



Zum aktuellen Stand der Stanz- und Schneid-Simulation mit LS-DYNA

Jeanette Raquet - Dr. André Haufe
DYNAmore GmbH



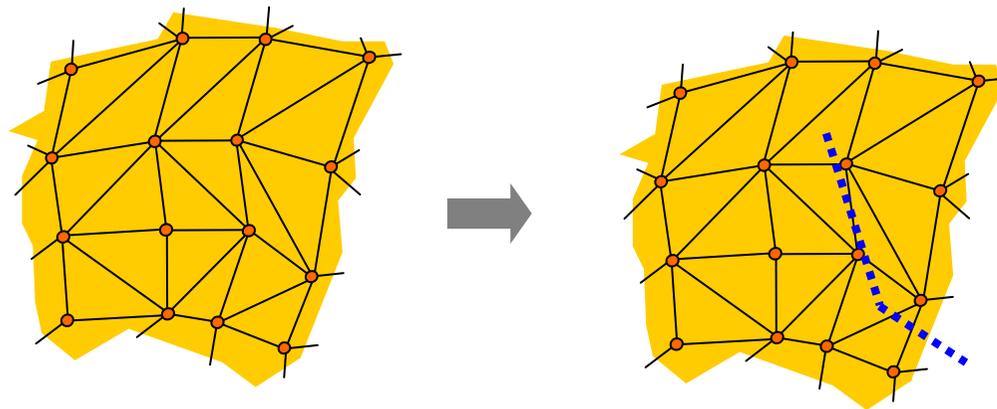
Übersicht

- Schneiden und Stanzen: Anforderungen an FE-Codes
- Materielle (Lagrange'sche) Beschreibung
- Raumfeste (Eulersche) Beschreibung
- Arbitrary Lagrange-Euler-Beschreibung
- SPH und EFG
- Beispiele zur Anwendung

1 Motivation

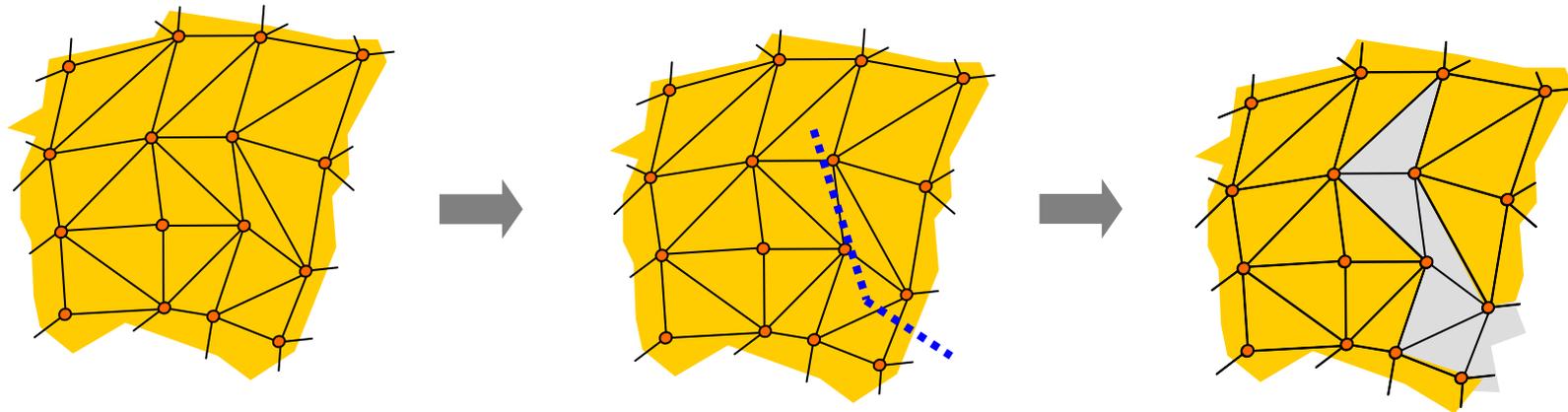


Der Mechanik wird jedoch in der Regel ein Kontinuum zugrunde gelegt!



1 Motivation

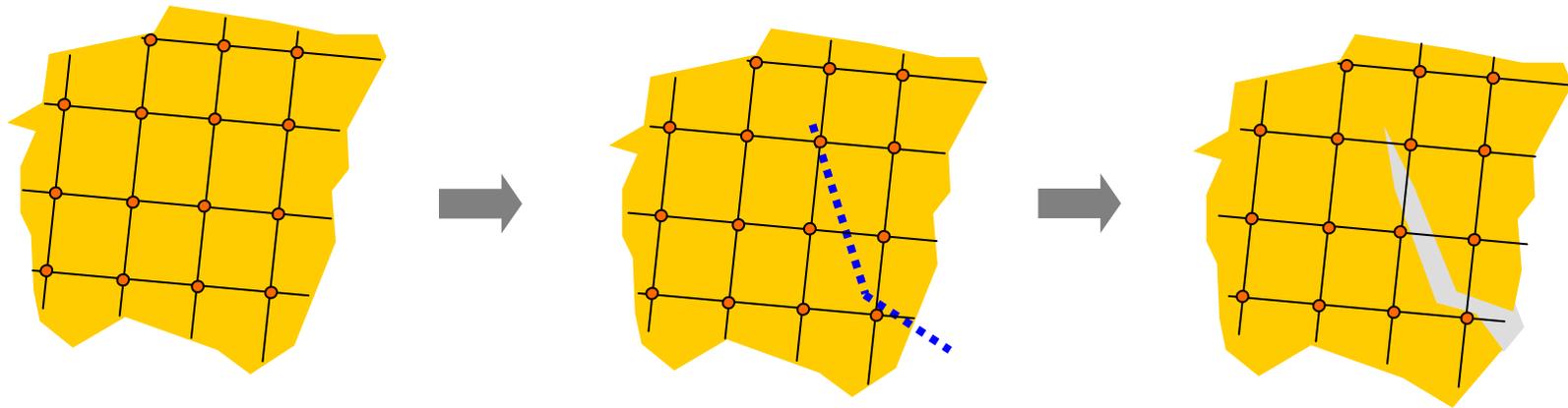
Materielle Beschreibung (Lagrange)



- Beliebige Versagenskriterien steuern ein Löschen der Elemente.
- Rissabbildung ist grob.
- Masse geht u. U. verloren. ➡ Erhaltung & Konsistenz?
- Versagensrichtung stark durch die Elementierung (Ausrichtung) und Netzfeinheit dominiert.
- Gängige industriell angewendete Methode. ➡ State of the art?!

1 Motivation

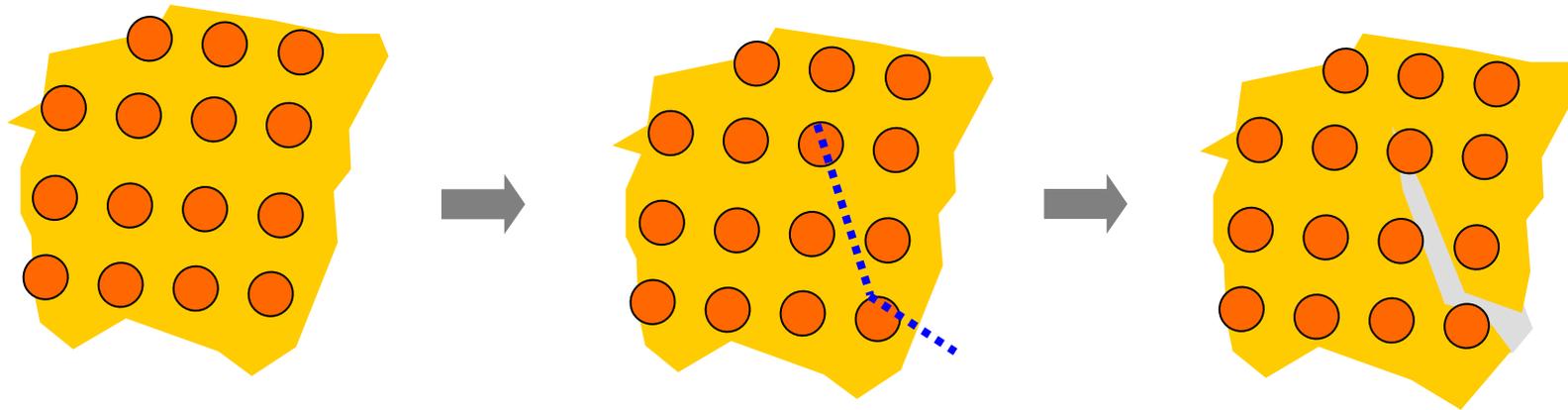
Alternative Beschreibung (ALE oder Euler)



- Kontaktbedingungen bzw. Spannungskriterien steuern den Materialabtrag.
- Große Deformationen sind möglich.
- Masse bleibt erhalten.
- Versagensrichtung weniger stark von Elementierung (Ausrichtung) und Netzfeinheit dominiert.
- Industriell auf vielen Gebieten angewendete Methode.

1 Motivation

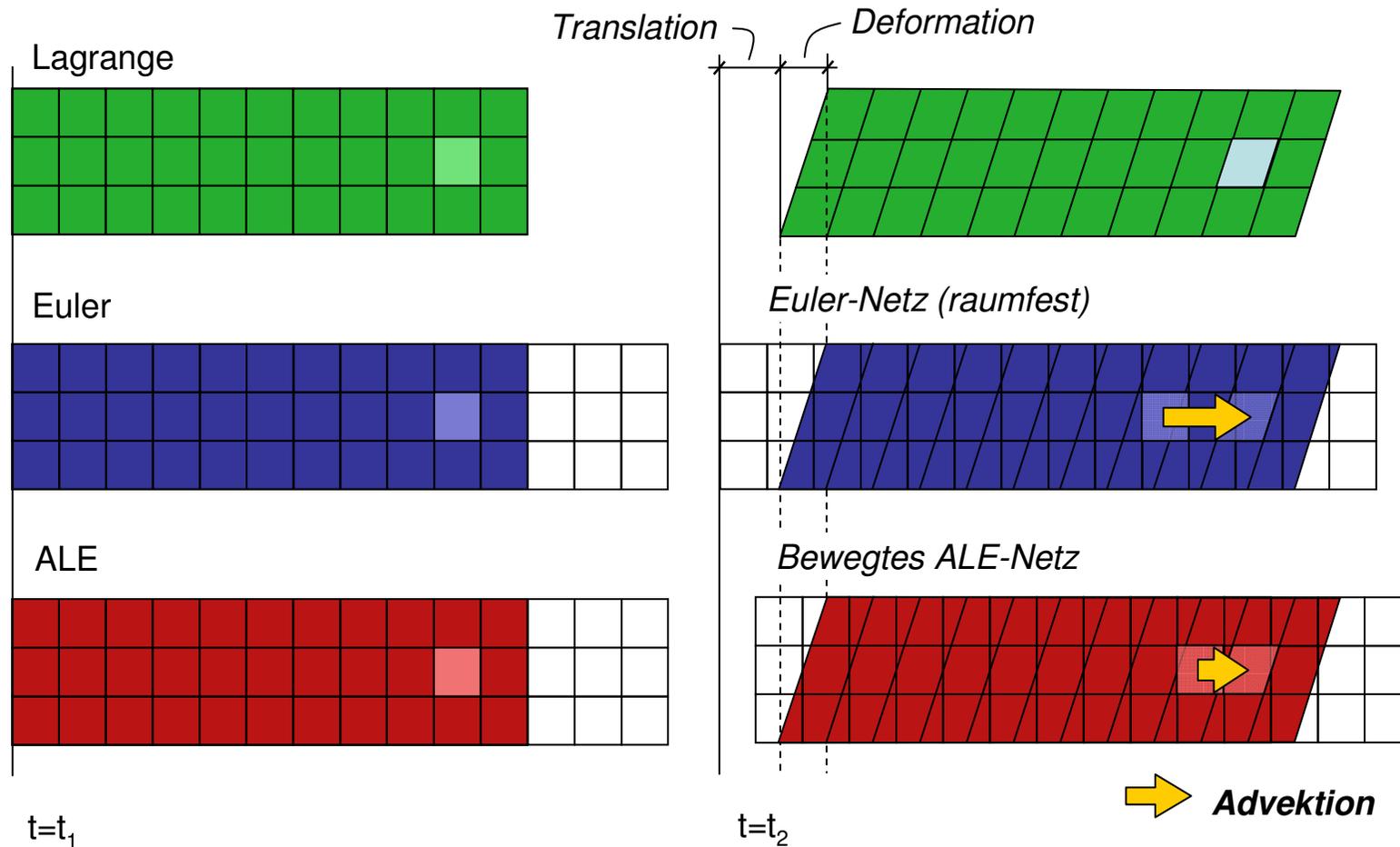
Netzfrie Methoden



- Element Free Galerkin oder Smooth Partikle Hydrodynamics
- Große Deformationen sind möglich.
- Masse bleibt erhalten.
- Adaptivität kann einfach lokal gesteuert werden.
- Industriell auf vielen Gebieten angewendete Methoden.

2 Gedankenexperiment: Lagrange, Euler und ALE

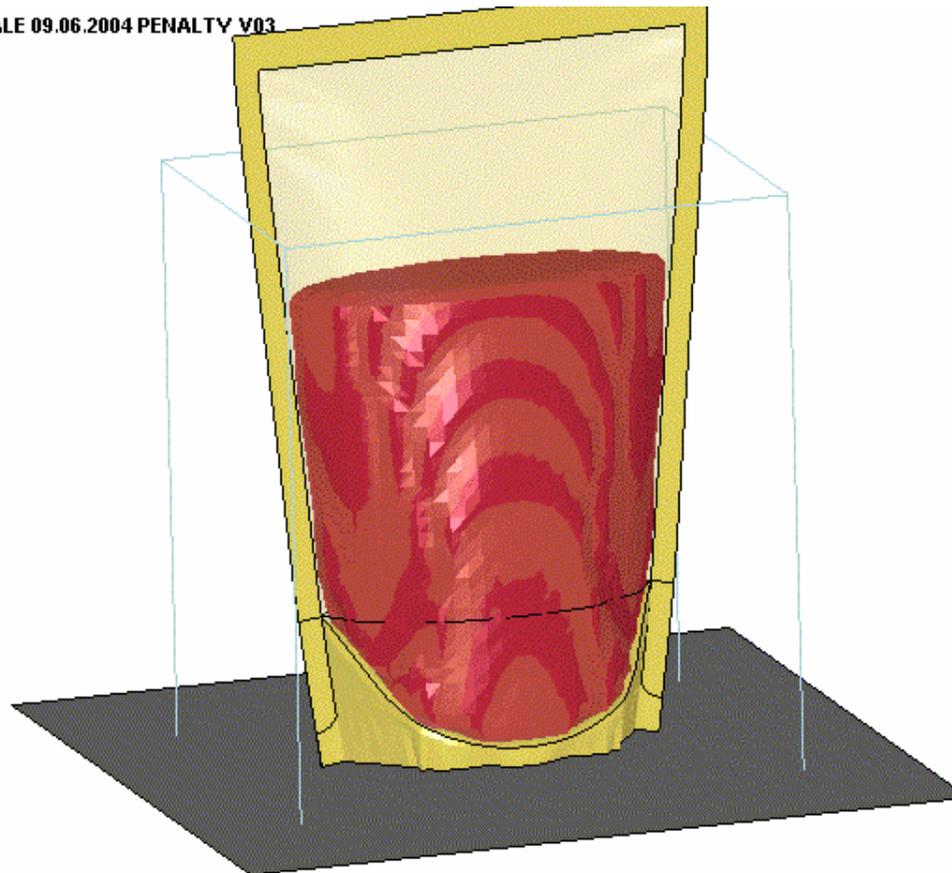
Translozierter und deformierter Stab



2 ALE: Anwendungen

Wo können diese Methoden zum Einsatz kommen?

FALLTEST ALE 09.06.2004 PENALTY V03
Time = 0

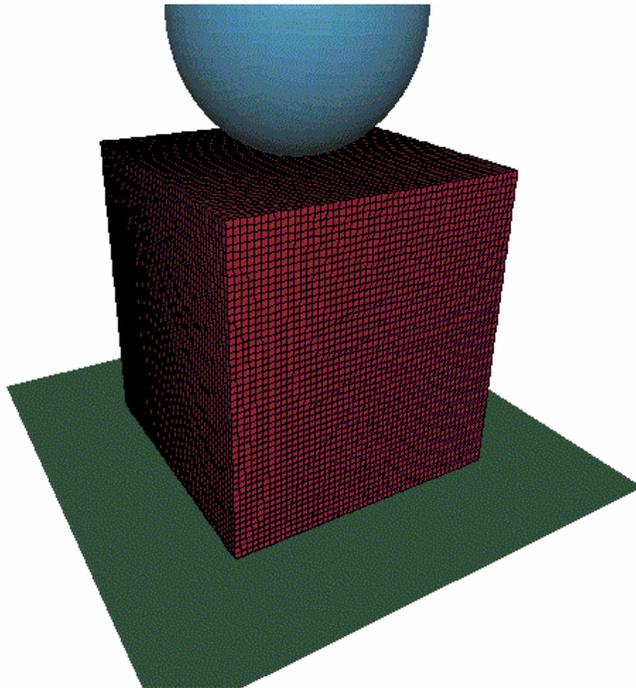


Falltestuntersuchungen

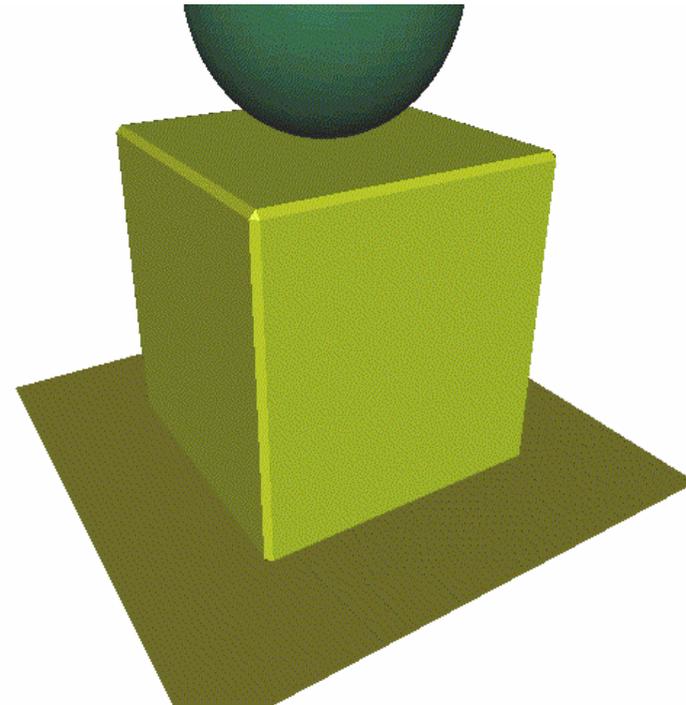
2 ALE: Anwendungen

Wo können diese Methoden zum Einsatz kommen?

Lagrange'sche Modellierung



Eulersche Modellierung

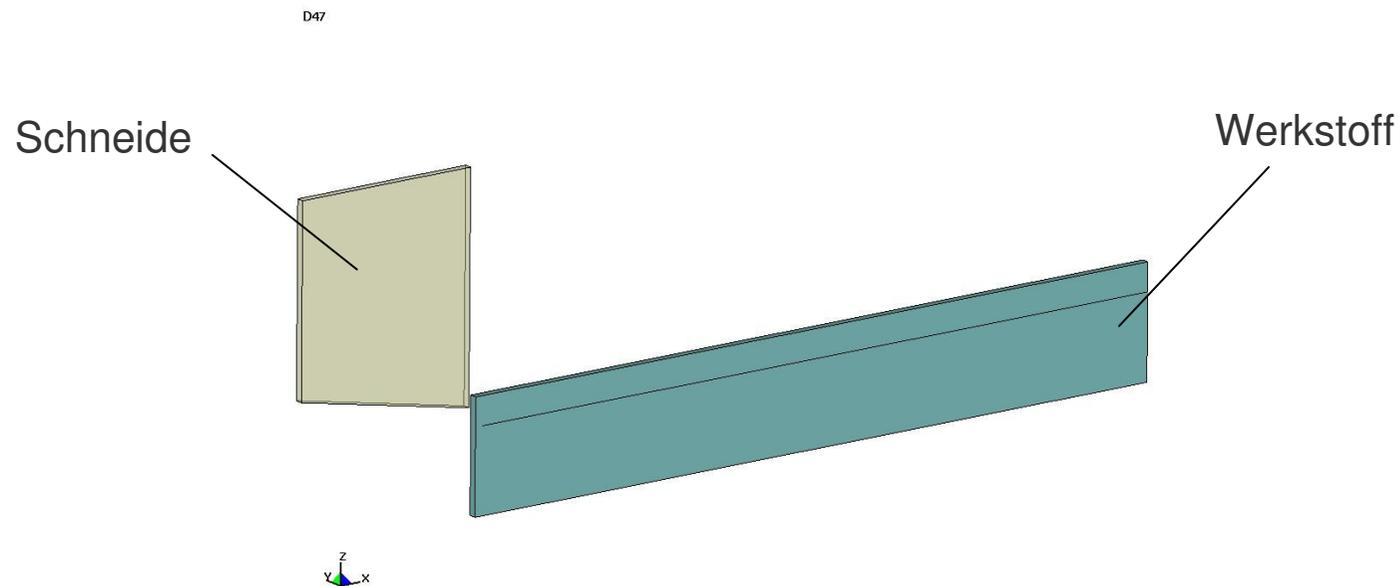


Massivumformprozess

3 Modelltechnik: Spanabhebende Prozesse

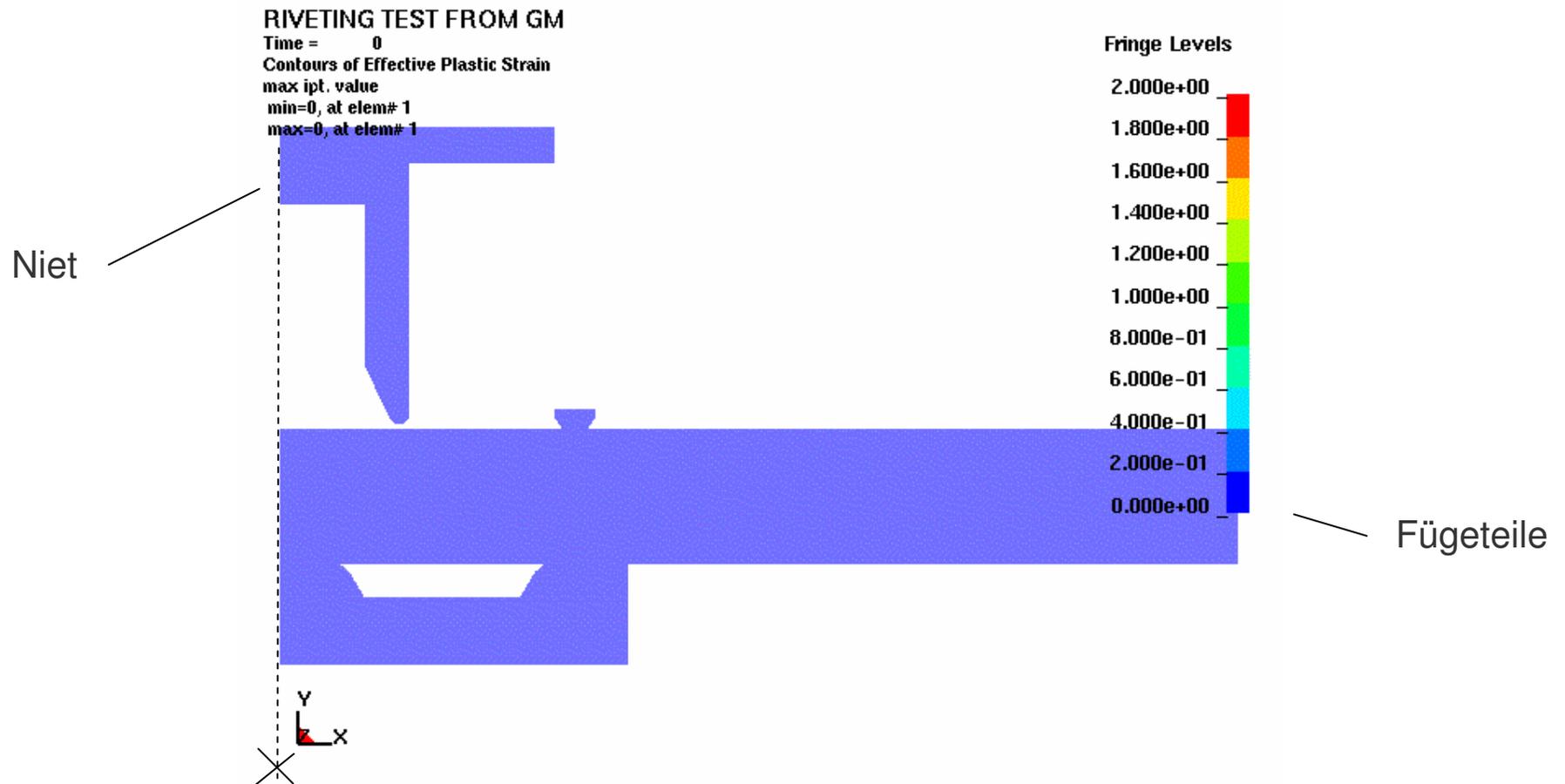
Anwendungen sind Fräsen, Drehen, Stoßen etc.

Untersuchungen zur Verbesserung der Schneidengeometrie etc.



3 Modelltechnik: Trennende Prozesse

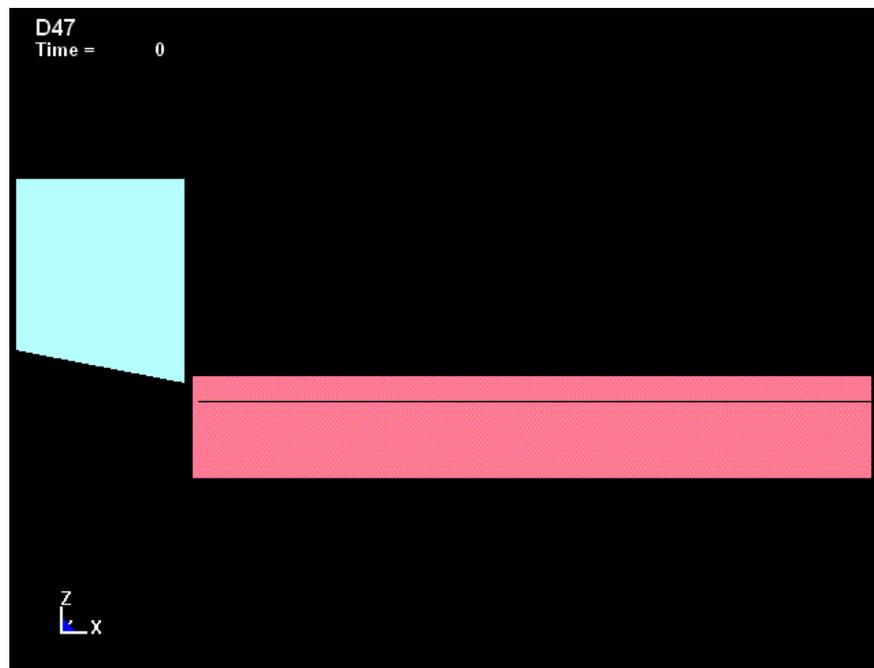
Anwendungen sind Niete (self piercing rivets)
Untersuchungen zur Nietgeometrie, Kraftverlauf, Deformation etc.



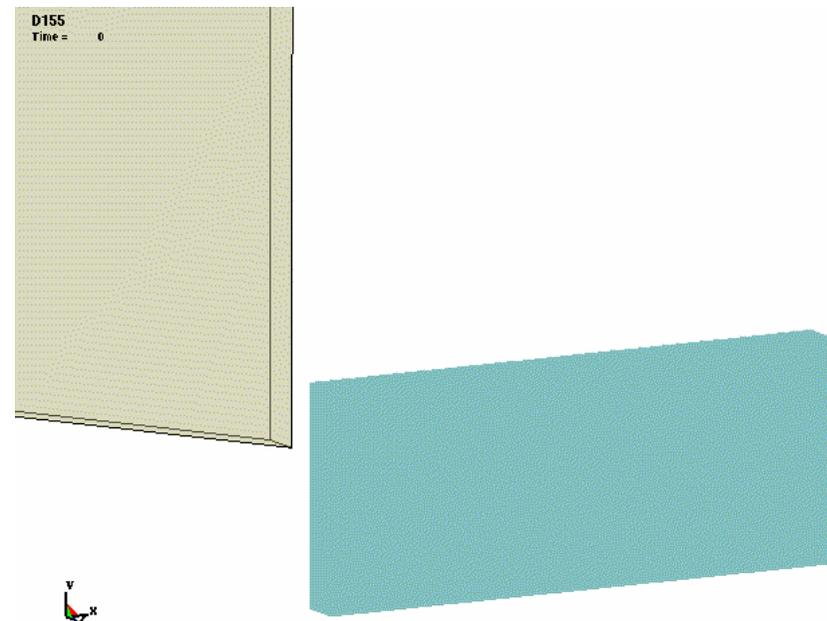
3 Modelltechnik: Lagrange & SPH

Anwendungen sind Fräsen, Drehen, Stoßen etc.
Untersuchungen zur Verbesserung der Schneidengeometrie etc.

2D Modellierung Lagrange



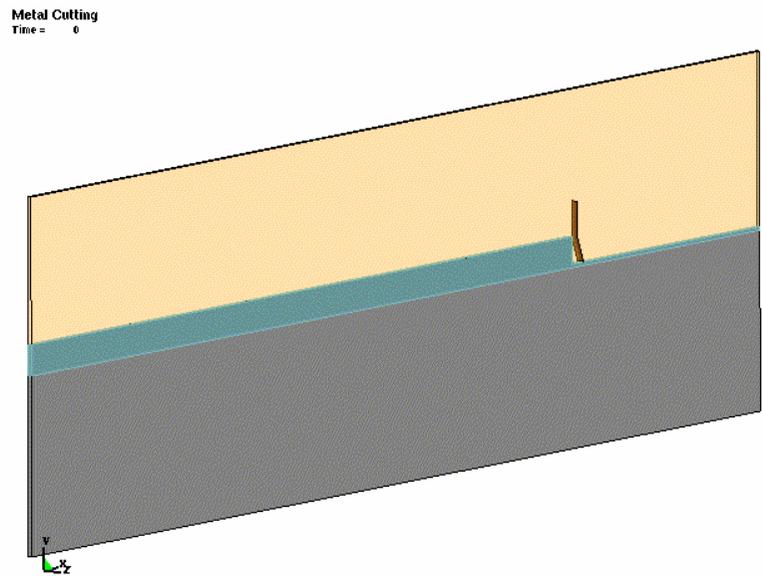
3D Modellierung mit SPH



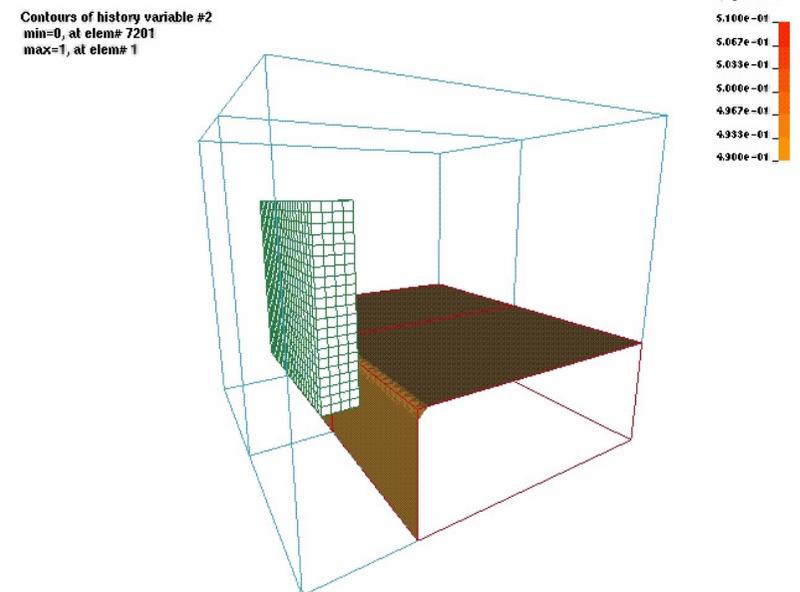
3 Modelltechnik: ALE

Anwendungen sind Fräsen, Drehen, Stoßen etc.
Untersuchungen zur Verbesserung der Schneidengeometrie etc.

2D Modellierung

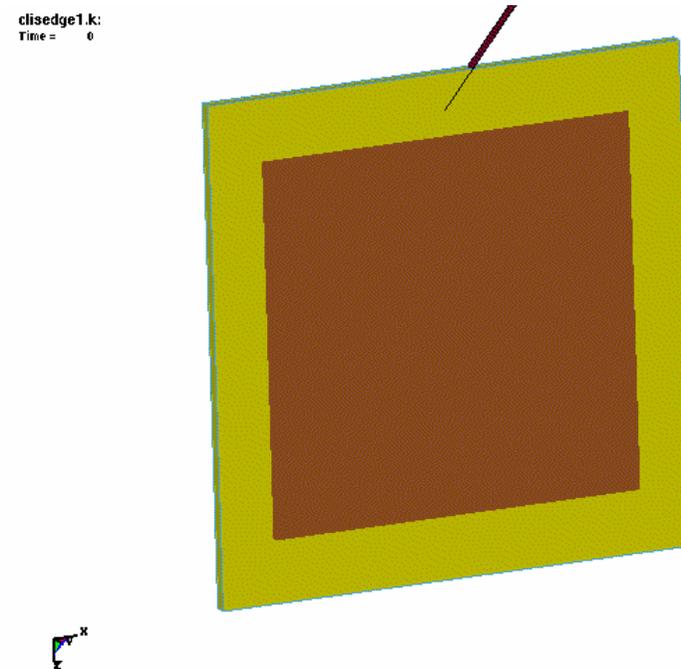
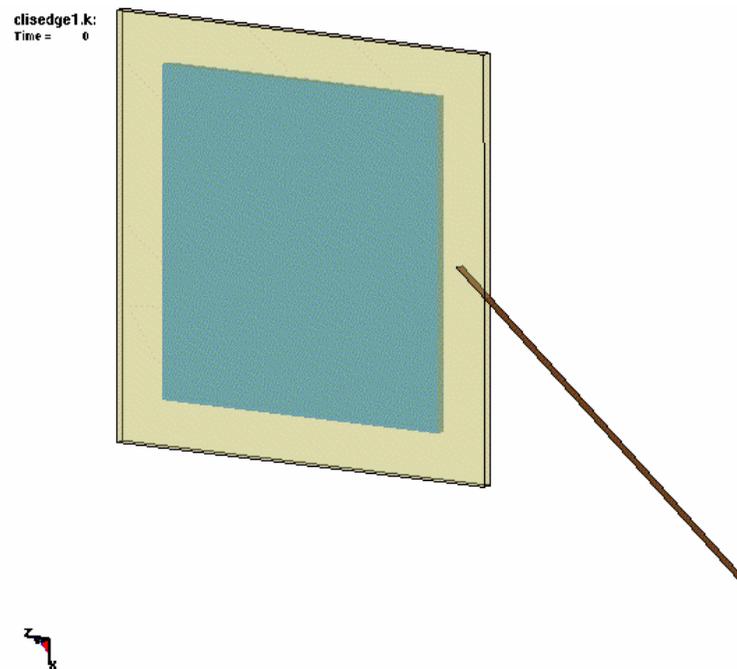


3D Modellierung



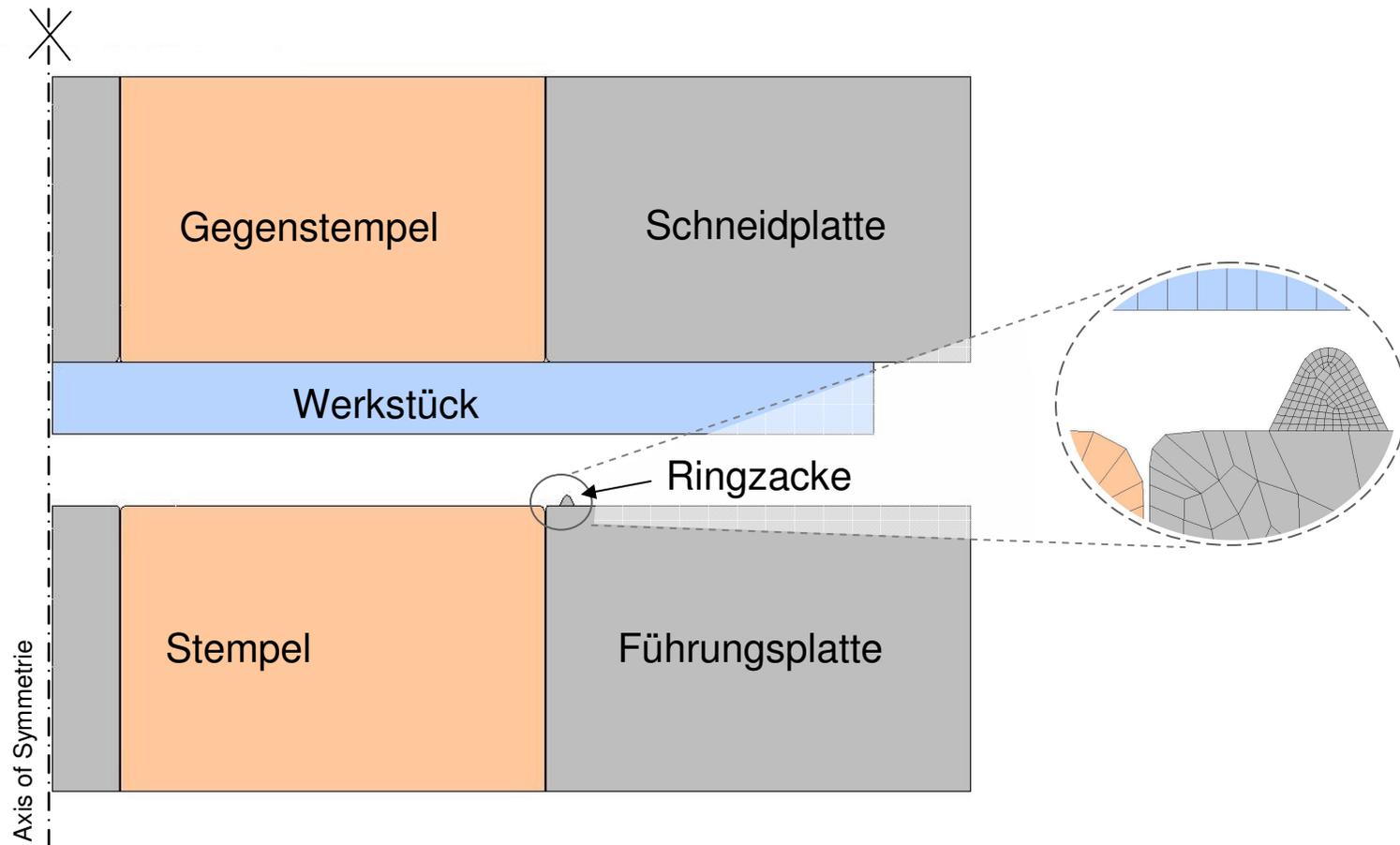
4 Modelltechnik: Trennender Prozess (ALE)

Anwendungen sind Schneiden, Stanzen, Impact etc.



5 Feinschneiden: Lagrange'sche Modellierung

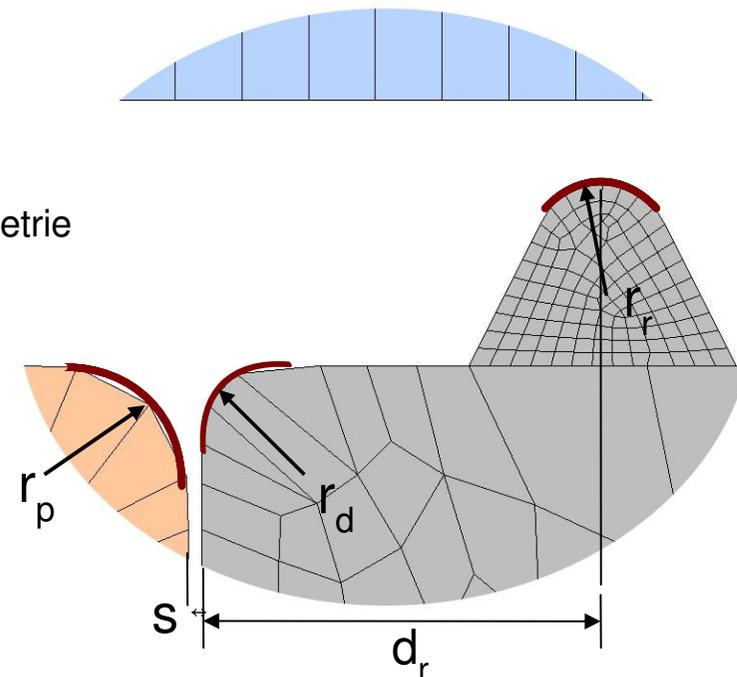
- Ein einfaches Feinschneidwerkzeug um eine gelochte Unterlegscheibe herzustellen.
- Modell ist rotationssymmetrisch (2D) mit und ohne Ringzacke.



5 Feinschneiden: Schneidegeometrie

- Die Ergebnisse beim Feinschneiden sind von einer Reihe von Parametern abhängig. Unter anderem von Spalt der Schneidwerkzeuge, der Geometrie der Schneidkante und der Form der Ringzacke. Sowie natürlich der Niederhalter- und Stempelkraft.

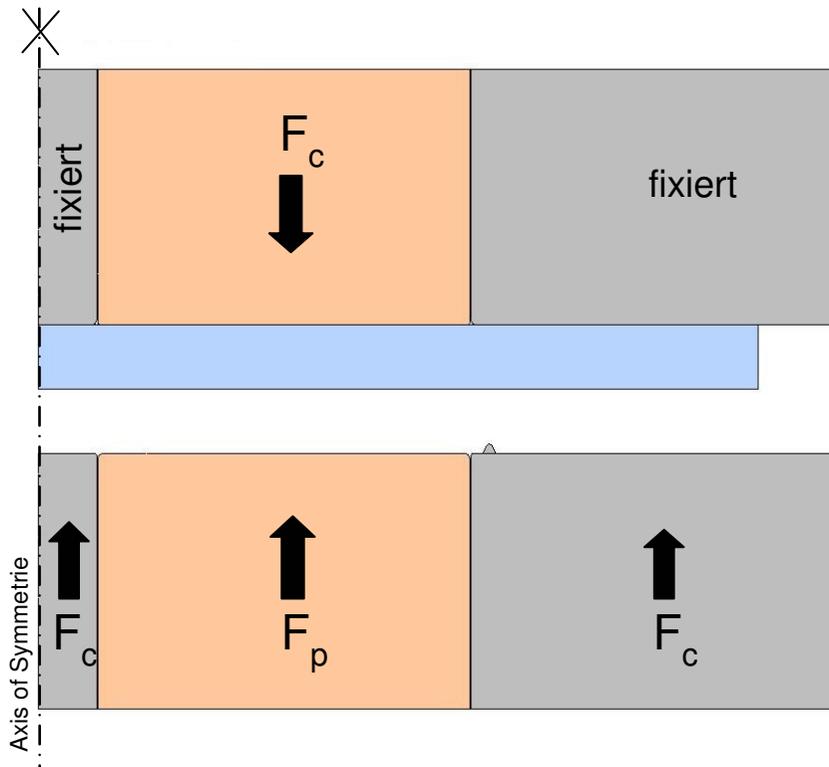
r_d = Radius an Schneid-
und Führungsplatte
 r_p = Stempelradius
 r_r = Zackenradius /-geometrie
 s = Schneidspalt
 d_r = Zackenabstand



- Werkstofftrennung durch plastisches Fließen in der Trennzone
- Bruchvorgänge sollen ausgeschlossen werden.
- Hierfür ist die gezielte Beeinflussung des Spannungszustandes in der Trennzone durch Niederhalterkraft und insbesondere die Ausbildung einer geeigneten Ringzacke notwendig!

5 Feinschneiden: Randbedingungen

F_p = Stempelkraft
 F_c = Gegenstempelkraft



Einfluss der Zackenform

- Normalform
- Zacke in gr. Entfernung zur Kante
- Ringzacke an Kante
- Ringzacke 30°/60°
- Ringzacke 60°/30°
- Große Zackenhöhe
- Zacke mit vergrößertem Kehlradius
- Zacke abgeflacht
- Abgesetzte Schneidkante

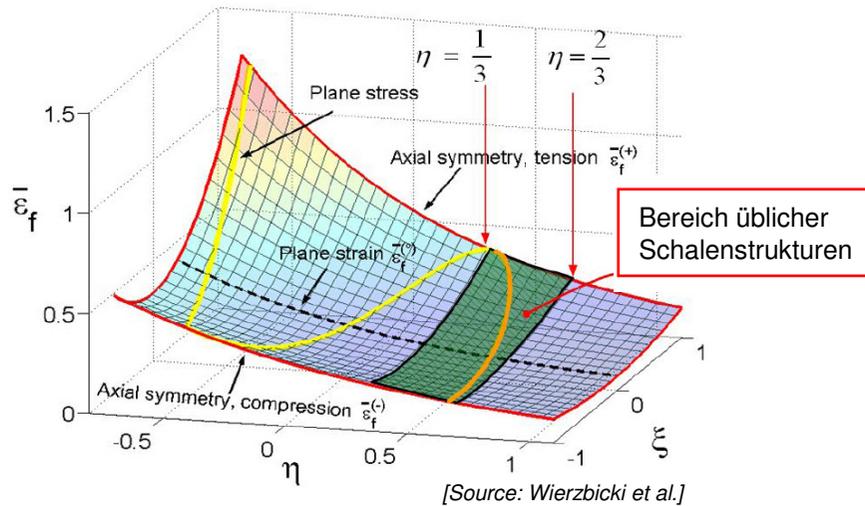
Einfluss der Kantengeometrie

- Radius 0,2 mm
- 75° -Fase 0,3 mm hoch
- 45° -Fase 0,3 mm breit
- 45° -Fase 0,3 mm breit
- 51° -Fase 0,3 mm breit
- 30° -Fase 0,3 mm breit
- Traktrix 0,275 mm breit
- Doppelfase 48° / 74°

[Institut für Produktionstechnik, TU Dresden]

5 Feinschneiden: Mögl. Versagensbeschreibung

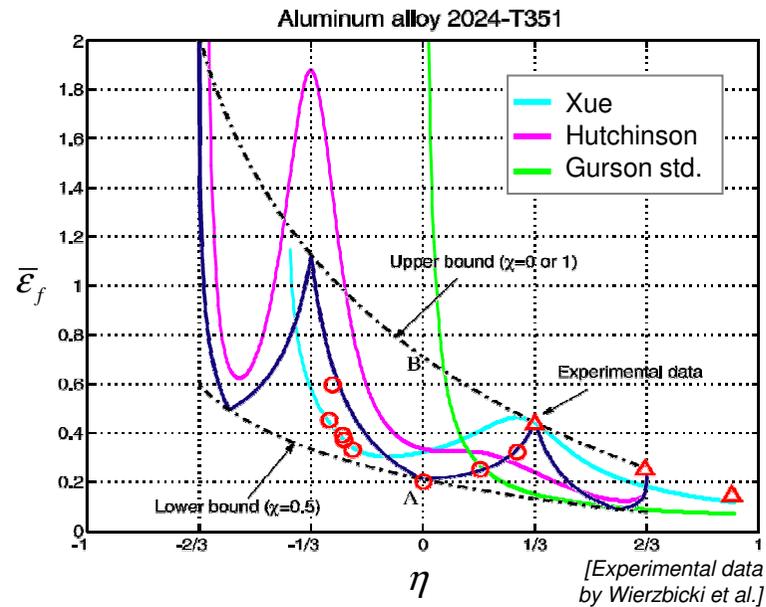
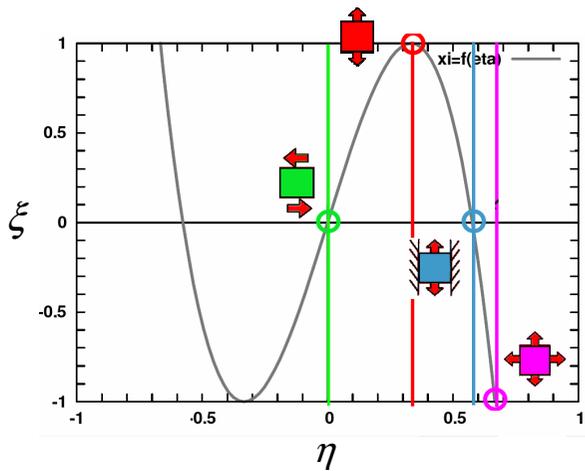
Versagensdehnung als Funktion der Dreiachsigkeit und des Lode-Winkels



Parameterdefinition

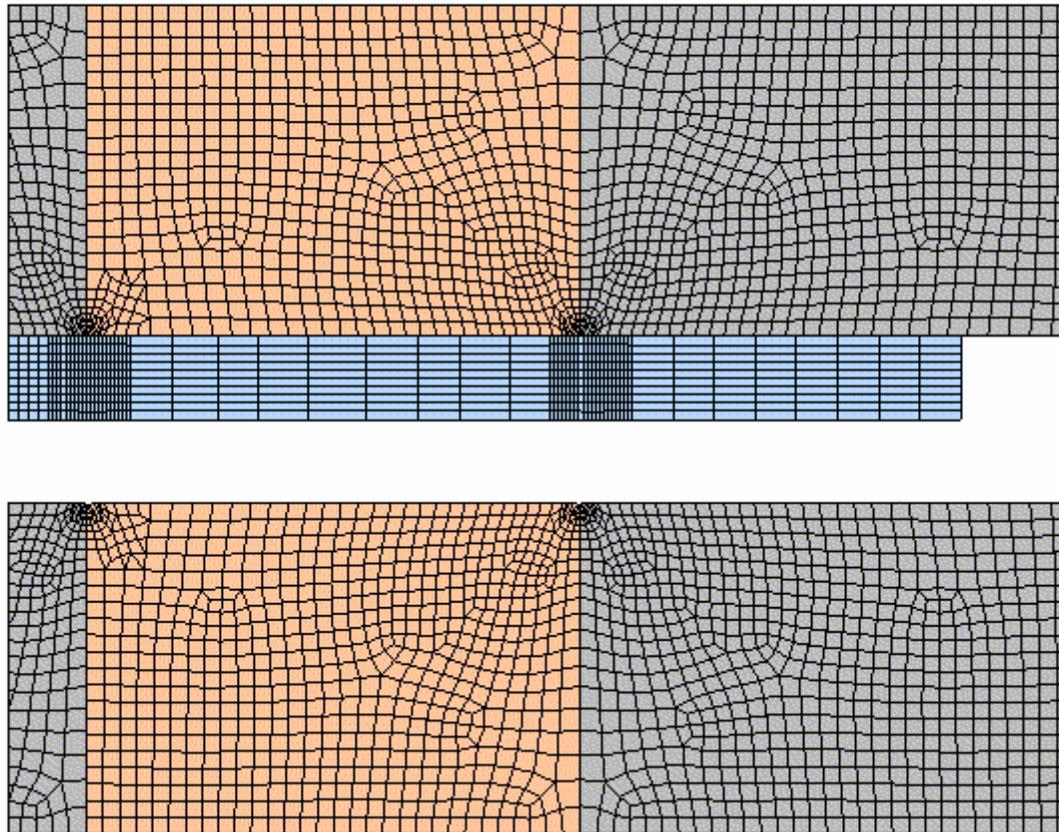
$$\eta = \frac{\sigma_m}{\sigma_{vM}} = \frac{I_1}{3\sigma_{vM}}$$

$$\xi = \frac{27}{2} \frac{J_3}{\sigma_{vM}^3} \quad \text{mit} \quad J_3 = s_1 s_2 s_3$$



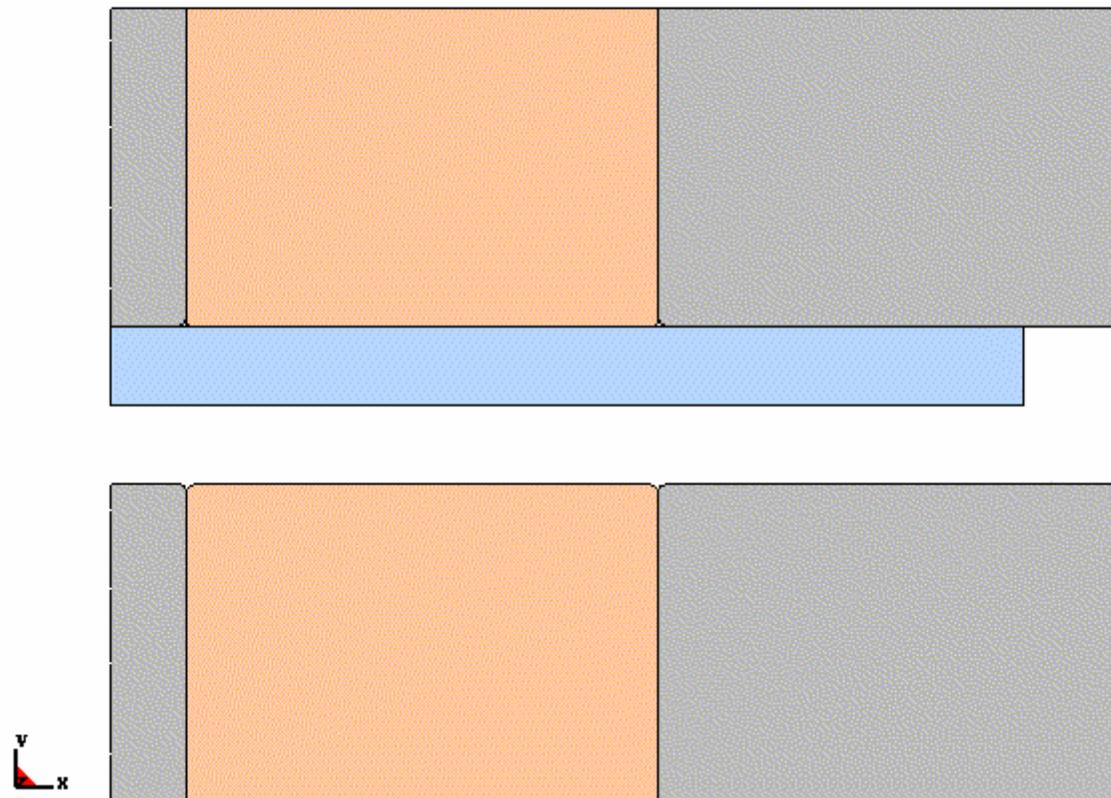
5 Feinschneiden: Variante ohne Ringzacke

fineblanking - V1 (without impingement)

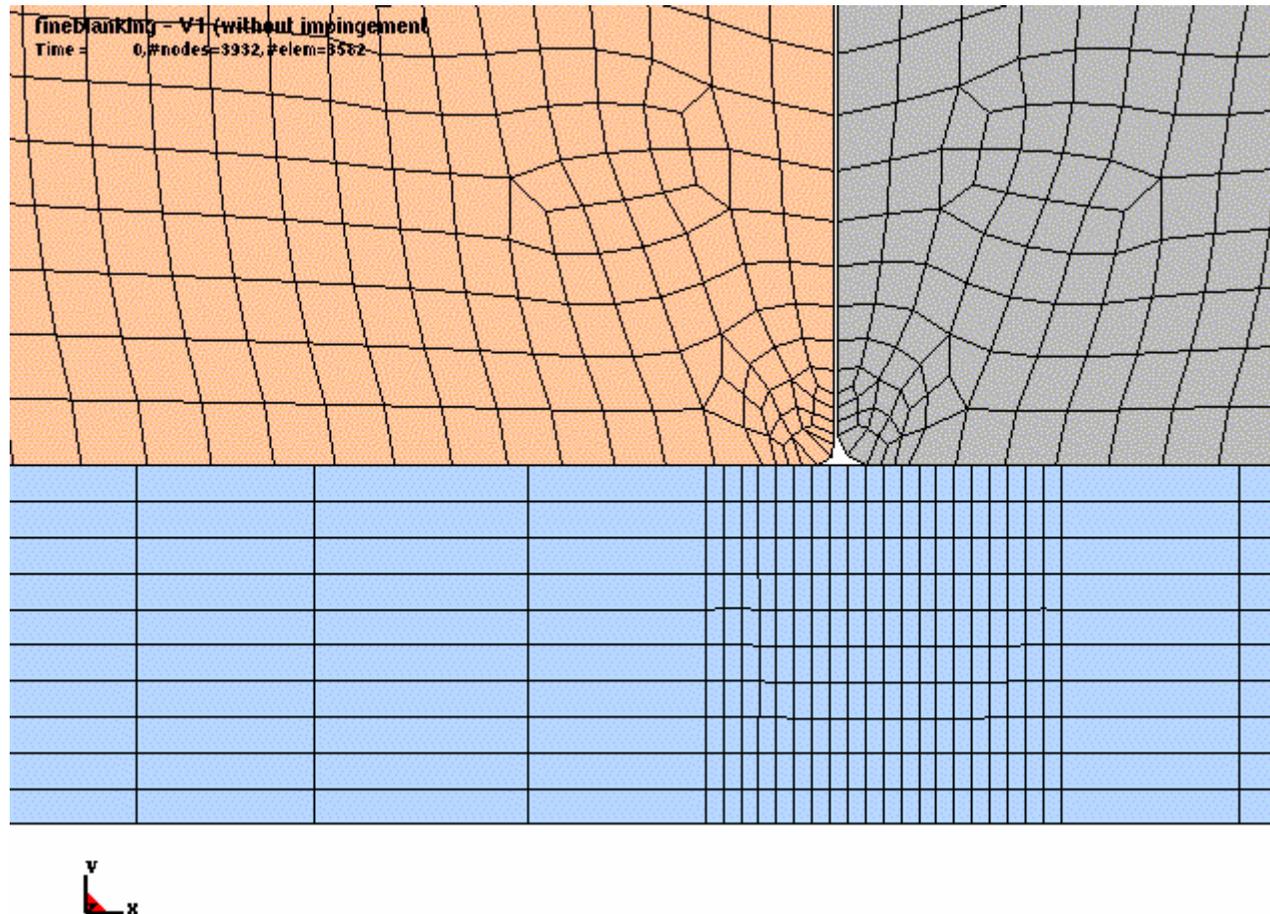


5 Feinschneiden: Variante ohne Ringzacke

fineblanking - V1 (without impingement)
Time = 0, #nodes=3932, #elem=3582

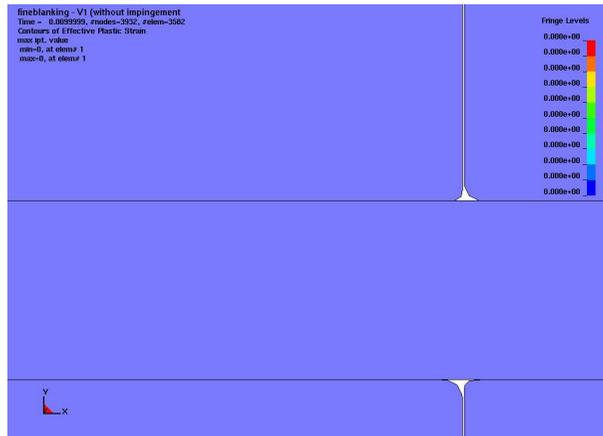


5 Feinschneiden: Variante ohne Ringzacke

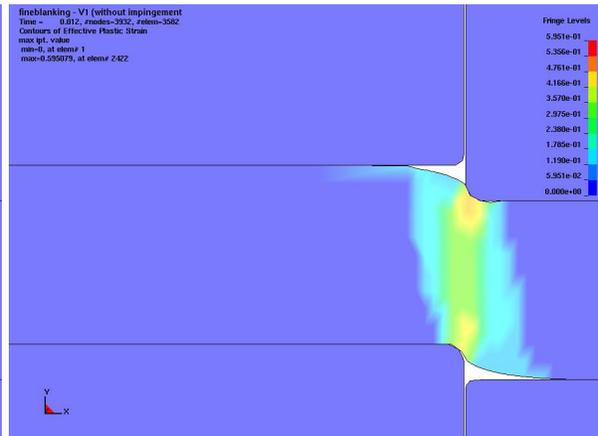


5 Feinschneiden: Variante ohne Ringzacke

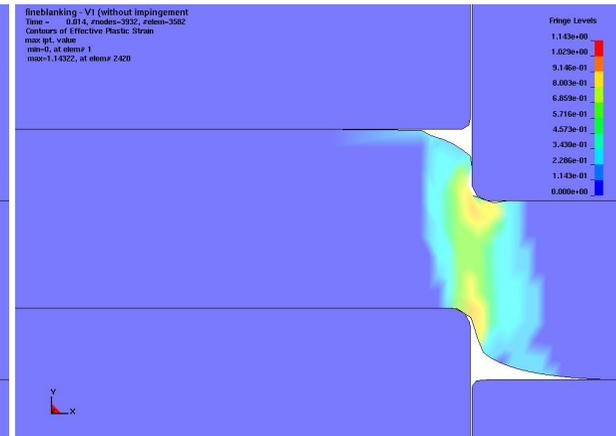
Plastische Vergleichsdehnungen



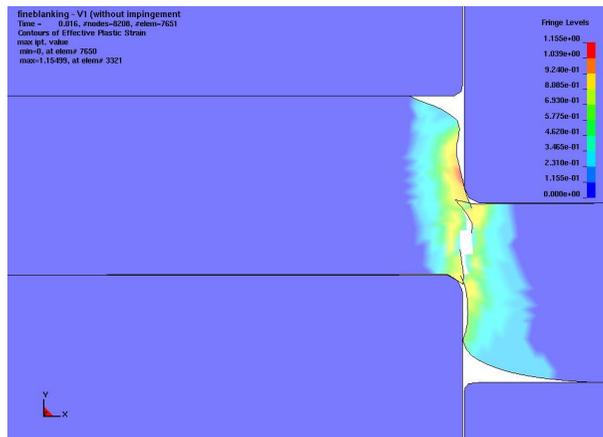
t = 0



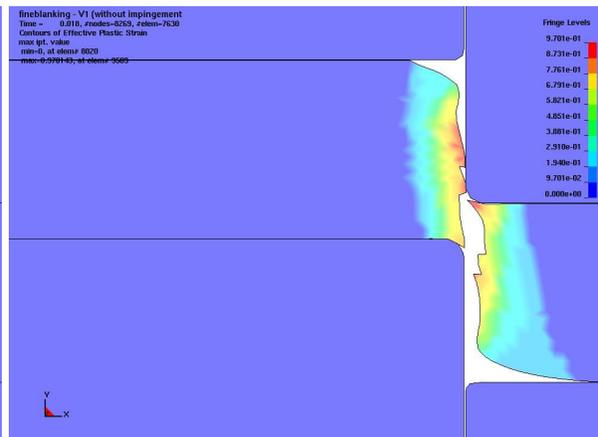
t = 0.002



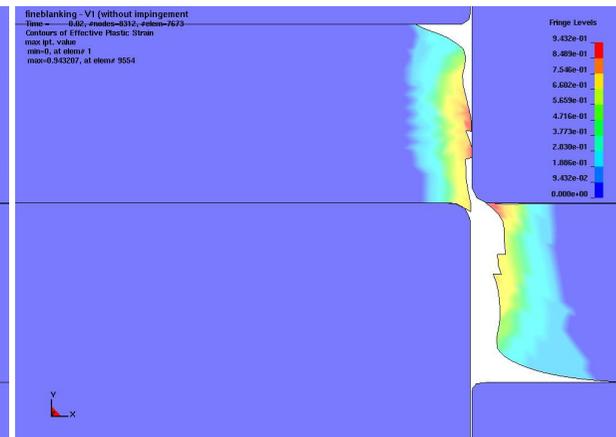
t = 0.004



t = 0.006



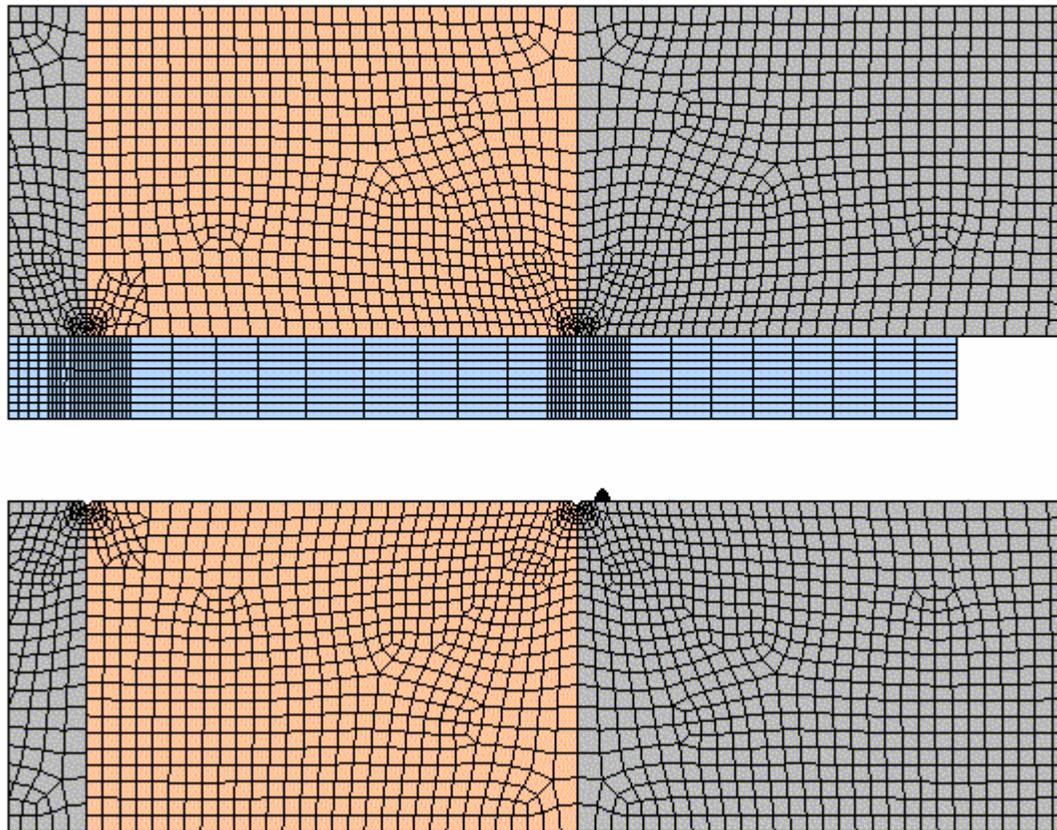
t = 0.008



t = 0.01

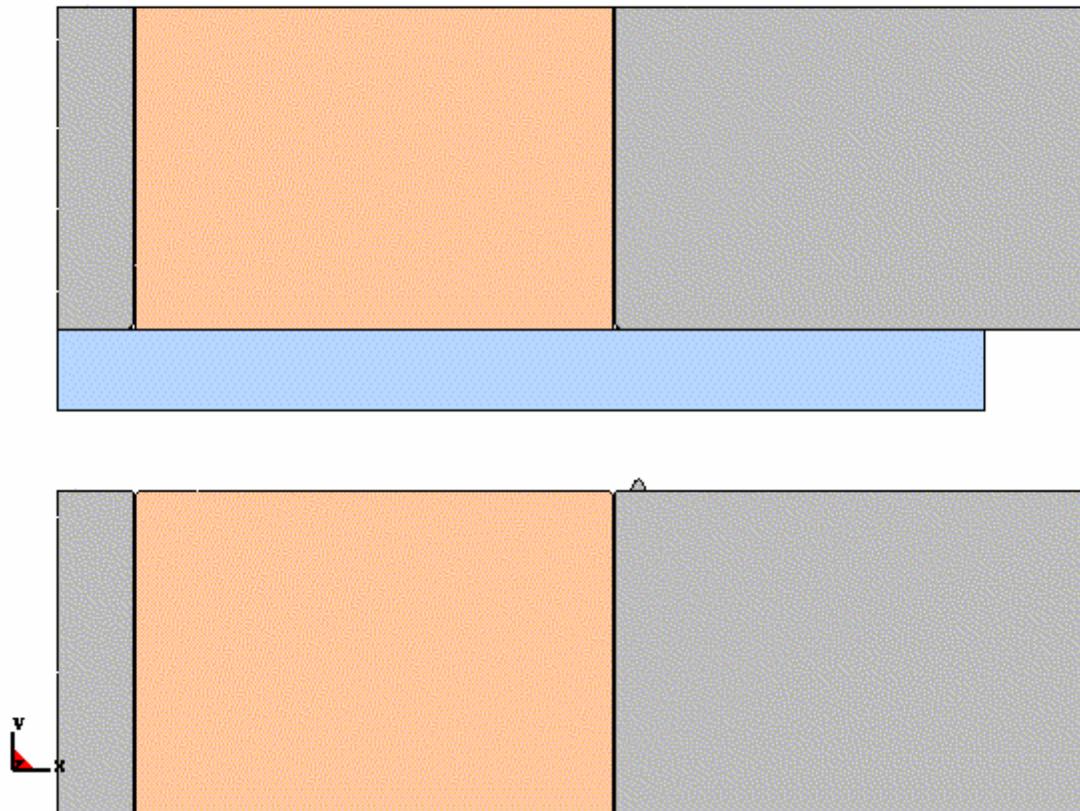
5 Feinschneiden: Variante mit Ringzacke

fineblanking - V2 (with impingement rin
Time = 0, #nodes=4069, #elem=3703

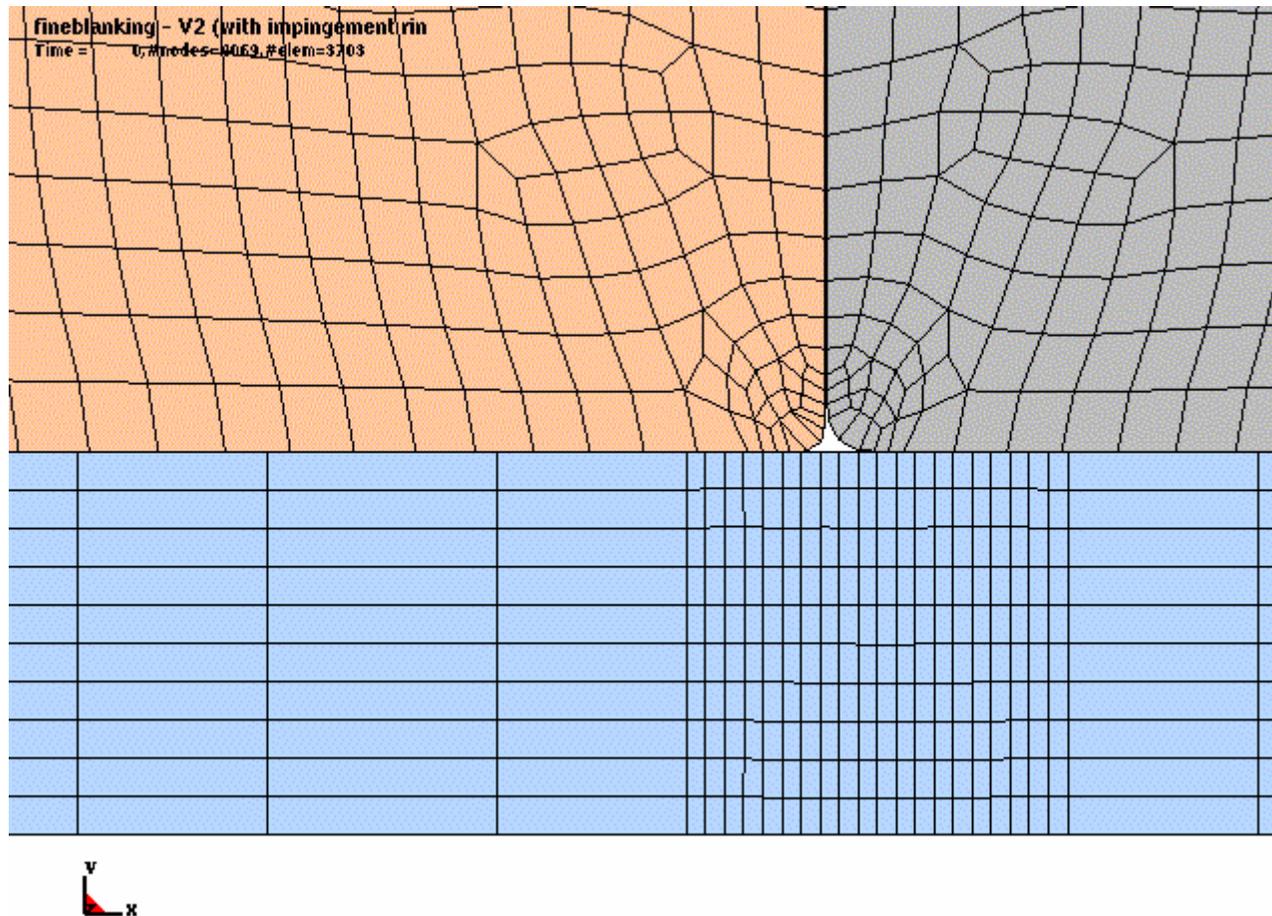


5 Feinschneiden: Variante mit Ringzacke

fineblanking - V2 (with impingement rin
Time = 0, #nodes=4069, #elem=3703

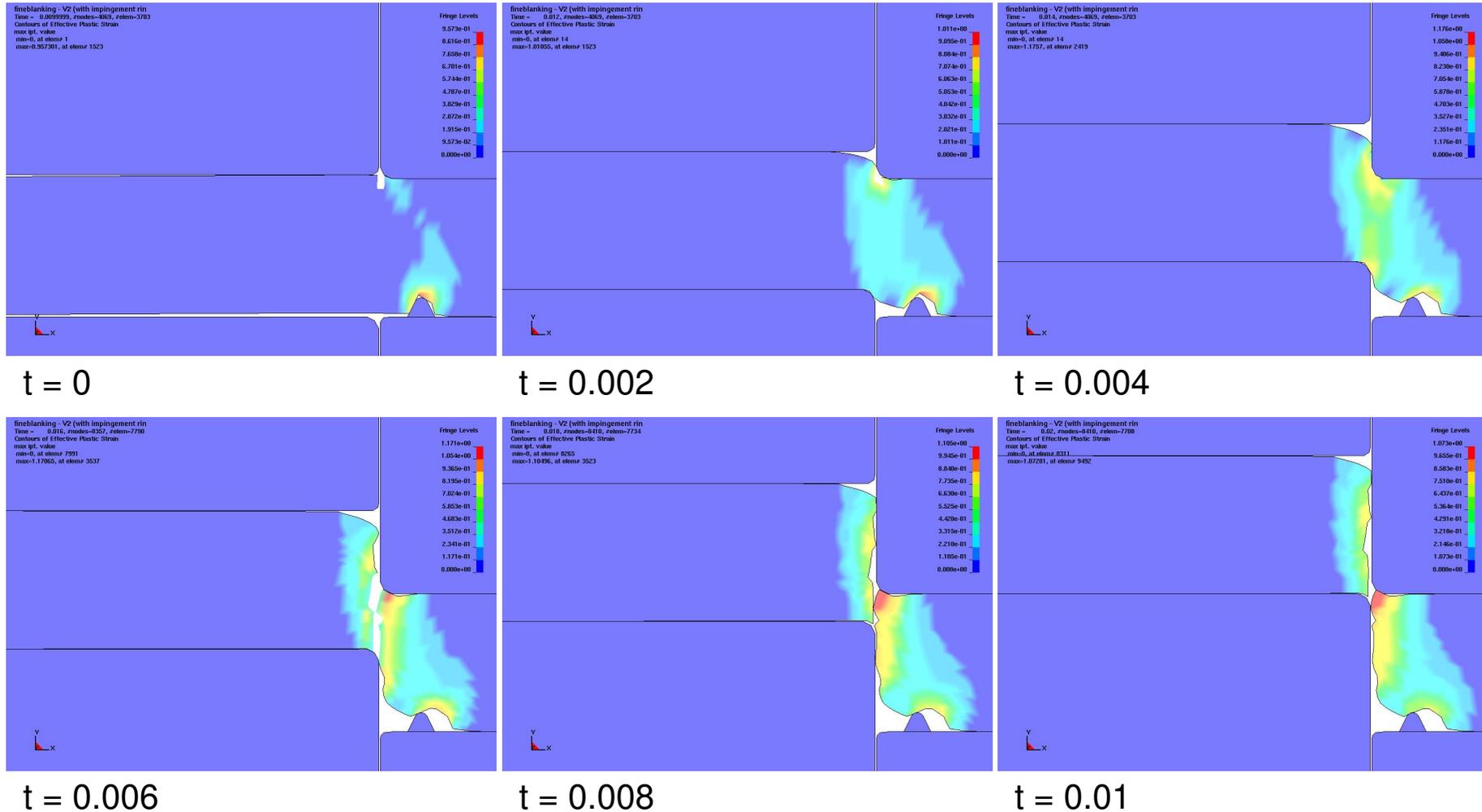


5 Feinschneiden: Variante mit Ringzacke



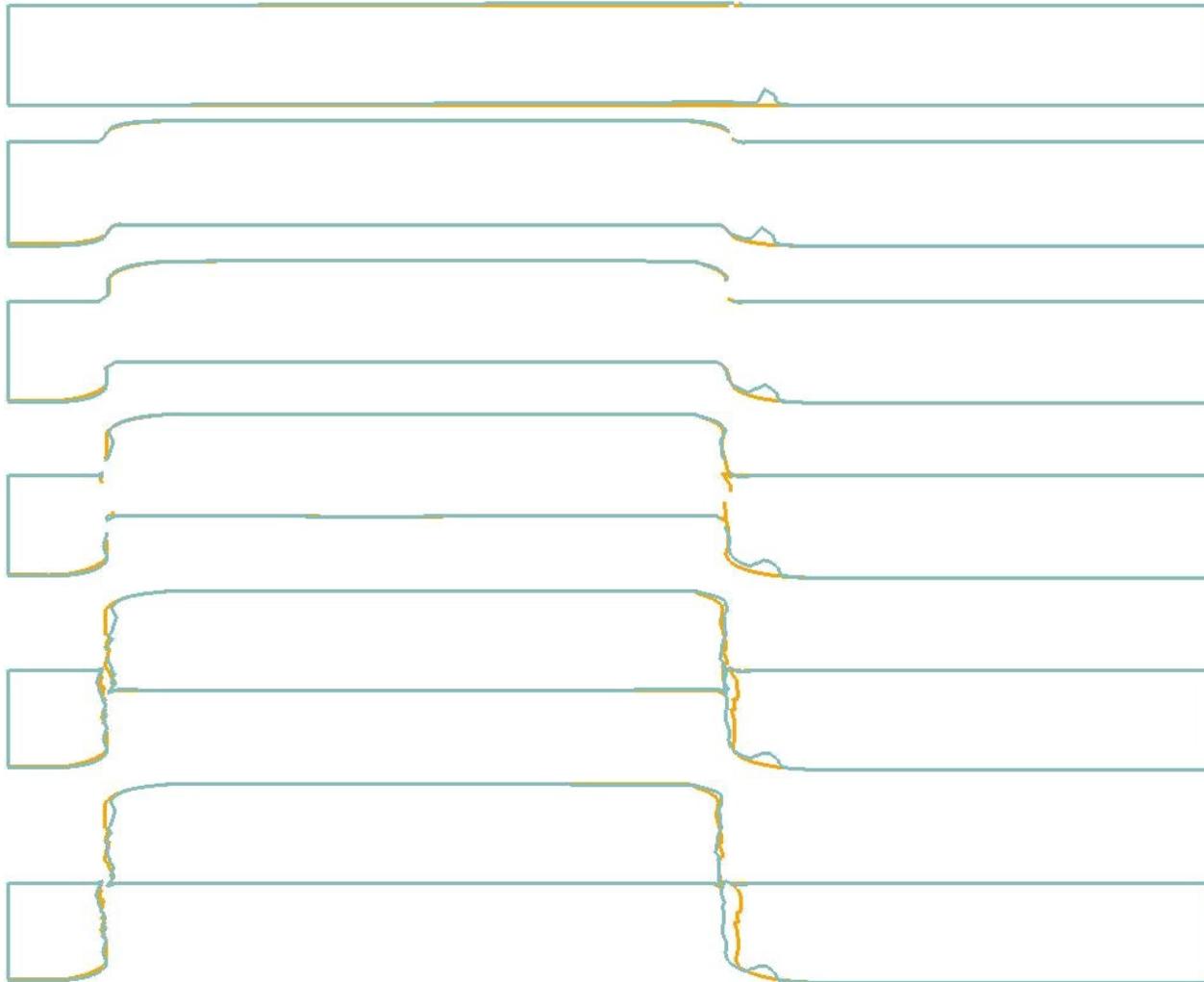
5 Feinschneiden: Variante ohne Ringzacke

Plastische Vergleichsdehnungen



5 Feinschneiden: Variante ohne Ringzacke

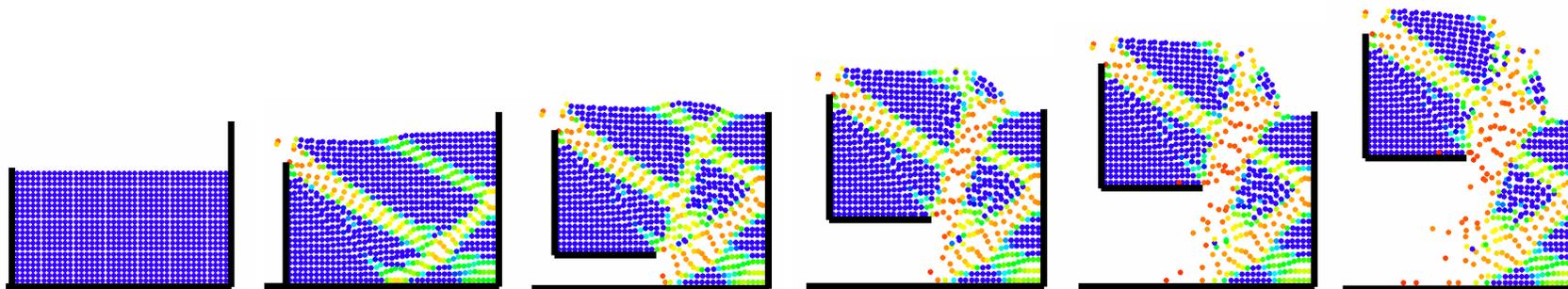
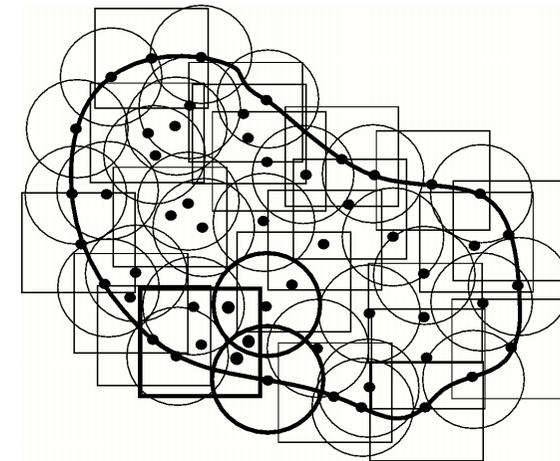
Vergleich der Schneidekontur – grobe Vernetzung



V1
V2

6 Netzfrie Verfahren: Element Free Galerkin

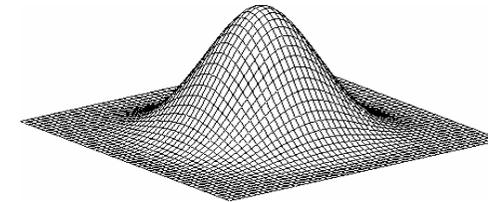
- Diskretisierung eines Kontinuums allein durch eine Reihe von Knotenpunkten (Interpolationsstützstellen, "Partikel") ohne die Beschränkungen, die durch ein Netz entstehen.
- alternativ: SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics)
- **Anwendungen / Vorteile:**
 - Extrem große Deformationen
 - Beliebig komplexe Rißausbreitung
 - Mehr-Skalen-Phänomene



6 Element Free Galerkin

- Ansatz für Verschiebungen, z.B. Polynom

$$u^h(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^m p_i(\mathbf{x}) a_i(\mathbf{x}) = \mathbf{p}^T(\mathbf{x}) \mathbf{a}(\mathbf{x})$$

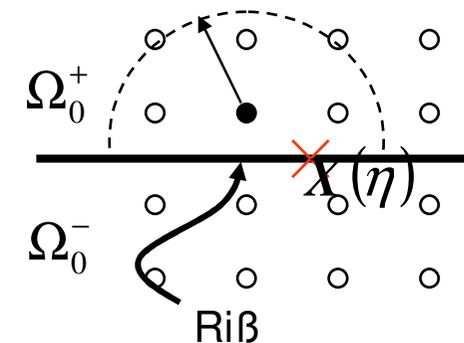


Kernelfunktion $w(\mathbf{x} - \mathbf{x}_I, h)$

- Gesucht sind Koeffizienten von \mathbf{a} : Gewichtete Fehlerquadratminimierung (Konstruktion von Formfunktionen mittels eines "Fitting"-Algorithmus)

$$J = \sum_I w(\mathbf{x} - \mathbf{x}_I, h) \left[\mathbf{p}^T(\mathbf{x}_I) \mathbf{a}(\mathbf{x}_I) - u_I \right]^2 \Rightarrow \frac{\partial J}{\partial \mathbf{a}} = \mathbf{0}$$

- Rissausbreitung: "Sicht-Kriterium" und Kohäsivzonenmodell - Innere Diskontinuitäten bestimmen den Einflussbereich des betrachteten Knotens.



6 Element Free Galerkin

EFG Eigenschaften

- Geringere Diskretisierungsabhängigkeit
- Keine Hourglass-Stabilisierung notwendig
- Höhere Genauigkeit: Glatterer Verlauf von Spannungen und Dehnungen
- Adaptivität einfacher zu handhaben
- Höherer Aufwand (CPU-Zeit), mehr Speicherbedarf

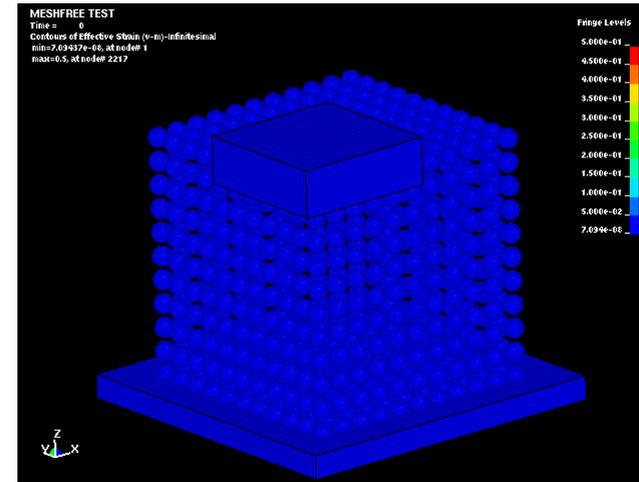
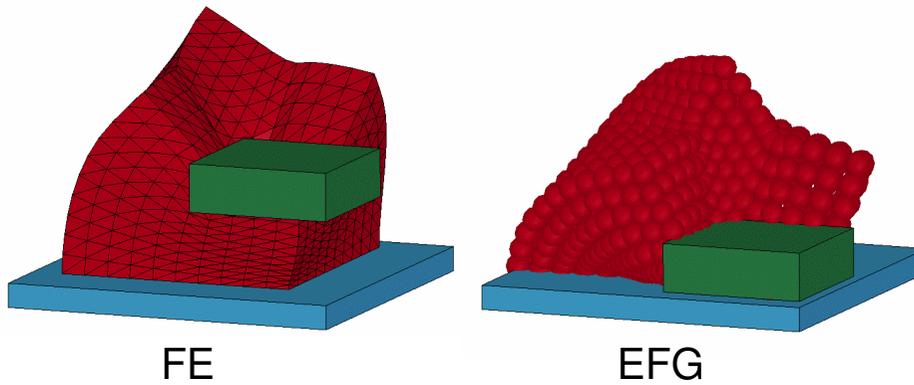
EFG in LS-DYNA

- Volumen- und Schalenelemente
- Adaptivität, Ribbildung und Ribfortschritt
- SMP und MPP
- Effizienzsteigerung in neuen Versionen
(970: 7-20 mal langsamer als FE, 971: 3-5 mal langsamer als FE)

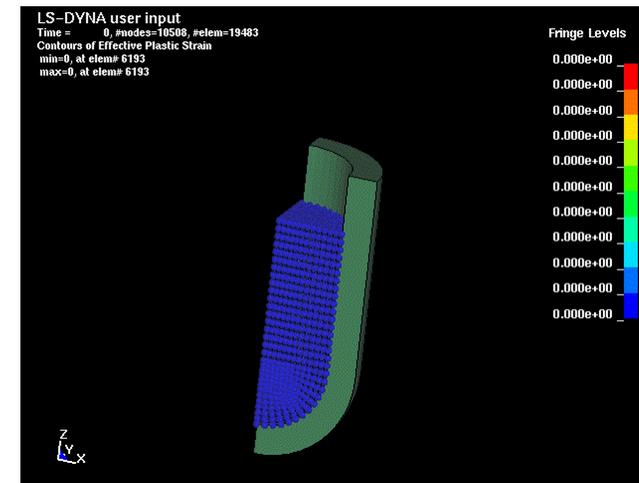
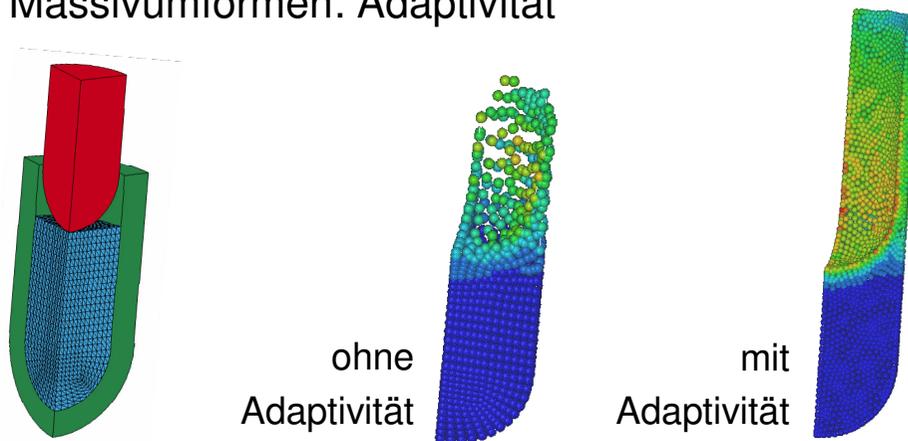
6 Element Free Galerkin

EFG Methode: Aktuelle Anwendungen

- Schaumkompression: große Deformationen

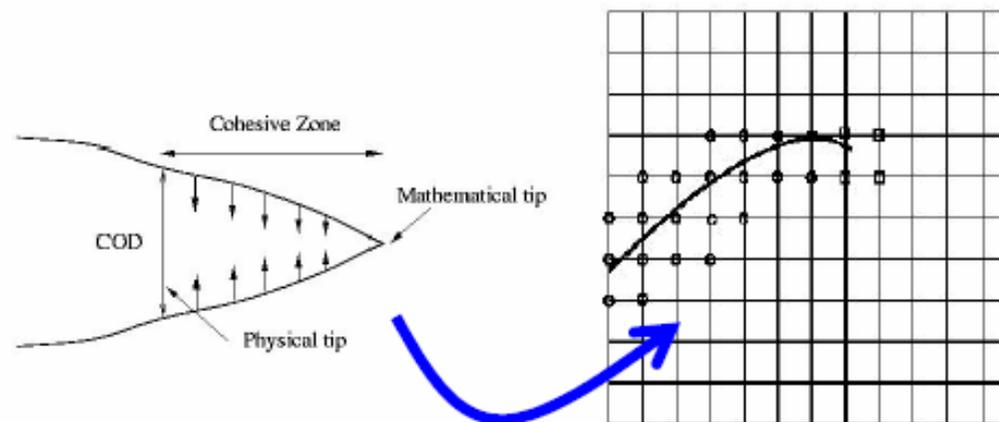


- Massivumformen: Adaptivität



7 Ausblick: Extended Finite Element Method (X-FEM)

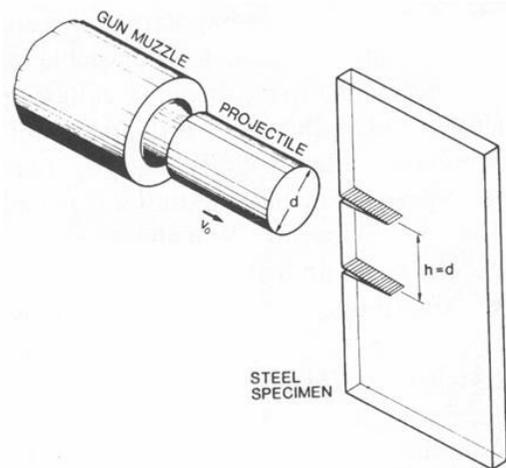
- Diskontinuierliche Methode zur Versagensanalyse:
Die Ansatzfunktionen werden um eine Sprungfunktion erweitert, um Risse unabhängig von der räumlichen Diskretisierung und ohne jegliche Neuvernetzung darzustellen. Kohäsivzonenmodell für die Rißinitiierung und Rißausbreitung. Modell kann als Generalisierung des Konzepts der Verdopplung von Knoten verstanden werden.



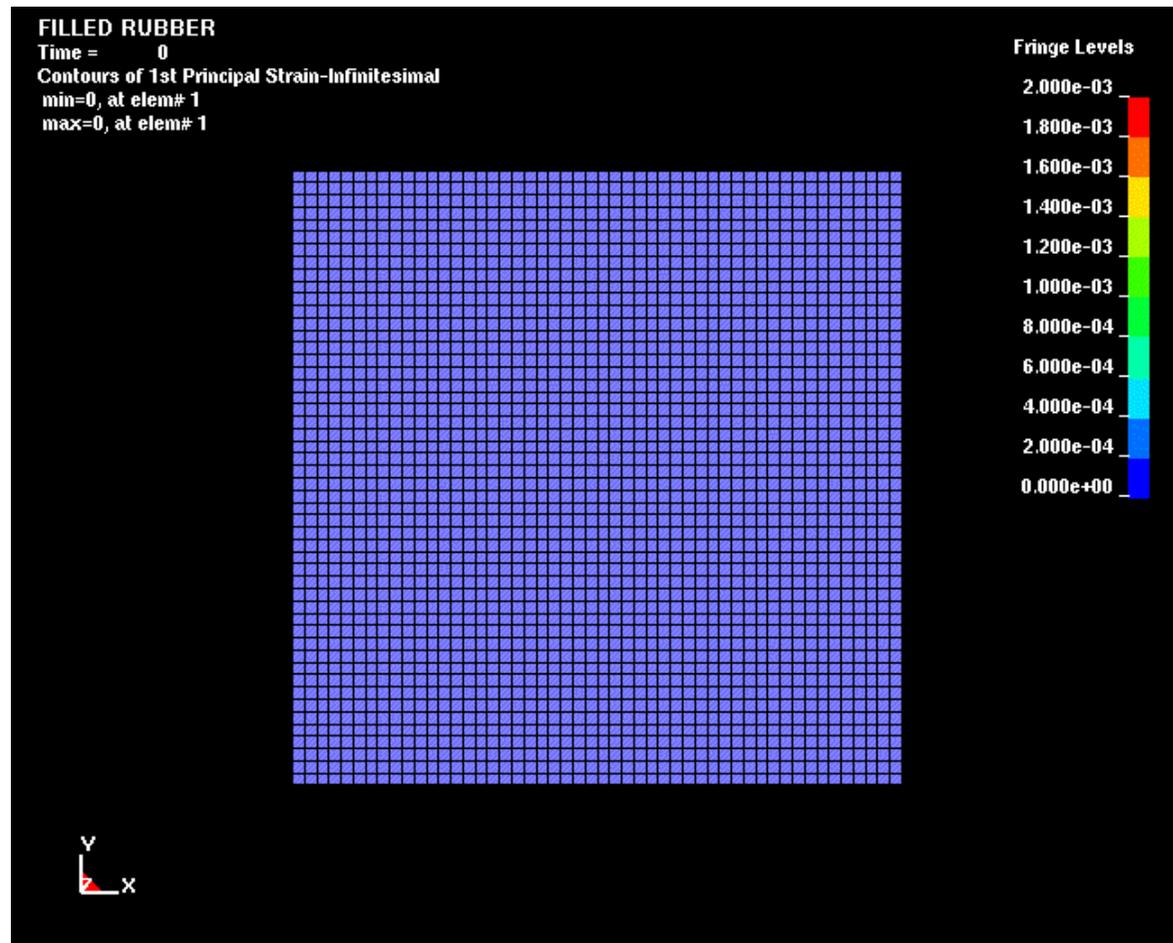
- **LS-DYNA**: momentan für 2D - plane strain, in naher Zukunft (2010) für Schalen

7 Ausblick: Extended Finite Elements (X-FEM)

- Beispiel:
"Kalthoff Plate
Crack Propagation"



1. Hauptdehnung



Zusammenfassung

- Zur Simulation von Schneid- und Stanzprozessen sind geeignete Diskretisierungsverfahren und zugehörige Versagensmodelle von entscheidender Bedeutung.
- Klassische Lagrange (materielle) Beschreibung ist Stand der Technik, basiert aber auf Annahmen und Vereinfachungen, die erst mit entsprechend feiner Vernetzung zu sinnvollen Lösungen konvergieren.
- Neue Verfahren bzw. alternative Verfahren, wie ALE, SPH, EFG oder auch X-FEM versprechen einen Gewinn an Genauigkeit
- In LS-DYNA sind viele derzeit in der akademischen Welt diskutierten Verfahren verfügbar.



FIN