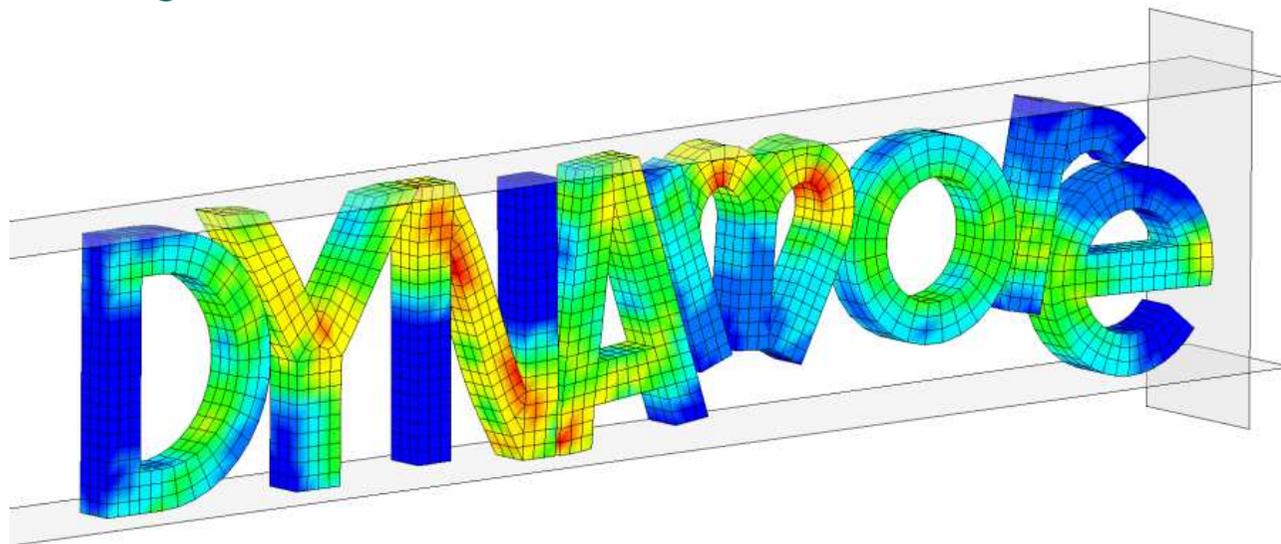


Neuheiten in LS-DYNA R7.1.1

- Aktuelle Version - veröffentlicht im April 2014
- Robuste Produktionsversion ist die R6.1.2
- Präsentation über neue Features im Bereich Strukturmechanik:
Materialmodelle, Elementtechnologie, Metallumformung,
Insassensicherheit, Implizit, Diskrete Element Methode,
Allgemeines





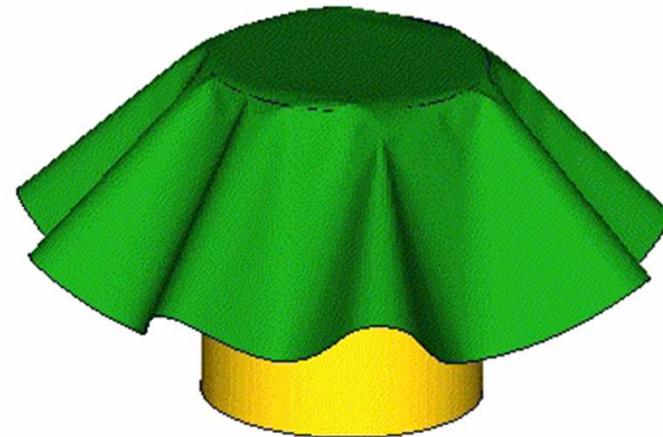
Materialmodelle

*MAT_FABRIC(034) Biegesteifigkeit

- Zusätzliche Widerstandsmomente zur Modellierung von beschichteten Textilien
- Realistischeres Verhalten bei z.B. Airbags, Sitzbezügen, Verdeckstoffen, usw.
- Neue Parameter ECOAT, SCOAT, TCOAT bei *MAT_FABRIC
- ... in der nächsten Version auch für Implizit verfügbar



ohne Biegesteifigkeit



mit Biegesteifigkeit

*MAT_SPOTWELD(100)

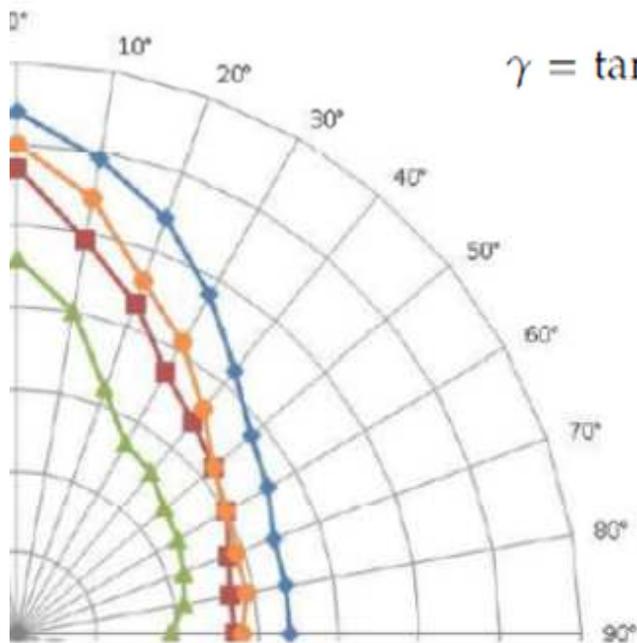
- Neues Versagensmodell OPT=11 für Balkenelemente: Versagen als Funktion der Belastungsrichtung und Belastungsgeschwindigkeit

OPT = 11 invokes a resultant force based failure criterion for beams. With corresponding load curves or tables LCT and LCC, resultant force at failure F_{fail} can be defined as function of loading direction γ (curve) or loading direction γ and effective strain rate $\dot{\epsilon}$ (table):

$$F_{fail} = f(\gamma) \quad \text{or} \quad F_{fail} = f(\gamma, \dot{\epsilon})$$

with the following definitions for loading direction (in degree) and effective strain rate:

$$\gamma = \tan^{-1} \left(\left| \frac{F_{shear}}{F_{axial}} \right| \right), \quad \dot{\epsilon} = \left[\frac{2}{3} (\dot{\epsilon}_{axial}^2 + \dot{\epsilon}_{shear}^2) \right]^{1/2}$$

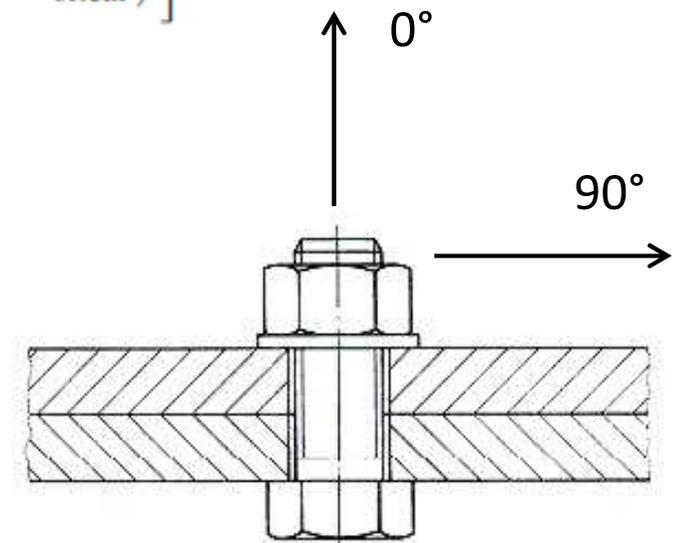


ISO-Gewinde

Rundgewinde

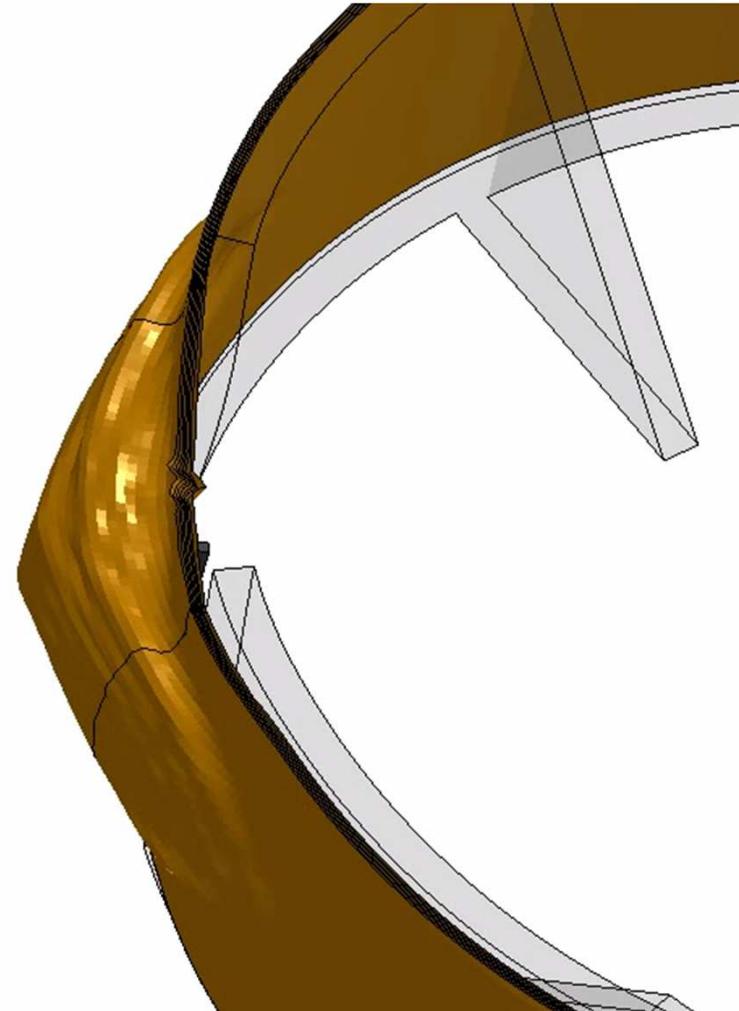
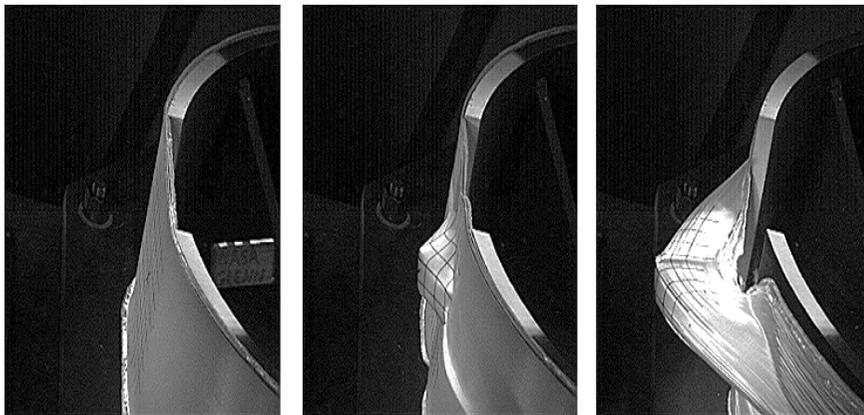
Trapezgewinde

Sägewinde



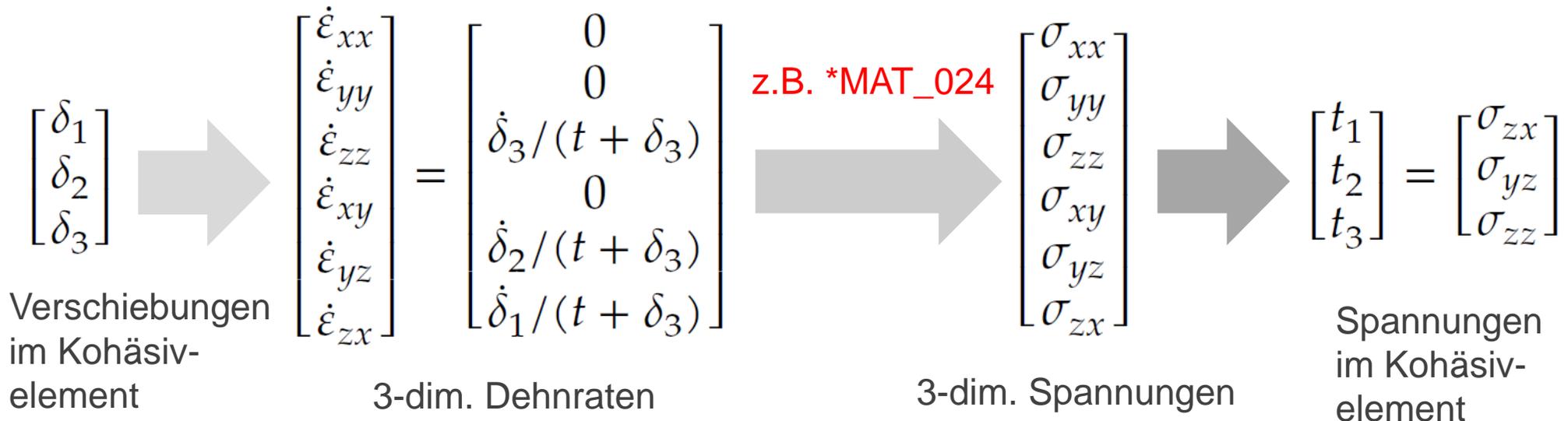
*MAT_DRY_FABRIC(214) für hochfeste Gewebe

- Anwendungen: Einhausung eines Antriebsmotors, Schutzwesten, usw.



*MAT_ADD_COHESIVE

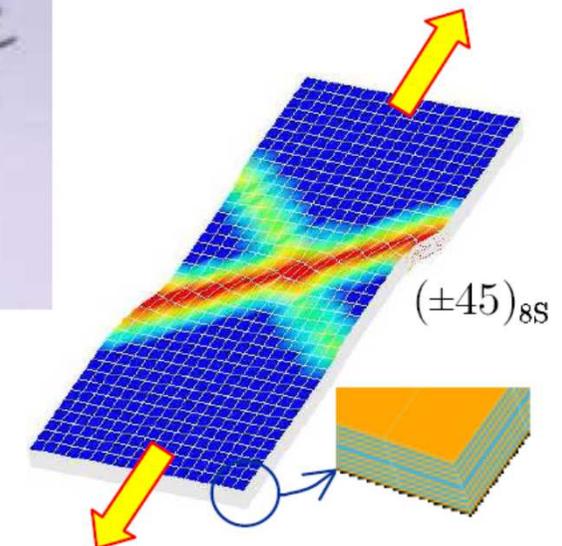
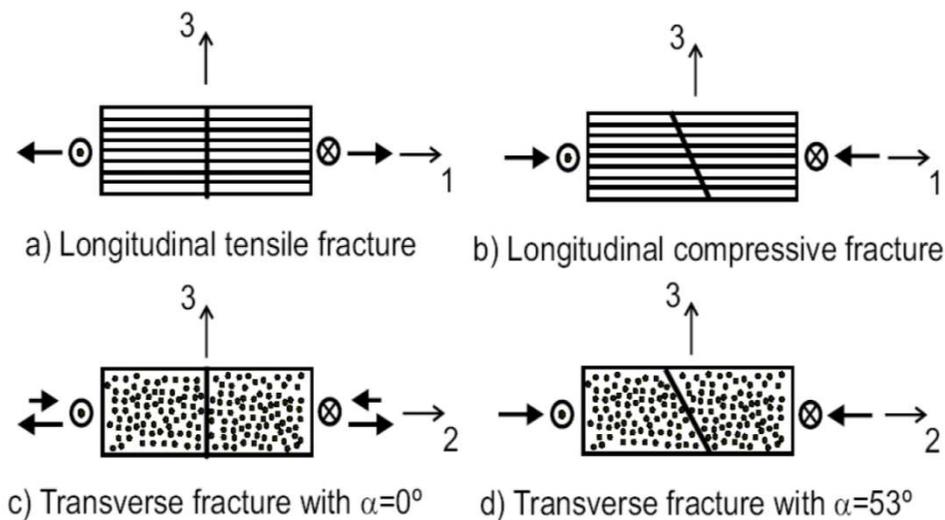
- Normalerweise können Kohäsivelemente (ELFORM = 19, 20, 21 und 22 bei *SECTION_SOLID) nur mit einer begrenzten Anzahl an Materialien (138, 184, 185, 186, 240) verwendet werden.
- Mit diesem zusätzlichen Keyword ist es möglich aus einer größeren Anzahl von 3-D-formulierten Materialmodellen (z.B. 15, 24, 41-50, 81, 103, 120, 123, 124, 168, 187, 188, 224, 225, 252, ...) zu wählen, die sonst nur normalen Volumenelementen zur Verfügung stehen.
- Dazu werden folgende Annahmen getroffen (verhinderte Querdehnung/-schub):



*MAT_LAMINATED_FRACTURE_DAIMLER_PINHO(261)

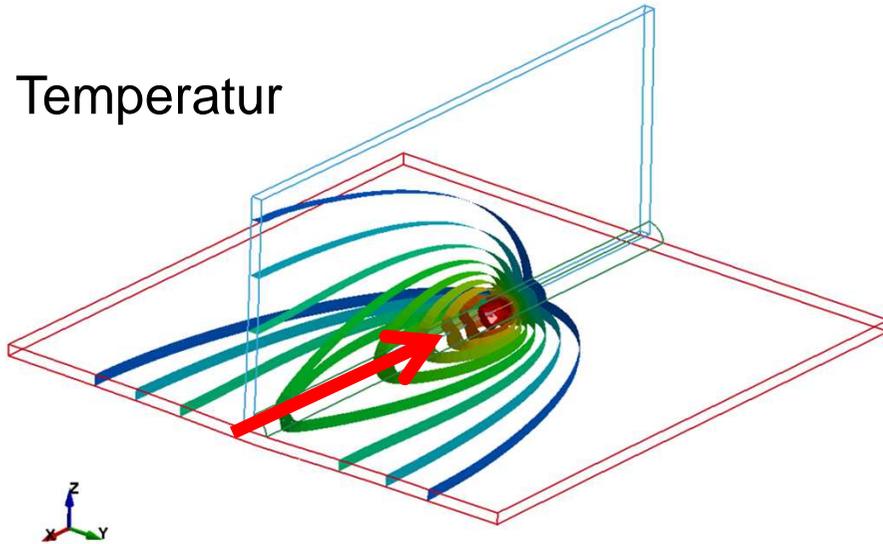
*MAT_LAMINATED_FRACTURE_DAIMLER_CAMANHO(262)

- Zwei neue Materialmodelle für faser-verstärkte Verbundwerkstoffe
- Basierend auf physikalischen Modellen für jeden Versagensmode
- Nichtlineares Schubverhalten in der Ebene
- Implementiert für dünne Schalen, dicke Schalen und Volumenelemente

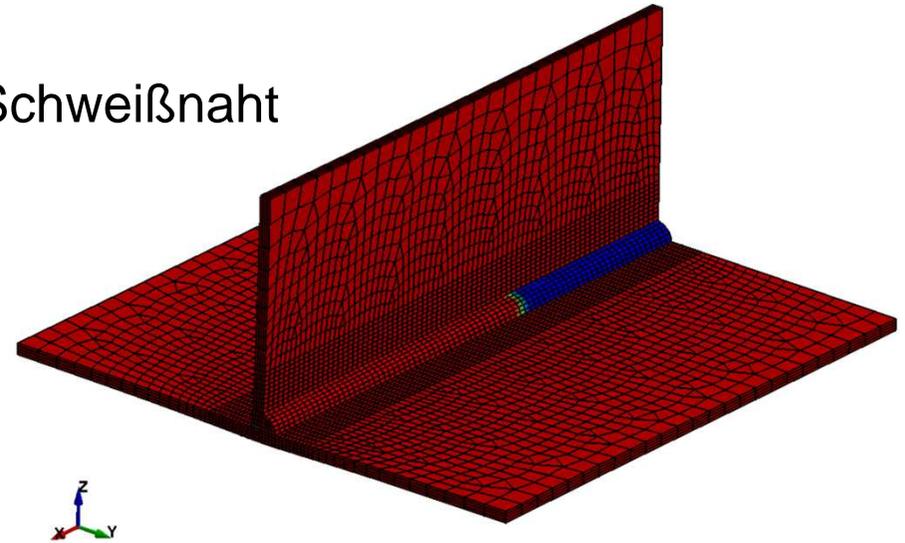


*MAT_CWM(270): Computational Welding Mechanics

Temperatur

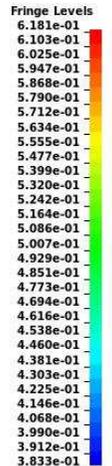
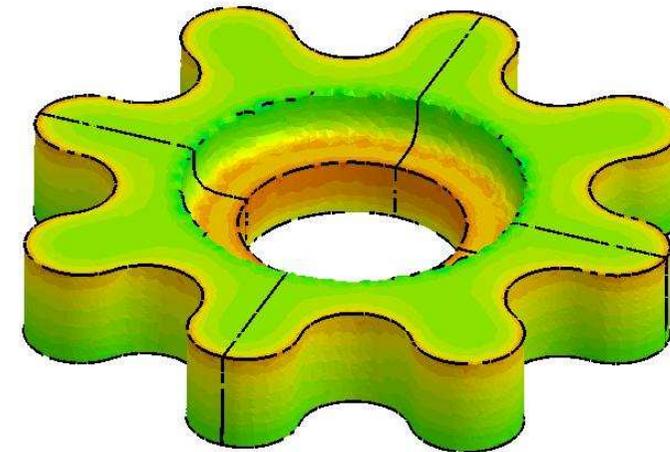
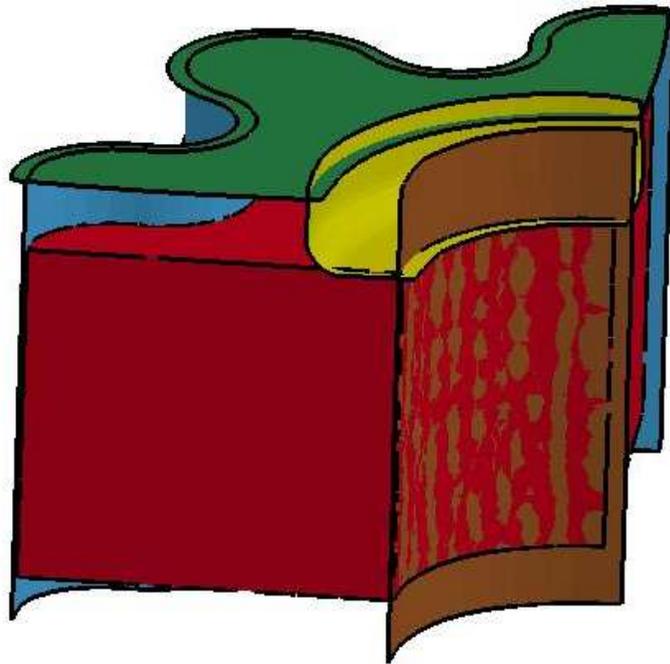


Schweißnaht



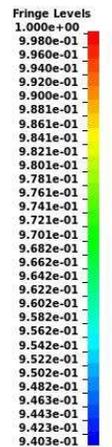
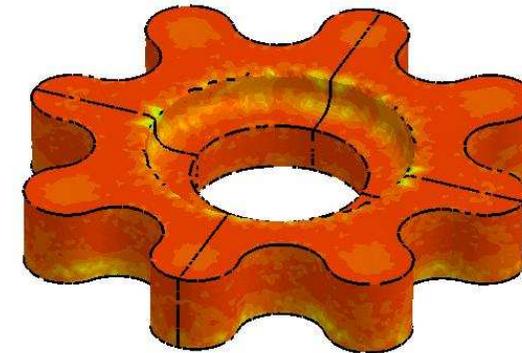
- Schweißgut/-material entsteht durch Temperatureintrag
- Anfängliches "Ghost"-Material (mit sehr geringer Steifigkeit) wird durch Temperaturbelastung zu (elasto-plastischem) festen Werkstoff
- Standard elastisch-plastische Materialeigenschaften werden durch "Materialentstehung" und "Glühen/Tempern" ergänzt

*MAT_POWDER(271) für das Kompaktieren und Sintern von Hartmetallen

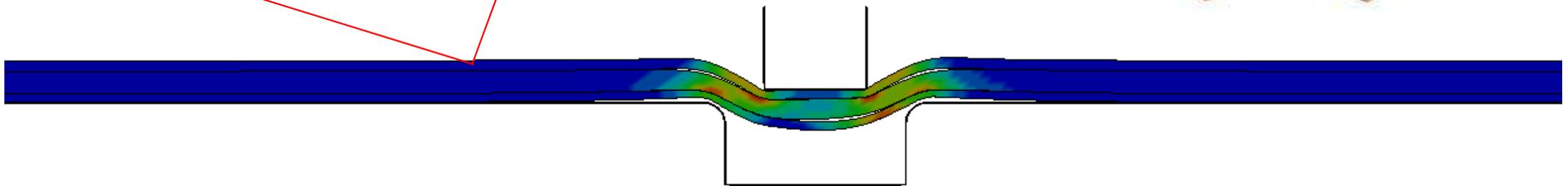


relative Dichte
von Wolframcarbide

- Metallpulver → festes Werkstück
- Numerische Simulation in zwei Stufen:
 1. Rein mechanische Verdichtung
 2. Thermo-mechanisches Sintern



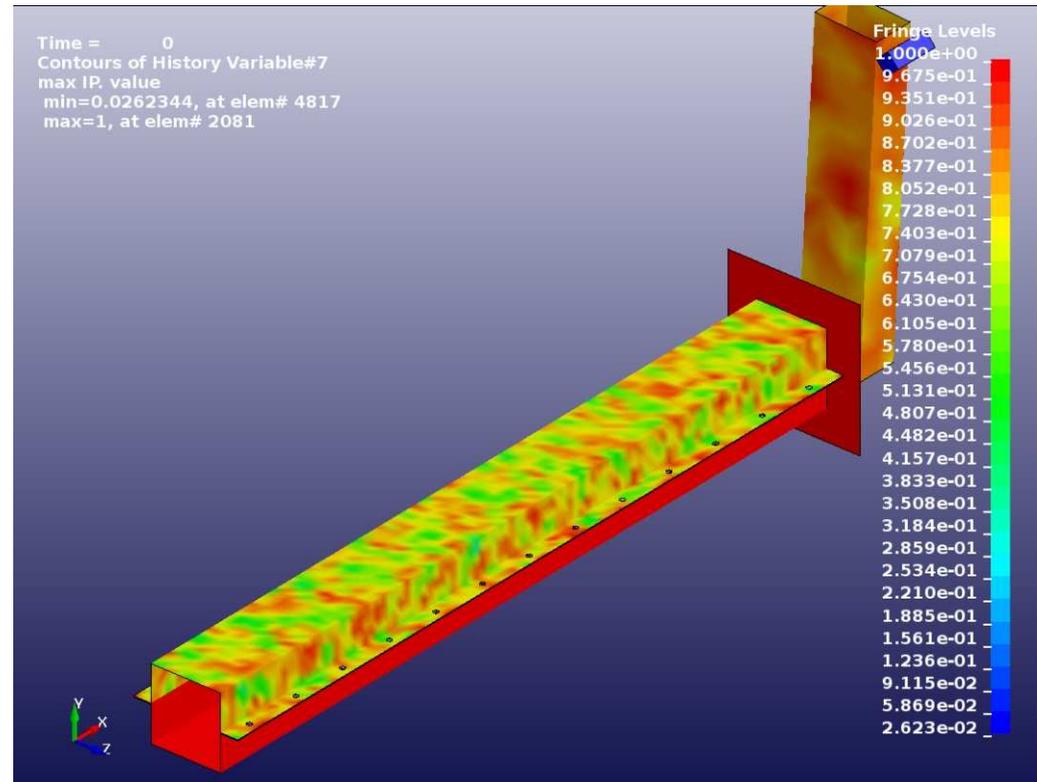
*MAT_PAPER(274) für die Modellierung von Karton



- Orthotropes, elastoplastisches Modell nach Xia (2002) und Nygard's (2009)
- Für Karton (z.B. Verpackungen) als sehr heterogenem Material
- oben dargestellt: Falzsimulation mit Delamination einzelner Schichten
- Verfügbar für Volumen- und Schalenelemente
- Nach bisheriger Erfahrung sehr gute Übereinstimmung mit Versuchen

Stochastische Variation der Materialeigenschaften

- Stochastische bzw. zufällige Verteilung der Fließgrenze und der Versagensdehnung
- Optionen räumlicher Verteilung:
 - Einheitlich mit Skalierungsfaktor 1.0
 - Gleichmäßige Zufallsverteilung in einem festgelegten Intervall
 - Gauß-Verteilung
 - Definierte Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktion
 - Definierte kumulative Verteilungsfunktion



*DEFINE_STOCHASTIC_VARIATION
*MAT_name_STOCHASTIC

*MAT_name_STOCHASTIC Option

- Verfügbar für folgende Materialmodelle:
 - *MAT_ELASTIC_PLASTIC_HYDRO (10)
 - *MAT_JOHNSON_COOK (15)
 - *MAT_PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY (24)
 - *MAT_PLASTICITY_WITH_DAMAGE_{OPTION} (81)
 - *MAT_SIMPLIFIED_JOHNSON_COOK (98)

- Verfügbar für Volumen-, Schalen- und Balkenelemente.

- Fließgrenze und plastische Versagensdehnung werden durch die Definitionen bei *DEFINE_STOCHASTIC_VARIATION skaliert.

- $\sigma_y = f(x)\sigma_y$ und $\bar{\epsilon}^p = g(x)\bar{\epsilon}^p$, wobei $f(x)$ und $g(x)$ die definierten Funktionen zur stochastischen räumlichen Verteilung sind.

Weitere Neuheiten bei Materialmodellen

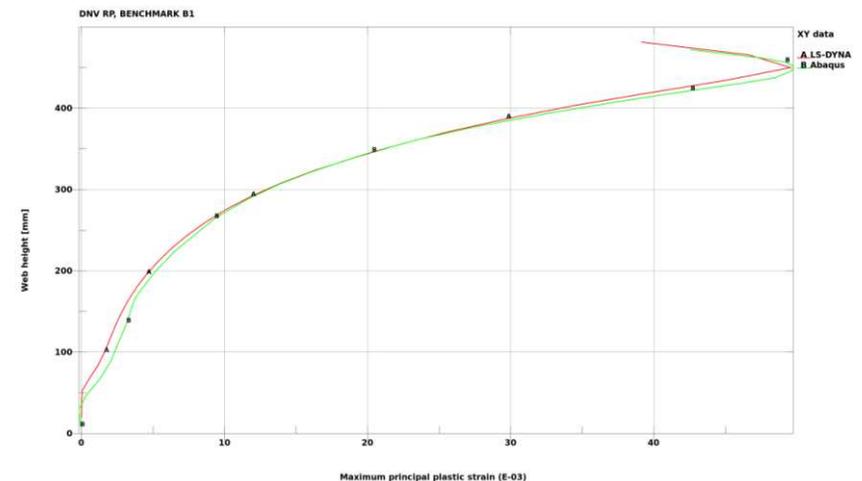
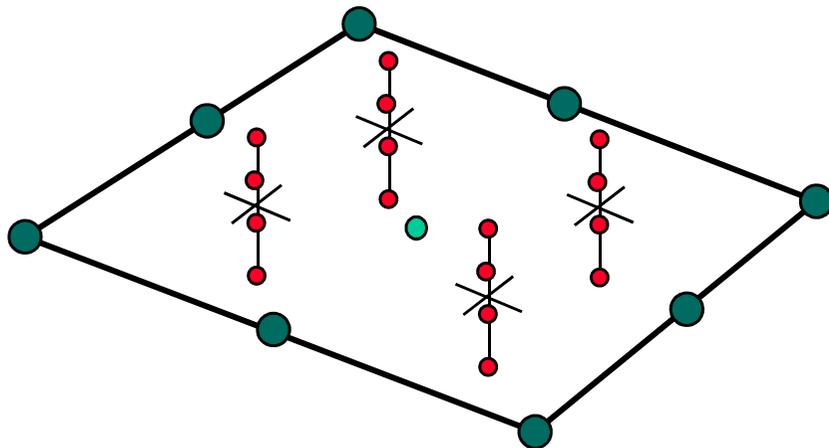
- Die Regularisierungskurve LCREGD bei *MAT_ADD_EROSION kann jetzt auch mit Standardversagenskriterien (kein GISSMO) verwendet werden.
- Weitere Materialmodelle für Tetraeder-Typ 13: *MAT_103 und *MAT_187
- Neue MOISTURE-Option für *MAT_GENERAL_VISCOELASTIC(76)
- Vorspannung und Versagenskriterien bei *MAT_CABLE_DISCRETE(71)
- Neue Optionen für *MAT_LAMINATED_COMPOSITE_FABRIC(58):
ratenabhängige Festigkeiten und Versagensdehnungen, Querschub-Schädigung
- Neue Möglichkeiten bei *MAT_SHAPE_MEMORY(30):
Kurven/Tables für Be- und Entlastung, Dehnratenabhängigkeit
- Viskoplastische Option für *MAT_ANISOTROPIC_ELASTIC_PLASTIC(157)



Elementtechnologie

Schalenelemente höherer Ordnung

- ELFORM = 23: 8-knotiges Viereckselement
- ELFORM = 24: 6-knotiges Dreieckselement
- Option SHL4_TO_SHL8 bei *ELEMENT_SHELL zur Konvertierung 4-knotiger Elemente zu entsprechenden 8-knotigen Elementen
- ESORT bei *CONTROL_SHELL wird unterstützt
- Implizite Berechnung und Kontakte werden unterstützt



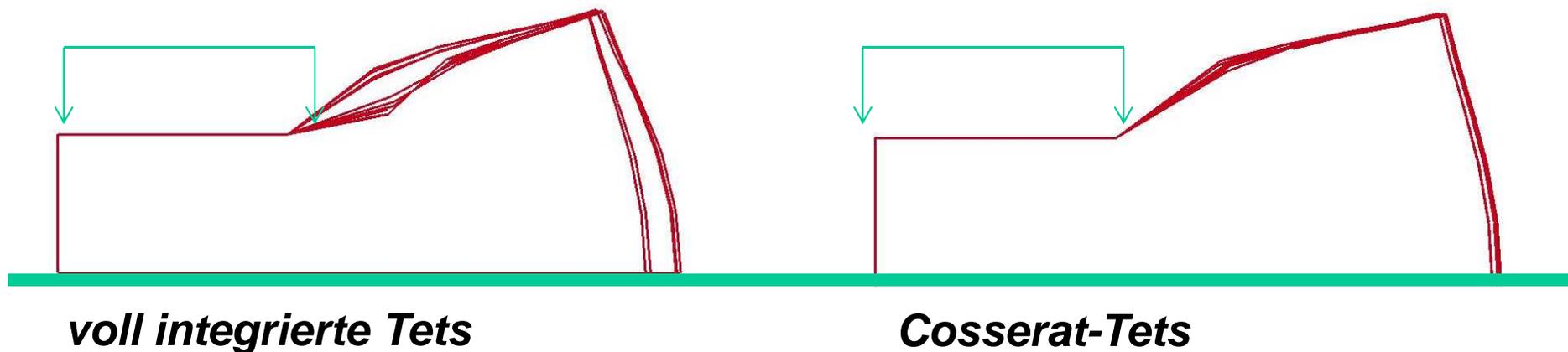
Cosserat-Hexaederelement

- Hexaederelement basierend auf der "Cosserat Point Theory"
- Implementiert als Volumenelement ELFORM=1 mit Hourglass IHQ=10 (bereits in Version R7.0.0)
- Hourglassansatz basiert auf "Total Strain"-Formulierung
- Ermittelte Hourglass-Koeffizienten liefern korrekte Ergebnisse für
 - Kopplung von Biegung und Torsion
 - Hourglass-Deformationen höherer Ordnung
 - verzernte Elemente
- Gute Alternative für Gummimaterialien und grobe/schlechte Vernetzungen
- **NEU:** 10-Knoten-Cosserat-Tetraeder ab Version R7.1.1

10-knotiges Cosserat-Tetraederelement

- Begleitend zum Cosserat-Hexaederelement ist nun auch ein 10-knotiges Cosserat-Tetraederelement verfügbar: ELFORM=16 + IHQ=10
- Cosserat-Elemente scheinen eine geringere Netzabhängigkeit zu besitzen als andere Elemente:

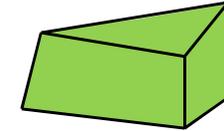
Komprimierung eines inkompressiblen hyperelastischen Materials im ebenen Dehnungszustand. Berechnung des Beispiels mit unterschiedlichen Netztopologien (10-Knoten-Tets): geringere Sensitivität bei Verwendung der Cosserat-Elemente.



Verschiedene Erweiterungen

■ Neue Pentaeder-Kohäsivelemente (*SECTION_SOLID: ELFORM=21 & 22)

- ELFORM=21 ist die Pentaederversion von ELFORM=19
- ELFORM=22 ist die Pentaederversion von ELFORM=20



■ *CONTROL_SHELL: NFAIL1 und NFAIL4 werden jetzt auch in thermisch-mechanisch gekoppelten Berechnungen berücksichtigt

- Extrem verzerrte Elemente werden gelöscht (keine Error Termination)

■ Neue Berechnung der charakteristischen Länge bei ELFORM=16

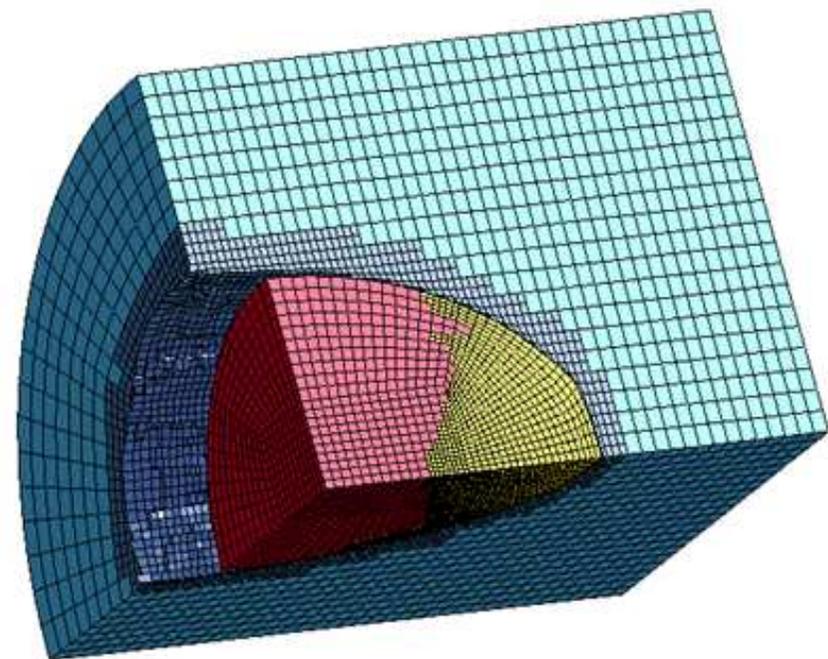
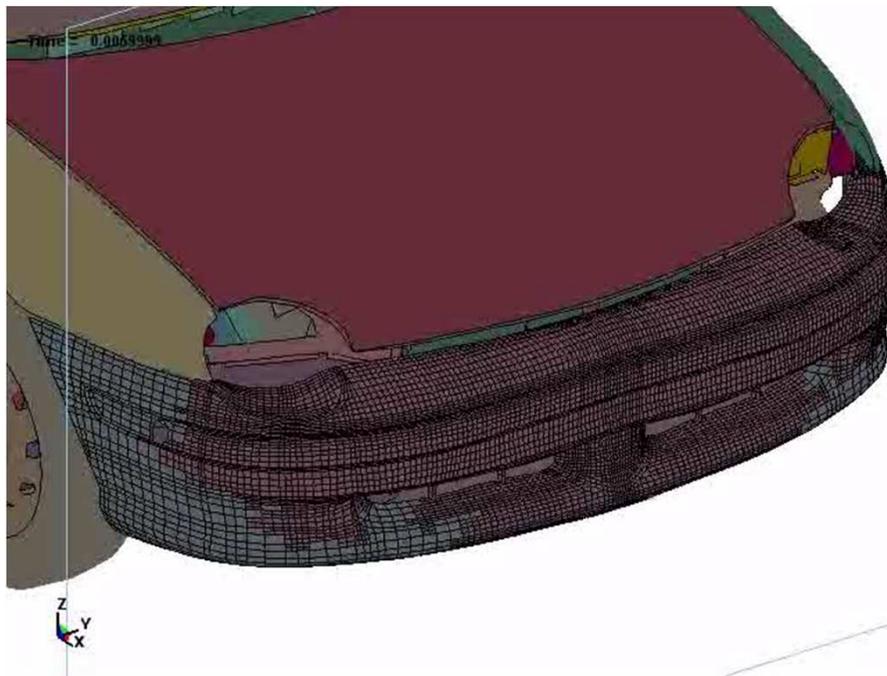
- Bei stark gekrümmten Elementkanten konnte es zu einer Überschätzung des kritischen Zeitschritts kommen und damit zu instabiler Berechnung

■ *CONTROL_SHELL: neue Option INTPERR

- Abbruch der Simulation, wenn die Anzahl der Integrationspunkte bei *INITIAL_STRESS_SHELL und *SECTION_SHELL nicht übereinstimmt

*CONTROL_REFINE_...

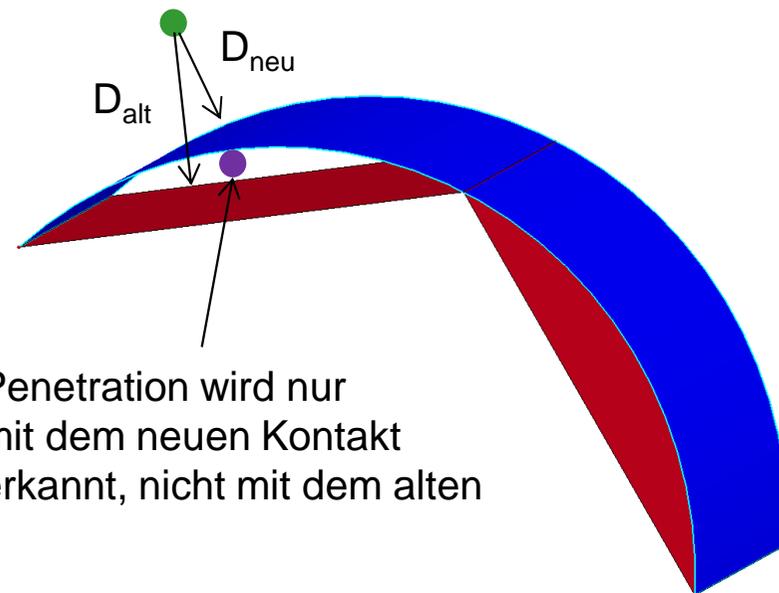
- Verfügbar für Schalen (_SHELL), Solids (_SOLID), und ALE-Elemente (_ALE)
- Adaptive Netzverfeinerungskriterien z.B. Spannungen, Energie, User-Defined
- Verfeinerung zu Beginn oder während der Berechnung möglich
- „Umgekehrte“ Verfeinerung ebenfalls möglich: Netzvergrößerung
- *CONTACT und *BOUNDARY_PRESCRIBED_MOTION werden unterstützt



*CONTACT_ERODING_SINGLE_SURFACE

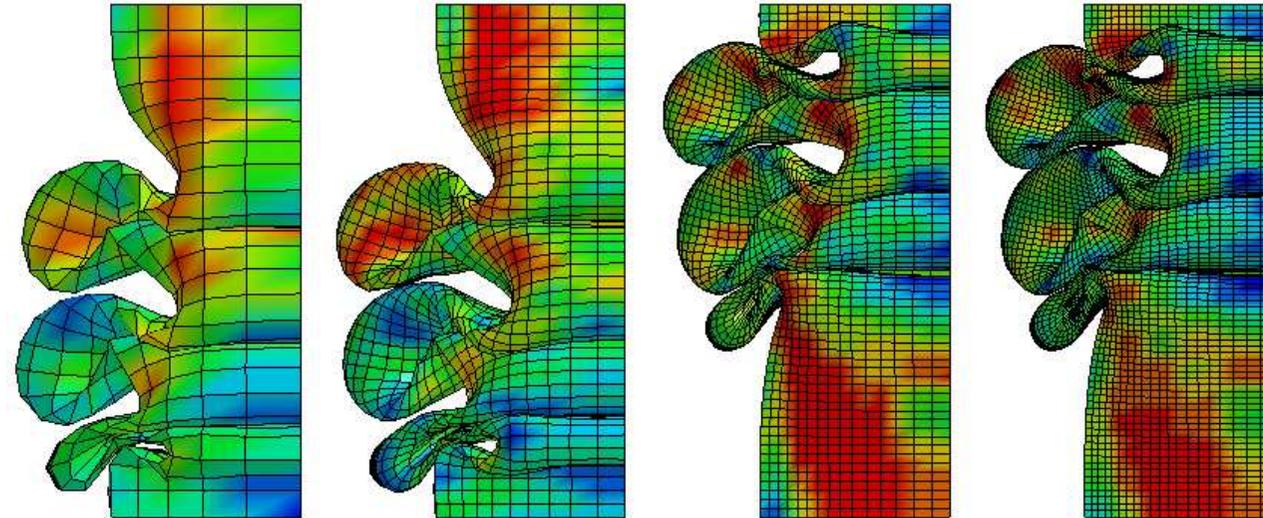
Isogeometrische Analyse

- Isogeometrische Schalen mit NURBS: ELFORM=201 bei *SECTION_SHELL
- Jüngste Fortschritte:
 - MPP wird unterstützt und erreicht sehr gute Skalierung.
 - “Multi-Patch”-Analyse mit dünnen Schalen durch selektiven Einsatz von Rotationsfreiheitsgraden an den “Patch”-Grenzen.
 - Konventionelle Massenskalierung für generalisierte Schalen
 - Postprocessing-Fähigkeiten verbessert
 - Auf NURBS basierender Kontaktalgorithmus (IGACTC bei *CONTROL_CONTACT) ermöglicht genauere Abbildung der wahren Kontaktfläche



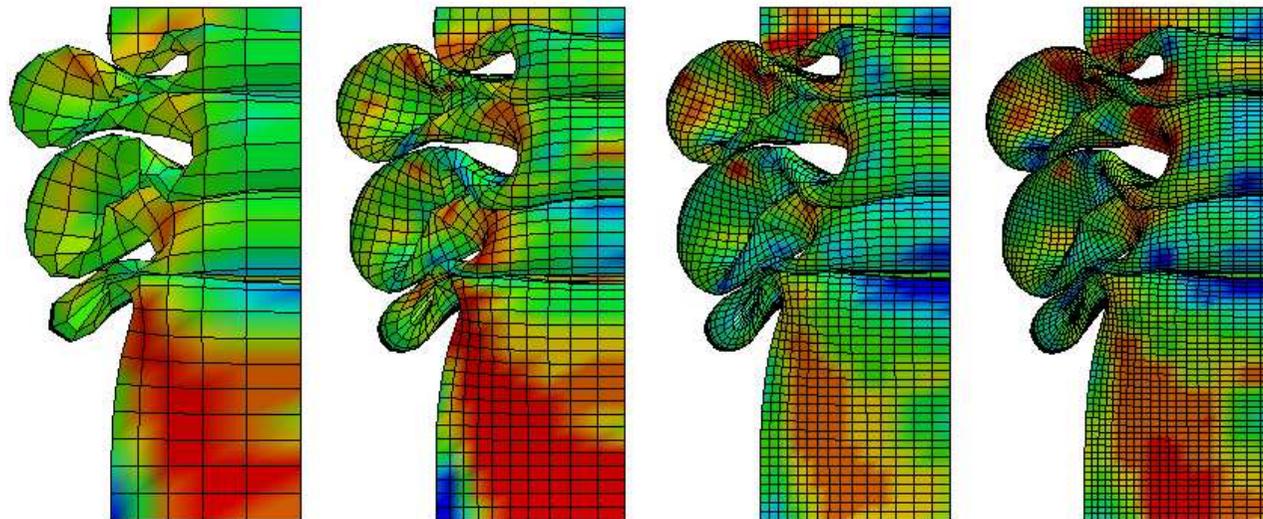
NURBS-basierter Kontakt: Beispiel

Alter Kontakt:
Interpolations-
elemente



Neuer Kontakt:
NURBS

... und schneller!



1x1

2x2

3x3

4x4

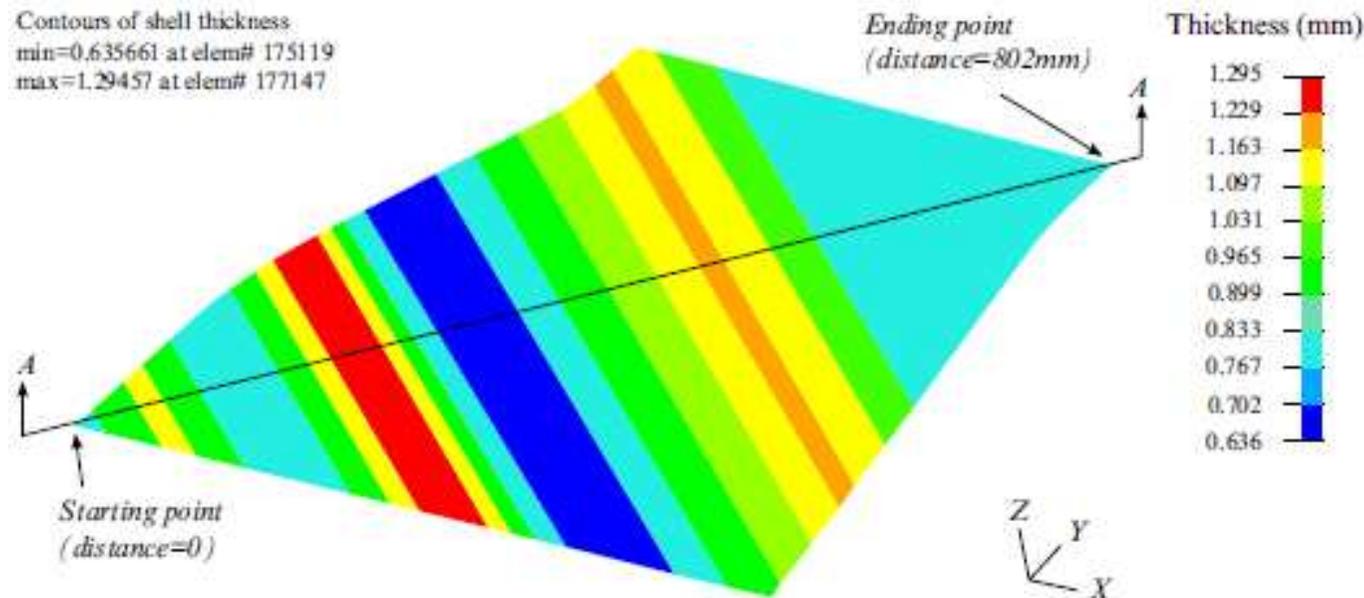
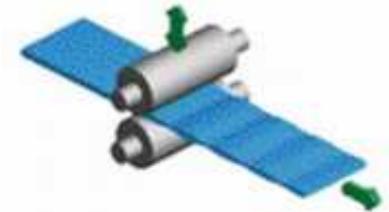
Verteilung der effektiven Spannungen



Metallumformen

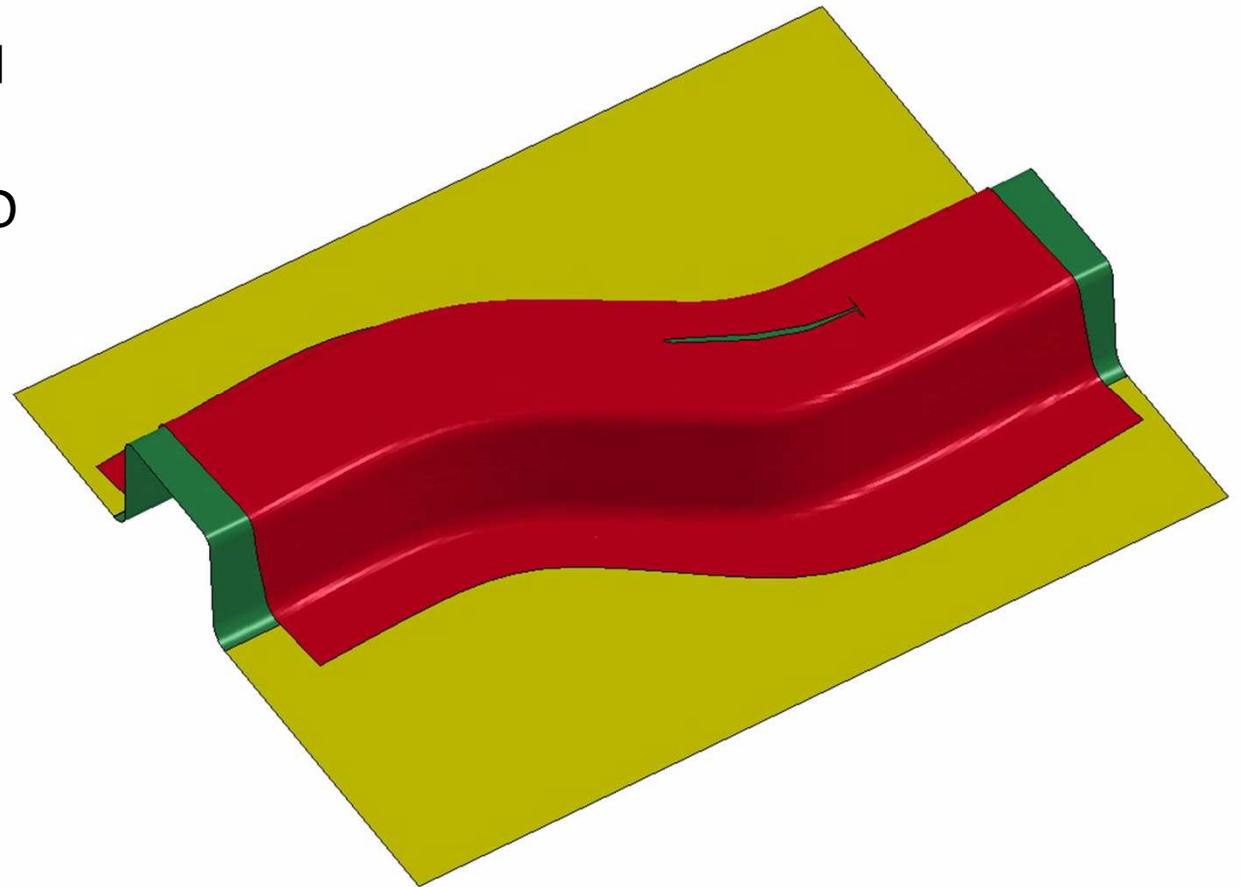
*CONTROL_FORMING_INITIAL_THICKNESS

- Die Dicke von „Tailor Rolled Blanks“ variiert entlang der Walzrichtung
- Neues Keyword: *CONTROL_FORMING_INITIAL_THICKNESS
- Ermöglicht die Definition unterschiedlicher Dickenverteilung



*ELEMENT_LANING

- Offener oder geschlossener Beschnitt innerer Bereiche des Blechs (z.B. zur Spannungsentlastung)
- Zwei Arten möglich: instantan oder fortschreitend
- Gemeinsamer Einsatz mit *DEFINE_CURVE_TRIM_3D
- Jüngste Erweiterungen
 - Mehrere sich schneidende Kurven
 - Mehrere Beschnittpositionen
 - Geschlossene Beschnittkurven



*CONTROL_FORMING_OUTPUT

- (Umform-)Benutzerfreundliche Ausgabekontrolle für D3PLOT und INTFOR
- Gewisse Verfahrenszustände (z.B. “unterer Totpunkt”) sind von Interesse
- Ausgabezeitpunkte können als Abstände des Stempels zur Matrize in einer Kurve definiert werden:

```
*CONTROL_FORMING_OUTPUT
$ -----1-----2-----3-----4-----5
$      CID      NOUT      TBEG      TEND      Y1/LCID
      1116      10  &clstime  &endtime  -980
      1117      10  &clstime  &endtime  -980
      1118      10  &clstime  &endtime  -980
      1119      10  &clstime  &endtime  -980
*CONTROL_FORMING_OUTPUT_INTFOR
$ -----1-----2-----3-----4-----5
$      CID      NOUT      TBEG      TEND      Y1/LCID
      1116      10  &clstime  &endtime  -980
      1117      10  &clstime  &endtime  -980
      1118      10  &clstime  &endtime  -980
      1119      10  &clstime  &endtime  -980
```

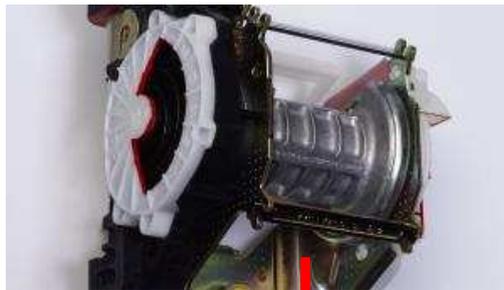
```
*DEFINE_CURVE
980
23.0
19.0
15.0
13.5
13.0
5.0
3.0
2.5
2.0
1.0
```



Insassensicherheit

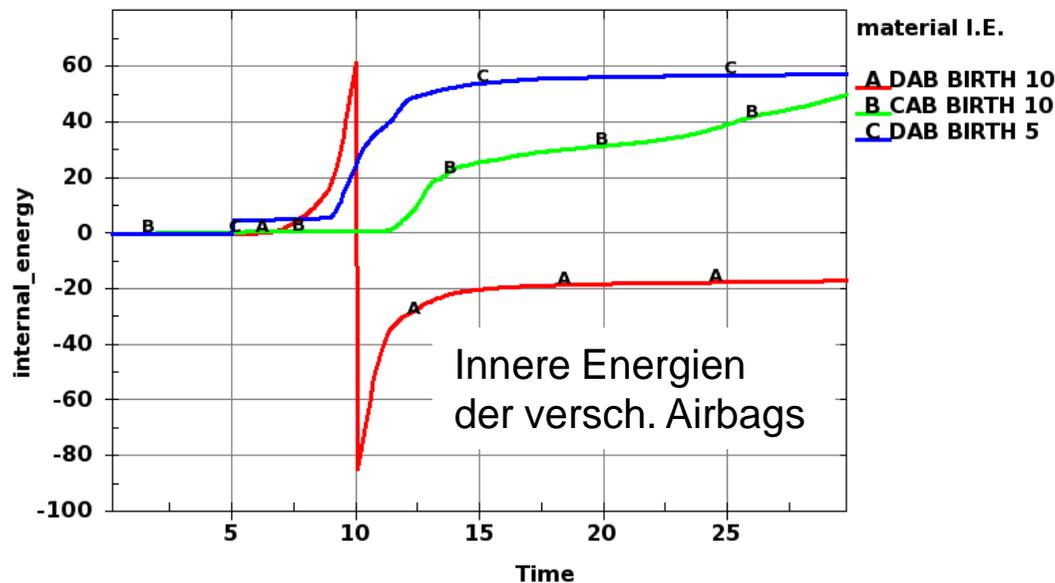
*ELEMENT_SEATBELT_PRETENSIONER

- Einzug oder Gurtlast-Geschichte eines Straffers kann für unterschiedlich große Dummies oder unterschiedliche Aktivierungszeiten variieren.
- Es sind unterschiedliche Straffer-Modelle für unterschiedliche Crashszenarien notwendig.
- Deshalb neue Optionen: “Gurtstraffer-Energie” als Funktion der Zeit
→ SBPRTY=8 für Aufroller , SBPRTY=9 für Gurtschloß



*AIRBAG/*MAT_FABRIC: PART-weise “Birth Time”

- Die Definition einer “Birth Time” bei *AIRBAG_REFERENCE_GEOMETRY_BIRTH betrifft **alle** Referenzgeometrie-Definitionen, d.h. alle entsprechenden Airbags haben dieselbe Startzeit.
- In Modellen mit mehreren Airbags und unterschiedlichen Zündzeiten benötigt jeder Airbag seine eigene „Birth Time“.
- RGBRTH bei *MAT_FABRIC kann jetzt zu diesem Zweck verwendet werden.



CAB Zündzeit=10 ms

DAB Zündzeit=5 ms



*SENSOR_DEFINE_FUNCTION

- Der Wert des Sensor wird mit Hilfe mathematischer Berechnungen ermittelt, die bei *DEFINE_FUNCTION definiert sind - unter Berücksichtigung der Informationen von anderen Sensoren.
- Dieses neue Keyword soll das bisherige *SENSOR_DEFINE_CALC-MATH ersetzen, bei dem nur wenige mathematische Operationen möglich sind.
- Bis zu 15 *DEFINE_SENSOREn können bei der Definition mathematischer Operationen referenziert werden

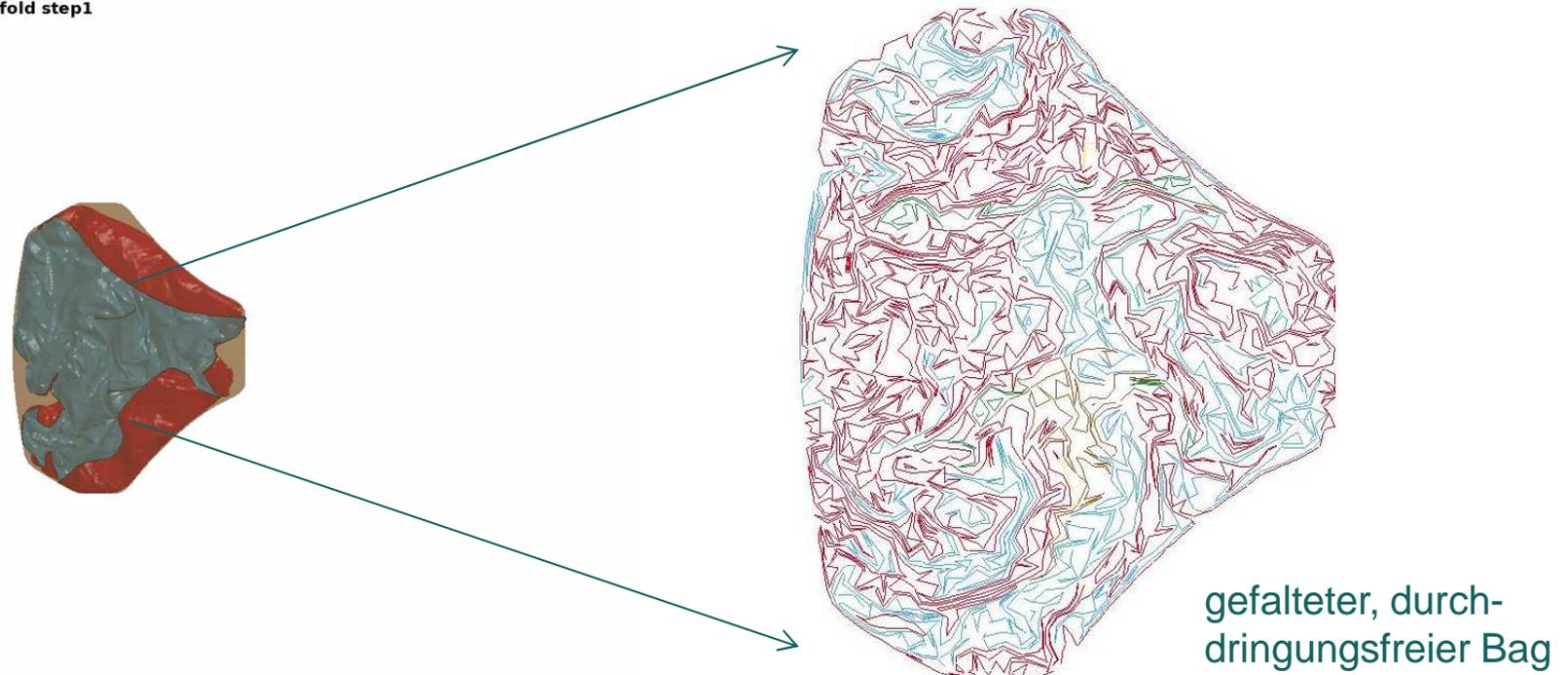
*SENSOR_DEFINE_MISC

- Zur laufenden Überprüfung verschiedener Größen: MTYPE = ...
 - ANGLE: Winkel-Beschleunigungssensor verfolgt den Winkel zwischen zwei Geraden
 - RETRACTOR: „Auslass“-Frequenz eines Gurtstraffers
 - RIGIDBODY: Beschleunigungssensor für Starrkörperkinematiken
 - TIME: Aktuelle Berechnungszeit
- Diese Karte ersetzt das bisherige *SENSOR_DEFINE_ANGLE

*CONTACT: SOFT=2 and DEPTH=45

- Basiert auf der sog. “Splitting Pinball Method” von Belytschko und Yeh (1993)
- Bewältigt verschiedenste Kontaktsituationen, auch solche, die für den üblichen Knoten-Segment-Kontakt ein Problem darstellen.
- Diese neue Option wird immer beliebter, da sie sich als sehr robuste Methode für komplexe Kontaktsituationen (z.B. Airbagfalten) erwiesen hat.

dilipdemo8 (UNIT: kg-mm-ms-K) simfold step1
Time = 56



*CONTACT: SOFT=2 und DEPTH=45

■ Auslösen des gefalteten Airbags (mit unterschiedlicher CPU-Anzahl)

Zeit = 10.0 ms



8 CPU

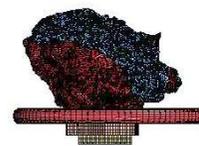


48 CPU

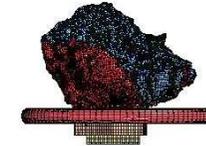


96CPU

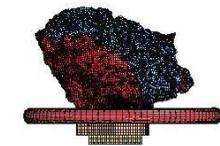
Zeit = 30.0 ms



8 CPU

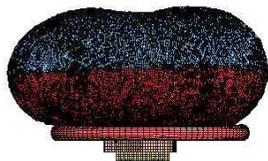


48 CPU

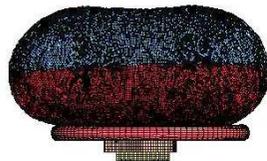


96CPU

Zeit = 80.0 ms



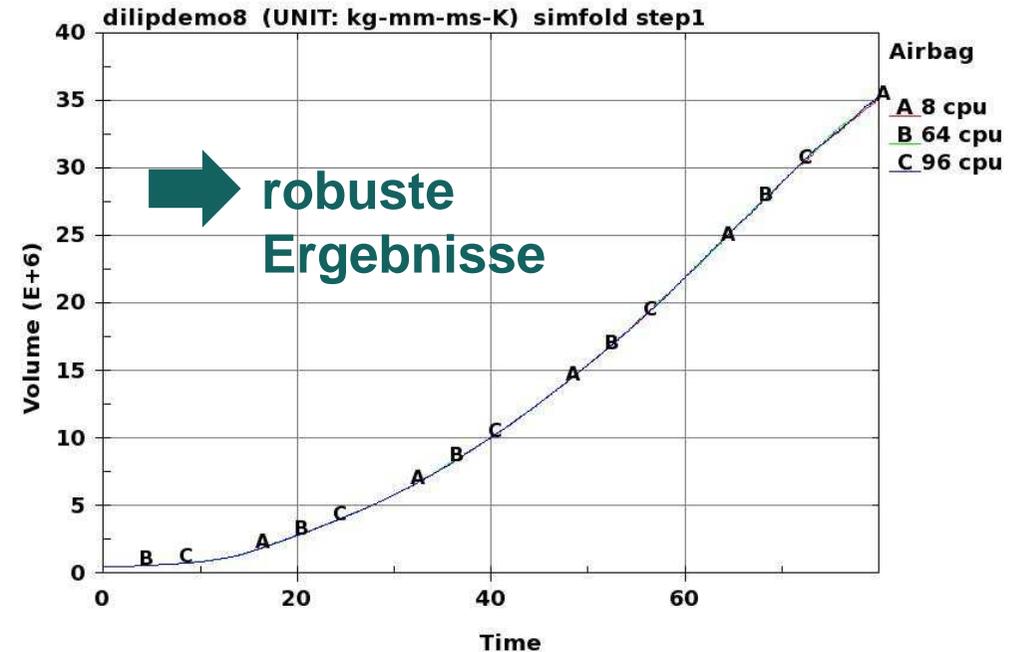
8 CPU



48 CPU



96CPU



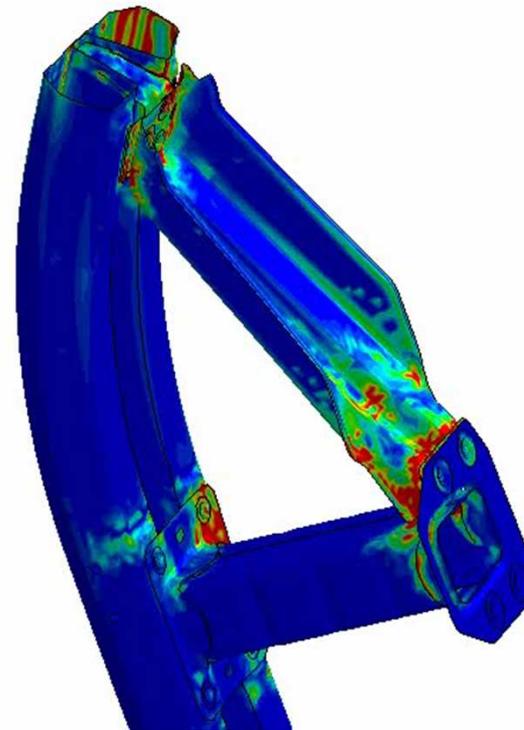
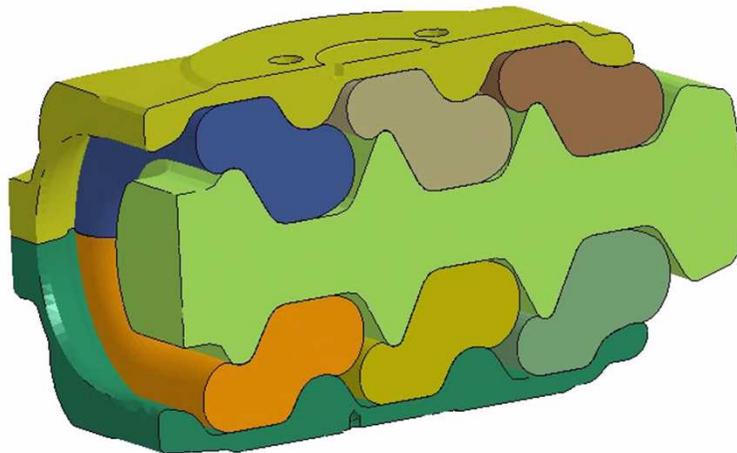


Implizite Analyse

Implizite Erweiterungen (1)

- Verbesserung der Robustheit und des Konvergenzverhaltens des Löser
 - Konvergenztoleranzen
 - Line search (LSMTD=5)
 - Kontakte und „Glattheit“
 - R7.1.1 ist vielversprechend
- Debug-Informationen:
D3ITCTL bei *CONTROL_IMPLICIT_SOLUTION
+ RESPLT bei *DATABASE_EXTENT_BINARY
- Leichte Ermittlung nicht-konvergierter Bereiche

Time = 1.7518

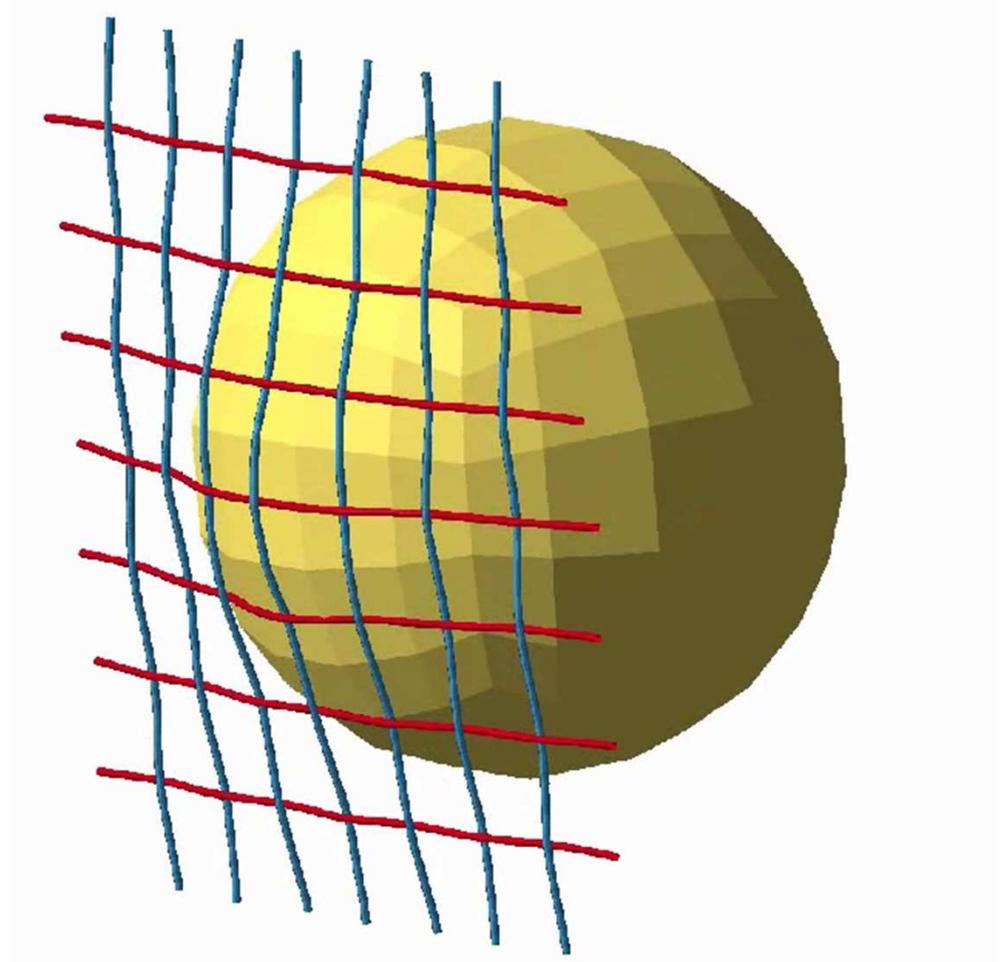


Implizite Erweiterungen (2)

- Neue Option IAUTO=2 bei *CONTROL_IMPLICIT_AUTO zur Begrenzung des mechanischen Zeitschritts durch den thermischen Zeitschritt
- Neue Option IRATE=2 bei *CONTROL_IMPLICIT_DYNAMICS zur Deaktivierung von Rateneffekten in Materialmodellen: implizit **und** explizit
- *CONTROL_IMPLICIT_BUCKLE
 - Erweiterung auf implizite Probleme mit „Inertia Relief“ (statisch ungelagert)
 - Erweiterung auf „intermittierende“ Berechnung von Eigenwerten/-moden: NMODE<0
- *CONTROL_DYNAMIC_RELAXATION
 - Umschalten Implizit ↔ Explizit: jetzt auch mit expliziter dynamischer Relaxation gefolgt von impliziter transienter Berechnung
- Neues Keyword *CONTROL_IMPLICIT_MODAL_DYNAMIC

Mortar-Kontakt

- Verbesserter globaler Suchalgorithmus
 - Deutliche Rechenbeschleunigung, besonders beim Single-Surface-Kontakt
- Balkendicke wird unterstützt
 - Querschnitt des Balkens als kreisförmig angenähert
- IGAP.GT.1 bewirkt zunehmende Steifigkeit für große Durchdringungen
- MINFO bei *CONTROL_OUTPUT liefert Ausgabe zum Debuggen
 - Maximale Durchdringungen werden in messag-Datei angezeigt (mit Elementinfos)





Allgemeines

- Neues Keyword `*CONTROL_REQUIRE_REVISION` zur Einschränkung der Lauffähigkeit eines Modells auf bestimmte LS-DYNA-Versionen
- Neue Option für die Kommandozeile `"ldir="` definiert "lokales" Arbeitsverzeichnis
- `*CONSTRAINED_BEARING` zur Definition einer Lagerung zwischen 2 Knoten
 - Ansatz beinhaltet entsprechende Gleichungen zur Simulation eines Kugellagers
- Neues Keyword `*DEFINE_TABLE_MATRIX`
 - Alternative Möglichkeit zur Definition von Tables; die referenzierten Kurven können in einer unformatierten Textdatei stehen, z.B. aus Excel



Diskrete-Elemente-Methode

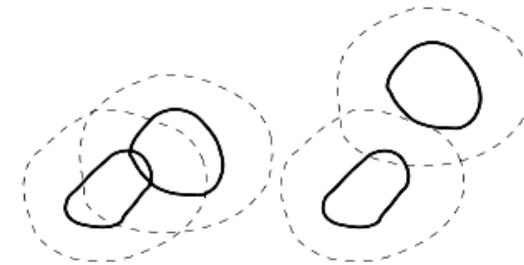
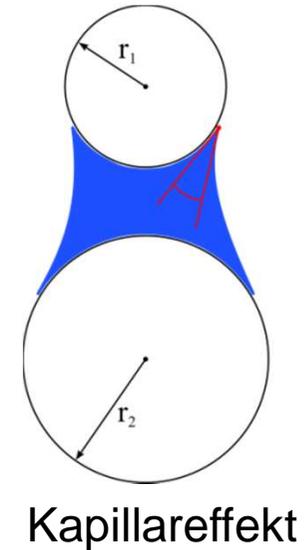
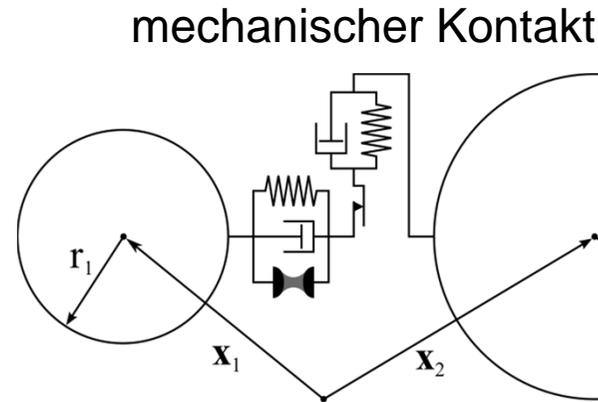
Diskrete-Elemente-Methode (DEM) in LS-DYNA

■ Grundlegende Ideen

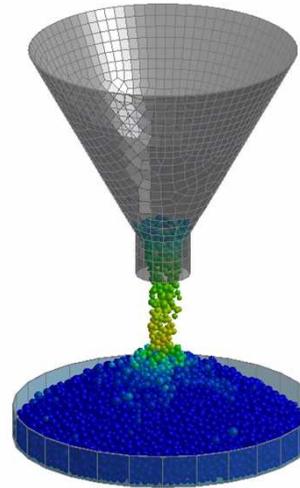
- Newtonsche Mechanik für Partikel
 - Kontakt zwischen Partikeln
- ## ■ Für die Modellierung von
- Pulver, Toner, ...
 - Schüttgüter, Sand, Erz, Fels, ...
 - Flüssigkeiten

■ Typische Anwendungen/Einsatzbereiche

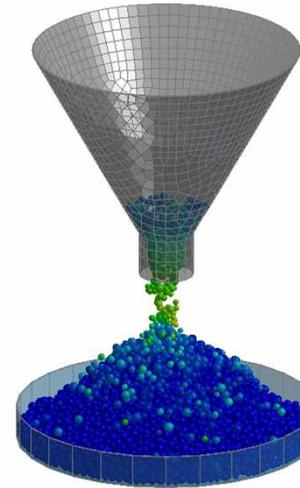
- Bergbau, Mineralien-Aufbereitung
- Landwirtschaft, Speichersilos, Lebensmittel
- Chemie, Bauingenieurwesen



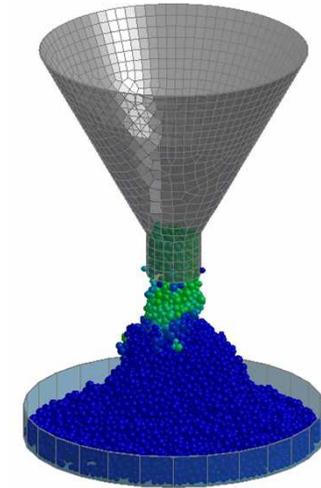
- Füllsimulation mit trockenem / feuchtem Sand und jungem Beton
 - Robuste Interaktion der Partikel mit deformierbaren und starren Strukturen



trockener Sand

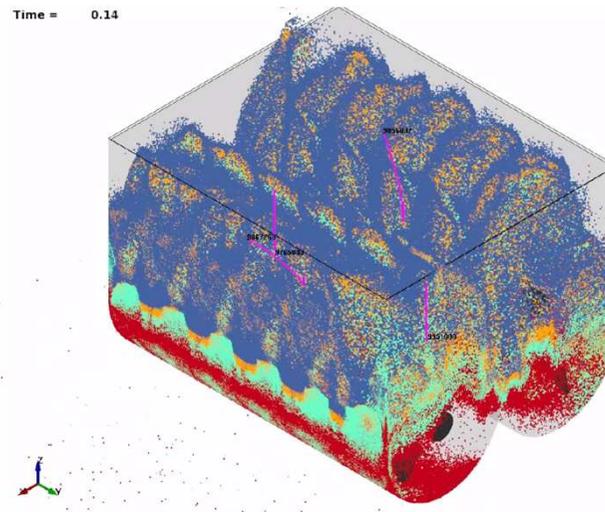


feuchter Sand



junger Beton

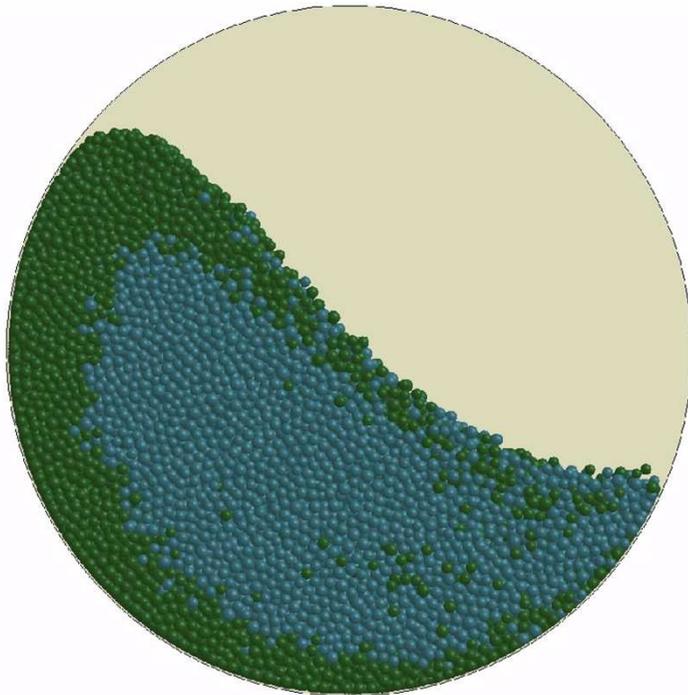
- Gute Skalierbarkeit bei parallelen Berechnungen (MPP)



10 Millionen
Partikel

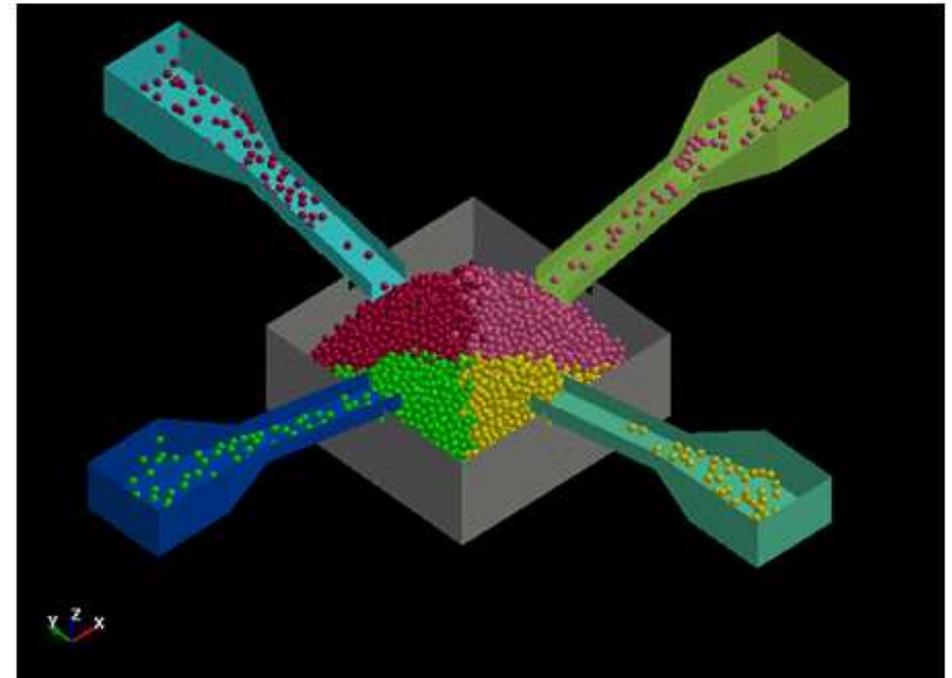
*DEFINE_DE_BY_PART

- PART-weise Definition der Kontrollparameter für kugelförmige Partikel
- Überschreibt die Werte bei *CONTROL_DISCRETE_ELEMENT



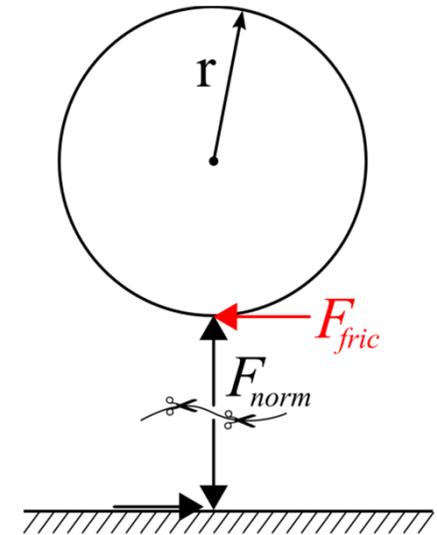
*DEFINE_DE_INJECTION

- Automatische Kugelgenerierung
- Rechteckige Austrittsebene



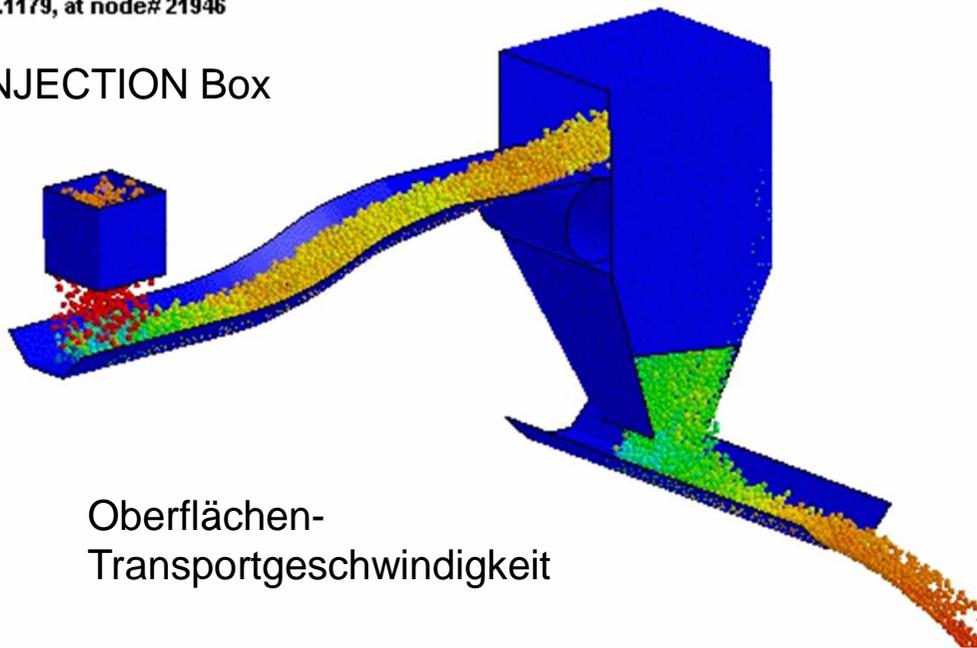
*DEFINE_DE_TO_BEAM_COUPLING
 *DEFINE_DE_TO_SURFACE_COUPLING

- Aufbringen der Traktionskraft an der Kugeloberfläche
- Oberflächengeschwindigkeit für Transportbänder

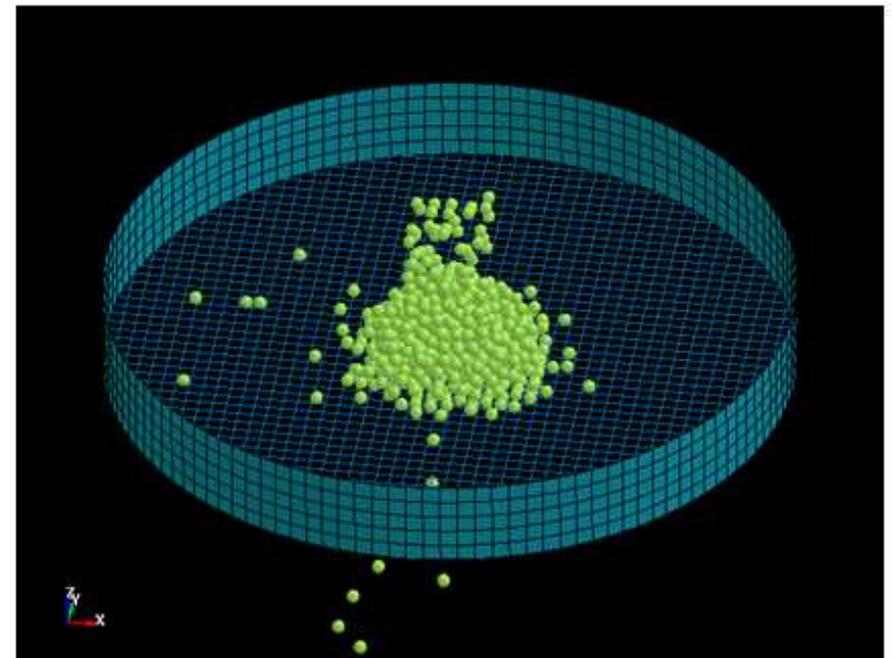


min=0, at node# 210
 max=25.1179, at node# 21946

INJECTION Box

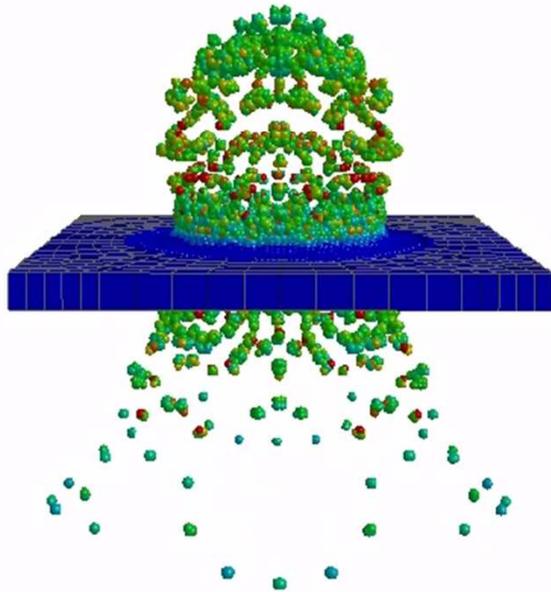


Oberflächen-
 Transportgeschwindigkeit



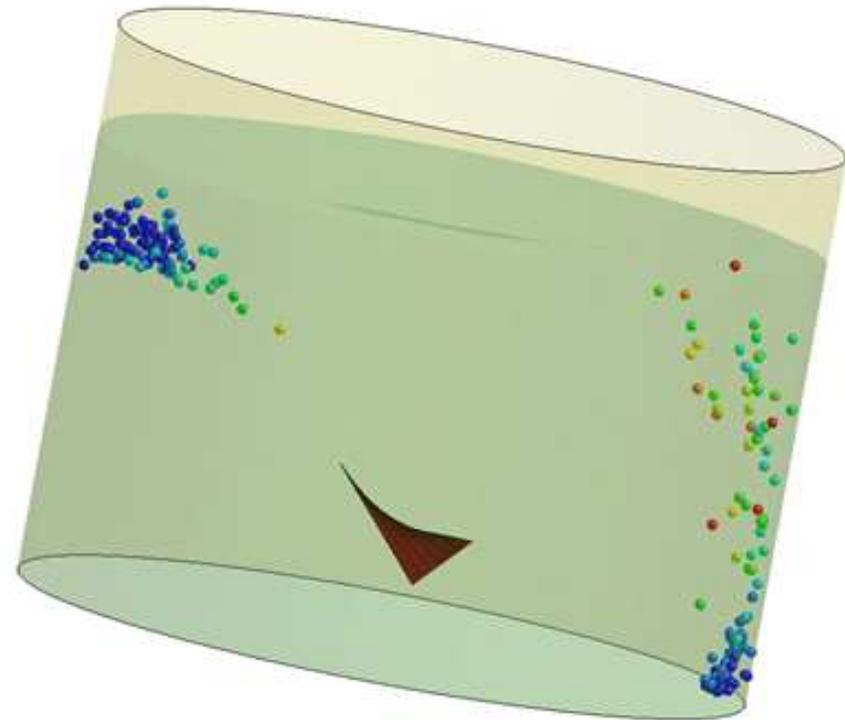
*DEFINE_SPH_DE_COUPLING

- Penalty-basierter Kontakt zwischen SPH und SPH/DE



*ALE_COUPLING_NODAL_DRAG

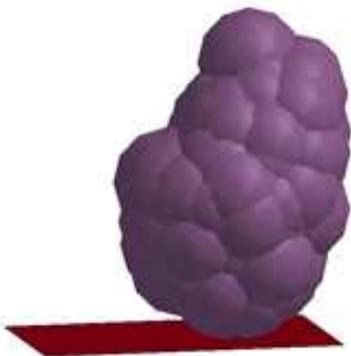
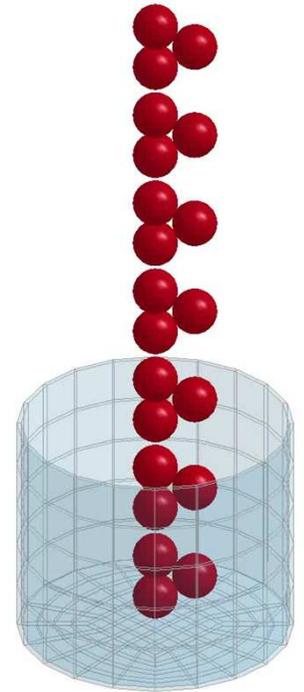
- Penalty-basierter Kontakt zwischen ALE und DE
- bald verfügbar (Entwicklungsversion)



*DEFINE_DE_BOND

■ DE Bond Typ I

- Einfache Verbindungen, Balken zwischen Kugeln (erweiterte Peridynamics)
- Manuelle Definition der elastischen Verbindung
- Bonds können brechen (oder auch nicht)
- Partikel-„Clustering“ durch Definition eines maximalen Abstands



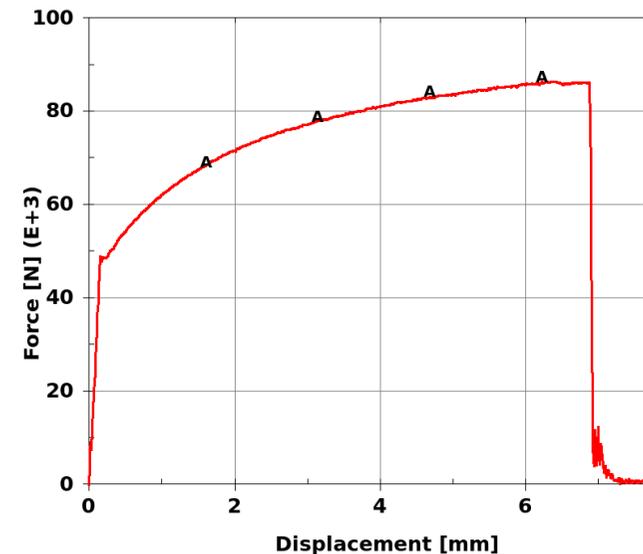
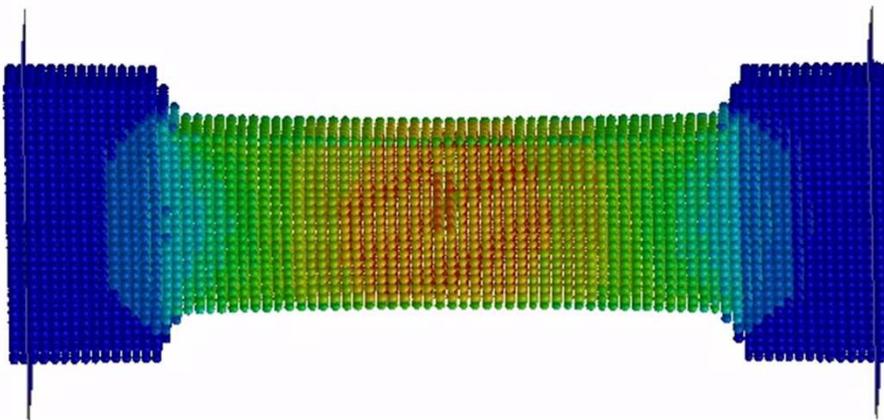
*DEFINE_DE_HBOND

■ DE Bond Type II

- Heterogene Verbindungen zur kontinuumsmechanischen Modellierung (Meshless Local Petrov-Galerkin)
- Basierend auf regulären *MAT-Definitionen
- Erweiterte Features für sprödes Versagen, Mikrorisse, usw.

■ Benchmarktest: Zugstab

- Ziel: elasto-plastisches Materialverhalten abbilden

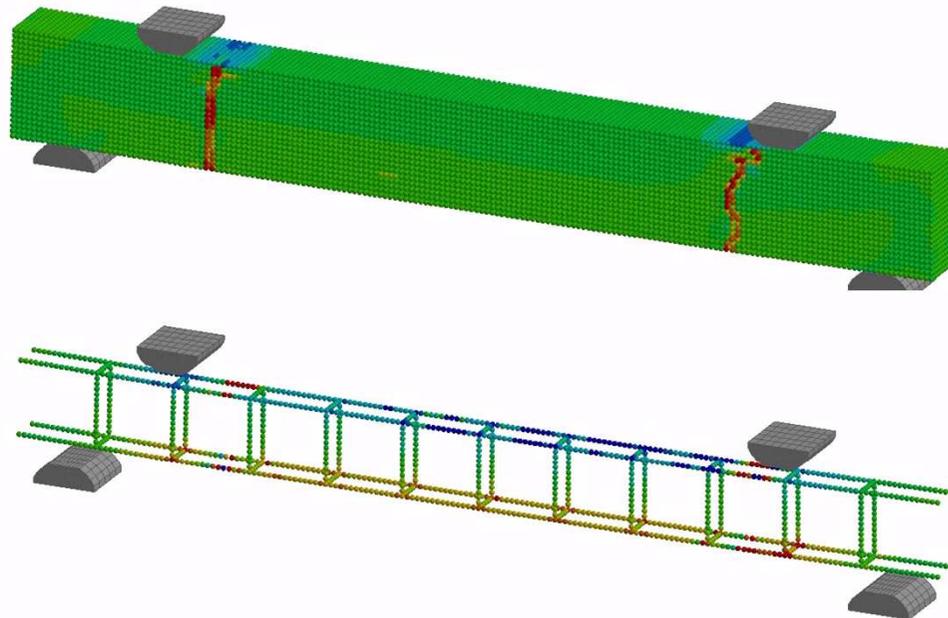


■ Mehr Informationen:

- Vortrag von Z. Han (LSTC), Internationale LS-DYNA-Konferenz, 8.-10. Juni, Detroit

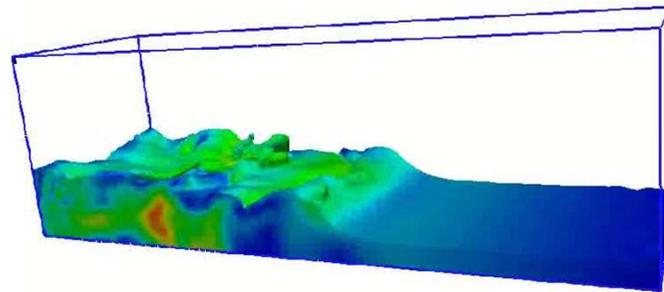
*INTERFACE_DE_HBOND

- Definition verschiedener Versagensmodelle für heterogene Bonds
 - mit demselben Material
 - mit verschiedenen Materialien
- Anwendung eines heterogenen Bond-Modells mit Interface
 - Versagen eines bewehrten Stahlbetonträgers unter 4-Punkt-Biegung
 - Unterscheidung zwischen Bewehrungsstäben und Betonbalken möglich



Zusammenfassung: R7.1.1

- Viele weitere Neuheiten und Verbesserungen in anderen Bereichen (ALE, EFG, SPH, Thermal, Frequency Domain, ...) und in den Multiphysics-Lösern (ICFD, CESE, EM, Chemistry)



Vorträge beim Infotag Multiphysics (March 2014):
<http://www.dynamore.de/de/news/news-de/2014/info-mp>

- Ausführliche Liste aller Erweiterungen und Korrekturen:
www.dynasupport.com/release-notes
- R7.1 Keyword User's Manuals stehen zum Download bereit:
www.dynamore.de/de/download/manuals