Übungen zur Vorlesung

Produktionsergonomie

Versuch 5: Anthropometrie (Stand 3/2010)

Betreuer: Herr STERR´(Tel. -3972)	**Raum R0.093**
Verantwortlich: Prof. Dr. Kurz (Tel. -3934)	**Raum R5.016**
Video-Podcasts	**gibt's noch nicht**

Inhalt		**Seite**
1	Zielsetzung	2
2	Einführung	2
3	Durchführung, Ausarbeitung	7
4	Unterlagen	8

- Bedienungsanleitung
- Protokolle
- etc.

Allgemeine Hinweise zur Durchführung von Laborübungen:

Durch ihre Immatrikulation sind Sie nachweislich krankenversichert. Diese deckt aber Verletzungen durch nichtsachgemäßen oder grobfahrlässigen Umgang mit Laborgeräten bei Ausschluss sicherheitstechnischer Mängel nur teilweise ab. Bei Beschädigungen an Geräten, die nachweislich mutwillig oder grobfahrlässig herbeigeführt wurden, wird eine persönliche Haftung des Verursachers in Anspruch genommen. Den Sicherheits- und Bedienungshinweisen des Betreuungspersonals ist folglich unbedingt nachzukommen.

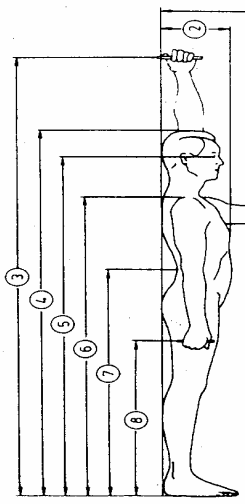
1 Zielsetzung

- Körpermaße des Menschen
- Statistische Kenngrößen der Maßverteilungen
- Dimensionierungsgrundsätze bei der Arbeitsgestaltung
- Arbeitsplatzgestaltung am Beispiel

2 Einführung

Anthropometrie

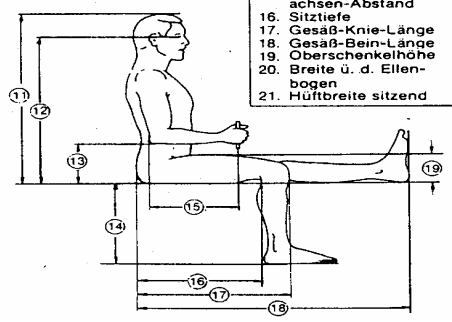
Die Anthropometrie bzw. Körpermesskunde ist die Lehre von den Maßen des menschlichen Körpers.
Da die wesentliche Aufgabe der Ergonomie die Anpassung des Arbeitsplatzes an den Menschen ist, muss sich die Gestaltung des Arbeitsplatzes mit seinen Maschinen, Werkzeugen und Betriebsmitteln an den Maßen, Bewegungsbereichen und Kräften des Menschen orientieren.
Körpermaße sind individuell sehr verschieden und unterliegen Normalverteilungen . Maße und Verteilungsparameter sind in der DIN 33402 ausgewiesen (Bild 1).



Körpermaße von deutschen Erwachsenen
(gemittelte Werte für Altersgruppen zwischen 16 und 60 Jahren)

Abmessungen in cm	männlich Perzentile 5 %	50 %	95 %	weiblich Perzentile 5 %	50 %	95 %
1. Reichweite nach vorn	66,2	72,2	78,7	61,6	69,0	76,2
2. Körpertiefe	23,3	27,6	31,8	23,8	28,5	35,7
3. Reichweite nach oben beidarmig	191,0	205,1	221,0	174,8	187,0	200,0
4. Körperhöhe	162,9	173,3	184,1	151,0	161,9	172,5
5. Augenhöhe	150,9	161,3	172,1	140,2	150,2	159,6
6. Schulterhöhe	134,9	144,5	154,2	123,4	133,9	143,6
7. Ellenbogenhöhe ü. d. Standfläche	102,1	109,6	117,9	95,7	103,0	110,0
8. Höhe d. Hand über d. Standfläche	72,8	76,7	82,8	66,4	73,8	80,3
9. Hüftbreite stehend	31,0	34,4	36,8	31,4	35,8	40,5
10. Schulterbreite	36,7	39,8	42,8	32,3	35,5	38,8

Abmessungen in cm	männlich Perzentile 5 %	50 %	95 %	weiblich Perzentile 5 %	50 %	95 %
11. Körpersitzhöhe (Stammlänge)	84,9	90,7	96,2	80,5	85,7	91,4
12. Augenhöhe im Sitzen	73,9	79,0	84,4	68,0	73,5	78,5
13. Ellenbogenhöhe über d. Sitzfläche	19,3	23,0	28,0	19,1	23,3	27,8
14. Länge des Unterschenkels m. Fuß (Sitzflächenhöhe)	39,9	44,2	48,0	35,1	39,5	43,4
15. Ellenbogen-Griffachsen-Abstand	32,7	36,2	38,9	29,2	32,2	36,4
16. Sitztiefe	45,2	50,0	55,2	42,6	48,4	53,2
17. Gesäß-Knie-Länge	55,4	59,9	64,5	53,0	58,7	63,1
18. Gesäß-Bein-Länge	96,4	103,5	112,5	95,5	104,4	112,6
19. Oberschenkelhöhe	11,7	13,6	15,7	11,8	14,4	17,3
20. Breite ü. d. Ellenbogen	39,9	45,1	51,2	37,0	45,6	54,4
21. Hüftbreite sitzend	32,5	36,2	39,1	34,0	38,7	45,1



Berechnung von Perzentilen:

1. Perzentil = $\bar{x}$ − 2,33 S
3. Perzentil = $\bar{x}$ − 1,88 S
5. Perzentil = $\bar{x}$ − 1,65 S
10. Perzentil = $\bar{x}$ − 1,28 S
20. Perzentil = $\bar{x}$ − 0,84 S
25. Perzentil = $\bar{x}$ − 0,67 S
50. Perzentil = $\bar{x}$
75. Perzentil = $\bar{x}$ + 0,67 S
80. Perzentil = $\bar{x}$ + 0,84 S
90. Perzentil = $\bar{x}$ + 1,28 S
95. Perzentil = $\bar{x}$ + 1,65 S
97. Perzentil = $\bar{x}$ + 1,88 S
99. Perzentil = $\bar{x}$ + 2,33 S

Bild 1: Maßtabellen für Körpermaße DIN 33402

Bei der Verwendung dieser Maße ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese sich mit der Zeit ändern. Seit über 100 Jahren kann in allen Industrieländern der Welt bei Kindern und Jugendlichen eine Zunahme der Körpermaße (**Akzeleration**) beobachtet werden.
Im Verlauf der letzten 100 Jahre haben die Durchschnittsmaße der Körperhöhen in Mitteleuropa jährlich um etwa 1 mm zugenommen. Die Körperproportionen haben sich dagegen nicht verändert. Bei der Verwendung von Körpermaßen ist es deshalb wichtig, das Untersuchungsjahr zu wissen, um diese Daten anpassen zu können.
Grundsätzlich muss bei jeder Dimensionierung des Arbeitsplatzes aber auch die Benutzergruppe bekannt sein. Zur Untergliederung der Benutzergruppen sind insbesondere folgende Punkte wichtig:

- **Alter**: Das Wachstum ist bei Frauen durchschnittlich im 18. und bei Männern im 20. Lebensjahr abgeschlossen. Spätestens nach dem 35. Lebensjahr nehmen viele Körpermaße, insbesondere die Längenmaße, wieder ab. Das Körpergewicht und damit einige Breiten- und Umfangmaße nehmen jedoch mit fortschreitendem Alter zu.
- **Geschlecht**: Bis zum 13. Lebensjahr sind die Körpermaße und Körperproportionen bei beiden Geschlechtern nicht wesentlich verschieden. Mit der Pubertät setzt die Differenzierung ein, die dazu führt, dass erwachsene Frauen im mitteleuropäischen Raum ca. 10 cm kleiner sind als erwachsene Männer. Ihre Extremitäten sind, bezogen auf die Körperhöhe, kürzer, das Becken verhältnismäßig breiter und die Schultern relativ schmäler. Grundsätzlich verschieden ist die Verteilung und Größe der Fettauflagerungen.
- **Tagesabhängigkeit**: Im Verlauf des Tages ändert sich die Körpergröße. Durch ein Zusammendrücken der Bandscheiben kann sie bis zu 2 cm abnehmen.
- **Volkszugehörigkeit**: Allein die Mittelwerte der Körperhöhen reichen bei den unterschiedlichen Rassen von 145 bis 188 cm. Auch die Körperproportionen weisen wesentliche Unterschiede auf.
- **Regionsabhängigkeit**: Innerhalb Deutschlands findet sich bei der Körperhöhe ein durchschnittlicher Unterschied zwischen Norddeutschland und Rheinland-Pfalz/Saarland von über 2 cm. Im europäischen Bereich betragen die Unterschiede zwischen Nordeuropa und Südeuropa 7 bis 8 cm. Es besteht also bezüglich der Körperhöhe ein Nord-Süd-Gefälle
- **Sozialabhängigkeit**: Die Unterschiede der mittleren Körperhöhen betragen in Deutschland zwischen der sozialen Oberschicht (abgeschlossenes Universitätsstudium) und der sozialen Grundschicht (kein Hauptschulabschluss und Ungelernte) 7 cm. Der soziale Einfluss ist damit stärker als der regionale oder der Alterseinfluss.

Die Dimensionierung der Arbeitsplätze kann aufgrund der großen Unterschiede der Körpermaße nicht für alle denkbar möglichen Arbeitsplatzbenutzer erfolgen.

Es gilt deshalb die ergonomische Mindestforderung, dass der Arbeitsplatz so dimensioniert werden muss, dass er für mindestens 90 % der in Frage kommenden Bevölkerungsschicht benutzbar sein soll.

Funktionsräume

Die anatomischen Bewegungsräume für die verschiedenen Körperhaltungen sind begrenzt durch die maximal möglichen Dreh-, Schwenk- oder Beugewinkel der Gelenke mit ihren unterschiedlichen Freiheitsgraden.
Anatomisch mögliche Endstellungen sind aber immer mit maximalen Muskelspannungen und damit mit hohen Energieumsätzen bzw. Beanspruchungen verbunden. Aus diesem Grund sind diese anatomischen Endbereiche der Bewegungen in jedem Fall zu vermeiden.
Zwischen diesen Endstellungen gibt es neutrale Winkelbereiche, in denen die Muskelspannungen und damit auch die Belastungen von Gelenken, Sehnen und Bändern ein Minimum werden. Diese „physiologischen“ Bewegungsräume werden auch bei Befragungen praktisch immer als die bequemsten bezeichnet. Sie liegen in der Regel im Mittelbereich zwischen den anatomisch möglichen Endstellungen.
Bei der Dimensionierung von Arbeitsplätzen mit entsprechenden Bewegungen müssen deshalb bevorzugt diese physiologischen Bewegungsräume berücksichtigt werden, da damit die Beanspruchung auf ein Minimum sinkt.
Dies gilt für den Wirkraum des Hand-Arm-Systems (Greifraum), des Fuß-Bein-Systems und für den Bewegungsbereich des Rumpf- und Kopfsystems und für den Sehraum, der ja auch durch die Augenmuskulatur vorgegeben ist. Zusätzlich ist bei entsprechenden Arbeiten zu beachten, dass der Wirkraum des Hand-Arm-Systems und des Fuß-Bein-Systems mit dem Sehraum gekoppelt ist bzw. dass dem Wirkraum durch den Sehraum Grenzen gesetzt sind.

Als Greifraum bezeichnet man den Bereich, in dem Gegenstände mit der Hand berührt, ergriffen und bewegt werden können. Die Abmessungen dieses Greifraums sind durch die Länge und die Beweglichkeit (Winkelbereich um Gelenk) des Arms gegeben. Dabei unterscheidet man den anatomisch (geometrisch) maximalen, den physiologisch maximalen und den kleinen Greifraum.

Anatomisch maximaler Greifraum

Der anatomisch maximale Greifraum wird begrenzt durch die Endstellungen. Dieser kann bei sonst unbewegtem Oberkörper mit maximal ausgestreckten Armen unter Mitbewegung des Schultergelenks umfahren werden und stellt einen Kreisbogen um die Körpermitte dar (vgl. Bild 2).
Nimmt man zu diesen anatomisch maximalen Winkelbereichen noch die entsprechenden Armlängen der Höchstmaße (5%-Perzentil Frau) dazu, so erhält man den anatomisch (geometrisch) maximalen Greifraum, wie er für sitzende Tätigkeit in Bild 3 gezeigt wird.

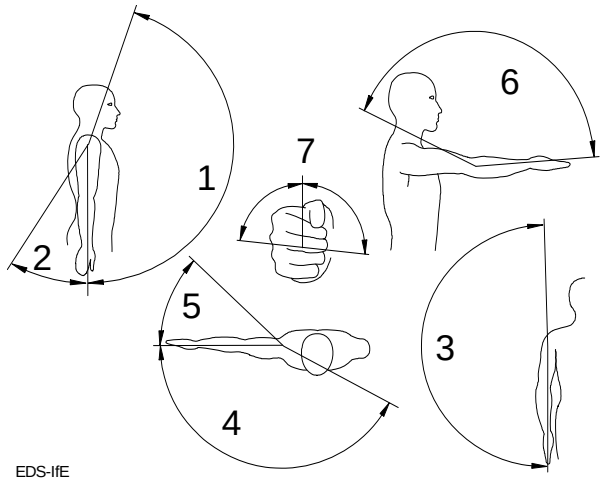
Physiologisch maximaler Greifraum

Dieser Greifraum kann bei unbewegtem Oberkörper mit ausgestreckten Armen ohne Mitbewegung der Schultergelenke umfahren werden und stellt Kreisbögen um die Schultergelenke dar, vgl. Bild 3.

Kleiner Greifraum

Der kleine Greifraum ist der physiologischer Bewegungsraum mit neutralen Winkelbereichen. Der neutrale Winkelbereich befindet sich immer etwa in der Mitte

zwischen den anatomischen maximal möglichen Endstellungen. Dieser „physiologische“ Greifraum kann bei unbewegtem Oberkörper und bei bequem herabhängenden Oberarmen vom abgewinkelten Unterarm umfahren werden. Dieser Greifraum sollte zumindest für häufig wiederkehrende Bewegungen bevorzugt werden.



Beschreibung	anatom. Bereich
Heben des gestreckten Armes in Sagittalebene nach vorn-oben (1)	170° – 190°
Heben des gestreckten Armes in Sagittalebene nach vorn-oben (1)	188 +/– 12°
Heben des gestreckten Armes in Sagittalebene nach hinten (2)	45° – 60°
Heben des gestreckten Armes in Sagittalebene nach hinten (2)	61° +/– 14°
Heben des gestreckten Armes in Frontalebene nach seitwärts-oben (3)	190°
Horizontalbewegung des seitlich abgestreckten Armes nach vorn (4)	135°
Horizontalbewegung des seitlich abgestreckten Armes nach vorn (4)	134° +/– 17°
Horizontalbewegung des seitlich abgestreckten Armes nach hinten (5)	40° – 50°
Horizontalbewegung des seitlich abgestreckten Armes nach hinten (5)	48° +/– 9°
Beugung des Unterarmes bei vorwärts gestrecktem Oberarm (6)	150°
Beugung des Unterarmes bei vorwärts gestrecktem Oberarm (6)	142° +/– 10°
Drehung von Unterarm und Hand um Unterarmlängsachse (7)	80° – 90°
Drehung von Unterarm und Hand um Unterarmlängsachse (7)	79° +/– 29,4°

Bild 2: Anatomische Winkelbereich der Arme (Schmidtke 1998)

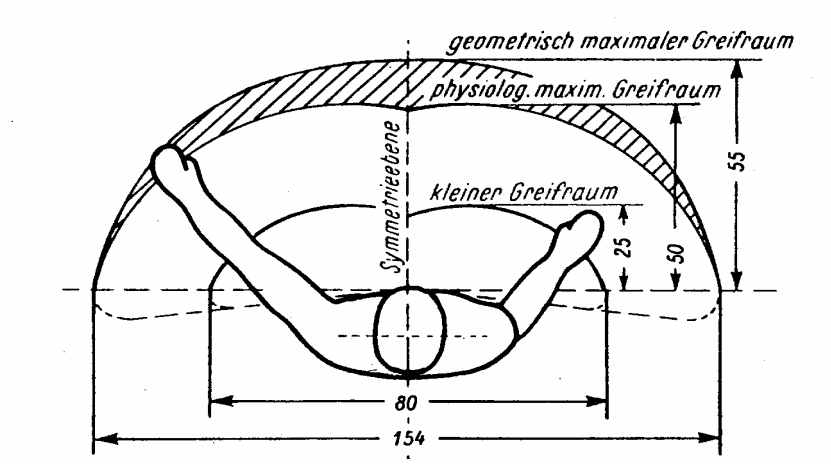
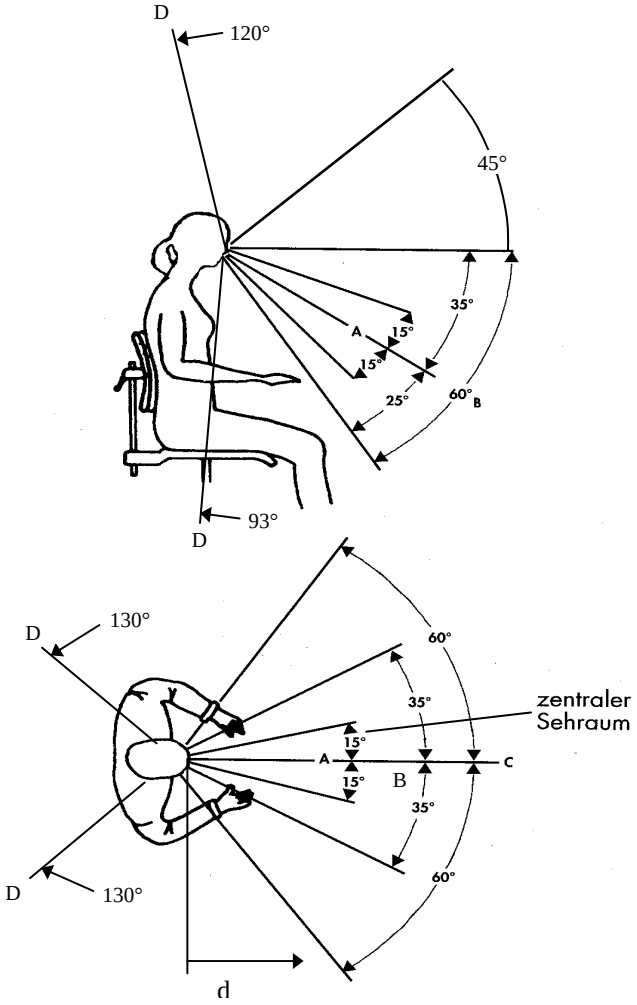


Bild 3: Greifraum bei sitzender Tätigkeit (Maße in cm) (Kaminski, Wobbe 1977)

Weiterführende Informationen wie etwa zu Wirkraum des Fuß-Bein-Systems oder Bewegungsbereichen von Rumpf und Kopf finden sich in der Fachliteratur.

Als weiterhin wichtiger Bereich der Anthropometrie sind neben statischen und dynamischen Körpermaßen die Blickfelder zur Gewährleistung guter visueller Leistungen bei geringer Ermüdung anzustreben.
Die Sehbeanspruchung soll so klein wie möglich gehalten werden. Aus diesem Grund sind Augen- und Kopfbewegungen möglichst zu vermeiden (Stellung A in Bild 4). Insbesondere dürfen keine Extremstellungen (Stellung D in Bild 4) zugelassen werden, da diese mit hohen Muskelspannungen verbunden sind.



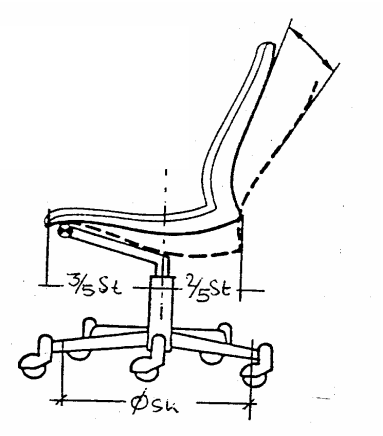
Im Bild 4 ist das Gesichtsfeld ohne Augen- und Kopfbewegung als optimales Blickfeld mit geringster Sehbeanspruchung mit A gekennzeichnet.
B stellt das Blickfeld mit zulässigen Augen- und ohne Kopfbewegungen dar und
C das Umblickfeld mit zulässigen Augen- und Kopfbewegungen.
D kennzeichnet das Umblickfeld in den Extremstellungen.
Die Normallage der Sehachse ist durch eine entspannte Kopf- und Augenmuskulatur gegeben. Dabei ist der Kopf um ca. 15° nach vorne geneigt und die Augen gegen die Horizontale noch einmal um etwa 20°, sodass sich insgesamt eine Normallage von ca. 35° ergibt.
Der Sehabstand d hängt von der Arbeitsaufgabe ab. Es gilt:

Feinstarbeiten	< 25 cm
Feinarbeiten	35 cm
Grobarbeiten	60 cm

Bild 4: Gesichts- (A,B), Blick- (C) und Umblickfeld (D)

Da scharfes Sehen nur in einem Bereich von wenigen Graden um die Sehachse möglich ist, sollten wichtige Beobachtungspunkte im Zentrum der Normallage der Sehachse angeordnet werden.

Beispiel: Richtmaße für einen Bürostuhl:



Es soll von folgenden Annahmen ausgegangen werden:
– kein Einsatz von Fußstützen
– Lehnhöhe soll bis in den Schulterbereich reichen
– Ruhewinkel für entspannte Sitzhaltung α = 114 °
– Stützkreisdurchmesser $\varnothing_{SK}$ = 55 cm
– konstruktive Lehnendicke soll vernachlässigt werden
– Bekleidungszuschlag für Schuhabsätze: 2,5 cm

Dimensioniert werden sollen:
1) Höheneinstellbereich der Sitzfläche Sh
2) Fixmaß für Sitztiefe St
3) Fixmaß für Sitzbreite Sb
4) Fixmaß für Lehnenlänge über Sitzfläche Ll
5) Fixmaß für Lehnenbreite Lb
6) Einstellbereich der Armstützenhöhe über Sitzfläche Ah
7) Zur Einnahme der hinteren Sitzhaltung hat der Stuhl eine Synchromechanik, so dass mit der Verstellung der Lehne nach hinten um den Winkel 2α gleichzeitig eine Sitzflächenneigung nach hinten unten um den Winkel α verbunden ist. Der Ruhewinkel (Hüftöffnungswinkel) für entspannte Sitzhaltung beträgt β =114°. In der Ausgangsstellung des Stuhls ist die Sitzfläche waagerecht und die Lehne senkrecht (α = 0° und β = 90°).

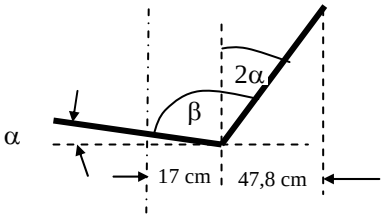
7.1) Um wie viel Grad muss ausgehend von der Ausgangsstellung die Lehne nach hinten verstellt werden, wenn der Ruhewinkel erreicht werden soll?

7.2) Für die Kippsicherheit des Stuhls muss sich die Oberkante der Lehne noch innerhalb des Stützkreises Sk befinden. Ist die Kippsicherheit bei der Einnahme des Ruhewinkels noch gewährleistet? Um wie viel Grad gegen die Vertikale darf die Lehne maximal nach hinten gestellt werden, damit die Kippsicherheit gerade noch gewährleistet ist, und wie viel Grad beträgt hier α ?

Lösungen:

1) Beim Höheneinstellbereich der Sitzfläche Sh muss der Schuhzuschlag von 2,5 cm berücksichtigt werden. Verstellt wird zwischen dem $5\%_F$- und dem $95\%_M$-Perzentil der Länge des Unterschenkels: Maß 14
(35,1 + 2,5) cm ≤ Sh ≤ (48 + 2,5) cm
2) Berücksichtigt werden muss beim Fixmaß für Sitztiefe St das kleinste Maß, also das $5\%_F$-Perzentil der Sitztiefe: Maß 16
St = 42,6 cm
3) Beim Fixmaß für die Sitzbreite Sb muss das größte Maß, also das $95\%_F$-Perzentil der Hüftbreite sitzend: Maß 21 berücksichtigt werden.
Sb = 45,1 cm
4) Beim Fixmaß für die Lehnenlänge über der Sitzfläche Ll muss das größte Maß, also das $95\%_M$-Perzentil berücksichtigt werden. Dieses Lehnenmaß kann nicht direkt der Maßtabelle entnommen werden. Man erhält die Schulterhöhe, indem man zum Maß 13 (sitzend) die Maßdifferenz Maß 6 – Maß 7 (stehend) addiert.
Ll = (28 + (154,6 – 117,9)) cm = 64,3 cm
5) Das Fixmaß für die Lehnenbreite Lb ergibt sich aus dem größten Maß, also dem $95\%_M$-Perzentil der Schulterbreite: Maß 10.
Lb = 42,8 cm
6) Der Einstellbereich der Armstützenhöhe über der Sitzfläche Ah liegt zwischen dem $5\%_F$- und dem $95\%_M$-Perzentil der Ellenbogenhöhe über der Sitzfläche: Maß 13.
19,1 cm ≤ Ah ≤ 28 cm

7.1)



Es gilt: $\alpha + \beta = 90° + 2\alpha$ $\Rightarrow$
$\alpha = \beta - 90° = 114° - 90° = 24°$
Die Lehne muss also um 48° nach hinten gestellt werden.

7.2) Die Oberkante der Lehne ist 17 + Ll · sin 2α = 17 + 64,3 · sin 48° = 64,8 cm vom Stuhlmittelpunkt entfernt und befindet sich daher nicht mehr im Stützkreis. Die Kippsicherheit ist demnach nur gewährleistet, wenn:

17 + 64,3 · sin 2α < 55/2 $\Rightarrow$ 2α < 9° und β < 94°

Soll ein Ruhewinkel von 114° eingestellt werden können, so muss der Stützkreisdurchmesser auf mindestens $\varnothing_{SK}$ = 2(17 + 47,8) cm = 130 cm erhöht werden.

Beispiel: Analyse eines Studentenarbeitsplatzes

1) Vermessen Sie die Stühle und die Tische der Hörsäle
2) Für unsere Studentinnen und Studenten an der FHM gelten nach einer statistischen Erhebung folgende Körpermaße:

Körpermaße: Alt = DIN 33402 Neu = FB09

	M			F		
	5	50	95	5	50	95
x4Alt	162,9	173,3	184,1	151	161,9	172,5
x13	19,3	23	28	19,1	23,3	27,8
x14	39,9	44,2	48	35,1	39,5	43,4
x19	11,7	13,6	15,7	11,8	14,4	17,3
x4Neu	170,1	181	192,3	158,6	170	181,1
x13	20,2	24,0	29,2	20,1	24,5	29,2
x14	41,7	46,2	50,1	36,9	41,5	45,6
x19	12,2	14,2	16,4	12,4	15,1	18,2
	σ		σ	σ		σ
x4Alt	6,3		6,6	6,6		6,4
x13	2,2		3,0	2,6		2,7
x14	2,6		2,3	2,7		2,4
x19	1,2		1,3	1,6		1,8
x4Neu	6,6		6,9	6,9		6,7
x13	2,3		3,2	2,7		2,9
x14	2,7		2,4	2,8		2,5
x19	1,2		1,3	1,7		1,9

2.1) Ermitteln Sie, wie viel % aller Studentinnen und Studenten diesen Arbeitsplatz problemlos benutzen können.

2.2) Welche Maße müssten diese Stühle und Tische haben, damit 95% aller Studentinnen und Studenten Studenten diesen Arbeitsplatz problemlos benutzen können?

2.3 Ermitteln Sie Ihre eigenen Körpermaße und Ihre Perzentile.
Können Sie den Arbeitsplatz im Hörsaal problemlos benutzen.

3 Durchführung, Ausarbeitung

- Ermitteln Sie an Ihrem Kollektiv die in der Tabelle (Bild 1) angegebenen Körpermaße
- Vergleichen Sie Ihre Maßerhebungen mit den DIN-Maßen und perzentilieren Sie Ihre Gruppenmitglieder
- Verifizieren Sie mit Ihren Maßerhebungen die Empfehlungen für Greifräume bei sitzenden Tätigkeit (Bild 3)
- Leiten Sie aus Ihren Maßerhebungen Gestaltungsempfehlungen für Arbeitssitze und Montagearbeitsplätze ab

4 Unterlagen

- Din 33402: Körpermaße des Menschen

- Protokolle