

Digitale Ergonomie – Rechnerunterstützte Gestaltung ergonomischer Produkte und Arbeitssysteme

Einsatz digitaler Ergonomiewerkzeuge - Anwendungsbeispiele

Dr.-Ing. Christiane Kamusella



Dresden, 14.11.2012



Agenda

I	Einleitung
II	Einordnung entwickelter Ergonomie-Tools
III	Anthropometrische Aspekte ergonomischer Gestaltung
IV	Vorstellung von Ergotyping®-Tools - Sichtbewertung und optische Anzeigeeinrichtungen - Körperkraftbewertung - Körperhaltungsbewertung

Zusätzliche Bilder und Videos in der Präsentation    

„In der einen Hälfte des Lebens opfern wir unsere Gesundheit, um Geld zu erwerben.

In der anderen Hälfte opfern wir Geld, um die Gesundheit wiederzuerlangen.“

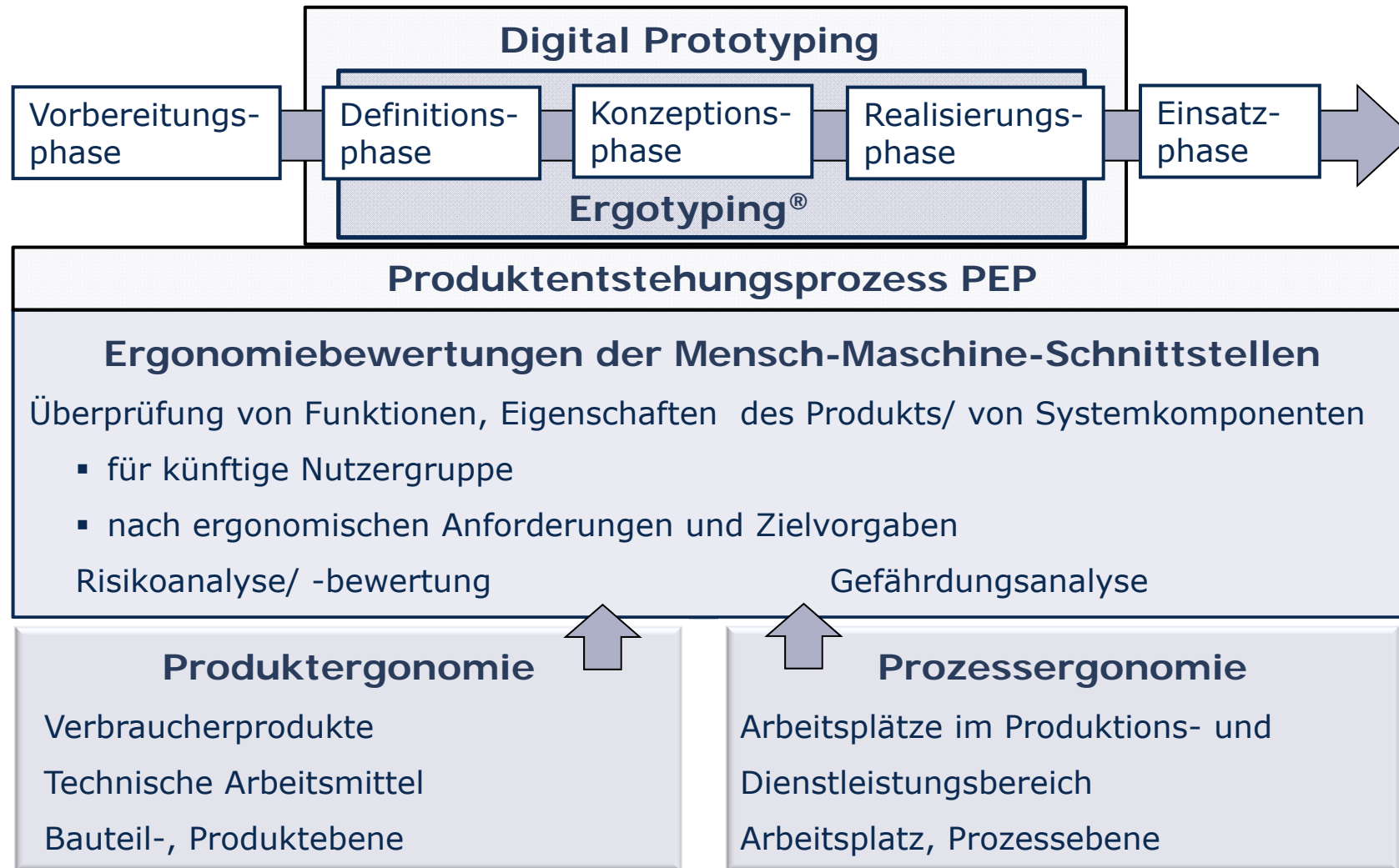
Voltaire (1694-1778)

In der Arbeitswelt Bestrebungen nach:

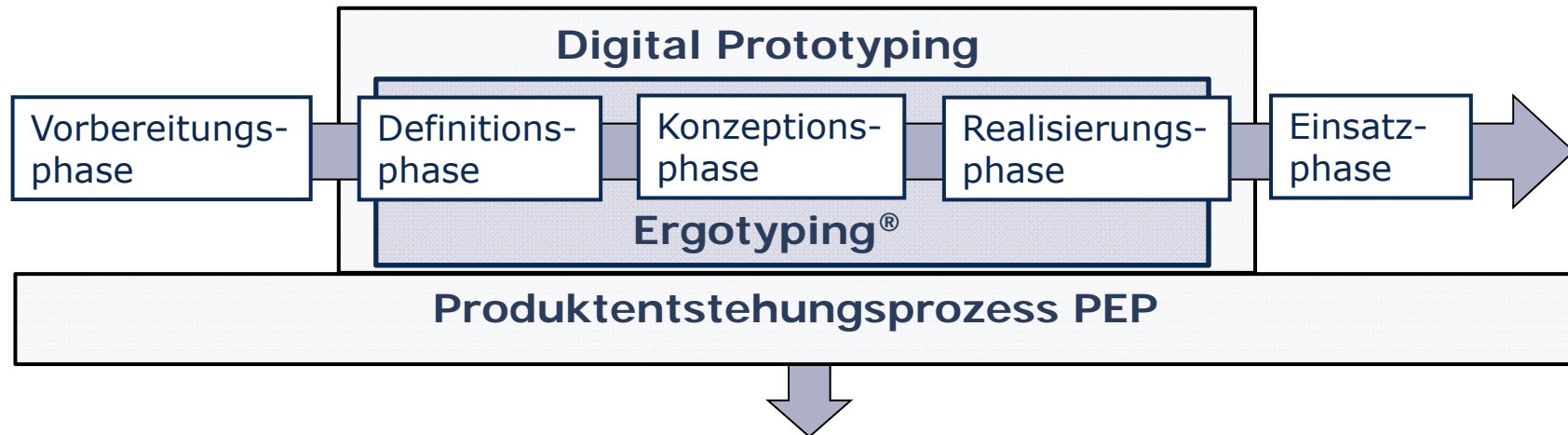
Lebenslangem Arbeiten ohne gesundheitliche Beeinträchtigungen durch:

- Grundsatz der Prävention statt Intervention
- Frühestmögliche Gestaltung nach ergonomischen Gesichtspunkten

II. Einordnung entwickelter Ergonomie-Tools



II. Einordnung entwickelter Ergonomie-Tools

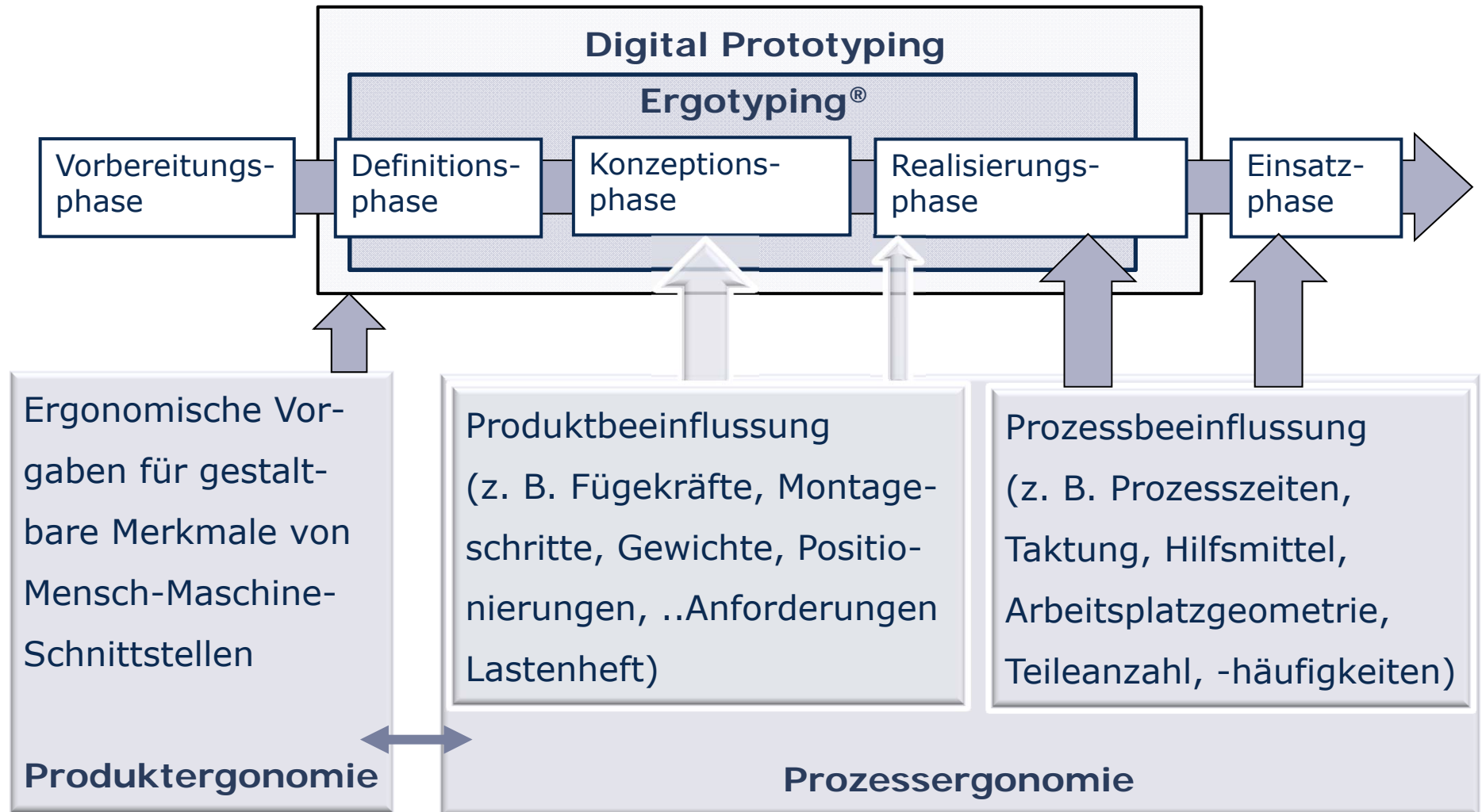


Ergotyping®

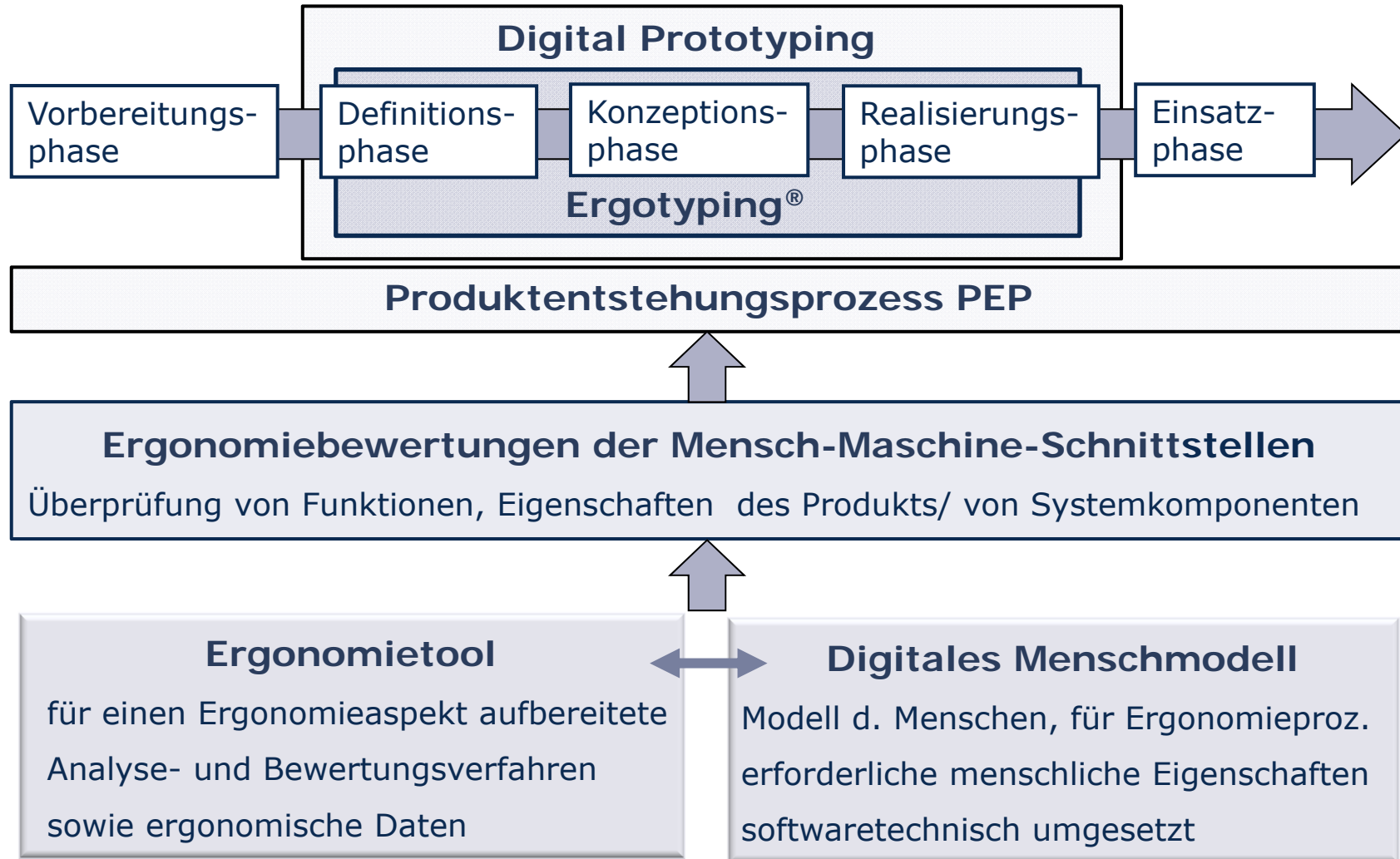
Oberbegriff für die Nutzung von Methoden und digitalen Werkzeugen zur Analyse, Bewertung u. Gestaltung ergonomischer Aspekte im Digital Prototyping

Ergotyping® ist eine geschützte Marke der TU Dresden

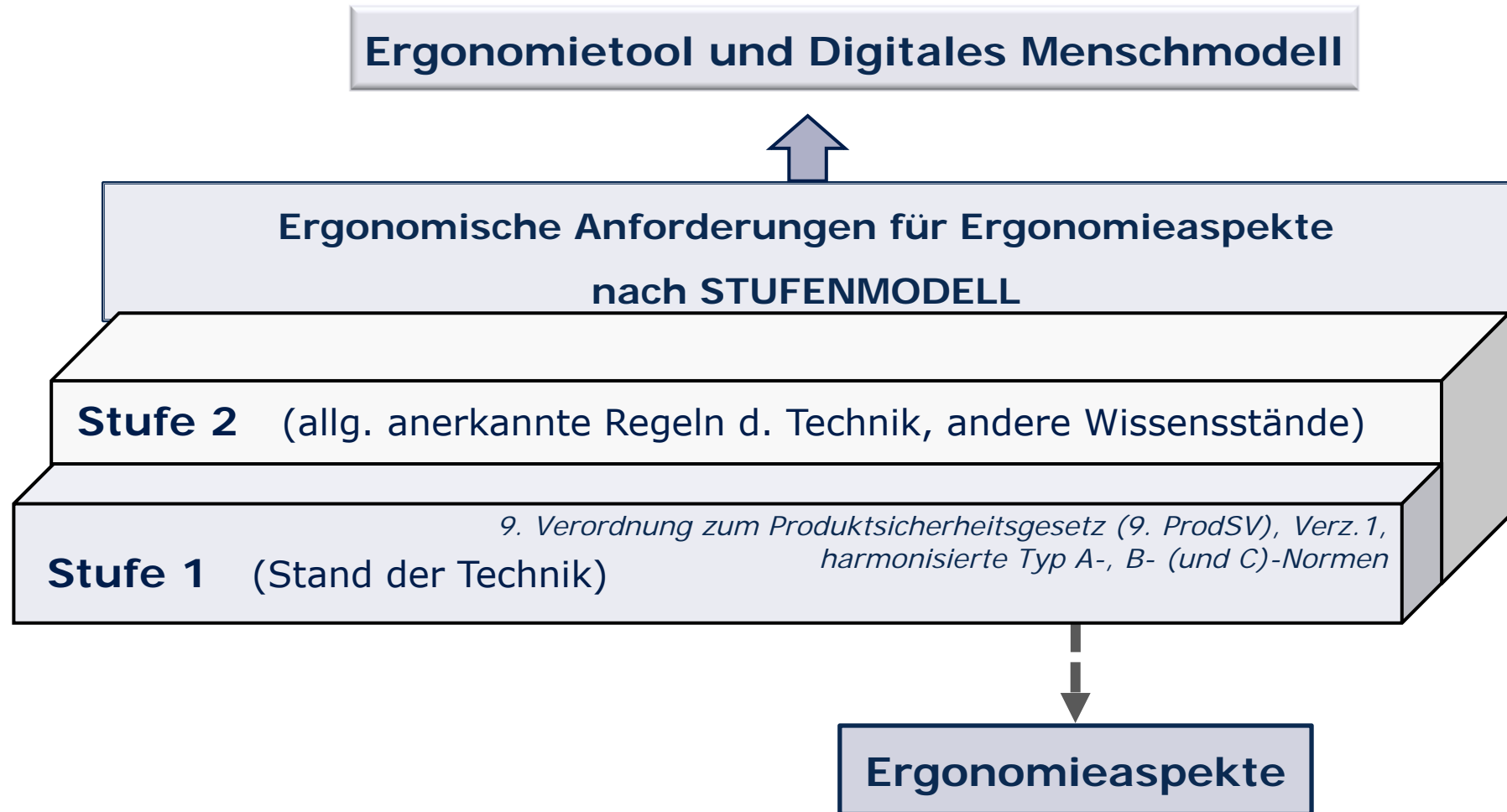
II. Einordnung entwickelter Ergonomie-Tools



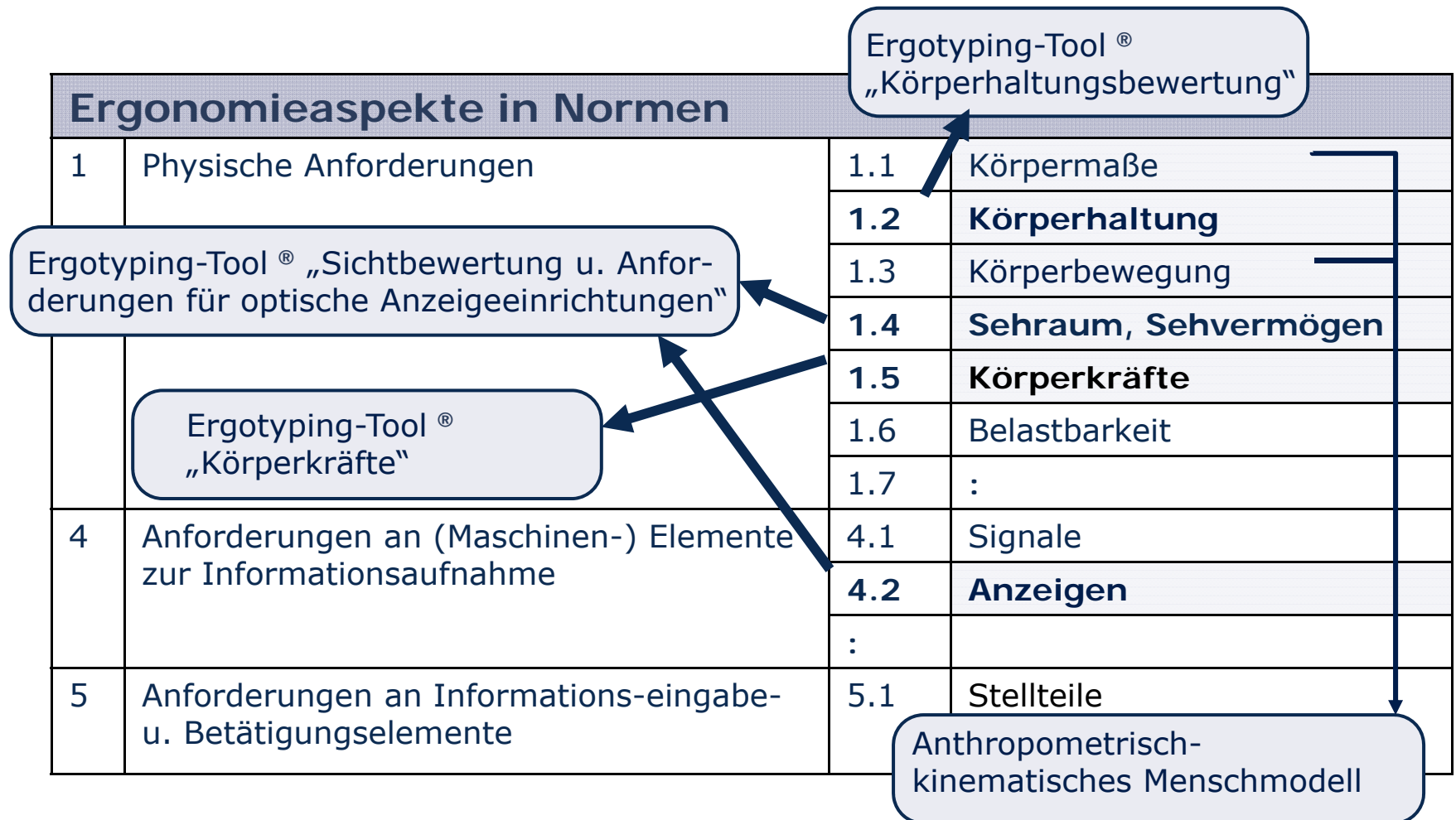
II. Einordnung entwickelter Ergonomie-Tools



II. Einordnung entwickelter Ergonomie-Tools



II. Einordnung entwickelter Ergonomie-Tools



Digitales Ergonomiewerkzeug CharAT-Ergonomics

Weiterentwicklung zwischen

TU Dresden



Professur für Arbeitswissenschaft

und



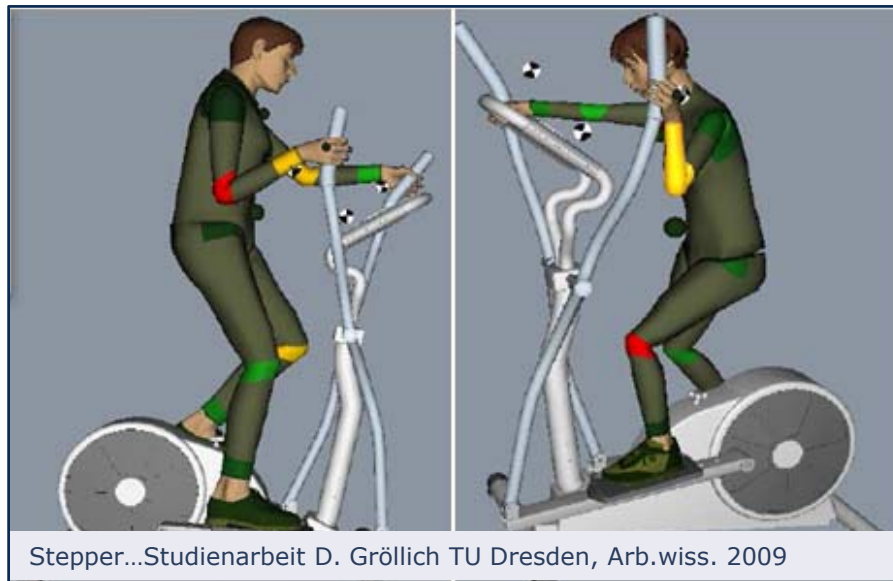
Virtual Human Engineering GmbH Stuttgart



Anthropometrische Eigenschaften der Zielgruppe (demografischer Wandel)

Geschlecht, Alter

Perzentil



Kamusella: TU Dresden, Arbeitswissenschaft



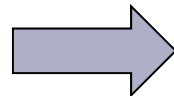
Anthropometrische Eigenschaften der Zielgruppe (demografischer Wandel)

CharAT-Ergonomics:

Geschlecht, Alter

Perzentil

Region



Akzeleration

Proportion

Somatotyp

Integrierte Datenbanken (DIN, EN, ISO):

- DIN CEN ISO/TR 7250-2 :2011
- DIN EN ISO 3411:2007
- Europamensch (gesicherte arbeitswiss. Erkenntnis Nr. 108)
- DIN 33402-2:2005
- :
▪ :
- Internationaler anthropometrischer Datenatlas (Jürgens, BAuA, 1989)
- Ross & Wilson UHP database 1976-1996
- NASA STD 3000(2000)

III. Anthropometrische Aspekte ergonomischer Gestaltung

Anthropometrische Eigenschaften der Zielgruppe (demografischer Wandel)

Geschlecht, Alter

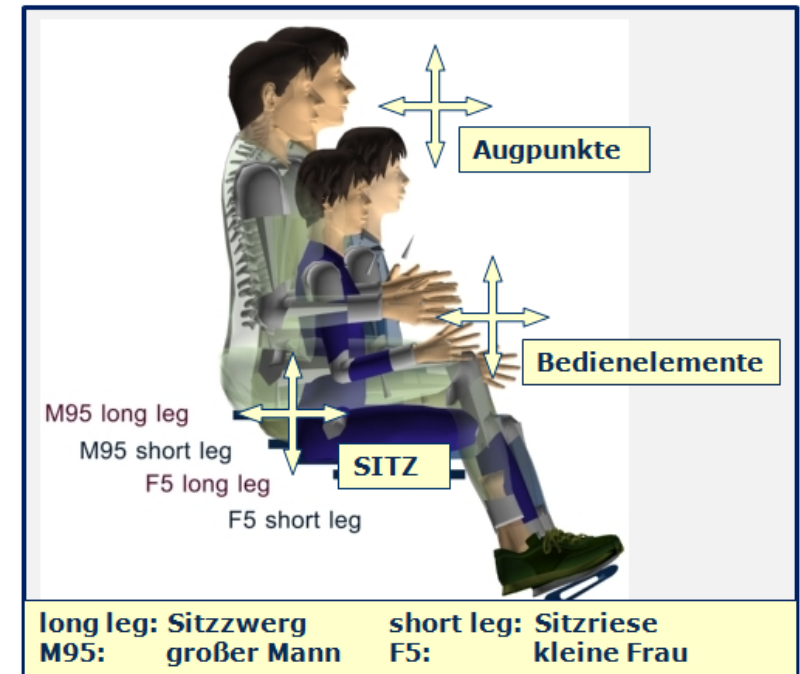
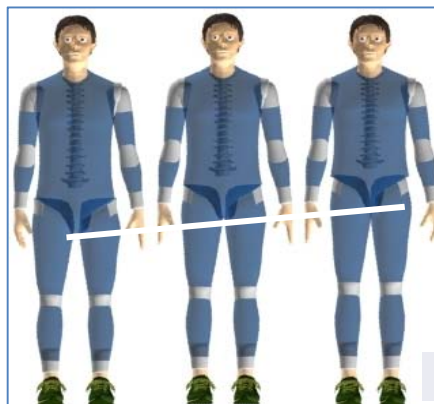
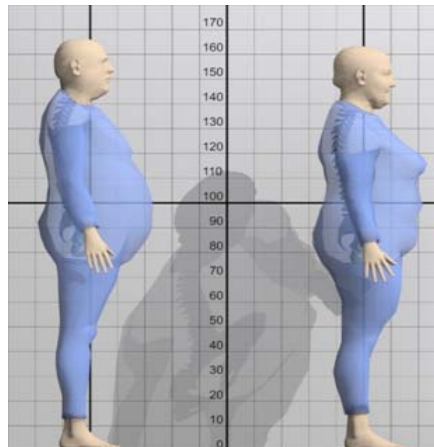
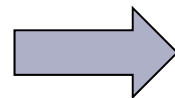
Perzentil

Region

Akzeleration

Proportion

Somatotyp

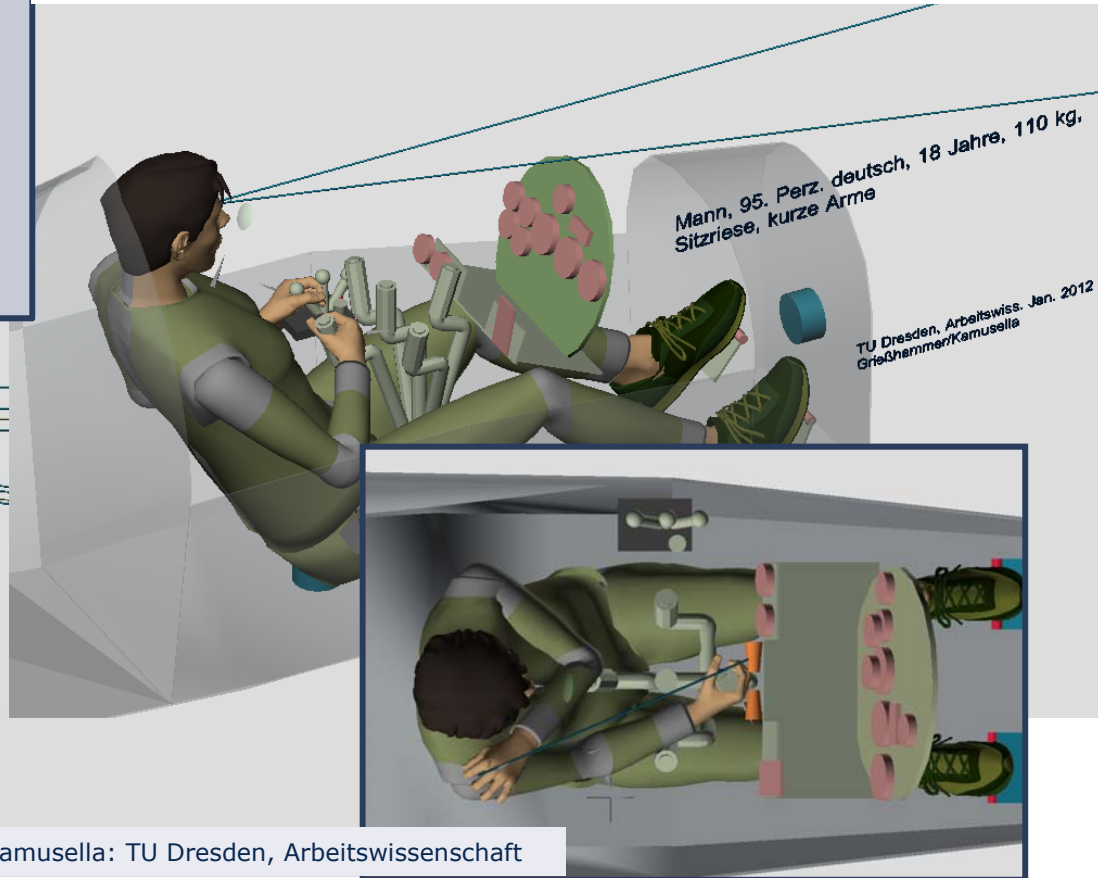
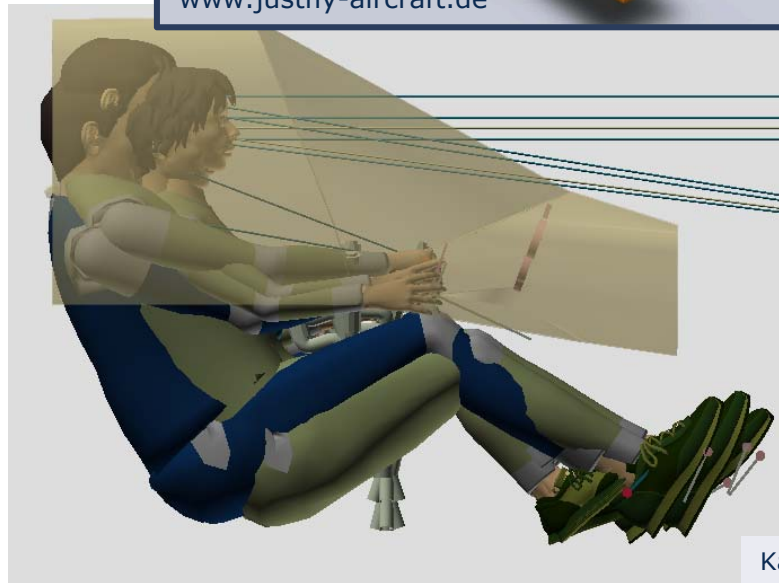


Kamusella: TU Dresden, Arbeitswissenschaft

Anthropometrische Eigenschaften der Zielgruppe



Auslegung für F5 SR/SZ – M95 SR/SZ



Stufe 1 – Stand der Technik

Abschn. 1: Harmonisierte A- und B-Normen:

- DIN EN 614-1:2009-01
- DIN EN 614-2:2008-02
- DIN EN 894-1:1997-04
- DIN EN 894-2:1997-04
- DIN EN 842:2009-01
- DIN EN 60073:2003-05
- DIN EN 981:1997-01
- DIN EN ISO 13406-2:2003-06
- DIN EN 61310-1:2008-10

Abschn. 1: Harmonisierte C-Normen: Beispiel CEN/TC 143

- DIN EN 12417 Sicherheit von Werkzeugmaschinen - Bearbeitungszentren
- DIN EN 12478 Sicherheit von Werkzeugmaschinen - Große numerisch gesteuerte Drehmaschinen und Drehzentren
- DIN EN 12717 Sicherheit von Werkzeugmaschinen – Bohrmaschinen
- DIN EN 13736 Sicherheit von Werkzeugmaschinen - Pneumatische Pressen
- DIN EN 13985 Werkzeugmaschinen - Sicherheit – Tafelscheren
- DIN EN 692 Mechanische Pressen – Sicherheit
- DIN EN 12077-2:2008-12
- DIN EN 12644-2:2000-08

Inhalte: Verweise auf A- und B-Normen: DIN EN 842; DIN EN 61310, DIN EN 614; DIN EN 894, ...

Abschn. 2: Nationale Normen, technische Spezifikationen

Keine passenden Angaben

Stufe 2 – allg. anerkannte Regeln der Technik, andere Wissensstände

Allg. anerkannte Regeln der Technik:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ DIN 1450:1993-07 ▪ DIN 15996:2006-02 ▪ DIN EN 80416-1:2009-11 ▪ DIN EN 80416-3:2003-08 ▪ DIN EN 80416-2:2002-05 ▪ DIN 43790:1991-01 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ DIN ISO 20282-1:2008-10 ▪ DIN Fachbericht 124:2006-07 ▪ VDI 2259:1990-06 ▪ VDI 3546-3:1988-11 ▪ VDI 3546-5:1991-09 ▪ VDI 6008:2006-08 ▪ BGI 650:2006-08 ▪ GUV 50.12:2001-01 |
|--|--|

Andere Wissensstände:

- z. B. (Barz, N., 2008. Europäische Sicherheitsvorschriften für elektrische Betriebsmittel.
- Abruf 09.03.2009 www.vde-verlag.de/buecher/leseprobe/lese2341.pdf),
- (Cakir, A.,1980. Bildschirmarbeitsplätze. Berlin: Springer Verlag),
- (Schierz, C.,2001-10. Mensch-Computer Interaktion. Sehen und Bildschirm . Zürich),
- (Schierz, C.,2002-10. Physiologie II: Sinnesorgane. Skript zur Vorlesung im Departement Umweltwissenschaften.Zürich),
- (Strasser, H. Ergonomie - Umgebungseinflüsse. Beleuchtung.Siegen 1993),
- (Murrell, K., 1971. Ergonomie-Grundlagen u. Praxis der Gestaltung optimaler Arbeitsverhältnisse.Düsseldorf:Econ Verlag),
- (Lorenz, D.,2008-08. Arbeitswissenschaft/Ergonomie.Gestaltung der Informationsausgabeschnittstelle.Gießen: FH Gießen-Friedberg)
- (Krüger;Hessen;Zülch: Bedeutung der Akkommodation für das Sehen am Arbeitsplatz. Z. Arb.wiss.36(8NF)159-163.1982) u. a. m.)

Nutzer- und produktorientierte Parameter der Sichtbewertung und für optische Anzeigeeinrichtungen

Nutzerorientierte Parameter

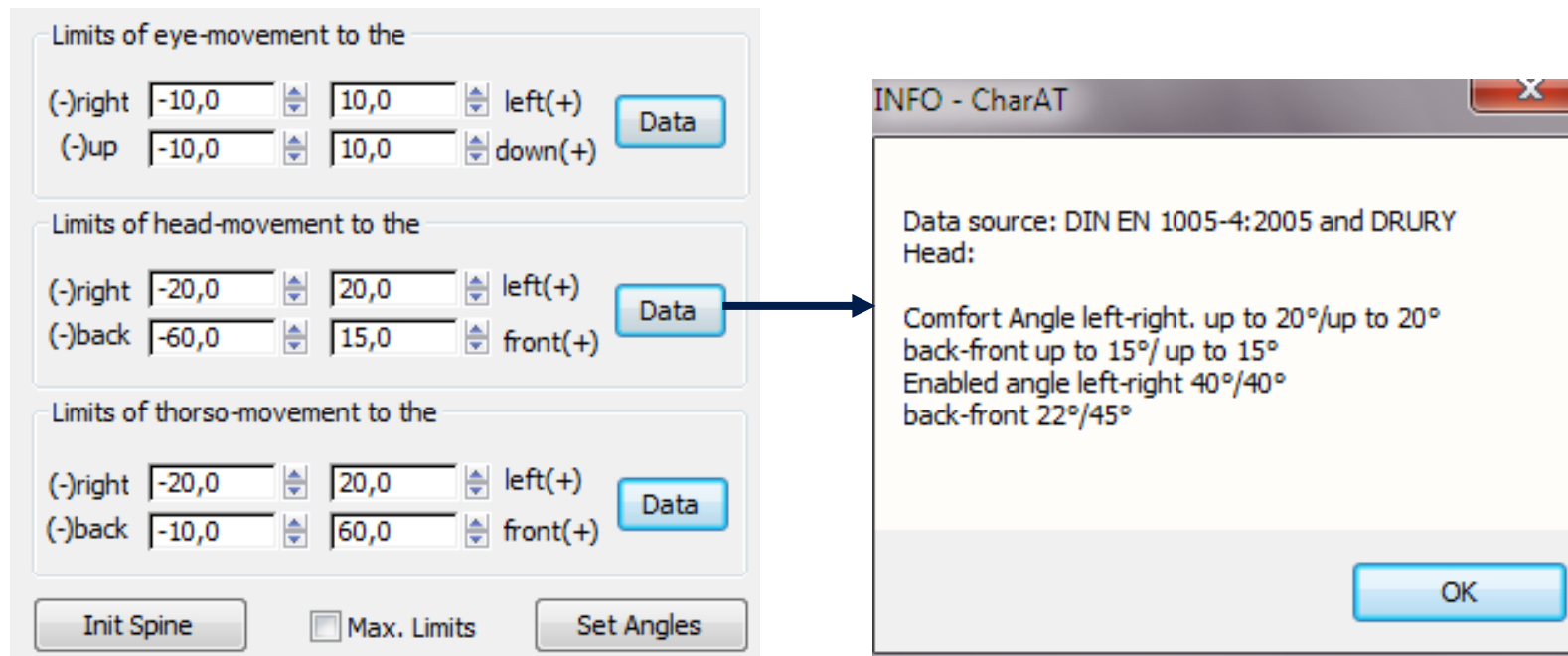
Merkmal	Datenquelle nach Stufenmodell
Sehfelder	Stufe 1 und 2
Sehwinkel	Stufe 1 und 2
Betrachtungswinkel	Stufe 2
Sehabstand	Stufe 1 und 2
Akkommodation	Stufe 2
Sehschärfe	Stufe 2
Sehstrahl Lage in Abh. Körperhaltung	Stufe 1 und 2
Vergenzen	Stufe 2

Produktorientierte Parameter

Merkmal	Datenquelle nach Stufenmodell
Digitale Anzeige <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zeichenhöhe ▪ Zeichenbreite ▪ Strichbreite ▪ Abstand zw. Zeichen ▪ Zeilenabstand 	Stufe 1 und 2
Analoge Anzeige <ul style="list-style-type: none"> ▪ Teilstrichabstand ▪ Teilstrichlänge ▪ Teilstrichbreite ▪ Skalenlänge ▪ Bezifferung 	Stufe 1

Parameter – Nutzerorientiert:

- Serielle Auge-Kopf-Körpermotorik innerhalb von Komfortwinkeln
- Augpunktsicht des Menschmodells
- Sehfelder (Blickfeld, Farb-, Hell-Dunkelgesichtsfeld)



The screenshot displays the Ergotyping software interface. On the left, there are three sections for setting movement limits:

- Limits of eye-movement to the:** (-)right [-10,0] [10,0] left(+), (-)up [-10,0] [10,0] down(+). A "Data" button is present.
- Limits of head-movement to the:** (-)right [-20,0] [20,0] left(+), (-)back [-60,0] [15,0] front(+). A "Data" button is present.
- Limits of thorso-movement to the:** (-)right [-20,0] [20,0] left(+), (-)back [-10,0] [60,0] front(+). A "Data" button is present.

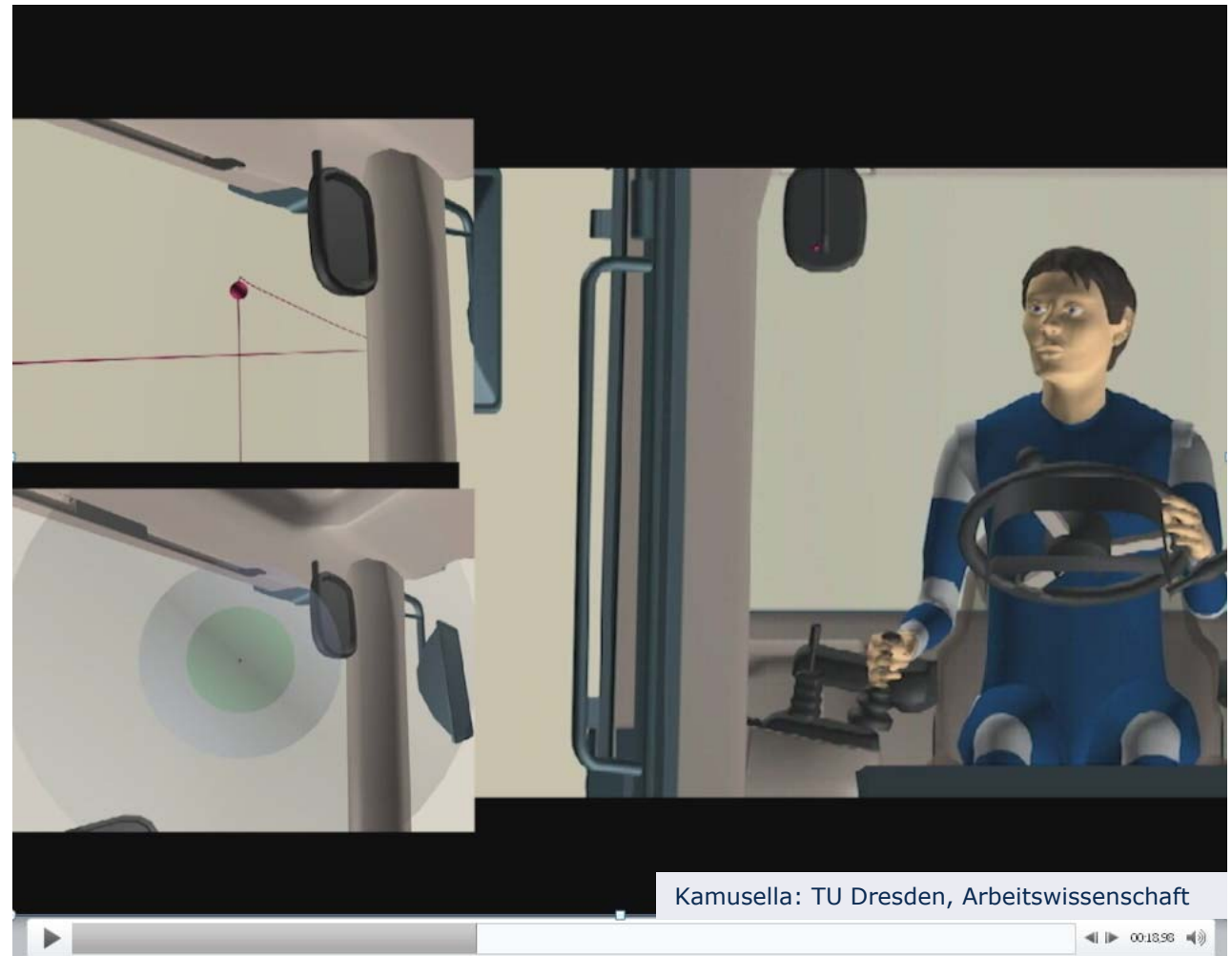
At the bottom of the main window, there are buttons for "Init Spine", a checkbox for "Max. Limits", and "Set Angles".

An arrow points from the "Data" button in the head-movement section to an information dialog box titled "INFO - CharAT". The dialog box contains the following text:

Data source: DIN EN 1005-4:2005 and DRURY Head:
Comfort Angle left-right. up to 20°/up to 20°
back-front up to 15°/ up to 15°
Enabled angle left-right 40°/40°
back-front 22°/45°

An "OK" button is located at the bottom right of the dialog box.

Parameter – Nutzerorientiert:



Serielle Auge-Kopf-Körpermotorik innerhalb gewählter Gelenkwinkelgrenzen

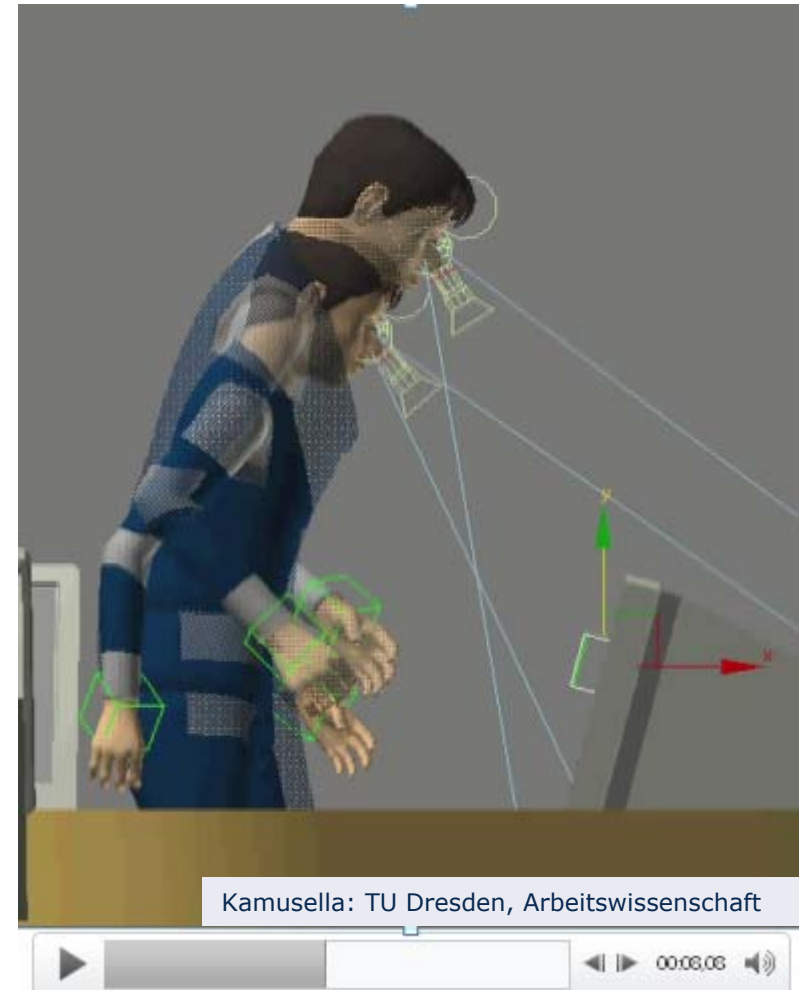
- Bewertung der Lage von Sehzielen
- Anordnungsempfehlungen für Sehobjekte
- Synchrone Betrachtung anthropometrisch differenzierter Referenzpersonen



Im Beispiel:

Optimal: Auge-, Kopfbewegung

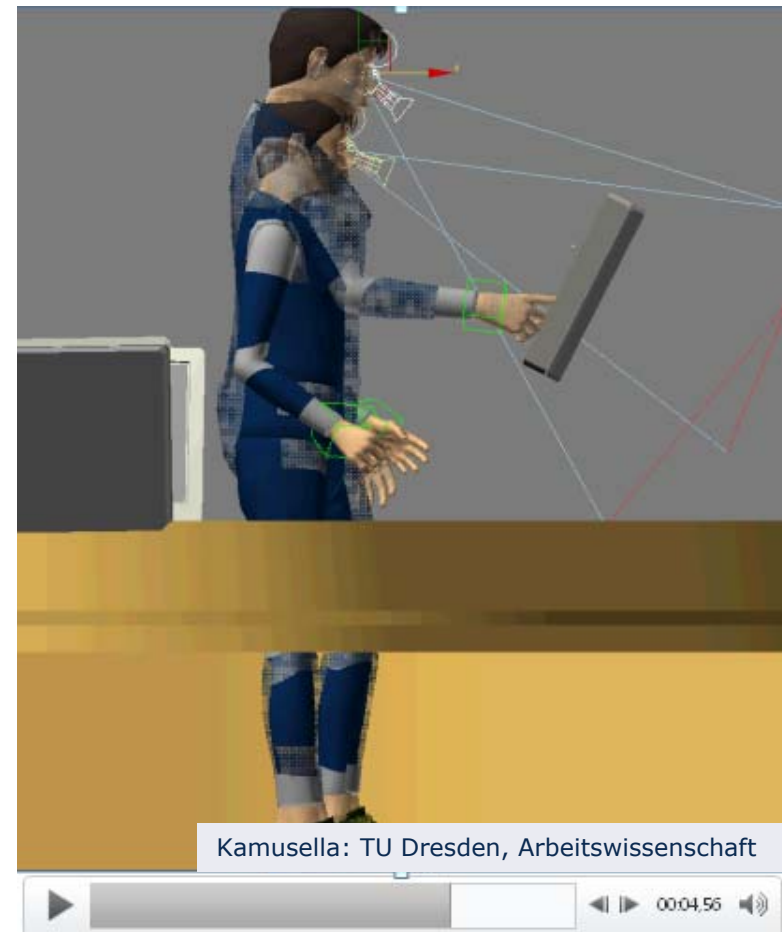
Ungünstig: Körpereinsatz bzw. stärkere Kopfwendung



Serielle Auge-Kopf-Körpermotorik innerhalb gewählter Gelenkwinkelgrenzen

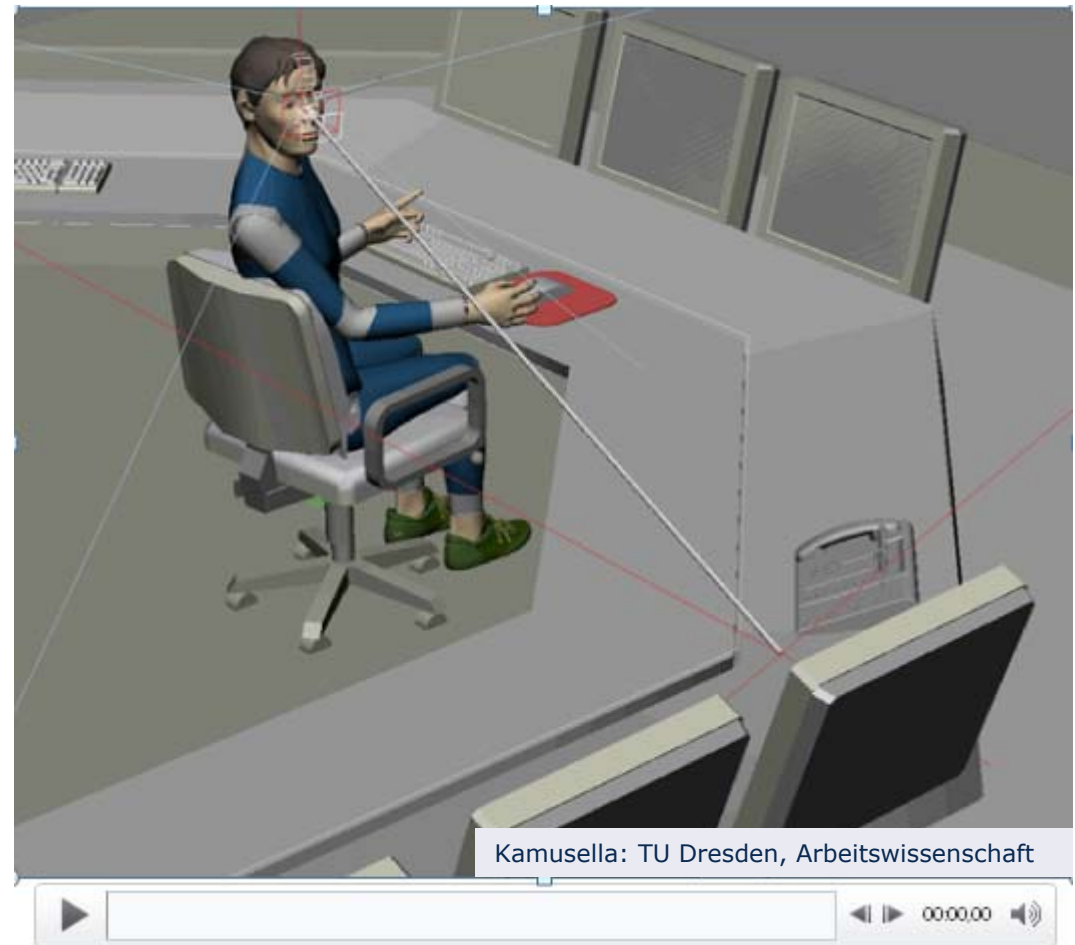
- Bewertung der Lage von Sehzielen
- Anordnungsempfehlungen für Sehobjekte
- Synchrone Betrachtung anthropometrisch differenzierter Referenzpersonen

der Bildschirm ist höher zu platzieren



Serielle Auge-Kopf-Körpermotorik innerhalb gewählter Gelenkwinkelgrenzen

- Fixierung des Sehstrahls am Sehziel während Bewegung und Haltungsanpassung des Menschmodells



Serielle Auge-Kopf-Körpermotorik innerhalb gewählter Gelenkwinkelgrenzen

- Sichtkollisionserkennung und ansatzweise Haltungsanpassung des Menschmodells

→ Kollision: DMM Einfärbung grün



Serielle Auge-Kopf-Körpermotorik innerhalb gewählter Gelenkwinkelgrenzen



Kamusella: TU Dresden, Arbeitswissenschaft

- Sichtkollisionserkennung und ansatzweise
Haltungsanpassung des Menschmodells
- Kollisionsbehebung: DMM Einfärbung blau

Serielle Auge-Kopf-Körpermotorik innerhalb gewählter Gelenkwinkelgrenzen

Bei gleicher optimaler Körpermotorik für alle Nutzer:
Anpassung der Arbeitsplatzgeometrie
(z. B. in der Höhe)

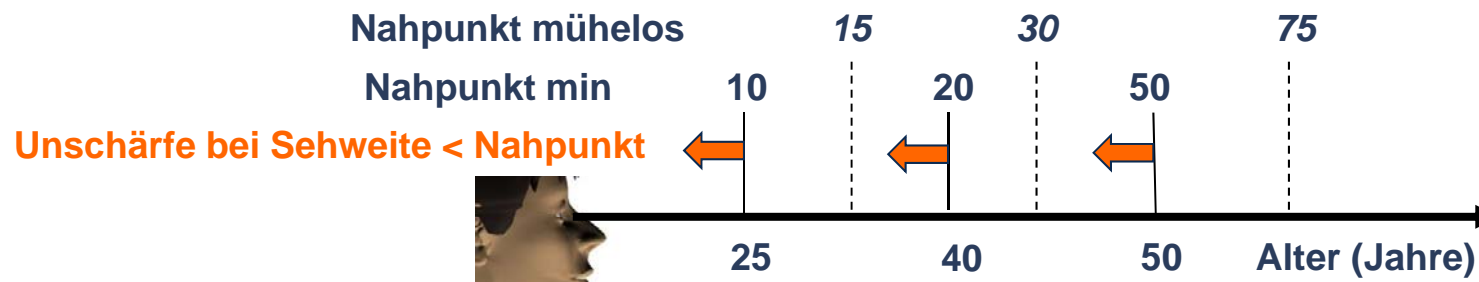


Parameter – Nutzerorientiert:

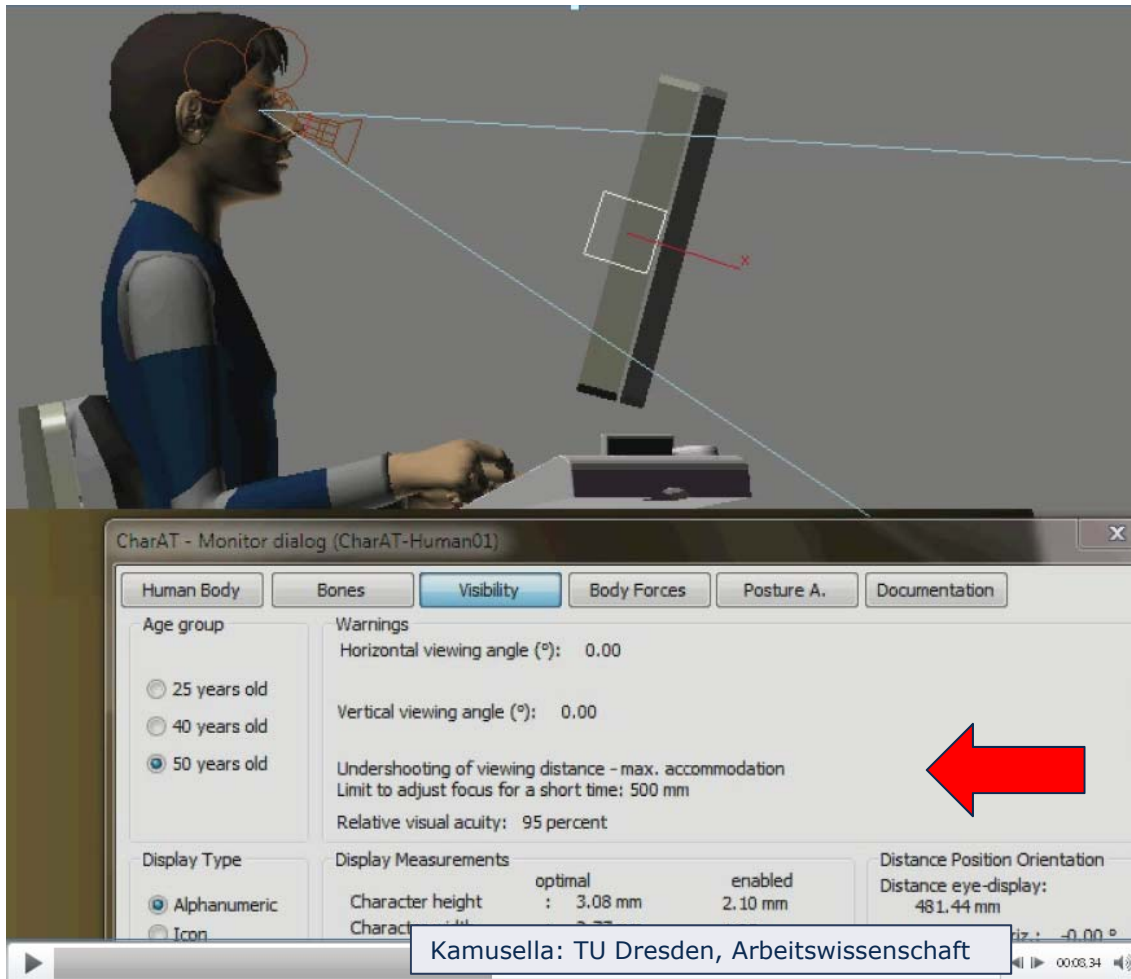
- **Optimale Platzierung von Anzeigeflächen**
 - Altersabhängige Gebrauchs- und max. Akkommodation
 - Sehentfernungsabhängige Sehschärfe

3 Altersstufen:

- Junge Menschen: Keine Presbyopie
- Mittleres Alter: beginnende Presbyopie, jedoch keine Korrektur
- Ältere: ausgeprägte Presbyopie, Altersbrille

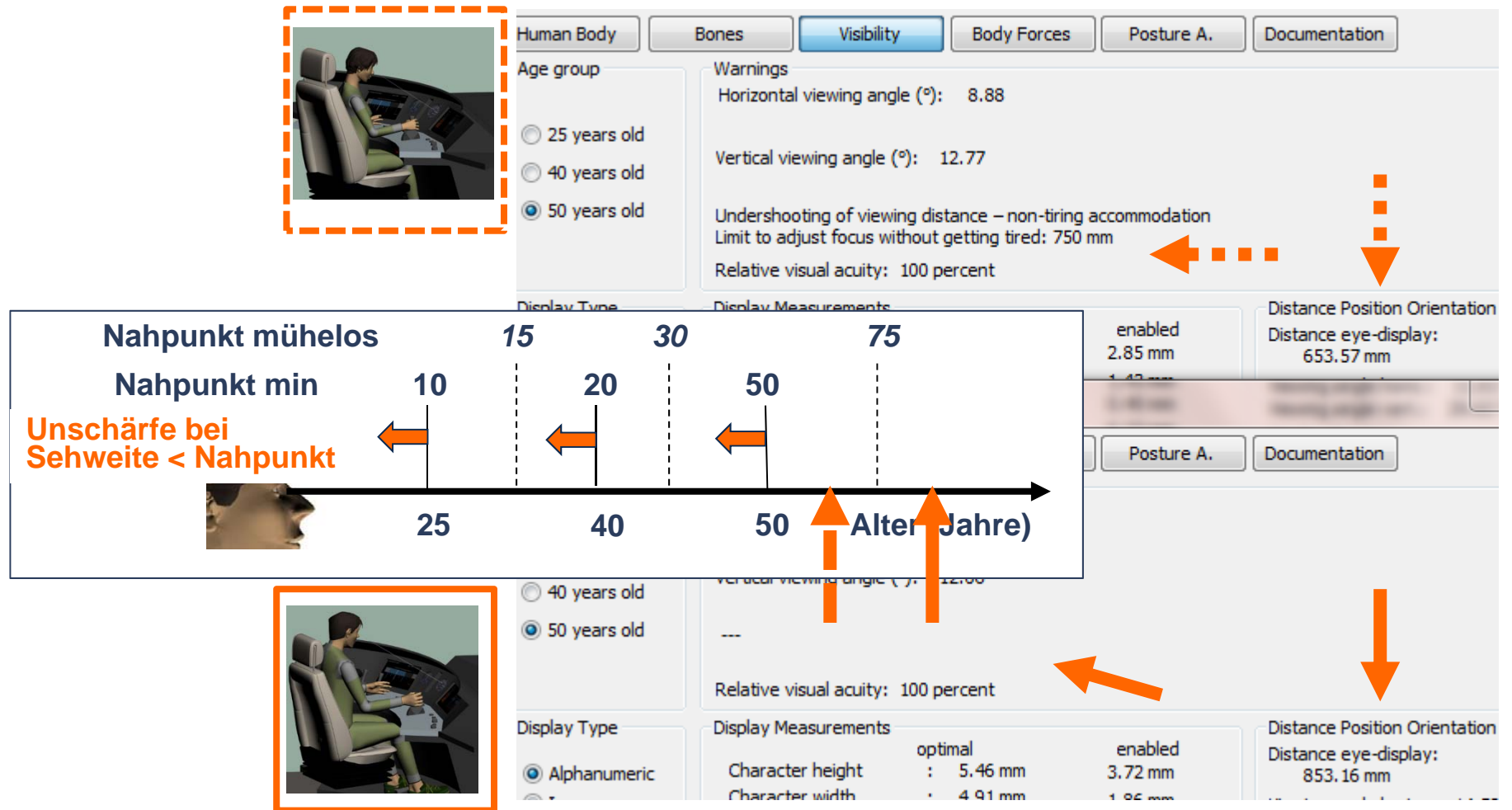


Einfluss Akkommodation und Defokussierung (auf Sehschärfe)



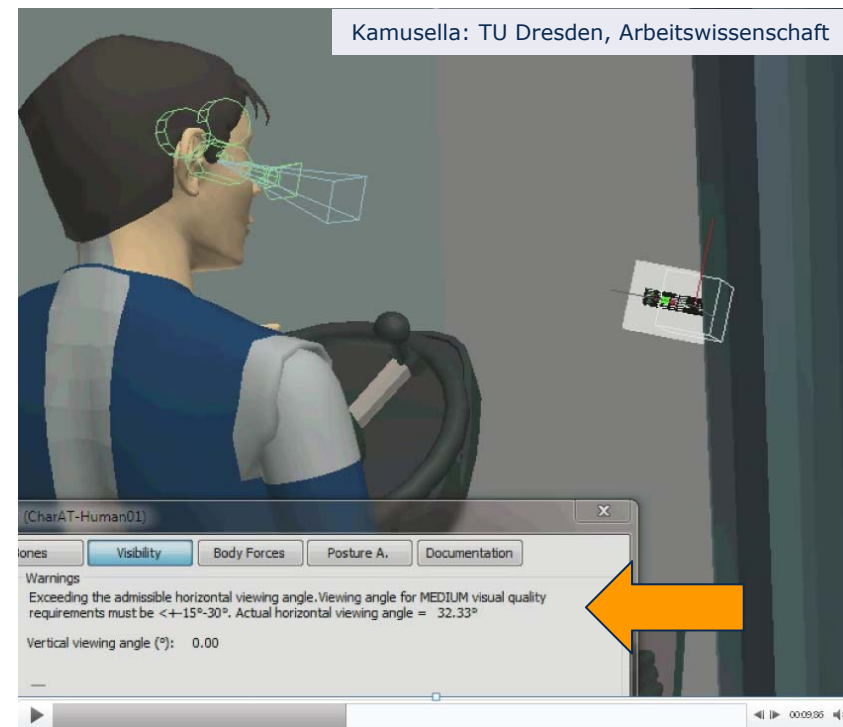
Kamusella: TU Dresden, Arbeitswissenschaft

Einfluss Akkommodation und Defokussierung (auf Sehschärfe)

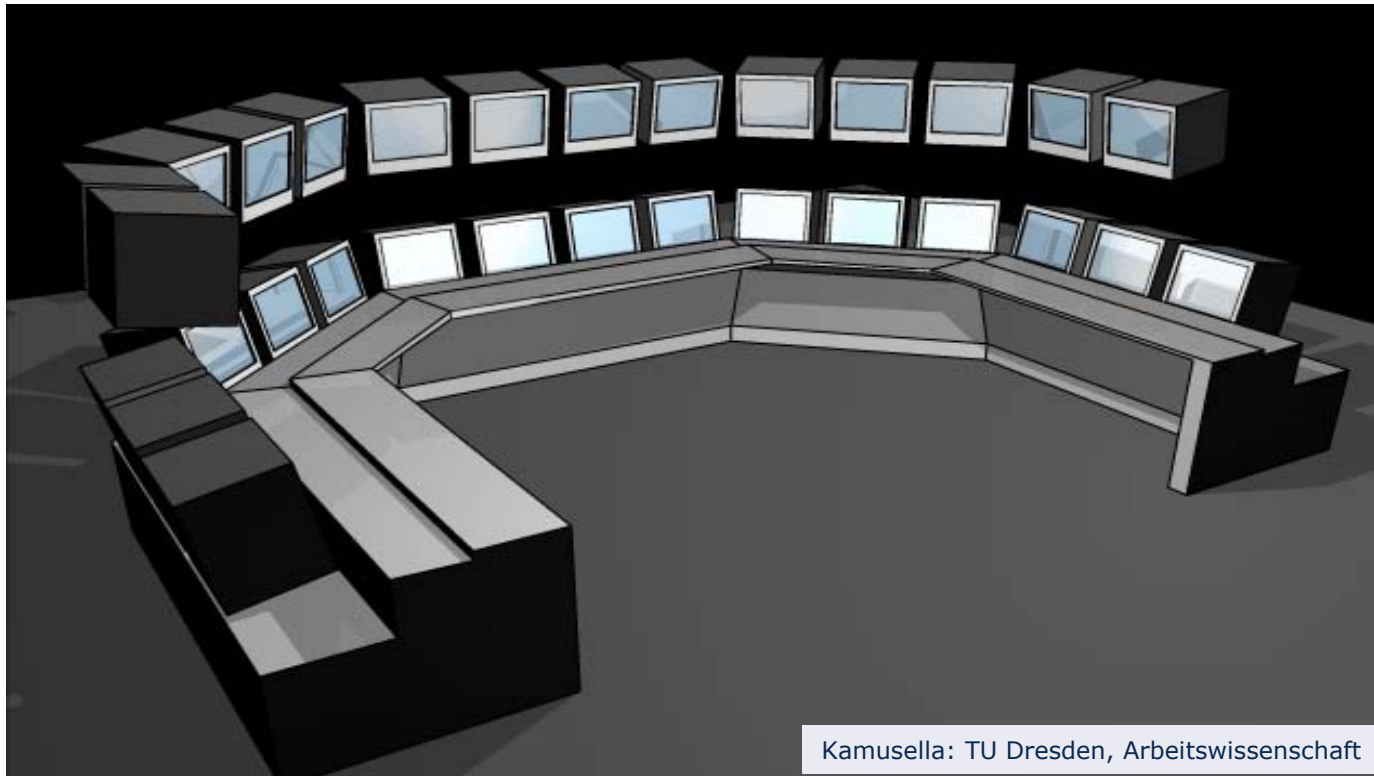


Parameter – Nutzerorientiert:

- **Optimale Ausrichtung von Anzeigeflächen**
 - vertikale und horizontale Betrachtungswinkel
 - Beachtung visueller Qualitätsanforderungen



Vorfeldkontrolle in einer Verkehrsleitzentrale



Absenkung, Neigung, Eindrehung von Bildschirmen
Sichtschlitz zwischen den Bildschirmreihen für Sicht nach draußen



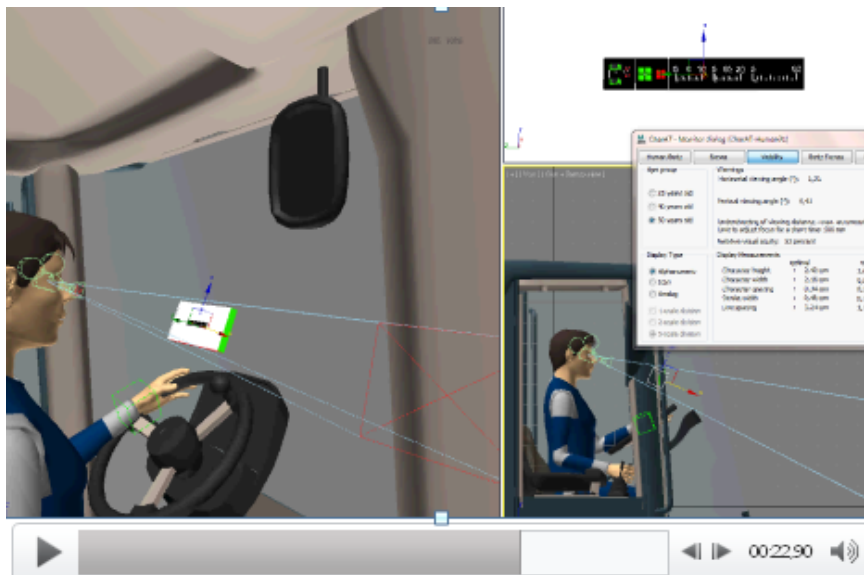
Parameter - Produktorientiert:

- Sehzeichendimensionierung



optimal/ zulässig für digitale und analoge Anzeigen:

- ➔ sehentfernungsabhängig
- ➔ dynamisch, sofortige Rückmeldung



CharAT Anzeige Display

Distance eye-display (mm):	1000.00		Icon	optimal	enabled
Alphanumeric	optimal	enabled	Character height:	6.46 mm	4.41 mm
Character height:	6.46 mm	4.41 mm	Character width:	6.46 mm	4.41 mm
Character width:	5.82 mm	2.20 mm	Character spacing:	0.90 mm	0.62 mm
Character spacing:	0.90 mm	0.62 mm	Stroke width:	1.29 mm	0.35 mm
Stroke width:	1.29 mm	0.35 mm	Line spacing:	8.72 mm	3.08 mm
Line spacing:	8.72 mm	3.08 mm			

Alphanumerisch	Bildzeichen	Analoge Anzeige		
		0 5 10	0 10 20	0 10 20 30 40 50
		Einerteilung	Zweierteilung	Fünferteilung

Analogue	
Length of long scale line:	7.05 mm
Length of medium scale line:	5.29 mm
Length of short scale line:	3.52 mm
Width of long scale line:	1.32 mm
Width of medium scale line:	1.03 mm
Width of short scale line:	0.88 mm
Scale spacing:	1.76 mm
Digit height:	6.46 mm

Stufe 1-Anforderungen:

B-Norm DIN EN 1005-3:2002

→ nur sehr wenige Kraftfälle, idealisierte Körperhaltung

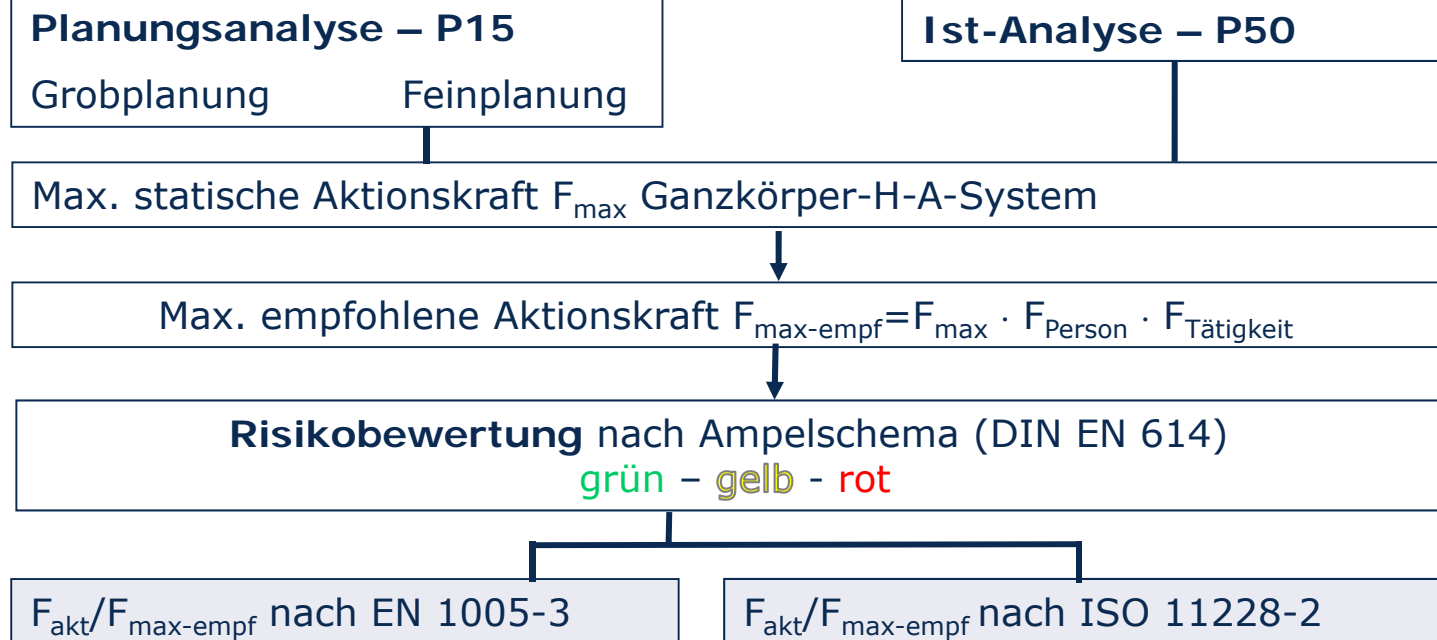
→ Kompensation: Anhang B: prinzipielle Nutzung anderer Kraftdaten (≈ Stufe 2)

Bewertung	Planungsanalyse (DIN EN 1005-3)	Ist-Analyse (ISO 11228-2)
Grün	$F_{\text{akt}}/F_{\text{max.empf}} \leq 0.5$	$F_{\text{akt}}/F_{\text{max.empf}} \leq 0.85$
Gelb	$0.5 < F_{\text{akt}}/F_{\text{max.empf}} < 0.7$	$0.85 < F_{\text{akt}}/F_{\text{max.empf}} < 1.0$
rot	$F_{\text{akt}}/F_{\text{max.empf}} > 0.7$	$F_{\text{akt}}/F_{\text{max.empf}} \geq 1.0$

IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools Körperkraftbewertung

Kraftbewertungsverfahren (nach Stufenmodell: Stufe 2-Anford.)

- Montagespezifischer Kraftatlas
- Normative Daten (DIN 33411-T4,5): max. statische Aktionskräfte und Einbeziehung Grenzkraftverfahren Siemens/Derivate

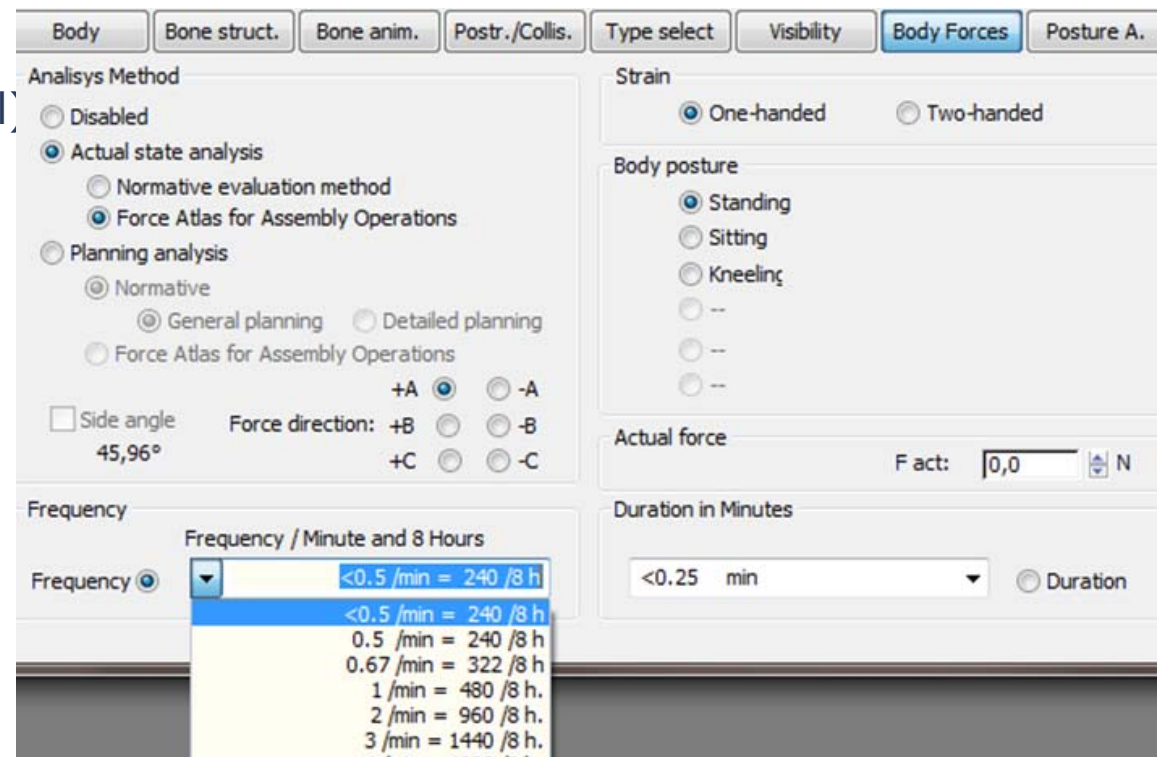
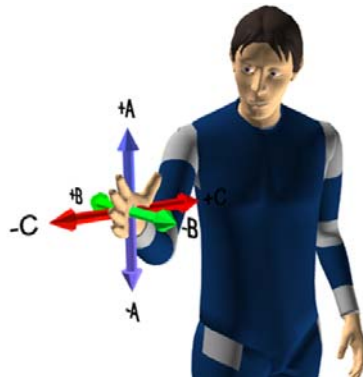


Untersuchungen nach Montagespezifischem Kraftatlas:

- Berücksichtigung für Körpermaßperzentile 5, 50, 95

Einflussfaktoren auf Kraftausübung:

- Geschlecht, Alter
- Kraftvermögen (Kraftperzentil)
- Körperhaltung
- Ein-, Beidhändigkeit
- Häufigkeit, Dauer



IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools Körperkraftbewertung

Montagespezifischer Kraftatlas:

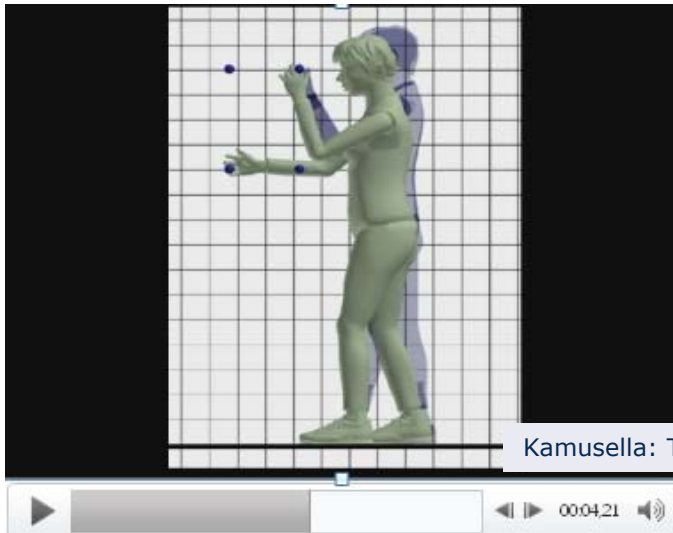
asymmetrisch



Körperhaltungen:



Wertebereiche Kraftangriffspunkte:



Kamusella: TU Dresden, Arbeitswissenschaft

	symmetrisch	Aufrecht	gebeugt	Überkopf
Stehen				
Sitzen				
Knien				

IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools Körperkraftbewertung

Handlungsbedarf



FORCE	
Maximal action force in N (Montagespezifische Kraftatlas)	:212.0
Frequency per minute	:0.80
Frequency per 8 hours	:0.80
Duration in minutes	:0.70(fA: 1.00)
Currently applied force in N	:175.00
Maximum recommended force in N	:169.60
Optimal recommended force in N	:144.16
Risk assessment ISO 11228-2	:(1.03) Measures are immediately required.

Kamusella: TU Dresden, Arbeitswissenschaft

00:04.51

Verfahren nach normativen Daten:

- für beliebige Körpermaßperzentile (deutsche Nutzergruppe)
- Max. Aktionskräfte nach DIN 33411-4, 5 (Polarkoordinaten, s. u.)

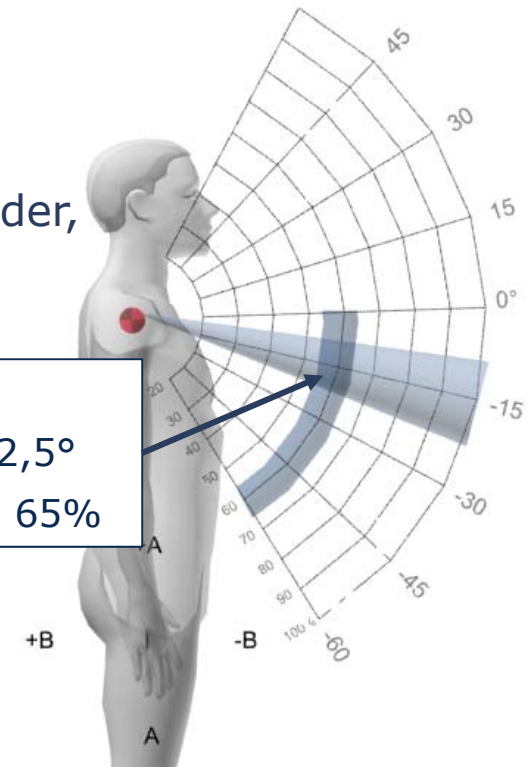
Einflussfaktoren auf Kraftausübung:

- Körperhaltungen: aufrecht stehend, Füße nebeneinander, Schrittstellung, Knien; Ein- Beidhändigkeit
- Geschlecht, Alter
- Häufigkeit, Dauer

Wertebereich: (Bsp.)

$\alpha = 15^\circ \rightarrow \alpha_{\text{akt}} : > 7,5^\circ \text{ bis } \leq 22,5^\circ$

$R = 60\% \rightarrow R_{\text{akt}} : > 55\% \text{ bis } \leq 65\%$



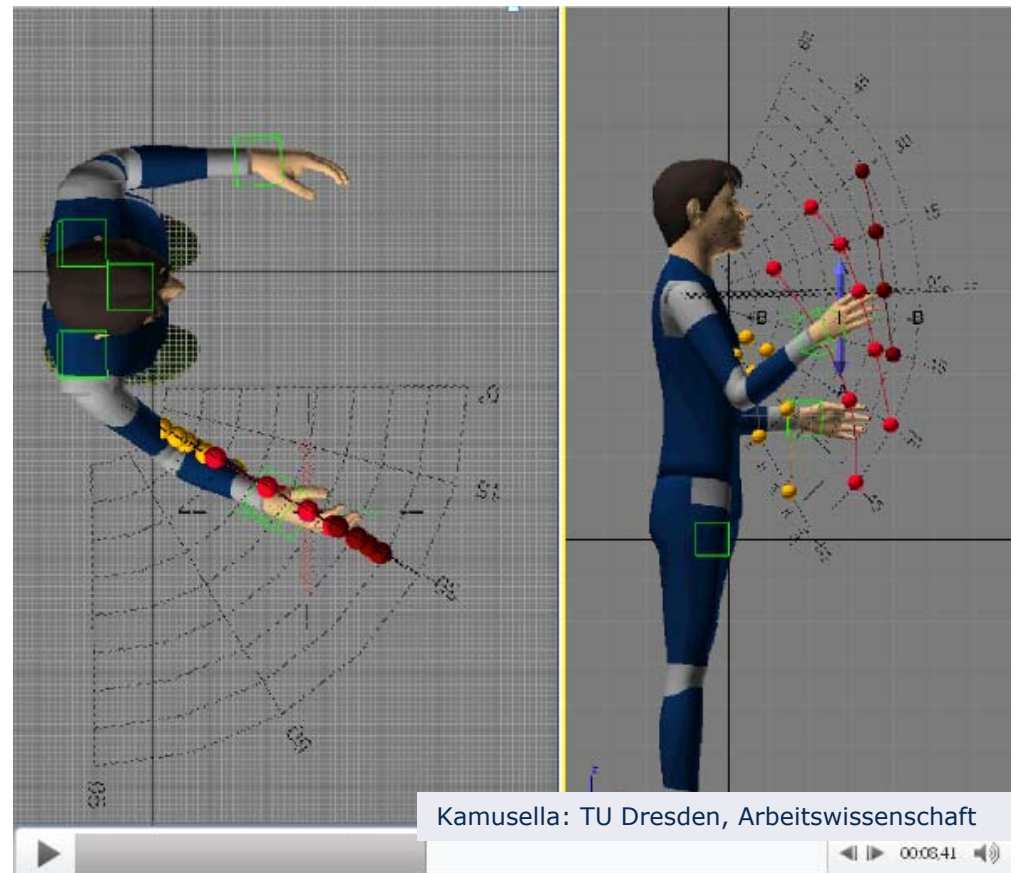
Nutzung normativer Daten:

- Grobplanung: Abschätzung von Krafttendenzen



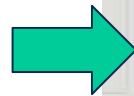
Nutzung normativer Daten: Abschätzung von Krafttendenzen

→ Bestimmung für Krafrichtungen in Seitenebenen, Höhenwinkeln



Nutzung normativer Daten: Abschätzung von Krafttendenzen

→ Feinplanung



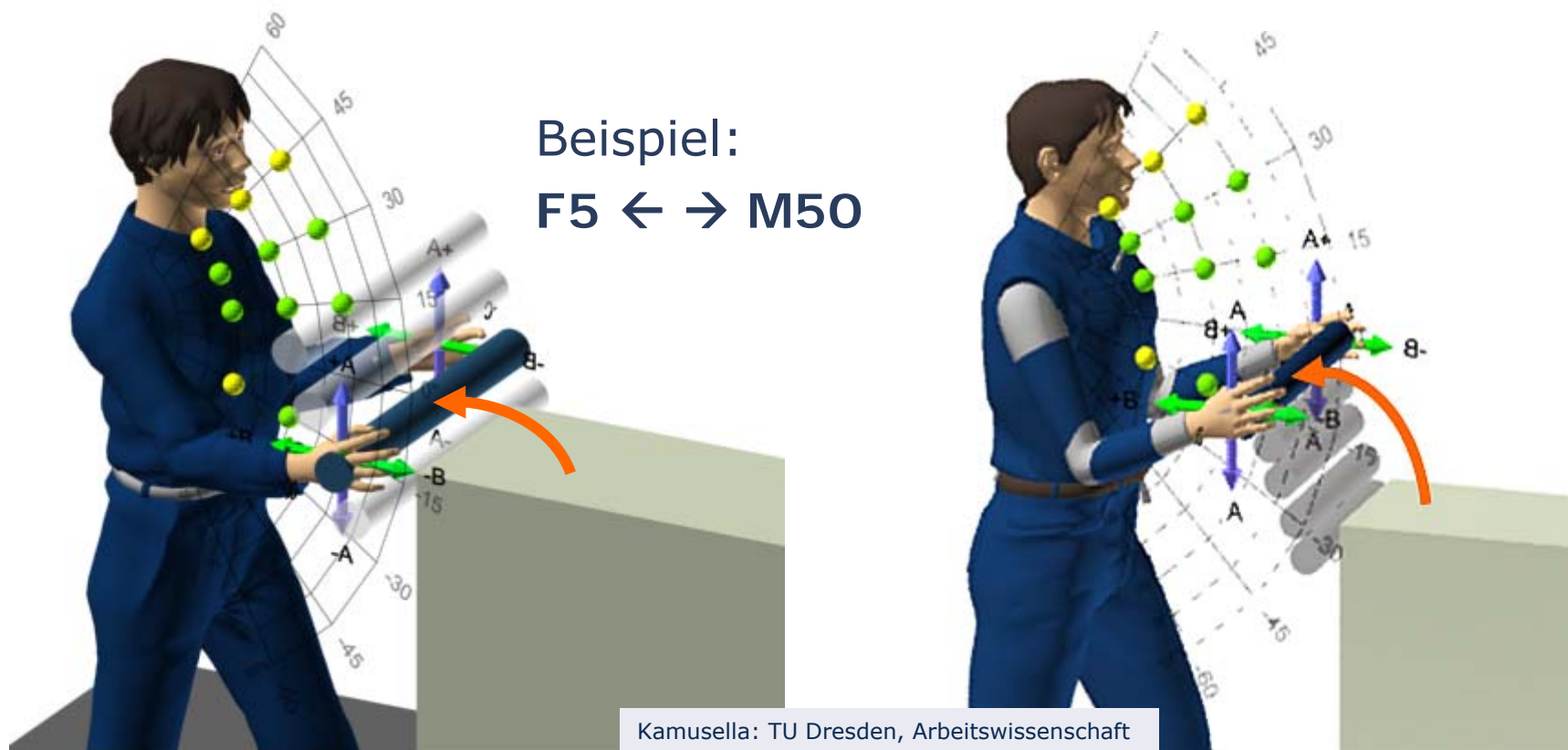
Maximal action force in N (DIN33411-5)	:596,0
Frequency per minute	:0,80
Frequency per 8 hours	:0,80
Duration in minutes	:0,70(fa: 0,90)
Currently applied force in N	:175,00
Maximum recommended force in N	:429,12
Optimal recommended force in N	:214,56
Risk assessment DIN EN 1005-3	:(0,41) No measures are required.

Kamusella: TU Dresden, Arbeitswissenschaft

00:23:45

Nutzung normativer Daten: Abschätzung von Krafttendenzen sowie

→ Feinplanung: Ermittlung konkreter zulässiger Aktionskräfte

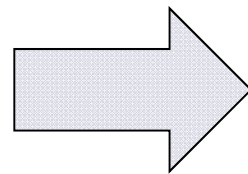


Screening-Verfahren: RULA und OWAS (Stufemodell: Stufe 2)

RULA: Fokus: Belastungen der oberen Extremitäten

Punktwerte - Gesundheitsrisiko für

- Ober-, Unterarm, Handgelenk
rechts – links getrennt: 2x144 mögliche Kombinationen
- Hals, Oberkörper, Bein: 72 mögliche Kombinationen
- Muskelarbeit und Kraft/Last



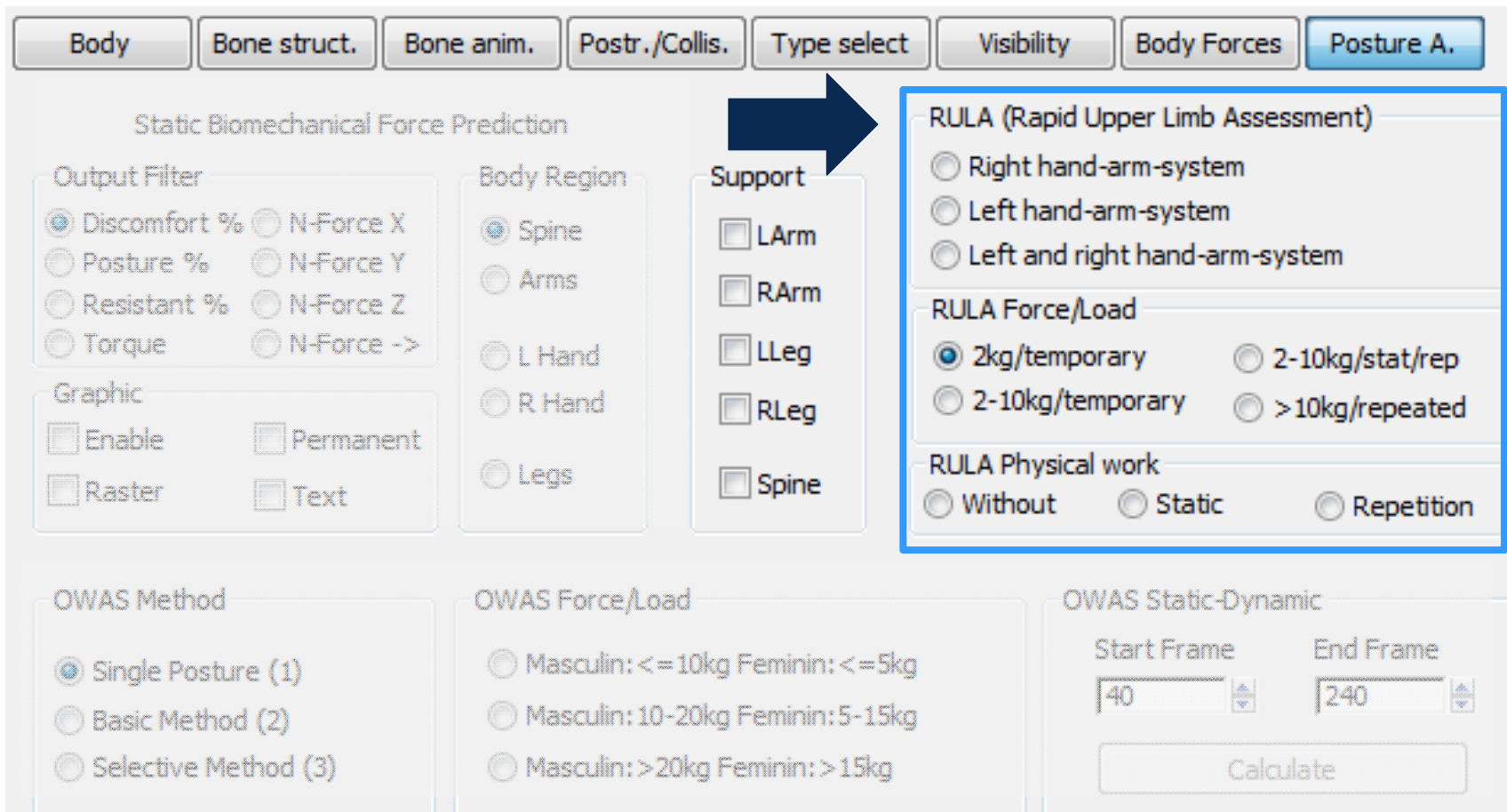
Gesamtrisikowert

1: akzeptabel

:

7: Maßnahmen sofort

RULA-Verfahren – Control-Dialog



Body Bone struct. Bone anim. Postr./Collis. **Type select** Visibility Body Forces Posture A.

Static Biomechanical Force Prediction

Output Filter

Discomfort % N-Force X
 Posture % N-Force Y
 Resistant % N-Force Z
 Torque N-Force ->

Graphic

Enable Permanent
 Raster Text

Body Region

Spine
 Arms
 L Hand
 R Hand
 Legs

Support

LArm
 RArm
 LLeg
 RLeg
 Spine

RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

Right hand-arm-system
 Left hand-arm-system
 Left and right hand-arm-system

RULA Force/Load

2kg/temporary 2-10kg/stat/rep
 2-10kg/temporary >10kg/repeated

RULA Physical work

Without Static Repetition

OWAS Method

Single Posture (1)
 Basic Method (2)
 Selective Method (3)

OWAS Force/Load

Masculin: <=10kg Feminin: <=5kg
 Masculin: 10-20kg Feminin: 5-15kg
 Masculin: >20kg Feminin: >15kg

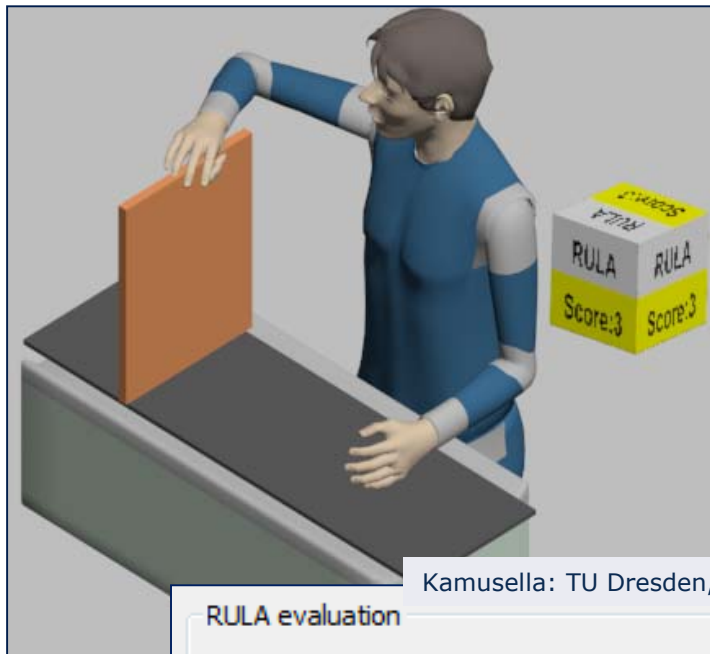
OWAS Static-Dynamic

Start Frame End Frame

40 240

Calculate

RULA-Verfahren – Bewertung Einzelhaltung



Kamusella: TU Dresden, Arbeitswissenschaft

RULA evaluation

RHAS	: 3211	HW RHAS	: 3
LHAS	: --	HW LHAS	: --
HOB	: 211	HW HOB	: 2
A = HAS + WMA(0) + WKL(0) : 3			
B = HOB + WMA(0) + WKL(0) : 2			
Score: 3			
Evaluation: any time soon action required			

OWAS: Bewertung Gesundheitsrisiko von:

- Ganzkörperhaltungen
- statische, dynamische Einzelkörperhaltungen mit Häufigkeitsanteilen



OWAS-Verfahren – Control-Dialog

Body
Bone struct.
Bone anim.
Postr./Collis.
Type select
Visibility
Body Forces
Posture A.

Static Biomechanical Force Prediction

Output Filter

Discomfort % N-Force X
 Posture % N-Force Y
 Resistant % N-Force Z
 Torque N-Force ->

Graphic

Enable Permanent
 Raster Text

Body Region

Spine
 Arms
 L Hand
 R Hand
 Legs

Support

LArm
 RArm
 LLeg
 RLeg
 Spine

RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

Right hand-arm-system
 Left hand-arm-system
 Left and right hand-arm-system

RULA Force/Load

2kg/temporary 2-10kg/stat/rep
 2-10kg/temporary >10kg/repeated

RULA Physical work

Without Static Repetition

OWAS Method

Single Posture (1)
 Basic Method (2)
 Selective Method (3)

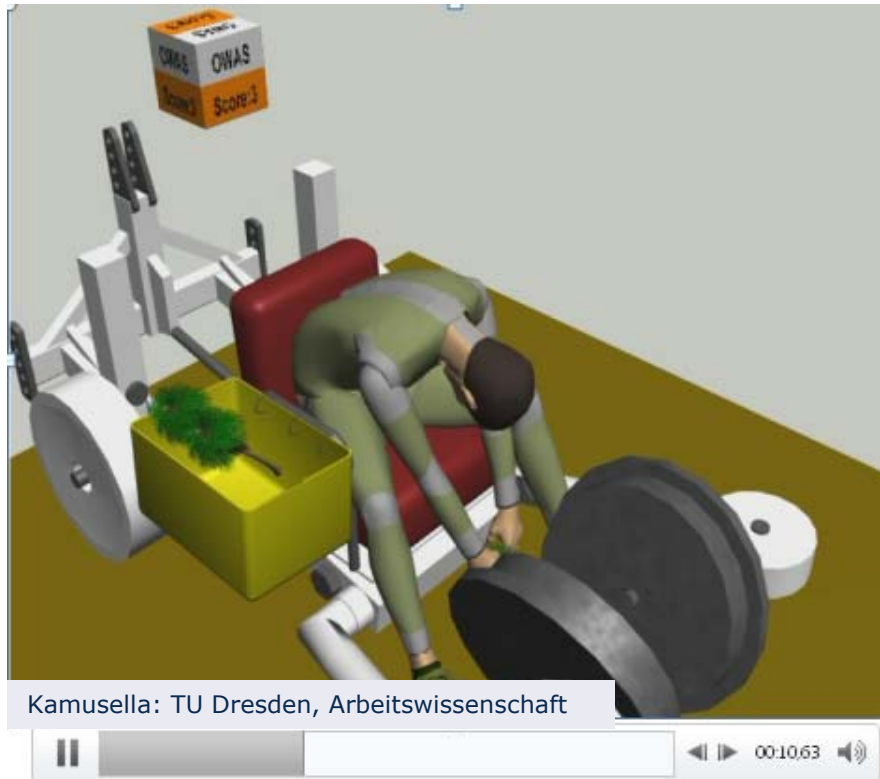
OWAS Force/Load

Masculin: <=10kg Feminin: <=5kg
 Masculin: 10-20kg Feminin: 5-15kg
 Masculin: >20kg Feminin: >15kg

OWAS Static-Dynamic

Start Frame:
 End Frame:

OWAS: Bewertung einzelner Gesamtkörperhaltungen



Kamusella: TU Dresden, Arbeitswissenschaft



permanent zur Bewegung



OWAS evaluation

Method: 2 Code: 2141 Head: 2


Score : 3
 action as soon as possible
 harmful posture
 overuse of musculoskeletal system likely

OWAS Score: 3 action as soon as possible
 Harmful posture, overuse of musculoskeletal syst

▶ ◀▶ 00:10.63 🔊

OWAS: Bewertung einzelner Gesamtkörperhaltungen

Konventionelle Umreifung ohne "ErgoPack" der ErgoPack Deutschland GmbH



2
1
4
1 - 4

OWAS evaluation

Method: 1 Code: 2141 Head: 4

Score : 3

action as soon as possible

harmful posture

overuse of musculoskeletal system likely

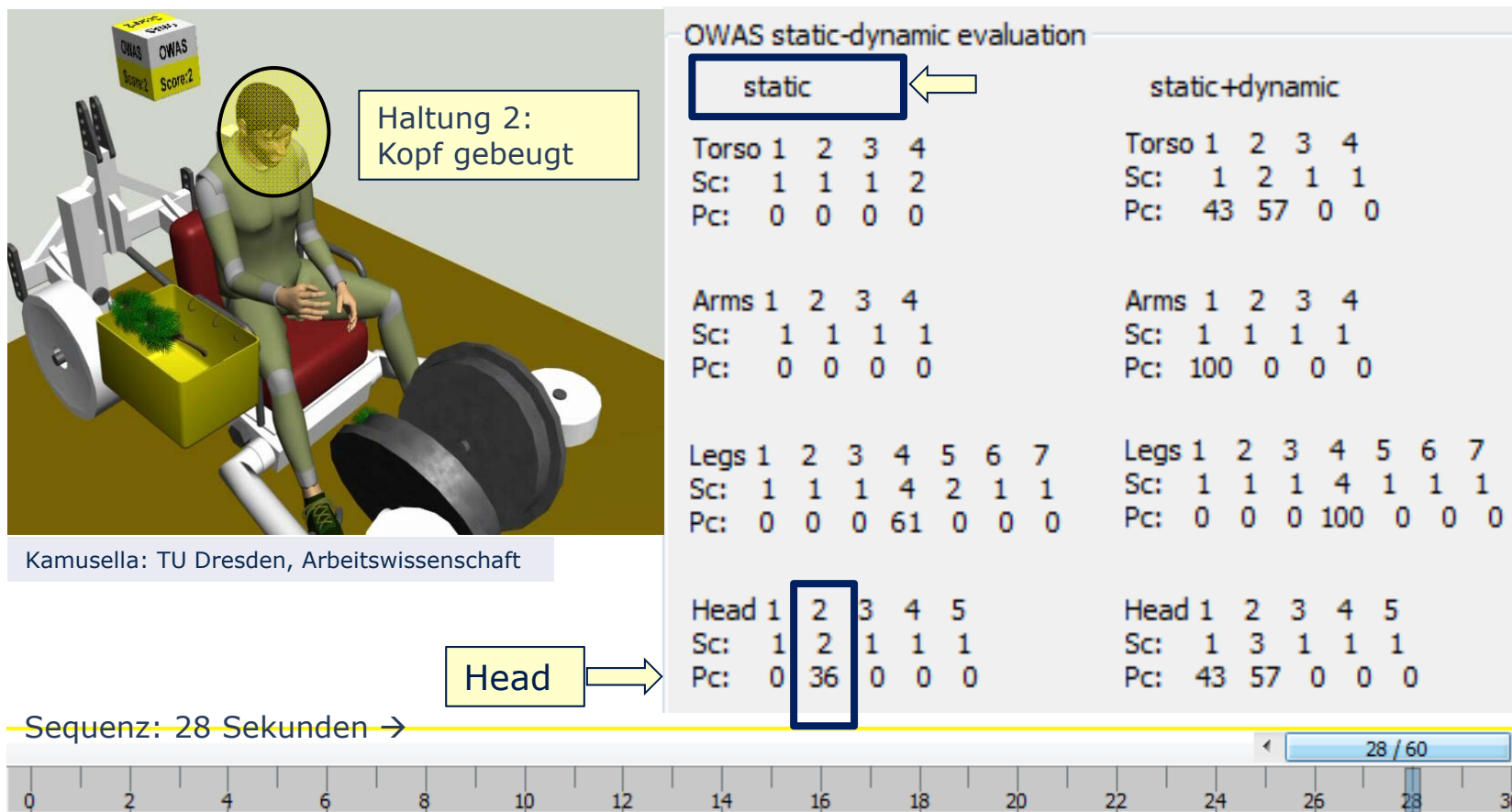
OWAS Score: 3 action as soon as possible
Harmful posture, overuse of musculoskeletal system likely

Kamusella: TU Dresden, Arbeitswissenschaft

OWAS: Bewertung einzelner Gesamtkörperhaltungen



OWAS: Bewertung von Bewegungssequenzen zeitbasiert: statisch, dynamisch (Taktwiederholung in 8h)



Kontakt

Technische Universität Dresden

Fakultät Maschinenwesen

Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme

Professur für Arbeitswissenschaft

Telefon: 0351-463-34598

Fax: 0351-463-37283

E-Mail: Christiane.Kamusella@tu-dresden.de

Internet: www.tu-dresden.de/mw/tla