

## Thermomechanisch gekoppelte Prozessmodellierung mikrostruktureller Werkstoffmodifikationen

Teilprojekt M03 – Prof. Dr.-Ing. Stefanie Reese, Prof. Dr. rer. nat. Bob Svendsen

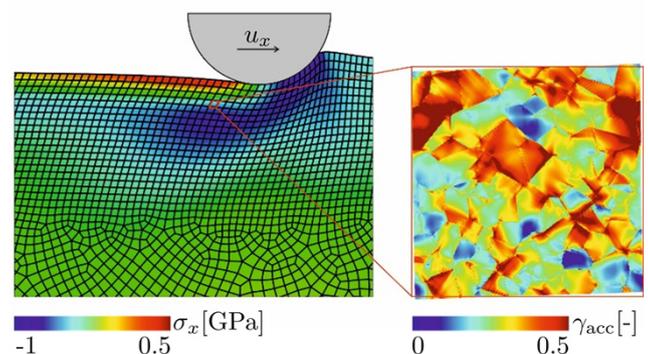
### Zielsetzung und Vorgehensweise

In Teilprojekt (TP) M03 wird ein thermomechanisch gekoppeltes Materialmodell [3] entwickelt, das die zwei für die Simulation relevanten Skalen, die Gefüge- und die Polykristallebene, in einem effizienten und numerisch robusten Ansatz miteinander verknüpft. Ziel ist es, sowohl die aus den Prozessen resultierenden Werkstückbeanspruchungen als auch die sich in der Mikrostruktur ergebenden Werkstoffmodifikationen zu erfassen. Dieser Zusammenhang liefert die wesentlichen Informationen für das Aufstellen von Prozesssignaturen.

### Aktueller Kenntnisstand

Das TP M03 hat sich zunächst mit der Entwicklung eines innovativen zweiskaligen Materialmodells [1, 5, 6] beschäftigt, das sowohl das Prozessverhalten als auch die Evolution der Mikrostruktur (z.B. die akkumulierte plastische Dehnung) beschreibt. Hierbei wird die Finite-Elemente-Methode auf der Polykristallebene mit der Fast-Fourier-Transform- und Phasenfeld-Methode auf der Gefügeebene gekoppelt. So konnte in Kooperation mit TP M01 der Prozess des Festwalzens zweiskalig simuliert werden (siehe Abbildung 1) [1]. In Kooperation mit TP F01, M01, C02 und C06 werden den resultierenden lokalen Beanspruchungen und Modifikationen die experimentellen Ergebnisse gegenübergestellt.

Um die Simulation auf Gefügeebene genauer und effizienter zu gestalten, wurde das Materialmodell um finite Deformationen [1] und um Methoden der Modellreduktion [2,4] erweitert.



**Abbildung 1:** Zweiskalige FE-FFT-basierte Simulation des Festwalzprozesses.

### Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen

Eine zentrale Herausforderung des Forschungsprojekts besteht darin, die entwickelte Methode für die im SFB/TRR 136 untersuchten Prozesse anwenden zu können. Daraus ergeben sich die Ziele von TP M03 für die dritte Förderperiode, die sich in die Themenbereiche Materialmodellierung, Effizienzsteigerung und Prozessmodellierung einteilen lassen. Auf der Basis experimenteller Untersuchungen von TP C02 wird ein versetzungsbasiertes Kristallplastizitätsmodell für eine exaktere Materialmodellierung vorgeschlagen. Kornveränderungen sollen mittels nicht-konservativer Phasenfelder abgebildet werden. Außerdem ist durch die Verwendung effizienter Algorithmen und Methoden der Modellreduktion eine deutliche Effizienzsteigerung zu erwarten, die zweiskalige Simulationen komplexer Prozesse ermöglichen soll. In Kooperation mit verschiedenen C-, F- und M-Projekten können somit reale Prozesse und die Abfolgen verschiedener Prozesse (Prozessketten) untersucht und verglichen werden.

### Veröffentlichungen

- [1] Gierden, C.; Kochmann, J.; Waimann, J.; Kinner-Becker, T.; Sölter, J.; Svendsen, B.; Reese, S.: *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.* 374 (2021), 113566. 10.1016/j.cma.2020.113566.
- [2] Gierden, C.; Waimann, J.; Svendsen, B.; Reese, S.: arXiv:2103.10203 (2021).
- [3] Gladkov, S.; Kochmann, J.; Reese, S.; Hütter, M.; Svendsen, B.: *J. Non-Equilib. Thermodyn.* 41(2) (2016), 131-139. 10.1515/jnet-2015-0062.
- [4] Kochmann, J.; Manjunatha, K.; Gierden, C.; Wulfinghoff, S.; Svendsen, B.; Reese, S.: *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.* 347 (2019), 622-638. 10.1016/j.cma.2018.11.032.
- [5] Kochmann, J.; Wulfinghoff, S.; Ehle, L.; Mayer, J.; Svendsen, B.; Reese, S.: *Comput. Mech.* 61 (2018), 751-764. 10.1007/s00466-017-1476-2.
- [6] Kochmann, J.; Wulfinghoff, S.; Reese, S.; Rezaei Mianroodi, J.; Svendsen, B.: *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.* 305 (2016), 89-110. 10.1016/j.cma.2016.03.001.