

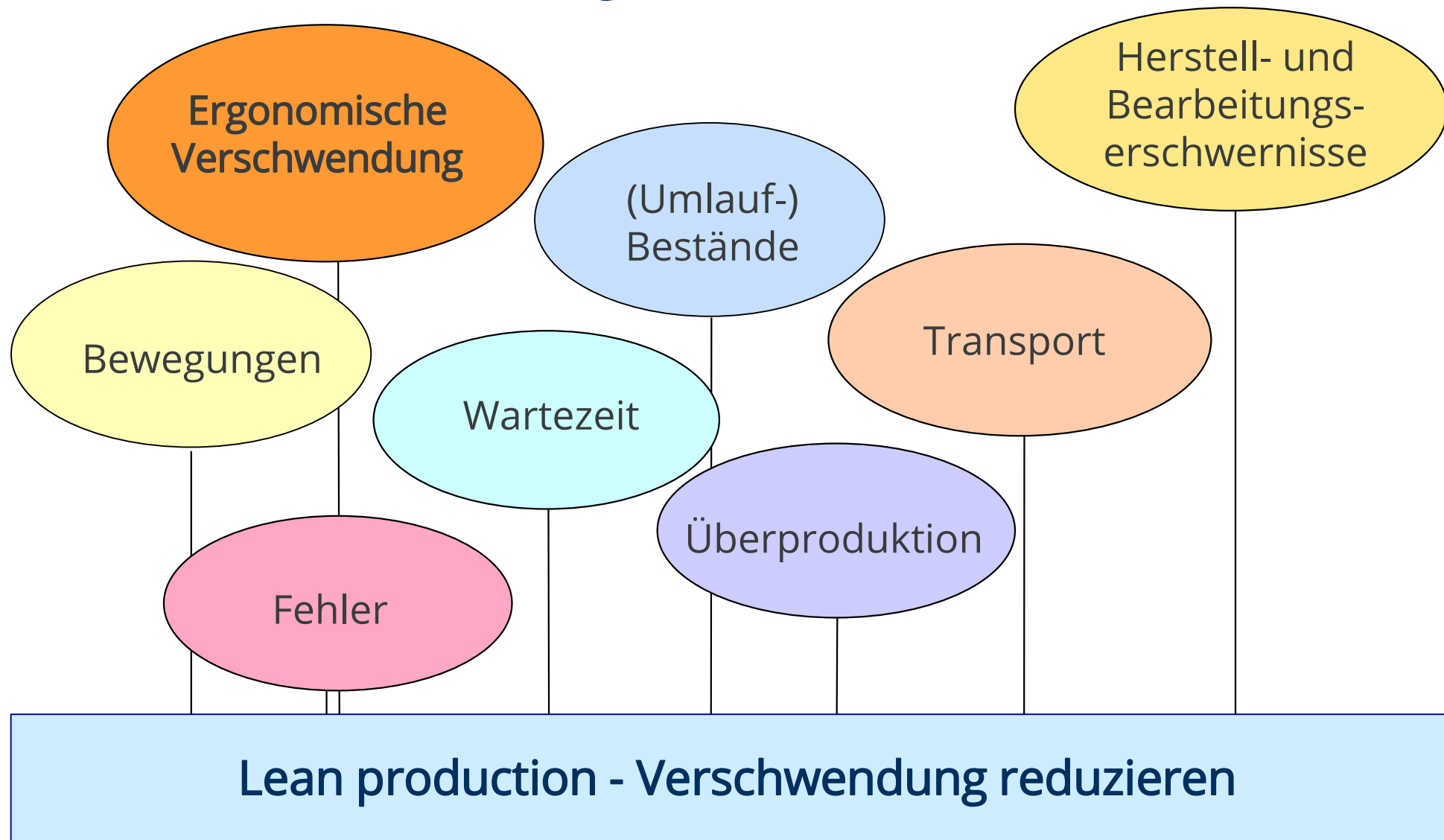
Fakultät Maschinenwesen, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme  
Professur für Arbeitswissenschaft

# Ergonomische Verschwendung - erkennen und vermeiden

Workshop Lean & Ergonomie  
25.2.2019, Passau

Prof. Dr.-Ing. Martin Schmauder

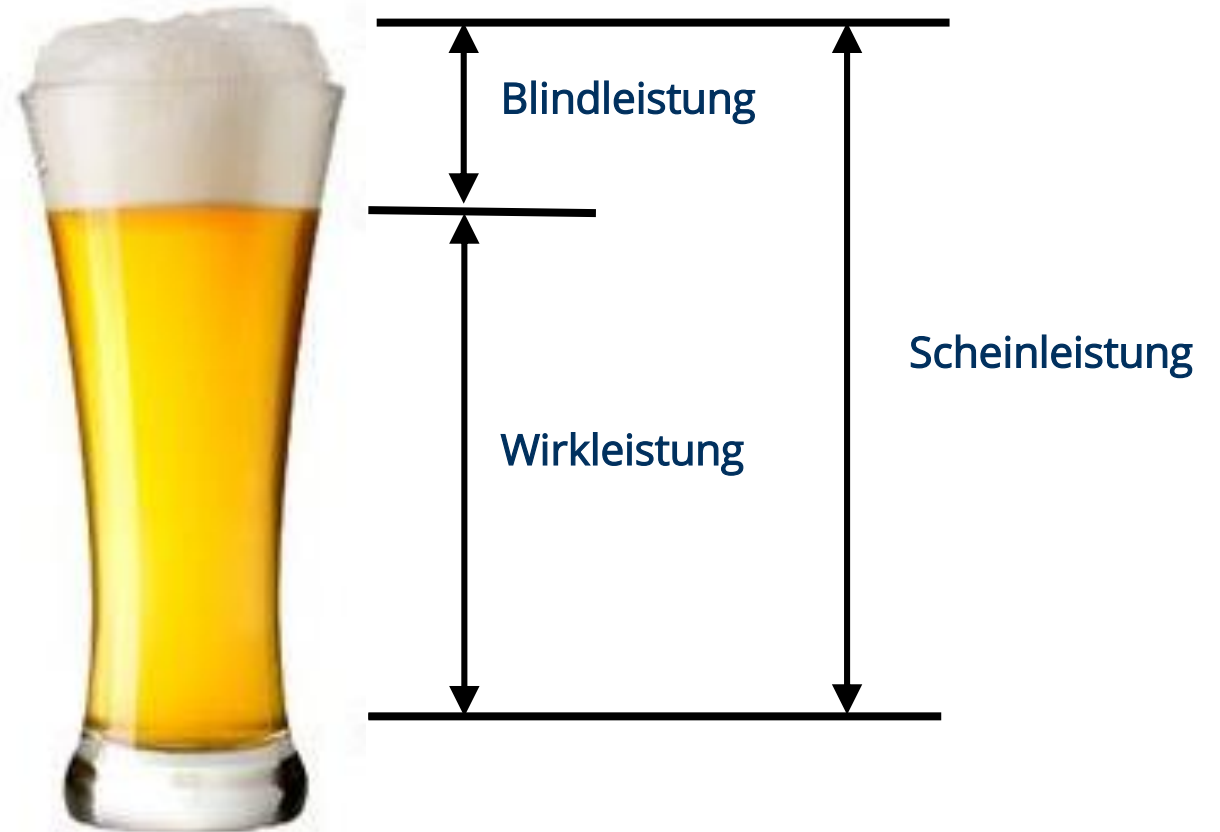
# 7 + 1 Arten der Verschwendung



# Ergonomische Verschwendung = Blindleistung des Menschen vermeiden

**Blindleistung** ist eine unerwünschte Größe im Bereich der Wechselstromtechnik. Fließt von einem Erzeuger mehr Energie zu einem Verbraucher als in diesem umgesetzt wird, so spricht man von **Blindleistung**.

➔ Energieverbrauch ohne Nutzen



# 7 + 1 Arten der Verschwendung

Ergonomische  
Verschwendung

physische Blindleistung  
(Arbeitsplätze, Arbeitsmittel)

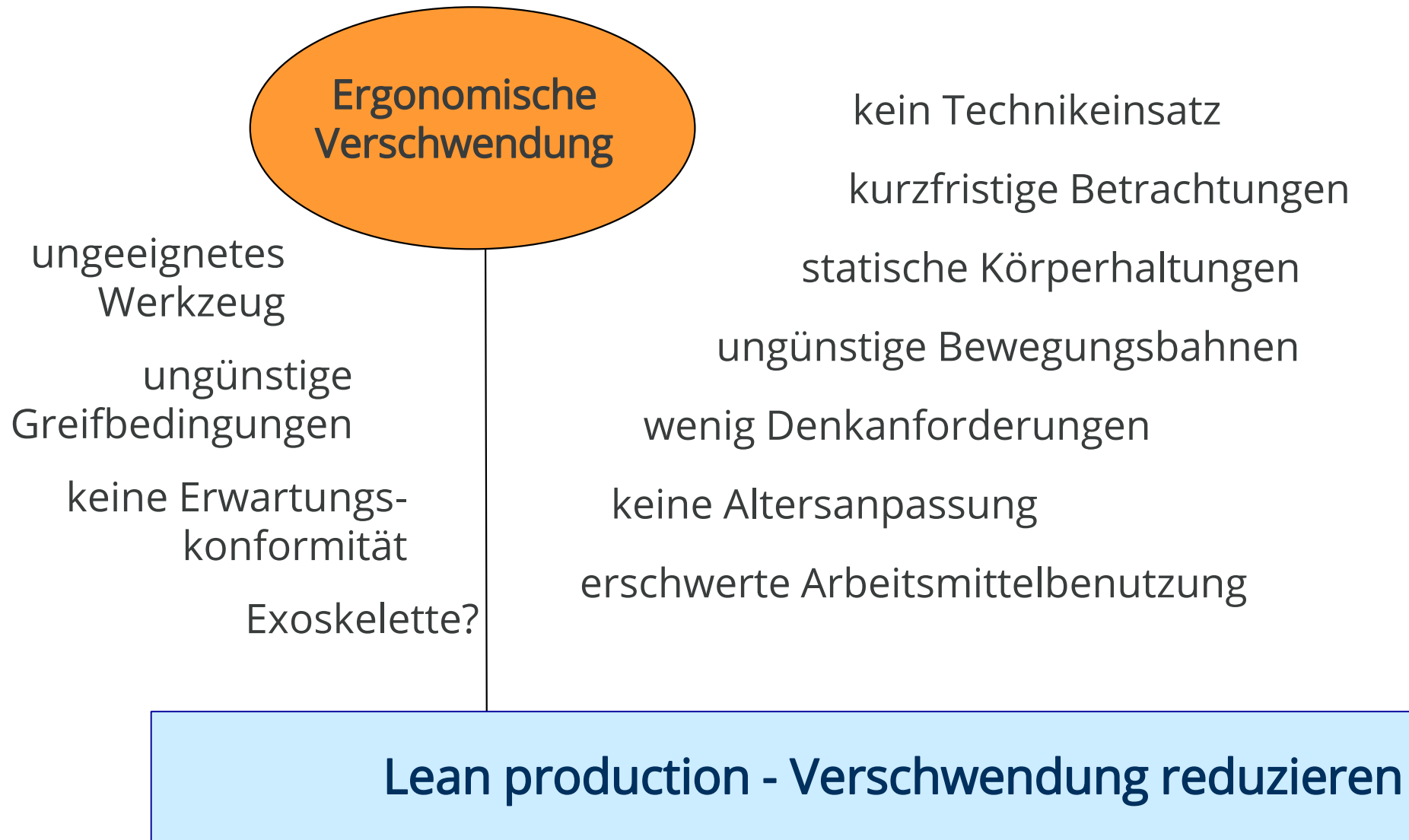
- statische Arbeit
- unphysiologische Bewegungen
- Druck, Wärme

psychische Blindleistung  
(Mensch-Technik-Interaktion)

- „umdenken“
- „drandenken“
- Dequalifikation

Lean production - Verschwendung reduzieren

# 7 + 1 Arten der Verschwendung



# Menschliche Arbeitskraft zielgerichtet einsetzen

maba – maba - Listen

(men are better at – machines are better at)

## Funktionen, die die Maschine besser bewältigen kann

1. Kraft / Leistung bei großer Präzision
2. Exakte Wiederholung von Prozessen
3. Ja – nein - Entscheidungen
4. Vigilanz
5. Detektion von Signalen

## Funktionen, die der Mensch besser bewältigen kann

1. Flexibilität und Improvisation
2. Strategiewechsel
3. Räumliche Wahrnehmung (Raumtiefe und Formen)
4. Prädiktion und Antizipation
5. Adaption und Lernen
6. Komplexe Entscheidungen in unvollkommen definierten Situationen

**Aber:  
Maschinen werden besser!**

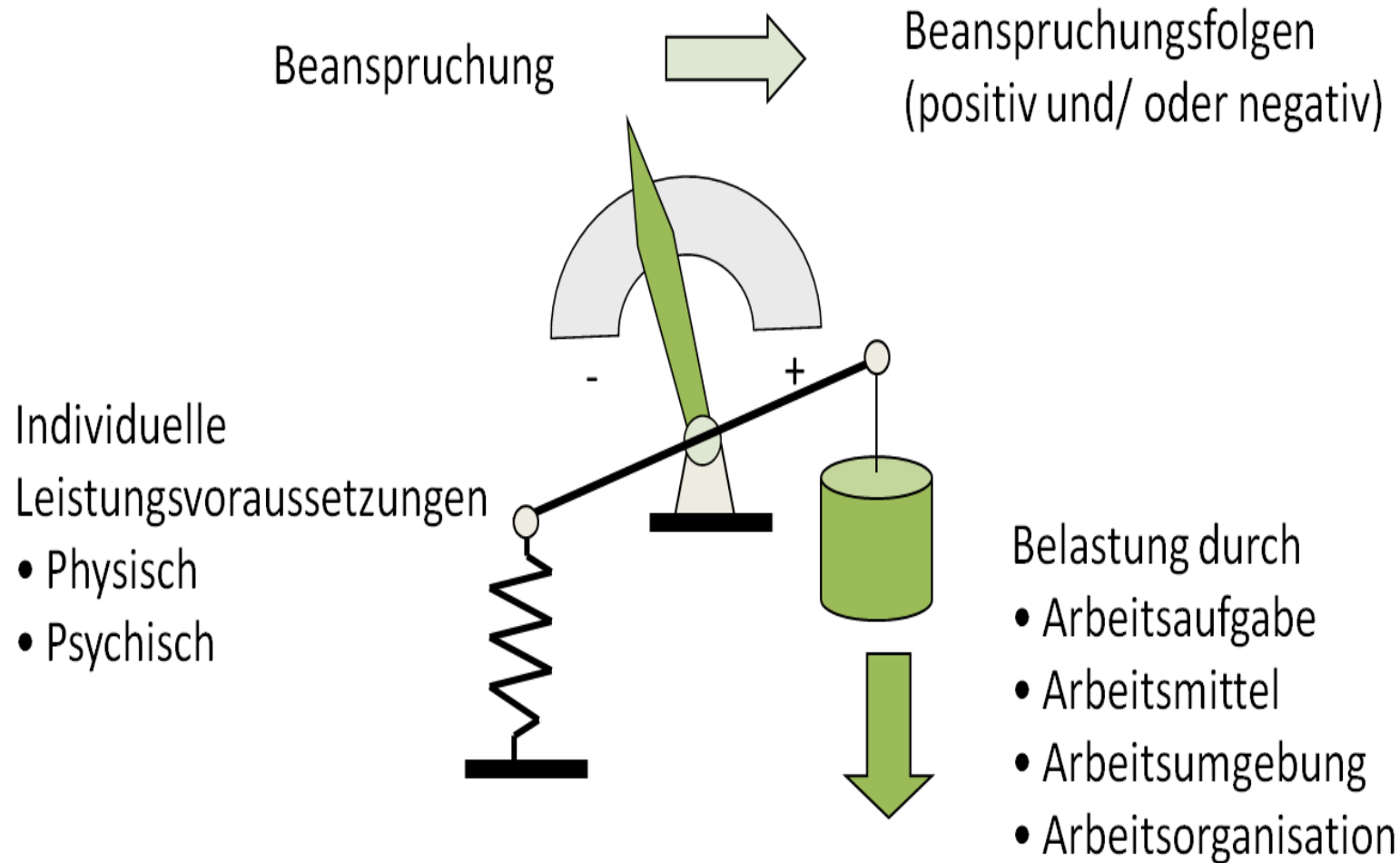
# Dauerleistungsgrenze einhalten

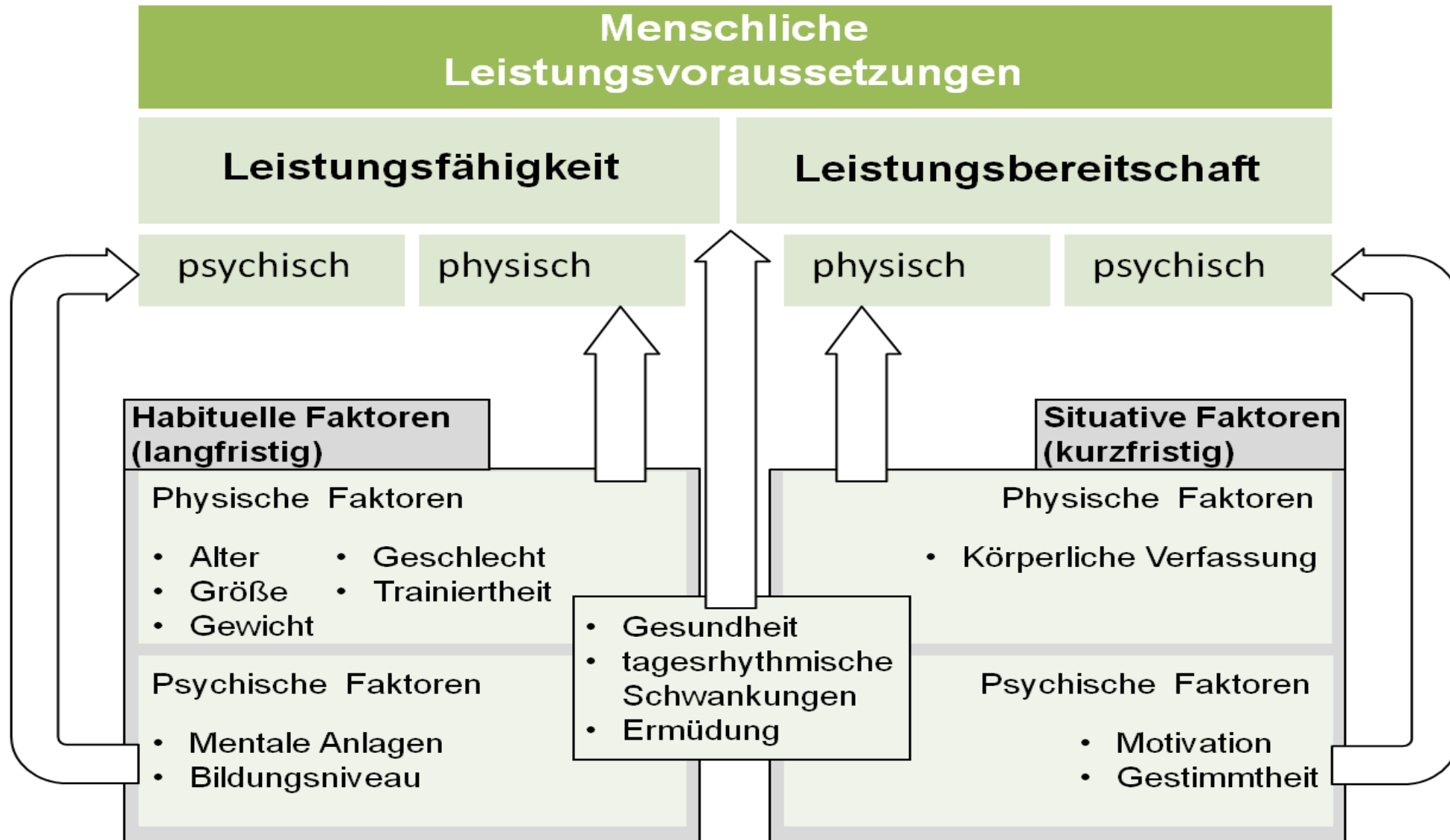
Die **Dauerleistungsgrenze** ist diejenige Grenze, bis zu der statische oder dynamische Arbeit ohne eine zunehmende muskuläre Ermüdung erbracht werden kann, die den vorzeitigen Abbruch der Leistungsabgabe erzwingt.

Dauerleistungsgrenze: höchste Leistung, die durch einen durchschnittlich geübten Menschen über 8 Stunden pro Tag durchgehalten werden kann.:

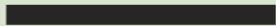



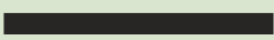

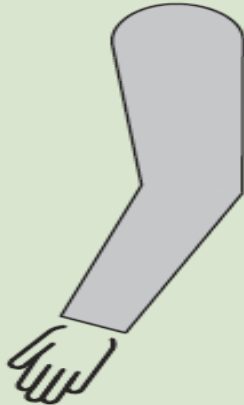
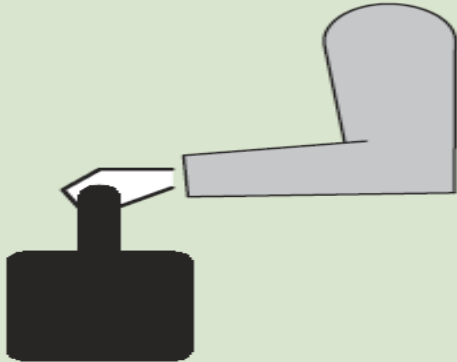
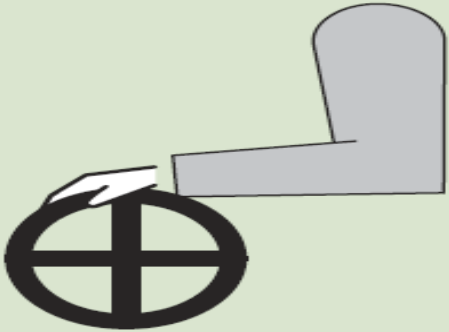
1. Energieumsatz: Für Schwerarbeit liegt die Dauerleistungsgrenze für Männer bei ca. 16,5 bis 17,5 kJ/min (4 bis 4,2 kcal/min), für Frauen bei ca. 10,8 bis 11,8 kJ/min (2,6 bis 2,8 kcal/min).
2. Pulsfrequenz: Die Dauerleistungsgrenze für den 8-Stunden-Tag liegt bei 30–35 Pulsschlägen über der Ruhepulsfrequenz.
3. maximale Sauerstoffaufnahme: Beim Untrainierten liegt die Dauerleistungsgrenze bei 30 % der maximalen Sauerstoffaufnahme. (Hochleistungssportler erreichen bis zu 90 %).

# Kurz- und Langfristige Effekte





# Muskelermüdung durch statische Körperhaltungen

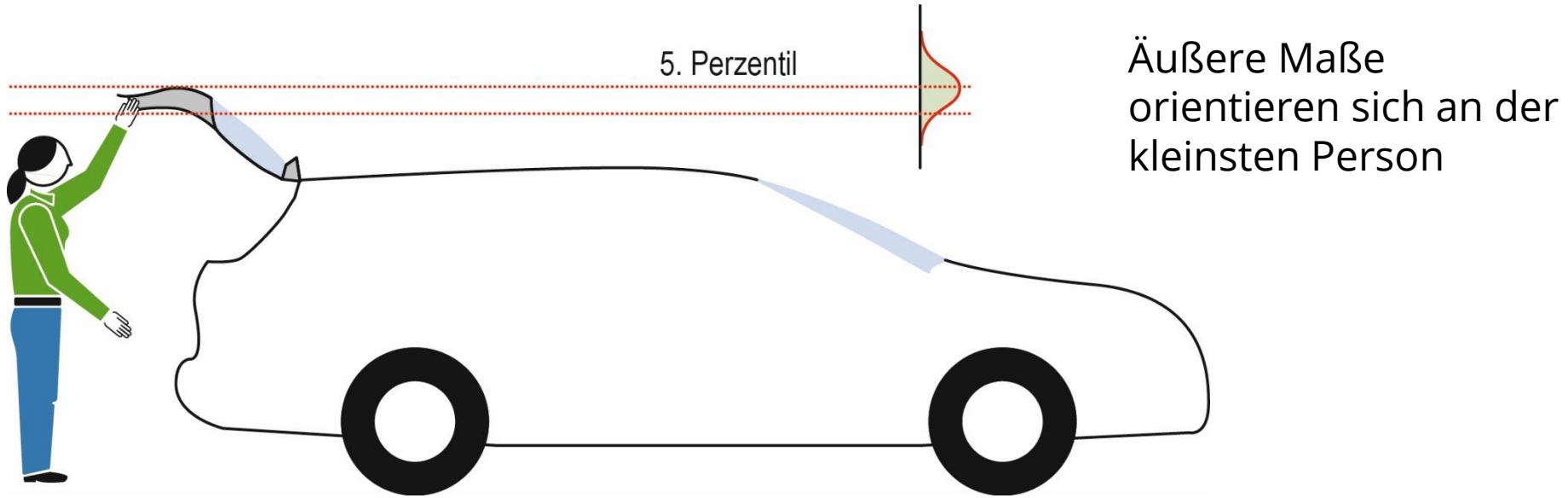
	Ruhe	Statische Arbeit	Dynamische Arbeit
Charakteristik		lang andauernder Kontraktionszustand	Wechsel von Spannung und Entspannung des Muskels
Blutbedarf			
Durchblutung			
		z. B. Last halten 	z. B. Kurbeln 

Regeln:

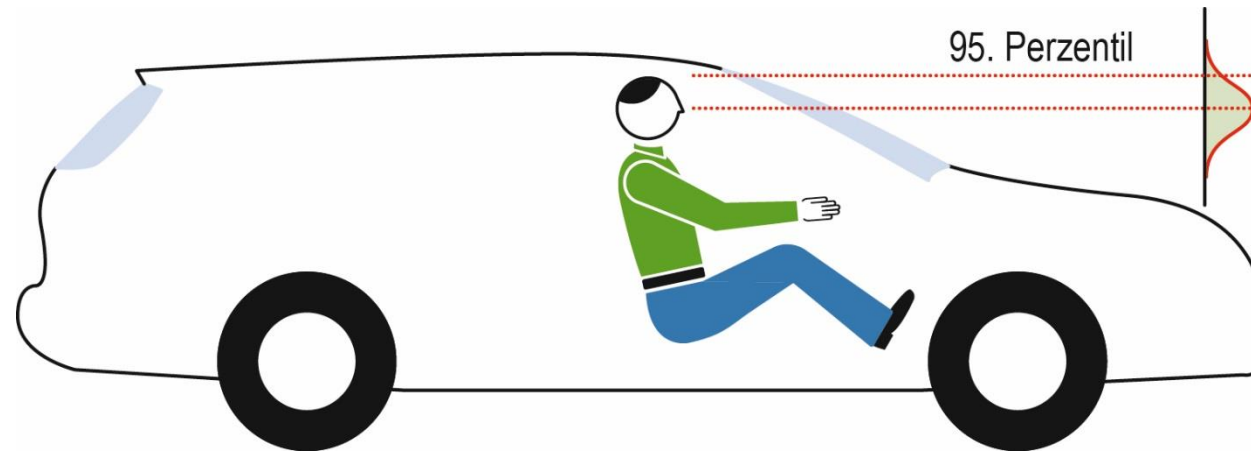
**Statisch ungünstige  
Körperhaltungen vermeiden!**

**Langfristige Wirkungen  
berücksichtigen!**

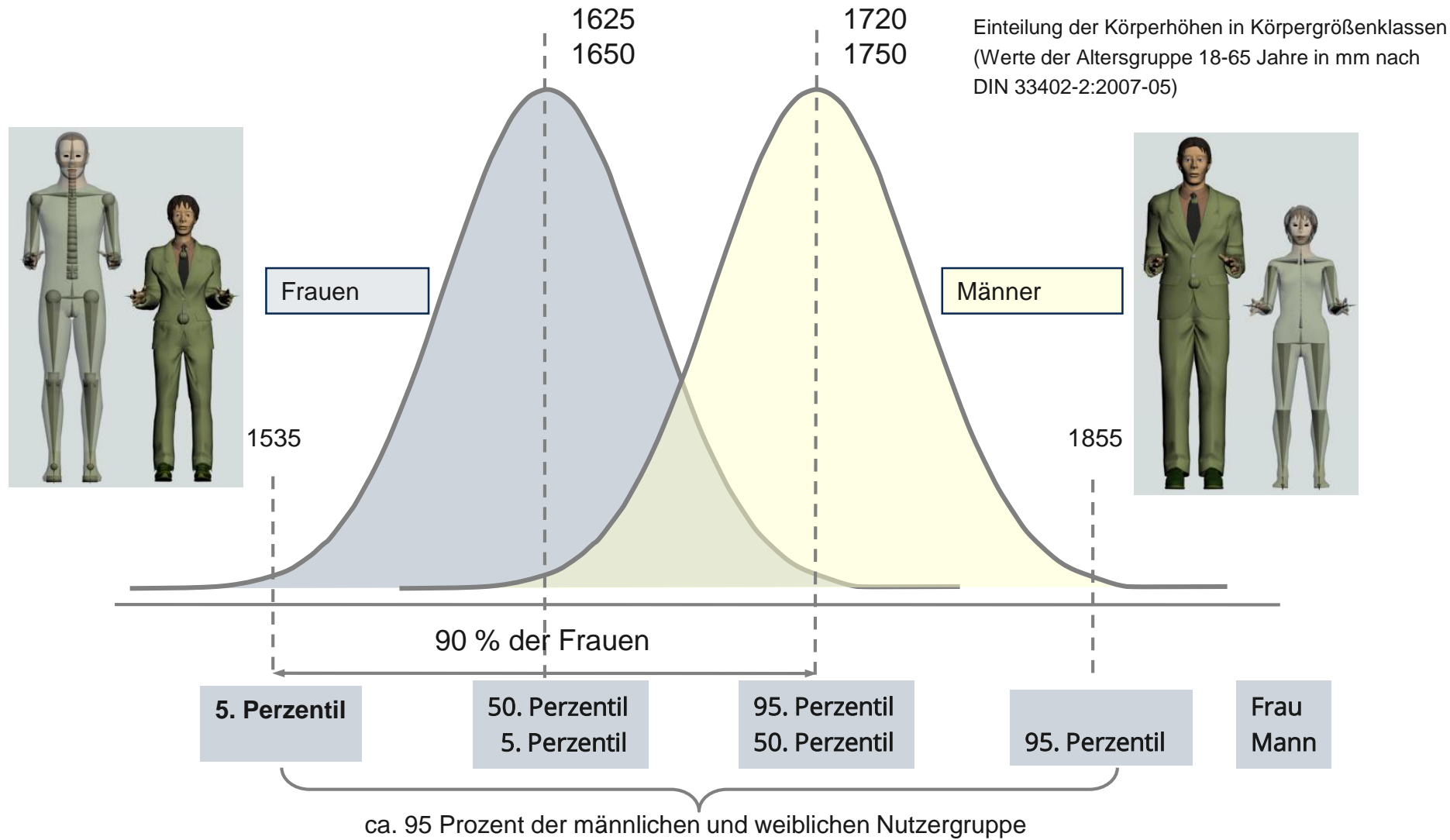
# Erreichbarkeit und Platzverhältnisse



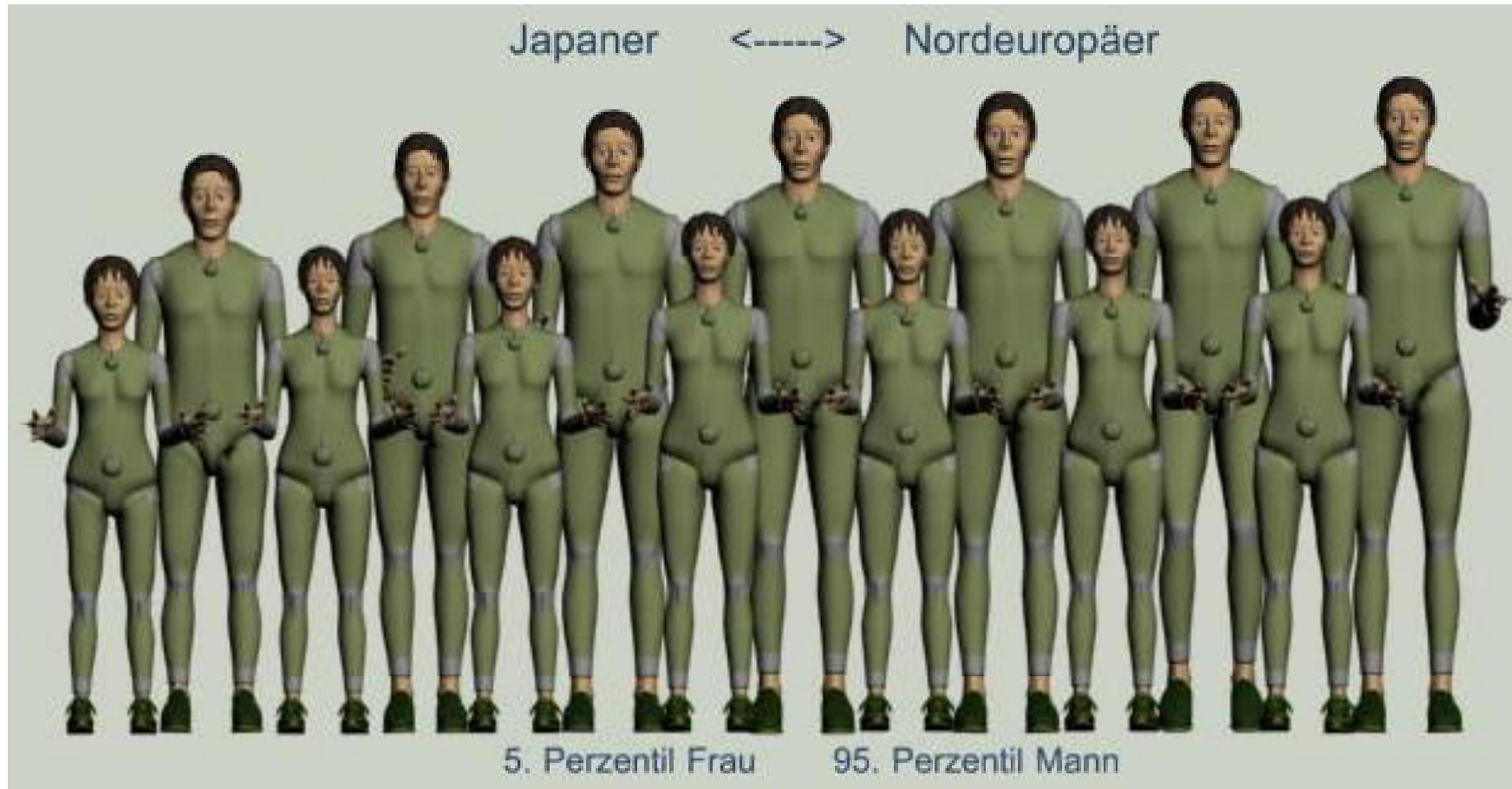
Innere Maße orientieren sich an der größten Person



# Körpergrößenklassen



# Regionale Unterschiede



Japan

Süd-Ost-Europa

Deutschland

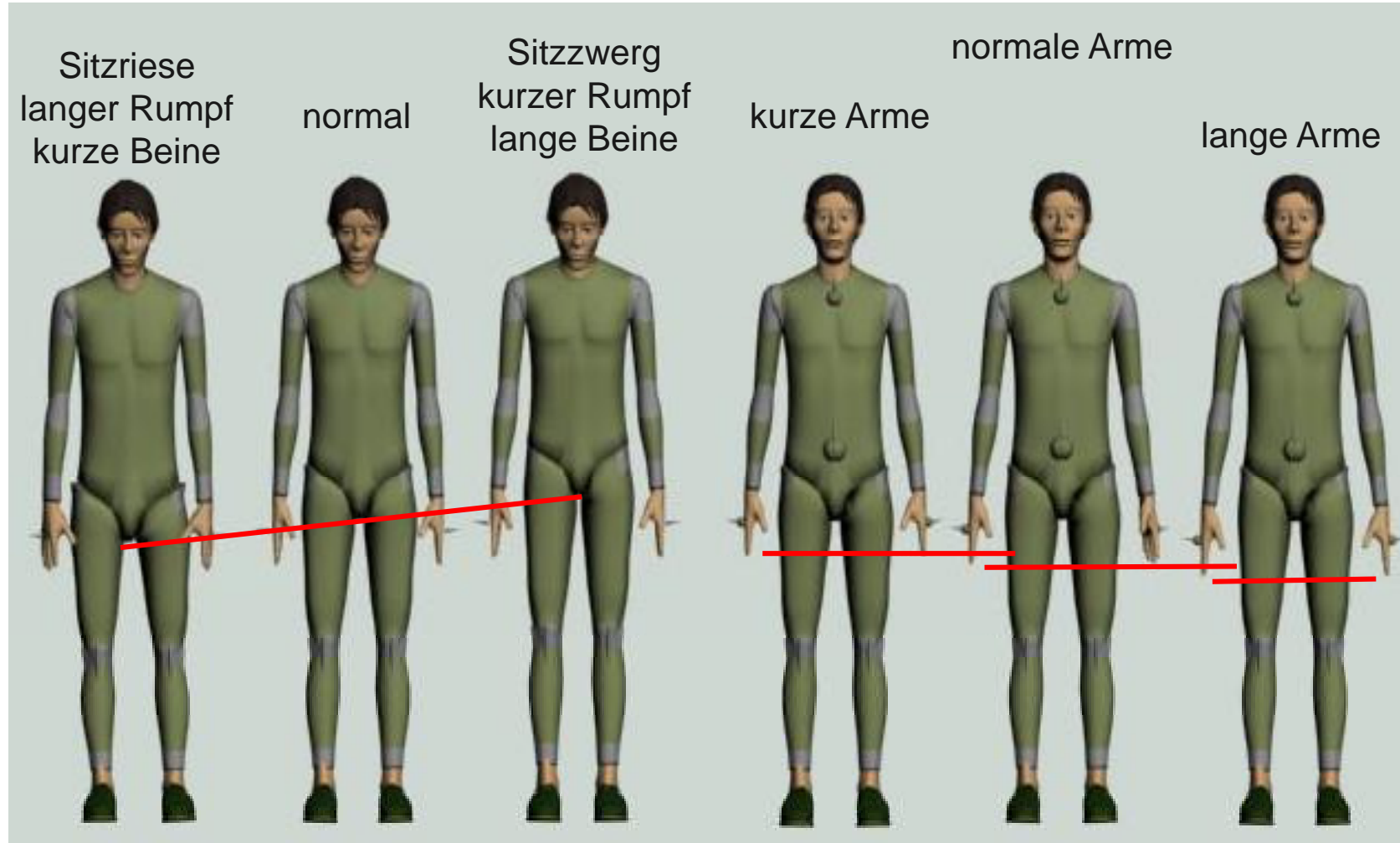
Nordeuropa

Süd-Ost-Afrika

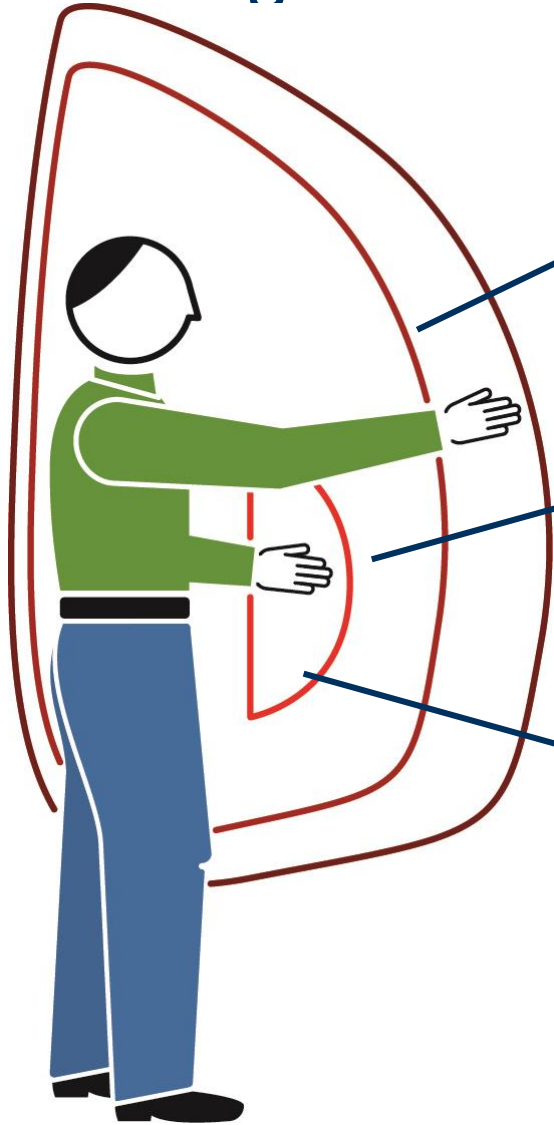
Nordamerika

Australien

# Proportionale Unterschiede



# Nutzung des Greifraums



## Anatomisch maximaler Greifraum:

- Maximal ausgestreckte Arme
- Mitbewegung des Schultergelenks

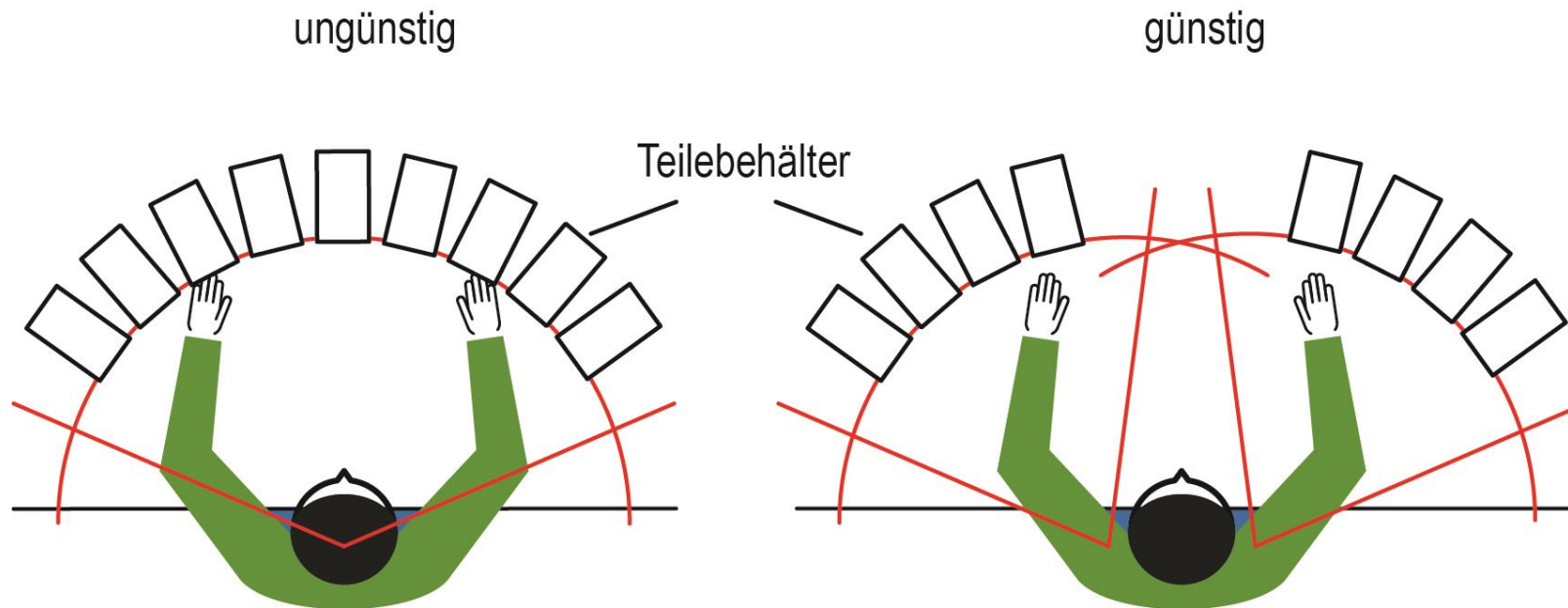
## Physiologisch großer Greifraum:

- Weitgehend ausgestreckte Arme
- Keine Mitbewegung des Schultergelenks
- Ca. 10 % kleiner als anatomisch maximaler Greifraum

## Physiologisch kleiner Greifraum:

- Oberarme entspannt herabhängend
- Unterarme abgewinkelt
- Keine Mitbewegung des Schultergelenks

# Anordnung im horizontalen Greifraum



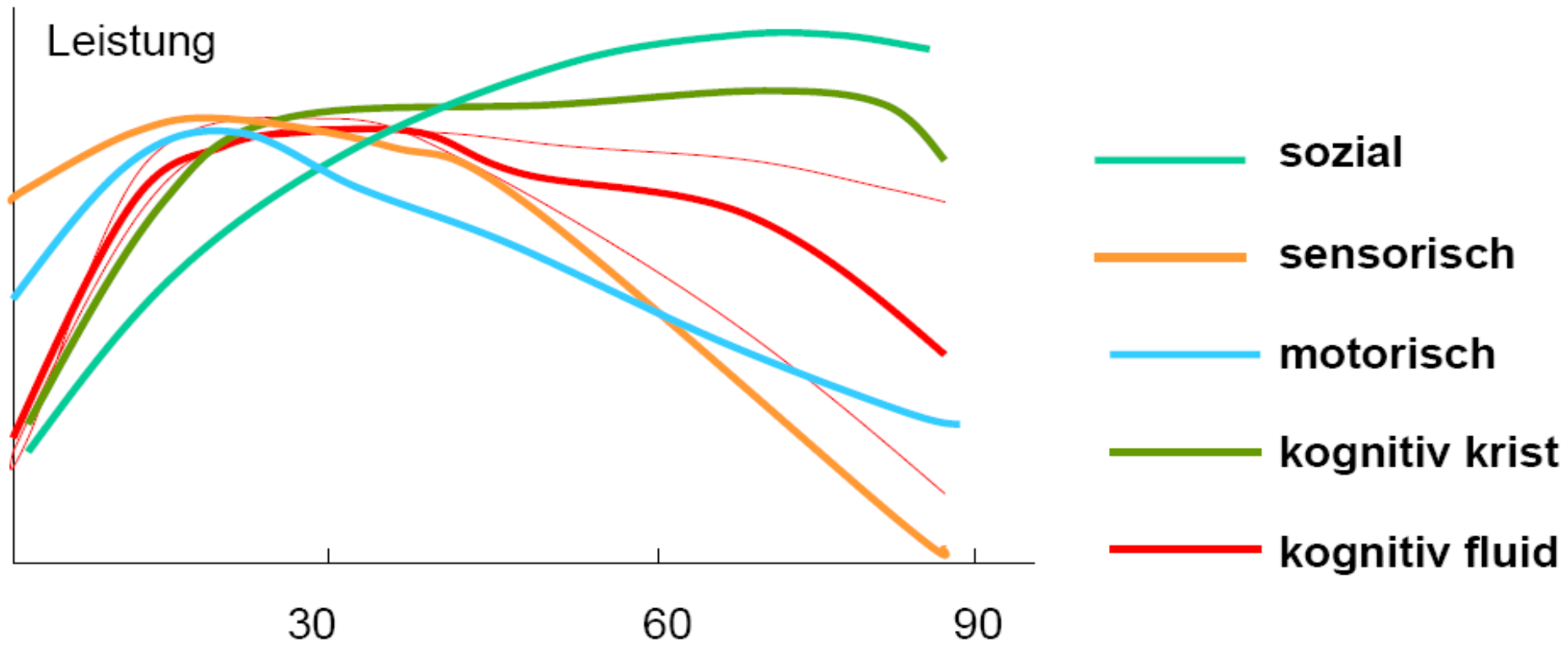
Regeln:

**Körpermaße berücksichtigen!**

**Arbeitsplätze vollständig einrichten!**

**Bewegungen an den Gelenkpunkten orientieren!**

# Altersadäquate Arbeit



Quelle: Falkenstein 2011

# Alterssensitivität der Beleuchtung

- Mit zunehmenden Alter lässt die Elastizität der Augenlinse nach. Etwa ab dem 40. Lebensjahr beginnt die sogenannte Alterssichtigkeit (Presbyopie).
- Die Sehfähigkeit eines 60-Jährigen beträgt gegenüber einem 20-Jährigen nur noch 75%. Für die gleiche Sehleistung brauchen ältere Menschen mehr Licht als jüngere. Die Unterschiede schwinden aber bei wachsendem Beleuchtungsniveau.

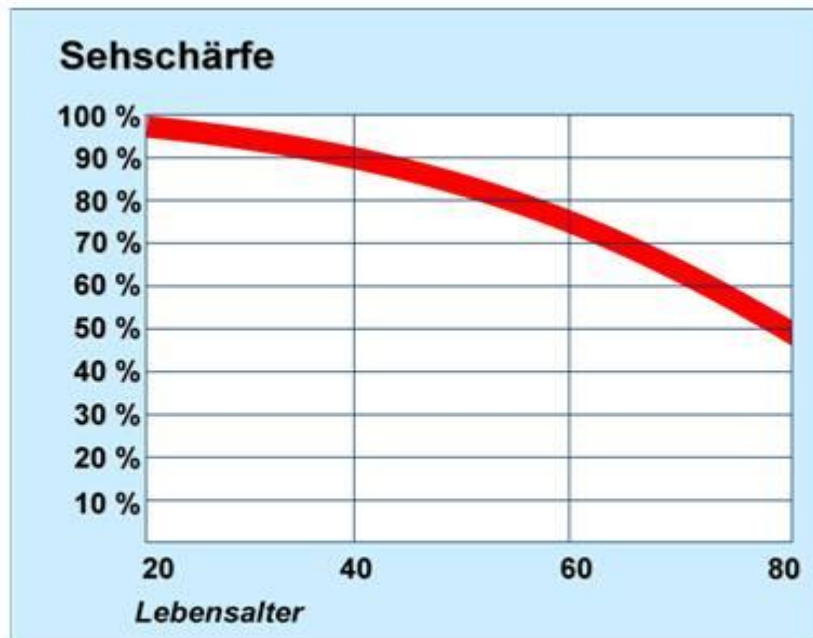


Abbildung: Einschränkung der Sehschärfe mit zunehmenden Lebensalter

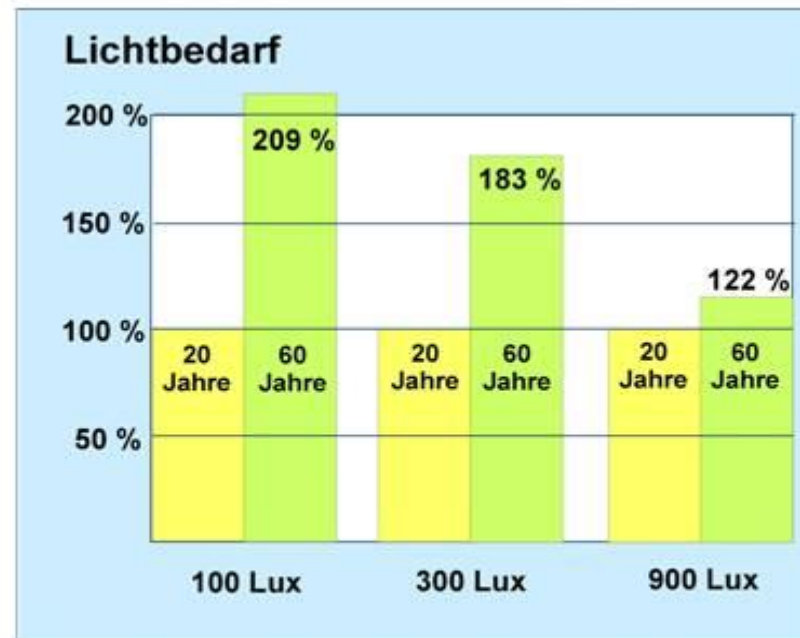


Abbildung: Lichtbedarf in Abhängigkeit des Alters und des Beleuchtungsniveaus

Quelle: Szymanski, 2008

# Denkanforderungen

Repetitive Arbeit mit wenig Herausforderungen lässt das Gehirn schneller altern

Ältere Teilnehmer, die seit vielen Jahren stumpfe, eintönige Arbeit am Fließband verrichten, sind im Kopf deutlich schneller gealtert als ihre Kollegen mit gleicher Ausbildung, aber anregenden Tätigkeiten. Anhand der EEG erkannte Falkenstein sogar: Geistig ähneln ältere Nicht-Fließband-Arbeiter, deren Arbeitsleben recht abwechslungsreich ist, viel eher den jungen Arbeitern, als ihren gleichaltrigen Kollegen am Fließband. Die Schwachstelle im Gehirn der älteren Fließbandarbeiter ist vor allem das Arbeitsgedächtnis.

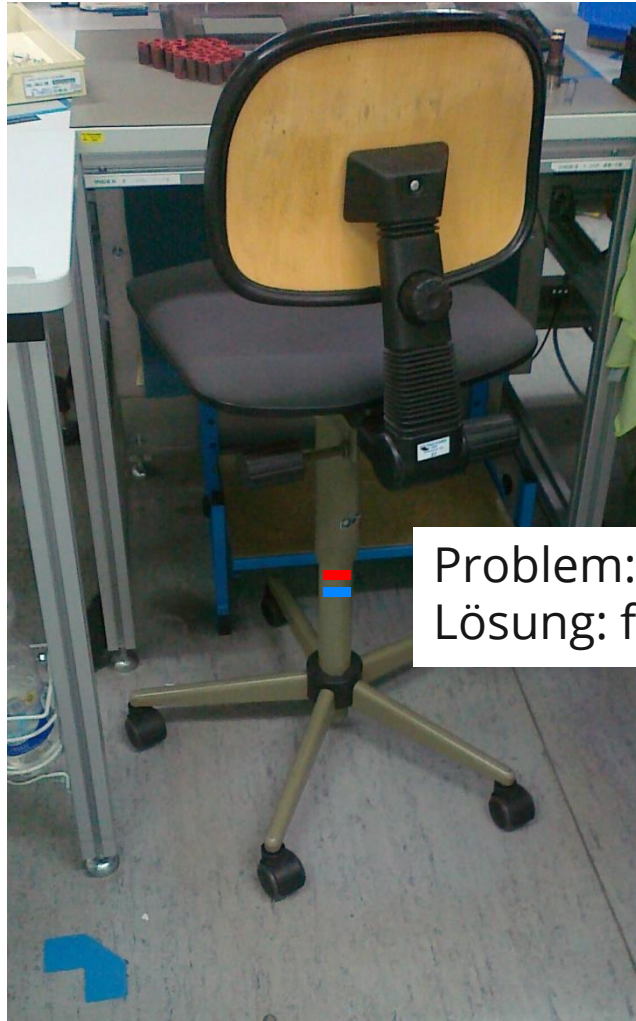
*Prof. Dr. Michael Falkenstein, Dortmund 2010*

Regeln:

**Arbeit alters- und  
altersgerecht gestalten!**

**Arbeitsinhalte an die  
Qualifikation anpassen!**

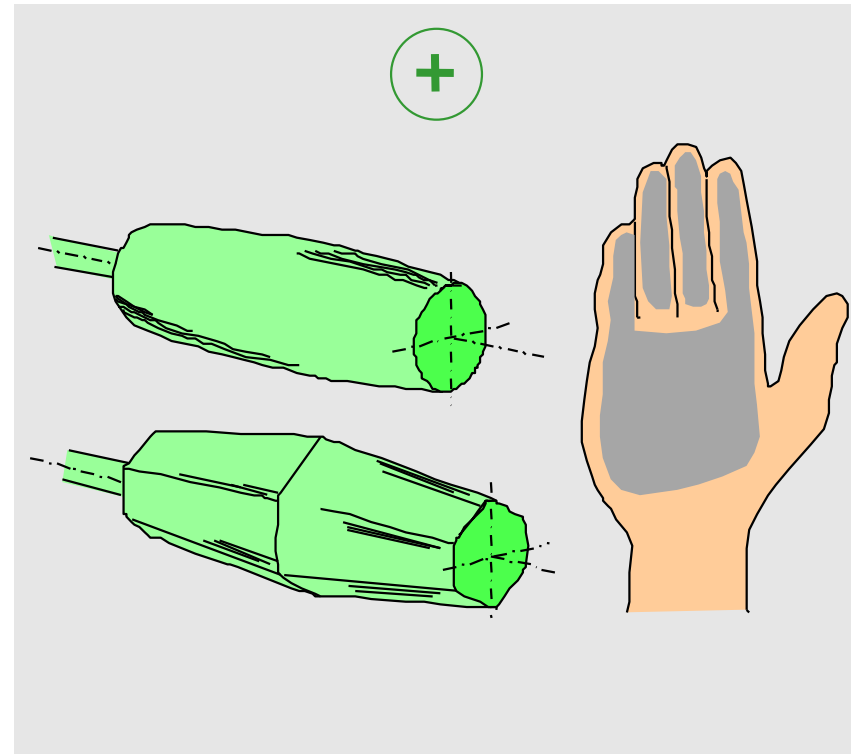
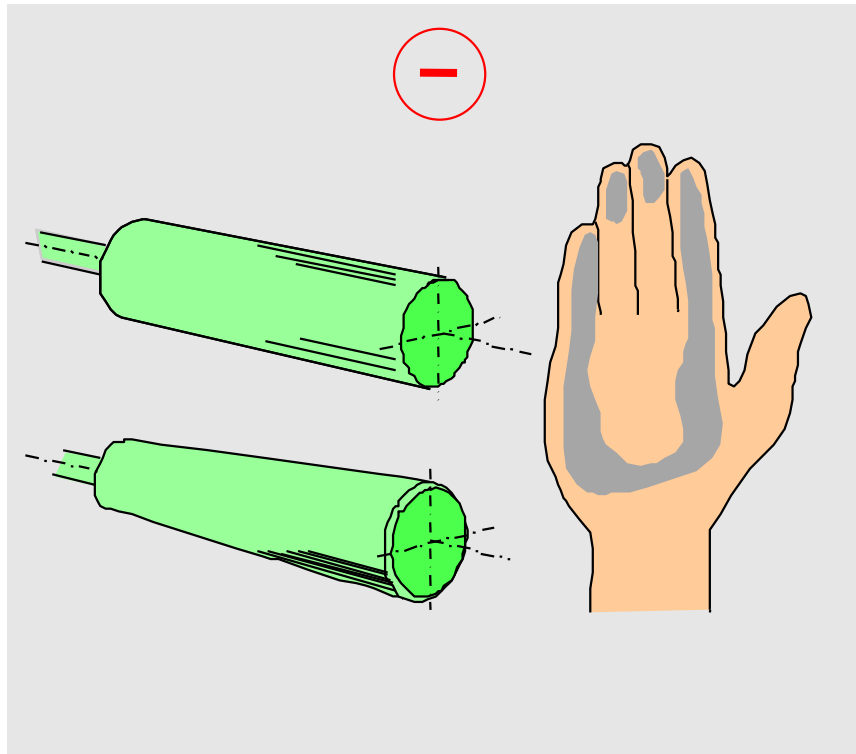
# Arbeitsmittelbenutzung einfach machen



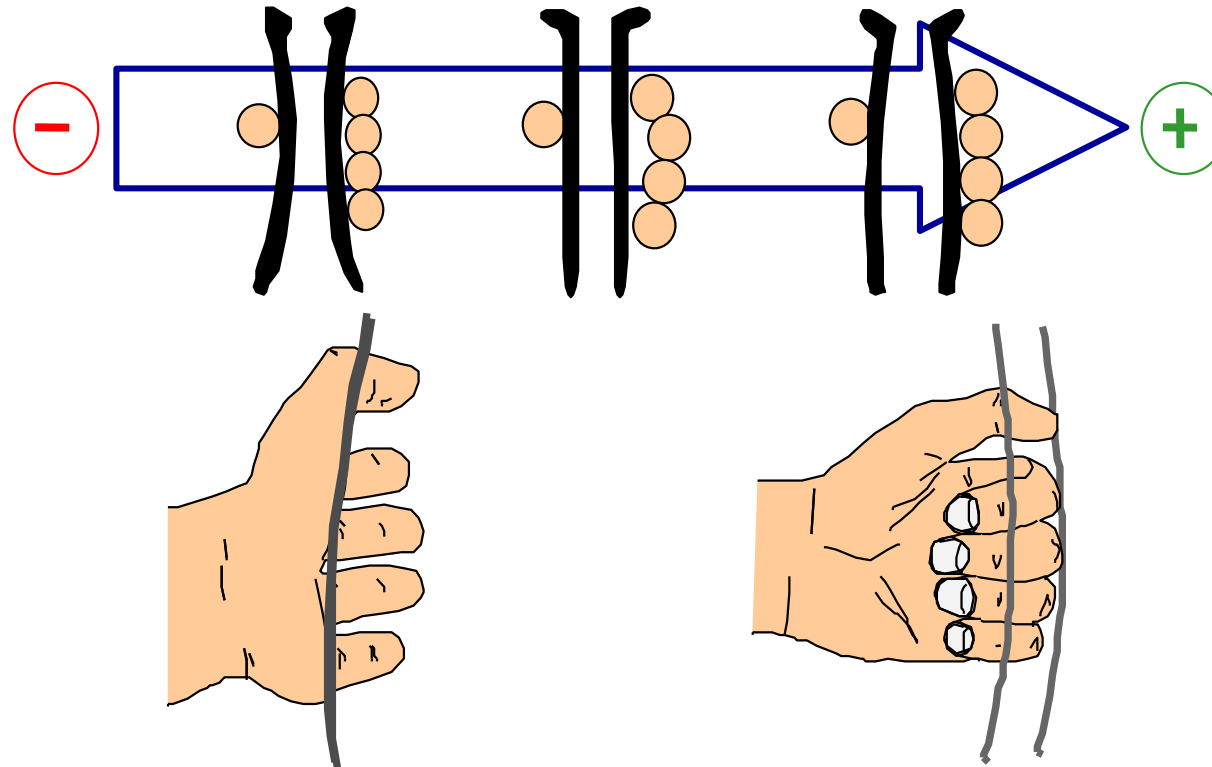
## Stuhleinstellung

Problem: richtige Höheneinstellung des Stuhls  
Lösung: farbige Markierungen für jede Person

# Hohe Flächenpressung + Relativbewegung vermeiden

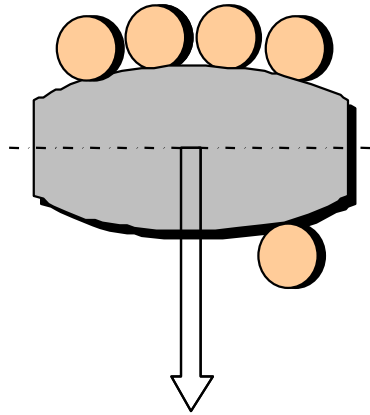


# Hohe Flächenpressung vermeiden: Anpassung der Werkzeugform an die menschliche Hand



# Form- und Reibschluss

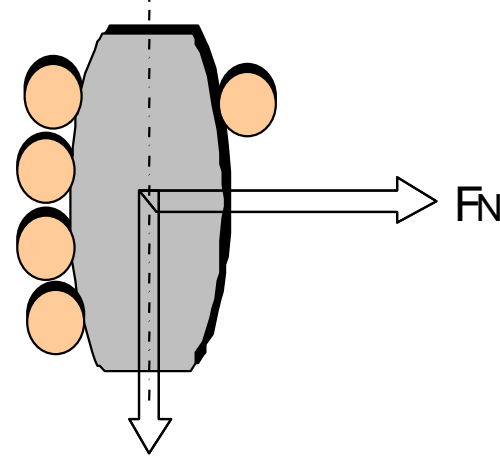
Formschluss



$$F = \text{Aktionskraft}$$

Unmittelbare  
Kraftübertragung

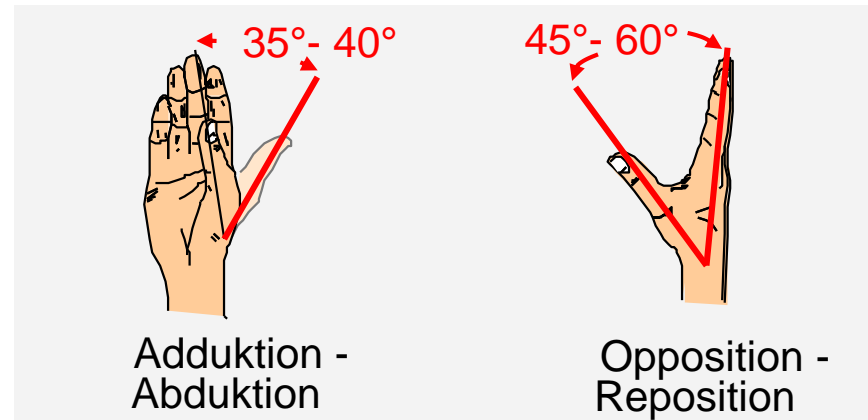
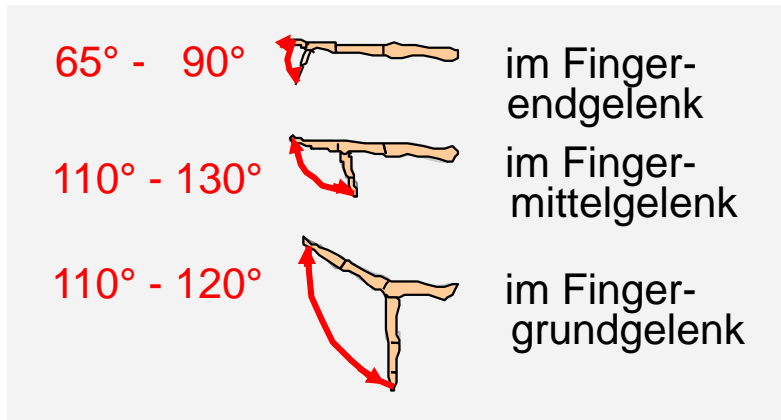
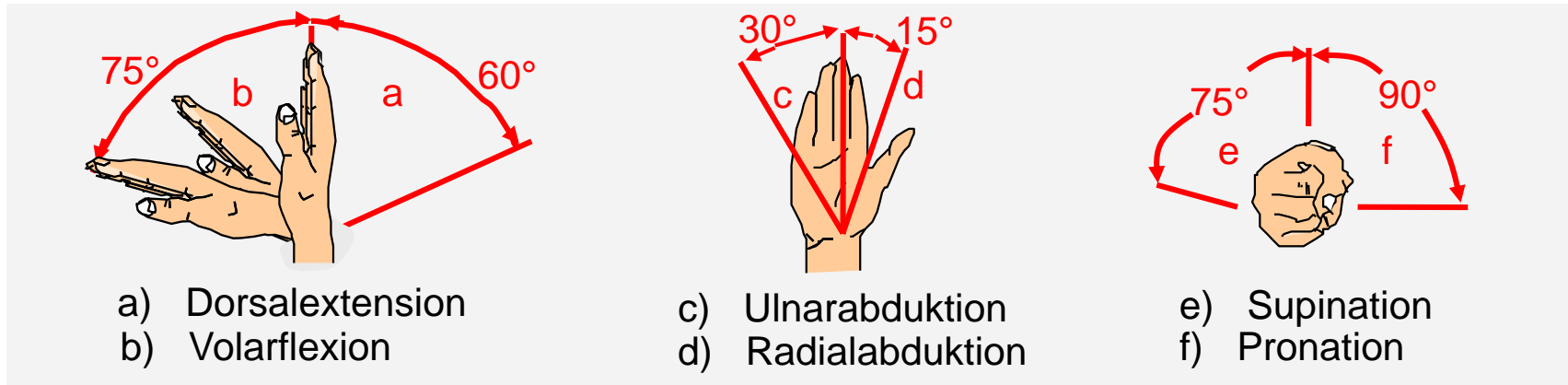
Reibschluss



$$F \leq F_R = \mu \cdot F_N$$

Mittelbare Kraftübertragung  
(über Reibungskraft)

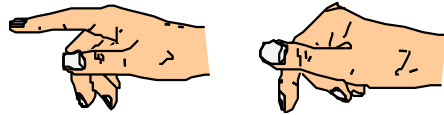
# Angepasste Handhaltung



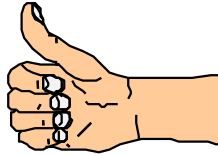
# Zuordnung: Arbeitsaufgabe - Griff

## Kontakt - Griff

1 Finger



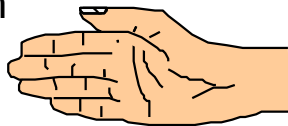
Daumen



Hand

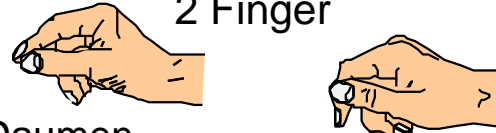


Handkamm



## Zufassungs - Griff

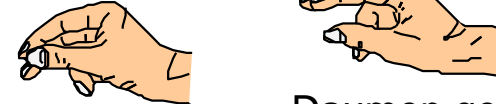
2 Finger



Daumen gegenübergestellt

Daumen quergestellt

3 Finger



gleichverteilt

Daumen gegenübergestellt

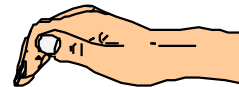
5 Finger



gleichverteilt

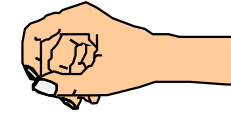
Daumen gegenübergestellt

Hand



## Umfassungs - Griff

2 Finger



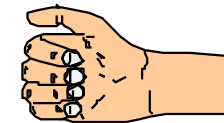
3 Finger



4 Finger



Hand

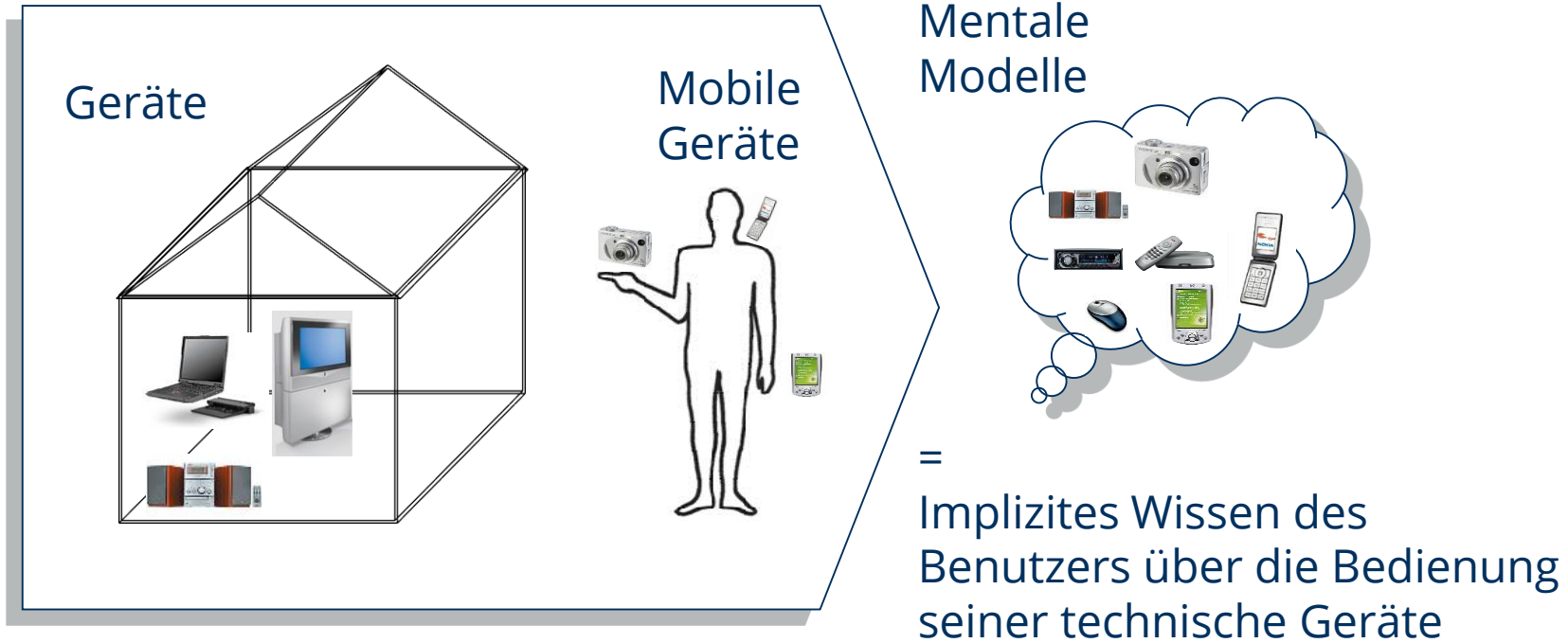


Regel:

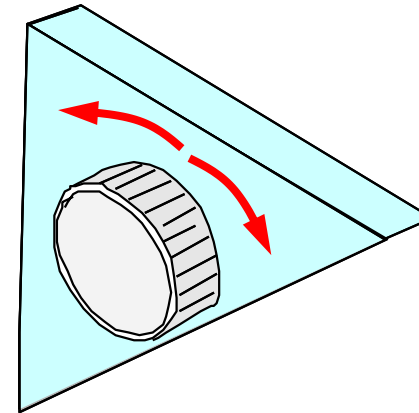
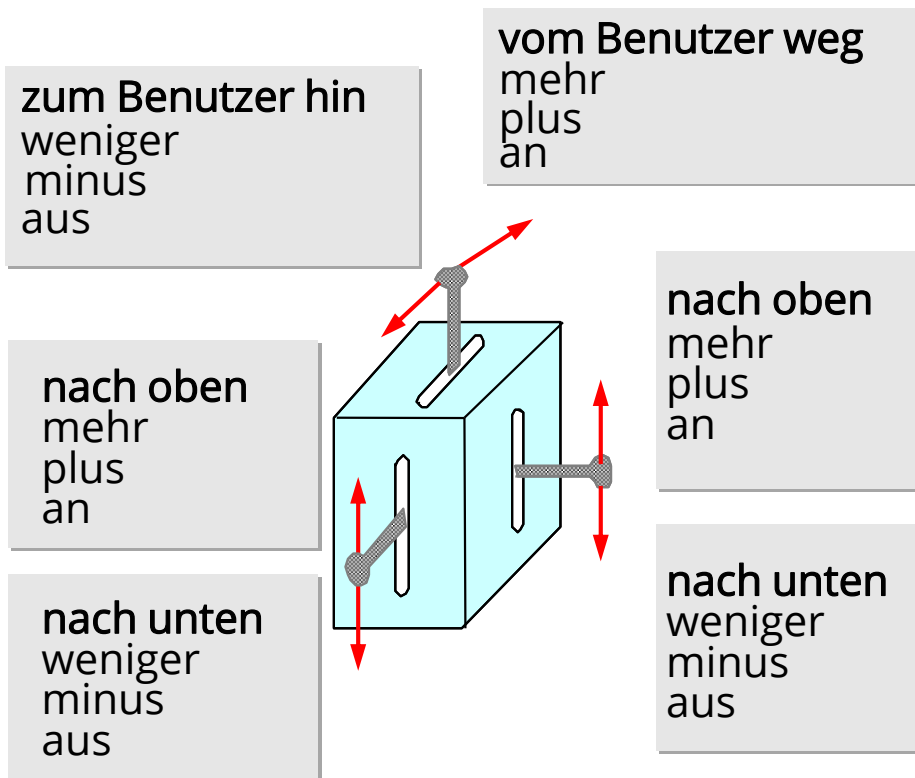
**Arbeitsmittel an den  
Menschen anpassen!**

**Form und Funktion muss  
zusammenpassen!**

# Mentale Modelle: wissen, wie etwas funktioniert ("Drandenken" vermeiden)



# Kompatibilität sicherstellen – „Umdenken“ vermeiden



nach links:

- weniger
- minus
- aus



nach rechts:

- mehr
- plus
- an

Quelle: Neumann und Timpe, 1970

Regeln:

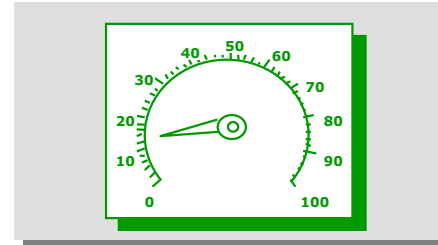
**Mentale Modelle  
berücksichtigen!**

**Sinnfälligkeit, Kompatibilität  
und Codierung sicherstellen!**

# Exoskelette – neue Möglichkeiten der Unterstützung von Menschen



**Beanspruchungs-  
reduktion**



**Leistungsunterstützung**

# 7 + 1 Arten der Verschwendung

Ergonomische  
Verschwendung

physische Blindleistung  
(Arbeitsplätze, Arbeitsmittel)

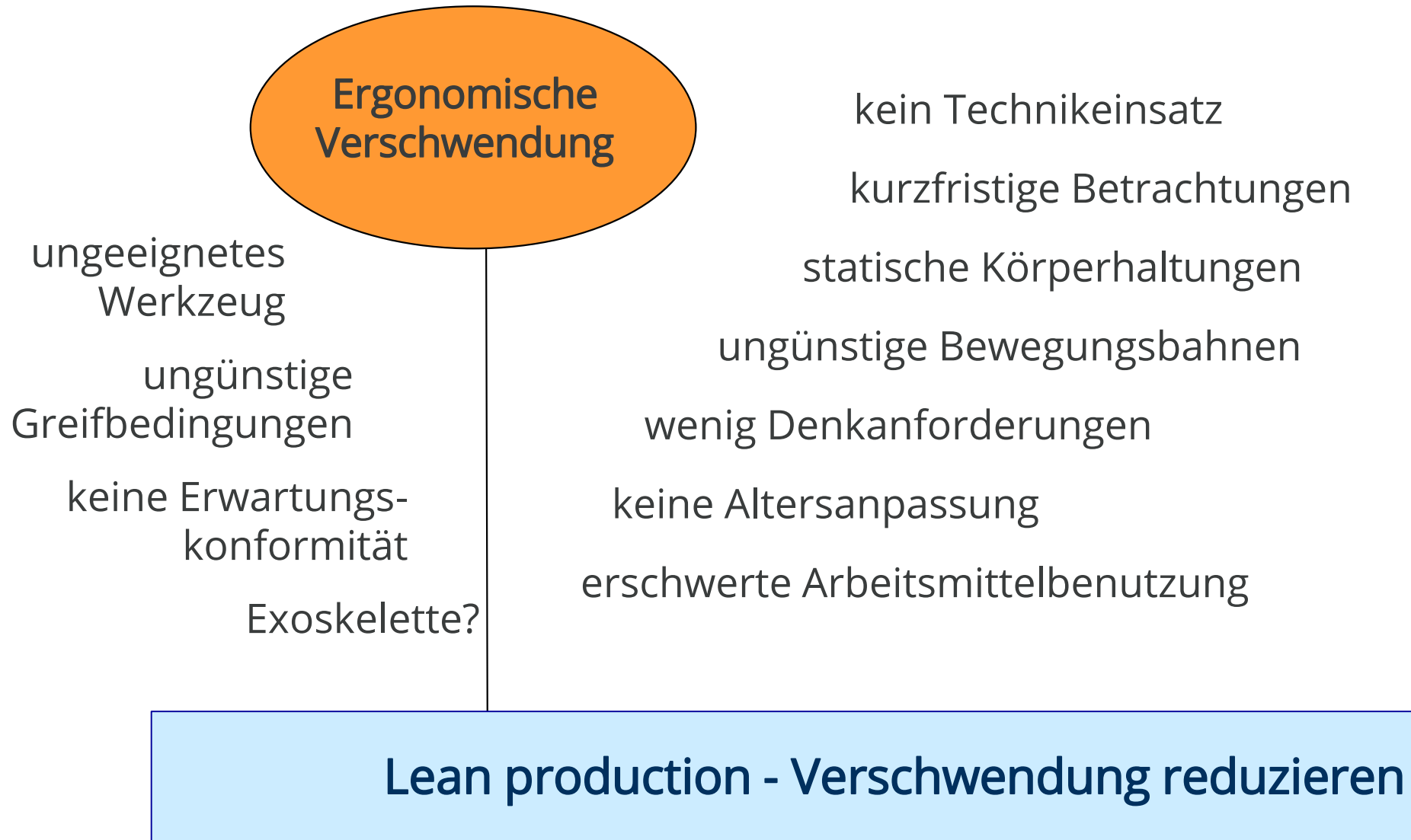
- statische Arbeit
- unphysiologische Bewegungen
- Druck, Wärme

psychische Blindleistung  
(Mensch-Technik-Interaktion)

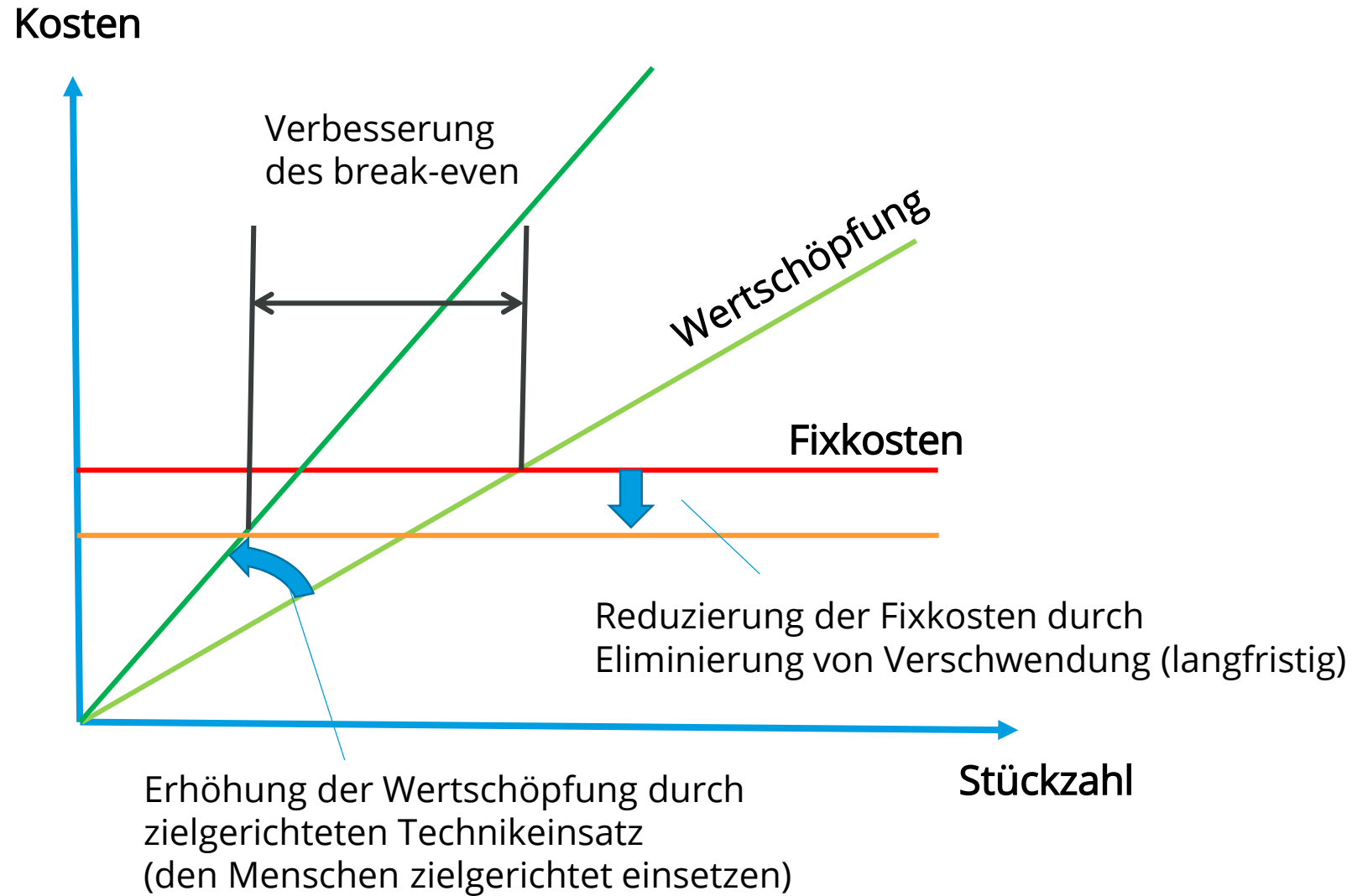
- „umdenken“
- „drandenken“
- Dequalifikation

Lean production - Verschwendung reduzieren

# 7 + 1 Arten der Verschwendung



# Wirtschaftlichkeitsaspekte



# Checkliste

## *1 Maßliche und kräftemäßige Gestaltung*

### **Sichtbarkeit**

- Was muss der Mitarbeiter sehen können?
- Hat er freie Sicht?

### **Körperhaltungen, Bewegungen**

- Position der Hände, Werkstücke und Arbeitsmittel?  
Haltung der anderen Körperteile?
- Welche Bewegungen sind notwendig?
- Entspricht die Körperhaltung den menschlichen Erfordernissen?

### **Erreichbarkeit, Platz, Abmessungen**

- Erreichbarkeit gut?
- Ausreichend Platz für die Tätigkeiten?
- Bereich 5. - 95. Perzentil berücksichtigt?
- Links- oder Rechtshänder?

### **Präzision und Kraft**

- Entspricht die Kraft den menschlichen Leistungsvoraussetzungen?
- Abstützmöglichkeiten?
- Kein Verletzungsrisiko?

### **Anzahl der Aktionen, Ausführungszeit**

- Wie viele Aktionen sind notwendig und wie viel Zeit steht dafür zur Verfügung?

## *2 Mensch-Maschine-Interaktion*

### **Wahrnehmung, Feedback**

- Was kann der Mitarbeiter wahrnehmen? (sehen, hören, anfassen)

### **Interpretation, Entscheidung**

- Welche Stereotypen sind relevant?
- Besteht ein Fehlerrisiko, können Missverständnisse auftreten?
- Besteht Fehlertoleranz?
- 

### **Wissen, Kompetenzen**

- Welche Fachkenntnisse und Kompetenzen sind erforderlich?
- Gibt es technische Referenzsysteme und klare Qualitätsanforderungen?

### **Zuverlässigkeit, Ausführungszeit**

- Besteht ein Fehlerrisiko?

## *3 Arbeitsumgebung und organisatorische Gestaltung*

### **Physische Bedingungen (Geräuschpegel, Licht, Vibrationen, usw.)**

- Grenzwerte eingehalten?

### **Räumliche Organisation**

- Welcher Platz ist notwendig? (Arbeit, Vorbereitung, Lagerung)
- Welcher Transport ist notwendig? (Art, Häufigkeit)

### **Arbeitsorganisation**

- Gibt es eine Beschreibung der Abläufe mit Zeitangaben?

## Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Martin Schmauder  
Professur Arbeitswissenschaft  
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme  
TU Dresden  
01062 Dresden

Tel.: ++49 (0)351 463-38510

Fax: ++49 (0)351 463-37283

E-Mail: [martin.schmauder@tu-dresden.de](mailto:martin.schmauder@tu-dresden.de)

[www.tu-dresden.de/mw/tla](http://www.tu-dresden.de/mw/tla)

REFA-Fachbuchreihe Arbeitsgestaltung

REFA

Martin Schmauder und Birgit Spanner-Ulmer

## Ergonomie

Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation

I. Auflage

ISBN 978-3-446-44139-2



HANSER