

Der energieeffiziente Gießereibetrieb 2.0

Energieeffizienz bei brennstoffbeheizten Schmelz- und Warmhalteöfen sowie Flüssigmetallanlieferung

Bezug zum BREF Gießerei, Ausgabe Mai 2005

Schmelzen von Nichteisen-Metalle wird im BVT-Merkblatt für die NE-Metall-Industrie abgedeckt.

Beschreibung

Unter den brennstoffbeheizten Schmelzöfen werden die Schachtschmelzöfen zum Schmelzen großer Metallmengen und zum Warmhalten der Schmelze eingesetzt. Bedingt durch die Vorwärmung des Schmelzguts im Schacht und durch den Einsatz moderner Regenerationsbrenner besitzen heute Schachtschmelzöfen relativ gute energetische Kennwerte.

Der spezielle Schmelzenergieaufwand beträgt ungefähr 700 bis 800 kWh_{th}/t_{AL} pro Tonne. Eine Füllstands- und Brennerregelung ist eine energetische Optimierung erforderlich. Für kleinere Schmelzleistungen und Warmhaltekapazitäten sind Tiegelöfen zu empfehlen.

Neuwertige Tiegel, Rekuperationsbrenner, wärmegeämmte und abgedichtete Ausmauerungen und eine automatische Abdeckung ergeben für Tiegelöfen energetische Kennwerte von 800 bis 900 kWh_{th}/t_{AL} pro Tonne.

Technische Beschreibung

Energieeffiziente Ofenregelung für brennstoffbeheizten Schmelz- und Warmhalteöfen:

- Ofendimensionierung für die zu erwartende Schmelz- und Warmhalteleistung optimieren, um hohen Schmelzenergieaufwand bei zu geringer Auslastung zu vermeiden
- Brennerauswahl: Rekuperationsbrenner für kleine und mittlere Leistungen, Regenerationsbrenner und Drehbettregeneratoren für stark ausgelastete Schmelzöfen

- Hohe Auslastung der Schmelzöfen sicherstellen
- Warmhalte- und Vorheizzeiten vermeiden
- Keine unnötige Überhitzung des Schmelzmaterials
- Längere Wartungsintervalle mit kurzen Stillstandzeiten erarbeiten
- Reinigungszeiten kurz halten
- Einheitliche Schmelzbadtemperatur sicherstellen
- Brennerleistung an die Betriebszustände, z. B. Warmhalten und Aufschmelzen, anpassen
- Ofen (immer) abdecken
- Ofenabdichtung sicherstellen
- Wärmedämmung garantieren
- Kurze Chargiervorgänge
- Schmelzgut vorwärmen
- Ofenpflege, z. B. der Tür und der Zustellung, regelmäßig durchführen
- „Energieeffizientes“ Feuerfestmaterial, z. B. in Bezug auf Isolationsfähigkeit, Temperaturwechselbeständigkeit und Verschleißfestigkeit verwenden
- Krätzeanfall minimieren
- Ofenabsaugung lastspezifischen fahren
- Abwärmenutzung prüfen

Aluminiumschmelzwerke, sogenannte Sekundärhütten, stellen aus Aluminiumschrott Schmelzen für genormte Aluminiumlegierungen her und beliefern damit vorwiegend Gießereien. Traditionell wurden die Aluminiumlegierungen als Metallblöcke, -Barren oder Masseln an die Gießereien geliefert, die dank genormter Abmessungen in größeren Stapelpaletten transportiert werden konnten.

Das bedeutet, dass das flüssige Metall zunächst erstarrt und in Form von Blöcken auf Paletten gestapelt, dann per LKW viele Kilometer transportiert und nach Ankunft in der Gießerei erneut wieder aufgeheizt und verflüssigt werden muss. Alternativ kann abhängig vom eigenen Schmelzprozess, den eigenen Kapazitäten und den benötigten Legierungen eine Flüssigmetallanlieferung geprüft werden.

Wie man in der Tabelle sieht, sind bei der Lieferung von Blockmaterial zwei Schmelzöfen an zwei verschiedenen Standorten nötig, wohingegen bei der Lieferung von Flüssigaluminium ein Schmelzaggregat beim Aluminiumschmelzwerk genügt.

	Lieferung von Blockmaterial	Lieferung von Flüssigaluminium
Sekundär-Hütte	Aufbereiten von Recycling- und Umlaufmaterial	Aufbereiten von Recycling- und Umlaufmaterial
	Einschmelzen von Recyclingmaterial	Einschmelzen von Recycling- und Umlaufmaterial
	Legierungsaufbereitung im Konverter	Legierungsaufbereitung im Konverter
	Gießen der Barren	
		Vorwärmen des Transportbehälters
		Abfüllen des Aluminiums
Straßentransport	Transport der Barren	Transport des Flüssigmetalls
	Transport von Spänen	Transport von Umlaufmaterial
Gießerei	Einschmelzen von Barren und Umlaufmaterial	
	(Selten: Warmhalten und Schmelzbehandlung)	Warmhalten und Schmelzbehandlung
	Warmhalten am Gießplatz	Warmhalten am Gießplatz

Tabelle 1: Prozessketten der Lieferung von Blockmaterial im Vergleich zur Lieferung von Flüssigaluminium

Das in der Sekundärhütte eingeschmolzene Aluminium wird den Gießereien in flüssiger Form zur Verfügung gestellt. Dazu muss das Aluminium in spezielle wärmegeämmte LKW-Transport-Behälter abgefüllt und direkt zu den Gießereien geliefert werden.

Eine Überhitzung des Metalls wird so vorgenommen, dass das Metall garantiert acht Stunden flüssig bleibt. Daraus ergibt sich die maximale Transportentfernung von vier Stunden LKW-Fahrtzeit, da im Fall der Nichtannahme des Metalls noch zum Sekundärschmelzwerk zurückgefahren werden können muss.

Unter ökologischen Gesichtspunkten ist ein Weniger an Energiebedarf und ein Weniger an Metallverlusten mit einem Weniger an CO₂-Ausstoß gleichzusetzen. Unter Annahme eines bereits erwähnten spezifischen Energiebedarfs einzelner Ofentypen von 700 kWh_{th}/t_{AL} bis 1200 kWh_{th}/t_{AL} und unter der Annahme eines für Erdgas resultierenden Emissionsfaktors von 0,056 Tonnen CO₂ pro Gigajoule Energiebedarf, ergibt sich eine Vermeidung von 141 kg CO₂/t Aluminium bei 700 kWh/t und von 242 kg CO₂/t bei 1.200 kWh_{th}/t_{AL}.

Für energetisch relevante Prozesse bei der Anlieferung mit Flüssigmetall wurden folgenden Daten ermittelt:

- Das Schmelzen und Warmhalten in der Sekundäraluminiumhütte (800 kWh/t)
- Das Vorwärmen der Transportbehälter (Etwa 150 kWh/t)
- Verluste beim Transport (Etwa 75 kWh/100 km)

Neben dem Energiebedarf ist die Betrachtung des Metallverlustes ein entscheidendes Kriterium beim Vergleich der Lieferung von Blockmaterial (Masseln) oder Flüssigmetall.

Aufgrund der bekannten Affinität des Aluminiums zum Sauerstoff treten beim Schmelzen von Aluminium unwiederbringliche Metallverluste durch Oxidation ein. Metallverluste variieren in der betrieblichen Praxis je nach Ofentyp und Fahrweise im Bereich von 2 Prozent bis 3 Prozent. Hingegen wird der Metallverlust bei einer Belieferung mit Flüssigmetall auf max. 0,2 Prozent angegeben, die vorwiegend durch den Entleervorgang der Flüssigmetallbehälter in den Gießereien entstehen. Gegenüber der Anlieferung mit Flüssigmetall ergibt sich ein Metallverlust von 2 Prozent bis 5 Prozent, angesetzt mit 20 kg/t bis 50 kg/t.

Für einen Schachtofen wird eine theoretische spezifische Schmelzenergie von 600 kWh_{th}/t_{AL} angegeben, die sich bei einem reinen Einsatz von Blockmaterial auf 690 kWh_{th}/t_{AL} erhöht. Bei einem kombinierten Schmelz- und Warmhaltebetrieb wurden Daten für typische Schachtschmelzöfen von bis zu 900 kWh_{th}/t_{AL} ermittelt, wobei der Anteil für den Energieaufwand zum reinen Warmhalten der Schmelze mit 180 kWh_{th}/t_{AL} angegeben wird. Für die in Aluminiumgießereien teilweise noch eingesetzten Herd- und Wannenöfen wird der spezifische Energiebedarf mit bis zu 1.200 kWh_{th}/t_{AL} angegeben.

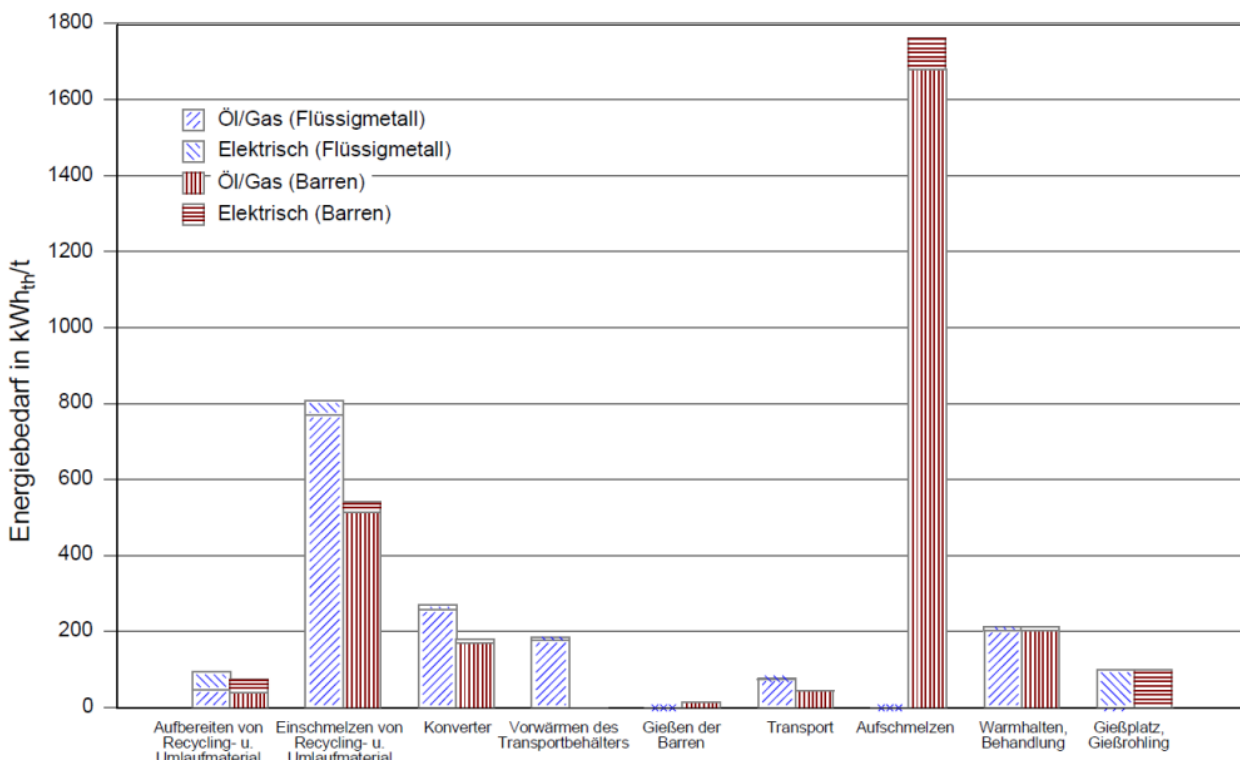


Abbildung 1: Vergleich Flüssigmetallanlieferung und eigener Schmelzbetrieb

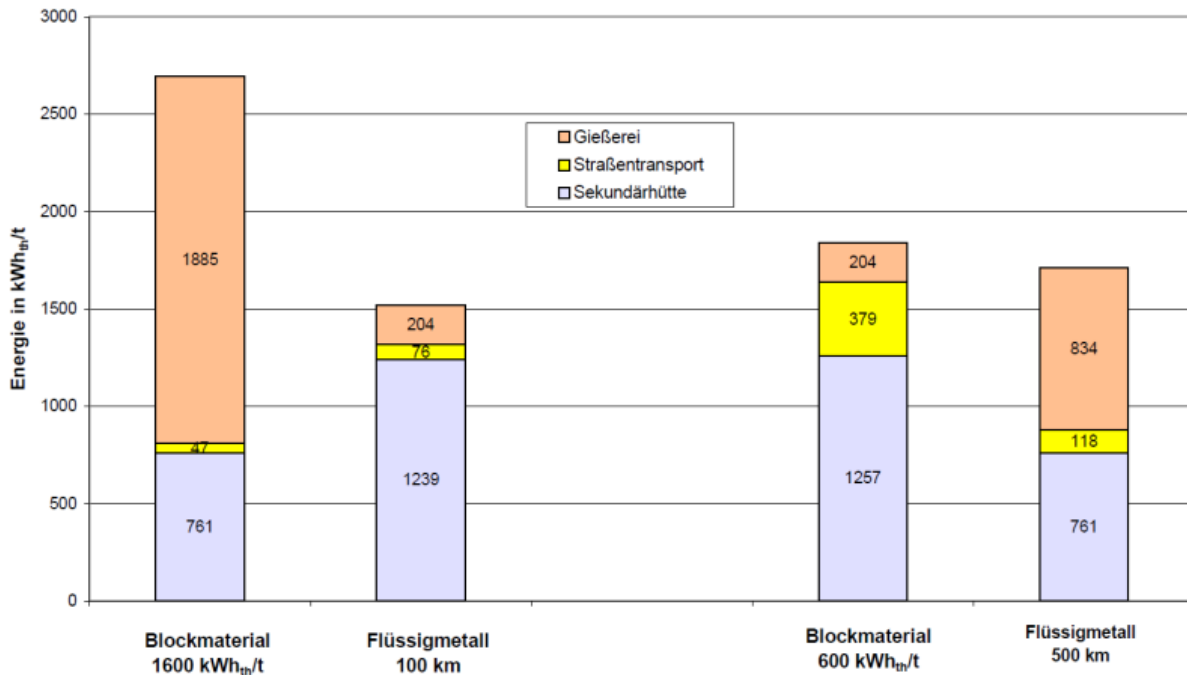


Abbildung 2: Vier Szenarien von Flüssigmetallanlieferung gegenüber eigenem Schmelzbetrieb

Bei der hohen Bedeutung des Schmelzens für den Energieeinsatz einer Gießerei bekommt der Einsatz von Flüssigmetall oder festem Blockmaterial entsprechend hohe Bedeutung für die Gesamtbewertung einer Aluminiumgießerei hinsichtlich der Energieeffizienz.

Soll in die Betrachtung der Energieeffizienz einer Aluminiumgießerei auch die Wertschöpfungskette mitbetrachtet werden, so ist bei Aluminiumgießereien besonders relevant, ob Primär- oder Sekundäraluminium zur Herstellung der Gussteile eingesetzt wird.

In einer Aluminiumhütte ist der Energieeinsatz für die Herstellung von Primäraluminium etwa zwanzigmal höher als wie für die Herstellung einer vergleichbaren Menge von Sekundäraluminium. Sowohl für den Einsatz von Flüssig- oder Fest-Aluminium als auch für die Entscheidung Primär- oder Sekundäraluminium einzusetzen, sind technische und wirtschaftliche Kriterien mitentscheidend.

So sind für den Einsatz von Flüssigaluminium beispielsweise die Entfernung zur liefernden Aluminiumhütte und/oder die Vielfalt der verwendeten Aluminiumgusslegierungen und ihrer jeweiligen Einzelmengen wichtig. Bei der Entscheidung zwischen Primär- und Sekundäraluminium sind entscheidende metallurgische und Werkstoff-Kriterien mit einzubeziehen.

Um die Effizienz des Flüssigmetalltransports zu verbessern, wurde die Auskühlung der Transportbehälter in einem Forschungsprojekt näher untersucht, da die Transportbehälter trotz Zustellung mit Feuerleichtsteinen und Isoliermatten zu hohe Temperaturverluste aufwiesen.

Bei neu zugestellten Behältern und funktionsfähiger Dämmschicht sind Verluste von minimal 5 K/h möglich, wohingegen bei schlecht wärmeisolierten Transportbehältern bis zu 20 K/h gemessen wurden. Gleichzeitig sollten die Oberflächentemperaturen 70 °C nicht überschreiten. Der Einsatz neuer Hochtemperaturisierstoffe kann zu einer Reduzierung der Wärmeverluste beitragen.

Dazu wurde eine simulationsgestützte Prozessanalyse mit Fahrdaten und Strömungssimulation durchgeführt. Die Transportbehälter wurden in sechs Zonen eingeteilt: Verschluss, Stutzen, Deckel, Oberteil, Mittelteil und Boden.

Hohe Temperaturverluste im breiten Mittelteil, in dem die Aluminiumschmelze lagert, waren zu erwarten gewesen. Interessantes Ergebnis der Simulation war aber, dass fast genau so viel Wärme über den nicht isolierten Stutzen wie über den Mittelteil verloren geht. Ferner waren die Wärmeverluste im mittleren der drei Behälter während des Transports am höchsten.

Zwei Optimierungsmaßnahmen wurden daher erarbeitet: Isolierung von Stutzen und Verschluss und Einhausung von Behälter 1 bis 3, was zu einer Reduzierung der Wärmeverlustmenge von ungefähr 37 Prozent und 49 Prozent führen würde.

	Boden	Mittelteil	Oberteil	Deckel	Stutzen	Verschluss
Ohne Isolierung	2.525	7.669	3.981	2.286	7.056	2.821
Mit Isolierung	2.555	7.763	4.029	2.314	227	85
Mit Einhausung	2.087	5.986	2.961	1.855	472	176

Tabelle 2: Wärmemengenverlust pro Bereich (1. Behälter) in Wh

Erreichter Umweltnutzen

- Geringerer Energiebedarf

In der Literatur kommt man insgesamt zu der Schlussfolgerung, dass die Anlieferung von Flüssigmetall in der Regel energetisch günstiger als der Schmelzbetrieb in einer Gießerei ist, was sich sowohl auf den Gesamtenergieverbrauch als auch nur der Energieverbrauch innerhalb der Gießerei bezieht.

Verlagerungseffekte

Keine Verlagerungseffekte

Anwendbarkeit

In Gießereien mit brennstoffbeheizten Schmelz- und Warmhalteöfen oder Flüssigmetallanlieferung.

Wirtschaftliche Aspekte

Unabhängig von der ökologischen Dimension und der Energieeffizienz wurde die Anlieferung in der Vergangenheit vorwiegend aufgrund des ökonomischen Optimierungspotenzials betrachtet, da der eigene Schmelzbetrieb reduziert oder ganz entfallen kann.

Gerade bei Neuinvestitionen im Schmelzbetrieb lohnt sich der Vergleich mit einer Flüssigaluminiumanlieferung. Bestehende Schmelzbetriebe weisen häufig niedrigere Schmelzkosten auf. In Gießereien sind aber auch „Mischformen“ zu finden, nämlich dass ein Teil flüssig angeliefert wird und ein Teil selbst geschmolzen wird, um flexibel auf Kapazitätsanpassungen zu reagieren.

Bei Automobilherstellern sind zwei Trends zu erkennen:

- Überwiegende Anlieferung von Fest- anstatt Flüssigmetall
- Das Kreislaufmaterial wird nicht mehr ins Umschmelzwerk zurückgeliefert, sondern in eigenen Schmelz- und Warmhalteöfen erneuert eingeschmolzen

Gründe für die Anwendung dieser Technik

- Ökonomische und ökologische Vorteile der Maßnahmen

Der Flüssigmetalltransport erfordert zwar einen relativ hohen logistischen Aufwand in den Sekundärschmelzwerken, erspart jedoch den Gießereien Schmelzöfen und ein entsprechend dimensioniertes Blocklager.

Referenzanlagen

- Literaturquellen
- BMW Werk/Leichtmetallgießerei, Landshut

Informationsquellen

- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.) (2005): Effiziente Energieverwendung in der Industrie – Teilprojekt Metallschmelzbetrieb – Effiziente Energienutzung in Nicht-Eisen-Metall-Schmelzbetrieben, http://www.lfu.bayern.de/energie/co2_minderung/doc/energieverwendung_metallschmelzbetriebe.pdf, Abruf April 2013
- Energieeffizienter Gießereibetrieb Version 1.0
- Kegelmann, D. (2013): Neue Öfen für Automobilguss. In: Giesserei-Erfahrungsaustausch, Nr. 3+4, S. 18-19

- Kuom, M.; Urbach, R. (2007): Erweiterte Belieferungsmöglichkeiten von Aluminiumgießereien mit Flüssialuminium. In: Giesserei, Nr. 6, S. 162-171
- Lange, O. (2007): Energiefresser auf Diät setzen. In: Giesserei-Erfahrungsaustausch, Nr. 1+2, S. 36-41
- Ringleb, A. (2012): Vortrag BDG Fachausschuss Leichtmetallguss - Steigerung der Energieeffizienz beim Transport von Flüssigmetall durch simulationsgestützte Prozessanalyse, Neckarsulm 2012
- Strikowestofen Group (2013): Schmelz-Energiekosten nahezu halbiert. In: Giesserei, Nr. 07, S. 17