



**Gemeinsamer Kurzbericht zum Forschungsvorhaben
Werkstoffliche Grundlagenuntersuchungen für den Einsatz von regenerati-
vem Wasserstoff bei der Herstellung von Sekundäraluminium
(Akronym: H2-Alu)**

Projektlaufzeit: 01.10.2022 – 30.06.2024

**Förderkennzeichen und Titel des Teilprojektes des GWI:
Reaktionskinetische Berechnungen und Durchführung der Schmelzversuche
01LJ2106A**

**Titel des Teilprojektes von HMT:
Grundlagen und Randbedingungen für H2-Anreicherung in einem Alu-
Schmelzofen
01LJ2106B**

**Titel des Teilprojektes von OVGU:
Gießtechnologische Laboruntersuchungen und Entwicklung
eines Simulations-Moduls
01LJ2106C**

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

Stand der aktuellen Version: 25.02.2025

Die Verwendung von Wasserstoff und Erdgas-Wasserstoffgemischen als Brenngas in der Aluminiumverarbeitung stellt einen vielversprechenden Ansatz dar, um die Effizienz und Nachhaltigkeit dieses Prozesses zu verbessern. Der Prozess des Aluminiumschmelzens ist jedoch bekanntlich energieintensiv, da er hohe Temperaturen erfordert, um das Metall in seinen flüssigen Zustand zu überführen. Traditionelle Schmelzmethoden, die auf fossilen Brennstoffen basieren, tragen zur Emission von Treibhausgasen und anderen Umweltbelastungen bei. In diesem Kontext gewinnt Wasserstoff als alternatives Brenngas, speziell wenn der Wasserstoff mittels erneuerbarer Energieträger hergestellt und als „grüner“ Wasserstoff bezeichnet wird, zunehmend an Bedeutung. Der entscheidende Vorteil von Wasserstoff liegt in seinem hohen massebezogenen Energiegehalt und seiner sauberen Verbrennung, die im Vergleich zu fossilen Brennstoffen weniger schädliche Emissionen erzeugt. Darüber hinaus bietet Wasserstoff die Möglichkeit, erneuerbare Energiequellen (Wind und Sonne) effizient zu speichern und in industriellen Prozessen einzusetzen, was ihn zu einem Schlüsselement in der Energiewende macht. Das übergeordnete Ziel des durchgeführten Projektes bestand in der Senkung der CO₂-Emissionen während der Herstellung von Sekundäraluminium (Sek-Al) und dessen gießtechnologischer Verarbeitung bei gleichzeitiger Effizienzsteigerung des Gesamtprozesses. Damit werden die Klimaziele der Bundesregierung und das Erreichen einer CO₂-Neutralität für alle Industriebereiche deutlich vorangetrieben. Die CO₂-Einsparung für den Einsatz von grünem Wasserstoff (H₂) beträgt bei einer Substitutionsrate von 10 Vol.-% im Erdgas ca. 93.863 t pro Jahr für die deutsche Sek-Al-Industrie. Dieses Ziel soll durch den kombinierten Einsatz von grünem H₂ zur Substitution von fossilem Erdgas und einer Sauerstoff-Anreicherung in der Verbrennungsluft in einem Schmelzofen zur Herstellung von Sek-Al erreicht werden. Die gegenseitige Affinität von H₂ und Aluminium (Al) - dem industriell wichtigsten Nicht-Eisen-Metall der Welt - und die einhergehenden Auswirkungen auf die Qualität (bspw. auftretende Gasporositäten) der zu fertigenden Gussteile ist allgemein bekannt, die genauen legierungsspezifischen Auswirkungen jedoch noch nicht genau geklärt. Deshalb wurde im Rahmen des Projektes untersucht, ob die geplante H₂-Zumischung zur Beeinträchtigung der Schmelz- und Gussteilqualität führt. Die zentralen Fragen umfassten die Analyse der auftretenden Auswirkungen des H₂ auf die Prozess- und Produktqualität. Dazu wurden umfassende werkstoffwissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen der Beeinflussung des Produktes Al entlang einer realen Herstellungskette anhand zahlreicher Laboruntersuchungen (Metallographie, Computertomographie, Härtemessung, Zugversuch, Schmelzgasextraktion, usw.) durchgeführt. Unter Berücksichtigung aktueller Entwicklungen und Forschungsprojekte zum Einsatz von Wasserstoff beim Schmelzen von Aluminiumlegierungen wurden durch die Partner Gas- und Wärme-Institut Essen e. V. (GWI), HMT Höfer Metall Technik GmbH & Co KG (HMT) und der Otto-von-Guericke Universität, Institut für Fertigungstechnik und Qualitätssicherung, Bereich Ur- und Umformtechnik (OvGU) Experimente im Labormaßstab durchgeführt, welche ergründen sollten, wie Wasserstoff bzw. Brenngas-

produkte mit Wasserstoff- bzw. erhöhten Wasserdampfanteil sich auf schmelzflüssiges Aluminium auswirken, um letztendlich ein umfassendes Verständnis über den Mechanismus zu erhalten und allgemeingültige Aussagen ableiten zu können.

Wasserstoff als Brenngas hat laut Dichteindexmessung und direkter Wasserstoffmessung **keinen nachweisbaren Einfluss** auf den Wasserstoffgehalt **in der Schmelze**. Selbst längere Haltezeiten führen nicht zu einer Veränderung der Schmelzequalität. Sowohl die Porosität in 2D als auch in 3D wird nicht vom Wasserstoff beeinflusst. Des Weiteren zeigen die Festigkeitskennwerte keine Änderung, was darauf hinweist, dass Wasserstoff als Brenngas keine signifikanten Auswirkungen auf die mechanischen Eigenschaften der untersuchten Aluminiumlegierung (EN-AW 6060) hat. Durchgeführte Langzeitversuche bei wasserstoffhaltiger Atmosphäre durch Verbrennung von bis zu 100 % Wasserstoff und Haltezeiten von mehreren Stunden zeigen gleiche Ergebnisse bzw. keine Zunahme des Wasserstoffgehaltes in der Aluminiumschmelze.

Die bisherigen Ergebnisse, die ausführlich im gemeinsamen Abschlussbericht zusammengefasst sind, zeigen, dass eine Beeinflussung der Aluminiumqualität abhängig von der verwendeten Legierung möglich ist, in den meisten der hier untersuchten Proben jedoch nicht zu einer Beeinträchtigung der Aluminiumqualität geführt hat.