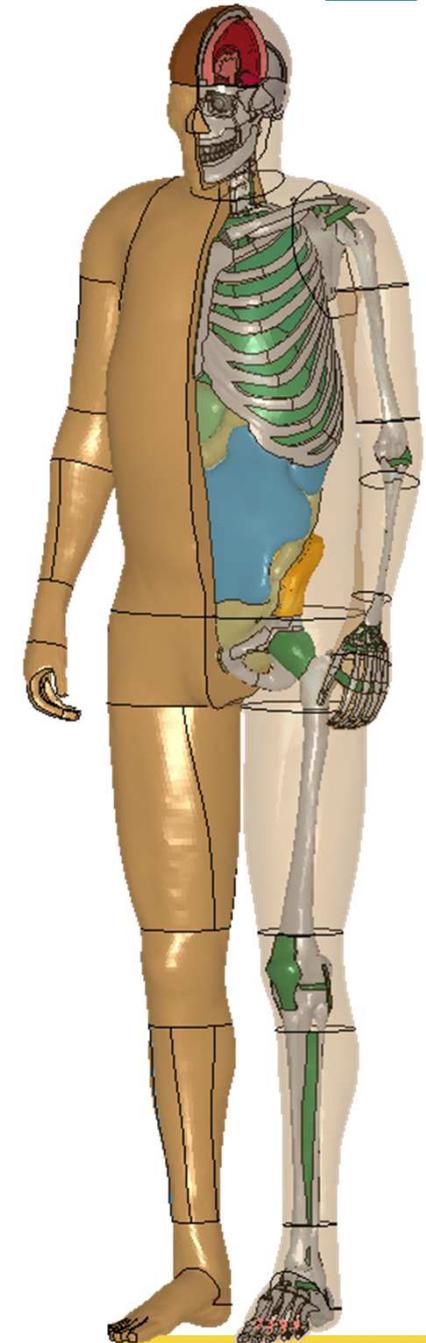
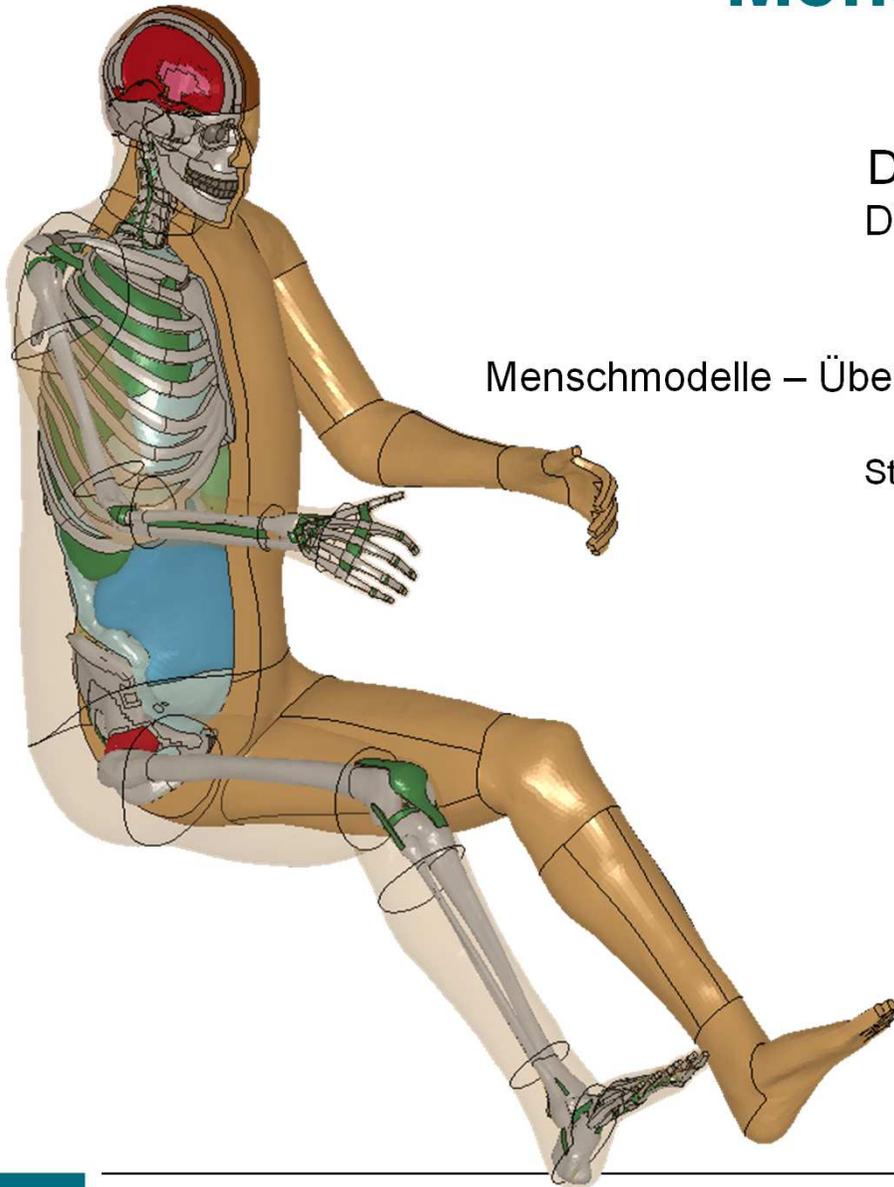


Vorstellung der THUMS™ Menschmodelle

Dirk Fressmann
DYNAmore GmbH

Infotag:
Menschmodelle – Überblick und Erweiterungsmöglichkeiten,

Stuttgart, den 8. März

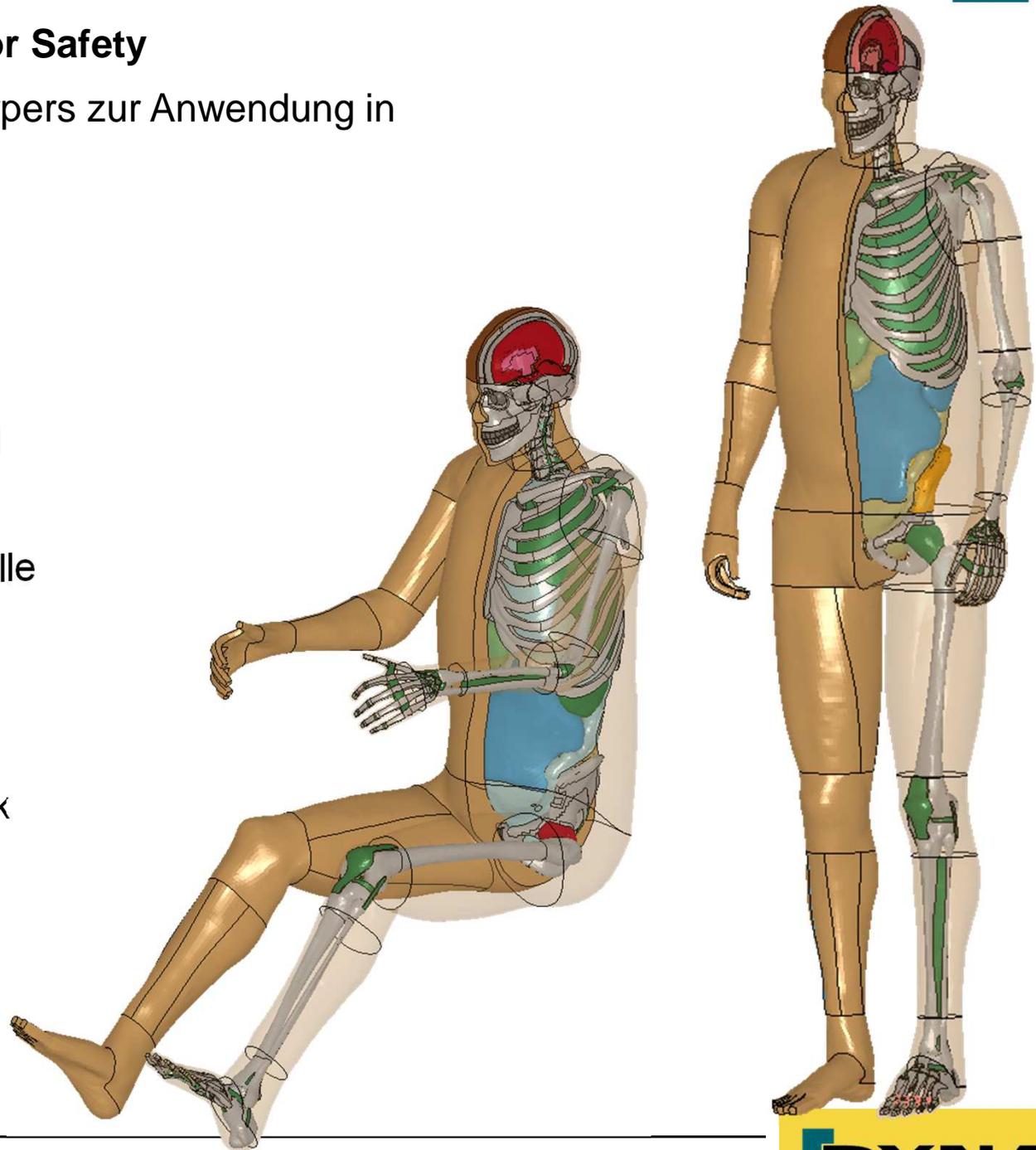


THUMS™ – Total HUMAN Model for Safety

- FE Modell des menschlichen Körpers zur Anwendung in Fahrzeug-Crashtest Szenarien

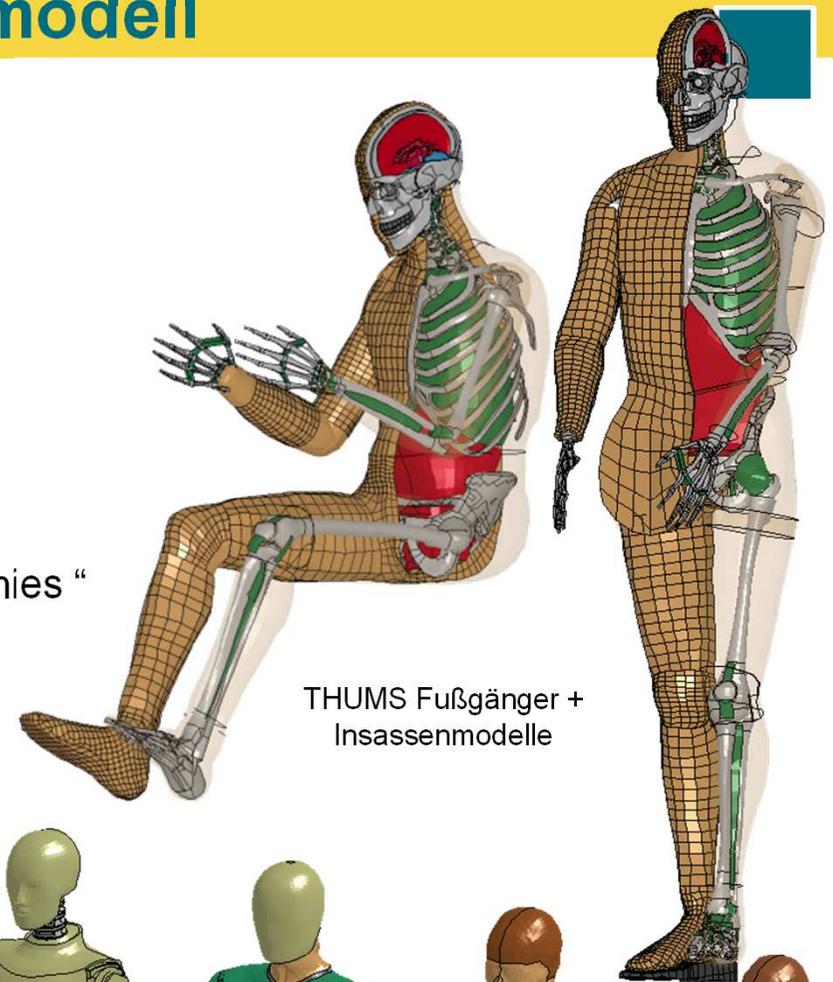
Agenda

1. Einleitung – das THUMS Modell
2. Modellvarianten und -versionen
3. Geometrische Details der Modelle
4. Anwendungsbeispiele
 - Fußgängermodell
 - Insassenmodell
5. Zusammenfassung und Ausblick



Einleitung – Das THUMS™ Menschmodell

- THUMS™ – Total HUmAn Model for Safety
- entwickelt von der *Toyota Motor Corporation* und *Toyota Central R&D Labs. Inc.* seit ~2000
 - zusätzliche Forschungsinstitute beteiligt (z.B. WSU)
- **zusätzliches Werkzeug**, um **Verletzungsrisiken** einzuschätzen und **passive und aktive Sicherheitssysteme** zu entwickeln
 - „Fahrzeugoptimierung bzgl. des Menschen statt der Dummies“
- reproduziert die **anatomische Geometrie** und die **biomechanischen Eigenschaften** des menschlichen Körpers
 - z.B. Skelettstruktur, Gelenke, Knochensteifigkeiten, Hautflexibilität, usw.
- **Anwendungen im Crash, Ergonomie, Sportwissenschaften, usw.**
 - Simulation der **kinematischen** Eigenschaften
 - möglich: Spannungs- und Dehnungsauswertungen in Knochen und Gelenken
 - neuere Modelle (Version 4): evtl. weitere Analysen von **Verletzungsmechanismen**

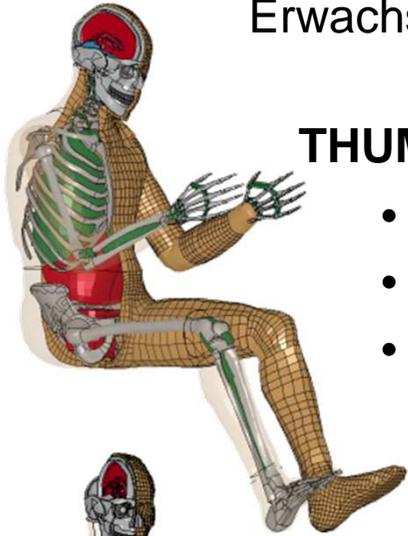


THUMS Fußgänger + Insassenmodelle



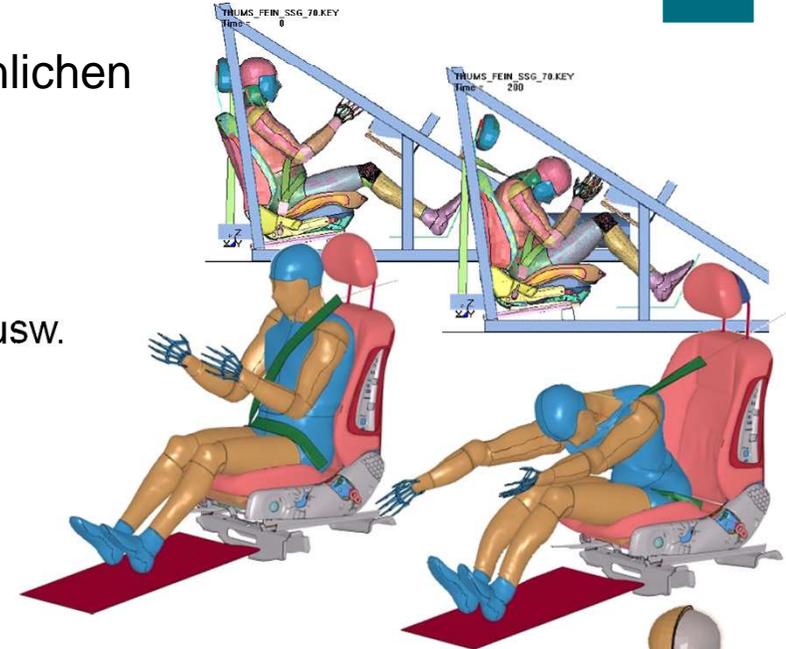
Vergleich WorldSID, Hybrid III, THUMS V3, THUMS V4

Modell eines sitzenden/stehenden, 50%-igen männlichen Erwachsenen (AM50 – adult male, ~180cm, 78kg)



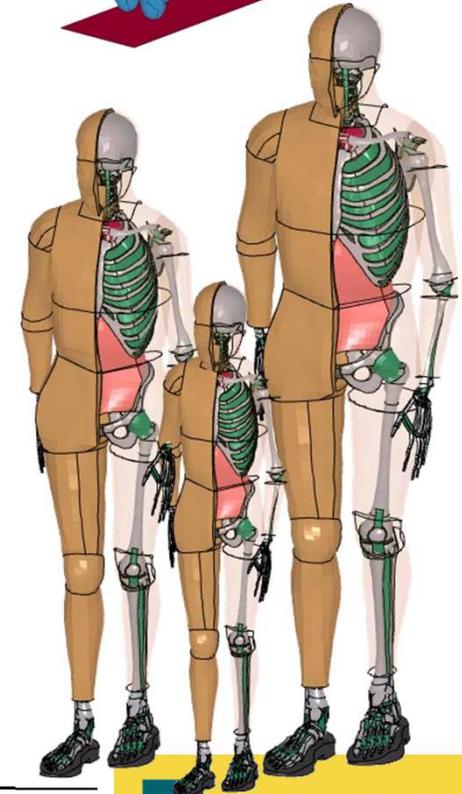
THUMS Insassenmodell

- Insassensimulationen; Gurtauslegung, Airbags, usw.
- Front-/Seiten-/Heck-Crash Lastfälle
- Fahrer & Beifahrer Positionen



THUMS Fußgängermodell

- Fußgängersicherheit; Frontalcrash Simulationen (Kopfaufprall, Zeitpunkt und Ort)
 - Variation der Körperhaltung, der Schrittstellung oder der Modellgröße
 - zusätzliches Interesse in der „**THUMS Familie**“ (versch. Modellgrößen - AM50, AF05, 6YO, ...)
- Generell gleiche **Modellierungstechniken** für Insassen- und Fußgänger mit leichten Modifizierungen/Anpassungen (z.B. innere Organe, Schulter, Materialien + Versagen)

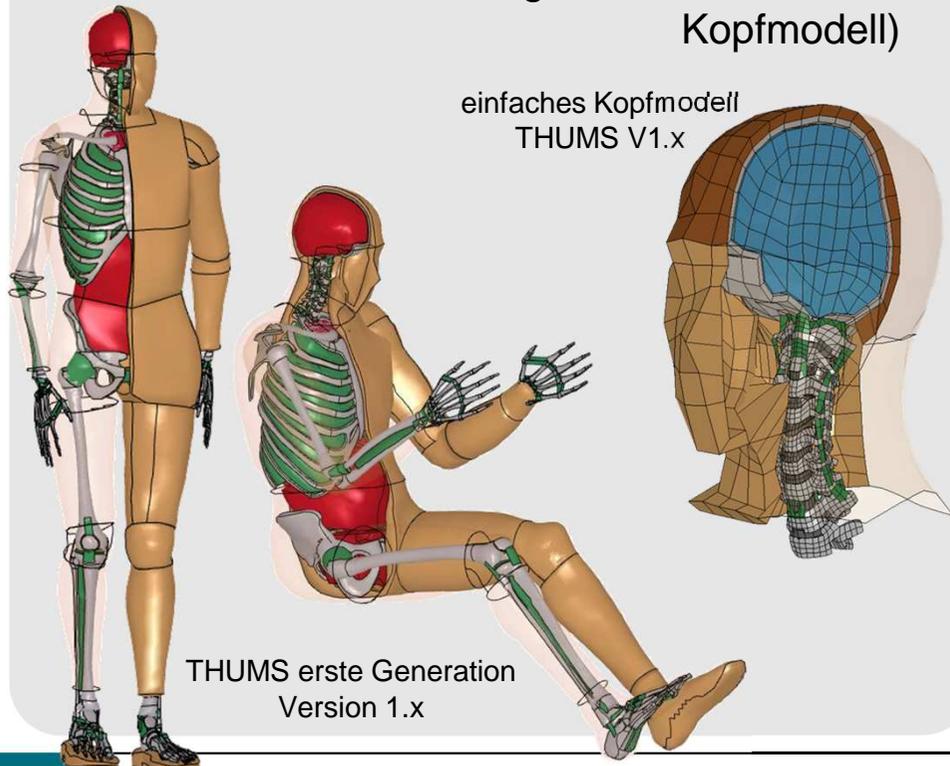


THUMS Modellversionen 1.x und 3.0

- Modellierung **basierend auf Literaturdaten** (Geometrie und Materialeigenschaften)
- **einfache** Materialien (elastisch, elasto-plastisch, viskoelastisch)
- AM50 Modellgröße ist vergleichbar mit den korrespondierenden Dummymodellen
- ausschließlich Verwendung für **kinematische Auswertungen**

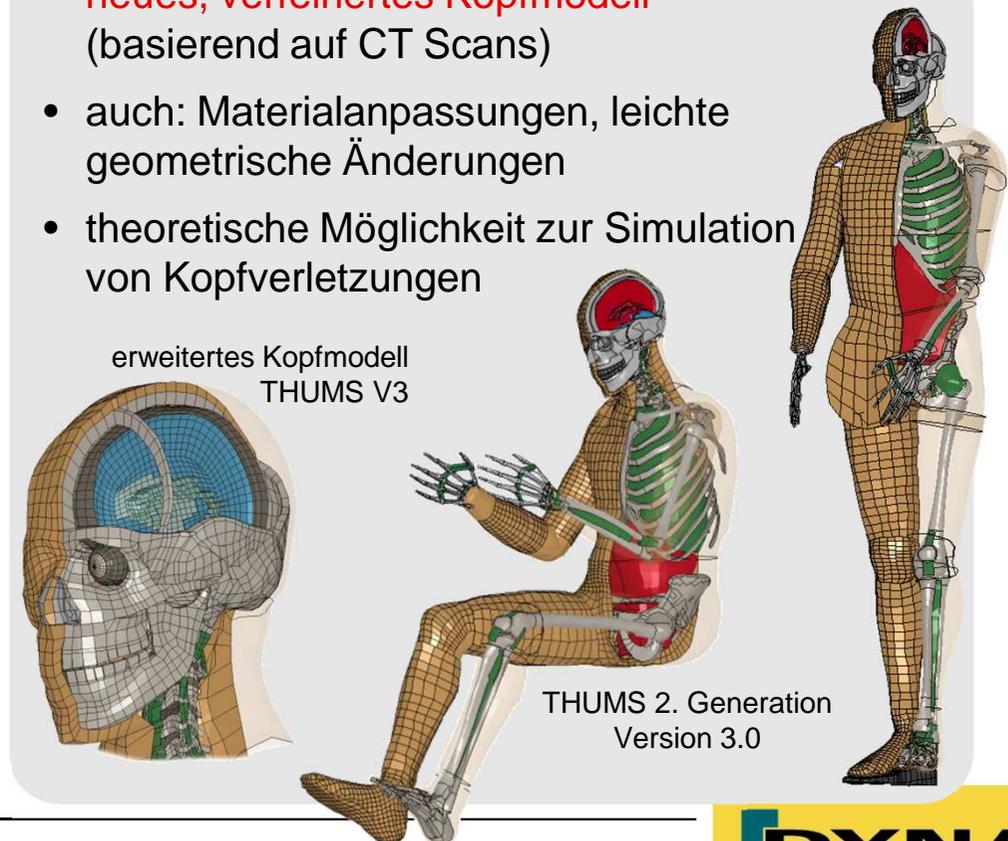
Version 1.4/1.6 (ca. 2004-06)

- **kinematisches Modell** (Skelettstruktur, Gelenke, Fleisch, vereinfachte Organe, einfaches Kopfmodell)



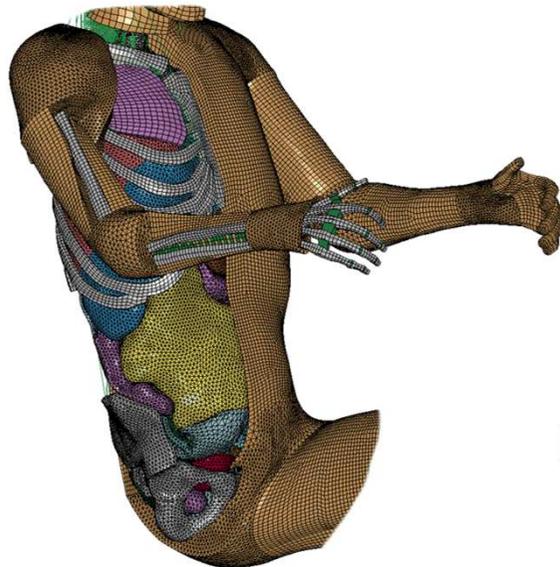
Version 3.0 (Anfang 2008)

- **neues, verfeinertes Kopfmodell** (basierend auf CT Scans)
- auch: Materialanpassungen, leichte geometrische Änderungen
- theoretische Möglichkeit zur Simulation von Kopfverletzungen

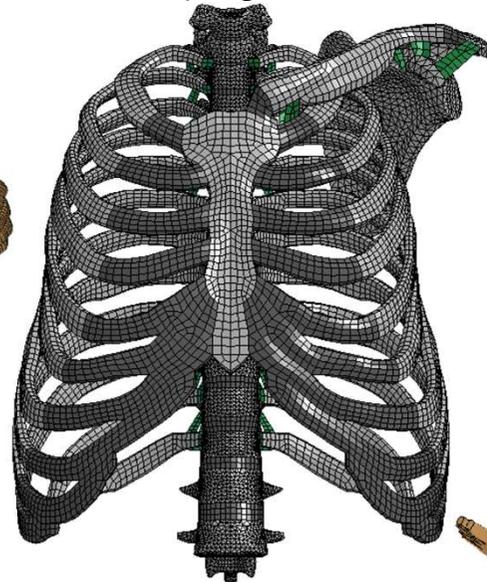


THUMS Modellversion 4 (seit Ende 2010)

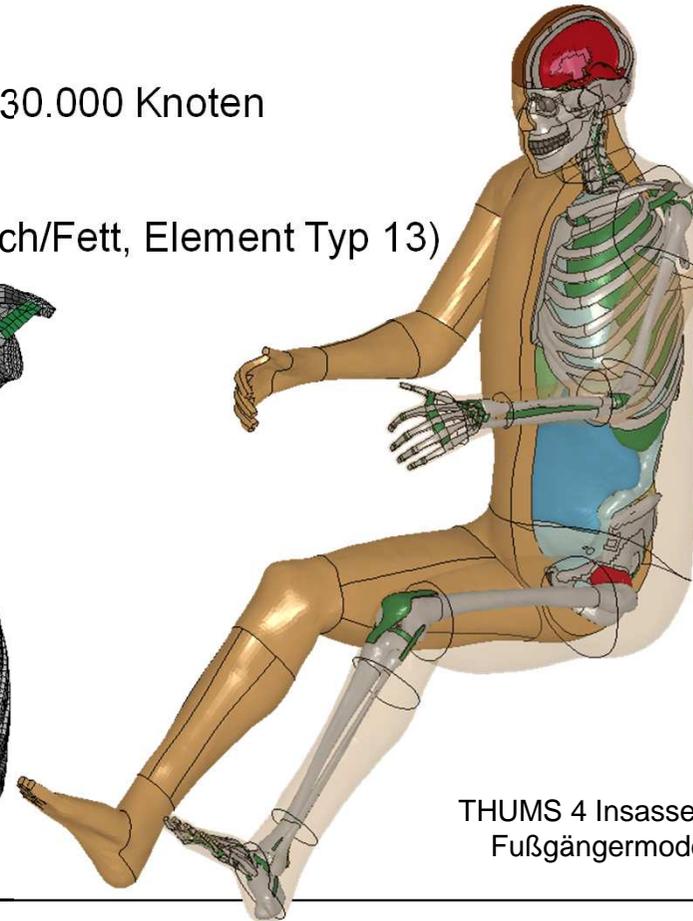
- kein Modellupdate, sondern komplett **neues Modell**
- Geometrie aus **medizinischen CT Scans**
 - Basis: 39 jähriger Mann (173cm, 77.3kg, BMI 25.8)
 - skaliert auf die Größe des AM50 Modells (178.6cm, 74.3kg)
→ führt auf realistische Geometrie
 - sehr **hohe Detailtreue** der Gelenke, inneren Organe, Kopf, ...
- Modell Parameter
 - Elementgröße 3-5mm, 1,8Mio Elemente, 630.000 Knoten
 - hauptsächlich Solid- und Shellelemente
 - hexa- und tetrahedra Netze (Organe, Fleisch/Fett, Element Typ 13)



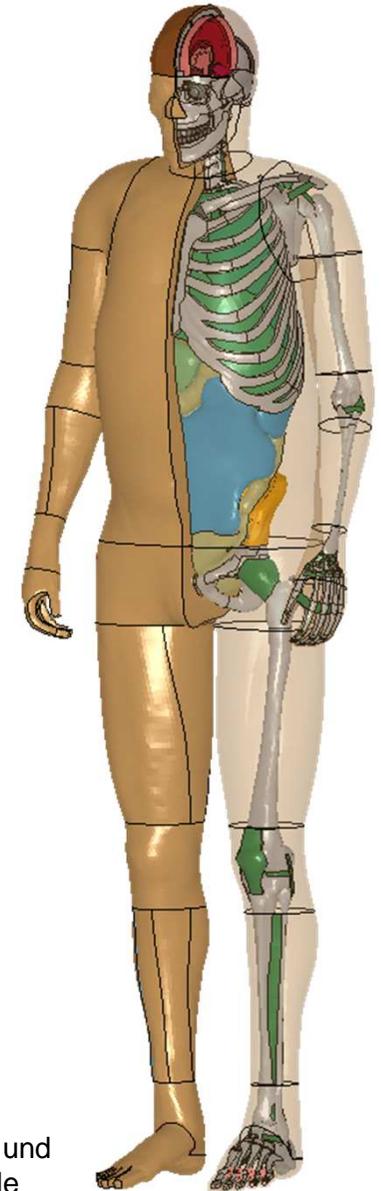
Torso Insassenmodell



Fußgänger Thorax



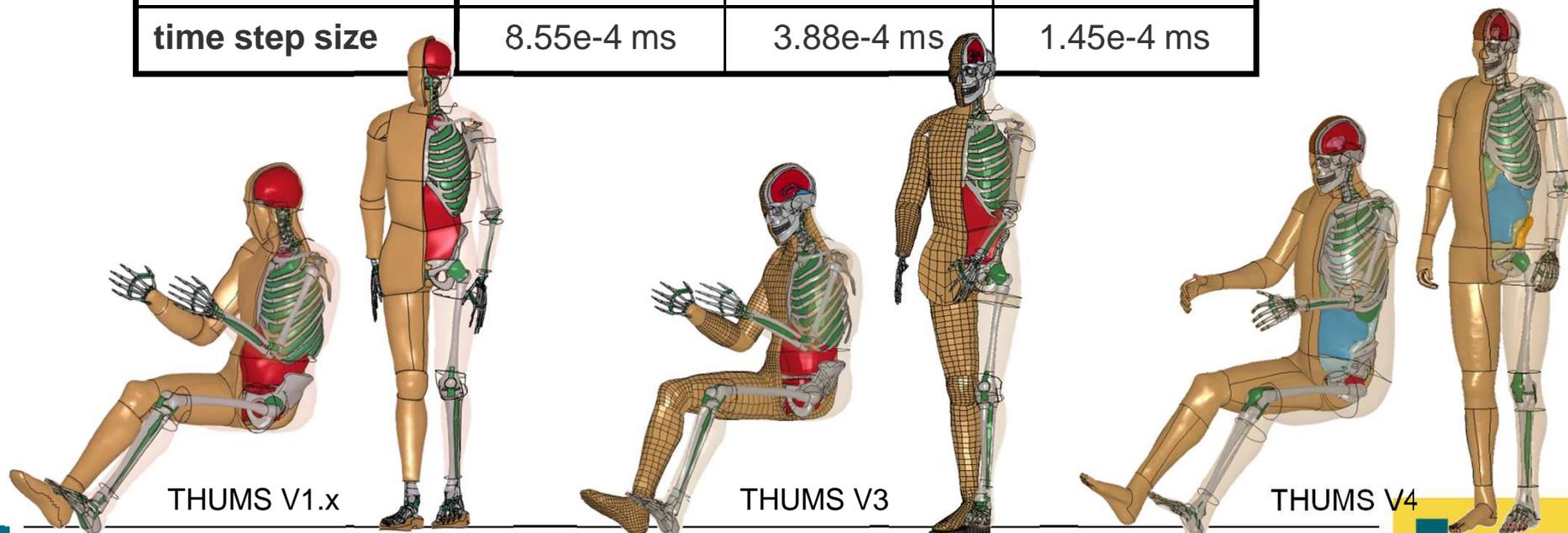
THUMS 4 Insassen und
Fußgängermodelle





Fakten und Zahlen

THUMS <i>Insassenmodell</i>	THUMS V1.61	THUMS V3.0	THUMS V4.0
parts	1,350	1,576	1,273
nodes	66,729	104,489	628,358
elements			
- deformable	91,204	143,044	1,755,284
- rigid	70,019	118,484	1,749,575
	21,185	24,560	5,709
contacts			
- tied	176	220	19
- sliding	21	30	9
	155	190	10
time step size	8.55e-4 ms	3.88e-4 ms	1.45e-4 ms

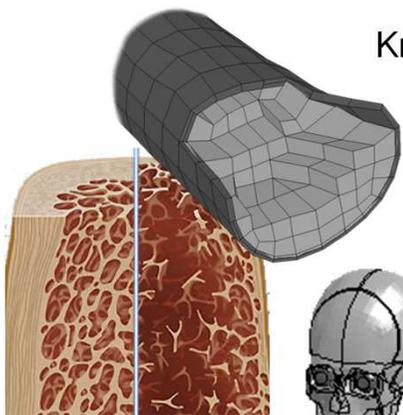
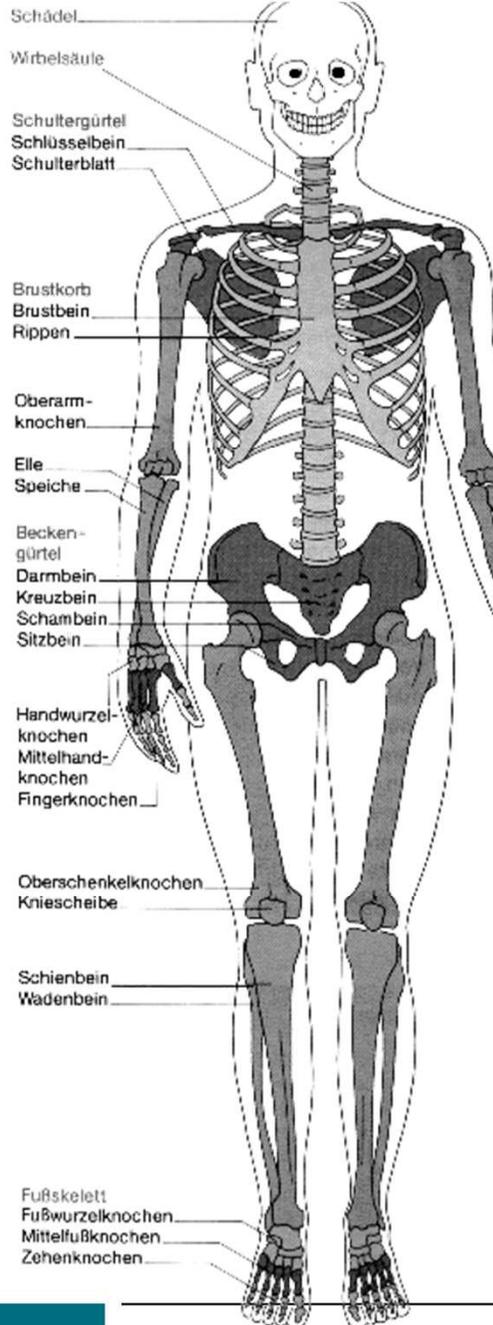




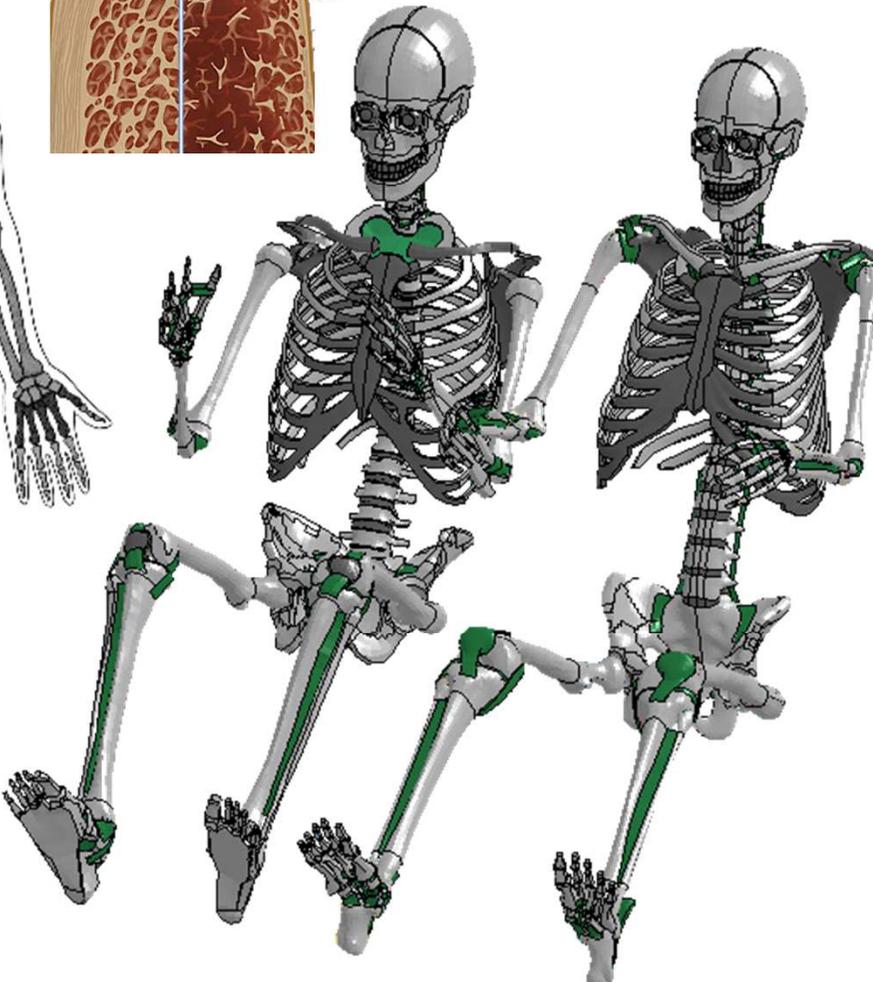
THUMS Geometrische Details

Vergleich zwischen THUMS Version 3 und Version 4

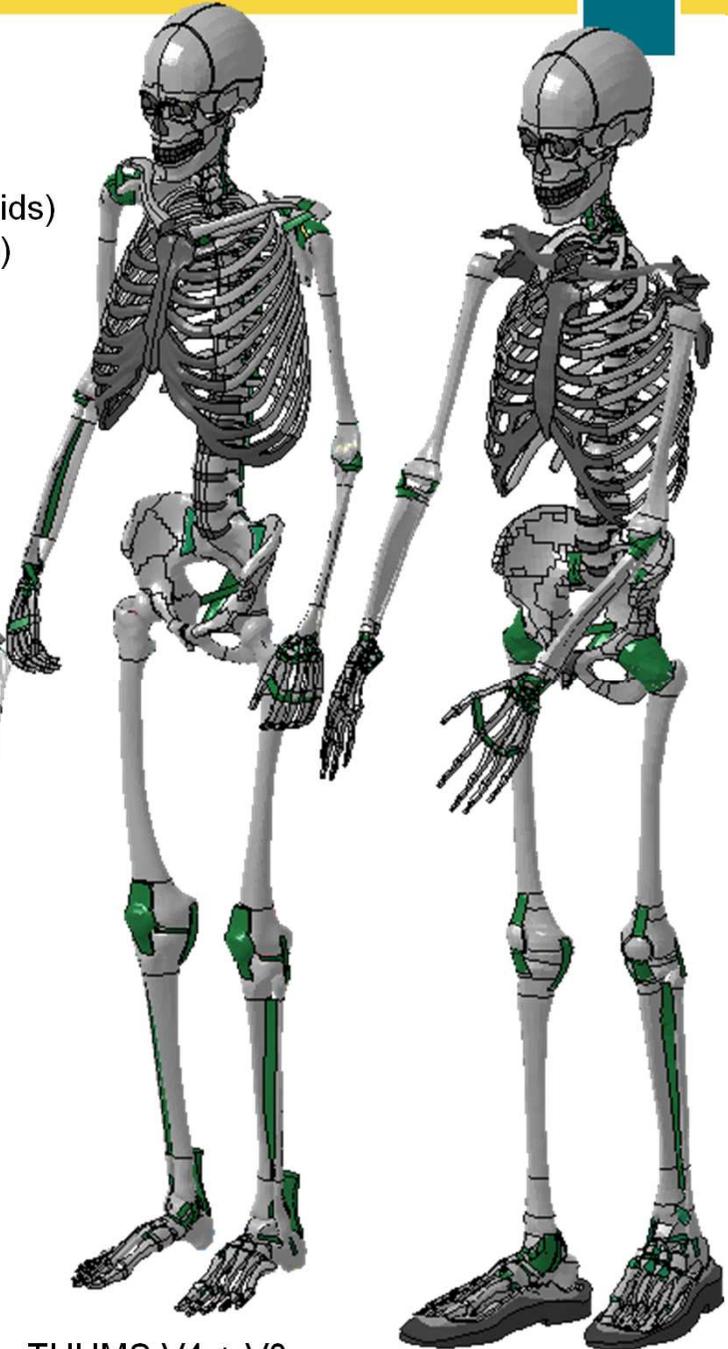
Geometrische Details: Skelettstruktur



Knochenstruktur
 - trabekuläre Knochen (solids)
 - kortikale Knochen (shells)



THUMS V3 + V4 Insassenmodell

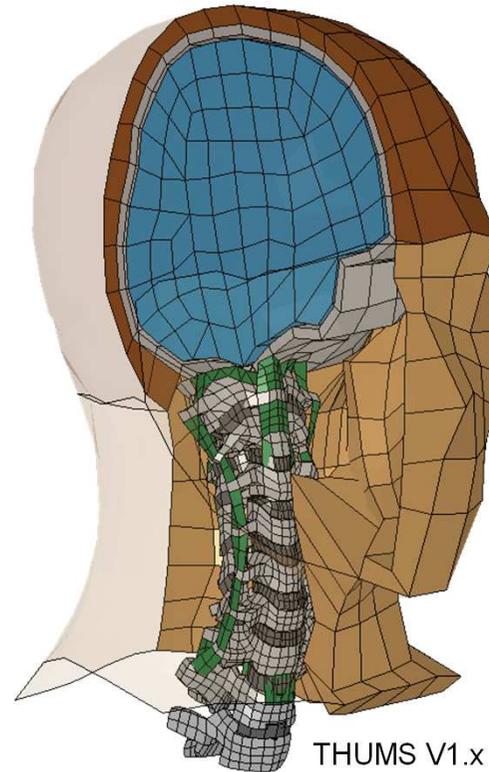
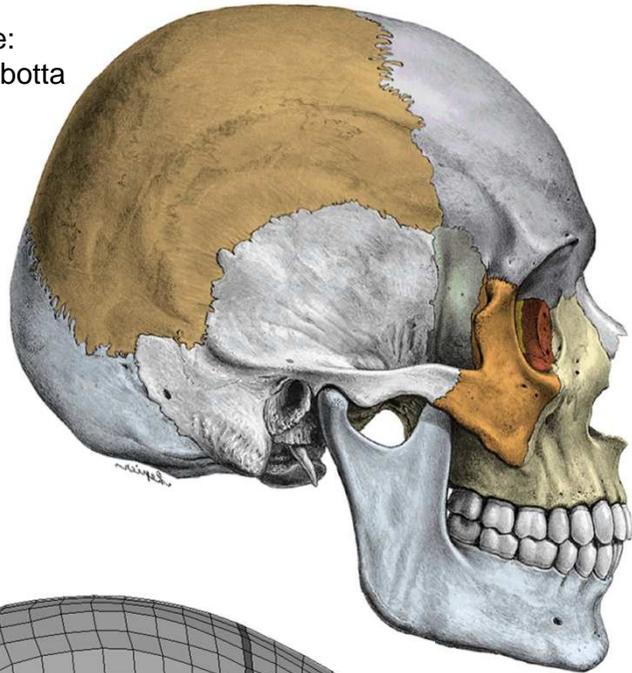


THUMS V4 + V3
 Fußgängermodell

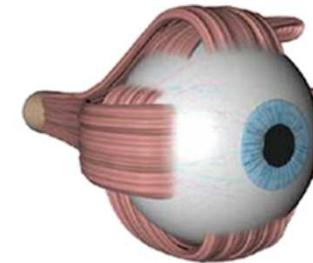


Geometrische Details: Kopf und Schädel

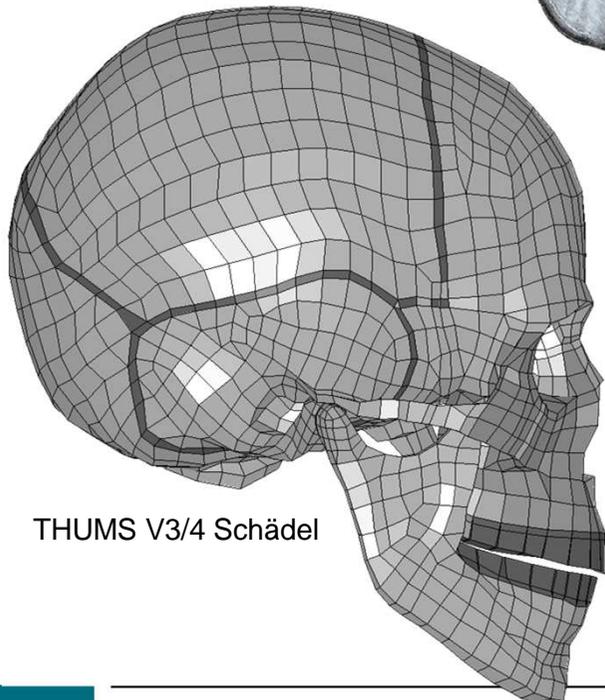
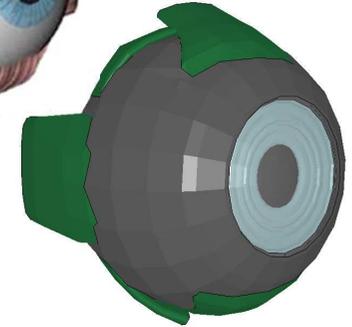
Quelle:
Sobotta



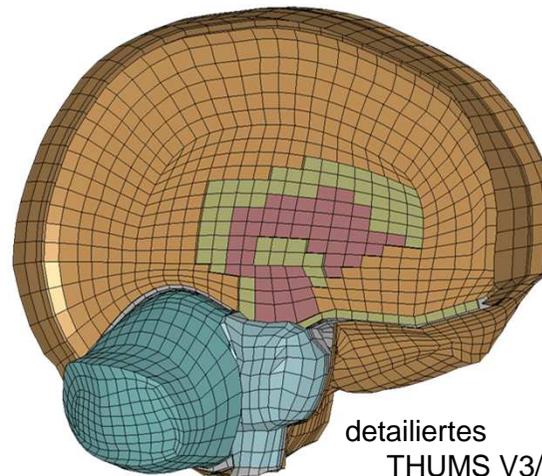
THUMS V1.x
Kopfmodell



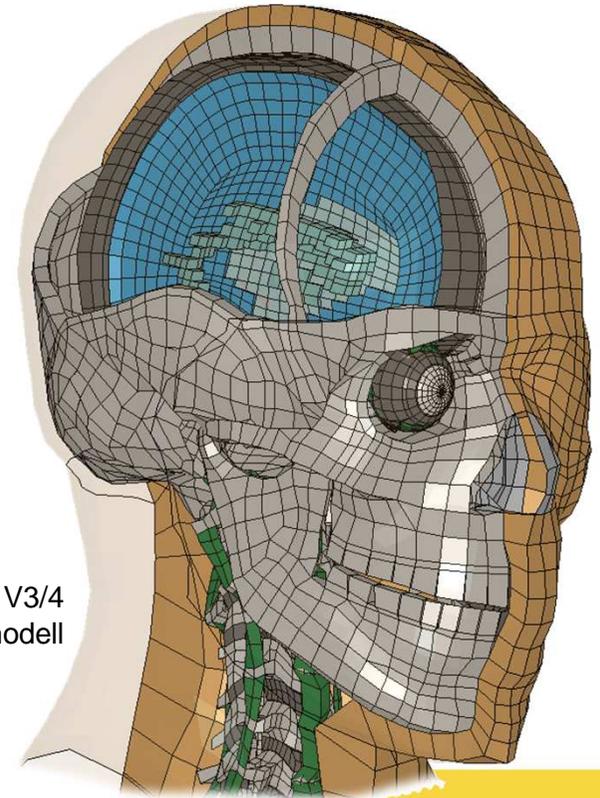
THUMS V3/4
Auge



THUMS V3/4 Schädel



detailliertes
THUMS V3/4 Hirn

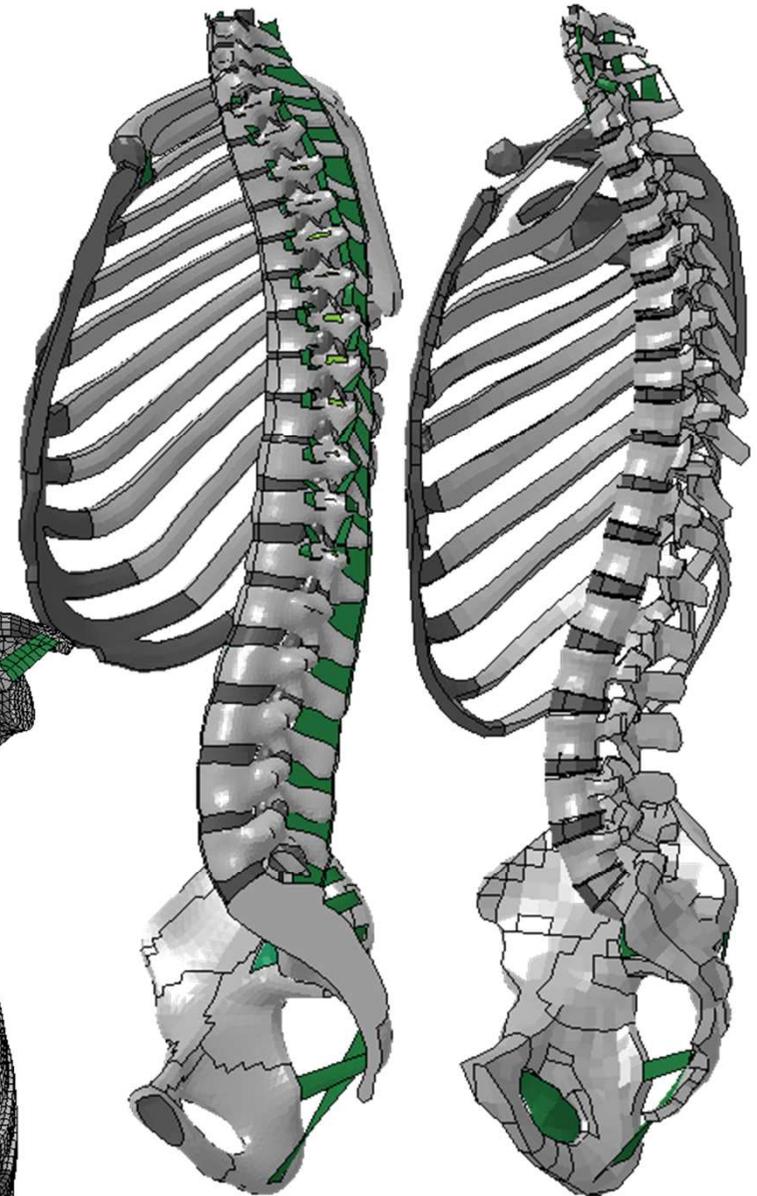
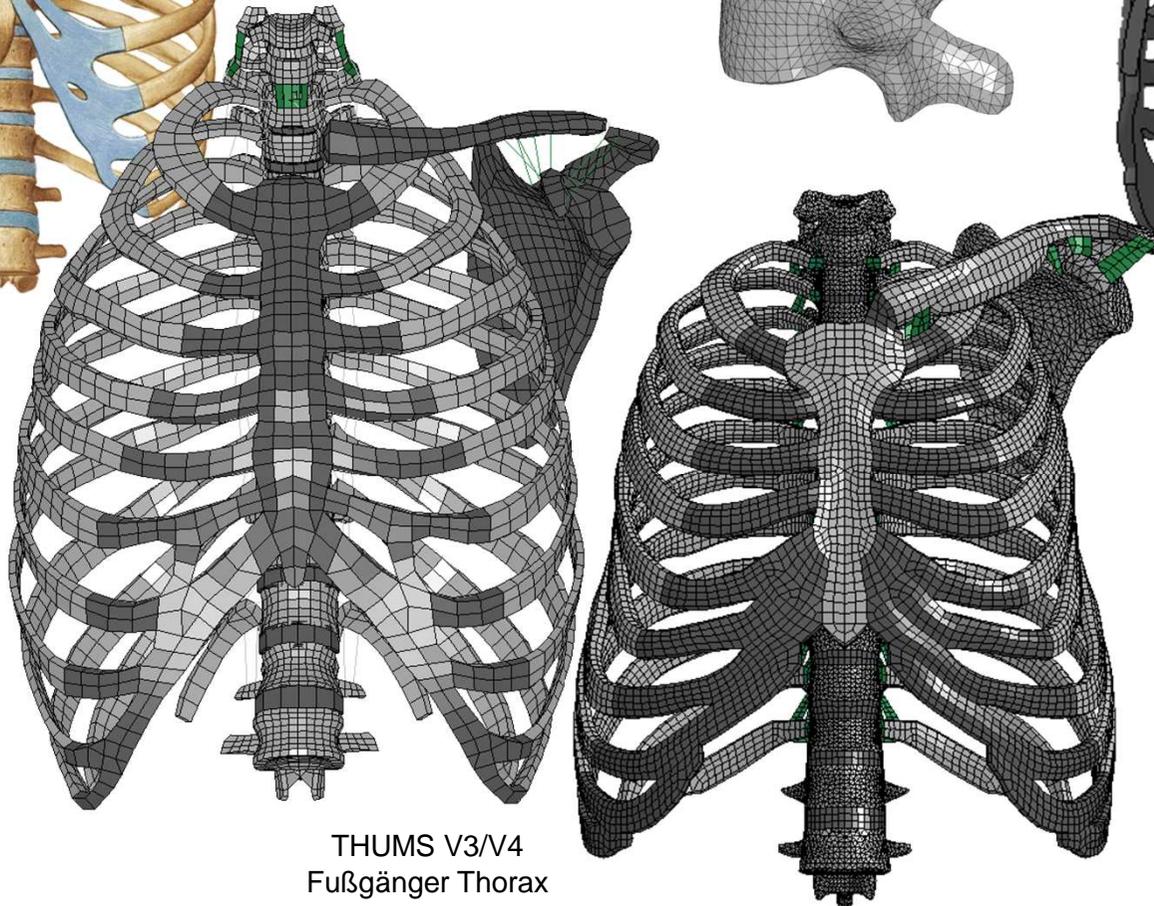
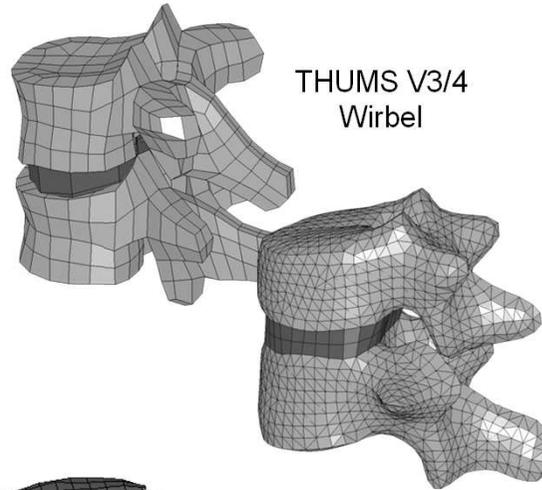
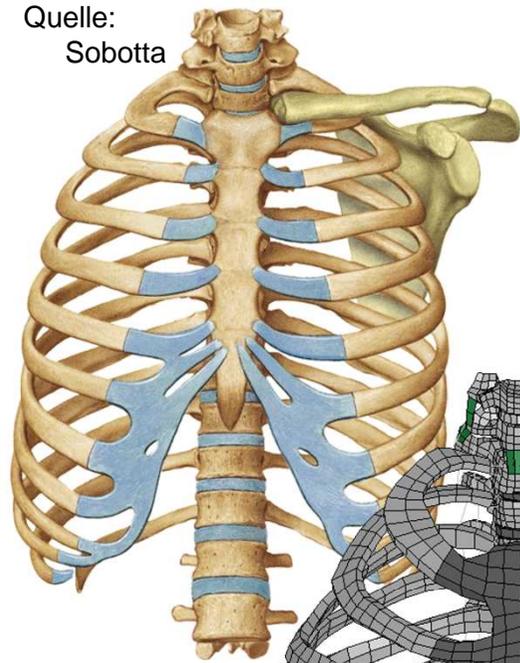


THUMS V3/4
Kopfmodell



Geometrische Details: Thorax & Wirbelsäule

Quelle:
Sobotta

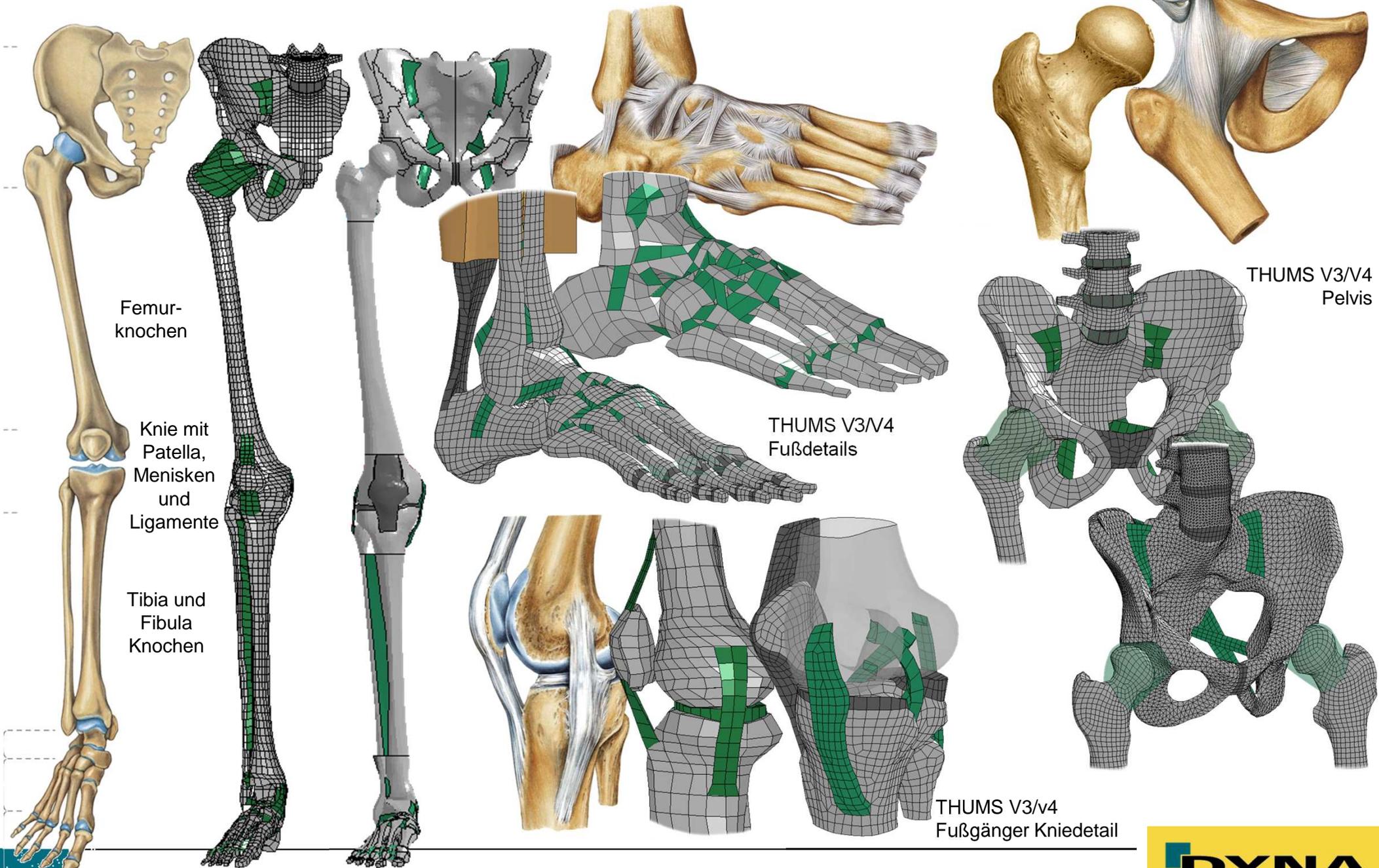


THUMS V3/4
Fußgänger Thorax

THUMS V3 + V4 Fußgänger
Wirbelsäule + Thorax



Geometrische Details: Untere Extremitäten



Femur-
knochen

Knie mit
Patella,
Menisken
und
Ligamente

Tibia und
Fibula
Knochen

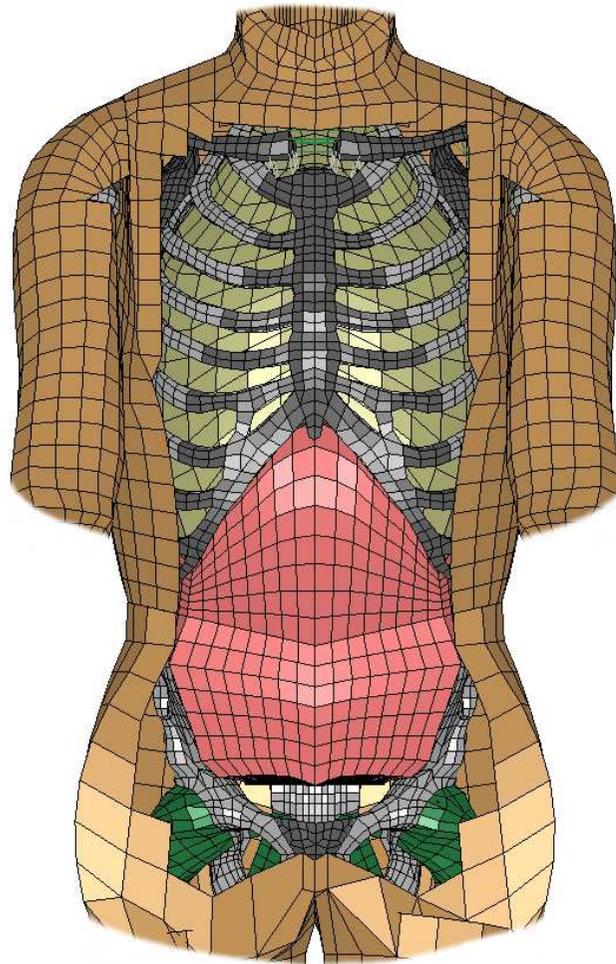
THUMS V3/V4
Fußdetails

THUMS V3/V4
Pelvis

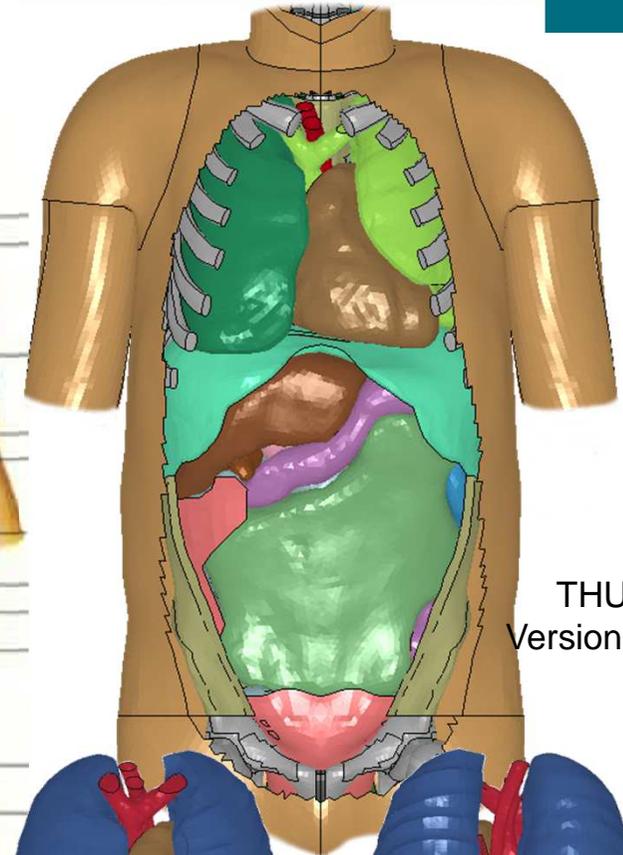
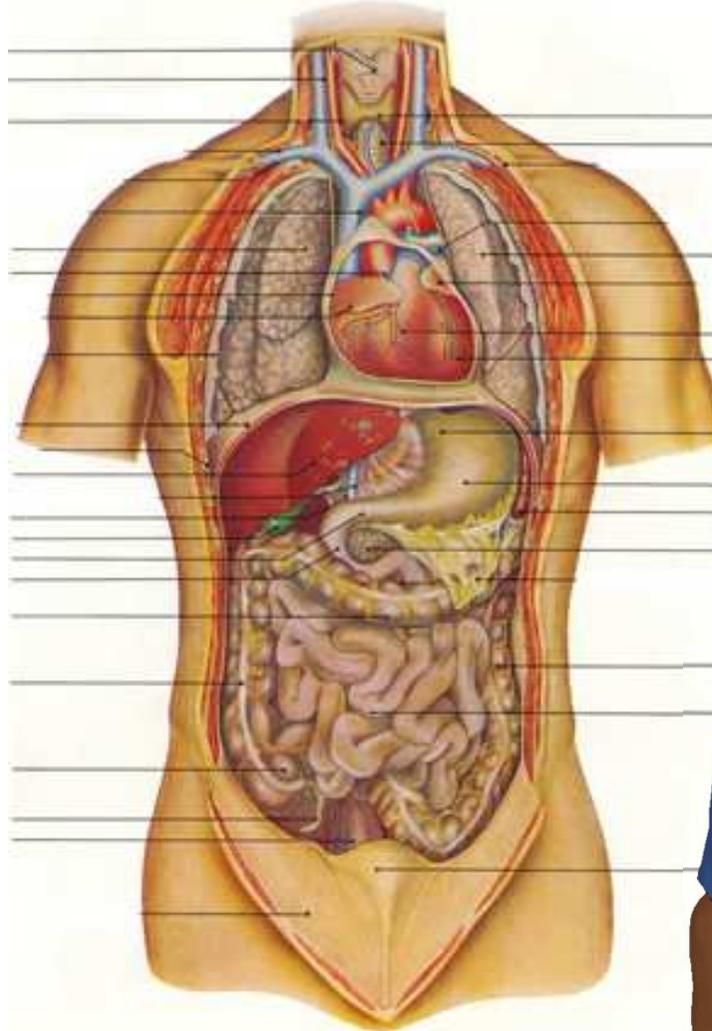
Quelle:
Sobotta

THUMS V3/v4
Fußgänger KnieDetail

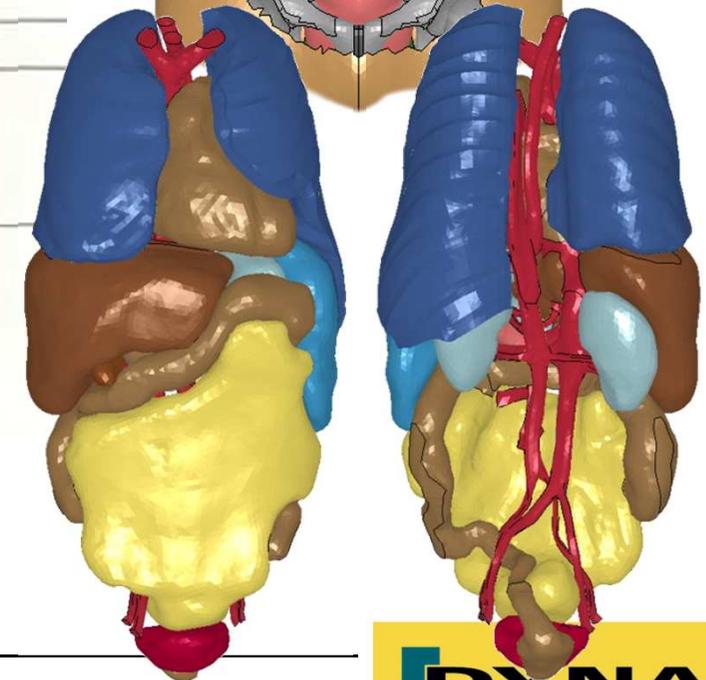
Geometrische Details: Innere Organe



THUMS Version 1.x/3.0



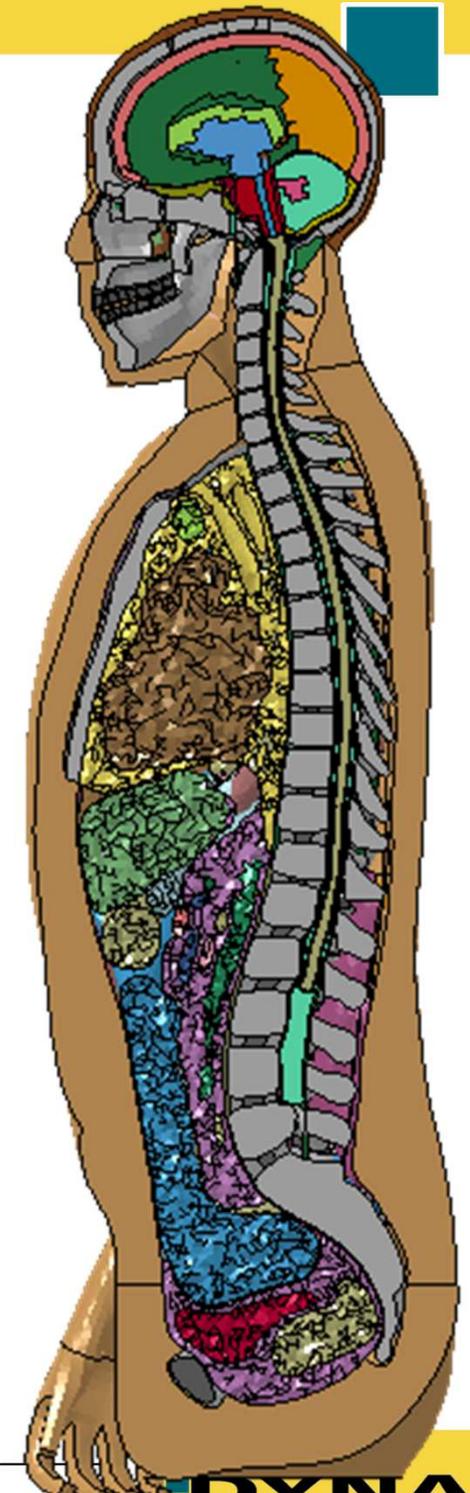
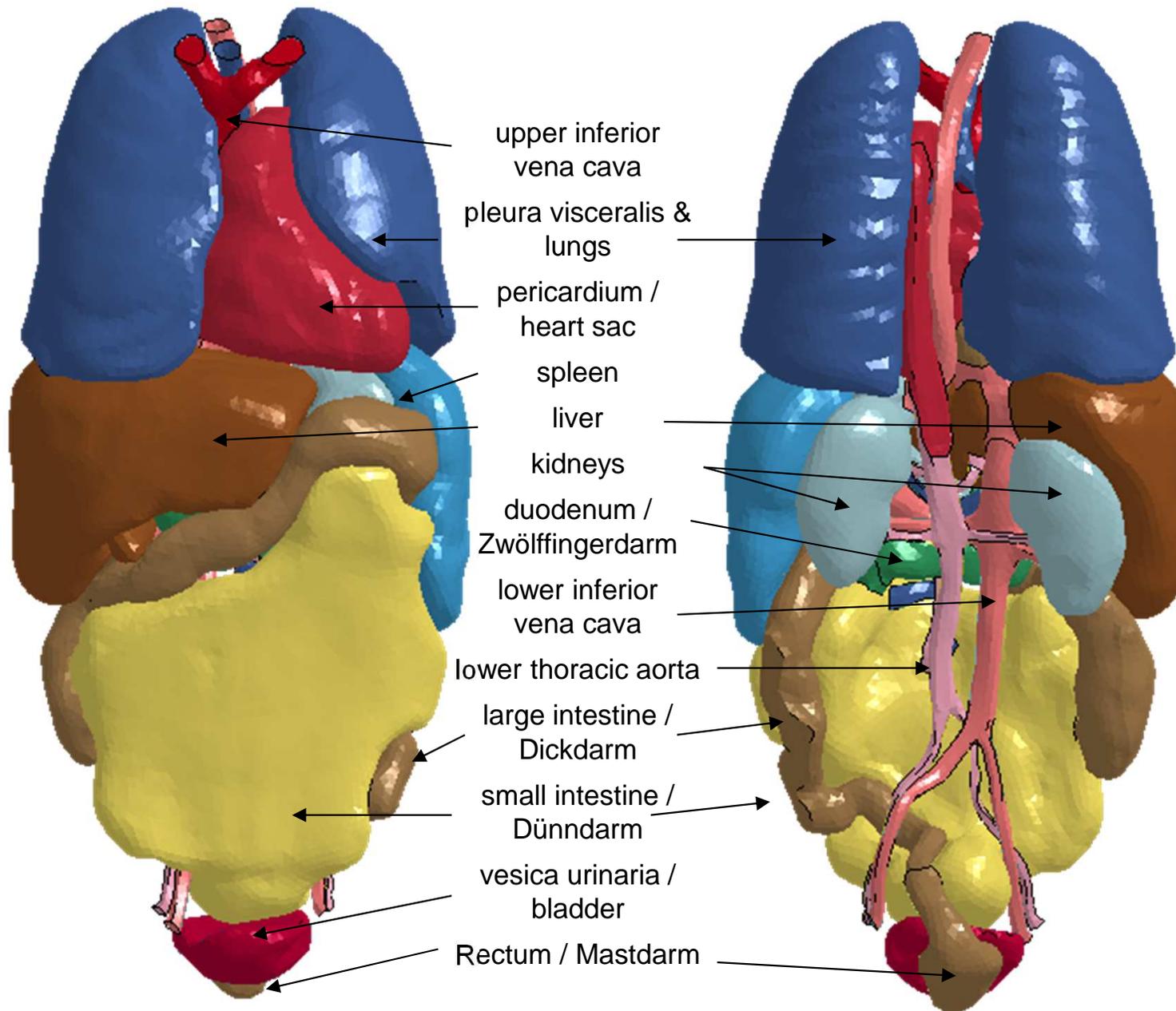
THUMS
Version 4.0



- grobe Organmodellierung im THUMS v1.x-3.0
 - aufgrund grober Vernetzung und erforderlicher numerischer Stabilität
- (feine) Organmodellierung im THUMS Version 4.0

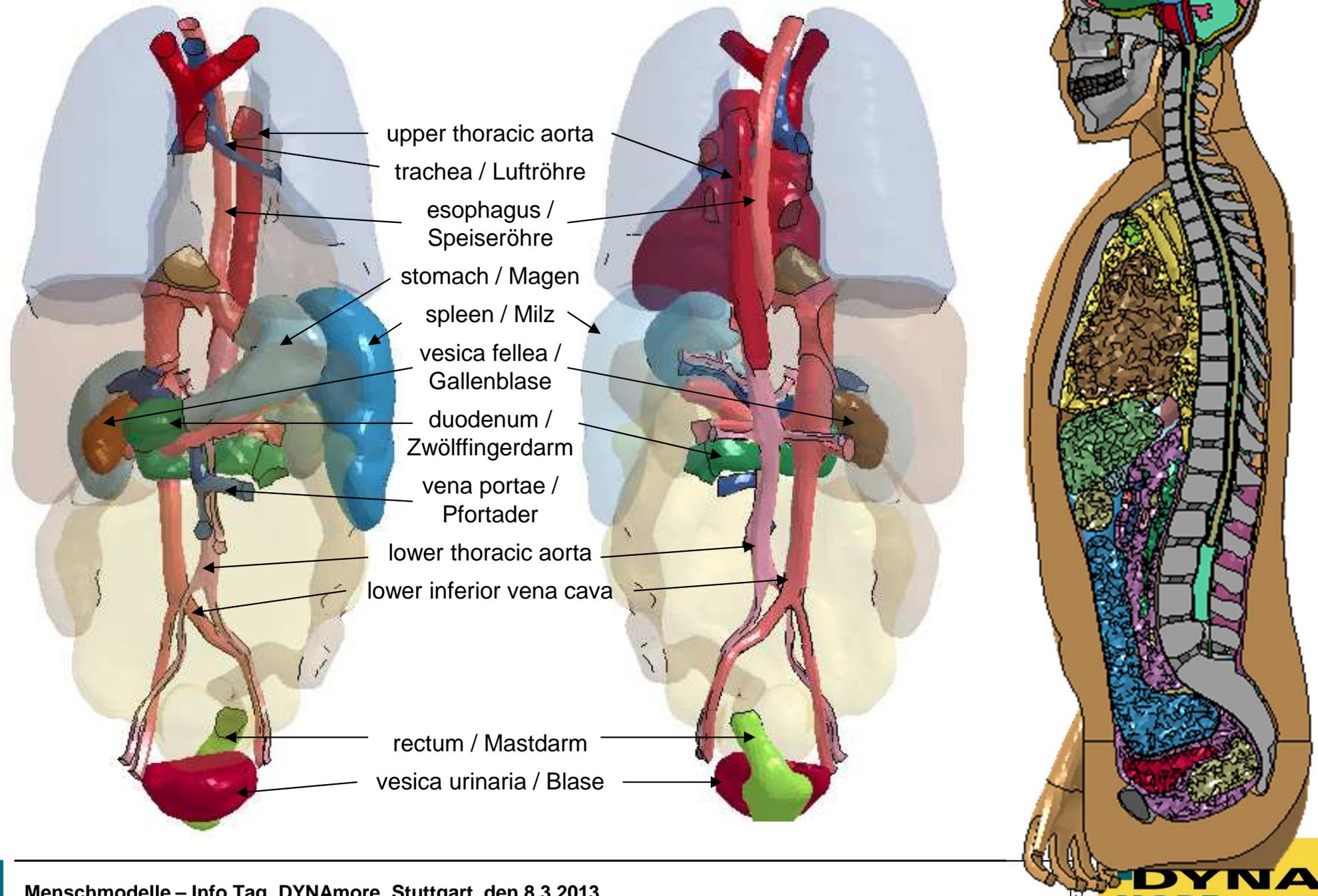
Die THUMS Modelle – Geometrische Details

Geometrische Details: Innere Organe (außen)



Die THUMS Modelle – Geometrische Details

Geometrische Details: Innere Organe (Innen)





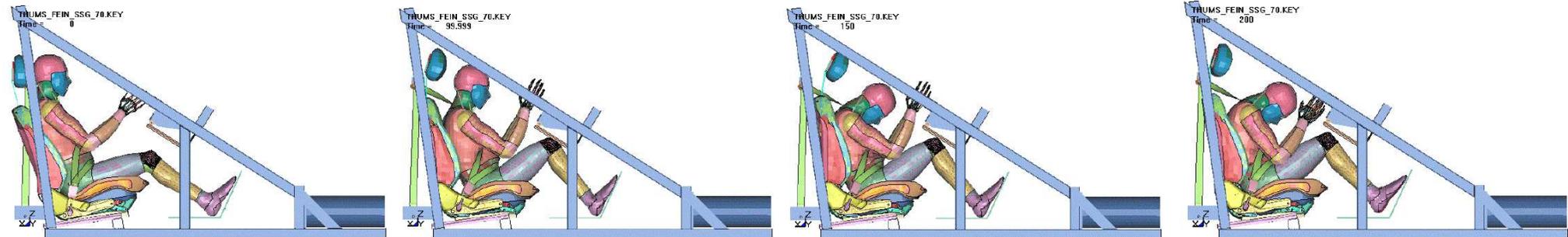
Anwendungsbeispiele

Fußgänger und Insassen Impact Beispiele



Motivation

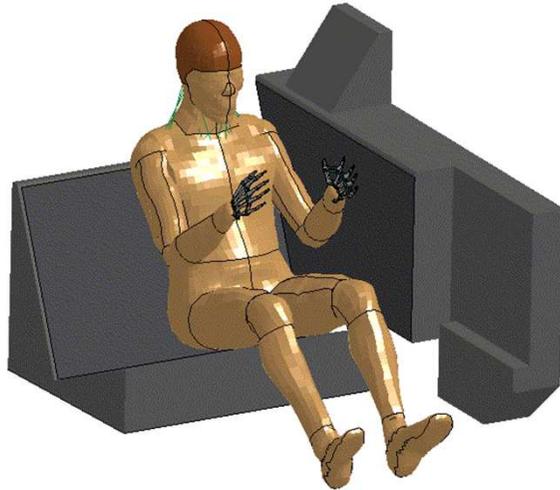
- Dummymodelle sind für **Front-, Heck- und Seitenaufprallsituationen** vorhanden
- **neue Einsichten** durch Verwendung der Menschmodelle in Crash-Tests
 - verbesserte Biofidelität → verlässliche Ergebnisse auch in anderen Crash-Test Situationen
- Evaluierung der Kinematik und möglicher Verletzungen/Verletzungskriterien
 - Knie Impakt Simulation (Ipek et al. 2004 – Daimler AG)
 - Gurtauslegung / Testen alternativer Gurtsysteme (Daimler AG)



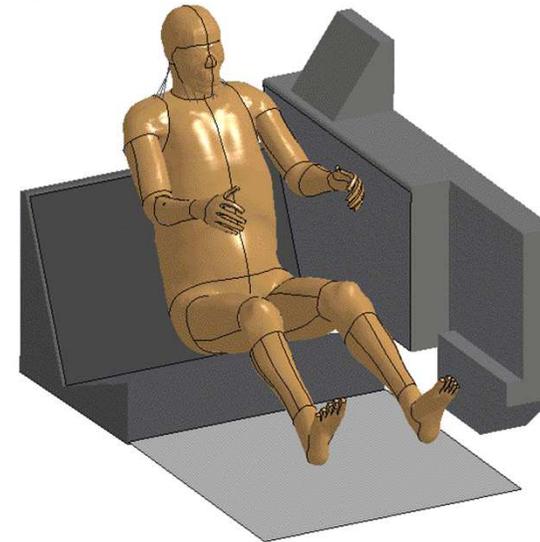


Insassen Barrieren Impakt

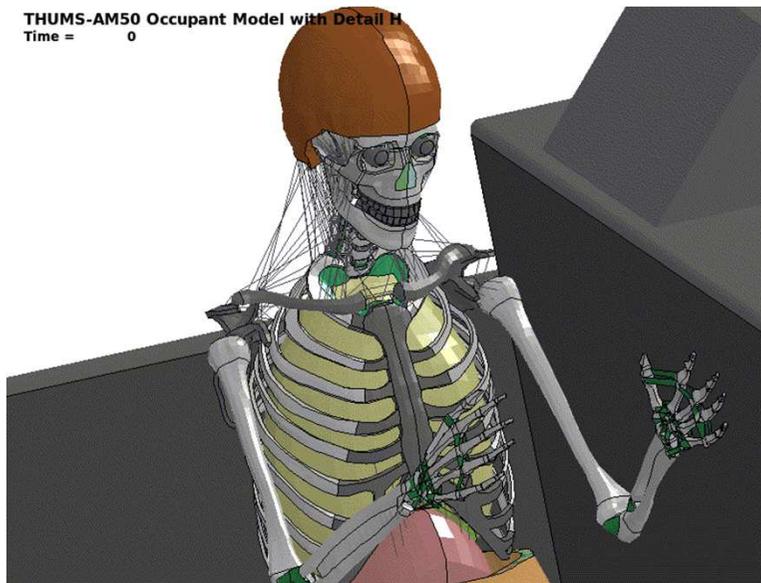
THUMS-AM50 Occupant Model with Detail H
Time = 0



THUMS AM50 Occupant Model Version 4 201
Time = 0



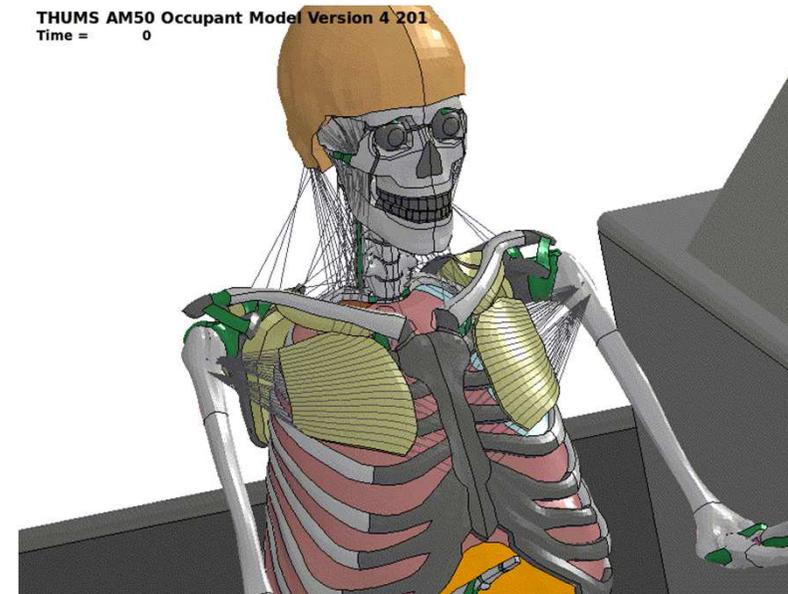
THUMS-AM50 Occupant Model with Detail H
Time = 0



THUMS V3 Impakt von links

Gesamtmodell und Zoom auf den Schultergurt

THUMS AM50 Occupant Model Version 4 201
Time = 0

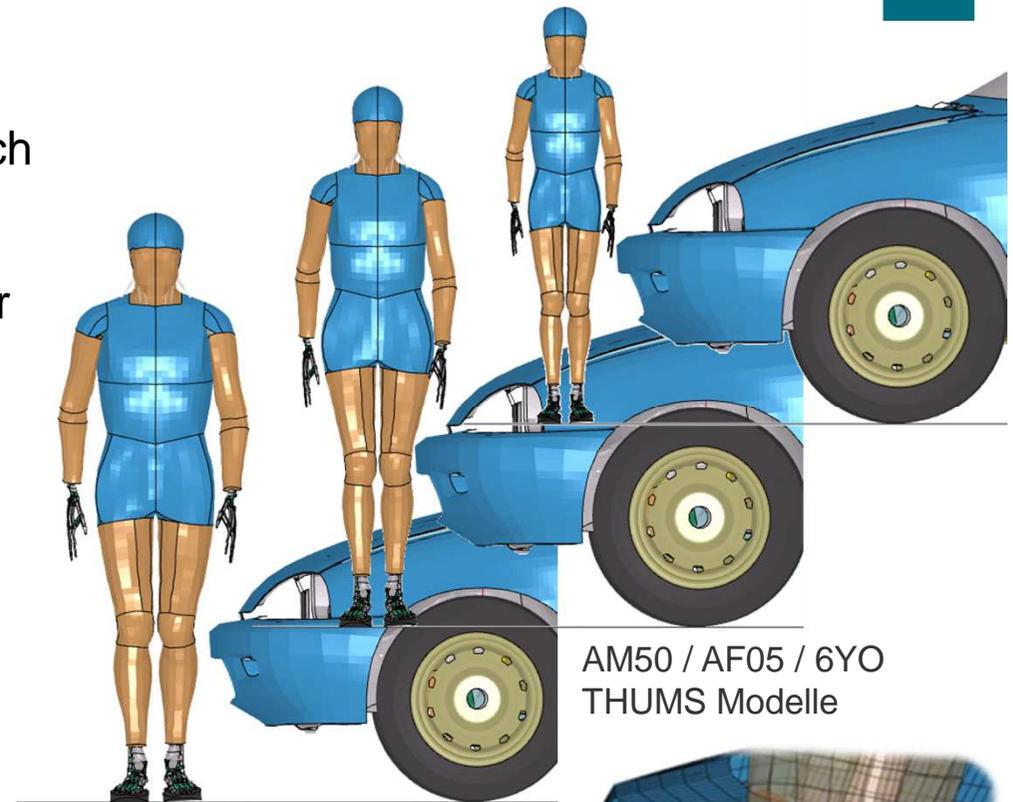


THUMS V4 Impakt von links

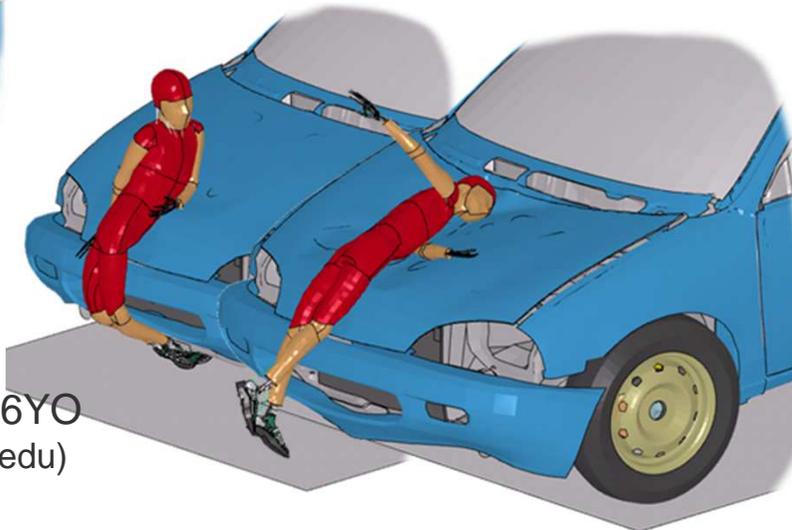
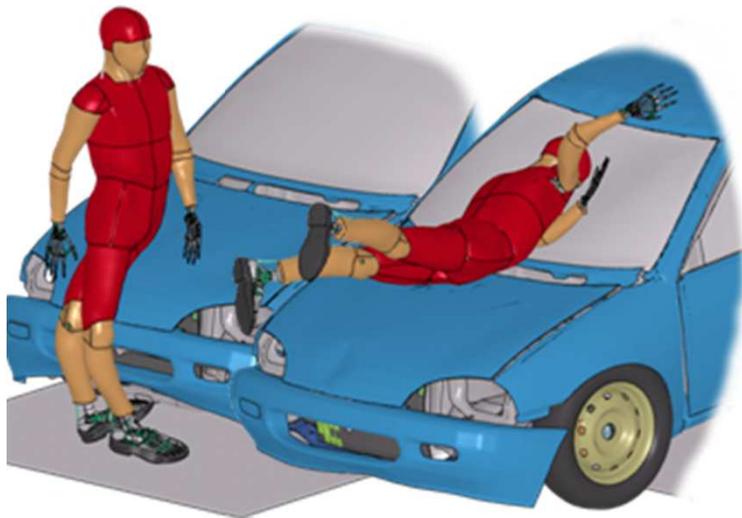
Gesamtmodell und Zoom auf den Schultergurt

Fußgänger Frontimpakt

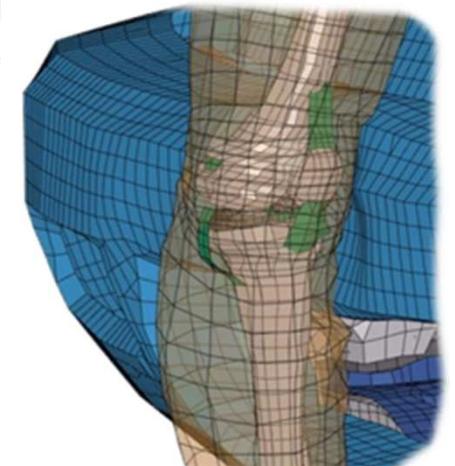
- keine wirklichen Fußgängerdummies erhältlich
- Frontimpakt mit den THUMS Modellen
- Auswertung: kinematisches Verhalten auf der Motorhaube; Kopfaufprall (Ort und Zeit)
- z.B. Dimensionierung von passiven und aktiven **Sicherheitssystemen**



AM50 / AF05 / 6YO
THUMS Modelle



Kinematisches Verhalten des AM50 und 6YO
(Geo Metro Fahrzeugmodell – www.ncac.gwu.edu)

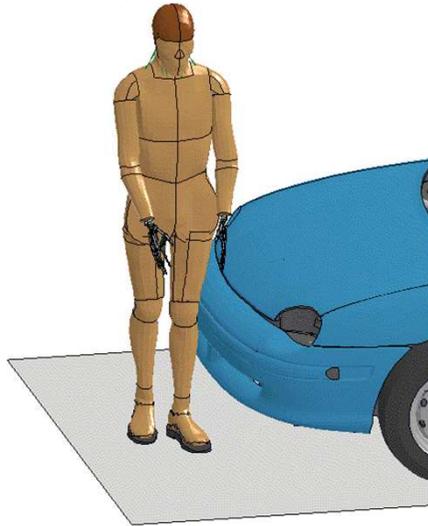


mögliche
Verletzungsauswertung
der Knochen/Gelenke

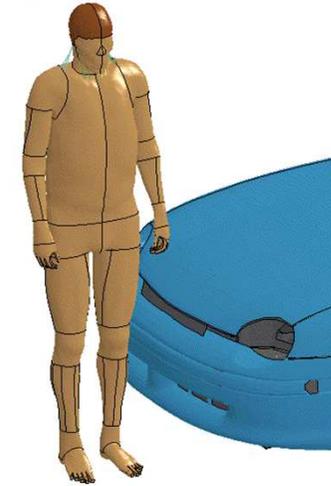


Fußgänger Frontalimpakt

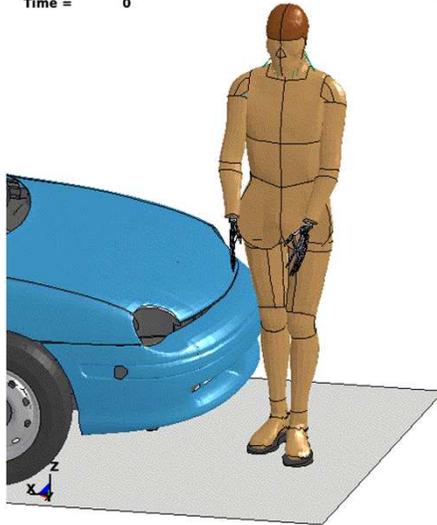
THUMS AM50 Pedestrian Model Version 3 vs. Dodge Neon
Time = 0



THUMS AM50 Occupant Model Version 4 vs. Dodge Neon
Time = 0



THUMS AM50 Pedestrian Model Version 3 vs. Dodge Neon
Time = 0



THUMS AM50 Occupant Model Version 4 20101101
Time = 0



THUMS V3 Anprall von der linken und rechten Seite
unterschiedliche kinematische Verhalten

THUMS V4 Impakt von links und
Spannungsverteilung in den unteren Extremitäten



Anmerkungen

- **Interesse** im Bereich Menschmodellierung in der Fahrzeugindustrie ist **dramatisch gestiegen**
 - allerdings: momentan **ausschließliche** Verwendung des THUMS V3.0
 - Primärziel: Modellkinematik in versch. Crashszenarien → THUMS4 ist zu detailliert (numerisch teuer)
 - THUMS 3 ist einfacher zu überschauen (numerisch und biomechanisch, Validierung)
 - (noch) keine **Verletzungskriterien** für die THUMS Modelle vorhanden
 - **direkte Simulation der Verletzungen wäre wünschenswert**, aber schwierig zu realisieren (Verletzungsmechanismen größtenteils unbekannt, Modellvalidierung)
 - Validierung bzgl. der Crashsituation (Kinematik), nicht auf Grundlage von biomechanischen Verletzungsmechanismen
 - **bislang nur passive Modelle** ohne Muskelaktivitäten
 - Unterschiede schlaffer/steifer Körper in Crashsituationen (Insassen- und Fußgänger-crash)
 - PreCrash Lastfälle (Veränderung der (Sitz-) Position vor der eigentlichen Crashphase)
 - aber: erste Ansätze vorhanden (OM4IS, SAFER, ...)
- *wir sind noch am Anfang der Menschmodellierung für Anwendungen in der Fahrzeugindustrie !!!*



Ausblick

- Erstellen/Erweiterung einer **Validierungs-Datenbasis** für alle Körperregionen/für das Gesamtmodell
 - Erweiterung des **biomechanischen (Anwender-) Wissens** für die Ergebnisinterpretation
 - Entwicklung von **Verletzungskriterien** (SUFEHM Kopfmodell); biomechanische Validierung
 - Kommunikation mit der Forschung
 - ...
- erster Schritt: Aufbau einer **THUMS Users Community (TUC)**
- Zusammenschluss der THUMS User zur (Weiter-)Entwicklung der THUMS Modelle, Aneignung biomechanischen Wissens und Entwicklung verwendbarer Verletzungskriterien
 - primär deutsche Automobilhersteller involviert, andere haben bereits Interesse bekundet
- Kickoff demnächst !!!

The End ...

Thank you for your Attention

