

# Hybrides Ofenkonzept für Aluminium-Strangpresslinien

von **Uwe Günter, Stefan Beer**

Ein Gas-Induktions-Inlineofen ist eine effiziente und leistungsfähige Lösung, welche die Vorteile einer modernen Gasheizung und eines leistungsstarken Induktionsofens kombiniert: Geringer Raumbedarf, erhebliche Erhöhung der Erwärmungsrate auf gegebenem Raum, weitere Nutzung vorhandener nachgeschalteter Anlagen, perfekte Prozesssteuerung und weitere wertvolle Nutzeffekte. Dieser Artikel beschreibt das Arbeitsprinzip, die Motivation zur Entwicklung des Inlinekonzepts, die technischen Merkmale sowie die Betriebsdaten und zeigt das wirtschaftliche Potenzial des Einsatzes dieser Technologie bei vorhandenen Anlagen, Modernisierungsprojekten oder in Anlagen, in denen nur wenig Raum verfügbar ist.

## Hybrid furnace concept for aluminium extruders

An inline gas-induction furnace is an efficient and powerful heating solution which combines the advantages of a modern gas heater in combination with a powerful induction furnace mounted together in one axis. Results are: Low space requirements related, extremely increase of heating rate at existing space areas, further use of existing downstream equipment, perfect process control and other valuable effects. The article will describe the working principle, motivation for developing the inline concept, technical features, operation data and show the economical potential for using this technology in existing lines, in retrofitting projects or at lines with limited space.

Die Anforderungen an die Temperaturführung bei der Erwärmung von Aluminiumbolzen sind in den letzten Jahren ständig gestiegen. Ebenso erfordert ein leistungsfähiger Strangpressprozess aufgrund vielfältiger Einsatzgutabmessungen, Materialzusammensetzungen und stark variierender Chargengrößen von den Öfen eine sehr viel größere Flexibilität.

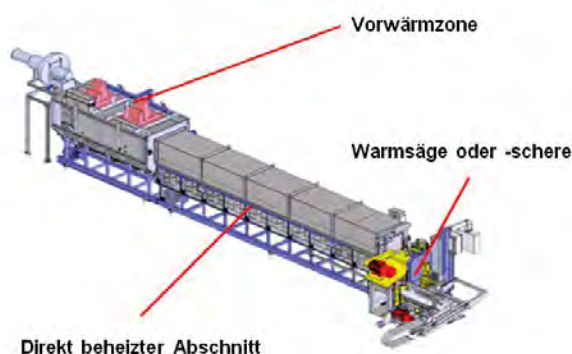
Dadurch hat die Bedeutung von Induktionsbolzenöfen in Kombination mit modernen Gasöfen in den letzten Jahren erheblich zugenommen. Sie stellen heute den Stand der Technik bei modernen Strangpressanlagen dar. Die typische Anwendung ist die sogenannte Standalone-Lösung mit einem Gasofen und einem parallel dazu installierten Induktionsofen [1].

### ARBEITSPRINZIP UND MERKMALE DER GASHEIZUNG

Dementsprechend ist in den letzten Jahren in vielen Anwendungen eine Kombination aus einer Gasheizung mit nachgeschalteter Bolzenschere und Mehrzonen-Induktionsheizung

eingesetzt worden. Das Vorwärmen der Bolzen erfolgt in einem üblichen gasbeheizten Ofen mit mehreren Zonen, während die definierte Feineinstellung der Temperatur in einem Induktionsbolzenofen mit mehreren Zonen erfolgt.

**Bild 1** zeigt den Aufbau eines typischen modernen



**Bild 1:** Typischer moderner Gasofen der Bauart extrutec mit nachgeschalteter Warsäge

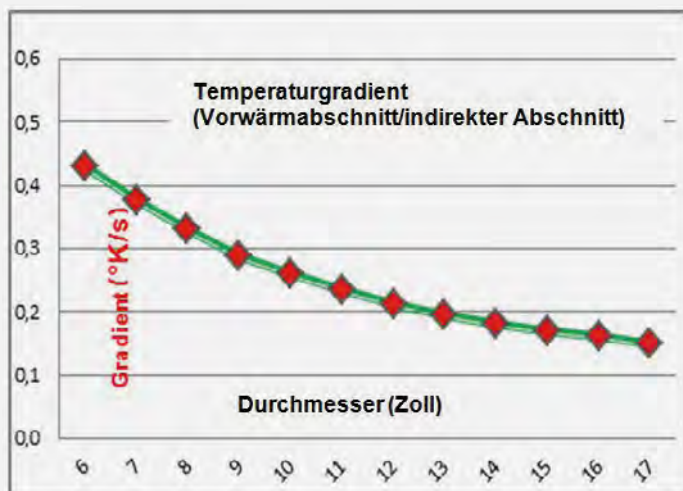


Bild 2: Temperaturgradient im Vorwärmbereich

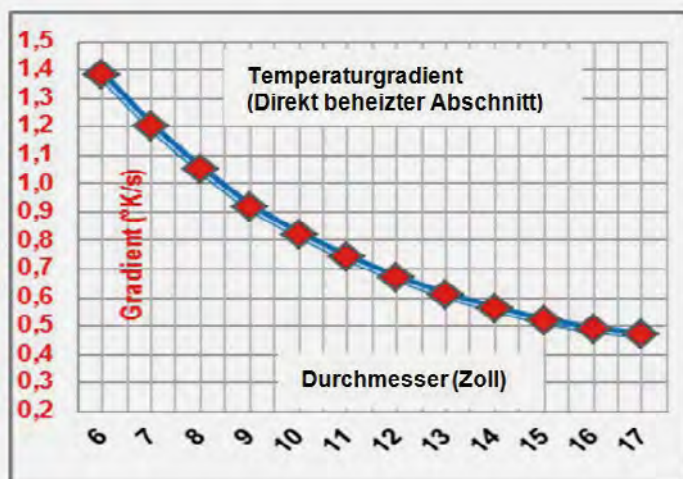


Bild 3: Temperaturgradient im direkt beheizten Bereich

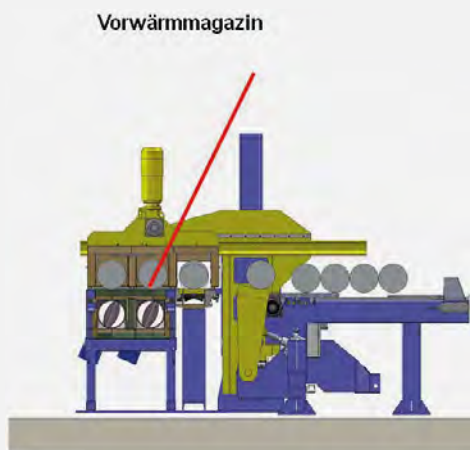


Bild 4: Vorwärmmagazin Bauart extrutec, angeordnet im Bereich des Stangenlagers

Gasofens, wie er beim Aluminium-Strangpressen zum Erwärmen der Bolzen und Stangen eingesetzt wird. Der Ofen ist aufgeteilt in einen Vorwärmbereich (mit den heißen Gasen aus dem direkt beheizten Abschnitt) und dem direkt beheizten Bereich selbst, der wiederum in mehrere einzeln geregelte Heizzonen unterteilt ist. Der Wärmeübergang im direkt beheizten Bereich (siehe Bild 2 und 3) ist etwa dreimal höher als im Vorwärmbereich.

Die heißen Gase zirkulieren im Vorwärmbereich und werden mit Radiallüftern durch Düsen auf die Oberfläche der Stange oder des Bolzens geblasen. Sie haben eine Temperatur von ca. 300 bis 600 °C. Der thermische Wirkungsgrad kann mit diesem Verfahren auf ca. 63 % erhöht werden.

Mit zusätzlichen Einrichtungen, wie einem sogenannten Vorwärmmagazin (Bild 4), kann der gesamte thermische Wirkungsgrad eines Gasofens bis auf 75 % gesteigert werden. In diesem Fall werden die Abgase aus der Vorwärmzone, die normalerweise aus dem Gebäude über einen Schornstein abgeführt werden, dazu eingesetzt, die Stangen im Speichermagazin vorzuwärmen.

Der Erwärmungsvorgang bei der Gasheizung lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Erwärmen (Vorwärmen) durch heiße Gase, die mit hoher Geschwindigkeit (45 m/s) durch Flachdüsen auf die Oberfläche der Knüppel bzw. Bolzen geblasen werden.
- Erwärmen der Al-Stangen und -Bolzen durch Gasflammen (Temperatur bis 1.200 °C), die direkt das Material berühren.
- Die thermische Effizienz der Gasheizung beträgt 52 bis 63 %, in Verbindung mit einem Vorwärmmagazin oder anderen Einrichtungen bis zu 75 %.
- Temperaturgradienten im direkt beheizten Bereich bis 1,4 K/s.
- Kontinuierlicher Transport der Stangen bzw. Bolzen durch die Ofenanlage (vorzugsweise über angetriebene und umkehrbare Rollen).
- Warmsäge oder -schere direkt hinter der Ofenanlage oder Bolzenkaltsäge (inline/offline) vor dem Gasofen.

### ARBEITSPRINZIP UND MERKMALE DER INDUKTIONSHEIZUNG

Die Bilder 5 und 6 zeigen das physikalische Arbeitsprinzip der Induktionsheizung. Der Erwärmungsvorgang bei der Induktionsheizung ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Die Erwärmung entsteht direkt im Werkstück ohne Kontakt zur Wärmequelle.
- Teilweise Erwärmung, das Werkstück wird nur im Einwirkungsbereich durch den induzierten Strom erwärmt.
- Hohe Leistungsdichten: hohes  $dT/dt = 6-10 \text{ K/s}$  bei Aluminium.

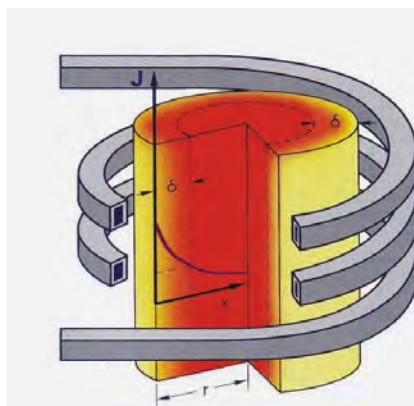
- Hohe Flexibilität über Temperatursollwerte.
- Äußerst hohe Zuverlässigkeit durch kontrollierten Energieverbrauch; die Temperatur ist eine Funktion der Leistung und der Erwärmungsdauer.
- Hoher Prozesswirkungsgrad: Aluminiumbolzen ca. 60 bis 68 % je nach Abmessungen und Zusammensetzung der Legierung.

### GRÜNDE FÜR DEN EINSATZ DES INLINEOFENS – DAS KONZEPT

Die Kombination der relativ langsamen Gas- mit der schnellen Induktionsheizung ist seit über 10 Jahren Stand der Technik bei der Erwärmung von Bolzen in der Aluminium-Strangpressindustrie. Bei diesem Konzept werden ca. 85 bis 90 % der Energie mit preisgünstigem Gas (in den meisten Teilen der Welt zwei- bis dreimal billiger als Elektrizität) in den Bolzen eingebracht, während die Induktionsheizung dazu eingesetzt wird, in sehr kurzer Zeit (weniger als ein Pressenzyklus) ein reproduzierbares Temperaturprofil (bis zu 130 °C) zu erzeugen. Hauptnachteil des Standalone-Konzepts ist der vergleichsweise hohe Raumbedarf.

Zusammenfassung der Anforderungen bei der Entwicklung eines Inlineofens:

- Beengte Platzverhältnisse in vielen Strangpressanlagen (**Bild 7**).
- Wesentliche Verbesserungen der Prozesssteuerung und des Ofendurchsatzes ohne bedeutende Änderungen der vorhandenen Anordnung.
- Weiterverwendung von z. B. Heißsäge oder -schere.
- Einfache Übergabe an die Strangpresse.
- Intelligente Kombination aus zwei Heizkonzepten, die von einer gemeinsamen SPS gesteuert werden.
- Geringere Investitionskosten.
- Geringere Energiekosten.
- Induktionsmodul erzeugt nur einen axialen Gradienten.



**Bild 5:** Prinzip der Induktionsheizung [2]



**Bild 6:** Sichtbare Eindringtiefen bei der induktiven Erwärmung von Bolzen

- Gasofen ist für den Nennarbeitsbereich optimiert.
- Weniger Schrott (nur ein Bolzen im System vor der Presse) im Fall einer unvorhergesehenen Produktionsstörung (Werkzeugbruch).

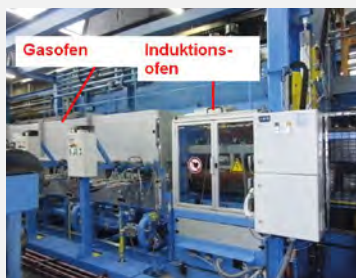
Die **Bilder 8 und 9** zeigen die allgemeine Anordnung und das Prinzip des Inlinekonzepts. Die Inlinelösung erscheint vor allem bei Modernisierungsprojekten (Ersatz des Systems zur Erwärmung der Bolzen) als sehr gute Alternative, da der verfügbare Raum gewöhnlich knapp ist und eine Standalone-Version in der gegebenen Anordnung nicht implementiert werden kann. Darüber hinaus eröffnet das neue Inlinekonzept die Möglichkeit, eine ggf. vorhandene Warmschere bzw. -säge sowie die Übergabeeinrichtung, falls gewünscht, ohne Änderungen weiterzuverwenden.

### KONSTRUKTIONSMERKMALE DES INLINEOFENKONZEPTS

Wichtigster Unterschied der beiden Optionen ist der Wegfall des Feldverlängerers in der Inlineversion. Bei der Inline-



**Bild 7:** Beengte Platzverhältnisse bei bestehenden Anlagen



**Bild 8:** Detailansicht des Inlineofens im Ausgangsbereich



**Bild 9:** Kompletter Gas-Induktions-Inlineofen mit Warmsäge

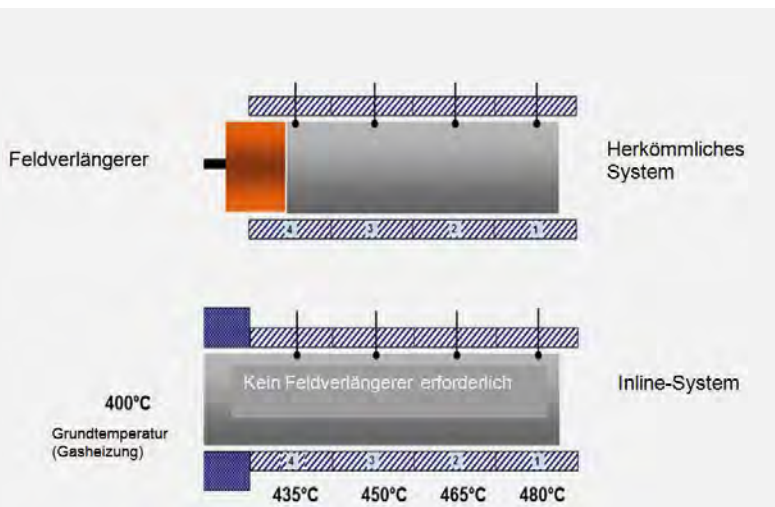
anordnung übernimmt der zu erwärmende Bolzen diese Funktion. Ein Feldverlängerer benötigt im Betrieb eine Wasserkühlung, die zusätzliche elektrische Energie verbraucht. **Bild 10** zeigt den technologischen Aufbau des induktiven Ofenabschnitts bei beiden Versionen. Dieses modifizierte Konzept des Induktionsmoduls baut auf dem bekannten IAS „TEM-Pro-Heater®“-Prinzip auf [3].

Dieses System bietet beim Einsatz im Inlineofenkonzept die folgenden Vorteile:

- Beliebig variierbare, abschnitts- bzw. zonenabhängige Leistungssteuerung (besseres Temperaturprofil, Möglichkeiten zur individuellen Anpassung an den Prozess).
- Gleichmäßige Belastung des Versorgungsnetzes, unabhängig von der Anzahl der aktiven Spulengruppen.
- Keine mechanischen Schalteinrichtungen.
- Höherer Wirkungsgrad wegen Wegfall der Symmetriereinheit und Anpassungstrafos.
- Einsatz von IGBT-basierten Umrichterkonzepten verringert die Verluste in den Leistungseinheiten.
- PID-Regelung verringert das starke Überschwingen bei hohen Leistungsdichten.
- Variable Aufheizkurven bis zum Erreichen des Nennwerts verringern das Überschwingen bei kleinen Temperatur-Hysteresewerten und schlechter Wärmeleitfähigkeit des Einsatzgutes.
- Leistungsfaktor > 0,96, lastunabhängig.

**ERFAHRUNG IN DER PRODUKTION**

Die vorgegebene zu erzeugende Temperaturerhöhung (axialer Temperaturgradient) beträgt 80 K. Im Induktionsteil des Systems wird dies mit vier axial angeordneten Heizzonen realisiert, während die Grundtemperatur von 400 °C im Gasofen herbeigeführt wird. Detaillierte Messungen im



**Bild 10:** Technologischer Aufbau des induktiven Ofenabschnitts beider Versionen

Langzeitbetrieb eines 10-Zoll-Gas-Induktions-Inlineofens mit den in **Bild 11** gezeigten Temperaturwerten haben den folgenden Energieverbrauch ergeben:

Gasheizung 20 auf 400 °C	158,5 kWh/t <sub>AI</sub>
Induktionsheizung 400 auf 480 °C	24,0 kWh/t <sub>AI</sub>

Insgesamt 182,5 kWh/t<sub>AI</sub>  
 =====

Die folgende Berechnung zeigt einen Vergleich des Energieverbrauchs und der Energiekosten der beiden Varianten.

**Betriebskosten beim Standalone-System**

Berechnungsparameter:

Durchsatz pro Jahr:	18.000 t
Elektrische Energie	0,11 €/kWh
Gasenergie	0,05 €/kWh

Kosten für elektrische Energie:  
 Energieverbrauch 400-480 °C : 26 kWh/t

18.000 t x 26 kWh/t x 0,11 €/kWh = € 51.480,-

Kosten für Gasenergie:  
 Energieverbrauch 20-400 °C 176 kWh/t

18.000 t x 176 kWh/t x 0,05 €/kWh = € 158.400,-

Gesamtkosten für Standalone-Erwärmung:  
 € 158.400,- + € 51.480,- = € 209.880,-

**Betriebskosten des Inlinesystems**

Berechnungsparameter:

Durchsatz pro Jahr:	18.000 t
Elektrische Energie	0,11 €/kWh
Gasenergie	0,05 €/kWh

Kosten für elektrische Energie:  
 Energieverbrauch 400-480 °C : 24 kWh/t

18.000 t x 24 kWh/t x 0,11 €/kWh = € 47.520,-

Kosten für Gasenergie:  
 Energieverbrauch 20-400 °C 158,5 kWh/t

18.000 t x 158,5 kWh/t x 0,05 €/kWh = € 142.650,-

Gesamtkosten für Inlineerwärmung:  
 € 142.650,- + € 47.520,- = € 190.170,-

Kostenvorteil für Inlineerwärmung  
 € 190.170,- - € 209.880,- = € -19.710,-

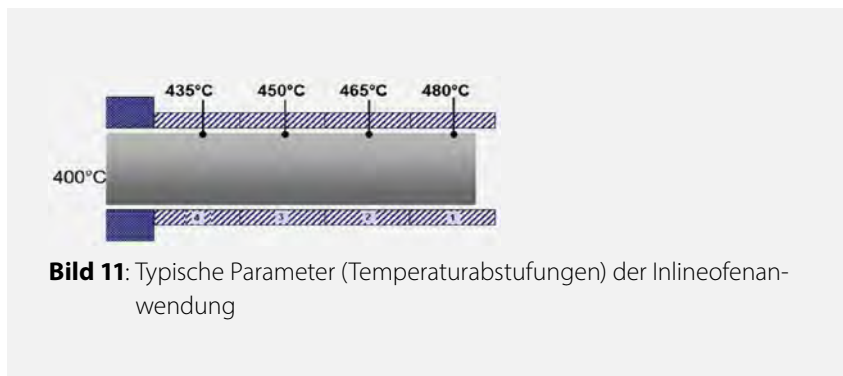
Hauptgründe für den geringeren Energieverbrauch des Inlineofens sind:

- Wegfall des Feldverlängerers,
- Kürzere Transportzeit des Bolzens zur Ladeeinrichtung der Presse,
- Höherer Wirkungsgrad der Gasheizung durch einen optimierten Arbeitsbereich.

### FAZIT

Das Erwärmen von Aluminiumbolzen für den Strangpressprozess erfordert die flexible Anpassung verschiedener Prozessparameter. Moderne Strangpressanlagen, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen, sind heutzutage ausgestattet mit induktiv beheizten Bolzenöfen kombiniert mit modernen Gasöfen. Die Kombination der beiden Beheizungssysteme in einem Inlineofen stellt eine wirtschaftliche Lösung für die Nachrüstung an bestehenden Anlagen auch mit geringem Platzangebot dar. Die Besonderheiten des Inlineofenkonzeptes sind:

- Vollintegriertes System mit höchsten Durchsatzraten und sehr kurzer Gesamtlänge des Ofens (schafft Raum zum Lagern des Einsatzgutes),
- Kompakter Aufbau und besserer Materialfluss,
- Verwendung vorhandener Bolzenhandlungssysteme, Heischere oder -säge,
- Kurze Integrationszeit durch den kompakten Aufbau,
- Niedrigerer Energieverbrauch als bei einer Standalone-Lösung (Langzeitstudie, Constellium Crailsheim) [4],
- Standardlösungen für alle Abmessungen, bis aktuell 16" Blockdurchmesser,
- Erheblich niedrigere Investitionskosten,
- Besserer Zugang für das Bedienungs- und Wartungspersonal,
- Gasofen arbeitet unter optimierten Betriebsbedingungen,
- Stufenlose Leistungsregelung über IGBT-Umrichter mit 3 oder 4 unabhängig steuerbaren Leistungsausgangen,
- Enge Temperaturtoleranzen,
- Betrieb mit nur einem Bolzen im System, erleichtert schnelle Prozessänderungen.



**Bild 11:** Typische Parameter (Temperaturabstufungen) der Inlineofenanwendung

### LITERATUR

- [1] Beer, S.: ALUMINIUM 80 (2004) 5, Optimale Bolzenerwarmung im Strangpressbetrieb
- [2] Fasholz, J.; Orth, G.: Induktive Erwärmung: physikalische Grundlagen und technische Anwendungen, RWE Energie-Aktiengesellschaft, 1991
- [3] Beer, S.: ET 2004 Orlando (FL), Article EE126: Improvement of the process control for single billet heaters
- [4] Rieth, B.: ALUMINIUM 87 (2011) 10, Substantial energy savings thanks to in-line heating

### AUTOREN



Dipl.-Ing. (FH) **Uwe Günter**  
 extrutec GmbH  
 Radolfzell  
 Tel.: 07732 / 939-1390  
 info@extrutec-gmbh.de



Dipl.-Ing. **Stefan Beer**  
 IAS GmbH  
 Iserlohn  
 Tel.: 02371 / 4346-30  
 s.beer@ias-induction.com

Besuchen Sie uns auf der  
**ALUMINIUM 2014**

Vulkan-Verlag  
 Halle 10 / Stand F54

7. – 9. Oktober 2014  
 Messe Düsseldorf



**ewi**  
 elektrowarme  
 international