

Der energieeffiziente Gießereibetrieb 2.0

Energieaspekte bei Brennersystemen für brennstoffbeheizte Gießereiofen (NE)

Im Bereich von Industrieöfen finden folgende Brennersysteme und Brenneranlagen Verwendung:

Verbrennungsluftsysteme	Brennerart
Kaltluft 20 °C bis 25 °C	Ein-/Zweistufen-Brenner
	Modulierender Brenner
	Low-NO _x -Brenner
	Sauerstoffbrenner
Warmluft 200 °C bis 400 °C	Rekuperatorbrenner
	Mantelrohrbrenner
Heißluft > 400 °C	Alternierende Regeneratorbrenner
	Kontinuierliche Regeneratorbrenner
	Flox-Brenner

Tabelle 1: Brennersysteme im Industrieofenbereich

Auswahlkriterium	Kaltluft-brenner 1-stufig	Kaltluft-brenner 2-stufig / modulierend	Sauerstoff-brenner	Warmluft-brenner Rekuperator	Warmluft-brenner Mantelrohr / Rekuperator	Warmluft-brenner Regenerator
Einsatzbereich	Aufschmelzen	Warmhalten	Aufschmelzen	Aufschmelzen	Warmhalten	Aufschmelzen
Ofentyp	Tiegel-Wannen- und Schachtschmelzöfen	Tiegel-Wannen- und Schachtschmelzöfen	Wannen- und Drehtrommelöfen	Tiegel-Wannen- und Schachtschmelzöfen	Tiegel	Tiegel-Wannen- und Schachtschmelzöfen
Kosten	Gering	Gering	Hoch	Mittel	Mittel	Hoch
Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	50-60 %	50-65 %	85-90 %	70-80 %	70-80 %	80-90 %
Temperaturen Verbrennung	1200 °C	1200 °C	2000 °C	1300 °C	1300 °C	1300 °C
Temperaturen Abgas	600-1000 °C	600-1000 °C	600-1000 °C	400-600 °C	400-600 °C	150-300 °C

Tabelle 2: Brennersysteme im Industrieofenbereich und deren Einsatzkriterien

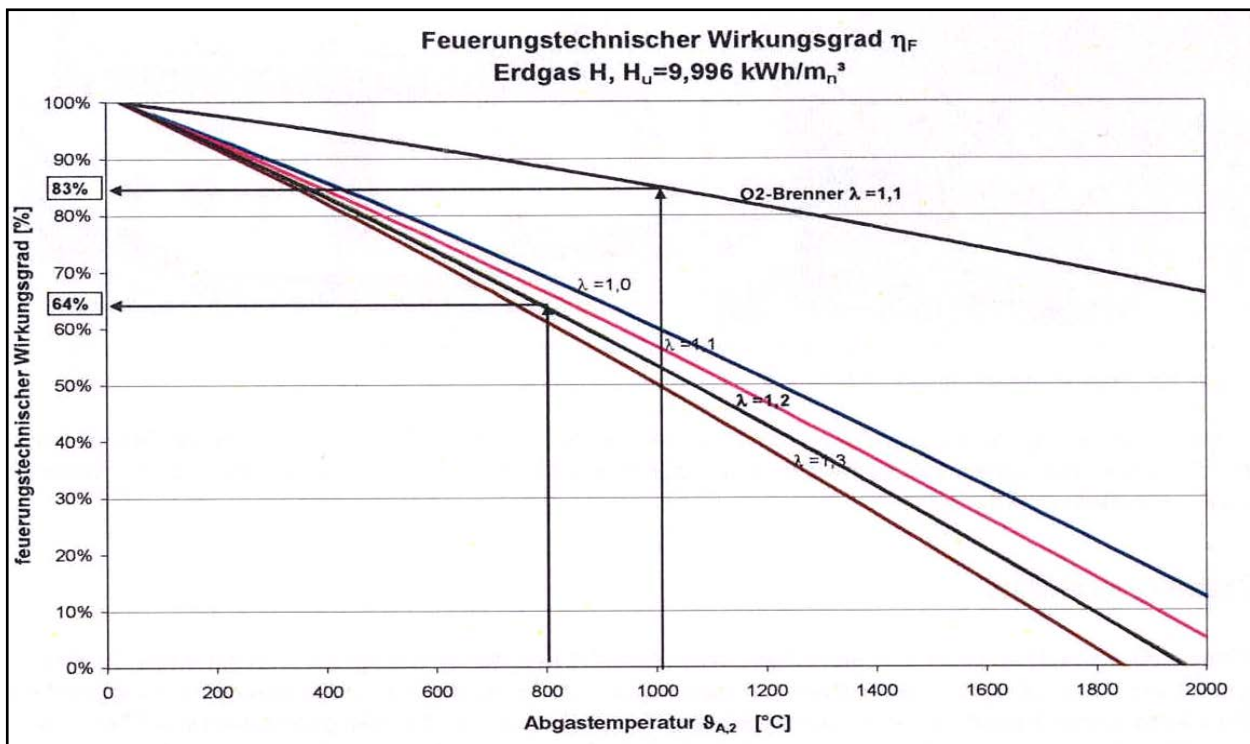
Quelle: [18]

1. Vergleich Luftbrenner und Sauerstoffbrenner

Bei einer Verbrennung nimmt Stickstoff als Inertgas nicht aktiv an der Verbrennung teil. Trotzdem muss Stickstoff mit aufgeheizt werden und erhöht somit auch die Abgasmenge und den notwendigen Energieeinsatz.

Brenner verwenden als Verbrennungsgas reinen Sauerstoff, der aber erst durch eine vorherige kostenintensive Luftzerlegung gewonnen werden muss. Dadurch reduziert sich der Abgasstrom und es werden wesentlich höhere Temperaturen erreicht. Realisieren lassen sich höhere Schmelzleistungen und kürzere Aufschmelzzeiten. Weitere positive Aspekte des Sauerstoffbrenners sind die Brennstoffeinsparung und die geringere Geräuschentwicklung.

Der energetische Vorteil wird in Abbildung 1 dargestellt. Bei ansonsten gleichen Werten im Vergleich zu Brennern, die mit Luft arbeiten, werden feuerungstechnische Wirkungsgrade von über 80 % erreicht.



Dargestellt sind Beispiele des feuerungstechnischen Wirkungsgrades η_F von Brennern in Schmelzöfen.

Luftbrenner: Austrittstemperatur $\theta_{A,2}$ = Ofen 800 °C,
Luftzahl $\lambda=1,2$ Feuerungstechnischer Wirkungsgrad $\eta_F=64\%$

Sauerstoffbrenner: Austrittstemperatur $\theta_{A,2}$ = Ofen 1050 °C,
Luftzahl $\lambda=1,1$ Feuerungstechnischer Wirkungsgrad $\eta_F=83\%$

Abbildung 1: Wirkungsgrad von Induktionsöfen in Abhängigkeit vom Werkstoff und Ofentyp

Quelle [18]

2. Vergleich Kaltluftbrenner und Regeneratorbrenner

Der spezifische Energiebedarf von Kaltluftbrenner und Regeneratorbrenner, für verschiedene öl-/gasbeheizte Ofentypen, ist nachfolgend vergleichsweise dargestellt.

Durch den Einsatz von Regeneratoren vermindern sich der Energiebedarf und die CO₂-Emissionen erheblich.

Ofentyp	Energiebedarf pro 1000 kg Kaltluftbrenner	Energiebedarf pro 1000 kg mit Regenerator
	[kWh]	[kWh]
Aluminium-Schacht-Schmelzofen	1.310	540
Aluminium-Herd-Schmelzofen	1.410	670
Aluminium-Wannen-Schmelzofen	1.080	530
Aluminium-Kammer-Schmelzofen	1.390	580

Tabelle 3: Spezifischer Energiebedarf von Kaltluftbrenner und Regeneratorbrenner für verschiedene Ofentypen

Quelle: [18]

3. Rekuperatorbrenner und Regeneratorbrenner

Im Rekuperator wird das heiße Abgas durch das Brennergehäuse aus dem Ofenraum abgeführt. Im Wärmetauscherprinzip überträgt das abgeführte Abgas einen Teil seiner Wärme auf die zugeführte Verbrennungsluft.

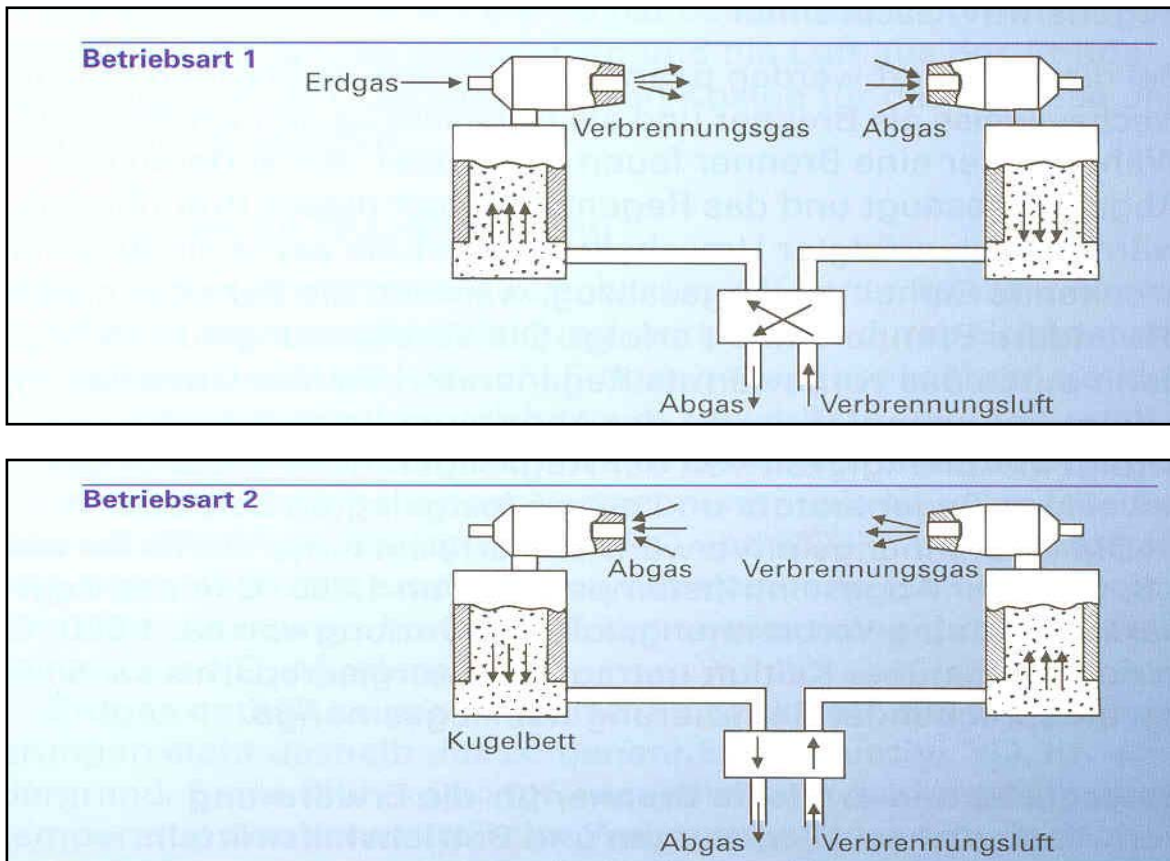
Durch das Aufheizen der Verbrennungsluft kann der Energiebedarf reduziert werden.

Während die Leistungsfähigkeit von Rekuperatoren beschränkt ist, sind Regeneratoren für höhere Temperaturbereiche und Brennerleistungen einsetzbar und können damit höhere Wirkungsgrade erzielen

Der spezifische Energiebedarf von Regeneratoren wird nach [18] ähnlich gering angegeben, wie der von Sauerstoffbrenner-Anlagen.

Regeneratoren sind jedoch kostengünstiger und umweltschonender, da keine Luftzerlegung erforderlich ist. Die Rückwärmegrade werden mit 70 % bis 90 % angegeben. Der feuerungstechnische Wirkungsgrad wird mit über 80 % angegeben. Die Verbrennungsluft lässt sich auf etwa 1000 °C erwärmen.

Je nach Bauart des Regenerators kann die Betriebsweise alternierend oder kontinuierlich erfolgen, siehe Abbildung 2. Übliche Regeneratorbrenner arbeiten paarweise, d. h. jeder Brenner, der je nach Schaltmodus Brenner oder Regenerator ist, muss für dieselbe Verbrennungsleistung und für denselben Abgasstrom ausgelegt werden.



Aus Quellen des Vereins Deutscher Gießereifachleute (VDG) werden für verschiedene Brennersysteme deren thermischer Wirkungsgrad und der relative Brennstoffverbrauch wie nachfolgend dargestellt angegeben, Tabelle 3.

Abbildung 2: Aufbau und Betriebsweise eines Regeneratorbrenners

Betriebsweise	thermischer Wirkungsgrad [%]	relativer Brennstoffverbrauch
Kaltluftbrenner	25-27	1
Brenner mit Rekuperator	35-37	0,75
Verbrennungsluft erwärmung	55-57	0,5

Tabelle 4: Thermischer Wirkungsgrad und relativer Brennstoffverbrauch verschiedener Brennersysteme

Quelle: [52]

[18] Effiziente Energieverwendung in der Industrie – Teilprojekt „Metallschmelzbetriebe“; Effiziente Energienutzung in Nicht-Eisen-Metall-Schmelzbetrieben; Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz; Augsburg 2005

[52] VDG Meisterlehrgang Schmelzen von NE-Metallen Teil 1: Schmelzeinrichtungen und Warmhalteöfen 2007