

## **KAN-Studie 51**

# **„Rohfassung eines Leitfadens für die richtige Auswahl und Anwendung anthropometrischer Daten“**

Projektnehmerin: Frau Dr. Scheffler, Universität Potsdam

Das Projekt „Kommission Arbeitsschutz und Normung“ wird finanziell durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) gefördert

Autoren: Dr. Christiane Scheffler  
Dr. Grit Schüler

Herausgeber: Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit  
in Europa e.V. (VFA)

Redaktion: Dr. Anja Vomberg  
Kommission Arbeitsschutz und Normung (KAN)  
– Geschäftsstelle –  
Alte Heerstraße 111, 53757 Sankt Augustin  
Telefon (02241) 231–3454  
Telefax (02241) 231–3464  
E-Mail: [info@kan.de](mailto:info@kan.de)  
Internet: [www.kan.de](http://www.kan.de)

Veröffentlichung: Mai 2013

# Zusammenfassung

## Hintergrund

Im Jahr 2009 veröffentlichte die Kommission Arbeitsschutz und Normung (KAN) den Bericht 44 „Anthropometrische Daten in Normen“. Der Bericht verdeutlichte die große Bedeutung von Körpermaßdaten für den Arbeitsschutz und gab eine Reihe von Handlungsempfehlungen. Eine zentrale Empfehlung richtete sich an das DIN und empfahl die Erarbeitung eines Leitfadens, der Anwendern anthropometrischer Daten eine Hilfestellung gibt, wie Körpermaßdaten fehlerfrei genutzt werden können.

Der Beirat des Normenausschusses Ergonomie im DIN hat daraufhin seinem zuständigen Arbeitsausschuss „Anthropometrie und Biomechanik“ empfohlen, einen Anwenderleitfaden in Form einer DIN SPEC zu erarbeiten, der die richtige Auswahl und Verwendung anthropometrischer Daten allgemeinverständlich behandelt. Da der Ausschuss die KAN um Unterstützung gebeten hat und die KAN dieses Vorhaben als sehr hilfreich für die Gestaltung ergonomischer Arbeitsmittel erachtet, sollte in der vorliegenden Studie die Rohfassung eines solchen Leitfadens erarbeitet werden.

## Ziel der Studie

Ziel der Studie war es, die Rohfassung für einen Leitfaden zu erarbeiten, der die richtige Auswahl und Verwendung anthropometrischer Daten allgemeinverständlich behandelt. Die Rohfassung soll dann zur weiteren Verwendung an den zuständigen nationalen Normenausschuss weitergeleitet werden, um nach weiterer Überarbeitung in geeigneter Form veröffentlicht zu werden.

Die KAN dankt den Verfasserinnen, Frau Dr. Christiane Scheffler in Zusammenarbeit mit Frau Dr. Grit Schüler, Universität Potsdam, für die Durchführung des Projekts und die Erarbeitung der Rohfassung sowie den folgenden Experten für die Begleitung und die Unterstützung im Rahmen einer projektbegleitenden Arbeitsgruppe:

- Dr.-Ing. Claus Backhaus, BG für Transport und Verkehrswirtschaft, Hamburg
- Ulrich Bamberg, KAN–Arbeitnehmerbüro, Sankt Augustin

- Norbert Breutmann, Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände e.V. (BDA), Berlin
- Mark Brütting, Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA), Sankt Augustin
- Angela Janowitz, KAN-Geschäftsstelle, Sankt Augustin
- Dr. Gerd Küchmeister, Fachhochschule Kiel
- Sebastian Lentz, DIN Normenausschuss Ergonomie (NAErg), Berlin
- Eckhard Metze, KAN - Arbeitgeberbüro, Sankt Augustin
- Bettina Palka, KAN-Geschäftsstelle, Sankt Augustin
- Attila Pirger, Daimler AG, Stuttgart
- Dr. Anja Vomberg, KAN-Geschäftsstelle, Sankt Augustin
- Dr. Sascha Wischniewski, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund

## **Zusammenfassung Ergebnisbericht**

Als Ergebnis der KAN-Studie liegt ein Leitfaden vor, der insbesondere den Zielgruppen „Konstrukteure“ und „Mitarbeiter in der Produktnormung“ Hilfestellung bietet, wie sie Körpermaße für Konstruktion oder Normung richtig anwenden können.

Im ersten Schritt wurde das Konzept für einen solchen Leitfaden erstellt, das folgende Punkte enthielt:

- Grundlegende Vorgehensweise bei der Anwendung und Auswahl anthropometrischer Daten für die Gestaltung der technischen Umwelt des Menschen
- Hinweise zu Anwendung und Auswahl anthropometrischer Daten
- Ausgewählte Körpermaßangaben mit Warnhinweisen
- Konstruktionsbeispiele
- Glossar
- FAQ

Bei der Umsetzung des Konzepts wurde darauf Wert gelegt, möglichst leicht verständliche Ablaufschemata und leicht lesbare und gut gegliederte Texte zu verwenden. Es wurde verdeutlicht, wie wichtig die richtige Anwendung anthropometrischer Daten sowohl bei der Konstruktion als auch bei der Erstellung von Produktnormen ist.

Im Leitfaden werden anschließend konkrete Hinweise gegeben,

- woher man anthropometrische Daten bekommt,
- was man aus anthropometrischen Datensammlungen ablesen kann,
- wie anthropometrische Daten ermittelt werden,
- was Perzentile sind,
- was man bei der Kombination von Körpermaßen beachten muss,
- was bei Verwendung von Daten aus verschiedenen Ländern beachtet werden muss,
- inwiefern das Alter der Daten Einfluss hat,
- was bei der Anwendung von Daten von Männern und Frauen zu berücksichtigen ist und
- welche weiteren Faktoren wie z.B. Bekleidung die Anwendung der Daten in der Praxis beeinflussen.

Die nachfolgende Kategorisierung mit Warnhinweisklassen für verschiedene Arten von anthropometrischen Daten verdeutlicht anhand von ausgewählten Körpermaßen die Beachtung der verschiedenen Einflussfaktoren. Konstruktionsbeispiele und ein Fallbeispiel, welches nach dem Leitfaden abgearbeitet wird, runden den Leitfaden ab. Die gängigsten Begriffe werden im Anhang leicht verständlich und quervernetzt zum Vorkommen in Normen aufgelistet; außerdem werden in einem FAQ-Anhang die häufigsten Fragen aus dem Bereich der Anwendung anthropometrischer Daten beantwortet.

Der Leitfaden soll künftig all jene Konstrukteure und Mitarbeiter in Normungsgremien zur Einbeziehung von Körpermaßen animieren, die bislang vor der Komplexität der Anwendung von Körpermaßdaten zurückgeschreckt sind. So könnten vorhandene Daten noch stärker in Konstruktion und Normung einfließen und dabei Anwendungsfehler vermieden werden.

## Empfehlungen

1. Der Gemeinschaftsarbeitsausschuss NA 023-00-03 GA „Anthropometrie und Biomechanik“ des DIN wird gebeten, die Rohfassung in verschiedenen Normenausschüssen (z.B. NAM, NPS) und innerhalb des NA 023-00-03 GA an weiteren Zielgruppen (Spektrum der Mitarbeiter des NA) zu testen.
2. Die KAN wird gebeten, den Gesamtbericht im Internet über die Homepage der KAN zu veröffentlichen.
3. Die KAN wird gebeten, ein Online-Tool insbesondere mit der Zielgruppe Mitarbeiter in Normungsgremien und Konstrukteure entwickeln zu lassen; die Anbindung des Online-Tools sollte über die KAN-Homepage erfolgen (insbesondere über ErgoNoRA und Ergonomie-Lehrmodule; hierüber wäre es dann auch für die Lehre verfügbar).
4. Der Gemeinschaftsarbeitsausschuss NA 023-00-03 GA des DIN wird gebeten, die Rohfassung zu einem Dokument weiterzuentwickeln, das sich für eine DIN-Veröffentlichung eignet, z.B. als DIN SPEC (Fachbericht). Im Anschluss empfiehlt sich eine Veröffentlichung der DIN SPEC (Fachbericht) gemeinsam mit den relevanten Anthropometrie-Normen, z.B. als DIN-Taschenbuch.
5. Das DIN wird gebeten, nach Veröffentlichung einer DIN SPEC (Fachbericht) im Vorwort von anthropometrischen Normen auf diese hinzuweisen.



**Rohfassung eines Leitfadens für die richtige Auswahl und Anwendung  
anthropometrischer Daten**

**KAN-Studie 51**

Universität Potsdam

Dr. Christiane Scheffler

Dr. Grit Schüler

**Auftraggeber**

Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit in Europa e.V. (VFA)

## Inhalt

|        |                                                                                                                                                                 |    |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1      | Einleitung und Ziel des Leitfadens.....                                                                                                                         | 4  |
| 2      | Grundlegende Vorgehensweise bei der Anwendung und Auswahl anthropometrischer Daten für die Normung und die Gestaltung der technischen Umwelt des Menschen ..... | 6  |
| 3      | Hinweise zu Anwendung und Auswahl anthropometrischer Daten .....                                                                                                | 9  |
| 3.1    | Wann werden Körpermaße bei der Konstruktion und Gestaltung benötigt?.....                                                                                       | 9  |
| 3.2    | Welche Besonderheiten ergeben sich bei der Umsetzung anthropometrischer Daten für die Normungsarbeit? .....                                                     | 10 |
| 3.3    | Woher bekomme ich die anthropometrischen Daten? .....                                                                                                           | 11 |
| 3.4    | Was kann ich aus anthropometrischen Datensammlungen ablesen?.....                                                                                               | 17 |
| 3.5    | Wie werden anthropometrische Daten ermittelt? .....                                                                                                             | 19 |
| 3.6    | Perzentile.....                                                                                                                                                 | 22 |
| 3.6.1  | Was sind Perzentile? .....                                                                                                                                      | 22 |
| 3.6.2  | Wie verwende ich Perzentilwerte? .....                                                                                                                          | 23 |
| 3.7    | Was muss ich bei der Kombination von Körpermaßen beachten?.....                                                                                                 | 24 |
| 3.8    | Was muss ich bei anthropometrischen Daten verschiedener Länder beachten? ....                                                                                   | 27 |
| 3.9    | Wie hängen anthropometrische Daten vom Alter der Menschen ab? .....                                                                                             | 28 |
| 3.10   | Was muss ich bei anthropometrischen Daten für Männer und Frauen beachten? .                                                                                     | 29 |
| 3.11   | Was ist ein Unisex-Modell? .....                                                                                                                                | 29 |
| 3.12   | Wie wird die Aktualität von anthropometrischen Daten beeinflusst? .....                                                                                         | 30 |
| 3.13   | Welche Faktoren beeinflussen oder verändern anthropometrische Daten in der Praxis?.....                                                                         | 33 |
| 3.13.1 | Einfluss von bequemer Körperhaltung.....                                                                                                                        | 33 |
| 3.13.2 | Einfluss von Bewegung .....                                                                                                                                     | 34 |
| 3.13.3 | Addition von Körpermaßen.....                                                                                                                                   | 36 |
| 3.13.4 | Einfluss von Bekleidung .....                                                                                                                                   | 37 |
| 3.13.5 | Einfluss der Kontaktumwelt .....                                                                                                                                | 38 |
| 3.13.6 | Einfluss von Haaren, Frisuren und Fingernägeln.....                                                                                                             | 39 |
| 4      | Ausgewählte Körpermaßangaben mit Warnhinweisen .....                                                                                                            | 40 |
| 4.1    | Warnhinweissystem .....                                                                                                                                         | 40 |

|       |                                                                         |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.1 | Erläuterungen zum Warnhinweissystem (Warnstufen) .....                  | 40 |
| 4.2   | Ausgewählte Körpermaßangaben mit Warnhinweisen .....                    | 43 |
| 5     | Konstruktionsbeispiele .....                                            | 45 |
| 5.1   | Grundsätzliche Überlegungen zur Auswahl der Konstruktionsbeispiele..... | 45 |
| 5.2   | Fallbeispiele: Konstruktionsaufgaben und deren Anforderungsprofil ..... | 45 |
| 6     | Glossar.....                                                            | 50 |
| 7     | FAQs.....                                                               | 56 |
| 8     | Danksagung .....                                                        | 61 |
| 9     | Tabellenverzeichnis.....                                                | 61 |
| 10    | Abbildungsverzeichnis.....                                              | 61 |
| 11    | Literatur .....                                                         | 63 |

## 1 Einleitung und Ziel des Leitfadens

Anwenderinnen und Anwender<sup>1</sup>, wie Konstrukteure, Produktionsplaner, Prüfer und Gestalter der technischen Umwelt sowie Mitarbeiter in Normungsgremien stehen oft vor dieser oder einer ähnlichen Frage:

***“Wie kann ich mein Produkt so gestalten, dass Menschen es komfortabel und sicher nutzen können?“***

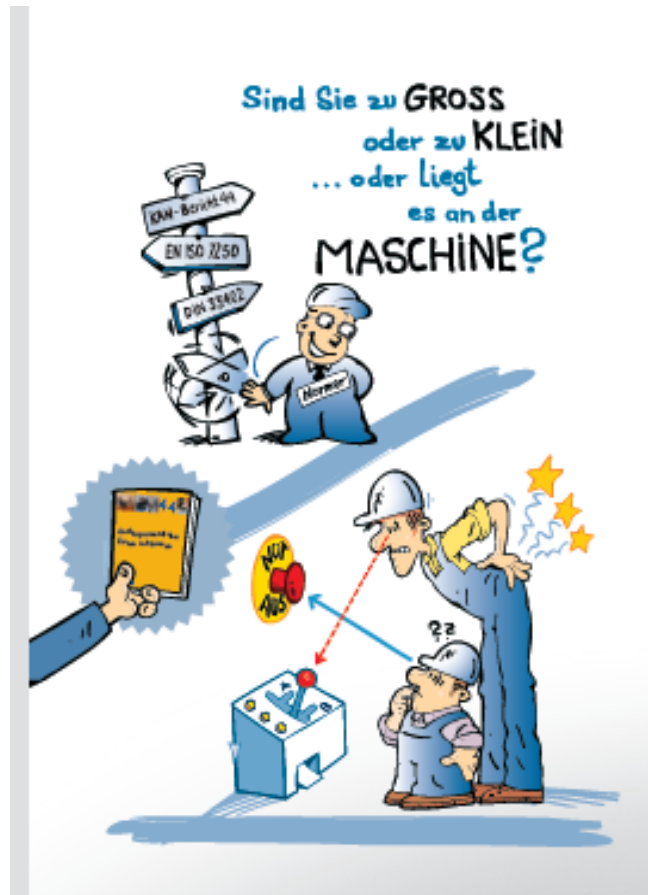


Abb. 1: Sind Sie zu groß oder zu klein ...?

Eine optimale, ergonomisch komfortable und sichere Gestaltung von Produkten mit der Schnittstelle Mensch - technische Umwelt kann nur auf der Basis einer guten Adaptation der gestalteten Umwelt an die biologischen und physiologischen Bedürfnisse des menschlichen Körpers erfolgen. Ein wesentlicher Aspekt sind dabei die Werte von Maßen des menschlichen Körpers ([↑ anthropometrische Daten](#))<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Wegen einer besseren Lesbarkeit wird im weiteren Text nur die männliche Form verwendet. Es sei denn, es handelt sich ausschließlich um Frauen.

<sup>2</sup> Bei den mit Pfeil markierten Worten handelt es sich um Verweise auf das Glossar, in dem die entsprechenden Begriffe erläutert werden.

In allen Bereichen unserer modernen Welt interagieren Menschen mit Produkten oder in technischen Umwelten, die nur sehr selten individuell an den einzelnen Nutzer angepasst sind. So werden Körpermaße und daraus abgeleitete Maße in der Praxis in vielfältigen Bereichen wie der Gestaltung von Produktionsbereichen und anderen Arbeitsräumen, öffentlichen Räumen (z.B. Innenräume in Verkehrsmitteln, Ausrüstung von Schulen), Maschinenarbeitsplätzen, Alltags- sowie Arbeitsschutz- und Sicherheitsbekleidungen, Schuhwerk, technischen Medizinprodukten und vielen weiteren Bereichen angewendet. Daneben bilden diese Maße aber auch die Grundlage für die Entwicklung computergestützter Simulationssysteme (CAD-Systeme, Computer-Manikins).

Werden keine oder falsche Daten von Körpermaßen zugrunde gelegt, kann es leicht so aussehen wie in der obigen Karikatur dargestellt (Abb.1).

Damit die technische Umwelt sicher und komfortorientiert gestaltet werden kann, soll mit diesem Leitfaden Konstrukteuren, Produktionsplanern, Prüfern, Gestaltern von technischen Umwelten und Produkten sowie Mitarbeitern in Normungsgremien gezeigt werden, wie die grundlegenden Fragen bei der Auswahl und Anwendung von Daten von Maßen des menschlichen Körpers (siehe Abb.2) beantwortet werden können und wie vorhersehbare Fehlanwendungen minimiert werden (siehe Kap. 3 – 5).

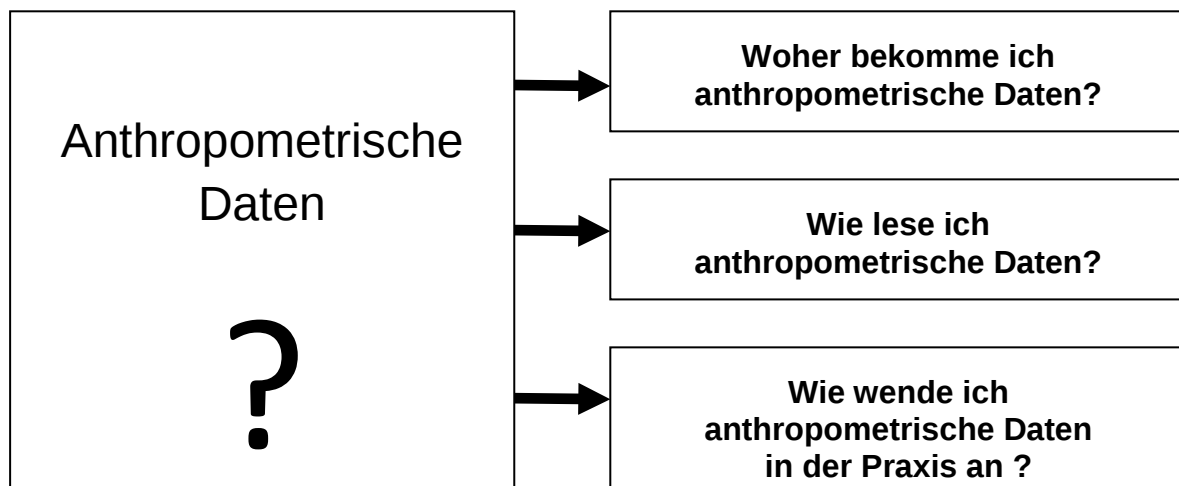


Abb. 2: Übersicht über wesentliche Fragen, die sich bei der Anwendung anthropometrischer Daten ergeben und in diesem Leitfaden beantwortet werden.

## **2 Grundlegende Vorgehensweise bei der Anwendung und Auswahl anthropometrischer Daten für die Normung und die Gestaltung der technischen Umwelt des Menschen**

Aus der Überlegung heraus, was konstruiert bzw. genormt werden soll, ergibt sich die Antwort, inwieweit Körpermaße von potentiellen Nutzern zu Grunde gelegt werden müssen. Das Ablaufschema in Abbildung 3 zeigt die grundsätzliche Vorgehensweise, die zu einer möglichst optimalen Anwendung [anthropometrischer Daten](#) (↑) führt.

Zugleich ermöglicht das Schema dem Leser bei einer spezifischen Fragestellung einen schnellen Zugriff auf die einzelnen Kapitel des Leitfadens, um gezielt mögliche Fehlanwendungen zu verhindern.

Der Fokus in diesem Leitfaden ist vor allem auf die Lösung und die Beantwortung von Fragen gerichtet, die sich bei der Anwendung von Körpermaßen an der Schnittstelle Mensch und technische Umwelt ergeben können. Grundsätzlich sind die Hinweise auch für weitere mögliche Anwendungsbereiche anthropometrischer Daten übertragbar.

Anhand von Konstruktionsbeispielen ([siehe Kap. 5](#)) werden konkret die Besonderheiten für die Nutzung anthropometrischer Daten für die Konstruktion von Produkten und Arbeitsplätzen, sowie für die Erarbeitung von entsprechenden Normen erläutert. Fachbegriffe werden im Glossar ([siehe Kap. 6](#)) näher erläutert.

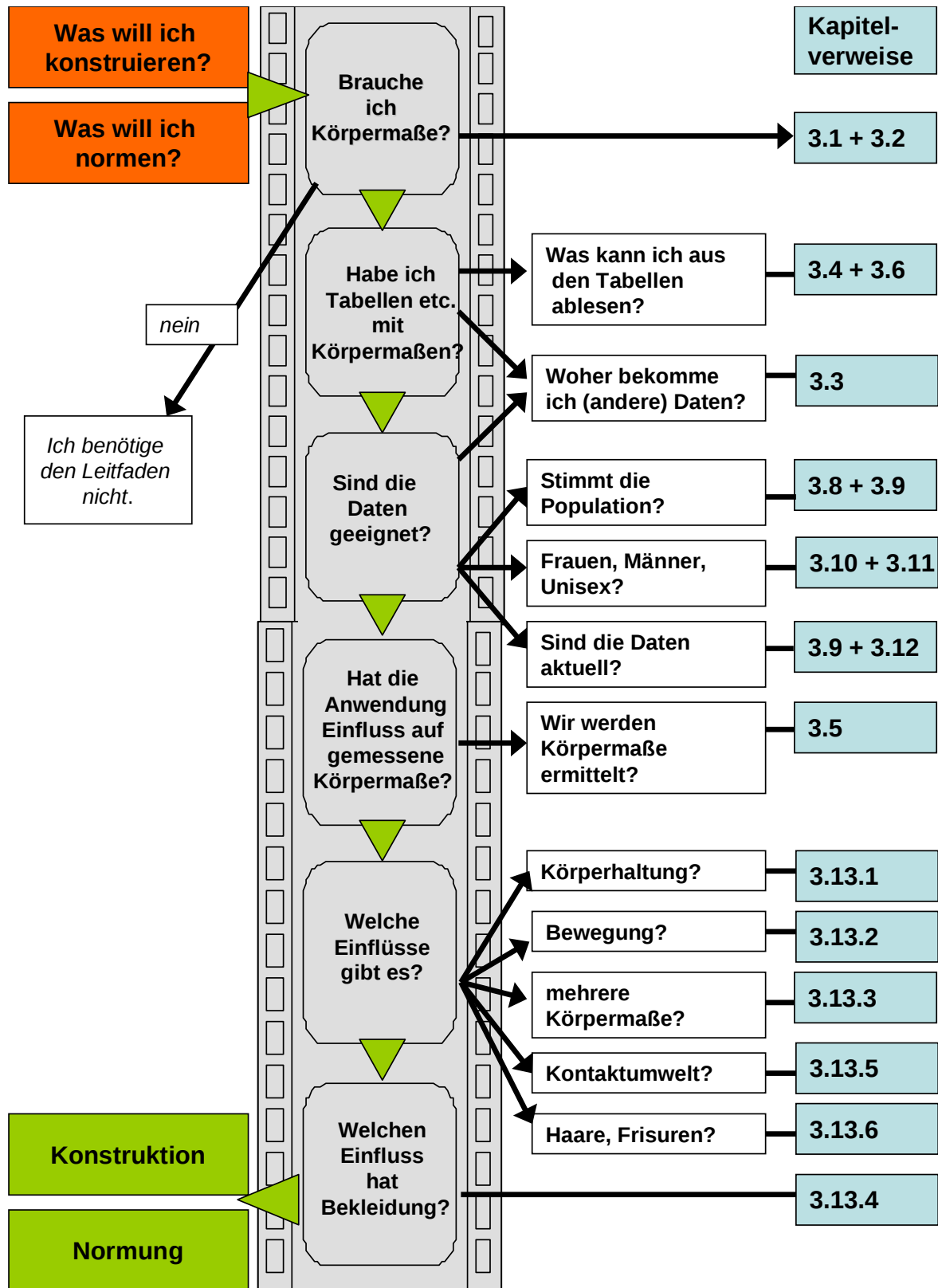


Abb. 3: Ablaufschema zur praktischen Vorgehensweise bei der Auswahl und Nutzung anthropometrischer Daten für die Gestaltung der technischen Umwelt (mit entsprechenden Kapitelverweisen)

In separaten Abschnitten bzw. Kapiteln, die auch im Ablaufschema (Abb. 3) zu finden sind, werden Antworten zu einzelnen Fragen gegeben, die dann auch am Ende des Leitfadens einzeln beantwortet werden ([siehe Kap. 7](#))



Abb. 4: Ausgewählte „Frequently asked questions“ bei der Anwendung anthropometrischer Daten

### 3 Hinweise zu Anwendung und Auswahl anthropometrischer Daten

#### 3.1 Wann werden Körpermaße bei der Konstruktion und Gestaltung benötigt?

Immer, wenn die (Arbeits-)Umgebung von Menschen und/oder ein Produkt für den Kontakt mit Menschen entwickelt bzw. gestaltet werden, entsteht eine Schnittstelle von Mensch und (technischer) Umwelt. Dann sind für eine optimale Gestaltung Körpermaße von Menschen erforderlich.

Besonders häufig werden [anthropometrische Daten \(↑\)](#) bei der Gestaltung von Bekleidung, Arbeitsplätzen, persönlichen Schutzausrüstungen und Mensch-Maschine-Schnittstellen benötigt und genutzt. Dabei müssen neben der ergonomischen und komfortablen Gestaltung von Produkten sehr oft auch arbeitsschutzrelevante Sicherheitsaspekte beachtet werden. Da bestimmte Fehlanwendungen anthropometrischer Daten wie z.B. die Auswahl falscher Körpermaße, die Nutzung von Körpermaßen einer nichtadäquaten [Nutzerpopulation \(↑\)](#) (z.B. falsches Alter) oder die Nichtbeachtung von Kleidung vorhersehbar sind, können sie bei Kenntnis der Zusammenhänge vermieden werden.

Für Büroarbeitsplätze zeigt die Praxis, dass bei der individuellen Gestaltung von Büroarbeitsplätzen aufgrund der technischen Möglichkeiten (Verstellbarkeit von Bürostühlen und Arbeitstischen) eine optimale Anpassung des Arbeitsplatzes an die Erfordernisse des einzelnen Nutzers bereits sehr gut umgesetzt wurde.

Für persönliche Schutzausrüstungen (PSA) sind Größen- und Typensysteme üblich. Die Variabilität von Körpermaßen wird in diesem Fall durch die optimale Entwicklung von kategorisierten Größensystemen berücksichtigt und so eine Passgenauigkeit für den einzelnen Nutzer gewährleistet. Viele Komponenten einer persönlichen Schutzausrüstung, wie zum Beispiel bei einer Atemschutzmaske, haben direkten Kontakt zum menschlichen Körper, und somit sind Einflüsse von Bekleidung o. ä. auf die verwendeten Körpermaße geringer.

Die Konstruktion von Maschinen und Produktionsbereichen ist oft sehr viel komplexer. Deshalb ist bei der Anwendung anthropometrischer Daten zu beachten:

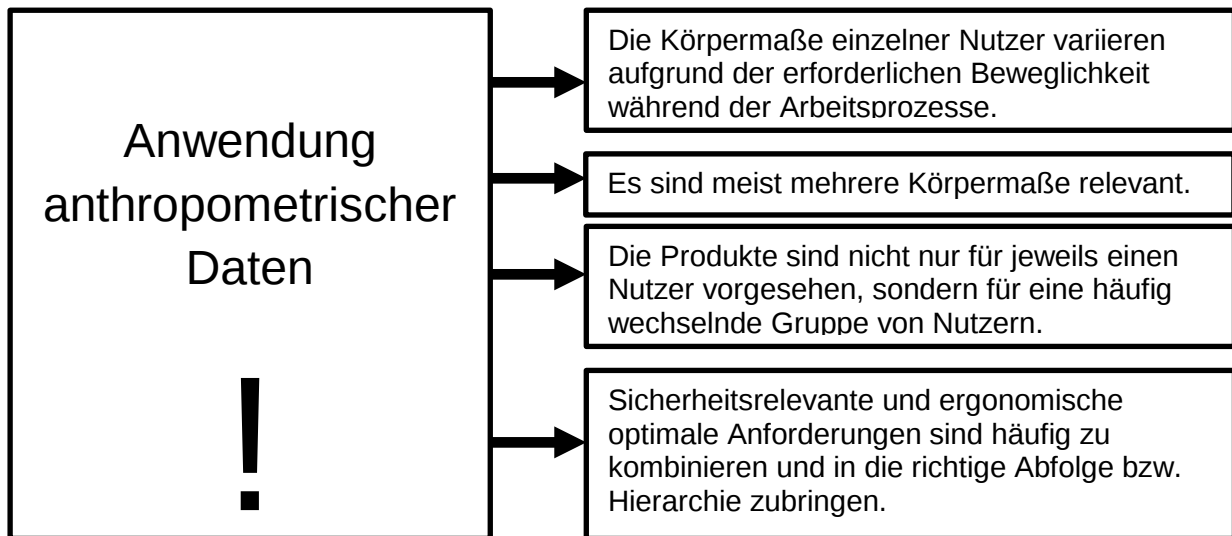


Abb. 5: Übersicht über ausgewählte Besonderheiten, die bei der Anwendung anthropometrischer Daten beachtet werden müssen

### 3.2 Welche Besonderheiten ergeben sich bei der Umsetzung anthropometrischer Daten für die Normungsarbeit?

Bei Normenverweisen auf Körpermaße anderer Normen empfiehlt es sich, nicht die konkreten Zahlenwerte aus anderen Normen anzugeben, sondern sich indirekt auf die verwiesene Norm zu beziehen (gleitender Verweis), um Aktualisierungen der Werte in der Norm zu berücksichtigen.

In Normungsgremien werden Normen entwickelt, in die aufgrund der Zielstellung vielfach Daten von Körpermaßen integriert werden. Alle Aspekte, die Konstrukteure bei der Gestaltung von Produkten beachten müssen, sollten nach Möglichkeit schon bei der Erarbeitung einer Norm einbezogen werden (Abb. 3).

Viele Normen beziehen sich auf andere gültige Normen. Das ist zur Vereinheitlichung von Maßangaben sinnvoll. Bei anthropometrischen Daten können sich jedoch konkrete Zahlenwerte von Generation zu Generation ändern (siehe [Kap. 3.12](#)). Demzufolge werden grundlegende Normen zu Körpermaßen (z.B. DIN 33402-2; DIN EN ISO/TR 7250-2) in unregelmäßigen Abständen aktualisiert, ohne dass Änderungen in nachfolgenden Normen direkt übernommen werden. Dadurch können Anwender trotz richtigem Normbezug zum Teil widersprüchliche Angaben zu Körpermaßen erhalten (z.B. zwei sich unterscheidende Werte für die kleinste zu beachtende Körperhöhe). Daher ist es sinnvoll, sich nur auf die Norm zu beziehen, indem z.B. angegeben wird, dass der 5. Perzentilwert der Körperhöhe aus DIN EN ISO/TR 7250-2 zu verwenden ist. Eine ähnliche Vorgehensweise wird bei der Aufstellung

von Formeln empfohlen, die feste Werte von Körpermaßen enthalten (z. B. statt 1714 mm + 35 mm beim Tragen eines Schutzhelmes; 50. Perzentilwert der Körperhöhe aus DIN EN ISO/TR 7250-2 + 35 mm). Das erschwert zwar den Lesefluss und erfordert die Entnahme der aktuellen Werte aus der in Bezug genommenen Norm. Aber es wird dadurch gewährleistet, dass einheitliche Daten verwendet werden.

### 3.3 Woher bekomme ich die anthropometrischen Daten?

Die Publikation anthropometrischer Daten erfolgt überwiegend in

- nationalen und internationalen Normen
- Handbüchern
- wissenschaftlichen Fachzeitschriften (Abb. 6)

Angaben zu Körpermaßen in Datensammlungen können oft voneinander abweichen. Das muss kein Widerspruch sein, denn die Zusammenstellung einer Stichprobe beeinflusst die Maße. Stehen mehrere Datensammlungen mit Körpermaßen zur Verfügung, so sollte die aktuellere genutzt werden (siehe [Kap. 3.12](#)).

Grundsätzlich sind alle Datenquellen anwendbar, allerdings ist zu beachten, dass sich Körpermaßdaten aufgrund der Zielstellung und der Aktualität der Publikationen unterscheiden.

Hauptursache für Konstruktions- und Bewertungsfehler ist in der Regel nicht die Qualität der Daten, sondern deren falsche Anwendung. Das trifft auch auf die Verwendung veralteter Daten zu. Allerdings sollten auch hier bei sich stark verändernden Körpermaßen nicht zu alte Daten verwendet werden (siehe Kap. [3.7](#), [3.9](#)). Vor einigen Jahren betraf dies wegen der säkularen Zunahme der Längenmaße vor allem die Körperhöhe, die Bein- und die Armlänge. Heute ist wegen des Trends zu Übergewicht besonders bei Umfangs- und Breitenmaßen (Taillenumfang, Körpersitzbreite usw.) auf die Aktualität der Daten zu achten (siehe Kapitel [3.12](#)).

In nationalen und internationalen Normen (z.B. DIN 33402; DIN EN ISO/TR 7250-2) publizierte anthropometrische Daten sind in der Regel repräsentativ. Sie beinhalten Angaben, die zumeist die Werte des 5., 50. und 95. Perzentils ([↑ Perzentil](#)) wiedergeben und sind überwiegend für Frauen und Männer getrennt sowie vereinzelt für verschiedene Altersgruppen dargestellt. Angaben zur Methode finden sich in separaten Normen oder in Teilnormen (z.B. DIN EN ISO 7250-1) oder weiteren Dokumenten. In Normen werden zum Teil Hilfestellungen für den Nutzer gegeben, die für gezielte Anwendungsbereiche erarbeitet wurden (z.B. DIN EN ISO 3411 mit Angaben zur Art der Körperhaltung, zu Zuschlägen hinsichtlich Bekleidung usw.). Die Ursachen der biologischen Variabilität werden in Normen

nicht erläutert. Hinweise zu Veränderungen einzelner Maße bei der Anwendung (z.B. Einfluss von Bekleidung) fehlen oft. Es handelt sich in Normen normalerweise entsprechend der standardisierten Methode um ohne Bekleidung erhobene Körpermaße.



Abb. 6: Übersicht über Datenquellen für Körpermaße

Handbücher wie das Handbuch der Ergonomie (HdE; Schmidtke et al. 1989), der Anthropologische Atlas (Flügel et al. 1986 - AA) oder der Internationale anthropometrische Datenatlas (Jürgens et al. 1989 - IAD) bieten umfassende nutzerfreundliche Tabellenwerke von ergonomisch relevanten Maßen des menschlichen Körpers. Sie haben den Vorteil, dass neben der ausführlich beschriebenen Messmethode eine Übertragung in die Praxis erleichtert wird. Es sind einheitliche Tabellen dargestellt für eine umfassende Auswahl an Körpermaßen, die mindestens Werte für die 5., 50. und 95. Perzentile ([↑ Perzentil](#)) angeben. Die Datentabellen für Männer und Frauen sind immer separat dargestellt und nach Altersgruppen bzw. teilweise nach regionalen Unterschieden untergliedert. Die genannten Publikationen wurden allerdings alle vor über 20 Jahren publiziert und nicht neu aufgelegt.

Im Handbuch der Ergonomie gibt es zu den detaillierten Angaben der jeweiligen Messmethode Anwendungshinweise für die praktische Relevanz einzelner Daten (z.B. Sitzhöhe – Bemessung von Arbeitsplätzen in sitzender Position) und in einigen Fällen Anmerkungen, die vom Konstrukteur bei der Verwendung des jeweiligen Maßes beachtet werden sollten. Der Einfluss der Kleidung kann vom Konstrukteur eigenverantwortlich abgeleitet werden, da für einzelne Maße nicht nur Zuschläge für Schuhwerk oder Kopfbedeckung angegeben werden, sondern auch Körpermaßwerte, bei denen neben einem unbekleideten Körper auch die Messwerte beim Tragen von schwerer oder leichter

Bekleidung ermittelt wurden. Die Untergliederung der Altersgruppen im Handbuch der Ergonomie erfolgt nach 18-19- Jährigen, 20-25- Jährigen und 26-40- Jährigen.

Im Anthropologischen Atlas finden sich neben der detaillierten Beschreibung der Messmethode tabellarische Maßangaben für Männer und Frauen im Alter von 18-59 Jahren. Dieser Altersbereich ist detailliert untergliedert und unterteilt die untersuchte Altersspanne zudem in Altersgruppen, die jeweils eine Spanne von 5 Jahren umfassen. Diese Untergliederung beginnt mit der Altersgruppe 20-24 Jahre und endet mit der Altersgruppe 55-59 Jahre, so dass eine ausführliche Übersicht über die körperlichen Besonderheiten der einzelnen Altersgruppen möglich wird. Zudem werden mehrheitlich die Werte für die Altersgruppe 60-64 Jahre angegeben. In einem allgemeinen Teil werden biologische Ursachen der Variabilität von Körpermaßen, wie Geschlechtsunterschiede, soziale Unterschiede, körperbauliche Unterschiede erläutert.

In wissenschaftlichen Fachzeitschriften publizierte Daten stammen in der Regel aus aktuellen Untersuchungen der Autoren. Aufgrund spezifischer Fragestellungen sind die Stichproben nicht immer repräsentativ, da oft nur Teilpopulationen untersucht werden konnten. Ferner ist die Auswahl der anthropometrisch untersuchten Maße zumeist auf die wissenschaftliche Fragestellung ausgerichtet. Dazu gehören ergonomische Studien, in vielen Fällen aber auch biologisch-medizinische Studien, die sich z.B. mit den Ursachen von Übergewicht befassen. Eine repräsentative und vor allem für Konstrukteure u. a. Nutzer wichtige Datensammlung wird in wissenschaftlichen Publikationen selten publiziert.

Daten aus aktuelle Reihemessungen wie zuletzt in Deutschland das Projekt „Size Germany“ ([www.sizegermany.de](http://www.sizegermany.de)), welches in den letzten Jahren über die gesamte deutsche Bevölkerung mehr als 70 Körpermaße zusammengetragen hat, stehen meistens nicht für die Normung und die Konstruktion zur Verfügung.

In Abbildung 7 sind beispielhaft anhand von Figurinen einige Körpermaße dargestellt, die in den relativ leicht zugänglichen Handbüchern bzw. ausgewählten Normen zu finden sind. Die nachfolgende Tabelle (Tab. 1) gibt dann eine Übersicht über die Publikationsquellen der in den Figurinen dargestellten Körpermaße

Am Ende des Leitfadens (siehe [Kap. 4.2](#)) sind exemplarisch Werte für Körpermaße aus der DIN 33402-2 zu finden. Diese sind mit entsprechenden Warnhinweisen versehen, die bei der Anwendung eine Rolle spielen können.

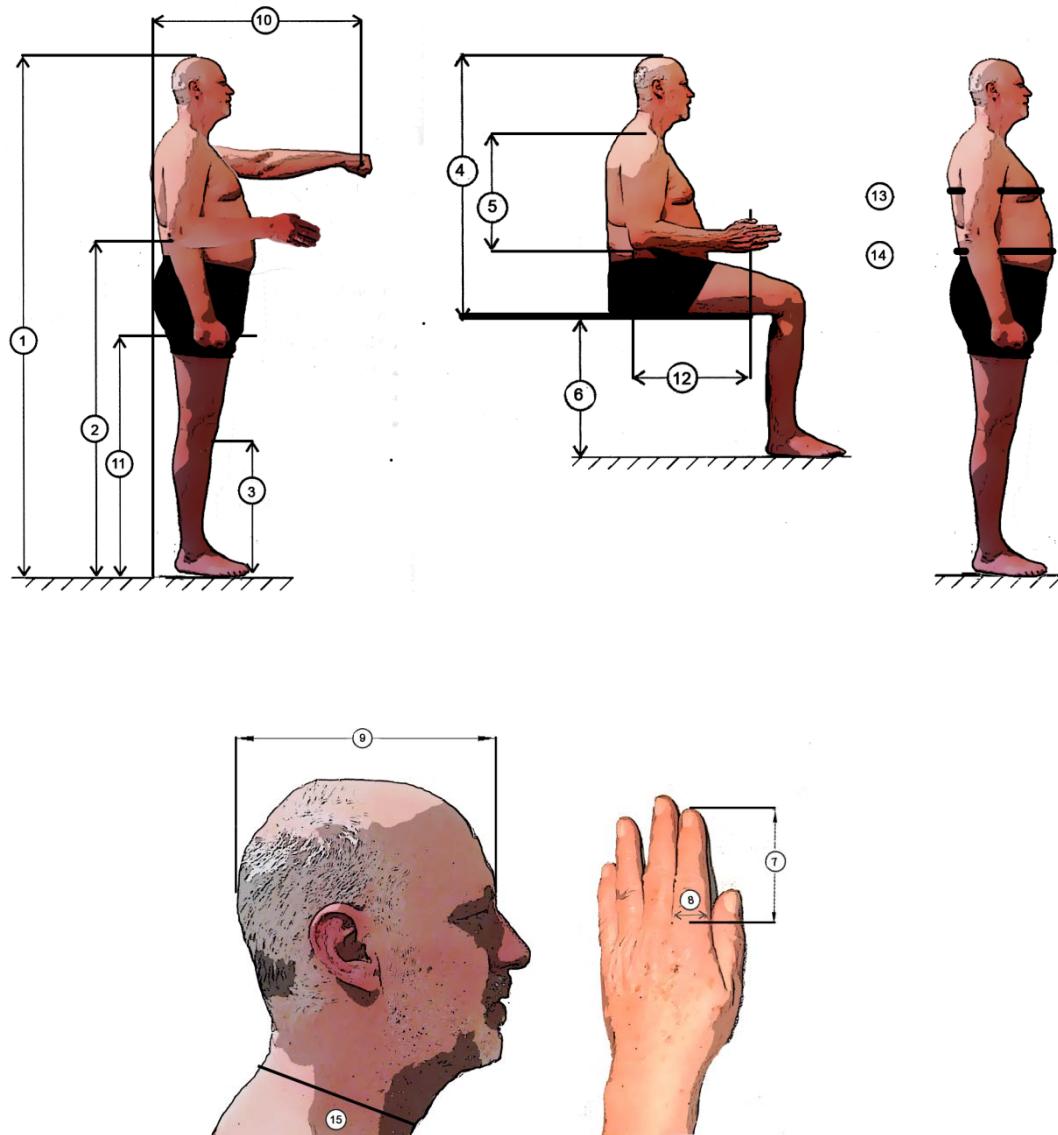


Abb. 7: Figurinen mit einer Auswahl der gebräuchlichsten ergonomischen Körpermaße (Schüler 2012)

Tab. 1: Übersicht über Publikationsquellen der in den Figurinen dargestellten Körpermaße (Abb. 7) (HdE: Handbuch der Ergonomie, AA: Anthropologischer Atlas, IAD: Internationaler anthropometrischer Datenatlas) – Perzentilwerte dieser Maße finden sich in Kapitel 4.

| Gruppe                     | Nr. <sup>3</sup> | Bezeichnung Körpermaß                                                          | HdE | AA    | IAD | Nationale und internationale Normen                                                                                                        |
|----------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Maße am stehenden Menschen | 1                | Körperhöhe                                                                     | x   | x     | x   | DIN 33402-2;<br>DIN EN 547-3;<br>DIN EN ISO 14738;<br>DIN EN ISO 11064-3;<br>DIN 5566-1;<br>DIN 33408-1;<br>DIN EN ISO 15537;<br>DIN 33419 |
|                            | 2                | Ellenbogenhöhe über Standfläche                                                | x   | k. A. | x   | DIN 33402-2;<br>DIN EN ISO 14738;<br>DIN EN ISO 15537                                                                                      |
|                            | 3                | Tibialhöhe / Kniegelenkhöhe                                                    | x   | x     | x   | DIN 33402-2;<br>DIN EN ISO 15537                                                                                                           |
| Maße am sitzenden Menschen | 4                | Sitzhöhe (Stammlänge)                                                          | x   | x     | x   | DIN 33402-2;<br>DIN EN ISO 3411;<br>DIN EN ISO 14738;<br>DIN EN ISO 11064-3;<br>DIN 5566-1;<br>DIN EN ISO 15537;<br>DIN 33419              |
|                            | 5                | Schulter- Ellenbogenlänge                                                      | x   | k. A. | x   | DIN EN ISO 3411;<br>DIN 33402-2                                                                                                            |
|                            | 6                | Länge des Unterschenkels mit Fuß (Sitzflächenhöhe) / Unterschenkelhöhe mit Fuß | x   | x     | x   | DIN 33402-2;<br>DIN EN ISO 14738;<br>DIN EN ISO 11064-3;<br>DIN 5566-1;<br>DIN EN ISO 15537;<br>DIN 33419;<br>DIN EN ISO 3411              |

<sup>3</sup> Nummer bezogen auf die Figurinen in Abb. 7

| <b>Gruppe</b>                                  | <b>Nr.<sup>4</sup></b> | <b>Bezeichnung<br/>Körpermaß</b>                                                    | <b>HdE</b> | <b>AA</b> | <b>IAD</b> | <b>Nationale und<br/>internationale<br/>Normen</b>                    |
|------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Maße an<br>einzelnen<br>Körper-<br>abschnitten | 7                      | Zeigefingerlänge                                                                    | x          | k. A.     | x          | DIN 33402-2;<br>DIN EN 547-3                                          |
|                                                | 8                      | Zeigefingerbreite<br>(körpernah)                                                    | x          | k. A.     | x          | DIN 33402-2;<br>DIN EN 547-3                                          |
|                                                | 9                      | Kopflänge<br>(Kopftiefe)                                                            | x          | x         | x          | DIN 33402-2;<br>DIN EN ISO 3411;<br>DIN EN ISO 15537;<br>DIN 33419    |
| Funktionelle<br>Maße                           | 10                     | Reichweite nach<br>vorn (Griffachse) /<br>Greifweite nach<br>vorn                   | x          | x         | x          | DIN 33402-2;<br>DIN EN 547-3;<br>DIN EN ISO 14738                     |
|                                                | 11                     | Höhe der Hand<br>(Griffachse) über<br>der Standfläche /<br>Greifweite nach<br>unten | x          | x         | x          | DIN 33402-2                                                           |
|                                                | 12                     | Ellenbogen-<br>Griffachsen-<br>Abstand                                              | x          | k. A.     | x          | DIN 33402-2;<br>DIN EN ISO 11064-3;<br>DIN EN ISO 15537;<br>DIN 33419 |
| Umfangs-<br>maße                               | 13                     | Brustumfang                                                                         | x          | x         | x          | DIN 33402-2                                                           |
|                                                | 14                     | Tailenumfang                                                                        | x          | x         | x          | DIN 33402-2                                                           |
|                                                | 15                     | Halsumfang                                                                          | x          | x         | x          | DIN 33402-2                                                           |

---

<sup>4</sup> Nummer bezogen auf die Figurinen in Abb. 7

### 3.4 Was kann ich aus anthropometrischen Datensammlungen ablesen?

Eine gebräuchliche und übersichtliche Darstellung von Körpermaßdaten ist die tabellarische Form, mit Angaben zum Körpermaß, zum Alter und den wiedergegebenen Perzentilen (↑ Perzentile). Gut zu verwenden sind Tabellen, die durch Informationen, wie Herkunft der Daten, Messmethoden, Anwendungshinweise usw., ergänzt wurden.

Die in entsprechenden Tabellen aufgeführten anthropometrischen Maße sind in der Praxis anwendbar, wenn die in [Kapitel 3.5](#) beschriebenen Besonderheiten beachtet werden.

Die folgenden Beispiele aus dem Handbuch der Ergonomie (Abb.8), dem Anthropologischen Atlas (Abb.9) und dem Internationalen anthropometrischen Datenatlas (Abb.10) demonstrieren verschiedene Möglichkeiten, wie Körpermaße in Tabellen klassifiziert werden.

**Körpermaße (männlich)**

**Geschlecht**

**Angabe zum Maß (Definition, Messmethode usw.)**

**Stichprobengröße, Untersuchungszeit**

**Angabe der Altersgruppen**

**Messmethode, bildlich vereinfacht**

**Präzisierung der Messmethode**

**angegebene Perzentile**

**Perzentilwerte für das Körpermaß**

**Hinweise zur Anwendung und Maßvariabilität**

**Stand 1999**

| Jahre | Perzentile | Bekleidung |        |      |        |
|-------|------------|------------|--------|------|--------|
|       |            | schwer     | leicht | ohne | schwer |
| 18-19 | 1          | 1714       | 1673   | 1638 | 1615   |
|       | 5          | 1718       | 1676   | 1641 | 1618   |
|       | 50         | 1824       | 1824   | 1799 | 1799   |
|       | 95         | 1941       | 1941   | 1906 | 1906   |
|       | 99         | 1958       | 1958   | 1923 | 1923   |
| 20-25 | 1          | 1714       | 1673   | 1638 | 1615   |
|       | 5          | 1718       | 1676   | 1641 | 1618   |
|       | 50         | 1824       | 1824   | 1799 | 1799   |
|       | 95         | 1941       | 1941   | 1906 | 1906   |
|       | 99         | 1958       | 1958   | 1923 | 1923   |
| 26-40 | 1          | 1714       | 1673   | 1638 | 1615   |
|       | 5          | 1718       | 1676   | 1641 | 1618   |
|       | 50         | 1824       | 1824   | 1799 | 1799   |
|       | 95         | 1941       | 1941   | 1906 | 1906   |
|       | 99         | 1958       | 1958   | 1923 | 1923   |

**Anwendungshinweise:**

1. Das Maß nimmt im Verlauf des Tages bis zu 2 cm ab (Kompression der Zwischenwirbelscheiben). Im Liegen kann sich das Körperhöhenmaß um 1 % erhöhen.

**Stand 1999**

Abb. 8: Beispiel für eine Körpermaßtabelle (hier Körperhöhe für Männer) aus dem Handbuch der Ergonomie (HdE)

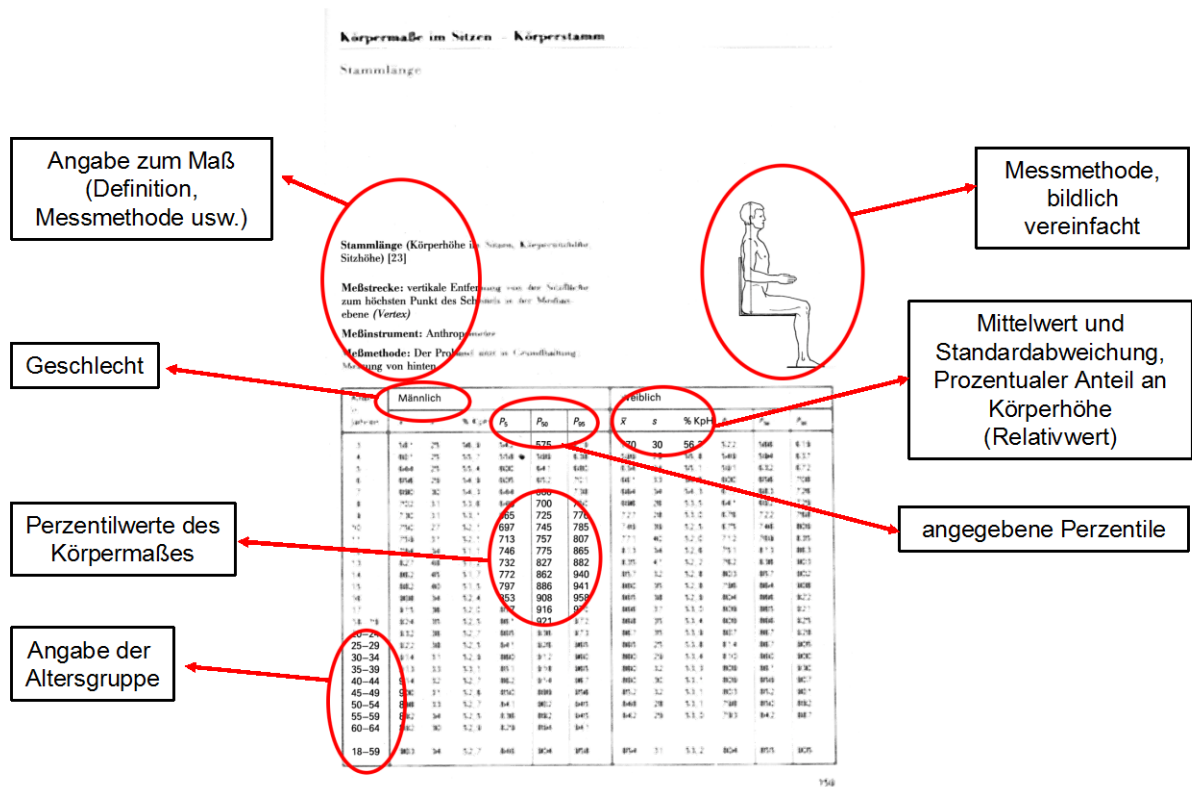


Abb 9: Beispiel für eine Körpermaßtabelle (hier Körperhöhe im Sitzen für Männer und Frauen) aus dem Anthropologischen Atlas (aus Flügel et al. 1986)

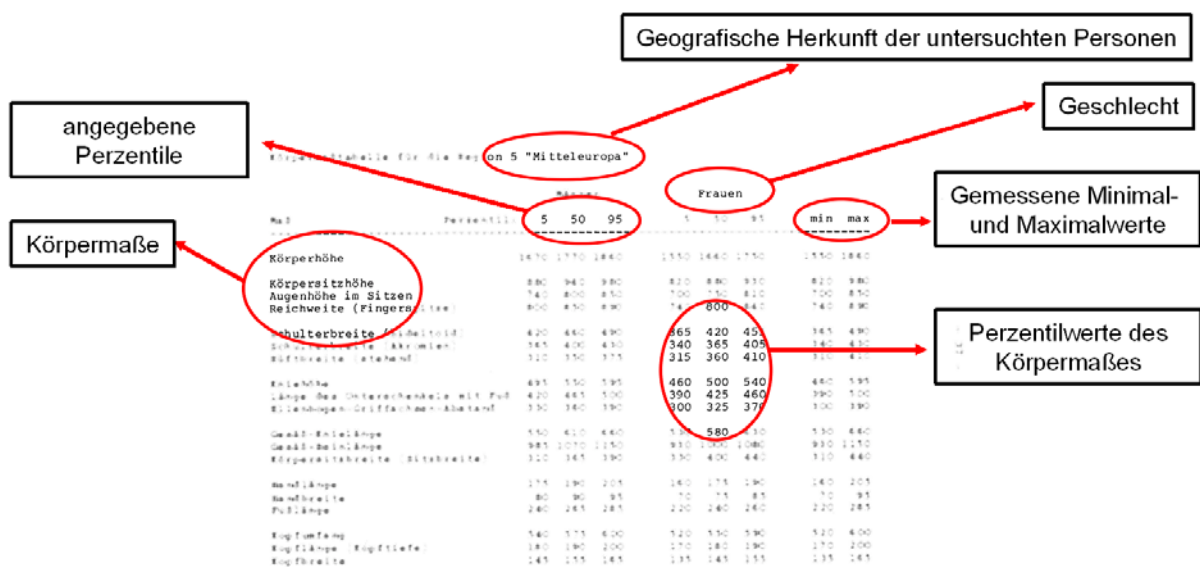


Abb 10: Beispiel für eine Körpermaßtabelle (hier mehrere Körpermaße für Männer und Frauen Mitteleuropas) aus dem Internationalen anthropologischen Datenatlas (aus Jürgens et al. 1989)

Die aufgeführten Beispieltabellen beinhalten die für die ergonomische Gestaltung anzuwendenden Werte des 5., 50. und 95. Perzentils (↑) mit Altersangaben, geschlechtsspezifischen Werten sowie weiterführende Informationen.

### 3.5 Wie werden anthropometrische Daten ermittelt?

Die Körpermaße sollten immer durch eine definierte Messmethode an definierten Messpunkten in definierten Standardpositionen der gemessenen Probanden ermittelt werden. In der Regel sind die Probanden dabei nur leicht bekleidet.

Die Messungen basieren auf definierten Messpunkten oder Bezugsebenen wie der Stand- oder Sitzfläche. Bei Längen-, Tiefen- und Breitenmaßen ergeben zwei definierte Messpunkte<sup>5</sup> eine [Messstrecke \(↑\)](#). So ergibt die Entfernung von der Standfläche zum Vertex ([↑ Vertex](#) – ein Messpunkt, der den höchsten Punkt des Kopfes markiert), die Körperhöhe.

Die Messpunkte bei der klassischen Anthropometrie (↑) sind direkt am menschlichen Körper erkennbar oder tastbar. Dabei kann man 2 Gruppen unterscheiden:

- Messpunkte die skelettbasiert oder [skelettär \(↑\)](#) ertastet werden und
- Messpunkte, die an der Körperoberfläche liegen ([↑ Weichteilmaße](#)).

Skelettäre Messpunkte (↑) erfordern ein Ertasten von definierten Knochenpunkten unter der Haut z.B. am Ellenbogen, am Kniegelenk, an der Schulter.

Messpunkte an der Körperoberfläche werden direkt auf der Haut erkannt ([↑ Weichteilmaße](#)) z.B. beim Messen der Breite der Oberschenkel im Sitzen (Körpersitzbreite) oder der größten bzw. bidentoidalen Schulterbreite (↑).

Beim [Body-Scan \(↑\)](#) wird ausschließlich die Körperoberfläche mit Laser abgetastet. Anhand dieser Oberflächenbilder werden die Maße dann anschließend indirekt durch automatische bzw. manuelle Bestimmung von Messpunkten mittels Cursor am Scan geschätzt.

Die Messpunkte und somit die Maße verschiedener Methoden sind nicht immer direkt vergleichbar, dies gilt z.B. für die knöcherne bzw. [\(bi\)akromiale Schulterbreite \(↑\)](#). Während mit der klassischen Methode die skelettären Messpunkte der Schulter ertastet werden und der direkte Abstand von einem skelettären Punkt zum anderen gemessen wird, wird beim Body-Scan lediglich die Oberfläche der Schulter beschrieben. Daher können sich bei unkorrekter Positionierung des Messpunktes auf dem Scan für die gescannten Daten höhere Werte ergeben.

---

<sup>5</sup> Einzelne Messpunkte werden im Glossar erläutert.

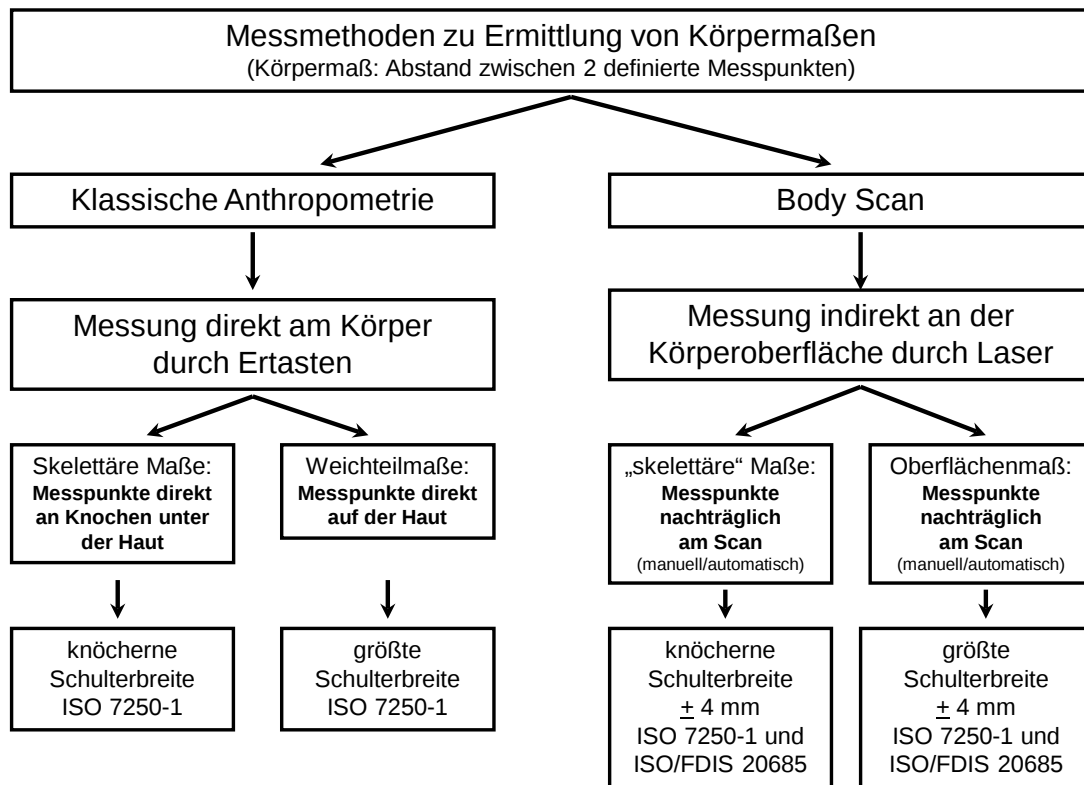


Abb. 11: Messmethoden zur Ermittlung von Körpermaßen <sup>6</sup>

In den entsprechenden Normen werden die Messpunkte für die klassische Anthropometrie (DIN EN ISO 7250-1) und das Body-Scanning (DIN EN ISO 15536) beschrieben, und es wird die Übertragbarkeit, also die Kompatibilität der Maße erläutert. Für Breitenmaße wird beispielsweise eine erlaubte Abweichung bzw. Messwerttoleranz von  $\pm 4$  mm angegeben.

Die Besonderheit anthropometrischer Daten (†) ergibt sich aus der Methodik, denn anthropometrische Maße

- ... werden fast immer in standardisierter Grundposition der untersuchten Person gemessen. Diese Grundpositionen werden in der Realität von Menschen nur selten dauerhaft eingenommen. Beispielsweise wird die Sitzhöhe (die Höhe des Körpers über der Sitzfläche, Stammlänge) bei gestrecktem Oberkörper im Sitzen gemessen. Es gibt auch Angaben für eine gelockerte bzw. bequeme Körperhaltung (siehe Handbuch der Ergonomie). Das ist allerdings selten, weil die Daten oft schwer

<sup>6</sup> In den angegebenen Normen finden sich statt der Begriffe knöchernen Schulterbreite – (bi)akromiale Schulterbreite (†) bzw. größte Schulterbreite – (bi) deltoideale (†) Schulterbreite

vergleichbar sind und die Reproduzierbarkeit der Daten problematisch ist. Für die Praxis sind sie dennoch eine gute Hilfestellung ([siehe Kap. 3.13.1](#)),

- ... sind meist Maße, die in starren bzw. statischen Positionen gemessen werden. Sie spiegeln selten Bewegungsabläufe wieder, welche je nach Dynamik einen sehr großen Einfluss haben können ([siehe Kap. 3.13.2](#)),
- ... beziehen sich auf den weitgehend unbekleideten Körper. In den meisten Anwendungen sind die Menschen aber bekleidet. Diese Bekleidung kann Maße verringern - wie z. B. den Taillenumfang bei sehr eng getragenen Hosen - oder (je nach Art der Kleidung) unterschiedlich stark vergrößern, wie z. B. die Fußmaße durch Schuhe oder die Umfangsmaße durch dicke Jacken ([siehe Kap. 3.13.4](#)),
- ... sind nicht immer frei kombinierbar, denn es handelt sich nicht um die Einzelmaße eines Individuums, sondern um die Werte einer untersuchten Gruppe (↑ Perzentile, [siehe Kap. 3.6](#)). Eine Person mit einer Körperhöhe, die dem Wert des 5. Perzentils entspricht, muss nicht zwangsläufig eine Beinlänge des entsprechenden 5. Perzentils besitzen. Vielmehr muss davon ausgegangen werden, dass sich die weiteren Körpermaße eines Individuums in ganz anderen Perzentilbereichen wieder finden werden. Mit anderen Worten: Eine Person mit dem 5. Perzentilwert der Körperhöhe entspricht nicht in allen Körpermaßen dem 5. Perzentil ([siehe auch Kap. 3.13.3](#)),
- ... variieren zwischen Menschengruppen unterschiedlicher geografischer Herkunft (↑ Populationen), dies ist bei der Anwendung der Daten zu berücksichtigen ([siehe Kap. 3.8](#)),
- ... sind geschlechtsspezifisch, da Frauen nicht nur durchschnittlich geringere Längenmaße als Männer haben, sondern auch andere Proportionen. So haben Männer bei identischer Körperhöhe meist die längeren Beine ([siehe Kap. 3.10](#)),
- ... geben Höhen-, Längen-, Breiten- und Umfangsmaße des menschlichen Körpers wieder. Diese können am Skelett (↑ skelettäre bzw. skelettbasiert Maße) oder direkt an der Oberfläche (↑ Weichteilmaße) ermittelt werden ([siehe Kap. 3.5](#))
- ... sollten nach international standardisierten Messmethoden (u. a. DIN EN ISO 7250-1) mit entsprechenden Messgeräten ermittelt worden sein ([siehe Kap. 3.5](#))
- ... werden entsprechend der klassischen Anthropometrie (↑), direkt mit Kontakt zum menschlichen Körper gemessen. Kontaktlos erfolgt die Erfassung der Körperoberfläche beim indirekten Scannen ([siehe Kap. 3.5](#)),

- ... können auch durch den Kontakt mit der körpernahen Umgebung oder den Druck auf Weichteile verändert werden. So verringert sich beispielsweise die Sitzhöhe beim Einsinken in eine gepolsterte Sitzfläche ([siehe Kap. 3.13.5](#))

### 3.6 Perzentile

#### 3.6.1 Was sind Perzentile?

Zu Körpermaßen werden häufig Perzentile (relative Summenhäufigkeit in einer Gruppe) angegeben. Diese geben für ein Körpermaß an, wie hoch der prozentuale Anteil der Personen einer Stichprobe ist, die den angegebenen Perzentilwert nicht überschreiten oder kleiner als der angegebene Perzentilwert sind. Perzentile zeigen jeweils den Messwert an, der von einem definierten Prozentsatz der untersuchten Teilnehmer einer Studie maximal erreicht wird.

Das bedeutet, wenn z.B. der Wert des 5. Perzentils (↑) der Körperhöhe von Männern mit 1650 mm angegeben wird, dass 5 % der untersuchten Teilnehmer 1650 mm oder kleiner als 1650 mm sind, hingegen 95 % eine größere Körperhöhe haben.



|      |    |   |    |   |    |   |    |   |      |    |    |    |    |    |    |    |    |      |     |                                      |
|------|----|---|----|---|----|---|----|---|------|----|----|----|----|----|----|----|----|------|-----|--------------------------------------|
| 1    | 2  | 3 | 4  | 5 | 6  | 7 | 8  | 9 | 10   | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19   | 20  | Probandenzahl                        |
|      | 10 |   | 20 |   | 30 |   | 40 |   | 50   |    | 60 |    | 70 |    | 80 |    | 90 |      | 100 | Prozentangabe                        |
| 5    |    |   |    |   |    |   |    |   | 50   |    |    |    |    |    |    |    |    | 95   |     | Perzentilangabe                      |
| 1650 |    |   |    |   |    |   |    |   | 1750 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1855 |     | Körperhöhenwerte in mm<br>(männlich) |

Quelle DIN EN ISO 7250

Abb. 12: Prinzip der Perzentilbildung am Beispiel der Körperhöhe (Schüler 2012)

Aus den gemessenen Werten z.B. für die Körperhöhe ergibt sich die Verteilung der Individualwerte eines Körpermaßes. Die höchste Häufigkeit liegt im Fall einer Normalverteilung in der Mitte der Verteilungskurve (Median).

Bei Normalverteilung gilt näherungsweise:

- 68,3% aller Messwerte haben eine Abweichung von höchstens der einfachen [Standardabweichung \(↑\)](#) vom [Mittelwert \(↑\)](#),
- 95,4% aller Messwerte haben eine Abweichung von höchstens der zweifachen Standardabweichung vom Mittelwert,
- 99,7% aller Messwerte haben eine Abweichung von höchstens der dreifachen Standardabweichung vom Mittelwert.

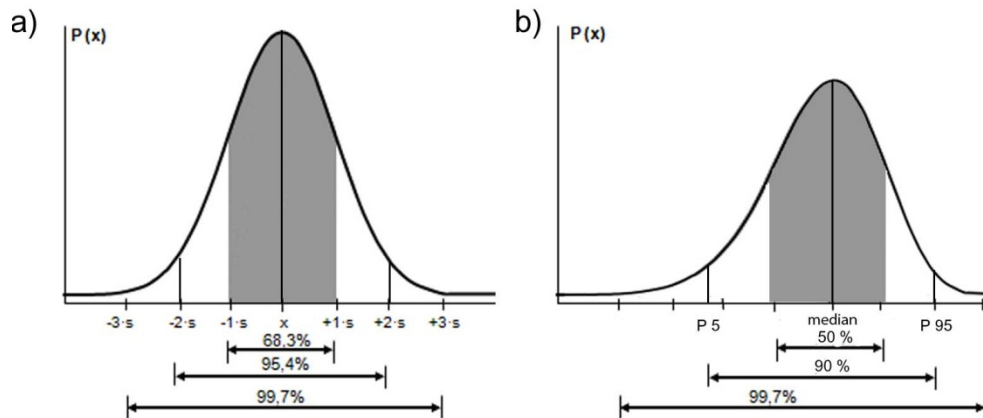


Abb. 13: Prozentuale Häufigkeit von Körpermaßen bei  
(a) Gaußscher Normalverteilung und bei (b) Nichtnormalverteilung (Schüler 2012)

Im Fall einer Normalverteilung ist der Medianwert (Wert des 50. Perzentils) identisch mit dem [arithmetischen Mittelwert](#) ( $\uparrow$ ). Die Angabe der [Standardabweichung](#) ( $\uparrow$ ) wäre ausreichend. Das trifft in vielen Untersuchungen für Längenmaße (Körperhöhe, Sitzhöhe bzw. Stammlänge, Beinlänge usw.) zu, hier kann von einer Normalverteilung der Körpermaße innerhalb einer [Population](#) ( $\uparrow$ ) ausgegangen werden. Umfangsmaße hingegen (Taillenumfang, Hüftumfang usw.) oder Breitenmaße (Körpersitzbreite) sind häufig nicht normalverteilt. Dann ist in jedem Fall die Verwendung von Perzentilen erforderlich. Perzentilwerte sind in vielen Fällen nicht aus anderen statistischen Angaben errechenbar.

### 3.6.2 Wie verwende ich Perzentilwerte?

Bei der Konstruktion von ergonomischen oder komfortorientierten Gestaltungszielen gilt die Regel, dass die Konstruktionsmaße an dem kleineren 5. bzw. größeren 95. Perzentil für Frauen bzw. Männer orientiert werden. Für Maße, die für Verhütung von Unfällen (Sicherheit und Gesundheit) relevant sind ([Sicherheit](#)), sind jeweils die Werte des 1. bzw. 99. Perzentils zu beachten.

Bei der Gestaltung des vertikalen Raumangebotes über einer Sitzfläche, beispielsweise der Gestaltung eines Fahrerarbeitsplatzes in einer Landmaschine, ist es nicht sinnvoll, ausschließlich vom Median der Sitzhöhe bzw. Stammlänge eines Mannes auszugehen ( $P_{50}=904$  mm). Es gibt Frauen und insbesondere Männer deren Sitzhöhenwerte deutlich über dem Median liegen (Frauen  $P_{95}=905$  mm; Männer  $P_{95}=958$  mm). Diese und Personen mit höheren individuellen Werten für die Sitzhöhe bzw. Stammlänge könnten sich an einem Dach den Kopf stoßen, das nach dem Median konstruiert wurde.

Auch bei der Bestimmung der Sitzflächenhöhe z.B. in einer Straßenbahn ist die Ausrichtung der Gestaltung am Median der Länge des Unterschenkels mit Fuß nicht zweckmäßig ( $P_{50}=452$  mm). Die Werte des 5. Perzentils der Männer ( $P_5=410$  mm) und die Werte des 5. Perzentils der Frauen ( $P_5=380$  mm) liegen mehr als 40 mm darunter, wobei eventuelles Schuhwerk nicht berücksichtigt wurde. Das Sitzen auf zu hohen Sitzflächen hat zur Folge, dass die Beine frei hängen und der Sitzflächenrand einen Druck auf die Oberschenkelunterseite ausübt. Dies kann wegen einer Behinderung der Blutzirkulation zu Diskomfort und Schmerzen führen.

In Tabelle 2 wird exemplarisch an der Körperhöhe und der Körpersitzbreite deutlich, dass die kleineren Maße nicht immer bei Frauen und die größeren Maße nicht immer bei Männern auftreten. Geschlechtsspezifische Proportions- und Fettverteilungsmuster führen dazu, dass die weiblichen Breiten- und Umfangsmaße der unteren Rumpfhälfte die männlichen Werte mitunter übertreffen ([siehe Kap. 3.10](#)).

Tab. 2: Perzentilwerte (in mm) und die dabei zu beachtenden Spannen für ergonomische Gestaltungsziele am Beispiel von Körperhöhe und Körpersitzbreite (Daten für 18-65-Jährige aus dem Anthropologischen Atlas. Flügel et al. 1986)

| Körpermaß        | Männer                                                                               |          |                                                                                      | Frauen |          |          |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|----------|
|                  | $P_5$                                                                                | $P_{50}$ | $P_{95}$                                                                             | $P_5$  | $P_{50}$ | $P_{95}$ |
| Körperhöhe       | 1607                                                                                 | 1715     | 1825                                                                                 | 1514   | 1606     | 1707     |
|                  |                                                                                      |          |  |        |          |          |
| Körpersitzbreite | 334                                                                                  | 368      | 406                                                                                  | 346    | 400      | 460      |
|                  |  |          |                                                                                      |        |          |          |

### 3.7 Was muss ich bei der Kombination von Körpermaßen beachten?

Perzentilangaben für ein Körpermaß (z.B. für die Körperhöhe) gelten immer nur für dieses eine Maß und lassen sich nicht kombinieren: So müssen z. B. andere Körpermaße einer kleinen Frau mit einer Körperhöhe, die dem 5. Perzentil entspricht, nicht auch dem 5. Perzentil entsprechen.

In DIN EN ISO 3411 sind beispielsweise für kleine, mittelgroße und große Maschinenführer in korrekter Zuordnung die jeweiligen Werte des 5., 50. und 95. Perzentils der Körperhöhe angegeben. Entsprechend wurde mit den anderen Körpermaßen verfahren, für die der Wert des 5. Perzentils als kleinstes zu beachtendes Maß, der des 50. Perzentils als mittleres und der des 95. Perzentils als größtes zu beachtendes Maß angegeben wurden. Der

Tabellenkopf mit der Angabe *kleiner, mittelgroßer* und *großer* Maschinenführer suggeriert allerdings, dass ein in der Körperhöhe kleiner Maschinenführer in allen Maßen klein wäre und jeweils die Werte des 5. Perzentils gelten würden (Tab. 3). Diese Annahme ist jedoch prinzipiell falsch.

Tab. 3: Beispiel einer Norm (Auszug aus DIN EN 3411 Erdbaumaschinen- Körpermaße von Maschinenführern und Mindestfreiraum), die zu einer falschen Anwendung von Körpermaßen führen kann

| Bezug-<br>nahme | Benennung                   | Maße mm                    |                                 |                           |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------|
|                 |                             | Kleiner<br>Maschinenführer | Mittelgroßer<br>Maschinenführer | Großer<br>Maschinenführer |
| 1A              | Körperhöhe (mit<br>Schuhen) | 1 550                      | 1 730                           | 1 905                     |
| 1B              | Spannweite Arm              | 1 585                      | 1 765                           | 1 905                     |
| ...             |                             |                            |                                 |                           |
| 2D              | Brusttiefe                  | 210                        | 247                             | 280                       |
| 2E              | Unterleibtiefe              | 210                        | 257                             | 300                       |
| ...             |                             |                            |                                 |                           |

Aufgrund von verschiedenen körperbaulichen Wuchstendenzen ([↑ Körperbautyp](#)) haben Menschen unterschiedliche Proportionen. So sind große Menschen häufig schlank und kleinere Menschen häufig korpulent. Der kleine Maschinenführer kann relativ häufig bei der Unterleibstiefe Werte haben, die z.B. zwischen dem Wert des 50. und 95. Perzentils liegen. Oder es variiert bei identischer Körperhöhe das Verhältnis von Rumpf- und Beinlänge und führt zu den so genannten Sitzriesen und Sitzzwergen (Abb. 14, [siehe auch FAQ](#)). Bei identischer Körperhöhe (z.B. 1715 mm – was knapp unterhalb des Werts des 50. Perzentils der Körperhöhe für deutsche Männer nach DIN 33402-2:2005 mit 1750 mm liegt) gibt es Menschen, deren Wert für das Maß Sitzhöhe größer als der des 50. Perzentilwerts (904 mm) ist. Wenn das Maß für die Beinlänge dann kleiner als der Wert des 50. Perzentils (812 mm) (Daten aus Flügel et al. 1986) ist, sind sie „Sitzriesen“. „Sitzzwerge“ wären sie, wenn diese eine Beinlänge haben, deren Wert über dem 50. Perzentil liegt und eine Sitzhöhe mit einem Wert kleiner des 50. Perzentils für die Sitzhöhe.

Da Längenmaße untereinander korrelieren, so haben Sitzzwerge in der Regel auch relativ lange Arme und Sitzriesen relativ kurze Arme. Hinzukommen Proportionsunterschiede zwischen Männern und Frauen.

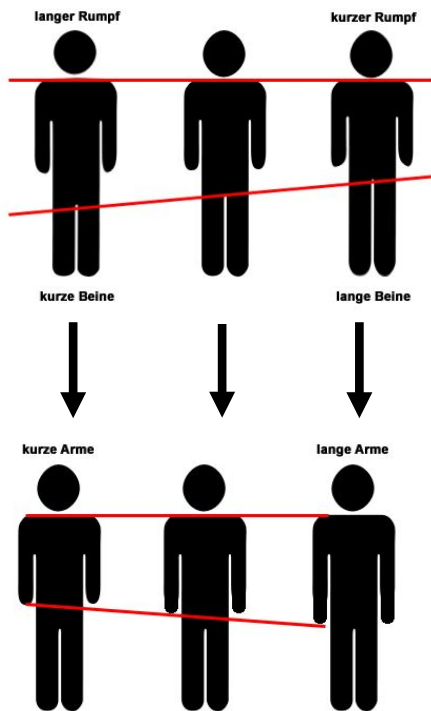


Abb. 14: Proportionsverhältnis der Rumpflänge und Beinlänge von Sitzriesen und Sitzzwergen (Schüler 2012)

Auch wenn sich mehrere Menschen in einem Körpermaß sehr ähnlich sind, ist grundsätzlich davon auszugehen, dass die Mehrzahl der anderen Körpermaße deutlich voneinander abweichen kann. Ein einfaches Rechenbeispiel für die Schulterhöhe im Sitzen kann diese individuellen Besonderheiten sehr gut verdeutlichen:

Würde man davon ausgehen können, dass jeder Mensch, dessen Schulter-Ellenbogen-Länge dem Wert des 5. Perzentils entspricht, auch den Wert des 5. Perzentils für die Ellenbogenhöhe hat, müssten sich beide Maße wie in Abbildung 15 veranschaulicht zur Schulterhöhe sitzend addieren lassen. Strecke a plus Strecke b müssten also die Strecke c ergeben:

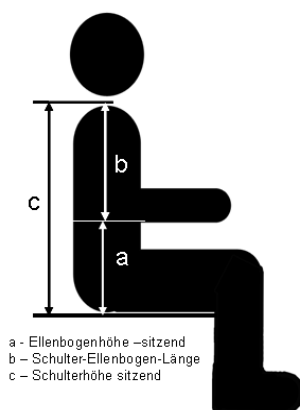


Abb. 15: Beispiel für eine Addition von Körpermaßen, die beim Einzelnen erlaubt ist, aber nicht mit Perzentilwerten durchgeführt werden darf (Scheffler 2012)

Am Beispiel der  $P_5$  Werte aus der DIN EN ISO/TR 7250-2 für deutsche Frauen wird deutlich, dass genau das nicht möglich ist. Addiert man den Wert für die Schulter-Ellenbogen-Länge von 290 mm zu dem Wert für die Ellenbogenhöhe von 185 mm, erhält man die Summe von 475 mm, die - rein rechnerisch - die Schulterhöhe im Sitzen ergibt. Verglichen mit den tatsächlichen Angaben der Norm (DIN EN ISO/TR 7250-2) beträgt die Schulterhöhe im Sitzen 540 mm, es ergibt sich also eine Differenz von 65 mm. Was für die Berechnung von Körpermaßen eines einzelnen Menschen kein Problem darstellt, ist mit Perzentilwerten demnach nicht zulässig.

### 3.8 Was muss ich bei anthropometrischen Daten verschiedener Länder beachten?

Menschen verschiedener geografischer Regionen unterscheiden sich, weil ihre Körpermaße unterschiedliche Dimensionen ([↑ Dimensionsmaße](#)) haben und die Proportionen ([↑ Proportionsmaße](#)) unterschiedlich verteilt sind. So sind in der Regel Nordeuropäer besonders groß, während Südeuropäer eher geringere Körperhöhen haben (siehe Tab. 4). Oft lassen sich nicht für jedes Land ausreichend Daten finden. In solchen Fällen ist es besser, sich an Daten benachbarter bzw. vergleichbarer Länder zu orientieren, als vollkommen auf eine Berücksichtigung der Körpermaße zu verzichten.

Tab. 4: Perzentilwerte für die Körperhöhe (mm) von Männern aus verschiedenen Ländern bzw. geografischen Regionen (Jürgens et al., Internationaler anthropometrischer Datenatlas, 1989)

| Land/<br>Region | Nord-<br>europa | Mittel-<br>europa | Südost-<br>europa | West-<br>afrika | Naher<br>Osten | Nord-<br>amerika | Japan |
|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|----------------|------------------|-------|
| $P_5$           | 1710            | 1670              | 1660              | 1560            | 1620           | 1670             | 1630  |
| $P_{50}$        | 1810            | 1770              | 1750              | 1670            | 1710           | 1790             | 1720  |
| $P_{95}$        | 1910            | 1860              | 1850              | 1790            | 1800           | 1900             | 1820  |

Neben den Längenmaßen unterscheiden sich auch die Umfangsmaße verschiedener Bevölkerungen ([↑ Populationen](#)) sehr stark voneinander.

Die Ursachen für regional verschieden verteilte Körpermaße sind vielfältig. Einerseits sind sie genetisch bedingt (z.B. durch langfristige Anpassungen von menschlichen Populationen an verschiedene Klimabedingungen) und andererseits sehr stark von sozioökonomischen Bedingungen abhängig. Bevölkerungen, die unter guten sozioökonomischen Bedingungen leben, wurden lange Zeit von Generation zu Generation größer ([↑ säkularer Trend](#)) mittlerweile aber auch zunehmend korpulenter.

### 3.9 Wie hängen anthropometrische Daten vom Alter der Menschen ab?

Bei Konstruktionen für Nutzer einer speziellen Altersgruppe sollten, wenn vorhanden, altersspezifische Daten zugrunde gelegt werden, um den altersbedingten Dimensionen ( $\uparrow$  Dimensionsmaße) und Proportionen ( $\uparrow$  Proportionsmaße) des menschlichen Körpers gerecht zu werden.

Körpermaße sind abhängig vom Alter des Menschen. Offensichtlich und allgemein bekannt ist das bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen. Aber auch ein älterer Mensch hat andere Körpermaße und Körperproportionen, als er selbst als junger Mensch hatte. Allgemein bekannt ist die Zunahme der Umfangsmaße, die mit der Zunahme der Körpermasse einhergeht. Es ändern sich aber auch Maße wie die Körperhöhe oder die Sitzhöhe (Stammlänge). Das kann zu altersbedingten Proportionsveränderungen führen. So werden die Beine relativ gesehen länger, weil sich die Sitzhöhe wegen der geringeren Aufrichtung der Wirbelsäule (Rundrücken) vermindert und die absolute Länge der Beine eher konstant bleibt (Abb.16). Ursachen dafür sind biologische Veränderungen des menschlichen Körpers, wie Abnutzungserscheinungen, Verringerung des Wassergehaltes der Gewebe oder der Muskelkraft.

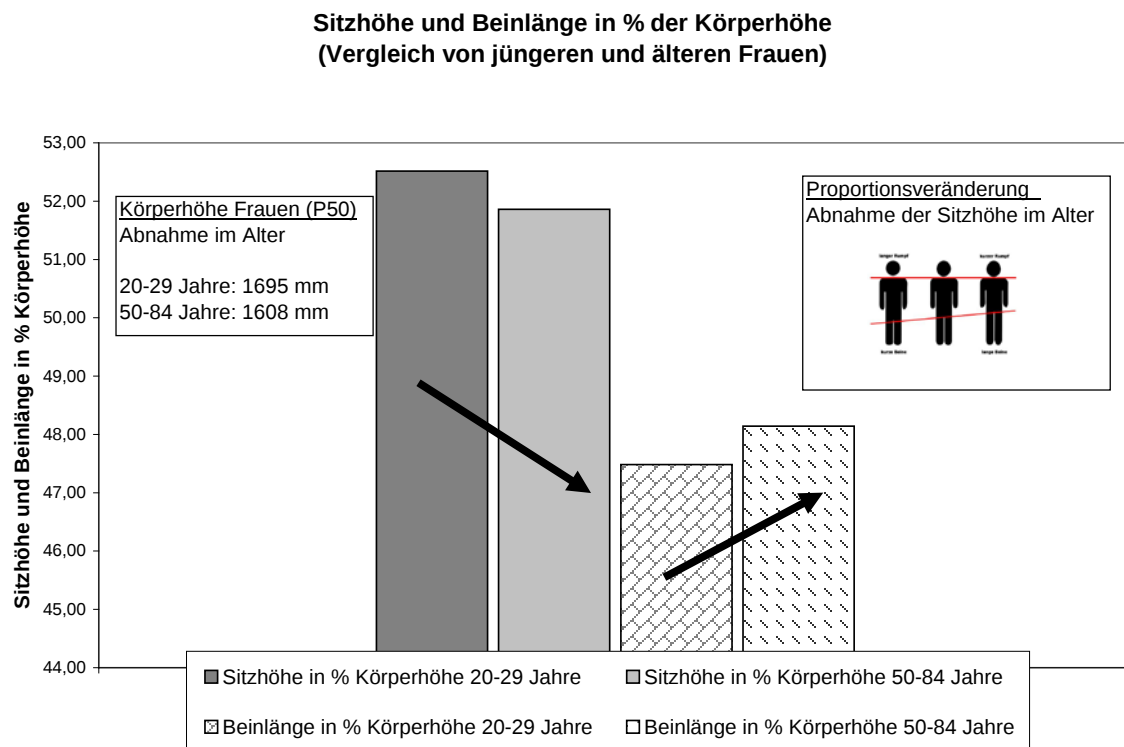


Abb. 16: Veränderung der Sitzhöhe und der Beinlänge in % der Körperhöhe im Vergleich von Frauen zwischen 20-29 und 50-84 Jahren (Daten aus Greil et al. 2008) (Scheffler 2012)

### 3.10 Was muss ich bei anthropometrischen Daten für Männer und Frauen beachten?

Die Körpermaße von Männern und Frauen variieren im Mittel in nahezu allen absoluten Beträgen. Dabei sind die Maße von Frauen häufig, aber nicht immer kleiner.

Nach DIN 33402-2 ist der Median der Körperhöhe für **Frauen** um durchschnittlich 125 mm kleiner als der für Männer, die größte bzw. bideltoidale (↑) Schulterbreite ist 45 mm schmaler, die Schritthöhe um 55 mm kürzer, die Hände um 12 mm und die Füße um 20 mm kleiner. Lediglich in den Breiten- und Umfangsmaßen, insbesondere der unteren Rumpfhälfte und des Oberschenkels sind die Werte von Frauen höher oder zumindest gleichwertig (siehe [Kap. 3.6.2](#), Tab. 2). Auch der Fettgewebsanteil unter der Haut ist bei Frauen vergleichsweise höher, und das Fettverteilungsmuster ist hüft- und schenkelorientiert. Über diese Unterschiede von Körpermaßen ergibt sich, dass Frauen völlig anders proportioniert sind als Männer. Frauen sind proportional schmalschultrig und kurzbeinig, haben aber einen vergleichsweise langen und schlanken Hals. Der Querschnitt des Brustkorbes ist tief und rund während der von Männern eher schmal und flach proportioniert ist. Auch am Kopf sind im Vergleich deutliche Unterschiede zu messen, die sich bei der Frau mit einem proportional größeren Schädel und einem rundlicheren und flacheren Gesicht sowie einer weniger geneigten Stirn beschreiben lassen. Entsprechend ist es üblich, die Maße des Menschen nach dem Geschlecht getrennt auszuwerten. Wie in Kapitel [Kap. 3.6.2](#) in Tab. 2 aufgezeigt, werden die Geschlechterunterschiede dabei sehr deutlich. Die Körperhöhe der mittleren Frau ( $P_{50}$ ) entspricht der des kleinen Mannes ( $P_5$ ) und die des mittleren Mannes ( $P_{50}$ ) entspricht der der großen Frau ( $P_{95}$ ).

### 3.11 Was ist ein Unisex-Modell?

Bei Unisex-Modellen werden nur ca. 80% des Maßbereiches in der Bevölkerung erfasst, bei einer geschlechtsspezifischen Auswertung der Daten dahingegen ca. 90 % des Maßbereiches. Je nach Konstruktionsvorhaben und Besonderheiten der Zielgruppe kann dies einen erheblichen Einfluss auf den Nutzerkomfort haben.

Dessen ungeachtet werden aber auch Daten angegeben, die im so genannten Unisex-Modell ausgewertet wurden, so dass die angegebenen Perzentilwerte für Populationsbeschreibungen ohne Geschlechtsdifferenzierung Gültigkeit haben. Entsprechend werden die Daten unabhängig vom Geschlecht zusammengefasst und als eine Gruppe ausgewertet (siehe Abb. 17).

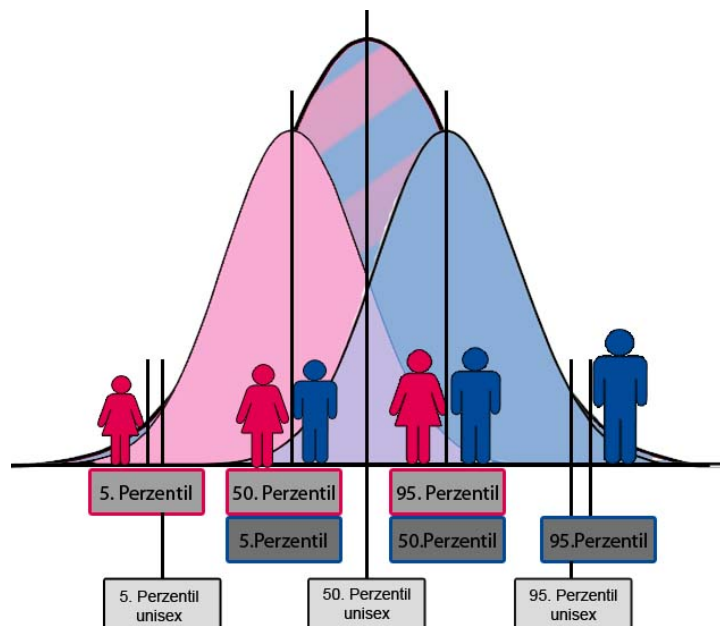


Abb. 17: Perzentilverteilung beim Unisexmodell und getrenntgeschlechtlicher Betrachtung am Beispiel der Körperhöhe (Schüler 2012)

Diese Form der Auswertung und Darstellung bringt es jedoch mit sich, dass ein vergleichsweise engerer Maßbereich wiedergegeben wird, als es bei getrenntgeschlechtlicher Darstellung der Fall wäre. Beispielsweise würde der 5. Perzentilwert einer als Unisex - Stichprobe bewerteten Körperhöhe größer sein, als der entsprechende Wert bei ausschließlicher Einbeziehung von Frauen. Und der Wert des 95. Perzentils der Unisex-Stichprobe würde einen kleineren Wert angeben als der Wert des 95. Perzentils bei ausschließlicher Einbeziehung von Männern.

### 3.12 Wie wird die Aktualität von anthropometrischen Daten beeinflusst?

Werte für Körpermaße und deren Verteilungen verändern sich im Laufe der Zeit, daher sollten die anthropometrischen Daten aktuell sein. Liegen keine aktuellen Daten vor, dann sollten die älteren Daten unter Berücksichtigung aktueller Trends verwendet werden. Sind Einschränkungen z.B. für Verstellbarkeitsbereiche notwendig, dann sollten diese jeweils bei Längen-, Breiten- und Umfangsmaßen für den Bereich der unteren Perzentilwerte vorgenommen werden; mögliche Zuschläge hingegen eher für den Bereich der oberen Perzentilwerte.

Körpermaße verändern sich im zeitlichen Vergleich von einer Generation zur anderen. Dieses als [säkularer Trend \(↑\)](#) oder auch säkulare Akzeleration beschriebene Phänomen wird allgemein durch verbesserte Umweltbedingungen erklärt, die das Wachstum im Kindesalter beeinflussen. Faktoren sind beispielsweise eine bessere Qualität der Ernährung

und eine verbesserte Gesundheitssituation bei Kindern und Jugendlichen; weitere Faktoren werden ebenfalls diskutiert.

Die Zunahme der Körperhöhe im Generationenvergleich von bisher ca. 11 mm je Dekade bei Männern und 9 mm je Dekade bei Frauen innerhalb der letzten 150 Jahre ist wesentlich durch ein verstärktes Wachstum der Langknochen in den Beinen bedingt. Parallel sind auch die Langknochen in den Armen, den Händen und den Füßen im Vergleich zu früheren Generationen länger. In der Konsequenz führt dies zu veränderten Körperproportionen insbesondere im Verhältnis von den Beinen zum Rumpf, aber auch in anderen Körperregionen. Die jungen Erwachsenen von heute sind im Durchschnitt vergleichsweise größer als früher, und sie sind auch größer als die Erwachsenen mittleren und älteren Alters von heute. Zudem haben sie die längeren Beine und sind damit im Vergleich zu den Älteren nicht nur größer, sondern auch eher Sitzzwerg.

Diese akzelerationsbedingte Zunahme der Längenmaße verlangsamt sich derzeit in den Industrieländern (Abb.18). Die Entwicklungsbedingungen, die das Wachstum und damit auch die Körpermaße beeinflussen, sind optimal, so dass das genetisch vorgegebene Körperhöhenmaximum zunehmend erlangt wird.

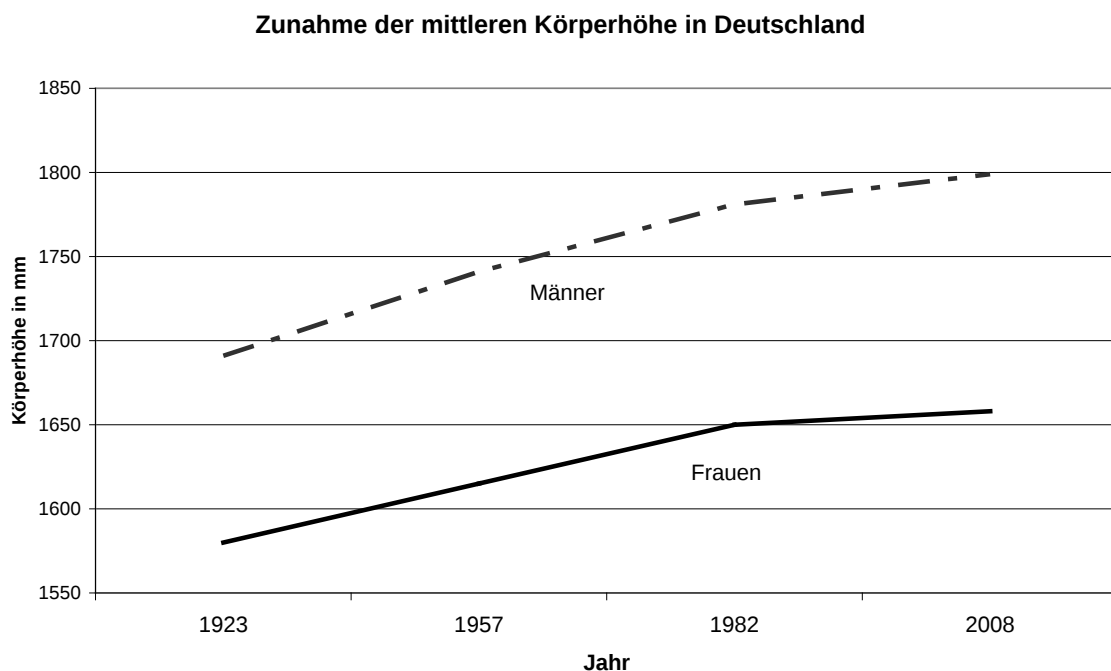


Abb. 18: Zunahme der mittleren Körperhöhe deutscher Männer und Frauen zwischen 1923 und 2008 (kombiniert aus Daten von Jaeger (1998) und Greil et al. 2008) – deutlich wird die Verlangsamung des säkularen Trends bei der Körperhöhe

Die Zunahme der Umfangsmaße (z.B. Taillenumfang, Hüftumfang, Bauchumfang) und weichteilbedingter Breitenmaße (z.B. [↑ bideltoidale](#) bzw. größte Schulterbreite, Körpersitzbreite) hält hingegen unvermindert an (Abb. 19). Dieser Trend ist durch die

Disbalance von ernährungsbedingter Energieaufnahme und mangelnder Bewegung verursacht.

Für die meisten ergonomischen Anwendungen werden erst Veränderungen im Bereich ab 1 cm relevant. Bei welchen Körpermaßen die Grenzen für die (noch) zu empfehlende Verwendung älterer Daten liegen, hängt im Wesentlichen vom Tempo der oben beschriebenen Veränderungen ab. Als Faustregel kann gelten, dass längenbezogene Körpermaße in der Regel nicht älter als 25 Jahre sein sollten. Bei der gegenwärtig beobachteten Veränderung von Breiten- und Umfangsmaßen können schon jüngere Daten veraltet sein. Bei sicherheitsrelevanten Anwendungen sind auch geringere Veränderungen durch Einbeziehung möglichst aktueller Daten zu berücksichtigen (siehe Beispiel [KAN-Gutachten zum Prüffinger](#)).

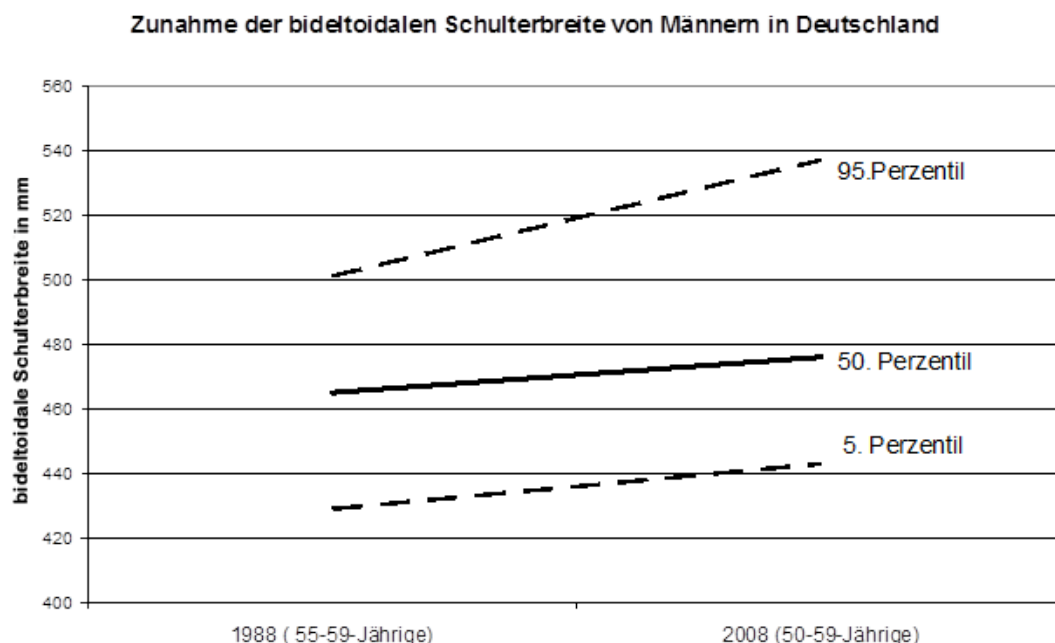


Abb. 19: Zunahme der [bideltoidalen](#) (↑) (größten) Schulterbreite deutscher zwischen 1988 und 2008 (kombiniert aus Daten von Flügel et al. (1986) und Greil et al. (2008)) – deutlich wird die Zunahme besonders im Bereich des 95. Perzentils

Da die Veränderung von Körpermaßen zum einen stark durch Veränderungen der Umweltbedingungen und damit auch vom Verhalten der Menschen (Bewegungsverhalten, gesundheitsbewusste Ernährung usw.) abhängt und zum anderen zumindest bei Umfangsmaßen auch reversibel sein kann, ist eine Hochrechnung nicht möglich. Wie in DIN SPEC 33402-5: 2010 „Ergonomie – Körpermaße des Menschen – Untersuchung der Verfahren zur Hochrechnung und Abschätzung von Körpermaßdaten“ ausführlich erläutert, lassen sich zukünftige Umweltbedingungen nicht vorhersehen und der damit verbundene Einfluss auf Körpermaße ebenfalls nicht. Eine eventuelle Hochrechnung von Körpermaßdaten kann daher immer nur eine relativ unsichere Schätzung bleiben.

### 3.13 Welche Faktoren beeinflussen oder verändern anthropometrische Daten in der Praxis?

Körpermaße werden nach Maßdefinitionen (DIN EN ISO 7250-1, DIN 33402 usw.) ermittelt. Das bedeutet in der Regel, dass die untersuchten Personen genau definierte Standardpositionen einnehmen müssen. In der Praxis werden Körpermaße durch diverse Faktoren beeinflusst und damit verändert (siehe Abb. 20).

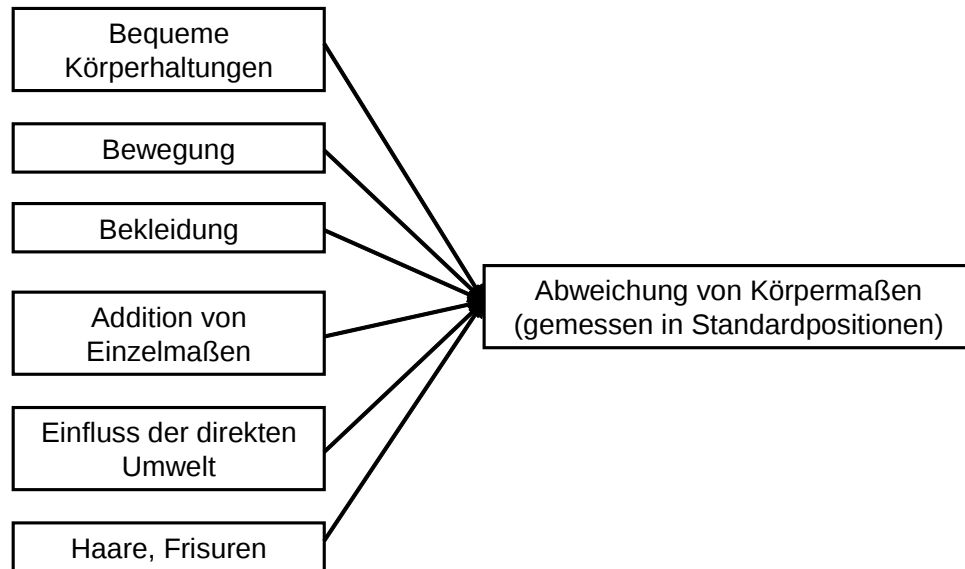


Abb. 20: Die wichtigsten Einflussfaktoren auf ein in definierter Standardposition ermitteltes Körpermaß; diese werden in den kommenden Abschnitten näher erläutert

#### 3.13.1 Einfluss von bequemer Körperhaltung

Die Abweichung zwischen der Körperhöhe in Standardmessposition und der bequemen (physiologischen) Körperhöhe beträgt ca. 1 – 1,5% (nach Angaben aus Flügel et al. 1988). Die körperhöhenabhängigen Körpermaße sind dann kleiner.

**Sicherheitsrelevante** Maße von Fluchtwegen usw. sollten aber in jedem Fall die maximal möglichen Werte von Menschen berücksichtigen, zuzüglich der Freiräume für schnelle Bewegungsabläufe.

Anthropometrische Standardpositionen werden von Menschen nur für relativ kurze Zeiträume eingenommen und entsprechen selten den bequemerer bzw. physiologischen Körperhaltungen. Daher sind in der Praxis häufig solche Maße kleiner als bei den Standardmessungen, die von der Streckung der Wirbelsäule abhängen (z. B. Körperhöhe,

Augenhöhe im Sitzen und im Stehen, Schulterhöhe im Sitzen und im Stehen, Ellenbogenhöhe im Sitzen und im Stehen, Sitzhöhe, Reichweiten der Arme).

Die hohen  $P_{95}$  Werte werden in bequemer Körperhaltung selten erreicht, während die kleineren  $P_5$  Werte für die Gestaltung von Komfortbereichen durchaus relevant sind. Analoges gilt für Maße, die von der Streckung der Arme (Armlänge, Reichweiten der Arme) und der Streckung der Beine (Reichweiten der Beine) abhängen, wenn Arme und Beine in der Praxis nicht vollkommen gestreckt sein können (z.B. am Fahrersitzplatz).

### 3.13.2 Einfluss von Bewegung

Körpermaße, die auf der Länge von einzelnen Knochen beruhen, sind bei Bewegungen übertragbar. Werden Körpermaße, die sich aus mehreren Knochen und dazugehörigen Gelenken ergeben (z.B. Länge des gesamten Armes mit Hand) verwendet, so hat die Stellung der Gelenke zueinander auf das Maß einen Einfluss.

Menschen bewegen sich entsprechend ihrer anatomischen Möglichkeiten und weichen damit meist von den relativ starren Messpositionen ab. Die Bewegungsabläufe sind sehr individuell. Abbildung 21 zeigt beispielsweise, welcher unterschiedliche Raumbedarf bei verschiedenen Varianten des Bückens zum Aufheben eines Gegenstandes in horizontaler und vertikaler Richtung erforderlich ist.

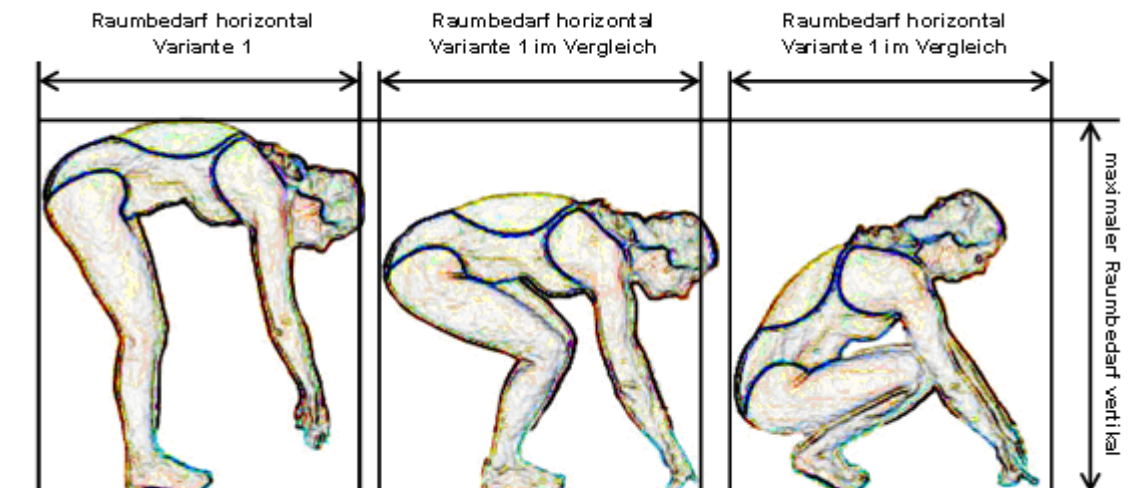


Abb. 21: Beispiel für Veränderung des Raumbedarfs bei einer Bewegung (Scheffler 2012 )

Im Detail wird das bei Maßen am Arm deutlich. Die Unterarmlänge, die anatomisch der Länge des Knochens der Elle entspricht, ist unabhängig von Bewegungen immer gleich lang,

wohingegen die Armlänge, die der additiven Länge des Oberarmknochens und der Länge des Unterarmes mit Hand entspricht, abhängig von der Stellung der Gelenke ist (Abb. 22).

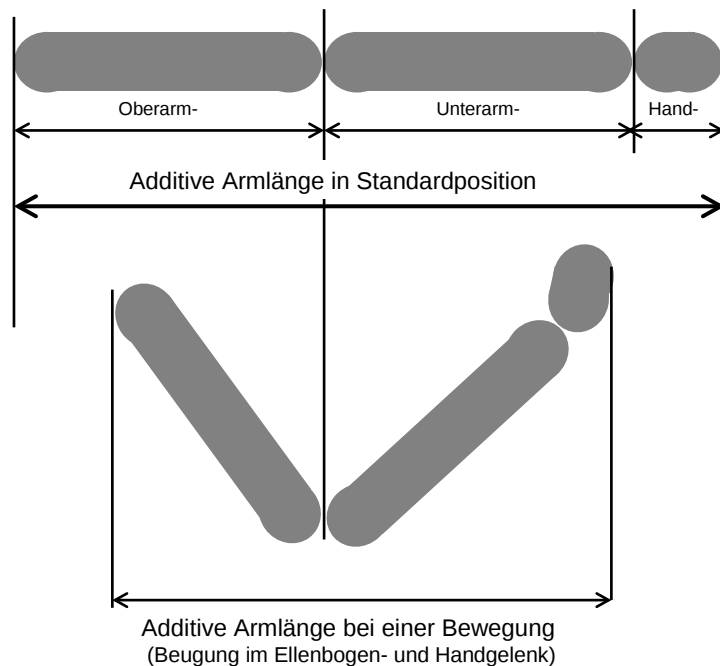


Abb. 22: Schematische Darstellung der Veränderung (hier Verringerung der Armlänge) von Körpermaßen des Armes in Abhängigkeit von der Bewegung (Beugung in Ellenbogen- und Handgelenk) (Scheffler 2012 )

Diese physiologische Variabilität durch die Bewegung in den Gelenken der Arme kann beispielsweise die in DIN 33402 enthaltenen Maße für die Reichweiten des Armes, der Ellenbogenhöhe sowie der Höhe der Hand über der Standfläche oder den Ellenbogen-Griffachsenabstand unterschiedlich stark verändern. Für Maße am Bein und Drehungen im Rumpf- und Halsbereich gilt ähnliches.

Aufgrund der anatomisch-funktionellen Komplexität des Schultergelenks werden Voraussagen von Maßen für Reichweiten der Arme zusätzlich erschwert. Für derartige Fragestellungen sollten Bewegungskurven bzw. Daten für Bewegungsräume, wie sie im Anthropologischen Atlas, dem Handbuch der Ergonomie oder der DIN 33402 – 3 angegeben sind, zu Hilfe genommen werden.

### 3.13.3 Addition von Körpermaßen

In anthropometrischen Datensammlungen finden sich oft Perzentilwerte für Maße einzelner Körperabschnitte bzw. Körperteile. Diese sind aus physiologisch-anatomischen (siehe Kap. 3.13.2.) und messtechnischen Gründen nicht immer frei kombinierbar/addierbar. Aber auch statistisch bedingt durch die Bildung von Perzentilen (siehe Kap. 3.6.2.) ist die Addition von einzelnen Perzentilwerten kritisch.

Die additive Armlänge entspricht nur der Addition der Einzelmaße von Oberarmlänge, Unterarmlänge und Handlänge, wenn die Einzelmaße dem anatomischen Zusammenhang entsprechen, ein entsprechender Messpunkt sich also zwischen zwei Knochen „im Gelenk“ befindet. Die z.B. in der DIN EN ISO 7250-1 angegebenen ergonomisch sinnvollen Einzelmaße Schulter-Ellenbogen-Länge, Ellenbogen-Handgelenk-Länge und Handlänge ergeben eine längere additive Armlänge als real vorhanden (Abb. 23).

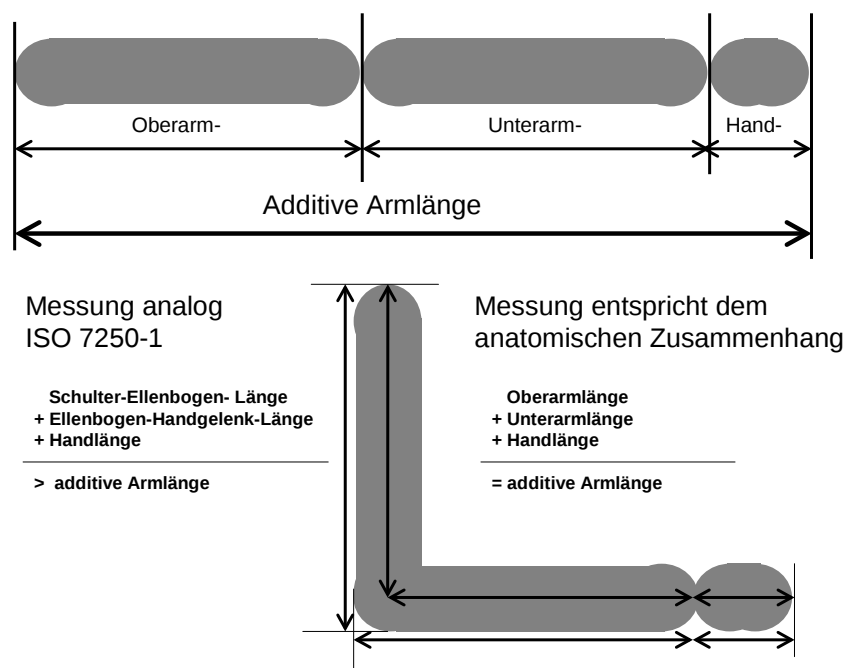


Abb. 23: Einfluss von einzelnen Maßen auf die Addition von Körpermaßen am Beispiel von Maßen am Arm (Scheffler 2012)

Schon in Kapitel 3.6.2 wurde darauf hingewiesen, dass die Kombination von Perzentilwerten verschiedener Dimensionen des Körpers (Höhen- und Breitenmaße) wegen der Proportionsunterschiede zur Bestimmung der Maße z.B. eines sehr großen Menschen fehlerhaft wird. Auch die Kombination von Längenmaßen ist wegen der Proportions-

unterschiede des menschlichen Körpers nur eingeschränkt möglich, wie das Beispiel in Tabelle 5 verdeutlicht.

Tab. 5: Ausgewählte Längenmaße in mm von 18-59-jährigen Männern (Flügel et al. 1986). Die errechnete Körperhöhe ergibt sich hier aus der fälschlicherweise erfolgten Addition von Beinlänge und Sitzhöhe

|                                             | <b>P<sub>5</sub></b> | <b>P<sub>50</sub></b> | <b>P<sub>95</sub></b> |
|---------------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Körperhöhe                                  | 1607                 | 1715                  | 1825                  |
| Sitzhöhe                                    | 846                  | 904                   | 958                   |
| Beinlänge<br>(projektivisch)                | 742                  | 812                   | 886                   |
| errechnete<br>Körperhöhe →<br><b>falsch</b> | <b>1588</b>          | <b>1716</b>           | <b>1844</b>           |

Die hier verwendete Beinlänge wird üblicherweise individuell aus der jeweils gemessenen Körperhöhe und Sitzhöhe (Stammlänge) als Differenzmaß bestimmt.

Für den Einzelnen gilt: **Körperhöhe – Sitzhöhe = projektivische Beinlänge**

Addiert man jetzt die Werte des 95. Perzentils von Sitzhöhe und Beinlänge, kommt man auf einen höheren Wert des 95. Perzentils für die Körperhöhe (1844 mm) als der wirklich gemessene Wert des Perzentils von 1825 mm. Die Differenz zwischen gemessenem und errechnetem Wert des 5. Perzentils ist mit ca. 20 mm ähnlich groß. Die Ursachen hierfür lassen sich durch das Phänomen von Sitzriesen und Sitzzwergen, also Proportionsunterschieden erklären. Kleine Menschen haben eher kürzere Beine, wohingegen der Rumpf nicht kürzer ist (Sitzriesen). Große Menschen haben eher längere Beine, aber nicht unbedingt den längeren Rumpf (Sitzzwerge) (siehe Kap. 3.7).

### 3.13.4 Einfluss von Bekleidung

Dimensionsmaße (↑) (z.B. Körperhöhe, Bauchumfang) werden durch Kleidung meist größer. Diese Vergrößerung betrifft alle Perzentilwerte gleichermaßen. Funktionsmaße wie die Reichweite der Arme können durch Kleidung verringert werden.

Während Messungen in der Regel am weitgehend unbedeckten menschlichen Körper erfolgen, tragen Menschen im Arbeitsprozess Alltagsbekleidung bzw. alltagsähnliche Arbeitsbekleidung, spezielle Arbeitsbekleidung oder Schutzkleidung. Diese Kleidung verändert Körpermaße. Die folgenden Angaben für Bekleidungszuschläge entstammen dem

Handbuch der Ergonomie. Es ist zu berücksichtigen, dass es sich bei allen angegebenen Werten um Schätzwerte handelt, die jedoch eine gute Annäherung erlauben.

Alle Längenmaße am stehenden Körper wie die Körperhöhe, die Augenhöhe, die Schulterhöhe, die Ellenbogenhöhe über der Standfläche, die Höhe der Hand (Griffachse) über der Standfläche, die Höhe des Brustkorbes (Sternalhöhe), aber auch die Sitzflächenhöhe werden unabhängig von anderen Faktoren größer, wenn **Schuhe** getragen werden. Im Handbuch der Ergonomie werden zu den einzelnen Steh-Längenmaßen jeweils **35 mm** beim Tragen von schweren Schuhen hinzuaddiert.

Die Körperhöhe wird beim Tragen von Kopfbedeckungen ebenfalls größer, je nach **Kopfbedeckung** werden zwischen **10 und 35 mm** (Schutzhelm) angegeben. Auf die anderen im Stehen gemessenen Maße wie Augenhöhe usw. hat die Kopfbedeckung keinen Einfluss. Für Sicherheitsmaße ist der Einfluss von Haaren zu beachten (siehe Kap. 3.13.6), damit bewegliche Teile nicht die Haare erfassen können oder Komforteinschränkungen durch Kontakt entstehen.

Bei allen Längen- und Breitenmaßen von Körperabschnitten (z.B. Schulter-Ellenbogen-Länge, Gesäß-Kniekehlen-Länge, Hüftbreite, Beckenbreite, Brustkorbtiefe, Schulterhöhe im Sitzen) ist gegebenenfalls die Bekleidung zu beachten. Bei leichter **Bekleidung** sind etwa **5 mm** hinzuzurechnen, bei schwerer Bekleidung ca. **8 - 10 mm**.

Auf Umfangsmaße (Brustkorbumfang, Taillenumfang, Oberschenkelumfang) hat Bekleidung je nach Größe des Maßes im unbedeckten Zustand einen erhöhenden Einfluss von **20 mm** bei leichter Bekleidung (Oberschenkelumfang) und ca. **110 mm** bei schwerer Bekleidung (Taillenumfang).

Kleidung, insbesondere schwere Schutzbekleidung kann Bewegungen stark einschränken. Daher sind viele Funktions- und Bewegungsmaße bei schwerer Bekleidung vergleichsweise kleiner.

### 3.13.5 Einfluss der Kontaktumwelt

Die direkt den Körper kontaktierende Umwelt kann Körpermaße beeinflussen.

So können z.B. weiche Sitzpolster durch das unterschiedliche Einsinken des Sitzenden dessen Sitzhöhe verringern. Damit sind dann alle Höhenmaße, die sich auf die Sitzfläche beziehen (Augenhöhe im Sitzen, Schulterhöhe im Sitzen, Reichweite nach oben im Sitzen) entsprechend verringert.

Seitliche Einschränkungen des eigentlichen Raumbedarfes (z.B. eine zu geringe Sitzbreite) können zu einer Deformation von Weichteilen (in diesem Fall am Oberschenkel) führen. Dann wird ein, wenn auch unkomfortables Sitzen ermöglicht, wobei das Weichteilgewebe des Oberschenkels den Wert der Oberschenkeldicke erhöhen würde.

### 3.13.6 Einfluss von Haaren, Frisuren und Fingernägeln

Haare können je nach Frisur und Haarstruktur eine Erhöhung von Maßen bewirken, die einen [Messpunkt \(↑\)](#) am Kopf haben. Das betrifft z.B. die Körperhöhe oder den Kopfumfang.

Bei sicherheitsrelevanten Maßen darf der Einfluss von Haaren auf Körpermaße deshalb nie vernachlässigt werden.

Durch verschiedene Frisuren und Haarstrukturen (z.B. bei lockigen Haaren) können Körpermaße verändert werden, besonders dann, wenn keine zusätzliche Kopfbedeckung getragen wird. Das muss für Normung und Konstruktion beachtet werden.

Die Messung der Körperhöhe erfolgt standardisiert am höchsten knöchernen Punkt des Schädels (↑ Vertex). Dabei sollte darauf geachtet worden sein, dass die Haare den Wert des Körpermaßes so wenig wie möglich beeinflussen. Ähnlich wird bei der Messung von Kopfumfangsmaßen vorgegangen. Je nach Mode kann es besonders bei Frauen zu einer Erhöhung der Werte für Körperhöhe, Sitzhöhe (Stammlänge), Kopflänge (-tiefe) oder Kopfhöhe von mehr als 50 mm kommen. Dieser Wert ist bei der Einbeziehung von Körpermaßen (z.B. der Körperhöhe für Männer und Frauen) meist im Bereich der zu beachtenden Maße innerhalb des 95. Perzentils für Männer (z.B.  $P_{95}$  für Körperhöhe der Männer = 1855 mm,  $P_{95}$  für Körperhöhe der Frauen = 1720 mm). Addiert man bei Frauen ca. 50 mm für die Frisur dazu, ist man immer noch im Bereich der Körperhöhe der Männer (DIN 33402-2:2005). Allerdings können bei wechselnden Moden auch die entsprechenden Körpermaße der Männer beeinflusst werden.

Für Maße, die Fingerlängen betreffen bzw. einbeziehen (z. B. Handlänge), ist gegebenenfalls ein Zuschlag von wenigen Millimetern bzw. in Abhängigkeit von Moden auch höheren Werten für die Fingernägel zu berücksichtigen, da diese über die Fingerkuppe reichen. Relevant ist das vor allem bei der Gestaltung von Bedienelementen, die durch einzelne Finger benutzt werden sollen und bei der Beachtung von entsprechenden Sicherheitsabständen (siehe Bsp. [KAN-Gutachten zum Prüffinger](#)).

## 4 Ausgewählte Körpermaßangaben mit Warnhinweisen

Um die Anwendung der in diesem Leitfaden gegebenen Hinweise zu erleichtern, wird in diesem Kapitel exemplarisch an 15 verschiedenen Körpermaßen ein Warnhinweissystem entwickelt. Dieses hilft dem Anwender, die jeweils spezifischen Eigenschaften eines Körpermaßes und die daraus resultierenden Ableitungen für die Anwendung in Normung und Konstruktion schnell zu identifizieren.

### 4.1 Warnhinweissystem

Das Warnhinweissystem, das im Folgenden zur Einstufung der einzelnen Körpermaße verwendet wird, besteht aus vier verschiedenen Warnstufen:



Stufe 0

Die angegebenen Maße sind ohne Einschränkungen übertragbar.



Warnstufe 1

Die angegebenen Maße unterliegen den allgemein gültigen Veränderungen, die mit dem Alterungsprozess einhergehen.



Warnstufe 2

Die angegebenen Maße unterliegen einer häufigen Variabilität durch Umwelteinflüsse, wie z.B. Ernährungsbedingungen. Es sind schnell veränderliche Maße innerhalb von Populationsvergleichen.



Warnstufe 3

Die angegebenen Maße weichen in der Praxis bei der Ausübung von Bewegungen bzw. durch Bekleidungs- zuschläge von den standardisiert gemessenen Körpermaßen deutlich ab.

#### 4.1.1 Erläuterungen zum Warnhinweissystem (Warnstufen)

##### Stufe 0

Körpermaße, die dieser Warnstufe zugeordnet werden, sind ohne Einschränkungen bei der Anwendung in den Konstruktionsablauf übertragbar. Mögliche biologische Veränderungen durch Altern, Umwelteinflüsse (Ernährung, Gesundheit) oder Bewegung müssen nicht berücksichtigt werden bzw. können vernachlässigt werden. Körpermaße, die der Warnstufe 0 zugeordnet werden können, sind die Maße der einzelnen Langknochen und des Schädels, wie z.B. die Oberarmlänge, die Kopflänge, die Kopfbreite. Nach Abschluss des Wachstums sind diese [skelettbasierten Maße \(↑\)](#) nahezu unveränderlich.

## Warnstufe 1

Körpermaße, die dieser Warnstufe zugeordnet werden, unterliegen Veränderungen, die im Alterungsprozess durch die verminderte Fähigkeit zum Aufrichten der Wirbelsäule und der verminderten Elastizität der Zwischenwirbelscheiben auftreten. Mit zunehmendem Alter werden dadurch Körpermaße, welche die Rumpflänge einschließen, kleiner. Unter anderen betrifft dies die Körperhöhe, die Augenhöhe, die Stammlänge und die Rumpflänge. Entsprechend sollten wirbelsäulenabhängige Körpermaße bei Konstruktionsvorhaben für die Altersgruppe 50+ wegen der altersbedingten Veränderungen der Wirbelsäule, um ca. 20 mm reduziert werden (Greil et al. 2008).

## Warnstufe 2

Körpermaße, die der Warnstufe 2 zugeordnet werden, unterliegen einer häufigen Variabilität durch Umwelteinflüsse, wie z.B. den Ernährungsbedingungen. Es sind schnell veränderliche Maße innerhalb von Populationsvergleichen, die sich mit allgemeinen Gewichtsschwankungen, aber auch mit der natürlichen Gewichtszunahme im höheren Alter erklären lassen. Maße der Warnstufe 2 sind zu einem großen Anteil Umfangsmaße, wie der Brustumfang, der Taillenumfang, der Oberschenkelumfang, der Unterschenkelumfang. Aber auch Breiten- und Tiefenmaße, deren Messpunkte ebenfalls auf der Hautoberfläche als Weichteilmaß ermittelt werden, sind in diese Kategorie einzugliedern.

Aufgrund der zunehmenden Anteile an übergewichtigen Personen ist für Umfangs- und Breitenmaße davon auszugehen, dass die Perzentilwerte älterer Datensammlungen für die heutige Situation zu gering ausfallen. Entsprechend sollte im oberen Bereich der Perzentilwerte ein Zuschlag gegeben werden (siehe Kapitel 3.12 Abb. 16). In Deutschland sollte der Zuschlag beispielsweise bei der Sitzbreite bis zu 50 mm betragen, um auch der zunehmenden Gruppe der Übergewichtigen ergonomisch gerecht zu werden,.

## Warnstufe 3

Körpermaße, die der Warnstufe 3 zugeordnet werden, weichen in der Praxis bei der Ausübung von Bewegungen bzw. durch Bekleidungszuschläge von den in Normen angegebenen standardisiert gemessenen Körpermaßen **deutlich** ab.

Zu diesen Körpermaßen gehört insbesondere die Gruppe der [Funktionsmaße \(↑\)](#), aber auch Maße deren [Messstrecken \(↑\)](#) Gelenkpunkte mit einbeziehen, wie z.B. die Stammlänge, die Rumpflänge, die projektivische Armlänge oder auch die Kniehöhe. Gleichermaßen gehören Körpermaße in die Warnstufe 3, für die ein Zuschlag von Bekleidung und Schuhwerk berücksichtigt werden muss.

Im Handbuch der Ergonomie werden 35 mm Schuhzuschlag, 5 mm Kleidungszuschlag bei leichter Bekleidung und 8 – 10 mm bei schwerer Bekleidung sowie zwischen 10 – 35 mm bei Kopfbedeckungen zu den jeweiligen Maßen addiert. Physiologische wirbelsäulenabhängige Daten, also Daten die in bequemer Körperhaltung gemessen wurden, weichen ca. 1-1,5 % von den in Standardposition gemessenen Werten ab.

Nach DIN EN ISO 3411 für Erdbaumaschinen sind für Schuh- und Stiefelhöhen 25 mm und für Schutzhelme 50 mm Zuschläge zu berücksichtigen. Für den Bewegungsraum bei nicht aufrechter Haltung, also normaler entspannter Körperhaltung, werden für die Körperhöhe und Reichweite über Kopf um 15 mm geringere Werte empfohlen. Für „Sitzhöhe“ sowie „Augenhöhe sitzend“ werden um 25 mm geringere Werte empfohlen.

## 4.2 Ausgewählte Körpermaßangaben mit Warnhinweisen

In Abb. 24 sind die Maße anhand von Figurinen dargestellt, die in Tab. 6 mit den entsprechenden Warnhinweisen versehen sind.

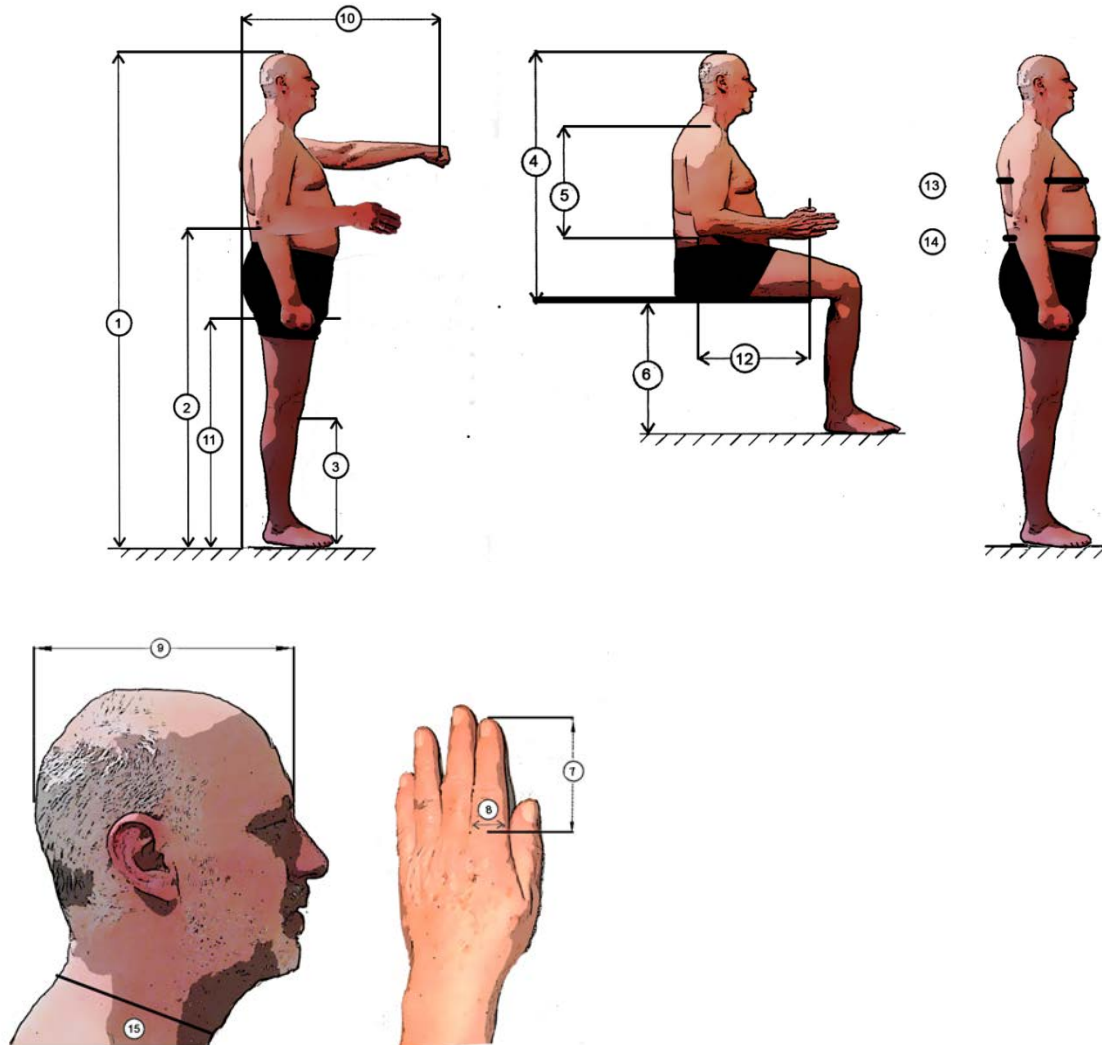


Abb. 24 (identisch mit Abb. 7): Figurinen mit einer Auswahl der gebräuchlichsten ergonomischen Körpermaße

Tab. 6: Ausgewählte gebräuchliche Körpermaße (aus DIN 33402-2) mit Warnhinweisen für die Übertragung in die Praxis

| Quelle DIN 33402-2;<br>Angaben in mm |                  |                                                    | 18 - 65 Jahre  |                 |                 | Männer         |                 |                 | Frauen                                                                                |  |  | Warnstufe |
|--------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--|--|-----------|
| Körpermaßgruppen                     | Nr. <sup>7</sup> | Körpermaßbezeichnung                               | P <sub>5</sub> | P <sub>50</sub> | P <sub>95</sub> | P <sub>5</sub> | P <sub>50</sub> | P <sub>95</sub> |                                                                                       |  |  |           |
| Maße am stehenden Menschen           | 1                | Körperhöhe                                         | 1 650          | 1 750           | 1 855           | 1 535          | 1 625           | 1 720           |    |  |  |           |
|                                      | 2                | Ellenbogenhöhe über Standfläche                    | 1 025          | 1 100           | 1 175           | 960            | 1 020           | 1 080           |    |  |  |           |
|                                      | 3                | Tibialhöhe                                         | 430            | 460             | 480             | 400            | 425             | 450             |    |  |  |           |
| Maße am sitzenden Menschen           | 4                | Sitzhöhe (Stammlänge)                              | 855            | 910             | 965             | 810            | 860             | 910             |    |  |  |           |
|                                      | 5                | Schulter- Ellenbogenlänge                          | 330            | 365             | 400             | 290            | 320             | 350             |    |  |  |           |
|                                      | 6                | Länge des Unterschenkels mit Fuß (Sitzflächenhöhe) | 410            | 450             | 490             | 375            | 415             | 450             |    |  |  |           |
| Maße an einzelnen Körperabschnitten  | 7                | Zeigefingerlänge                                   | 68             | 75              | 83              | 62             | 69              | 77              |   |  |  |           |
|                                      | 8                | Zeigefingerbreite (körpernah)                      | 19             | 21              | 23              | 17             | 19              | 21              |  |  |  |           |
|                                      | 9                | Kopflänge (Kopftiefe)                              | 185            | 195             | 205             | 170            | 185             | 195             |  |  |  |           |
| Funktionelle Maße                    | 10               | Reichweite nach vorn                               | 685            | 740             | 815             | 625            | 690             | 750             |  |  |  |           |
|                                      | 11               | Höhe der Hand (Griffachse) über der Standfläche    | 730            | 765             | 825             | 670            | 715             | 760             |  |  |  |           |
|                                      | 12               | Ellenbogen-Griffachsen-Abstand                     | 325            | 350             | 390             | 295            | 315             | 350             |  |  |  |           |
| Umfangsmaße                          | 13               | Brustumfang                                        | 870            | 975             | 1 110           | 850            | 990             | 1 180           |  |  |  |           |
|                                      | 14               | Tailenumfang                                       | 700            | 875             | 1 010           | 665            | 790             | 990             |  |  |  |           |
|                                      | 15               | Halsumfang                                         | 335            | 380             | 410             | 305            | 345             | 385             |  |  |  |           |

<sup>7</sup> Nummer bezogen auf Figurinen Abb. 24

## 5 Konstruktionsbeispiele

Die im Folgenden aufgeführten Beispiele für Konstruktionsaufgaben erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Weitere Adaptationen müssen ggf. vom Konstrukteur, Designer oder Normer vorgenommen werden

### 5.1 Grundsätzliche Überlegungen zur Auswahl der Konstruktionsbeispiele

Die Konstruktion eines angemessenen, d.h. sicheren und komfortablen Mensch-Maschine-Systems ist eine sehr vielschichtige Aufgabe, die einer Herangehensweise aus den verschiedensten Blickwinkeln bedarf. So sind bei der Konstruktion (Bsp. Sitzarbeitsplatz) Produkthanforderungen zu berücksichtigen, welche Haltungsschäden, Ermüdungserscheinungen und Verletzungen beim späteren Nutzer vermeiden. Körperdimensionen und Bewegungsräume für verschiedene Körperbereiche müssen deshalb adäquat, d.h. optimiert auf die zu erwartende Nutzergruppe, angepasst werden und gegebenenfalls durch verstellbare Teile zu korrigieren sein. Die Konstruktionsaufgaben sollen die Körpermaßenanwendung für Konstrukteure, Designer und Normer erläutern und erleichtern. Die Auswahl der Körpermaße konzentriert sich in einem ersten Schritt auf die konkrete Situation einer möglichst realistischen und korrekten Umsetzung eines metrischen Wertes (z.B. Perzentilwertangaben aus einer Tabelle oder einer Datenbank) in die virtuelle technische Umgebung des Planungsumfeldes. Das Planungsumfeld kann dabei als die Summe aller Mensch-Maschine-Schnittstellen angesehen werden, in welchem die Bereiche Raumangebot, körperunterstützende und -sichernde Systeme, Sichtfelder sowie Stell- und Kontaktteile berücksichtigen werden müssen. Wie bei der im Folgenden angesprochenen Insassenkabine sind in jedem Planungsumfeld Teilaufgaben zu leisten, die in Kap. 5.2 beispielhaft herausgegriffen und in ihrem Anwendungsrisiko bewertet werden.

### 5.2 Fallbeispiele: Konstruktionsaufgaben und deren Anforderungsprofil

Die Fallbeispiele der Tab. 7 enthalten Konstruktionsaufgaben, die mit Hilfe der korrekten Anwendung eines Körpermaßes aus einer anthropometrischen Datensammlung bzw. -tabelle gelöst werden können. Es bestehen unterschiedliche Risiken, die durch das Zusammentreffen von unterschiedlichen Kombinationen der oben genannten Ursachen bestimmt werden. Diese sind gekennzeichnet und erfordern entsprechend Hinweise. Bereits in diesem Auswahlstadium ist das unterschiedliche Anforderungsprofil für eine korrekte Anwendung des oder der Körpermaße der Konstruktionsaufgaben erkennbar: Das Anwendungsrisiko und die relevanten Anwendungsfaktoren sind für die beteiligten Körpermaße jeweils unterschiedlich.

| Konstruktionsaufgabe                                               | Körperbereich | Beteiligte(s) unspezifische(s) Körpermaße(e)                      | Maßtyp/<br>Warnhinweis                                                                                                                                                                                | Anwendungsrisiko: relevante Anpassungsfaktoren                                                |                                  |                                                                                     |                                                |
|--------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                                                                    |               |                                                                   |                                                                                                                                                                                                       | Körperhaltung                                                                                 | Zuschläge / Abzüge               | Bezugsebene                                                                         | Interaktion mit technischer Umgebung           |
| PSA, Anpassung Breite Atemschutzmaske an Kopf- und Gesichtsbreiten | Kopf, Gesicht | Kopfbreite, Stirnbreite, Jochbogenbreite, Unterkieferwinkelbreite | skelettiär                                                                                                         |                                                                                               |                                  |                                                                                     | durch Haut-, Weichteil- und Muskulaturbewegung |
| Körperunterstützung im Sitzen: Bestimmung Sitzflächenhöhen         | Bein          | Unterschenkel mit Fuß                                             | Weichteilmaß (Kniekehle), Aufstellfläche Fuß                                                                       | Abweichung in der Körpermitte Rumpf- Oberschenkel-Unterschenkel-Fuß                           | Bekleidung und Schuhwerk         | zweifaches Risiko: Lage und Form der Sitzfläche UND der Aufstellfläche für die Füße | Unterfederung und Polsterung der Sitzfläche    |
| Vertikaler Raumbedarf über Sitzfläche                              | Rumpf         | Körpersitzhöhe, Stammlänge                                        | skelettiär (Kopf), Sitzfläche   | Einfluss des Streckungsgrades in der Wirbelsäule                                              | Bekleidung, Behaarung („Frisur“) | Unterschiede zw. Mess- und Anwendungsbezugsfläche (Form und Lage der Sitzfläche)    | Unterfederung und Polsterung der Sitzfläche    |
| Bestimmung der Armlehnenhöhe                                       | Arm und Rumpf | Armlehnenhöhe über der Sitzfläche                                 | skelettiär (Ellenbogen), Sitzfläche                                                                               | Streckungsgrad der Wirbelsäule, Schulterhöhe, Körpermitte Rumpf-Schulter - Oberarm - Unterarm | Bekleidung                       | Form und Lage der Sitzfläche                                                        | Unterfederung und Polsterung der Sitzfläche    |
| Bestimmung der Breite von Auftrittsflächen                         | Fuß           | Fußbreite                                                         | projektivisch                                                                                                    | Fußhaltung (sagittal oder schräg)                                                             | Breite und Form des Schuhwerks   |                                                                                     |                                                |
| horizontaler Greifraum nach vorn                                   | Arm           | Reichweite nach vorn                                              | projektivisch mit Bezugsebene Funktionsmaß                                                                       | Schulterbewegung/ Rumpfbiegung beteiligt                                                      | Bekleidung (insb. Handschuhe)    | Vorhandensein und Form der Körperabstützung im Rückenbereich                        | Unterfederung und Polsterung der Rückenlehne   |

Tab. 7: Übersicht über ausgewählte Konstruktionsaufgaben und zu beachtende Anwendungsrisiken

Jede der dargestellten Konstruktionsaufgaben stellt einen Teilbereich einer zumeist komplexeren Konstruktion dar und ist je nach Aufgabe unterschiedlich zu kombinieren und gegebenenfalls um weitere Teilbereiche zu ergänzen, die hier aufgrund der vielfältigen Möglichkeiten nicht weiter aufgeführt werden.

Für das Konstruktionsbeispiel „Sitzarbeitsplatz“ würden sich aus den Teilbereichen, für die ein Anwendungsrisiko bewertet werden muss, die folgenden Konstruktionsaufgaben ergeben:

- die Körperunterstützung im Sitzen: Bestimmung der Sitzflächenhöhe;
- der vertikale Raumbedarf über der Sitzfläche;
- gegebenenfalls die Bestimmung der Armlehnenhöhe;
- die Bestimmung der Breite von Auftrittflächen und
- der horizontale Greifraum nach vorn.

Zudem ist es natürlich erforderlich neben den genannten Körperbereichen auch Parameter wie

- den Greifdurchmesser,
- Breitenmaße,
- die Unterstützung durch eine Rückenlehne,
- das Gesichts- und Blickfeld (Einsehbarkeit des Arbeitsfeldes und Rückblickmöglichkeiten),
- die Ausmaße von Einstieg und Kabinenraum bzw. Arbeitsraum
- sowie die Reichweiten von Beinen und Füßen zu berücksichtigen.

Am Konstruktionsbeispiel für die Bestimmung der Sitzflächenhöhe, die sich bei der Planung eines Arbeitsplatzes mit verstellbarer und federnder Sitzfläche ergeben würde, soll im Folgenden ein Teilbereich der tabellarisch dargestellten Konstruktionsaufgaben beispielhaft hervorgehoben werden. Unter Verwendung des anfangs aufgeführten allgemeingültigen Ablaufschemas (Abb. 3) wären die in Abb. 25 dargestellten Schritte notwendig.

Im nächsten Schritt, dargestellt in Abbildung 26, wird die praktische Vorgehensweise bei der Auswahl und Nutzung anthropometrischer Daten konkretisiert und für die Konstruktion einer verstellbaren Sitzflächenhöhe für 18 – 65-jährige deutsche Männer und Frauen schematisch demonstriert.

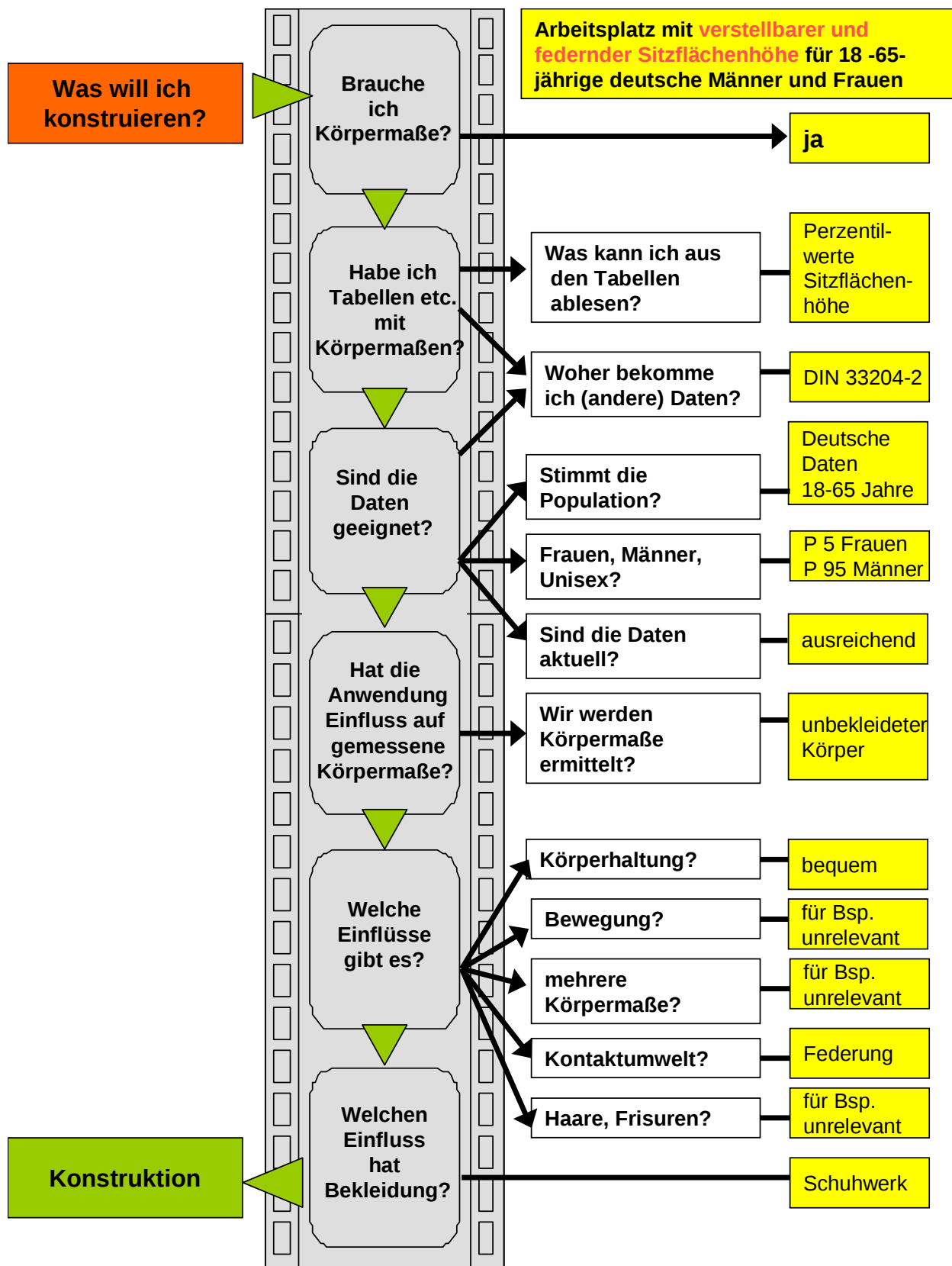


Abb. 25: Beispielhaftes Ablaufschema zur praktischen Vorgehensweise bei der Auswahl und Nutzung anthropometrischer Daten für die Konstruktion eines Arbeitsplatzes mit verstellbarer und federnder Sitzflächenhöhe.

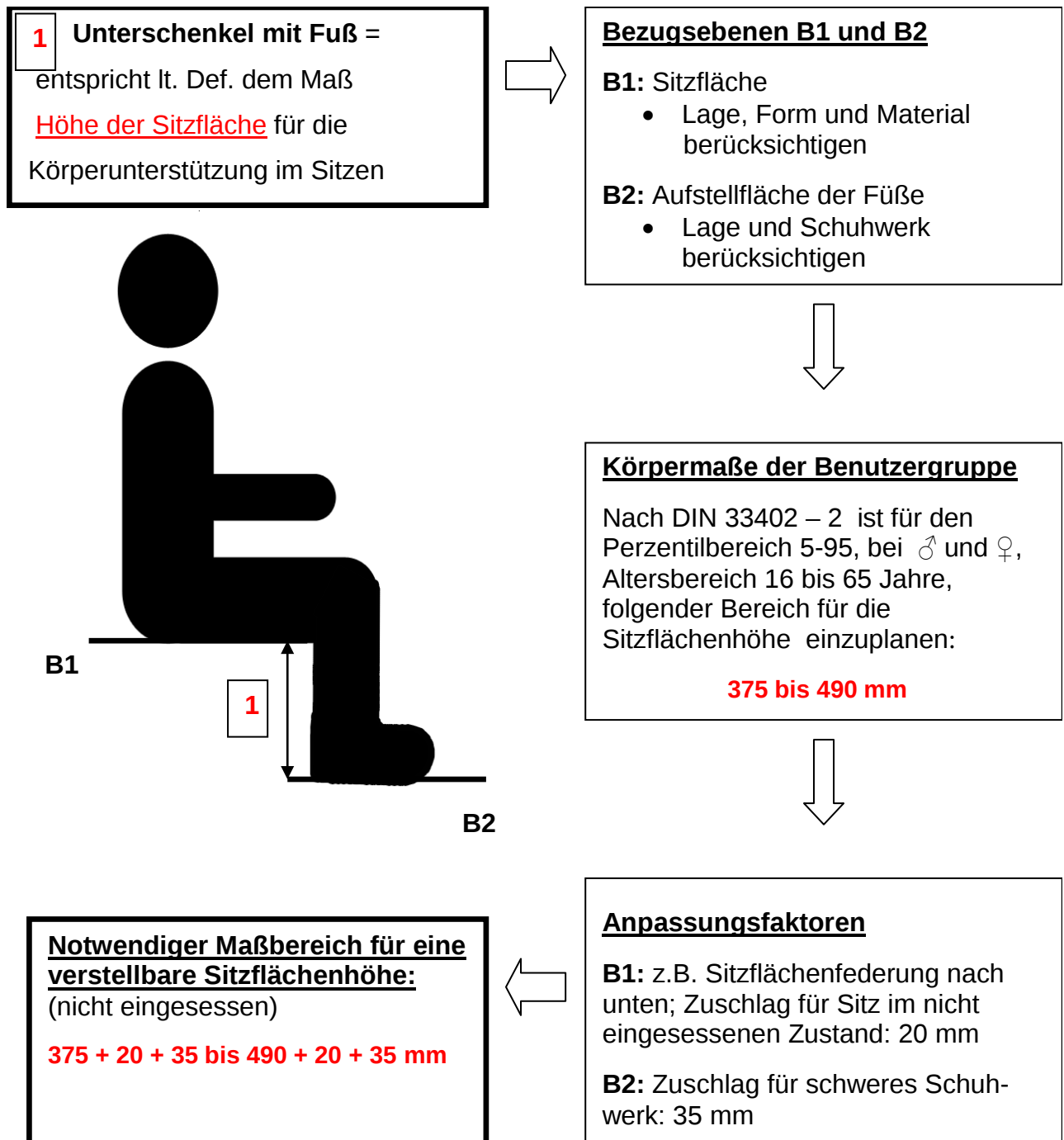


Abb. 26: Konkretisierte praktische Vorgehensweise bei der Auswahl und Nutzung anthropometrischer Daten für die Konstruktion eines Arbeitsplatzes mit verstellbarer und federnder Sitzflächenhöhe.

Grundsätzlich können diese Beispiele der Vorgehensweise auf weiterer Konstruktions- und Normungsaufgaben unter Beachtung von Besonderheiten einzelner Körpermaße und Anwendungsrisiken übertragen werden.

## 6 Glossar

*Bei den Messpunkten wird neben der Definition des jeweiligen Messpunktes auch beispielhaft angegeben, in welchen Normen Maßangaben zu finden sind (Normenbezug).*

### **Akromion (Akromiale)**

**Definition:** beschreibt den am weitesten seitlich vorragenden Punkt der Schulterhöhe des Schulterblattes, ein skelettärer Messpunkt, der bei locker hängendem Arm, am rückseitigen Oberarmansatz als Schulterfortsatz ertastet werden kann. Biakromial (↑) bezeichnet sowohl das rechte und linke Akromion.

**Normenbezug:** Dieser Messpunkt ist Definitionsbestandteil der biakromialen Schulterbreite (↑), mit Maßen angegeben in den Normen DIN 33402-2, DIN EN ISO 14738, DIN EN ISO 11064-3, DIN 5566-1, DIN EN ISO 15537 und DIN 33419, als der geradlinige Abstand zwischen den beiden Akromien.

**Anthropometrie** Untersuchung und Messung der physischen Maße und der Masse des menschlichen Körpers und seiner (äußeren) Teile

**anthropometrische Daten** Maße (wie z. B. Höhen-, Längen-, Tiefen-, Breiten- und Umfangsmaße) des menschlichen Körpers und seiner Teile

**anthropometrische Datenbank** Erfassung von einzelnen Körpermaßen (anthropometrische Daten) und von Hintergrundangaben (demographische Daten) einer Gruppe von Menschen (Stichprobe) in Form einer Aufzeichnung

**Bevölkerungsgruppe, Population** Gruppe von Menschen, die eine oder mehrere gemeinsame Eigenschaft(en) aufweisen, die ihre anthropometrischen Verteilungen beeinflussen

**biakromial** Die Vorsilbe bi weist auf einen paarigen Zusammenhang hin, vergleiche [Akromiale \(↑\)](#).

**bideltoidal** Die Vorsilbe bi weist auf einen paarigen Zusammenhang hin, vergleiche [Deltoidale \(↑\)](#).

**Body-Scan** bezeichnet eine indirekte dreidimensionale Messung der Körperoberfläche

### **Cervicale**

**Definition:** beschreibt den am weitesten nach hinten vorspringenden Punkt der Dornfortsatzspitze des 7. Halswirbels, ein skelettärer Messpunkt, der im Nackenbereich die Haut zumeist deutlich hervorwölbt.

**Normenbezug:** Dieser Messpunkt ist Definitionsbestandteil der Cervikalhöhe sitzend (Rumpflänge), ausschließlich mit Definition angegeben in DIN EN ISO 7250 und DIN EN ISO 20685, als der vertikale Abstand von der Sitzfläche zur Dornfortsatzspitze des 7. Halswirbels.

## Deltoidale

**Definition:** beschreibt den am weitesten seitlich vor gewölbten Punkt, der die seitliche Kontur formenden Deltamuskeln, ein Weichteilmesspunkt, der bei locker hängendem Arm als eine Wölbung in der seitlichen Schulterkontur erscheint. Bideltoidal (↑) bezeichnet sowohl das rechte als auch das linke Deltoidale.

**Normenbezug:** Dieser Messpunkt ist Definitionsbestandteil der bideltoidalen (↑) Schulterbreite, mit Maßen angegeben in DIN 33402-2, DIN EN ISO 3411, DIN EN ISO 11064-3, DIN EN ISO 15537 und DIN 33419, als geradliniger Abstand über die am stärksten hervorragenden Weichteile des rechten und des linken Deltamuskels am Oberarm.

**Demographische Daten** Hintergrundangaben (wie z. B. Geschlecht, Wohnsitz oder Arbeitsstätte, Tätigkeit/Beruf und Bildungsstand), die verwendet werden, um Mitglieder der Nutzer-Bevölkerung und/oder Bevölkerungsgruppen zu beschreiben

**Dimensionsmaße** sind Körpermaße, die sich direkt aus einem gemessenen Wert (Abstand zwischen 2 Messpunkten, Umfang eines Körperteils) ergeben.

**direkte Maße** sind zumeist Distanzmaße die eine tatsächliche geradlinige Entfernung zwischen zwei Messpunkten oder die kürzeste Entfernung zwischen einem Messpunkt und der Standfläche angeben.

**distal** vom Körperzentrum weg, körperfern

**dorsal** zum Rücken hin, rückseitig

**errechnete Maße** sind Maße die durch Subtraktion oder Addition anderer Maße errechnet werden. Um Maße eines Probanden ergänzend zu errechnen ist eine unveränderte Körperhaltung während der Messung sehr wichtig.

**fibular** zur Kleinzehenseite (zur Fibular) hin

**Frontalebene** Körperebene die durch die Vertikal- und Transversalachse (↑) bestimmt wird

**funktionelle Maße (auch Funktionsmaße)** erfassen Körperteile in ihrer Funktion, während diese in Relation zur körpernahen Umwelt stehen und den damit vorgegebenen Bedingungen dieser Umwelt.

## Glabella

**Definition:** beschreibt den in der mittleren Gesichtsebene am weitesten hervorspringenden Punkt der im unteren Teil der Stirn gelegenen Erhebung zwischen den härenen Augenbrauen, ein skelettäres Maß.

**Normenbezug:** Dieser Messpunkt ist Definitionsbestandteil der Kopflänge, mit Maßen angegeben in DIN 33402-2, DIN EN ISO 3411, DIN EN ISO 15537 und DIN 33419, als der geradlinige Abstand der Glabella von dem am weitesten hervortretenden Punkt des Hinterkopfes. Zudem ist der Messpunkt Definitionsbestandteil des sagittalen Kopfbogens, mit Maßen angegeben in DIN 33402-2, als der Bogen von der Glabella über den Hirnschädel bis zum Inion (↑).

**Horizontalebene** Körperebene, die durch die Sagittal- und Transversalachse (↑) bestimmt wird

## Inion

**Definition:** beschreibt den am Hinterhaupt nach hinten unten hervorragenden Fortsatz am Hinterhauptsbein, ein skelettärer Messpunkt, der bei geringem Relief des Hinterhauptsbeins, wie zumeist bei Frauen und Kindern nicht genügend ertastet werden kann.

**Normenbezug:** Der Messpunkt ist Definitionsbestandteil des sagittalen Kopfbogens, mit Maßen angegeben in der DIN 33402-2, als der Bogen von der [Glabella \(↑\)](#) über den Hirnschädel.

**kaudal** zum Rumpfende (eigentlich zum Schwanz) hin

**kranial** zum Schädel hin

**lateral** von der Mediansagittalen weg, seitlich

**medial** zur Mediansagittalen hin, mittel

**Mediansagittalebene** ist die mittlere [Sagittalebene \(↑\)](#), die den Körper in zwei spiegelbildliche Hälften teilt

## Menton oder Gnathion

**Definition:** beschreibt den am weitesten nach unten vorragenden Punkt des Unterkiefers in der mittleren Ebene; ein skelettärer Messpunkt, der sich am Unterrand des Unterkiefers ertasten lässt. In der Kieferorthopädie ist der Begriff Menton üblich, in anthropometrischen Fachbüchern wird zumeist der Begriff Gnathion verwendet.

**Normenbezug:** Der Messpunkt ist Definitionsbestandteil der morphologischen Gesichtshöhe, mit Maßen angegeben in der DIN 33402-2, als der Abstand zwischen [Nasion \(↑\)](#) und Menton.

## Mesosternale

**Definition:** beschreibt einen Punkt der vorderen Brust in Höhe der vierten Rippe; ein skelettärer Messpunkt (↑), der sich ungefähr in der Mitte des Brustbeins befindet. Bei Kindern und Männern liegt das Mesosternale zumeist geringfügig höher als die Verbindungslinie der beiden Brustwarzen.

**Normenbezug:** Der Messpunkt ist Definitionsbestandteil der Brust(korb)tiefe, mit Maßen angegeben in der DIN 33402-2, DIN EN ISO 3412 und DIN EN ISO 15537, als die Tiefe des Rumpfes in der mittleren Ebene in Höhe des Mesosternale.

Zudem ist der Messpunkt Definitionsbestandteil der Brust(korb)breite, ausschließlich als Definition angegeben in der DIN EN ISO 7250 und der DIN EN ISO 20685, als die Breite des Rumpfes in Höhe des Mesosternale.

**Messpunkte (anthropometrisch)** sind anatomisch definierte Punkte am menschlichen Körper, die der Begrenzung einer Messstrecke (↑) dienen. Man unterscheidet zwischen skelettären Messpunkten (↑), die sich aus der knöchernen Grundlage her definieren und Messpunkten, die sich aus äußeren Weichteilbildungen definieren.

**Messstrecke, Maß (anthropometrisch)** ist eine gemessene Distanz zwischen zwei Messpunkten, die den Körperbau des Menschen beschreiben.

### Metacarpale

**Definition:** beschreibt die am weitesten seitlich hervorragenden Punkte der körperformen Mittelhandknochen, skelettäre Messpunkte (↑), die sich in Höhe der Fingergrundgelenke befinden. Man unterscheidet das Metacarpale radiale auf Höhe des Zeigefingergrundgelenks und das Metacarpale ulnare auf Höhe des Kleinfingergrundgelenks.

**Normenbezug:** Beide Messpunkte sind Definitionsbestandteil der Handbreite in Höhe der Metacarpale, mit Maßen angegeben in der DIN 33402-2, DIN EN 547-3, DIN EN ISO 3411, DIN EN ISO 15537 und DIN 33419, als geradliniger Abstand des Metacarpale radiale vom Metacarpale ulnare auf der Höhe der Metacarpalköpfe von Zeigefinger bis Kleinfinger.

**Mittelwert** oder auch **arithmetisches Mittel** ist der Quotient aus der Summe aller Einzelbeobachtungen und der Gesamtzahl der Beobachtungen. Er gibt den durchschnittlichen Wert aller Einzelwerte für eine Variable an.

### Nasion

**Definition:** beschreibt den mittleren Schnittpunkt (die Schädelnaht) des Stirnbeins mit dem Nasenbein, ein skelettärer Messpunkt, der sich ausschließlich ertasten lässt. Das Nasion darf nicht verwechselt werden mit dem Sellion, ein Messpunkt der den tiefsten Einzug im Bereich der Nasenwurzel beschreibt, das Sellion liegt zumeist einige mm unterhalb des Nasions.

**Normenbezug:** Der Messpunkt ist Definitionsbestandteil der morphologischen Gesichtshöhe, mit Maßen angegeben in der DIN 33402-2, als der Abstand zwischen Nasion und [Menton \(↑\)](#).

**Nutzer-Bevölkerung, Nutzer-Population** Bevölkerungsgruppe oder –gruppen (↑), für die eine technische Gestaltung vorgesehen ist bzw. wird, wobei jede mit einer festgelegten Anzahl von zufällig ausgewählten Einzelpersonen zur Stichprobe beiträgt

**Ohr-Augen-Ebene** auch Frankfurter – Horizontale genannt, eine Standardausrichtung des Kopfes oder Schädels während einer Messung. Das [Tragion \(↑\)](#) und der tiefste Punkt des Orbitale (↑) befinden sich in der horizontalen Ebene.

### Orbitale

**Definition:** beschreibt den tiefsten Punkt des Augenhöhlenrandes, ein knöcherner Messpunkt, der für die Kopfstandardisierung in der Ohr-Augen-Ebene (↑) benötigt wird

**Normenbezug:** Der Messpunkt wird in Normen nicht für ein Maß verwendet. Ist aber Bezugspunkt für die Standardmessposition der Ohr-Augen-Ebene (↑) (Frankfurter Horizontale), die in DIN EN ISO 7250 angegeben ist.

**Perzentile** oder auch Quantile sind Prozentangaben. Sie gliedern die Anzahl der untersuchten Personen in Maßklassen womit sich ein bestimmter Prozentanteil dieser Personen umschließen lässt. Der Bereich

zwischen dem 5. und 95. Perzentil umschließt beispielsweise 90 % der Bevölkerung.

**Projektivische Maße** beschreiben die rechtwinklige Projektion einer Strecke auf eine definierte Ebene; das projektivische Maß bleibt hinter dem direkten Maß zurück, wenn sich die Messpunkte nicht in derselben Ebene befinden.

**Proportionsmaße** sind Körpermaße, die Aussagen zu dem Verhältnis von 2 Körpermaßen zueinander treffen. Die Angabe erfolgt meist in Form eines Index (z.B. Beinlänge in % der Körperhöhe)

**proximal** zum Körperzentrum hin, körpernah

**radial** zur Daumenseite (zum Radius) hin

**sagittal** Körperachse rechtwinklig zur Vertikalachse von vorn nach hinten

**Sagittalebene** Körperebene die durch die Vertikal- und Sagittalachse bestimmt wird

**säkularer Trend, säkulare Akzeleration** Aufgrund verbesserter Wachstumsbedingungen (bessere Ernährung, besserer Gesundheitssituation usw.) weltweit beobachteter Trend, der einerseits zu einer schnelleren Entwicklung der Kinder führt. Andererseits ändern sich die Körpermaße und Proportionen. Die Menschen werden größer (vor allem bekommen sie längere Beine und Arme). Die maximal möglichen Längenmaße werden erreicht, verstärkt wird eine Zunahme von Umfangsmaßen etc. beobachtet. Der Trend ist prinzipiell reversibel.

**Skelettäre, skelettbasierte Maße** Körpermaße, die sich bei der Definition der Messmethode an der Lage eines Knochenpunktes orientieren oder einen solchen einbeziehen, z.B. bei der Schulterhöhe das [Akromion \(↑\)](#), bei der Kopfbreite die beiden seitlich am weitesten hervortretenden Knochenpunkte oberhalb der Ohren.

### **Spina iliaca anterior superior**

**Definition:** beschreibt den tiefsten Punkt des vorderen oberen Darmbeinstachels, ein skelettärer Messpunkt (↑), der in Vorderansicht bei sehr schlanken Menschen als Hauterhebung am Becken hervortritt.

**Normenbezug:** Der Messpunkt ist Definitionsbestandteil der Spina-iliaca Höhe (Darmbeinstachelhöhe), ausschließlich mit Definition angegeben in der DIN EN ISO 7250 und DIN EN ISO 20685, als der vertikale Abstand von der Standfläche zum vorderen oberen Darmbeinpunkt.

**Somatometrie** bezeichnet die direkte Messung am lebenden Menschen.

**Standardabweichung** ist ein Häufigkeitsmittel, dass die Streuung der Einzelwerte um den [Mittelwert \(↑\)](#) beschreibt.

### **Styloid-Fortsätze des Handgelenks, Stylium radiale und Stylium ulnare**

**Definition:** beschreiben die beiden körperfernstesten Punkte der Fortsätze von Radius (Speiche) und Ulnar (Elle) am Handgelenk, das Stylium radiale liegt auf der Daumenseite, das Stylium ulnare liegt auf der Kleinfingerseite, es

sind skelettäre Messpunkte (↑), die sich am Handgrundgelenk beidseitig als deutliche Gruben ertasten lassen.

**Normenbezug:** Die Messpunkte sind Definitionsbestandteil der Handlänge, mit Maßen angegeben in der DIN 33402-2, DIN EN 547-3, DIN EN ISO 3411, DIN 5566-1, DIN EN ISO 15537 und DIN 33419, als Abstand von der Spitze des Mittelfingers zu einer Linie zwischen den Styloid-Fortsätzen des Handgelenks. Zudem sind sie Definitionsbestandteil der Handflächenlänge, mit Maßen angegeben in der DIN 33402-2, als der Abstand von einer Linie zwischen den Styloid-Fortsätzen des Handgelenks zur körpernahen Furche des Mittelfingers an der Handfläche.

**tibial** zur Großzehenseite (zur Tibia) hin

#### **Tibiale**

**Definition:** beschreibt auf der Beininnenseite den am weitesten rumpfnah gelegenen Punkt des Schienbeins, ein skelettärer Messpunkt (↑), der sich bei gebeugtem Knie am Unterrand der Kniegelenkfuge ertasten lässt.

**Normenbezug:** Dieser Messpunkt ist Definitionsbestandteil der Tibialhöhe (Kniegelenkhöhe) mit Maßen angegeben in den Normen DIN 33402-2 und DIN EN ISO 15537, als der vertikale Abstand von der Standfläche zum Tibiale.

#### **Tragion**

**Definition:** beschreibt den Punkt am vorderen Oberrand des Ohrdeckels, an dem dieser in die Ohrbasis übergeht, ein Weichteilmesspunkt, an der tiefsten Stelle der Einziehung zwischen Ohrdeckel und Ohraußenleiste, der für die Kopfstandardisierung in der Ohr-Augen-Ebene (↑) benötigt wird.

**Normenbezug:** Der Messpunkt ist Definitionsbestandteil des transversalen (↑) Kopfbogens, mit Maßen in DIN 33402-2, als Bogen vom Tragion der einen Seite über den Scheitel zum Tragion der anderen Seite.

**transversal** Körperachse rechtwinklig zur Vertikalachse von rechts nach links

**ulnar** zur Kleinfingerseite (zur Ulnar) hin

**ventral** zum Bauch hin, bauchseitig

#### **Vertex**

**Definition:** beschreibt den höchsten Punkt des Scheitels in der mittleren Ebene, ein skelettärer Messpunkt (↑)

**Normenbezug:** Der Messpunkt ist Definitionsbestandteil der Körperhöhe, die mit Maßen angegeben ist in der DIN 33402-2, DIN EN 547-3, DIN EN ISO 14738, DIN EN ISO 11064-3, DIN 5566-1, DIN 33408-1, DIN EN ISO 15537 und DIN 33419, als der vertikale Abstand von der Standfläche bis zum höchsten Punkt des Kopfes.

**vertikal** Körperachse in Richtung der Körperlängsachse (bei Extremitäten longitudinal genannt)

**Weichteilmaße** Körpermaße, die bei der Definition der Messmethodik, z.B. Bauchumfang, keinen Knochenpunkt einbeziehen.

## 7 FAQs

Im Folgenden wird eine Auswahl häufig aufgetretener Fragen zusammengestellt und beantwortet. Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

- **Was sind anthropometrische Körpermaße und warum treten bei der Anwendung oft Schwierigkeiten auf?**

Anthropometrische Maße sind Körpermaße, die in standardisierter Körperhaltung anhand von anatomisch streng definierten Messstrecken (↑) erhoben werden. Das heißt es werden Körperhaltungen gemessen, die ein Mensch selten freiwillig einnimmt. Dennoch ist diese Form der Standardisierung notwendig, um die Maße des menschlichen Körpers vergleichbar und reproduzierbar zu machen. Jedes in einer Tabelle zu findende Einzelmaß ist nur im komplexeren biologischen Zusammenhang gültig.

- **Was mache ich, wenn ich das für meine Konstruktion nötige Maß nicht finden kann?**

Publikationen anthropometrischer Daten (↑) also auch Normen, sind Maßsammlungen die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Sie geben eine Sammlung der wichtigsten Körper- und Funktionsmaße (↑) wieder, welche die unterschiedlichsten Zielstellungen bedienen können, jedoch mit der zunehmenden Konstruktionsvielfalt auch Zielstellungen offen lassen.

Welche Maße braucht der Konstrukteur? Dies ist eine entscheidende Frage für eine menschengerechte Gestaltung der körpernahen Umwelt. Deshalb kann es in Einzelfällen notwendig sein, die Erhebung von Spezialmaßen in den Auftrag von qualifizierten Fachkräften zu geben.

- **Wofür benötige ich Sicherheitsmaße?**

Sicherheitsmaße sind Maße, die gewährleisten sollen, dass in einem Tätigkeitsumfeld des Menschen (z.B. Maschinenarbeitsplatz), für Gesundheit und Sicherheit relevante Faktoren wie Reichweiten oder Öffnungen nicht überwunden werden können. Für Sicherheitsmaße ist es üblich, den 99. bzw. den 1. Perzentilwert des in Frage kommenden Körpermaßes zu beachten. Dieses verlangt auch DIN EN 614-1<sup>8</sup>. In manchen Normen werden hierzu die Werte auf der Grundlage von anthropometrischen Daten noch mit einem Zuschlag versehen. So wird z.B. in DIN EN 547-1 (Sicherheit von Maschinen – Körpermaße des Menschen – Teil 1: Grundlagen zur Bestimmung von Abmessungen für Ganzkörper-Zugänge an

---

<sup>8</sup> Aus DIN EN 614-1:2009 (Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltungsgrundsätze - Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze): „Wenn Gesundheits- und Sicherheitsaspekte wichtig sind, sind höhere Perzentilbereiche anzuwenden. Entsprechend der Risikoeinschätzung mindestens das 1. und/oder 99. Perzentil.“

Maschinenarbeitsplätzen) für eine horizontale Öffnung der Wert des 95. bzw. 99. Perzentiles des Ellenbogen-Ellenbogenabstandes zuzüglich eines Sicherheitsabstandes  $y$  angegeben. Dieses ist nur einer der Zuschläge, die zu den anthropometrischen Maßen addiert werden müssen, um nach DIN EN 547-3 „Sicherheit und Gesundheit bei der Benutzung des Durchgangs sicherzustellen“. Teilweise sind die Zuschläge sind nicht einfach zu addieren, da die Bedingungen sich manchmal überschneiden.“

Sicherheitsmaße von Öffnungen, durch die nicht hindurch gegriffen oder gekrochen werden soll, sind zumeist auf Werte von Erwachsenen ausgelegt, welche grundsätzlich von heranwachsenden Kindern je nach Altersgruppe unterschritten werden.

- **Was mache ich, wenn in Normen Maße angegeben sind, deren Herkunft mir unklar ist? Beispielsweise: Woher stammt die untersuchte Bevölkerung? Wann wurde sie gemessen?**

Die Datenherkunft ist für die Verwendbarkeit der Daten sehr entscheidend, insbesondere dann, wenn eine bestimmte Zielgruppe bei der Konstruktion berücksichtigt werden soll. Bei Unklarheiten ist es ratsam, sich an den zuständigen nationalen oder internationalen Normungsausschuss zu wenden. .

- **Warum sollten Körpermaße möglichst aktuell sein?**

Aufgrund der sich ständig ändernden Lebens- und Umweltbedingungen verändern sich die Körpermaße innerhalb einer Bevölkerung mit jeder Generation. Da man die Veränderungen nicht vorhersagen kann, ist es notwendig, in regelmäßigen Abständen aktuelle Körpermaßdaten zu erfassen.

- **Weshalb benötige ich auch im Erwachsenenalter für verschiedene Altersgruppen unterschiedliche Daten?**

Auch im Erwachsenenalter bleiben die Körpermaße keineswegs unverändert. Während die Längenmaße der einzelnen Langknochen annähernd gleich bleiben, kann sich z.B. die Fähigkeit zur Streckung in Gelenken zwischen zwei einzelnen Knochen zueinander verändern, und somit verändern sich Längenmaße. Aber auch die Umfangsmaße ändern sich im Vergleich vom jüngeren zum älteren Erwachsenenalter.

- **Was ist ein Unisex Modell?**

Das Unisex Modell ist eine Form der Datendarstellung für Männer und Frauen. Mit anderen Worten: alle Probanden einer untersuchten Stichprobe wurden geschlechtsunabhängig zusammengefasst und als eine Gruppe ausgewertet. Damit repräsentieren die angegebenen Perzentilwerte der einzelnen Körpermaße sowohl Frauen als auch Männer.

Für Unisex Auswertungen muss berücksichtigt werden, dass sie einen vergleichsweise engeren Maßbereich abbilden, als es bei getrenntgeschlechtlicher Darstellung der Fall wäre. Beispielsweise würde für den Wert des 5. Perzentils ( $\uparrow$ ) einer als Unisex - Stichprobe bewerteten Körperhöhe einen größeren Wert angeben, als der 5. Perzentilwert der gleichen Stichprobe bei der ausschließlich die Gruppe der Frauen bewertet wurden. Beziehungsweise der Wert des 95. Perzentils der Unisex - Stichprobe würde einen kleineren Wert angeben als der 95. Perzentilwert der gleichen Stichprobe, bei der ausschließlich die Gruppe der Männer bewertet wurde ([vgl. Kap. 3.11 Abb. 17](#)).

- **Was sind skelettäre (skelettbasierte) Maße oder Knochenmaße?**

Zu den skelettären Maßen ( $\uparrow$ ) oder auch Knochenmaßen gehören die Körpermaße, die direkt an knöchernen, dem Skelett zugehörigen Messpunkten ermittelt wurden. Knochenmaße der so genannten Langknochen an Armen und Beinen, sowie die Knochenmaße am Schädel, sind nach Abschluss des Wachstums annähernd unveränderliche Maße. Knochenmaße sind dann veränderlich, wenn sie Gelenke mit einschließen, deren volle Streckfähigkeit mit fortschreitendem Alter verloren geht.

Eine deutliche Veränderung zeigen Knochenmaße, welche die Wirbelsäule einschließen. Die Zwischenwirbelscheiben verlieren im Alter zunehmend ihre Fähigkeit, Flüssigkeit zu speichern und somit ihre Spannkraft. Zudem ist mit einer Zunahme der physiologischen Wirbelsäulenkrümmung im Alter zu rechnen. Deshalb sind diese Längenmaße älterer Menschen vergleichsweise niedriger als zur Zeit ihres jungen Erwachsenenalters.

- **Warum sind Umfangsmaße so veränderlich?**

Umfangsmaße gehören zu den so genannten Korpulenzmaßen. Sie können sich lebenslänglich verändern. Über die Umfangsmaße werden sowohl Muskelanteile als auch Fettanteile am Körper gemessen. Beide Körperanteile sind durch individuelle Bewegungs- und/ oder Ernährungsgewohnheiten innerhalb kurzer Zeiträume sehr veränderlich.

Im Durchschnitt werden Erwachsene mit fortschreitendem Alter korpulenter. Aber auch im Vergleich zu früheren Zeiten sind die Menschen heute und sicher auch zukünftig im Durchschnitt korpulenter.

- **Was sind Körperbautypen?**

Trotz der großen Variabilität des Menschen lassen sich mehr oder weniger zwei körperbauliche Grundtypen unterscheiden. In der Körperbautypologie wird zwischen den vergleichsweise schlanken und hochwüchsigen Typen (Leptomorphen) und den vergleichsweise rundlichen und gedrungenem Typen (Pyknomorphen) differenziert.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass beide Typen die Extreme von einer Grundvariationsreihe bilden und zahlreiche Übergangsformen in der Bevölkerung zu finden sind.

- **Was ist unter den Begriffen Sitzriese und Sitzzwerg zu verstehen?**

Beispielhaft beschreiben beide Begriffe die unterschiedlichen morphologischen Ausprägungsmöglichkeiten des menschlichen Körpers. Auch wenn zwei Menschen die identische Körperhöhe haben (z.B. 1730 mm), können sich ihre Körperformen, also ihre Körperproportionen, erheblich voneinander unterscheiden. Der Begriff Sitzriese beschreibt eine Person mit proportional langem Rumpf und kurzen Beinen, während der Begriff Sitzzwerg eine Person mit proportional kurzem Rumpf und langen Beinen beschreibt.

Die proportional langen Beine sind nicht bindend einer großen Körperhöhe zugeordnet. Sitzriesen und Sitzzwerge sind für alle Perzentilgruppen zu erwarten.

- **Was ist der säkulare Trend bzw. die säkulare Akzeleration?**

Mit dem Begriff säkulare Akzeleration bzw. säkularer Trend (↑) werden körperliche Veränderungen erklärt, die sich im Vergleich von einer älteren Generation (früherer Geburtsjahrgang) mit einer jüngeren Generation ergeben. Zu den körperlichen Veränderungen zählt, neben der Zunahme der Körperdimensionen, auch die frühere biologische Reife von Heranwachsenden. Für ergonomische Fragestellungen stehen dabei die Unterschiede in den Längenmaßen im Vordergrund. Nach neueren Erkenntnissen ist davon auszugehen, dass die säkulare Zunahme der Längenmaße für die zukünftigen Generationen langsam ausklingt.

Auch die Korpulenzmaße (Umfangs- und Breitenmaße) unterliegen einer säkularen Entwicklung. In der Generationenfolge ist hier eher mit einer Zunahme also einem positiven säkularen Trend als mit einem Ausklingen zu rechnen.

- **Was sind Mittelwert und Standardabweichung?**

Der Mittelwert (↑) oder auch das arithmetische Mittel beschreibt den durchschnittlichen Wert aller in einer Stichprobe gemessenen Einzelwerte. Der Wert wird berechnet, indem man die Summe aller Beobachtungen durch die Anzahl der Beobachtungen dividiert. Die Standardabweichung (↑) ist ein Streuungsmaß, das beschreibt, wie die Einzelwerte einer Stichprobe um den Mittelwert liegen. Bei einem normal verteilten Körpermaß beschreibt die einfache Standardabweichung 68,3 % der um den Mittelwert gelegenen Werte, die zweifache Standardabweichung beschreibt 95,5 % der Werte und die dreifache Standardabweichung beschreibt 99,7 % der ermittelten Werte.

Der Mittelwert und die Standardabweichung sind statistische Kenngrößen, die ausschließlich für normal verteilte Körpermaße verwendet werden dürfen.

- **Was sind Perzentile?**

Perzentile ( $\uparrow$ ) sind Häufigkeitsangaben, die ein untersuchtes Körpermaß entsprechend seiner Werte in 100 Teile gliedern. Mit anderen Worten: die Werte werden in eine geordnete Reihe gebracht. Die Perzentile geben an, wie viel Prozent der untersuchten Probanden das entsprechende Maß erreicht haben. So beschreibt beispielsweise das Perzentil 50, welches dem Median entspricht, dass 50 % der Einzelbeobachtungen niedrigere oder gleich große Werte aufweisen und 50 % der Einzelbeobachtungen höhere Werte aufweisen. Als praxisrelevante Grenzwerte haben sich das 5., 50. und 95. Perzentil etabliert, womit 90 % der Bevölkerungsstichprobe in diesem Maßbereich eingeschlossen sind.

Perzentile geben lediglich die prozentuale Verteilung eines Körpermaßes in einer Bevölkerungsstichprobe an bzw. die Verteilung eines Körpermaßes in einer zufälligen Personenauswahl einer Bevölkerung. Es ist sehr unwahrscheinlich, dass die Perzentilwerte eine vollständig untersuchte Bevölkerung darstellen.

- **Was ist der Unterschied zwischen einem arithmetischen Mittel (Mittelwert) und einem Perzentil 50 (Median)?**

Beide Werte sind statistische Mittel, die eine Stichprobe kennzeichnen. Der Mittelwert ( $\uparrow$ ) ist der Durchschnittswert der gesamten Stichprobe. Sind die Werte normalverteilt, ist der Mittelwert (arithmetisches Mittel) mit dem 50. Perzentilwert identisch. Weichen einzelne Werte am Rand stark ab, beeinflussen sie den Mittelwert. Der Perzentilwert 50, der Median, ist ein Häufigkeitsmittel, das dem 50ten Teil der Einzelbeobachtungen entspricht. Der Perzentilwert 50 gibt an, dass 50 % der Einzelbeobachtungen niedrigere oder gleichgroße Werte aufweisen.

Während der Mittelwert kein real existierender Wert sein muss, ist der Median der Wert eines tatsächlich gemessenen Menschen.

- **Darf man Perzentilwerte einzelner Körpermaße addieren, um ein gewünschtes Körpermaß zu errechnen?**

Ausdrücklich NEIN !!! Perzentilwerte sind Häufigkeitswerte, die eine untersuchte Personengruppe beschreiben und kein Individuum. Was im individuellen Fall durchaus zulässig ist, führt bei der Addition von Perzentilwerten zu Ergebnissen, die das errechnete Maß in der Dimension über- oder unterrepräsentieren. Auch die Berechnung von Körperproportionen ist mit Perzentilwerten unzulässig.

## 8 Danksagung

Wir bedanken uns bei allen Mitgliedern der projektbegleitenden Arbeitsgruppe der KAN-Studie 51 für die offene und konstruktive Zusammenarbeit. Herrn Dr. Gerd Kückmeister danken wir besonders für seine Hilfe bei der Entwicklung der Konstruktionsbeispiele.

## 9 Tabellenverzeichnis

- Tab. 1: Übersicht über Publikationsquellen der in den Figurinen dargestellten Körpermaße (Abb. 7) (HdE: Handbuch der Ergonomie, AA: Anthropologischer Atlas, IAD: Internationaler anthropometrischer Datenatlas) – Perzentilwerte dieser Maße finden sich in Kapitel 4.
- Tab. 2: Perzentilwerte (in mm) und die dabei zu beachtenden Spannen für ergonomische Gestaltungsziele am Beispiel von Körperhöhe und Körpersitzbreite (Daten für 18-65-Jährige aus dem Anthropologischen Atlas.- Flügel et al. 1986).
- Tab. 3: Beispiel einer Norm (Auszug aus DIN EN 3411 Erdbaumaschinen-Körpermaße von Maschinenführern und Mindestfreiraum), die zu einer falschen Interpretation von Körpermaßen führen kann
- Tab. 4: Perzentilwerte für die Körperhöhe (mm) von Männern aus verschiedenen Ländern bzw. geografischen Regionen (Jürgens et al. Internationaler anthropometrischer Datenatlas, 1989)
- Tab. 5: Ausgewählte Längenmaße in mm von 18-59-jährigen Männern (Flügel et al. 1986). Die errechnete Körperhöhe ergibt sich hier aus der fälschlicherweise erfolgten Addition von Beinlänge und Sitzhöhe
- Tab. 6: Ausgewählte gebräuchliche Körpermaße (aus DIN 33402-2) mit Warnhinweisen für die Übertragung in die Praxis
- Tab. 7: Übersicht über ausgewählte Konstruktionsaufgaben und zu beachtende Anwendungsrisiken

## 10 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Sind Sie zu groß oder zu klein...(Karikatur)
- Abb. 2: Übersicht über wesentliche Fragen, die sich bei der Anwendung anthropometrischer Daten ergeben und in diesem Leitfaden beantwortet werden
- Abb. 3: Ablaufschema zur praktischen Vorgehensweise bei der Auswahl und Nutzung anthropometrischer Daten für die Gestaltung der technischen Umwelt (mit entsprechenden Kapitelverweisen)
- Abb. 4: Ausgewählte „frequently asked questions“ bei der Anwendung anthropometrischer Daten
- Abb. 5: Übersicht über ausgewählte Besonderheiten, die bei der Anwendung anthropometrischer Daten beachtet werden müssen
- Abb. 6: Übersicht über Datenquellen für Körpermaße

- Abb. 7: Figurinen mit einer Auswahl der gebräuchlichsten ergonomischen Körpermaße
- Abb. 8: Beispiel für eine Körpermaßtabelle (hier Körperhöhe für Männer) aus dem Handbuch der Ergonomie (HdE)
- Abb. 9: Beispiel für eine Körpermaßtabelle (hier Körperhöhe im Sitzen für Männer und Frauen) aus dem Anthropologischen Atlas (aus Flügel et al. 1986)
- Abb. 10: Beispiel für eine Körpermaßtabelle (hier mehrere Körpermaße für Männer und Frauen Mitteleuropas) aus dem Internationalen anthropologischen Datenatlas (aus Jürgens et al. 1989)
- Abb. 11: Messmethoden zur Ermittlung von Körpermaßen
- Abb. 12: Prinzip der Perzentilbildung am Beispiel der Körperhöhe
- Abb. 13: Prozentuale Häufigkeit von Körpermaßen bei (a) Gaußscher Normalverteilung und bei (b) Nichtnormalverteilung
- Abb. 14: Proportionsverhältnis der Rumpflänge und Beinlänge von Sitzriesen und Sitzzwergen.
- Abb. 15: Beispiel für eine Addition von Körpermaßen, die beim Einzelnen erlaubt ist, aber nicht mit Perzentilwerten durchgeführt werden darf
- Abb. 16: Veränderung der Sitzhöhe und der Beinlänge in % der Körperhöhe im Vergleich von 20-29 - und 50 -84 - jährigen Frauen (Daten aus Greil et al. 2008)
- Abb. 17: Perzentilverteilung beim Unisexmodell und getrenntgeschlechtlicher Betrachtung am Beispiel der Körperhöhe
- Abb. 18: Zunahme der mittleren Körperhöhe deutscher Männer und Frauen zwischen 1923 und 2008 (kombiniert aus Daten von Jaeger (1998), Greil et al. 2008)) – deutlich wird die Verlangsamung des säkularen Trends bei der Körperhöhe
- Abb. 19: Zunahme der bideltoidalen (größten) Schulterbreite deutscher zwischen 1988 und 2008 (kombiniert aus Daten von Flügel et al. (1986) und Greil et al. (2008)) – deutlich wird die Zunahme besonders im Bereich der 95. Perzentile
- Abb. 20: Die wichtigsten Einflussfaktoren auf ein in definierter Standardposition ermitteltes Körpermaß
- Abb. 21: Beispiel für Veränderung des Raumbedarfs bei einer Bewegung
- Abb. 22: Schematische Darstellung der Veränderung (hier Verringerung der Armlänge) von Körpermaßen des Armes in Abhängigkeit von der Bewegung
- Abb. 23: Einfluss von einzelnen Maßen auf die Addition von Körpermaßen am Beispiel von Maßen am Arm
- Abb. 24 (identisch mit Abb. 7): Figurinen mit einer Auswahl der gebräuchlichsten ergonomischen Körpermaße

- Abb. 25: Beispielhaftes Ablaufschema zur praktischen Vorgehensweise bei der Auswahl und Nutzung anthropometrischer Daten für die Konstruktion eines Arbeitsplatzes mit verstellbarer und federnder Sitzflächenhöhe
- Abb. 26: konkretisierte praktische Vorgehensweise bei der Auswahl und Nutzung anthropometrischer Daten für die Konstruktion eines Arbeitsplatzes mit verstellbarer und federnder Sitzflächenhöhe

## 11 Literatur

Annals of Human Biology. - informa healthcare

Anthropologischer Anzeiger – Journal of Biological and Clinical Anthropology.- Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller).

Applied Ergonomics – Human Factors in Technology and Society.- Elsevier Ltd.

Ergonomics.- Taylor & Francis

Flügel, B.; Greil, H.; Sommer, K. (1986): Anthropologischer Atlas.- Edition Wötzel.- Frankfurt/Main

Gebhardt, H.; Schäfer, A.; Lang, K.-H.: KAN-Bericht 44 – Anthropometrische Daten in Normen – Bestandsaufnahme und Bedarfsanalyse unter besonderer Berücksichtigung des Arbeitsschutzes. Hrsg. Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit in Europa e.V. (VFA) Bonn Juli 2009

Greil, H. (2001): Wie weit sind wir der DIN 33402 entwachsen?.- Brandenburgische Umwelt Berichte (BUB).- Potsdam.- S. 7–22.

Greil, H.; Voigt, A.; Scheffler, C. (2008): Optimierung der ergonomischen Eigenschaften von Produkten für ältere Arbeitnehmer und Arbeitnehmerinnen – Anthropometrie.- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.- Dortmund, Berlin, Dresden

Jaeger, U. (1998): Secular trend in Germany.- In: Bodzsár, É.B.; Susanne, C. (ed.).-Secular growth change in Europa.- Eötvös University Press.- Budapest

Jürgens, H.W.; Aune, I.A.; Pieper, U. (1989): Internationaler anthropometrischer Datenatlas.- Bundesanstalt für Arbeitsschutz.- Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wirtschaft GmbH.- Bremerhaven

Lange, W.; Windel, A. (2003): Kleine ergonomische Datensammlung.- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.- TÜV-Verlag.- Köln

Schmidke, H. (1989): In Handbuch der Ergonomie.- Hrsg. Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung.- Koblenz- Datenstand von 1999

DIN 33402-1, Körpermaße des Menschen – Teil 1: Begriffe, Messverfahren

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

DIN 33402-3 Körpermaße des Menschen; Bewegungsraum bei verschiedenen Grundstellungen und Bewegungen

DIN EN ISO 14738 Sicherheit von Maschinen – Anthropometrische Anforderungen an die Gestaltung von Maschinenarbeitsplätzen

DIN EN ISO 15537 Grundsätze für die Auswahl und den Einsatz von Prüfpersonen zur Prüfung anthropometrischer Aspekte von Industrieerzeugnissen und deren Gestaltung

DIN EN ISO 3411 Erdbaumaschinen – Körpermaße von Maschinenführern und Mindestfreiraum

DIN EN ISO 11064-3 Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen – Teil 3: Auslegung von Wartenräumen 2000-09

DIN 5566-1 Schienenfahrzeuge – Führerräume – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

DIN 33419 Allgemeine Grundlagen der ergonomischen Prüfung von Produktentwürfen und Industrieerzeugnissen

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

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

DIN 33408-1 Körperumrisssschablonen – Teil 1: Für Sitzplätze

DIN EN ISO 7250 Wesentliche Maße des menschlichen Körpers für die technische Gestaltung - Teil 1: Körpermaßdefinitionen und –messpunkte

DIN CEN ISO/TR 7250-2 Wesentliche Maße des menschlichen Körpers für die technische Gestaltung - Teil 2: Anthropometrische Datenbanken einzelner Bevölkerungen von ISO-Mitgliedsländern

DIN EN ISO 20685 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases

DIN SPEC 33402-5: 2010 Ergonomie – Körpermaße des Menschen – Untersuchung der Verfahren zur Hochrechnung und Abschätzung von Körpermaßdaten