

Simulation des Rollfalzens mit LS-Dyna

Dipl.-Ing. Urs Eisele, Daimler AG

Prof. Dr.-Ing. Karl Roll, Daimler AG

LS-Dyna Updateforum 2009

Filderstadt, 12.11.2009

Gliederung

Simulation des Rollfalzens mit LS-Dyna

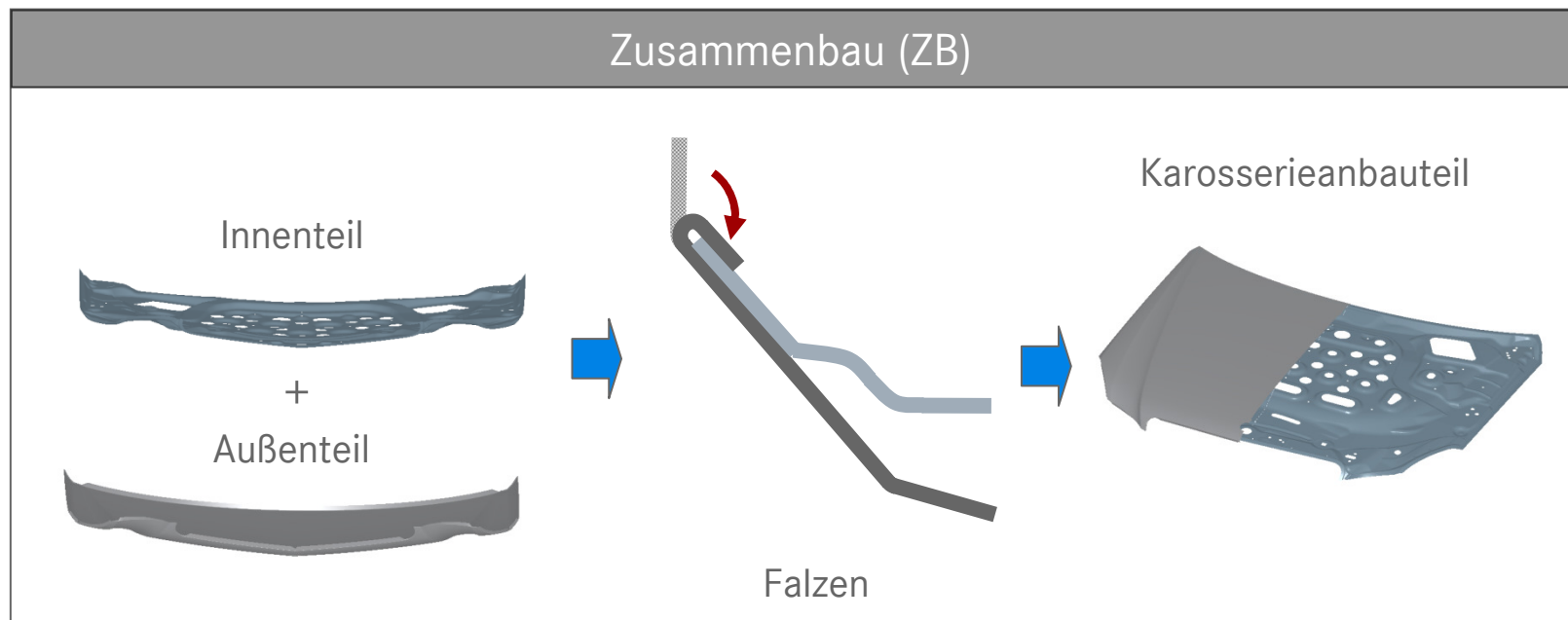
1. Grundlagen des Rollfalzens
 - Anwendungsbereich Falzen allgemein
 - Beschreibung des Rollfalzprozesses

2. Einbindung von Rollfalzsimulationen in die virtuellen Prozesskette
 - Übersicht über die virtuelle Prozesskette
 - Möglicher Beitrag von FEM-Rollfalzsimulationen zur Prozessauslegung

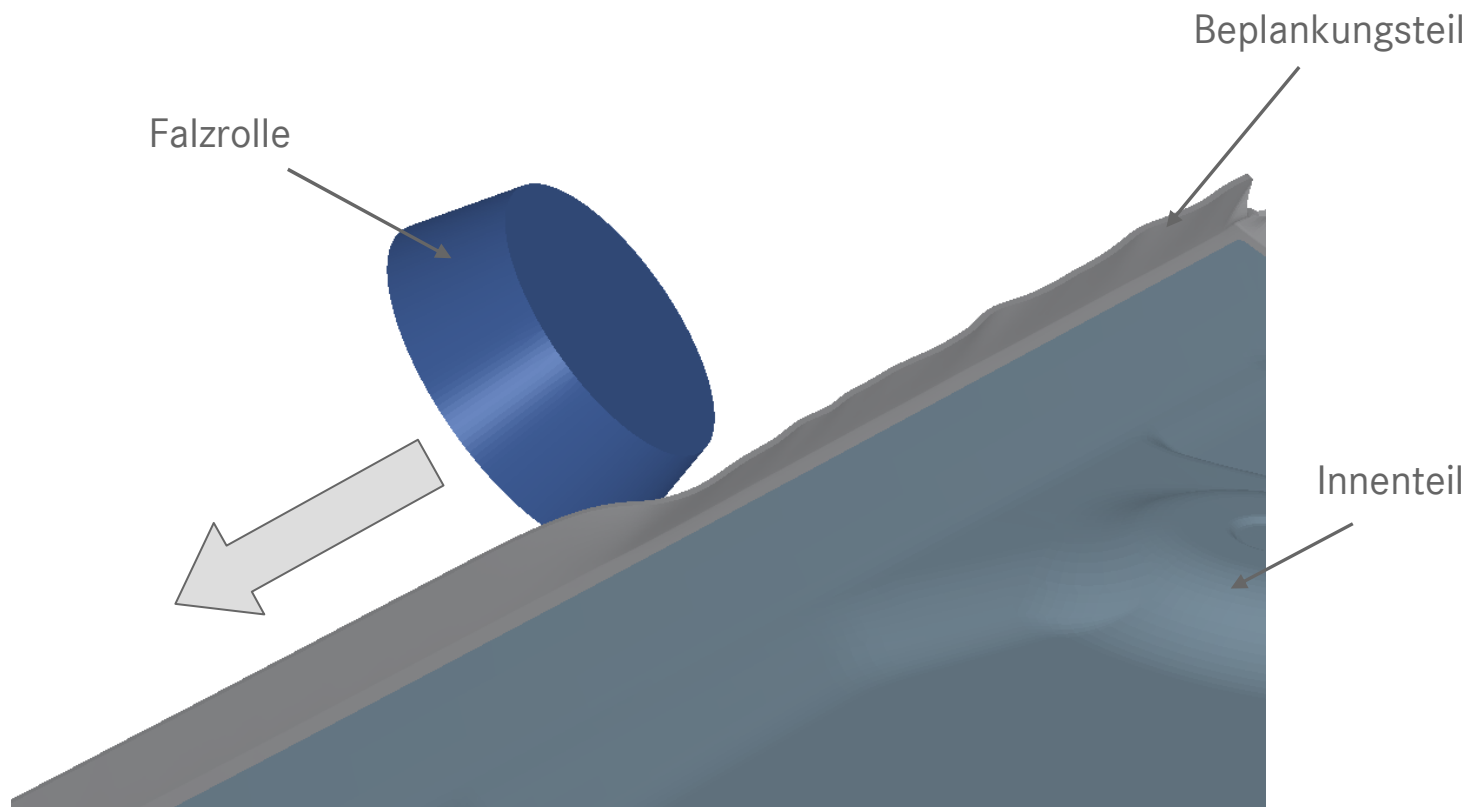
3. FEM-Rollfalzsimulationen mit LS-Dyna
 - Erweiterung des „klassischen“ Preprocessings um Berechnungen der Rollenkinematik
 - Berechnung der Rollenkinematik
 - Umsetzung der Rollenkinematik in LS-Dyna
 - Exemplarische Ergebnisse aus einer FEM-Simulation

Anwendungsbereiche des Falzens

Das Karosserieaußenteil (Bepankungsteil) von Anbauteilen wird meist durch Falzen mit dem Innenteil gefügt. Dies wird durch das Umlegen des aufgestellten Flansches des Außenteils realisiert.

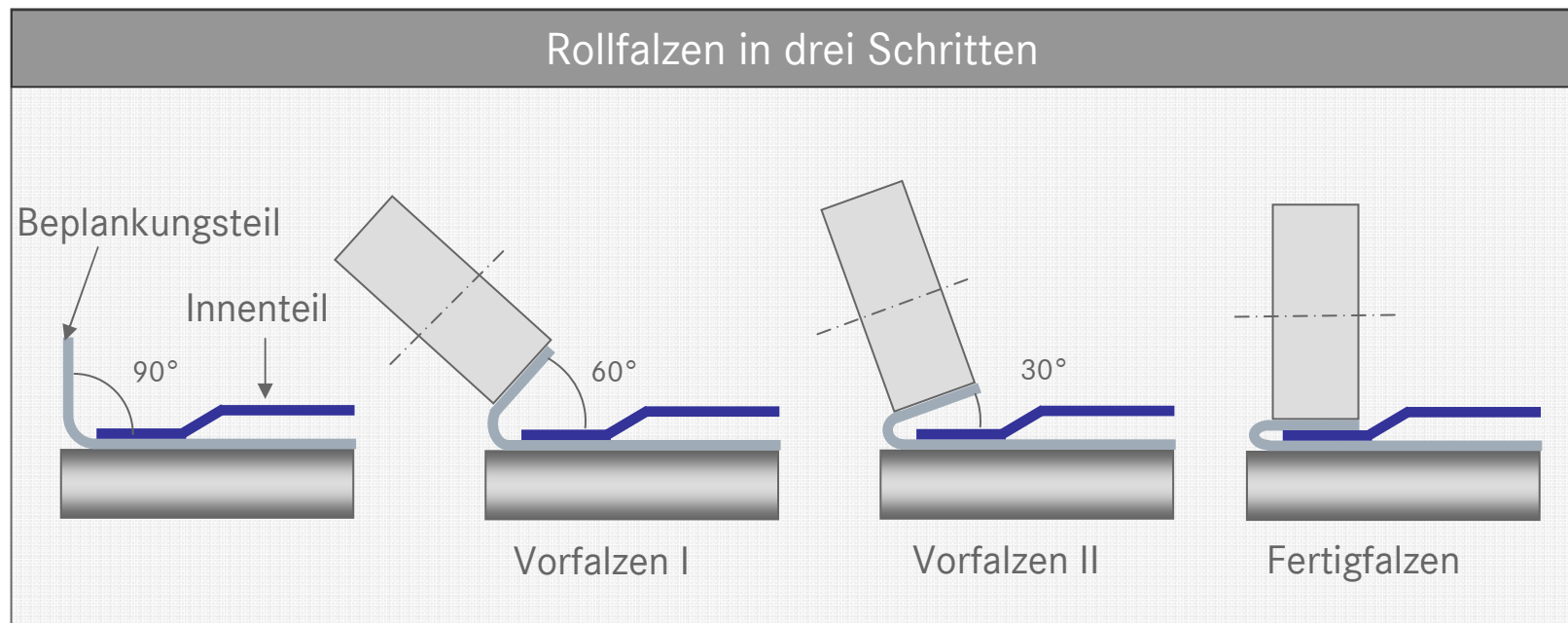


Beschreibung des Rollfalzprozesses

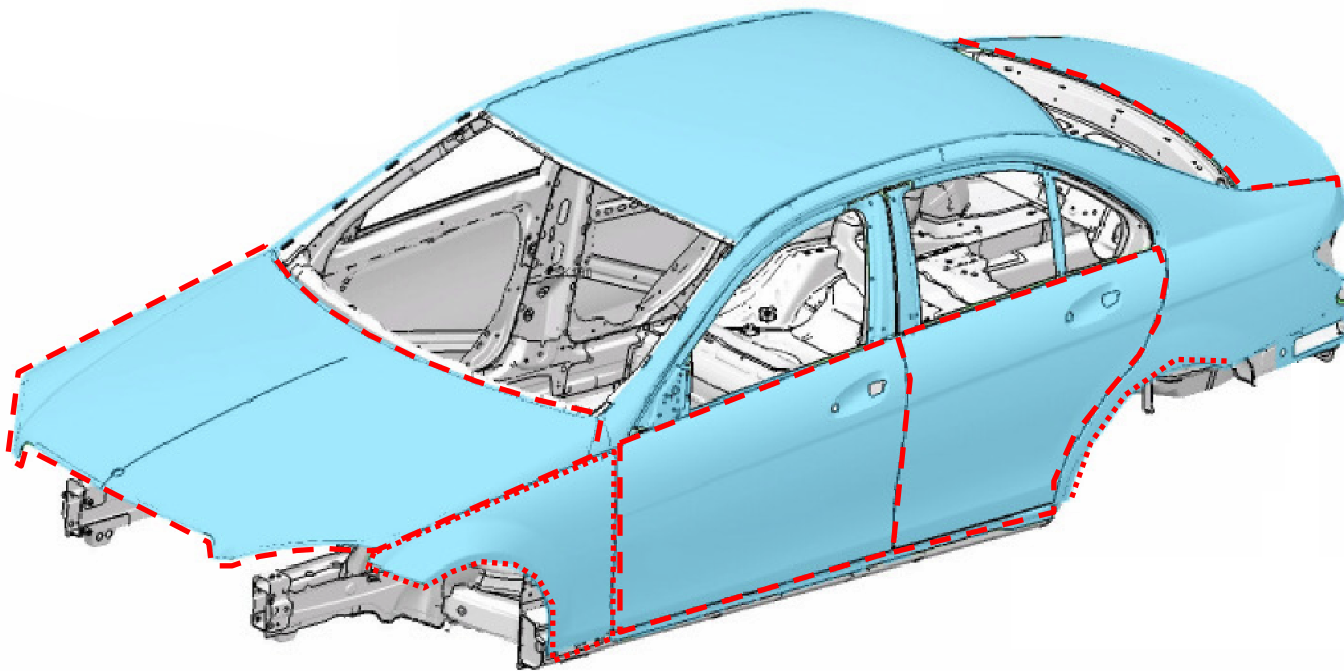


Beschreibung des Rollfalzprozesses

Das Karosserieaußenteil (Bepankungsteil) von Anbauteilen wird meist durch Falzen mit dem Innenteil gefügt. Dies wird durch das Umlegen des aufgestellten Flansches des Außenteils realisiert. Beim Rollfalzen wird mittels einer robotergeführten Rolle der Flansch inkrementell umgeformt und geschlossen.



Anwendungsbereiche Falzen allgemein



Quelle: M. Zubeil, Daimler AG

Gliederung

Simulation des Rollfalzens mit LS-Dyna

1. Grundlagen des Rollfalzens

- Anwendungsbereich Falzen allgemein
- Beschreibung des Rollfalzprozesses

2. Einbindung von Rollfalzsimulationen in die virtuellen Prozesskette

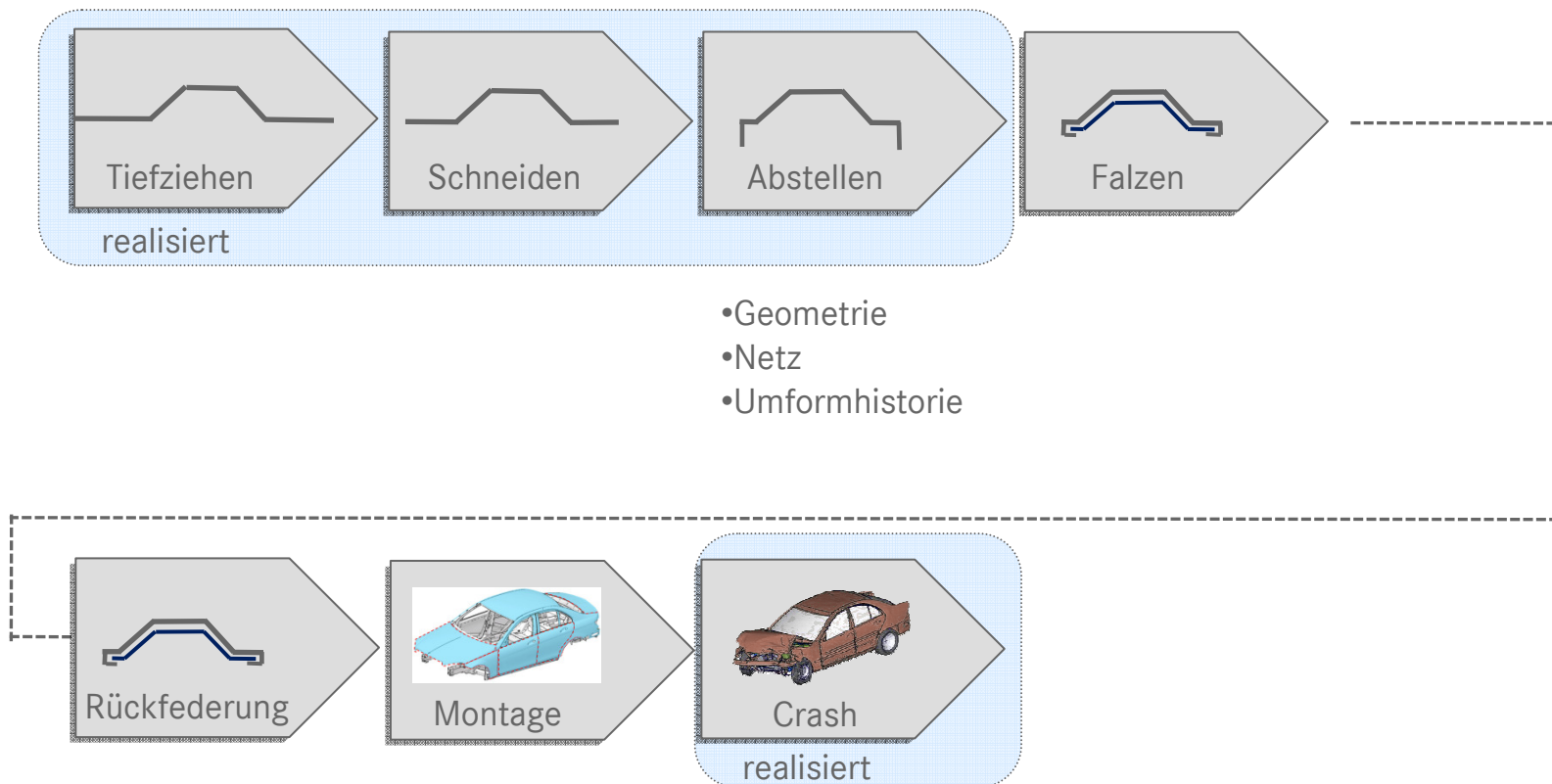
- Übersicht über die virtuelle Prozesskette
- Möglicher Beitrag von FEM-Rollfalzsimulationen zur Prozessauslegung

3. FEM-Rollfalzsimulationen mit LS-Dyna

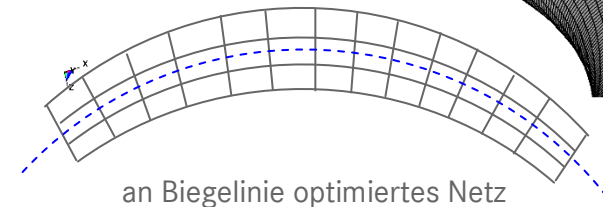
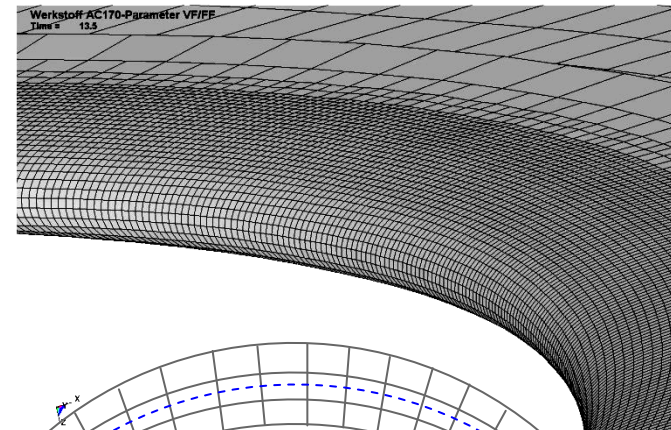
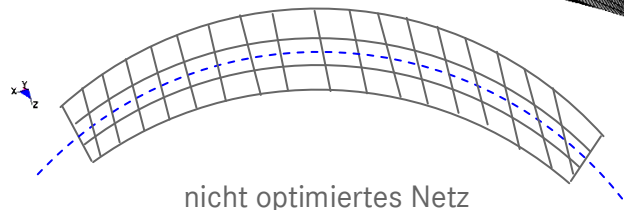
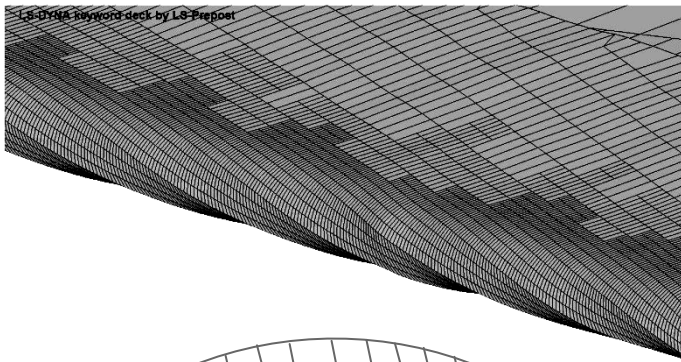
- Erweiterung des „klassischen“ Preprocessings um Berechnungen der Rollenkinematik
- Berechnung der Rollenkinematik
- Umsetzung der Rollenkinematik in LS-Dyna
- Exemplarische Ergebnisse aus einer FEM-Simulation

Einbindung von FEM-Rollfalzsimulationen in die virtuelle FEM-Prozesskette

Mit der Aufnahme der Rollfalzsimulation in die virtuelle FEM-Prozesskette wird diese zu einer ganzheitlicheren Betrachtung hin weiterentwickelt.

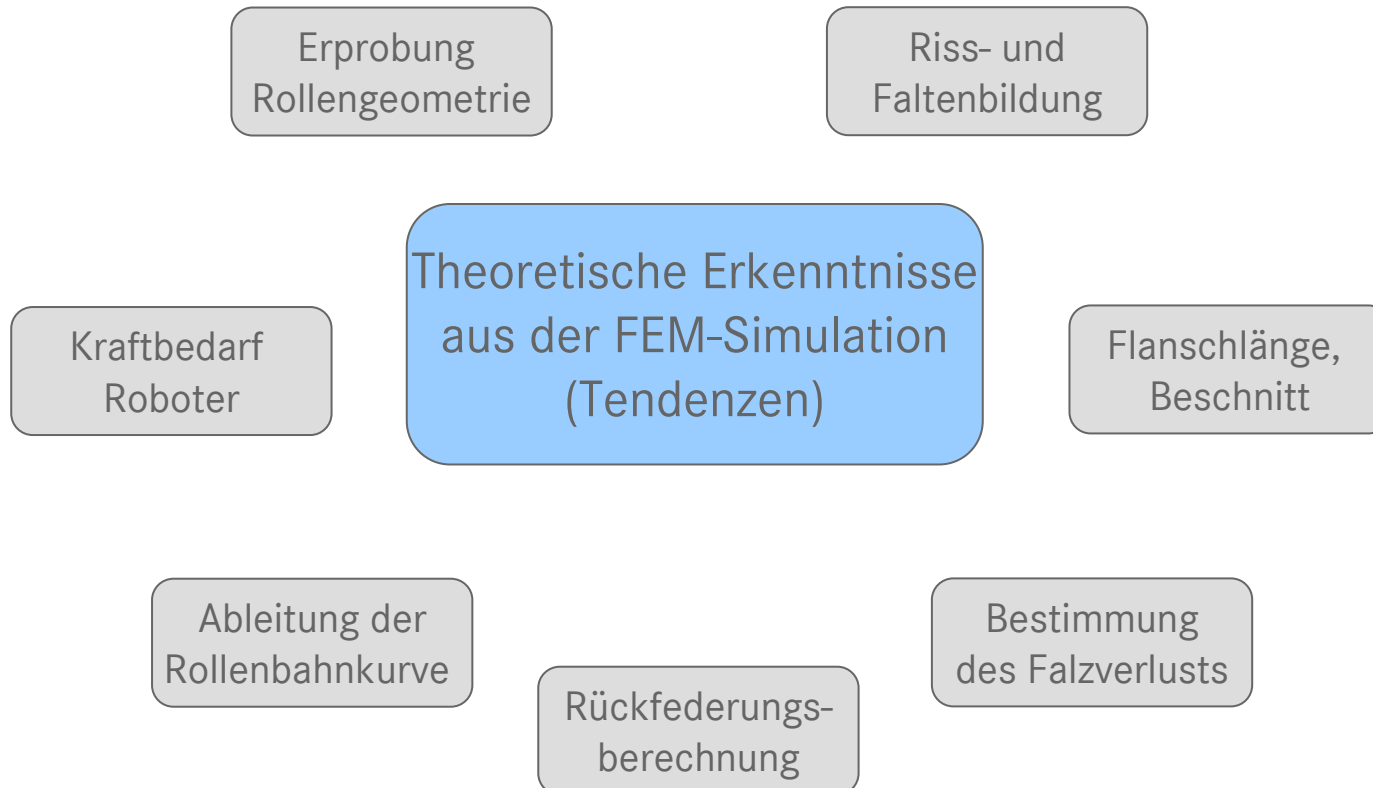


Anschlussbedingung für Falzsimulationen innerhalb der virtuellen FEM-Prozesskette: Netzgestaltung



Nach der Tiefziehsimulation ist das FEM-Netz nicht optimal für den nachfolgenden Abkantprozess ausgerichtet. Um nutzbare geometrische Ergebnisse aus der Falzsimulation zu gewinnen (z.B. Falzverlust), muss zwingend das FEM-Netz normal zur Abkantlinie ausgerichtet werden. Eine entsprechende Remeshingfunktion ist hierfür notwendig.

Möglicher Beitrag der FEM-Rollfalzsimulation zur Prozessauslegung



Gliederung

Simulation des Rollfalzens mit LS-Dyna

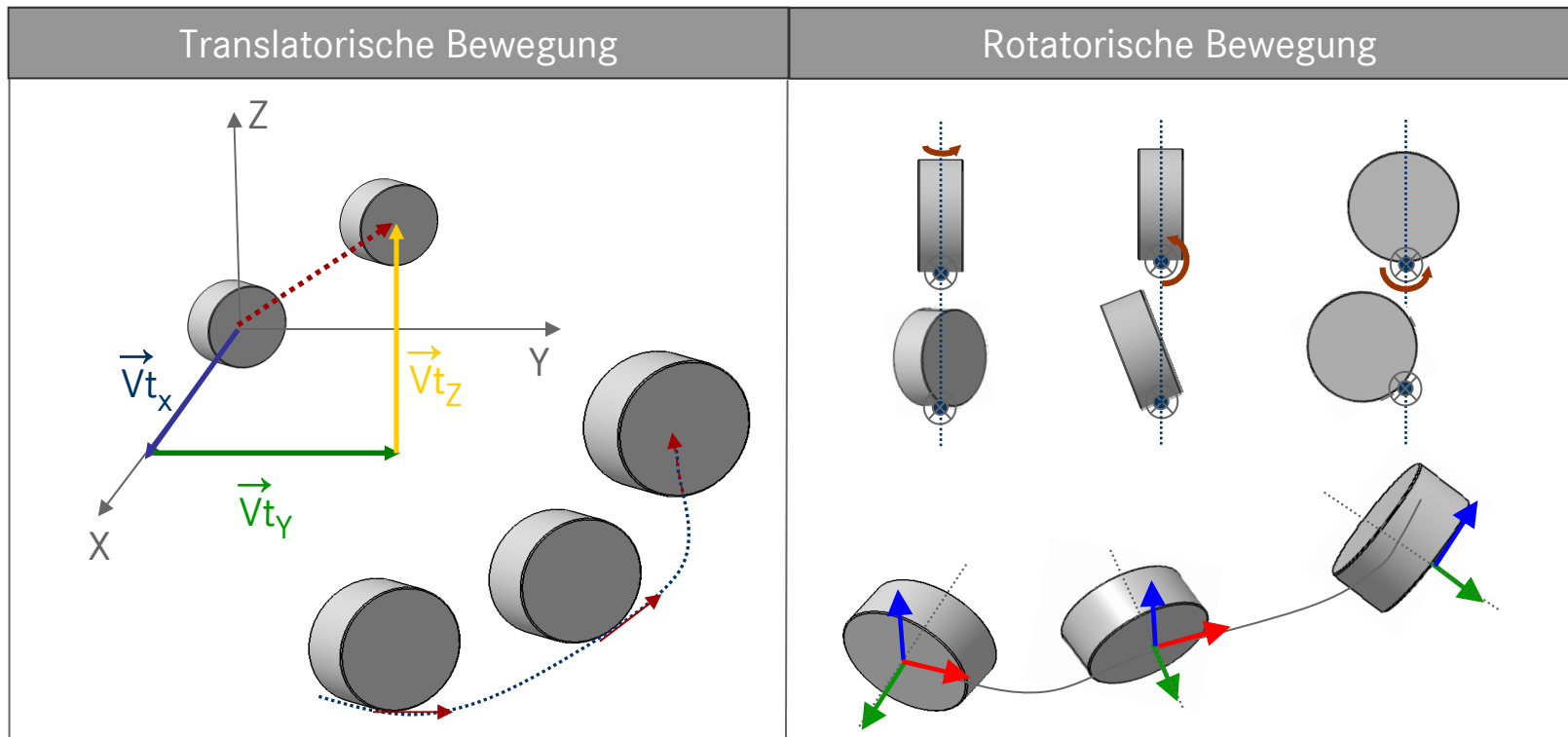
1. Grundlagen des Rollfalzens
 - Anwendungsbereich Falzen allgemein
 - Beschreibung des Rollfalzprozesses

2. Einbindung von Rollfalzsimulationen in die virtuellen Prozesskette
 - Übersicht über die virtuelle Prozesskette
 - Möglicher Beitrag von FEM-Rollfalzsimulationen zur Prozessauslegung

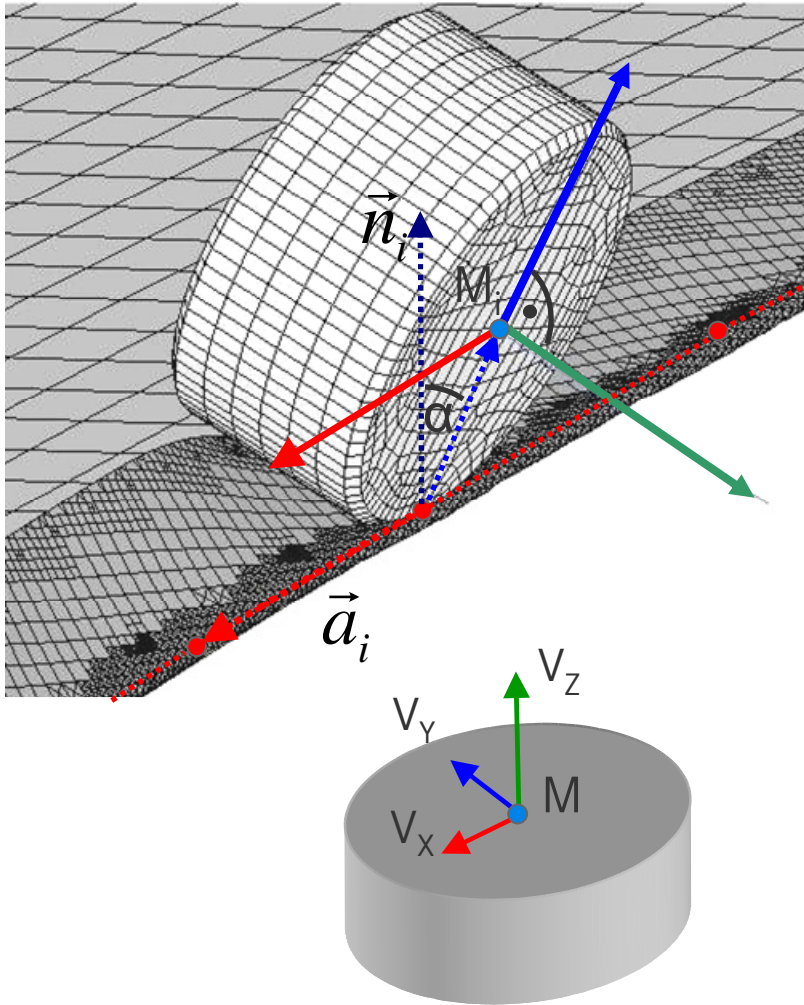
3. FEM-Rollfalzsimulationen mit LS-Dyna
 - Erweiterung des „klassischen“ Preprocessings um Berechnungen der Rollenkinematik
 - Berechnung der Rollenkinematik
 - Umsetzung der Rollenkinematik in LS-Dyna
 - Exemplarische Ergebnisse aus einer FEM-Simulation

Erweiterung des Preprocessing um Berechnungen der Werkzeugkinematik

- Üblicherweise werden in LS-Dyna meist geradlinige Kinematiken simuliert (z.B. Pressenwerkzeuge, Crash, ...).
- Die Falzrolle muss frei im Raum bewegt und ausgerichtet werden können (3 translatorische und 3 rotatorische Freiheitsgrade)

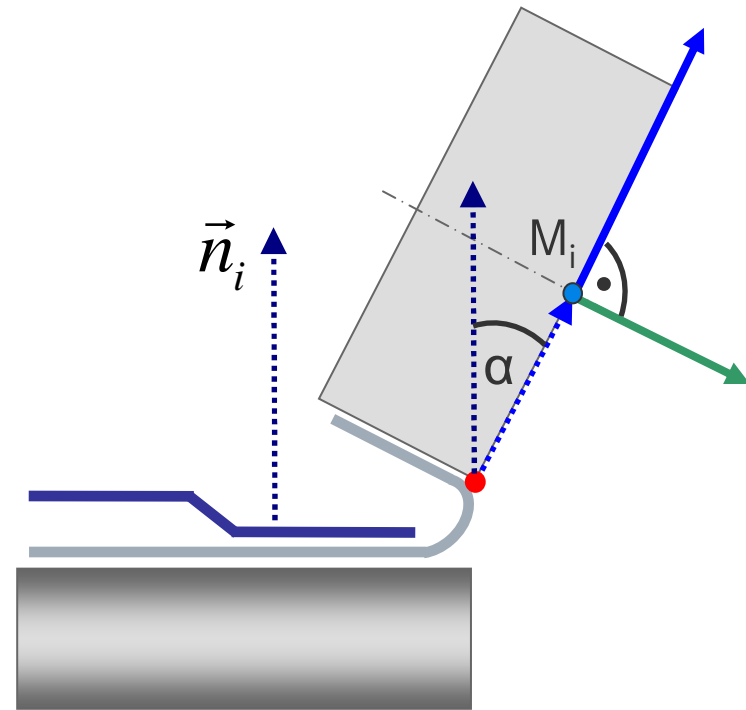


Berechnung der Rollenkinematik



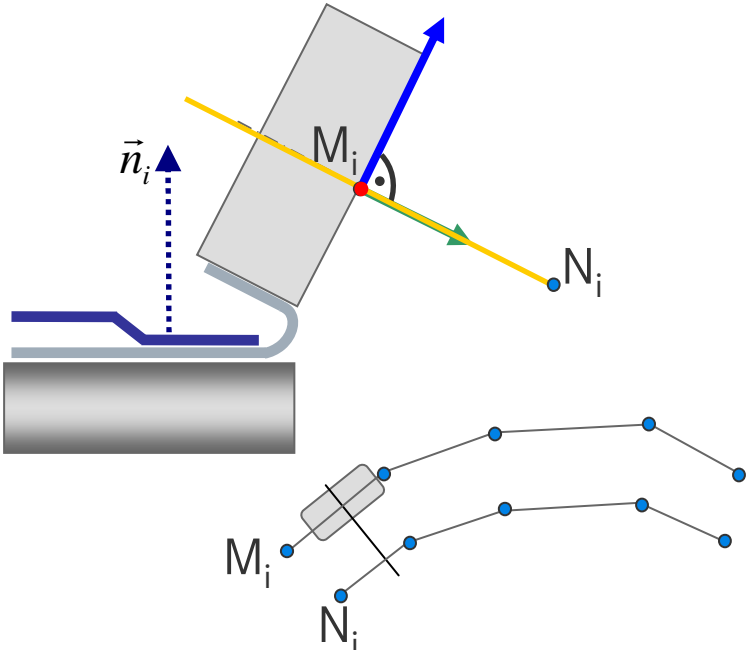
Drehung um beliebigen Einheitsvektor $\vec{v} = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{pmatrix}$

$$\begin{pmatrix} \cos \alpha + v_1^2(1 - \cos \alpha) & v_1 v_2(1 - \cos \alpha) - v_3 \sin \alpha & v_1 v_3(1 - \cos \alpha) + v_2 \sin \alpha \\ v_1 v_2(1 - \cos \alpha) + v_3 \sin \alpha & \cos \alpha + v_2^2(1 - \cos \alpha) & v_2 v_3(1 - \cos \alpha) - v_1 \sin \alpha \\ v_1 v_3(1 - \cos \alpha) - v_2 \sin \alpha & v_2 v_3(1 - \cos \alpha) + v_1 \sin \alpha & \cos \alpha + v_3^2(1 - \cos \alpha) \end{pmatrix}$$



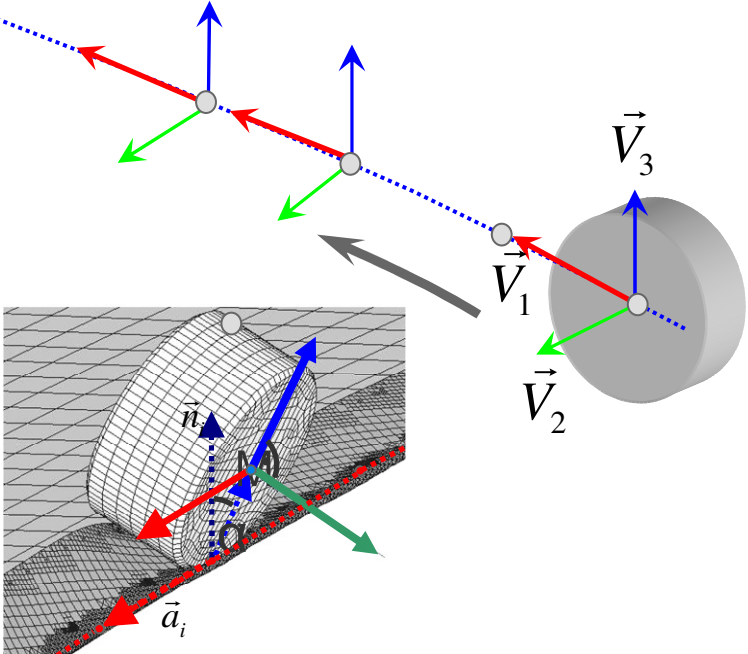
Umsetzung der Rollenkinematik in LS-Dyna: Konzept A

- Die Position und Orientierung wird durch die Beschreibung der Rollenachse festgelegt. Hiefür muss die Position von Mittel- und Achsenpunkt (N) berechnet werden.
- Durch die translatorische Bewegung der zwei Punkte werden die Rollendrehungen als Ergebnis vollführt.

Konzept A	Umsetzung
	<ul style="list-style-type: none"> • Die Rolle wird mit der Mittelachse, auf der die beiden Punkte M und N liegen, verbunden (*JOINT). • Die Mittelachse kann mittels BEAM-Elementen abgebildet werden. • Die translatorische Bewegung der Punkte erfolgt mit *BOUNDARY_PRESCRIBED_MOTION_NODE <p>Es müssen insgesamt sechs CURVES übergeben werden</p>

Umsetzung der Rollenkinematik in LS-Dyna: Konzept B

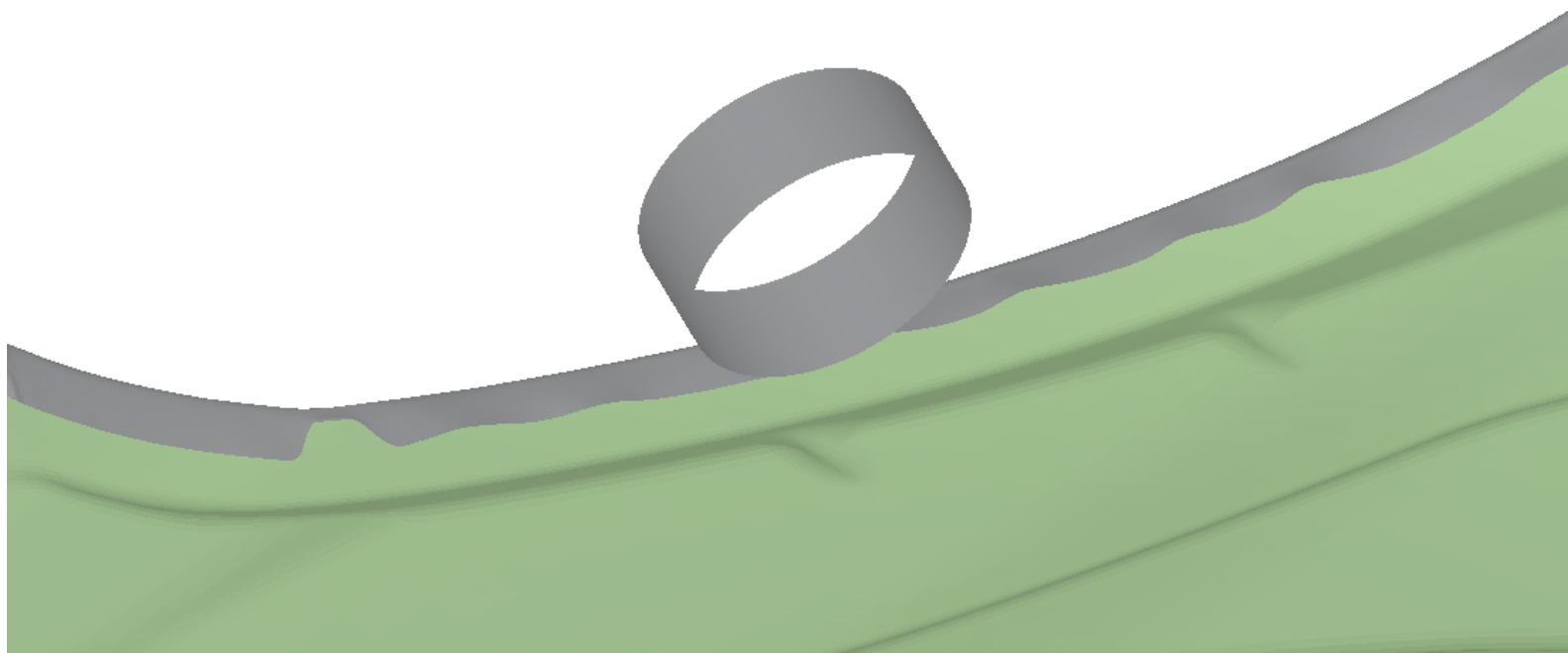
- LS-Dyna bietet die Möglichkeit einen RIGID-Body an einer lokalen Basis auszurichten.
- Hierzu muss für jede Rollenposition eine lokale Basis, bestehend aus einem Ursprungspunkt und drei Achsvektoren berechnet und übergeben werden.

Konzept B	Umsetzung
 <p>The diagram illustrates the implementation of wheel kinematics. It shows a 3D model of a wheel on a surface. A local coordinate system is defined at the contact point with axes \vec{V}_1 (red), \vec{V}_2 (green), and \vec{V}_3 (blue). The normal vector \vec{n} is shown pointing upwards. The contact point is labeled \vec{a}_i. A dashed line indicates the path of the wheel's center.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Rollenorientierung wird umgesetzt mittels: *BOUNDARY_PRESCRIBED_ORIENTATION_RIGID_DIRCOS • Die translatorische Bewegung wird durch *BOUNDARY_PRESCRIBED_MOTION_RIGID realisiert <p>Es müssen insgesamt zwölf CURVES im Vorfeld berechnet und an LS-Dyna übergeben werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 x 3 CURVES für die Basisvektoren $\begin{pmatrix} V_{1X} & V_{2X} & V_{3X} \\ V_{1Y} & V_{2Y} & V_{3Y} \\ V_{1Z} & V_{2Z} & V_{3Z} \end{pmatrix}$ <ul style="list-style-type: none"> • 1 x 3 CURVES für die translatorische Bewegung

Bewertung der Konzepte

Konzept A (Achse)	Konzept B (Basis)
<ul style="list-style-type: none">+ Anschauliche Modellierung, universeller anwendbar, ev. auch für andere Programme geeignet+ Eigenrotation der Rolle als Reaktion auf die Reibung ist zu beobachten+ es müssen weniger Curves (6) erstellt werden - Joints zwischen Beamelementen und Rolle sind teilweise nicht zuverlässig (Zeitschrittgröße, früher nur SMP)- selbstdrehende, angetriebene Rolle wird nicht realisiert	<ul style="list-style-type: none">+ wird direkt durch ein Keyword in LS-Dyna unterstützt.+ ermöglicht eine selbstdrehende, angetriebene Rolle abzubilden (Kontrolle über Schlupf)+ relativ „stabile“ Simulation - es müssen mehr Curves (12) erstellt werden- eine Eigenrotation der Rolle als Reaktion auf die Reibung zwischen Rolle und Blech wird unterdrückt

Umsetzung am Beispiel einer Motorhaube

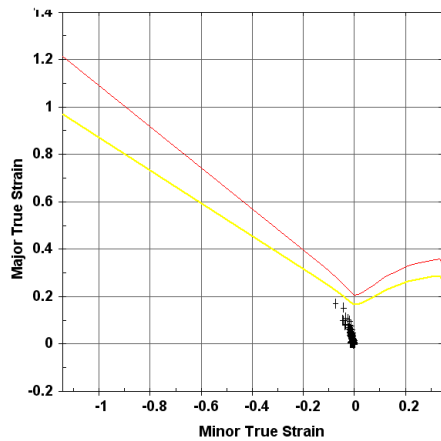
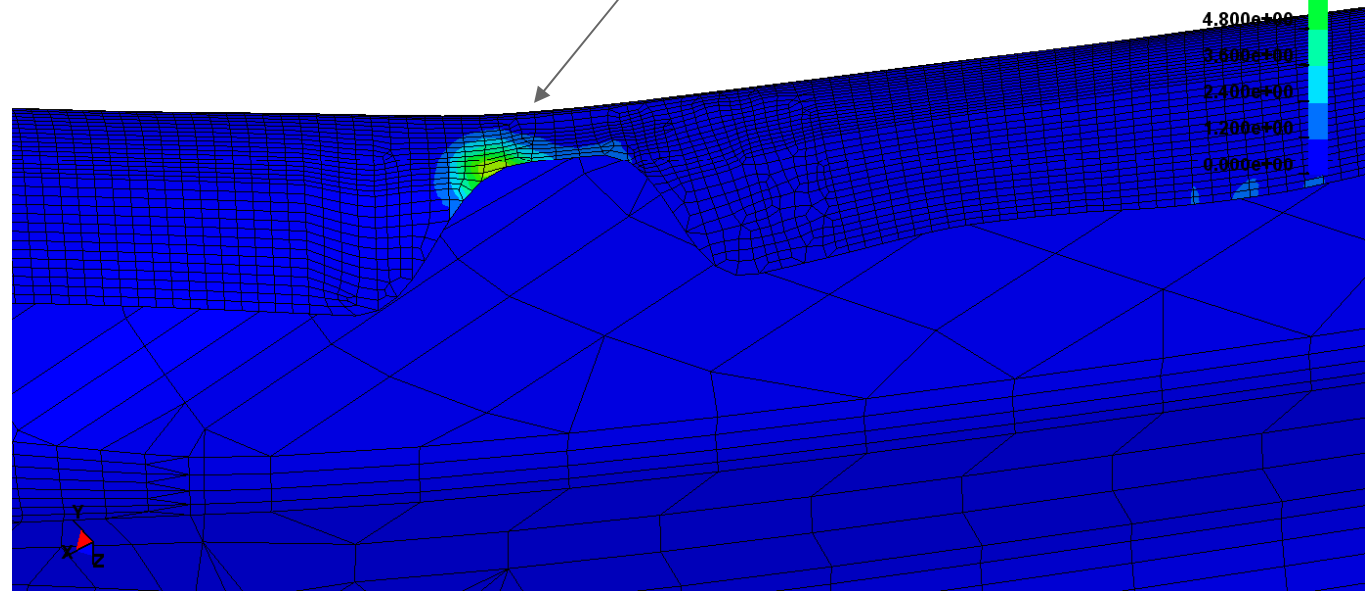
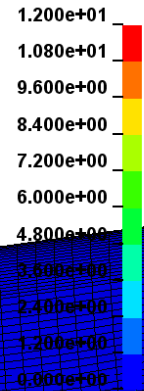


Blehdickenreduktion (MH)



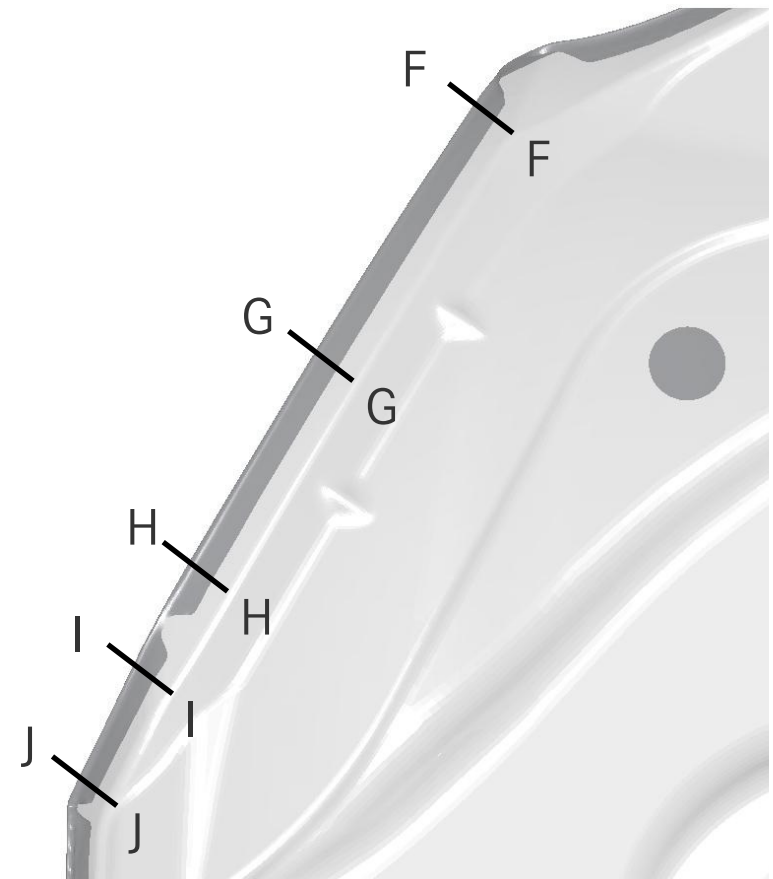
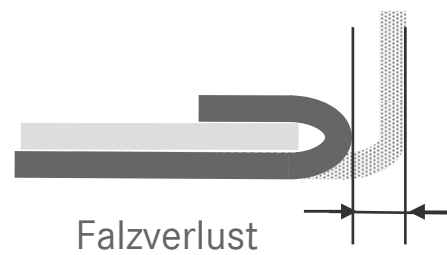
7,5 % Blechausdünnung

Fringe Levels



Messung des Falzverlustes aus der Simulation (MH)

Schnitt	Falzverlust ohne Umformhistorie	Falzverlust mit Umformhistorie
F - F	0,73 mm	0,30 mm
G - G	0,89 mm	0,48 mm
H - H	0,46 mm	0,20 mm
I - I	0,45 mm	0,21 mm
J - J	0,47 mm	0,23 mm



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.