

Kompetenzzentrums für die ganzheitliche Qualitätsbeurteilung von Aluminiumschmelzen

(Dr. Thomas Pabel)

Das vierjährige Projekt AMCC (Aufbau eines Kompetenzzentrums für die ganzheitliche Qualitätsbeurteilung von Aluminiumschmelzen) wird von der FFG im Rahmen der Förderschiene „COIN-Aufbau“ gefördert und behandelt die Problematik, dass es durch Recycling und weltweiten Schrott- und Legierungshandel zunehmend zu einer Anreicherung von Spuren- und Begleitelementen in Leichtmetalllegierungen kommt. Material von unterschiedlichen Lieferanten oder auch Chargen führen in der Praxis zunehmend zu scheinbar unerklärlichen Prozess- und Qualitätsproblemen, da die Auswirkungen auf gießtechnologische und mechanische Eigenschaften sowie auf das Mikrogefüge unzureichend bis gar nicht bekannt sind. Quantitative Obergrenzen für Spurenelemente bzw. Werte für Elementkombinationen sind weder in Normen noch in wissenschaftlichen Arbeiten angeführt.

Grundlegende Ziele in der 1. Projektphase (Projektjahre 1 und 2) waren die Einflüsse einzelner Mikrolegierungselemente (z. B. Vanadium V, Titan Ti, Kalzium Ca, Zirkon Zr und Phosphor P) bzw. Kombinationen dieser Spurenelemente in Aluminiumlegierungen und deren Auswirkungen auf die Qualität von Aluminiumgussteilen zu erforschen. Aufbauend auf den Ergebnissen der 1. Projektphase lag in der 2. Projektphase (Projektjahre 3 und 4) der Fokus im Auf- und Ausbau eines Kompetenzzentrums für Schmelzemetallurgie und -beurteilung von Aluminiumlegierungen. Die Untersuchungen werden standardisiert und die Ergebnisse in die Schulungsunterlagen eingebaut.

Als Ergebnis sollten Grenzwerte und Toleranzen für einzelne Verunreinigungen definiert und festgelegt, aber auch praxistaugliche Untersuchungsmethoden entwickelt werden, die zum einen eine seriensichere Produktion von qualitativ hochwertigen Legierungen und Gussteilen unterstützen, aber auch schon beim Einkauf der Aluminiumlegierungen seitens der Gießereien berücksichtigt werden können. Die Zielgruppen sind Hersteller von Primär- und Sekundärlegierungen, Aluminiumform- und Stranggießer sowie die Umformindustrie und Gussanwender.

Im Projekt wurden auf Basis einer technisch reinen Legierung (Al Si7Mg0.3) folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Phasenberechnungen mittels ThermoCalc: Durch virtuelle Zugabe der Spurenelemente Ca, Ti, V und Zr (einzeln und als Kombination) wurde die Bildung von intermetallischen Phasen und deren Auswirkung auf das Gefüge untersucht.
- Abguss von Probestäben und technologischen Proben: Gießversuche im industrienahen Maßstab mit gezielter Zugabe von Spurenelementen.

- Ermittlung technologischer Eigenschaften: Fließfähigkeit, Warmrissempfindlichkeit, Lunkenneigung.
- Statische und dynamische Werkstoffprüfung: Zug- und Härteprüfung, Wöhlerkurve.
- Ermittlung thermophysikalischer Eigenschaften: spezifische Wärmekapazität, thermische Ausdehnung, Temperaturleitfähigkeit, Dichte, Wärmeleitfähigkeit.
- Metallographische Untersuchungen: SDAS, Korngröße.
- REM/EDX- und TEM-Untersuchungen: Analyse der intermetallischen Phasen in Zusammenarbeit mit dem ZfE Graz.
- Raman-spektroskopische Untersuchung in Kooperation mit dem ZfE Graz.
- Electron-Backscatter-Diffraction (EBSD)-Untersuchungen in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Gießereikunde der Montanuniversität Leoben.

Bei den Ergebnissen konnte eine sehr gute Korrelation zwischen der thermodynamisch berechneten Phasenbestimmung mittels ThermoCalc und den realen Abgüssen im industriellen Labormaßstab getroffen werden. Die Phasensimulation zeigte, dass es bereits durch geringe Spuren von Kalzium zur Bildung von intermetallischen $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{Ca}$ -Ausscheidungen kommt und durch Ti, V und Zr zur Bildung der intermetallischen Al_3M -Phase, wenn die Löslichkeitsgrenze im Aluminium überschritten wird. Die gießtechnologischen Eigenschaften verschlechtern sich signifikant mit zunehmendem Anstieg an Spurenelementen. Ebenso verschlechtern sich die thermophysikalischen Eigenschaften, die Zugfestigkeit und die Bruchdehnung mit dem Grad der Verunreinigung. Bei den Elementkombinationen sind in erster Linie Varianten mit Kalzium problematisch.

Die Ergebnisse des Projektes wurden unter anderem auf der größten europäischen Konferenz für Mikroskopie, dem European Microscopy Congress (2016) in Lyon (Frankreich) veröffentlicht sowie auf der 57. International Foundry Conference in Portorož (Slowenien) und auf der TMS Conference 2018, in Phoenix, Arizona USA präsentiert. Das Projekt stieß auf großes Interesse bei den Besuchern der Tagung und es konnten bereits Kontakte auf europäischer Ebene für Folgeprojekte geknüpft werden.

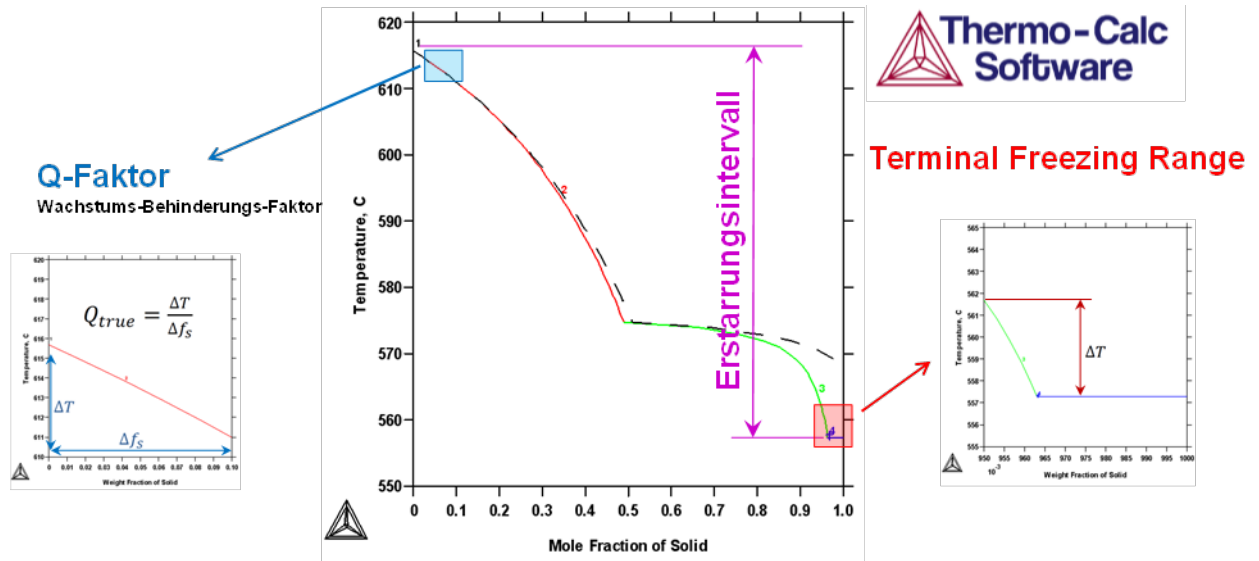


Bild 1: Thermodynamische Berechnung mittels ThermoCalc

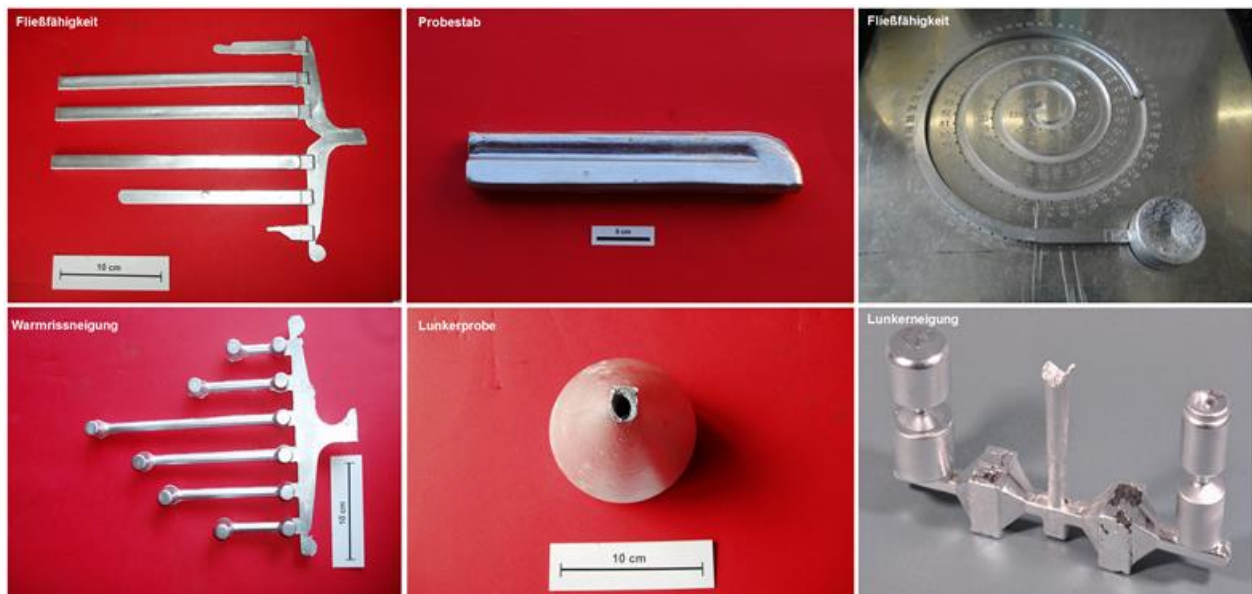
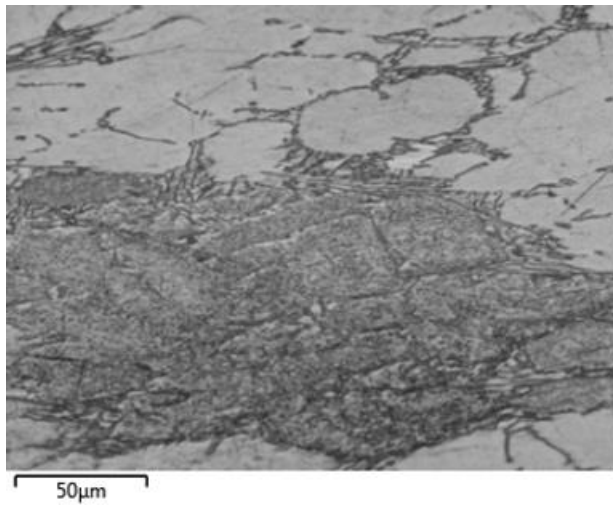
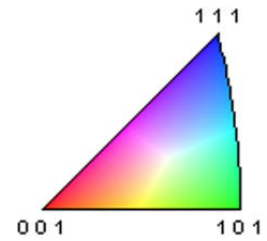


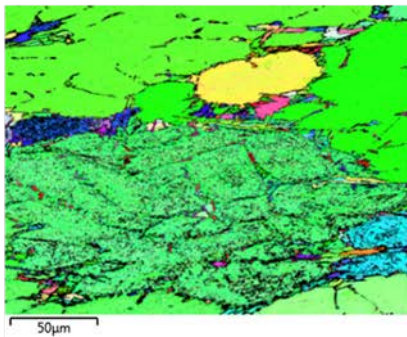
Bild 2: Technologische Abgüsse und Abgüsse der Probestabkockille



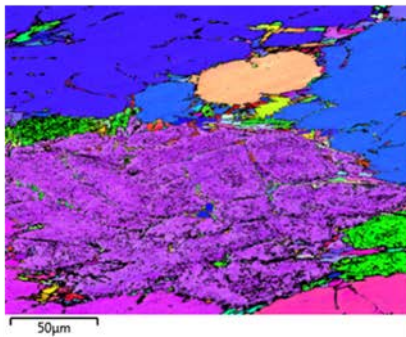
Farbcode zur Auswertung für kubische Materialien:



IPF x



IPF y



IPF z

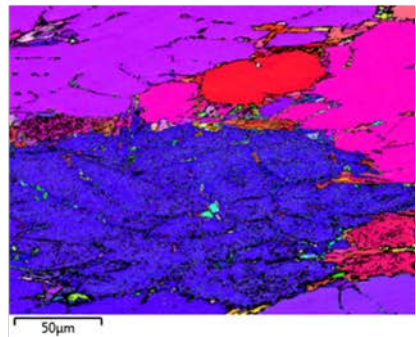


Bild 3: EBSD-Untersuchung, Inverse pole figure coloring, Referenzrichtungen X, Y und Z

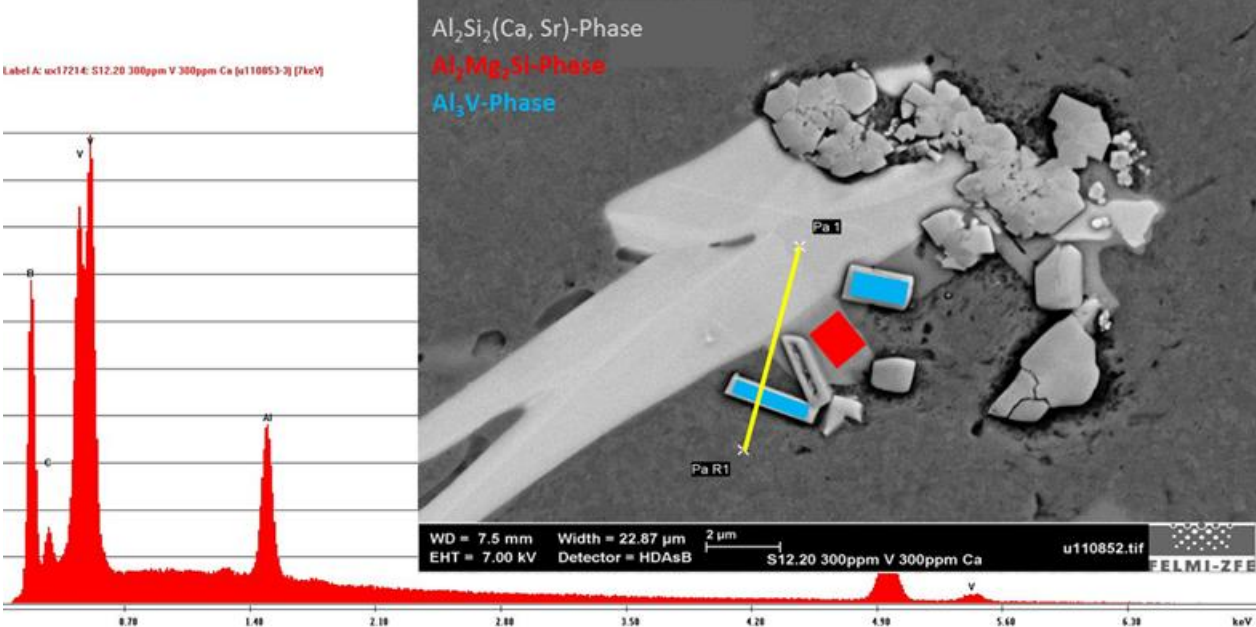


Bild 4: Probe S12.20, EDX-Analyse Al₂Mg₂Si-Phase, Lage der TEM- Probe (FIB cut)

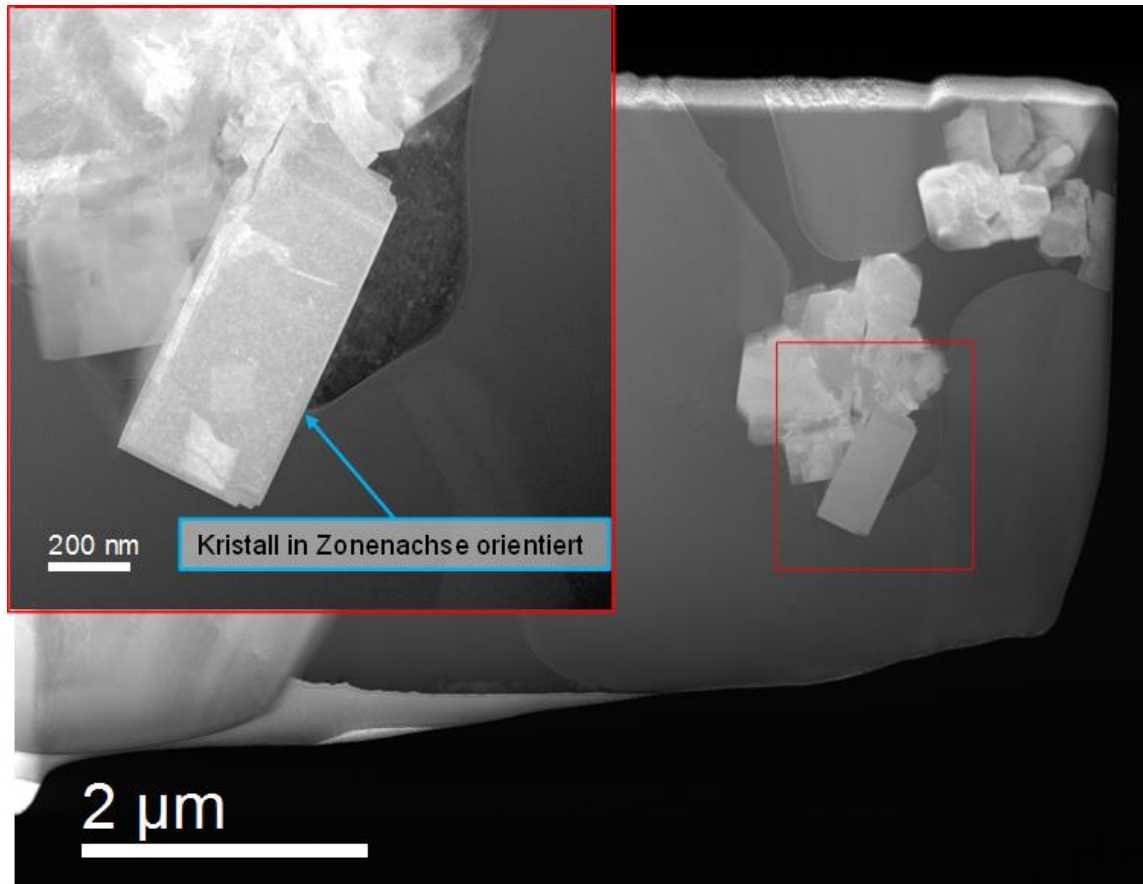


Bild 5: TEM-Untersuchung Probe S12.20, STEM HAADF Untersuchung (Z-contrast)

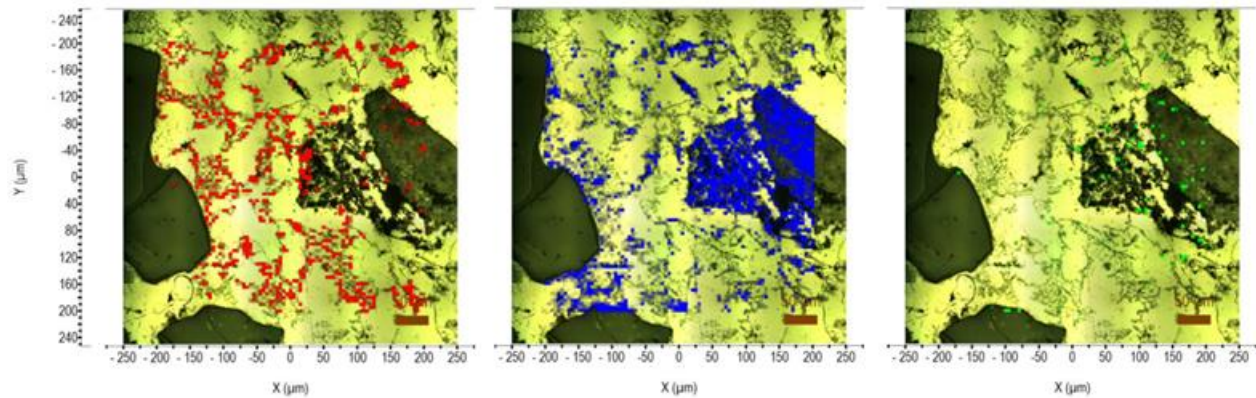


Bild 6: Raman-Mapping; Si-Phasen (rot), amorphe Kohlenstoffphasen (blau), metallische Oxide (grün)