

Modellierung und Simulation der Ausscheidungskinetik mikrolegierter Kupferbasislegierungen

Ramona Lucy Henle (M.Sc.), Prof. Dr. Gerrit Nandi,
Wirtschaftsingenieurwesen

Projektbeschreibung

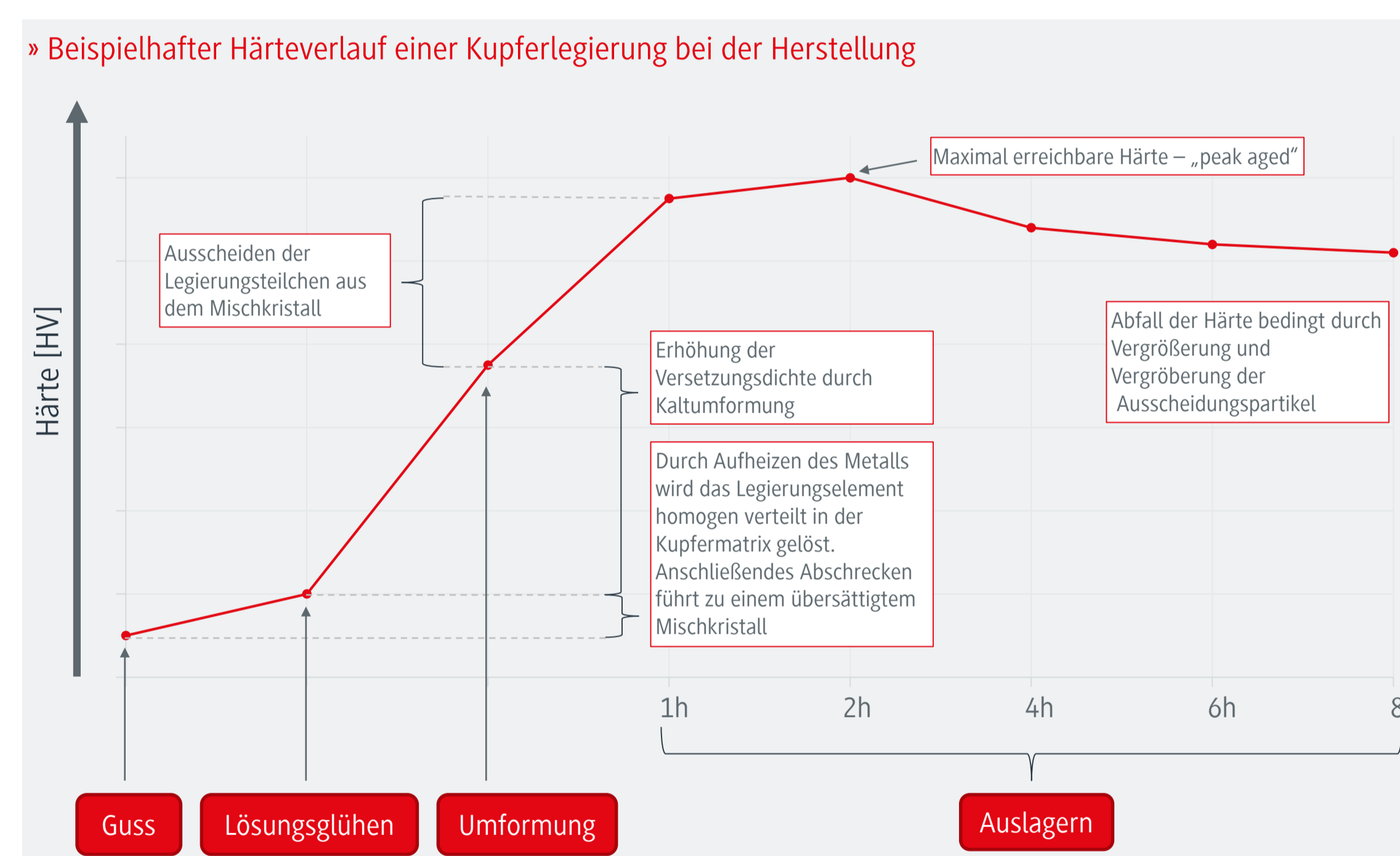
Mit dem zunehmenden industriellen Interesse an festigkeitsoptimierten Kupferlegierungen wird die Entwicklung mit Hilfe der computergestützten Simulation in der Werkstofftechnik immer wichtiger. Die Verwendung geeigneter mathematischer Modelle ermöglicht es die Materialeigenschaften einer Legierung abzubilden und im Vergleich zum klassischen Trial-and-Error Ansatz die Entwicklungszeit zu verkürzen. Um eine genaue Interpolation und Extrapolation von Daten zu ermöglichen müssen sie einerseits eine ausreichend starke physikalische Grundlage haben und andererseits mit experimentellen Daten validiert werden können. Jedoch fehlen oft, gerade bei neuartigen und wenig untersuchten Legierungskombinationen, wie beispielsweise der Kupfer-Scandium Legierung, Daten experimenteller Untersuchungen um die Ergebnisse zu validieren. Gleichwohl sind auch von bekannten Legierungen selten alle Werte bei bestimmten Herstellungs- und Wärmebehandlungsprozessen vorhanden. Beispielsweise sind deutlich weniger experimentelle Daten zu Härtewerten gegenüber der Messungen der Streckgrenze publiziert. [1]

Auf Basis der an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg am Standort Stuttgart durchgeführten Untersuchungen soll nun ein Modell entwickelt werden, welches die Härte der binären und ternären Cu + (Sc, Hf, Cr, Zr) mikrolegierten Kupferlegierungen abbildet.

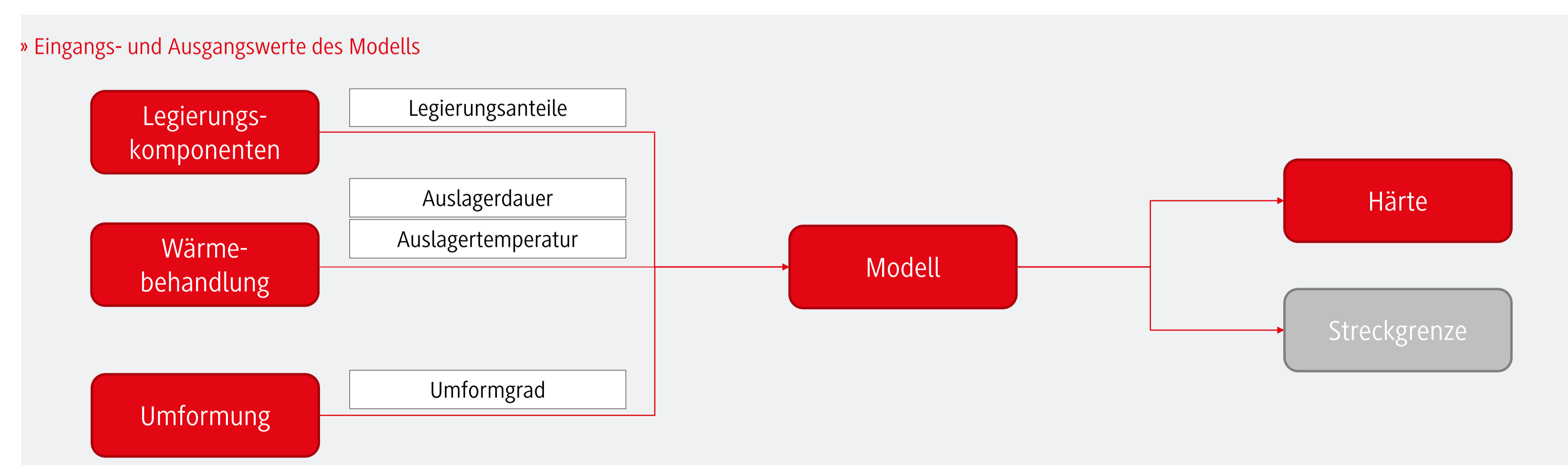
Für die untersuchten Kupferlegierungen soll hierbei die Berechnung der mechanischen Festigkeit im Vordergrund stehen. Diese ist ein Zusammenspiel der Effekte von Kornfeinung, Mischkristallhärtung, Versetzungshärtung und Ausscheidungshärtung. Die mechanische Festigkeit errechnet sich dann aus der Summation der Anteile der einzelnen Härtungsmechanismen. [2]

Vorgehensweise

Die Herstellung der Legierungen erfolgt in vier Schritten: Gießen, Lösungsglühen, Umformen und Auslagern, wobei nach jedem Prozessschritt die Härte der Legierungen ermittelt wird. Durch Aufsummieren der einzelnen Härtungseffekte während der Prozessschritte erhöht sich so die Härte der Legierung. Nach dem „peak aged“-Zustand während der Auslagerung fällt die Härte wieder ab. [3]



Die dabei relevanten Prozessparameter sind die chemische Zusammensetzung und der Legierungsanteil, der Umformgrad sowie die Dauer und Temperatur der Auslagerung. Da die Härtungsmechanismen in jedem Prozessschritt unterschiedlich stark zur Erhöhung der Härte beitragen, soll die Berechnung praxisnah für jeden Prozessschritt bei der Herstellung der Legierung erfolgen. Die einzelnen Härtungsmechanismen innerhalb der Prozessschritte werden separat behandelt und auf die jeweilige Legierung abgestimmt. Dabei soll unter Zuhilfenahme der thermodynamischen Datenbank der Software ThermoCalc basierend auf der CALPHAD Methode die Berechnungen der Phasen – und Legierungsanteile erfolgen.



Zielsetzung

Ziel ist die Entwicklung eines mathematischen Modells für binäre und ternäre Cu + (Sc, Hf, Cr, Zr) Legierungen, welches die mechanische Festigkeit für mikrolegierte Kupferwerkstoffe anhand eines praktischen Ansatzes berechnen kann. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Analyse der festigkeitssteigernden Parameter.

Ausblick

Die Anforderungen an neue Materialien steigen stetig, wobei gleichzeitig die Entwicklungszeit immer mehr reduziert werden soll. Um wertvolle Entwicklungszeit- und Kosten einzusparen, wird hierbei auf die computergestützte Simulation gesetzt, welche auch in den Materialwissenschaften ein wichtiger Bestandteil der Forschungs- und Entwicklungsarbeit ist. Die mit Hilfe von mathematischen Modellen berechneten Eigenschaften eines Metalls bei verschiedenen Herstellungs- und Wärmebehandlungsverfahren helfen so zukünftig den Materialbedarf senken und zur ressourcenschonender Entwicklung beitragen.

Kooperative Partner



Quellen

- Walbrühl, M., Linder, D., Ågren, J., Borgenstam, A.: Modelling of solid solution strengthening in multicomponent alloys. Journal of Materials Science and Engineering: A 700 (2017), S. 301-311
- Gottstein, G.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag 2014
- Dies, K.: Kupfer und Kupferlegierungen in der Technik. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag 2014

Kontakt

Duale Hochschule Baden-Württemberg Heidenheim

Ramona Lucy Henle
Marienstraße 20, 89518 Heidenheim
Ramona.Henle@dhbw-heidenheim.de