

# Erfolgreiche Modernisierung älterer Induktionsschmelzanlagen - ein Beitrag zur Energieeinsparung und Leistungssteigerung

FRANK DONSBACH, DIETMAR TRAUZEDDEL,  
WILFRIED SCHMITZ  
SIMMERATH-LAMMERSDORF

Die Modernisierung und Erweiterung bestehender Anlagen bietet ein großes Potenzial für die Einsparung von Energie, die Leistungssteigerung und die Senkung der Ausfallzeiten. Da gegenüber einer Neuinvestition die Kosten erheblich niedriger sind und auch kürzere Montagezeiten benötigt werden, lohnt sich eine intensive Prüfung dieses Weges.

Gerade für den Schmelzbetrieb, der mehr als 60 % des Gesamtenergieverbrauches einer Gießerei benötigt, sind in der Zeit steigender Energiekosten die Möglichkeiten der Modernisierung von bestehenden Anlagen zur Einsparung von Energie und der Leistungssteigerung zu nutzen.

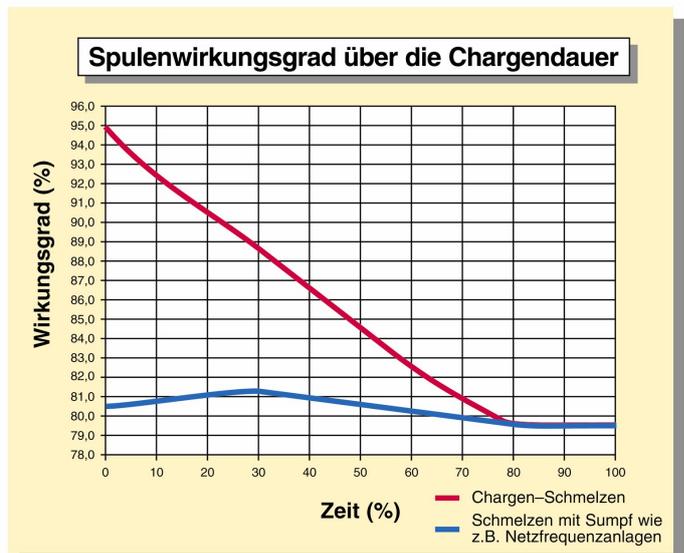
Der heutige Stand der Technik des induktiven Schmelzens wird durch den Mittelfrequenz-Induktions-Tiegelofen als flexibles und leistungsstarkes Schmelzaggregat bestimmt, der aufgrund vieler Vorteile die Netzfrequenzanlagen weitgehend verdrängt hat. Diese Anlagen werden von verlustarmen und zuverlässigen Frequenzumrichtern gespeist, die Betriebsfrequenzen zwischen 60 und 3.000 Hz erzeugen. Am Anfang dieser Entwicklung wurden rotierende und magnetische Umformer (z. B. Quintduktoren) eingesetzt, die erhebliche Verlustleistungen aufweisen. Die aktuelle Entwicklung von OTTO JUNKER für den mittleren Leistungsbereich stellen die IGBT-Umrichter dar, bei denen Transistoren neuester Bauart im Wechselrichter anstelle der bewährten Thyristoren zum Einsatz kommen.

## Grundsätzliche Lösungen

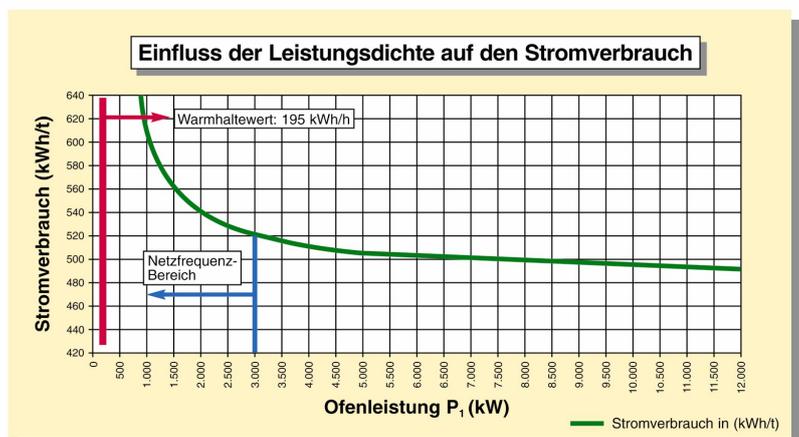
Die moderne Mittelfrequenz-Umrichter-technik in Verbindung mit der aktuellen Prozessleittechnik bietet für die Energiekostensenkung und Produktionssteigerung älterer Anlagen grundsätzlich folgende wesentliche Ansatzpunkte:

1. Der Wirkungsgrad von modernen Umrichtern liegt zwischen 96 und 97,5 %, während bei älteren Umrichteranlagen (z. B. Quintduktoren) Werte unter 88 % zu verkräften sind.
2. Die Umrüstung von Netzfrequenz-Anlagen auf die Mittelfrequenz-Technik ermöglicht das Schmelzen ohne Sumpf, es kann also mit festem Einsatzmaterial im Chargenbetrieb angefahren werden. Beim Schmelzen von Eisenwerkstoffen wird dadurch eine bessere elektromagnetische

Ankopplung erreicht und im Ergebnis ca. 8 % Energie eingespart.



3. Die Umrüstung von Netzfrequenz-Anlagen auf die Mittelfrequenz-Technik gestattet die Realisierung einer höheren Leistungsdichte. Bei einer höheren Leistungsdichte verkürzt sich die Schmelzzeit und die thermischen Verluste sind geringer, somit wird Energie gespart.



4. Die modernen Umrichteranlagen mit digitaler Steuerung sind gekennzeichnet durch eine weitgehend automatische Arbeit der Schaltanlage und eine verbesserte Kontrolle und Überwachung aller Abläufe. Eventuelle Störungen werden rechtzeitig signalisiert und diagnostiziert. Außerdem ermöglicht der Einsatz eines Modems die Überprüfung und die sofortige Fehlersuche vom Standort des Anlagenherstellers aus.

5. Da keinerlei mechanische Schalter verwendet werden, reduziert sich der Wartungsaufwand erheblich und es kann eine stufenlose Leistungsregelung erfolgen.

Ausgangspunkt aller Überlegungen sollte immer eine Analyse des Zustandes und der Schwachpunkte der bestehenden Anlage sein, genauso wie die Zielstellungen der Modernisierung klar zu formulieren sind. Es macht wenig Sinn, eine neue Umrichteranlage an einem technisch veralteten Ofen zu installieren und eine Reihe von Zugeständnissen damit in Kauf nehmen zu müssen, wenn in zwei Jahren dann ein neuer Ofen erforderlich wird. Andererseits kann mit einer Überholung älterer Anlagenelemente oft eine wesentliche Verlängerung der Lebensdauer und eine Senkung der Ausfallzeiten erreicht werden. Einzu beziehen in die Bewertung ist der Wartungs- und Instandhaltungsaufwand sowie die Verfügbarkeit der Ersatzteile der bestehenden Anlage. All dies bedeutet, dass nur konkret bezogen auf die einzelne Anlage entschieden werden kann, welche Maßnahmen sinnvoll sind.

Für die Modernisierung und Erweiterung bestehender Induktions-Tiegelofenanlagen kommen insbesondere folgende Möglichkeiten für die leistungsbestimmenden Aggregate in Frage:

- Umrüstung von Netzfrequenz-Anlagen auf Mittelfrequenz-Technik
- Austausch von älteren Umrichteranlagen (Quinduktoren u. ä.) durch moderne Mittelfrequenz-Schaltanlagen
- Umrüstung einer Monomelt- auf eine Tandem-Anlage (Einsatz eines zweiten Ofens)
- Einsatz einer leistungstärkeren Umrichteranlage
- Umstellung auf moderne Anlagensteuerung auf SPS-Basis und Einsatz des JOKS Schmelzprozessors
- Einsatz moderner Kontroll- und Überwachungssysteme (Beispiel Tiegelüberwachung durch OCP)

## Realisierte Projekte

Nachstehend soll an Hand realisierter Modernisierungs- und Erweiterungsprojekte die zu erreichenden Ergebnisse dargelegt werden.

### Umrüstung von NF-Schmelzanlagen auf moderne IGBT-Umrichtertechnik

Als Beispiel soll hier die erfolgreiche Umrüstung von zwei Netzfrequenz-Tiegelöfen in der Anodenanschlägerei der Fa. Soer-Norge Aluminium AS in Husnes, Norwegen, kurz erläutert werden. Die Zielstellung für die Modernisierung der mehr als 20 Jahre alten Ofenanlagen mit einem Fassungsvermögen von 2 Tonnen Gusseisen bestand darin, die Verfügbarkeit zu verbessern und die Durchsatz-

leistung zu steigern. Dabei sollte, um die Kosten und die Montagedauer zu begrenzen, die Modernisierung nur auf die unbedingt erforderlichen Anlagenteile konzentriert werden.



Blick auf die bestehende Ofenanlage bei Fa. Soer-Norge

So standen für die Montage pro Anlage nur 5 Tage zur Verfügung, bereits am 6. Tag erfolgten die Inbetriebnahme und der Leistungstest.

Die Modernisierung umfasste im Wesentlichen die Lieferung der Stromrichtertransformatoren, zweier moderner IGBT-Umrichteranlagen mit Kondensator-modul, einer zusätzlichen Wasserrückkühlanlage für beide Umrichter, der Einbau von Wiegeeinrichtungen und die Installation des Schmelzprozessors "JOKS" sowie einen Satz neuer Spulen. Eine moderne Anlagensteuerung vom Typ Siemens S 7-300 und die Visualisierung aller Funktionen und Abläufe auf einem Siemens PC vom Typ 670 komplettieren den Umfang. Das Foto zeigt eine der neuen IGBT-Schaltanlagen, die für eine Nennleistung von 750 kW und eine Frequenz von 100 Hz ausgelegt wurden. Die Wahl der Frequenz erfolgte dabei unter der Prämisse, dass ohne Sumpf geschmolzen werden kann und damit ein deutlicher Vorteil zu den alten Netzfrequenz-Schaltanlagen erreicht wird. Die Umstellung auf einen Chargenbetrieb und die neue Umrichtertechnik führten zu einer Senkung des Energieaufwandes zum Schmelzen um etwa 10 %.



Neue Umrichteranlage bei der Fa. Soer-Norge

## Austausch Quintduktoren durch neue Umrichtertechnik

Die renommierte Stahlgießerei Nippes & Schmidt in Solingen setzte 1965 eine der ersten Mittelfrequenz-Tiegelofenanlagen von OTTO JUNKER mit der Quintduktoren-Umrichtertechnik ein; im Jahre 1970 wurde eine weitere OTTO JUNKER-Ofenanlage dieser Ausführung bestellt.

Nach 30 Jahren zuverlässiger Arbeit der Öfen wurde im Jahre 2001 die Umstellung auf die moderne Umrichtertechnik durchgeführt.

Dabei gelang es, den Umrüstungsaufwand zu begrenzen: lediglich die Umrichter (600 bzw. 500 kW) mit den entsprechenden Transformatoren und die Bedienschränke wurden neu installiert. Alle anderen Baugruppen, wie die Ofenaggregate (Fassungsvolumen 500 bzw. 1.000 kg), die Kondensatorenge- stelle und die Wasserrückkühlanlage konnten unverändert beibehalten werden. Nach kurzer Montagezeit wurden die Anlagen erfolgreich in Betrieb genommen. Auf dem Foto ist die Ofenbühne mit der neuen Umrichteranlage zu sehen.

Die erreichte Energieeinsparung und Leistungssteigerung von ca. 12 % resultiert allein aus den niedrigeren Verlusten der modernen Umrichteranlagen, da die Anschlussleistung nicht erhöht wurde.



Ofenanlage bei Firma Nippes & Schmidt nach der Modernisierung

Auch in der Eisengießerei Bruzaholms Bruk in Schweden wurde die Umrüstung einer älteren Schmelzanlage mit einer Quintduktor-Schaltanlage auf einen modernen Thyristor-Frequenzumrichter erfolgreich durchgeführt. Die Anlage besteht aus zwei 1,5 t-Öfen mit einer Nennleistung von 1.200 kW. Dabei konnte die komplette Ofenanlage einschließlich Spule, Jochen und Hydraulik sowie die komplette Wasserrückkühlanlage für den Ofenkreis beibehalten werden. Es wurde lediglich die elektrische Schaltanlage erneuert: Der Quintduktor wurde durch einen Thyristor-Frequenzumrichter ersetzt und ein neuer Stromrichtertransformator geliefert. Die neue Umrichteranlage wurde in der DUOMELT-Technik ausgeführt, so dass die stufenlose Leistungsaufteilung auf beide Öfen erfolgen kann.

Der Lieferumfang wurde durch eine neue Wasserrückkühlanlage für den Umrichter Kühlkreis komplettiert.



Umrichterschrank bei Bruzaholms Bruk

Die Investitionskosten lagen bei nur ca.  $\frac{1}{4}$  einer Neuinvestition. Die Betriebsunterbrechungen für den Umbau konnten auf einen sehr kurzen Zeitraum begrenzt werden.

Im Ergebnis wurden bei der gleichen Nennleistung von 1200 kW eine Senkung des Energieverbrauches von 630 auf 535 kWh/t - und damit eine Einsparung von 15 % - erreicht.

Beim Schmelzen von 4.000 t flüssigem Stahl pro Jahr ergibt sich daraus eine Energieeinsparung von 380.000 kWh.

Die Schmelzleistung wurde von 1,3 t/h auf 1,85 t/h gesteigert, also um mehr als 40 %. Sowohl der niedrigere Energieverbrauch als auch die bessere Nutzung der Anschlussleistung durch den Einsatz der DUOMELT-Technik haben diese Leistungssteigerung möglich gemacht. Die Umrichteranlage wurde mit einer Leistungsreserve von 300 kW ausgelegt, so dass eine weitere Durchsatzsteigerung bei einem späteren Einsatz neuer größerer Ofeneinheiten möglich ist.

## Austausch einer älteren Siemens-Umrichteranlage

Die Siemens-Umrichteranlage des 10 t-Warmhalteofens der Stahlgießerei SCHMOLZ+BICKENBACH GUSS GmbH & Co. KG, Werk Krefeld, war in die Jahre gekommen; die Zunahme von technischen Ausfällen, der hohe Reparaturaufwand und das Fehlen von Ersatzteilen sprachen für den Einsatz einer neuen, modernen Schaltanlage.

Die besondere Herausforderung bestand darin, sowohl die Anbindung an das fremde Ofenaggregat und die zwischenzeitlich modernisierte Steuer- und Bedientechnik durchzuführen als auch den

vorhandenen Stromrichtertransformator weiter zu verwenden.

Zum Einsatz kamen ein Thyristor-Frequenzumrichter mit einer Nennleistung von 1.200 kW mit digitaler Steuerung und ein entsprechendes Kondensator-modul.

Für die Schnittstelle zwischen der vorhandenen, modernisierten Steuer- und Bedienebene wurden die Analogwerte des Umrichters als Signal bereitgestellt und die Störmeldungen auf einem separaten Tableau im Umrichterschrank angezeigt und zusätzlich an die Steuer- und Bedienebene übergeben.

Zweifelsohne keine alltägliche Modernisierung, aber die Integration der neuen Umrichteranlage in die vorhandene Anlagentechnik ist ein Beweis für die Möglichkeit, dass auch sehr anlagenspezifische Lösungen erfolgreich gestaltet werden können.

### Einsatz einer modernen Anlagensteuerung

Für die türkische Tochterfirma des Unternehmens E.G.O. Elektro-Gerätebau bestand die Aufgabenstellung darin, den vorhandenen Schmelzbetrieb mit einem begrenzten Budget zuverlässiger zu gestalten und den Energieverbrauch zu senken.

Der Schmelzbetrieb der Gießerei in der Nähe von Istanbul besteht aus 6 Netzfrequenz-Tiegelöfen mit einem Fassungsvermögen von je 3 Tonnen, die wechselweise von 5 Schaltanlagen mit einer jeweiligen Leistung von 800 kW gespeist werden.

Die neue Installation umfasst eine moderne Steuerung und Bedienung der Anlage auf Basis einer SPS S 7-300 von Siemens und einem neuen Bedienfeld mit Textanzeige. Die neue Steuerung ermöglicht einen weitgehend automatischen Betrieb der Anlagen. So wird nun die Kompensation automatisch geregelt und das Schmelzen und Warmhalten werden entsprechend dem vorgegebenen Energieverbrauch kontrolliert.

Im Ergebnis wurden eine Energieeinsparung und Steigerung der Schmelz-Leistung nachgewiesen und die Zuverlässigkeit der Anlage wurde entscheidend verbessert.

Die nachfolgenden 2 Bilder zeigen die Anlagensteuerung **vor** und **nach** der erfolgreichen Modernisierung.



*Vorher:* Vorhandene Anlagensteuerung bei der Fa. E.G.O.



*Nachher:* Neue Anlagensteuerung bei der Fa. E.G.O.

### Umrüstung einer Monomelt- auf eine Tandem-Anlage

Eine finnische Gießerei betrieb in der 1. Ausbauphase an einem Umrichter mit 3. 800 kW Nennleistung eine Monomelt-Anlage, bestehend aus einem Ofen mit 8 Tonnen Fassungsvermögen zum Schmelzen von Gusseisen. Im Rahmen der Kapazitätserweiterung wurde ein zweiter Ofen installiert und die computergesteuerte Umschaltungseinrichtung der Leistung auf beide Öfen aktiviert.

Der Ausgangspunkt dieser Erweiterung bildet eine Analyse der Nebenzeiten an der Monomelt-Anlage, die in der Summe bei einem Minimum von 10 Minuten pro Charge lagen. In dieser Zeit kann die vorhandene Umrichterleistung nicht zum Schmelzen eingesetzt werden.

Die vor der Anschaffung des zweiten Ofens angestellte Berechnung ging davon aus, dass in diesen 10 Minuten im zweiten Ofen über 95 % der Umrichterleistung bereits zum Schmelzen genutzt werden kann. Des Weiteren kann während der alle drei Wochen stattfindenden Zustellarbeiten der andere Ofen mit voller Nennleistung betrieben werden.

In der Summe ergibt sich daraus eine Steigerung der praktischen Schmelzleistung um 30 %, konkret von 4,7 auf 6,1 t/h.

Die berechnete Leistungssteigerung durch die Installation eines zweiten Ofens und die damit mögliche Umstellung auf den automatischen Tandem-Betrieb konnte nach der Inbetriebnahme erfolgreich nachgewiesen werden.

## Umrüstung auf das Tiegelüberwachungssystem OCP

Mit dem von Otto Junker in Zusammenarbeit mit der Fa. LIOS entwickelten System OCP ist eine neue Qualität der Tiegelüberwachung erreicht worden. OCP (Optical Coil Protection System) ist ein Temperaturmess- und -überwachungssystem der neuesten Generation und bedient sich faseroptischer Sensoren, die sich aufgrund ihrer messtechnischen Eigenschaften besonders gut für die störungsfreie Tiegelüberwachung in Induktionsschmelzöfen eignen. Dies wird durch eine direkte und flächige Temperaturfeldbestimmung in unmittelbarer Nähe der Induktionsspule ermöglicht. Zum System gehören neben dem Sensorkabel ein Auswertegerät und ein entsprechendes Display zur Visualisierung der gemessenen Temperaturfelder.

Bei dem renommierten Unternehmen Affilips, am Standort in Tienen (Belgien), wurde das OCP-System in einen 2,5 t fassenden, dreischichtig betriebenen Vakuum-Induktionsschmelzofen eingesetzt. In dem Ofen werden Vorlegierungen mit einer für den Tiegelwerkstoff kritischen Zusammensetzung hergestellt werden. Es kommen Fertigriegel zum Einsatz, die mit Trockenmasse hinterfüllt werden.

Für den Einsatz des Tiegelüberwachungssystems musste kein Umbau am Ofen durchgeführt werden. Das OCP-Sensorkabel wurde direkt auf der Ofenspule angebracht und anschließend in das Dauerfutter eingegossen. Für die Verbindung zum

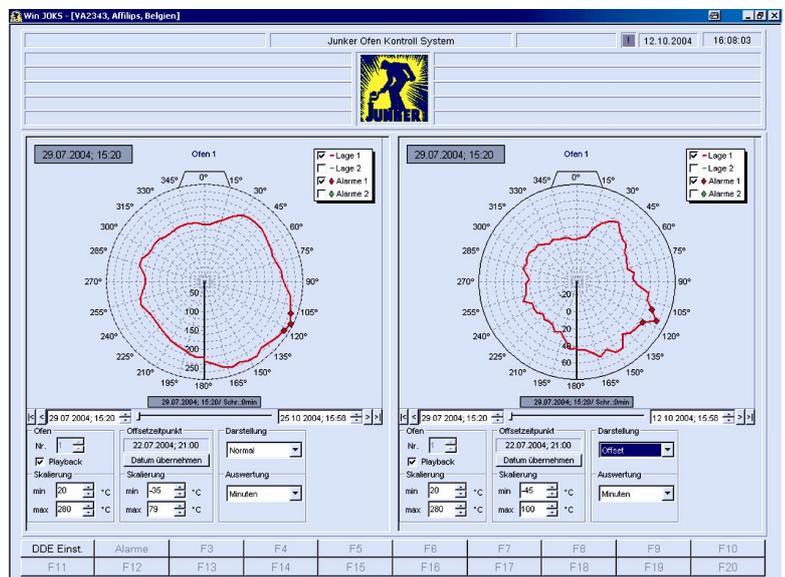


Einbau des OCP-Sensorkabels

Auswertegerät musste lediglich eine ca. 15 mm große Öffnung für die Kabelführung geschaffen werden.

Seine Bewährungsprobe hatte das OCP-System, als nach der halben üblichen Tiegelstandzeit eine lokale kritische Temperaturerhöhung angezeigt wurde (die Bildschirmmaske zeigt das entsprechende Temperaturprofil). Aufgrund dieser Signalmeldung wurde der Ofen entleert und ausgebrochen: Genau an der Stelle, an dem die Anomalie registriert wurde, befand sich ein Tiegelriss und demzufolge eine Infiltration von Metall in der Hinterfüllmasse.

Die rechtzeitige Warnung vor einem Tiegeldurchbruch mit all den Konsequenzen wie Betriebsunterbrechung und einen möglichen Anlagen- oder Personenschaden, hat damit zuverlässig funktioniert.



Temperaturkurve mit Signalmeldung (linke Seite Temperaturprofil, rechte Seite Differenztemperaturdarstellung)

## Zusammenfassung

Deutliche Energieeinsparungen und Leistungserhöhungen sind durch die Modernisierung bestehender älterer Induktionstiegelofenanlagen, insbesondere durch die Umrüstung auf die moderne Umrichtertechnik, erreichbar. Gleichzeitig werden die Ausfallzeiten und der Wartungs- und Reparaturaufwand der Anlagen gesenkt. Da die Investitionskosten nur bei ca.  $\frac{1}{4}$  bzw.  $\frac{1}{3}$  einer Neuanlage liegen und die Umbauzeiten oft nicht mehr als eine Woche betragen, ergeben sich weitere Vorteile.

In den Tabellen 1 und 2 sind die wirtschaftlichen und technischen Effekte an Hand von zwei Beispielen dargestellt.

Aus den durchgeführten Modernisierungsprojekten ergibt sich:

- Die Umrüstung von Netzfrequenz-Anlagen auf Mittelfrequenz-Technik bringt eine Energieeinsparung von 8 %, bei Realisierung einer höheren Leistungsdichte können nochmals bis zu 10 % gespart werden.
- Der Austausch von älteren Umrichteranlagen (Quintduktoren u. ä.) durch moderne Mittelfrequenz-Schaltanlagen senkt den Stromverbrauch um 12 - 20 %.
- Die Umrüstung einer Monomelt- auf eine Tandem-Anlage (Einsatz eines zweiten Ofens) ergibt eine Durchsatzsteigerung von 30 %.
- Die Umstellung auf eine moderne Anlagensteuerung auf SPS-Basis und der Einsatz des JOKS-Schmelzprozessors senken die Ausfallzeiten und reduzieren den Energieverbrauch.
- Der Einsatz des Tiegelüberwachungssystems OCP erhöht die Anlagen- und Betriebssicherheit und führt zur Senkung der Ausfallzeiten.

**EFFEKTE DER MODERNISIERUNG** 

▪ **Maßnahme:** Ersatz des Quintduktors durch einen IGBT-Umrichter

▪ **Ergebnis:**

	VORHER	NACHHER
	Quintduktor Schaltanlage (QFTGe 1.500)	Umrichter Schaltanlage (MFTGe 1.500)
Frequenz	250 Hz	250 Hz
Ofenleistung	1.000 kW	1.000 kW
Schmelzleistung *	1,3 t/h	1,85 t/h
Schmelzzeit *	69 min	49 min
Energieverbrauch *	630 kWh/t	535 kWh/t

\*) bezogen auf maximale Ofenleistung bei 1.500 °C/ Gusseisen

▪ **Einsparung:**

<b>Energiekosten (bei 4.000 t/Jahr)</b>	380.000 kW/h	→ 30.000 € 8 Cent
<b>Personalaufwand (kürzere Schmelzzeit)</b>	4 h/Tag → 1.000 h 250 Tage / 16 h /Tag	→ 30.000 € 30 €
<b>Wartungsaufwand</b>	Ersatzteilbedarf reduziert	→ ca. 10.000 €

Tabelle 1

**EFFEKTE DER MODERNISIERUNG** 

▪ **Maßnahme:** Ersatz der NF-Schaltanlage durch einen Umrichter (120 Hz) – Leistungserhöhung auf 2.500 kW

▪ **Ergebnis:**

	VORHER	NACHHER
	Netzfrequenz Schaltanlage (NFTGe 8 t)	Umrichter Schaltanlage (MFTGe 8 t)
Frequenz	50 Hz	120 Hz
Ofenleistung	2.100 kW	2.500 kW
Schmelzleistung *	3,6 t/h (mit 50 % Sumpfl)	4,7 t/h (ohne Sumpfl)
Schmelzzeit *	134 min	102 min
Energieverbrauch *	580 kWh/t	535 kWh/t

\*) bezogen auf maximale Ofenleistung bei 1.500 °C/ Gusseisen

▪ **Einsparung:**

<b>Energiekosten (bei 12.000 t/Jahr)</b>	540.000 kW/h	→ 43.000 € 8 Cent
<b>Personalaufwand (kürzere Schmelzzeit)</b>	3,5 h/Tag → 875 h 250 Tage	→ 26.250 € 30 €
<b>Wartungsaufwand</b>	Ersatzteilbedarf reduziert	→ ca. 10.000 €

Tabelle 2