmöglichkeiten nach dem Schulnotenprinzip („sehr gut“ bis „mangelhaft“) anzubieten. Neben reinen Bewertungen sollte der Prüfer auch Bemerkungen und Begründungen der Probanden protokollieren.

Stellt der Prüfer Diskrepanzen zwischen den Antworten und seinen Beobachtungen fest, hinterfragt er die Bewertung des Probanden noch einmal, ohne jedoch beeinflussend auf ihn einzuwirken. In der Praxis hat sich folgender allgemeiner Fragenkatalog bewährt. Er muss für die Prüfung gegebenenfalls angepasst werden. Zudem sollten die Formulierungen an die jeweilige Befragung angepasst werden.

- Wie verständlich ist die Bedienung des Produktes für Sie?
- Inwieweit sind Informationen für Sie einfach und schnell zu erkennen?
- Inwieweit können Sie stets erkennen, ob das Produkt das macht, was es soll?
- Inwieweit entsprechen die von Ihnen durchgeführten Bedienungsschritte Ihren Erwartungen?
- Haben Sie während der Durchführung dieser Aufgabe die Befürchtung, das Gerät eventuell falsch zu bedienen?
- Wie empfinden Sie die Größe und Form der von Ihnen benutzten Bedienteile?
- Wie beurteilen Sie die Erreichbarkeit bzw. die Zugänglichkeit?
- Wie empfinden Sie den benötigten Kraftaufwand?
- Wie empfinden Sie den zeitlichen Aufwand, den Sie betreiben mussten, um diese Aufgabe

- zu lösen?
- Wie beurteilen Sie die Lautstärke des Produktes?

Stellt der Proband Fragen zur Bearbeitung der Aufgaben, können diese vom Prüfer beantwortet werden. Handelt es sich dabei um Hilfestellungen seitens des Prüfers, müssen diese protokolliert werden, um in der Auswertung berücksichtigt zu werden.

Neben der Beobachtung und Befragung der Probanden besteht in einigen Fällen die Möglichkeit, konkrete Messungen und Aufzeichnungen durchzuführen. Typische quantifizierbare Gebrauchstauglichkeitsmessungen beinhalten (nach Nielsen, 1993):

- Die Zeit, die ein Benutzer benötigt, um eine spezifische Aufgabe zu erledigen.
- Die Menge verschiedener Aufgaben (oder Teile einer größeren Aufgabe), die in einem gegebenen Zeitrahmen erledigt werden kann.
- Das Verhältnis von erfolgreichen Interaktionen zu Fehlern.
- Die Zeit, die gebraucht wird für Wiederherstellungen nach Fehlern.
- Die Zahl der Benutzerfehler.
- Die Häufigkeit der Benutzung der Bedienungsanleitung und/oder des Hilfesystems und die benötigte Zeit, um diese Systemelemente zu benutzen.
- Wie oft die Bedienungsanleitung und/oder das Hilfesystem die Probleme des Benutzers gelöst haben.
- Der Anteil an Benutzerkommentaren während des Tests, die gegenüber dem System positiv waren im Vergleich zu den kritischen.
- Die Anzahl der Male, bei denen ein Benutzer eindeutige Frustration (oder eindeutige Freude) ausdrückt.
- Die Anzahl der Male, bei denen der Benutzer ein unlösbares Problem umgehen musste.
- Die Anzahl Benutzer, die effiziente Arbeitsstrategien nutzen im Vergleich zu Benutzern, die ineffiziente Strategien verwenden (für den Fall, dass es mehrere Möglichkeiten gibt, eine Aufgabe zu erfüllen).
- Die Summe „toter“ Zeit, in der Benutzer nicht mit dem System kommunizieren. Antwortzeitverzögerungen, in denen der Benutzer auf das System wartet und Denkzeitverzögerungen, in denen das System auf den Benutzer wartet.

4.1.4.5 Nachbesprechung

Im Anschluss an die Aufgabenbearbeitung sollte der Prüfer die Bewertungen, Gewichtungen und Bemerkungen noch einmal genau betrachten. Dies soll sicherstellen, dass der Prüfer den Probanden richtig verstanden hat, und dass dieses Verständnis auch mit den Aufzeichnungen des Prüfers übereinstimmt. Unstimmigkeiten können sofort geklärt werden. Treten Fragen zu einem späteren Zeitpunkt auf, kann der Prüfer den Benutzer möglicherweise nicht mehr erreichen oder sich nicht mehr genau an die jeweilige Situation erinnern. Der Prüfer sollte stets darauf achten, dass er Antworten auf alle offenen Frage hat, bevor er den Probanden aus dem Benutzertest entlässt

4.1.4.6 Auswertung des Benutzertests

Zum Abschluss des Benutzertests werden die gesammelten Daten aufbereitet und ausgewertet. Die Aufarbeitung der Daten hängt von den Prüfzielen und der Art der erhobenen Daten ab. In der Regel werden verschiedene statistische Auswertungen der Benutzerbewertungen vorgenommen. Bei diesen Auswertungen sollten auch immer die Gewichtungen einbezogen werden, die die Benutzer gegeben haben.

Tipp

Eine reine Auswertung auf Grundlage von Mittelwertsberechnungen sollte nicht durchgeführt werden. Es besteht die Gefahr, dass ein Produkt insgesamt als gut eingestuft wird, obwohl möglicherweise einzelne Aufgaben von den Benutzern als mangelhaft bewertet wurden.

Der Detaillierungsgrad der Auswertung richtet sich immer nach den aufgetretenen Nutzungsproblemen. Für Bereiche, in denen bei der Aufgabenbearbeitung schwere Probleme (vgl. Tab. 4.3) auftraten, sollten weitergehende Auswertungen durchgeführt werden.

Tab. 4.3: Bewertungstabelle für den Schweregrad von Nutzungsproblemen (nach Nielsen, 1993)

		Anzahl der Benutzer, bei denen das Problem aufgetreten ist	
		wenige	viele
Auswirkung der Probleme auf die Benutzer, bei denen sie aufgetreten sind	gering	gering	mittel
	groß	mittel	hoch

Literatur

Handbook of usability testing (Rubin, 1994)
 Methoden der Usability Evaluation (Sarodnick, 2006)
 Usability Inspection Methods (Nielsen, 1994)
 Usability Engineering (Nielsen, 1993)
 Statistische Methoden (Sachs, 1988)

4.2 Prüfbaustein I – Nutzungskontext

Zentraler Bestandteil der Ergonomieprüfung ist der Nutzungskontext, in dem das zu prüfende Produkt eingesetzt wird oder eingesetzt werden soll. Er bildet zum einen die Grundlage der Anforderungsanalyse und zum anderen die Basis für die Prüfung und Bewertung einzelner Prüfergebnisse. Im Folgenden werden die wesentlichen Komponenten des Nutzungskontextes erläutert und ein Weg aufgezeigt, wie diese Informationen erhoben, dokumentiert und ausgewertet werden, um in einem weiteren Schritt konkrete Anforderungen an ein Produkt zu entwickeln.

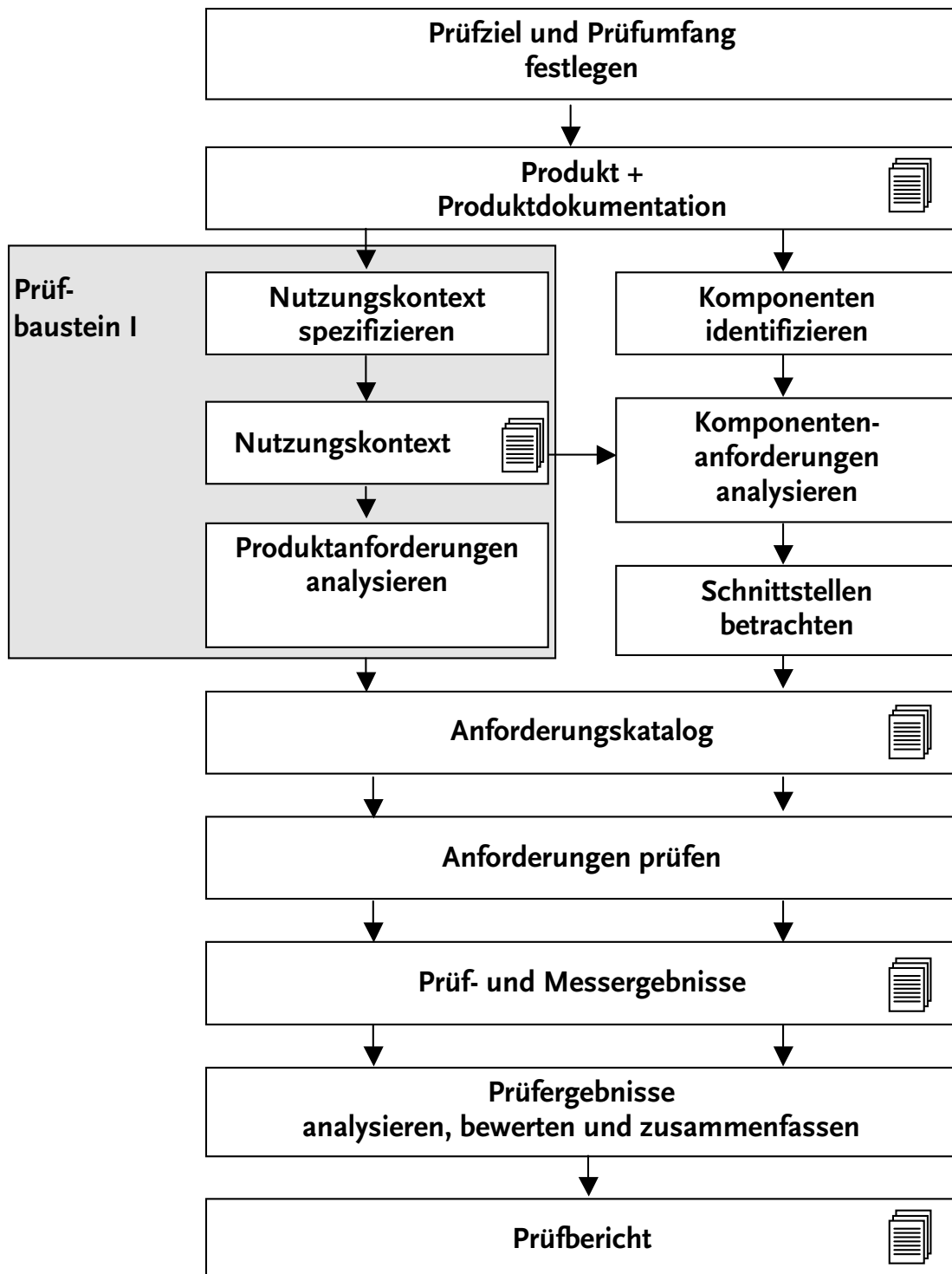


Abb. 4.3: Prüfbaustein Nutzungskontext

4.2.1 Komponenten des Nutzungskontextes

Der Nutzungskontext eines Produktes beschreibt, welche Benutzer dieses Produkt für welche Aufgaben, mit welchen Arbeitsmitteln und in welcher Umgebung verwenden.

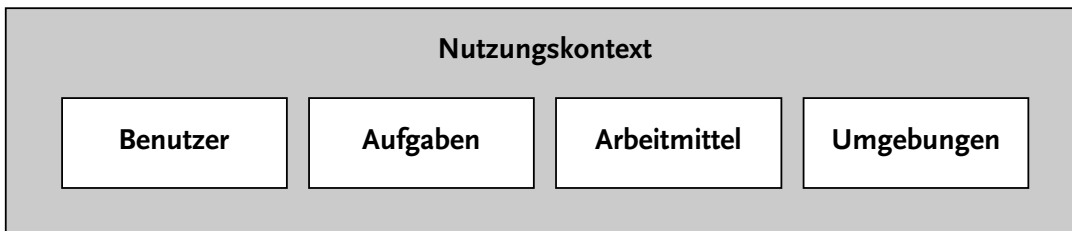


Abb. 4.4: Nutzungskontext - Bestandteile

Die folgende Liste enthält eine Aufzählung von Komponenten des Nutzungskontextes, die für die Bewertung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten notwendig sein können:

- Benutzer
 - Kenntnisse/Fertigkeiten/Erfahrungen
 - Ausbildung/Übungsgrad
 - physische Merkmale
 - motorische und sensorische Fähigkeiten
- Aufgaben
 - Zur Zielerreichung erforderliche Aktivitäten
 - Häufigkeit
 - Dauer
 - Aufgabenabhängigkeiten
 - Auswirkung von Fehlern
 - vorhersehbare Fehlbedienung
- Arbeitsmittel
 - Hardware
 - Software
 - Materialien
- Umgebungen
 - physische und soziale Umgebung
 - Strahlung
 - Beleuchtung
 - Lärm
 - mechanische Schwingungen und Stöße
 - Klima

Tipp

Verfügen die Benutzer über vergleichbare Merkmalsausprägungen, lassen sie sich in Benutzergruppen zusammenfassen. Dadurch kann der Aufwand für die spätere Prüfung reduziert werden.

4.2.2 Erfassung des Nutzungskontextes

Ausgangspunkt für die Erfassung des Nutzungskontextes ist die Produktdokumentation. In der Regel wird diese jedoch keine ausreichenden Informationen beinhalten. Daher ist es oftmals erforderlich, direkt von den Benutzern weitere Kenntnisse über ihre Merkmale, Aufgaben, Arbeitsmittel und Umgebungen zu sammeln. Kontextszenarien sind ein Werkzeug, das sich diesbezüglich schon seit Jahren im Bereich der Software-Ergonomie bewährt hat und im DATech Prüfhandbuch Gebrauchstauglichkeit (DATech, 2006) beschrieben ist. Es werden typische Benutzer in Form von semistrukturierten Interviews (Leitfragen) über ihre Aufgaben und Tätigkeiten befragt. Die Interviews sollten von entsprechend ausgebildeten und erfahrenen Personen durchgeführt werden. Es hat sich in der Praxis als sinnvoll herausgestellt, die Erhebung der Kontextszenarien mit zwei Personen durchzuführen. Eine Person führt das Interview und macht entsprechende Notizen; die zweite Person gewährleistet, dass alle Leitfragen bearbeitet wurden, und stellt gegebenenfalls ergänzende Fragen.

Vor der Befragung sollte dem Benutzer verdeutlicht werden, dass es das Ziel des Interviews ist, die Tätigkeiten des Benutzers zu verstehen und nicht diesen zu beurteilen oder zu bewerten. Die folgenden 22 Leitfragen werden im DATech-Prüfhandbuch beispielhaft für die Erhebung von Kontextdaten in einer Büroumgebung angegeben.

Tab. 4.4 Leitfragen zur Erhebung von Kontextszenarien (DATech, 2006)

Abschnitt im Szenario		Leitfragen
Einleitung	1	Formulieren Sie die Tätigkeit in einem oder in zwei Sätzen.
	2	Aus welchen Aufgaben ist die Tätigkeit zusammengesetzt (typische Kernaufgaben aufführen, d. h., wenn großer Zeitanteil oder häufig wiederkehrend oder sehr wichtig)? Welche dieser Kernaufgaben sollen durch die Software unterstützt werden?
	3	Wie ist die Tätigkeit organisiert (z. B. als Mischarbeit, als Folge von Aufgaben, als monotone Einzelaufgabe)?
Voraussetzungen	4	Welche Qualifikation ist zur Bewältigung der Aufgaben erforderlich (Aufgabenbewältigung/Softwarenutzung)? Welche Vorkenntnisse fehlen ggf.?
	5	Wer (bzw. welches Ereignis) bestimmt, was zu tun ist? (Wer trifft die Auswahl? Selbständigkeit der Bearbeitung, Arbeitsteilung, externe Datenquellen)
	6	Welche Hilfsmittel sind erforderlich (für die Aufgabenbewältigung/zur Softwarenutzung)? Welche davon fehlen ggf., welche sind zusätzlich gewünscht?
Normale Durchführung	7	Welche Arbeitsschritte sind durchzuführen?
	8	Welche Arbeitsschritte kehren häufig wieder? (Automatisierung gewünscht/erforderlich?)
	9	Welche Arbeitsschritte werden automatisch durchgeführt? Sind bei automatisierten Arbeitsschritten Einflussmöglichkeiten des Benutzers vorhanden / erlaubt / gewünscht / erforderlich?
	10	Kommt es vor, dass mehrere Benutzer gleichzeitig an dem gleichen Objekt (z. B. Vorgang, Akte, Dokument, Datensatz) arbeiten müssen?
	11	Gibt es eine festgelegte Abfolge der Arbeitsschritte und wenn ja, wie sieht diese aus? (Ist eine Flexibilität sinnvoll/nötig?)
	12	Welche Ergebnisse/Teilergebnisse entstehen und wie werden diese ggf. verwertet weitergeführt?

Abschnitt im Szenario		Leitfragen
	12	Welche Ergebnisse / Teilergebnisse entstehen und wie werden diese ggf. verwertet weitergeführt?
	13	Welches Feedback bekommt die befragte Person in Bezug auf die Arbeitsergebnisse und die Wirkung ihrer Arbeit?
Besonderheiten bei der Durchführung	14	Welche Unterbrechungen gibt es und warum? Welche Störungen treten auf (organisatorisch/sozial/technisch)?
	15	Wie werden Fehler zurückgemeldet und behoben (organisatorisch/sozial/technisch)?
	16	Welche wichtigen Sonderfälle müssen berücksichtigt werden (bzw. fallen dem Benutzer spontan ein; z. B. zur Arbeitsteilung/Zusammenarbeit)?
Organisatorische Rahmenbedingungen	17	Welche Organisationsziele gibt es im Hinblick auf die Tätigkeit?
	18	Gibt es Mechanismen zur Leistungssteuerung/Leistungskontrolle? (Wenn ja, welche? Sind diese erforderlich?)
	19	Welchen Überblick hat der Benutzer im Hinblick auf die Gesamttätigkeit?
	20	Welche Änderungen, die die Aufgabenbearbeitung beeinflussen, sind zu erwarten oder werden gewünscht? Welche Vorschläge hat der/die Befragte dazu?
	21	Von welchen Arbeitsergebnissen/Arbeitsschritten sind Dritte (z. B. Kunden) direkt betroffen? Und was folgt daraus?
	22	Welche Stressfaktoren gibt es und wie wird damit umgegangen?
Sonstige Bemerkungen der befragten Person zu bereits aufgetretenen Nutzungsproblemen.		Hier Beispiele sammeln, falls die befragte Person bereits während des Interviews etwas über aufgetretene Nutzungsprobleme berichtet. Im Allgemeinen werden solche Probleme besser anhand von Use-Szenarien analysiert.

Für ein Projekt müssen diese Leitfragen auf die konkrete Situation, d. h. auf den speziellen Nutzungskontext angepasst werden. Es hat sich als hilfreich erwiesen, die einzelnen Abschnitte (Einleitung, Voraussetzungen, normale Durchführung, Besonderheiten bei der Durchführung und Organisatorische Rahmenbedingungen) unabhängig vom konkreten Anwendungsfall beizubehalten.

4.2.3 Dokumentation und Validierung des Nutzungskontextes

Durch Interviews mit Leitfragen entsteht eine episodische Beschreibung von Aufgaben und Tätigkeiten in der Sprache der Benutzer. Zum Abschluss der Erfassung des Nutzungskontextes wird dieser dem Benutzer noch einmal vorgelegt. Nur so kann sichergestellt werden, dass der Prüfer den Benutzer und auch seine Aufgaben richtig verstanden hat. Der dokumentierte Nutzungskontext ist die Grundlage, um zum einen Nutzungsanforderungen an das Produkt abzuleiten und zum anderen auch bekannte Anforderungen auf ihre Anwendbarkeit hin zu prüfen.

4.2.4 Auswertung des Nutzungskontextes

Die erhobenen Kontextszenarien bilden die Grundlage zur Ableitung von Nutzungsanforderungen. Zunächst werden Erfordernisse der einzelnen Sachverhalte des Nutzungskontextes identifiziert. Aus diesen Erfordernissen lassen sich dann unter Zuhilfenahme der Dialogprinzipien Nutzungsanforderungen an das Produkt ableiten.

Eine ausführliche Beschreibung der Ableitung der Nutzungsanforderungen befindet sich im DA-Tech Prüfhandbuch – Gebrauchstauglichkeit. Dort findet sich folgende Liste mit Leitfragen:

- Welche offensichtlichen Nutzungsanforderungen ergeben sich aus den besonderen Gegebenheiten des Nutzungskontextes?
- Welche Arbeitsschritte müssen aufgrund des im Kontextszenario gegebenen Sachverhalts durch das Produkt unterstützt werden?
- Welche Hilfsmittel müssen aufgrund von Aufgabenerfordernissen und/oder Benutzerbelangen außerhalb der Softwarefunktionalität bleiben oder vorhanden sein?
- Welche Arbeitsschritte müssen in ihrer zeitlichen Erledigung frei wählbar sein?
- Bei welchen Aufgaben muss die Software zeitliche Abfolgen oder inhaltliche Abhängigkeiten der Arbeitsschritte abbilden / erzwingen, um den Benutzer zu führen oder Fehlern vorzubeugen?
- Welche Ähnlichkeiten zwischen gegebenen Arbeitsaufgaben / Arbeitsschritten müssen aus Konsistenzgründen ähnlich in der Software gestaltet sein?
- Für welche Defizite des Benutzers muss die Software Kompensationsmittel bereitstellen (z. B. systeminitiierte / aktive Hilfe, kontextsensitive Hilfe)?
- Welche wiederkehrenden Arbeitsschritte müssen aufgrund des gegebenen Sachverhalts im Kontextszenario von der Software automatisch erledigt werden?
- Welche Einfluss-/Steuerungs-/Unterbrechungsmöglichkeiten des Benutzers in Abläufen sind erforderlich?
- Welche Ergebnisse/Teilergebnisse müssen für den Benutzer ausgegeben werden?
- Welche besonderen Feedback-Erfordernisse ergeben sich aufgrund des im Kontextszenario gegebenen Sachverhalts (auch im Hinblick auf Benutzerfehler)?
- ...

Tipp

Prüfer neigen oft dazu, Nutzungsanforderungen unmittelbar aus den Kontextszenarien abzuleiten. Der Weg über die Erfordernisse zwingt den Prüfer, sich tiefer in die eigentlichen Aufgaben des Benutzers hineinzusetzen, um zu ergründen, welche Erfordernisse sich aus einem Sachverhalt des Nutzungskontextes ergeben. Der Prüfer soll auf diese Weise dazu bewegt werden, Nutzungsanforderungen und keine konkreten Lösungsmöglichkeiten abzuleiten.

Es hat sich in der Praxis als sinnvoll erwiesen, die Ableitung und Dokumentation von Erfordernissen und Nutzungsanforderungen mit Hilfe von Tabellen durchzuführen. So lässt sich innerhalb der Zeilen der Ursprung einer Nutzungsanforderung sofort nachvollziehen.

Beispiel

Ableitung von Nutzungsanforderungen an eine Bohrmaschine aus Kontextszenarien:



Kontextszenario	Aufgabenerfordernis	Dialogprinzip	Nutzungsanforderung
...
Herr Müller muss Lattungen an Wänden montieren.	Herr Müller muss Schrauben befestigen und auch wieder lösen können.	Aufgabenangemessenheit	Die Bohrmaschine muss über einen Rechts- und einen Linkslauf verfügen.
Herr Müller benutzt in der Regel das gleiche Gerät zum Bohren der Löcher und zum Befestigen der Schrauben.	Das Bohren von Löchern und das Schrauben erfordern unterschiedliche Geschwindigkeiten.	Aufgabenangemessenheit Selbstbeschreibungsfähigkeit	Die Drehzahl der Bohrmaschine muss einstellbar sein. Die Bohrmaschine muss deutlich anzeigen, welcher Gang eingeschaltet ist
Es kommt vor, dass Herr Müller Löcher mit unterschiedlichem Durchmesser bohrt; teilweise führt er diese Tätigkeit auch auf einer Leiter aus.		Aufgabenangemessenheit	Bohrer müssen sich ohne zusätzliches Werkzeug einspannen lassen. Der Bohrerwechsel muss ohne Ablegen der Bohrmaschine möglich sein.

4.3 Prüfbaustein II – Inspektion

Ein Ergebnis der Spezifikation und Analyse des Nutzungskontextes ist eine Liste mit Nutzungsanforderungen. Einzelne Nutzungsanforderungen können im Rahmen der Komponentenprüfung überprüft werden. Es gibt jedoch Nutzungsanforderungen, die durch die Komponentenprüfungen nicht abgedeckt werden. Da die Komponentenprüfung nur Nutzungsanforderungen zum Gegenstand hat, die sich auf vorhandene Komponenten beziehen, würden fehlende Komponenten bei der Prüfung nicht bemerkt.

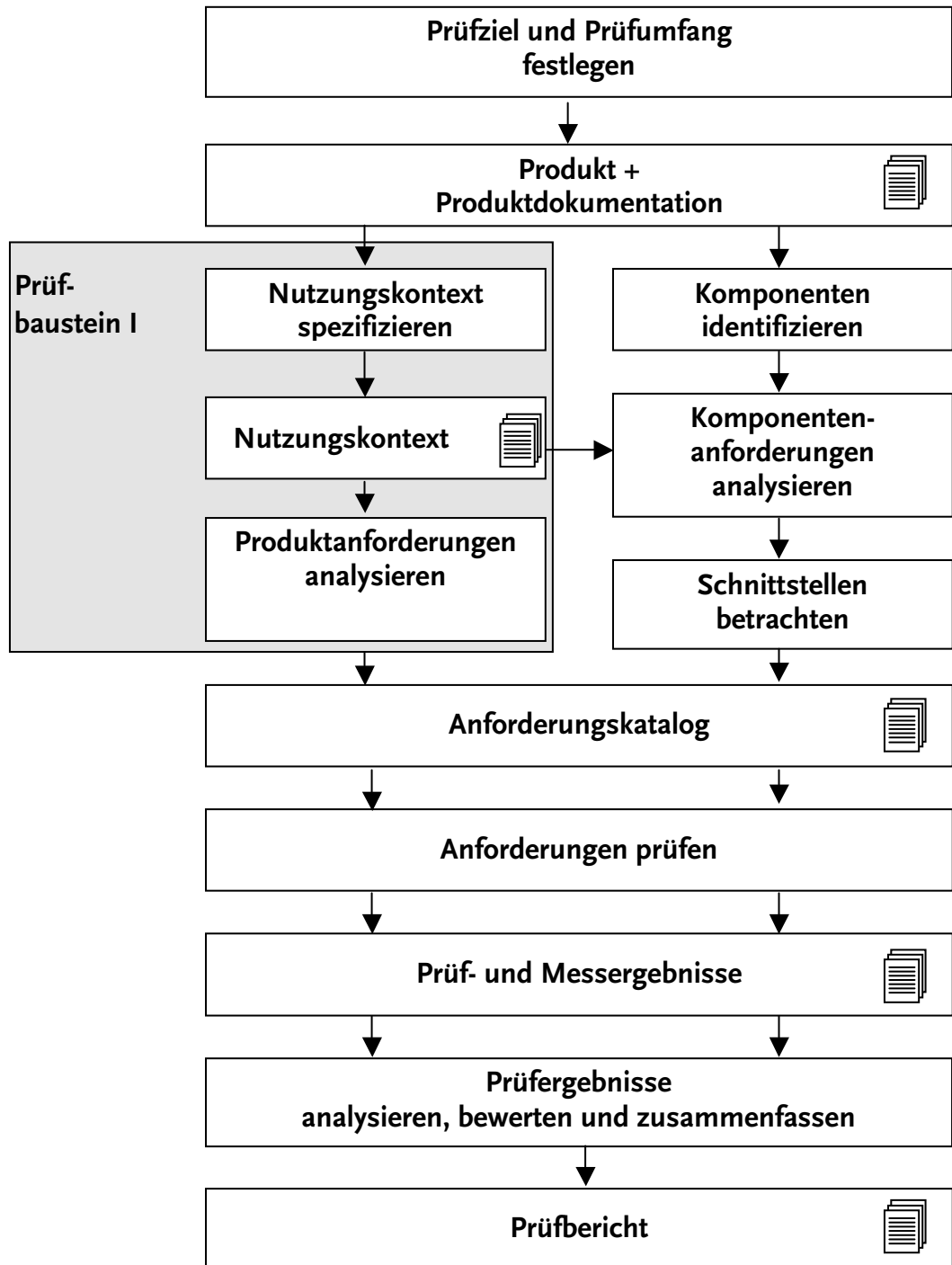


Abb. 4.5: Ablaufschema Inspektion

Bei der hier eingesetzten Methode handelt es sich um eine Inspektion: das Produkt ist mit Blick auf bestimmte, beobachtbare Merkmale zu untersuchen. Als Hilfsmittel dienen Checklisten mit den jeweiligen Nutzungsanforderungen.

Beispiel

Ausschnitt aus der Checkliste mit Nutzungsanforderungen an eine Bohrmaschine



Nutzungsanforderung	Objektiver Nachweis	Bemerkung	
Die Bohrmaschine muss über einen Rechts- und einen Linkslauf verfügen.	Die Bohrmaschine verfügt über einen Rechts-/Linkslauf-Umschalter	./.	<input checked="" type="checkbox"/>

4.4 Prüfbaustein III – Komponentenprüfung

Für die Komponentenprüfung empfiehlt sich eine Vorgehensweise, die sich an dem folgenden Ablaufschema orientiert.

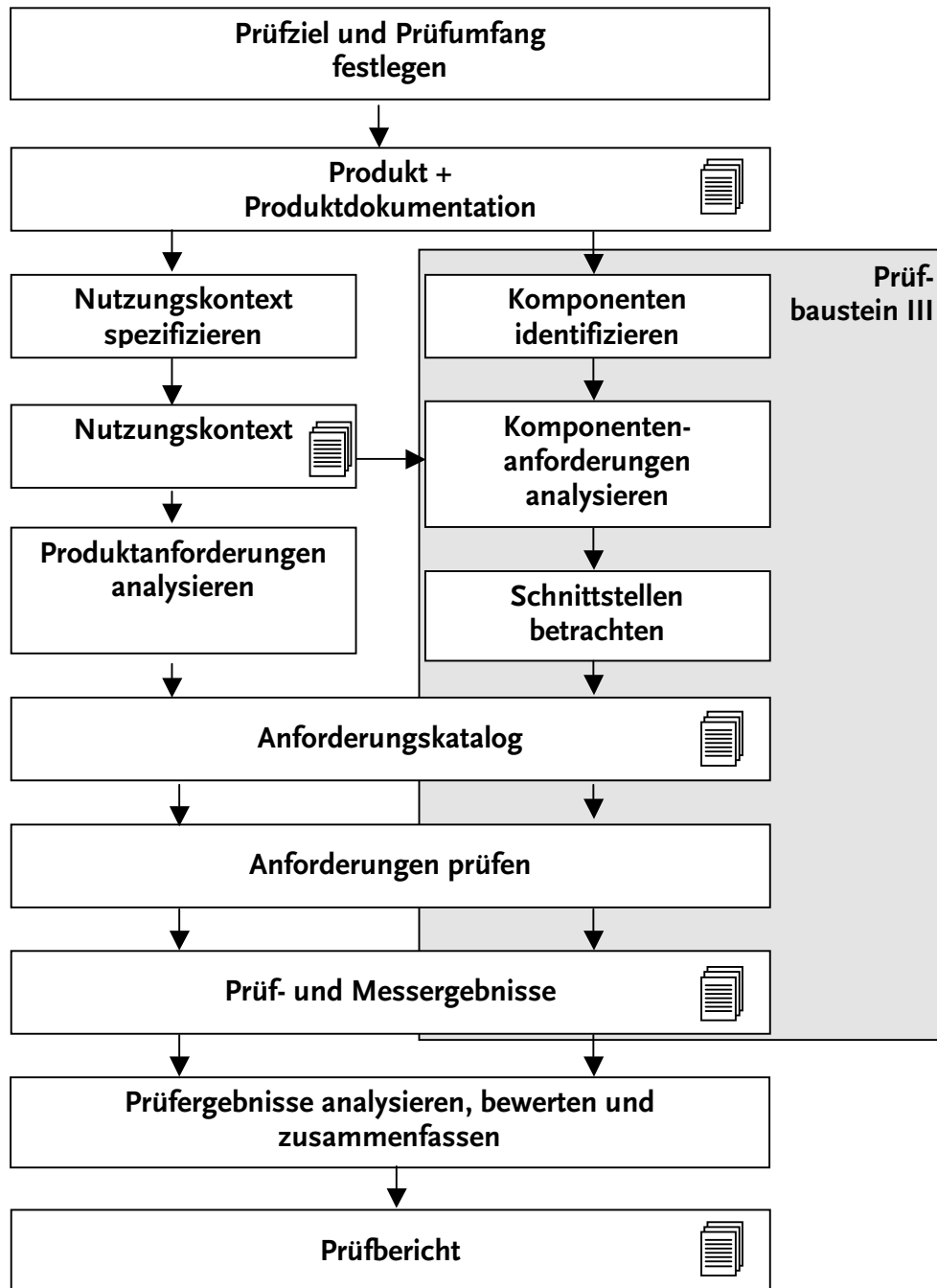


Abb. 4.6: Ablaufschema Komponentenprüfung

4.4.1 Anzeigen und Beschriftungen

Mit Hilfe dieses Prüfbausteins wird die Erkennbarkeit, Lesbarkeit und Unterscheidbarkeit dargebotener Informationen von Anzeigen und Beschriftungen analysiert. Aspekte wie Verständlichkeit und sinnfällige Anordnung werden im Prüfbaustein Dialoggestaltung behandelt.

4.4.1.1 Prüfablauf

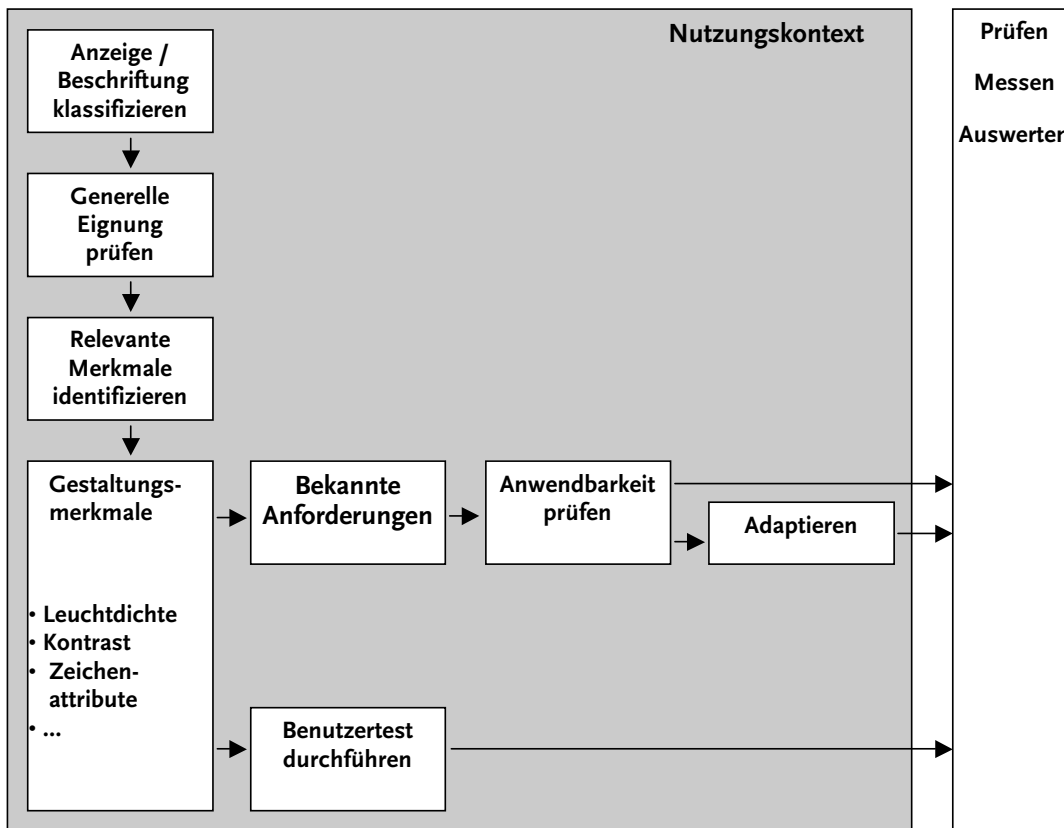


Abb. 4.7: Prüfablauf Anzeigen und Beschriftungen

Schritt 1: Klassifikation von Anzeigen und Beschriftungen**Beschreibungsmerkmale**

Die in der Praxis überwiegend vorkommenden Anzeigen stellen sich dem Benutzer wie folgt dar:

- emissive Anzeigen (aktiv leuchtende Anzeigen)
- reflektive Anzeigen (nicht selbst leuchtende Anzeigen)
- emissive und reflektive Anzeigen (Kombination aus beiden z. B. Flüssigkristall-Anzeige mit ein-/ausschaltbarer integrierter Beleuchtung)

Beispiel

Klassifikation der Anzeige (Bohrmaschine)

**Ergebnis:**

Es handelt sich um eine reflektive Anzeige. Dargestellt werden alphanumerische Zeichen und Symbole in monochromer Darstellung.

Schritt 2: Prüfung der generellen Eignung

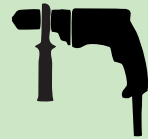
Bei der Prüfung der Anzeige erfolgt der Abgleich der Beschreibungsmerkmale mit den Sehaufgaben, die im Nutzungskontext spezifiziert sind. Es wird also geprüft, ob die vorhandene Anzeige generell für die vorgesehene Aufgabe geeignet ist. Eine entsprechende Entscheidungsmatrix ist in Tab. 4.5 gegeben.

Tab. 4.5: Entscheidungsmatrix – Anzeigen

	Verwendung im Dunkelraum	Verwendung im Hellen
reflektive Anzeige	ungeeignet	geeignet
emissive Anzeige	geeignet	bedingt geeignet
reflektive und emissive Anzeige	geeignet	geeignet

Beispiel

Prüfung der generellen Eignung (hier: Prüfung der Anzeige für eine Bohrmaschine)



Ergebnis:

Unter Berücksichtigung des Nutzungskontextes ist die reflektive Anzeige generell geeignet, da eine Benutzung im Dunkelraum nicht vorgesehen ist.

Schritt 3: Identifikation relevanter Gestaltungsmerkmale

Ist die generelle Eignung einer Anzeige gegeben, werden die Gestaltungsmerkmale, die für den spezifizierten Nutzungskontext relevant sind, identifiziert. Mögliche Gestaltungsmerkmale von Anzeigen sind:

- Leuchtdichte/Leuchtdichtekontrast
- Zeichenattribute
- Farbkombinationen
- Eigenschaften bezüglich der Sehrichtung
- Reflexionen

Gestaltungsmerkmale, die im konkreten Nutzungskontext oder für die Komponente nicht relevant sind und daher nicht näher betrachtet werden, sollten kurz dokumentiert werden.

Beispiel

Identifikation relevanter Gestaltungsmerkmale (hier: Prüfung der Anzeige für eine Bohrmaschine)



Ergebnis:

Identifiziert wurden die folgenden relevanten Gestaltungsmerkmale:

- Leuchtdichte/Leuchtdichtekontrast
- Zeichenattribute
- Eigenschaften bezüglich der Sehrichtung

In der Prüfung nicht betrachtet werden folgende Gestaltungsmerkmale:

- Farbkombinationen, da es sich um eine monochrome Anzeige handelt.
- Reflexionen, da es sich um ein in der Hand gehaltenes Gerät handelt. Reflexionen können durch Veränderung der Haltung des handgeführten Gerätes minimiert werden.

Schritt 4: Anforderungsanalyse

Anwendung bekannter Anforderungen: Es werden bekannte Anforderungen an Beschriftungen und Anzeigen identifiziert (vgl. Abschnitt 4.4.1.2). Mit den Informationen aus dem Nutzungskontext wird geprüft, ob diese Anforderungen im konkreten Fall anwendbar sind. Gegebenenfalls muss eine Anforderung angepasst werden.

Beispiel

Bekannte Anforderungen an das Display



Für das Display konnten die folgenden bekannten Anforderungen identifiziert werden (DIN EN ISO 9241-303:Entwurf 2006):

Leuchtdichte/Leuchtdichtekontrast: $CR_{\min} = 2,2 + 4,84 \times L^{-0,65}$

Zeichenattribute:

- Mindestzeichenhöhe: beim vorgesehenen Sehabstand mindestens 16 Bogenminuten; sie sollte 20 bis 22 Bogenminuten betragen.
Strichbreite: im Bereich von 10 % bis 17 % der Zeichenhöhe.

Spezifikation von Benutzertests

Generell kann der Benutzertest nach der Beschreibung in Abschnitt 4.1.4 durchgeführt werden. Es ist zu beachten, dass die Aufgaben und Fragen so zusammengestellt werden, dass die Anforderungen an die Gestaltungsmerkmale der Anzeigen und Beschriftungen abgedeckt werden. Es sollen sowohl die bekannten und adaptierten Anforderungen, als auch die abgeleiteten Anforderungen an die Bedien- und Stellteile validiert werden. Des Weiteren ist sicherzustellen, dass die übrigen Gestaltungsmerkmale durch gezielte Befragung und Beobachtung bewertet werden können.

Beispiel

Besonderheiten des Benutzertests für das Display



- Validierung der Anforderungen
Die Validierung der Anforderungen an das Display erfolgt durch den in Abschnitt 4.1.4 enthaltenen allgemeinen Fragenkatalog:
 - Inwieweit sind Informationen für Sie einfach und schnell zu erkennen (Leuchtdichte/Leuchtdichtekontrast, Zeichenattribute)?
- Beurteilung weiterer Gestaltungsmerkmale
Zur Beurteilung weiterer Gestaltungsmerkmale des Displays wird der in Abschnitt 4.1.4 enthaltene allgemeine Fragenkatalog erweitert:
 - Inwieweit sind Informationen für Sie einfach und schnell in unterschiedlichen Arbeitshaltungen zu erkennen (Eigenschaften bezüglich der Sehrichtung)?

Schritt 5: Messen, Prüfen und Auswerten

Im fünften Schritt werden die spezifizierten Anforderungen geprüft. Je nach Anforderung werden entsprechende Messungen und/oder ein Benutzertest durchgeführt, der entsprechend ausgewertet werden muss.

Beispiel

Prüfen der Anforderungen an die Anzeige



- Messungen:
 - Leuchtdichtekонтраст: 5,5:1
 - Zeichenhöhe: 4 mm
 - Strichbreite: 14 %
- Auswertung des Benutzertests in Bezug auf den Drehzahlregler

Unter anderem wurden folgende Gestaltungsmerkmale von den Benutzern im Rahmen des Benutzertests bewertet: Leuchtdichte/Leuchtdichtekонтраст, Zeichenattribute und Eigenschaften bezüglich der Sehrichtung

 - Die Benutzer konnten alle gestellten Aufgaben zu 100 % bearbeiten. Die Effektivität ist somit gegeben.
 - Die Anzeige besitzt eine geringe Abhängigkeit des Leuchtdichtekонтраstes mit Änderung der Sehrichtung. Es wurde während des Benutzertests jedoch keine Einschränkung der Effizienz beobachtet.
 - Die Befragung ergab, dass die Benutzer mit dem Drehzahlregler zufrieden bis sehr zufrieden sind.

4.4.1.2. Bestehende Anforderungen

Allgemeine Anforderungen:

Die Nutzinformation ist erkennbar, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Die Nutzinformation muss einen Mindestkонтраст gegenüber ihrer unmittelbaren Umgebung aufweisen.
- Die Nutzinformation muss über eine Mindestgröße verfügen.
- Die Nutzinformation oder ihre Umgebung oder beide zusammen müssen eine Mindestleuchtdichte besitzen.
- Das Auge muss an die bestehende Gesichtsfeld-Leuchtdichte adaptiert sein.
- Die Nutzinformation muss für eine bestimmte Mindestzeit dargeboten werden.
- Störinformationen jeglicher Art müssen so weit minimiert werden, dass die Wahrnehmung der Nutzinformation nicht beeinträchtigt wird bzw. die Störinformation nicht zu einer vermeintlichen Nutzinformation wird.

Leuchtdichtekонтраст

Die Anforderung für den minimalen Leuchtdichtekонтраст CR_{min} in einem Beleuchtungsstärkebereich von etwa 50 lx bis etwa 5000 lx ist nach DIN EN ISO 9241-303:Entwurf 2006:

$$CR_{min} = 2,2 + 4,84 \times L^{-0,65}$$

wobei L der Leuchtdichte des dunkelsten Teils der dargestellten Information entspricht.

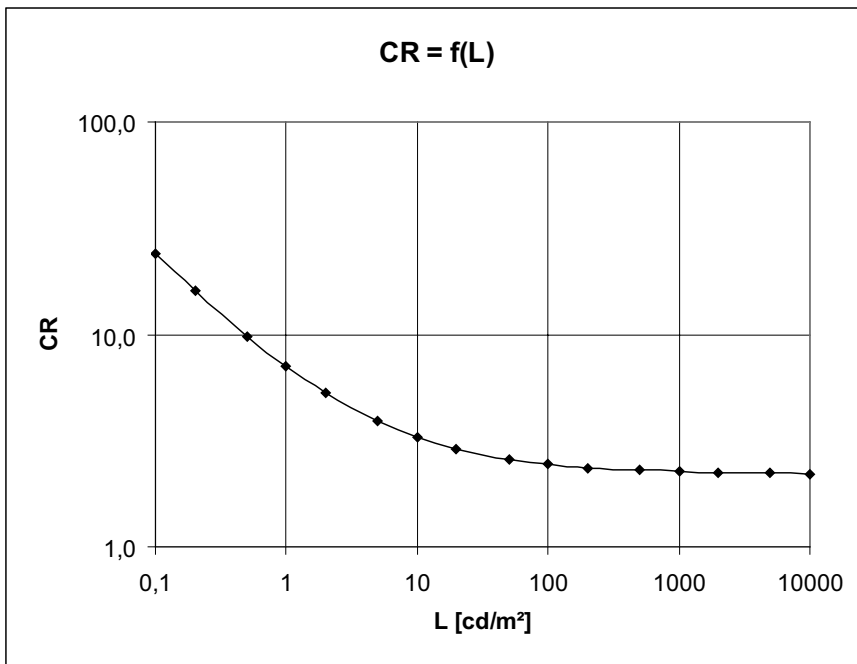


Abb. 4.8: Leuchtdichtekonstrast

Für emissive Anzeigen ist obige Gleichung wie folgt anzusetzen:

$$\frac{L_H + L_D + L_S}{L_L + L_D + L_S} \geq CR_{\min} = 2,2 + 4,84 \cdot (L_L + L_D + L_S)^{-0,65}$$

- L_H : hohe Leuchtdichte
- L_L : niedrige Leuchtdichte
- L_D : durch diffuse Reflexion bedingte Leuchtdichte der Anzeige
- L_S : durch gerichtete Reflexion bedingte Leuchtdichte der Anzeige

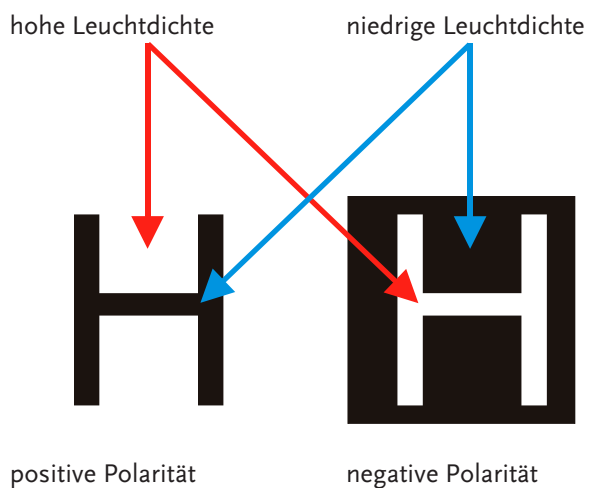


Abb. 4.9: positive/negative Polarität

Für reflektive Anzeigen ist obige Gleichung wie folgt anzusetzen:

$$\frac{L_{rH} + L_S}{L_{rL} + L_S} \geq CR_{\min} = 2,2 + 4,84 \cdot (L_{rL} + L_S)^{-0,65}$$

L_{rH} : hohe reflektierte Leuchtdichte

L_{rL} : niedrige reflektierte Leuchtdichte

L_S : durch gerichtete Reflexion bedingte Leuchtdichte der Anzeige

Hinweis:

VDI 6008 Bl. 1:2005:

Der Leuchtdichtekontrast muss zwischen 3:1 und 15:1 liegen, vorzugsweise zwischen 6:1 und 10:1.

Die Anforderungen an Leuchtdichte und Leuchtdichtekontrast müssen in einem durch den Nutzungskontext festgelegten Sehwinkelbereich erfüllt sein. Dies ist insbesondere bei anisotropen Anzeigen zu beachten, zu denen die LCD-Anzeigen (Liquid Crystal Display) gehören. Beschriftungen hingegen besitzen üblicherweise isotropes Verhalten. Für eine anisotrope Anzeige veranschaulicht das nachfolgende Bild die Veränderung der Leuchtdichte und des Kontrastes mit dem Sehwinkel.

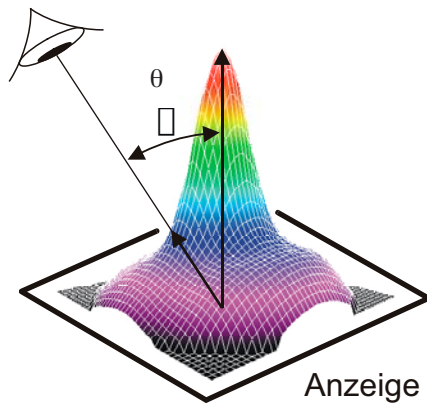


Abb. 4.10: anisotrope Anzeige

Sehrichtungen bei Anzeigen werden durch ein sphärisches Koordinatensystem (r, θ, Φ) beschrieben, dessen Ursprung in die Anzeige gelegt wird (siehe DIN EN ISO 9241-302:Entwurf 2006).

r = Messabstand (auch als Sehabstand D bezeichnet)

θ = Neigungswinkel

Φ = Azimutwinkel

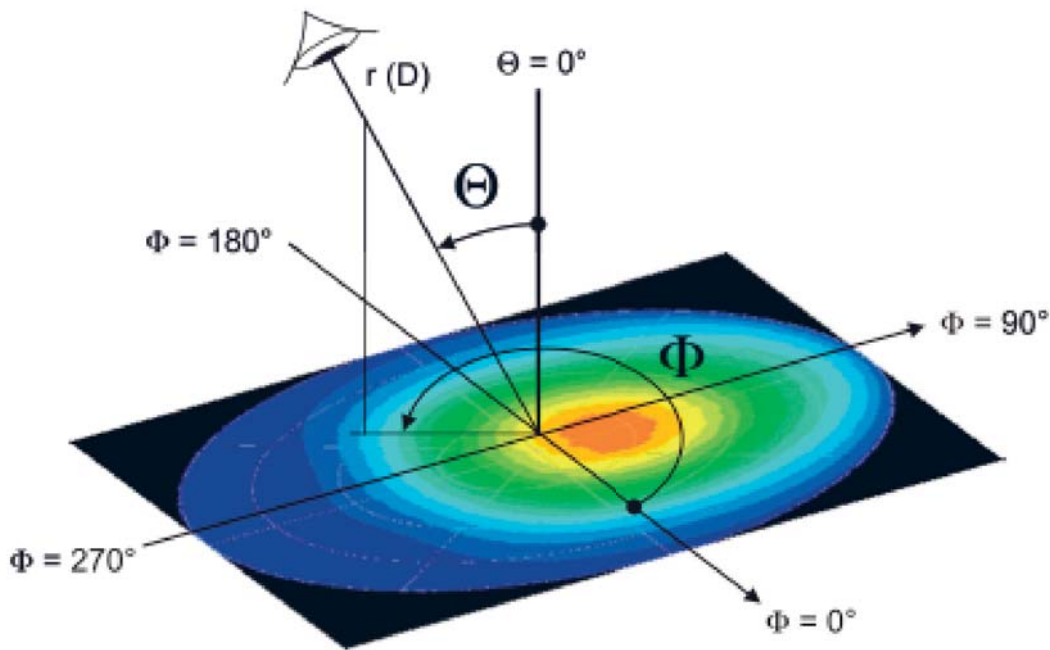


Abb. 4.11: anisotrope Anzeige

Zeichenattribute

Schriftart:

Quelle	Anforderung
VDI 6008 Bl. 1:2005	Für ältere, kranke oder behinderte Menschen sind folgende Schriften nicht empfehlenswert: Gebrochene Schriften (Gotische Schriften) oder dekorative Stile

Zeichenhöhe:

Quelle	Anforderung
DIN EN ISO 9241-303: Entwurf 2006	Minimal: 16' (Bogeminuten) bei vorgesehenem Sehabstand Bevorzugt: 20' bis 22' bei vorgesehenem Sehabstand Der minimale Sehabstand beträgt 300 mm.
DIN EN 62079:2001	Für Fließtext: 9 Punkt ($9 \times 0,351 \text{ mm} = 3,159 \text{ mm}$) Für Überschriften in gedruckten Texten oder anderem Anleitungsmaterial sowie für Anleitungen auf dem Produkt oder andere kurze Mitteilungen, die der Benutzer oft anwenden muss, darf die Schriftgröße nicht kleiner als 12 Punkt sein ($12 \times 0,351 \text{ mm} = 4,212 \text{ mm}$). Hinweis: mit „Punkt“ ist der Pica-Punkt = 0,351 mm gemeint.
VDI 6008 Bl. 1:2005	Für Gebrauchsanleitungen mindestens 12 Punkt.

Die mathematischen Zusammenhänge zwischen der Zeichenhöhe a , dem zugehörigen Sehwinkel α und dem Sehabstand D werden in der Praxis häufig verwendet:

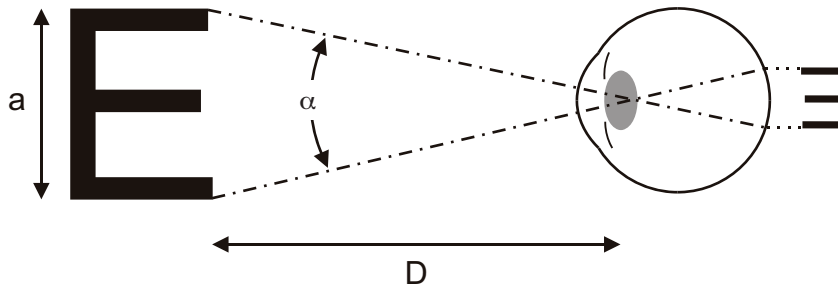


Abb. 4.12: Zeichengröße

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{a}{2 \times D}$$

$$a[\text{mm}] = 2 \times D[\text{mm}] \times \tan \frac{\alpha[^\circ]}{2} = 2 \times D[\text{mm}] \times \tan \frac{\alpha[']}{2 \times 60}$$

Es gilt:

$$\alpha[^\circ] = 2 \times \arctan \frac{a[\text{mm}]}{2 \times D[\text{mm}]}$$

$$D[\text{mm}] = \frac{a[\text{mm}]}{2 \times \tan \frac{\alpha[^\circ]}{2}} = \frac{a[\text{mm}]}{2 \times \tan \frac{\alpha[']}{2}}$$

$$\alpha['] = 60 \times \alpha[^\circ]$$

$$1^\circ = 60'$$

Hinweis: Zeichenverkürzung

Der optimale Blickwinkel auf eine Anzeige ist die senkrechte Blickrichtung. Bei jeder anderen Blickrichtung verkürzt sich das Zeichen um den Betrag $\cos \Theta$, wobei Θ den Neigungswinkel aus der Senkrechten zur Anzeige darstellt. Die neue Zeichenhöhe a' ergibt sich aus $a' = a \times \cos \Theta$.

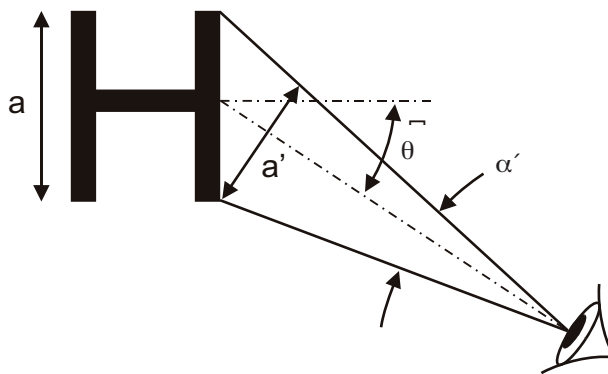


Abb. 4.13: Zeichenverkürzung

Ein Zeichen mit einer bevorzugten Zeichenhöhe von $22'$ wird somit ab einem Neigungswinkel Θ von $\Theta \approx 43^\circ$ auf eine Zeichenhöhe von $16'$ verkürzt.

Strichbreite:

Quelle	Anforderung
DIN EN ISO 9241-303: Entwurf 2006	Bei Zeichen lateinischen Ursprungs muss die Strichbreite 10 % bis 17 % der Zeichenhöhe betragen.

Verhältnis Zeichenbreite zu Zeichenhöhe:

Quelle	Anforderung
DIN EN ISO 9241-303: Entwurf 2006	Minimal: 0,5:1 bis 1:1 Bevorzugt: 0,7:1 bis 0,9:1
VDI 6008 Bl. 1:2005	Sollwert der Zeichenbreite bei Großbuchstaben: 70 % bis 90 % der Zeichenhöhe. Sollwert der Zeichenbreite bei Kleinbuchstaben: mindestens 70 % der Zeichenbreite des Großbuchstabens (ausgenommen f, i, j, l, t).

Zeilenabstand:

Quelle	Anforderung
DIN EN ISO 9241-303: Entwurf 2006	Mindestens 1 Pixel oder eine horizontale Strichbreite
DIN EN 62079:2005	Nicht kleiner als 120 % der Schriftgröße (siehe auch IEC 81714-2, Anhang I).

Unterscheidbarkeit von Zeichen:

Quelle	Anforderung
BGI 650:2006	Zahl 0 und Buchstabe O
	Buchstabe l (kleines L) und Buchstabe I (großes i)
	Zahl 1 und Buchstabe l (kleines L)
	Zahl 8 und Buchstabe B
	Buchstabe B und ß
	Zahl 5 und Buchstabe S

Tipp

Weitere Zeichenattribute, die die Lesbarkeit von Segment-Anzeigen erschweren (Beispiele aus der Praxis):

Beispiel	Bemerkung
V	Buchstabe „V“ mit veränderlicher Strichstärke (mal dick, mal dünn)
H	Veränderliche Strichstärken in Tropfenform
R	Buchstabe „R“, jedoch nicht vollständig ausgeprägt und mit veränderlicher Strichstärke

Tab. 4.6: Empfohlene Farbkombinationen für Zeichen und Untergrund (Beiblatt 2 zu DIN 66234-5:1988 – inzwischen ungültig, ISO 15008:2003, BGI 650:2006):

Untergrundfarbe	Zeichenfarbe							
	schwarz	Weiß	Purpur	Blau	Cyan	Grün	Gelb	Rot
Schwarz		+	+	-	+	+	+	-
Weiß	+		+	+	-	-	-	+
Purpur	+	+		-	-	-	-	-
Blau	-	+	-		+	-	+	-
Cyan	+	-	-	+		-	-	-
Grün	+	-	-	+	-		-	-
Gelb	+	-	+	+	-	-		+
Rot	-	+	-	-	-	-	+	

+ Farbkombination geeignet

- Farbkombination nicht geeignet

VDI 6008 Bl. 1:2005 gibt weitere Hinweise:

Kriterien für empfehlenswerte Farbkombinationen sind:

- hoher Leuchtdichteunterschied, z. B. „Schwarz/Weiß“ oder „Gelb/Blau“
- Verwendung einer unbunten Komponente, z. B. „Weiß/Blau“ oder „Weiß/Rot“

Nicht empfehlenswerte Farbkombinationen sind:

- Farbkombinationen mit geringen Leuchtdichteunterschieden, z. B. „Weiß/Gelb“ und „Blau/Schwarz“

Für Textinformationen sollte immer eine dunkle Farbe auf hellem Hintergrund verwendet werden, da die Umfeldleuchtdichte größer ist. Im umgekehrten Fall wird empfohlen, die Schriftzeichen ca. 25 % größer darzustellen.

Statusanzeigen, die den Betriebszustand eines Gerätes anzeigen, müssen deutlich erkennbar sein.

Mindestleuchtdichte

Quelle	Anforderung
Lange (2005)	Mindestleuchtdichten für Farbsehen: 3 bis 10 cd/m ²
DIN EN ISO 9241-303: Entwurf 2006	Mindestleuchtdichte für Anzeigen: 20 bis 35 cd/m ²
VDI 6008 Bl. 1:2005	optimale Leuchtdichte für Farbsehen: 100 cd/m ²
VDI 6008 Bl. 1:2005	empfohlene Leuchtdichte zur Warnung vor Gefahren: 300 cd/m ²

Hinweis:

- Emissive Anzeigen müssen eine Mindestleuchtdichte aufweisen.
- Reflektive Anzeigen müssen mit einer Mindestbeleuchtungsstärke beleuchtet oder mit einer integrierten Beleuchtung versehen sein.

Adaption des Auges

Es wird im Allgemeinen davon ausgegangen, dass das Auge an die bestehende Gesichtsfeld-Leuchtdichte adaptiert ist.

Mindestdarbietungszeit

Bei Anzeigen mit statischer Information ist diese Bedingung immer erfüllt. Bei Anzeigen mit quasistatischer Information hängt die Mindestdarbietungszeit vom Informationsumfang und von den kognitiven Fähigkeiten des Benutzers ab. Für Blinkcodierungen wird auf DIN EN ISO 9241-303:Entwurf 2006 verwiesen.

Störinformationen (Reflexionen)

VDI 6008 Bl. 1:2005: Spiegelnde Flächen (Blendungen/Reflexionen/Spiegelungen) müssen auf jeden Fall vermieden werden, da die Spiegelungen den Leuchtdichtekontrast stark verringern. Es ist von stehenden und sitzenden Nutzern auszugehen.

Chromatische Aberration (VDI 6008 Bl. 1:2005)

Lichtquellen sollten keine Spektralverschiebung in den roten oder blauen Bereich aufweisen, da vorübergehende Fehlsichtigkeiten entstehen können. Empfehlenswert sind tageslichtweiße Lichtquellen, die gutes Farberkennen sicherstellen und die Sehschärfe, besonders im Nahbereich, verbessern helfen. Altersbedingte Seheinschränkungen, wie Alterssichtigkeit und die verminderte Fähigkeit, Farben zu erkennen und zu unterscheiden, werden somit nicht negativ beeinflusst.

Tipp

Reflexionen bei handgehaltenen Geräten oder Geräten, die leichtverschiebbar sind, können durch Veränderung der Position des Gerätes oder dessen Anordnung minimiert werden.

Bestehende Anforderungen an konkrete Produkte

Kathodenstrahlröhre	DIN EN ISO 9241-3:1993 DIN EN ISO 9241-7:1998 DIN EN ISO 9241-8:1998 DIN EN ISO 9241-307:2008
Flachbildschirme	DIN EN ISO 13406-2:2003 DIN EN ISO 9241-307:2008 VESA FPDM 2.0
Projektoren	DIN 19045:1984-1993 ISO 11315:1997 DIN EN 61947:2003-2004 DIN EN ISO 9241-307:2008
Plasmabildschirm	DIN EN 61988:2003-2006 DIN EN ISO 9241-307:2008
Papier	DIN EN 62079:2001

4.4.1.3 Prüfverfahren

Die photometrischen Messungen an einer Anzeige beruhen auf wenigen grundlegenden Prüfverfahren, die auf die jeweilige Fragestellung abgestimmt werden:

- Messung der emittierten Leuchtdichte
- Farbmessung
- Messung der Beleuchtungsstärke
- Messung der reflektierten Leuchtdichte
- Messung von geometrischen Daten

Beispiel

- ▶ Siehe auch Kapitel 4.6.1 „Beispiele für Messungen an Beschriftungen und Anzeigen“

4.4.2 Bedien- und Stellteile

In der Literatur und im täglichen Sprachgebrauch werden die Begriffe ‚Bedienteil‘ und ‚Stellteil‘ verwendet. Beide Begriffe sollen im Rahmen des Kompendiums synonym für diejenigen Komponenten des Untersuchungsobjektes verwendet werden, auf die der Benutzer eine Betätigungskraft aufbringt, um eine Funktion auszulösen.

Dieser Prüfbaustein berücksichtigt ausschließlich die Betätigung (Kräfte, Richtungen, Anordnung etc.) der Bedien- und Stellteile. Aspekte wie die sinnfällige Anordnung und Bewegung werden im Prüfbaustein Dialoggestaltung behandelt.

4.4.2.1 Prüfablauf

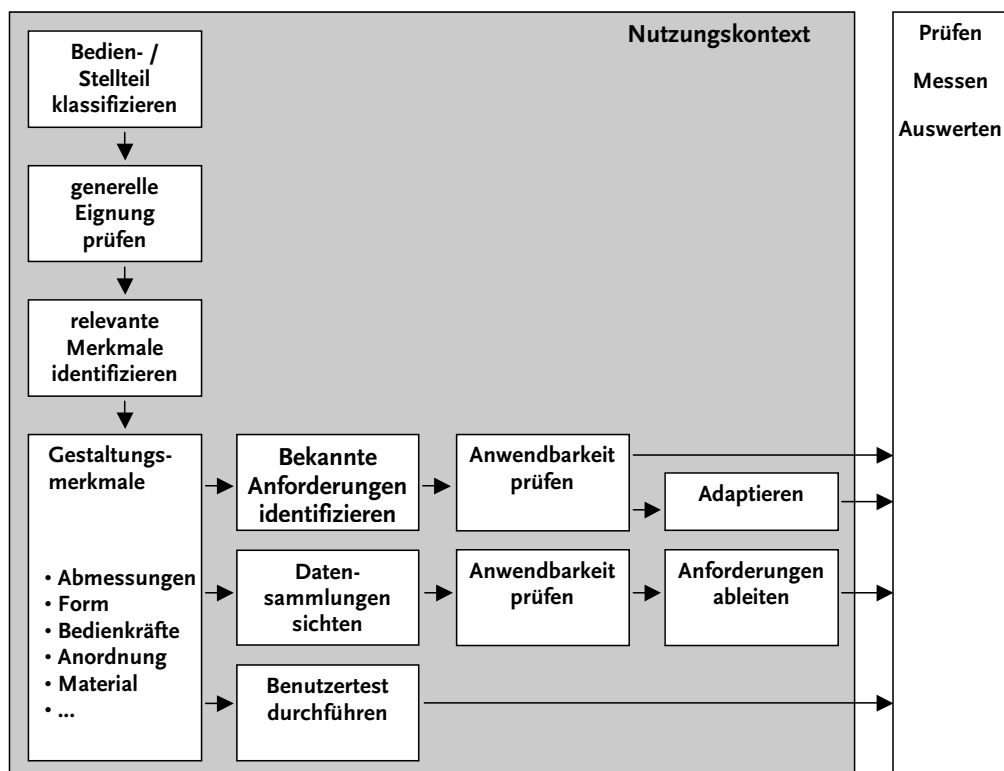


Abb. 4.14: Prüfablauf - Bedien- und Stellteile

Schritt 1: Klassifikation von Bedien- und Stellteilen

Bedien- und Stellteile lassen sich durch unterschiedliche Merkmale klassifizieren, die im Wesentlichen die Bewegung des Stellteils und den Kontakt des Benutzers mit dem Stellteil beschreiben.

Beschreibungsmerkmale

Bewegungsmerkmale:

- translatorisch/rotatorisch;
- Kontinuität der Bewegung: diskret/kontinuierlich;
- Bewegungsachse, Bewegungsrichtung;

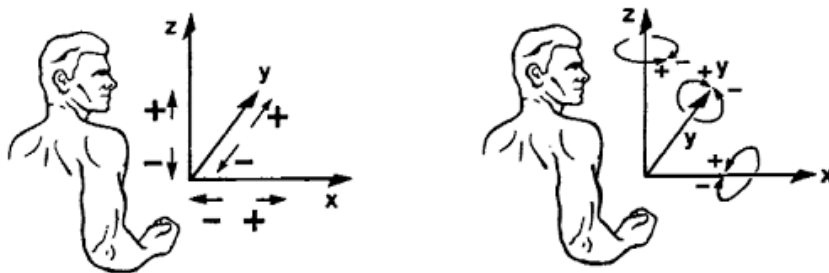


Abb. 4.15: Achsensystem für translatorische (l.) und rotatorische (r.) Bewegungen (DIN EN 894-3:2000)

Greifmerkmale:

- Greifarten (Kontaktgriff, Zufassungsgriff, Umfassungsgriff)
- Art der Stellkraftaufbringung (Kopplung): formschlüssig/reibschlüssig

Tab. 4.7: Greifarten (DIN EN 894-3:2000)

Kontaktgriff	Zufassungsgriff	Umfassungsgriff
<p>Finger</p>	<p>2 Finger</p> <p>Daumen gegenübergestellt Daumen quergestellt</p>	
<p>Daumen</p>	<p>3 Finger</p> <p>gleichverteilt Daumen gegenübergestellt</p>	<p>Finger</p>
<p>Hand</p>	<p>Hand</p>	<p>Hand</p>

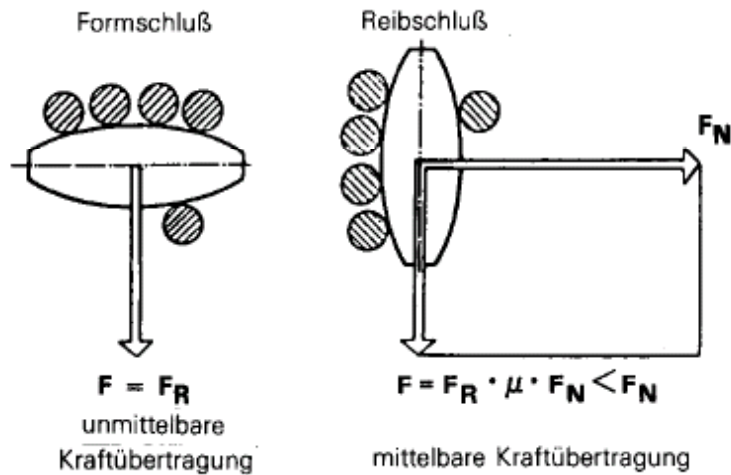


Abb. 4.16: Kopplung am Beispiel der Greifart Umfassungsgriff, Hand (HdE, 2001)

Typen von Bedien- und Stellteilen



Im Folgenden sind einige typische Stellteile mit ihren Merkmalsausprägungen aufgeführt. Eine umfangreichere Auflistung findet sich in den Arbeitshilfen.

Tab. 4.8: Beispiele für translatorische Stellteile

Bezeichnung	Greifart	Teil der Hand	Art der Stellkraftaufbringung	Symbol (aus DIN EN 894-3: 2000)
Einzeltastknopf	Kontaktgriff	Finger	senkrecht	
Flacher geriffelter Schiebeknopf	Kontaktgriff	Finger	tangential	

Umfangreichere Tabellen finden sich in Kapitel 5.2.3.

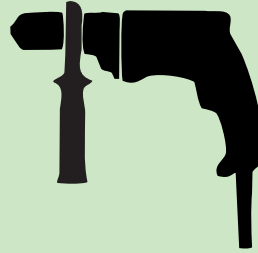
Tab. 4.9: Beispiele für rotatorische Stellteile

Bezeichnung	Greifart	Teil der Hand	Art der Stellkraftaufbringung	Symbol (aus DIN EN 894-3: 2000)
Versenkter Knebelknopf	Zufassungsgriff	Finger	senkrecht	
Gerändelter Handknopf	Zufassungsgriff	Hand	tangential	

Umfangreichere Tabellen finden sich in Kapitel 5.2.3.

Beispiel

Klassifikation der Bedien-/Stellteile einer Bohrmaschine



Bezeichnung:	Drehzahlregler
Bewegungsmerkmale:	translatorisch Bewegungsachse y Bewegungsrichtung - kontinuierlich
Greifmerkmale:	Kontaktgriff Finger senkrecht (formschlüssig)
Stellteiltyp:	keinen Stellteiltyp dieser Art vorgefunden
Bezeichnung:	Rechts-/Linkslauf-Umschalter
Bewegungsmerkmale:	rotatorisch Bewegungsachse x Bewegungsrichtung +/- diskret
Greifmerkmale:	Kontaktgriff Finger tangential (reibschlüssig)
Stellteiltyp:	Fingerhebel
Bezeichnung:	Getriebeumschalter Bohren/Schlagbohren
Bewegungsmerkmale:	rotatorisch Bewegungsachse y Bewegungsrichtung -/+ diskret
Greifmerkmale:	Zufassunggriff Finger senkrecht (formschlüssig)
Stellteiltyp:	Versenkter Drehknebel für Daumen-Finger-Betätigung (DIN EN 894-3:2000)
Bezeichnung:	Verriegelungsknopf für Dauerbetrieb
Bewegungsmerkmale:	translatorisch Bewegungsachse y Bewegungsrichtung + diskret
Greifmerkmale:	Kontaktgriff Finger senkrecht (formschlüssig)
Stellteiltyp:	Einzelastknopf (DIN EN 894-3:2000)

Schritt 2: Prüfung der generellen Eignung

Bei der Prüfung des Stellteils erfolgt der Abgleich der Beschreibungsmerkmale mit Anforderungen an die Bedien- und Stellaufgaben, die im Nutzungskontext spezifiziert sind. Es wird geprüft, ob der vorhandene Bedien- und Stellteiltyp für die vorgesehene Aufgabe geeignet ist. Die Tabellen Tab. 4.10 und Tab. 4.11 sind gegliedert nach Greifart (vgl. Tab. 4.7), Stellart (ob in einzelnen Schritten oder stufenlos) und Kontaktart. Für die gewählte Konfiguration können auf diese Weise die Anforderungen an das Stellteil abgelesen werden. Es ist zu beachten, dass Stellgeschwindigkeit, Stellgenauigkeit und Stellkraft von der Bewegungsrichtung (vgl. Abb. 4.15) abhängen. Abweichungen sind in Klammern angegeben; „Stellkraft mittel, hoch (x-/x+)“ bedeutet, dass der Kraftaufwand für das betreffende Stellteil durchschnittlich ist, ausgenommen Bewegungen in positiver und negativer x-Richtung, dort ist er hoch.

Weitere Anforderungen wie Sichtkontrolle, Tastkontrolle, unbeabsichtigtes Stellen, Reibung, Stellen mit Handschuhen und Reinigungsmöglichkeit sind in DIN EN 894-3:2000 beschrieben.

Tab. 4.10: Entscheidungsmatrix zur Eignung translatorischer Stellteile

Griffart	Stellart	Kontaktart	Stellgenauigkeit	Stellgeschwindigkeit	Stellkraft
Kontaktgriff Finger	diskret	formschlüssig	hoch, mittel (x+/x-)	hoch, gering (x-)	gering
Kontaktgriff Finger	diskret	reibschlüssig	hoch, mittel (x+)	hoch	gering
Kontaktgriff Hand	diskret	formschlüssig	hoch (x-/y-), mittel (z+), gering (z-)	hoch (x-), mittel	mittel (x-/z-), gering (y-/z+)
Zufassungsgriff Finger	diskret	formschlüssig	hoch (y+/y-/z-), mittel (x+/x-/z+)	hoch (y+/y-/z-), mittel (x+/x-/z+)	gering
Zufassungsgriff Finger	diskret	reibschlüssig	hoch (x-/y-/z+), mittel (x+/z-)	hoch (y-/z+/z-), mittel (x+/x-)	gering
Zufassungsgriff Hand	diskret	formschlüssig	mittel (x+/x-/y+/y-), gering (z+/z-)	hoch (y-), mittel (x+/x-/y+/z-), gering (z+)	mittel (y+/y-), gering (x+/x-/z+/z-)
Umfassungsgriff Finger	diskret	formschlüssig	hoch (y-), mittel (x+/y+/y-), gering (z-)	mittel (y+/y-), gering (x+/z-)	hoch (y+/y-), gering (x+/z-)
Umfassungsgriff Hand	diskret	formschlüssig	hoch (y+), mittel (y-), gering (x+/z+/z-)	hoch (y+), mittel (y-), gering (x+/z+/z-)	hoch (y+/z-), mittel (x+/z+), gering (x-)
Umfassungsgriff Hand	diskret	reibschlüssig	mittel (x+/x-/y+), gering (y-/z+/z-)	mittel (x-/y+/y-), gering (x+/z+/z-)	hoch (y+/z-), mittel (x+/y-/z+), gering (x-)
Kontaktgriff Finger	kontinuierlich	formschlüssig	hoch, mittel (x+/x-)	hoch, gering (x-)	gering
Kontaktgriff Finger	kontinuierlich	reibschlüssig	hoch, mittel (x+)	hoch	gering
Zufassungsgriff Finger	kontinuierlich	formschlüssig	hoch (y+/y-/z-), mittel (x+/x-/z+)	hoch (y+/y-/z-), mittel (x+/x-/z+)	gering

Griffart	Stellart	Kontaktart	Stellgenauigkeit	Stellgeschwindigkeit	Stellkraft
Zufassungsgriff Finger	kontinuierlich	reibschlüssig	hoch (x-/y-/z+), mittel (x+/z-)	hoch (y-/z+/z-), mit- tel (x+/x-)	gering
Zufassungsgriff Hand	kontinuierlich	formschlüssig	mittel (x+/x-/y+/y-), gering (z+/z-)	hoch (y-), mittel(x+/x-/y+/z-), gering (z+)	mittel (y+/y-), gering (x+/x-/ z+/z-)
Umfassungsgriff Hand	kontinuierlich	formschlüssig	hoch (y+), mittel (y-), gering (x+/z+/z-)	hoch (y+), mittel (y-), gering (x+/z+/z-)	hoch (y+/z-), mit- tel (x+/z+), gering (x-)
Umfassungsgriff Hand	kontinuierlich	reibschlüssig	mittel (x+/x-/y+), gering (y-/z+/z-)	mittel (x-/y+/y-), gering (x+/z+/z-)	hoch (y+/z-), mittel (x+/y-/z+), gering (x-)

Tab. 4.11: Entscheidungsmatrix zur Eignung rotatorischer Stellteile

Griffart	Stellart	Kontaktart	Stellgenauigkeit	Stellgeschwindigkeit	Stellkraft
Kontaktgriff Finger	diskret	formschlüssig	hoch, mittel (x+/y+/y-)	hoch	gering
Kontaktgriff Finger	diskret	reibschlüssig	mittel (x+/x-/z+/z-), gering (y+/y-)	hoch	gering
Kontaktgriff Hand	diskret	formschlüssig	gering	hoch (x+/x-), mittel (z+/z-)	hoch
Zufassungsgriff Finger	diskret	formschlüssig	hoch (x+/y-/z+/z-), mittel (y+/y-)	mittel	gering
Zufassungsgriff Finger	diskret	reibschlüssig	hoch	hoch	gering
Zufassungsgriff Hand	diskret	formschlüssig	mittel	gering	hoch
Zufassungsgriff Hand	diskret	reibschlüssig	mittel	mittel	gering
Umfassungsgriff Hand	diskret	formschlüssig	mittel (y+/y-), gering	gering	hoch, mittel (y+)
Umfassungsgriff Hand	diskret	reibschlüssig	mittel, gering (y-)	mittel (y-), gering	mittel (y+/z-), gering
Kontaktgriff Finger	kontinuierlich	formschlüssig	hoch, mittel (x+/y+/y-)	hoch	gering
Kontaktgriff Finger	kontinuierlich	reibschlüssig	mittel, gering (y+/y-)	hoch	gering
Zufassungsgriff Finger	kontinuierlich	formschlüssig, Umdrehung >180°	hoch	hoch	gering
Zufassungsgriff Finger	kontinuierlich	reibschlüssig	hoch	hoch	gering
Zufassungsgriff Hand	kontinuierlich	formschlüssig, Umdrehung >180°	mittel, gering (x+/y-)	mittel, gering (y-)	mittel
Zufassungsgriff Hand	kontinuierlich	reibschlüssig	mittel	mittel	gering
Umfassungsgriff Hand	kontinuierlich	formschlüssig, Umdrehung >180°	mittel (z+), gering	mittel (x-/y+/z-), gering (x+/y-/z+)	hoch
Umfassungsgriff Hand	kontinuierlich	reibschlüssig	mittel, gering (y-)	mittel (y-), gering	mittel (y+/z-), gering

Beispiel

Prüfung genereller Eignung

Nach der Entscheidungsmatrix ist keines der Stellteile generell ungeeignet.

- Drehzahlregler
- Rechts-/Linkslauf-Umschalter
- Getriebeumschalter Bohren/Schlagbohren
- Verriegelungsknopf für Dauerbetrieb



Schritt 3: Identifikation relevanter Gestaltungsmerkmale

Ist die generelle Eignung eines Stellteils gegeben, werden die Gestaltungsmerkmale identifiziert, die für den spezifizierten Nutzungskontext relevant sind. An Bedien- und Stellteile können folgende Gestaltungsmerkmale von Bedeutung sein:

- Abmessungen
- Form
- Anordnung
- Freiräume
- Material / Oberflächenbeschaffenheit
- Stellkraft
- Stellweg

Gestaltungsmerkmale, die im konkreten Nutzungskontext oder für die Komponente nicht relevant sind und daher nicht näher betrachtet werden, sollten kurz kommentiert und dokumentiert werden.

Beispiel

Identifikation relevanter Merkmale des Drehzahlreglers

Identifiziert wurden folgende relevante Gestaltungsmerkmale:

- Abmessungen,
- Form,
- Anordnung,
- Material / Oberflächenbeschaffenheit,
- Stellkraft,
- Stellweg



In der Prüfung wird das Gestaltungsmerkmal „Freiräume“ nicht betrachtet, da diese im konkreten Fall konstruktionsbedingt nicht eingeschränkt sind.

Schritt 4: Anforderungsanalyse

Anwendung bekannter Anforderungen

Es werden bekannte Anforderungen an Bedien- und Stellteile identifiziert (vgl. Abschnitt 4.4.2.2). Anhand der Informationen zum Nutzungskontext wird geprüft, ob diese Anforderungen im konkreten Fall anwendbar sind. Gegebenenfalls muss eine Anforderung adaptiert werden.

Beispiel

Bekannte Anforderungen an den Drehzahlregler



Für den Drehzahlregler konnten folgende bekannte Anforderungen identifiziert werden:

Für die Bedienung mit dem Zeigefinger:

- Abmessungen (DoD Mil-HDBK-759C, 1995):
Breite: mindestens 6,5 mm
Länge: mindestens 25 mm
- Stellkraft (Burandt, 1978): maximal 12,4 N
($f = 59 \text{ N}$, $k_A = 0,4$, $k_B = 0,75$, $k_C = 0,7$)
- Stellweg (DoD Mil-HDBK-759C, 1995): 3,2 mm bis 16 mm

Ableitung von Anforderungen

Gibt es für ein Gestaltungsmerkmal keine bekannten Anforderungen, so muss die genaue Bedienung des Bedien- und Stellteils analysiert werden, um entscheiden zu können, welche Körpermaße Einfluss auf die Benutzung haben und zur Bewertung herangezogen werden. Anschließend werden anthropometrische Datensammlungen, auf entsprechende Körpermaße gesichtet. Diese müssen auf ihre Anwendbarkeit hin überprüft werden. Es muss kontrolliert werden, ob die Bevölkerungsgruppe, an denen die anthropometrischen Daten erhoben wurden, repräsentativ für diejenigen Benutzer ist, die im Nutzungskontext spezifiziert sind. Sind die entsprechenden Daten anwendbar, so können unter der Berücksichtigung des Nutzungskontextes (z. B. das Tragen von Handschuhen) neue Anforderungen abgeleitet werden.

Beispiel

Drehzahlregler: Ableitung von Anforderungen an den Drehzahlregler



Für die Bedienung mit dem Zeigefinger und dem Mittelfinger:

- Abmessungen (DoD Mil-HDBK-759C, 1995 und DIN 33402-2:2005):
Breite: mindestens 6,5 mm
Länge: mindestens 39 mm (Zeigefingerbreite + Mittelfingerbreite, körperfern)
- Stellkraft (Burandt, 1978):
maximal 24,8 N (Betätigung mit zwei Fingern)

Spezifikation des Benutzertests

Generell kann der Benutzertest nach der Beschreibung in Abschnitt 4.1.4 durchgeführt werden. Es ist zu beachten, dass die Aufgaben und Fragen so zusammengestellt werden, dass die Anforderungen an die Gestaltungsmerkmale der Bedien- und Stellteile abgedeckt sind. Es sollten sowohl die bekannten und adaptierten Anforderungen, als auch die abgeleiteten Anforderungen an die Bedien- und Stellteile validiert werden. Des Weiteren ist sicherzustellen, dass die übrigen Gestaltungsmerkmale durch gezielte Befragung und Beobachtung bewertet werden können.

Beispiel

Besonderheiten des Benutzertests für den Drehzahlregler



Validierung der Anforderungen

Die Validierung der Anforderungen an den Drehzahlregler erfolgt durch den in Abschnitt 4.1.4 enthaltenen allgemeinen Fragenkatalog:

- Wie empfinden Sie die Größe und Form der von Ihnen benutzten Bedienteile? (Abmessungen)
- Wie beurteilen Sie die Erreichbarkeit bzw. die Zugänglichkeit? (Freiräume, Stellweg)
- Wie empfinden Sie den benötigten Kraftaufwand? (Stellkraft)

Beurteilung weiterer Gestaltungsmerkmale

Zur Beurteilung weiterer Gestaltungsmerkmale des Drehzahlreglers wird der in Abschnitt 4.1.4 enthaltene allgemeine Fragenkatalog erweitert:

- Wie empfinden Sie die Größe und Form der von Ihnen benutzten Bedienteile (Form)?
- Wie beurteilen Sie die Erreichbarkeit bzw. die Zugänglichkeit? (Anordnung)
- Wie empfinden Sie die Oberfläche des Bedienteils (haptische Eigenschaften)? (Material, Oberflächenbeschaffenheit)

Schritt 5: Messen, Prüfen und Auswerten

Im fünften Schritt werden die spezifizierten Anforderungen geprüft. Je nach Anforderung werden entsprechende Messungen durchgeführt und/oder ein Benutzertest durchgeführt, der entsprechend ausgewertet werden muss.

Beispiel

Prüfung ausgewählter Anforderungen an den Drehzahlregler



- Messungen:
Abmessungen: Länge 37 mm, Breite: 19,2 mm
Stellkraft: ca. 20 N

- Auswertung des Benutzertests in Bezug auf den Drehzahlregler:
Unter anderem wurden folgende Gestaltungsmerkmale von den Benutzern im Rahmen des Benutzertests bewertet: Abmessungen, Form, Anordnung, Freiräume, Material, Oberflächenbeschaffenheit, Stellkraft, Stellweg.
 - Die Benutzer konnten die gestellten Aufgaben zu 100 % bearbeiten.
Die Effektivität ist somit gegeben.
 - Während des Benutzertests wurde keine Einschränkung der Effizienz beobachtet.
 - Die Auswertung der entsprechenden Befragung hat ergeben, dass die Benutzer mit dem Drehzahlregler zufrieden bis sehr zufrieden sind.

4.4.2.2 Bestehende Anforderungen

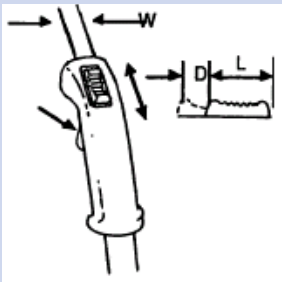
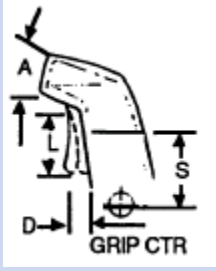
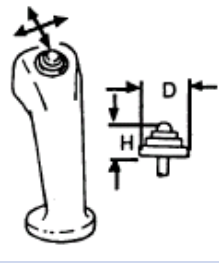
Allgemeine Anforderungen

Abmessungen:

Tab. 4.12: Empfohlene Mindestmaße für handbetätigte Stellteile (DIN EN 894-3:2000)

Greifart	Teil der Hand, der die Stellkraft ausübt	Breite oder Durchmesser des Stellteils [mm]	Länge des Stellteils längs der Bewegungs- oder Drehachse [mm]
Kontaktgriff	Finger Daumen Hand (flach)	≥ 7 ≥ 20 ≥ 40	$\geq 7 \geq 20 \geq 40$
Zufassungsgriff	Finger/Daumen Hand/Daumen	$\geq 7 \text{ bis } \leq 80$ $\geq 15 \text{ bis } \leq 60$	$\geq 7 \text{ bis } \leq 80$ $\geq 6 \text{ bis } \leq 100$
Umfassungsgriff	Finger/Hand	$\geq 15 \text{ bis } \leq 35$	≥ 100

Tab. 4.13: Empfohlene Mindestmaße für handbetätigte Stellteile (nach DoD Mil-HDBK-759C, 1995)

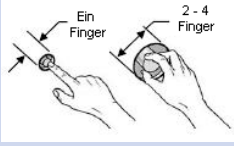
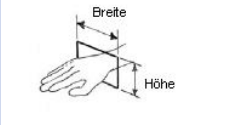
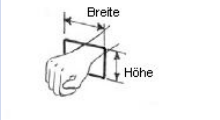
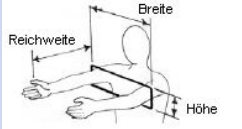
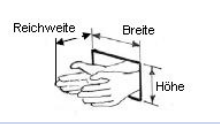
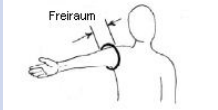

Bedien-/Stellteil		Anforderungen an die Abmessungen
Schalter mit dem Daumen aktiviert		Länge (L): mindestens 16 mm Breite (W): mindestens 6,5 mm Stellweg (D): mindestens 6,5 mm maximal 19 mm
Auslöser mit dem Zeigefinger aktiviert		Länge (L): mindestens 25 mm Breite (W): mindestens 6,5 mm Stellweg (D): mindestens 3,2 mm maximal 16 mm
Schalter mit dem Daumen aktiviert		Durchmesser (D): $25 \text{ mm} \pm 6 \text{ mm}$ Höhe (H): mindestens 6,5 mm Stellweg: mindestens 6,5 mm maximal 19 mm

Anordnung

Jedes handbetätigte Stellteil soll so angeordnet sein, dass es der Nutzer ohne Überanstrengung, in bequemer Haltung und mit freier Sicht auf die zugehörigen Informationen betätigen kann. (DIN EN 894-3:2000)

Freiräume

Tab. 4.14: Hand-/Armfreiräume (nach SemiS8 0307, 2007)

Beschreibung	Anforderung
Bedienung mit dem Finger 	Ein Finger: mindestens 32 mm Zwei bis vier Finger: mindestens Objektdurchmesser + 58 mm
Bedienung mit flacher Hand 	minimale Höhe: 89 mm minimale Breite: 114 mm
Bedienung mit geballter Hand/Faust 	minimale Höhe: 89 mm minimale Breite: 127 mm
Bedienung mit zwei Armen; bis zu den Schultern (beinhaltet keine Gewähr der Sichtkontrolle) 	maximale Reichweite: 610 mm minimale Höhe: 114 mm minimale Breite: 483 mm
Bedienung mit zwei Händen, bis zu den Handgelenken 	maximale Reichweite: 203 mm minimale Höhe: 114 mm minimale Breite: 191 mm
Bedienung mit einem Arm, bis zu den Schultern 	minimaler Freiraum: 132 mm
Bedienung mit einem Arm, bis zum Ellenbogen 	minimaler Freiraum: 119 mm









Öffnungen sollten abgerundete Ecken aufweisen. Wenn Klappen benutzt werden, dürfen diese den Zugang nicht behindern.

Tab. 4.15: Empfohlene maximale Stellkräfte bzw. Stellmomente für handbetätigte Stellteile (DIN EN 894-3:2000)

Greifart	Teil der Hand, der die Stellkraft ausübt	Weitere Faktoren	Empfohlene maximale translatorische Stellkraft [N]	Empfohlenes maximales Stellmoment [Nm]
Kontaktgriff	Finger	Jede Richtung	10	0,5
	Daumen	Jede Richtung	10	0,5
	Hand	Jede Richtung	20	0,5
Zufassungsgriff	Finger/eine Hand	Jede Richtung	10	1
		x-Richtung	10	2
		y-Richtung	20	2
		z-Richtung	10	2
Umfassungsgriff	Eine Hand	x-Richtung	35	20
		y-Richtung	55	
	Beide Hände	z-Richtung	35	
		0,25m Radius		
	0,25m Radius		30	

Soll ein unbeabsichtigtes Verstellen des Bedien- und Stellteils verhindert werden, sollte der Stellwiderstand auf mindestens 5 N erhöht werden.

Tab. 4.16: Höchstwiderstand für Druckknöpfe und Tasten (nach Burandt, 1978)

Druckknöpfe und Tasten – rumpfunabhängige Betätigungsweise	Bezugskraft f [kp]	Druckknöpfe und Tasten – rumpfabhängige Betätigungsweise	Bezugskraft f [kp]
	6		6
	10		12
	12		25
	18		40

Formel zur Berechnung des zulässigen Höchstwiderstandes W_{zul} :

$$W_{zul} = f \cdot k_A \cdot k_B \cdot k_C$$

f : Bezugskraft [kp]: Eine empirisch ermittelte Kraftgröße, die für die Betätigung und Bedienung gilt.

k_A : Faktor für Alter und Geschlecht 1,00 bis 0,85 Männer, jung bis alt
0,60 bis 0,40 Frauen, jung bis alt

k_B : Faktor für Trainiertheit 1,00 bis 0,75, gut bis schlecht trainiert

k_C : Faktor für Belastungsart
für Haltedauer siehe **Abb. 4.14**
für Bewegungshäufigkeit siehe **Abb. 4.15**

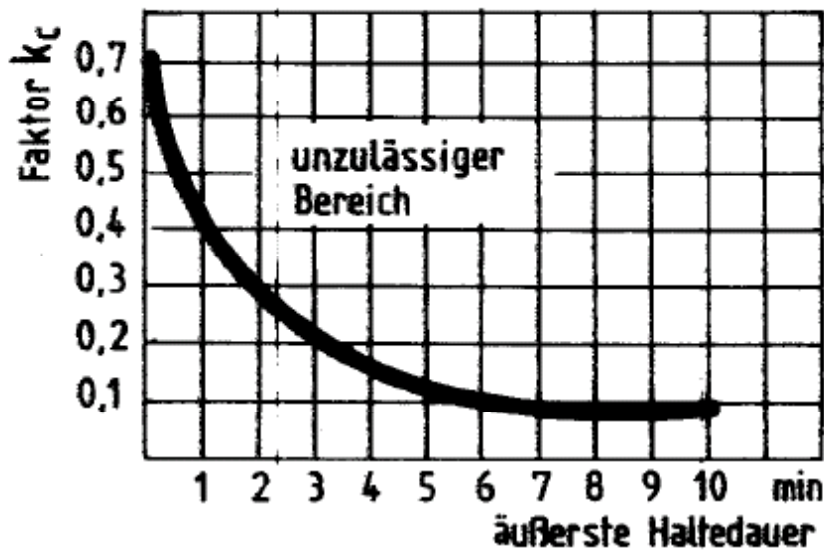


Abb. 4.17 Faktor k_C für ununterbrochene statische Haltearbeit (Burandt, 1978)

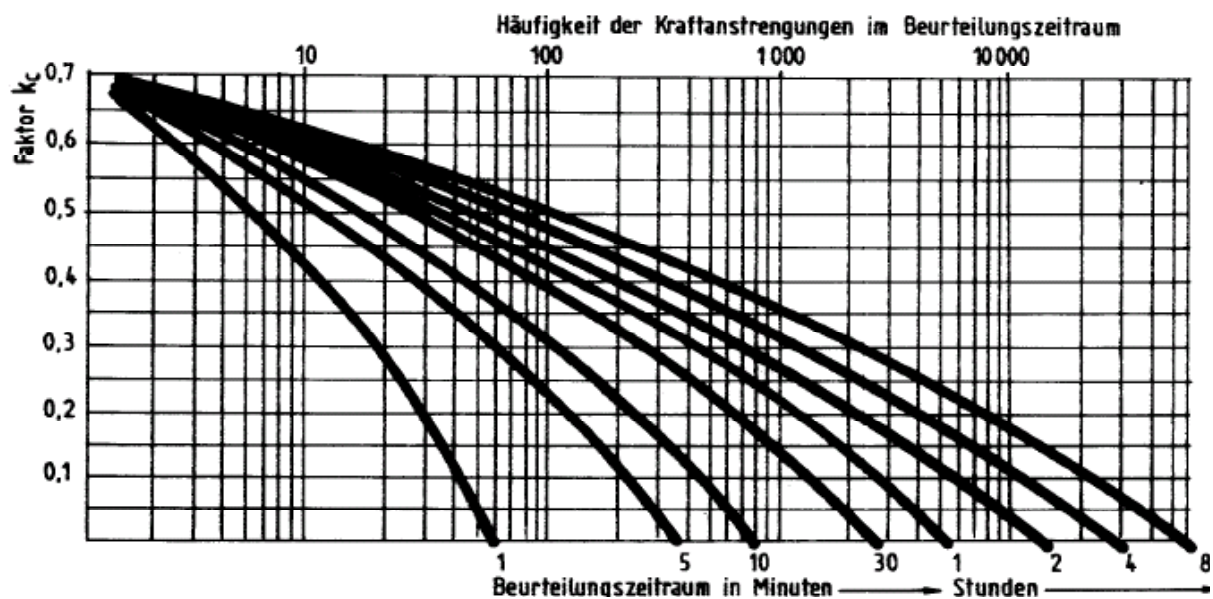


Abb. 4.18 Faktor k_C für die Häufigkeit der Kraftanstrengungen pro Beurteilungszeitraum (Burandt, 1978)

Aufgabenbezogene Anforderungen (DIN EN 894-3:2000)

- Genauigkeit: geforderte Genauigkeit beim Positionieren des handbetätigten Stellteils
- Geschwindigkeit: geforderte Stellgeschwindigkeit
- Stellkraft bzw. Stellmoment: Anforderung an die Kraft des Operators
- Sichtkontrolle: Visuelle Erkennbarkeit der Stellung von handbetätigten Stellteilen
- Tastkontrolle: Tastbarkeit der Stellung
- Unbeabsichtigtes Stellen: Vermeiden von unbeabsichtigtem Stellen
- Reibung: Vermeiden des Abgleitens der Hand vom Stellteil
- Stellen mit Handschuhen: Stellmöglichkeit mit Handschuhen
- Reinigungsmöglichkeit: leichte Reinigungsmöglichkeit

Bestehende Anforderungen an konkrete Produkte

- Tastaturen: DIN EN ISO 9241-4:1999,
ISO/IEC 9995:2002-2006,
DIN 2137:1995-2004
- Eingabegeräte für Bildschirmarbeit: DIN EN ISO 9241-9:2002
- Leitzentralen: DIN EN ISO 11064:2001-2007

4.4.2.3 Prüfverfahren

- Messung von Längenmaßen mit dem Messschieber
- Messung von Längenmaßen mit dem Maßband
- Messung von Bedienkräften mit Federwaagen
- Messung von Bedienkräften mit dem Drehmomentschlüssel
- Aufnahme von Kraft-Weg-Diagrammen mit Kraftaufnehmern

Beispiel

- ▶ Siehe auch Kapitel 4.6.2 „Beispiele für Messungen zu Bedien- und Stellteilen.“

4.4.3 Griffe/Greifflächen

In diesem Prüfaustein werden Griffe und Greifflächen behandelt. Häufig hängt die Gebrauchstauglichkeit eines Griffs von der jeweiligen Körperhaltung ab. Daher müssen die jeweiligen Körperhaltungen und Bewegungsabläufe bei der Bewertung der Griffe immer berücksichtigt werden.

4.4.3.1 Prüfablauf

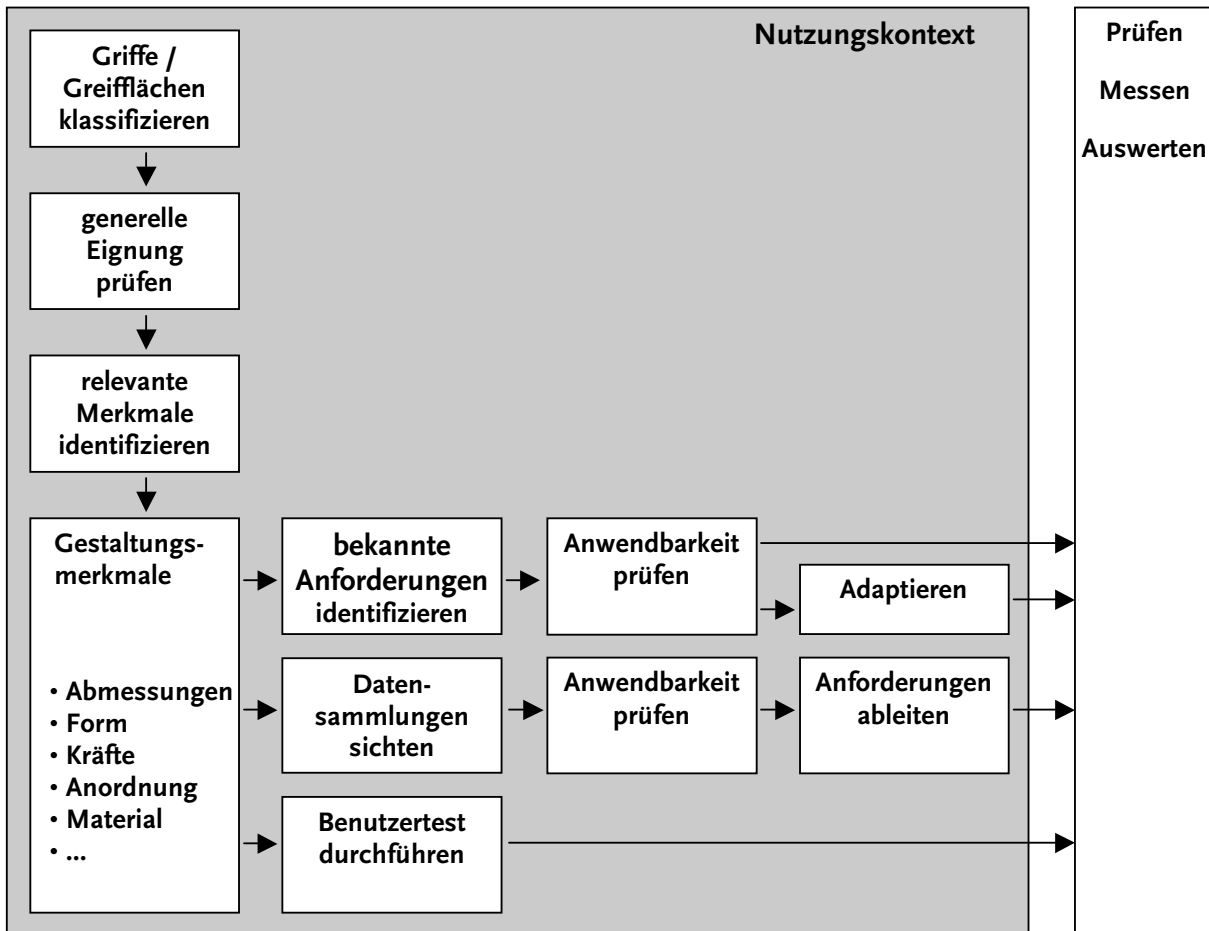


Abb. 4.19: Prüfablauf - Griffe/Greifflächen

Schritt 1: Klassifikation von Griffen und Greifflächen

Griffe und Greifflächen werden durch ihre Kontakteigenschaften mit der Hand und die Art der Kraftaufbringung klassifiziert.

Beschreibungsmerkmale

Gestaltungsmerkmale:

- Greifarten (Kontaktgriff, Zufassungsgriff, Umfassungsgriff)
- Kopplungsart (formschlüssig, reibschlüssig)
- Hauptkraftrichtung und Betätigungsrichtung
- Form und Größe
- Material
- Lage des Kraftangriffspunktes
- Anordnung des Greifobjektes

Bewegungsmerkmale:

- translatorisch oder rotatorisch
- Bewegungsachse
- Bewegungsrichtung
- Kontinuität der Bewegung

Kontakteigenschaften:

Der Kontakt zwischen Hand und Griff kann entweder unmittelbar (senkrecht) als Formschluss oder mittelbar (tangential) als Reibschluss erfolgen. Einen wesentlichen Einfluss auf die Reibung haben folgende Größen:

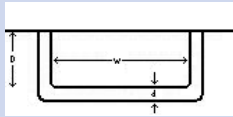


- Arbeitsmittelhandseite (Form, Abmessung, Material, Oberfläche)
- Hand und Haut (Anthropometrie, Handkraft, Handtyp, Hautfeuchte)
- Einsatzbedingungen (Betätigungsart, Kraftaufbau)
- Umwelteinflüsse (Temperatur, Feuchtigkeit, Verschmutzung, Vibration)



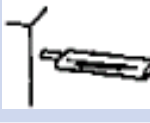

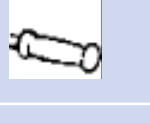
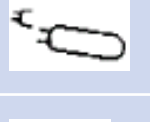

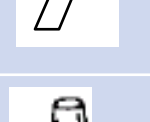


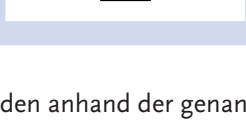
Der Reibungskoeffizient μ bestimmt den Wirkungsgrad der Kraftübertragung zwischen Hand und Griff, insbesondere wenn die Kraftübertragung reibschlüssig erfolgt. Es wird zwischen μ_1 (Ruhreibung) und μ_2 (Gleitreibung) unterschieden. Die Gleitreibung hemmt die Relativbewegung zweier Körper (d. h. Hand und Griff), während Ruhreibung sie verhindert. Der Reibungsbeiwert kann erhöht werden durch:

- Vergrößerung der Kopplungsfläche
- Vergrößerung der Kopplungskraft
- Verbesserung der Oberflächenqualität des Griffmaterials durch Glättung
- Verformbarkeit des Griffmaterials unter dem Einfluss der Reibungskraft

Zu hohe Reibungskoeffizienten können bei größeren Kopplungsflächen die Haut schädigen. Dies gilt insbesondere, wenn die Kopplungsfläche zwischen Hand und Griff durch eine Profilierung vergrößert wird, um größere Kräfte oder Drehmomente zu übertragen.

Grifftypen**Tab. 4.17:** Typen von Griffen und Greifflächen

Bezeichnung	Symbol	Beschreibung, Kopplung, Bewegung	Quelle
Bügelgriff		Zufassungsgriff (Hand), senkrecht	SemiS8 0307
Angeflanschter Zuggriff für mehrere Finger		Zufassungsgriff (Hand), senkrecht	DIN EN 894-3
Versenkter Zuggriff		Zufassungsgriff (Hand), senkrecht	DIN EN 894-3

Bezeichnung	Symbol	Beschreibung, Kopplung, Bewegung	Quelle
Stangengriff		Umfassungsgriff (Hand), senkrecht	DIN EN 894-3
Glatter Handgriff		Zufassungsgriff (Hand), tangential	DIN EN 894-3
Handgriff mit quadratischem Querschnitt		Zufassungsgriff (Hand), tangential	DIN EN 894-3
Profiliertes Handgriff		Zufassungsgriff (Hand), tangential	DIN EN 894-3
Glatter Griff mit profilierten Griffenden		Umfassungsgriff (Hand), tangential	DIN EN 894-3
Glatter zylindrischer Zuggriff		Umfassungsgriff (Hand), tangential	DIN EN 894-3
Glatter kegelförmiger Zuggriff		Umfassungsgriff (Hand), tangential	DIN EN 894-3
Pistolengriff		Umfassungsgriff (Hand), senkrecht	SEMI S8 0307
Glatter gekröpfter Handgriff		Umfassungsgriff (Hand), senkrecht	DIN EN 894-3
Geriffelter gekröpfter Handgriff		Umfassungsgriff (Hand), senkrecht	DIN EN 894-3
Greiffläche		Kontaktgriff (Hand), senkrecht (Handshake-Position)	

Griff oder Greiffläche werden anhand der genannten Beschreibungsmerkmale klassifiziert.

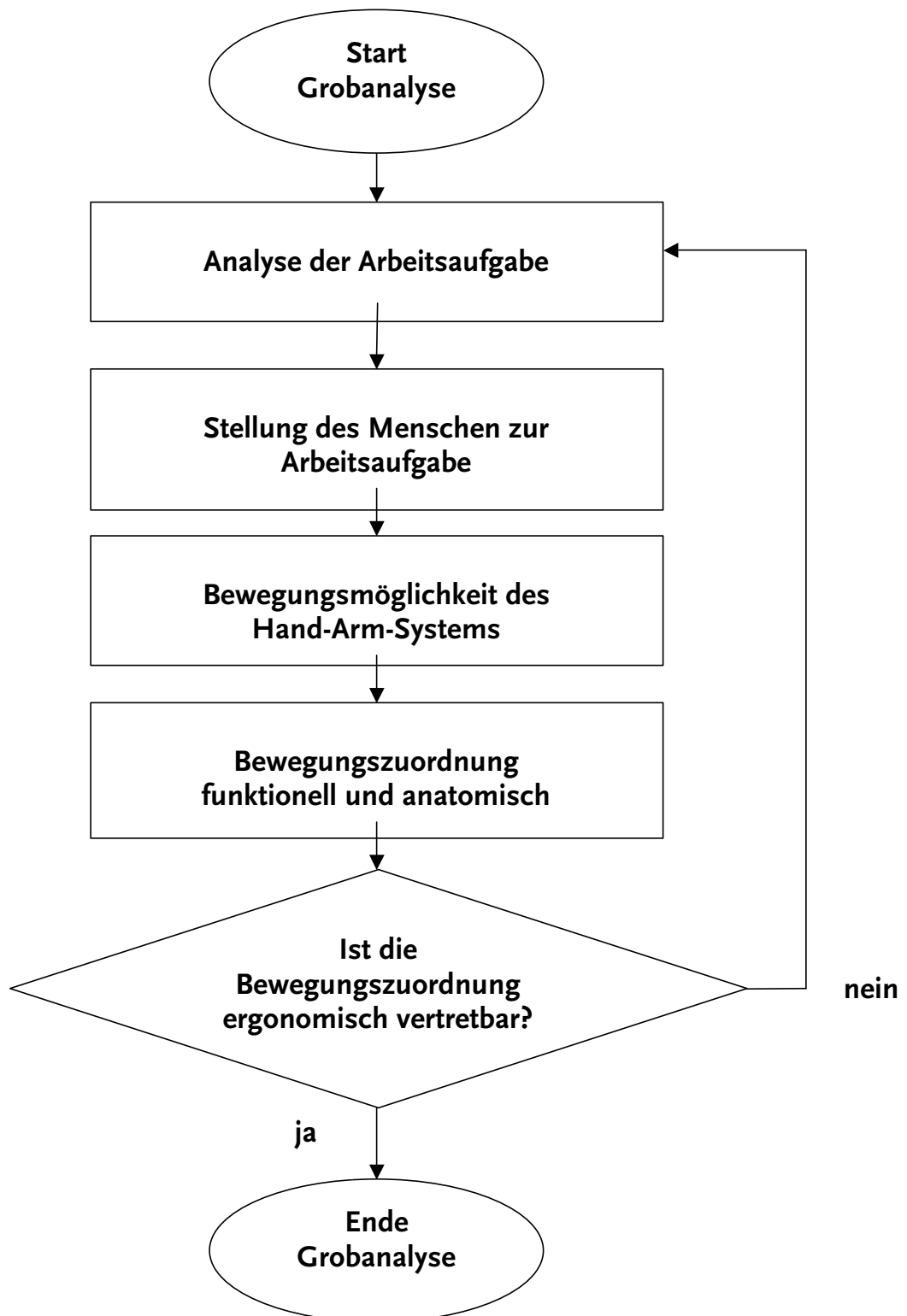


Abb. 4.20: Identifikation der Greifarten-Grobanalyse (nach HdE, 2001)

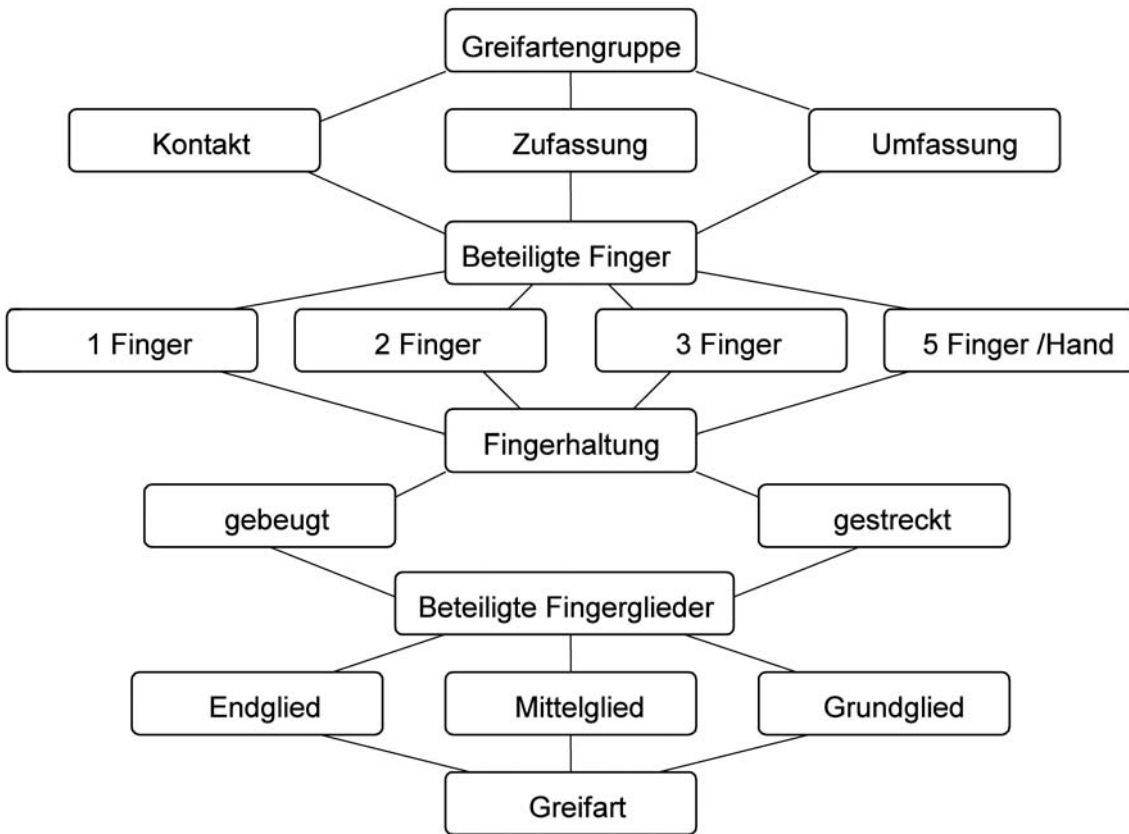


Abb. 4.21: Identifikation der Greifart (nach Burandt, 1978)


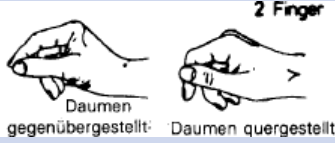

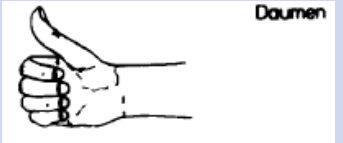








Kontaktgriff	Zufassungsgriff	Umfassungsgriff
 <p>1 Finger</p>	 <p>2 Finger Daumen gegenübergestellt: Daumen quergestellt</p>	 <p>2 Finger</p>
 <p>Daumen</p>	 <p>3 Finger gleichverteilt Daumen gegenübergestellt</p>	 <p>2 Finger</p>
 <p>Hand</p>	 <p>5 Finger gleichverteilt Daumen gegenübergestellt</p>	 <p>3 Finger</p>
 <p>Handkamm</p>	 <p>Hand</p>	 <p>Hand</p>

Abb. 4.22: Greifarten (Bullinger et al., 1979)

Die Kopplung zwischen Hand und Griff ist abhängig von der Greifart. Bei formschlüssiger Koppelung besteht eine unmittelbare Kraftübertragung $F = F_r$. Bei reibschlüssigen Verbindungen muss die Kopplungskraft F_n senkrecht zur Grifffläche aufgebracht werden. Diese ist abhängig vom Reibungskoeffizienten μ zwischen Hand und Griff. $F = F_r \times \mu \times F_n < F_n$

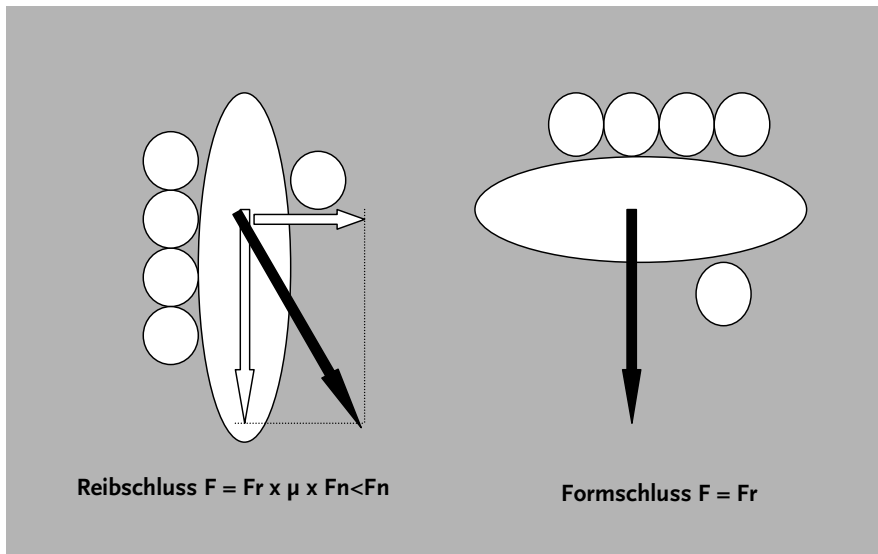


Abb. 4.23: Mögliche Kraftübertragungen bei Griffen (nach Bullinger et al., 1979)

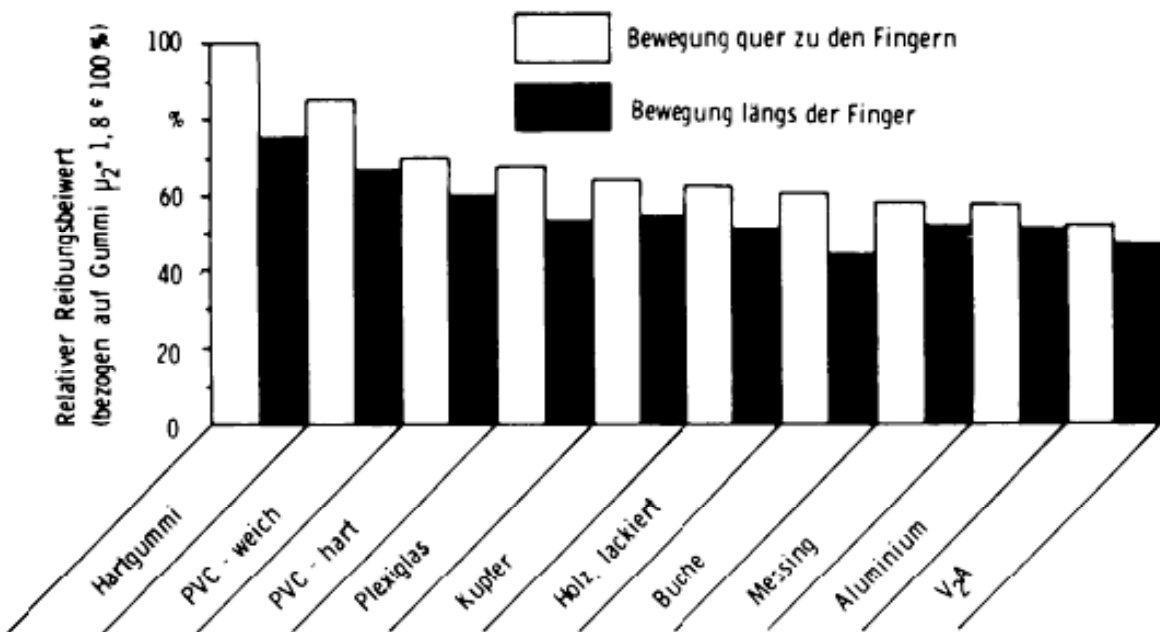


Abb. 4.24: Reibungswerte von Oberflächenmaterialien bezogen auf Gummi (Reibung zwischen Hand und Griff) (Bullinger et al., 1979)

Beispiel

Klassifikation der Griffe und Greifflächen



Komponente A: Griff

- Bezeichnung: Handgriff
- Klassifikation: Pistolengriff (Umfassungsgriff, Hand, senkrecht)
- Kopplungsart: Formschluss

Komponente B: Rumpf

- Bezeichnung: Greiffläche
- Klassifikation: Zufassungsgriff, 5 Finger, gleichverteilt
- Kopplungsart: Formschlüssig, zum Tragen, zum Bohren reibschlüssig
- Aufgrund der Bedienungsanleitung, des Eigengewichtes und der Größe der Maschine wird diese nur mit dem Zweitgriff betrieben.

Komponente C: Zusatzhandgriff (Zweitgriff)

- Bezeichnung: Handgriff
- Klassifikation: Glatte Griff mit profilierten Enden (Umfassungsgriff, Hand, senkrecht)
- Kopplungsart: Formschluss

Schritt 2: Prüfung der generellen Eignung

Die Auswahl der Greifartgruppe kann mittels nachfolgender Tabelle erfolgen.

Tab. 4.18: Auswahl der Greifarten nach Arbeitsaufgabe (Handbuch der Ergonomie)

Arbeitsaufgabe / Greifartgruppe	Arbeitswiderstand	Zeitbedarf	Qualität
Kontaktgriff	nicht geeignet	gut geeignet	geeignet
Zufassungsgriff	geeignet	geeignet	gut geeignet
Umfassungsgriff	gut geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet

Maßgeblich für die Kraftübertragung ist die Kopplungsart. Formschlüssige Verbindungen können größere Kräfte übertragen als reibschlüssige Verbindungen.

Die Krafrichtung gemäß DIN 33411:1982-1999 ist zu berücksichtigen.

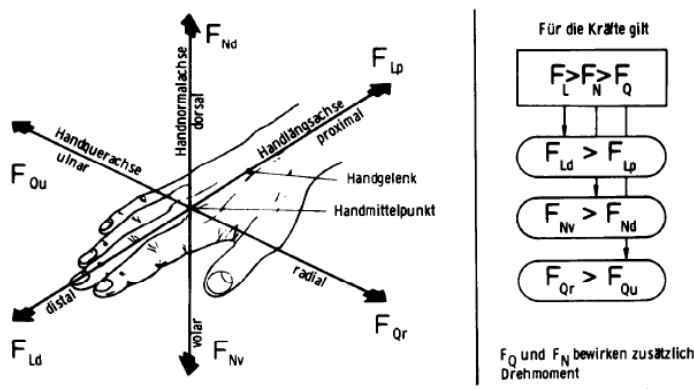


Abb. 4.25: Vergleich der über das Handgelenk in Normallage übertragbaren Kräfte in Abhängigkeit der Hauptbelastungsrichtung (Bullinger et al., 1979)

Beispiel

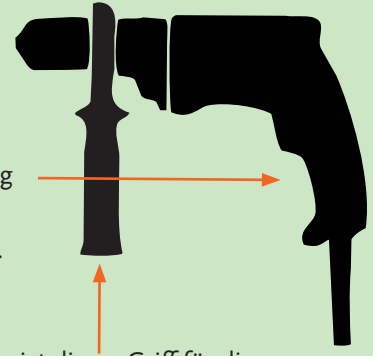
Prüfung der generellen Eignung

Komponente A: Griff

- Nach der Auswahl der Greifart und der Krafrichtung ist dieser Griff für die vorgesehene Aufgabe (hohe Kraftübertragung in distaler Richtung) gut geeignet.

Komponente C: Zusatzhandgriff

- Nach der Auswahl der Greifart und der Krafrichtung ist dieser Griff für die vorgesehene Aufgabe (hohe Kraftübertragung in distaler Richtung) gut geeignet.



Schritt 3: Identifikation relevanter Gestaltungsmerkmale

Ist die generelle Eignung eines Griffs oder einer Greiffläche gegeben, werden die Gestaltungsmerkmale, die für den spezifizierten Nutzungskontext relevant sind, identifiziert. An Griffen oder Greifflächen sind die folgenden Gestaltungsmerkmale von Bedeutung:

- Abmessungen
- Form
- Anordnung
- Freiräume
- Material/Oberflächenbeschaffenheit
- Kräfte

Zur besseren Identifikation kann die Tabelle „Typen von Griffen und Greifflächen“ (Tab. 4.17) herangezogen werden.

Tipp

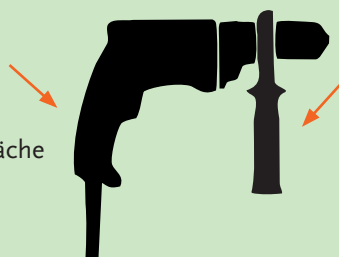
Ist ein Grifftyp in den gängigen Standards nicht direkt zu finden, so kann ein Griff herangezogen werden, der dem vorhandenen Typ am nächsten kommt.

Beispiel

Identifikation relevanter Gestaltungsmerkmale

Komponente A: Griff

- Abmessungen
- Form
- Anordnung
- Material/Oberfläche



Komponente C: Zusatzhandgriff

- Abmessungen
- Form
- Anordnung
- Freiräume
- Material / Oberfläche

Schritt 4: Anforderungsanalyse

Anwendung bekannter Anforderungen

Es werden bekannte Anforderungen an Griffe und Greifflächen identifiziert (vgl. Abschnitt 4.4.3.2 dieses Kapitels). Es wird anhand der Informationen über den Nutzungskontext geprüft, ob diese Anforderungen im konkreten Fall anwendbar sind. Gegebenenfalls müssen Anforderungen adaptiert werden.

Beispiel

Anwendung bekannter Anforderungen



Komponente A: Griff

Griffdurchmesser

Handbuch der Ergonomie:	46 mm bis 49 mm
BAuA Fb 668:	30 mm bis 50 mm
Semi S8 0307:	38 mm bis 63 mm

Griffumfang

DIN 33402-2:2005:	108 mm bis 150 mm
-------------------	-------------------

Grifflänge

Semi S8 0307:	Minimum 127 mm
---------------	----------------

Komponente C: Zusatzhandgriff

Greifdurchmesser

Handbuch der Ergonomie:	46 mm bis 49 mm
BAuA Fb 668:	30 mm bis 50 mm
Semi S8 0307:	25 mm bis 38 mm

Grifflänge:

Semi S8 0307:	Minimum 127 mm
---------------	----------------

Griffumfang:

DIN 33402-2:2002:	108 mm bis 150 mm
-------------------	-------------------

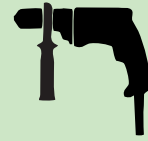
Ableiten von Anforderungen

Existieren für ein Gestaltungsmerkmal keine bekannten Anforderungen, so müssen der Griff bzw. die Greiffläche analysiert werden, um entscheiden zu können, welche Körpermaße Einfluss auf die Benutzung haben und zur Bewertung herangezogen werden können. Anschließend werden anthropometrische Datensammlungen gesichtet, ob entsprechende Körpermaße vorliegen. Diese sind auf ihre Anwendbarkeit hin zu überprüfen und es ist sicherzustellen, dass die Bevölkerungsgruppe, an denen die anthropometrischen Daten erhoben wurden, repräsentativ für diejenigen Benutzer ist, die im Nutzungskontext spezifiziert sind. Sind die entsprechenden Daten anwendbar, so können unter Berücksichtigung des Nutzungskontextes (z. B. das Tragen von Handschuhen) neue Anforderungen abgeleitet werden.

Für die Bewertung der Griffe müssen in der Regel die anthropometrischen Daten der Hand berücksichtigt werden. Diese sind in DIN 33402-2:2005 zu finden.

Beispiel

Ableiten von Anforderungen



Komponente B: Gehäusefläche

- Die Gehäusefläche kann zum Tragen genutzt werden
- Ableitung der Maße für die Greifweite nach DIN 33402-2:2005

Handflächenlänge: 100 mm

Spezifikation von Benutzertests

Der allgemeine Benutzertest kann auf die Prüfung von Griffen und Greifflächen adaptiert werden; Testpersonen müssen entsprechend dem Nutzungskontext Aufgaben erfüllen. Eine Beobachtung mit Fotosequenzen oder Videoaufzeichnung ist zu empfehlen. Insbesondere die Stellung der Testperson zum Prüfobjekt und die möglichen Hand-/Armhaltungen gilt es zu beachten.

Die Fragenliste muss für die Komponente Griff entsprechend angepasst werden. Alle Testpersonen sollten aus der ermittelten bzw. beschriebenen Zielgruppe stammen und im Umgang mit dem Produkt vertraut sein.

Beispiel

Spezifikation von Benutzertests



Allgemein gilt der Winkel eines Pistolengriffs von 70° als ideal. Der Schalter sollte dabei mit dem Zeige- und Mittelfinger betätigt werden. Der Durchmesser des Griffes sollte 30 bis 40 mm betragen. Die Querschnittsform sollte leicht oval sein. Bei anderen Griffwinkeln und anderen Griffformen kann ein Benutzertest über die Eignung oder Nichteignung Auskunft geben. Bohrmaschine gemäß Nutzungskontext nach 3.1.1.

- Testpersonen (Heimwerker) im Alter von 20 bis 70 Jahren, männlich/weiblich
- Ausführen von Bohrarbeiten in Metall
- Erstellen von Fotos während der Arbeit
- Fragen zwecks Validierung der Anforderungen an Abmessungen, Form, Anordnung, Freiräume, Material / Oberfläche
 - Wie empfinden Sie die Größe und die Form der von Ihnen benutzten Griffe?
 - Wie empfinden Sie die Anordnung der Griffe?
 - Wie empfinden Sie die Oberflächenstruktur (haptische Eigenschaften) der Griffe?
- Fragen zur Beurteilung der Anforderungen an Abmessungen, Form, Anordnung, Freiräume, Material / Oberfläche
 - Wie empfinden Sie die Größe der Greiffläche am Gehäuse?

Schritt 5: Messen, Prüfen und Auswerten

Jeder nach dem Nutzungskontext beschriebene Griff muss betrachtet werden. Zur Vermessung der Griffe können geeignete Messmittel herangezogen werden. Der Benutzertest muss ausgewertet werden.

Beispiel

Messen, Prüfen und Auswerten



Komponente A: Griff

- Messen der Grifflänge, Griffdicke, Winkel
- Abmessungen: Minimaler/ maximaler Durchmesser: oval, 32 mm x 45 mm
- Länge des Griffs: 95 mm
- Material: Kunststoff und Gummi
- Winkel des Griffs: 70° an der Vorderkante

Komponente C: Zusatzhandgriff

- Messen der Grifflänge, Griffdicke
- Abmessungen: Durchmesser: rund, 32 mm, im Daumenbereich 27 mm
- Länge des Griffs: 110 mm
- Material: Kunststoff - genoppt
- Winkel: 90°

4.4.3.2 Anforderungen

Folgende Faktoren sind bei der Gestaltung eines Griffes zu beachten (nach Hettinger et al., 1976):

- Funktionsrichtung der Griffbewegung: Die Krafrichtung sollte mit der Funktionsrichtung in einer Ebene liegen.
- Stellung des menschlichen Körpers möglichst zu dieser Funktionsrichtung.
- Bewegung des menschlichen Körpers und seiner Extremitäten.
- Bewegungsumfang der Gelenke.
- Richtung des Kraftflusses im Körper gegenüber der Funktionsrichtung des Griffes.
- Kopplungsart zwischen Hand und Griff (formschlüssig oder reibschlüssig).

Weitere Konstruktionsgrundsätze (nach Burandt, 1978):

- Je größer die übertragenen Kräfte sind, desto größer muss die Grifffläche sein. Die Formgebung soll der Hebelbetätigung gerecht werden.
- Griff- oder Oberflächenbeschaffenheit sollten die Gefahr des Abrutschens gering halten, wenn der Griff mit öligen, nassen oder beschmutzten Händen angefasst wird.
- Sind weitere Bedienteile in einen Handhebelgriff integriert, sollten sie so positioniert werden, dass eine unbeabsichtigte Betätigung ausgeschlossen ist.
- Der Auslenkbereich eines Handhebels muss so großzügig gewählt werden, dass keine Verletzungsgefahr für die den Griff umschließende Hand besteht.
- Wenn möglich sollten Haltegriffe starr mit Bau- oder Einbauelementen verbunden sein.
- Transportgriffe müssen in der normalen Transportlage immer oberhalb des Geräteschwerpunktes liegen, mehrere Transportgriffe sollten schwerpunktsymmetrisch angebracht sein, um beim Tragen oder Anheben ein Kippen zu vermeiden.

Bei längerer Belastung der Hand in einer bestimmten Stellung, sollte diese maximal ca. 50 % des möglichen Bewegungswinkels betragen. Die größten Kräfte können übertragen werden, wenn die Hände nicht verdreht werden und sich in Normalstellung befinden (Handgelenkwinkel in x-/y-/z-Richtung = 0°).

Griff und Kantenkrümmungen:

Tab. 4.19: Mindestwerte beim Heben und Tragen von Hand (Lange, 2005)

übertragene Kräfte	Krümmungsradius
bis 50 N	3 mm
50 bis 100 N	6 mm
100 N bis 200 N	10 mm
über 200 N	13 mm

Tab. 4.20: Richtwerte in kg für das zumutbare Lastgewicht bei gelegentlichem bzw. häufigem Heben ohne besondere Hebetechnik (Tabelle 325-1, ArGV3, Art.25)

Alter	Männer		Frauen	
	gelegentlich	häufig	gelegentlich	häufig
16-18	19 kg	14 kg	12 kg	9 kg
18-20	23 kg	17 kg	14 kg	10 kg
20-35	25 kg	19 kg	15 kg	11 kg
35-50	21 kg	16 kg	13 kg	10 kg
> 50	16 kg	12 kg	10 kg	7 kg

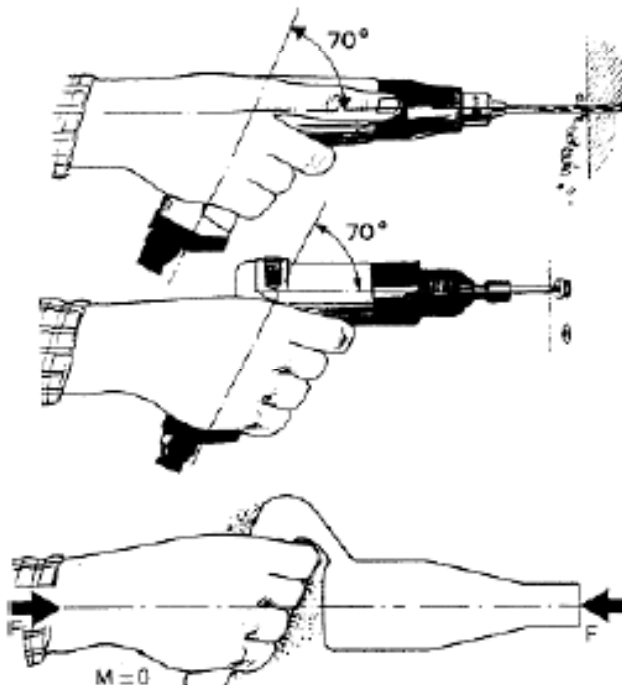


Abb. 4.26: Winkel von Pistolegriffen (Hettinger et al., 1993)

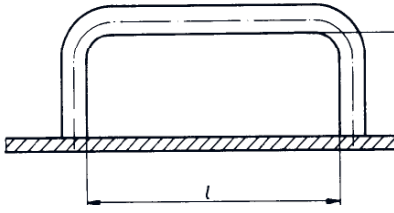


Abb. 4.27: Bügelgriff

Tab. 4.21: Mindestabmessungen von Bügelgriffen (nach HdE C-10.2.2, 2001)

Benutzungsart	Anzahl der Griffe	Lichte Breite l [mm]		Lichte Tiefe t [mm]	
		ohne Handschuhe	mit Handschuhen	ohne Handschuhe	mit Handschuhen
Griff für:					
eine Hand	1 Einzelgriff	110	130	50	80
zwei Hände	1 Einzelgriff	220	260	50	80
zwei bis drei Finger	2 Einzelgriffe	80	90	40	50

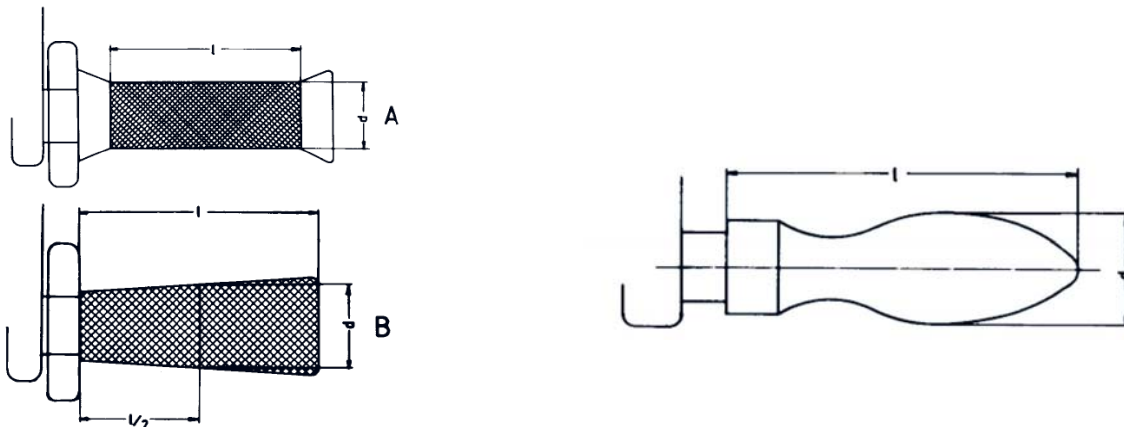


Abb. 4.28: Drehbare Kurbelgriffe und Ballengriff

Tab. 4.22: Griffabmessungen nach Greifarten (nach HdE, 2001)

Greifart	Griffausführung	Länge [mm]		Durchmesser [mm]
Zufassungsgriff zwei bis drei Finger	Ballengriff	Min.:	25	10
		Optim.:	40	15
		Max.:	70	20
Umfassungsgriff für eine Hand	Ballengriff Rundgriff Kegelgriff	Min.:	80	20
		Optim.:	125	25
		Max.:	-	30
Umfassungsgriff für zwei Hände	Zylindergriff	Min.:	210	25
		Optim.:	250	30
		Max.:	-	40

4.4.3.3 Prüfverfahren

- Messung der Griffe und Greifflächen erfolgt mit Längen- und Dickenmessgeräten wie Messschieber und Maßband.
- Messung der Winkel mit einem Winkelmesser.
- Messung der statischen und dynamischen Kräfte.

Tipp
 Um den Winkel von Griffen zu messen ist es wichtig, die Vorderkante und die Achse zu betrachten. Hilfreich sind technische Zeichnungen oder Fotos.

Beispiel
 ▶ Siehe auch Kapitel 4.6.3 „Beispiele für Messungen zu Griffen und Greifflächen.“

4.4.4 Bewegungsabläufe und Körperhaltungen

In diesem Prüfbaustein werden Bewegungsabläufe und Körperhaltungen behandelt. In der Regel werden diese von den Griffen und Greifflächen oder auch Bedien- und Stellteilen eines Produktes mitbestimmt. Daher sollte man die Prüfbausteine bei der Bewertung immer mit berücksichtigen.

4.4.4.1 Prüfablauf

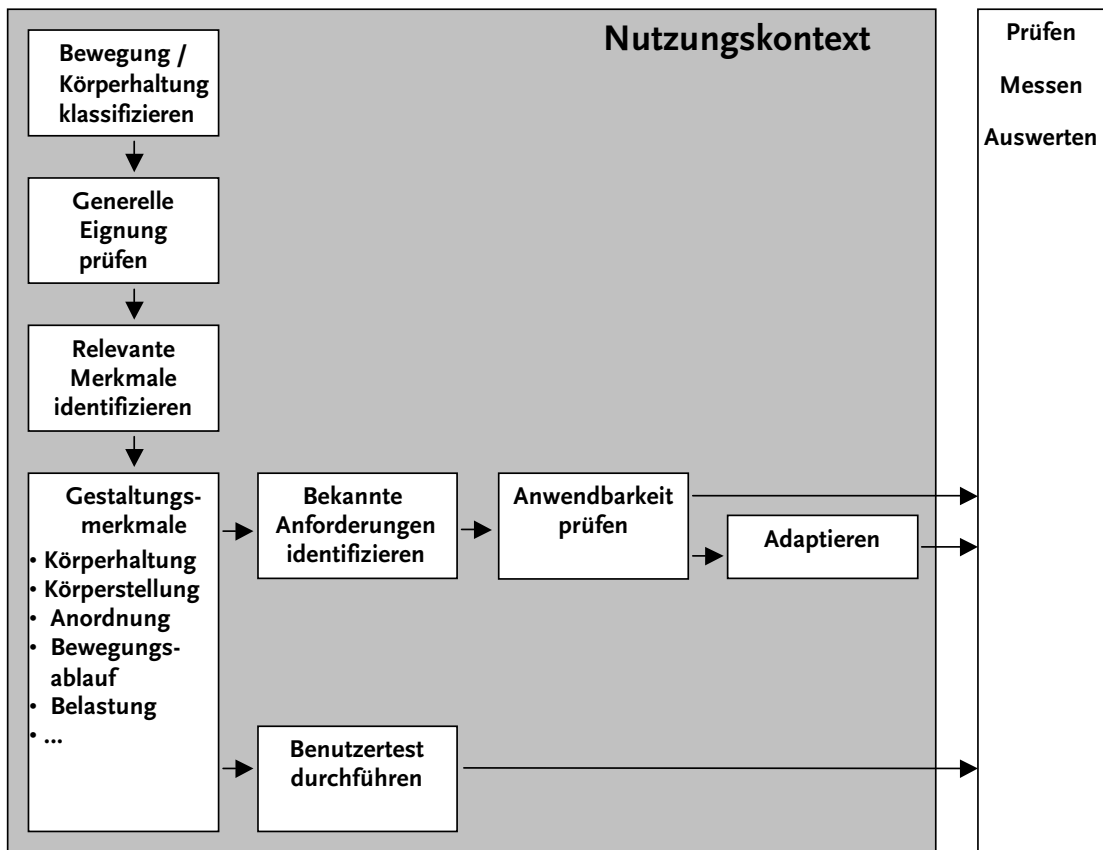


Abb. 4.29: Prüfablauf -Körperhaltung/Bewegung

Schritt 1: Klassifikation von Bewegung, Körperstellung und Körperhaltung

Beschreibungsmerkmale

Die Körperhaltung ist abhängig vom Werkstück und Werkzeug. Die Lage des zu bearbeitenden Werkstückes, die Griffanordnung am Werkzeug und die Aktionskräfte geben die Körperhaltung vor. Eine ungünstige Lage des Werkstückes kann den Benutzer in eine ungünstige Körperhaltung zwingen. In diesem Fall sollte wenn möglich die Lage des Werkstückes verändert werden.

Typen von Bewegungen, Körperstellungen und Körperhaltungen

Extreme Körperhaltungen und Körperstellungen sind zu vermeiden. Bei handgeführten Werkzeugen ist insbesondere die Körperhaltung maßgebend. Die Körperstellung (Sitzen, Stehen, Knien etc.) ist meist individuell, wird durch das zu bearbeitende Produkt bzw. durch die Arbeitsaufgabe vorgegeben und kann je nach Veränderung der Lage des zu bearbeitenden Werkstückes beeinflusst werden. Dagegen beeinflussen Greifart und Werkzeuggriff die Körperhaltung – die Arbeitsaufgabe beeinflusst sowohl Körperhaltung als auch Körperstellung. Bei feststehenden Systemen werden die Körperhaltung und auch die Körperstellung durch das System und die verbundene Aufgabenteilung selbst beeinflusst.

Die Art der Körperhaltung, der Körperstellung sowie Kraft, Dauer und Frequenz der Bewegung haben direkten Einfluss auf den Ermüdungs- und Belastungsgrad des Nutzers.

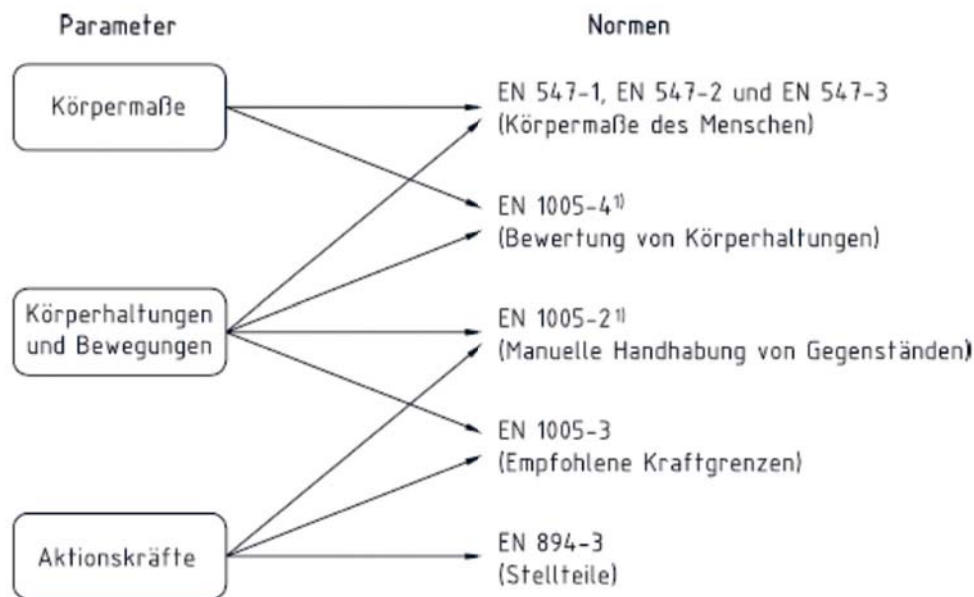


Abb. 4.30: Beziehungen zwischen körperlicher Leistungsfähigkeit des Menschen und Normen (DIN EN 1005-1:2002)

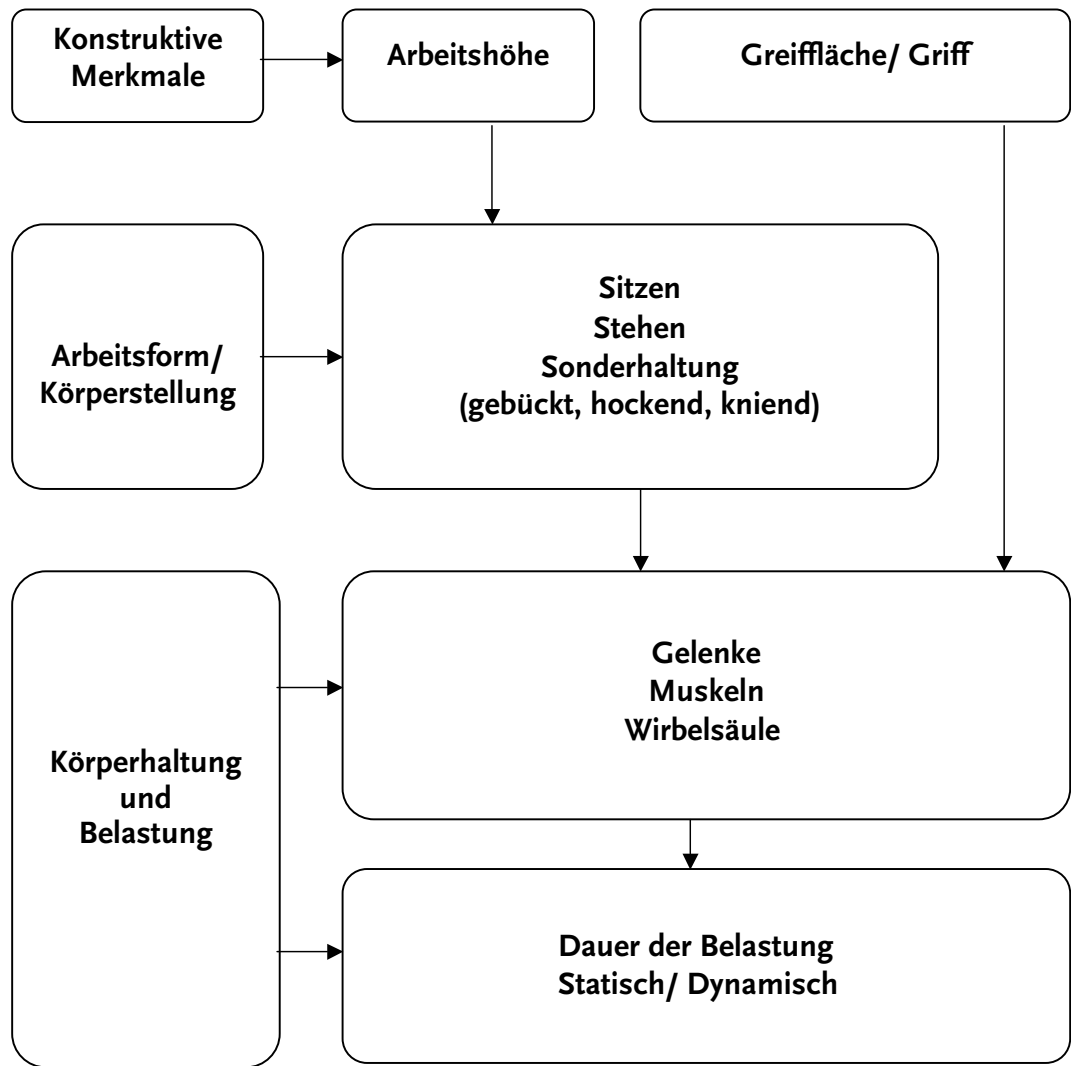


Abb. 4.31: Einflussgrößen auf die Körperhaltung/ Körperstellung

Beispiel

Klassifikation von Bewegungen



Es sind beliebige Körperhaltungen möglich, da es sich um ein handgehaltenes Gerät handelt. Stellungen des Hand-Arm-Systems von „günstig“ bis „ungünstig“ sind möglich.
Stellungen des Hand-Arm-Systems von „günstig“ bis „ungünstig“ sind möglich.

Schritt 2: Prüfung der generellen Eignung

Eine generelle Eignung kann u. U. nur unter Beachtung vorhandener Griffe und Greifflächen nachgewiesen werden. Diese geben die Körperhaltung und in Verbindung mit der Arbeitsaufgabe die Belastung und die Körperstellung vor. Es gibt verschiedene Sammlungen ungünstiger Körperhaltungen (siehe z. B. Abb. 4.29), aber auch DIN EN 1005:2002-2007 kann zu deren Beurteilung herangezogen werden.

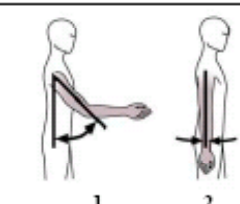

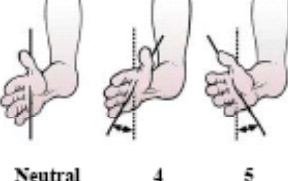
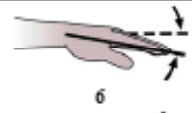
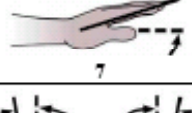
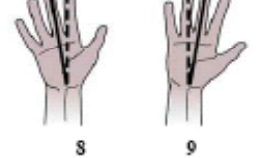
Body Part	Awkward Posture ^{#1} (angle in degrees from neutral)	Comments	Image
Upper Extremities			
1. Shoulder flexion	> 45	Shoulder flexion is defined as reach in front of body mid-line.	
2. Shoulder extension	> 0	Shoulder extension is defined as reach behind body mid-line.	
3. Shoulder abduction	> 45	Abduction is movement of elbow away from body.	
4. Forearm pronation	> 30	Pronation is "palm facing down." Measured from neutral (handshake) position. Note: Forearm pronation is less stressful than either supination or forearm rotation about the elbow.	
5. Forearm supination	> 30	Supination is "palm facing up". Measured from neutral (handshake) position.	
6. Wrist flexion	> 10	Flexion is closing (reducing) the angle of the wrist.	
7. Wrist extension	> 15	Extension is opening (increasing) the angle of the wrist.	
8. Wrist ulnar deviation	> 10	Ulnar deviation is bending the wrist in the direction of the little finger.	
9. Wrist radial deviation	> 10	Radial deviation is bending the wrist in the direction of the thumb.	

Abb. 4.32: Ungünstige Positionen und Winkel (SemiS8 0307, 2007)

Beispiel

Prüfung genereller Eignung (Bohrmaschine)

Stehend, bohren nach vorne in Brusthöhe, Oberkörper in Bohrrichtung.

Die Stellung ist nach der oben angeführten Tabelle geeignet.



Schritt 3: Identifizierung relevanter Merkmale

Ist die generelle Eignung der Körperhaltung gegeben, werden die relevanten Handlungsmerkmale des spezifizierten Nutzungskontextes identifiziert.

Mögliche Merkmale von Körperhaltungen sind:

- Stellung der Hand-/Armelenke
- Haltung des Oberkörpers
- Kopfhaltung
- Bein- und Fußstellung

Für die Identifikation kann die Tabelle „ungünstige/günstige Körperhaltungen“ (Tab. 4.23) herangezogen werden.

Beispiel

Prüfung generelle Eignung (Bohrmaschine)



Stehend, Bohren nach vorne in Brusthöhe

- Rechte Hand am Pistolengriff – Aktionskraft drücken
- Linke Hand am Zusatzgriff – zur Führung – leichte Aktionskraft drücken
- Bein-, Fußstellung: versetzt

Die Stellung ist nach der oben angeführten Tabelle geeignet.

Schritt 4: Anforderungsanalyse

Identifizierung bekannter Anforderungen und Prüfung auf Anwendbarkeit

Es erfolgt eine Analyse derjenigen

- Körperhaltung
- Körperstellung

die als kritisch angesehen werden, bzw. die in den jeweiligen Sammlungen nicht näher bezeichnet sind. An dieser Stelle kann eine Bewertung der Bewegungsfrequenz, der Häufigkeit sowie der Belastung erfolgen.

Adaptierung von bekannten Anforderungen

Bekannte Anforderungen z. B. in Anlehnung an DIN EN 1005-4:2005 können angewendet werden. Es sollten in jedem Fall auch die Häufigkeit und die Aktionskräfte berücksichtigt werden.

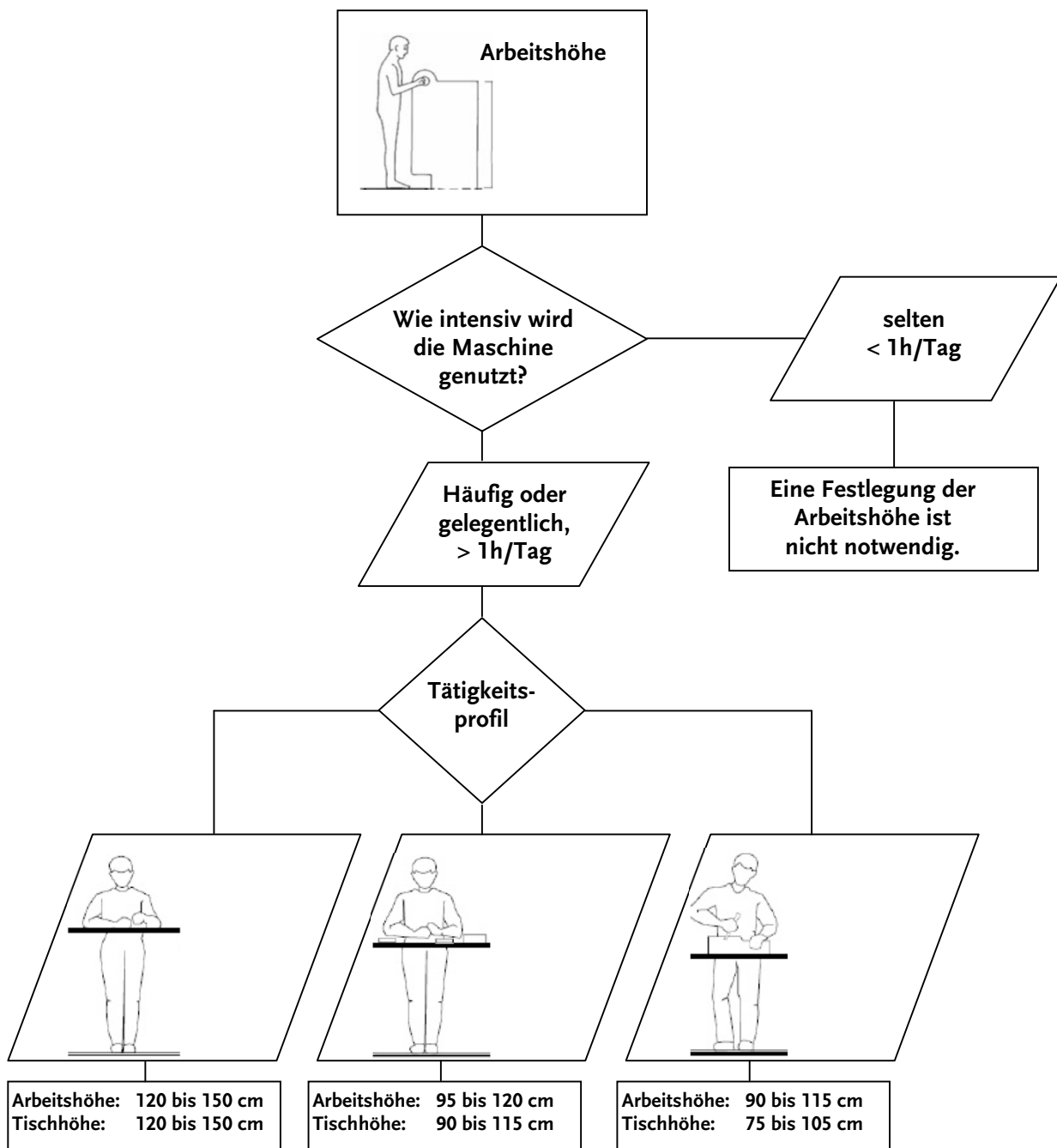


Abb. 4.33: Beispiel für die Bestimmung von Arbeitshöhen (nach BGIA, 2005)

Einzelne Haltungen können nach DIN EN 1005-4:2005 analysiert werden. Es lassen sich zusätzlich die Dauer und die Häufigkeit bewerten. Beispiele sind im Merkheft „Ergonomische Maschinengestaltung“ (BGIA, 2005) zu finden.

Beispiel

Anwendung bekannter Anforderungen



Für die Arm- und Handstellung am Griff (Pistolengriff) der Bohrmaschine

- Winkel Handgelenk Ulnarabduktion: Semi S8 0307:2005: <math>< 10^\circ</math>
- Winkel Oberarm: DIN EN 1005-4:2005: 0° bis 20°
- Rumpfneigung nach vorne: DIN EN 1005-4:2005: 0° bis 20°
- Handdrehung – Pronation/Supination: Semi S8:2005: <math>< 30^\circ</math>

Spezifikation von Benutzertests

Ist keines der zuvor genannten Merkmale zutreffend oder handelt es sich um einen kritischen Fall, kann ein Benutzertest durchgeführt werden. Die Auswertung erfolgt mittels Video- oder Fotoanalyse, Beobachtung oder durch Befragung.

Beispiel

Spezifikation von Benutzertests



Stehend, bohren nach vorne in Brusthöhe

- Erstellen von Fotos bei der Arbeit
- Fragen zur Validierung der Anforderungen an Stellung des Körpers und der Extremitäten
 - Wie empfinden Sie die Haltung der Hand und des Arms?
 - Wie empfinden Sie den erforderlichen Kraftaufwand?
- Fragen zur Beurteilung der Anforderungen an die Handhaltung am Zusatzgriff
 - Wie empfinden Sie die Haltung der Hand und des Arms?
 - Wie empfinden Sie den erforderlichen Kraftaufwand?

Schritt 5: Messen, Prüfen und Bewerten

Jede Stellung der Gelenke und des Oberkörpers muss betrachtet werden. Zur Vermessung müssen geeignete Messmittel herangezogen werden. Der Benutzertest muss ausgewertet werden.

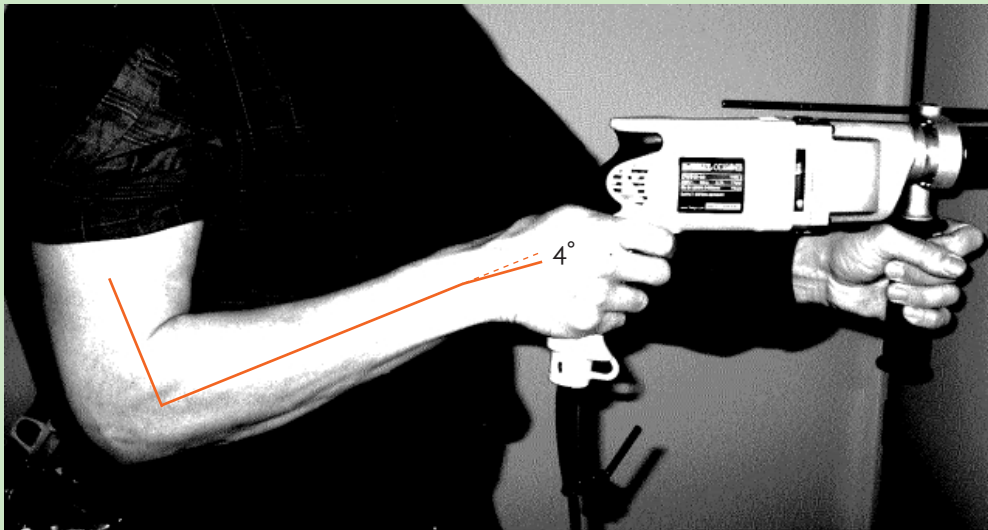
Beispiel

Messen, Prüfen und Bewerten



Für die Arm- und Handstellung am Griff (Pistolengriff) der Bohrmaschine

- Winkel des Handgelenks (Ulnarabduktion) : 4°



4.4.4.2 Anforderungen

Anforderungen können aus DIN EN 1005-4:2005 herangezogen werden. Die wichtigsten Punkte sind im Folgenden dargestellt. Es können ergänzend die Anforderungen z. B. aus der Tabelle „ungünstige/günstige Körperhaltungen“ (Tab. 4.23) verwendet werden.

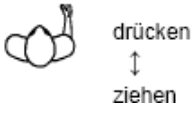

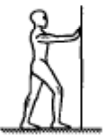
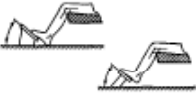
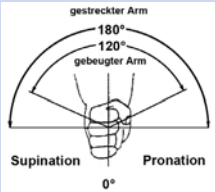
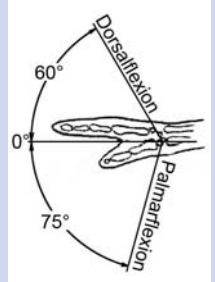
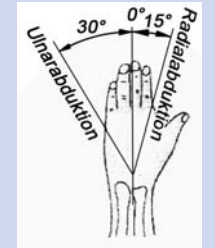
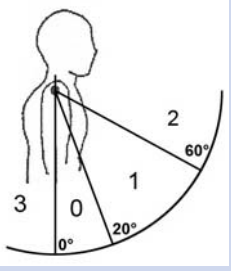
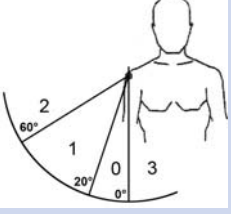
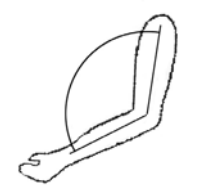
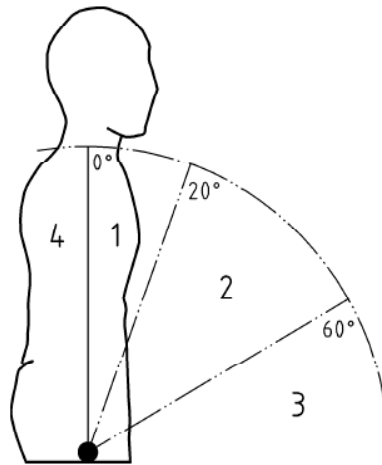
	Tätigkeit	Gewerbliche Nutzung F_B in N	Häuslicher Gebrauch F_B in N
	Handarbeit (einhändig): Kraftgriff	250	184
rein ↔ raus  	Armarbeit (sitzende Haltung, einarmig): - aufwärts - abwärts - nach außen - nach innen - Schieben: - mit Rumpfabstützung - ohne Rumpfabstützung - Ziehen: - mit Rumpfabstützung - ohne Rumpfabstützung	50 75 55 75 275 62 225 55	31 44 31 49 186 30 169 28
	Ganzkörperarbeit (stehende Haltung): - Schieben - Ziehen	200 145	119 96
	Pedalarbeit (sitzende Haltung, mit Rumpfabstützung): - Betätigung mit dem Fußgelenk - Betätigung mit dem Bein	250 475	154 308

Abb. 4.34: Isometrische Maximalkräfte bei üblichen Körperstellungen und unter optimalen Arbeitsbedingung (DIN EN 1005-3:2002)

Tab. 4.23: Übersicht zur Bewertung von Winkeln am Hand-/Armsystem (nach Landau, 2003)

Hand links / rechts				0	1	2	3	
a		Einwärtsdrehung	Pronation	+	0	<30 (<45)	<60 (<90)	>60 (>90)
		Auswärtsdrehung	Supination	-	0	<30 (<45)	<60 (<90)	>60 (>90)
b		Beugung nach oben	Dorsalflexion	+	0	<30	<60	>60
		Beugung nach unten	Palmarflexion	-	0	<37,5	<75	>75
c		Drehung nach außen	Ulnarabduktion	+	0	<15	<30	>30
		Drehung nach innen	Radialabduktion	-	0	<7,5	<15	>15
Oberarm links/rechts (DIN EN 1005-4-2005)			(Kraftrichtung)		0	1	2	3
e		zur Vorderseite/zur Rückseite	ventral/dorsal		0	20-60	>60	<0
f		zur Mitte/zur Seite	medial/lateral		0	20-60	>60	<0
Ellenbogen links/rechts (Feggeler et al, 1992)					0	1	2	3
g		Kraftoptimum	Beugewinkel		90-120	65-90	<65	>120

Rumpfneigung Vorwärts/Rückwärts



Zone	Statische Haltung	Bewegung	
		Niedrige Frequenz ($< 2/\text{min}$)	Hohe Frequenz ($\geq 2/\text{min}$)
1 ^a	Akzeptabel	AKZEPTABEL	Akzeptabel
2	Bedingt akzeptabel (Schritt 2a)	Akzeptabel	Nicht akzeptabel
3	Nicht akzeptabel	Bedingt akzeptabel (Schritt 2c)	Nicht akzeptabel
4	Bedingt akzeptabel (Schritt 2b)	Bedingt akzeptabel (Schritt 2c)	Nicht akzeptabel

^a Es sollten Arbeitshaltungen mit aufrechtem Rumpf angestrebt werden, insbesondere, wenn die Maschine über eine längere Zeit von ein und derselben Person benutzt wird und eine statische Haltung ohne ausreichende Erholungszeit bzw. Körperunterstützung oder hochfrequente Bewegungen erforderlich ist.

Abb. 4.35: Rumpfneigung (DIN EN 1005-4:2005)

Akzeptabel,

falls vollständige Rumpfunterstützung vorliegt. Liegt keine vollständige Rumpfunterstützung vor, hängt die Akzeptanz von der Dauer der Haltung und der Erholungszeit ab. Vollständige Unterstützung bei Rumpfneigung vorwärts ist nicht akzeptabel, es sei denn, das Gesundheitsrisiko für nahezu alle gesunden Erwachsenen angesichts der möglichen Nutzungsdauer der Maschine ist nachweislich niedrig oder vernachlässigbar.

Nicht akzeptabel,

wenn die Maschine über lange Zeit von derselben Person benutzt wird. Ausnahme: akzeptabel für niederfrequente Bewegungen in die Zone 4 hinein, falls vollständige Rumpfunterstützung vorliegt. Vollständige Unterstützung bei Rumpfneigung vorwärts ist nicht akzeptabel, es sei denn, das Gesundheitsrisiko für nahezu alle gesunden Erwachsenen angesichts der möglichen Nutzungsdauer der Maschine ist nachweislich niedrig oder vernachlässigbar.

Seitliche Rumpfneigung und Rumpfverdrehung



Bereich 1: nicht klar erkennbare (ca. 10° oder weniger) seitliche Rumpfneigung – Verdrehung
 Bereich 2: klar erkennbare (> 10°) seitliche Rumpfneigung – Verdrehung

	Statische Rumpfhaltung	Bewegung	
		Niedrige Frequenz < 2/min	Hohe Frequenz > 2/min
Bereich 1	akzeptabel	akzeptabel	akzeptabel
Bereich 2	nicht akzeptabel	bei kurzzeitiger Nutzung akzeptabel	nicht akzeptabel

Abb. 4.36: Seitliches Verdrehen (DIN EN 1005-4:2005)

Oberarm

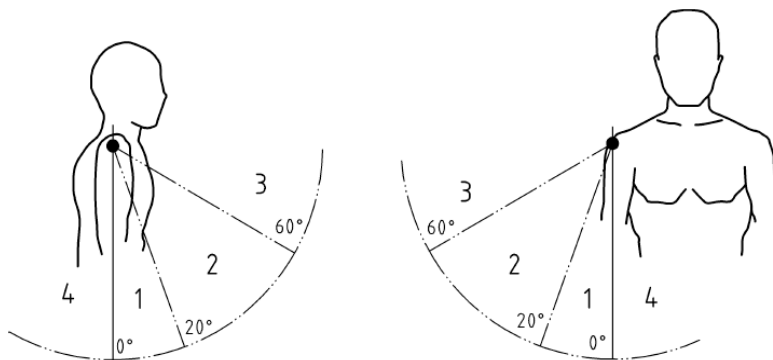


Abb. 4.37: Zonen der Armhaltung (DIN EN 1005-4:2005)

Es ergeben sich die folgenden zulässigen Bewegungsfrequenzen für die Armhaltung in den jeweiligen Zonen.

Tab. 4.24: Bewegungsfrequenzen für die Armhaltung nach Abb. 4.34 (BGIA, 2005)

Dauer der Maschinennutzung	Bewegungsfrequenz		
	Statische Haltung	> 2/min	<2/min
häufig	1; 2 nur mit Armunterstützung	1; 2 bei Frequenzen < 10/min	1, 2
gelegentlich	1, 2	1, 2	1, 2, 3, 4
selten	1, 2	1, 2	1, 2, 3, 4

Zone 1: Bevorzugte Armhaltung, keine Einschränkung.

Zone 2: Einschränkung nur bei häufiger Nutzung. Bei statischer Haltung ist Armunterstützung erforderlich, keine Bewegungsfrequenz.

Zone 3: Extremes Anheben des Oberarms, z. B. bei Überkopfarbeit, nur bei gelegentlicher Nutzung der Maschine und bei niedrigen Bewegungsfrequenzen.

Zone 4: Nach hinten greifen oder zum Körper hin greifen nur bei gelegentlicher Nutzung der Maschine und bei niedrigen Bewegungsfrequenzen.

4.4.4.3 Prüfverfahren

Es stehen mehrere Möglichkeiten zur Prüfung und Auswertung der Körperhaltung und Körperstellung zur Wahl. Diese können rechnergestützt mit Hilfe spezieller Planungstools erfolgen. Diese werden vorwiegend in der Automobilindustrie und in Montagebetrieben zur Arbeitsplanung eingesetzt. Die Auswertung und Dokumentation kann an digitalisierten Fotos durchgeführt werden. Es werden hierzu Fotos einzelner Körperhaltungen/-stellungen benötigt; die Körperstellungen und auch Körperhaltungen können durch Einfügen von Hilfslinien vermessen werden.

Beispiel

► Siehe auch Kapitel 4.6.2 „Beispiele für Messungen zu Körperhaltungen und Bewegungsabläufen“.

Eine Bewertung der Lastfälle kann in Anlehnung an DIN EN 1005-3:2002 erfolgen. Die Griffe und Greifflächen müssen, sofern vorhanden, mit einbezogen werden.

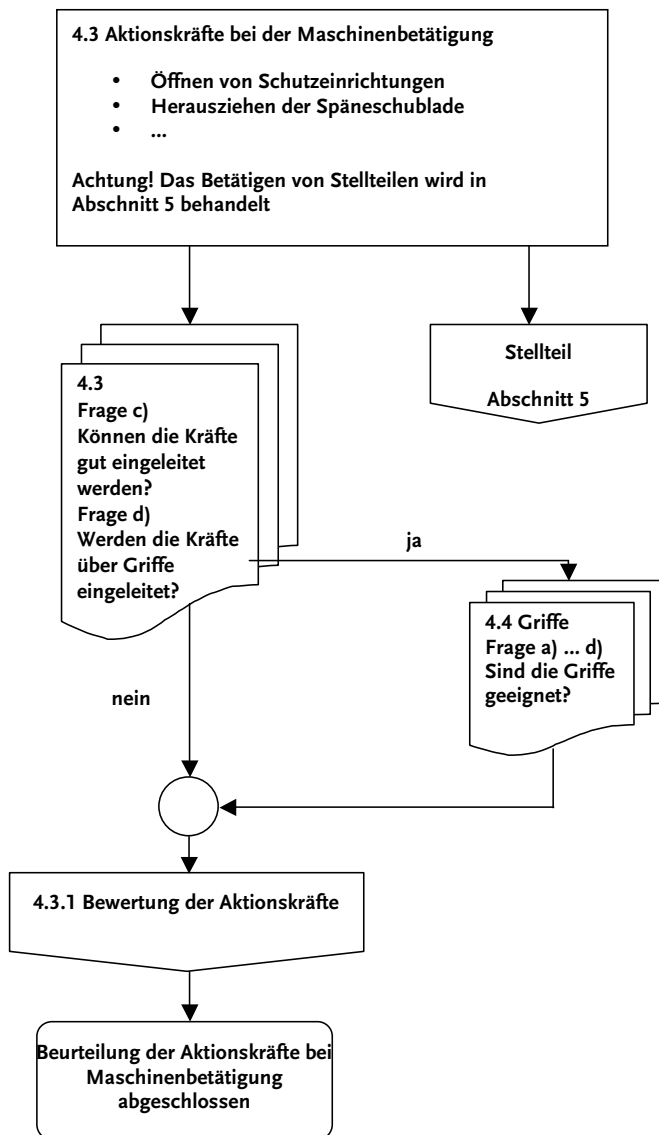


Abb. 4.38: Ablauf für die Beurteilung der Kräfte (HVBG, 2005)

Körperstellungen/Körperhaltungen, die über längere Zeiträume eingenommen werden müssen, können auch mit EMG-Messungen analysiert werden. Mit diesem Messverfahren ist eine Bestimmung der Belastung des Muskelapparates möglich. Es handelt sich um ein fachlich anspruchsvolles Verfahren zur Ermittlung der Muskelaktivitäten, das auf Grund seiner Komplexität qualifiziertes Personal auch im Rahmen der Auswertung erfordert.

Als Gesamtanalyse für vollständige Arbeitsabläufe ist die finnische OWAS-Methode geeignet. Es wird die Körperhaltung in jedem Arbeitsschritt analysiert und ausgewertet. Bewährt haben sich auch die RULA-Analyse und die Auswertung nach OCRA.

Literatur

Handbuch der Ergonomie (HdE, 2001)

Safety Guidelines for Ergonomics Engineering of Semi-conductor Manufacturing Equipment (Semi S8 0307, 2007)

Menschliche Körperliche Leistung (DIN EN 1005-4:2005)

Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung und ergo-nomische Beratung bei Belastung des Muskel-Skelettsystems (BGIA-Report, 2005)

Ergonomische Maschinengestaltung (HVBG, 2005)

4.4.5 Dialoggestaltung

4.4.5.1 Prüfablauf

In diesem Prüfabstein werden die Dialoge, d. h. die Interaktionen zwischen Benutzer und Produkt, betrachtet. Dies umfasst insbesondere die kognitiven Aspekte bei der Benutzung von Anzeigen, Beschriftungen, Bedien- und Stellteilen.

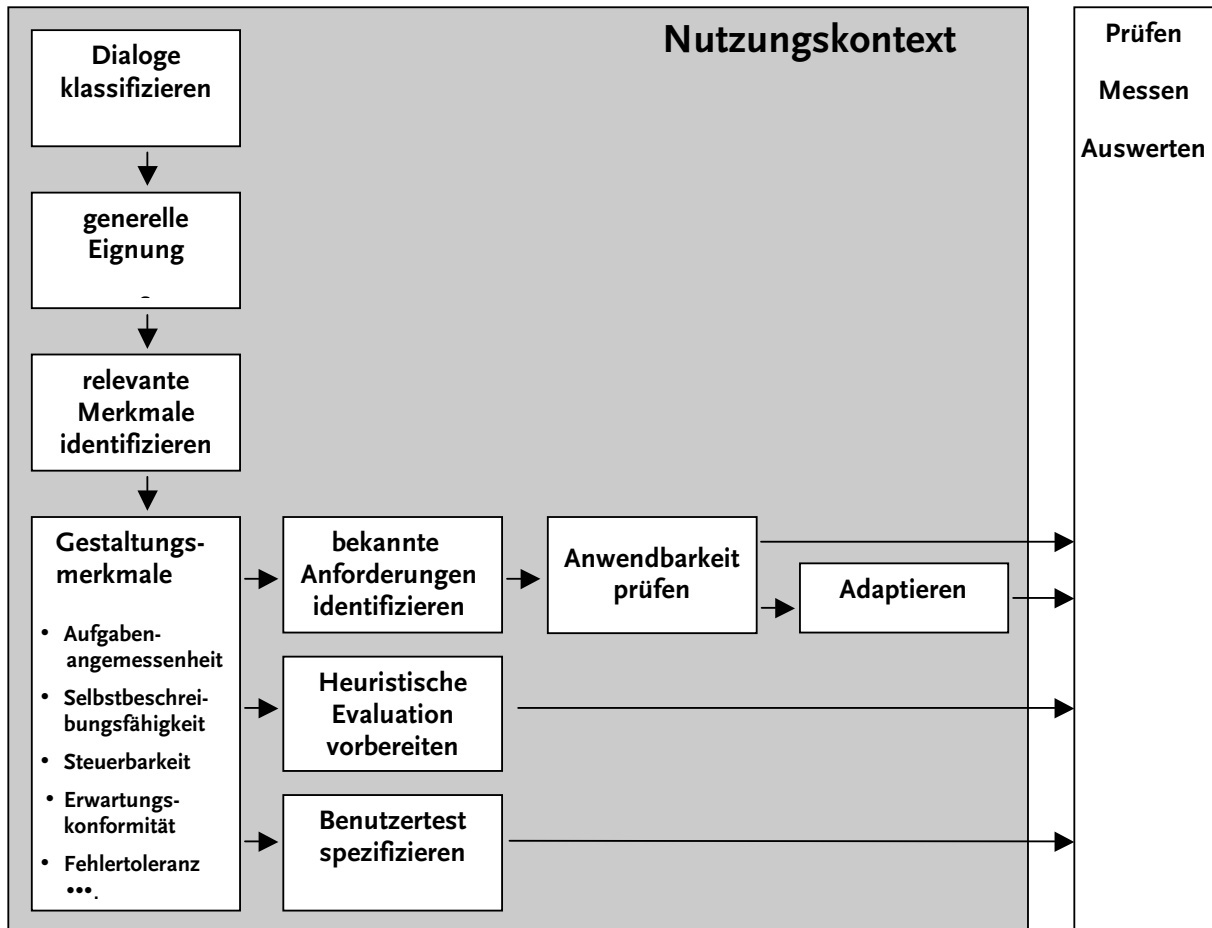


Abb. 4.39: Prüfablauf - Dialoggestaltung

Schritt 1: Klassifikation des Dialoges

Beschreibungsmerkmale:

Dialoge lassen sich danach unterscheiden, ob sie vom System oder vom Benutzer geführt werden oder eine Mischform aus beidem darstellen.

Dialogarten:

Tab. 4.25: Dialogtechniken (nach DIN EN ISO 9241 Teile 14-17:1999-2000)

Dialogtechnik	Beschreibung
Menü	Ein Menü ist eine Gruppe auswählbarer Optionen.
Kommandosprache	Kommandosprachen sind Befehle, Befehlsform, Struktur und Syntax, die einer bestimmten Interaktion eines Benutzers mit einem Computersystem mittels Befehlen zugeordnet sind.
Direkte Manipulation	Direkte Manipulation ist eine Dialogtechnik, durch die der Benutzer den Eindruck erhält, die Objekte am Bildschirm direkt zu bearbeiten, z. B. indem er mit Hilfe eines Zeigeeinstruments auf sie zeigt, sie verschiebt und/oder ihre physikalische Eigenschaften (oder Werte) verändert.
Formular	Ein Formular ist eine strukturierte Darstellung mit beschrifteten Feldern, in denen der Benutzer Eintragungen vornimmt, auswählt (z. B. durch Auswahl- oder Radioknöpfe) oder verändert.

► Beispiel Kap. 5.4.1

Bei der Bohrmaschine treten keine komplexen Dialoge zwischen Benutzer und Produkt auf. Daher wird für die Klassifikation von Dialogen auf das Beispiel „Navigationsgerät“ im Anhang verwiesen.

Schritt 2: Prüfung der generellen Eignung

Bei der Dialogbewertung erfolgt zunächst die Überprüfung, ob die verwendeten Dialogtechniken generell für die im Nutzungskontext beschriebenen Benutzer und Aufgaben geeignet sind. Entsprechende Entscheidungshilfen sind in Tab. 4.26 angegeben.

Tab. 4.26: Entscheidungsmatrix Dialogtechnik - Benutzer

Dialogtechnik	Benutzer
Kommandosprache	sinnvoll für geübte, häufige Benutzung, nachteilig für gelegentliche Benutzung und Anfänger
Menüs	sinnvoll besonders für ungeübte, u. U. nachteilig für geübte Benutzung
Masken/Formulare	geeignet für alle Benutzergruppen
Direkte Manipulation	sinnvoll für geübte, häufige Benutzer eines Systems, für Anfänger leicht erlernbar

► Beispiel Kap. 5.4.1

Bei der Bohrmaschine treten keine komplexen Dialoge zwischen Benutzer und Produkt auf. Daher wird für die Klassifikation von Dialogen auf das Beispiel „Navigationsgerät“ im Anhang verwiesen.

Schritt 3: Identifikation relevanter Gestaltungsmerkmale

Ist die generelle Eignung der Dialogtechnik gegeben, werden die Gestaltungsmerkmale identifiziert, die für den spezifizierten Nutzungskontext relevant sind.

Mögliche Gestaltungsmerkmale für Dialoge sind:

- Aufgabenangemessenheit
- Selbstbeschreibungsfähigkeit
- Steuerbarkeit
- Erwartungskonformität
- Fehlertoleranz
- Individualisierbarkeit
- Lernförderlichkeit

Für die Gestaltung von Bedien-/Stellteilen sowie Anzeigen und Beschriftungen lassen sich diese Dialogprinzipien auf konkretere Gestaltungsmerkmale reduzieren.

- Anordnung
- Bewegung
- Kodierung

Gestaltungsmerkmale, die im konkreten Nutzungskontext oder für die Komponente nicht relevant sind und daher nicht näher betrachtet werden, sollten kurz kommentiert und dokumentiert werden.

Schritt 4: Anforderungsanalyse

Anwendung bekannter Anforderungen

Es werden bekannte Anforderungen an die Dialoggestaltung identifiziert (vgl. Abschnitt 4.4.5.2 dieses Kapitels). Anhand der Informationen über den Nutzungskontext wird die Anwendbarkeit dieser Anforderungen im konkreten Fall überprüft. Gegebenenfalls müssen Anforderungen adaptiert werden.

► Beispiel Kap. 5.4.1

Bei der Bohrmaschine treten keine komplexen Dialoge zwischen Benutzer und Produkt auf. Daher wird für die Klassifikation von Dialogen auf das Beispiel „Navigationsgerät“ im Anhang verwiesen.

Spezifikation von Heuristischen Evaluierungen

Je nach Komplexität der Dialogschnittstelle kann die Prüfung gegebenenfalls mit Hilfe eine heuristische Evaluation durchgeführt werden. Nähere Informationen zur Durchführung dieser Evaluation finden sich in Abschnitt 4.1.2.

Spezifikation von Benutzertests

Der Benutzertest kann grundsätzlich gemäß der Beschreibung aus Abschnitt 4.1.4 durchgeführt werden. Es ist zu beachten, dass die zusammengestellten Aufgaben und Fragen die Anforderungen an die Dialoggestaltung abdecken.

Schritt 5: Messen, Prüfen und Bewerten

Je nach Art der Anforderung werden entsprechende Messungen und/oder ein Benutzertest durchgeführt, der entsprechend ausgewertet werden muss. In der Regel wird für die Beurteilung der Dialogschnittstelle ein Benutzertest erforderlich sein.

► Beispiel Kap. 5.4.1

Bei der Bohrmaschine treten keine komplexen Dialoge zwischen Benutzer und Produkt auf. Daher wird für die Klassifikation von Dialogen auf das Beispiel „Navigationsgerät“ im Anhang verwiesen.

4.4.5.2 Bestehende Anforderungen

Anforderungen an die Dialoggestaltung allgemein:

Tab. 4.27: Prinzipien der Dialoggestaltung (DIN EN 894-1:1997 und DIN EN ISO 9241-110:2006)

DIN EN 894-1:1997	DIN EN ISO 9241-110:2006
<p>Aufgabenangemessenheit „Ein Mensch-Maschine-System ist für eine Aufgabe geeignet, wenn es den Benutzer bei der sicheren, effizienten und wirkungsvollen Erfüllung der Aufgabe unterstützt.“</p>	<p>Aufgabenangemessenheit Ein interaktives System ist aufgabenangemessen, wenn es den Benutzer unterstützt, seine Arbeitsaufgabe zu erledigen, d. h., wenn Funktionalität und Dialog auf den charakteristischen Eigenschaften der Arbeitsaufgabe basieren, anstatt auf der zur Aufgabenerledigung eingesetzten Technologie.</p>
<p>Selbsterklärungsfähigkeit „Die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine sollte selbsterklärend sein, so dass der Benutzer die Anzeigen und Stellteile mühelos erkennen und den Prozess verstehen kann.“</p>	<p>Selbstbeschreibungsfähigkeit Ein Dialog ist in dem Maße selbstbeschreibungsfähig, in dem für den Benutzer zu jeder Zeit offensichtlich ist, in welchem Dialog, an welcher Stelle im Dialog er sich befindet, welche Handlungen unternommen werden können und wie diese ausgeführt werden können.</p>
<p>Steuerbarkeit „Der Operator soll das System beherrschen. Das bedeutet, dass das System und seine Komponenten in der Zeit, in der es/sie der direkten Kontrolle des Benutzers unterworfen ist/sind, den Operator durch die Aufgabe führen muss. Der Operator darf nicht vom Eigenrhythmus des Systems beherrscht werden.“</p>	<p>Steuerbarkeit Ein Dialog ist steuerbar, wenn der Benutzer in der Lage ist, den Dialogablauf zu starten sowie seine Richtung und Geschwindigkeit zu beeinflussen, bis das Ziel erreicht ist.</p>
<p>Erwartungskonformität „Populations-Stereotypen und andere Erwartungen des Benutzers darüber, wie die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine funktioniert, beeinflussen den Benutzer stark in der Art und Weise, wie er ein bestimmtes Stellteil oder eine bestimmte Anzeige nutzt. Es ist zu erwarten, dass Benutzer in Stresssituationen selbst dann in Populations-Stereotypen zurückfallen, wenn sie entsprechend ihrer Ausbildung in entgegengesetzter Weise handeln müssen.“</p>	<p>Erwartungskonformität Ein Dialog ist erwartungskonform, wenn er den aus dem Nutzungskontext heraus vorhersehbaren Benutzerbelangen sowie allgemein anerkannten Konventionen entspricht.</p>

DIN EN 894-1:1997	DIN EN ISO 9241-110:2006
Fehlerrobustheit „Ein System gilt als fehlerrobust, wenn das gewünschte Ergebnis trotz offensichtlicher Bedienungsfehler ohne oder mit einer minimalen Korrektur erreicht wird.“	Fehlertoleranz Ein Dialog ist fehlertolerant, wenn das beabsichtigte Arbeitsergebn trotz erkennbar fehlerhafter Eingaben entweder mit keinem oder mit minimalem Korrekturaufwand seitens des Benutzers erreicht werden kann.
Anpassbarkeit / Erlernbarkeit „Das System muss ausreichend flexibel sein, um sich an Unterschiede in den persönlichen Bedürfnissen, allgemeinen physiologischen und psychologischen Fähigkeiten, Lernvermögen und kulturellen Unterschieden anpassen zu lassen.“	Individualisierbarkeit Ein Dialog ist individualisierbar, wenn Benutzer die Mensch-System-Interaktion und die Darstellung von Informationen ändern können, um diese an ihre individuellen Fähigkeiten und Bedürfnisse anzupassen.
	Lernförderlichkeit Ein Dialog ist lernförderlich, wenn er den Benutzer beim Erlernen der Nutzung des interaktiven Systems unterstützt und anleitet.

Weitere, konkrete Empfehlungen sind in DIN EN ISO 9241 enthalten.

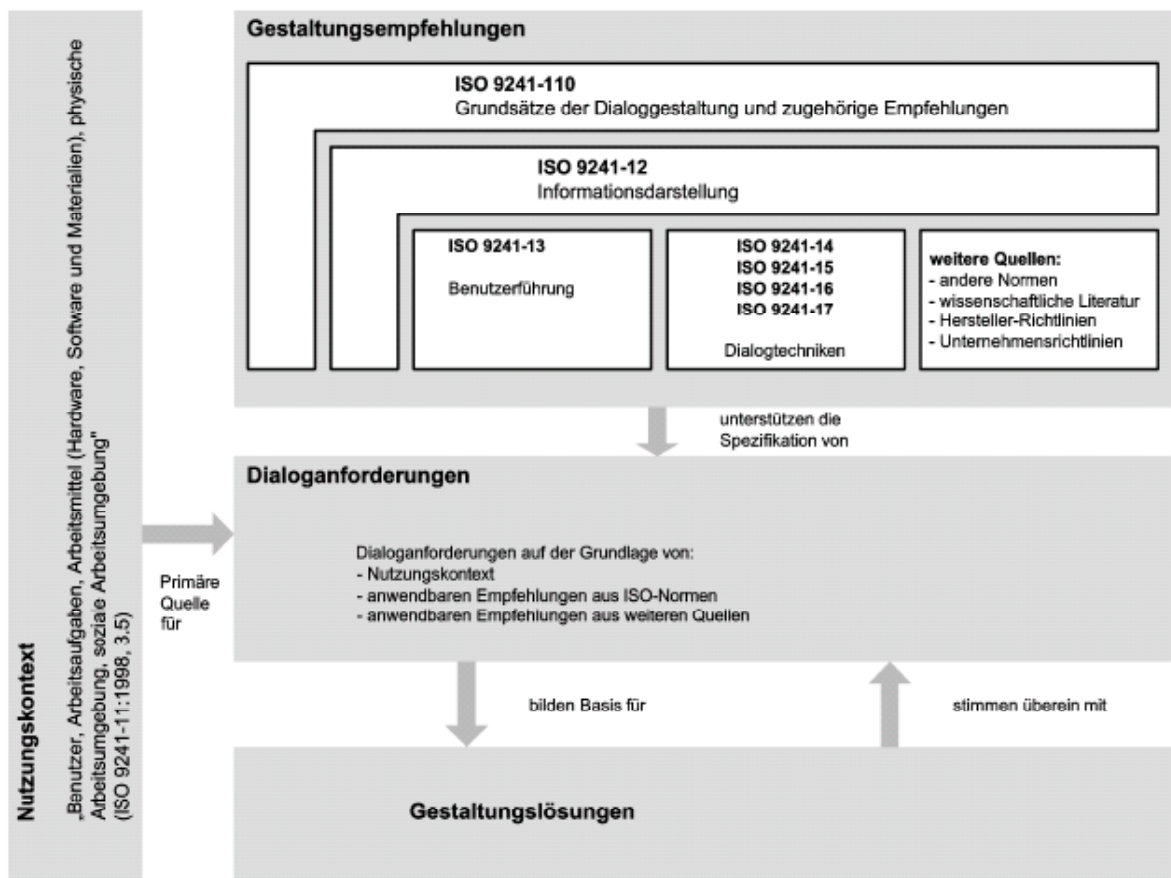


Abb. 4.40: Gestaltungsrahmen für die Anwendung der ISO 9241-110:2006

Anforderungen an die Informationsdarstellung allgemein:

Tab. 4.28: Prinzipien der Informationsdarstellung (nach DIN EN ISO 9241-12:2000)

Charakteristische Eigenschaften visuelle Informationen nach DIN EN ISO 9241-12:2000	
Klarheit	Der Informationsinhalt sollte schnell und genau vermittelt werden.
Unterscheidbarkeit	Die angezeigten Informationen können genau unterschieden werden.
Kompaktheit	Den Benutzern sollten nur jene Informationen gegeben werden, die für das Erledigen der Aufgabe notwendig sind.
Konsistenz	Gleiche Informationen sollten innerhalb der Anwendung entsprechend den Erwartungen des Benutzers stets auf gleiche Art dargestellt werden.
Erkennbarkeit	Die Aufmerksamkeit des Benutzers sollte zu den benötigten Informationen gelenkt werden.
Lesbarkeit	Die Informationen sollten leicht zu lesen sein.
Verständlichkeit	Die Bedeutung sollte leicht verständlich, eindeutig interpretierbar und erkennbar sein.

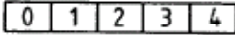




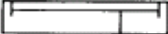

Anforderungen an die Sinnfälligkeit der Bewegung von Bedien- und Stellteilen:

Tab. 4.29: Bewegungserwartungen (Lange, 2005)

Funktion	Stellbewegung
ein	nach oben, nach rechts, nach vorn, rechtsdrehend, ziehen
aus	nach unten, nach links, nach hinten, linksdrehend, drücken
nach rechts	nach rechts, rechtsdrehend
nach links	nach links, linksdrehend
auf, heben	nach oben
ab, senken	nach unten
schließen	nach oben, nach hinten, ziehen, rechtsdrehend
öffnen	nach unten, nach vorn, drücken, linksdrehend
zunehmend	nach vorn, nach oben, nach rechts, rechtsdrehend
abnehmend	nach hinten, nach unten, nach links, linksdrehend
vorwärts	nach oben, nach rechts
rückwärts	nach unten, nach links
fahren	nach oben, nach rechts, nach vorn, rechtsdrehend
bremsen	nach unten, nach links, nach hinten, linksdrehend

Anforderungen an die Sinnfälligkeit der Anordnung von Anzeigen:

Tab. 4.30: Eignung von optischen Anzeigen für unterschiedliche Wahrnehmungsaufgaben (nach DIN EN 894-2:1997)

Art der Anzeige	Wahrnehmungsaufgabe			
	Ablesen eines Meßwertes	Kontrollablesung	Überwachung von Meßwert-schwankungen	Kombinationen von Wahrneh-mungsaufgaben
Digitale Anzeige 	Empfohlen	Ungeeignet	Ungeeignet	Ungeeignet
Analoge Anzeigen  360° Skale  270° Skale  180° Skale	Geeignet	Empfohlen	Empfohlen	Empfohlen
 90° Skale	Geeignet	Empfohlen	Geeignet	Geeignet
 Horizontale Skale  Vertikale Skale	Geeignet	Geeignet	Geeignet	Geeignet

4.4.5.3 Prüfverfahren

- Leitfaden für die Ergonomische Evaluierung von interaktiven System (DATech, 2006)
- Benutzertest, siehe Beschreibung in Abschnitt 4.1.4
- Heuristische Evaluation, siehe Beschreibung in Abschnitt 4.1.3 (siehe oben)
- Checkliste zur Beurteilung von Bedienungsanleitungen (SO/IEC Guide 31):
<http://www.dke.de/NR/rdonlyres/D1546043-66D3-4768-AF2A-5B8C3C31DC12/o/Checklisten.doc> [Zugriff am 23.6.2009]

4.5 Prüfbaustein IV – Gesamtbewertung

Liegen die einzelnen Prüf- und Messergebnisse vor, müssen sie zusammengetragen, analysiert, bewertet und in einem Prüfbericht zusammengefasst werden.

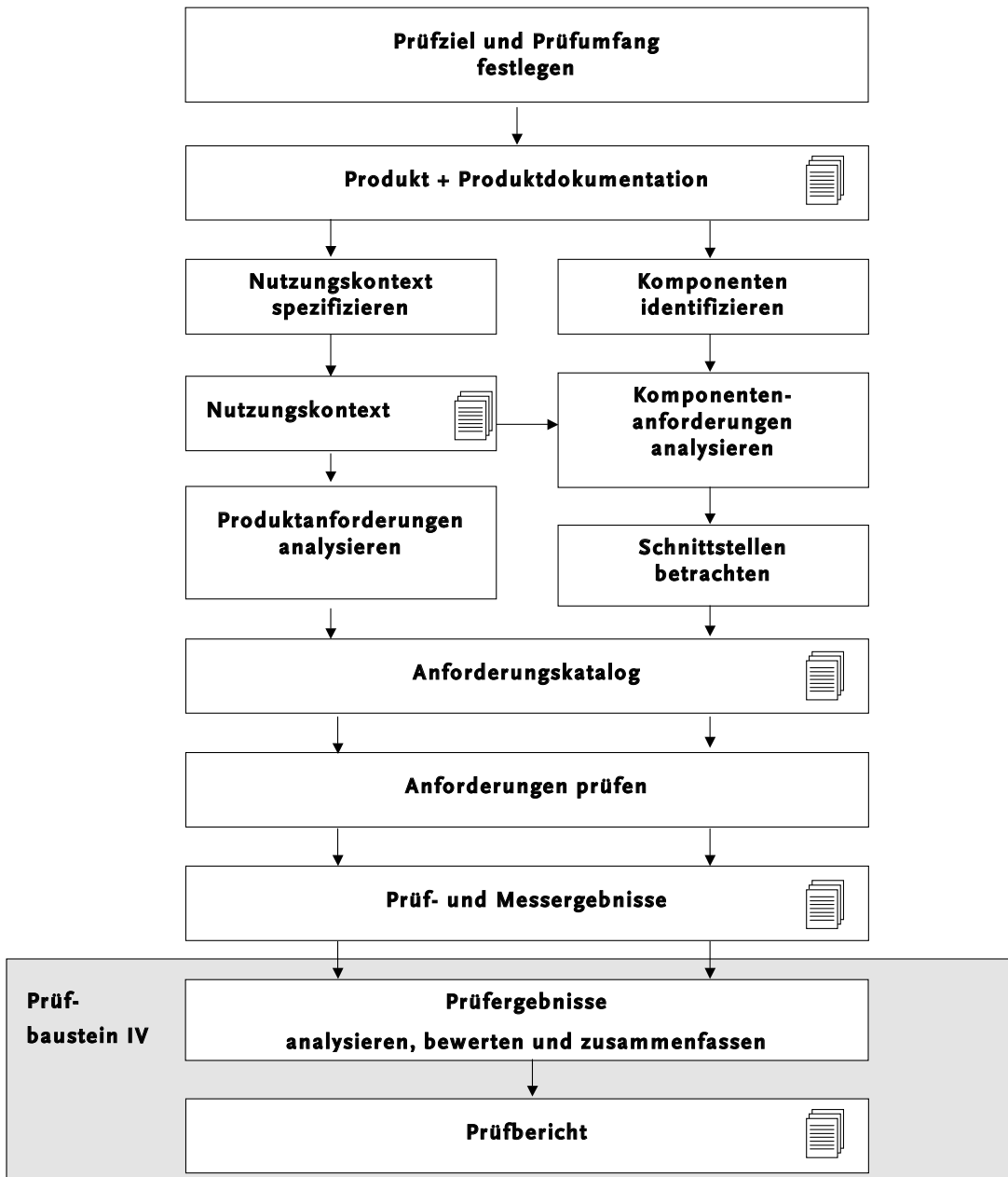


Abb. 4.41: Gesamtbewertung

4.5.1 Erhärtungsprüfung

Für jede vermutete Abweichung muss zunächst geprüft werden, ob es sich tatsächlich um einen ergonomischen Mangel handelt, der Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit des Produktes hat. Hierzu eignet sich die folgende Erhärtungsprüfung in vier Schritten.

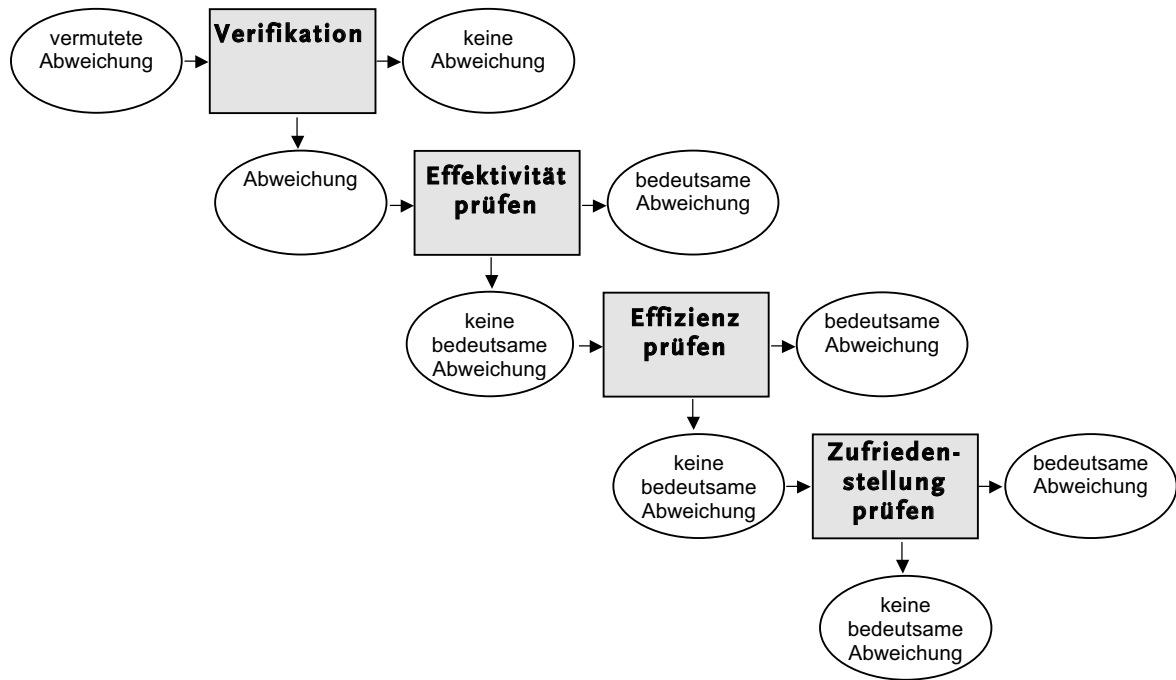


Abb. 4.42: Ablaufplan einer Erhärtungsprüfung (nach DATech, 2006)

Zunächst ist zu prüfen, ob es sich um einen tatsächlichen Mangel handelt, oder die vermutete Abweichung nur eine alternative Gestaltung zu einer genormten oder abgeleiteten Anforderung darstellt. Handelt es sich um eine Abweichung, muss ihre Bedeutsamkeit beurteilt werden. Als maßgebliches Kriterium ist der Einfluss auf Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit zu nennen. Die Auswirkungen der ermittelten Abweichung auf die Effektivität werden im zweiten Schritt beurteilt. Entscheidend sind die Bedeutung der nicht erzielten Ergebnisse und die Häufigkeit, in der die nicht erzielbaren Ergebnisse benötigt werden.

In einem dritten Schritt erfolgt die Beurteilung hinsichtlich der Effizienz-minderung. Diese gliedert sich in drei Einzelbeurteilungen: Schwere der Auswirkung, betroffener Benutzeranteil und Möglichkeiten, das Problem zu umgehen oder zu kompensieren. Die Effizienz-minderung insgesamt lässt sich abschließend mit Hilfe einer Entscheidungsmatrix (siehe Tab. 4.31) bestimmen.

Tab. 4.31: Entscheidungstabelle für die Effizienzbeurteilung (nach DATech, 2006)

Kriterium	Beurteilung			
Schwere der Auswirkung	hoch	-	-	niedrig
Betroffener Benutzeranteil	-	hoch	-	niedrig
Umgehbarkeit	schwer	schwer	leicht	-
Effizienz-minderung insgesamt	hoch	hoch	niedrig	niedrig

Tipp

Die Reihenfolge der Einzelbeurteilungen der Effizienz-minderung ist nicht festgelegt. Die Erfahrung zeigt, dass es sinnvoll ist, mit der Bewertung der Umgehbarkeit zu beginnen. Ist diese leicht, erübrigen sich die Prüfungen der Schwere der Auswirkung und der Anzahl betroffener Benutzer.

Die Beurteilung der Zufriedenheits-minderung beinhaltet die subjektive, von den Benutzern empfundene, Beeinträchtigung. Auch in diesem Fall sind die Schwere der Beeinträchtigung und die Anzahl von Benutzern, die diese Beeinträchtigung empfinden, relevant.

Ist der Einfluss der Abweichung auf die Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit eingestuft, kann anhand der Entscheidungstabelle (siehe Tab. 4.32) die Bedeutsamkeit der Abweichung bewertet werden. Nur wenn der Einfluss auf alle drei Aspekte der Gebrauchstauglichkeit als niedrig eingestuft wird, handelt es sich um eine unbedeutende Abweichung.

Tab. 4.32: Entscheidungstabelle – Signifikanzbewertung (nach DATech, 2006)

Kriterium	Beurteilung			
Effektivitäts-minderung	hoch	-	-	niedrig
Effizienz-minderung	-	hoch	-	niedrig
Minderung der Zufriedenheit	-	-	hoch	niedrig
Abweichung bedeutsam	ja	ja	ja	nein

Beispiel

Erhärtungsprüfung einer vermuteten Abweichung



Vermutete Abweichung:

Die Länge des Drehzahlreglers beträgt 37 mm (Anforderung: mindestens 39 mm).

Prüfung der Effektivität:

Alle Benutzer konnten ihre Aufgaben zu 100% bearbeiten.

Prüfung der Effizienz:

Die Länge des Drehzahlreglers führte zu keinen unnötigen Arbeitsschritten oder Benutzungsfehlern. Durch die abgerundete Form und die gummierte Ausführung besteht keine Gefahr von Druckstellen.

Es werden die Fingerbreiten von dem 95. Perzentil Frau und mehr als dem 50. Perzentil Mann abgedeckt. Personen mit deutlich größeren Fingerbreiten haben die Möglichkeit den Regler mit einer Hand zu bedienen.

Kriterium	Beurteilung			
Schwere der Auswirkung	hoch	-	-	niedrig
Betroffener Benutzeranteil	-	hoch	-	niedrig
Umgehbarkeit	schwer	schwer	leicht	-
Effizienzminderung insgesamt	hoch	hoch	niedrig	niedrig

Prüfung der Zufriedenheit: Die Größe und Form des Drehzahlreglers wurde von allen Benutzern als gut oder sehr gut eingestuft.

Signifikanzbewertung:

Kriterium	Beurteilung			
Effektivitätsminderung	hoch	-	-	niedrig
Effizienzminderung	-	hoch	-	niedrig
Minderung der Zufriedenheit	-	-	hoch	niedrig
Abweichung bedeutsam	ja	ja	ja	nein

Die Signifikanzbewertung hat ergeben, dass es sich bei der vermuteten Abweichung um keinen signifikanten ergonomischen Mangel handelt.

4.5.2 Gewichtung

Nach der Erhärtungsprüfung ist die Prüfung der ergonomischen Qualität des Produktes abgeschlossen. Es kann jedoch für die detaillierte Einschätzung eines Produktes hilfreich sein, eine weitergehende Betrachtung durchzuführen. Im Rahmen der Erhärtungsprüfung festgestellte bedeutsame Abweichungen können gewichtet und in einem weiteren Schritt hinsichtlich ihres Risikos eingeschätzt werden. Die Bedeutsamkeit von Abweichungen kann durch Gewichtungsstufen, wie sie im Handbuch der Ergonomie (HdE, 2001) aufgeführt sind, erleichtert werden.

Tab. 4.33: Verbalisierung von Gewichtungsstufen (HdE, 2001)

Gewichtungsstufe	Definition
1	Für Funktion, Wirksamkeit und Nutzer von untergeordneter Bedeutung
2	Negative Rückwirkungen auf Funktionsbereitschaft, Wirksamkeit, Betriebssicherheit, Komfort, Leistung und/oder Ausbildungszeit sind zu erwarten.
3	Schwerwiegende und gefährliche Rückwirkungen auf Systemwirksamkeit, Betriebssicherheit, Leistung und/oder menschliche Gesundheit sind zu erwarten.

Im Rahmen einer Risiko-Einschätzung für ein Produkt werden unterschiedliche Risiko-Niveaus definiert. Diese werden auf Grundlage einer Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit und der zu erwartenden Schwere der Auswirkungen in einem Risiko-Diagramm (vgl. Abb. 4.39) skizziert. Diesen Niveaus können schließlich die Abweichungen der Prüfung zugeordnet werden.

Die Anzahl und Bezeichnung der Stufen der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schweregrades müssen entsprechend spezifiziert werden.

- Beispielstufen zur Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit können lauten: selten, unwahrscheinlich, fern liegend, gelegentlich, wahrscheinlich, häufig usw.
- Als Beispiele für Stufen des Schweregrades sind zu nennen: vernachlässigbar, marginal, kritisch, sehr kritisch, katastrophal usw.

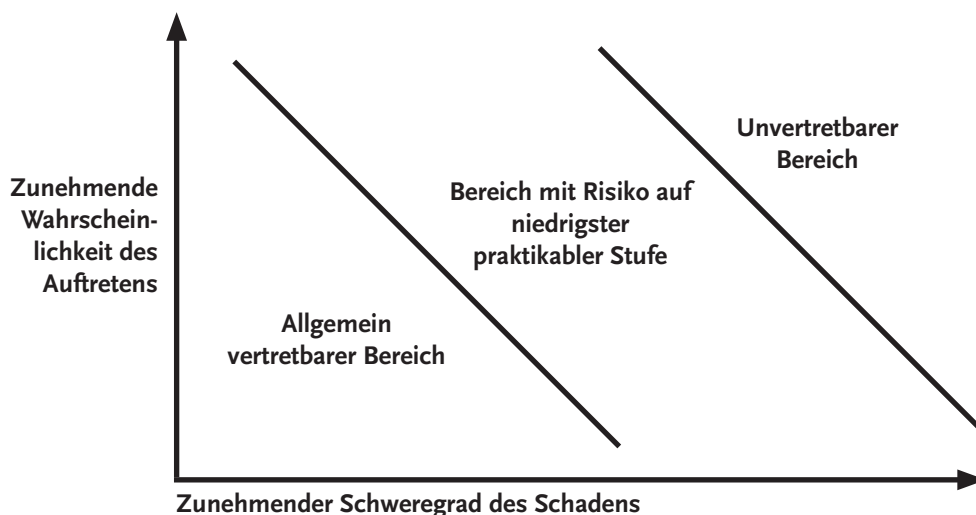


Abb. 4.43: Beispiel eines Risiko-Diagramms mit drei Bereichen (nach DIN EN ISO 14971:2001)

4.5.3 Dokumentation der Ergebnisse

Einen wichtigen Bestandteil der Prüfung bildet die Dokumentation. Sie sollte nicht nur das Prüfergebnis enthalten, sondern Gütekriterien wie Vollständigkeit, Eindeutigkeit, Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit genügen. Die Dokumentation sollte insbesondere Personen, die nicht an der Prüfung teilgenommen haben, ein möglichst umfassendes Bild über die Prüfung und die Ergebnisse bieten. Bezüglich der Anforderungen an Prüfberichte sind an dieser Stelle zwei Normen zu nennen:

- DIN EN ISO/IEC 17025:2005: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien
- ISO/IEC 25062:2006: Software-Engineering – Qualitätskriterien und Bewertung von Softwareprodukten (SQuaRE) – Gemeinsames Industrieformat (CIF) für Berichte über Gebrauchstauglichkeitsprüfungen

DIN EN ISO/IEC 17025:2005 ist auf messtechnische Prüfungen ausgerichtet, während ISO/IEC 25062:2006 den Schwerpunkt auf die Dokumentation benutzertestorientierter Prüfungen legt. Da dieses Kompendium beide Ansätze verfolgt, sollte ein Prüfbericht beiden Normen gerecht werden und die Anforderungen kombinieren. Dies ist ohne Weiteres möglich, da sich die Normen ergänzen und nicht widersprechen.

Anforderungen an den Inhalt von Prüfberichten

Ein Prüfbericht nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 – Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien – sollte folgende Informationen enthalten:

- einen Titel;
- den Namen und die Anschrift des Laboratoriums und den Ort, an dem die Prüfungen durchgeführt wurden;
- eindeutige Kennzeichnung des Prüfberichtes;
- den Namen und die Anschrift des Kunden;
- Angabe des angewendeten Verfahrens;
- eine Beschreibung des Zustands und eindeutige Kennzeichnung des geprüften Gegenstandes;
- das Eingangsdatum des Prüfgegenstandes, sofern für die Gültigkeit und die Anwendung der Ergebnisse bedeutsam, sowie Datum der Durchführung der Prüfung;
- die Prüfergebnisse mit, sofern angemessen, Angabe der Einheiten;
- Name, Stellung und Unterschrift der Person, die den Prüfbericht genehmigt hat;
- Hinweis, dass sich die Ergebnisse nur auf die geprüften Gegenstände beziehen;
- Seitennummerierung und die Anzahl der Seiten;
- Hinweis, dass der Prüfbericht ohne die schriftliche Zustimmung des Laboratoriums nicht auszugsweise vervielfältigt werden darf;
- Abweichungen von, Zusätze zu oder Ausnahmen von dem Prüfverfahren und Angaben über spezielle Prüfbedingungen, wie Umgebungsbedingungen;
- wo erforderlich, eine Aussage auf Übereinstimmung/Nichtübereinstimmung mit Anforderungen und/oder Spezifikationen;
- falls anwendbar, eine Angabe der geschätzten Messunsicherheit.

Ein Prüfbericht nach ISO/IEC 25062:2006 – Common Industry Format (CIF) for Usability Test Reports – sollte folgende Informationen enthalten:

- Titelseite
- Kurzfassung
- Einführung
 - Vollständige Produktbeschreibung
 - Testziele
- Methoden
 - Teilnehmer
 - Nutzungskontext während der Prüfung
 - Aufgaben
 - Testumgebung
 - Werkzeuge des Testleiters
 - Experimental Design
 - Ablauf
 - Generelle Anweisungen an die Teilnehmer
 - Aufgabenbezogene Anweisungen an die Teilnehmer
 - Maße der Gebrauchstauglichkeit
- Ergebnisse
 - Datenanalyse
 - Präsentation der Ergebnisse
 - Leistungen
 - Zufriedenheit
- Anhänge

4.6 Prüf- und Messmittel

4.6.1 Messungen an Anzeigen und Beschriftungen

Allgemeines zu den Grundparametern einer photometrischen Messung bei Anzeigen:

Tab. 4.34: Grundparameter einer photometrischen Messung

Grundparameter	Hinweise
Beleuchtungsbedingung	Selbstleuchtende Anzeigen können sowohl unter Dunkelraumbedingungen als auch unter Beleuchtung vermessen werden. Reflektive Anzeigen müssen beleuchtet werden. Zur Erzielung vergleichbarer Ergebnisse muss die Beleuchtungsbedingung definiert und angegeben sein, da die Art der Beleuchtung im Allgemeinen das Messergebnis beeinflusst.
Objekt	Das Objekt ist das zu vermessende Prüfmuster, z. B. ein definierter Buchstabe oder eine definierte Buntstufe.
Messort	Messort ist eine Position in der Anzeigenfläche (laterale Position).
Messrichtung	Isotrope Anzeigen werden üblicherweise nur in senkrechter Richtung vermessen. Demgegenüber werden anisotrope Anzeigen unter definierten und anzugebenden Sehrichtungen bewertet. Hierzu wird ein sphärisches Koordinatensystem benutzt (DIN EN ISO 13406-2:2003). Der Ursprung dieses Koordinatensystems liegt immer in der Anzeigenebene.

4.6.1.1 Messung der reflektierten Leuchtdichte

Kurzbeschreibung:

Messung der Leuchtdichte z. B. zur Bestimmung des Leuchtdichtekontrastes

Messaufbau

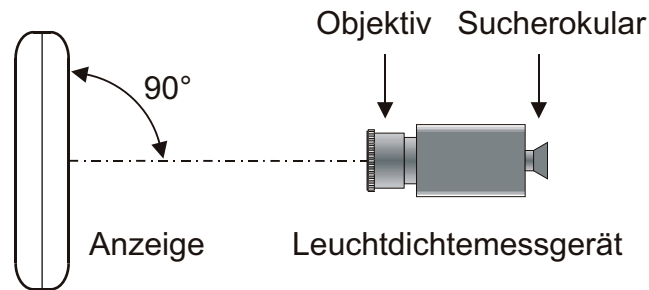


Abb. 4.44: Messung der Leuchtdichte

Siehe auch DIN EN ISO 29241-3:1993, DIN EN ISO 13406-2:2003, VESA FPDM

Durchführung:

- Ausrichtung des Leuchtdichtemessgerätes auf die Anzeige (oder umgekehrt). Dies betrifft den Messort als Position in der Anzeigenfläche und die Messrichtung.
- Das Leuchtdichtemessgerät wird in einem geeigneten Abstand zur Anzeige positioniert. Typische Werte sind ca. 500 bis 600 mm bzw. 100 mm (gemessen vom Objektiv).
Ggf. muss bei kleinen Abständen eine so genannte Nahlinse in das Objektiv eingeschraubt werden. Hinweis: Der Abstand wird teilweise durch Normen vorgegeben und ergibt sich andererseits durch das zu messende Prüfmuster (siehe nachfolgenden Durchführungsschritt).
- Messfeld am Leuchtdichtemessgerät auswählen. Hinweis: Es ist übliche fotometrische Praxis, ein Prüfmuster zu benutzen, dessen Fläche mindestens 60 % größer ist als die Fläche des Messfeldes des Leuchtdichtemessgerätes.

Beispiele:

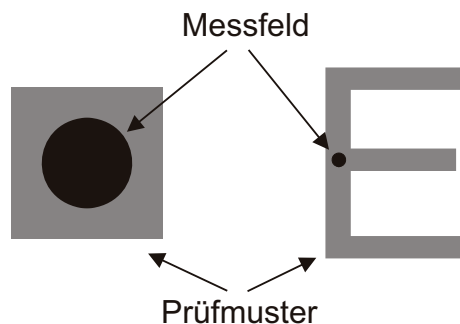


Abb. 4.45: Auswahl eines Messfeldes

- Sucherokular des Leuchtdichtemessgerätes für scharfe Abbildung des Messfeldes im Auge einstellen (Korrektur von Sehfehlern).
- Messobjekt scharf einstellen durch Verstellen des Objektivs. Das Prüfmuster ist ideal scharf abgebildet, wenn bei leichtem Hin- und Herbewegen des Benutzerauges vor der Sucherokularöffnung das Messfeld stehen bleibt und sich gegen den Hintergrund (das Prüfmuster) nicht verschiebt.
- Leuchtdichtemessung durchführen.
- Auswertung entsprechend der benötigten Information durchführen. Ggf. müssen dazu an einem weiteren Prüfmuster, einem anderen Messort oder unter einer anderen Messrichtung eine weitere Messung bzw. Messungen vorgenommen werden.

Beispiel:

Leuchtdichtemessung einer Anzeige. Aufgrund der kurzen Messentfernung ist in das Objektiv des Leuchtdichtemessgerätes eine Nahlinse eingeschraubt.



Abb. 4.46: Beispiel Leuchtdichtemessung

4.6.1.2 Farbmessung

Kurzbeschreibung:

Messung der Farbe (Bestimmung der Farbkoordinaten)

Messaufbau:

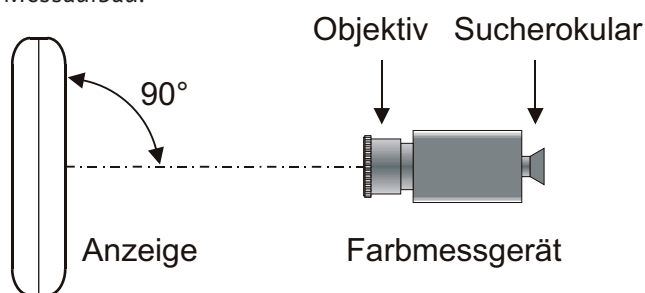


Abb. 4.47: Messung der Farbe

Siehe auch DIN EN ISO 9241-8:1998, DIN EN ISO 13406-2:2003, VESA FPDM

Durchführung:

Die Farbmessung wird in gleicher Weise wie die Leuchtdichtemessung durchgeführt (siehe Leuchtdichtemessung).

Hinweise:

Bei Displays werden typischerweise die Koordinaten u' , v' verwendet.

Bei Beschriftungen/Druckerzeugnissen werden typischerweise die Koordinaten a^* , b^* verwendet.

Formeln zur Umrechnung zwischen den Farbmaßzahlen sind z. B. angegeben in:

- CIE Pub. No. 15.2, 1986
- DIN 5033-3:1992
- DIN ISO 13655:2000
- Loos, 1989

4.6.1.3 Messung der Beleuchtungsstärke

Kurzbeschreibung:
Messung der Beleuchtungsstärke

Messaufbau:

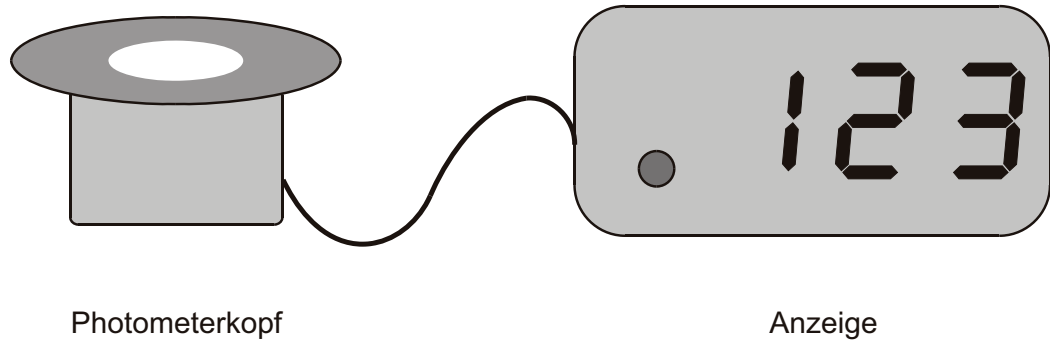


Abb. 4.48: Messung der Beleuchtungsstärke

Durchführung:

- Der Photometerkopf ist in der Ebene auszurichten, in der die Beleuchtungsstärke gemessen werden soll (z. B. horizontal oder vertikal).
- Die Beleuchtungsstärke gemessen in Lux [lx] wird auf der Anzeige abgelesen.

4.6.1.4 Messung der reflektierten Leuchtdichte

Kurzbeschreibung:
Messung der reflektierten Leuchtdichte in einem Messaufbau nach DIN EN ISO 9241-7:1998 (Verwendung von zwei Lichtquellen zur Erzeugung einer „angenäherten diffusen Beleuchtung“)

Messaufbau:

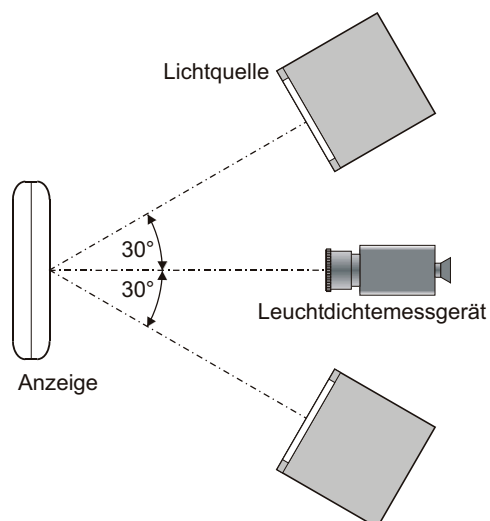


Abb. 4.49: Bestimmung der reflektierten Leuchtdichte

Siehe auch DIN EN ISO 9241-7:1998, DIN EN ISO 13406-2:2003, VESA FPDM

Durchführung:

- Beleuchtungsstärkemessgerät am Messort platzieren und Beleuchtungsstärke E_M messen.
- Anzeige platzieren und die reflektierte Leuchtdichte L_{rM} messen.
- Berechnung der reflektierten Leuchtdichte L_r für die im Nutzungskontext wirksame Beleuchtungsstärke:

$$L_r = E \times \frac{L_{rM}}{E_M}$$

Es bedeuten:

- L_r : reflektierte Leuchtdichte im Nutzungskontext
- L_{rM} : reflektierte Leuchtdichte im Messaufbau
- E : Beleuchtungsstärke im Nutzungskontext
- E_M : Beleuchtungsstärke im Messaufbau

Hinweis:

Je nach Anzeigentyp sind L_r , L_{rM} sinngemäß durch L_D , L_{rH} , L_{rL} bzw. L_{DM} , L_{rHM} , L_{rLM} zu ersetzen (siehe Abschnitt 4.4.1.2).

4.6.1.5 Messung von Zeichenattributen

Anzeigen mit Matrixstruktur

Kurzbeschreibung:

Messung von Zeichenattributen mit einer Messlupe auf Anzeigen mit Matrixstruktur

Messaufbau: siehe Beispiel

Durchführung:

- Messlupe auf die Anzeige aufsetzen.
- Okular für scharfe Abbildung der Messstrichplatte einstellen.
- Objektivabstand für scharfe Abbildung des Prüfmusters einstellen.
- Durch Verschieben der Messlupe auf der Anzeige das gewünschte Zeichenattribut auswählen.

Hinweis: die Zeichenattribute werden an folgenden Buchstaben gemessen:

Tab. 4-35: Messung der Zeichenattribute an Buchstaben

Zeichenattribut	Messung an Buchstabe
Zeichenhöhe	H (E)
Strichbreite (horizontal/vertikal)	H (E)
Zeichenbreite	H
Verhältnis Zeichenbreite zu Zeichenhöhe	H (DIN EN ISO 13406-2:2003); M (DIN EN ISO 29241-3:1993)
Zeichenformat	H
Zeichenabstand	HH, MM
Wortabstand	H H, M M, N
Zeilenabstand	g über Ü

- Die Anzahl der Pixel des jeweiligen Zeichenattributes werden gezählt.
- In Verbindung mit der für die Anzeige vorliegenden Spezifikation (Datenblatt) und der darin enthaltenen Angabe über die Größe eines Pixels wird zusammen mit der ermittelten Anzahl der Pixel das jeweilige Zeichenattribut in Millimetern berechnet.

Beispiel:

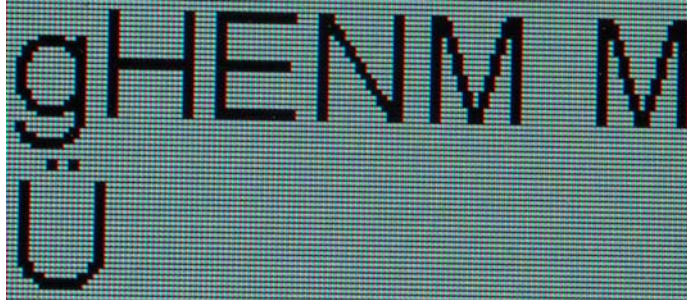


Abb. 4.50: Darstellung Beispiel-Schriftzug auf der Anzeige



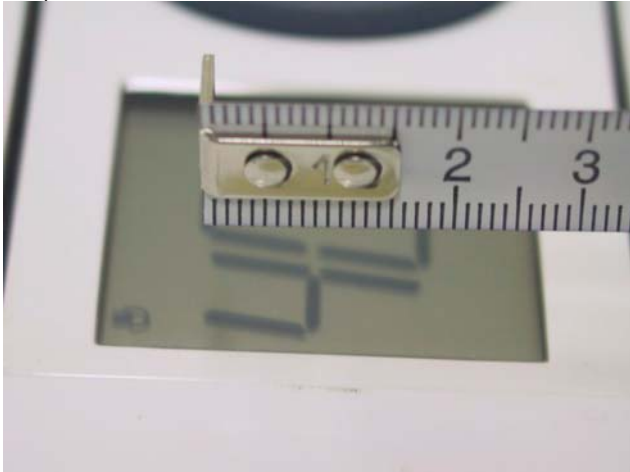
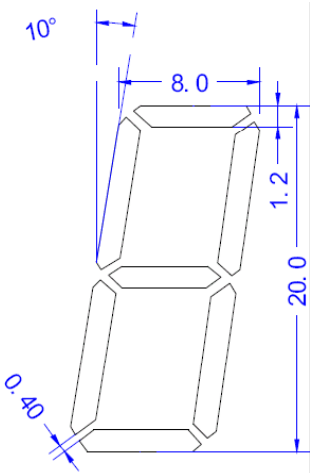
Abb. 4.51: Messung von Zeichenattributen mit der Messlupe

Ergebnis:

Die Pixelgröße beträgt laut Datenblatt: 0,281 mm x 0,281 mm (horizontal x vertikal)

Als Anzahl der Pixel für die Zeichenhöhe im Buchstaben „E“ werden z. B. 20 Pixel gezählt.

Somit beträgt die Zeichenhöhe: $20 \times 0,281 \text{ mm} = 5,62 \text{ mm}$

Anzeigen mit Segmentstruktur
Kurzbeschreibung: Messung von Zeichenattributen mit einem Messschieber oder Maßband auf Anzeigen mit Segmentstruktur
Messaufbau: siehe Beispiel
Durchführung: <ul style="list-style-type: none">– Für die Messung kann ein Maßband oder ein Messschieber verwendet werden.– In beiden Fällen wird das Messmittel auf der Anzeige angelegt und die benötigte Größe auf dem Messmittel abgelesen.– Es ist auf Parallaxenfehler zu achten.– Wenn möglich, sollte eine Spezifikation (Datenblatt) zur Anzeige vorliegen, aus der die benötigten Daten (z. B. die Zeichenhöhe) direkt und ohne Messung entnommen werden können. Beispiel: 
Abb. 4.52: Messung von Zeichenattributen mit dem Maßband

Abb. 4.53: Spezifikation einer Anzeige

Beschriftungen

Kurzbeschreibung:

Messung von Zeichenattributen an Beschriftungen/in Druckerzeugnissen mit einer Messlupe

Messaufbau: siehe Beispiel

Durchführung:

- Die Durchführung erfolgt in gleicher Weise wie bei Anzeigen in Matrixstruktur.

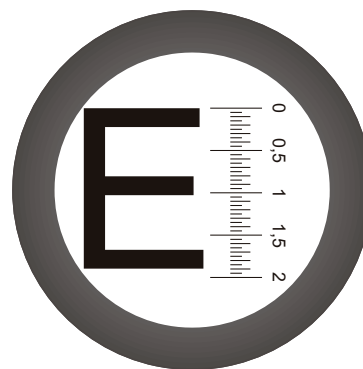
Beispiel:

Abb. 4.54: Messung von Zeichenattributen mit der Messlupe

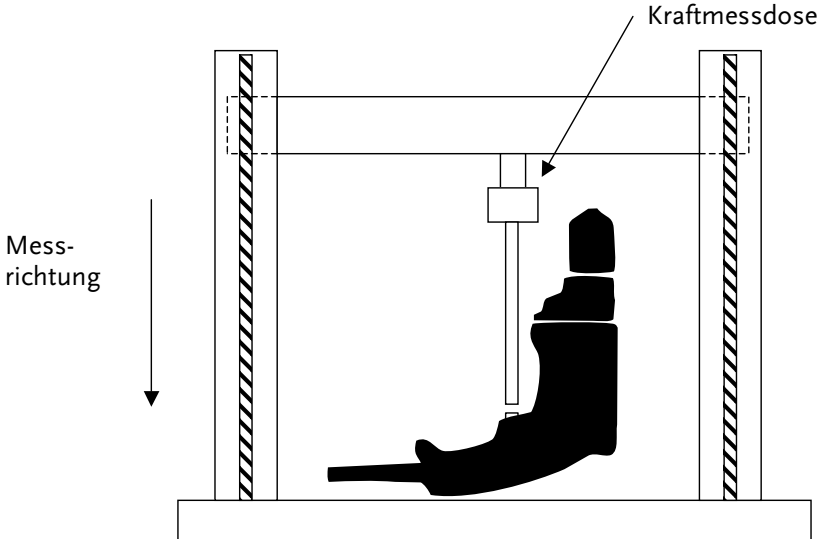
Die vorliegende Abbildung zeigt die Durchsicht durch die Messlupe und beispielhaft die Messung der Zeichenhöhe am Buchstaben „E“. Hierbei ist der Nullpunkt der Messstrichplatte an der oberen Begrenzung des Buchstabens angelegt. Die Zeichenhöhe wird in der horizontalen Verlängerung der unteren Begrenzung des Buchstabens auf der Messstrichplatte abgelesen (hier $\approx 1,9$ mm).

4.6.2 Messungen zu Bedien- und Stellteilen

4.6.2.1 Messung der Abmessungen

Kurzbeschreibung: Messung der Länge, der Breite und des Durchmessers eines Bedien- und Stellteils
Messaufbau: Für die Messung ist kein besonderer Messaufbau erforderlich. Als Messgerät wird in der Regel ein Messschieber verwendet.
Durchführung: <ul style="list-style-type: none"> – In einem ersten Schritt wird die reale Benutzung des Bedien- und Stellteils beobachtet. Nur so kann festgelegt werden, an welchen Stellen der Komponente Länge, Breite oder Durchmesser Auswirkungen auf die Gebrauchstauglichkeit haben. – In Abhängigkeit von der Benutzung werden die Messpunkte festgelegt, an denen gemessen wird. – Es erfolgt die Messung des Abstandes zwischen den festgelegten Messpunkten.

4.6.2.2 Messung der Betätigungskräfte und Stellwege

Kurzbeschreibung: Messung der Kraft, die zum Betätigen eines Bedien- und Stellteils notwendig ist, und des zurückgelegten Stellweges
Messaufbau: 
Abb. 4.55: Kraft-Weg-Messung
Durchführung: <ul style="list-style-type: none"> – In einem ersten Schritt wird die reale Benutzung des Bedien- und Stellteils beobachtet. Nur so kann man feststellen, an welchen Stellen und in welcher Richtung die Kraft auf die Komponente aufgebracht wird. – Der Kraftaufwand über den gesamten Stellweg sollte aufgezeichnet werden. – Während der Prüfung werden das Produkt und die Reaktionen auf die Kraftaufbringung beobachtet. – Anschließend wird anhand eines Kraft-Weg-Diagramms die Betätigung des Stellteils analysiert.

4.6.2.3 Messung der Betätigungskräfte für rotatorische Stellteile

Kurzbeschreibung:

Messung der Kraft, die zum Betätigen eines rotatorischen Bedien- und Stellteils notwendig ist

Messaufbau:

Für die Messung ist kein besonderer Messaufbau notwendig.

Durchführung:

- Der Drehmomentaufnehmer wird senkrecht zur Drehrichtung auf das Stellteil angebracht.
- Das Stellteil wird nun mit Hilfe des Drehmomentaufnehmers betätigt.
- Es wird der maximale Wert, der bei der Betätigung auftritt, festgehalten

Beispiel:



Abb. 4.56: Messung des Drehmomentes beim Öffnen des Bohrfutters

4.6.3 Messungen zu Griffen und Greifflächen

4.6.3.1 Messung der Griffe

Kurzbeschreibung:

Messung des Winkels am Griff einer Bohrmaschine

Messaufbau:

Für die Messung ist kein besonderer Messaufbau notwendig.

Durchführung:

- Für die Winkelmessung ist eine Zeichnung oder ein Foto der Maschine hilfreich. Alternativ kann eine Messung direkt am Griff erfolgen. Bei einer Messung am Griff muss jedoch auf Fehlmessungen aufgrund der Griffform geachtet werden. Als Messmittel ist eine Winkellehre geeignet.

Beispiel:

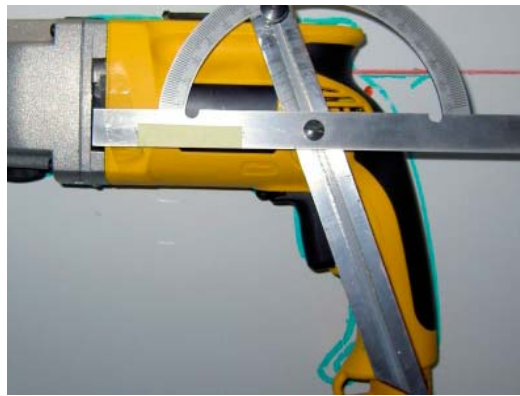
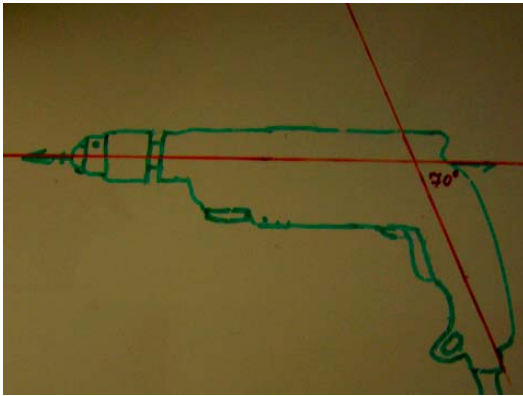


Abb. 4.57: Messung des Griffwinkels an einer Umrisszeichnung und an der Bohrmaschine

Kurzbeschreibung:

Messung der Dicke und der Länge am Griff einer Bohrmaschine

Messaufbau:

Für die Messung ist kein besonderer Messaufbau notwendig.

Durchführung:

- Messung der Griffdicke mit einem Messschieber.
- Gemessen wird der dünnste und der dickste Bereich.
- Messung der Grifflänge mit einem Messschieber.
- Gemessen wird der nutzbare Bereich des Griffes

Beispiel: Messung der Winkel und der Griffabmessungen



Abb. 4.58: Messung der Griffabmessungen

Abb. 4.59: Messung der Grifflänge

4.6.3.2 Messung der Greiffläche

Kurzbeschreibung:

Messung der Länge und Dicke der Greiffläche an einer Bohrmaschine

Messaufbau:

Für die Messung ist kein besonderer Messaufbau notwendig.

Durchführung:

- Messung der Länge mittels eines Messschiebers.
- Messung des Dickemittels mittels eines Messschiebers.
- Messung der Griffradien mittels Radenlehre .

Beispiel:



Abb. 4.6o: Messung der Greiffläche

4.6.4 Messungen von Körperhaltungen und Bewegungsabläufen

4.6.4.1 Messung der Armwinkel

Kurzbeschreibung:

Messung der Gelenkwinkel an Händen und Armen. Die Messung der Winkel am Hand-Arm-System erfolgt kontinuierlich und wird synchron mittels Videokamera aufgezeichnet. Gemessen werden Schulter-, Ellenbogen-, Unterarm- und Handwinkel.

Messaufbau:

Momentaufnahmen mit digitalisierten Bildern (siehe Beispiel) oder Messtechnik: drei Goniometer, ein Torsiometer, digitale Videokamera, Telemetrieinheit, Erfassungs- und Auswertungssoftware

Durchführung:

- Momentaufnahme:
 - Durch Momentaufnahmen können der Winkel und die Körperhaltung festgelegt werden. Es ist auf eine korrekte Kameraaufstellung zu achten, damit kein Versatzwinkel zu den zu messenden Winkeln entsteht.
- Bewegungsanalyse:
 - Die Winkelmessung erfolgt mit verschiedenen Sensoren. Die Daten werden drahtlos an einen Messrechner übertragen und mit einem oder mehreren Videobildern synchronisiert.
 - Die Sensoren werden an festgelegten Messpunkten fixiert. Die Positionierung erfolgt für jeden Messpunkt nach einem bestimmten Schema, das Ausgangsstellungen und die genaue Sensorapplikation umfasst (auszugsweise):

Handgelenk

Messung: Dorsal-/Palmarflexion, Ulnar-/Radialabduktion

Sensor: Goniometer, zweiachsig

Ellenbogengelenk

Messung: Beugewinkel

Sensor: Goniometer, einachsig

Unterarm

Messung: Pronation, Supination

Sensor: Torsiometer,

Schultergelenk

Messung: Abduktion, Flexion

Sensor: Inklinometer, zweiachsig (Goniometer, zweiachsig)

- Jedem gemessenen Winkel lässt sich mittels Software ein einzelnes Videobild und somit eine Körperhaltung respektive Tätigkeit zuordnen. Über den gesamten Bewegungsablauf können verschiedene statistische Auswertungen vorgenommen werden.

Beispiel:



Abb. 4.61: Bewegungsanalyse -Armwinkel

4.6.4.2 Messung der Körperwinkel

Kurzbeschreibung:

Messung der Oberkörperneigung (vorwärts und seitwärts) an Schulter und Lendenwirbelsäule.

Messaufbau:

Momentaufnahmen mit digitalisierten Bildern oder Datenlogger mit Inklinometer.

Durchführung:

- Momentaufnahme:
 - Durch Momentaufnahmen können der Winkel und die Körperhaltung festgelegt werden. Es ist auf eine korrekte Kameraaufstellung zu achten, damit kein Versatzwinkel zu den zu messenden Winkeln entsteht.
- Bewegungsanalyse:
 - Die Winkelmessung erfolgt mit zwei Inklinometern, die wahlweise mit 7,5 oder 15 Hz Datenrate Winkel um die x- bzw. y-Achse messen und in einem internen Speicher ablegen.
 - Die Sensoren werden an festgelegten Messpunkten positioniert (siehe linke Abbildung). Hierzu steht eine „Datenweste“ zur Verfügung.
 - Mit Hilfe der zugehörigen Software werden die Datenspeicher ausgelesen (ASCII-Datei). Die Daten können mit beliebigen Tabellenkalkulationen statistisch ausgewertet werden.

Beispiel: Momentaufnahmen/ Bewegungsanalyse



Abb. 4.62: Bewegungsanalyse und Momentaufnahme Oberkörper

4.6.5 Messunsicherheiten

Die Unsicherheit eines Messergebnisses ist ein Parameter, der die Streuung der Werte beschreibt, die sinnvollerweise dem zu messenden Wert zugeordnet werden können. Es werden zwei Typen von Messunsicherheiten unterschieden: „Typ A“ und „Typ B“. Beide Typen werden durch eine Standardunsicherheit u_A bzw. u_B beschrieben, die mathematisch eine Standardabweichung für die Unsicherheit des Ergebnisses einer Messung darstellt. Mit diesen Messunsicherheiten lässt sich mathematisch-rechnerisch im Sinne einer Korrektur verfahren. Basieren Messunsicherheiten auf technischer Grundlage, sollte vor der mathematisch-rechnerischen Korrektur versucht werden, diese durch technische Maßnahmen soweit wie möglich zu reduzieren.

4.6.5.1 Typ A

Die Ermittlung der Unsicherheit „Typ A“ berücksichtigt alle Arten der statistischen Auswertung von Messreihen mit zufälligen Messwerten.

Praktische Umsetzung:

Fall 1: Eine mathematisch statistisch strenge Vorgehensweise ist nicht immer notwendig. Basis können auch Know-How und Erfahrung sein. Ist dem Prüfer beispielsweise hinreichend bekannt, dass das Ergebnis seines Messverfahrens typischerweise um $\pm x$ (in % oder in einer anderen durch die Messung bestimmten Masseinheit) schwankt, so kann er annehmen und damit rechnen, dass die Unsicherheit vom Typ A etwa die Hälfte von x beträgt. Dann gilt:

$$u_A = 0,5 \cdot x$$

Fall 2: Liegen derartige Erkenntnisse nicht vor, so ist die Durchführung von Versuchsreihen notwendig.

a) Der arithmetische Mittelwert der Messunsicherheit wird dann nach folgender Formel bestimmt:

$$x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Mit: x_m Mittelwert
 n Anzahl der Messungen
 x_i Messwert von $i = 1$ bis n

b) Die Standardabweichung als Maß für die Streuung der Messwerte wird nach folgender Formel bestimmt:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}$$

Mit: s Standardabweichung
 n Anzahl der Messungen
 x_i Messwert von $i = 1$ bis n
 x_m Mittelwert

Hinweis:

Die Ermittlung der Funktionen Mittelwert und Standardabweichung kann z. B. mit Microsoft Excel erfolgen, indem in einer Zelle die folgende Funktion eingegeben wird:

=STABW(Zelle X:Zelle Y) (bzw. MITTELWERT (ZelleX: Zelle Y)
X und Groß Y bezeichnen hier den Namen der jeweiligen Zelle.

c) Bei mehrfachen Messreihen, in denen jeweils einzeln Mittelwert und Standardabweichung berechnet wurden, weist der arithmetische Mittelwert ebenfalls eine Streuung auf. Die Standardabweichung des Mittelwertes wird dann wie folgt berechnet:

$$s_m = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Mit: s_m Standardabweichung des Mittelwertes
 s Standardabweichung
 n Anzahl der Messungen

d) Die Unsicherheit „Typ A“ ist die halbe Breite des Vertrauensbereiches für den arithmetischen Mittelwert unter der Voraussetzung einer nach Gauß (zufällig) verteilten Variablen und einem vorgewählten Vertrauensniveau (hier zu 95% gewählt).

Für eine kleine Anzahl von Messungen ergibt sich:

$$u_A = t \cdot s_m = \frac{t \cdot s}{\sqrt{n}}$$

Mit: u_A Unsicherheit „Typ A“
 t Faktor aus der Student-t-Verteilung
 s_m Standardabweichung des Mittelwertes
 s Standardabweichung
 n Anzahl der Messungen

Bei dem häufig verwendeten Vertrauensniveau von 95% lässt sich der Faktor t aus der Student-t-Verteilung wie folgt bestimmen:

n	t
2	12,7
3	4,3
4	3,18
5	2,78
6	2,57
7	2,45
8	2,36
9	2,31
10	2,26
20	2,09

Bei einer große Anzahl von Messungen ($n \gg 10$) ergibt sich:

$$u_A = t \cdot s_m = \frac{t \cdot s}{\sqrt{n}}$$

4.6.5.2 Typ B

Die Ermittlung der Unsicherheit „Typ B“ ist dann erforderlich, wenn Hypothesen oder Kenntnisse darüber vorliegen, dass ein Parameter einen besonderen Einfluss auf die Messung ausübt.

Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn Angaben zu Unsicherheiten in Kalibrier- und anderen zertifikaten des Messsystems vorliegen (z. B. auch aus Angaben des Herstellers) (Hinweis: Wenn ein kalibriertes Messsystem (oder Messkomponente) bei einer Prüfung verwendet wird, ist die Unsicherheit der Kalibrierung bei der Abschätzung der Unsicherheit des Prüfergebnisses als ein „Typ B-Beitrag“ zu behandeln.)

Es wird angenommen, dass die angegebene Unsicherheit der erweiterten Messunsicherheit mit einem Erweiterungsfaktor von 2 entspricht. Damit ergibt sich die Unsicherheit „Typ B“ zu:

$$u_B = 0,5 \cdot U$$

Mit: u_B Unsicherheit „Typ B“
 U Unsicherheit gemäß Kalibrierzertifikat und/oder Spezifikation

4.6.5.3 kombinierte Standardunsicherheit u (gesamte Unsicherheit)

Die kombinierte Standardunsicherheit (gesamte Unsicherheit) eines Messergebnisses ergibt sich zu:

$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

Mit: u kombinierte Standardunsicherheit
 u_A Unsicherheit „Typ A“
 u_B Unsicherheit „Typ B“

4.6.5.4 Erweiterte Messunsicherheit U

Die erweiterte Messunsicherheit ist ein Kennwert, der einen Bereich um das Messergebnis kennzeichnet, von dem erwartet werden kann, dass er einen großen Anteil der Verteilung der Werte umfasst, die der Messgröße vernünftigerweise zugeordnet werden könnten. Es ist:

$$U = k \times u$$

Mit: k Erweiterungsfaktor
 u kombinierte Standardunsicherheit

Der Erweiterungsfaktor ist ein Zahlenfaktor, mit dem die kombinierte Standardunsicherheit multipliziert wird, um eine erweiterte Messunsicherheit zu erhalten. Empfohlen wird $k = 2$, was ganz grob einem Vertrauensniveau von 95% entspricht.

Hinweis 1:

k muss explizit angegeben werden, damit auf die Standardunsicherheit zurückgeschlossen werden kann.

Hinweis 2:

Mit der erweiterten Messunsicherheit wird ein Intervall festgelegt, von dem angenommen werden kann, dass es mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit (hier grob 95%) den wahren Wert Y einer Messgröße enthält.

$$y - U \leq Y \leq y + U$$

Mit: y : Messergebnis
 Y : wahrer Wert der Messgröße

4.6.5.5 Vorgehen

Die analytisch-rechnerische Ermittlung von Messunsicherheiten ist im Allgemeinen eine komplexe Prozedur und besteht aus mehreren Verfahrensschritten (Voraussetzung: Systematische Abweichungen – soweit bekannt – sind beseitigt bzw. korrigiert): Aus diesem Grund sollte zur Identifizierung der Messunsicherheit das folgende, pragmatische Verfahren angewendet werden:

- Alle relevanten Unsicherheitsquellen werden identifiziert und aufgelistet.
- Die Beiträge der einzelnen Unsicherheitsquellen zur Ergebnisunsicherheit werden abgeschätzt und sortiert nach wesentlich/unwesentlich.

Soweit möglich können anschließend nach den oben gelisteten Verfahren die

- wesentlichen Beiträge als Standardunsicherheiten (Standardabweichungen) quantifiziert werden.
- Beiträge der wesentlichen Unsicherheitsquellen gemäß quadratischer Addition kombiniert werden.
- kombinierte Standardunsicherheit mit dem Zahlenfaktor 2 multipliziert und als Ergebnisunsicherheit angegeben werden.

Weitergehende Informationen und zusätzliche Erläuterungen zu den Grundlagen der Ermittlung der Messunsicherheit finden sich in

Literatur

Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2005)

Unsicherheit beim Messen (DIN V ENV 13005:1999)

Anforderungen an Prüflaboratorien und Akkreditierungsstellen bezüglich der Messunsicherheitsabschätzung nach ISO/IEC 17025 (DAR-4-INF-08, 2005)

Leitfaden zur Ermittlung der Messunsicherheiten bei quantitativen Prüfergebnissen (Hässelbarth, 2004)

UKAS M3003 Draft 2, August 2006

Flat Panel Display Measurement Standard (VESA, 2001)

5 Arbeitshilfen

- 5.1 Glossar**
- 5.2 Datensammlungen / Hilfsmittel**
- 5.3 Normen**
- 5.4 Literatur**
- 5.5 Anwendungsbeispiele**

5.1 Glossar

Adaption ist die Anpassung des Auges an die bestehenden Lichtverhältnisse in der Umgebung.

Anisotrop bedeutet richtungsabhängig für eine Eigenschaft.

Anthropometrie ist die Lehre und Anwendung der Maße des menschlichen Körpers.

Azimutwinkel ist ein Winkel im sphärischen Koordinatensystem zur Bezeichnung eines Punktes im Raum (DIN EN ISO 13406-2:2003).

Biometrie ist die Erfassung und Messung der Körperdaten, Bewegungsabläufe und Körperkräfte an Lebewesen.

Biomechanik ist die Funktion und Struktur des Bewegungsapparates und der Bewegung von Lebewesen.

Blinkcodierung ist die Codierung von Information durch temporäre Veränderung der Anzeigeleuchtdichte.

Chromatische Aberration ist ein Abbildungsfehler optischer Linsen, der von der Wellenlänge des Lichtes abhängt.

Dekorative Stilarten sind ausdrucksbetonte Formen von Schriften.

Distal ist die Lage bzw. Richtungsbezeichnung, die vom Körper weg führt.

Dorsal ist die Bewegung aus der Neutralstellung rückwärts bzw. nach hinten.

Dorsalflexion ist die Beugung der Hand oder des Fußes aus der Neutralstellung nach oben.

Dunkelraumbedingung ist die lichttechnische Umgebungsbedingung, bei der die Beleuchtungsstärke weniger als 2 lx auf der Anzeige beträgt.

EMG-Messungen: Die Elektromyographie (EMG) ist eine Untersuchungsmethode, die sich mit der Entstehung, der Aufzeichnung und der Analyse von myoelektrischen Signalen, den Aktionspotentialen der kontrahierenden Muskulatur, beschäftigt. Mit Hilfe von EMG-Messungen können qualitative Aussagen zur Aktivität des untersuchten Muskels getroffen werden.

Emissive Anzeige ist eine Anzeige, die Ihre eigene(n) Lichtquelle(n) enthält.

Ergonomie ist die wissenschaftliche Disziplin, die sich mit dem Verständnis der Wechselwirkungen zwischen menschlichen und anderen Elementen eines Systems befasst, und der Berufszweig, der Theorie, Prinzipien, Daten und Methoden auf die Gestaltung von Arbeitssystemen anwendet, mit dem Ziel, das Wohlbefinden des Menschen und die Leistung des Gesamtsystems zu optimieren.

Effektivität ist die Genauigkeit und Vollständigkeit, mit der Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen.

Effizienz ist der im Verhältnis zur Genauigkeit und Vollständigkeit eingesetzte Aufwand, mit dem Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen.

Farbmaßzahlen werden in Farbkoordinaten und Leuchtdichtewerten oder anderen Farbskalenwerten angegeben und dienen zur eindeutigen Kennzeichnung einer Farbvalenz.

Gebrauchstauglichkeit ist das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und mit Zufriedenheit zu erreichen.

Haftreibung ist eine physikalische Kraft, die zwei sich berührende Körper daran hindert, sich gegeneinander zu bewegen. Bei der Haftreibung entsteht keine Relativbewegung zwischen den Flächen.

Haptisch: Haptische Wahrnehmung (griechisch: haptikos = greifbar) ist das Erfühlen eines Objektes bzw. der Oberfläche durch die Hautsinne.

Isometrische Kräfte sind Kräfte, die ohne Lageveränderung/Längenveränderung des Muskels aufgebracht werden.

Isotrop bedeutet richtungsunabhängig für eine Eigenschaft.

Kopplung, formschlüssig: Bei der formschlüssigen Verbindung/Kopplung wird die Kraft rechtwinklig zur Fläche übertragen.

Kopplung, reibschlüssig: Bei der reibschlüssigen Verbindung/Kopplung wird die Kraft parallel zur Fläche aufgebracht. Die maximale Kraftübertragung ist abhängig vom Reibkoeffizienten.

Körperhaltung: Die Körperhaltung beschreibt die Anordnung innerhalb der Körperstellung der Gliedmaßen wie Hand, Arme, Beine, Rumpf, Kopf usw.

Körperstellung: Körperstellungen sind in erster Linie die Grundstellungen des menschlichen Körpers wie Stehen, Sitzen, Liegen, Knien, Hocken.

Lateral bedeutet seitlich oder von der Körpermitte abgewandt.

Medial: Zur Körpermitte hin.

Nanometer ist eine Längeneinheit. 1 Nanometer beträgt 10^{-9} Meter.

Nutzinformation ist eine Information, die wahrgenommen werden soll.

Nutzungskontext: Die Benutzer, die Ziele, Aufgaben, Ausrüstung (Hardware, Software und Materialien) sowie die psychische und soziale Umgebung, in der das Produkt genutzt wird.

OCRA (Occupational Repetitive Action, berufliche kurzzyklische Tätigkeit) beschreibt das Verhältnis zwischen der Anzahl der während der Ausführung manueller kurzzyklischer Aufgaben tatsächlich ausgeübten Teiltätigkeiten in einer Arbeitsschicht und der Anzahl der Referenz-Teiltätigkeiten, die für ein spezifisches Szenario entsprechend bestimmt sind.

OWAS-Methode: Im finnischen Stahlwerk OVAKO begann 1974 die Entwicklung eines Systems zur Analyse von Körperhaltungen bei der Arbeit. Daraus entstand die OWAS-Methode (OVAKO Working Posture Analysing System).

Palmarflexion ist die Beugung der Hand oder des Fußes aus der Neutralstellung nach unten.

Pronation ist das Einwärtsdrehen der Hand oder des Fußes.

Radialabduktion ist die Bewegung der flachen Hand bzw. des Handgelenks in Richtung des Daumens.

Reflektive Anzeige ist eine Anzeigeeinheit die das Licht einer externen Lichtquelle durch Reflexion moduliert

Reibung ist eine Eigenschaft, die einer relativen Bewegung zwei berührender Körper entgegenwirkt.

Reibungskoeffizient: Der Reibungskoeffizient μ ist dimensionslos und gibt das Verhältnis der Normalkraft zur Reibkraft an. Je höher der Reibkoeffizient desto höher ist die Reibkraft.

Rotatorisch: rotierende Bewegungen innerhalb um eine Achsrichtung.

RULA-Analyse (Rapid Upper Limb Assessment) wurde von McAtmney und Cornett entwickelt und dient der schnellen subjektiven Bewertung von Arbeitshaltungen mittels Arbeitsbögen, bei denen einzelne Haltungen der Extremitäten und des Körpers bei der Arbeit festgehalten werden. Es kann das Gefährdungspotential festgestellt werden. Biomechanische Belastungen und Kraft-einsatz werden nur teilweise erfasst.

Störinformation ist eine Information, die nicht wahrgenommen werden soll.

Supination ist das Auswärtsdrehen der Hand oder des Fußes.

Translatorisch ist die Bewegung entlang einer Achsrichtung.

Ulnarabduktion ist die Bewegung der flachen Hand bzw. des Handgelenks in Richtung des kleinen Fingers.

Ventral ist die Bewegung vorwärts.

Zufriedenheit ist die Freiheit von Beeinträchtigungen und positive Einstellungen gegenüber der Nutzung des Produktes.

5.2 Datensammlungen / Hilfsmittel

5.2.1 Anthropometrische Daten

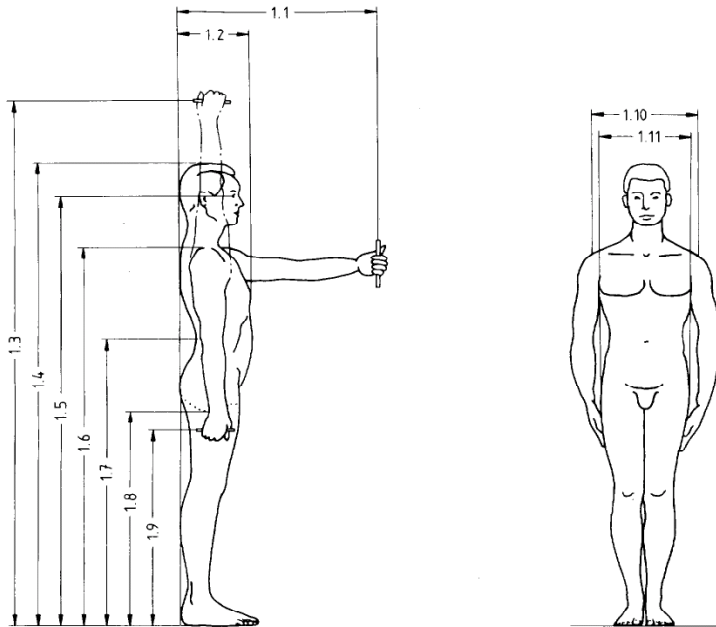


Bild 1. Körpermaße, stehend

Abb. 5.1: Körpermaße, stehend (DIN 33402-1:1978)

Tab. 5.1: Körpermaße, stehend (Alter \varnothing 18 bis 65, Angaben in mm) (DIN 33402-2:2005)

Körpermaß	männlich			weiblich		
	Perzentil			Perzentil		
	5.	50.	95.	5.	50.	95.
1.1 Reichweite nach vorn (Griffachse)	685	740	815	625	690	750
1.2 Körpertiefe	260	285	380	245	290	345
1.3 Reichweite nach oben, beidarmig (Griffachse)	1975	2075	2205	1840	1945	2025
1.4 Körperhöhe	1650	1750	1855	1535	1625	1720
1.5 Augenhöhe	1530	1630	1735	1430	1515	1605
1.6 Schulterhöhe	1345	1450	1550	1260	1345	1425
1.7 Ellenbogenhöhe	1025	1100	1175	960	1020	1080
1.8 Schritthöhe	760	830	905	710	775	830
1.9 Höhe der Hand (Griffachse) über der Standfläche	730	765	825	670	715	760
1.10 Schulterbreite (biakrominal)	370	405	435	345	370	400
1.11 Hüftbreite	340	360	385	340	365	400

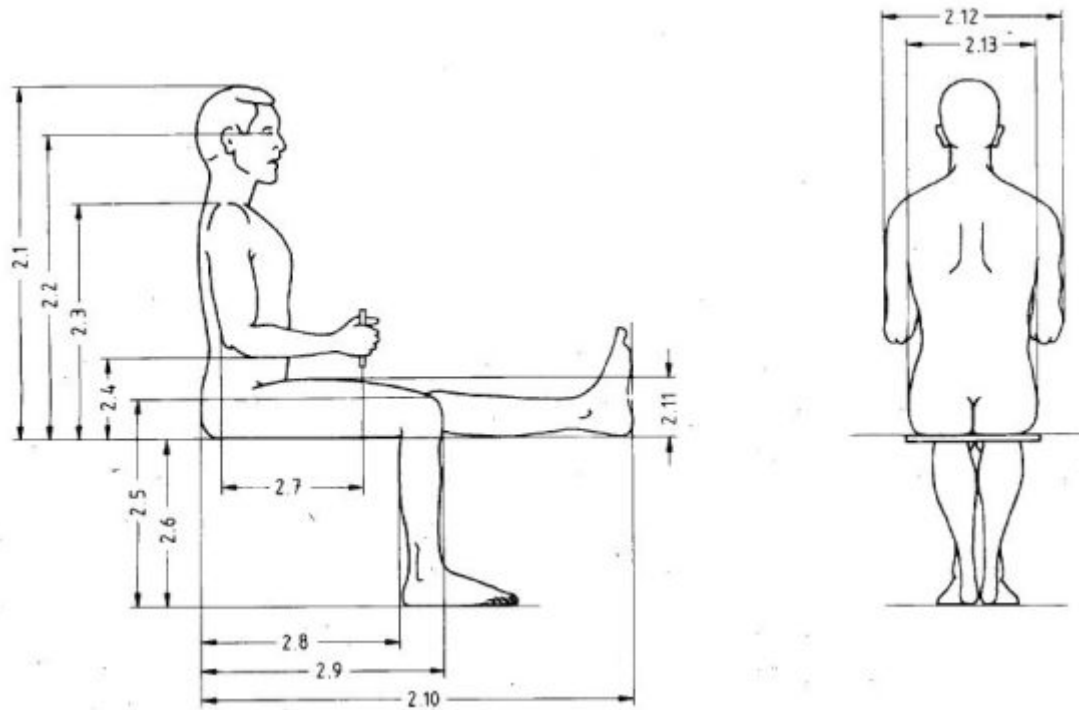


Abb. 5.2: Körpermaße, sitzend (DIN 33402-1:1978)

Tab. 5.2: Körpermaße, sitzend (Alter ø 18 bis 65, Angaben in mm) (DIN 33402-2:2005)

Körpermaß	männlich			weiblich		
	Perzentil			Perzentil		
	5.	50.	95.	5.	50.	95.
2.1 Körpersitzhöhe	855	910	965	810	860	910
2.2 Augenhöhe	740	795	855	705	755	805
2.3 Schulterhöhe	570	625	670	540	590	630
2.4 Ellenbogenhöhe über der Sitzfläche	210	240	285	185	230	275
2.5 Kniehöhe	495	535	585	460	500	545
2.6 Länge des Unterschenkels mit Fuß	410	450	490	375	415	450
2.7 Ellenbogen-Griffachsen-Abstand	325	350	390	295	315	350
2.8 Gesäß-Kniekehlen-Länge (Sitztiefe)	450	495	540	435	485	530
2.9 Gesäß-Knielänge	565	610	655	545	590	640
2.10 Gesäß-Beinlänge	965	1045	1140	925	990	1055
2.11 Oberschenkelhöhe	130	150	180	125	145	175
2.12 Breite über die Ellenbogen	415	480	555	395	485	555
2.13 Hüftbreite	350	375	420	360	390	460

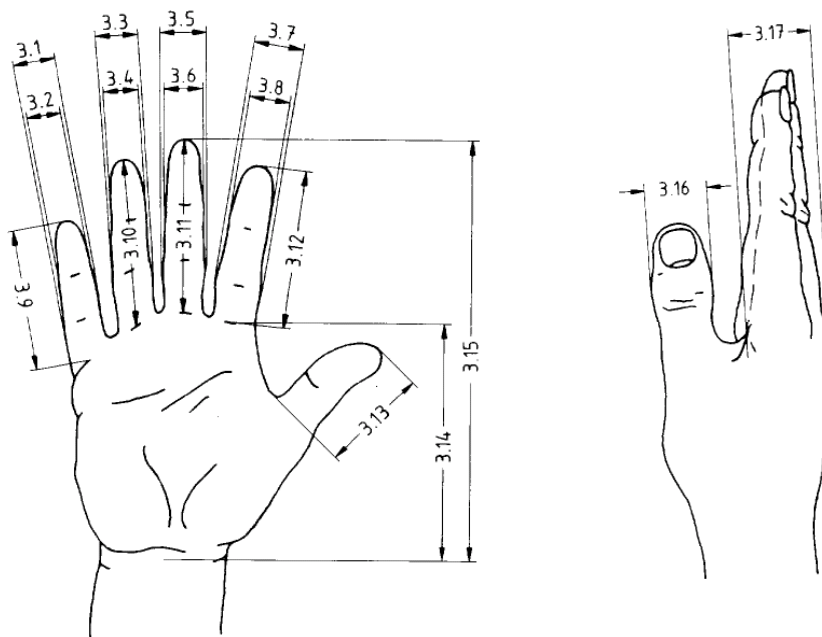


Abb. 5.3: Körpermaße, Hand und Finger (DIN 33402-1:1978)

Tab. 5.3: Körpermaße, Hand und Finger (Alter ø 18 bis 65, Angaben in mm) (DIN 33402-2:2005)

Körpermaß	männlich			weiblich		
	Perzentil			Perzentil		
	5.	50.	95.	5.	50.	95.
3.1 Kleinfingerbreite, körpernah	15	17	19	12	14	17
3.2 Kleinfingerbreite, körperfern	14	15	17	11	13	16
3.3 Ringfingerbreite, körpernah	17	20	21	15	17	19
3.4 Ringfingerbreite, körperfern	15	16	18	13	16	18
3.5 Mittelfingerbreite, körpernah	19	21	23	17	19	22
3.6 Mittelfingerbreite, körperfern	16	17	19	14	17	19
3.7 Zeigefingerbreite, körpernah	19	21	23	17	19	21
3.8 Zeigefingerbreite, körperfern	17	18	20	14	16	18
3.9 Kleinfingerlänge	57	64	72	51	59	66
3.10 Ringfingerlänge	72	80	87	65	73	81
3.11 Mittelfingerlänge	76	84	93	71	77	86
3.12 Zeigefingerlänge	68	75	83	62	69	77
3.13 Daumenlänge	59	68	75	53	60	69
3.14 Handflächenlänge	104	111	121	92	100	108
3.15 Handlänge	175	189	207	162	177	193
3.16 Daumenbreite, körperfern	20	22	24	16	20	22
3.17 Handdicke	24	30	31	21	26	32

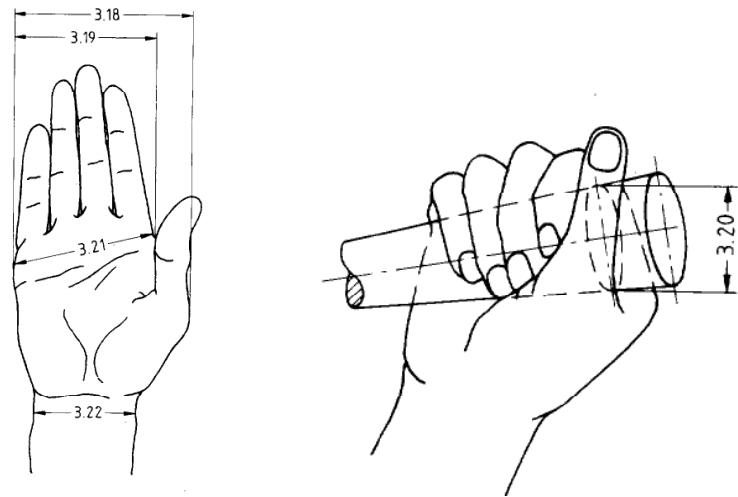


Abb. 5.4: Körpermaße, Hand und Finger, Forts. (DIN 33402-1:1978)

Tab. 5.4: Körpermaße, Hand und Finger, Forts. (Alter \varnothing 18 bis 65, Angaben in mm) (DIN 33402-2:2005)

Körpermaß	männlich			weiblich		
	Perzentil			Perzentil		
	5.	50.	95.	5.	50.	95.
3.18 Handbreite mit Daumen	98	107	117	82	90	99
3.19 Handbreite	80	87	94	70	77	84
3.20 Griffumfang der Hand	120	135	155	110	130	155
3.21 Handumfang ohne Daumen	195	210	230	175	195	210
3.22 Handgelenkumfang	160	175	190	150	165	180

5.2.2 Biomechanische Daten

Im Folgenden finden sich biomechanische Daten zu Aktionskräften. Diese Daten sind ausschließlich auf die beschriebenen Fälle anwendbar. Gegenebenenfalls sind die jeweiligen Quellen hinzuziehen.

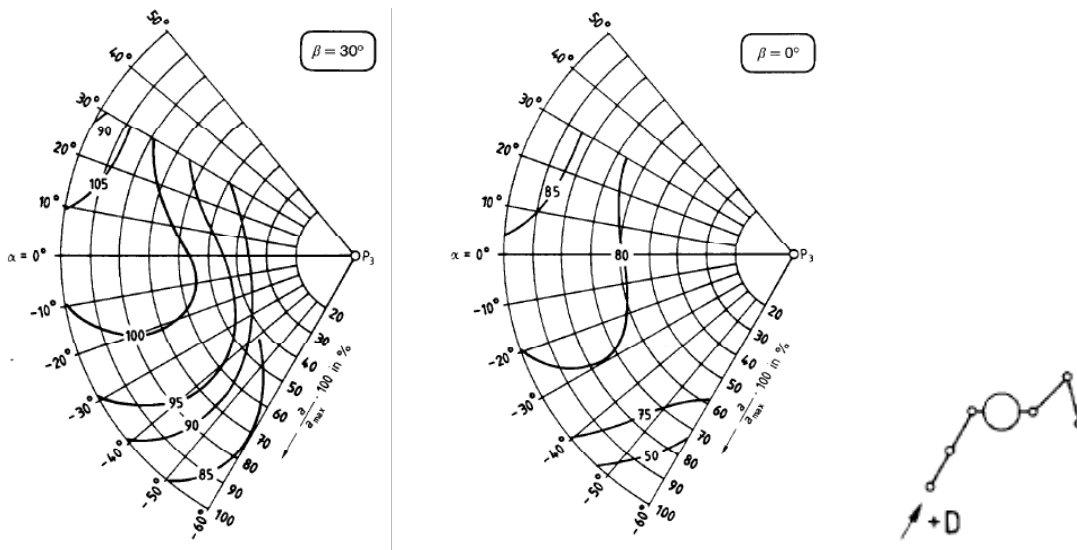


Abb. 5.5: Krafrichtung +D (zum Schulterbezugspunkt hin) Kraft in N; Frauen (DIN 33411-4:1987)

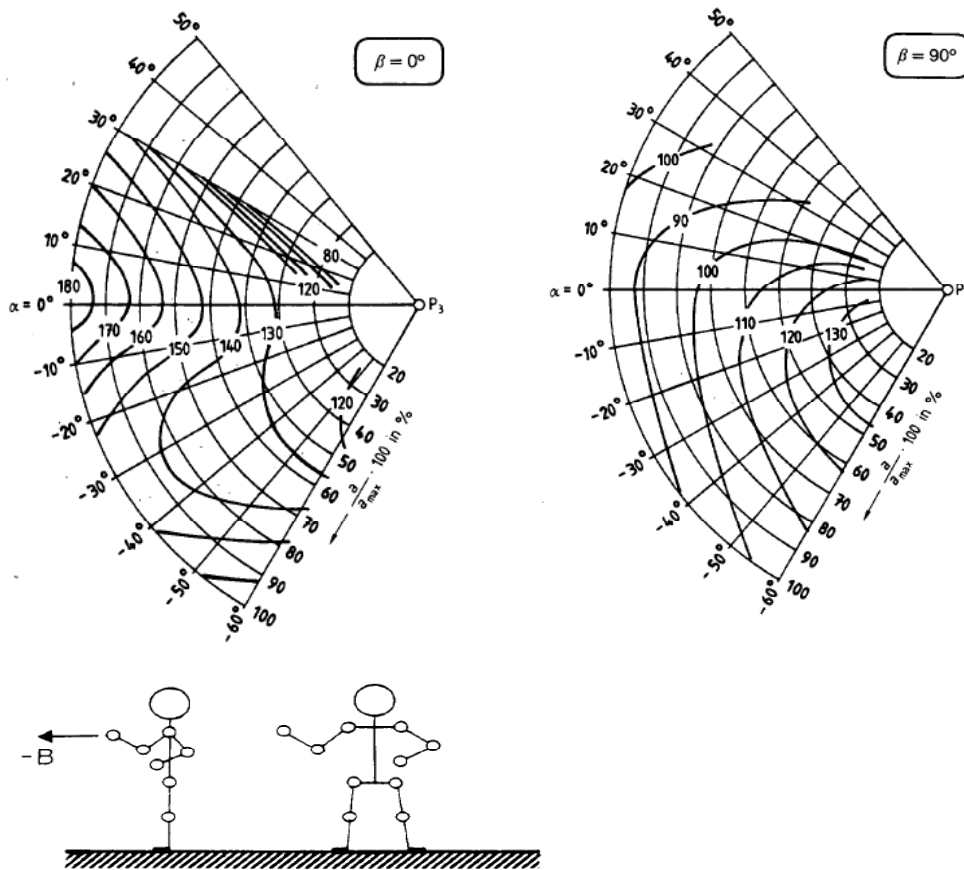
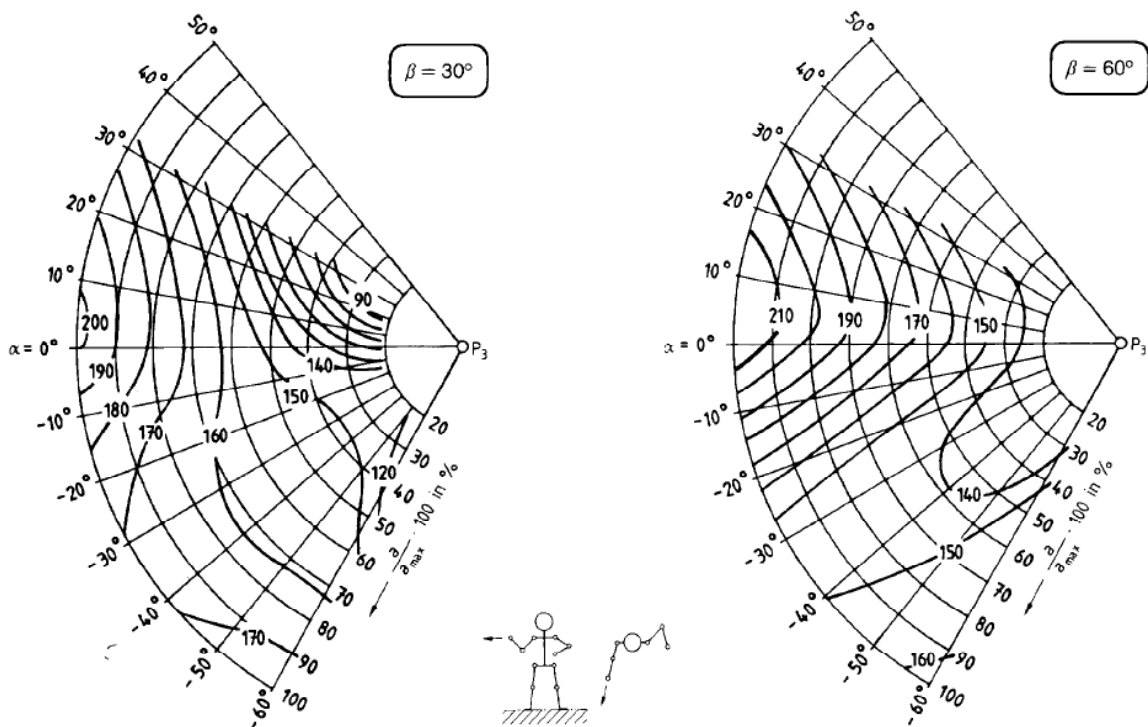


Abb. 5.6: Einhändige Kraftausübung im Stand horizontal, parallel zur Körpersymmetrieebene, vorwärts (DIN 33411-4:1987)



Kraftrichtung $\varphi = 0^\circ$, $\psi = 30^\circ$
 Kraft in N; Männer einhändig

Kraftrichtung $\varphi = 0^\circ$, $\psi = 60^\circ$
 Kraft in N; Männer einhändig














Abb. 5.7: Einhändige Kraftausübung im Stand horizontal, vom Schulterbezugspunkt weg, vorwärts (DIN 33411-4:1987)

5.2.3 Stellteiltypen











Im Folgenden finden sich Bezeichnungen und Symbole unterschiedlicher Bedien- und Stellteiltypen. Sie sind entnommen aus:

- DIN EN 894-3:2000
- Burandt, 1978
- MIL-STD 1472F, 1999
- DoD MIL-HDBK-759c, 1995.




Tab. 5.5: Kontaktgriffe: Finger, translatorisch

Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol	Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol
Paariger Tastknopf, diskret, senkrecht		Hebel zum Feinstellen, kontinuierlich, tangential	
Einzeltastknopf, diskret, senkrecht		Schiebeknopf mit Kantenprofil, kontinuierlich, senkrecht	
Einzeltastknopf (Daumen), diskret, senkrecht		Schiebeknopf mit Zeiger, kontinuierlich, senkrecht	
Kippschalter (zwei Stellungen), diskret, senkrecht		Zugöse, kontinuierlich, senkrecht	
Schiebeschalter, diskret, tangential		Flacher geriffelter Schiebeknopf, kontinuierlich, tangential	
Einbau-Schiebeschalter, diskret, tangential		Angeformter geriffelter Schiebeknopf, kontinuierlich, tangential	
Angeformter geriffelter Schiebeknopf, kontinuierlich, tangential			

Tab. 5.6 Kontaktgriff Finger, rotatorisch

Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol	Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol
Fingerhebel, diskret, senkrecht		Zeigerartiger Knopf, kontinuierlich, senkrecht	
Kantenwalze, diskret, tangential		Daumenrolle, kontinuierlich, tangential	
Drehschieber, diskret, tangential		Nabentaster, kontinuierlich, tangential	
Knopf mit Fingermulde, kontinuierlich, senkrecht		Rollkugel, kontinuierlich, tangential	
Drehschieber, kontinuierlich, senkrecht		Kodierte Knöpfe, kontinuierlich, tangential	












Tab. 5.7: Kontaktgriff: Hand, translatorisch

Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol	Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol
Pilzförmiger Druckschalter, diskret, senkrecht		Bündiger Druckschalter mit Handauflagefläche, diskret, senkrecht	
Druckschalter mit Handauflagefläche, diskret, senkrecht			



Tab. 5.8: Kontaktgriff: Hand, rotatorisch

Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol	Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol
Eindrückklappe, diskret, senkrecht		Flachhebel, diskret, senkrecht	
Stanzgriff, diskret, senkrecht			




Tab. 5.9: Zufassungsgriff: Finger, translatorisch

Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol	Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol
Kipphebel, diskret, senkrecht		Schiebeknopf mit Profil, kontinuierlich, senkrecht	
Flachkipphebel, diskret, senkrecht		Versenkter Schiebeknopf, kontinuierlich, senkrecht	
Versenkter Flachkipphebel, diskret, senkrecht		Kugelknopf, kontinuierlich, tangential	
Druck-Schiebe-Taster, diskret, tangential		Knopf mit Mulde, kontinuierlich, tangential	
Kipp-Schiebe-Taster, diskret, tangential		Schiebeknopf mit Profil, kontinuierlich, senkrecht	
Zug-Druck-Taster, diskret, tangential			




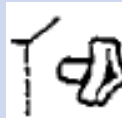
Tab. 5.10: Zufassungsgriff: Finger, rotatorisch

Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol	Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol
Versenkter Knebelknopf, diskret, senkrecht		Glatter Knopf mit Kragen, diskret, tangential	
Zeigerknopf, diskret, senkrecht		Geriffelter Knopf, diskret, tangential	
Schlüsselschalter, diskret, senkrecht		Kodierte Knöpfe zum schalten von zwei Stellungen, diskret, senkrecht	
Gerändelter Rundknopf, diskret, tangential			

Tab. 5.11: Zufassungsgriff: Hand, translatorisch


Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol	Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol
In zwei Richtungen beweglicher Knopf, diskret, senkrecht		Schieber mit ovalem T-Griff, kontinuierlich, senkrecht	
Kugelknopfschieber, kontinuierlich, senkrecht			

Tab. 5.12: Zufassungsgriff: Hand, rotatorisch





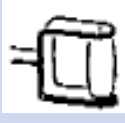
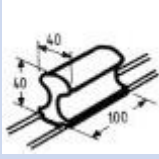

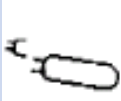





Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol	Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol
Hebel mit Rundknopf, diskret, senkrecht		Handrad mit Kurbel, kontinuierlich, Drehwinkel >180°, senkrecht	
T-Griff, diskret, senkrecht		Geformter T-Griff, kontinuierlich, Drehwinkel >180°, senkrecht	
Versenkter Handknopf, diskret, senkrecht		Sterngriff mit drei Griffmulden, kontinuierlich, Drehwinkel >180°, senkrecht	

Handrad mit Wellenkranz, diskret, tangential		Kreuzgriff, Drehwinkel >180°, senkrecht	
Dreieckiger Knopf, diskret, tangential		Gerändelter Handknopf, kontinuierlich, tangential	
Sechseckiger Knopf mit Kragen und Skala, diskret, tangential		Stergriff mit acht Griffmulden, kontinuierlich, tangential	
Kleine Handkurbel mit Knauf, kontinuierlich, Drehwinkel >180°, senkrecht		Knopf mit Innenprofil, kontinuierlich, tangential	
Haspelartiger Hebel, kontinuierlich, Drehwinkel >180°, senkrecht		Steuerhebel (Joystick), kontinuierlich, senkrecht	









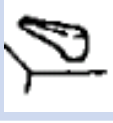


Tab. 5.13: Umfassungsgriff: Finger, translatorisch

Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol	Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol
Tab. 5.13: Umfassungsgriff: Finger, translatorisch		Flachhebel, diskret, senkrecht	
Stanzgriff, diskret, senkrecht			

Tab. 5.14: Umfassungsgriff: Hand, translatorisch

Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol	Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol
Glatter gekröpfter Handgriff, diskret, senkrecht		Handgriffschieber, kontinuierlich, senkrecht	
Geriffelter gekröpfter Handgriff, diskret, senkrecht		Handgriffschieber mit Auslöser, kontinuierlich, senkrecht	
Glatter Handgriff, diskret, senkrecht		Handschieber mit Griffleiste, kontinuierlich, tangential	
Glatter konischer Handgriff, diskret, tangential		Glatter zylindrischer Zuggriff, kontinuierlich, tangential	
Geriffelter Handgriff, diskret, tangential		Glatter kegeliger Zuggriff, kontinuierlich, tangential	
Handgriff mit Bügel, diskret, tangential		Glatter Griff mit profilierten Griffenden, kontinuierlich, tangential	
Handgriffschieber, kontinuierlich, senkrecht			

Tab. 5.15: Umfassungsgriff: Hand, rotatorisch

Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol	Bezeichnung, Bewegung, Kopplung	Symbol
Handkurbel, kontinuierlich, Drehwinkel >180°, senkrecht		Doppelgriff, kontinuierlich, Drehwinkel >180°, senkrecht	
Handkurbelrad, kontinuierlich, Drehwinkel >180°, senkrecht		Kreuzknebel, kontinuierlich, Drehwinkel >180°, senkrecht	
Versenkbare Kurbel, kontinuierlich, Drehwinkel >180°, senkrecht		Drehkreuz, kontinuierlich, Drehwinkel >180°, senkrecht	
Bügelhandgriff, kontinuierlich, Drehwinkel >180°, senkrecht		Glattes Handrad, kontinuierlich, tangential	
Handhebel, kontinuierlich, Drehwinkel >180°, senkrecht		Geriffeltes Handrad, kontinuierlich, tangential	
Knebelmutter, kontinuierlich, Drehwinkel >180°, senkrecht			

5.2.4 Checklisten

5.2.4.1 Bedienungsanleitung

Tab. 5.16: Beispiel einer Checkliste zur technischen Überprüfung(nach DIN EN 62079:2001)

1	Identifizierung
1.1	Markenzeichen und Typkennzeichnung
1.2	Liefer-Nr., Version, Typ-Nr. usw.
1.3	Verfallsdatum
1.4	Aktualitäts-Check
1.5	Adresse des Herstellers/Lieferanten/Kundendienstes
1.6	Zertifizierungsreferenzen, Kennzeichnungen
1.7	Optionale Module, Extras
2	Produktspezifikation
2.1	Funktionen und Anwendungsbereich
2.2	Sicherer und korrekter Gebrauch
2.3	Integrierter Entwurf von Produkt und Anleitungen,
2.4	Abmessungen
2.5	Leistungsdaten und -bedingungen
2.5	Angaben zur Energie-, Wasserversorgung und anderen Verbrauchsgütern

2.7	Energieverbrauch und -bedingungen
2.8	Emission von Lärm, Gas, Abfall, Strahlung – Bedingungen
2.9	Informationen über den Schutz von Personen
2.10	Informationen über Gefahren für besondere Personengruppen
2.11	Information über sichere Entsorgung
3	Vorbereitung des Produkts für den Gebrauch
3.1	Sicherheitsmaßnahmen vor der Installation
3.2	Auspacken, sichere Entsorgung des Verpackungsmaterials
3.3	Installation und Montage
3.4	Lagerung und Schutz zwischen Intervallen normalen Gebrauchs
3.5	Wiederverpacken zur Schadensvermeidung beim Transport
3.6	Beschränkungen der Betätigung für nicht qualifizierte Personen
3.7	Anbringungsort der Anleitungen
4	Betriebsanleitungen
4.1	Grundlegende Funktionen
4.2	Sekundäre Funktionen
4.3	Optionale Module und Extras, Schutz von Personen
4.4	Kurzanleitungen
4.5	Entsorgung des Abfallmaterials
5	Sichtbare und/oder hörbare Anzeigen
5.1	Erklärungen in den Anleitungen geliefert
5.2	Warnhinweise hervorgehoben
5.3	Anzeigen
6	Instandhaltung und Reinigung
6.1	Sicherheitsmaßnahmen
6.2	Vorbeugende Instandhaltung und Inspektion, die für die Sicherheit notwendig ist
6.3	Regelmäßige Überprüfung der Warnvorrichtungen
6.4	Instandhaltung und Reinigung durch Benutzer
6.5	Instandhaltung und Reinigung durch qualifizierte Personen
6.6	Fehlzustandsdiagnose, Reparatur
6.7	Unterstützung durch Kundendienst/Hersteller
7	Informationen zu Sicherheit und Gesundheit
7.1	Allgemeine Sicherheitsvorschriften zusammengefasst am Beginn der Anleitungen
7.2	Anerkannte technische Vorschriften sind beachtet worden
7.3	Klare Vorgaben sind geliefert, was zu tun und was zu vermeiden ist
7.4	Sicherheitshinweise/Warnungen
7.5	Sicherheitssignale
7.6	Information über Restrisiken
7.7	Umweltaspekte beim Gebrauch des Produkts
7.8	Maßnahmen zur Produktentsorgung
8	Widerspruchsfreiheit der Information
8.1	Konsistente Terminologie in allen Teilen
8.2	Konsistente Symbole auf dem Produkt und in den Begleitmaterialien
8.3	Konsistente Warnbegriffe auf dem Produkt und in den Begleitmaterialien

Die vollständige Checkliste findet sich als editierbare Datei unter folgender Internetadresse:

<http://www.dke.de/NR/rdonlyres/D1546043-66D3-4768-AF2A-5B8C3C31DC12/o/Checklisten.doc>

Tab. 5.17: Beispiel einer Checkliste für die Beurteilung der Darstellung
(nach DIN EN 62079:2001)

1	Leserlichkeit
1.1	Informationen auf den Produkten (Schriftgröße; Helligkeit; Oberflächenmaterial)
1.2	Handbücher, Benutzerhandbücher, Informationsblätter (Papierqualität; Schriftgröße; Zeilenabstand; Anwendung verschiedener Schriftarten/-größen; einfach zu lesende Bildunterschriften; Helligkeitskontrast; Anwendung von Farben; allgemeiner Eindruck der Seite)
2	Elektronische Medien (Audio, Video, Multimedia)
2.1	Technische Ausrüstung
2.2	Benutzerfreundlicher Systemzugang und einfache Bedienung
2.3	Benutzerfreundliche Gestaltung
3	Anzeigen
3.1	Menge und Klarheit der dem Benutzer gelieferten Information
3.2	Erklärung der Anzeigen
4	Text und Fachbegriffe
4.1	Text, Anwendung von Wörtern (einfach, sinnvoll, kurz und verständlich; ein Satz, eine Handlungsanweisung; nicht zu viele Informationen in einem Satz; Aktivform; Tätigkeitsverben; Negationen selten und vernünftig angewendet)
4.2	Angewendete Fachbegriffe (Abkürzungen beim ersten Vorkommen erklärt; technische Fachbegriffe beim ersten Vorkommen definiert; gut erklärt, verständlich für normale Leser; konsistente Verwendung von Fachbegriffen)
4.3	Gliederung des Textes (konsistent gegliedert; die Gliederung folgt dem Kommunikationsprinzip; Gliederung von grundlegenden Operationen/Funktionen zu komplexen Operationen/Funktionen; sinnvolle Trennung zwischen Grundprodukt und optionalen Modulen; informative Überschriften)
4.4	Stil der Anleitungen (Verwendung von Imperativ oder Infinitiv; konsistent formuliert und gegliedert; so kurz wie möglich und detailliert wie nötig)
5	Sprache
5.1	Information in der/den vereinbarten Sprache(n)
5.2	Klare Trennung der Sprachen
5.3	Klare Verbindung zwischen Text und Abbildungen
5.4	Deutliche Aussprache (Audio)
5.5	Keine sprachlichen Fehler
6	Abbildungen
6.1	Allgemeine Qualität
6.2	Ausreichende Anzahl von Abbildungen, um klare und spezifische Information zu liefern
6.3	Abbildungen unterstützt durch klare und hilfreiche Bildtexte
7	Graphische Symbole
7.1	International genormte Symbole dort, wo möglich
7.2	Symbole klar verständlich oder erklärt
8	Figuren
8.1	Größe entsprechend dem Zweck
8.2	Klar (d. h. dieselbe Information – dieselbe Abbildungsstruktur)
8.3	Text innerhalb von Abbildungen klar angeordnet und konsistent angewendet
8.4	Abbildung und Text, die zusammengehören, stehen eng beieinander

9	Tabellen
9.1	Angemessen angeordnet
9.2	Klar dargestellt und informativ
9.3	Wiederholt, wenn nötig
10	Flussdiagramme
10.1	Dargeboten, wo angebracht
10.2	Unterstützt durch klare und hilfreiche Texte
10.3	Nähe zum Text, zu dem sie gehören
11	Verwendung von Farben
11.1	Funktional
11.2	Klar
11.3	Konsistent
12	Inhaltsverzeichnis/Index
12.1	Der Länge und Komplexität des Textes angemessen
12.2	Überschriften mit denen im Text identisch
12.3	Klar, konsistent und hilfreich
12.4	Nummerierte Seiten
12.5	Liste mit Schlagwörtern, falls hilfreich
13	Ratschlag für die Fehlersuche
13.1	Checkliste möglicher Fehlzustände mit Reparaturanleitungen
13.2	Klarer Hinweis, ob die Benutzer die Reparatur selbst versuchen dürfen oder nicht
14	Sicherheit
14.1	Angemessene Vorkehrung gegen Verlust und Beschädigung
14.2	Änderungsdienst für die Benutzerdokumentation ist organisiert
15	Zielgruppe (Benutzer)
15.1	Zielgruppe ist bezeichnet
15.2	Darstellung des Inhalts ist für die Zielgruppe angemessen

Die vollständige Checkliste findet man als editierbare Word-Datei unter folgender Internetadresse:
<http://www.dke.de/NR/rdonlyres/D1546043-66D3-4768-AF2A-5B8C3C31DC12/o/Checklisten.doc>

5.3 Normen

Die Normenrecherche (Stand 2009) hat eine Vielzahl von Normen ergeben, die ergonomische Gesichtspunkte umfassen. Es handelt sich um produktabhängige und -unabhängige Normen. Zur besseren Übersicht sind diese Normen nach den Teilaspekten der Ergonomie strukturiert.

5.3.1 Physikalische Ergonomie

5.3.1.1 Anthropometrie und Biomechanik

DIN 33402 Teil 1: Körpermaße des Menschen; Begriffe, Messverfahren. 2008

DIN 33402 Teil 2: Ergonomie - Körpermaße des Menschen – Teil2: Werte. 2005

DIN 33402 Teil 3: Körpermaße des Menschen; Bewegungsraum bei verschiedenen Grundstellungen und Bewegungen. 1984

DIN 33406: Arbeitsplatzmaße im Produktionsbereich. 1988

DIN 33408 Teil 1: Körperumrisschablonen für Sitzplätze. 2008

DIN 33411 Teil 1: Körperkräfte des Menschen; Begriffe, Zusammenhänge, Bestimmungsgrößen. 1982

DIN 33411 Teil 3: Körperkräfte des Menschen; Maximal erreichbare statische Aktionsmomente männlicher Arbeitspersonen an Handrädern. 1986

DIN 33411 Teil 4: Körperkräfte des Menschen; Maximale statische Aktionskräfte (Isodynien). 1987

DIN 33411 Teil 5: Körperkräfte des Menschen – Teil 5: Maximale statische Aktionskräfte, Werte. 1999

DIN 33419: Allgemeine Grundlagen der ergonomischen Prüfung von Produktentwürfen und Industrieerzeugnissen. 1993 (zurückgezogen 2008)

DIN EN 547 Teil 1: Sicherheit von Maschinen - Körpermaße des Menschen - Teil 1: Grundlagen zur Bestimmung von Abmessungen für Ganzkörper-Zugänge an Maschinenarbeitsplätzen. 2009

DIN EN 547 Teil 2: Sicherheit von Maschinen - Körpermaße des Menschen - Teil 2: Grundlagen für die Bemessung von Zugangsöffnungen. 2009

DIN EN 547 Teil 3: Sicherheit von Maschinen - Körpermaße des Menschen - Teil 3: Körpermaßdaten. 2009

DIN EN 614 Teil 1: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltungsgrundsätze - Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze. 2009

DIN EN 894 Teil 1: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 1: Allgemeine Leitsätze für Benutzer-Interaktion mit Anzeigen und Stellteilen. 2009

DIN EN 894 Teil 3: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen -Teil 3: Stellteile. 2009

DIN EN 894 Teil 4: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 4: Lage und Anordnung von Anzeigen und Stellteilen. Entwurf, 2004 (zurückgezogen 2008)

DIN EN 1005 Teil 1: Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 1: Begriffe. 2009

DIN EN 1005 Teil 2: Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 2: Manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen. 2009

DIN EN 1005 Teil 3: Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 3: Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung. 2009

DIN EN 1005 Teil 4: Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen. 2009

DIN EN 1005 Teil 5: Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 5: Risiko-
beurteilung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen. 2009

DIN EN ISO 7250: Wesentliche Maße des menschlichen Körpers für die technische Gestaltung. 1997

DIN EN ISO 14738: Sicherheit von Maschinen - Anthropometrische Anforderungen an die Gestaltung von Maschinenarbeitsplätzen. 2008

DIN EN ISO 15535: Allgemeine Anforderungen an die Einrichtung anthropometrischer Datenbanken. 2007

DIN EN ISO 15536 Teil 1: Ergonomie - Computer-Manikins und Körperumriss-Schablonen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen. 2008

DIN EN ISO 15536 Teil 2: Ergonomie - Computer-Manikins und Körperumriss-Schablonen - Teil 2: Prüfung der Funktionen und Validierung der Maße von Computer-Manikin-Systemen. 2007

DIN EN ISO 15537: Grundsätze für die Auswahl und den Einsatz von Prüfpersonen zur Prüfung anthropometrischer Aspekte von Industrieerzeugnissen und deren Gestaltung. 2005

DIN EN ISO 20685: 3D-Scanverfahren für international kompatible anthropometrische Datenbanken. 2006

ISO 9355 Teil 1: Ergonomische Anforderungen für die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 1: Benutzer-Interaktion mit Anzeigen und Stellteilen (Internationale Übereinstimmung mit DIN EN 894-1). 1999

ISO 9355 Teil 3: Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 3: Stellteile (Internationale Übereinstimmung mit DIN EN 894-3). 2006

ISO 11226: Ergonomie - Evaluierung von Körperhaltungen bei der Arbeit. 2000

ISO 11228 Teil 1: Ergonomie - Manuelles Handhaben von Lasten – Teil 1: Heben und Tragen. 2003

ISO 11228 Teil 2: Ergonomie - Manuelle Handhabung – Teil 2: Ziehen und Schieben. 2007

ISO 11228 Teil 3: Ergonomie - Manuelle Handhabung – Teil 3: Handhabung geringer Lasten bei hohen Bewegungsfrequenzen. 2007

ISO 15534 Teil 1: Ergonomische Gestaltung für die Sicherheit von Maschinen – Teil 1: Grundlagen zur Bestimmung von Abmessungen für Ganzkörper-Zugänge an Maschinenarbeitsplätzen. 2000

ISO 15534 Teil 2: Ergonomische Gestaltung für die Sicherheit von Maschinen – Teil 2: Grundlagen für die Bemessung von Zugangsöffnungen. 2000

ISO 15534 Teil 3: Ergonomische Gestaltung für die Sicherheit von Maschinen – Teil 3: Körpermaßdaten. 2000

ISO/DIS 9355 Teil 4: Maschinensicherheit - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 4: Anordnung und Zuordnung von Anzeigen und Stellteilen (Internationale Übereinstimmung mit DIN EN 894-4). 2004

5.3.1.2 Optische und akustische Wahrnehmung

BGI 650: Bildschirm- und Büroarbeitsplätze - Leitfaden für die Gestaltung. 2009

DIN 5031 Teil 2: Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik; Strahlungsbewertung durch Empfänger. 1982

DIN 5033 Teile 1-9: Farbmessung. 1976 -2009

DIN 19045 Teile 1-9: Projektion von Steh- und Laufbild. 1984-1998

DIN 33404 Teil 3: Gefahrensignale für Arbeitsstätten; Akustische Gefahrensignale; Einheitliches Notsignal, Prüfung. 1982

DIN EN 842: Sicherheit von Maschinen - Optische Gefahrensignale – Allgemeine Anforderungen, Gestaltung und Prüfung. 2009

DIN EN 894 Teil 1: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 1: Allgemeine Leitsätze für Benutzer-Interaktion mit Anzeigen und Stellteilen. 2009

DIN EN 894 Teil 2: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 2: Anzeigen. 2009

DIN EN 981: Sicherheit von Maschinen - System akustischer und optischer Gefahrensignale und Informationssignale. 2009

DIN EN ISO 9241-302: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 302: Terminologie für elektronische optische Anzeigen . 2009

DIN EN ISO 9241-303: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 303: Anforderungen an elektronische optische Anzeigen. 2009

DIN EN ISO 9241-307: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 307: Analyse und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen. Entwurf, 2009

DIN EN 29295: Akustik; Messung von hochfrequentem Geräusch von Geräten der Büro und Informationstechnik. 1991

DIN EN 50332 Teil 1: Elektroakustische Geräte: Kopfhörer und Ohrhörer in Verbindung mit tragbaren Audiogeräten - Verfahren zur Messung des maximalen Schalldruckpegels und Angaben zu Grenzwerten - Teil 1: Allgemeines Verfahren für „Original-Geräte-Sets“. 2000

DIN EN 50332 Teil 2: Elektroakustische Geräte: Kopfhörer und Ohrhörer in Verbindung mit tragbaren Audiogeräten - Verfahren zur Messung des maximalen Schalldruckpegels und Angaben zu Grenzwerten - Teil 2: Anpassung von Geräten und Kopfhörern, wenn eine der beiden oder beide Komponenten getrennt angeboten werden. 2004

DIN EN 61947 Teil 1: Elektronische Projektion - Messung und Dokumentation wichtiger Leistungsmerkmale - Teil 1: Projektoren fester Auflösung. 2003

DIN EN 61947 Teil 2: Elektronische Projektion - Messung und Dokumentation wichtiger Leistungsmerkmale - Teil 2: Projektoren variabler Auflösung. 2003

DIN EN 61988 Teile 1-3: Plasmabildschirme. 2003-2006

- DIN EN ISO 7731:** Ergonomie - Gefahrensignale für öffentliche Bereiche und Arbeitsstätten - Akustische Gefahrensignale. 2008
- DIN EN ISO 7779:** Akustik; Geräuschmessung an Maschinen; Luftschallemission; Hüllflächen- und Hallraum-Verfahren; Geräte der Büro- und Informationstechnik. 2002
- DIN EN ISO 9241 Teil 7:** Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 7: Anforderungen an visuelle Anzeigen bezüglich Reflexionen. 1998
- DIN EN ISO 9241 Teil 8:** Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 8: Anforderungen an Farbdarstellungen. 1998
- DIN EN ISO 13406 Teil 1:** Ergonomische Anforderungen für Tätigkeiten an optischen Anzeigeeinheiten in Flachbauweise - Teil 1: Einführung. 2000 (zurückgezogen 2009)
- DIN EN ISO 13406 Teil 2:** Ergonomische Anforderungen für Tätigkeiten mit optischen Anzeigeeinheiten in Flachbauweise - Teil 2: Ergonomische Anforderungen an Flachbildschirme. 2003 (zurückgezogen 2009)
- DIN ISO 13655:** Graphische Technik - Spektrale Messung und farbmimetrische Berechnung für graphische Objekte. 2000
- DIN EN ISO 29241 Teil 3:** Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 3: Anforderungen an visuelle Anzeigen. 1993
- ISO 9296:** Vereinbarte Geräuschemissionswerte für Rechner- und Geschäftseinrichtungen. 1988
- ISO 9355 Teil 2:** Ergonomische Anforderungen für die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 2: Anzeigen (Internationale Übereinstimmung mit DIN EN 894-2). 1999
- ISO 11315:** Photographie - Projektion in Innenräumen. 1997
- ISO 11428:** Ergonomie - Optische Gefahrensignale - Allgemeine Anforderungen, Gestaltung und Prüfung (Internationale Übereinstimmung mit DIN EN 842). 1996
- ISO 11429:** Ergonomie - System akustischer und optischer Gefahrensignale und Informationssignale (Internationale Übereinstimmung mit DIN EN 981). 1996
- ISO/CIE 10527:** CIE Farbmimetrische Normalbeobachter. 1991 (zurückgezogen 2009)
- VDI 6008 Bl. 1:** Barrierefreie und behindertengerechte Lebensräume - Anforderungen an die Elektro- und Fördertechnik. 2005

5.3.1.3 Produktspezifisch

Maschinen:

SEMI S8 0307: Safety Guideline for ergonomic engineering of semiconductor manufacturing equipment. Semiconductor Equipment and Material International. San Jose: 2007

Leitzentralen:

DIN EN ISO 11064 Teil 1: Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 1: Grundsätze für die Gestaltung von Leitzentralen. 2001

DIN EN ISO 11064 Teil 2: Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 2: Grundsätze für die Anordnung von Warten mit Nebenräumen. 2001

DIN EN ISO 11064 Teil 3: Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 3: Auslegung von Wartenräumen. 2003

DIN EN ISO 11064 Teil 4: Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 4: Auslegung und Maße von Arbeitsplätzen. 2004

DIN EN ISO 11064 Teil 5: Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 5: Anzeigen und Stellteile. Entwurf, 2008

DIN EN ISO 11064 Teil 6: Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 6: Umgebungsbezogene Anforderungen an Leitzentralen. 2005

DIN EN ISO 11064 Teil 7: Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 7: Grundsätze für die Bewertung von Leitzentralen. 2006

Tastaturen:

DIN 2137 Teile 1, 2, 6, 10, 11 und 12: Büro- und Datentechnik – Tastaturen. 1995 - 2004

DIN EN 60068-2-70: Umweltprüfungen - Teil 2: Prüfungen - Prüfung Xb: Prüfung der Beständigkeit von Kennzeichnungen und Aufschriften gegen Abrieb, verursacht durch Wischen mit Fingern und Händen. 1996

DIN EN ISO 9241 Teil 4: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 4: Anforderungen an die Tastatur. 1999

ISO/IEC 9995 Teile 1 bis 8: Information technology – Keyboard layouts for text and office systems. 2002 – 2009

ISO/IEC 15411: Informationstechnik - Auslegung geteilter Tastaturen. 1999

Eingabemittel:

DIN EN ISO 9241 Teil 9: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 9: Anforderungen an Eingabemittel außer Tastaturen. 2002

Fahrerinformations- und -assistenzsysteme:

DIN EN ISO 15008: Straßenfahrzeuge - Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen Anforderungen und Bewertungsmethoden der visuellen Informationsdarstellung im Fahrzeug. 2003

EN ISO 15005: Straßenfahrzeuge - Ergonomisch Aspekte von Fahrerinformations- und -assistenzsystemen – Grundsätze und Prüfverfahren des Dialogmanagements. 2002

Diaprojektoren und Diapositive:

DIN 108 Teil 20: Diaprojektoren und Diapositive - Teil 20: Bewertung von Diaprojektoren; Bewertungsprogramm für die Gebrauchstauglichkeit. 1996

5.3.2 Kognitive Ergonomie

DIN EN 62079: Erstellen von Anleitungen Gliederung, Inhalt und Darstellung. 2001

DIN EN ISO 9241 Teil 1: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten

ten – Teil 1 Allgemeine Einführung. 2002

DIN EN ISO 9241 Teil 11: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit. 1999

DIN EN ISO 9241 Teil 12: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 12: Informationsdarstellung. 2000

DIN EN ISO 9241 Teil 13: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 13: Benutzerführung. 2000

DIN EN ISO 9241 Teil 14: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 14: Dialogführung mittels Menüs. 2000

DIN EN ISO 9241 Teil 15: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 15: Dialogführung mittels Kommandosprachen. 1999

DIN EN ISO 9241 Teil 16: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Dialogführung mittels direkter Manipulation. 2000

DIN EN ISO 9241 Teil 17: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Dialogführung mittels Bildschirmformularen. 2000

DIN EN ISO 9241 Teil 110: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung. 2008

DIN EN ISO 13407: Benutzerorientierte Gestaltung interaktiver Systeme. 2000

DIN EN ISO 14915 Teil 1: Software-Ergonomie für Multimedia-Benutzungsschnittstellen - Teil 1: Gestaltungsgrundsätze und Rahmenbedingungen. 2003

DIN EN ISO 14915 Teil 2: Software-Ergonomie für Multimedia-Benutzungsschnittstellen - Teil 2: Multimedia-Navigation und Steuerung. 2003

DIN EN ISO 14915 Teil 3: Software-Ergonomie für Multimedia-Benutzungsschnittstellen - Teil 3: Auswahl und Kombination von Medien. 2003

DIN ISO/IEC 12119: Informationstechnik - Software-Erzeugnisse - Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen. 1995 (zurückgezogen 2006)

DIN ISO 20282 Teil 1: Gebrauchstauglichkeit von Produkten des täglichen Gebrauchs - Teil 1: Gebrauchsumfeld und Benutzerkriterien. 2008

ISO/TS 20282 Teil 2: Bedienungsfreundlichkeit von Produkten des täglichen Gebrauchs - Teil 2: Prüfverfahren. 2009

ISO/IEC Guide 37: Bedienungsanleitungen für vom Endverbraucher genutzte Produkte. 1995

ISO/TR 16982: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Methoden zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit, die eine benutzerorientierte Gestaltung unterstützen. 2002

ISO/TR 18529: Ergonomie - Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Auf den Menschen bezogene Beschreibungen des Lebenswegprozesses. 2000

5.3.3 Organisationsergonomie

DIN 33407: Arbeitsanalyse, Merkmale. 1980 (zurückgezogen 2006)

DIN EN 614 Teil 2: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltungsgrundsätze - Teil 2

Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung von Maschinen und den Arbeitsaufgaben. 2008

DIN EN ISO 6385: Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen. 2004

DIN EN ISO 10075 Teil 1: Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 1: Allgemeines und Begriffe. 2000

DIN EN ISO 10075 Teil 2: Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 2: Gestaltungsgrundsätze. 2000

DIN EN ISO 10075 Teil 3: Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 3: Grundsätze und Anforderungen an Verfahren zur Messung und Erfassung psychischer Arbeitsbelastung. 2004

DIN EN ISO 29241 Teil 2: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Anforderungen an die Arbeitsaufgaben – Leitsätze. 1993

5.3.4 Übergreifende / sonstige Normen

BS 4467: Ergonomische Gesichtspunkte beim Bau von Geräten und Gebäuden für Senioren. 1991

DIN 66050: Gebrauchstauglichkeit; Begriff. 1980

DIN EN 563: Sicherheit von Maschinen - Temperaturen berührbarer Oberflächen - Ergonomische Daten zur Festlegung von Temperaturgrenzwerten für heiße Oberflächen. 2000 (zurückgezogen 2006)

DIN EN 13861: Sicherheit von Maschinen – Leitfaden für die Anwendung von Ergonomie-Normen bei der Gestaltung von Maschinen. 2003

DIN EN 60601 Teil 1-9: Medizinische elektrische Geräte – Teil 1-9: Allgemeine Festlegungen für die Sicherheit – Ergänzungsnorm Gebrauchstauglichkeit. 2008

DIN EN 61223 Teil 2-5: Bewertung und routinemäßige Prüfung in Abteilungen für medizinische Bildung - Teil 2-5: Konstanzprüfungen; Bildwiedergabegeräte (Monitore). 2004

DIN EN ISO 14971: Medizinprodukte - Anwendung des Risikomanagements auf Medizinprodukte: 2009

DIN EN ISO/IEC 17025: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien. 2005

DIN V 6868 Teil 57: Sicherung der Bildqualität in röntgendiagnostischen Betrieben Teil 57: Abnahmeprüfung an Bildwiedergabegeräten. Vornorm, 2001

DIN V ENV 13005: Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen. 1999

EN 13861: Leitfaden für die Anwendung von Ergonomie-Normen bei der Gestaltung von Maschinen und die Abfassung von Ergonomie-Abschnitten in Normen. 2003

ISO/IEC 25062: Software-Engineering - Qualitätskriterien und Bewertung von Softwareprodukten (SQuaRE) - Gemeinsames Industrieformat (CIF) für Berichte über Gebrauchstauglichkeitsprüfungen. 2006

ISO/TS 16071: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Leitlinien zur Barrierefreiheit von Mensch-Computer-Schnittstellen. Vornorm, 2004

VDI 2242 Blatt 1: Konstruieren ergonomiegerechter Erzeugnisse; Grundlagen und Vorgehen. 1986

VDI 2242 Blatt 2: Konstruieren ergonomiegerechter Erzeugnisse; Arbeitshilfen und Literaturzugang. 1986

5.4 Literatur

Ahlstrom, V.; Longo, K.: HUMAN FACTORS DESIGN STANDARD (HFDS). U.S. Department of Transportation, 2003.

<http://hf.tc.faa.gov/hfds/default.htm>

Benz, C.; Leibig, J; Roll, K.-F.: Gestalten der Sehbedingungen am Arbeitsplatz. Einflüsse, Gestaltungsmaßnahmen und Beispiele. Köln: Verlag TÜV Rheinland 1983.

Bergmann, L.; Schäfer, C.: Lehrbuch der Experimentalphysik. Optik. Band 3. 9. Auflage. Berlin; New York: de Gruyter 1993.

BGIA –Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz: Merkheft – Ergonomische Maschinengestaltung. Version 2.0. St. Augustin 2005.

BIA-Report 5/98: Personengebundenes Messsystem zur automatisierten Erfassung von Wirbelsäulenbelastungen bei beruflichen Tätigkeiten. Hrsg: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) Sankt Augustin 1998

Biermann, H.; Weißmantel, H.: Seniorengerechtes Konstruieren SENSI. Das Design seniorengerechter Geräte. VDI Reihe 1 Nr. 247. Düsseldorf: VDI-Verlag 1995.

Birkwald, R.; Dombre, R.; Harbisch, H.: Menschengerechte Arbeitsgestaltung.2. Informationsschrift. 1. Auflage. Köln: Bund-Verlag 1978.

Boyce, P. R.: Human factors in lighting. London: Applied Science Publishing Ltd. 1981.

Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (Hrsg.); Schmidtke, H. (Verf.): Handbuch der Ergonomie mit ergonomischen Konstruktionsrichtlinien (HdE). Loseblatt-Ausgabe, Band 1 bis 5. Koblenz: 1989-2001

Bullinger, H.-J.; Solf, J.J.: Ergonomische Arbeitsmittelgestaltung II. Handgeführte Werkzeuge – Fallstudien. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1979. Forschungsbericht 197

Bullinger, H.-J.; Kern, P.; Solf, J.J.: Reibung zwischen Hand und Griff. Der Einfluss von Material und Oberfläche auf das Reibungsverhalten zwischen Hand und Arbeitsmittelhandseite. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1979. Forschungsbericht 213

Burandt, Ulrich: Ergonomie für Design und Entwicklung. Köln: O. Schmidt 1978

CIE Pub. No. 15.2:1986: International Commission on Illumination. Colorimetry.

CIE Pub. No. 17.4:1989/IEC 50 Pub.:1989: International Commission on Illumination. International Lighting Vocabulary.

CIE Pub. No. 38:1977: International Commission on Illumination. Radiometric and photometric characteristics of materials and their measurement.

Deutscher Akkreditierungs Rat: DAR-4-INF-08. Anforderungen an Prüflaboratorien und Akkreditierungsstellen bezüglich der Messunsicherheitsabschätzung nach ISO/IEC 17025. 2005

DATEch (Hrsg.): DATEch-Prüfhandbuch Gebrauchstauglichkeit. Leitfaden für die ergonomische Evaluierung von interaktiven Systemen auf Grundlage von DIN EN ISO 9241, Teile 11 und 110. Version 3.4. Frankfurt 2006

http://www.datech.de/share/files/Pruefhandbuch_ISO_9241.pdf

Department of Defense, United States of America: Design Criteria Standard – Human Engineering (Mil-STD-1472F). 1999

<http://hftag.dtic.mil/docs-hfs/mil-std-1472f.pdf>

Department of Defense, United States of America: Military Handbook: Anthropometry of U.S. Military Personnel (DoD Mil-HDBK-743A). 1991

<http://assist.daps.dla.mil/docimages/0000/40/29/54083.pdo>

Department of Defense, United States of America: Handbook for Human Engineering Design Guidelines (DoD Mil-HDBK-759C). 1995

<http://hftag.dtic.mil/docs-hfs/mil-hdbk-759c.pdf>

Dupuis, H.; Konietzko, J. (Hrsg.): Handbuch der Arbeitsmedizin: Arbeitsphysiologie, Arbeitspathologie, Prävention (20. Ergänzungslieferung). Landsberg: ecomed 1989

European Broadcasting Union: Tech. 3273-E. Methods of measurement of the colorimetric performance of studio monitors. October 1993.

Faulkner, L.: Beyond the five user assumption: Benefits of increased sample sizes in usability testing. In: Behaviour Research Methods, Instruments, and Computers, 35 (3) S 379-383, 2003

Feggeler, A.; Yoo, J. W.; Hornung, V.: Ergonomische Gestaltung von handgeführten elektromotorischen Arbeitsmitteln. Bundesanstalt für Arbeitsschutz. Dortmund: Wirtschaftsverlag NW 1992. Forschungsbericht 668

Flügel, B.; Greil, H.; Sommer, K.: Anthropologischer Atlas. Grundlagen und Daten. 1. Aufl., Frankfurt/Main: Edition Wötzel, 1986

Glaser, W. R.: Menschliche Informationsverarbeitung. In: Eberleh E., Oberquelle H., Oppermann R. (Hrsg.): Einführung in die Software-Ergonomie. 2. Aufl., Berlin: de Gruyter 1994

Hackos, J. T.; Redish, J. C.: User and Task Analysis for Interface Design. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1998

Hässelbarth, W.: BAM-Leitfaden zur Ermittlung von Messunsicherheiten bei quantitativen Prüfergebnissen. Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2004. Forschungsbericht 266

Heeg, F.-J.; Kleine, G., Bahsier, G.: Ergonomische Gestaltung handgeführter Elektrowärmewerkzeuge. Bundesanstalt für Arbeitsschutz. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1989. Forschungsbericht 599

Hettinger, Th.; Kaminsky, G.; Schmale H.: Ergonomie am Arbeitsplatz. Daten zur menschengerechten Gestaltung der Arbeit. Ludwigshafen: Friedrich Kiehl Verlag 1976

Hettinger, Th.; Wobbe, G. (Hrsg.): Kompendium der Arbeitswissenschaft. Ludwigshafen: Friedrich Kiehl Verlag 1993

Hentschel, H.-J.: Licht und Beleuchtung. Theorie und Praxis der Lichttechnik. 4. neubearbeitete Auflage. Heidelberg: Hüthig Buch Verlag 1994.

Landau, K. (Hrsg.); Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Good practice. Ergonomie und Arbeitsgestaltung; anlässlich des 50jährigen Bestehens der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Stuttgart: Ergonomia-Verlag 2003

Keller, P. A.: Electronic Display Measurement. New York: John Wiley & Sons. 1997.

- Kokoschka, Siegfried:** Beleuchtung, Bildschirm, Sehen. Habilitationsschrift. Karlsruhe 1989.
- Lange, H.:** Handbuch der Beleuchtung. Bis einschließlich 30. Ergänzungslieferung vom 30.12.2005. Landsberg: ecomed 2005.
- Lange W.; Windel, A.:** Kleine Ergonomische Datensammlung. Köln: TÜV-Verlag GmbH 2005
- Löhr, R. W.:** Ergonomie kurz und bündig. Grundlagen der Wechselbeziehungen zwischen Mensch, Technik und Umwelt. Würzburg: Verlag Vogel 1976
- Loos, H.:** Farbmessung. Grundlagen der Farbmeterik und ihre Anwendungsbereiche in der Druckindustrie. Band 4 der Reihe: Naturkundliche Grundlagen der Druckindustrie. Itzehoe: Verlag Buch + Schule 1989
- McCluney, W. R.:** Introduction to radiometry and photometry. Boston: Artech House 1994.
- Nielsen, J.:** Usability Engineering. San Diego: Academic Press 1993
- Nielsen, J.; Mack, R. L.:** Usability Inspection Methods. New York: John Wiley & Sons 1994
- OWAS and SAWO.** Ergonomiatiedote (1986), Nr. 2, S. 1-18
- Ponto, K.:** BGIA-Report 4/2005. Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung und ergonomische Beratung bei Belastung des Muskel-Skelett-Systems. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) Sankt Augustin Oktober 2005
- Psyhyrembel Klinisches Wörterbuch.** 258. neu bearbeitete Auflage. Berlin: de Gruyter 1998
- Ris, H. R.:** Beleuchtungstechnik für Praktiker. Grundlagen – Lampen – Leuchten – Planung – Messung. 2. erweiterte Auflage. Berlin; Offenbach: VDE-Verlag 1997
- Rohmert, W.:** Statische Haltearbeit des Menschen. Berlin: Beuth Verlag 1960
- Rosson, M. B.; Carroll J. M.:** Usability Engineering – Scenario-Based Development of Human-Computer Interaction. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers 2002
- Rubin, J.:** Handbook of usability testing: how to plan, design, and conduct effective tests. New York: John Wiley & Sons 1994
- Sachs, L.:** Statistische Methoden: Planung und Auswertung. 6. Auflage. Berlin: Springer-Verlag 1988.
- Sarodnick, F.; Brau, H.:** Methoden der Usability Evaluation. Wissenschaftliche Grundlagen und praktische Anwendung. 1. Auflage. Bern: Verlag Hans Huber 2006
- Schmidtke, H.:** Lehrbuch der Ergonomie. 2. Auflage. München: Carl Hanser Verlag 1981
- Schmidt, R. F.; Thews, G.:** Physiologie des Menschen. 21. korrigierte Auflage. Berlin: Springer-Verlag 1983
- Schmidt, R. F.; Thews, G.; Lang, F.:** Physiologie des Menschen. 28. Auflage. Berlin: Springer-Verlag 2000
- Schneider, G.:** Angepasste Gestaltungsrichtlinien und deren Umsetzung – Normen und Richtlinien, Quasistandards, Anwendungsbeispiele. In VDI Berichte 1303: Menschengerechte Bedienung technischer Geräte. Düsseldorf: VDI Verlag 1996
- Schneiderman B.:** User Interface Design. Bonn: mitp-Verlag 2002
- Stoffert, G.:** Analyse und Einstufung von Körperhaltungen bei der Arbeit nach der OWAS-Methode. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 39 (11NF) Nr1, Seite 31 – 38, 1985

UKAS: M3003. The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement. 2nd Edition. United Kingdom Accreditation Service. 2007

<http://www.ukas.com/Library/downloads/publications/M3003.pdf>

Universität GH Essen Fachbereich 4 - Studiengang Industrial Design Fachgebiet Ergonomie - Vorlesungsumdruck: Ergonomisches Gestalten für Industrial Design

VBG Verwaltungs-Berufsgenossenschaft: BGI 650: Bildschirm- und Büroarbeitsplätze Leitfaden für die Gestaltung. 2006.

Video Electronics Standards Association (VESA): Flat Panel Display Measurement Standard (FPDM). Version 2.0. June 1, 2001

Wyszecki, G.; Stiles, W. S.: Colour Science. Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae. 2nd Edition. New York: John Wiley&Sons 1982

Zentral-Arbeitsinspektorat Wien: Grundlagen manueller Lasthandhabung - Projekteinleitungsbericht. Dez.: 1999, 07.2001

Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): VDI Berichte 1303. Menschengerechte Bedienung technischer Geräte. Düsseldorf: VDI Verlag 1996

5.5 Anwendungsbeispiele

Die hier aufgeführten Beispiele repräsentieren Ausschnitte einer Produktprüfung. Sie sind nicht als vollständig dokumentierte Prüfungen anzusehen.

5.5.1 Navigationsgerät

5.5.1.1 PB I Nutzungskontext

Spezifikation des Nutzungskontextes

Der folgende Nutzungskontext für ein mobiles Navigationsgerät ist aus den Informationen der Bedienungsanleitung und der Befragung von typischen Benutzern entstanden:

Beispiel

Nutzungskontext – Mobiles Navigationsgerät

Benutzer: Erwachsene (≥ 18 Jahre) im Besitz eines gültigen Führerscheins, die das Navigationsgerät für ihre berufliche Tätigkeit (z. B. Vertriebs- und Servicetätigkeiten) verwenden, als auch Privatanwender (private Anfahrt von Orts- und Reisezielen).



Aufgaben: Installation des Gerätes (s. Umgebung), Anpassen an individuelle Bedürfnisse, Bedienung des Navigationsgerätes.

Arbeitsmittel: Dem Benutzer stehen neben dem eigentlichen Navigationsgerät, eine Autohalterung, ein Kfz-Ladekabel und eine Bedienungsanleitung zur Verfügung.

Umgebungen: Die Hauptnutzungsumgebungen sind Kraftfahrzeuge. Das Navigationssystem wird überwiegend in einem einzelnen PKW verwendet, kann aber auch in anderen PKWs temporär eingesetzt werden. Die Beleuchtungsstärke ist variabel. Es liegt im Allgemeinen nicht kontrollierte Mischbeleuchtung vor (z. B. Tageslichtbeleuchtung mit oder ohne direkte Sonneneinstrahlung, Dämmerlicht und Dunkelheit).

Als typischer Sehabstand werden etwa 800 mm angesetzt (Installation an der Windschutzscheibe).

Als typische Sehrichtung auf die Anzeige wird die senkrechte Sehrichtung angenommen (Positionierung ist durch den Benutzer einstellbar). Der Sehrichtungsbereich auf die Anzeige wird mit bis zu 10° (aus der Senkrechten) angenommen.

Ableitung von Nutzungsanforderungen

Im Folgenden werden aus einem Kontextszenario, das bei einem typischen Benutzer erhoben wurde, Aufgabenerfordernisse und Nutzungsanforderungen an das Produkt abgeleitet:

Beispiel

Ableitung von Nutzungsanforderungen



Kontextszenario	Aufgabenerfordernis	Dialogprinzip	Nutzungsanforderung
Herr Muster ist als Außendienstmitarbeiter eines kleinen mittelständigen Betriebes viel mit dem PKW unterwegs. In der Regel verwendet er seinen Dienstwagen. Bei großen Entfernungen nimmt er manchmal das Flugzeug und am Zielflughafen einen Mietwagen, um Zeit zu sparen.	Herr Muster muss das Gerät in unterschiedliche PKW ein- und ausbauen können. Herr Muster muss seine Fahrt unmittelbar nach dem Einsteigen beginnen können.	Aufgabenangemessenheit Aufgabenangemessenheit	Das Navigationsgerät muss sich ohne Werkzeug einfach und schnell installieren und deinstallieren lassen. Das Gerät muss nach dem Einschalten unmittelbar arbeitsfähig sein
Herr Muster besucht meistens mehrere Kunden an einem Tag. Die Reihenfolge, in der er seine Termine wahrnimmt, bleibt ihm überlassen. Er plant seine Touren im Vorfeld.	Herr Muster muss Routen mit mehreren Zwischenzielen eingeben können. Herr Muster muss seine Routen auch außerhalb des PKW eingeben können.	Aufgabenangemessenheit Aufgabenangemessenheit	Im Gerät müssen Zwischenziele eingegeben, geändert oder gelöscht werden können. Das Gerät muss über ein optionales Netzteil verfügen.

Beispiel

Ableitung von Nutzungsanforderungen (Fortsetzung)



Kontextszenario	Aufgabenerfordernis	Dialogprinzip	Nutzungsanforderung
Während seiner Fahrten kommt es vor, dass Kunden telefonisch einen Termin absagen oder verlegen.	Herr Muster muss auch während des Betriebes des Navigationsgerätes telefonieren können.	Steuerbarkeit	Die Lautstärke des Gerätes muss anpassbar (ggf. abschaltbar) sein.
	Herr Muster muss Zwischenziele (auch nachträglich) eingeben, ändern oder löschen können.	Aufgabenangemessenheit	Im Gerät müssen Zwischenziele (auch nachträglich) eingegeben, geändert oder gelöscht werden können.
Herr Muster versucht Staus zu vermeiden. Er hört daher auch regelmäßig Staumeldungen im Radio.	Herr Muster muss über Staumeldungen informiert werden.	Aufgabenangemessenheit	Das Gerät muss Staumeldungen empfangen können und diese in die Routenberechnungen integrieren.
	Herr Muster muss erkennen können, ob die gemeldeten Staus aus dem Radio schon in der Routenberechnung berücksichtigt worden sind.	Aufgabenangemessenheit	Das Gerät muss anzeigen können, welche aktuellen Staumeldungen empfangen worden sind.
Kommt es dennoch zu Verspätungen, muss er den Kunden informieren können.	Herr Muster muss wissen, wann er voraussichtlich am Ziel ankommt.	Aufgabenangemessenheit	Das Gerät muss die errechnete verbleibende Fahrzeit anzeigen.
Herr Muster fährt seine Touren zu unterschiedlichen Tageszeiten.	Herr Muster muss das Display auch bei unterschiedlichen Beleuchtungsumgebungen ablesen können.	Aufgabenangemessenheit	Das Gerät muss auf unterschiedliche Beleuchtungsumgebungen einstellbar sein (z. B. Tag/ Nacht)
Herr Muster hat auch Kunden, die er mehrfach im Jahr besucht.	Herr Muster muss Ziele speichern können.	Individualisierbarkeit	Das Gerät muss eingegebene Ziele (z. B. als Favoriten) abspeichern können.

5.5.1.2. PB II Inspektion

Die folgende Tabelle enthält einen Ausschnitt einer Checkliste, die zur Inspektion von Nutzungsanforderungen bei einem mobilen Navigationsgerät verwendet worden ist.

Beispiel

Inspektion mittels Checkliste (Ausschnitt)



Nutzungsanforderung	Objektiver Nachweis	Bemerkung	
Das Gerät muss über ein externes optionales Netzteil verfügen.	Externes Netzteil im Lieferumfang enthalten.		<input checked="" type="checkbox"/>
Die Lautstärke des Gerätes muss anpassbar (ggf. abschaltbar) sein.	Tasten zur Lautstärkeregelung sind vorhanden.	Die Lautstärke kann bis auf Null reguliert werden.	<input checked="" type="checkbox"/>
Das Gerät muss nach dem Einschalten unmittelbar arbeitsfähig sein.	Das Gerät benötigt teilweise über zwei Minuten um nach dem Start ein GPS-Signal zu empfangen.	Die Auswirkungen müssen im Rahmen eines Benutzertests überprüft werden	<input type="checkbox"/>
Das Gerät muss Staumeldungen empfangen können und diese in die Routenberechnungen integrieren.	Aktuelle Staumeldungen werden verarbeitet.	Der Benutzer kann jeweils entscheiden, ob er den Stau umfahren möchte oder nicht.	<input checked="" type="checkbox"/>
Das Gerät muss die errechnete verbleibende Fahrzeit anzeigen.	Das Gerät kann die verbleibende Fahrzeit anzeigen.	Zusätzlich kann die verbleibende Fahrstrecke angezeigt werden	<input checked="" type="checkbox"/>
Das Gerät muss auf unterschiedliche Beleuchtungsumgebungen einstellbar sein (z. B. Tag/Nacht).	Das Umschalten zwischen Tag- und Nachtdarstellung ist möglich.		<input checked="" type="checkbox"/>
Das Gerät muss eingegebene Ziele (z. B. als Favoriten) abspeichern können.	Der Benutzer kann Favoriten anlegen.		<input checked="" type="checkbox"/>

5.5.1.3 PB III Komponentenprüfung

Die folgende Liste enthält Baugruppen und Komponenten des Navigationsgerätes und die bei der Prüfung relevanten Anforderungskategorien:

Beispiel

Komponenten identifizieren



Baugruppe	Komponenten	Kategorien
A: Navigationsgerät	Display	Anzeige Bedienteil Dialoggestaltung
	Ein/Aus-Schalter	Bedien-/Stellteile Beschriftung
	Lautstärkereger	Bedien-/Stellteile Beschriftung
	Stift	Bedienteil
	Betriebsbereitschaftsanzeige	Anzeige
B: Fahrzeughalterung	Hebel zur Fixierung der Halterung an der Windschutzscheibe	Bedienteil
	Stellräder	Bedienteil
C: Dokumentation	Bedienungsanleitung	Beschriftung Dialoggestaltung

Baugruppe – Navigationsgerät

Beispiel

Komponentenprüfung – Anzeige

Kategorie – Anzeige



1. Klassifikation

Es handelt sich sowohl um eine emissive als auch reflektive Anzeige. Dargestellt werden alphanumerische Zeichen und Symbole in farbiger Darstellung.

2. Prüfung generelle Eignung

Unter Berücksichtigung des Nutzungskontextes ist die Anzeige generell geeignet.

3. Identifikation relevanter Gestaltungsmerkmale

Identifiziert werden folgende relevante Gestaltungsmerkmale

- Leuchtdichte/Leuchtdichtekontrast
- Zeichenattribute
- Farbkombinationen

4. Anforderungsanalyse

Für die Anzeige können folgende bekannte Anforderungen identifiziert werden (DIN EN ISO 9241-303:2009):

- Leuchtdichte/Leuchtdichtekontrast:
- Zeichenattribute:
- Mindestzeichenhöhe: beim vorgesehenen Sehabstand mindestens 16 Bogenminuten und sollte 20 bis 22 Bogenminuten betragen.
- Strichbreite: im Bereich von 10 % bis 17 % der Zeichenhöhe.
- Einhaltung der empfohlenen Farbkombinationen nach Tab. 4.6

5. Prüfung

- Leuchtdichte: 50 cd/m²
- Leuchtdichtekontrast: unter Dunkelraumbedingung >100:1, bei zunehmender Umgebungsbeleuchtungsstärke absinkend bis auf 5:1 bei einer Umgebungsbeleuchtungsstärke von 3000 lx
- Zeichenhöhe: 3,2 mm
- Strichbreite: 12%
- Farbkombinationen: empfohlene Kombinationen werden verwendet

6. Bewertung

Die abgeleiteten Anforderungen werden eingehalten. Ggf. im Benutzertest auftretende Probleme sind im Einzelfall näher zu betrachten.

Beispiel

Komponentenprüfung – Anzeige
Kategorie – Dialoggestaltung



1. Klassifikation

Bei dem Navigationsgerät handelt es sich um eine Kombination aus direkter Manipulation, Menüs und Formularen.

2. Prüfung generelle Eignung

Nach Entscheidungsmatrix (Tab. 4.26) sind diese Arten der Dialogtechniken für den spezifizierten Nutzungskontext generell geeignet.

3. Identifikation relevanter Gestaltungsmerkmale

- Aufgabenangemessenheit
- Selbstbeschreibungsfähigkeit
- Steuerbarkeit
- Erwartungskonformität
- Fehlertoleranz
- Individualisierbarkeit
- Lernförderlichkeit

4. Anforderungsanalyse

Im Rahmen eines Benutzertests dürfen keine signifikanten ergonomischen Mängel auftreten.

5. Prüfung

Im Rahmen des Benutzertests traten Abweichungen auf, die im Rahmen der Erhärtungsprüfung weiter betrachtet werden müssen. Benutzer bemängelten den langen Zeitraum, den das Gerät benötigt, um betriebsbereit zu werden.

Beispiel

Komponentenprüfung – Stellrad (KFZ-Halterung)

Kategorie – Bedien-/Stellteil

1. Klassifikation

Gerändelter Rundknopf, Zufassungsgriff, Finger, tangential, kontinuierlich

2. Prüfung generelle Eignung

Der Rundknopf ist laut Entscheidungsmatrix generell geeignet.

3. Identifikation relevanter Gestaltungsmerkmale

Abmessungen, Form, Anordnung, Stellkraft, Material und Oberflächenbeschaffenheit.

Nicht betrachtet wird das Merkmal Stellweg, da es sich um eine kontinuierliche Bewegung handelt, bei der der Benutzer jederzeit umgreifen kann.

4. Anforderungsanalyse

Maximales Stellmoment: 2 Nm (DIN EN 894-3:2009)

Durchmesser: 7 mm bis 80 mm (DIN EN 894-3:2009)

Anordnung (Freiraum): mindestens Objektgröße + 58 mm (SemiS8 0307, 2007)

Form, Material und Oberflächenbeschaffenheit werden im Rahmen des Benutzertests bewertet.

5. Prüfung

Maximales Stellmoment: < 2 Nm

Durchmesser: 25 mm

Anordnung (Freiraum): 94 mm (37 mm Abstand zum Navigationsgerät)

Form, Material und Oberflächenbeschaffenheit wurden im Benutzertest von den Benutzern durchweg als gut und geeignet bewertet.



5.5.1.4 Benutzertest

Beispiel

Benutzertest (Kurzzusammenfassung)

Benutzer:

Am Benutzertest nahmen insgesamt 11 Personen im Alter von 18 bis 65 Jahren teil (7 Männer und 4 Frauen).

**Aufgabenliste:**

- Installation, Inbetriebnahme, Ein- und Ausbau im Kfz
- Einstellen von Lautstärke, Displaydarstellung (Tag/Nacht), Kartenansichten (2D/3D) und der dargestellten Informationsmenge.
- Eingabe und Speichern der Heimatadresse.
- Einstellen der Stauumfahrung.
- Einstellen von Routenoptionen
- Navigation zu einem Ziel mit einer Zwischenstation
- Verlassen der vorgeschlagenen Route
- Anfahren von POIs (Point of Interest)

Umgebung:

Die Benutzer haben das Navigationsgerät in ihrem privaten PKW (also in einer ihnen vertrauten Umgebung) verwendet.

Kriterienkatalog:

- A. Wie verständlich ist die Bedienung des Produktes für Sie?
- B. Inwieweit sind Informationen für Sie einfach und schnell zu erkennen?
- C. Inwieweit können Sie stets erkennen, ob das Produkt das macht was es soll?
- D. Inwieweit entsprechen die einzelnen Bedienungsschritte Ihren Erwartungen?
- E. Haben Sie während dieser Aufgabe die Befürchtung, das Gerät eventuell falsch zu bedienen?
- F. Wie empfinden Sie die Größe und Form der zu benutzenden Bedienteile?
- G. Wie beurteilen Sie die Erreichbarkeit bzw. die Zugänglichkeit?
- H. Wie empfinden Sie den benötigten Kraftaufwand?
- I. Wie empfinden Sie den zeitlichen Aufwand, den Sie betreiben müssen um diese Aufgabe zu lösen?

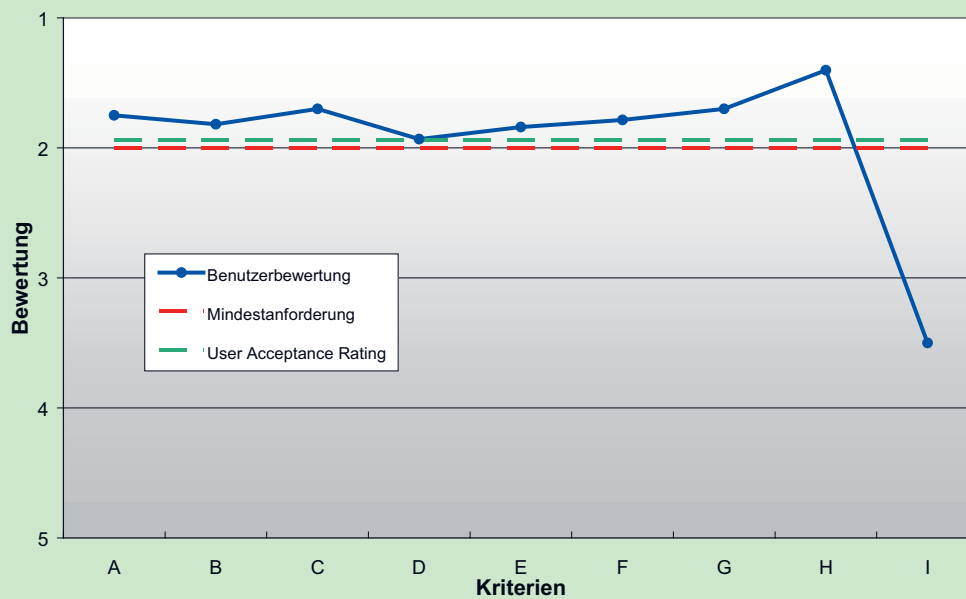
Beispiel

Benutzertest (Kurzzusammenfassung)

Ergebnisse:



Im Folgenden sind die Ergebnisse der Benutzerbewertung als Durchschnittswerte bezogen auf die einzelnen Kriterien dargestellt.



Auswertung:

Das Navigationsgerät wird in der Durchschnittsbewertung (alle Benutzer, alle Aufgaben und alle Kriterien) mit einer Note besser als 2.0 bewertet. Bezüglich des Zeitaufwandes, der zu betreiben ist, erkennt man jedoch eine deutlich schlechtere Bewertung. Betrachtet man die einzelnen Aufgaben, ist zu erkennen, dass die lange Wartezeit bis zum Empfang der GPS-Daten ein Problem darstellt. Dieser Punkt wird von den Benutzern mit „nicht ausreichend“ bewertet.

5.5.1.5 PB IV Gesamtbewertung

Beispiel

Erhärterungsprüfung einer vermuteten Abweichung



Vermutete Abweichung:

Das Navigationsgerät benötigt viel Zeit (teilweise über zwei Minuten), bevor es GPS-Signale empfängt und arbeitsbereit ist.

Prüfung der Effektivität:

Die Effektivität ist generell gegeben, da das Gerät nach längerer Wartezeit arbeitsbereit ist.

Prüfung der Effizienz:

Durch die lange Wartezeit kann sich die Abfahrt des Benutzers stark verzögern, da er sich gegebenenfalls bereits im Startgebiet nicht auskennt. Startet er dennoch die Fahrt, können sich größere Umwege ergeben.

Die lange Wartezeit lässt sich nicht umgehen.

Kriterium	Beurteilung			
Schwere der Auswirkung	hoch	-	-	niedrig
Betroffener Benutzeranteil	-	hoch	-	niedrig
Umgehbarkeit	schwer	schwer	leicht	-
Effizienzminde- rung insgesamt	hoch	hoch	niedrig	niedrig

Prüfung der Zufriedenheit:

Die lange Wartezeit wurde durchgehend von allen Benutzern als unzureichend eingestuft.

Signifikanzbewertung:

Kriterium	Beurteilung			
Effektivitäts- minderung	hoch	-	-	niedrig
Effizienzminde- rung	-	hoch	-	niedrig
Minderung der Zufriedenheit	-	-	hoch	niedrig
Abweichung bedeutsam	ja	ja	ja	nein

Die Signifikanzbewertung hat ergeben, dass es sich bei der vermuteten Abweichung um einen signifikanten ergonomischen Mangel handelt.

5.5.2 Staubsauger

5.5.2.1 PB I Nutzungskontext

Spezifikation des Nutzungskontextes

Der folgende Nutzungskontext für einen Staubsauger ist aus den Informationen der Bedienungsanleitung und der Befragung von typischen Benutzern entstanden:

Beispiel

Nutzungskontext – Staubsauger

Benutzer:

Erwachsene (5. Perzentil weiblich, bis 95. Perzentil männlich)

Aufgaben:

normales Staubsaugen (s. Umgebung), Austausch des Staubbeutels, Austausch des Motorschutzfilters, Austausch des Abluftfilters, Reinigung Rohre und Schläuche, Reinigung der Bodendüse

Arbeitsmittel:

Bedienungsanleitung, Staubsauger, Teleskoprohr, Verlängerungsrohr, Schlauchgriff, Schlauch, umschaltbare Kombi-Bodendüse, Staubbeutel

Umgebungen:

Haushalt, Tageslicht, „Standard-Raumbeleuchtung“, trockene Bereiche, Teppich, Hartboden, Holzboden, Polstermöbel, Regale, Fugen, Ecken

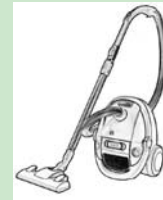


Ableitung von Nutzungsanforderungen

Im Folgenden werden aus einem Kontextszenario, das bei einer typischen Benutzerin erhoben wurde, Aufgabenerfordernisse und Nutzungsanforderungen an das Produkt abgeleitet:

Beispiel

Komponenten identifizieren



Kontextszenario	Aufgabenerfordernis	Dialogprinzip	Nutzungsanforderung
Frau Muster saugt in ihrer Wohnung fest verlegte Teppichböden, Fliesen, PVC- und Laminatböden.	Frau Muster muss ohne großen Aufwand zwischen unterschiedlichen Bodenbelägen wechseln können.	Aufgabenangemessenheit	Es müssen Saugaufsätze für unterschiedliche Anwendungen vorhanden sein. Die Saugaufsätze müssen einfach wechselbar sein. Saugbürsten müssen über verstellbare Bürstehöhe verfügen.
Sie reinigt auch Regale, Fußleisten, Türrahmen und sonstige Flächen. Dabei entfernt sie auch Spinnweben aus der Wohnung.	Frau Muster muss auch höher liegende Bereiche erreichen können.	Aufgabenangemessenheit	Die Kombination aus Schlauch und Saugrohr muss lang genug sein, um auch Türrahmen und Decken zu erreichen.
Frau Muster saugt in der Regel mehrere Räume hintereinander.	Frau Muster muss sich mit dem Staubsauger in der Wohnung bewegen können.	Aufgabenangemessenheit	Der Saugschlauch muss ausreichend fest mit dem Staubsauger verbunden werden. Der Staubsauger muss über Rollen oder Kufen verfügen. Die Rollen müssen leichtgängig sein und sollten zum Teil lenkbar sein. Der Staubsauger muss über ein langes Netzkabel verfügen.

Ableitung von Nutzungsanforderungen

Im Folgenden werden aus einem Kontextszenario, das bei einer typischen Benutzerin erhoben wurde, Aufgabenerfordernisse und Nutzungsanforderungen an das Produkt abgeleitet:

Beispiel

Ableitung von Nutzungsanforderungen (Fortsetzung)



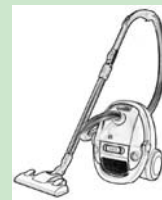
Kontextszenario	Aufgabenerfordernis	Dialogprinzip	Nutzungsanforderung
Beim Saugen von Treppen trägt Frau Muster den Staubsauger von Stufe zu Stufe und stellt ihn dort ab.	Der Staubsauger muss tragbar sein. Der Staubsauger muss sicher auf einer Treppenstufe abstellbar sein.	Aufgabenangemessenheit	Der Staubsauger muss über mindestens einen Tragegriff verfügen. Das Gerät muss leicht tragbar sein. Der Staubsauger muss sich auf Treppen abstellen lassen können. Das Gerät muss mit einer Hand tragbar und mit der zweiten Hand gleichzeitig bedienbar (saugen) sein (mobil + portabel).
Frau Muster saugt auch empfindliche Teppichbrücken und Polstermöbel.	Frau Muster muss die Saugleistung den entsprechenden Materialien anpassen können.	Aufgabenangemessenheit Selbstbeschreibungsfähigkeit	Der Staubsauger muss über eine Leistungsregelung verfügen. Die eingestellte Saugleistung muss am Gerät erkennbar sein.
Frau Muster wechselt bei Bedarf den Staubbeutel und die Filter.	Frau Muster muss die Beutel und Filter ohne zusätzliches Werkzeug rechtzeitig wechseln können.	Selbstbeschreibungsfähigkeit Aufgabenangemessenheit	Der Staubsauger muss anzeigen, wann der Staubbeutel voll ist. Der Staubbeutel muss ohne Werkzeug wechselbar sein. Die Filter müssen ohne Werkzeug wechselbar sein.
Nach Gebrauch verstaut Frau Muster ihren Staubsauger in der relativ kleinen Besenkammer.	Frau Muster muss das Gerät platzsparend verstauen können.	Aufgabenangemessenheit	Das Netzkabel muss bei Nichtgebrauch am Gerät zu lagern sein. Das Saugrohr muss sich am Staubsauger befestigen lassen. Zubehör (Saugbürsten, Schläuche etc.) müssen bei Nichtgebrauch am Gerät befestigt werden können.

5.5.2.2 PB II Inspektion

Die folgende Tabelle enthält einen Ausschnitt einer Checkliste, die zur Inspektion von Nutzungsanforderungen bei einem Staubsauger verwendet worden ist:

Beispiel

Inspektion mittels Checkliste (Ausschnitt)



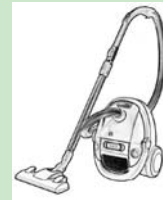
Nutzungsanforderung	Objektiver Nachweis	Bemerkung	
Es müssen Saugaufsätze für unterschiedliche Anwendungen vorhanden sein.	Es sind unterschiedliche Aufsätze im Lieferumfang enthalten.	Kombi-Bodendüse, Fugendüse, Kombidüse mit Möbelpinsel und Polsterdüse, Parkettbürste	<input checked="" type="checkbox"/>
Der Saugschlauch muss ausreichend fest mit dem Staubsauger verbunden werden.	Es ist eine Arretierung vorhanden, die ein versehentliches Lösen des Schlauches verhindert.		<input checked="" type="checkbox"/>
Der Staubsauger muss über ein langes Netzkabel verfügen.	Kabellänge = 8,8 m	Bei einer mittleren Raumgröße von 25m ² (5x5m) ergibt sich eine minimale Kabellänge von 7 m.	<input checked="" type="checkbox"/>
Der Staubsauger muss über mindestens einen Tragegriff verfügen.	Das Gerät verfügt über zwei Tragegriffe.		<input checked="" type="checkbox"/>
Der Staubsauger muss sich auf Treppen abstellen lassen können.	Das Gerät lässt sich auf einer üblichen Wohnungstreppe problemlos abstellen.	Zugrunde gelegt wurde eine Treppe mit einer Stufentiefe von 26 cm.	<input checked="" type="checkbox"/>
Der Staubsauger muss über eine Leistungsregelung verfügen.	Das Gerät verfügt über einen entsprechenden Schieberegler am Gerät und einen Luftzufuhrregler am Schlauchgriff.		<input checked="" type="checkbox"/>
Der Staubsauger muss anzeigen, wann der Staubbeutel voll ist.	Das Gerät verfügt über eine Füllstandsanzeige.		<input checked="" type="checkbox"/>

5.5.2.3 PB III Komponentenprüfung

Die folgende Liste enthält Baugruppen und Komponenten des Staubsaugers und die bei der Prüfung relevanten Anforderungskategorien:

Beispiel

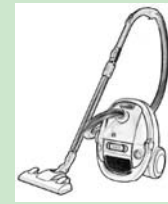
Komponenten identifizieren



Baugruppe	Komponenten	Kategorien
A: Staubsauger	Automatischer Netzkabeleinzug	Bedien-/Stellteile Beschriftung
	Automatischer Netzkabeleinzug - Entriegelung	Bedien-/Stellteile Beschriftung
	Füllstandsanzeige	Anzeige Dialoggestaltung
	HEPA-Filter	Griffe-/Greifflächen
	Netzschalter	Bedien-/Stellteile Beschriftung
	Saugleistungsschiebereglern	Anzeige Beschriftung Bedien-/Stellteile Dialoggestaltung
	Staubbeutelhalter	Beschriftung Griffe/Greifflächen
	Tragebügel, klappbar	Bedien-/Stellteile Griffe/Greifflächen
	Tragegriff	Griffe/Greiffläche
	Verschluss Staubbeutel Fach	Bedien-/Stellteile
B: Saugrohr/ Schlauch	Griffstück	Griffe/Greifflächen Körperhaltungen
	Leistungsregler	Beschriftung Bedien-/Stellteile
	Saugschlauchverriegelung	Bedien-/Stellteile
	Teleskoprohr	Bedien-/Stellteile Griffe/Greifflächen Körperhaltungen
C: Bodenbürste / Zusatzgeräte	Bürstenverstellung	Anzeigen Beschriftungen Bedien-/Stellteile
	Rohrverriegelung	Bedien-/Stellteile
	Staubpinsel/Polsterdüse	Bedien-/Stellteile
D: Dokumentation	Bedienungsanleitung	Beschriftung Dialoggestaltung

Beispiel

Komponentenprüfung – Netzkabeleinzug
Kategorie – Anzeigen und Beschriftungen



1. Klassifikation

Reflektive Anzeige, Symbol in monochromer, grauer, erhabener Darstellung



2. Prüfung generelle Eignung

Ist generell geeignet
(Benutzung im Dunkelraum nicht vorgesehen)

3. Identifikation relevanter Gestaltungsmerkmale

Leuchtdichte/Leuchtdichtekontrast, Zeichenattribute – Schriftgröße, Farbkombination, Eigenschaften bezüglich Sehrichtung im Stehen

Nicht betrachtet werden Reflexionen, da die Sehrichtung beliebig verändert werden kann

4. Anforderungsanalyse

Leuchtdichtekontrast: DIN ISO 9241-303, $CR_{min} = 2,2 + 4,84 \times L - 0,65$
VDI 6008 Bl.1, Kontrast 3:1 – 15:1
Schriftgröße: HdE. C – 6.1.4., Sehabstand 155 cm = 6 mm
Symbolgröße: HdE. C – 6.1.4., Sehabstand 155 cm = 12 mm
Farbkombination: DIN 66234, T. 5 (für Zeichen und Untergrund)
Benutzertest: Ja. Eigenschaften bezüglich Sehrichtung im Stehen

5. Ergebnisse der Prüfung / Benutzertest

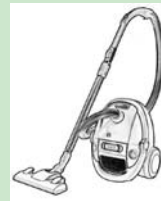
Schriftgröße: 4 mm („AUTO“)
Symbolgröße: 10 mm
Farbkombination: grau/grau
Leuchtdichtekontrast: keine Messung -> Benutzertest
Benutzertest: Ist die Funktion und Beschriftung des automatischen Netzkabeleinzugs leicht zu erkennen?
-Nein

6. Bewertung

Die gewählte Farbkombination ist wegen des zu geringen Leuchtdichteunterschiedes (hier: „grau auf grau“) nicht geeignet. Die Symbolgröße ist zu klein. Die Schriftgröße ist zu klein. Der Benutzertest hat das Prüfergebn bestätigt.

Beispiel

Komponentenprüfung – Netzkabeleinzug
Kategorie – Bedien- und Stellteile



1. Klassifikation

- Bewegungsmerkmale: translatorisch, diskret, Bewegungsrichtung: -z
- Greifmerkmale: Kontaktgriff, Fuß, Vorfuß Sohle (S.56, FB 590 Bd. I)
- Stellteilty: Fußdruckschalter, diskret, senkrecht



2. Prüfung generelle Eignung

Der Fußdruckschalter ist generell geeignet.

3. Identifikation relevanter Gestaltungsmerkmale

Abmessungen, Form, Anordnung, Material/Oberfläche, Stellkraft, Stellweg

Nicht weiter betrachtet werden „Freiräume“, da sie in diesem Falle nicht eingeschränkt sind.

4. Anforderungsanalyse

- Abmessungen: min. 13mm (DoD Mil-STD-1472F),
- Stellkraft: > 18 N min. 90 N max., (DoD Mil-STD-1472F, S. 73/74),
- Stellweg: min. 13 mm (DoD Mil-STD-1472F, S. 73/74).

5. Ergebnisse der Prüfung / Benutzertest

Abmessungen: 33,5 mm (nutzbarer Durchmesser)

Stellkraft: 103 N (Mittelwert aus 3 Messungen: 98, 109, 102 N),
mit gedrückter Automatiktaste

Stellkraft: 54 N (Mittelwert aus 3 Messungen: 52, 55, 54 N)
ohne gedrückte Automatiktaste

Stellweg: 5,9 mm

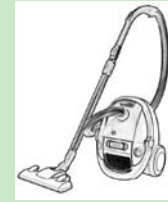
6. Bewertung

Die Abmessungen sind ausreichend.

Die Stellkraft als Fußstellteil ist zu hoch und der Stellweg ist zu klein. Diese Merkmale sind einer Erhärtungsprüfung zu unterziehen.

Beispiel

Komponentenprüfung – Saugrohr(Schlauch), Griff
Kategorie – Körperhaltungen (Oberkörper/Rücken)



1. Klassifikation

Beschreibungsmerkmale: Umfassungsgriff, formschlüssig, Oberkörper gestreckt

2. Prüfung generelle Eignung

Ist generell geeignet, da Saugrohr teleskopierbar und Saugschlauch flexibel.

3. Identifikation relevanter Gestaltungsmerkmale

Maximale und minimale Teleskoplänge.

4. Anforderungsanalyse

- Höhenverstellung für 5.-P.w. bis 95.-P.m. (Erwachsene)
- Höhe der Hand (Griffachse) über Standfläche (DIN 33402, Maß 1.18, Altersgruppe 18 bis 65 J.): 670 mm (5.-P.-w.); 825 mm (95.-P.m.)

5. Ergebnisse der Prüfung / Benutzertest

Messung Höhe Griffachse

- bei weitester Entfernung der Saugbürste: 60 bis 78 cm
- bei senkrecht stehendem Saugrohr: 88 bis 113 cm

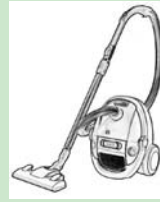
Benutzertest: Länge des Saugrohres wurde durch die Probanden frei gewählt.

6. Bewertung

Das Griffstück konnte von allen Probanden während der Benutzertests sehr gut erreicht werden. Eine bequeme, gestreckte Körperhaltung wurde von den Probanden selbstständig durch Verstellen der Saugrohlänge und durch die Wahl des geeigneten Saugrohrwinkels sowie der Nutzung des gebogenen Griffstückes erzielt.

Beispiel

Komponentenprüfung – Saugrohr(Schlauch), Griff
Kategorie – Körperhaltungen (Hand/Arm)



1. Klassifikation:

Beschreibungsmerkmale: Umfassunggriff, formschlüssig

2. Prüfung generelle Eignung

Ist generell geeignet. Das Griffstück lässt sich in Verbindung mit dem Teleskoprohr und einer Bodendüse frei drehen.

3. Identifikation relevanter Gestaltungsmerkmale: Krümmung Griffstück.

4. Anforderungsanalyse

Handgelenk in Normalstellung

- optimal: alle Winkel = 0°
- maximale Winkel (Landau, 2003)
 - Pronation < 30°; Supination < 30°
 - Dorsalflexion < 30°; Palmarflexion < 37,5°
 - Ulnarabduktion < 30°; Radialabduktion < 37,5°

Oberarm in Normalstellung

- maximale Winkel medial/lateral < 20° (DIN EN 1005-4:2005)

Ellenbogen Kraftoptimum

- maximale Winkel 90° - 120° (BAuA, FB 668)

Höhenverstellung für 5.-P.w. bis 95.-P.m. (Erwachsene)

- Höhe der Hand (Griffachse) über Standfläche (DIN 33402-2:2005, Maß 1.18, Altersgruppe 18 bis 65 Jahre): 670 mm (5.-P.w.); 825 mm (95.-P.m.)

5. Ergebnisse der Prüfung / Benutzertest

Handgelenk (Maximalwinkel)

- Max. Pronation = 5°; max. Supination = 5°
- Max. Dorsalflexion = 30°; max. Palmarflexion = 5°
- Max. Ulnarabduktion < 5°; max. Radialabduktion < 5°

Oberarm (Maximalwinkel)

- medial/lateral = 37°

Ellenbogen (Maximalwinkel)

- ventral/dorsal < 135°

6. Bewertung

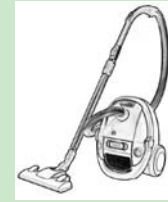
Die Handgelenkwinkel liegen im Normalbereich. Die Dorsalflexion kann als leicht belastend eingestuft werden. Gleiches gilt für den Oberarm. Die Beugung des Ellenbogens liegt leicht außerhalb des Kraftoptimums.

Eine bequeme, gestreckte Körperhaltung konnte von den Probanden selbstständig durch Verstellen der Saugrohrlänge und durch Wahl des geeigneten Saugrohrwinkels sowie der Nutzung des gebogenen Griffstückes erzielt werden. Belastungen durch ungünstige Körperhaltungen können vermieden werden. Die erreichten Maximalwerte werden nur kurz erreicht und sind unbedenklich.

5.5.2.4 Benutzertest

Beispiel

Benutzertest (Kurzzusammenfassung)



Benutzer:

Am Benutzertest haben insgesamt 15 Personen im Alter von 18 bis 65 Jahren teilgenommen (6 Männer und 9 Frauen).

Aufgabenliste:

- Staubsaugen auf Teppich und auf harten Böden
- Staubsaugen an schwer zugänglichen Stellen
- Verwendung der Düsen
- Wechsel des Staubsaugerbeutels
- Austausch des Motor- und Abluftfilters
- Lagerung/Transport des Staubsaugers

Umgebung:

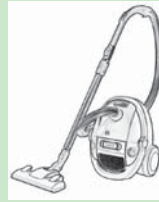
Die Benutzer haben den Staubsauger in ihrer privaten Wohnung (also in einer ihnen vertrauten Umgebung) verwendet.

Kriterienkatalog:

- A. Wie verständlich ist die Bedienung des Produktes für Sie?
- B. Inwieweit sind Informationen für Sie einfach und schnell zu erkennen?
- C. Inwieweit können Sie stets erkennen, ob das Produkt das macht was es soll?
- D. Inwieweit entsprechen die einzelnen Bedienungsschritte Ihren Erwartungen?
- E. Haben Sie während dieser Aufgabe die Befürchtung, das Gerät eventuell falsch zu bedienen?
- F. Wie empfinden Sie die Größe und Form der zu benutzenden Bedienteile?
- G. Wie beurteilen Sie die Erreichbarkeit bzw. die Zugänglichkeit?
- H. Wie empfinden Sie den benötigten Kraftaufwand?
- I. Wie empfinden Sie den zeitlichen Aufwand, den Sie betreiben müssen um diese Aufgabe zu lösen?
- J. Wie beurteilen Sie die Lautstärke des Produktes?

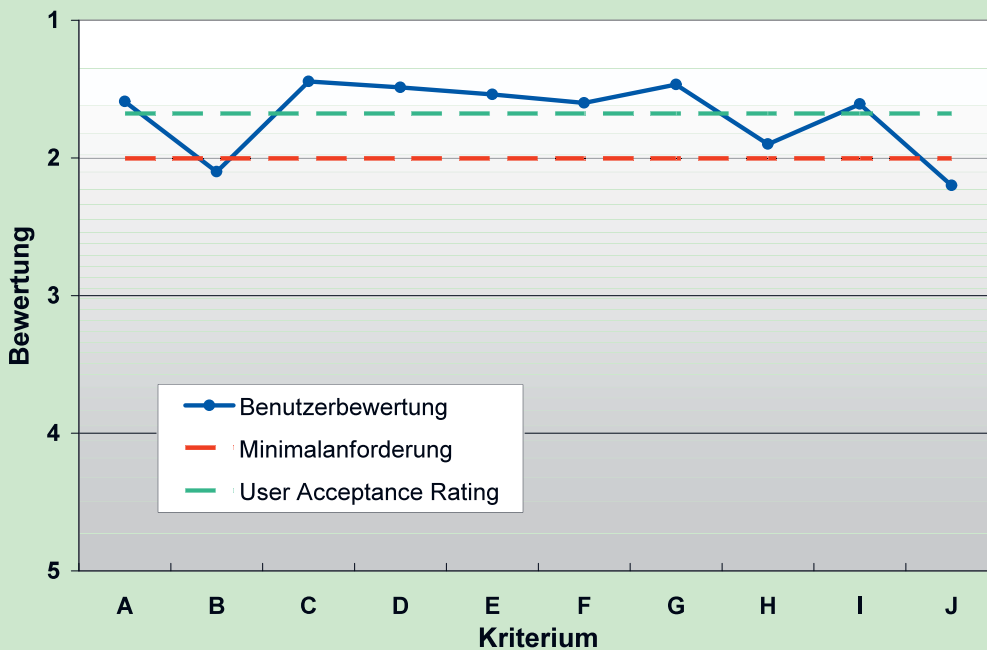
Beispiel

Benutzertest (Kurzzusammenfassung)



Ergebnisse:

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Benutzerbewertung als Durchschnittswerte bezogen auf die einzelnen Kriterien dargestellt.



Auswertung:

Der Staubsauger wird in der Durchschnittsbewertung (aller Benutzer, alle Aufgaben und alle Kriterien) mit einer Note besser als 2.0 bewertet. Es wurden keine signifikanten Mängel durch die Benutzer festgestellt. Auch alle einzelnen Kriterien bzw. Aufgaben wurden von den Benutzern durchgehend als ausreichend bewertet.

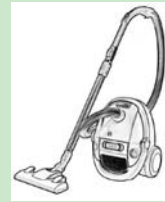
5.5.2.5 PB IV Gesamtbewertung

Beispiel

Erhärtungsprüfung einer vermuteten Abweichung

Vermutete Abweichung:

Die maximale Stellkraft zum Betätigen des Netzkabeleinzugs bei gedrückter Automattaste beträgt 103 N (Anforderung: maximal 90 N)

**Prüfung der Effektivität:**

Alle Benutzer konnten ihre Aufgaben zu 100 % bearbeiten.

Prüfung der Effizienz:

Da der Netzkabeleinzug im Stehen bedient wird, haben die Benutzer die Möglichkeit, ihr Körpergewicht für die Betätigung einzusetzen. Sie hatten keine Probleme, das Stellteil zu betätigen.

Die Betätigung erfolgt nur zur Entriegelung der Automatik. Diese Funktion wird von den Benutzern sehr selten eingesetzt, da sie in der Regel entweder das Saugen mit automatischem Kabeleinzug oder ohne bevorzugen, jedoch sehr selten wechseln.

Kriterium	Beurteilung			
	hoch	-	-	niedrig
Schwere der Auswirkung	hoch	-	-	niedrig
Betroffener Benutzeranteil	-	hoch	-	niedrig
Umgehbarkeit	schwer	schwer	leicht	-
Effizienzminde- rung insgesamt	hoch	hoch	niedrig	niedrig

Prüfung der Zufriedenheit:

Die Bedienung des Netzkabeleinzugs wurde von allen Benutzern bezüglich des Kraftaufwandes als gut oder sehr gut eingestuft.

Signifikanzbewertung:

Kriterium	Beurteilung			
	hoch	-	-	niedrig
Effektivitäts- minderung	hoch	-	-	niedrig
Effizienzminde- rung	-	hoch	-	niedrig
Minderung der Zufriedenheit	-	-	hoch	niedrig
Abweichung bedeutsam	ja	ja	ja	nein

Die Signifikanzbewertung hat ergeben, dass es sich bei der vermuteten Abweichung um keinen signifikanten ergonomischen Mangel handelt.