

# 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   

## I. Einleitung

„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.“

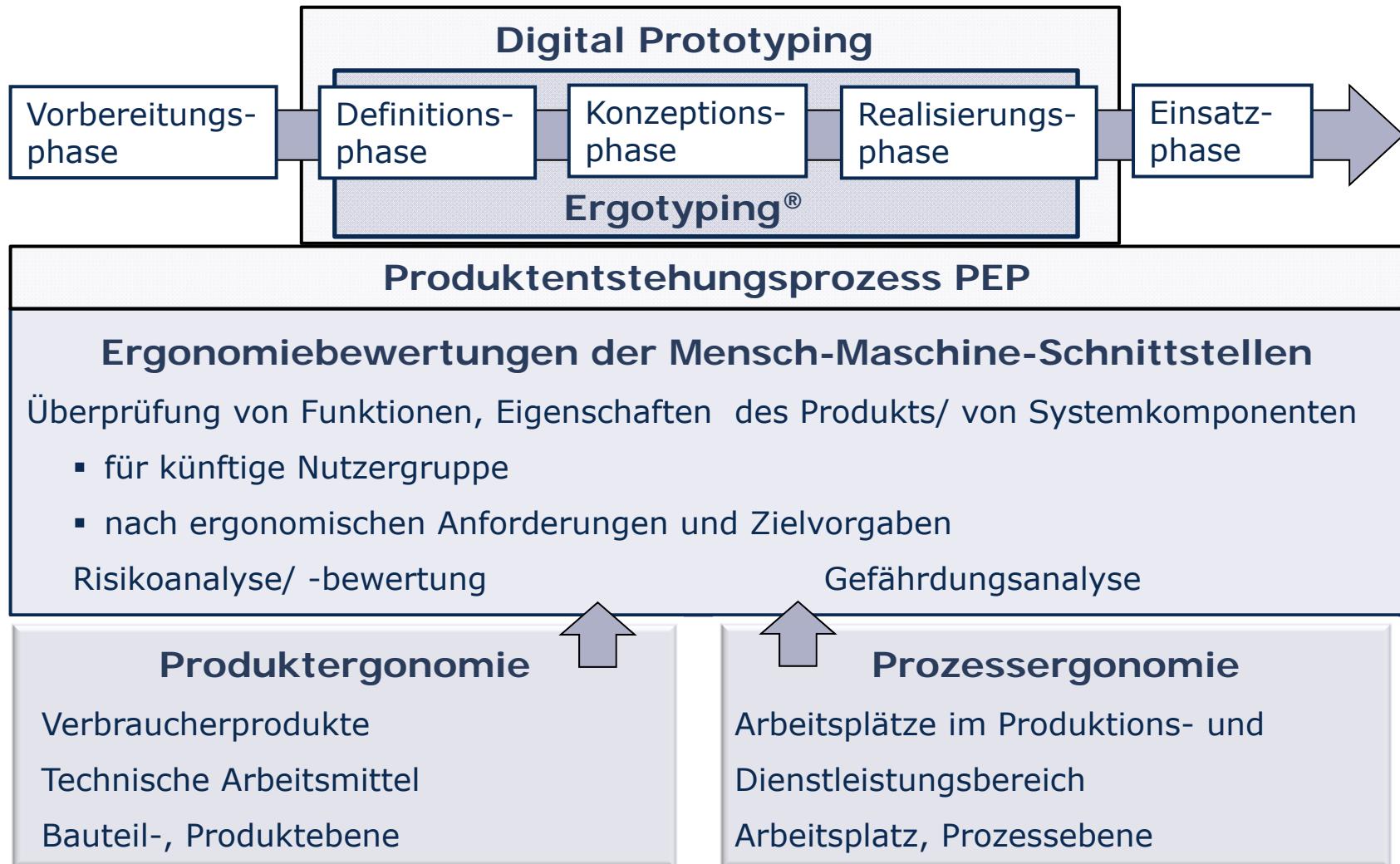
Voltaire (1694-1778)

### In der Arbeitswelt Bestrebungen nach:

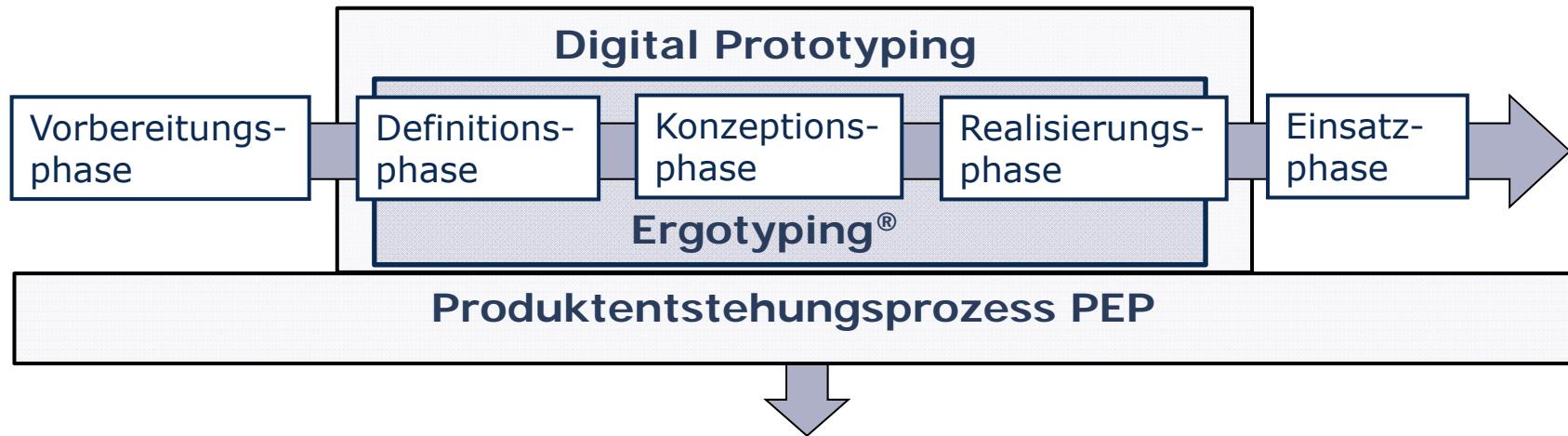
Lebenslangem Arbeiten ohne gesundheitliche Beeinträchtigungen durch:

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

## II. Einordnung entwickelter Ergonomie-Tools



## II. Einordnung entwickelter Ergonomie-Tools

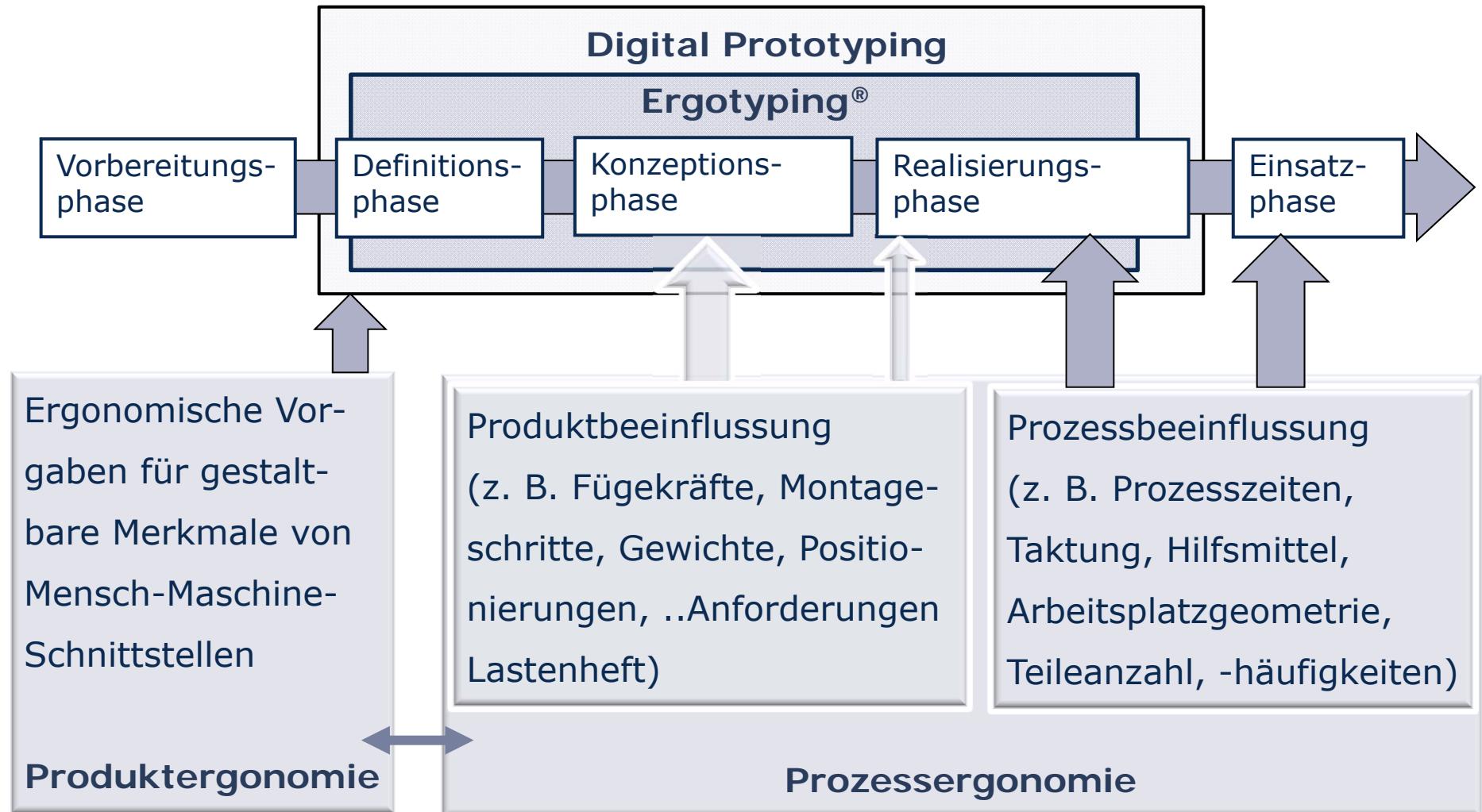


### Ergotyping®

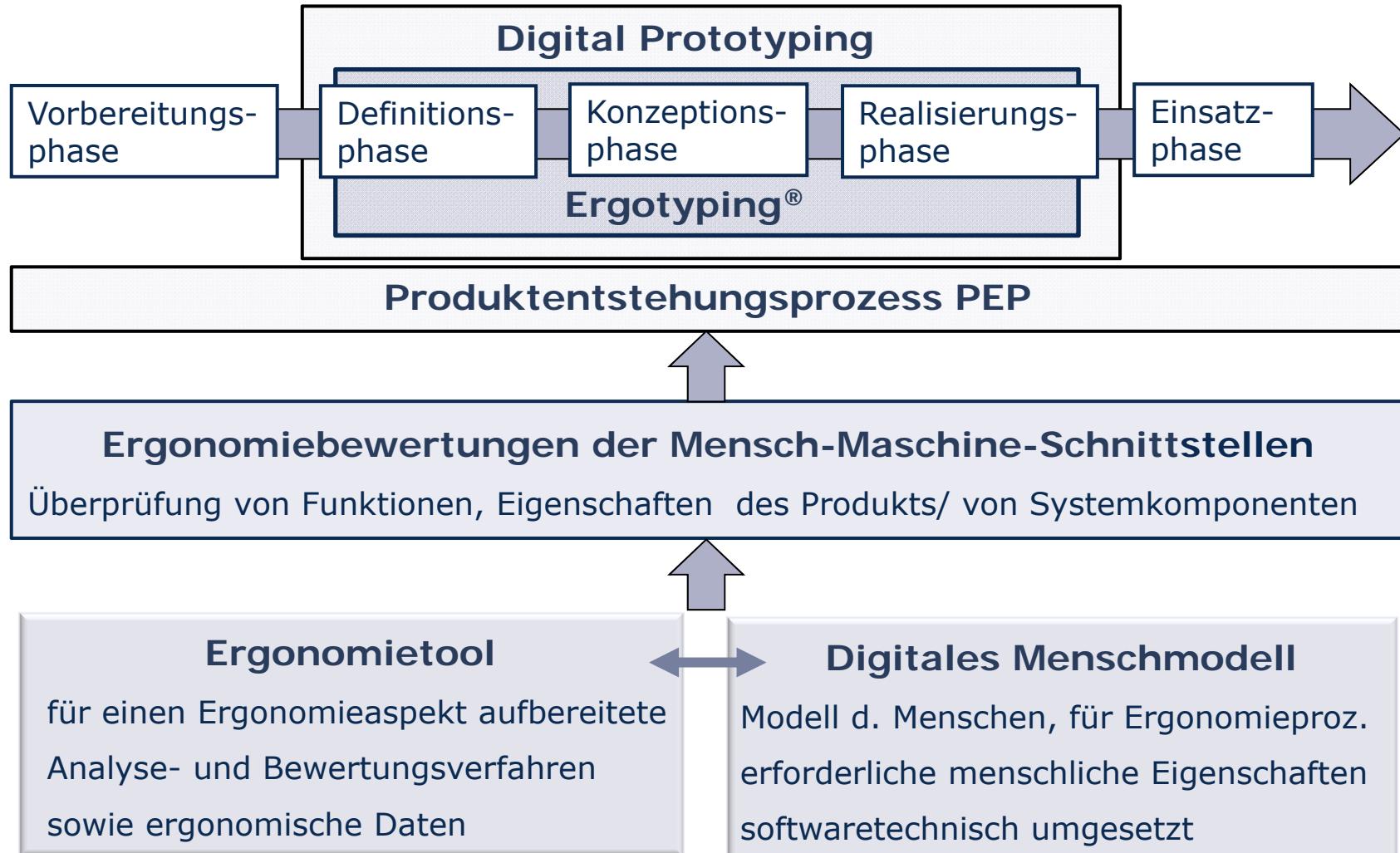
Oberbegriff für die Nutzung von Methoden und digitalen Werkzeugen zur Analyse, Bewertung u. Gestaltung ergonomischer Aspekte im Digital Prototyping

Ergotyping® ist eine geschützte Marke der TU Dresden

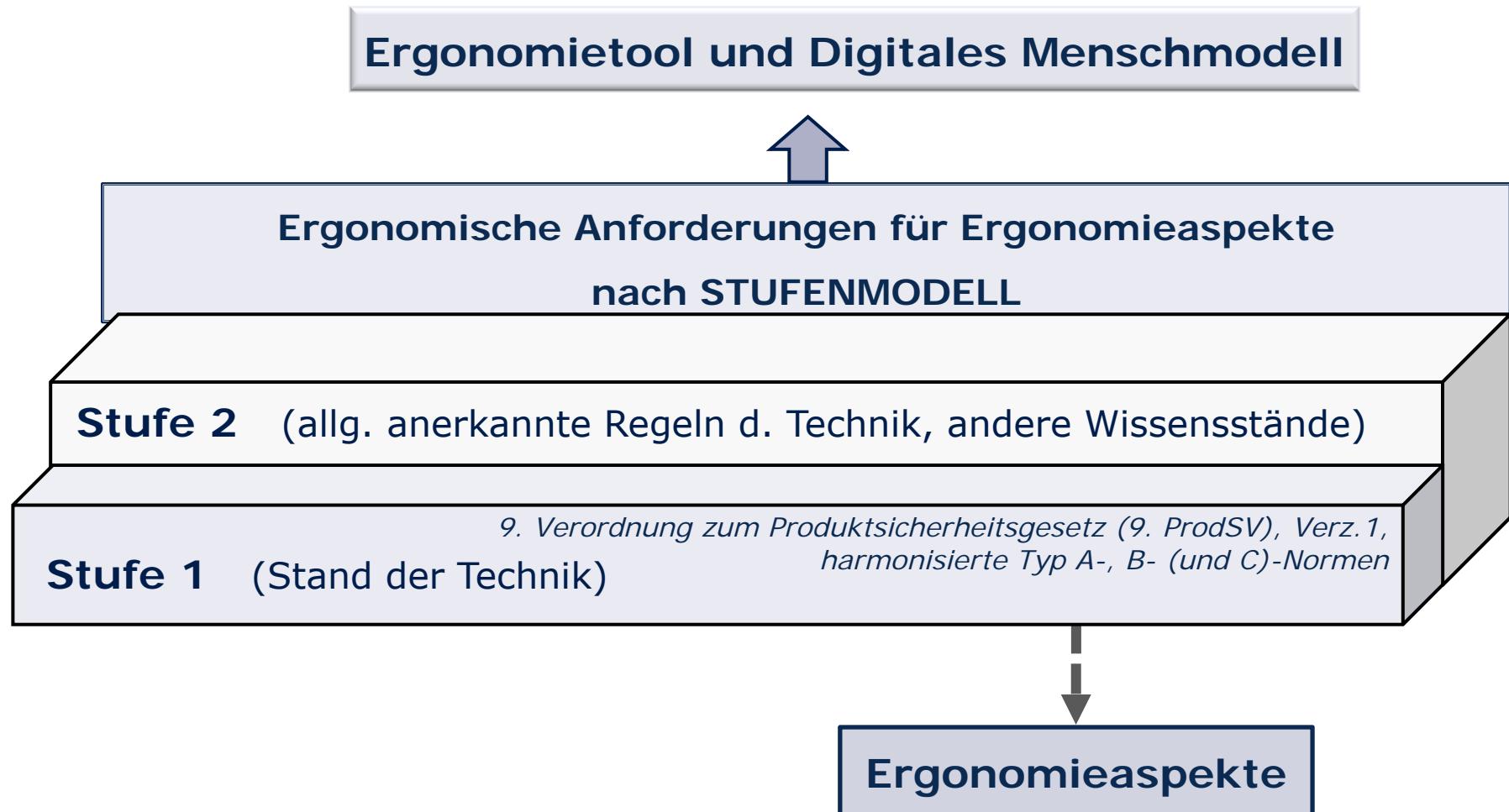
## II. Einordnung entwickelter Ergonomie-Tools



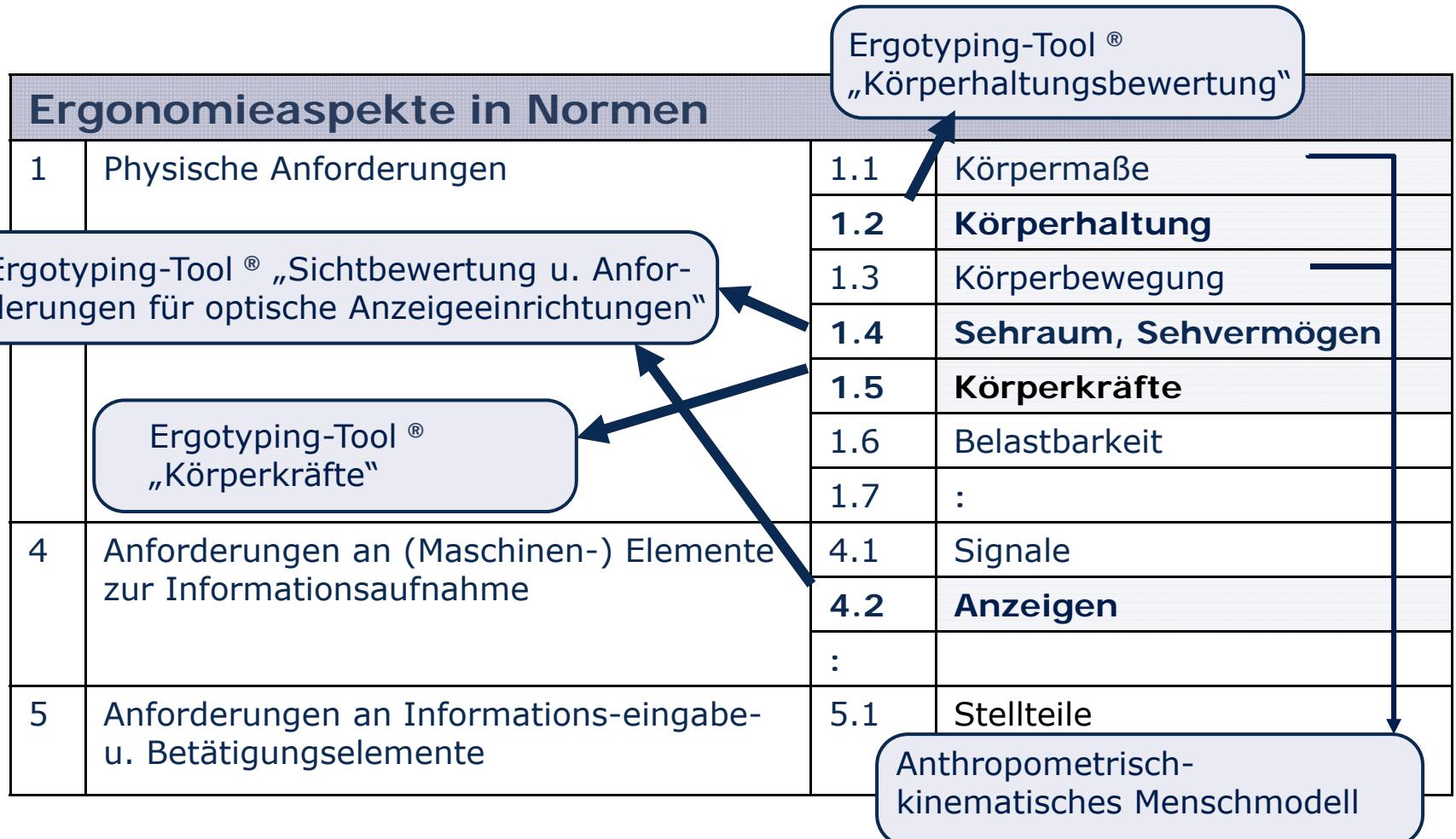
## II. Einordnung entwickelter Ergonomie-Tools



## II. Einordnung entwickelter Ergonomie-Tools



## II. Einordnung entwickelter Ergonomie-Tools



## II. Einordnung entwickelter Ergonomie-Tools

Digitales Ergonomiewerkzeug CharAT-Ergonomics

Weiterentwicklung zwischen

TU Dresden



Institut für  
Technische Logistik und  
Arbeitssysteme

Professur für Arbeitswissenschaft

und



Virtual Human Engineering GmbH Stuttgart



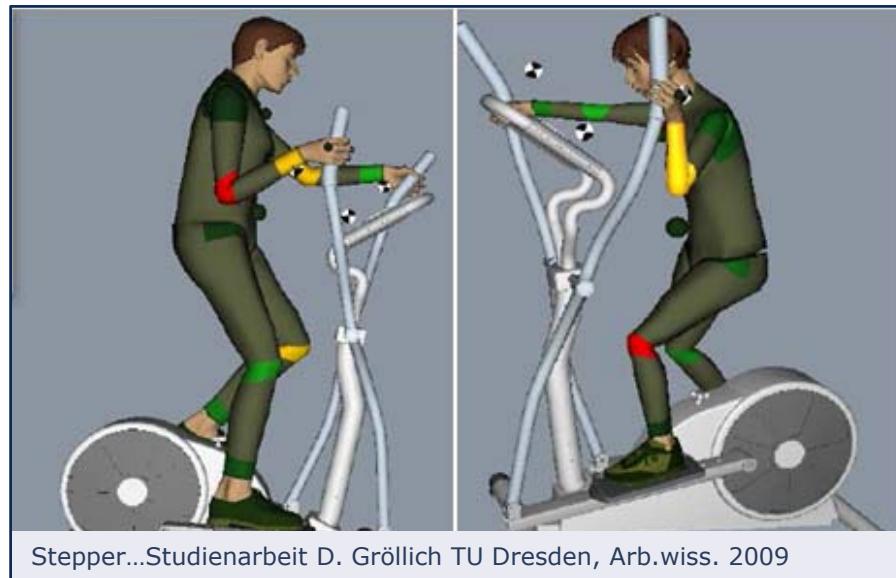
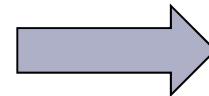
### III. Anthropometrische Aspekte ergonomischer Gestaltung

#### Anthropometrische Eigenschaften der Zielgruppe (demografischer Wandel)



Geschlecht, Alter

Perzentil



Stepper...Studienarbeit D. Gröllich TU Dresden, Arb.wiss. 2009



Kamusella: TU Dresden, Arbeitswissenschaft



### III. Anthropometrische Aspekte ergonomischer Gestaltung

#### Anthropometrische Eigenschaften der Zielgruppe

(demografischer Wandel)

CharAT-Ergonomics:

Geschlecht, Alter

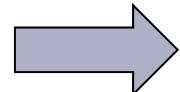
Perzentil

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

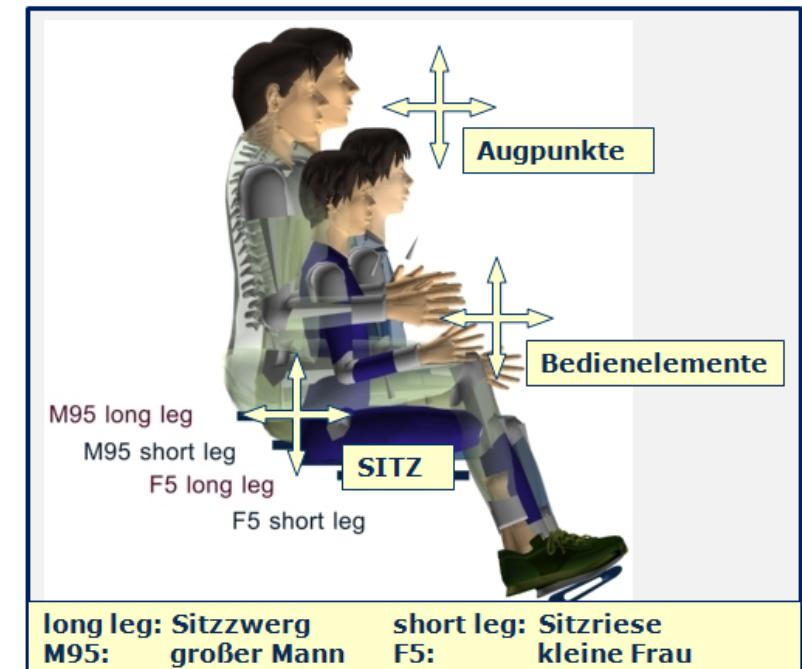
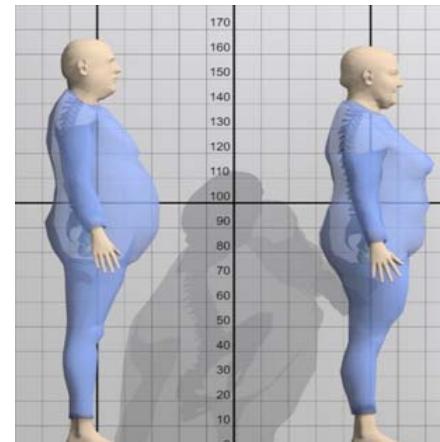
Perzentil

Region

Akzeleration

**Proportion**

**Somatotyp**



Kamusella: TU Dresden, Arbeitswissenschaft

### III. Anthropometrische Aspekte ergonomischer Gestaltung

#### Anthropometrische Eigenschaften der Zielgruppe



### 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:

- 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

- 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](http://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 Umweltnaturwissenschaften.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.)

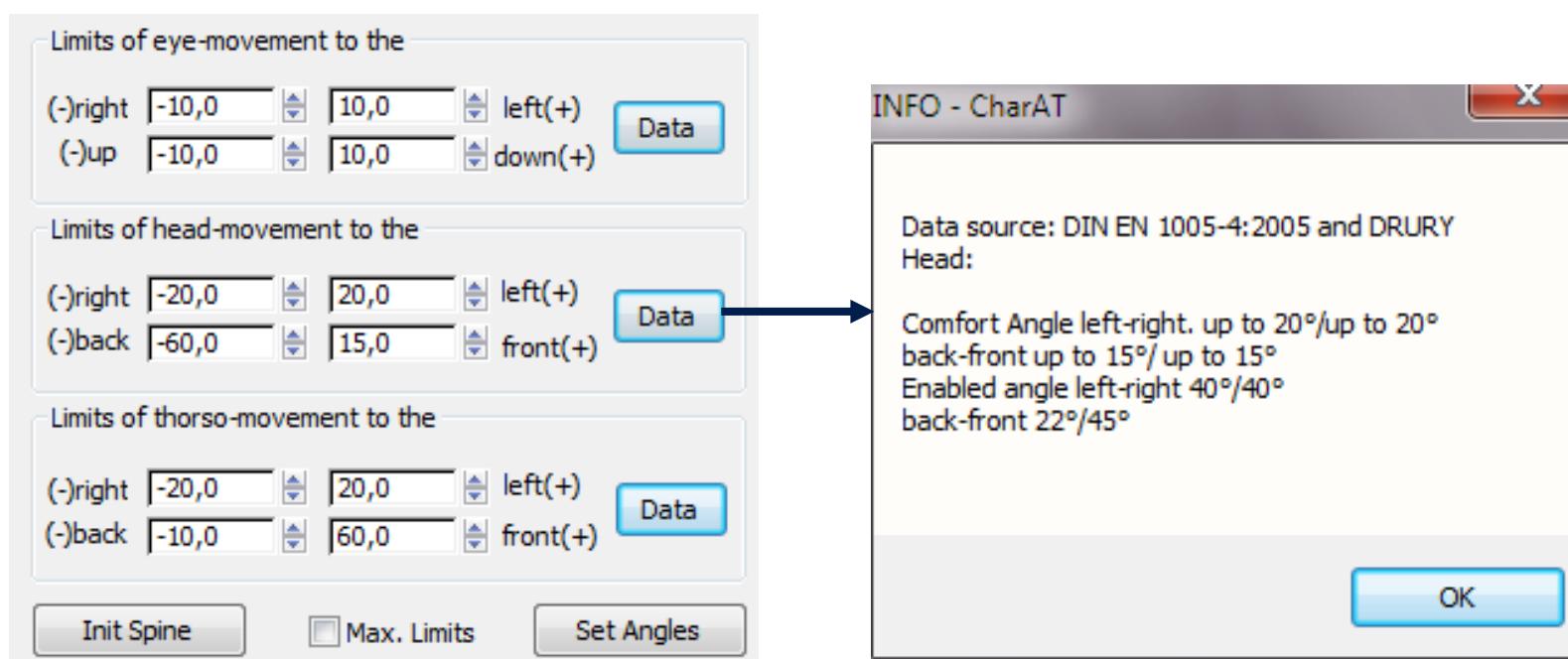
### Nutzer- und produktorientierte Parameter der Sichtbewertung und für optische Anzeigeeinrichtungen

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
Sehstrahllage in Abh. Körperhaltung	Stufe 1 und 2
Vergenzen	Stufe 2

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

#### Parameter – Nutzerorientiert:

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



### Parameter – Nutzerorientiert:



### Serielle Auge-Kopf-Körpermotorik innerhalb gewählter Gelenkwinkelgrenzen

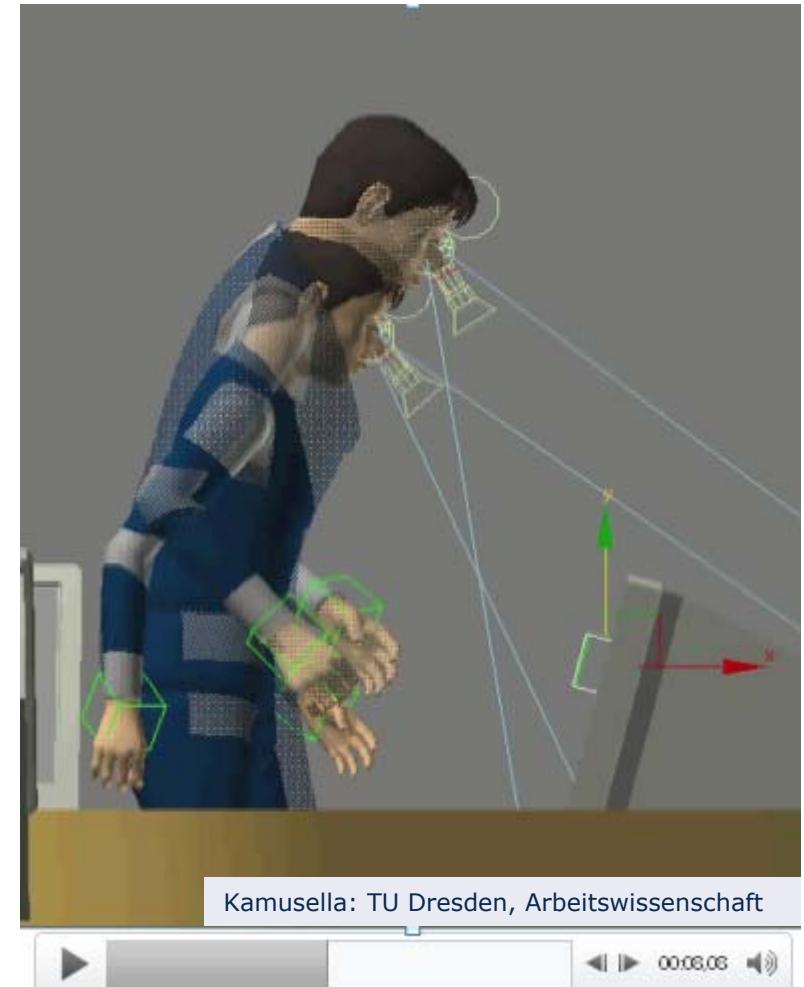
- Bewertung der Lage von Sehzielen
- Anordnungsempfehlungen für Sehobjekte
- Synchrone Betrachtung anthropometrisch differenzierter Referenzpersonen



#### Im Beispiel:

**Optimal:** Auge-, Kopfbewegung

**Ungünstig:** Körpereinsatz bzw. stärkere Kopfzwendung



### Serielle Auge-Kopf-Körpermotorik innerhalb gewählter Gelenkwinkelgrenzen

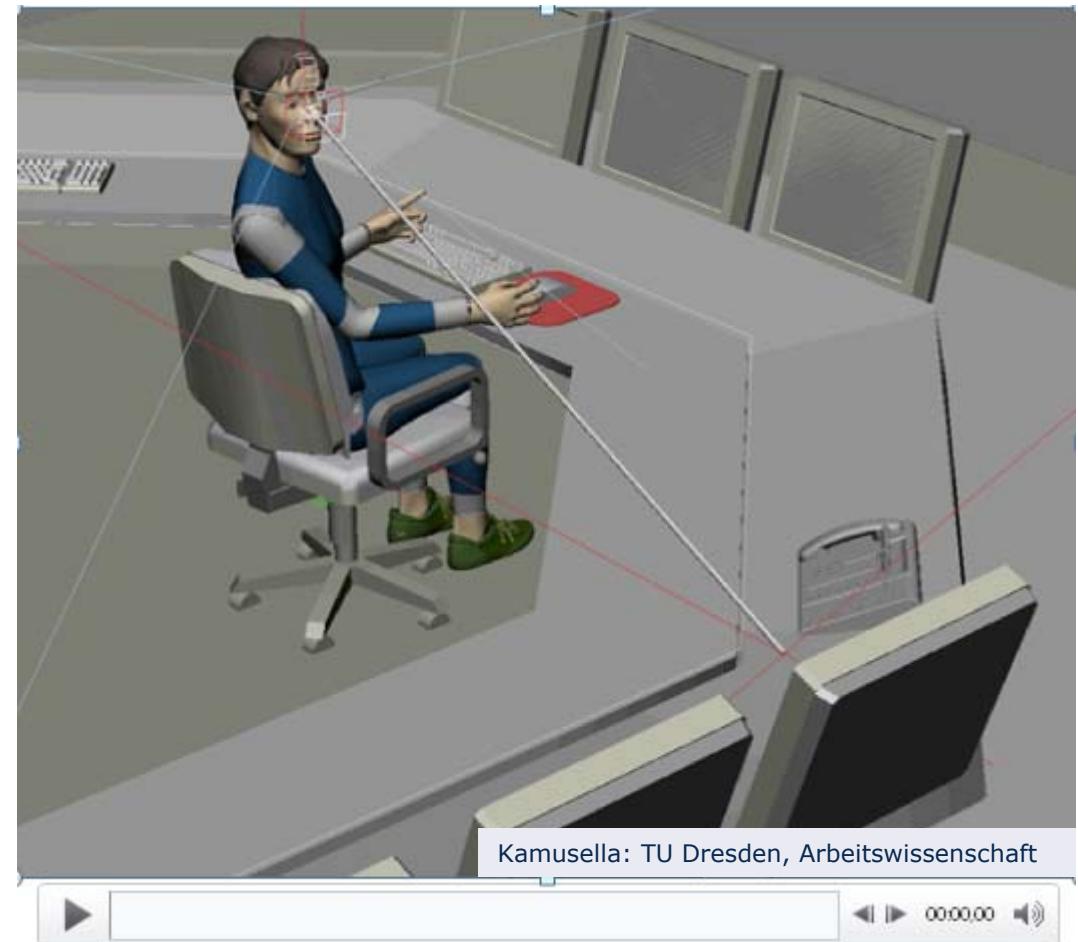
- Bewertung der Lage von Sehzielen
- Anordnungsempfehlungen für Sehobjekte
- Synchrone Betrachtung anthropometrisch differenzierter Referenzpersonen

**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)



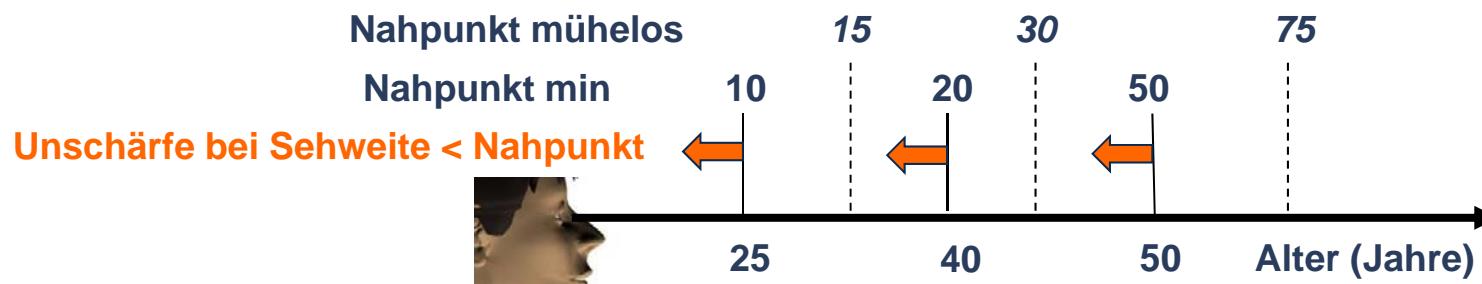
Kamusella: TU Dresden, Arbeitswissenschaft

### Parameter – Nutzerorientiert:

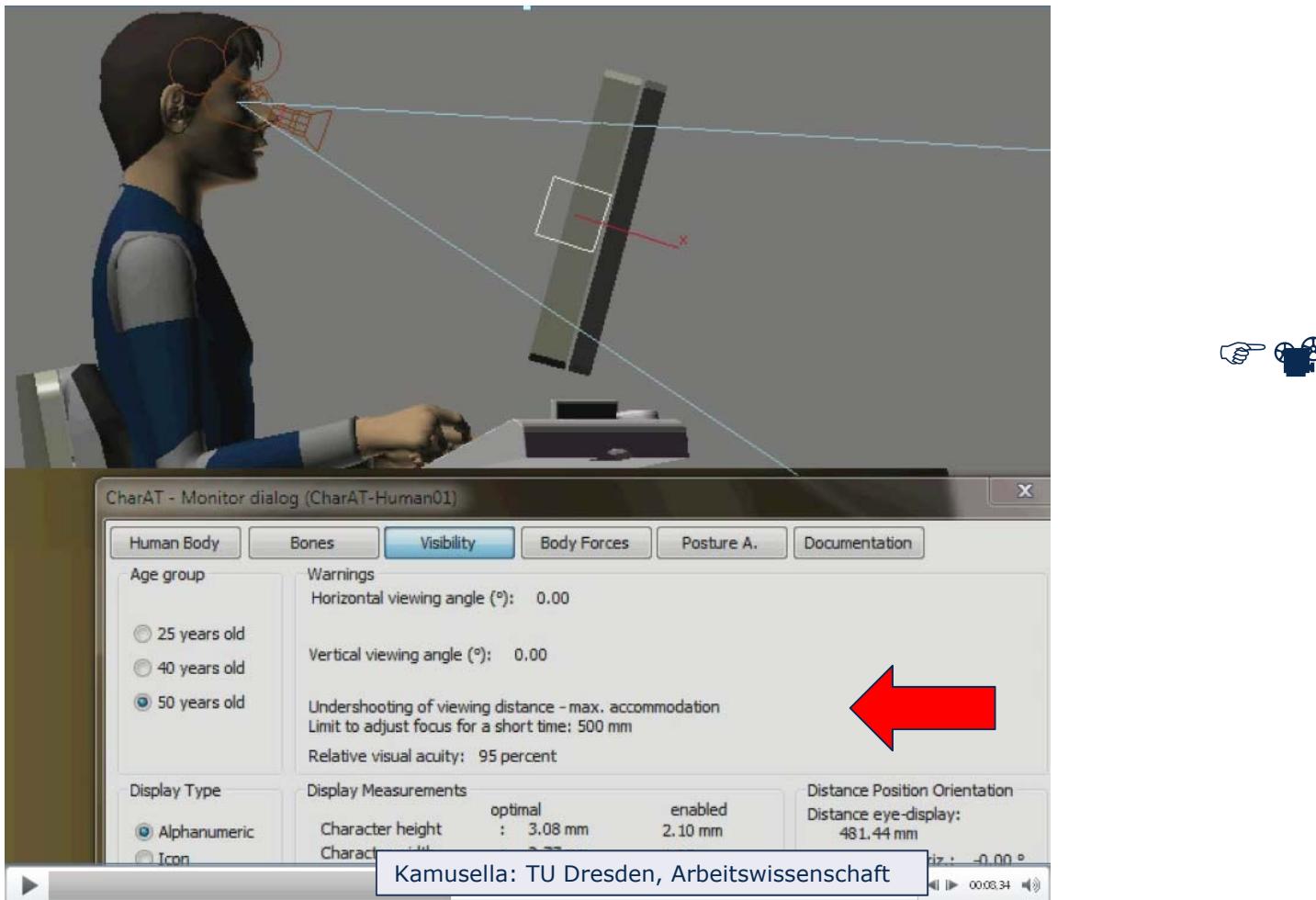
- Optimale Platzierung von Anzeigeflächen
  - ➔ Altersabhängige Gebrauchs- und max. Akkommodation
  - ➔ Sehentfernungsabhängige Sehschärfe

#### 3 Altersstufen:

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



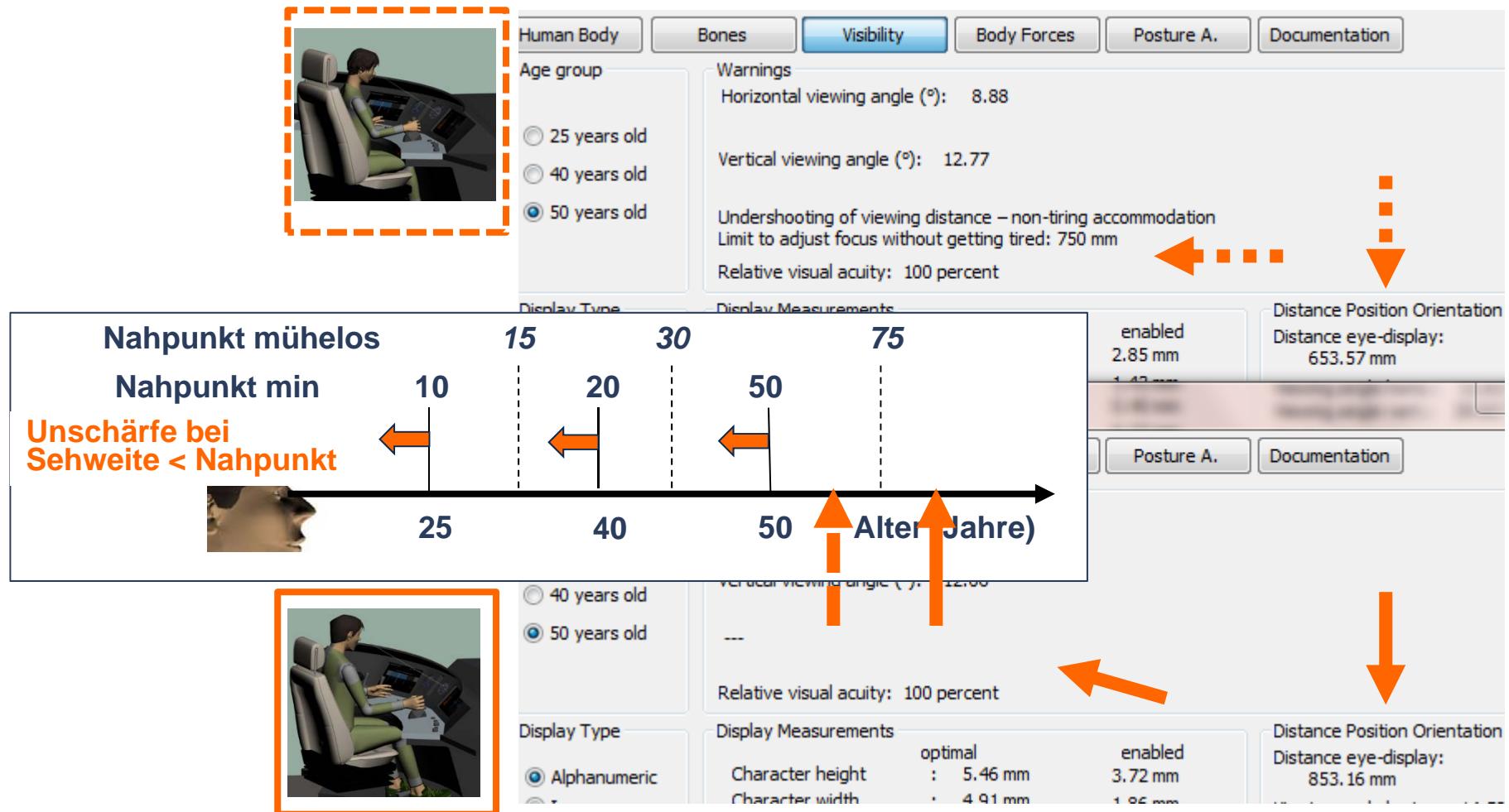
### Einfluss Akkommodation und Defokussierung (auf Sehschärfe)



## IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools

### Sichtbewertung u. optische Anzeigeeinrichtungen

#### Einfluss Akkommodation und Defokussierung (auf Sehschärfe)

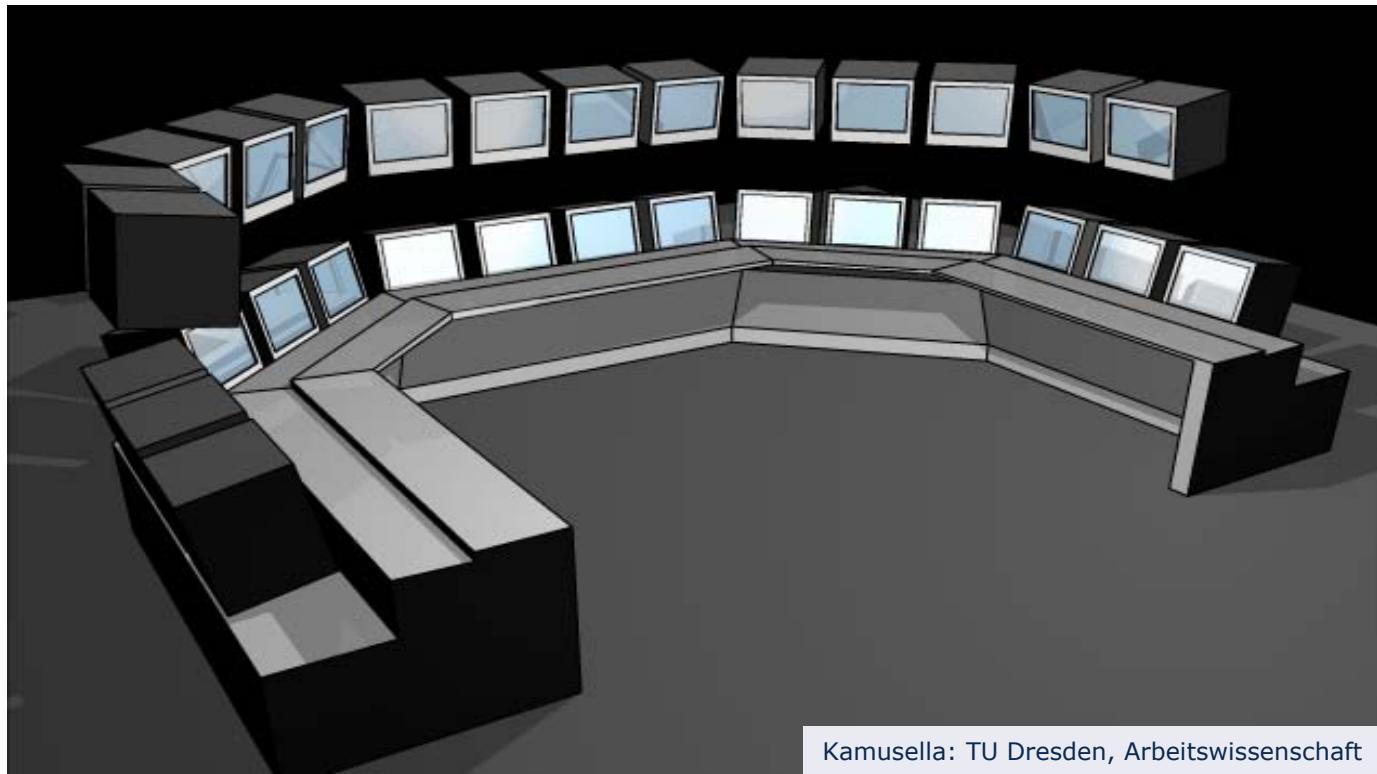


### Parameter – Nutzerorientiert:

- **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:

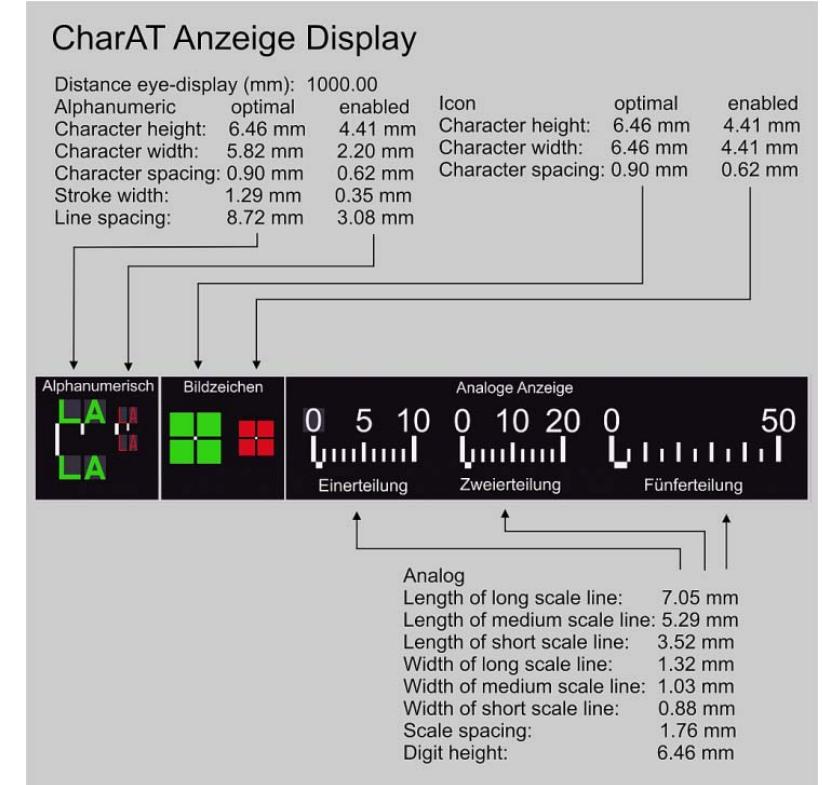
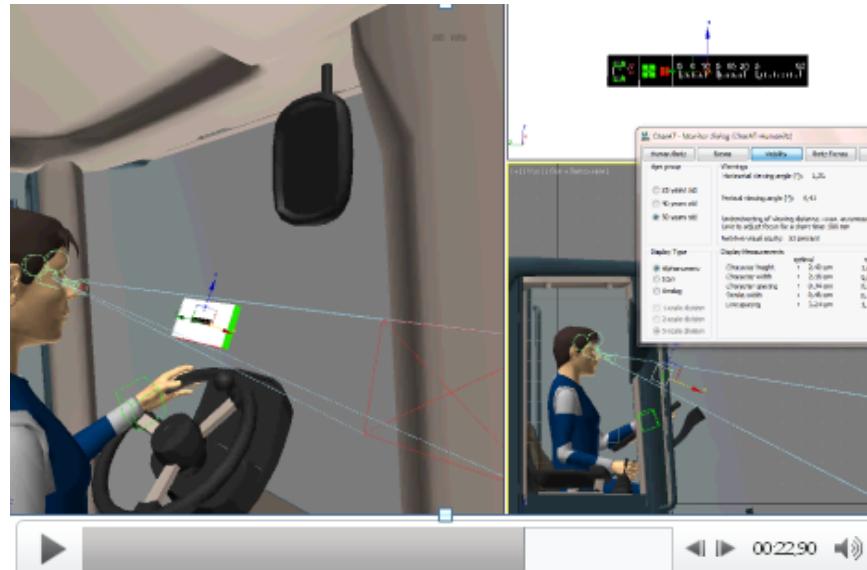
- **Sehzeichendimensionierung**



optimal/ zulässig für digitale und analoge Anzeigen:

→ sehentfernungsabhängig

→ dynamisch, sofortige Rückmeldung



## IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools

### Körperkraftbewertung

#### 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)

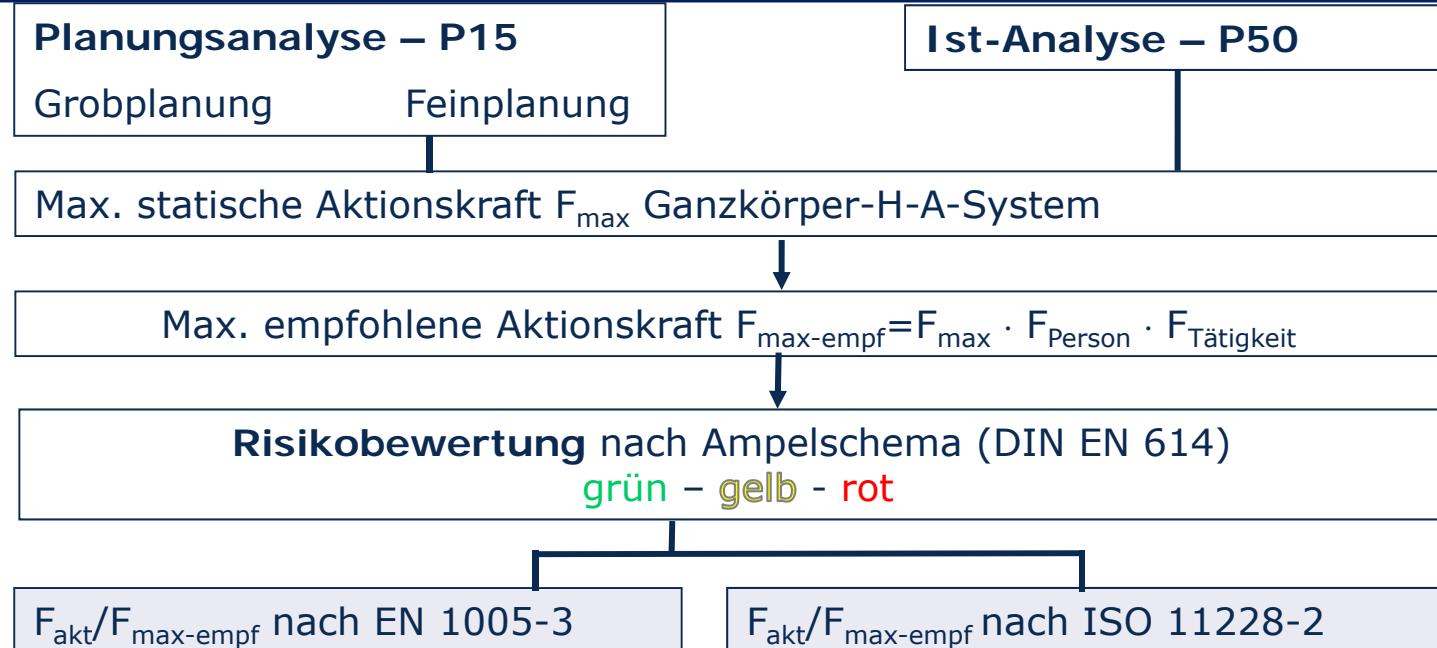
Bewertung	Planungsanalyse (DIN EN 1005-3)	Ist-Analyse (ISO 11228-2)
Grün	$F_{akt}/F_{max.empf} \leq 0.5$	$F_{akt}/F_{max.empf} \leq 0.85$
Gelb	$0.5 < F_{akt}/F_{max.empf} < 0.7$	$0.85 < F_{akt}/F_{max.empf} < 1.0$
rot	$F_{akt}/F_{max.empf} > 0.7$	$F_{akt}/F_{max.empf} \geq 1.0$

## 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

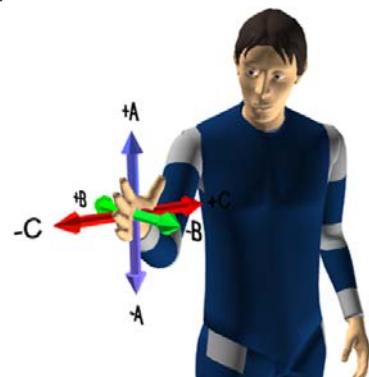


### Untersuchungen nach Montagespezifischem Kraftatlas:

- Berücksichtigung für Körpermaßperzentile 5, 50, 95

### Einflussfaktoren auf Kraftausübung:

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



The screenshot shows the 'Body Forces' tab of the Ergotyping software interface. The 'Analisis Method' section is set to 'Actual state analysis' (selected radio button). The 'Strain' section shows 'One-handed' selected. The 'Body posture' section shows 'Standing' selected. The 'Actual force' section shows 'F act: 0,0 N'. The 'Frequency' section has a dropdown menu open, listing various frequency options:

Frequency / Minute and 8 Hours
<0.5 /min = 240 /8 h
0.5 /min = 240 /8 h
0.67 /min = 322 /8 h
1 /min = 480 /8 h.
2 /min = 960 /8 h.
3 /min = 1440 /8 h.

## IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools

### Körperkraftbewertung

Körperhaltungen:

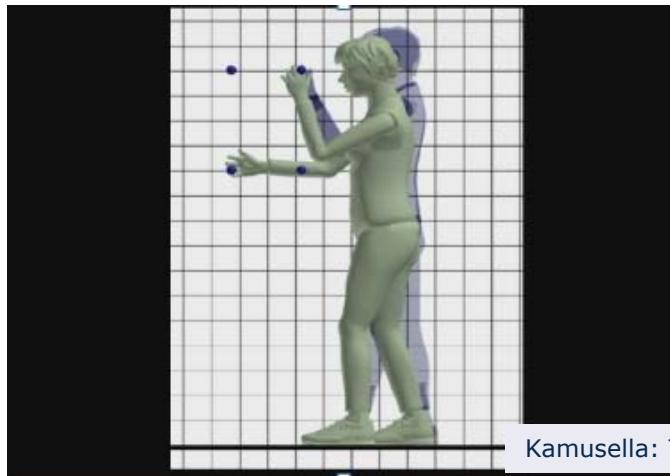


asymmetrisch

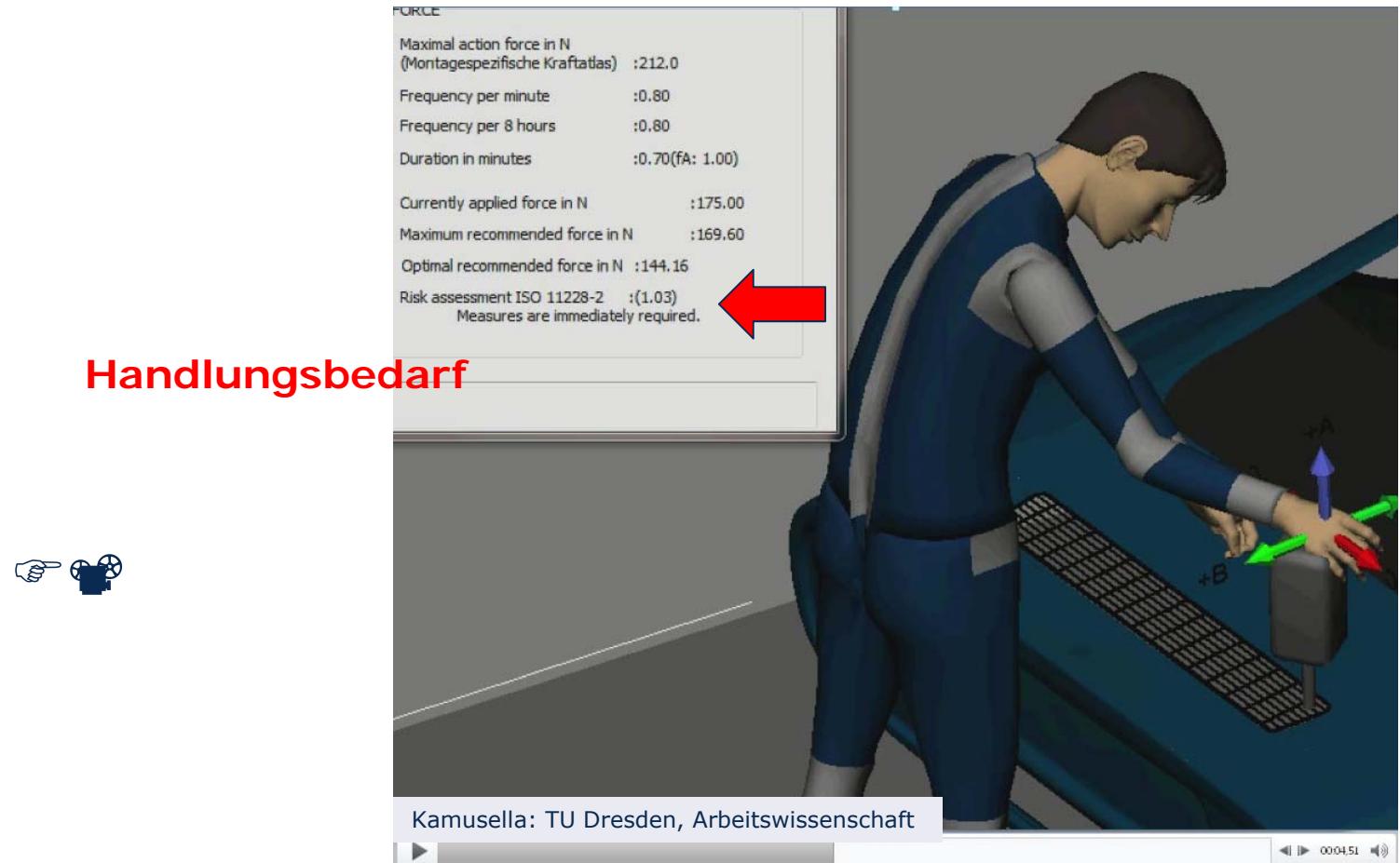


Montagespezifischer Kraftatlas:

	symmetrisch	Aufrecht	gebeugt	Überkopf
Stehen				
Sitzen				
Knien				



## IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools Körperkraftbewertung



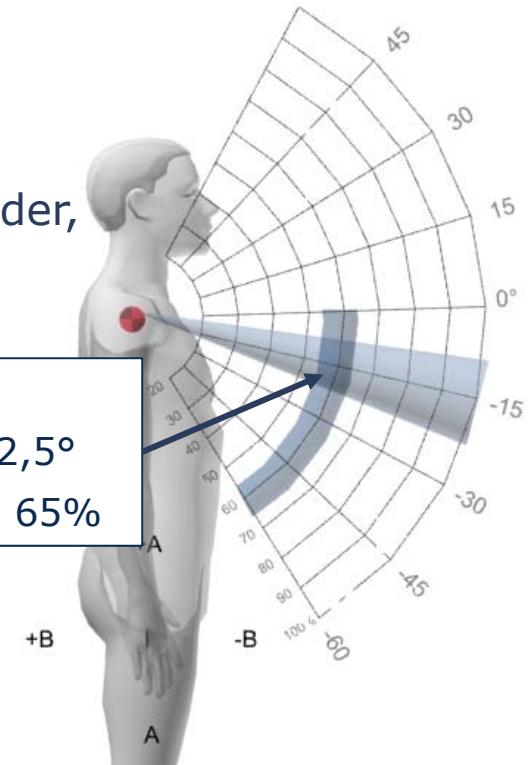
#### Verfahren nach normativen Daten:

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

#### Einflussfaktoren auf Kraftausübung:

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

Wertebereich: (Bsp.)  
 $\alpha=15^\circ \rightarrow \alpha_{akt} : > 7,5^\circ \text{ bis } \leq 22,5^\circ$   
 $R=60\% \rightarrow R_{akt} : > 55\% \text{ bis } \leq 65\%$



## IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools

### Körperkraftbewertung

#### Nutzung normativer Daten:

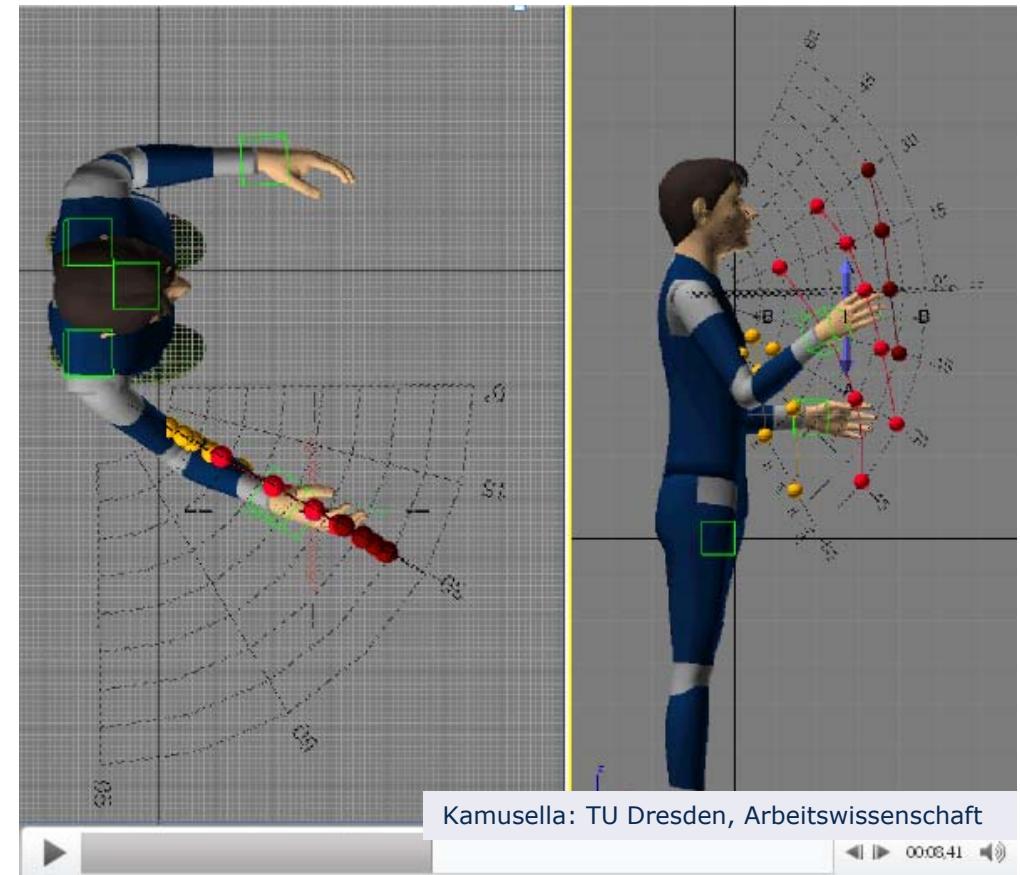
- Grobplanung: Abschätzung von Krafttendenzen



## IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools Körperkraftbewertung

### Nutzung normativer Daten: Abschätzung von Krafttendenzen

→ Bestimmung für Kraftrichtungen in Seitenebenen, Höhenwinkeln

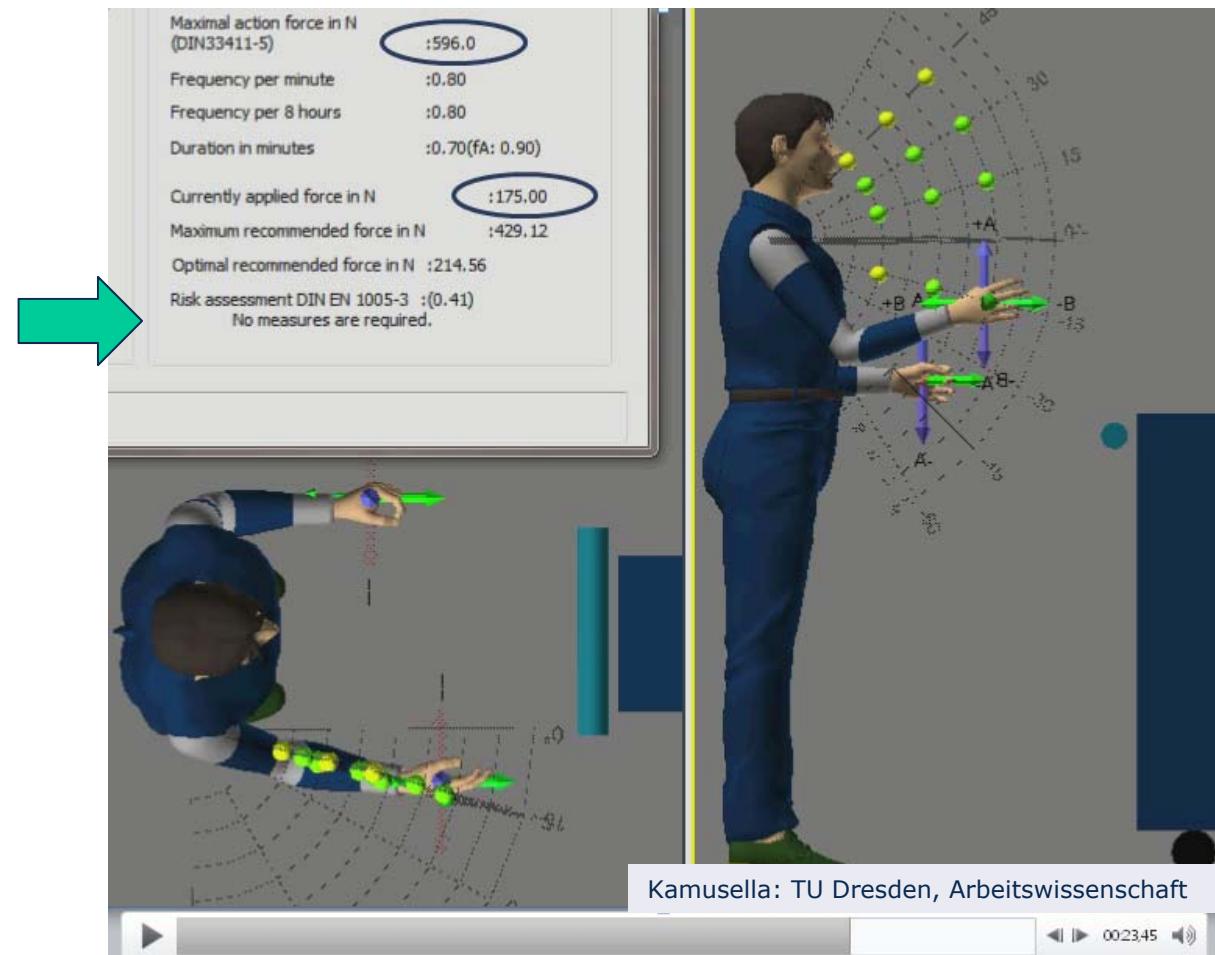


Kamusella: TU Dresden, Arbeitswissenschaft

## IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools Körperkraftbewertung

### Nutzung normativer Daten: Abschätzung von Krafttendenzen

→ Feinplanung

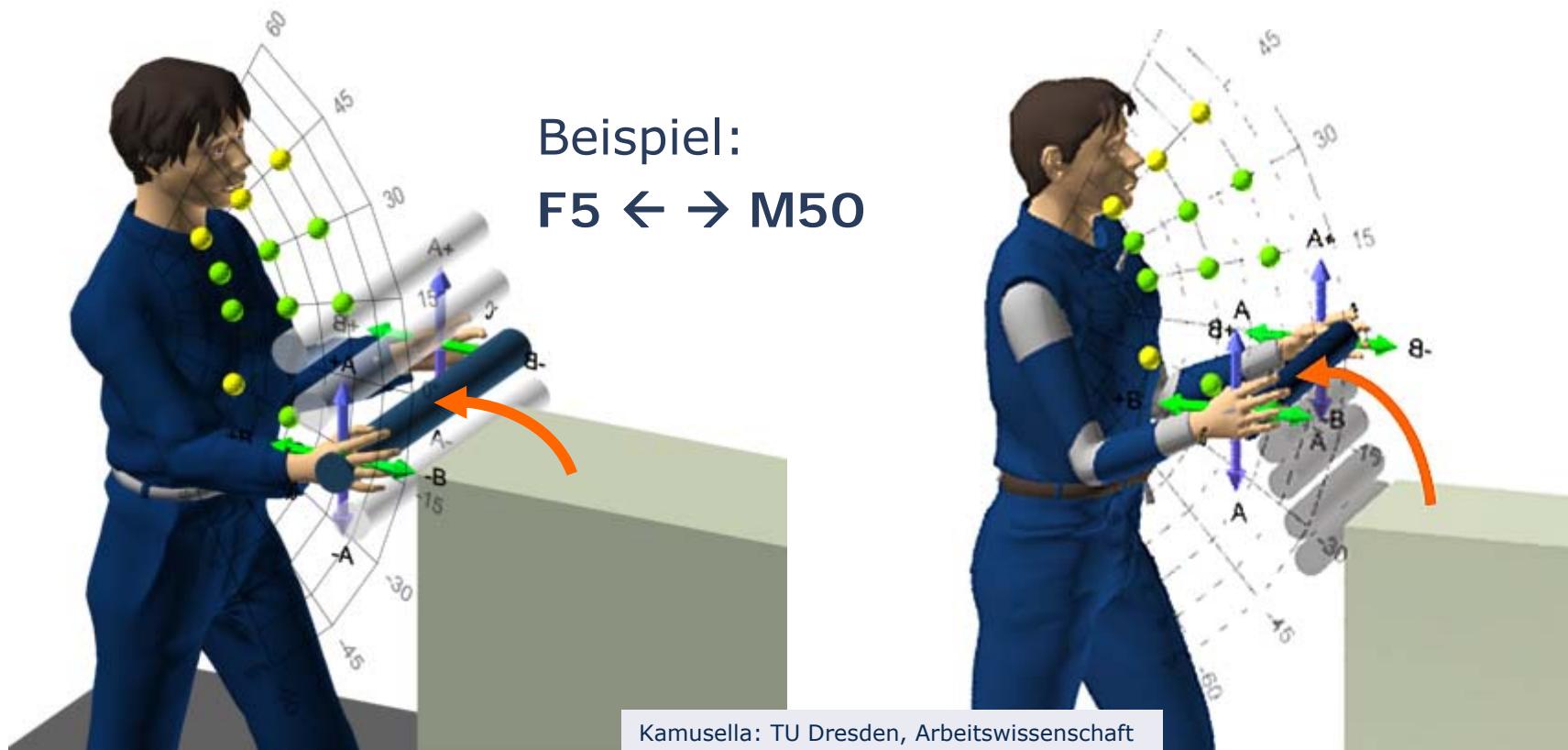


## IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools

### Körperkraftbewertung

**Nutzung normativer Daten: Abschätzung von Krafttendenzen sowie**

→ Feinplanung: Ermittlung konkreter zulässiger Aktionskräfte

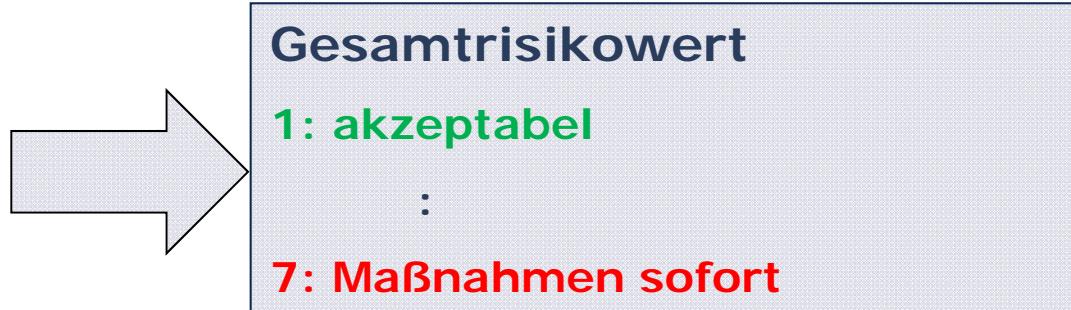


### Screening-Verfahren: RULA und OWAS (Stufemodell: Stufe 2)

**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



### RULA-Verfahren – Control-Dialog

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

**Static Biomechanical Force Prediction**

<b>Output Filter</b>	<b>Body Region</b>	<b>Support</b>	<b>RULA (Rapid Upper Limb Assessment)</b>
<input checked="" type="radio"/> Discomfort % <input type="radio"/> N-Force X	<input checked="" type="radio"/> Spine	<input type="checkbox"/> LArm	<input checked="" type="radio"/> Right hand-arm-system
<input type="radio"/> Posture % <input checked="" type="radio"/> N-Force Y	<input type="radio"/> Arms	<input type="checkbox"/> RArm	<input type="radio"/> Left hand-arm-system
<input type="radio"/> Resistant % <input checked="" type="radio"/> N-Force Z	<input type="radio"/> L Hand	<input type="checkbox"/> LLeg	<input type="radio"/> Left and right hand-arm-system
<input type="radio"/> Torque <input checked="" type="radio"/> N-Force ->	<input type="radio"/> R Hand	<input type="checkbox"/> RLeg	<b>RULA Force/Load</b>
<b>Graphic</b>	<b>Legs</b>	<input type="checkbox"/> Spine	<input checked="" type="radio"/> 2kg/temporary <input type="radio"/> 2-10kg/stat/rep
<input type="checkbox"/> Enable <input type="checkbox"/> Raster			<input type="radio"/> 2-10kg/temporary <input type="radio"/> >10kg/repeated
			<b>RULA Physical work</b>
			<input type="radio"/> Without <input type="radio"/> Static <input type="radio"/> Repetition

**OWAS Method**

<input checked="" type="radio"/> Single Posture (1)
<input type="radio"/> Basic Method (2)
<input type="radio"/> Selective Method (3)

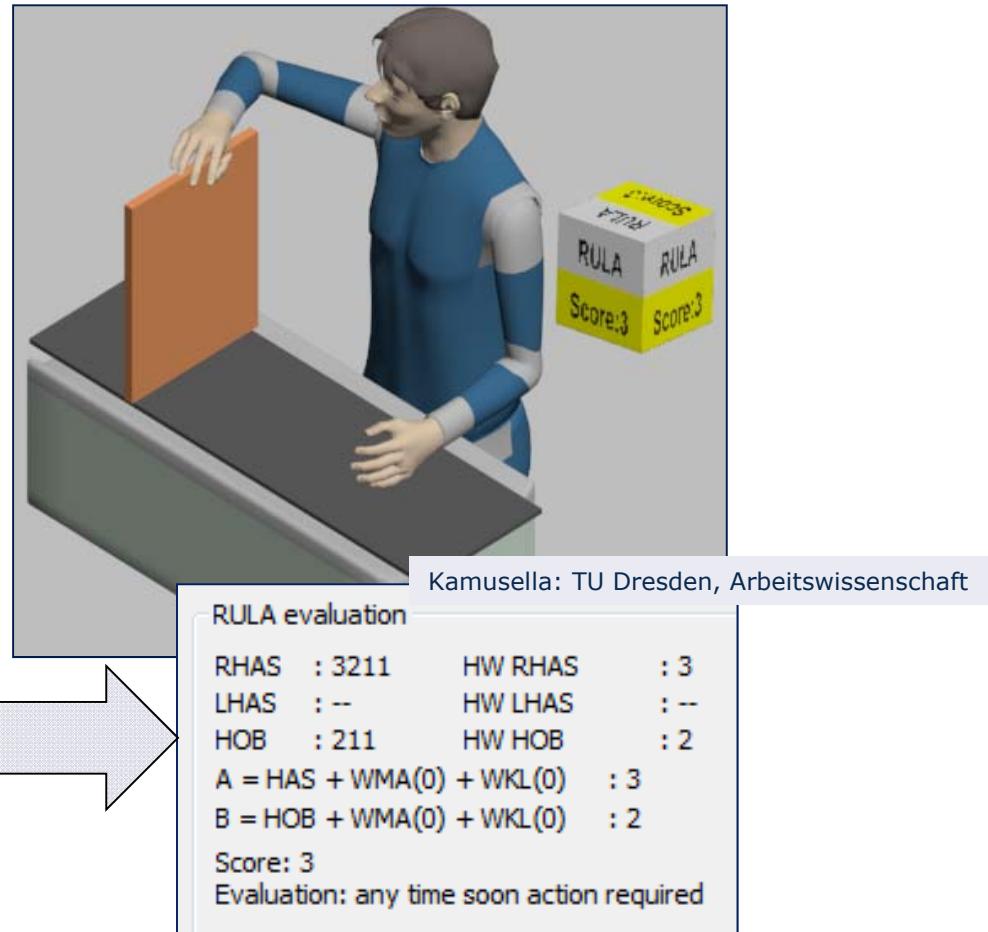
**OWAS Force/Load**

<input type="radio"/> Masculin: <=10kg Feminin: <=5kg
<input type="radio"/> Masculin: 10-20kg Feminin: 5-15kg
<input type="radio"/> Masculin: >20kg Feminin: >15kg

**OWAS Static-Dynamic**

Start Frame	End Frame
40	240
<b>Calculate</b>	

### RULA-Verfahren – Bewertung Einzelhaltung



## IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools

### Körperhaltungsbewertung

**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**

<b>Output Filter</b>	<b>Body Region</b>	<b>Support</b>	<b>RULA (Rapid Upper Limb Assessment)</b>
<input checked="" type="radio"/> Discomfort % <input type="radio"/> N-Force X <input type="radio"/> Posture % <input type="radio"/> N-Force Y <input type="radio"/> Resistant % <input type="radio"/> N-Force Z <input type="radio"/> Torque <input type="radio"/> N-Force ->	<input checked="" type="radio"/> Spine <input type="radio"/> Arms <input type="radio"/> L Hand <input type="radio"/> R Hand <input type="radio"/> Legs	<input type="checkbox"/> LArm <input type="checkbox"/> RArm <input type="checkbox"/> LLeg <input type="checkbox"/> RLeg <input type="checkbox"/> Spine	<input type="radio"/> Right hand-arm-system <input type="radio"/> Left hand-arm-system <input type="radio"/> Left and right hand-arm-system
<b>Graphic</b>			<b>RULA Force/Load</b>
<input type="checkbox"/> Enable <input type="checkbox"/> Permanent <input type="checkbox"/> Raster <input type="checkbox"/> Text			<input checked="" type="radio"/> 2kg/temporary <input type="radio"/> 2-10kg/stat/rep <input type="radio"/> 2-10kg/temporary <input type="radio"/> >10kg/repeated
			<b>RULA Physical work</b>
			<input type="radio"/> Without <input type="radio"/> Static <input type="radio"/> Repetition

**OWAS Method**

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

**OWAS Force/Load**

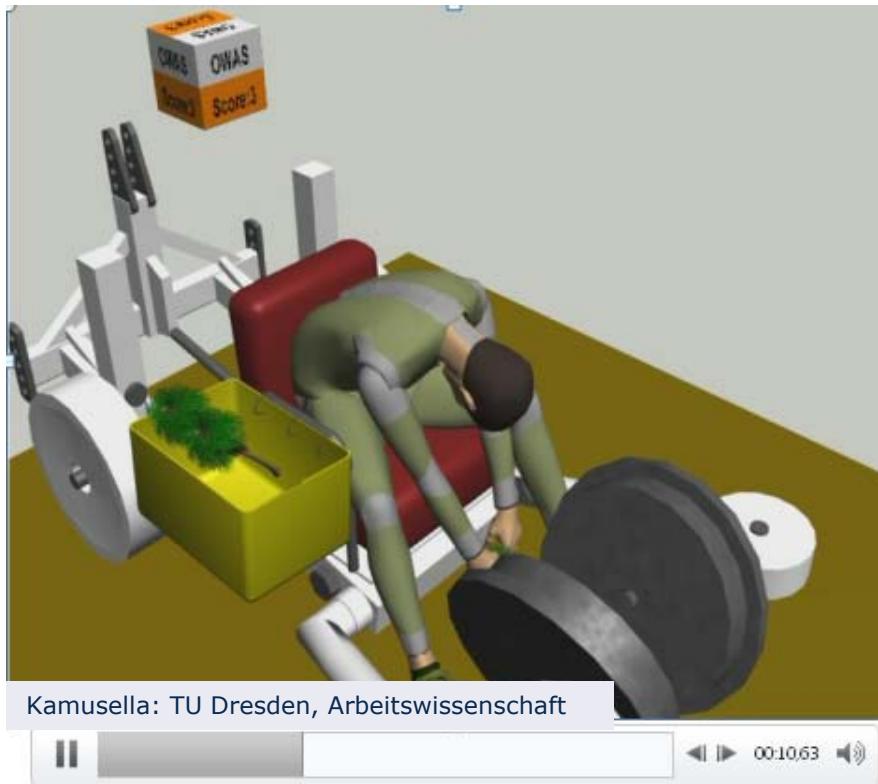
- Masculin: <=10kg Feminin: <=5kg
- Masculin: 10-20kg Feminin: 5-15kg
- Masculin: >20kg Feminin: >15kg

**OWAS Static-Dynamic**

<b>Start Frame</b>	<b>End Frame</b>
<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="240"/>
<b>Calculate</b>	

## IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools Körperhaltungsbewertung

### OWAS: Bewertung einzelner Gesamtkörperhaltungen



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

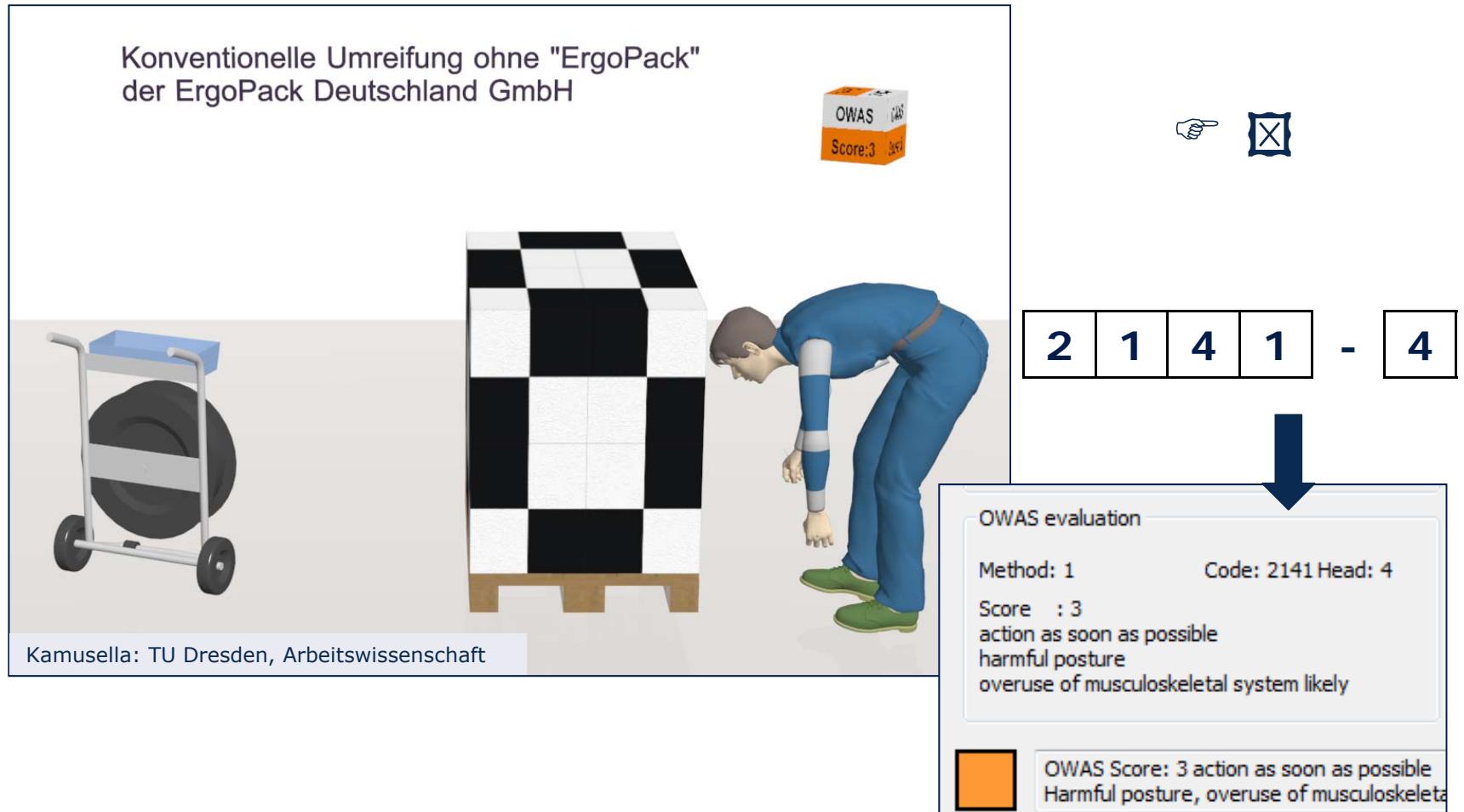


## IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools

### Körperhaltungsbewertung

#### OWAS: Bewertung einzelner Gesamtkörperhaltungen

Konventionelle Umreifung ohne "ErgoPack"  
der ErgoPack Deutschland GmbH



Kamusella: TU Dresden, Arbeitswissenschaft

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

## IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools Körperhaltungsbewertung

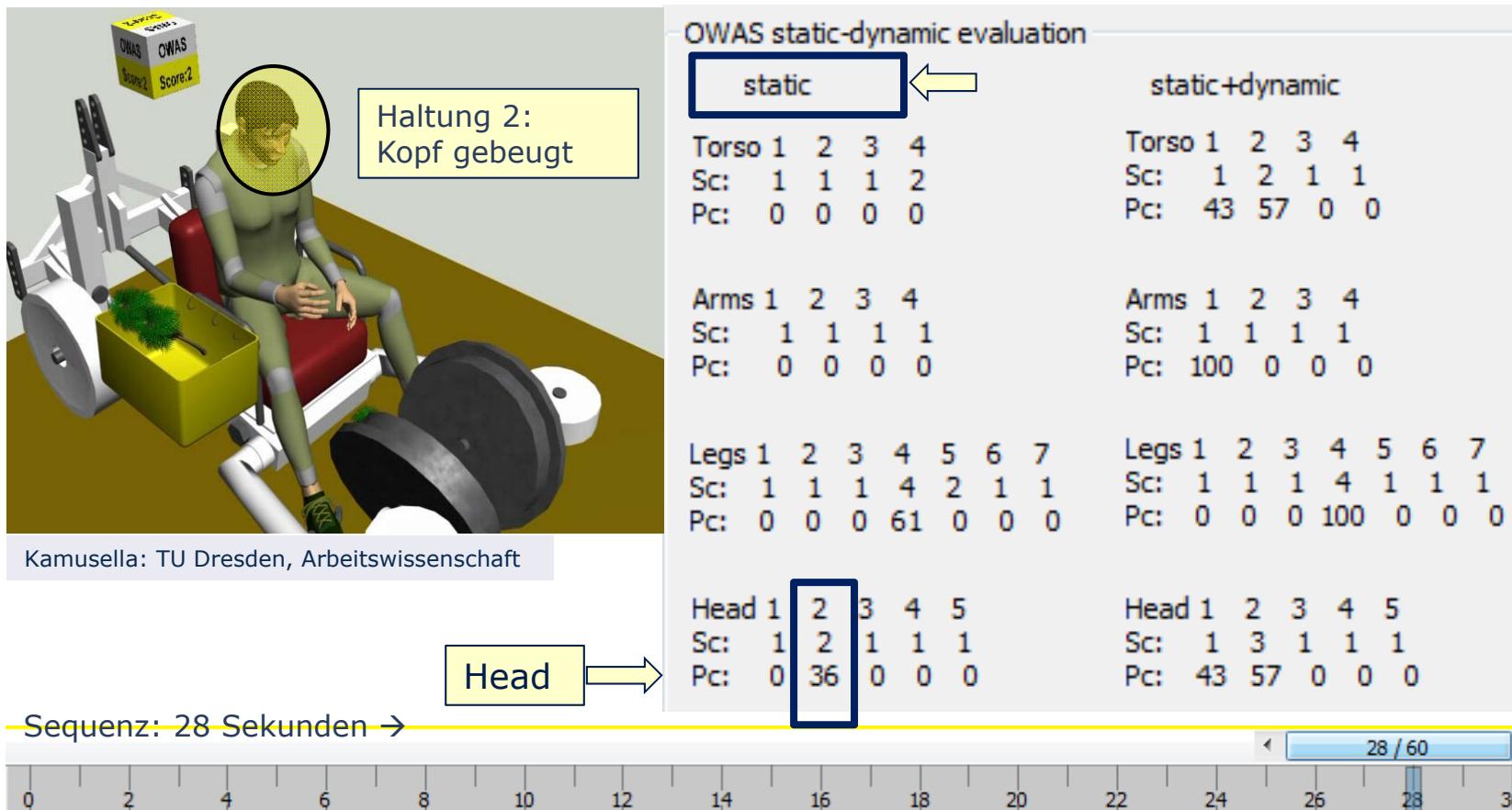
### OWAS: Bewertung einzelner Gesamtkörperhaltungen



## IV. Vorstellung Ergotyping® -Tools

### Körperhaltungsbewertung

**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](mailto:Christiane.Kamusella@tu-dresden.de)  
Internet: [www.tu-dresden.de/mw/tla](http://www.tu-dresden.de/mw/tla)