

Der energieeffiziente Gießereibetrieb 2.0

# Energieeffizienz bei Lichtbogenöfen

## Bezug zum BREF Gießerei, Ausgabe Mai 2005

Siehe Abschnitt im Foundry-BREF: 2.4.2

### Beschreibung

Für die Stahlherstellung ist der Lichtbogenofen besonders gut geeignet. Ein Lichtbogenofen ist ein Elektroschmelzofen, bei dem mittels Graphitlanzen ein Lichtbogen oberhalb des metallischen Einsatzmaterials und der Stahlschmelze erzeugt wird. Der Lichtbogen weist hohe Energiekonzentrationen auf und am Lichtbogen selbst sind Temperaturen bis zu 4000 °C möglich.

Neben den Rohstoffen ist der spezifische elektrische Energiebedarf eine der wichtigsten Kostengrößen in der Elektro Stahlherstellung. Der Einfluss der verschiedenen Stoffeinsätze und Energieträger auf den spezifischen elektrischen Energiebedarf, auf die Produktivität und auf die Produktionskosten ist dabei von besonderem Interesse.

Die aktuellen Entwicklungen der Kosten für Stahlschrott, Rohstoffe und Energie verstärken das Bestreben, die kostenoptimale Zusammenstellung der Energien unter Berücksichtigung der metallurgischen Randbedingungen für den Lichtbogenofenprozess einzustellen. Die Anzahl an Lichtbogenöfen in Deutschland geht langfristig zurück. Lichtbogenöfen sind in Deutschland aufgrund der hohen Temperaturen ausschließlich in Stahlgießereien im Einsatz.

### Technische Beschreibung

Der spezifische Energiebedarf von Lichtbogenöfen ist in den letzten 50 Jahren signifikant vermindert worden.

Zwischen 1991 und 2005 sank der mittlere spezifische elektrische Energiebedarf der Elektro Stahlwerke in Deutschland von 562 kWh/t auf 525 kWh/t und der spezifische Erdgasverbrauch von 21 m<sup>3</sup>/t auf 11 m<sup>3</sup>/t. Demgegenüber stieg der spezifische Sauerstoffverbrauch in den Elektro Stahlwerken von 24 m<sup>3</sup>/t auf 36 m<sup>3</sup>/t.

Gleichzeitig sind auch die Schmelzfolgezeit und der spezifische Elektrodenverbrauch gesunken.

Entscheidende Maßnahmen sind in der folgenden Grafik visualisiert:

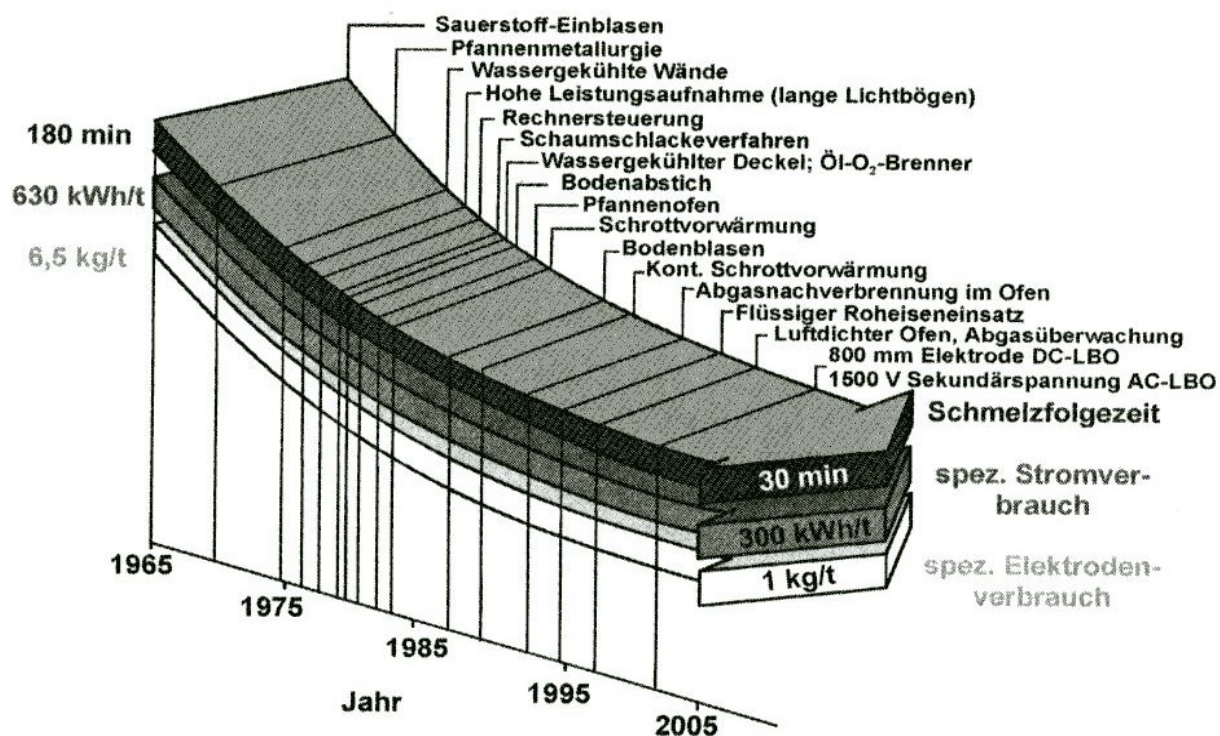


Abbildung 1:  
Verfahrensoptimierende  
Maßnahmen in Lichtbogenöfen

Entscheidendes Potenzial zur Verbesserung der Energieeffizienz wird in der Modernisierung bestehender Lichtbogenöfen gesehen. Zunehmende Verschleißerscheinungen, Leistungsabfall und Störungen sind erste Anzeichen bei Lichtbogenöfen, dass eine Instandsetzung sowohl ökonomische als auch ökologische Verbesserungen bringt.

Mögliche Ansatzpunkte sind die Ofenkühlung, die Leistungsschalter mit Wandler, der Ofentransformator, die komplette Ofensensorik und Notabschaltungen.

Bei einem 8-Tonnen-Ofen konnten folgende Verbesserungen erzielt werden:

(siehe Tabelle auf der nächsten Seite)

Instandsetzung, Modernisierung		Vorher	Nachher	Ergebnis	
Chargen-Nr.		xxx	xxx		
Datum		02.02.12	28.03.12		
Bezeichnung	Einheit				Basis
Einschmelzen					1545°C
Einsatzmasse (kalter Satz)	T	8,200	7,900	8,200	8,200
Einschmelzzeit (1545/1537 °C)	Min	94	77,00	79,8	
Lastzeit	Min	91,2	73,9	76,7	-14
Mittlere Einschmelzleistung (Lastzeit)	tk.S./h	5,397	6,414	6,356	0,959
Mittlere Einschmelzleistung brutto	tk.S./h	5,234	6,156	6,104	0,870
Elektroenergieverbrauch	kWh	3655	3220	3342	
Mittlerer Energieeintrag (Lastzeit)	kWh/m in	40,1	43,6	43,6	
Spezifischer Energieverbrauch	kWh/t	445,7	407,6	407,6	-35
Spezifische Leistung	kW/t	293	331		
Badtemperatur Einschmelzende	°C	1550	1545		
Mittlere Stromstärke (ms)	kA	9,428	9,381	9,381	
Werkwiderstand	mΩ	9,020	9,902		
Verlustwiderstand (Dr.+Tr.+Leitung)	mΩ	0,987	0,887		-0,1
Lichtbogenwiderstand	mΩ	8,033	9,015		
Lichtbogenspannung	V	75,7	84,6		
Lichtbogenlänge	mm	55	56		
Wirkleistung	kWh/h	2405	2614		209
Elektrische Verlustleistung	kWh/h	263	234		
Wärmeverluste	kWh/h	268	260		-8
Lichtbogenleistung	kWh/h	2142	2380		
Nutzleistung	kWh/h	1874	2120	2120	246
Elektro-thermischer Widerstand		0,779	0,811		0,033
Elektrischer Wirkungsgrad		0,891	0,910		
Strahlungsfaktor (ohne Abdeckung)	MWV/ m <sup>2</sup>	89	110		22
GE-Verbrauch (berechnet)	kgGE/t	3,047	2,557	2,565	-0,48

Abbildung 2: Kennwerte vor und nach der Instandsetzung

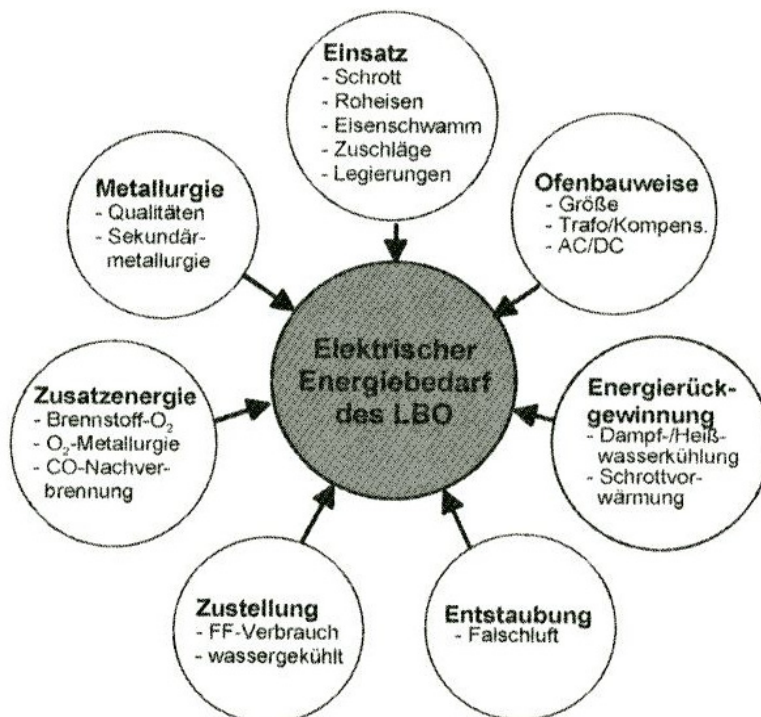


Abbildung 3: Einflussgrößen auf den elektrischen Energiebedarf von Lichtbogenöfen

Weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz:

- Effiziente Prozesssteuerung zur Verkürzung der Schmelz- und Behandlungszeiten
- Wirksames Auffangen und Abkühlen der Ofenabgase zur Entstaubung
- Rückführung des Filterstaubs in den Lichtbogenofen
- Energierückgewinnung aus dem heißen Abgas und Stahlschrottvorwärmung auf mehr als 600 Grad Celsius
- Auslastung sowie Energieeffizienz durch das Aufheizen mit Strom ebenso wie das Nachladen von Schrott auch während des Abstichs verbessern

Das Schaumslagungsverfahren basiert auf dem gleichzeitigen Einblasen von Sauerstoff und Kohlenstoff (in Form von Kohlenstaub) in die Schlacke am Ende des Schmelzprozesses. Der Schlackenschaum entsteht aufgrund von CO-Blasen. Das CO-Gas entsteht durch die Oxidation von Kohlenstoff im Metall durch den eingeblasenen Sauerstoff und durch die Reduktion von Eisenoxid (FeO) durch den eingeblasenen Kohlenstoff.

*Schaumslagungsverfahren*

Die Erzeugung einer schaumigen Schlacke verbessert den Wärmeübergang auf das Einsatzmaterial und schützt das Feuerfestmaterial im Inneren des Ofens. Aufgrund der besseren Stabilität des Lichtbogens und der geringeren Strahlungseffekte führt Schlackeschäumen zu Minderungen des Energiebedarfs und durch einen geringeren Elektrodenverbrauch zu einer Steigerung der Produktivität. Dieses Verfahren, das eine Steigerung der Effizienz des Ofenbetriebes verspricht, ist bei allen neuen und bestehenden Lichtbogenofen-Gießereien, die das Sauerstoffeinblasen praktizieren, anwendbar und entspricht dem Stand der Technik.

## Erreichter Umweltnutzen

- Verbesserung der Energieeffizienz
- Reduzierung der Emissionen

## Verlagerungseffekte

Keine Verlagerungseffekte

## Anwendbarkeit

In allen (Stahl)Gießereien mit Lichtbogenöfen.

## Wirtschaftliche Aspekte

Für alle individuellen Maßnahmen sind eigene Amortisationszeiten zu berechnen. Häufig ist die Instandsetzung des bestehenden Lichtbogenofens eine kostengünstige Alternative zur Neuinvestition.

## Gründe für die Anwendung dieser Technik

Die Motivation für die Implementierung liegt in der Steigerung der Effizienz des Ofenbetriebes.

## Referenzanlagen

- [SHB Stahl- und Hartgusswerk Bösdorf GmbH](#), Leipzig
- Tyasa, Ixtaczoquitlan (Mexiko)



## Informationsquellen

- Energieeffizienter Gießereibetrieb Version 1.0
- Kirschen, M. (2007): Energieeffizienz und Emissionen der Lichtbogenöfen in der Stahlindustrie, Düsseldorf 2007
- Kuhlow, P.; Weber, W.; Sachse, G. (2012): Modernisierung von Drehstrom-Lichtbogenöfen in Stahlgießereien. In: Elektrowärme International, Nr. 4, S. 57-64
- Siemens AG (2010): [Recycling von Stahl wird umweltfreundlicher](#), Abruf April 2013
- Siemens AG (2012): [Neuer Lichtbogenofen spart CO2 bei Stahlerzeugung](#), Abruf April 2013