



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR WERKSTOFFMECHANIK IWM  
WÖHLERSTRASSE 11 | 79108 FREIBURG

Lukas Kertsch | Telefon +49 761 5142-479 | lukas.kertsch@iwm.fraunhofer.de  
Dr. Dirk Helm | Telefon +49 761 5142-158 | dirk.helm@iwm.fraunhofer.de  
www.iwm.fraunhofer.de/umformprozesse

## SIMULATION VON WÄRMEBEHANDLUNGSPROZESSEN

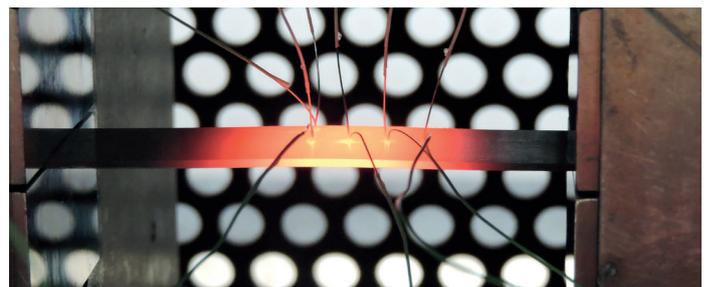
Die Wärmebehandlung ist ein unverzichtbarer Bestandteil von Prozessketten in der Metallverarbeitung. Dabei werden das Gefüge und die thermomechanischen Eigenschaften von Halbzeugen und Bauteilen gezielt eingestellt. Beispielsweise ermöglicht erst Rekristallisation nach dem Kaltwalzen von Blechwerkstoffen weitere Kaltumformschritte wie z.B. das Tiefziehen. Eine andere Art der Wärmebehandlung ist das Auslagern ausscheidungsgehärteter Werkstoffe, bei dem gezielt festigkeitssteigernde Teilchen einer anderen Phase ausgeschieden werden.

### Durch Simulation Prozesse verstehen und optimieren

Mithilfe unserer effizienten Simulationsmethoden für die Gefügeentwicklung unterstützen wir Sie, Wärmebehandlungsprozesse zu verstehen und optimieren. Unsere Methoden erfassen die folgenden Aspekte:

- Rekristallisation
- Erholung
- Kornvergrößerung
- Entwicklung der Korngrößenverteilung
- Ausscheidungsbildung
- Entwicklung mechanischer Eigenschaften

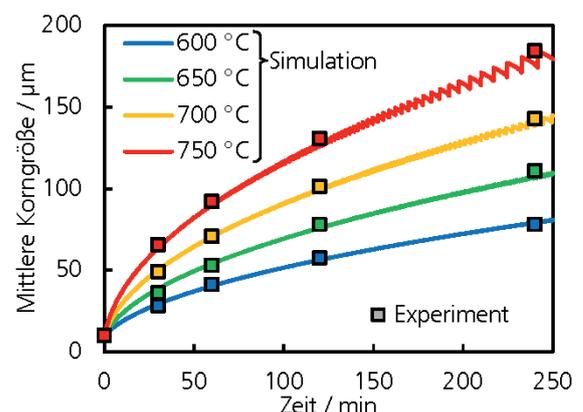
Im Gegensatz zu vielen etablierten Modellen können wir mit unseren Methoden einen weiten Prozessbereich erfassen, ohne diese neu anzupassen. Für die Anwendung der Modelle auf ein bestimmtes Material können wir die Parameter mithilfe thermomechanischer und thermophysikalischer Messmethoden sowie metallographischer Verfahren experimentell ermitteln.



1 Versuch zur Nachstellung eines Wärmebehandlungsprozesses in der Prüfeinrichtung »Gleeble 3150«.

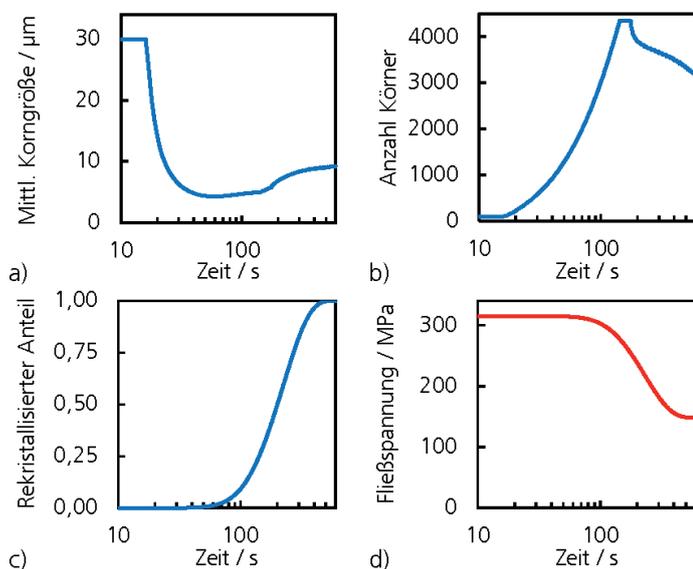
### Anwendungsbeispiele für die Simulation

Abbildung 2 zeigt das Vergrößerungsverhalten von Kupfer während der Wärmebehandlung bei verschiedenen Temperaturen. Die durchgezogenen Linien stellen die Simulationsergebnisse dar, wohingegen die Datenpunkte aus Versuchen stammen. Es wird deutlich, dass das Modell das experimentell beobachtete Verhalten exzellent wiedergibt.



2 Simulation der Kornvergrößerung während der Wärmebehandlung von Kupfer und Vergleich mit experimentellen Ergebnissen (I. M. Ghauri et al.: J. Mater. Sci. 25, 1990).

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse einer Rekristallisationssimulation für ein kaltgewalztes Stahlblech dargestellt. Dabei zeigt a) die Entwicklung der mittleren Korngröße, b) die Anzahl der Körner im betrachteten Volumen, c) den rekristallisierten Volumenanteil und d) die Entwicklung der Fließspannung. Zu Beginn der Wärmebehandlung entsteht im stark kaltverformten Gefüge eine große Menge an kleinen unverformten Körnern, wodurch die mittlere Korngröße stark abfällt. Diese Rekristallisationskeime zehren das verformte Gefüge auf und vergrößern, wobei die Anzahl an Körnern nach ihrem Maximum wieder abfällt. Da die Kaltverfestigung abgebaut wird, nimmt mit fortschreitender Rekristallisation die Fließspannung deutlich ab.



3 Rekristallisation nach dem Kaltwalzen (Dickenreduktion um 70 %): Entwicklung der Korngröße (a) und der Anzahl der Körner (b), rekristallisierter Anteil (c), Entwicklung der Fließspannung (d).

#### Unsere Leistungen

- Entwicklung von Materialmodellen für Wärmebehandlungsprozesse
- Bereitstellung von Simulationswerkzeugen
- Simulation von Wärmebehandlungsprozessen
- Parameteridentifikation und Kalibrierung der Modelle mithilfe von Versuchen

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Schwerpunktprogramms 1713 »Strong coupling of thermo-chemical and thermo-mechanical states in applied materials« unter dem Geschäftszeichen HE 3096/7-1.

#### Sprechen Sie uns an!

##### Der erste Kontakt

Die Kooperation mit dem Fraunhofer IWM beginnt mit einem unverbindlichen Beratungsgespräch. Hier wird ausgelotet, welche Ziele erreicht werden können und wie der zeitliche und finanzielle Rahmen aussehen kann. Höchste Professionalität bei der Projektbearbeitung ist unabhängig von der Projektgröße.

##### Vertraulichkeit

Informationen des Auftraggebers werden streng vertraulich behandelt. Geheimhaltungsvereinbarungen sind auf Wunsch des Kunden gegebenenfalls Teil eines Kooperationsvertrags.

##### Qualitätsmanagement

Viele hundert erfolgreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte jährlich sowie ein zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem zeugen für eine an die Rahmenbedingungen der Industrie angepasste zuverlässige Projektbearbeitung. Die durch Umfragen bestätigte hohe Kundenzufriedenheit zeigt, dass das Fraunhofer IWM einen sehr guten Ruf genießt.