

11. VDI TAGUNG FAHRZEUGSICHERHEIT

Neue Sitzpositionen im automatischen Fahrmodus

– Eine Herausforderung für die Bewertung von Submarining –

Dr.-Ing. Martin Unger
M.Sc. Özgür Cebeci

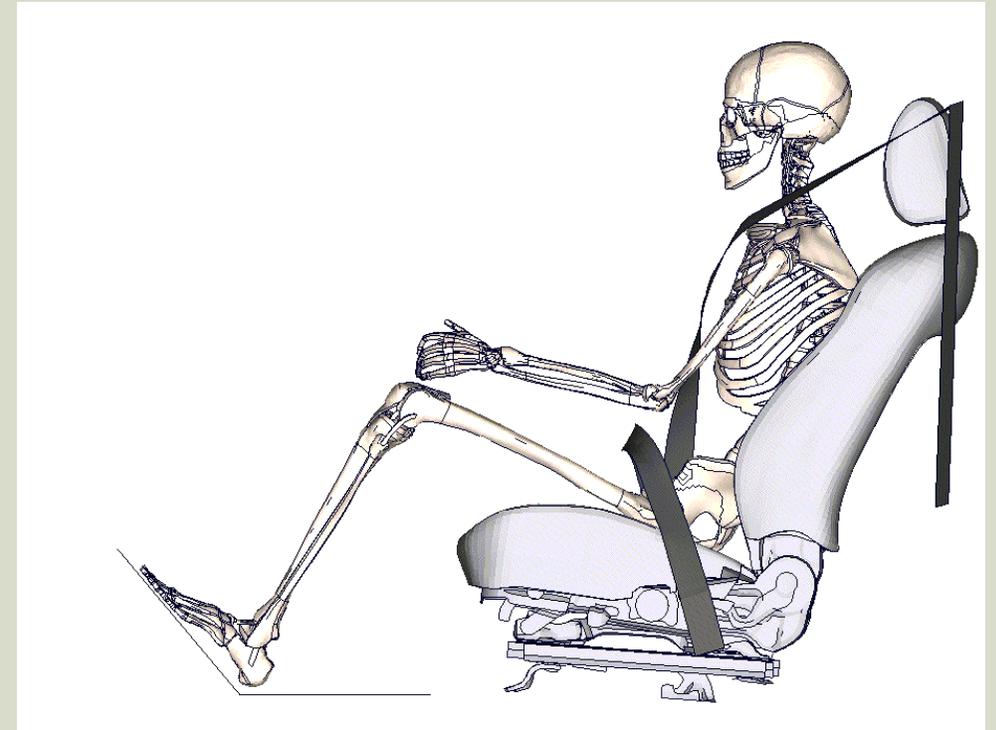
IAT Ingenieurgesellschaft für Automobiltechnik mbH
Berlin

GLIEDERUNG

- Ausgangslage
- Submarining
- Lastpfadanalyse
- Parametervariation
- Ergebnisse
- Fazit und Ausblick

AUSGANGSLAGE

- Die Zahl der im Straßenverkehr getöteten Personen hat sich nicht zuletzt durch den 3-Punkte-Gurt seit den 1970er Jahren drastisch Reduziert.
- Ziel ist es während des Crashes den Insassen schnell an der Fahrzeugverzögerung teilnehmen zu lassen und die Kräfte in das belastbare Skelett einzuleiten.
- So greift der Beckengurt am linken und rechten Beckenkamm an und der Thorax stützt sich am Diagonalgurt ab.



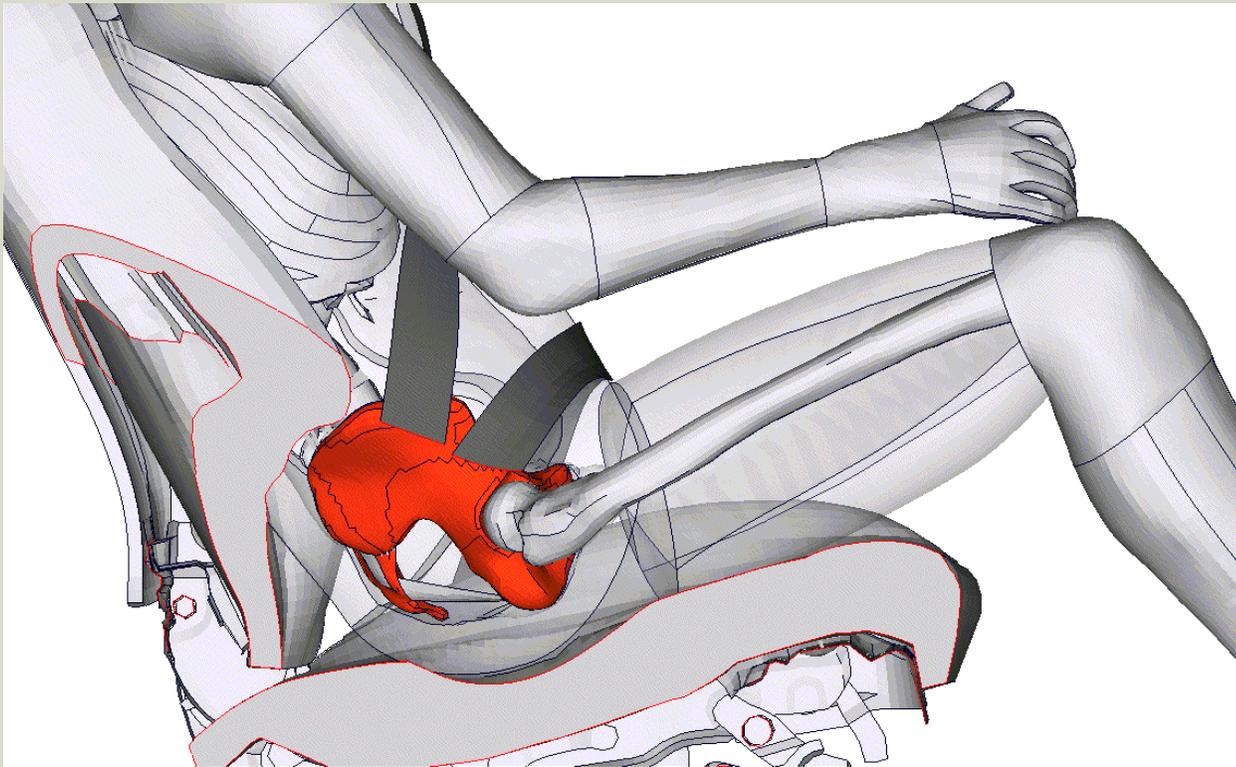
AUSGANGSLAGE



Quelle: www.volvocars.com, 2016

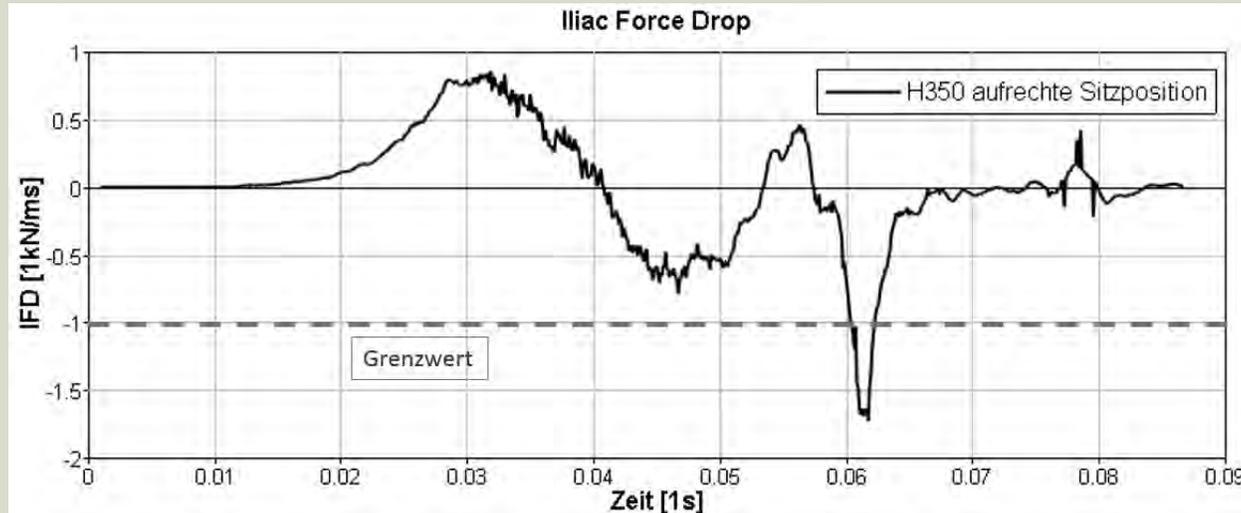
- Neue Fahrzeugkonzepte ermöglichen komfortable Sitzpositionen, die anfällig gegenüber Submarining sind.
- Durch das weiter nach hinten geneigte Becken kann der Beckengurt leichter abrutschen.

SUBMARINING



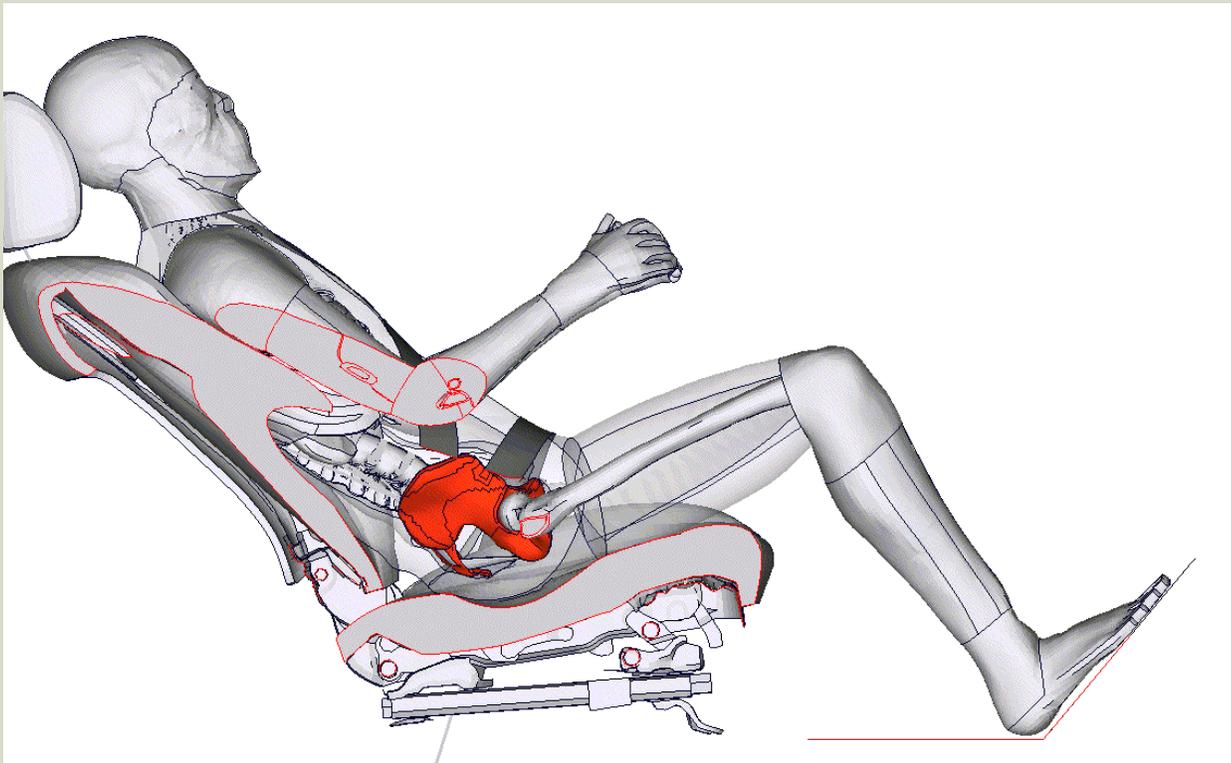
- In ungünstigen Konstellationen kann der Beckengurt von der knöchernen Struktur abrutschen und so schwere abdominelle Verletzungen wie z.B. Aorten- bis zu Lendenwirbelsäulenverletzungen verursachen [3,4].
- Submarining am Beispiel THUMS v4 (LS-Dyna) in aufrechter Sitzposition.
- Schnitt durch das Becken an der Gurtschlosseite.

SUBMARINING - BEWERTUNG

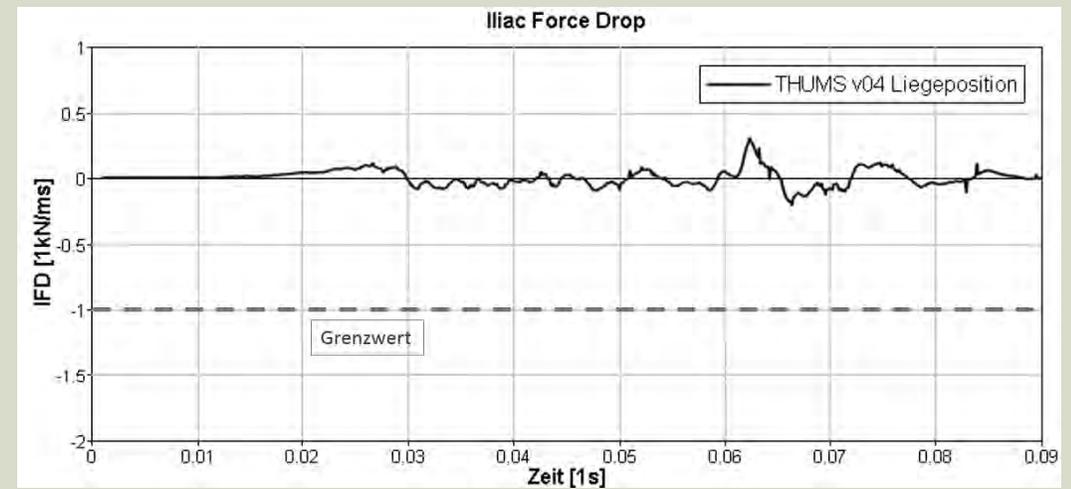


- Bewertung von Submarining bei Herstellern unterschiedlich.
- Nach Euro-NCAP wird Submarining durch Änderung der Kraft am Beckenkamm sensiert.
- *Iliac Force Drop (IFD)*
- $|IFD| > 1 \frac{kN}{ms}$ entspricht Submarining

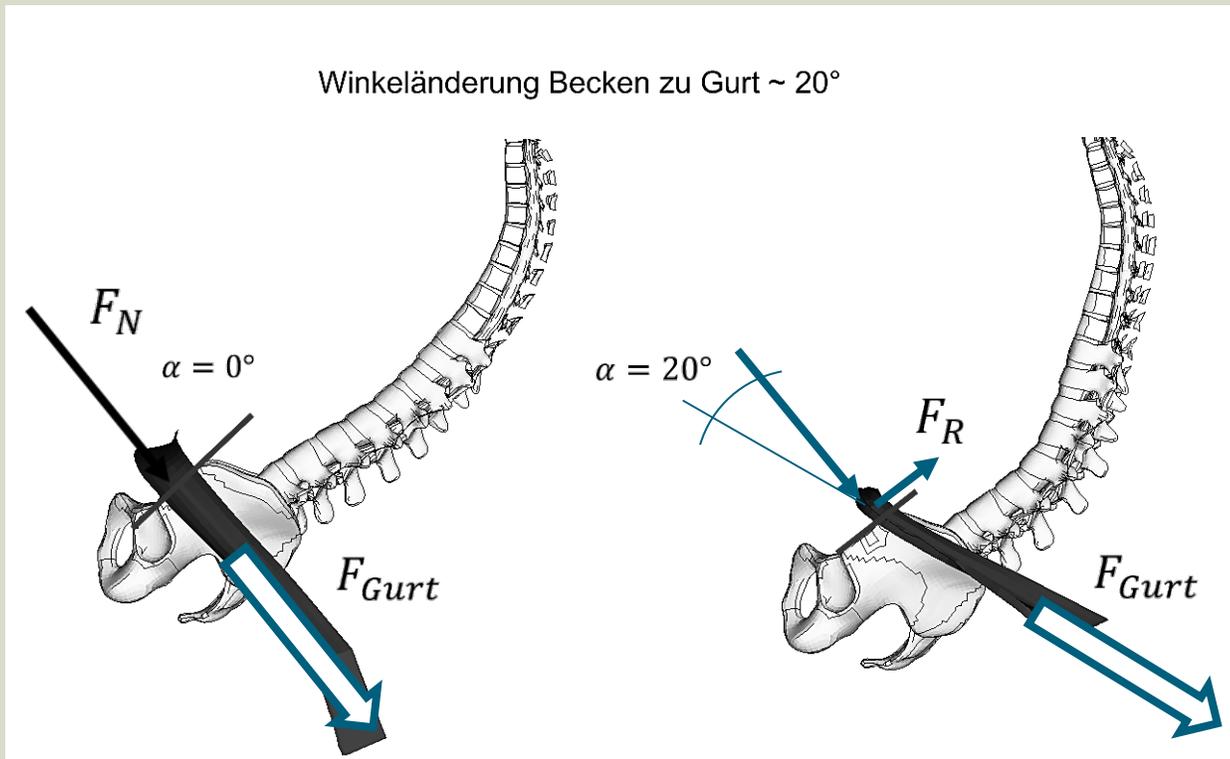
SUBMARINING - BEWERTUNG



- Submarining am Beispiel THUMS v4 in liegender Position.

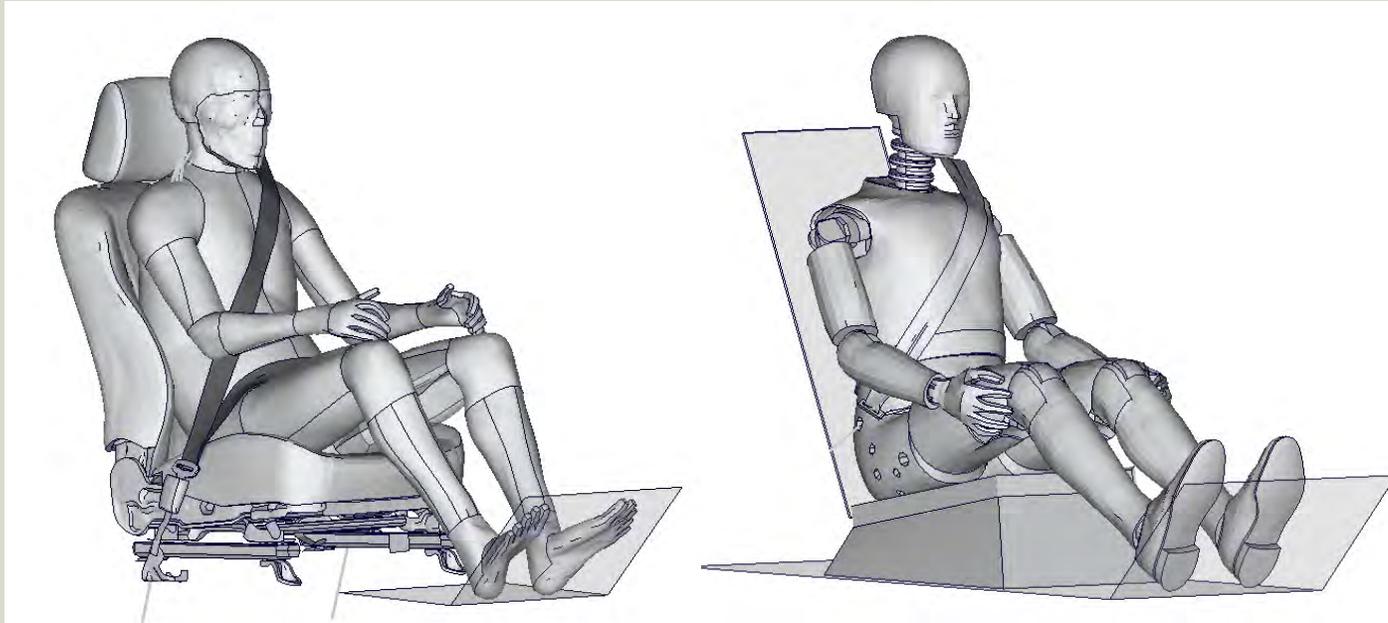


SUBMARINING - BEWERTUNG



- Abstrakt kann das Abrutschen des Gurtes auf ein Reibwertproblem zwischen Becken und Gurtband reduziert werden.
- Es gilt den Winkel zwischen Beckenkamm und Beckengurt möglichst unter 0° zu halten [8].
- Da die Gurtankerpunkte fest mit dem Fahrzeug verbunden sind, muss ein zu starke Rotation des Beckens vermieden werden.

LASTPFADANALYSE

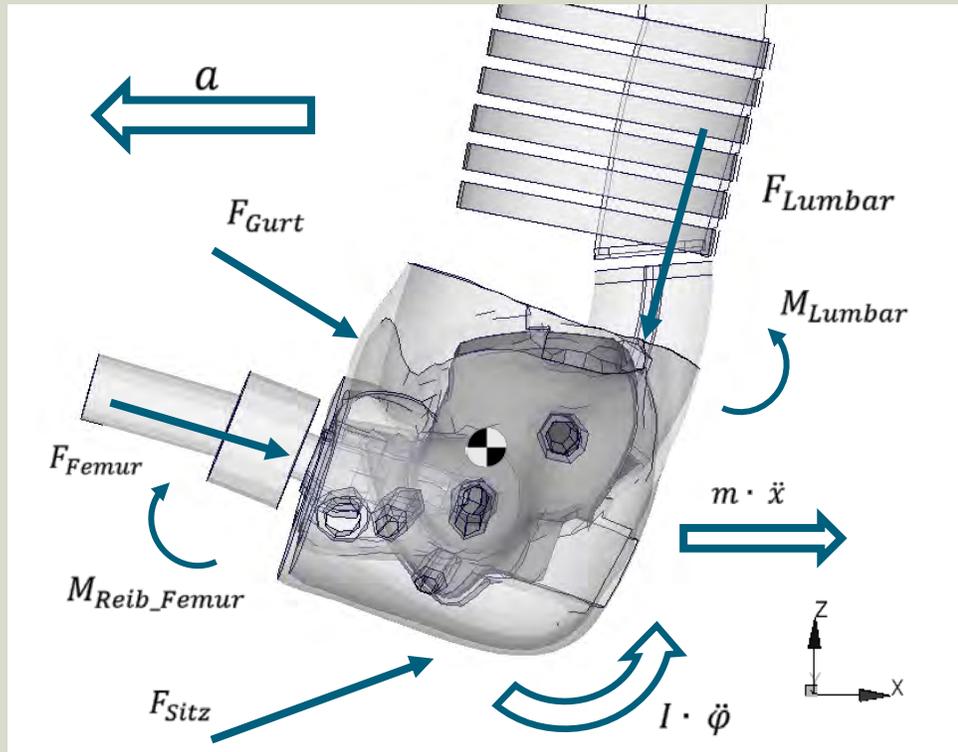


THUMS v4 in LS-Dyna mit Toyota Yaris Sitz und 3-Punkt-Gurtsystem mit Kraftbegrenzung.

H350 in Abaqus in Sitzkiste mit starrem 3-Punkt-Gurt

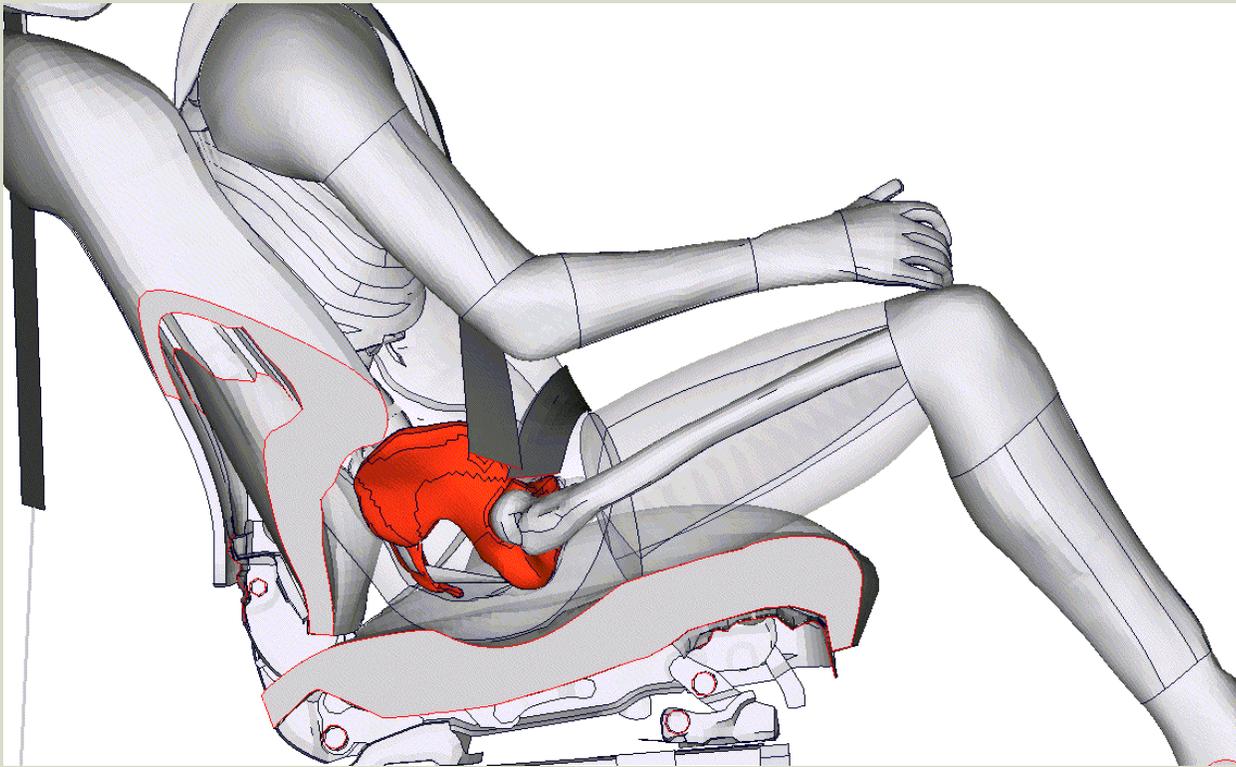
- Eine Lastpfadanalyse soll den Momenteneintrag in das Becken anschaulich darstellen.
- Für die folgende Untersuchung wurden auf das Wesentliche reduzierte Modelle verwendet.
- Auf eine Fahrzeugumgebung wurde verzichtet, um eine Interaktion des Insassen mit der Armaturentafel auszuschließen.

LASTPFADANALYSE



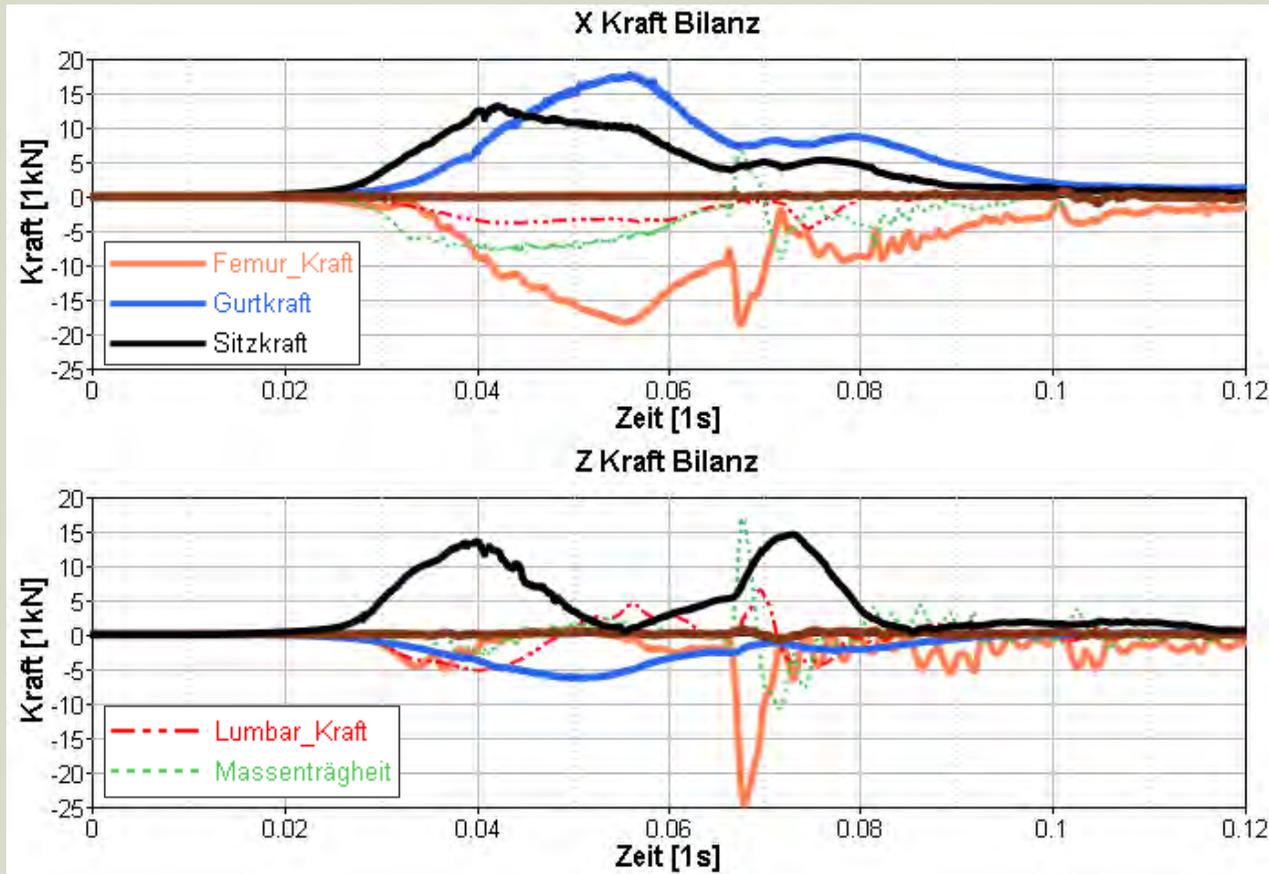
- Stabiler Zustand, wenn am Becken angreifende Momente möglichst im Gleichgewicht sind.
- Lastpfadanalyse zur Beschreibung des Momentengleichgewichts am Becken bezogen auf dessen Massenschwerpunkt.

LASTPFADANALYSE



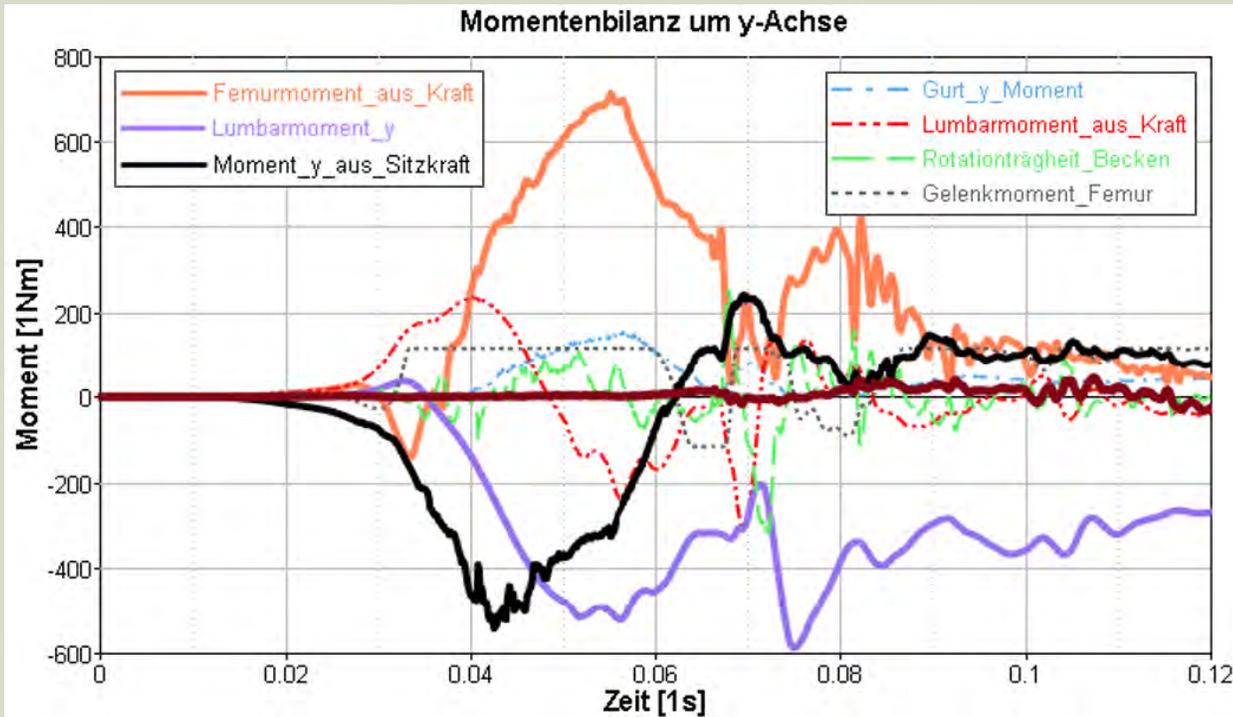
- THUMS v4 ohne Submarining durch ausgewogenen Lasteintrag ins Becken.
- Die Abstützkraft des Sitzes wirkt der Beckenrotation entgegen.
- Die Gurtkraft am Beckenkamm begünstigt eine Rotation des Beckens in Richtung Submarining.

LASTPFADANALYSE – H350



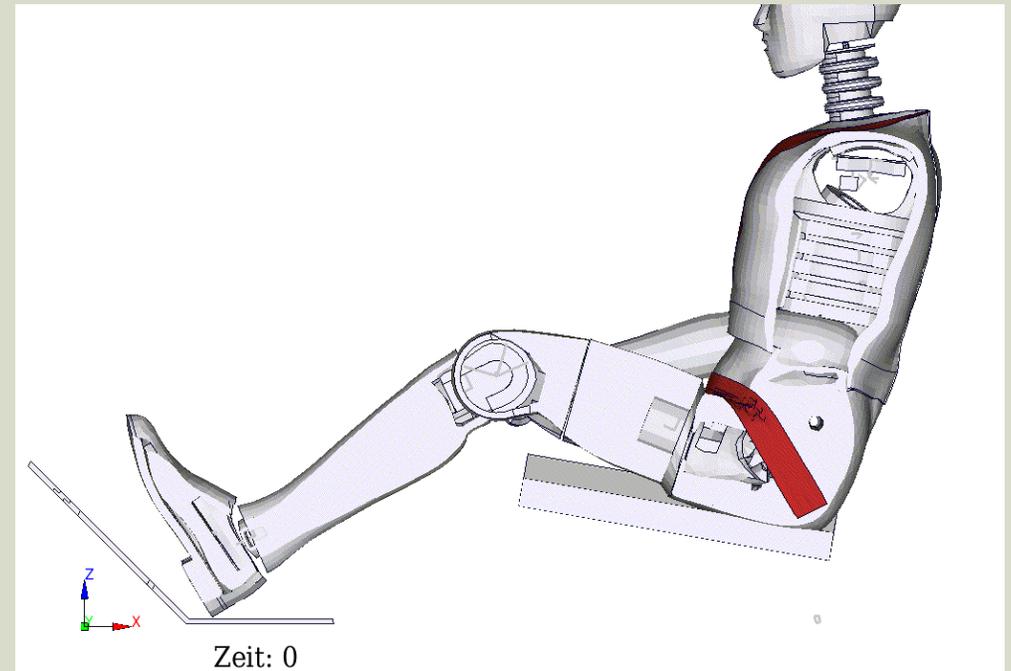
- Kräftebilanz in x- und z-Richtung
- Hauptanteil haben Sitz- und Gurtkraft, sowie die Zugkraft der Oberschenkel, da im Modell keine Abstützung für die Beine existiert.
- $\sum \vec{F}_i = m\vec{a}$

LASTPFADANALYSE – H350 SITZEND



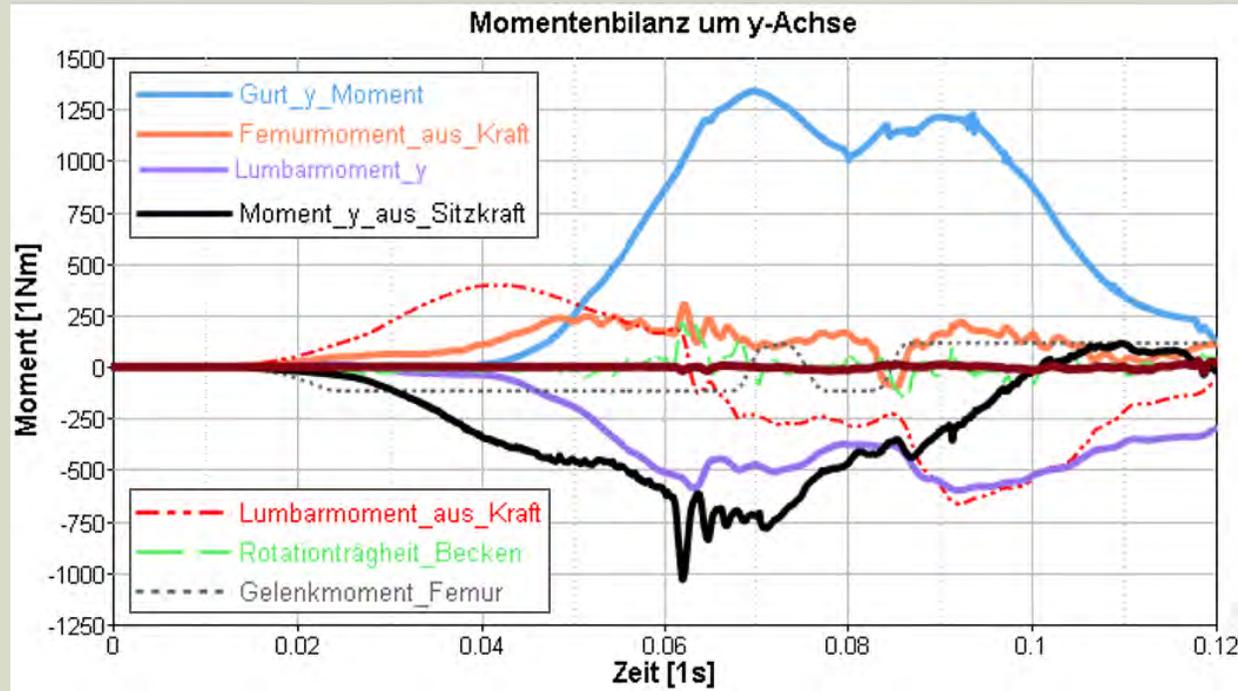
Momentenbilanz um y-Achse

$$\sum M_i = I\ddot{\varphi}$$

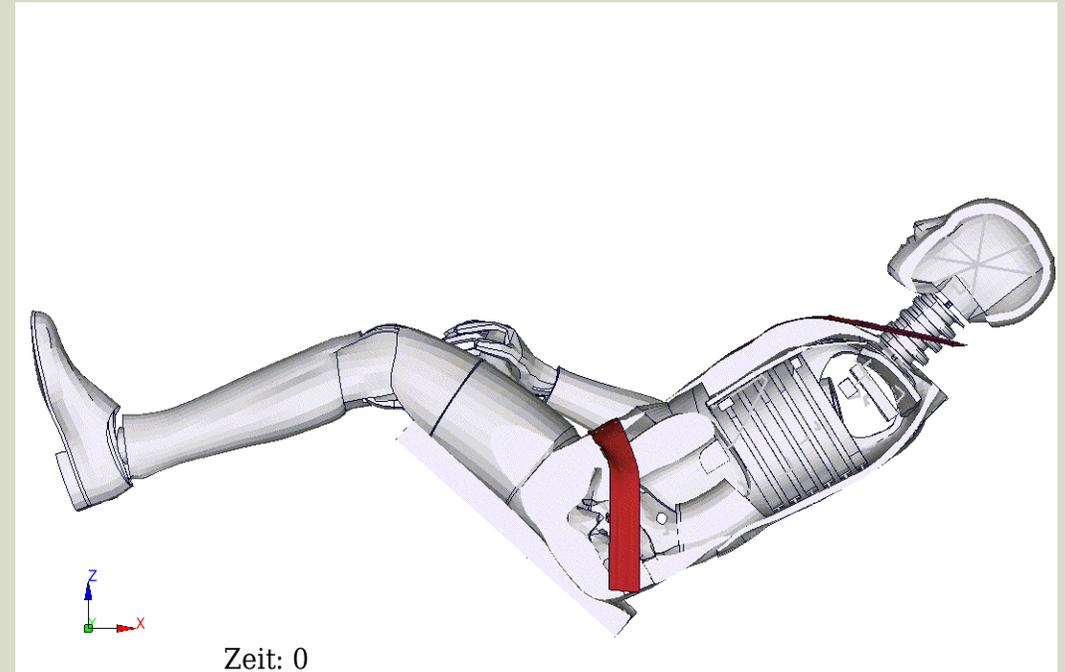


H350 ohne Submarining

LASTPFADANALYSE – H350 LIEGEND

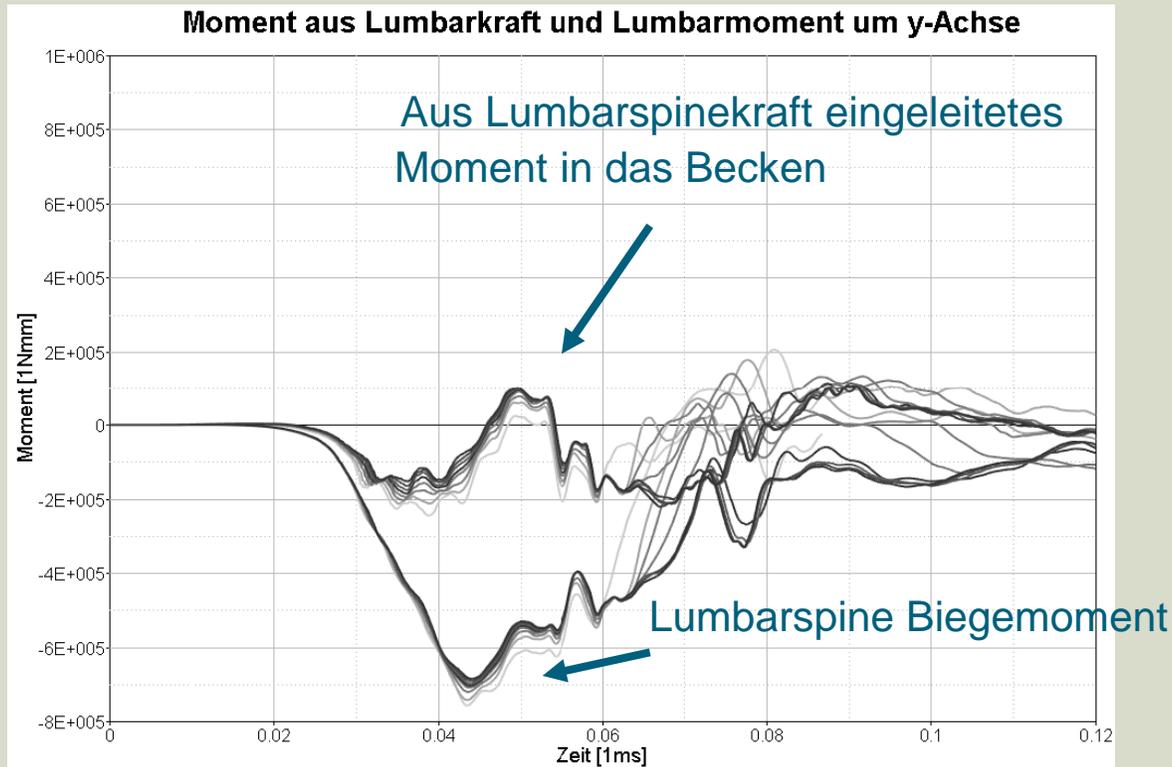


Momentenbilanz um y-Achse

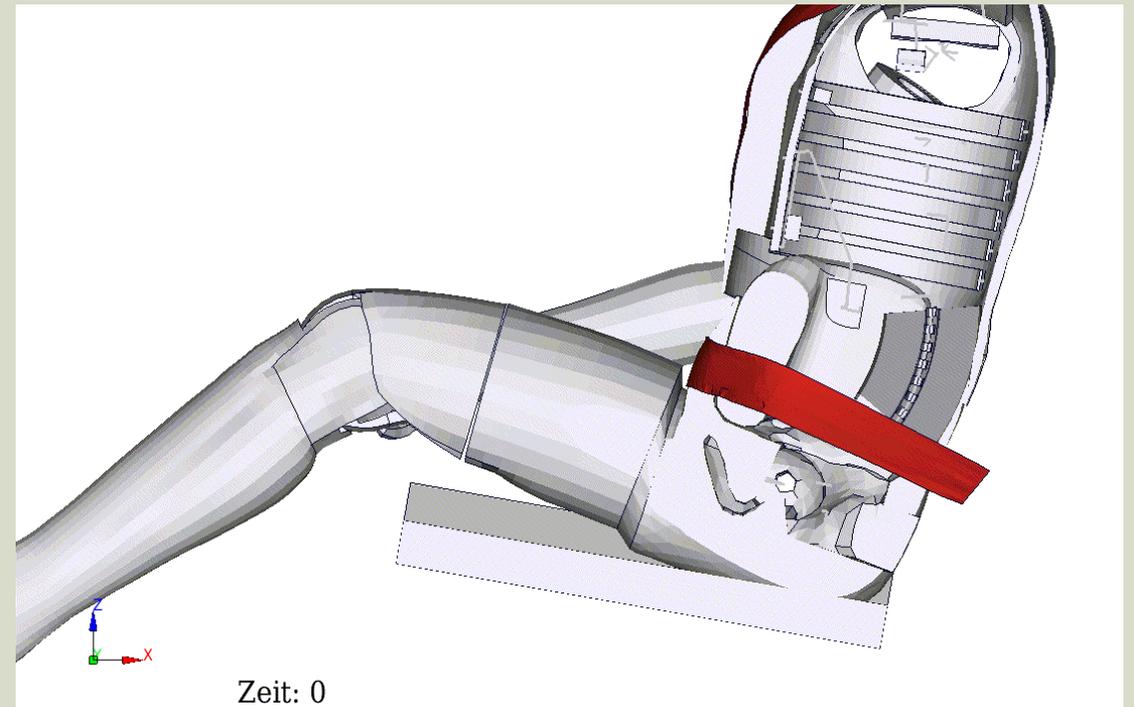


H350 ohne Submarining

H350 – VARIATION DER SITZSTEIFIGKEIT IN AUFRECHTER POSITION

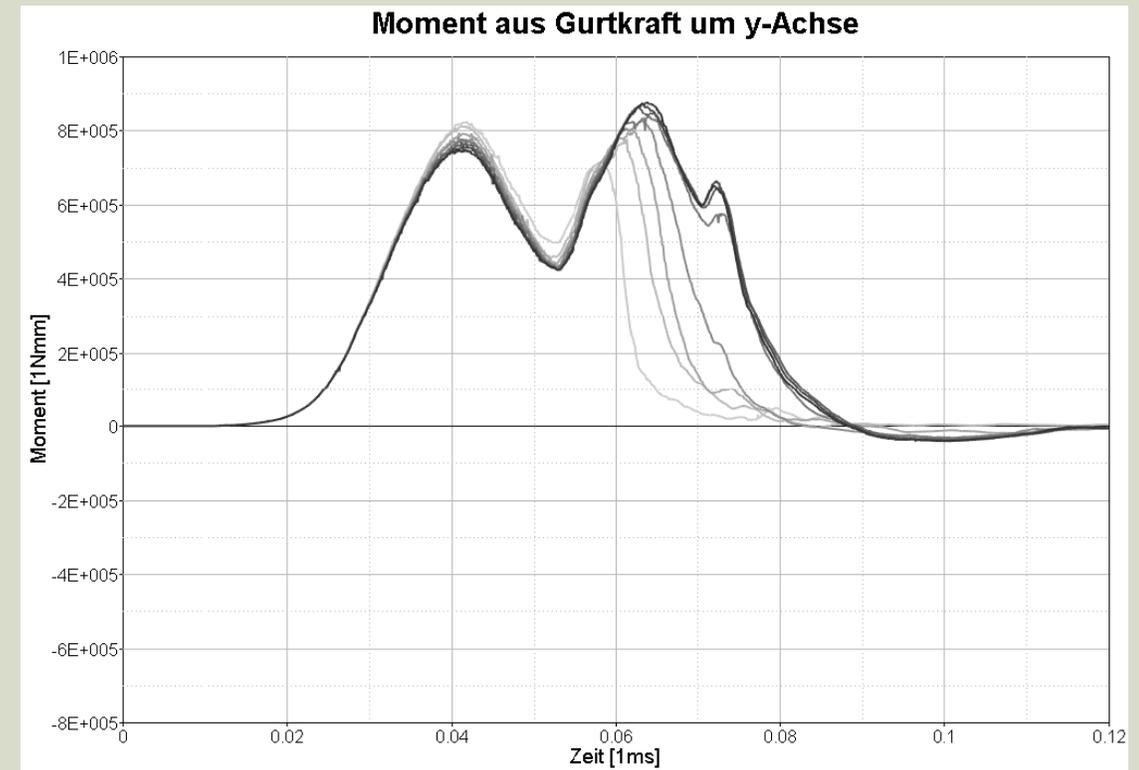
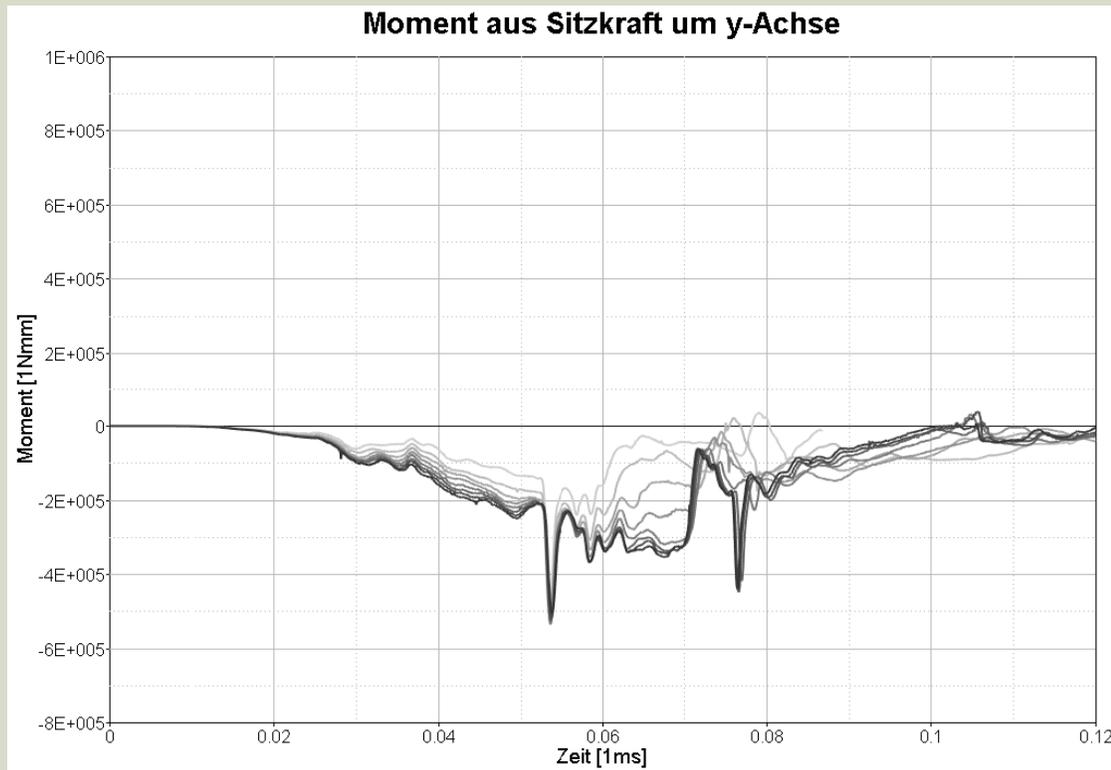


weicher Sitz (hell) zu harter Sitz (dunkel)



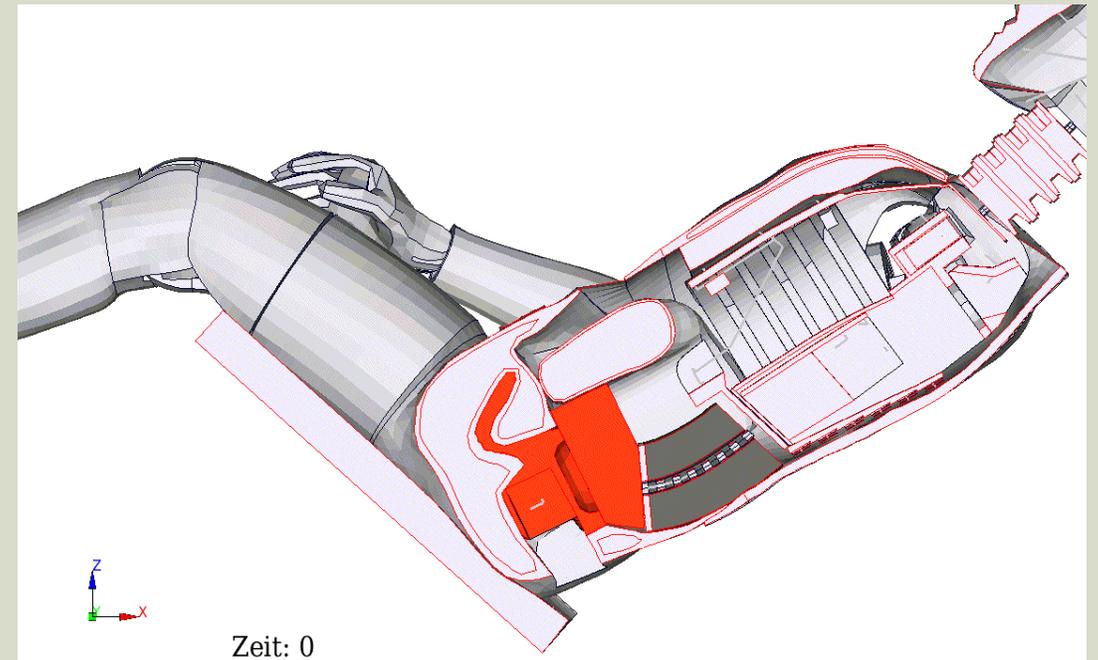
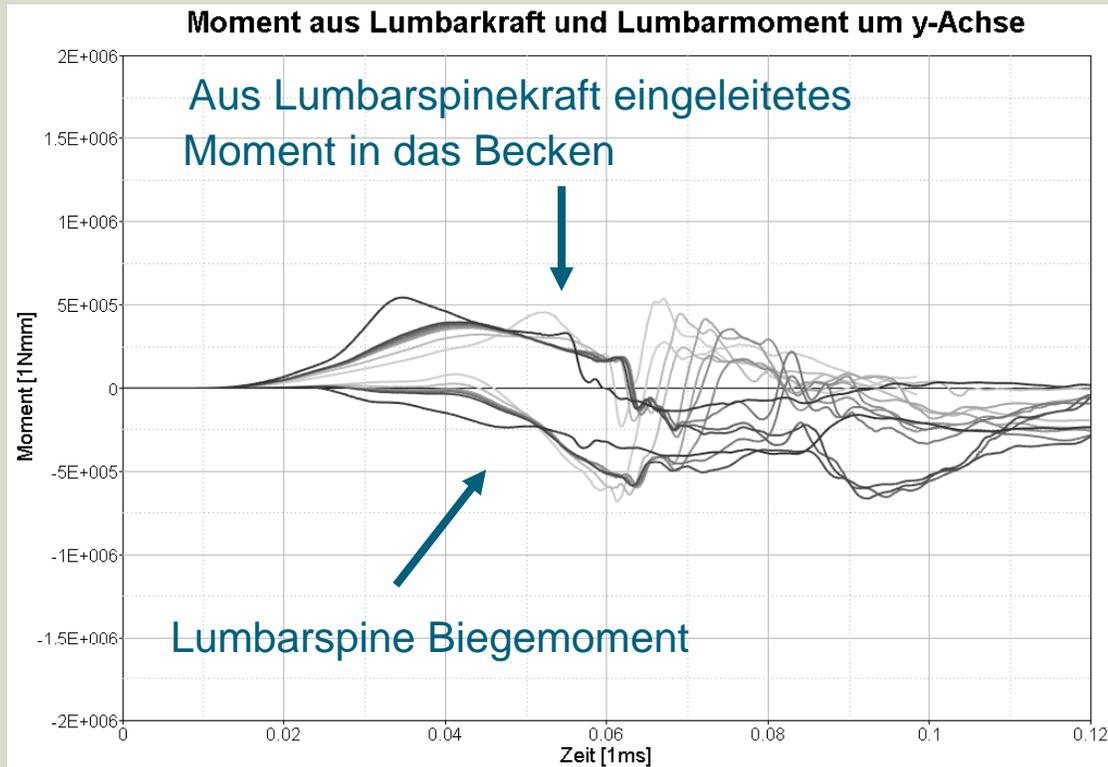
Bei $t=45\text{ms}$ beginnt der Thorax durch Druck an der Lendenwirbelsäule ein Positives Moment in das Becken einzuleiten.

H350 – VARIATION DER SITZSTEIFIGKEIT IN AUFRECHTER POSITION



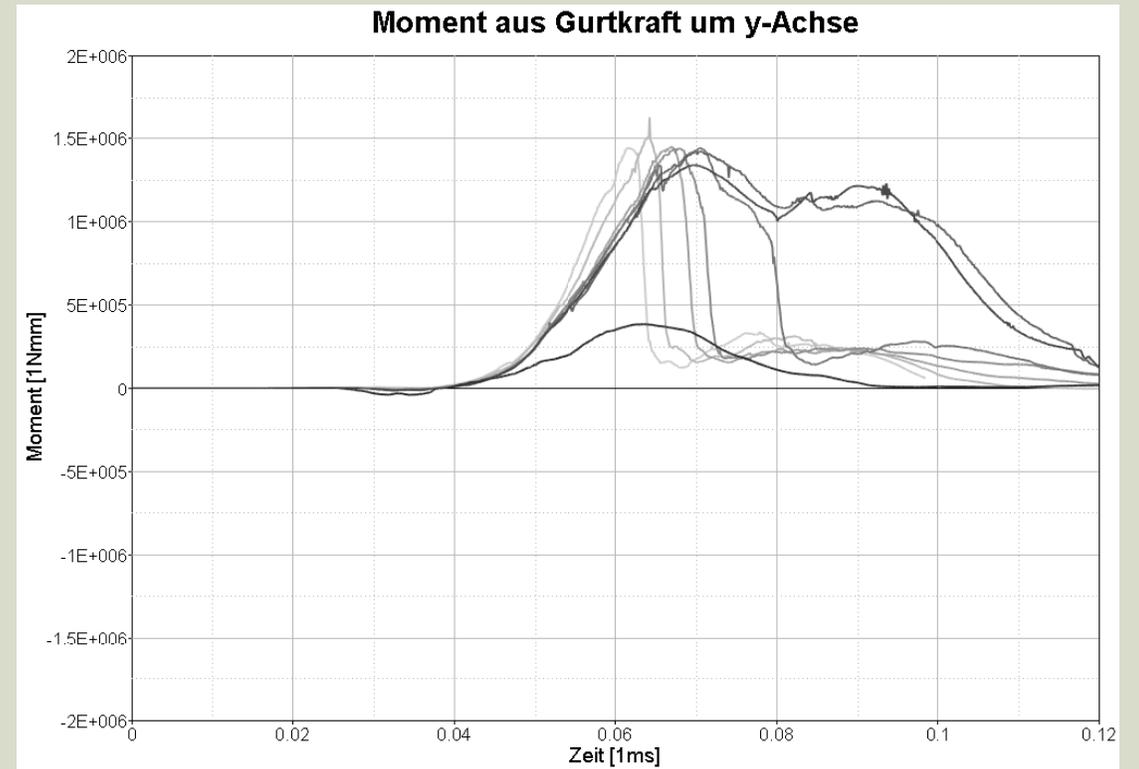
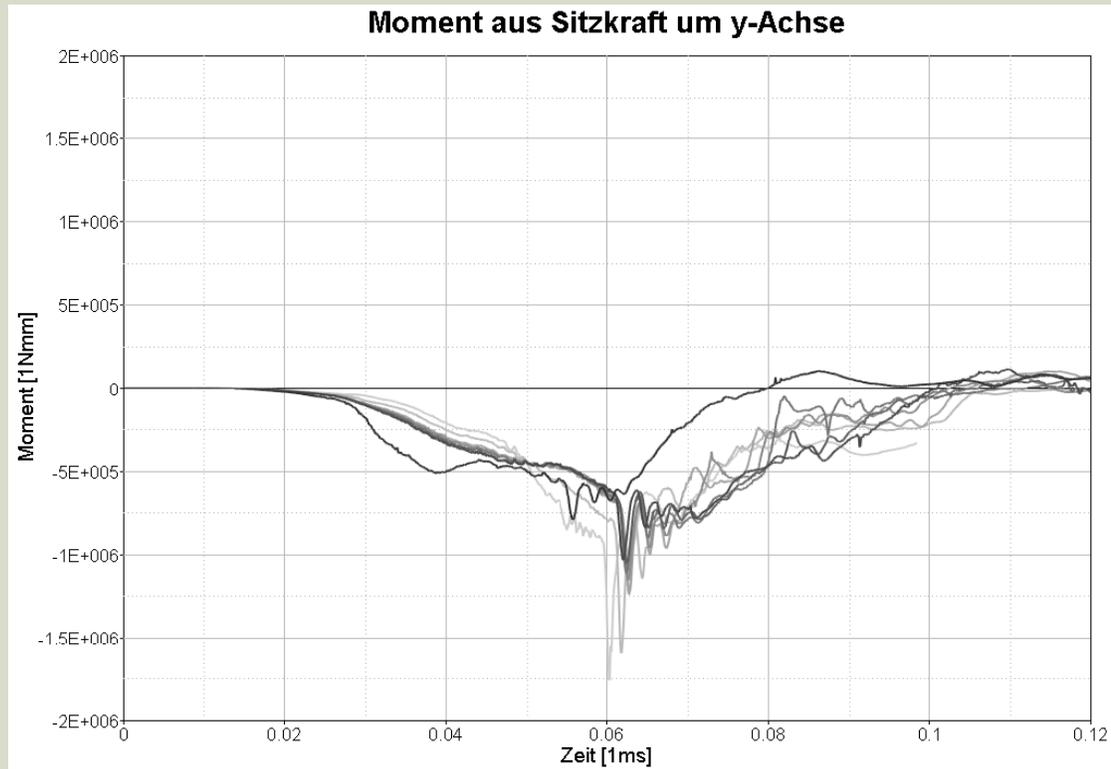
Variation der Sitzsteifigkeit von hellgrau (weich) zu schwarz (hart)

H350 – VARIATION DER SITZSTEIFIGKEIT IN LIEGENDER POSITION



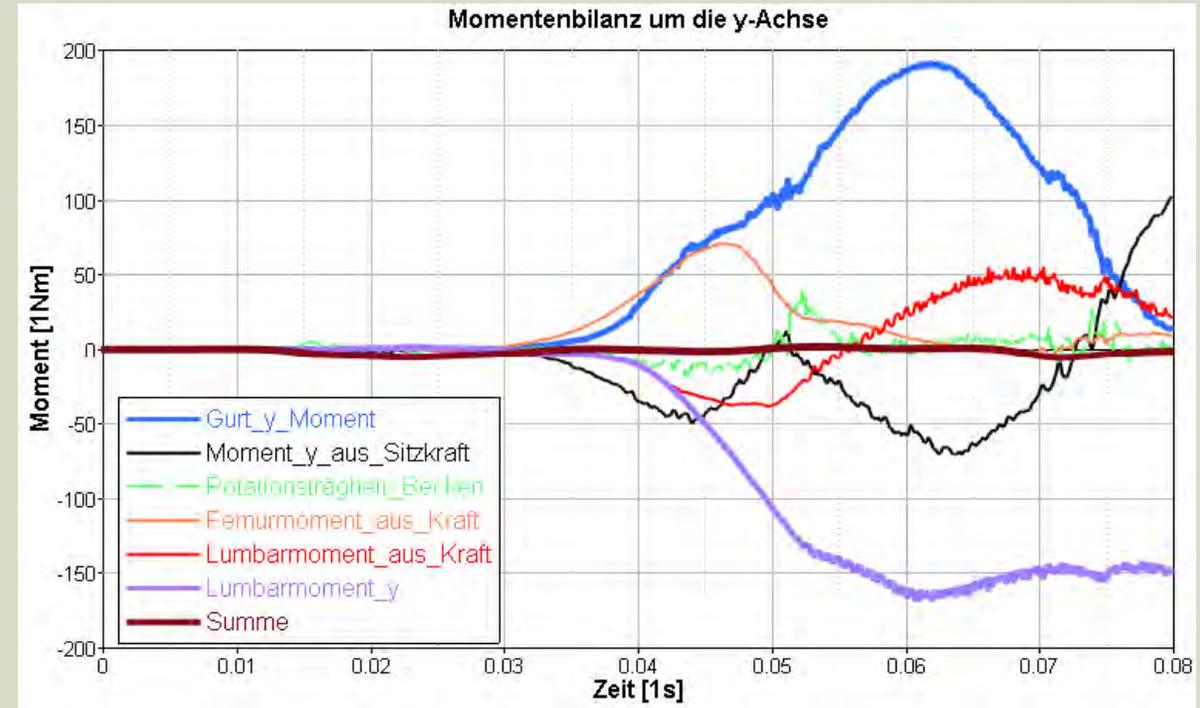
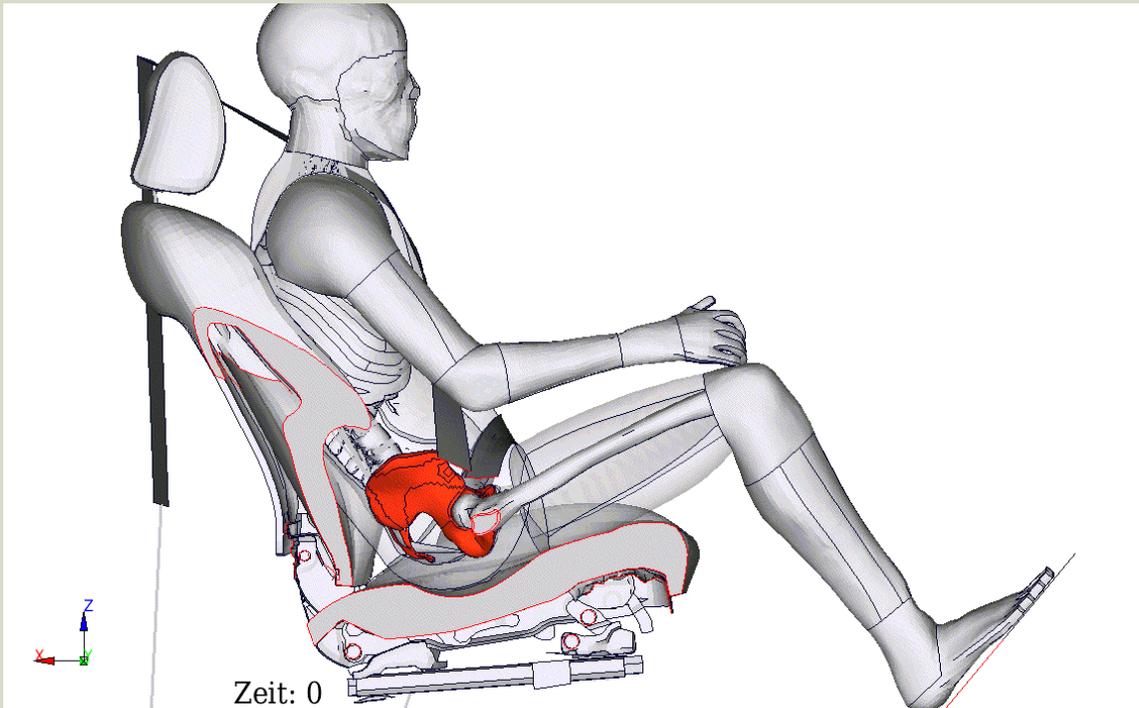
Durch den nach hinten geneigten Thorax wird über die Kraft an der Lendenwirbelsäule stets ein positives Moment in das Becken eingeleitet.

H350 – VARIATION DER SITZSTEIFIGKEIT IN LIEGENDER POSITION



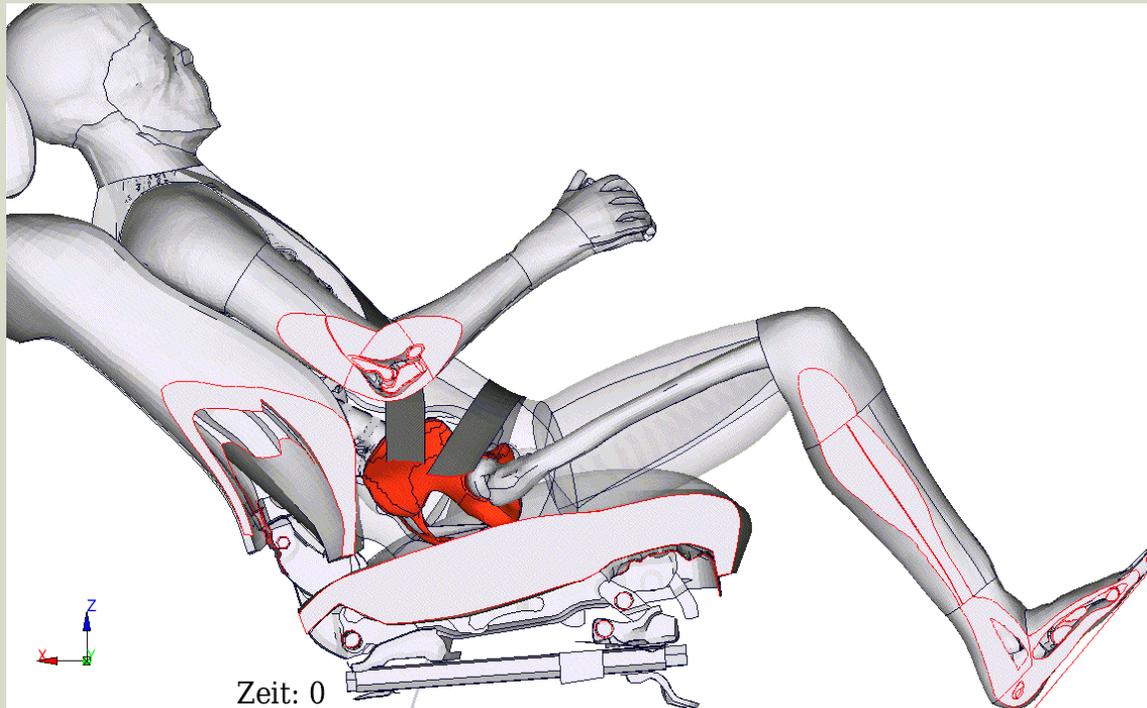
Variation der Sitzsteifigkeit von hellgrau (weich) zu schwarz (hart)

THUMS – AUFRECHT SITZEND OHNE SUBMARINING

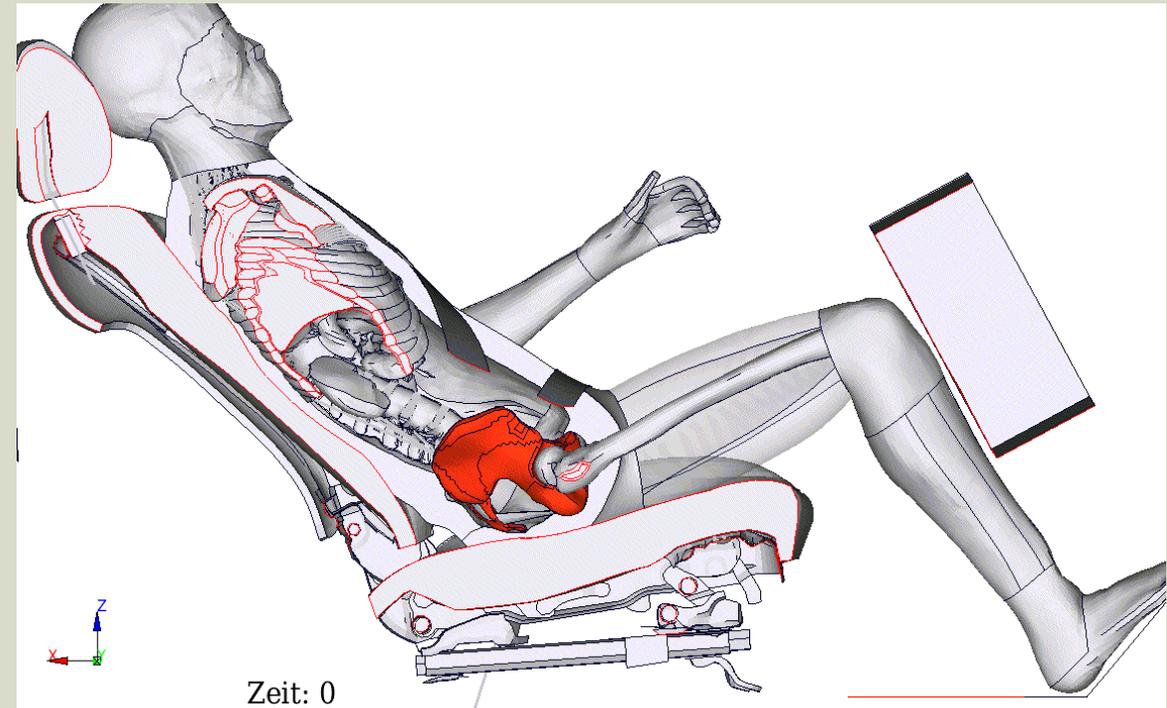


In Aufrechter Sitzposition kann der Oberkörper ein negatives Moment in das Becken einleiten. Submarining wird verhindert.

THUMS – LIEGENDE POSITION

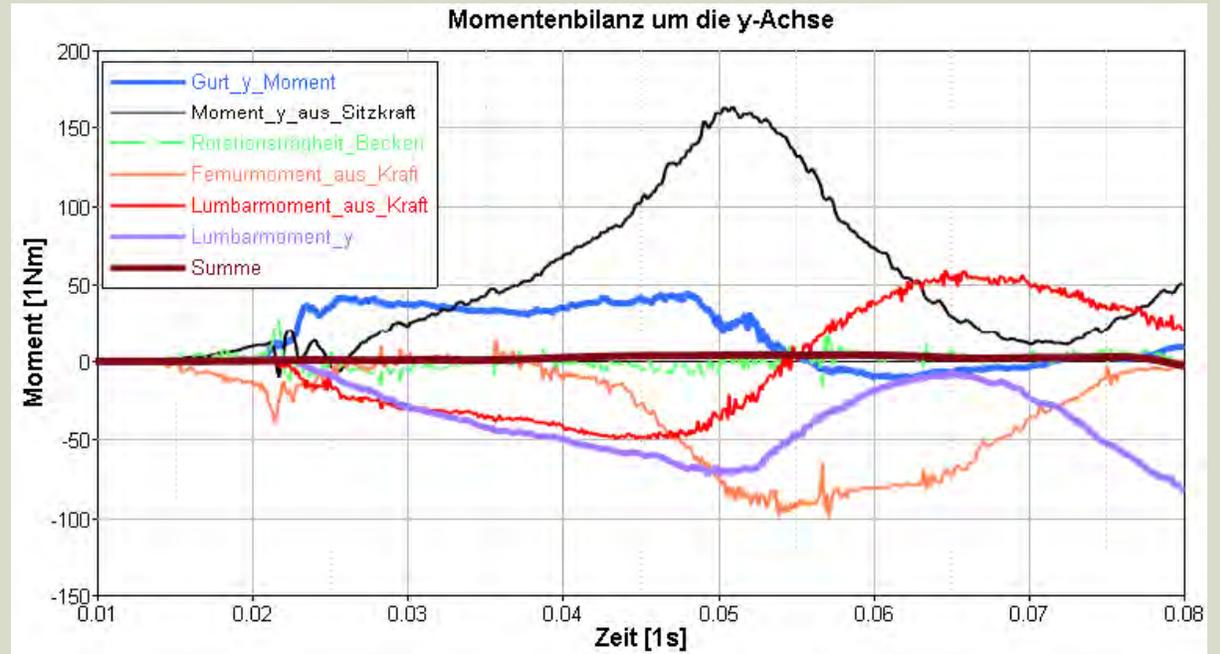
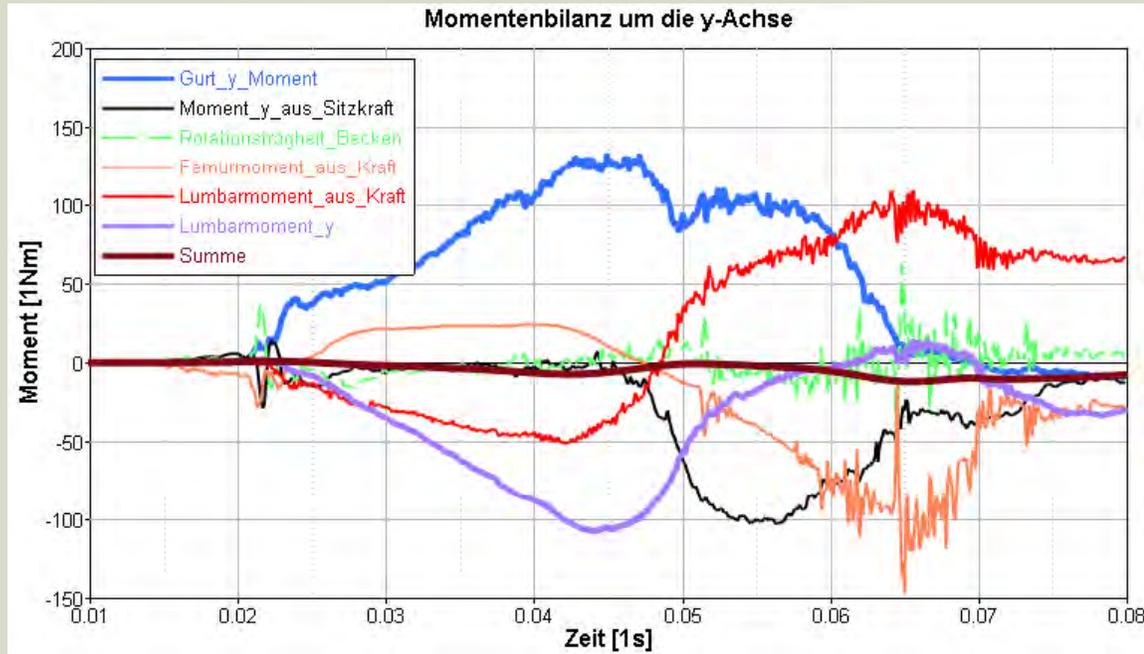


Der flache Sitzkissenwinkel bietet keine Abstützung.
Der Oberkörper leitet ein positives Moment in das Becken ein.
Submarining kann nicht verhindert werden.



Nur eine massive Abstützung der Oberschenkel verhindert
Submarining.

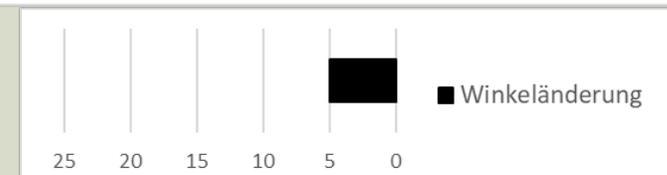
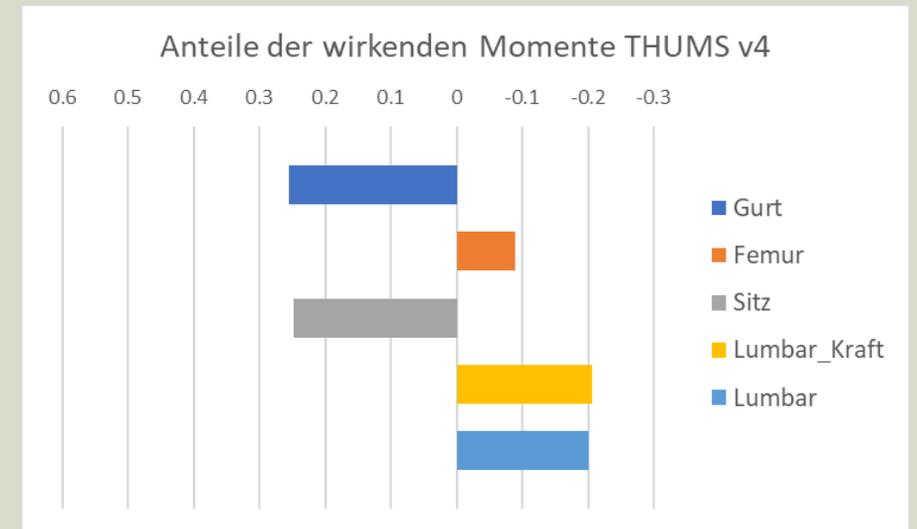
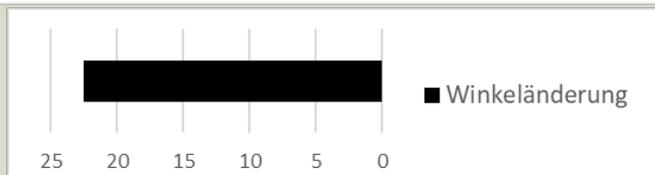
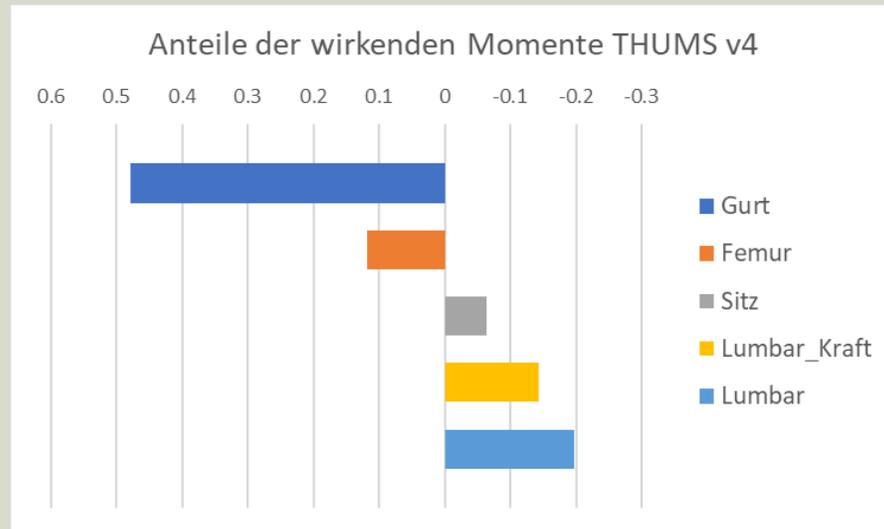
THUMS – LIEGENDE POSITION



Der flache Sitzkissenwinkel bietet keine Abstützung.
Der Oberkörper leitet ein positives Moment in das Becken ein.
Submarining kann nicht verhindert werden.

Nur eine Abstützung der Oberschenkel verhindert Submarining. Dadurch wird ein weiterer Lastpfad erzeugt und das Moment aus der Gurtkraft steigt weniger an.

ERGEBNISSE



Momente am Becken THUMS v4 liegend mit Submarining.

Momente am Becken THUMS v4 liegend ohne Submarining.

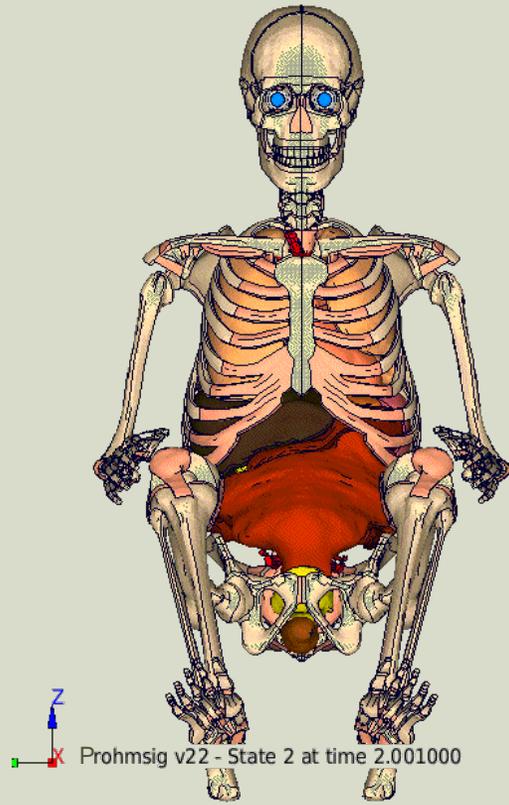
Vergleich der auftretenden Momente am Becken mit und ohne Submarining

FAZIT UND AUSBLICK

- Herkömmliche Submariningbewertung ist in liegenden Positionen nicht immer verlässlich.
- Die genaue Beschreibung der am Becken angreifenden Lasten ist notwendig.
- Eine zweidimensionale Betrachtung ist für den H350 und Menschmodelle ausreichend.
- Um Submarining zu unterbinden sollte die Beckenrotation durch einen ausgewogenen Momenteneintrag ins Becken beschränkt werden.
- Ein dauerhaft positives Moment um die y-Achse führt zu großen Rotationswinkeln und Submarining.
- Zur Zeit wird ein Metamodell untersucht, welches analytisch die Variation der Einflussfaktoren bewertet und so eine schnelle Auslegung gegen Submarining zu ermöglichen.

QUELLEN

- [1] Statistisches Bundesamt: Fachserie 8 Reihe 7 – Verkehrsunfälle - Wiesbaden, 2017.
- [2] Appel H, Krabbel G, Vetter D. 2002. Unfallforschung, Unfallmechanik und Unfallrekonstruktion. Kippenheim: Verlag INFORMATION Ambs GmbH.
- [3] Dimomeletis, I., et al.: Infrerenale Aortenruptur durch „Submarine“ effekt bei Frontalzusammenstoß eines PKW, mcN Nürnberg, 2013.
- [4] Torba M, et al. 2014. Seat Belt Syndrom, a new pattern of injury in developing countries. Case report and review of literature. G Chir Vol 35: 170-180.
- [5] Uriot J. et al. 2015. Comparison of HII, HIII and THOR dummy responses with respect to PMHS sled tests. IRCOBI: IRC-15-55.
- [6] EuroNCAP. Assessment Protocol – Adult Occupant Protection. 2015.
- [7] Unger, M., Cebeci, Ö.: An approach to compare the submarining behavior of THUMS vs. THOR, 6. Internationales Symposium “Human Modeling and Simulation in Automotiv Engineering”, Heidelberg, 2016.
- [8] Nakae K, et al. 2015. Analysis of Abdominal Injuries Caused by the Submarining Phenomenon in the Rear Seat Occupants. ESV: Paper Number 15-0023.
- [9] Richard O. et al. 2015. Occupant restraint optimization in frontal crash to mitigate the risk of submarining in out-of-position situation. IRCOBI: IRC-15-19.
- [10] Beck B, Brown J, Bilston L E. 2001. Variations in Rear Seat Cushion Properties and the Effects on Submarining. Traffic Injury Prevention 12: 54-61.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!