

Optimierte Ergebnisse in der Umformsimulation durch fundierte Materialsimulation

└ **37. Jahrestreffen der Kaltmassivumformer 2024**

└ Dr.-Ing. Kristin Helas

└ 7. Februar 2024

Inhalt



EIN

Einleitung

1

Berechnungsmöglichkeiten im Rahmen der Materialsimulation

2

Zuverlässigkeit von Materialdaten und -modellen

3

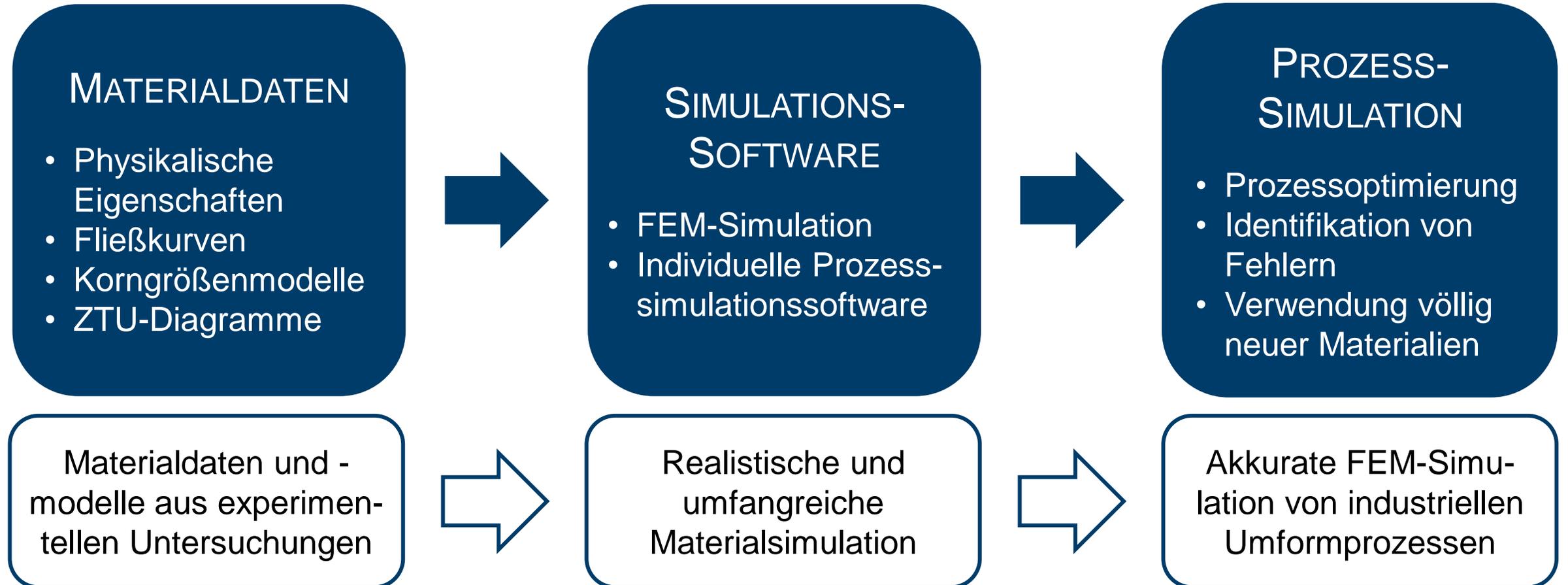
Materialsimulation im Arbeitsalltag: FEM-Simulation industrieller Umformprozesse

ZU

Zusammenfassung

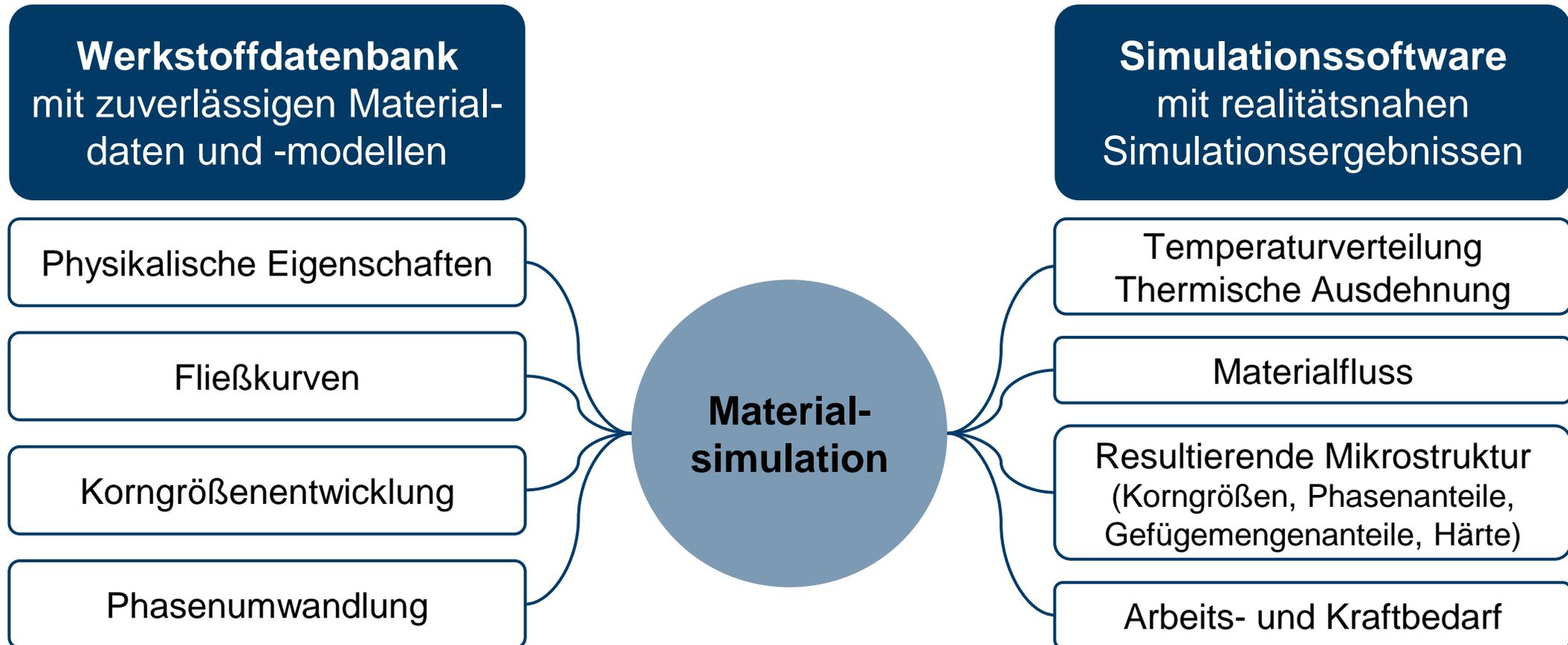
Einleitung

Warum benötigen wir zuverlässige Materialdatensätze?



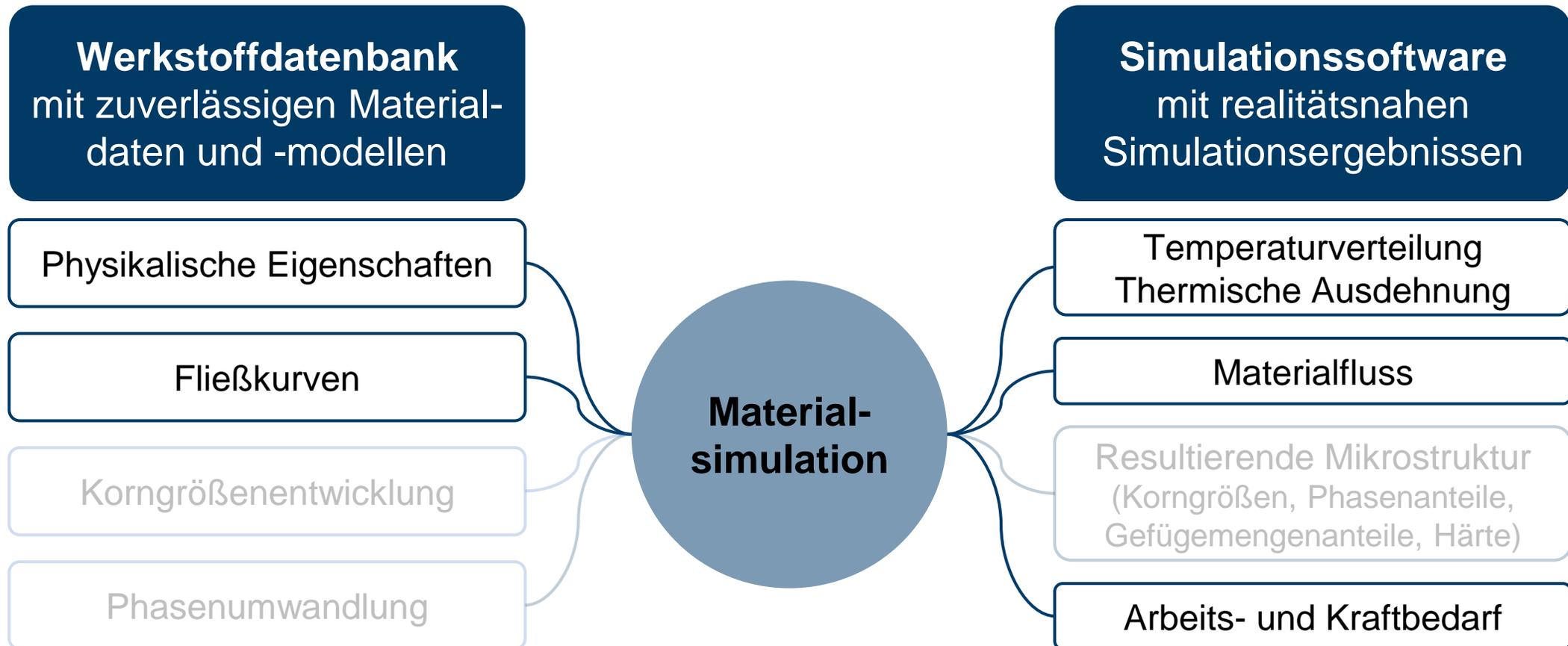
Einleitung

Beispiele für gängige Materialdatensätze für die Umformtechnik



1. Berechnungsmöglichkeiten i. R. d. Materialsimulation

Kaltumformprozesse

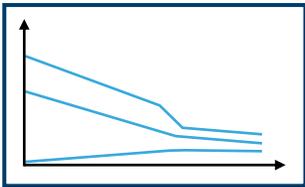


1. Berechnungsmöglichkeiten i. R. d. Materialsimulation

Kaltumformprozesse

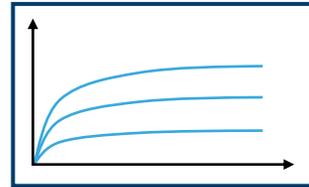
Eigenschaften

Für Stahl-, Ti-, Ni-, Al-,
Co-, Cu-, Zn-Legierungen



Fließkurven

Für Stahl-, Ti-, Ni-, Al-,
Co-, Cu-, Zn-Legierungen

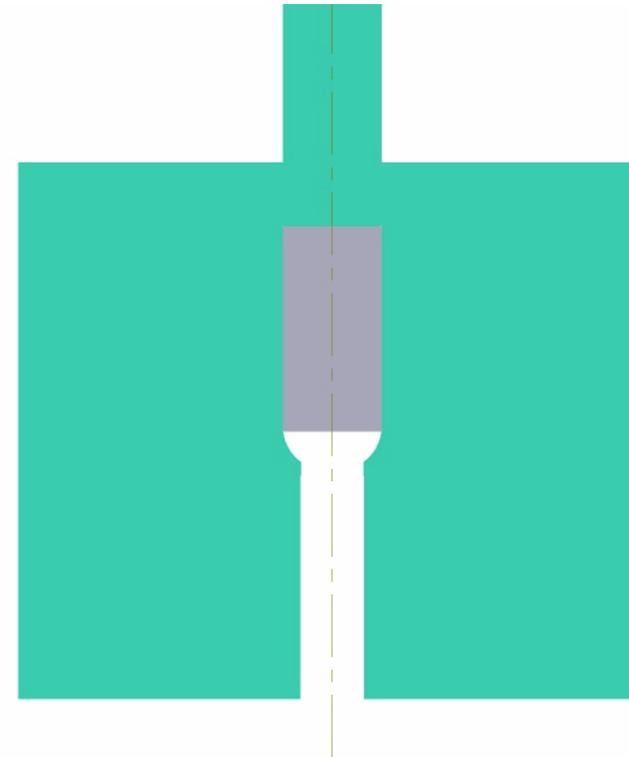


Temperaturabhängige Eigenschaften

- Dichte
- E-Modul
- Querkontraktionszahl
- Temperaturleitfähigkeit
- Wärmeausdehnung
- Wahre spezifische Wärme
- Wärmeausdehnungs-
koeffizient
- Spez. elektr. Widerstand

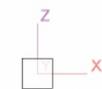
Fließkurvenfunktionen in Abhängigkeit von

- Temperatur
- Umformgrad
- Umformgeschwindigkeit



QForm UK 11.0.1
Operation [1]

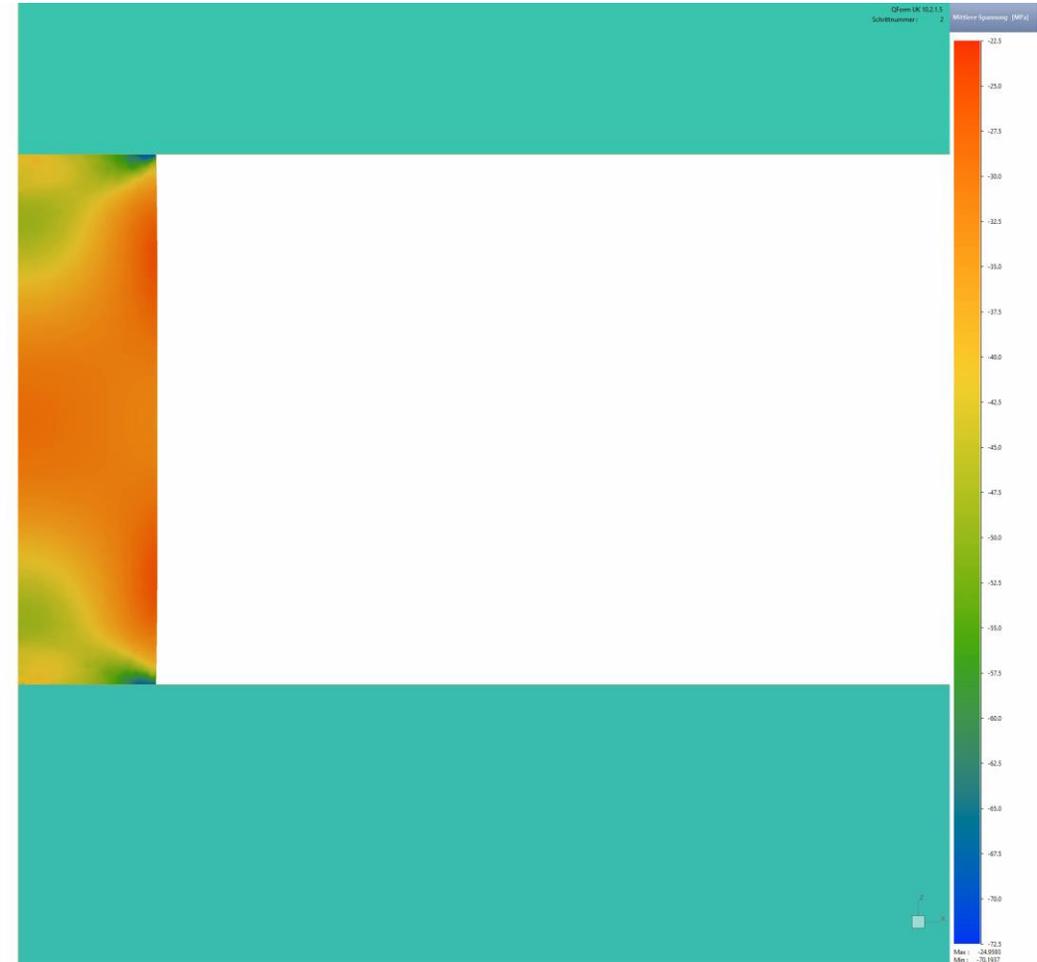
1. Fließpressen
2. Vorstauchen der
Schraubenkopfes
3. Vorformen des
Schraubenkopfes
4. Fertigformen des
Schraubenkopfes



2. Zuverlässigkeit von Materialdaten und -modellen

Wichtige Einflussfaktoren auf Fließkurven:

- Chemische Zusammensetzung
- Experimentelle Ermittlung und Gültigkeitsbereiche
 - Art der experimentellen Untersuchung (z. B. Zug- / Stauch- / Torsionsversuch)
 - Temperaturbereich
 - Umformgrad
 - Umformgeschwindigkeit
- Wärmebehandlungszustand
 - gewalzt
 - wärmebehandelt
- ...

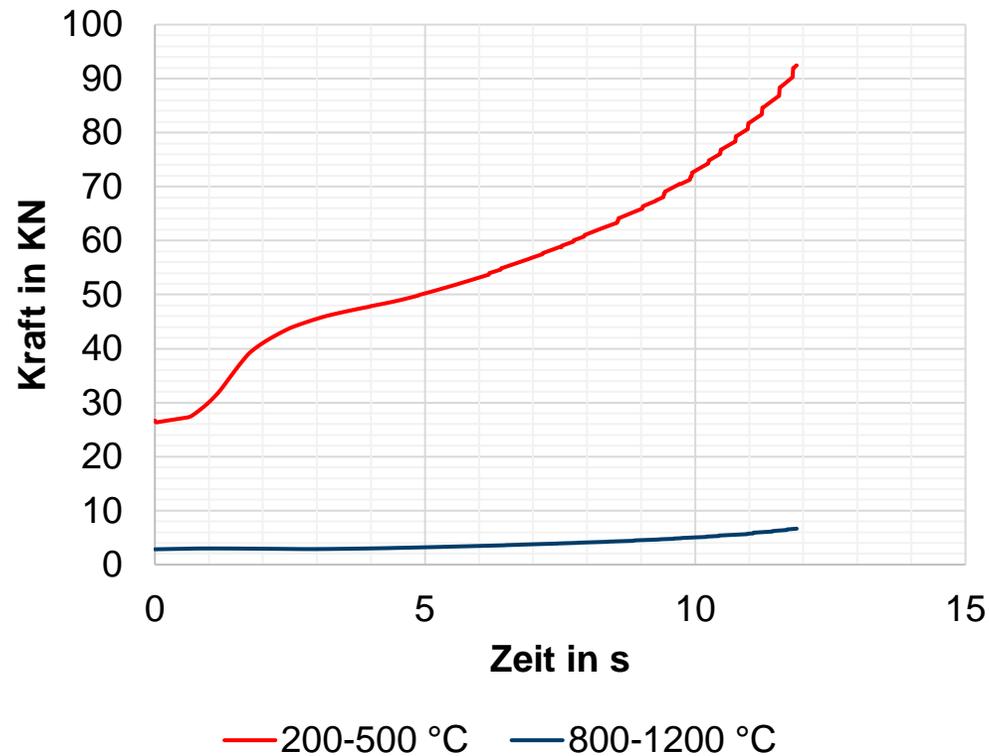


2. Zuverlässigkeit von Materialdaten und -modellen



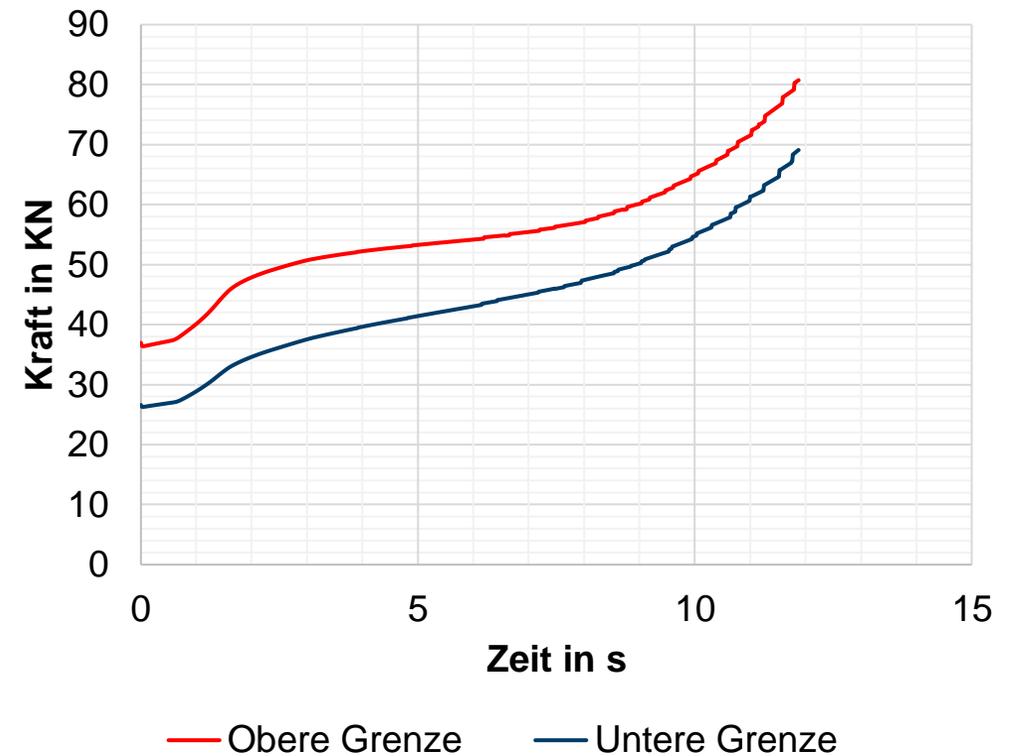
Temperatur

Ti6AlV4 / 3.7165, $T = 1000 \text{ °C}$, $\varphi = 0,9$, $\dot{\varphi} = 0,1 \text{ s}^{-1}$



Chemische Analyse

41Cr4 / 1.7035, $T = 500 \text{ °C}$, $\varphi = 0,9$, $\dot{\varphi} = 0,1 \text{ s}^{-1}$



2. Zuverlässigkeit von Materialdaten und -modellen

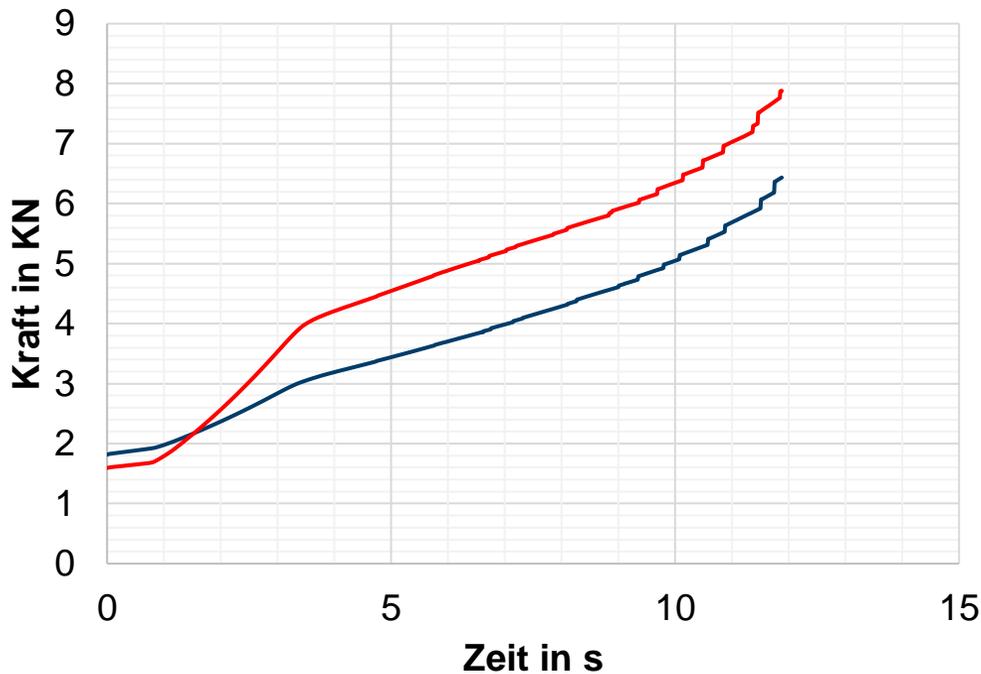


Spannungszustand

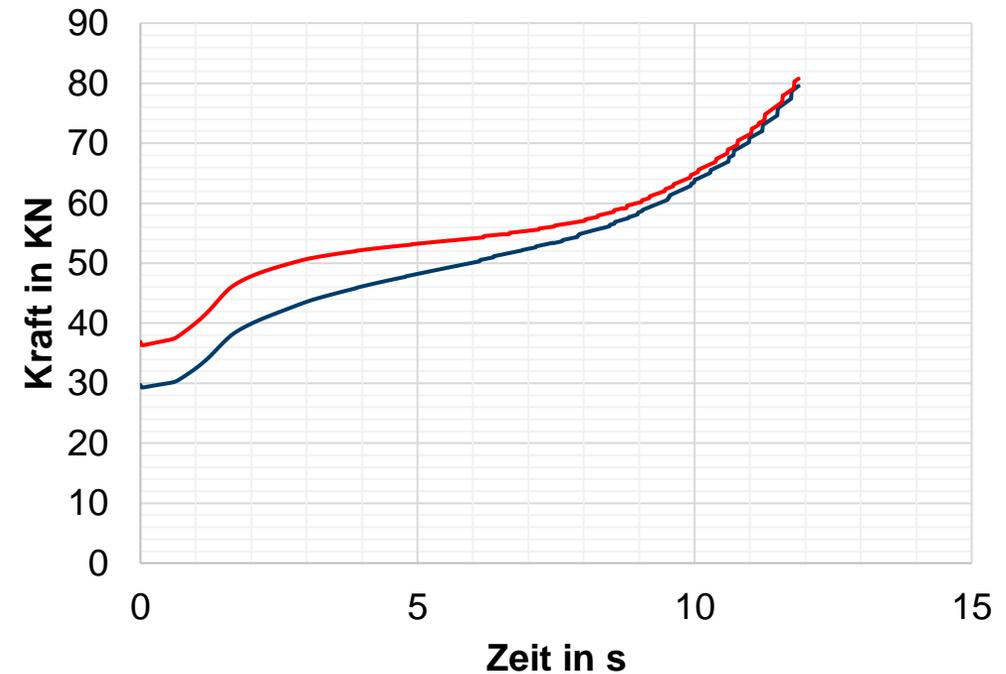
100Cr6, $T_{Sim} = 1000 \text{ °C}$, $\varphi = 0,9$, $\dot{\varphi} = 0,1 \text{ s}^{-1}$

Wärmebehandlungszustand

41Cr4, $T_{Sim} = 500 \text{ °C}$, $\varphi = 0,9$, $\dot{\varphi} = 0,1 \text{ s}^{-1}$



— Stauchversuch — Torsionsversuch



— weichgeglüht — gewalzt

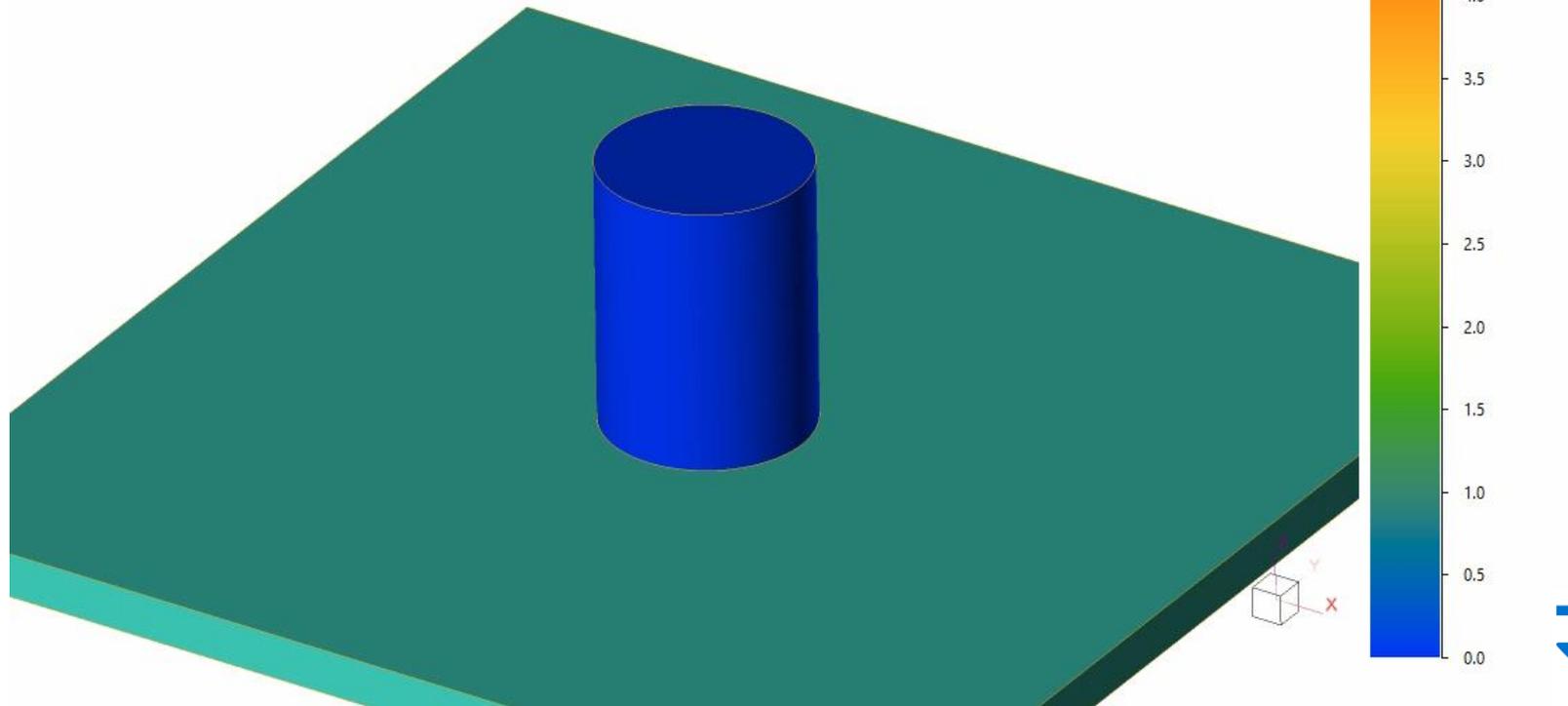
3. FEM-Simulation ind. Umformprozesse: Hammerschmieden



- Ziel: Realitätsnahe Simulation des Hammerschmiedens (42CrMo4)



In einem 2-stufigen
Herstellungsprozess
mit Stauchvorgang &
Hammerschmieden



Unser besonderer Dank
gilt der Firma Siepmann.



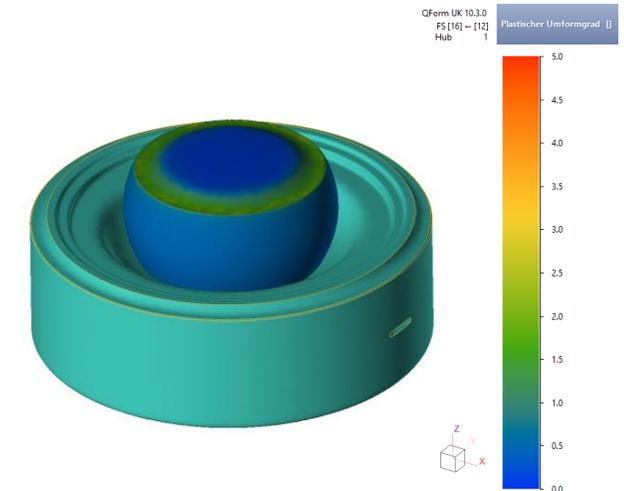
3. FEM-Simulation ind. Umformprozesse: Hammerschmieden



- Ziel: Realitätsnahe Simulation des Hammerschmiedens (42CrMo4)
- Aber: Standard-Fließkurven sind bei den hohen Umformgeschwindigkeiten nicht gültig!
- Optimierung der Fließkurvenparameter entsprechend den industriellen Prozessbedingungen

Ablauf:

1. Versuche an Stauchproben: Einzelne Hammerschläge werden mit maximaler Hammerkraft eingesetzt, Ausmessung der Probenhöhe
2. Gezielte Optimierung von Fließkurven-Parametern



Unser besonderer Dank gilt der Firma Siepmann.



3. FEM-Simulation ind. Umformprozesse: Hammerschmieden

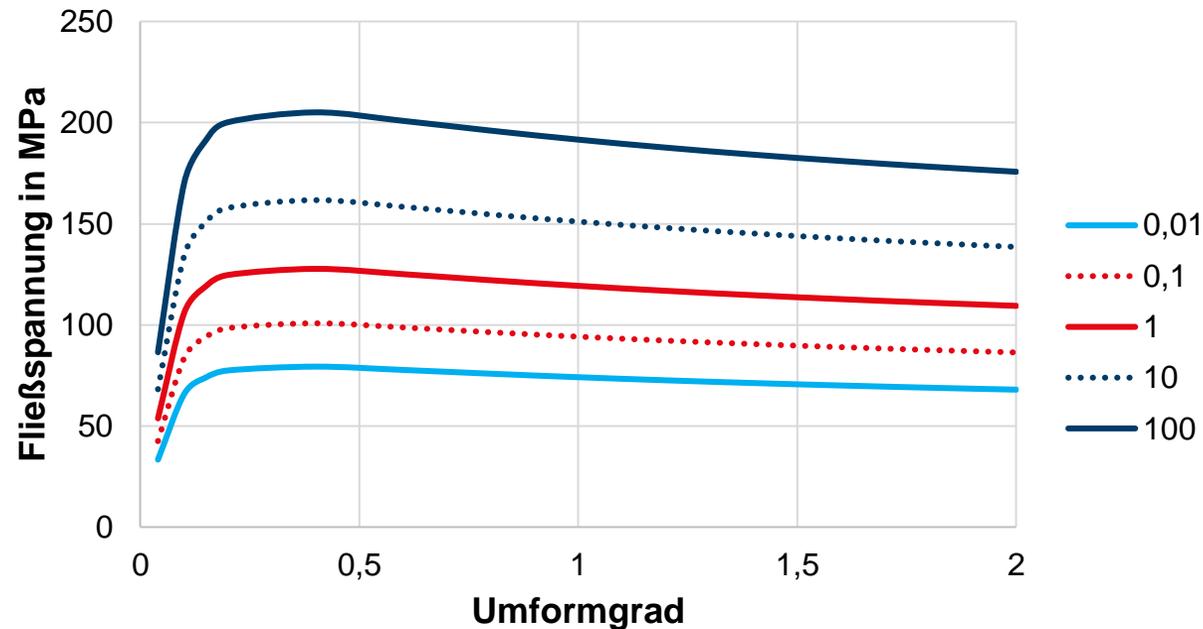


- Optimierung der Fließkurvenparameter entsprechend den industriellen Bedingungen (beispielhaft)

- Spittel Variante 1: $k_f = \underbrace{A}_K \underbrace{e^{m_1 T}}_{K_T} \underbrace{\varphi^{m_2} e^{\frac{m_4}{\varphi}}}_{K_\varphi} \underbrace{\dot{\varphi}^{m_3}}_{K_{\dot{\varphi}}}$

- Fließkurve:

- C45
- T = 1000 °C



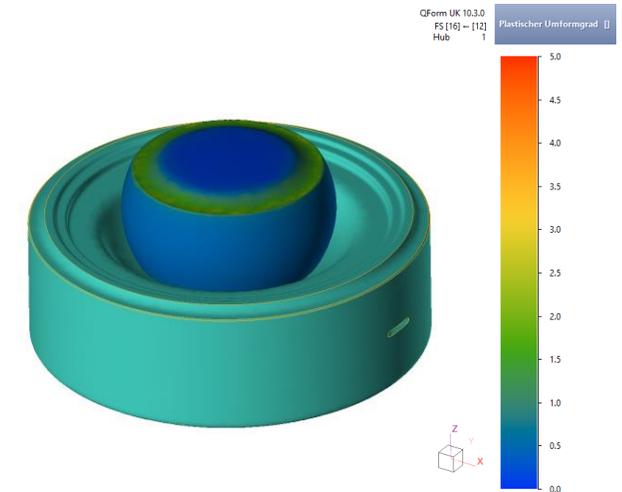
3. FEM-Simulation ind. Umformprozesse: Hammerschmieden



- Ziel: Realitätsnahe Simulation des Hammerschmiedens (42CrMo4)
- Aber: Standard-Fließkurven sind bei den hohen Umformgeschwindigkeiten nicht gültig!
- Optimierung der Fließkurvenparameter entsprechend den industriellen Prozessbedingungen

Ablauf:

1. Experimentelle Versuche an Stauchproben: Einzelne Hammerschläge werden mit maximaler Hammerkraft eingesetzt, Ausmessung der Probenhöhe
2. Gezielte Optimierung von Fließkurven-Parametern
3. Anwendung der optimierten Fließkurven-Parameter in der Simulation der einzelnen Hammerschläge und Realitätsabgleich
4. Berechnung der Gesamtanzahl der notwendigen Hammerschläge für die gesamte Prozesskette



Unser besonderer Dank gilt der Firma Siepmann.

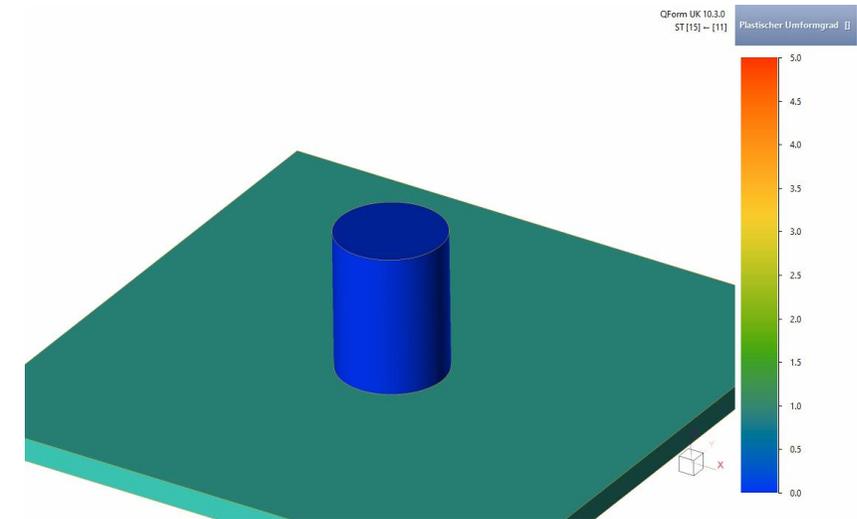
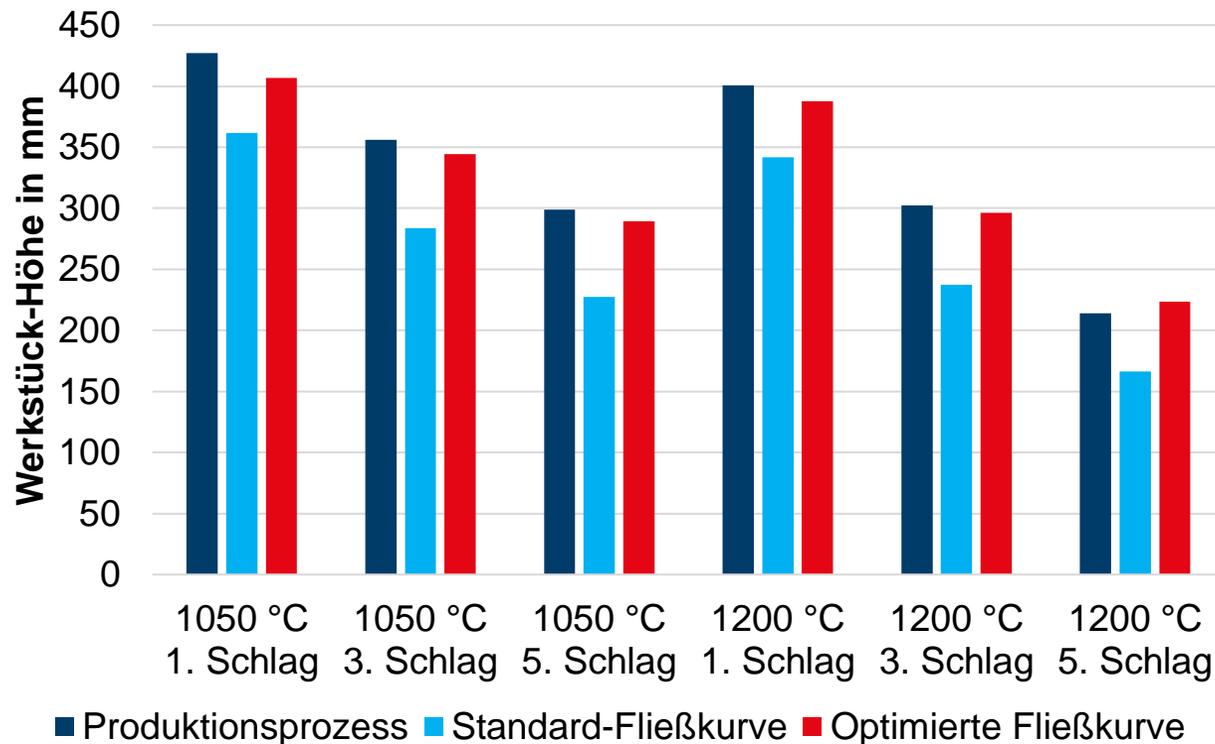


3. FEM-Simulation ind. Umformprozesse: Hammerschmieden



- Ziel: Realitätsnahe Simulation des Hammerschmiedens (42CrMo4)
- Ergebnis: Nutzung der optimierten Fließkurvenparameter in der FEM-Simulation für die gesamte Herstellungskette

In einem 2-stufigen
Herstellungsprozess
mit Stauchvorgang &
Hammerschmieden



Unser besonderer Dank
gilt der Firma Siepmann.



Zusammenfassung



Handlungsempfehlungen für den Einsatz der Materialsimulation

Achten Sie bei der Auswahl geeigneter Materialdatensätze auf die folgenden Aspekte:

- Die Materialdatensätze sollten einfach in das Simulationsprogramm integrierbar und nutzbar sein. Dies kann über Schnittstellen oder den Import von Materialdatensätzen erfolgen.
- Es sollten Materialdatensätze passend zu der jeweiligen Legierung eingesetzt werden.
- Der Gültigkeitsbereich der Materialdatensätze sollte die Prozessfenster des industriellen Umformprozesses abbilden (Temperatur, Umformgrad, Umformgeschwindigkeit usw.).
- Der Spannungszustand aus den experimentellen Untersuchungen sollte den Materialdatensätzen zugeordnet sein. Idealerweise entspricht der Hauptspannungszustand im Umformprozess dem des experimentellen Tests.
- Materialdaten sollten mit entsprechendem Fachwissen bewertet und entsprechend den Prozessbedingungen mit Bedacht adaptiert werden.

Zusammenfassung

Kosten

Ungefähre Kosten für Materialdatensätze für Stahllegierungen

\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$
 \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$
 \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$
 \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$

Neuaufnahme des kompletten Eigenschaftsspektrums inkl. Erstellung der Werkstoffmodelle für eine Stahllegierung

\$

Erwerb von Materialdaten und -modellen für eine Stahllegierung

\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$

Lizenzgebühr für eine Werkstoffdatenbank mit Materialdatensätzen für zahlreiche Stähle

Zusammenfassung



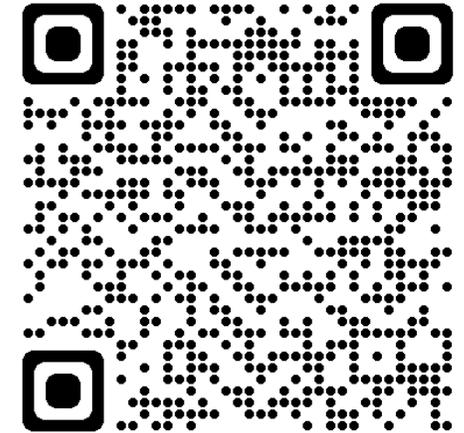
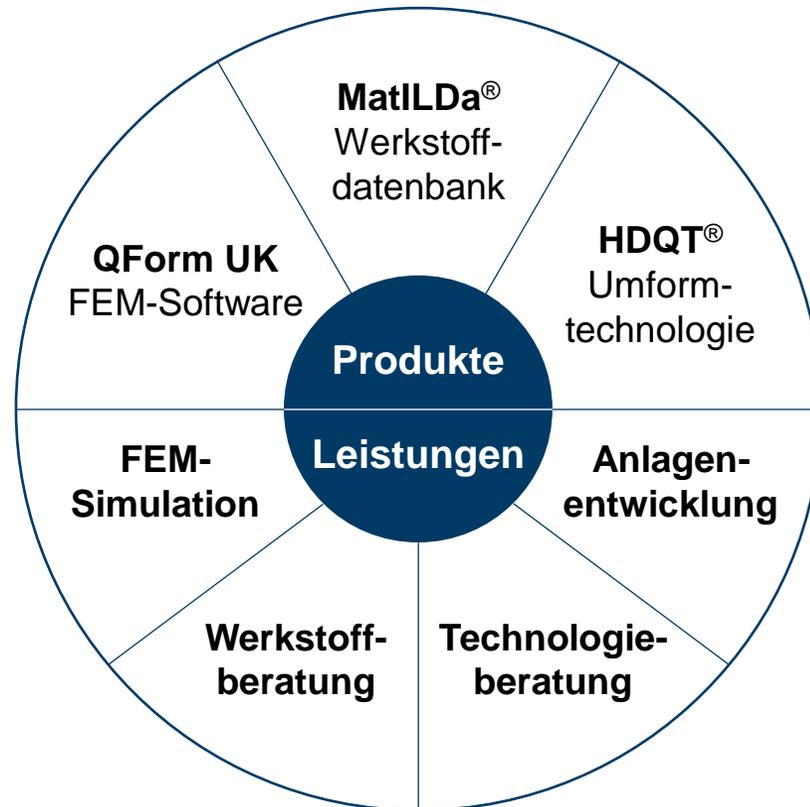
- Es besteht ein beträchtliches Optimierungspotenzial bei der Verwendung präziser Materialdaten.
- Folgende Vorteile können erzielt werden:
 - Optimierung von Simulationsprozessen durch die standardmäßige Verwendung zuverlässiger Materialdatensätze.
 - Realitätsnahe Berechnung vom Materialfluss sowie der benötigten Arbeit / Kräfte und resultierenden Spannungen.
 - Im Bereich der Warmumformung: Realistische Vorhersage der Mikrostruktur und mechanischen Eigenschaften nach Umformung.
- Die GMT möchte die Materialsimulation für Industrieanwender zugänglich machen. Sie kann genutzt werden, um diverse Umform- und Wärmebehandlungsprozesse mit Hilfe der FEM-Simulation zu analysieren.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Nutzen Sie die Möglichkeiten der Materialsimulation bereits?
 Welche Anwendungsbereiche sehen Sie für die Materialsimulation?



Partner der Metallindustrie



Dr.-Ing. Kristin Helas
 +49 174 1609069
 kristin.helas@gmt-berlin.com
www.gmt-stahl.de