

AUTOTRAIN EUROPE

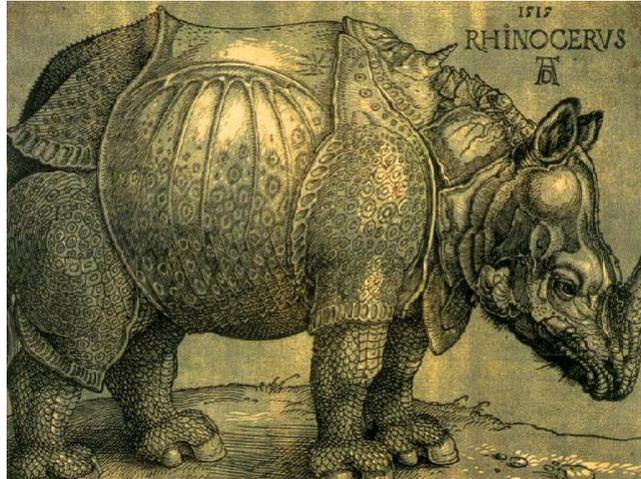
Vorlesung: Crashverhalten
Eine kurze Geschichte der Biomechanik
Murray Mackay

Biomechanik: Beispiel aus der Natur



Biomechanik: Beispiel aus der Natur

ika

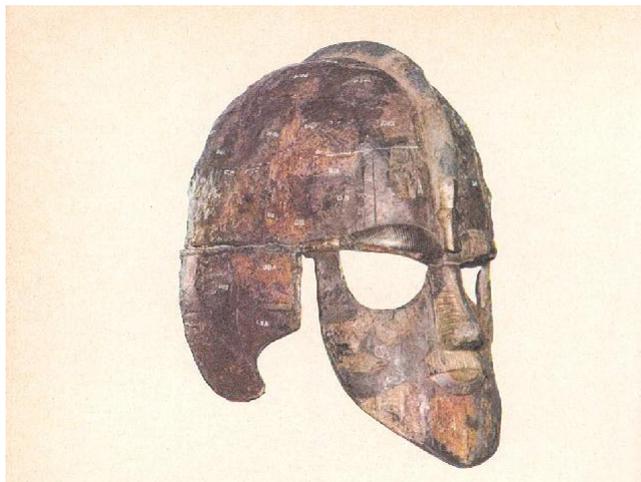


3

© ika 3ag0007.ppt

Der erste Einsatz von Schutzmittel

ika

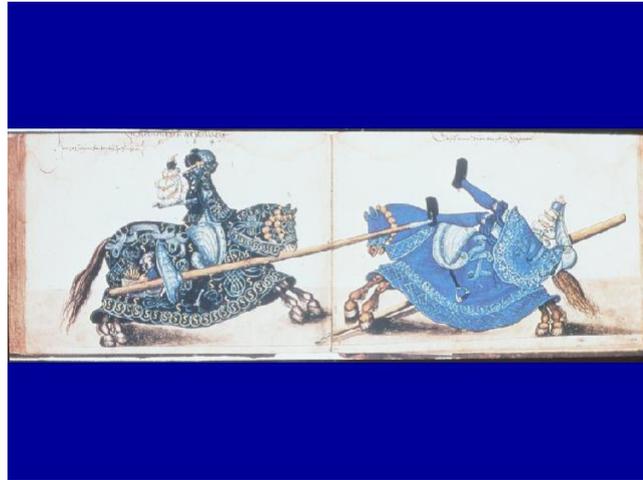


4

© ika 3ag0007.ppt

Prinzip der Biomechanik

ika

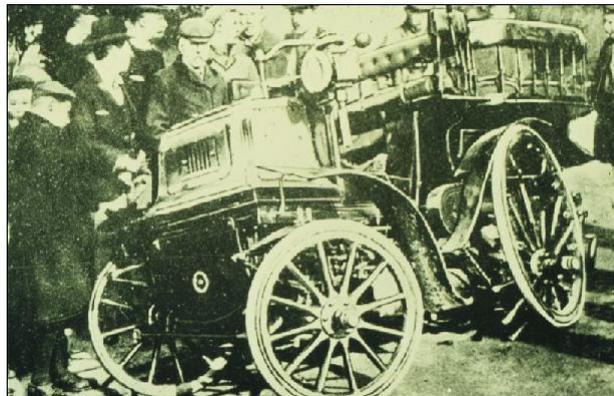


5

© ika 3ag0007.ppt

Der erste Fahrzeugunfall

ika



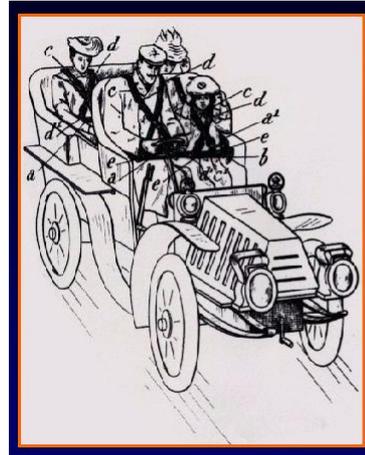
6

© ika 3ag0007.ppt

Sicherheitsgurte - Das erste Patent

ika

Gustave Désiré Lebeau
Mai 11, 1903



7

© ika 3ag0007.ppt

Die erste Crashversuchen

ika



8

© ika 3ag0007.ppt

Huge De Haven

ika

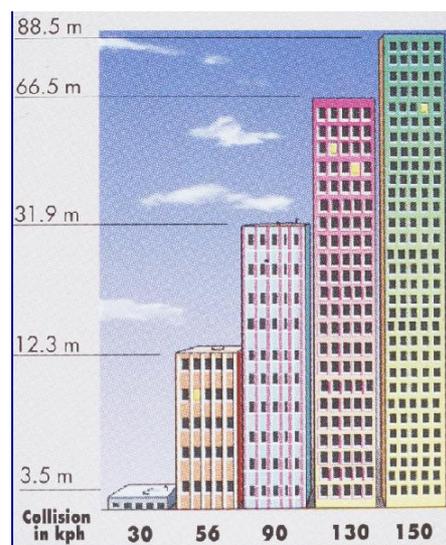
- Im ersten Weltkrieg überlebte er eine Kollision mitten in der Luft, die den anderen Pilot getötet. Er hatte jedoch ein Gurtsystem und die Integrität des Cockpits blieb erhalten.
- Untersucht Überlebenschancen beim Sturz (1942).
- Etabliert das „Crash Injury Research Project“ in Cornell University im Jahr 1942.

9

© ika 3ag0007.ppt

Überlebenschancen beim Sturz

ika



10

© ika 3ag0007.ppt

John Lane

ika

- Im Jahr 1942 hat er vorgeschlagen, dass Flugzeuge sowohl für „Flugbereitschaft“ als auch für „Crashbereitschaft“ zertifiziert werden mussten.
- Führt den Huft-/Schultergürtel im Snowy Mountain Project in 1964 ein.
- Direktor der Luftfahrtsmedizin in Australien.

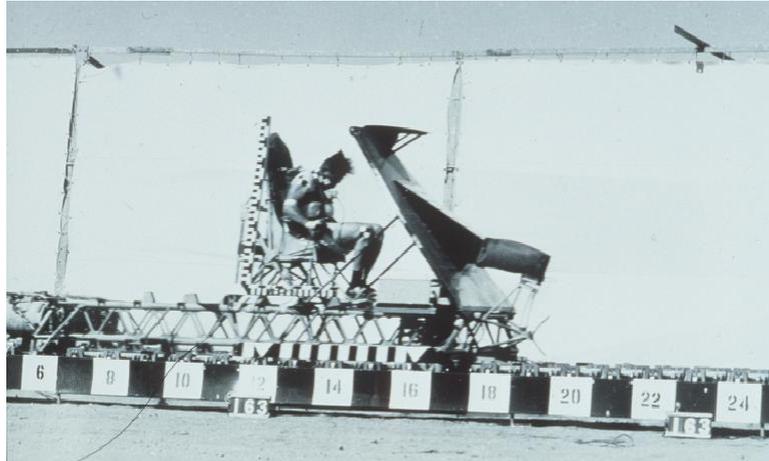
John Paul Stapp

ika

- Etablierte freiwillige Untersuchungen der Gesamtkörperverträglichkeit zur Verzögerung.
- Beweiste, dass der Menschlichenkörper Verzögerungen von 30 g – 40 g für 0,5 s toleriert.
- Benahm Raketschlittenuntersuchungen an sich selbst.

Die Raketschlittenuntersuchung

ika



13

© ika 3ag0007.ppt

Aufprallbiomechanik – Die Brust

ika

Verletzungskriterien und Toleranzniveau Seitenaufprall

- Die Brust (Mittelgroßer Mann)
 - Das 12 Beschleunigungsaufnahmeverfahren TTI (Thoracic Trauma Index)
 $TTI(d) = \frac{1}{2} (a_{\text{Große Rippe}} + a_{\text{Untere Wirbelsäule}})$ (USA)
 ≤ 85 (4 doors) and ≤ 90 (2 doors)
 - Das Brustverletzungskriterium ≤ 1.0 m/s (EG)
 - Verschiebung ≤ 42 mm (EG)

14

© ika 3ag0007.ppt

„Real-World“ Unfälle

ika



15

© ika 3ag0007.ppt

„Real-World“ Unfälle

ika



16

© ika 3ag0007.ppt

„Real-World“ Unfälle

ika



17

© ika 3ag0007.ppt

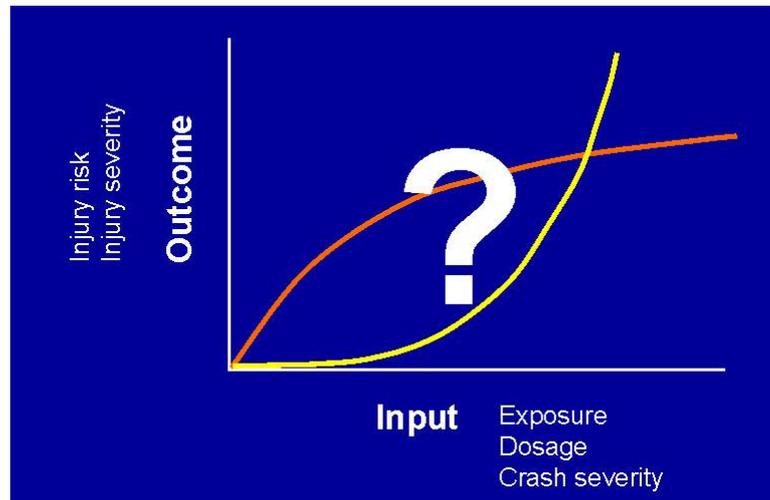
Crashbereit?

ika



18

© ika 3ag0007.ppt



- Äquivalente Barrierenaufprallgeschwindigkeit
- Geschwindigkeitsänderung (ΔV)
- Durchschnittsverzögerung
- Spitzverzögerung
- Gürtelkraft
- Örtliche Berührungskräfte

Ausgangsparameter

ika

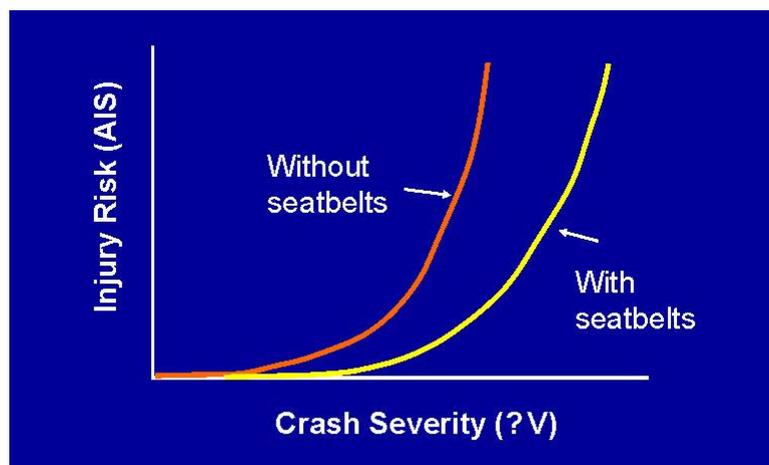
- Todesrisiko
- Risiko der Krankenhauseinweisung
- Risiko der "schwere" Verletzung
- Risiko der "leichte" Verletzung
- Die gekürzte Verletzungsskala (AIS – Abbreviated Injury Scale)

21

© ika 3ag0007.ppt

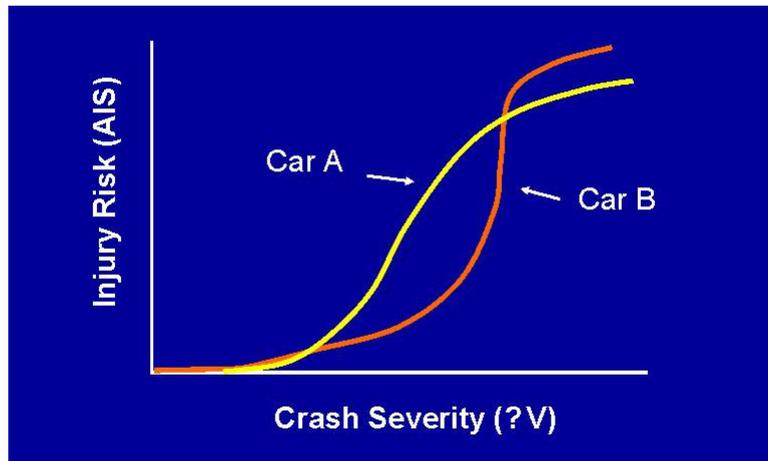
Vergleich verschiedener Unfälle

ika



22

© ika 3ag0007.ppt



Verletzungsbiomechanik ist die Disziplin, indem der Einwirkung von Kräften auf bzw. innerhalb biologische Strukturen deren Ausfall hervorruft

Die Verformung anatomische Strukturen oberhalb der Ausfallgrenzen, die Gewebeschaden verursachen, werden als Verletzungen bezeichnet

- Mechanisches Ausfall – Knochenbrüche, Bänderverletzungen
- Funktionsausfall – Herzflimmern, nicht lokalisierbare Axonsverletzungen

Umfang: Aufprall- und Verletzungsbiomechanik

ika

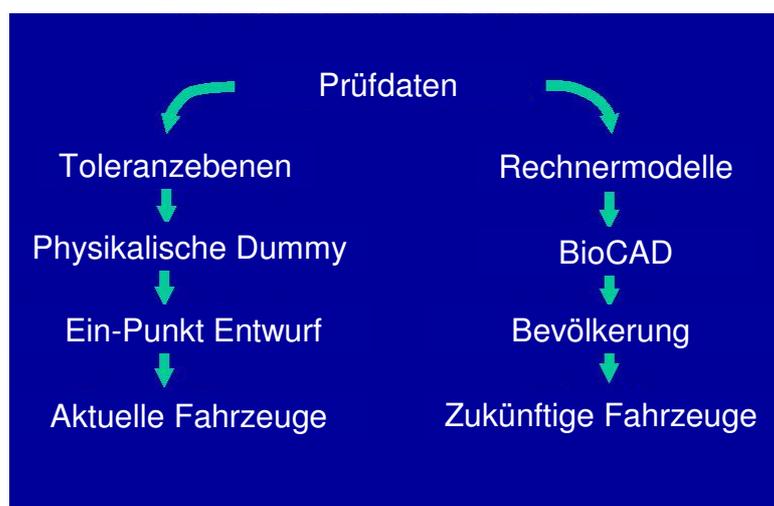
- Die Erkennung und Bestimmung von Aufprallverletzungs-Mechanismen
- Quantifizierung der Reaktionen der Menschlichen Körpergewebe und Systeme unter dem Einfluss einer Reihe von Aufprallzuständen
- Bestimmung der Reaktionsebene, indem sich die Gewebe nicht mehr erholen können
- Entwicklung Sicherheitsmaterialien und –Strukturen, die in Körperichtung einwirkende Aufprallenergie und –Kräfte vermindern
- Entwicklung Prüfgeräte und rechnerische Modelle, die menschenähnlich reagieren, damit Sicherheitssysteme genau bewertet werden können

25

© ika 3ag0007.ppt

Biomechanische Forschung

ika



26

© ika 3ag0007.ppt

Menschenersätze

ika

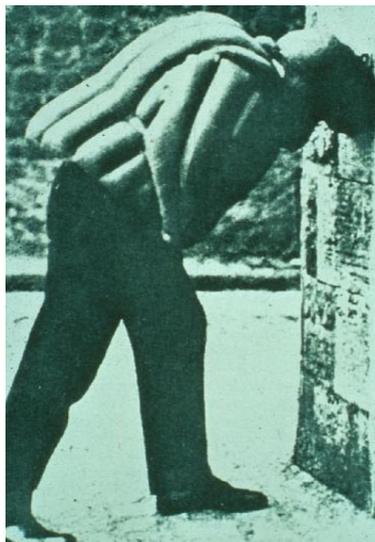
- Anthropometrische Prüfgeräte (Dummy)
- Menschlichefreiwilligen
- Menschenleiche (Kadaver)
- Tiermodelle
- Mathematische Modelle

27

© ika 3ag0007.ppt

Menschlichenfreiwillige

ika

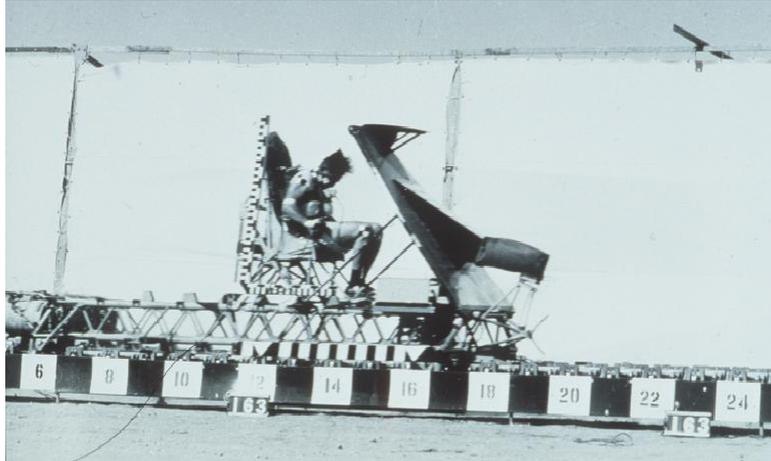


28

© ika 3ag0007.ppt

Menschlichenfreiwillige

ika

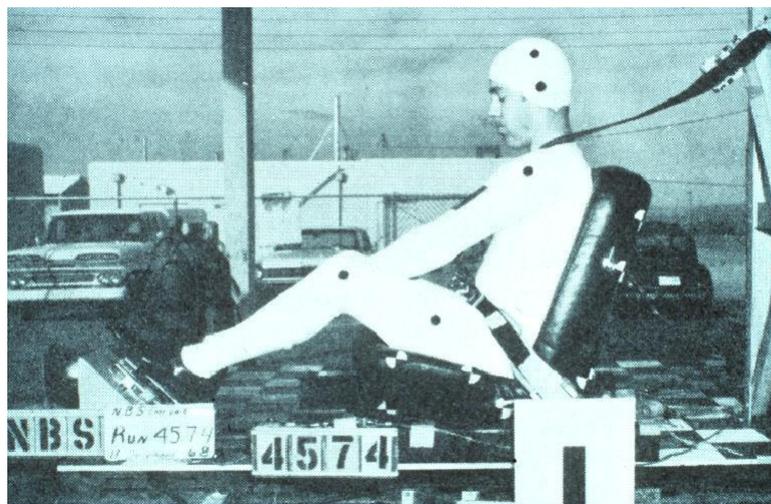


29

© ika 3ag0007.ppt

Menschlichenfreiwillige

ika



30

© ika 3ag0007.ppt

Menschlichenfreiwillige

ika



31

© ika 3ag0007.ppt

Menschlichenfreiwillige

ika



32

© ika 3ag0007.ppt

Menschenleiche

ika

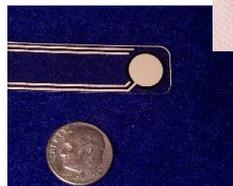
- Sachgerechte anatomische Struktur
- Verletzungsschwelle konstruierbar
- Kein aktive Reaktion (Reaktion auf Funktionsstörung)
- Ältliche- und vorhandene Pathologie

33

© ika 3ag0007.ppt

Leichenversuche

ika



34

© ika 3ag0007.ppt

Dummy

ika

- Bei normierte Überprüfung eingesetzt
- Wiederholbar, Reproduzierbar, Dauerhaltbar
- Begrenzte Bioverträglichkeit
- Kein geeignetes Gerät zur Menschlichkeitoleranzbestimmung

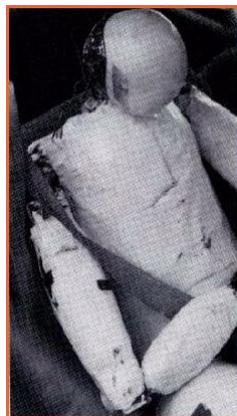
35

© ika 3ag0007.ppt

Die ersten Dummyprototypen

ika

Gips- und FadenDummies in den 50'er Jahren

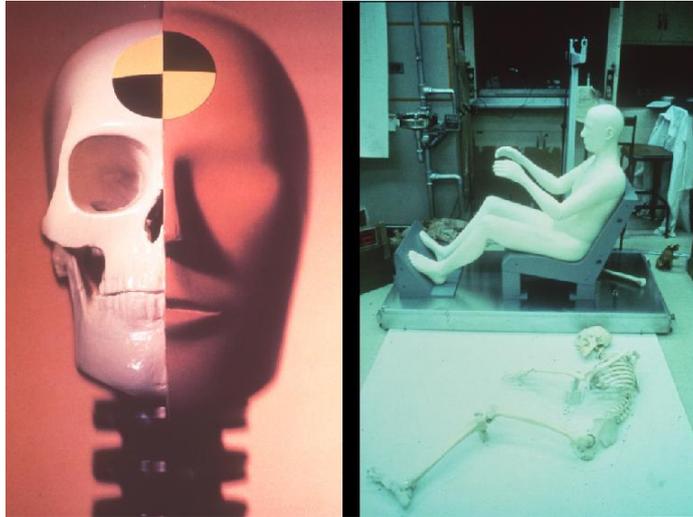


36

© ika 3ag0007.ppt

Dummies: Heute

ika

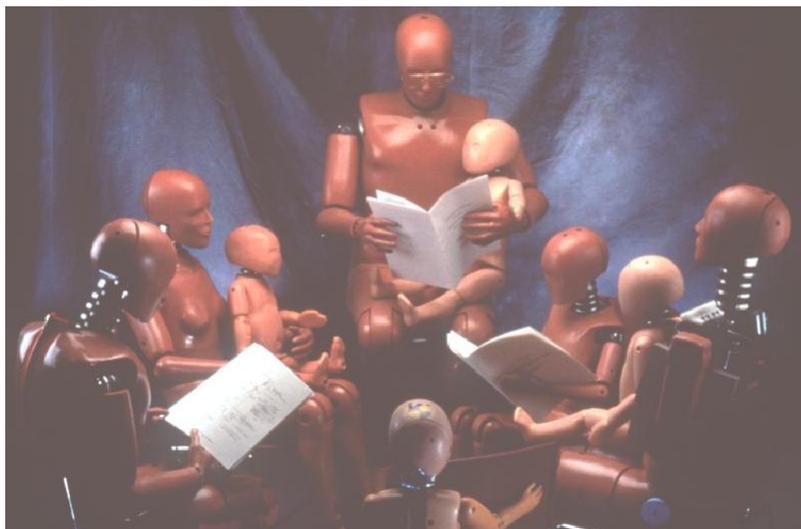


37

© ika 3ag0007.ppt

Die Dummyfamilie

ika



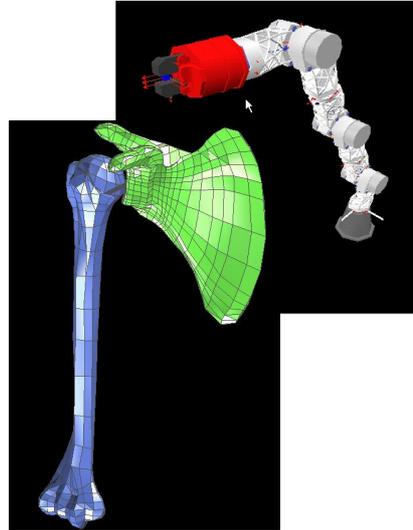
38

© ika 3ag0007.ppt

Mathematische Modelle

ika

- Starrkörper, finite Elemente
- Für parametrische Untersuchungen (What if?) nutzbar
- Überschreitung der Verletzungsschwellen möglich
- Validierung gegen menschliche Daten erforderlich



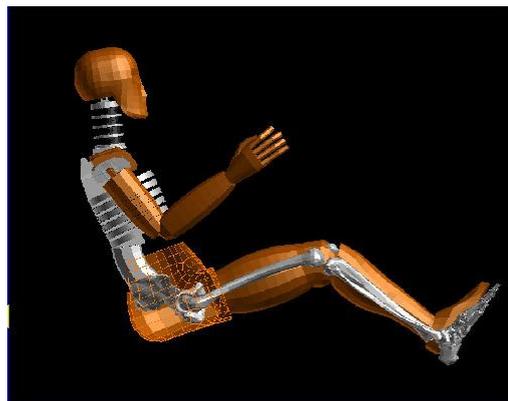
39

© ika 3ag0007.ppt

Elemente eines Modells

ika

- Gelenke
- Knochen
- Gewebe
 - Bänder
 - Sehnen
 - Muskeln
 - Organen
- Umgebung
- Validierung

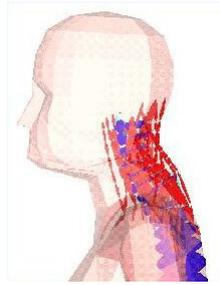


40

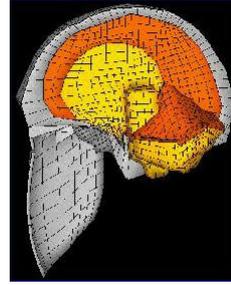
© ika 3ag0007.ppt



Globalmodell

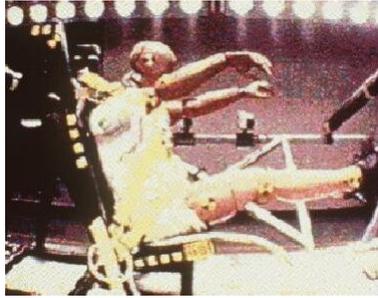


Detaillierte Abschnittsmodell

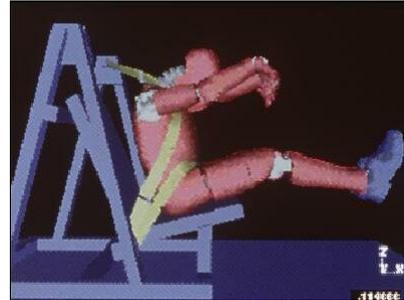


Alle Verletzungen sind letztendlich durch übermäßige lokalisierte Belastung verursacht

Schlittenversuch



Modell Simulation



Welche Verletzungsebene ist akzeptabel?

ika

- Verhinderung eines Todesfalls?
- Verhinderung einer Dauerverletzung?
- Verhinderung AIS 3 + Verletzung?
- Verhinderung AIS 3 + bis X % der Bevölkerung?
- Verhinderung AIS 2 + bis Y % der Bevölkerung?

45

© ika 3ag0007.ppt

Verletzungskriterien

ika

Kopfverletzungskriterium $(HIC)_{t_2}^{t_1}$
$$HIC = (t_2 - t_1) \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} a \cdot dt \right]^{2.5} < 1000$$

Kompressionskriterium $s(t) < 7.5cm$
Viscous Criteria (V*C) $\frac{V(t) \cdot s(t)}{D} < 1m/s$
Beschleunigungskriterium $a(t) < 65g$

Kniescheren $x < 15mm$

Kraftkriterium $F < 8kN$

$N_y = \frac{F}{F_c} + \frac{M}{M_c} < 1$

$TI = \frac{F}{F_c} + \frac{M}{M_c} < 1$

Kraftkriterium $F(t) < 10kN$

46

© ika 3ag0007.ppt

Was ist die Knochenbruchschwellwert?

ika



47

© ika 3ag0007.ppt

“Zensierte” biomechanische Versuchsdaten

ika

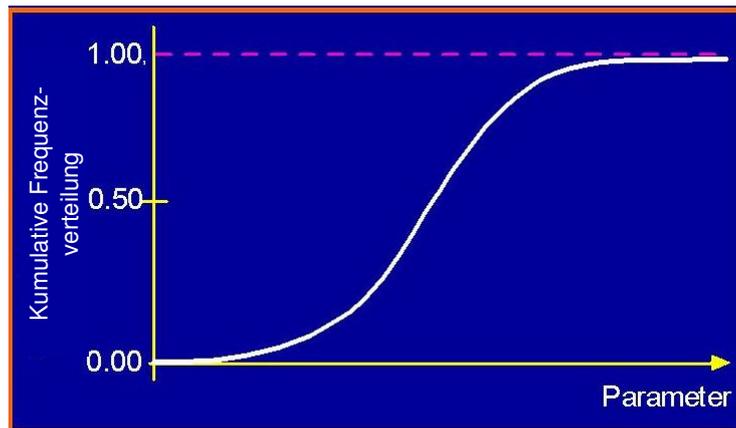


48

© ika 3ag0007.ppt

Funktion der Verletzungsrisiko

ika

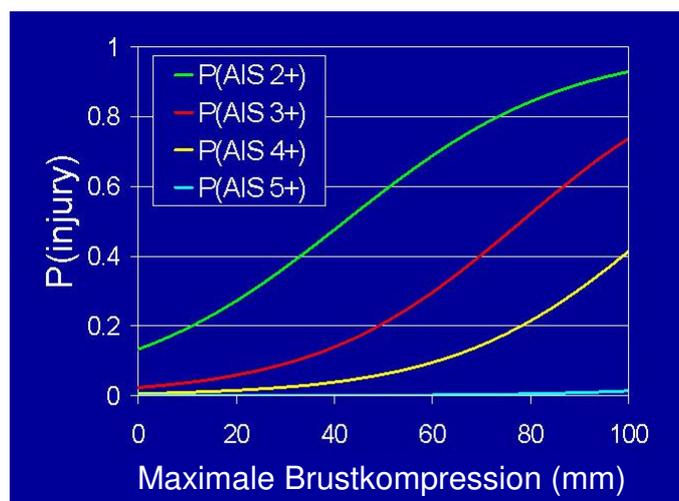


49

© ika 3ag0007.ppt

Brustverletzungsfunktion

ika

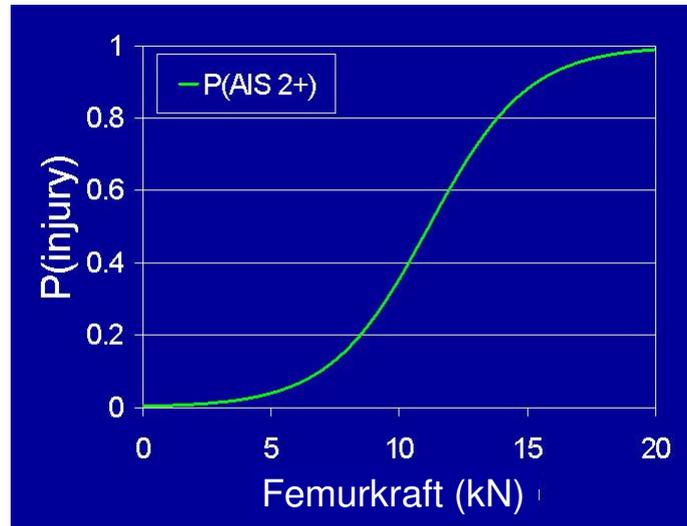


50

© ika 3ag0007.ppt

Femurverletzungsfunktion

ika

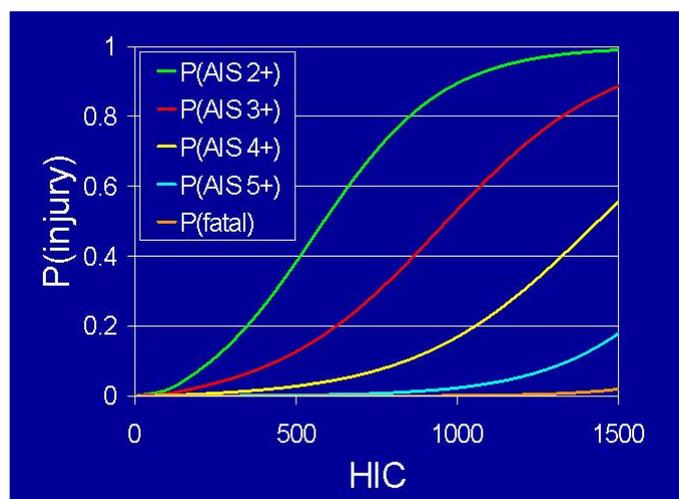


51

© ika 3ag0007.ppt

Kopfverletzungsfunktion

ika

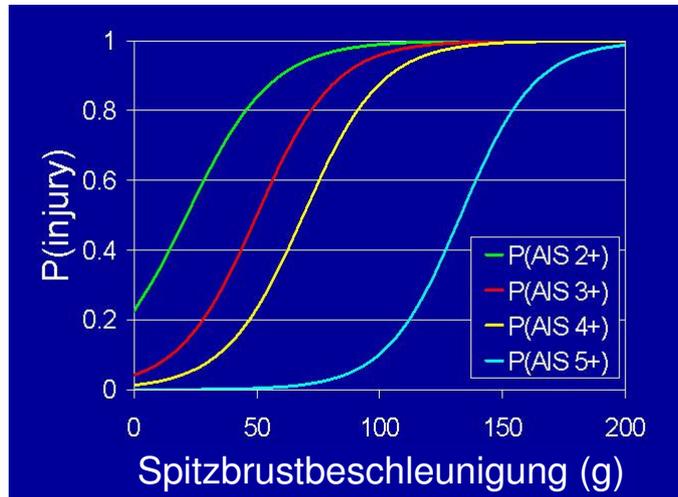


52

© ika 3ag0007.ppt

Brustverletzungsfunktion

ika

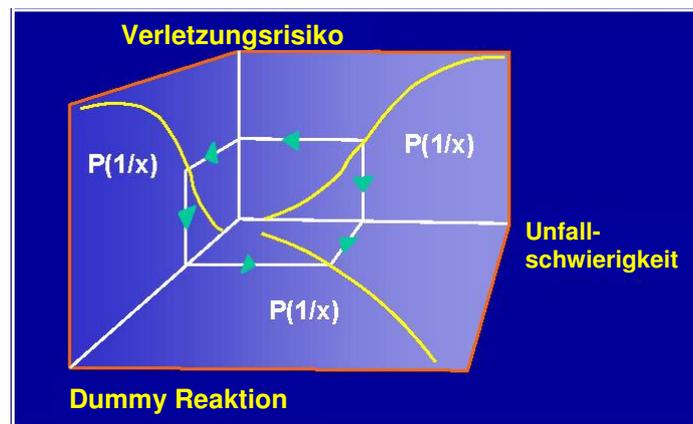


53

© ika 3ag0007.ppt

Converting Injury Risk vs. Crash Severity

ika



Quelle: Volvo Car Corporation

54

© ika 3ag0007.ppt

Crashversuch

ika



55

© ika 3ag0007.ppt

Wer ist ein Durchschnittserwachsener?

ika



56

© ika 3ag0007.ppt

Unsere Fähigkeiten sind nicht gleich

ika

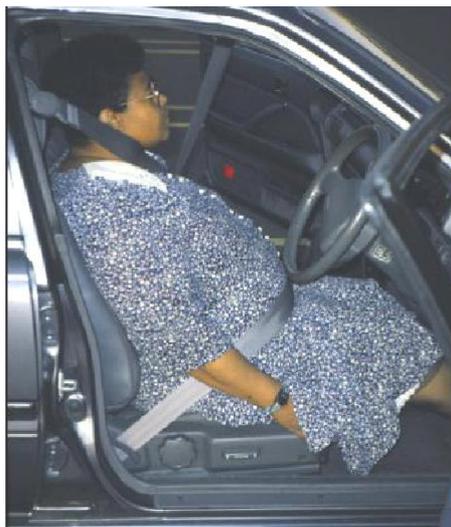


57

© ika 3ag0007.ppt

Variation der Körpergröße

ika



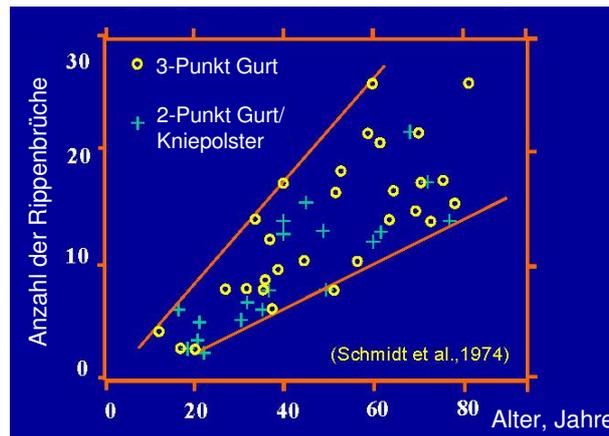
58

© ika 3ag0007.ppt

Anzahl der Rippenbrüche von Menschenleiche verschiedenen Alter

ika

Frontalschlittenuntersuchungen bei 50 km/h



59

© ika 3ag0007.ppt

Zusammenfassung

ika

- Die Bevölkerungsunterschiede spielen eine wichtige Rolle.
- Die derzeit verfügbare Werkzeuge und Wissen (Dummies, Modelle, Verletzungskriterien) stellen die menschliche Reaktionen nur in gewissermaßen dar.
- Zweifeln bezüglich Crashdaten und Simulationsergebnissen sind berechtigt.

60

© ika 3ag0007.ppt

Unfall der besonderen Art

ika



61

© ika 3ag0007.ppt

Unfall der besonderen Art

ika



62

© ika 3ag0007.ppt

Pre-Crash Insassenparameter

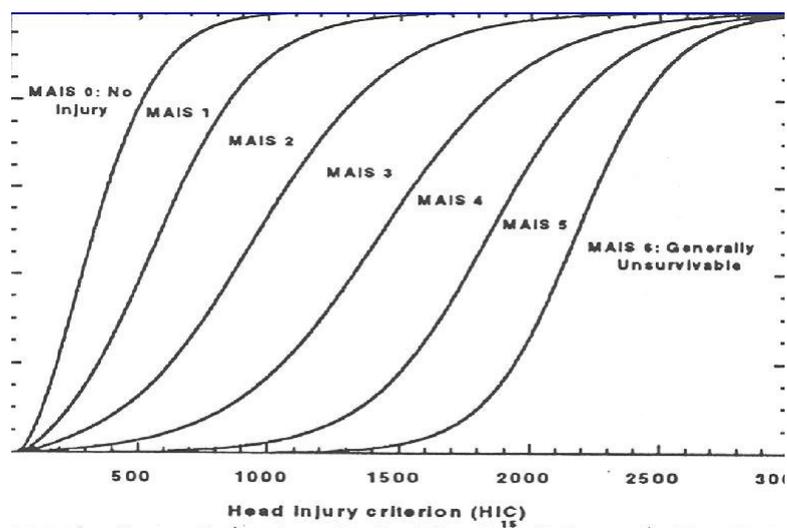
ika

- Geschlecht und Alter
- Größe und Gewicht
- Größenverhältnis (B.M.I.)
- Vorhandenen medizinischen Zustand
- Biomechanische Toleranz
- Darminhalt
- Blasenvolumen
- Alkohol und Drogen
- Bekleidung
- Sitzposition
- Sitzhaltung
- Gurtposition

63

© ika 3ag0007.ppt

ika



64

© ika 3ag0007.ppt

