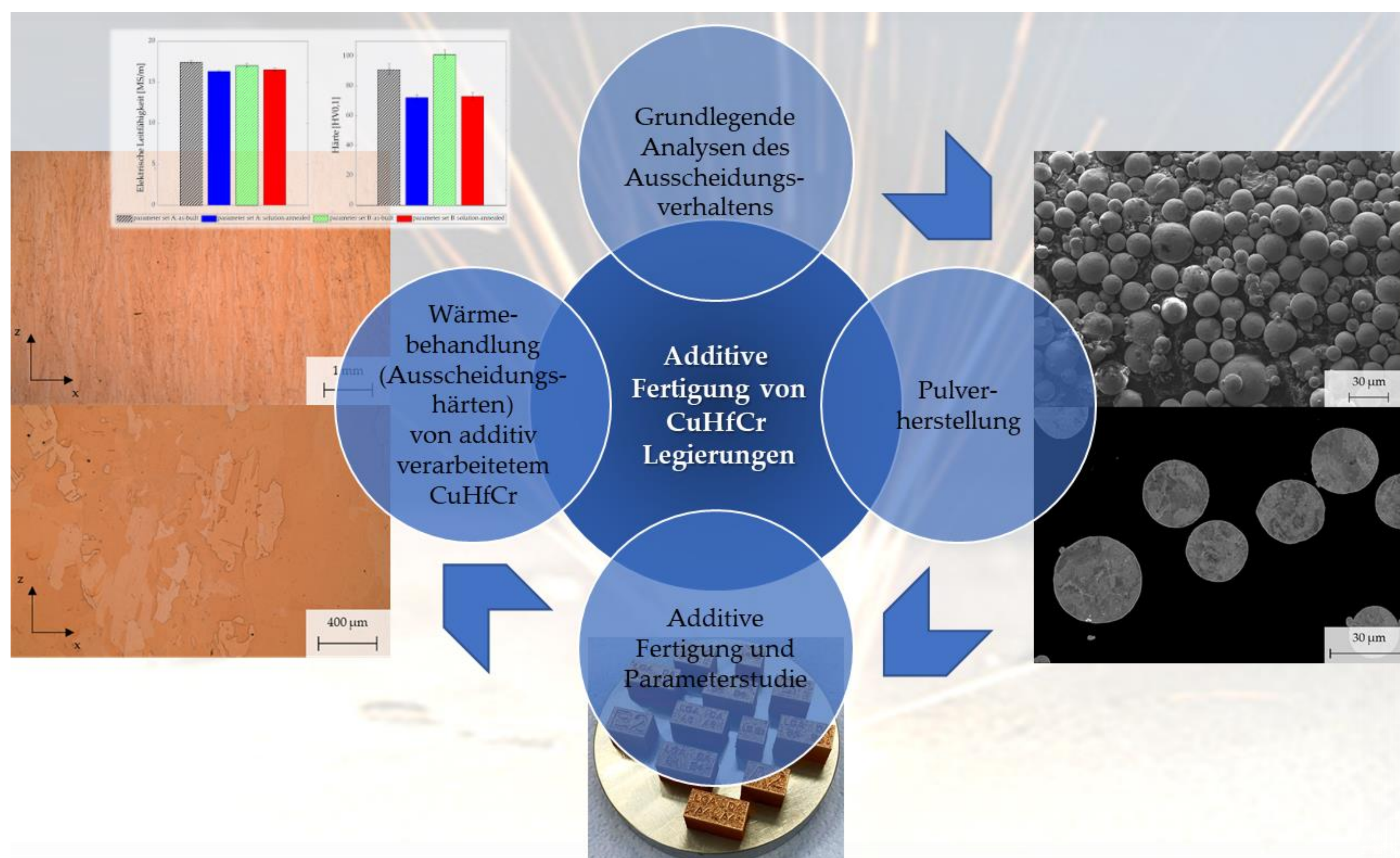


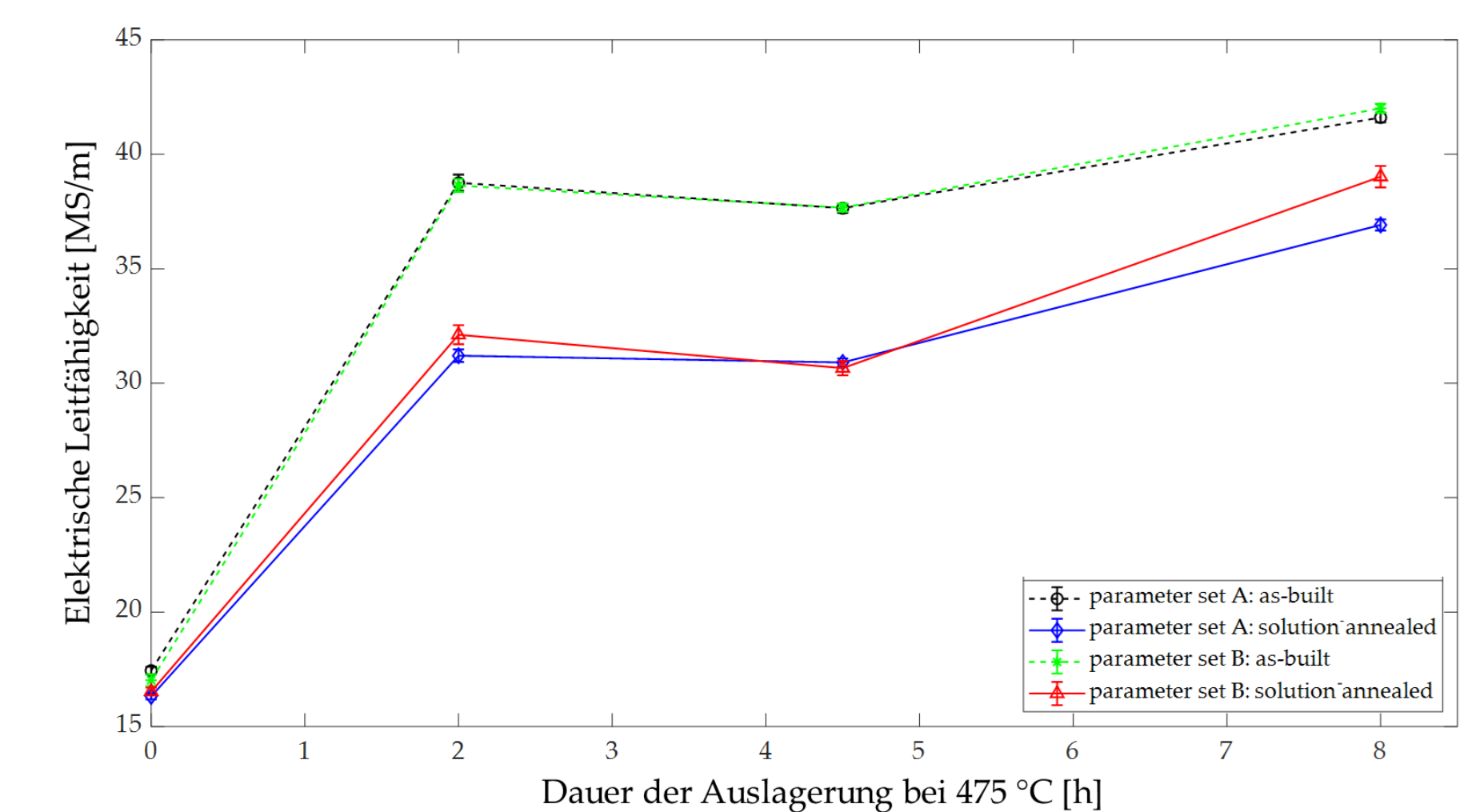
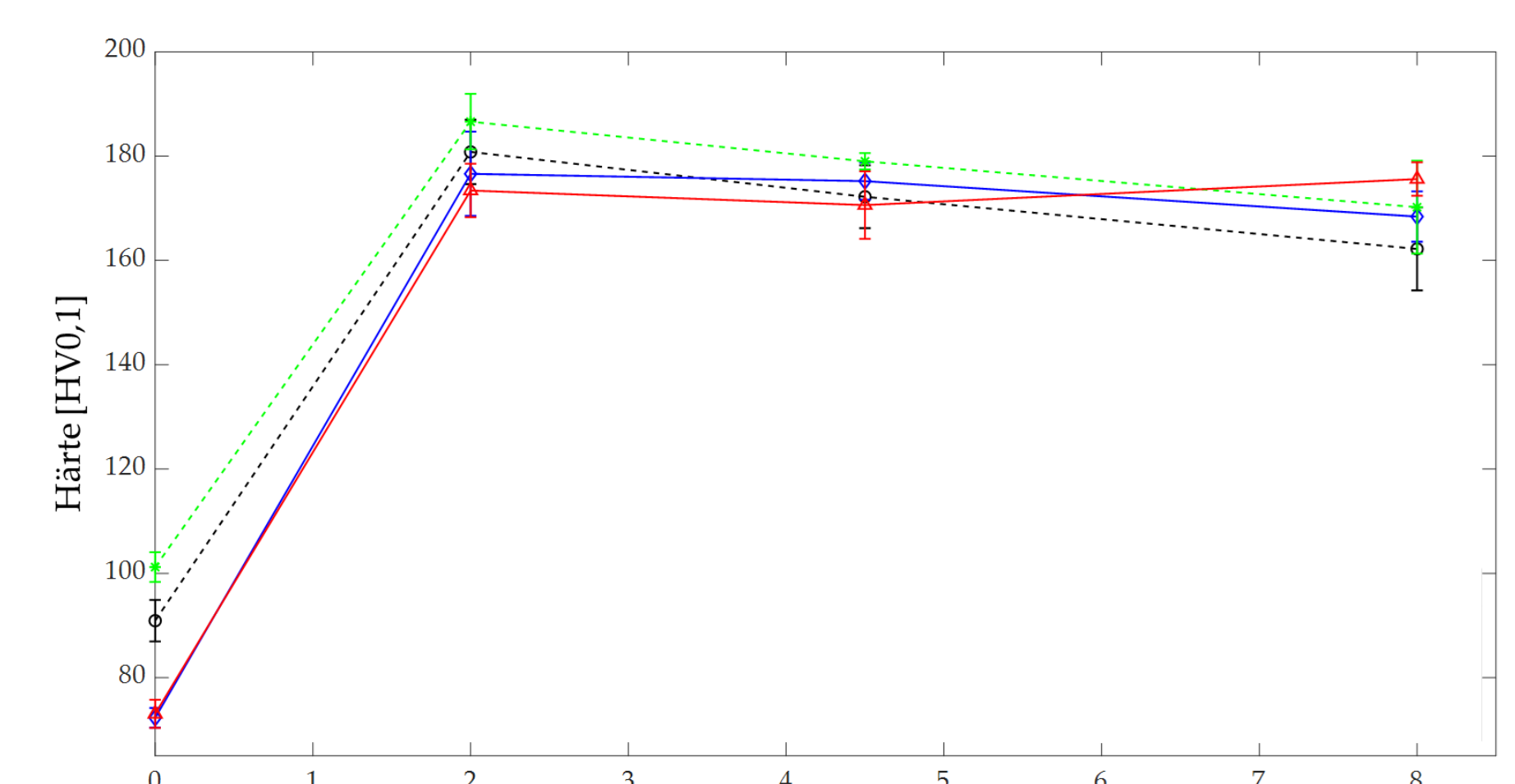
Additive Fertigung von ausscheidungsfähigen niedriglegierten Kupferlegierungen mit Chrom und Hafnium

Dölling, J.; Gruber, S.; Kovermann, F.; Stepien, L.; Beeh, E.; Lopez, E.; Leyens, C.; Wobker, H.-G.; Zilly, A.
Auszüge aus: Metals 2024, 14, 1304. <https://doi.org/10.3390/met14111304>



Wärmebehandlung zur Ausscheidungsreaktion:

Durch Auslagern bei 475 °C zeigt sich ein gutes Potenzial für die Ausscheidungshärtung, da durch eine übersättigte Mischkristalllösung sowohl die elektrische Leitfähigkeit als auch die Härte deutlich gesteigert werden können. Direkt gealterte Proben zeigen zunächst höhere Leitfähigkeiten, die sich mit längerer Alterung den lösungsgeglühten annähern. Die maximale Leitfähigkeit liegt bei ca. 47 MS/m.



Härte und elektrische Leitfähigkeit bei Auslagerung.

Auch die Härte steigt durch Alterung deutlich an und erreicht Spitzenwerte bis 187 HV. Lösungsglühung vor dem Altern führt zu stabileren Härtewerten nach längerer Behandlungsdauer.

Einleitung

Kupferlegierungen mit Chrom und Hafnium bieten die Möglichkeit der Ausscheidungshärtung und verbinden erhöhte Festigkeit mit hohen elektrischen und thermischen Leitfähigkeiten. Die Studie untersucht die additive Fertigung und die Auslagerungshärtung CuHf0,7Cr0,35 mittels PBF-LB/M. Ziel ist es, die mechanischen und elektrischen Eigenschaften dieser Legierung durch gezielte Wärmebehandlungen zu optimieren und diese in Beziehung zu additiv hergestellten Proben anderer Referenzlegierungen wie CuCr1Zr zu setzen.

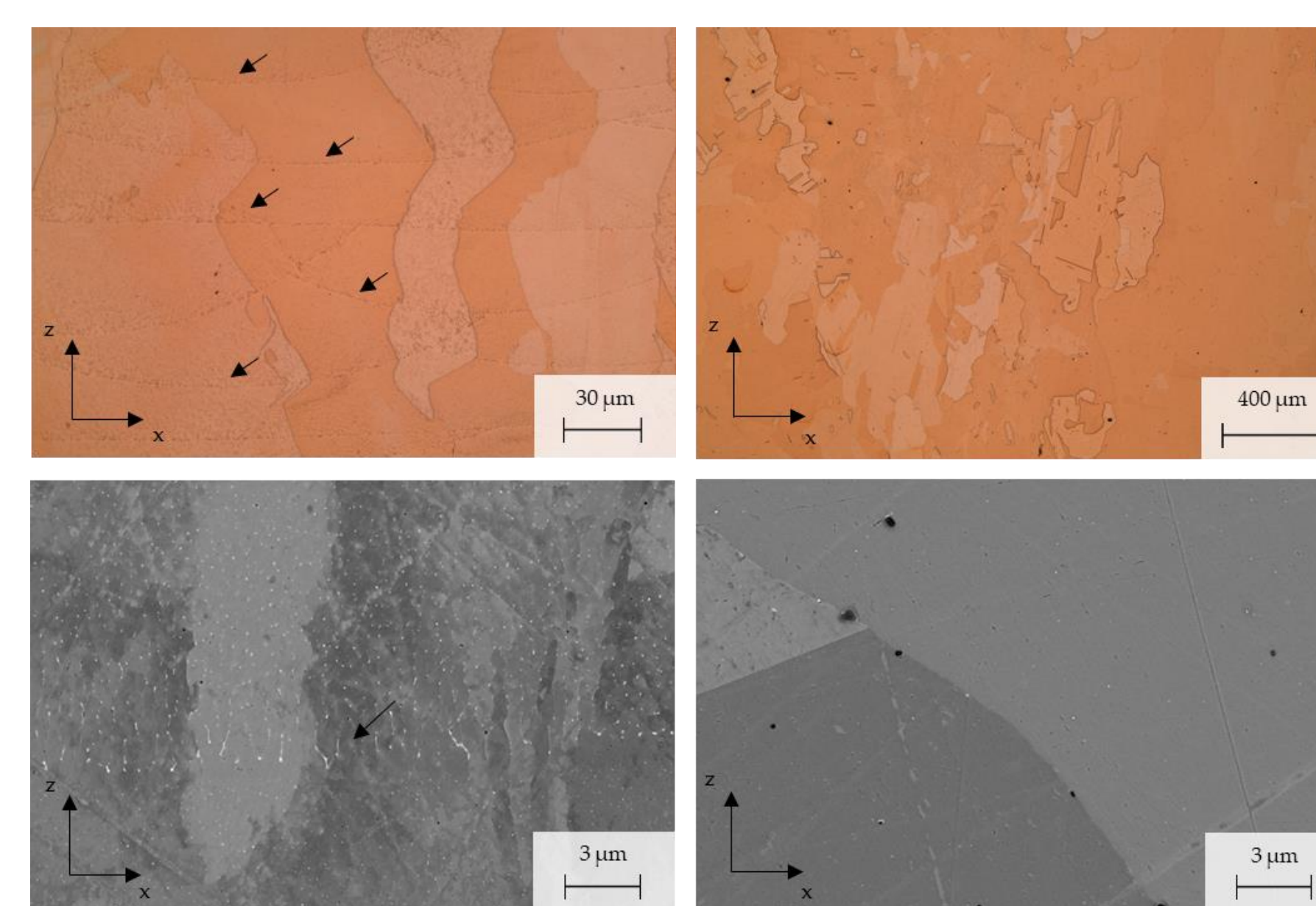
Methodik

- Legierung: CuHf0,7Cr0,35
- Herstellung: Gasverdüsung, Additive Verarbeitung mittels PBF-LB/M (515 nm, 500 W, Lasergeschwindigkeit 600 (Parametersatz A) sowie 1100 mm/s (Parametersatz B), hatch distance 150 µm, Schichtdicke 30 µm)
- Wärmebehandlungen: Lösungsglühen bei 970 °C und Auslagerung bei 475 °C
- Analyseverfahren: Partikelanalyse, Spektralanalyse, Dichtemessung, Metallografie, elektrische Leitfähigkeitsmessungen, Härte (HV0,1)

Ergebnisse

Pulver: Die Teilchengrößenverteilung des gasverdünsten CuHf0,7Cr0,35-Pulvers kann mit D10 von 13,24 µm, D50 von 32,54 µm und D90 von 55,53 µm in sphärischer Form beschrieben werden (Sphärizität 0,916). Das Pulver zeigt kaum agglomerierte Partikel, inneren Poren und die Mikrostruktur ist aufgrund hoher Abkühlraten sehr feinkörnig.

Additive Fertigung mittels PBF-LB/M: Beide Fertigungsparametersätze zeigen eine vergleichbare Dichte und ähnliche Härtewerte von etwa 100 HV0,1. Die elektrische Leitfähigkeit im as-built-Zustand liegt bei ca. 17 MS/m. Im direkten Vergleich der Parametersätze A und B zeigt sich, dass die gewählte höhere Laser-Scangeschwindigkeit (Parametersatz B: Laserscangeschwindigkeit von 1100 mm/s) vielversprechend für die industrielle Produktion ist (geringere Energiedichte birgt ein reduziertes Risiko hoher Schmelztemperaturen und Überhitzung und trägt effektiven Produktionsverfahren bei).



Metallografie des as-built (links) Zustands mit Schmelzspuren sowie lösungsgeglühten (rechts) und vollständig rekristallisierten Zustands.

Im lösungsgeglühten Zustand zeigen die Proben beider Parametersätze eine niedrigere elektrische Leitfähigkeit (Mittelwert zwischen den Parametern von 16,4 MS/m zu 17,2 MS/m) und verringerte Härte (Mittelwert von 96 HV zu 73 HV) durch die Auflösung intermetallischer Phasen aus dem as-built-Zustand.

Zusammenfassung

- Die additive Fertigung ermöglicht hohe Designfreiheit und komplexe Strukturen.
- Lösungshärtung und Alterung sind entscheidend für die Optimierung der mechanischen und elektrischen Eigenschaften.
- Vergleichbare Eigenschaften wie bei gegossenen Legierungen wurden erreicht, jedoch mit zusätzlichen Vorteilen durch die additive Fertigung.
- CuHfCr-Legierungen zeigen großes Potenzial für additive Fertigungsprozesse.
- Weitere Untersuchungen zur Prozessoptimierung und zum Verhalten bei hohen Temperaturen sind notwendig.
- Die Kombination von additiver Fertigung und gezielten Wärmebehandlungen kann die Eigenschaften dieser Legierungen weiter verbessern.