



Ganzheitlicher Simulationsansatz zur Versagensprognose von widerstandspunktgeschweißten Stahlblechverbindungen

David Pieronek – Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen Aachen mbH (fka)

Rolf Peter Röttger – ThyssenKrupp Steel Europe AG (TKSE)

Andre Marx – Dortmunder Oberflächen Centrum GmbH (DOC)

Filderstadt, 12. November 2009



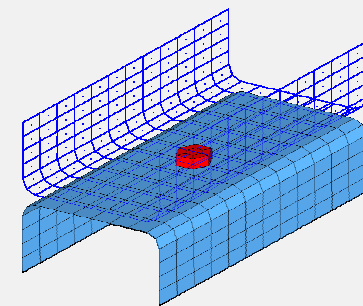
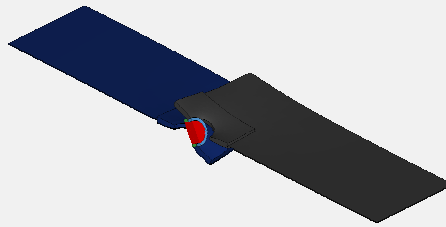
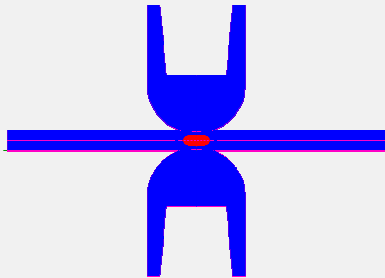
ThyssenKrupp Steel Europe



ThyssenKrupp

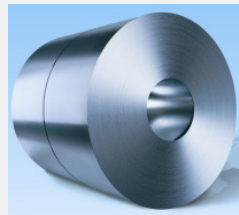
Inhalt

- Einleitung
 - Virtuelle Versagensprognose von Punktschweißverbindungen
 - Fügeprozesssimulation
 - Zusammenfassung
-

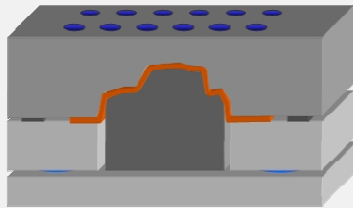


Einleitung

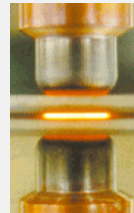
Vereinfachung der automobilen Prozesskette



Coil



Umformen



Fügen



KTL

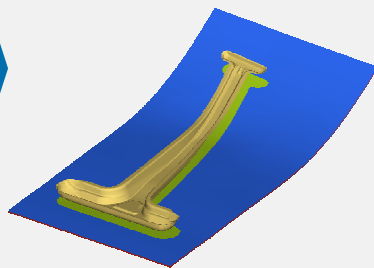


Crash

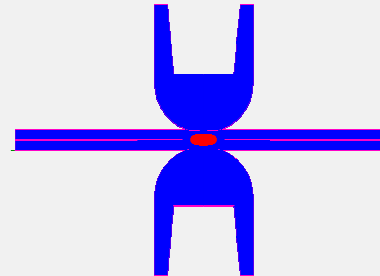
Kontinuierliche Veränderung der Bauteileigenschaften entlang der Prozesskette



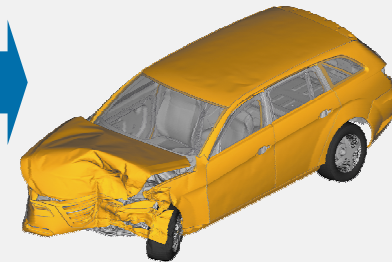
Umformen



Fügen



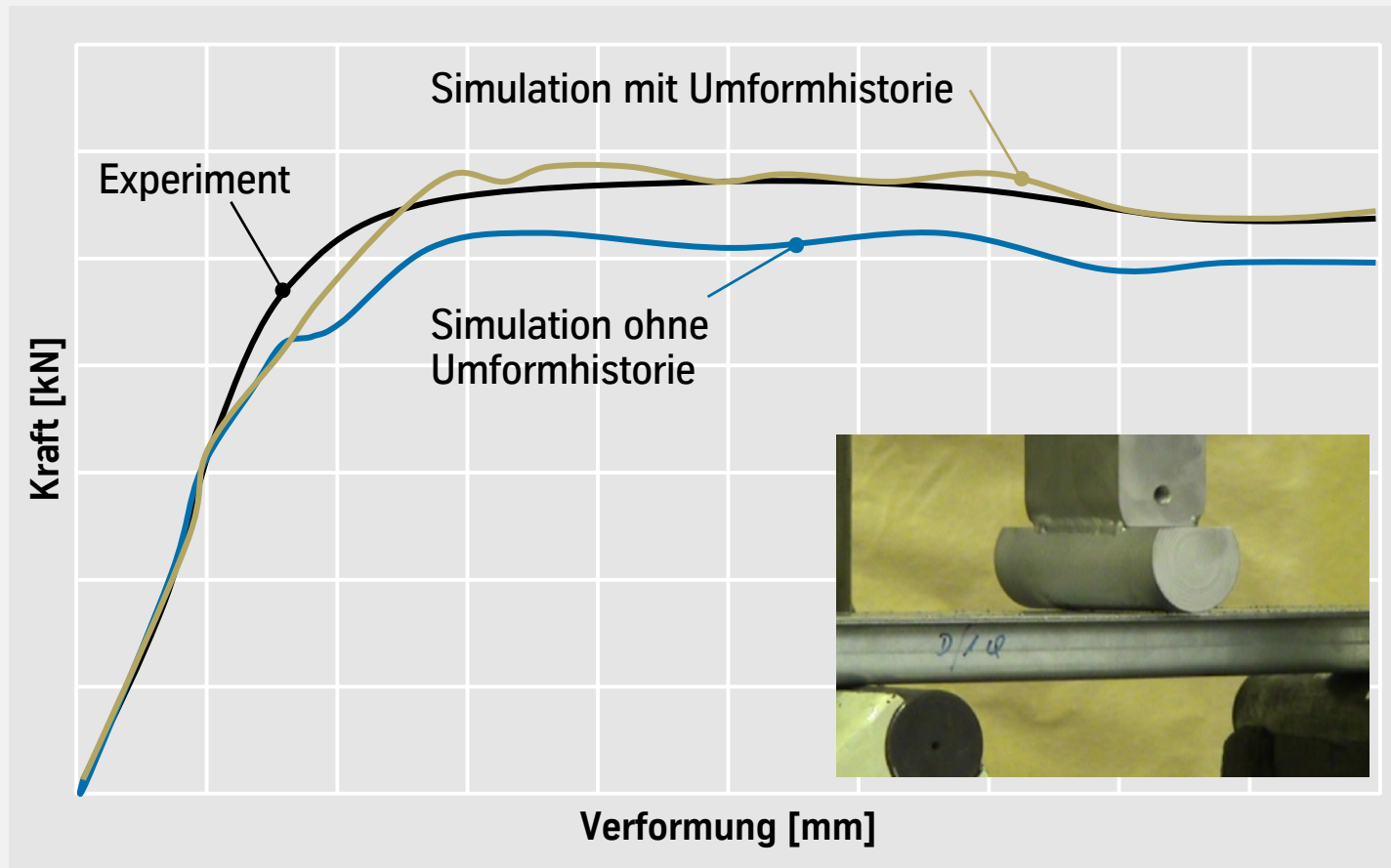
Crash



→ Ziel: Durchgängige Simulationsmethoden

Einleitung

Hutprofil unter Drei-Punkt-Biegung: Integration der Umformhistorie

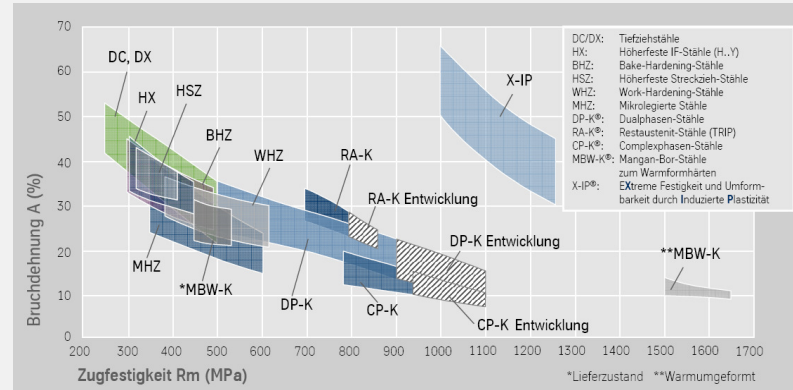
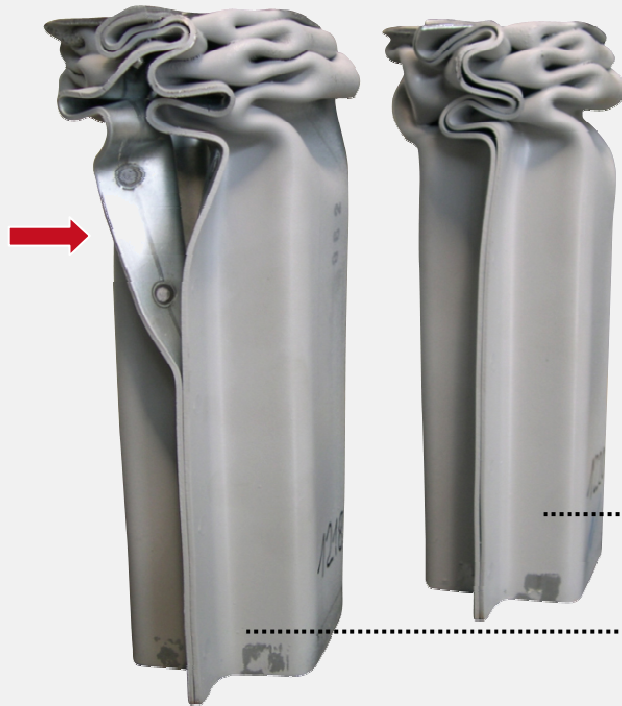


→ Gesteigerte Simulationsqualität durch Berücksichtigung der Umformhistorie

Einleitung

Crashverhalten von punktgeschweißten Stahlstrukturen

Axialcrash mit Doppelhutprofilen - Auslegung der Schweißpunkte -

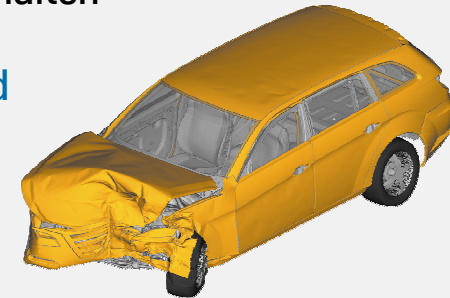


Fazit

- Schweißpunktversagen beeinflusst Crashverhalten
- Absicherung der Strukturintegrität notwendig
- Werkstoffspezifisches Bruchverhalten

Optimierter Schweißpunktstand
kein Schweißpunktversagen

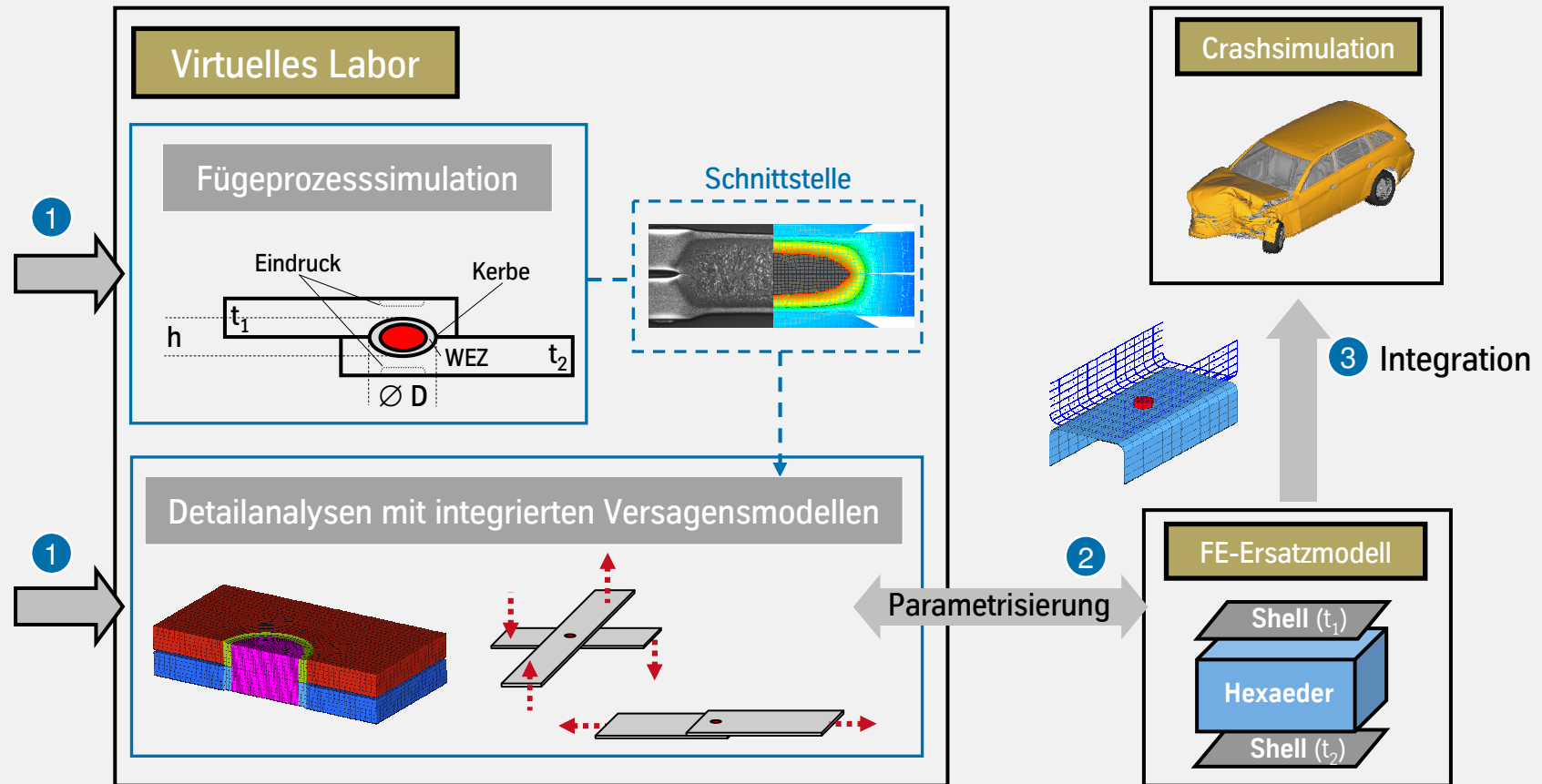
Referenz
mit Schweißpunktversagen



→ Frühzeitige Bewertung von Schweißpunktversagen in der Gesamtfahrzeugsimulation

Einleitung

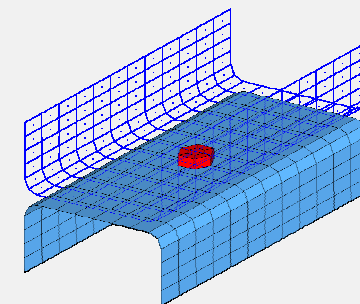
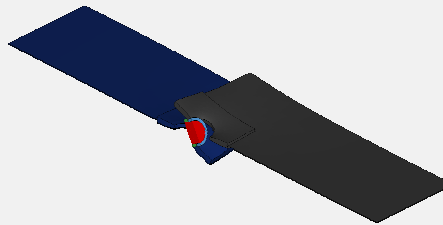
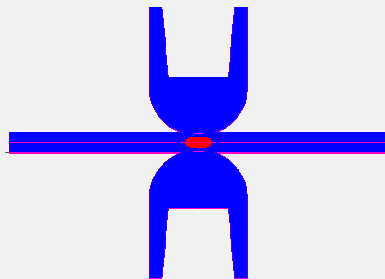
Virtuelles Labor zur Charakterisierung von Punktschweißungen



→ Aufbau eines virtuellen Labors zur effizienten Parametrisierung von Ersatzmodellen

Inhalt

- Einleitung
 - Virtuelle Versagensprognose von Punktschweißverbindungen
 - Fügeprozesssimulation
 - Zusammenfassung
-

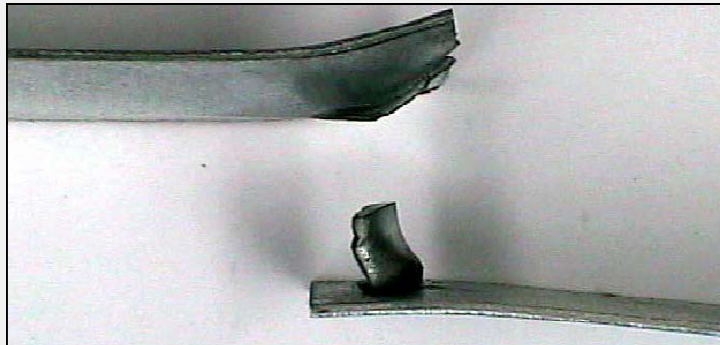


Versagensprognose von Punktschweißverbindungen

Makroskopisches Versagensverhalten

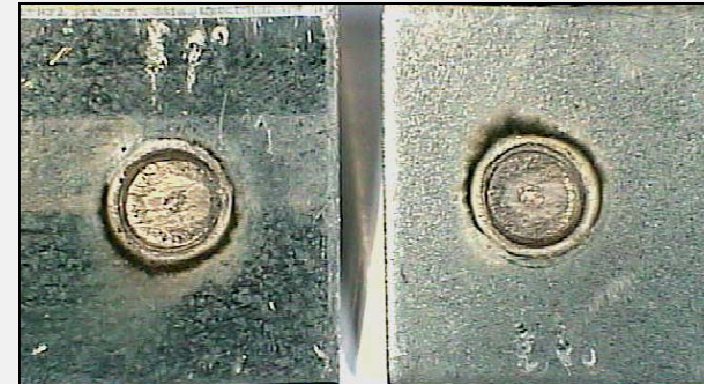


Ausknöpfruch



Hohe plastische Blechdeformation

Scherbruch



Geringe plastische Blechdeformation

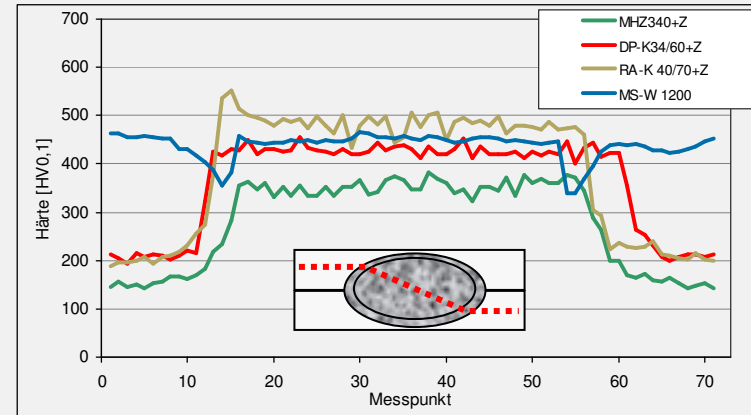
Versagensprognose von Punktschweißverbindungen

Mikroskopisches Versagensverhalten

Schliffbild: ungeprüfte Probe



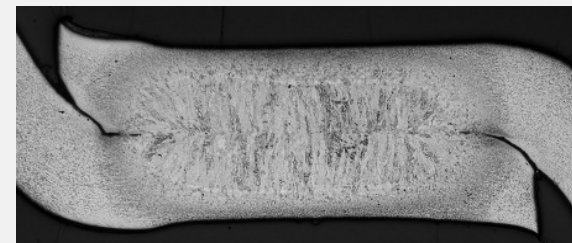
Potentielle Versagensorte



Schweißlinse (SL)



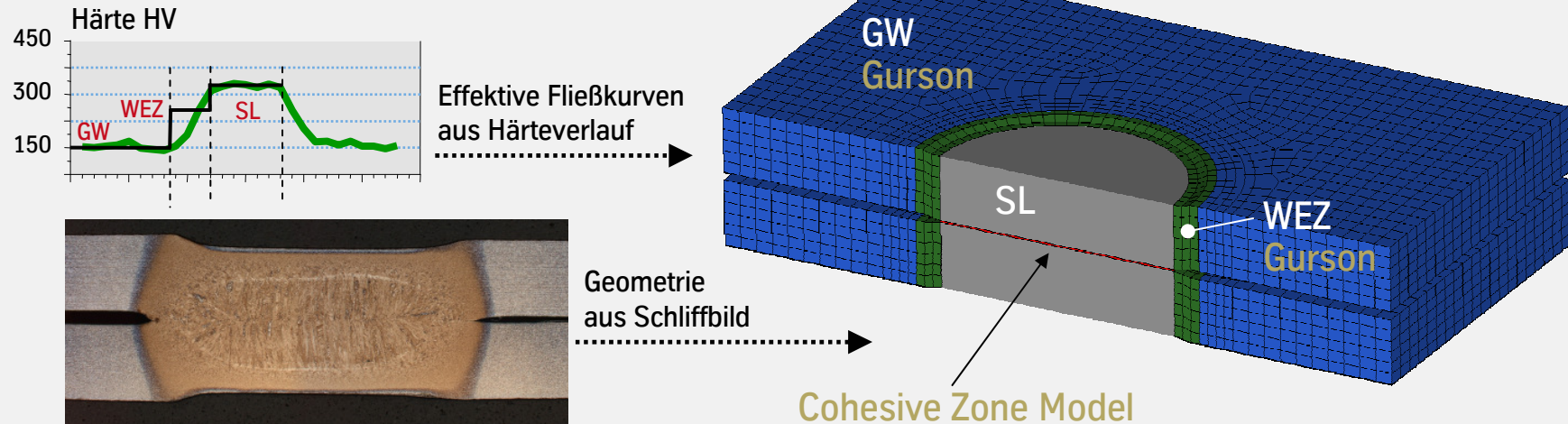
Wärmeeinflusszone (WEZ)



Grundwerkstoff (GW)

→ Versagen ist werkstoff- und belastungsabhängig in allen Gefügezonen möglich

Versagensprognose von Punktschweißverbindungen FE-Modellierung

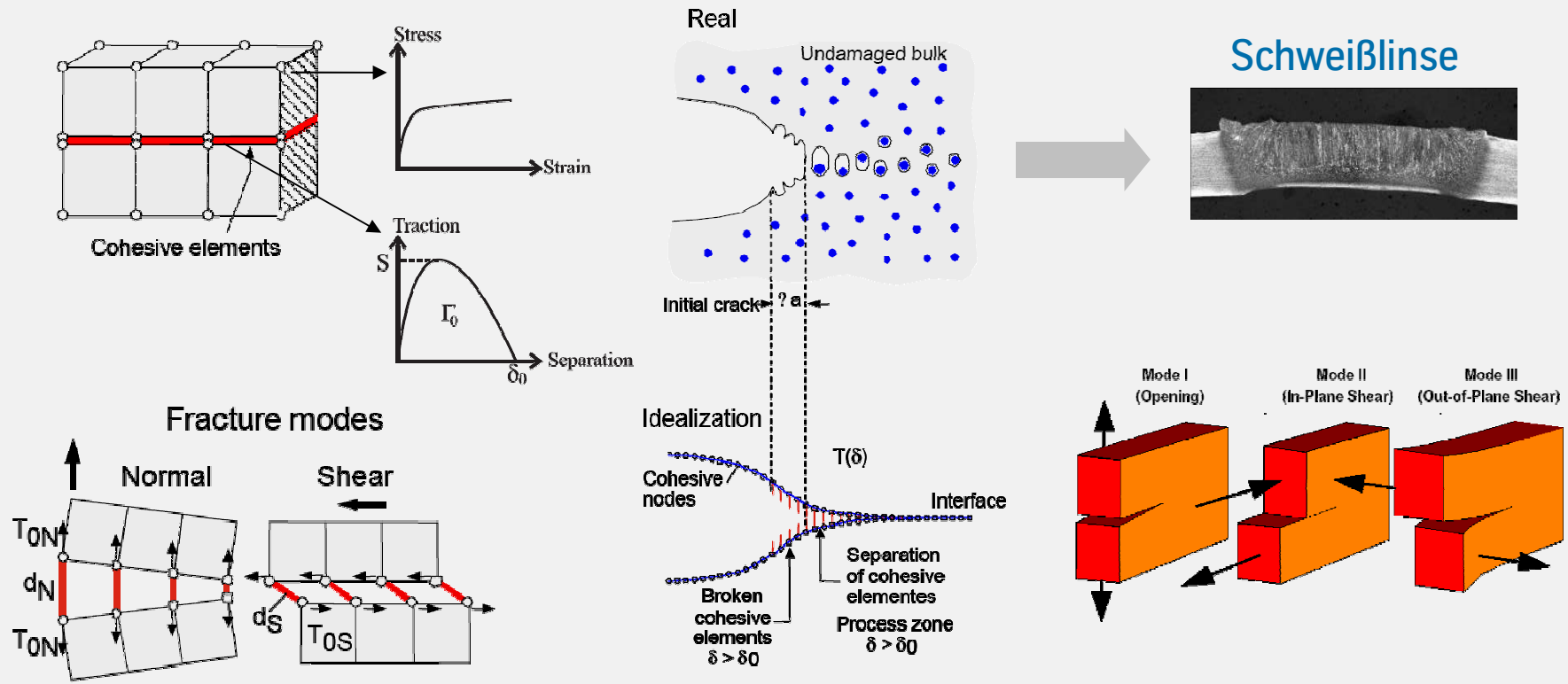


- Volumenmodell ($l \approx 0,2 \text{ mm}$)
- Konstante Elementkantenlänge in versagenkritischen Bereichen
- Verwendung effektiver Fließkurven in den Gefügezonen
- Grundwerkstoff (GW): Gursonparameter aus Zugversuch
- Wärmeeinflusszone (WEZ): Gursonparameter aus inverser Simulation
- Schweißlinse (SL): Mises-Plastizitätsmodell + Cohesive Zone Model (CZM)

→ Alle Gefügezonen erhalten entsprechendes Versagensmodell

Versagensprognose von Punktschweißverbindungen

Scherbruch: Phänomenologisches Cohesive Zone Model (CZM)



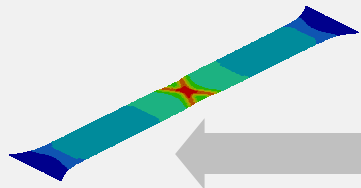
Quelle: GKSS-Forschungszentrum Geesthacht

→ Kalibrierung der Modellparameter an punktgeschweißten Enelementproben

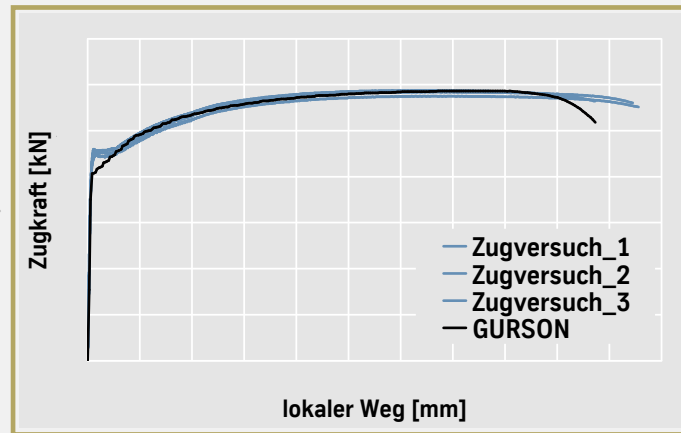
Versagensprognose von Punktschweißverbindungen

Ausknöpfbrech: Gurson für Grundwerkstoff und Wärmeeinflusszone

Zugversuch am Grundwerkstoff



Kalibrierung der Gursonparameter



Ausknöpfbrech aus GW



Aus der schweißbedingten Gefügeumwandlung (WEZ) resultiert im Vergleich zum Grundwerkstoff eine veränderte Duktilität !

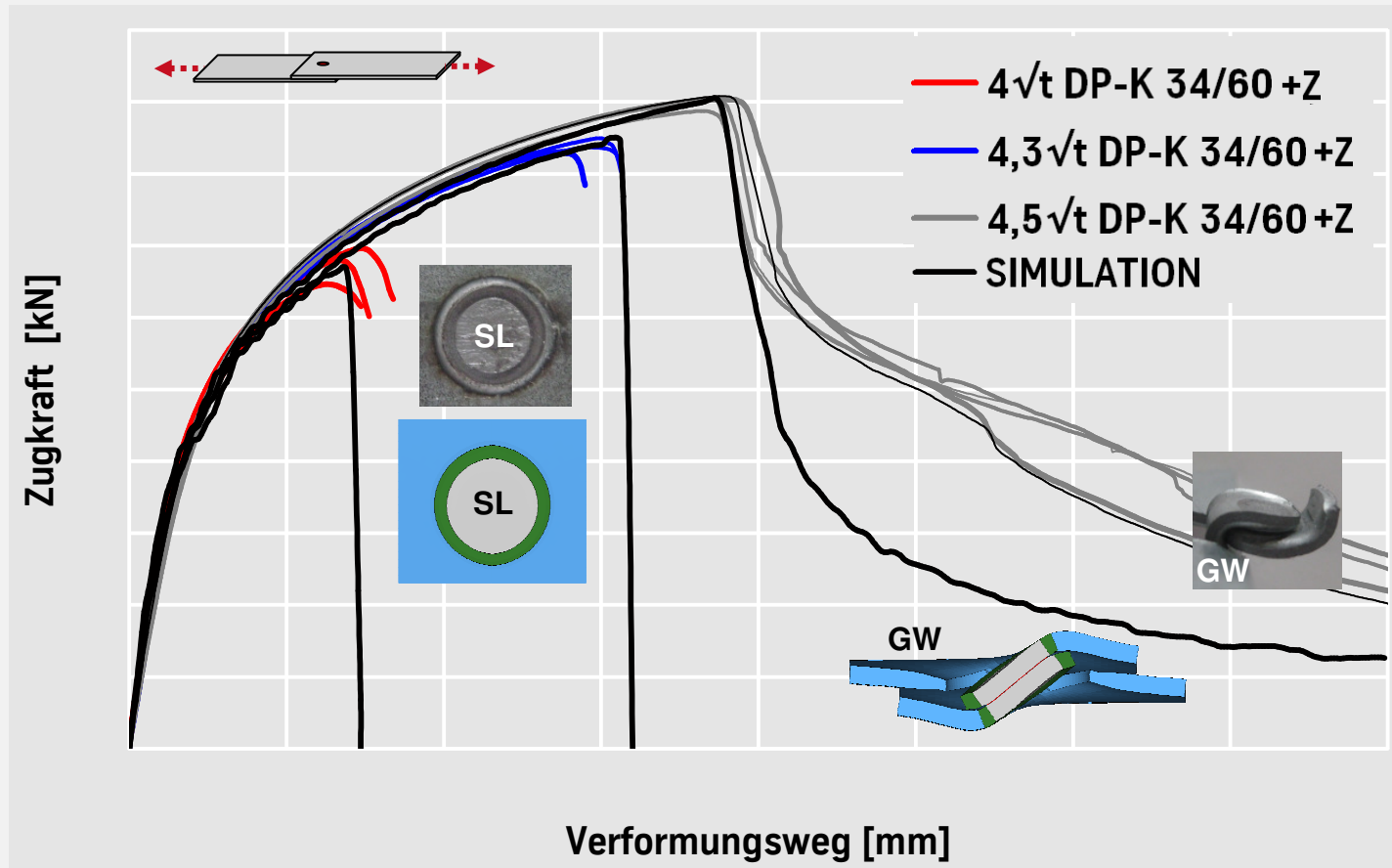
Ausknöpfbrech aus WEZ



→ Unterschiedliche Gursonparameter für Grundwerkstoff und Wärmeeinflusszone

Versagensprognose von Punktschweißverbindungen

Validierung DP-K 34/60+Z: statischer Scherzugversuch



→ Korrekte Abbildung der Versagensart und Tragfähigkeit

Thema
Datum
Anlass
12

Ganzheitlicher Simulationsansatz zur Versagensprognose von Punktschweißverbindungen
LS-Dyna Update Forum 2009, Filderstadt, 12. November 2009
D. Pieronek (fka), R.P. Röttger (TKSE), A. Marx (DOC)
© TKSE 2009 · All rights reserved

fka

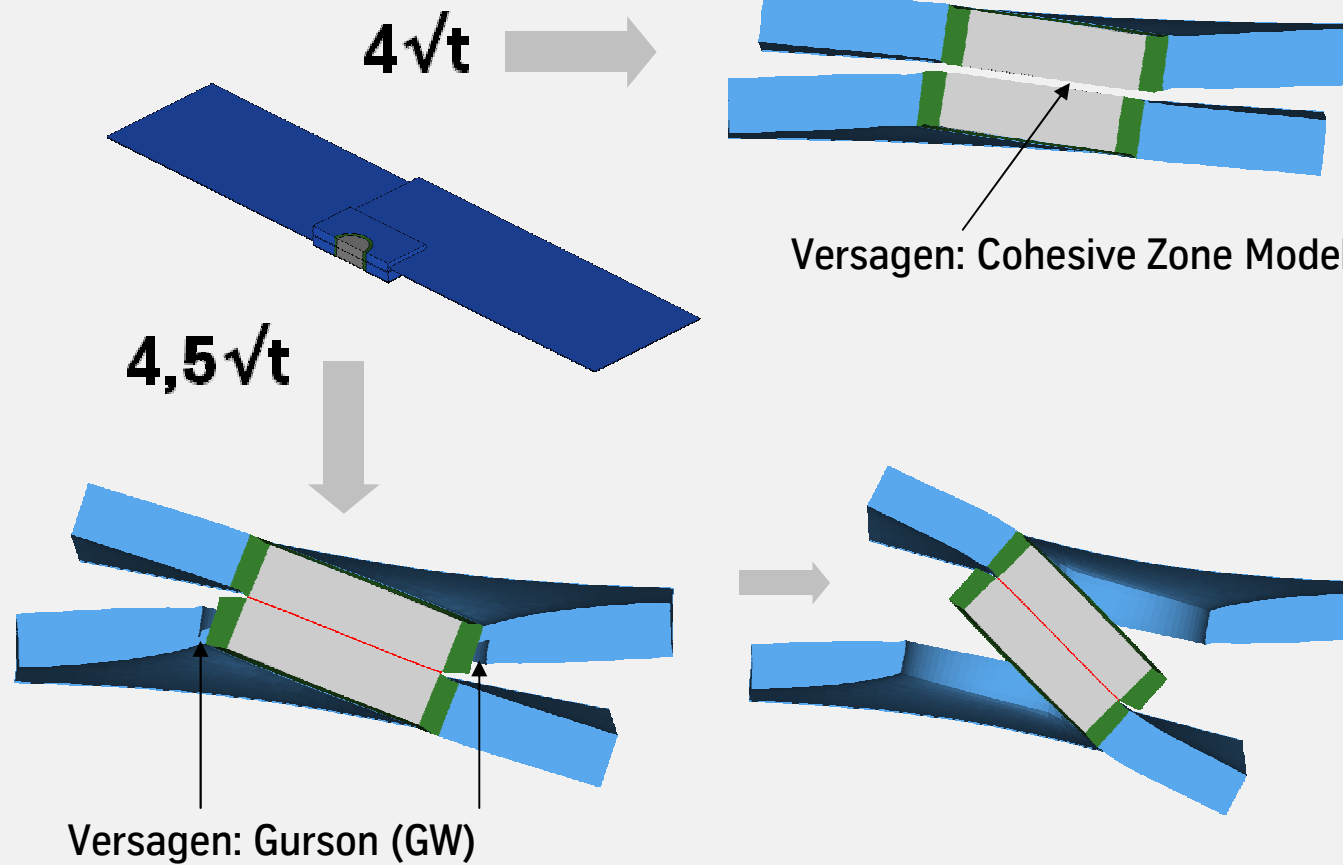
ThyssenKrupp Steel Europe



ThyssenKrupp

Versagensprognose von Punktschweißverbindungen

Validierung DP-K 34/60+Z: Verformungen



Experiment: Scherbruch

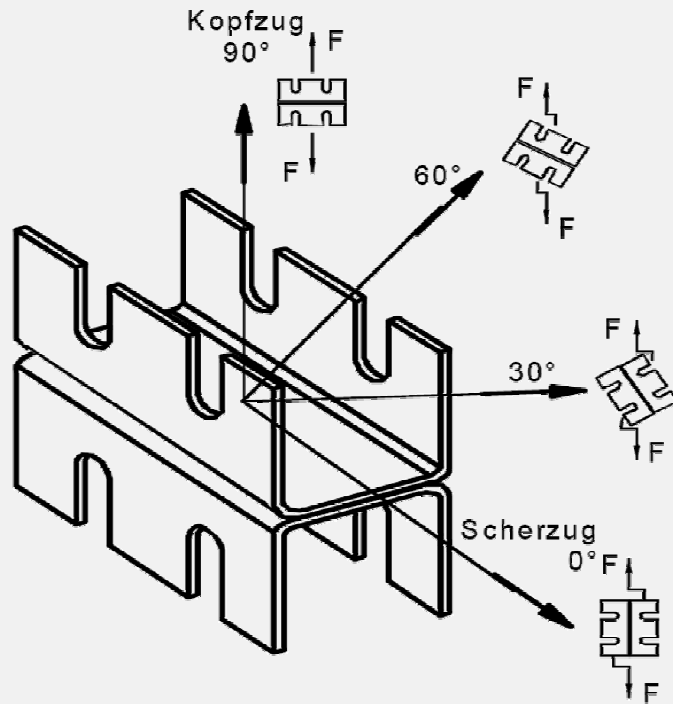


Experiment: Ausknöpfen



Versagensprognose von Punktschweißverbindungen

Verifikation: KS2-Probe unter statischer Belastung



KS2 Prüfkonzep

- Charakterisierung von Verbindungen
- Prüfung unter kombinierter Belastung
- Ermittlung von Versagensdiagrammen

Quelle:

[Hahn, O.; Gieske, D.; Rhode, A.: Probe und Probenspannvorrichtung zum Einsatz in Zugmaschinen; Patentschrift DE 195 22 247 A1, 1996]

→ Überprüfung der Belastbarkeit des entwickelten und kalibrierten Simulationsmodells

Thema
Datum
Anlass
14

Ganzheitlicher Simulationsansatz zur Versagensprognose von Punktschweißverbindungen
LS-Dyna Update Forum 2009, Filderstadt, 12. November 2009
D. Pieronek (fka), R.P. Röttger (TKSE), A. Marx (DOC)
© TKSE 2009 · All rights reserved

fka

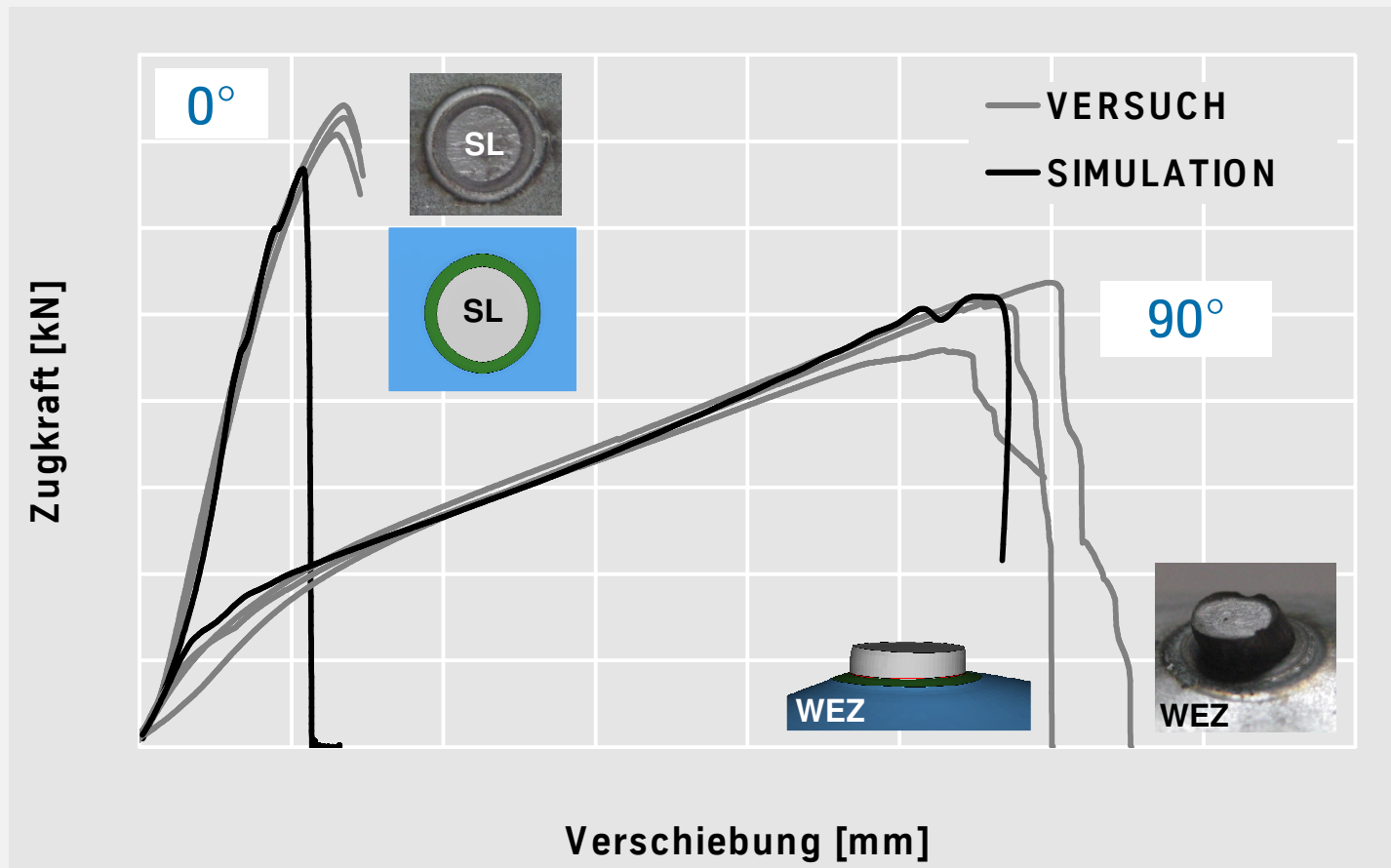
ThyssenKrupp Steel Europe



ThyssenKrupp

Versagensprognose von Punktschweißverbindungen

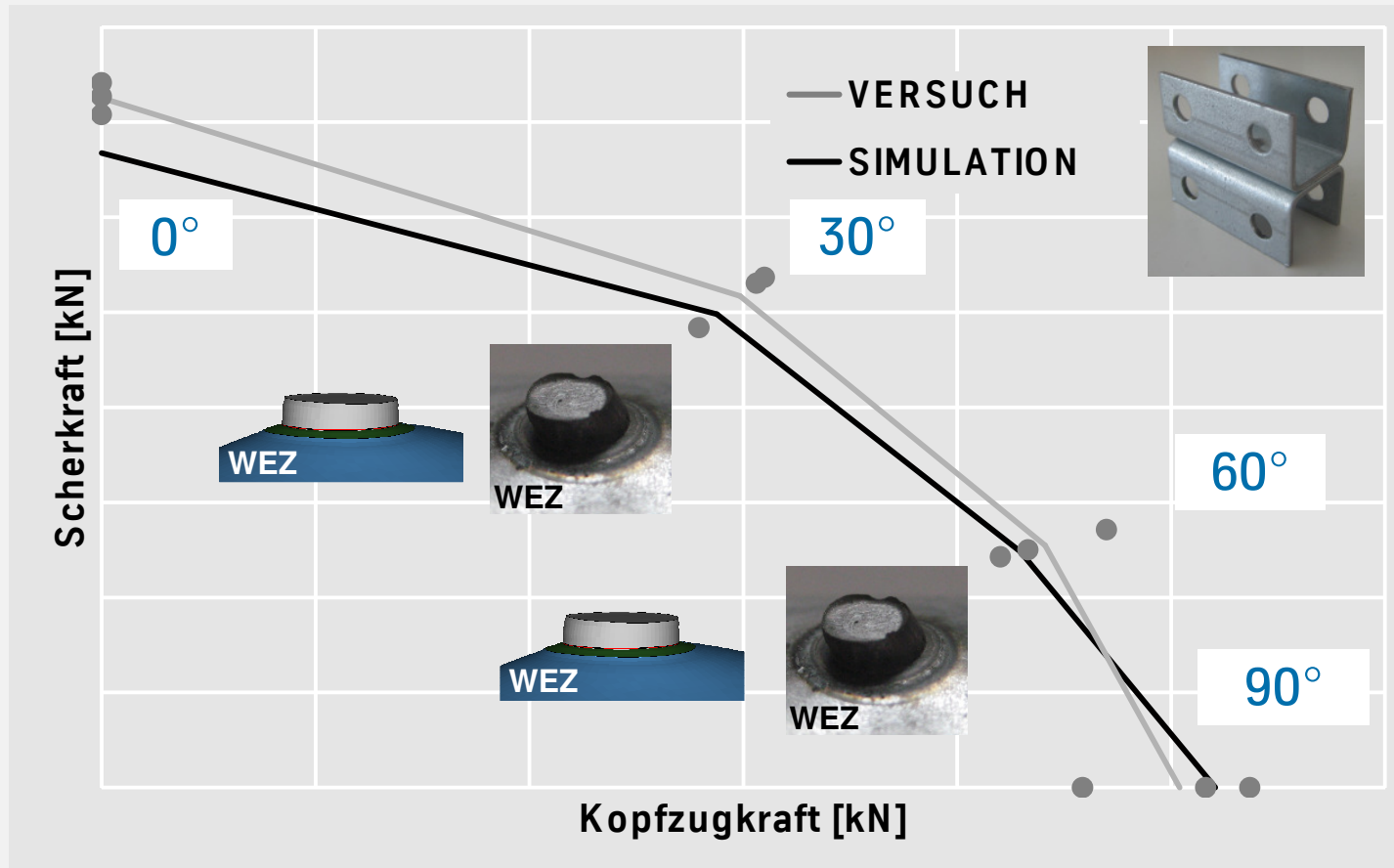
Verifikation DP-K 34/60+Z: statische KS2-Prüfung



→ Gute Prognose der Tragfähigkeit und Versagensart

Versagensprognose von Punktschweißverbindungen

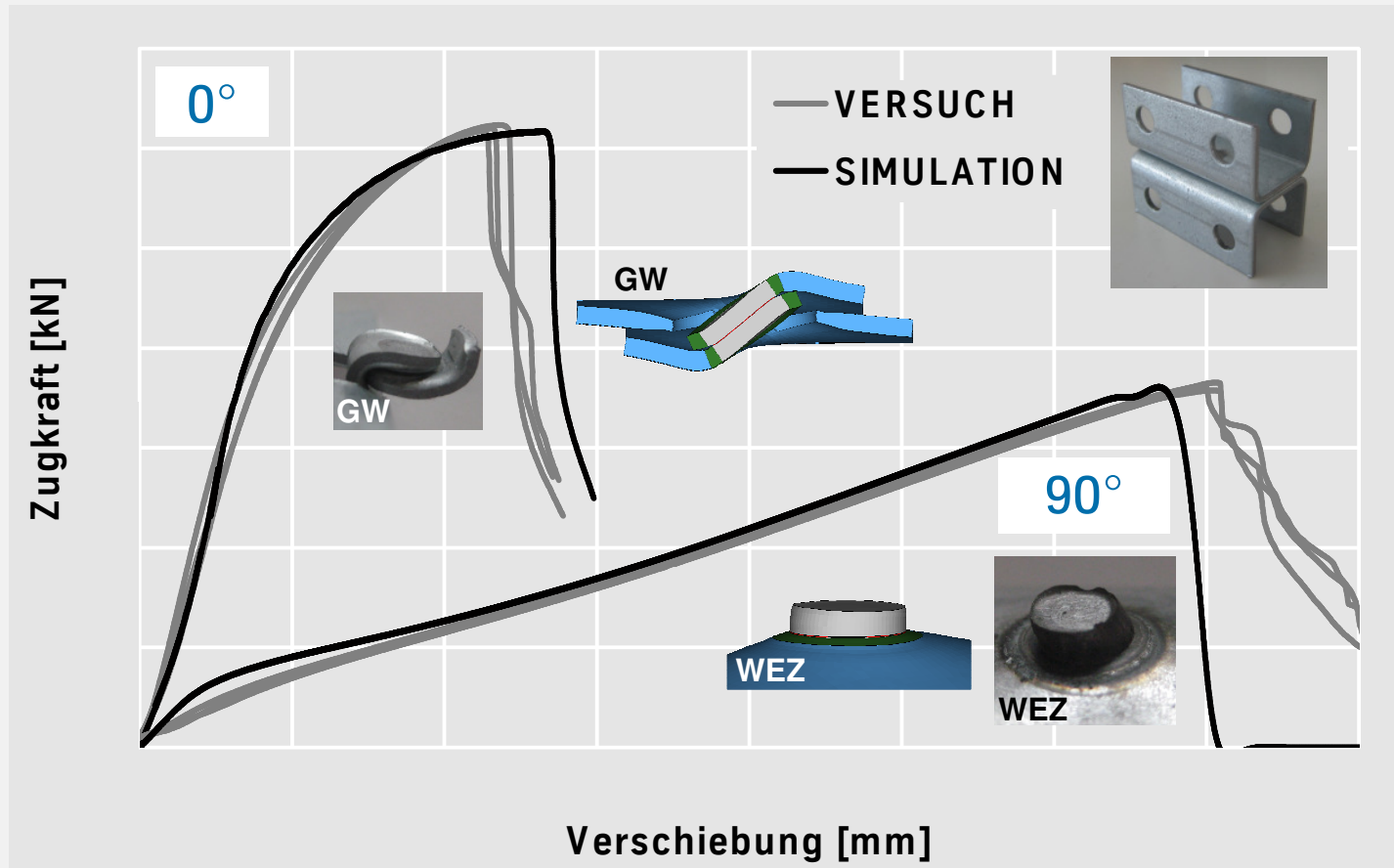
Verifikation DP-K 34/60+Z: statisches Versagensdiagramm



→ Berechnetes Versagensdiagramm in guter Übereinstimmung zum Experiment

Versagensprognose von Punktschweißverbindungen

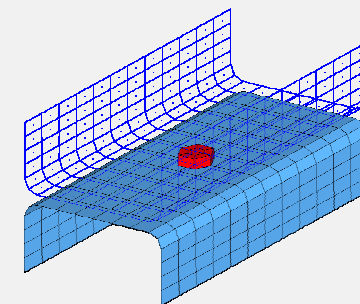
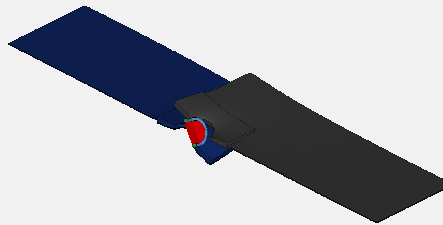
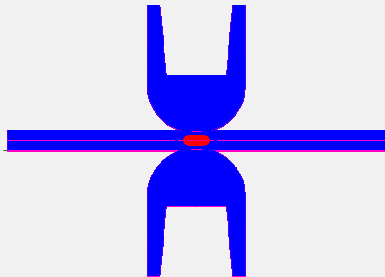
Verifikation DP-K 34/60+Z : KS2-Prüfung mit abweichender Blechdicke



→ Abweichende Blechdicke: Wechsel der Versagensart bei 0° wird richtig wiedergegeben

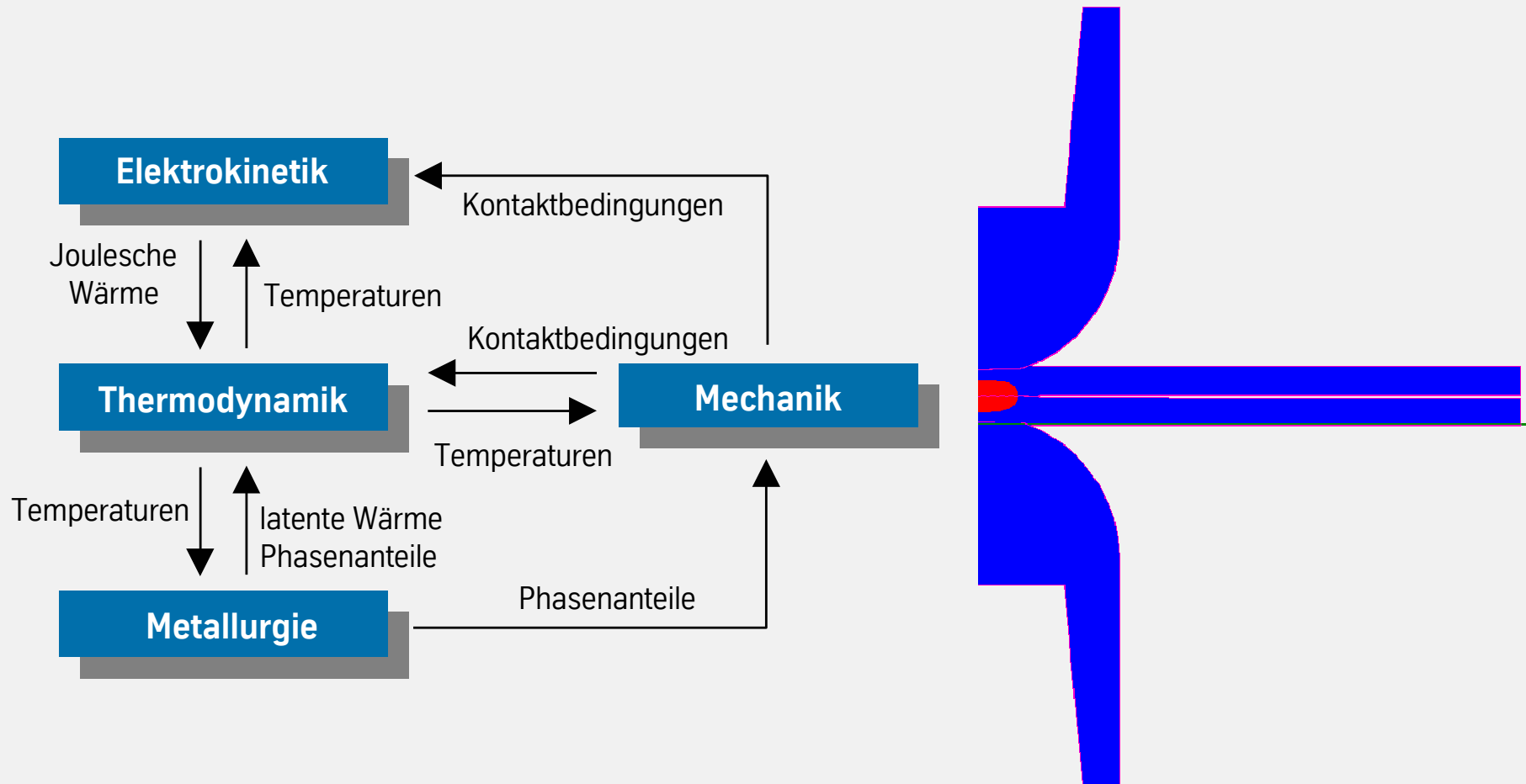
Inhalt

- Einleitung
 - Virtuelle Versagensprognose von Punktschweißverbindungen
 - Fügeprozesssimulation
 - Zusammenfassung
-



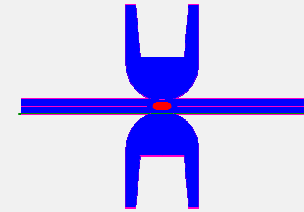
Fügeprozesssimulation

2D-Prozesssimulation des Widerstandspunktschweißens mit SYSWELD

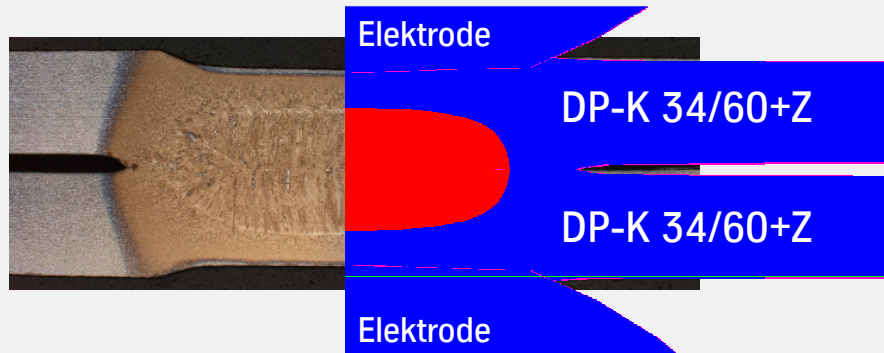


Fügeprozesssimulation

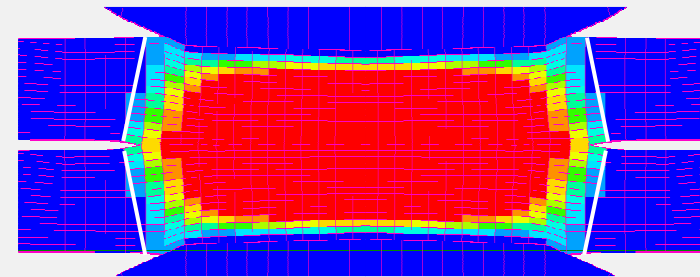
Verifikation: DP-K 34/60+Z



Schweißlinse



Gefügezone WEZ (Phasenanteile)



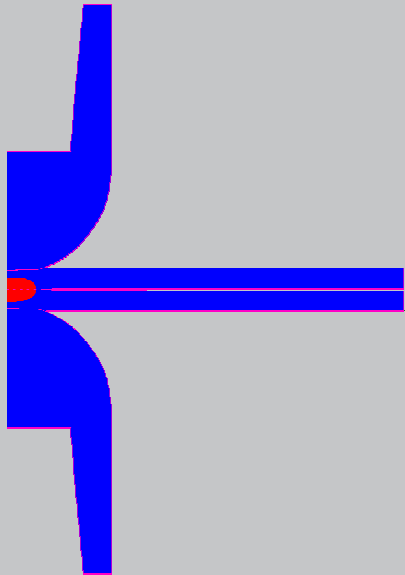
	Versuch	Simulation
Ø Schweißlinse [mm]	4,9	4,8
Schweißlinshöhe [mm]	1,8	1,8
Ø WEZ [mm]	7,4	7,4
Elektrodeneindruck [mm]	0,2	0,2

→ Erfolgreiche Verifikation der Gefügezonengeometrie und Verformungen

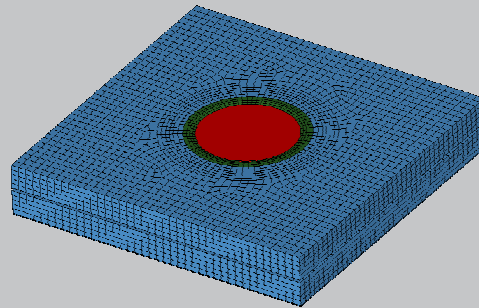
Fügeprozesssimulation

Durchgängige Prozesskette

SYSWELD



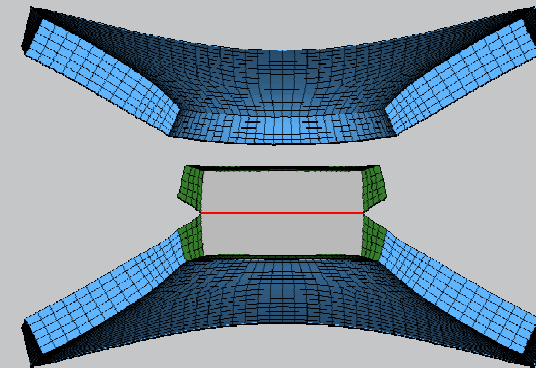
2D-3D Schnittstelle



Aktuelle Übertragungsgrößen:

- Verformungszustand
- Gefügezonengeometrie

LS-Dyna



→ **Ganzheitlicher Simulationsansatz zur virtuellen Versagensprognose**

Thema
Datum
Anlass
21

Ganzheitlicher Simulationsansatz zur Versagensprognose von Punktschweißverbindungen
LS-Dyna Update Forum 2009, Filderstadt, 12. November 2009
D. Pieronek (fka), R.P. Röttger (TKSE), A. Marx (DOC)
© TKSE 2009 · All rights reserved



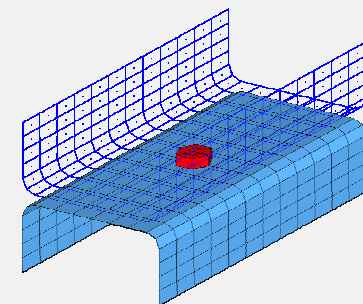
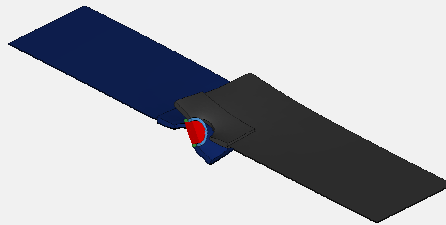
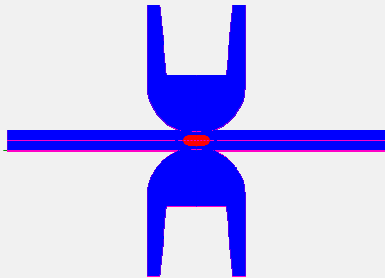
ThyssenKrupp Steel Europe



ThyssenKrupp

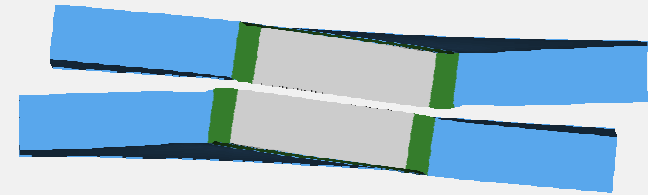
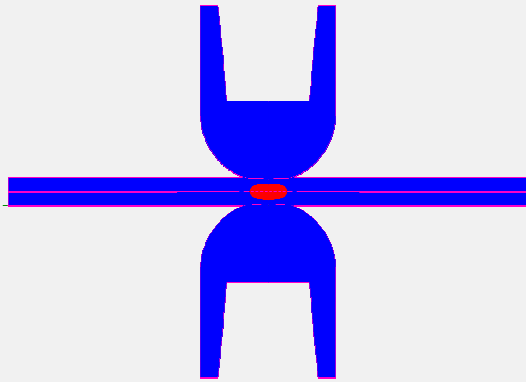
Inhalt

- Einleitung
 - Virtuelle Versagensprognose von Punktschweißverbindungen
 - Fügeprozesssimulation
 - Zusammenfassung
-

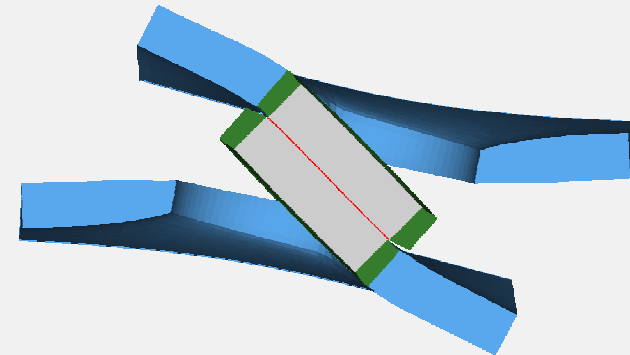
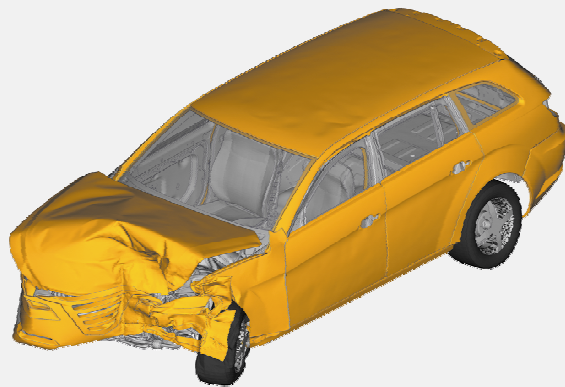


Zusammenfassung

- Entwicklung einer Simulationsmethode zur Prognose der Versagensart und Maximalkraft von Punktschweißverbindungen unter statischer Belastung
- Die Verifikation am Werkstoff DP-K 34/60+Z zeigt eine hohe Prognosegüte hinsichtlich des Verformungs- und Versagensverhaltens
- Eine verlässliche Versagensprognose durch das virtuelle Labor erfordert die Verwendung spezifischer Versagensmodelle für alle drei Gefügezonen
- Erweiterung der Simulationsmethode für dynamische Beanspruchungen
- Generelles Potenzial zur Reduzierung von Experimenten vorhanden
- Aufbau der virtuellen Prozesskette Fügen (SYSWELD) – Crash (LS-Dyna) von widerstandspunktgeschweißten Stahlblechverbindungen



Danke für Ihre Aufmerksamkeit.



Thema
Datum
Anlass
24

Ganzheitlicher Simulationsansatz zur Versagensprognose von Punktschweißverbindungen
LS-Dyna Update Forum 2009, Filderstadt, 12. November 2009
D. Pieronek (fka), R.P. Röttger (TKSE), A. Marx (DOC)
© TKSE 2009 · All rights reserved



ThyssenKrupp Steel Europe



ThyssenKrupp