

INVESTITIONEN ZUR VERMINDERUNG VON UMWELTBELASTUNGEN
PROGRAMM DES BUNDESMINISTERS FÜR UMWELT, NAUTRSCHUTZ
UND REAKTORSICHERHEIT

Energieeinsparung

Abschlussbericht 70441-5/15

Vorhaben-Nr. 20084

**Errichtung und Inbetriebnahme eines temperaturstabilen Glühofens für
die Fertigung von HSS- und Chromwalzen**

von
Hans-Werner Sturm
und
Dr. Gerhard Saller

Karl Buch Walzengiesserei GmbH & Co. KG
Siegen (Nordrhein-Westfalen)

Geschäftsführer
Johannes Buch

IM AUFTRAG
DES UMWELTBUNDESAMTES
Juli 2006



Karl Buch Walzengiesserei GmbH & Co. KG



Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer 70441-5/15	2. Energieeinsparung	3.
4. Titel des Berichtes Errichtung und Inbetriebnahme eines temperaturstabilen Glühofens für die Fertigung von HSS- und Chromwalzen		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Sturm, Hans-Werner Saller, Gerhard	8. Abschlußdatum September 2005	
	9, Veröffentlichungsdatum Juli 2006	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Karl Buch Walzengießerei GmbH & Co. KG Auf den Hütten 7 57076 Siegen	10. Vorh.-Nr. 20084	
	11. Seitenzahl 36	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau	12. Literaturangaben -	
	13. Tabellen und Diagramme 3	
	14. Abbildungen 16	
15. Zusätzliche Angaben: -		
16. Kurzfassung Steigende kundenspezifische Anforderungen an die Produkte von Karl Buch machten eine Verbesserung der Temperaturstabilität bei der Wärmebehandlung bezogen auf die Glühgutoberfläche auf +/- 2,5 °C erforderlich. Zusammen mit einem Ofenlieferant wurde ein technisches Konzept für einen innovativen Glühofen erarbeitet, mit dem neben der geforderten Temperaturstabilität auch eine erhebliche Energieeinsparung und damit auch eine Senkung von CO ₂ -Emissionen zu erzielen ist. Die geplanten Eckdaten des Pilotofens waren eine Temperaturstabilität von +/- 2,5 °C und eine Energieeinsparung und CO ₂ -Emissionsminderung bei Anlassglühungen um rd. 20 %. Die Auswertung der Messungen nach der Inbetriebnahme des temperaturstabilen Glühofens zeigt, dass die Temperaturstabilität von +/- 2,5 °C bei Anlassglühungen erreicht wird. Die Einsparung beim Energieverbrauch und die Senkung der CO ₂ -Emissionen beträgt gegenüber dem Stand der Technik mit der eingesetzten innovativen Ofentechnologie bei Anlassglühungen rd. 35 %, bei Härteglühungen im Temperaturbereich um 1.000 °C sogar rd. 44 %.		
17. Schlagwörter Glühofen, Wärmebehandlung, Anlassglühungen, Härteglühungen, Energieeinsparung, Walzen, HSS-Walzen, Chromstahlwalzen		
18.	19.	20.

Report-Coversheet

1. 70441-5/15	2. energy saving	3.
4. Report Title Errichtung und Inbetriebnahme eines temperaturstabilen Glühofens für die Fertigung von HSS- und Chromwalzen		
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s) Sturm, Hans-Werner Saller, Gerhard		8. Report Date September 2005
		9. Publication Date July 2006
6. Performing Organisation (Name, Address) Karl Buch Walzengiesserei GmbH & Co. KG Auf den Hütten 7 57076 Siegen		10. Report-Nr. 20084
		11. No. of Pages 36
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau		12. No. of References -
		13. No. of Tables, Diag. 3
		14. No. of Figures 16
15. Supplementary Notes: -		
16. Abstract <p>Increasing customers' specific requirements on the products of Karl Buch called for an improvement of the temperature stability during heat treatment of the annealing stock surface to +/- 2,5 °C. In cooperation with a furnace supplier a technical concept for an innovative annealing furnace was worked out. Apart from the required temperature stability this furnace makes possible the achievement of a considerable energy saving, thus obtaining a decrease of CO₂-emissions. The aimed design parameters of the pilot furnace were a temperature stability of +/- 2,5 °C and an energy saving as well as a decrease of the CO₂-emissions of about 20 % during the tempering process.</p> <p>The measurement evaluation after the implementation of the temperature stable annealing furnace proves that the temperature stability of +/- 2,5 °C during tempering processes is achieved. By using this innovative furnace technology the saving of energy consumption and the decrease of CO₂-emissions in comparison with the previous state of the art amounts up to about 35 % in tempering processes. In hardening processes at a temperature range of about 1.000 °C even about 44 % are reached.</p>		
17. Keywords Annealing furnace, heat treatment, tempering process, hardening process, energy saving, rolls, HSS-rolls, chrome steel rolls.		
18.	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9
150 Jahre Karl Buch Walzengiesserei GmbH & Co. KG	10
1. Einführung	12
1.1 Ausgangslage	12
1.2 Projektziel	13
2. Kontrolle der Projektziele (Nachweisführung)	16
3. Temperaturstabilität	18
3.1 Sachverhalt und Ziel	18
3.2 Nachweis der Temperaturstabilität	18
3.3 Messprogramm und Ergebnisse	18
4. Emissionsminderung durch Vermeidung von Mehrfachglühungen	21
4.1 Sachverhalt.....	21
4.2 Messungen	21
4.2.1 Messwerterfassung.....	21
4.2.2 Anlassglühungen	21
4.2.3 Härteglühungen	23
4.3 Ergebnisse.....	24
5. Innovative Ofentechnologie	25
5.1 Sachverhalt und Emissionsminderungsziel	25
5.2 Messungen	27
5.2.1 Messwerterfassung.....	27
5.2.2 Anlassglühungen	28
5.2.3 Härteglühung	28
5.3 Ergebnis	29
6. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	30
6.1 Getätigte Investitionen	30
6.2 Abschätzung Einsparungen	30
6.3 Statische Amortisationszeit	31
7. Wesentliche Ergebnisse des Projekts	32
7.1 Erreichte Verbesserungen bei Karl Buch	32
7.2 Übertragbarkeit der Ergebnisse	32
7.3 Zusammenfassung	34

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung	Bezeichnung	Seite
Abbildung 1:	Statischer Walzenguss	12
Abbildung 2:	Blick auf die keramische Faserauskleidung des Ofenraums und die Abdichtung Herdwagen-Ofen	17
Abbildung 3:	Mit Thermoelementen versehene Walzen zur kontinuierlichen Messung der Oberflächentemperatur des Glühguts während der Ofenreise	19
Abbildung 4:	Temperaturdifferenzen zwischen der Ofen-Soll-Temperatur und dem kältesten und dem wärmsten Messpunkt im temperaturstabilen Glühofen bei insgesamt vermessenen 18 Ofenreisen (bei Ofenreise 3 Defekt in der UV- und Ionisationsüberwachungseinheit, daher Brennersteuerung nicht optimal).....	20
Abbildung 5:	Temperaturdifferenzen zwischen der Ofen-Soll-Temperatur und dem kältesten und dem wärmsten Messpunkt eines Vergleichsofens (Ofen Nr. 6) für 10 Ofenreisen aus dem Jahr 2004	20
Abbildung 6:	Spezifischer Energieverbrauch des Vergleichsofens „Glühofen 3“ im Temperaturbereich zwischen 500 °C und 600 °C	22
Abbildung 7:	Spezifischer Energieverbrauch des Vergleichsofens „Glühofen 6“ im Temperaturbereich zwischen 500 °C und 600 °C	22
Abbildung 8:	Spezifischer Energieverbrauch des Vergleichsofens „Glühofen 3“ für Härteglühungen	23
Abbildung 9:	Qualitätsbedingte Mehrfachglühungen vor und nach Inbetriebnahme des temperaturstabilen Glühofens (Glühgewichte).....	24
Abbildung 10:	Blick in den neuen temperaturstabilen Glühofen mit gezündeten Brennern (oben in der Ofendecke sind die Flachflambrenner erkennbar, seitlich unten die Impulsbrenner)	25
Abbildung 11:	Blick von Aussen auf die Impulsbrenner mit Schalttafel zur Steuerung bzw. Regelung der Brenner	26
Abbildung 12:	Blick auf die Abgasausschleusung mit Verbrennungsluftvorwärmung zur Wärmerückgewinnung aus den Ofenabgasen	26
Abbildung 13:	Glühgut mit Thermoelementen vor der Wärmebehandlung im temperaturstabilen Glühofen.....	27
Abbildung 14:	Spezifischer Energieverbrauch des neuen temperaturstabilen Glühofens im Temperaturbereich zwischen 500 °C und 600 °C (Anlassglühungen) für alle durchgeführten Glühungen	28
Abbildung 15:	Spezifischer Energieverbrauch des neuen temperaturstabilen Glühofens im Temperaturbereich um 1.000 °C (Härteglühungen).....	29
Abbildung 16:	Ofenfront beim Betrieb des Glühofens (Ofentür geschossen)	33

Tabelle	Bezeichnung	Seite
Tabelle 1:	Übersicht über Investitionskosten	30
Tabelle 2:	Übersicht zur Berechnung der stat. Amortisationszeit (Anschaffungskosten abzgl. verlorener Zuschuss wurden mit einem kalk. Zins von 5 % als Kapitalkosten gerechnet).....	31
Tabelle 3:	Vergleich der spezifischen Energieverbrauchskennzahlen zwischen konventioneller Ofentechnologie und dem neuen temperaturstabilen Glühofen.....	33

Vorwort

Dieser Bericht beschreibt die Errichtung eines temperaturstabilen Wärmebehandlungssofens für die Fertigung von HSS- und Chromstahlwalzen, der für die Firma Karl Buch eine wesentliche Verbesserung der Prozesseffizienz bedeutet.

Das Projekt wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) im Rahmen des Programmes „Förderung von Demonstrationsvorhaben“ auf der Grundlage des § 23 in Verbindung mit § 44 der Bundeshaushaltsordnung mit einer nicht rückzahlbaren Zuwendung als Anteilfinanzierung gefördert.

Wesentlich zum Gelingen dieses Projektes trug auch die Ofenbaufirma **Löcher, Industrieofen- und Apparatebau GmbH, Hilchenbach** bei, die nicht nur den Herdwagen-Glüh- und Vergüteofen als Demonstrationsvorhaben geliefert, sondern mit uns gemeinsam die bauliche und technische Abwicklung des Vorhabens begleitet hat.

Für die Bewilligung der Fördermittel und die intensive Unterstützung dieses Projektes danken wir dem Umweltbundesamt, der **Effizienz-Agentur NRW, Duisburg** und der **GWU mbH, Siegen**.

150 Jahre Karl Buch Walzengiesserei GmbH & Co. KG

Die Wurzeln des mittelständischen Familienunternehmens in der fünften Generation reichen bis in das Jahr 1855 zurück. Nach der Überlieferung machte sich der Lehmformer Karl Buch, der seinen Beruf wahrscheinlich in der Eisengießerei der Gebr. Klein in Dahlbruch erlernt hatte, im Sommer 1855 selbständig. Zunächst wurde das Roheisen von Gewerken der Tiefenbacher Hütte zugekauft und unmittelbar aus dem Holzkohle-Hochofen in die von ihm hergestellten Formen zu vielerlei Fertigwaren gegossen.

Am 19. November 1857 notierte der Firmengründer in seinem heute noch erhaltenen Verkaufsbuch die Lieferung der ersten größeren Walze.

Nach dem Industrialisierungsschub im Siegerland, ausgelöst durch den Eisenbahnbau, erwarb Karl Buch 1860 seine erste Eisengießerei in Geisweid. Sieben Jahre später wurde dann ein nagelneues Werk am heutigen Firmensitz in Siegen-Weidenau in Betrieb genommen. Zwei Söhne des Gründers, Friedrich und Heinrich Buch, forcierten ab 1898 den Walzenguß und nahmen 1905 zusätzlich eine Walzendreherei in Betrieb.

Während 1899 der Anteil von Maschinenguß noch höher als der von Walzen war, kehrte sich bereits neun Jahre später das Verhältnis um: Neben 766 Tonnen Maschinenguß wurden 1908 rund 2.700 Tonnen Walzen im Stückgewicht zwischen 150 kg und 30.000 kg produziert.

Schon 1913 wurde das erste chemische Labor eingerichtet und kurz vor Beginn des zweiten Weltkrieges wurden die Analysemöglichkeiten durch ein metallographisches Labor erweitert. Im Jahr 1942 wurde der Maschinenguß bei Karl Buch aufgegeben.

Nach schweren Kriegszerstörungen kam das Werk bereits im Sommer 1945 wieder in Schwung und wurde mit dem Wirtschaftswunder immer weiter ausgebaut. Während in den 60er und 70er Jahren neben dem klassischen Standguß auch das Horizontalschleudern praktiziert wurde, baute man 1984 eine Vertikalschleudergießanlage zur Herstellung von Verbundgusswalzen. Durch dieses Verfahren und technische Forschung wurden verschleißfestere und hochfeste Walzen entwickelt. Seit dem Stilllegen des letzten Flammofens Anfang der 90er Jahre, wird das Roheisen nur noch elektrisch erschmolzen.

Walzen sind üblicherweise nicht genormt und entstehen in kundenspezifischer Einzelfertigung an die Walzwerksbedingungen des Kunden in einem mehrstufigen Produktionsprozeß. Bei Karl Buch, wie auch branchenüblich, weist die Walzenherstellung eine hohe Fertigungstiefe auf.

Neben dem eigentlichen Guß durchlaufen die Walzen in der Regel aufwändige Glühprozesse und werden auf CNC-Dreh- und Schleifbänken fertig bearbeitet, bis hin zu Oberflächen in Spiegelglanzausführung.

Mit einer Belegschaft von ca. 200 Mitarbeitern werden heute jährlich zwischen ca. 7.000 – 8.500 Tonnen Versandgewicht hergestellt. Rund 70 Prozent der Produktion werden an die Stahlindustrie geliefert. Es sind vor allem Arbeitswalzen mit einem Fertiggewicht von bis zu 60 Tonnen für die Herstellung von Flach- und Profilstahl. Die restlichen 30 Prozent umfassen Kalander- und Mischwalzen für die Kunststoff-, Gummi- und Papierindustrie. Darüber hinaus produziert Karl Buch Walzenmäntel für Ziegeleien und die keramische Industrie. Bei einer Exportquote von 70 Prozent werden die Erzeugnisse in über 40 Länder der Erde geliefert.

1. Einführung

1.1 Ausgangslage

Die von Karl Buch gefertigten Arbeitswalzen für die Stahlindustrie besitzen ein Fertiggewicht von bis zu 60 t, die Länge des Rohgusses erreicht dabei 8 bis 12 m, wobei das Rohgussgewicht bis zu 70.000 kg (70 t) beträgt. Bei Verbundwalzen werden hierzu bis zu 110.000 kg (110 t) an flüssigem Metall vergossen. Die von **Kundenseite steigenden Anforderungen hinsichtlich Festigkeit und Standzeit der Walzen** erfordern bei der Herstellung den Einsatz von neuen hochwertigen Werkstoffen (als sogenannte HSS- und/oder Chromverbundwalzen), bei denen eine aufwändige Wärmebehandlung des Rohgusses bereits nach dem Gießen und noch vor der mechanischen Bearbeitung erforderlich wird.



Abbildung 1: Statischer Walzenguss

Z. Zt. wird in herkömmlichen Wärmebehandlungsöfen, in denen Glühgut mit den erforderlichen Abmessungen wärmebehandelt werden kann, eine Temperaturstabilität von ± 5 °C erreicht. In der Praxis wird bei dieser Temperaturstabilität des Glühofens jedoch eine wesentlich höhere Temperaturdifferenz zwischen wärmster und kältester Stelle am Glühgut festgestellt.

Zur Verarbeitung der neuen, hochwertigen Werkstoffe sind aufwändige Wärmebehandlungsmaßnahmen, eine hohe Temperaturstabilität der Glühöfen und eine niedrige Temperaturdifferenz im Glühgut für die Reproduzierbarkeit des

Fertigungsprozesses unerlässlich. Bei der Wärmebehandlung dieser Walzen müssen beim Glühofen sowohl die Temperaturtoleranzen bei der erforderlichen Glühtemperatur an sich, als auch die Toleranzen bezüglich der Temperaturverteilung im Glühofen gegenüber herkömmlichen Glühöfen wesentlich verbessert werden. Um reproduzierbare Ergebnisse bei der Wärmebehandlung hinsichtlich der metallurgischen Qualität von Walzen zu erreichen, ist eine Temperaturstabilität von +/- 2,5 °C sowie eine verbesserte Temperaturverteilung im gesamten Glühofen bzw. auf der Glühgutoberfläche erforderlich.

1.2 Projektziel

In Glühöfen zur Wärmebehandlung von Glühgut mit kleineren Abmessungen wurden von Ofenherstellern vor der Durchführung des Projekts bereits unterschiedliche neue Technologien angewandt. Bei diesen Techniken handelt es sich z. B. um

- Impulsbrennertechnik,
- verbesserte Ofengaszirkulation,
- verbesserte Temperatursensorik,
- in Verbindung mit optimierter Brennersteuerung (Software), sowie
- verbesserten Dichtungssystemen Ofentür - Herdwagen und Ofenraum – Abgasausschleusung und
- neue Flachflambrenner.

Mit diesen neuen Technologien konnte die Temperaturstabilität in diesen „kleinen“ Glühöfen dabei erheblich gesteigert werden. Ziel des Vorhabens ist, diese Technologien in Zusammenarbeit von Anwender Karl Buch und einem Ofenhersteller in einem Pilotofen umzusetzen und auf Praxistauglichkeit bei der Wärmebehandlung von Rohgüssen und Walzen mit diesen großen Abmessungen zu testen.

Mit Umsetzung des Projekts sollen auch erhebliche positive Umwelteffekte bezüglich CO₂-Emissionen durch Senkung des Erdgasverbrauchs erreicht werden. Mit den herkömmlichen Glühöfen beträgt der spez. Erdgasverbrauch bei Karl Buch ca. 80 – 90 m³(V_n)/t_{Glühgut} (spez. Erdgasverbrauch immer abhängig von Ofenbelegung und Glühprogramm). Durch den Einsatz herkömmlicher „moderner“ Ofentechnologie (Faserauskleidung, Luftvorwärmung etc.) könnte der spez. Erdgasverbrauch vermutlich auf ca. 50 – 55 m³(V_n)/t_{Glühgut} gesenkt werden.

Um die in Kapitel 1.1 geforderte Temperaturstabilität zu erreichen ist jedoch die Anwendung weitergehender innovativer Maßnahmen bzgl. Ofentechnik (z. B. Dichtungssystem Ofentür-Herdwagen) erforderlich, wodurch neben der Temperaturstabilität auch eine weitere Senkung des Erdgasverbrauchs bewirkt werden könnte. Vorüberlegungen ergaben, dass mit diesen innovativen Maßnahmen der spez. Erdgasverbrauch vermutlich auf ca. 40 - 45 m³(V_n)/t_{Glühgut} gesenkt werden könnte. Diese Senkung des spez. Erdgasverbrauchs wäre nicht nur auf die Situation bei der Antragstellerin bezogen, sondern allgemein auch für andere Walzenhersteller gültig.

Diese Vorüberlegungen zeigten weiter, dass mit der Anwendung dieser innovativen Maßnahmen bzgl. Ofentechnologie eine den Maßnahmen „anrechenbare“ Senkung des spez. Erdgasverbrauchs um ca. 10 m³(V_n)/t_{Glühgut} (von derzeit „state of the art“ ca.

50 – 55 auf 40 – 45 m³(V_n)/t_{Glühgut} mit innovativer Technologie) in der Praxis erreicht werden könnte. Dies entspricht einer Senkung des spez. Energieverbrauchs um rd. 20 %, bezogen auf bisherige „Best-Practise“-Öfen.

Beim Einsatz der bei Karl Buch vorhandenen Glühöfen zur Wärmebehandlung treten bestimmte Qualitätsfehler bei den gefertigten Walzen auf (Härte ungleichmäßig verteilt oder generell außerhalb zul. Toleranz). Zur Behebung dieser Qualitätsfehler sind zusätzliche Glühungen erforderlich. Eine weitere Senkung des Erdgasverbrauchs bei Karl Buch kann mit einem temperaturstabilen Glühofen auch dadurch erreicht werden, dass die Qualität der Wärmebehandlung steigt und infolge dessen ca. 50 % der qualitätsbedingten zusätzlichen Glühungen vermieden werden können.

Weitere CO₂-Emissionsminderungen entstehen dadurch, dass mit diesen qualitativ hochwertigen Walzen längere Standzeiten beim Kunden erreicht werden. Der Kunde muss weniger Nacharbeiten durchführen und der Bedarf für Neubeschaffung von Walzen sinkt.

Bei der Umsetzung des Projekts können daher folgende positive Umwelteffekte erzielt werden:

- Allgemein (auf andere Ofenhersteller bzw. das gefertigte Walzenspektrum übertragbar):
 - Senkung des spez. Erdgasverbrauchs um ca. 10 m³(V_n)/t_{Glühgut} bzw. um rd. 20 %.
 - Senkung der mit dem Energieverbrauch verbundenen CO₂-Emissionen ebenfalls um ca. 20 %.
 - Höhere Qualität der gefertigten Walzen:
Die höhere Qualität der gefertigten Walzen verlängert die Standzeit der Walzen beim Kunden um ca. 20 %. Daher werden dort weniger Nacharbeiten und weniger Neuanschaffungen an entsprechenden Walzen erforderlich. Das Potenzial zur Senkung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen durch diesen Effekt ist als sehr hoch einzuschätzen. Vereinfachend wird angenommen, dass der gesamte Energieverbrauch für die Herstellung der Walzen ebenfalls um 20 % abnimmt.
- Bei Karl Buch:
 - Senkung des Erdgasverbrauchs und der CO₂-Emissionen in der Glüherei um ca. 35 % durch neue Ofentechnologie gegenüber den bestehenden Öfen bei der Antragstellerin,
 - Senkung des Erdgasverbrauchs und der CO₂-Emissionen durch Vermeidung von qualitätsbedingten zusätzlichen Glühungen,
 - bei der Antragstellerin wird eine höhere und effizientere Auslastung der restlichen Unternehmensbereiche erreicht, da das Bottleneck „Glüherei“ beseitigt werden kann.

Ziel des Vorhabens ist die Realisierung einer ersten großtechnischen Umsetzung eines „temperaturstabilen“ Wärmebehandlungsofens für großvolumiges Glühgut mit folgenden Spezifikationen:

- Erhöhung der Temperaturstabilität des Glühofens auf +/- 2,5 °C
- Vergleichmäßigung der Temperaturverteilung im Glühgut.

Der Pilotofen wird eine Ofenlänge von 12,5 m, eine lichte Ofengröße von 9,4 m Länge, 3,8 m Breite und 2,3 m Höhe und eine Ofennennleistung von ca. 2.650 kW besitzen.

Die Projektziele betragen im Einzelnen:

- **+/- 2,5 °C Temperaturdifferenz auf der Oberfläche des Glühguts.**
- **Das Energieeinsparungsziel durch die moderne Ofentechnologie beträgt 20 % gegenüber bisheriger Ofentechnologie (Best-Practice-Öfen). Bezogen auf die IST-Situation bei Karl Buch beträgt das Energieeinsparungsziel 35 %.**
- **CO₂-Emissionsminderungsziel** **185 t_{CO2}/a, durch**
 - vermiedene qualitätsbedingte Mehrfachglühungen: **69 t_{CO2}/a**
 - verbesserte Ofentechnologie: **116 t_{CO2}/a**

2. Kontrolle der Projektziele (Nachweisführung)

Die Nachweisführung soll zeigen, ob die erwarteten Projektziele (vgl. Kapitel 0) bezüglich Temperaturstabilität, Senkung des Energieverbrauchs und CO₂-Emissionsminderung erreicht werden.

Die CO₂-Emissionsminderung beruht dabei auf folgenden Effekten:

- Vermeidung von CO₂-Emissionen durch qualitätsbedingte Mehrfachglühungen
- erstmaliger Einsatz innovativer Ofentechnologie zur Steigerung der Energieeffizienz (neuartiger Flachflambrenner und regelungstechnische Innovationen)

Die Emissionsminderung bezieht sich immer auf den jetzigen Ist-Zustand bzgl. des spezifischen Energieverbrauchs bei Karl Buch. Die Nachweisführung erfolgt daher durch einen Vorher-Nachher-Vergleich mit Normierung auf den Energieverbrauch vor Einführung des neuen Glühofens (Tonnage Glühgut, etc.).

Wichtige Hinweise:

Im Förderantrag und im Schreiben vom 22.03.04 wurde bzgl. der Energieeinsparung ein IST-Verbrauchswert von 85 m³(V_N)/t angegeben. Dies ist der Durchschnittswert für den spez. Energieverbrauch bei Karl Buch über alle Öfen und über das gesamte Produktspektrum bzw. alle gefertigten Walzentypen. Für den präziseren Nachweis der Energieeinsparung wird als IST-Verbrauchswert in dieser Nachweisführung jedoch ein Verbrauchswert ermittelt, der sich

- nur auf Walzentypen bezieht, die auch im neuen Glühofen von Januar bis einschließlich August 2005 gefertigt wurden
- und zum Vergleich nur die Glühöfen herangezogen, die dem bisherigen „Stand der Technik“, jedoch nicht dem Durchschnitt bei Karl Buch entsprechen.

Der in dieser Nachweisführung verwendete spezifische IST-Verbrauchswert ist daher niedriger als die im Antrag zu Grunde gelegten 85 m³(V_N)/t. Alle in dieser Nachweisdokumentation ermittelten Einsparungen beziehen sich daher auf „Stand der Technik“ und nicht auf Durchschnitt Karl Buch. Die bei Karl Buch über einen langen Zeitraum tatsächlich erreichten Einsparungen sind höher als die in dieser Nachweisdokumentation dargestellten Einsparungen.

Karl Buch betreibt in der Wärmebehandlung sieben Öfen, die zur Kennzeichnung entsprechend durchnummeriert sind. Der neue temperaturstabile Glühofen besitzt die Nr. 7. Als Vergleichsöfen werden die Öfen mit der Nr. 6 und Nr. 3 herangezogen, weil sie weitgehend dem „Stand der Technik“ entsprechen.



Abbildung 2: Blick auf die keramische Faserauskleidung des Ofenraums und die Abdichtung Herdwagen-Ofen

3. Temperaturstabilität

3.1 Sachverhalt und Ziel

Eine wesentliche Innovation des neuen Ofens ist die hohe Temperaturstabilität von angestrebten $\pm 2,5$ °C **auf der Oberfläche des Glühguts**. Die Temperaturstabilität wird dabei definiert als Differenz zwischen kältester und heißester Stelle auf dem Glühgut. Diese angestrebte Temperaturstabilität von $\pm 2,5$ °C bedeutet eine Halbierung der zulässigen Abweichung gegenüber den bisher üblichen Anforderungen bzw. den derzeit erreichbaren Abweichungen.

Ein direktes Emissionsminderungsziel ist mit der Temperaturstabilität nicht gegeben. Die Energieeinsparungen und die damit verbundenen Emissionsminderungen ergeben sich über die Vermeidung von qualitätsbedingten Mehrfachglühungen (vgl. Kapitel 0 Seite 21 ff.).

Das Ziel ist eine Halbierung der Temperaturdifferenz zwischen wärmster und kältester Stelle auf der Oberfläche des Glühguts:

- **$\pm 2,5$ °C Temperaturdifferenz auf der Oberfläche des Glühguts.**

3.2 Nachweis der Temperaturstabilität

Der Nachweis der Temperaturstabilität wird durch Messung der Oberflächentemperatur des Glühguts über Thermoelemente erbracht. Hierzu werden auf der Oberfläche des Glühguts Thermoelemente angebracht, die vor der Ofenreise mit einem geeichten Prüfelement kalibriert und nach der Ofenreise rückgeprüft werden. Während der Ofenreise werden die Oberflächentemperaturen des Glühguts fortlaufend gemessen. Die maximale Abweichung ist die Differenz aus der höchsten und der niedrigsten Temperatur zzgl. der größten Abweichung zwischen Thermoelement und Prüfelement.

3.3 Messprogramm und Ergebnisse

Während der Ofenreisen wurden an mindestens 8 Messpunkten (vgl. Abbildung 3) fortlaufend die Oberflächentemperaturen des Glühguts gemessen. Ausgewertet wird die Temperaturabweichung des kältesten und des wärmsten Messpunkts von der Ofen-Soll-Temperatur.

In Abbildung 4 ist die Temperaturabweichung des wärmsten und des kältesten Messpunkts während der Ofenreise von der Ofen-Soll-Temperatur für den neuen temperaturstabilen Glühofen dargestellt.

Nach der Inbetriebnahme und der Durchführung von ersten Optimierungsmaßnahmen zeigt sich, dass ab der Ofenreise Nr. 8 die Differenz zwischen dem „wärmsten“ Messpunkt und dem „kältesten“ Messpunkt maximal 5 °C beträgt. Der „wärmste“ Messpunkt liegt dabei um max. + 1 °C über und max. – 2 °C unter der Ofen-Soll-Temperatur, der „kälteste“ Messpunkt um max. 6 °C unter der Ofen-Soll-Temperatur. Die Messungen zeigen somit, dass die angestrebte Temperaturstabilität von

$\pm 2,5$ °C (in Summe 5 °C) insgesamt erreicht wird.



Abbildung 3: Mit Thermoelementen versehene Walzen zur kontinuierlichen Messung der Oberflächentemperatur des Glühguts während der Ofenreise

In Abbildung 5 ist zum Vergleich die Temperaturabweichung des wärmsten und des kältesten Messpunkts während der gesamten Ofenreise von der Ofen-Soll-Temperatur für einen Vergleichsofen Nr. 6 (bisherig genutzter Ofen) dargestellt. Der Mittelwert der Differenz zwischen dem „kältesten“ und dem „wärmsten“ Messpunkt beträgt rd. 11 °C (bzw. +/- 5,5 °C). Der Vergleichsofen Nr. 6 hat bereits Impulsbrennertechnologie, eine keramische Fasermattenauskleidung und ist steuerungstechnisch vergleichbar mit dem neuen temperaturstabilen Glühofen. Der Vergleichsofen Nr. 6 stellt damit den bisherigen „Stand der Technik“ dar.

Die Auswertungen zeigen, dass das Ziel der Halbierung der zulässigen Abweichung mit dem neuen temperaturstabilen Glühofen erreicht wird.

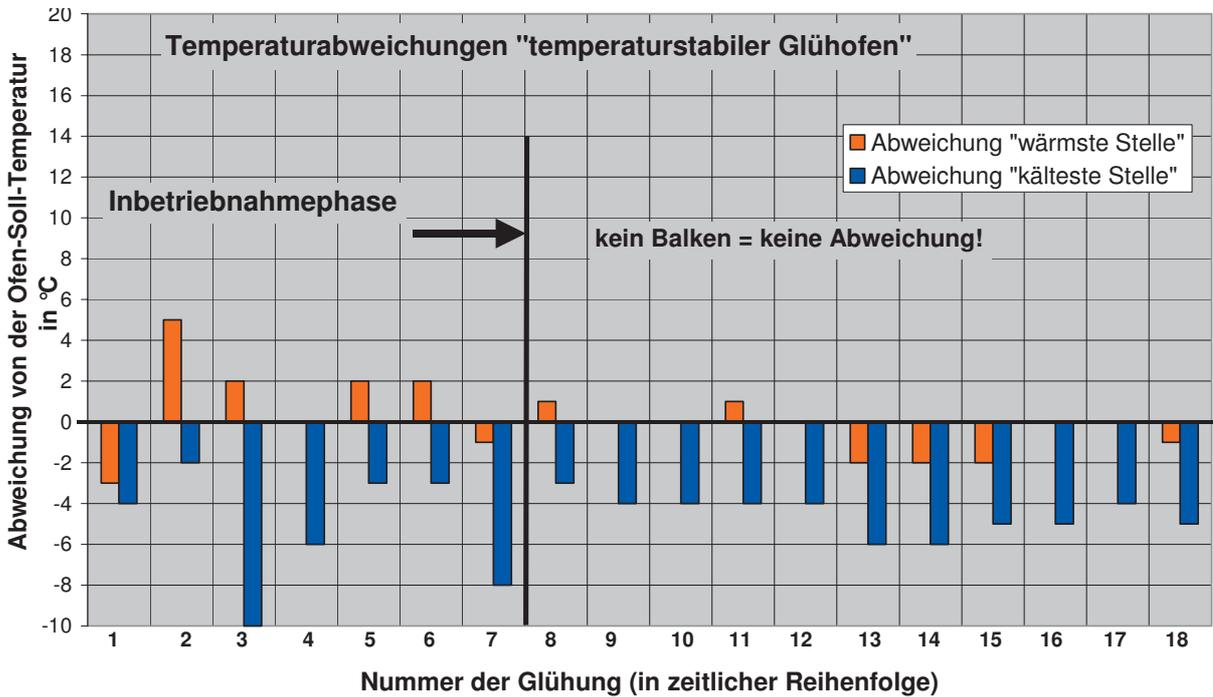


Abbildung 4: Temperaturdifferenzen zwischen der Ofen-Soll-Temperatur und dem kältesten und dem wärmsten Messpunkt im temperaturstabilen Glühofen bei insgesamt vermessenen 18 Ofenreisen (bei Ofenreise 3 Defekt in der UV- und Ionisationsüberwachungseinheit, daher Brennersteuerung nicht optimal)

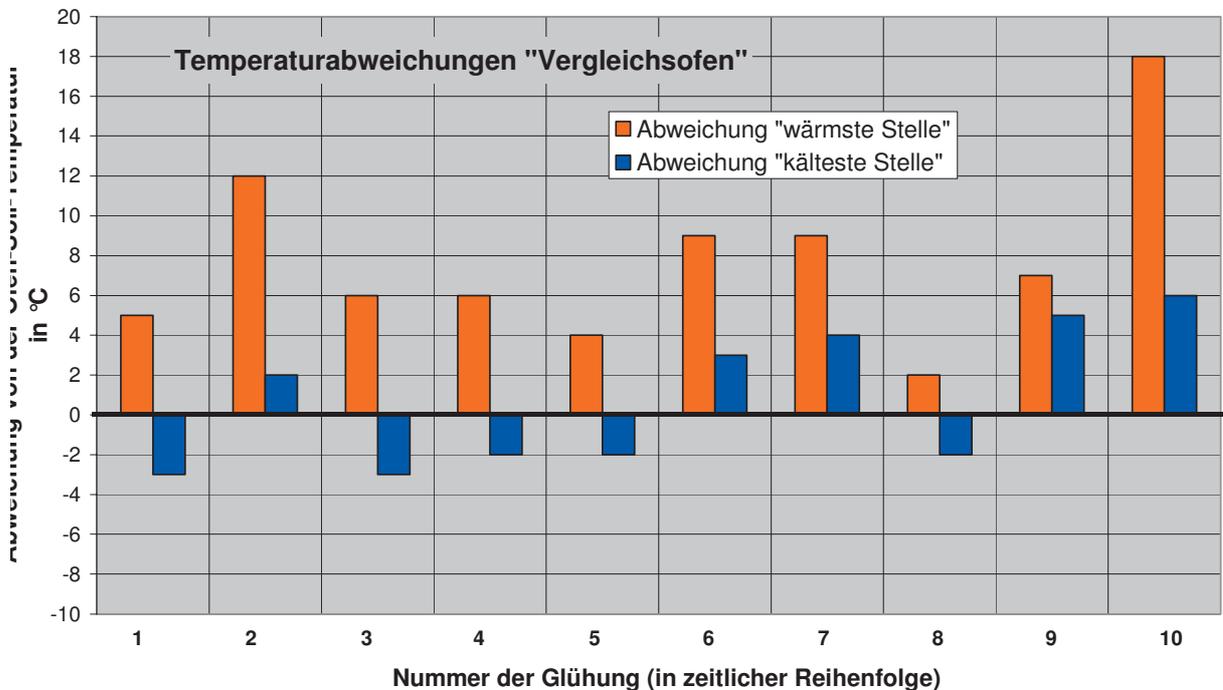


Abbildung 5: Temperaturdifferenzen zwischen der Ofen-Soll-Temperatur und dem kältesten und dem wärmsten Messpunkt eines Vergleichsofens (Ofen Nr. 6) für 10 Ofenreisen aus dem Jahr 2004

4. Emissionsminderung durch Vermeidung von Mehrfachglühungen

4.1 Sachverhalt

Bedingt durch die relativ geringe Temperaturstabilität (± 5 °C bezogen auf die Oberflächentemperatur des Glühguts) der bestehenden Glühöfen ergeben sich bei der erforderlichen Wärmebehandlung der Walzen auf deren Oberfläche unterschiedliche Oberflächenhärten. Zum Ausgleich dieser Härteverteilung müssen Walzen mehrfach wärmebehandelt werden. Mit einem temperaturstabilen Glühofen können diese aus fertigungstechnischer Sicht unnötigen qualitätsbedingten Mehrfachglühungen vermieden werden. Die Emissionsminderung ergibt sich dabei aus dem „nicht benötigten“ Energieverbrauch für die weggefallenen Mehrfachglühungen.

Das CO₂-Emissionsminderungsziel durch die Vermeidung von qualitätsbedingten Mehrfachglühungen beträgt 69 t_{CO2}/a.

4.2 Messungen

4.2.1 Messwerterfassung

Folgende Messwerte und Auswertungen wurden analysiert:

- Summe der Tonnage der qualitätsbedingten Mehrfachglühungen des betreffenden Produktsegments in den Jahren 2002, 2003 und 2004
- Summe der insgesamt geglühten Masse der Walzen des betreffenden Produktsegments in den Jahren 2002, 2003 und 2004
- Berechnung des spez. Energieverbrauchskennwerts im Referenzjahr (2004)
- Tonnage der qualitätsbedingten Mehrfachglühungen des betreffenden Produktsegments nach Inbetriebnahme und nach stabilem „Lauf“ des Glühofens bis Ende März 2005
- Insgesamt geglühte Massen des betreffenden Produktsegments nach Inbetriebnahme und nach stabilem „Lauf“ des Glühofens bis Ende März 2005

4.2.2 Anlassglühungen

In Abbildung 6 und Abbildung 7 sind die spez. Energieverbräuche für mehrere Vergleichsöfen im relevanten Temperaturbereich für Anlassglühungen dargestellt.

Der Mittelwert des spez. Energieverbrauchs in diesem Temperaturbereich beträgt bei den Vergleichsöfen rd. $39,6 \text{ m}^3(V_N)/\text{t}$.

Glühofen 3 Temp.- bereich 500 - 600 °C, Zeitraum 1.1.04 - 31.3.05

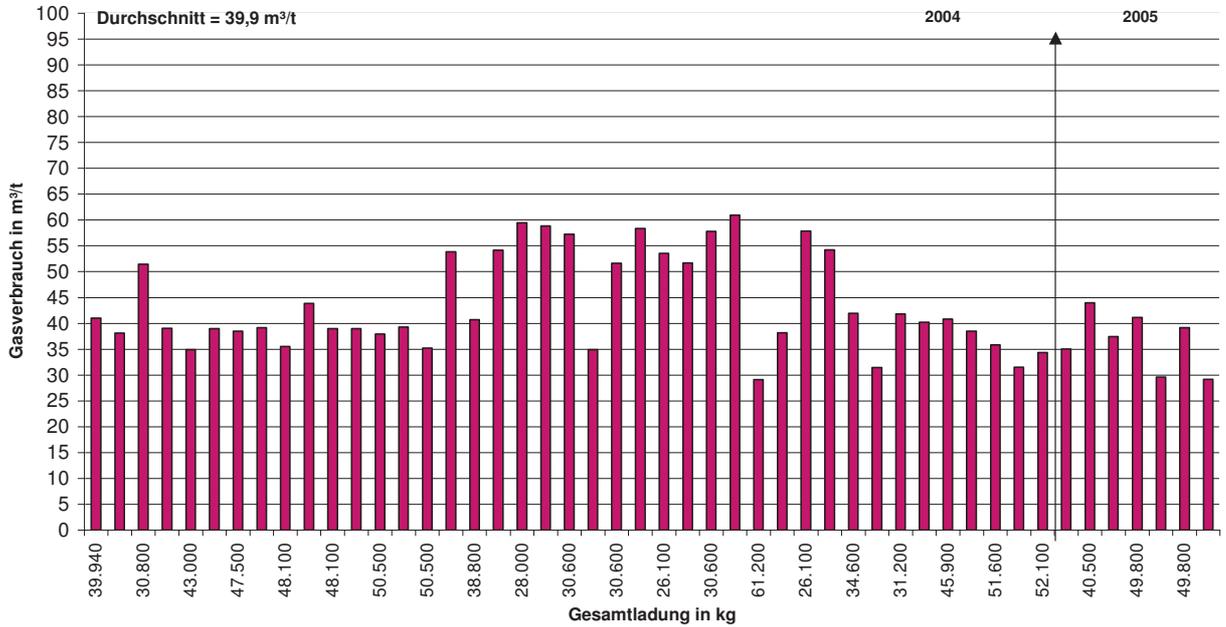


Abbildung 6: Spezifischer Energieverbrauch des Vergleichsofens „Glühofen 3“ im Temperaturbereich zwischen 500 °C und 600 °C

Glühofen 6 Temp. - bereich 500 - 599 °C, Zeitraum 1.1.04 - 31.3.05

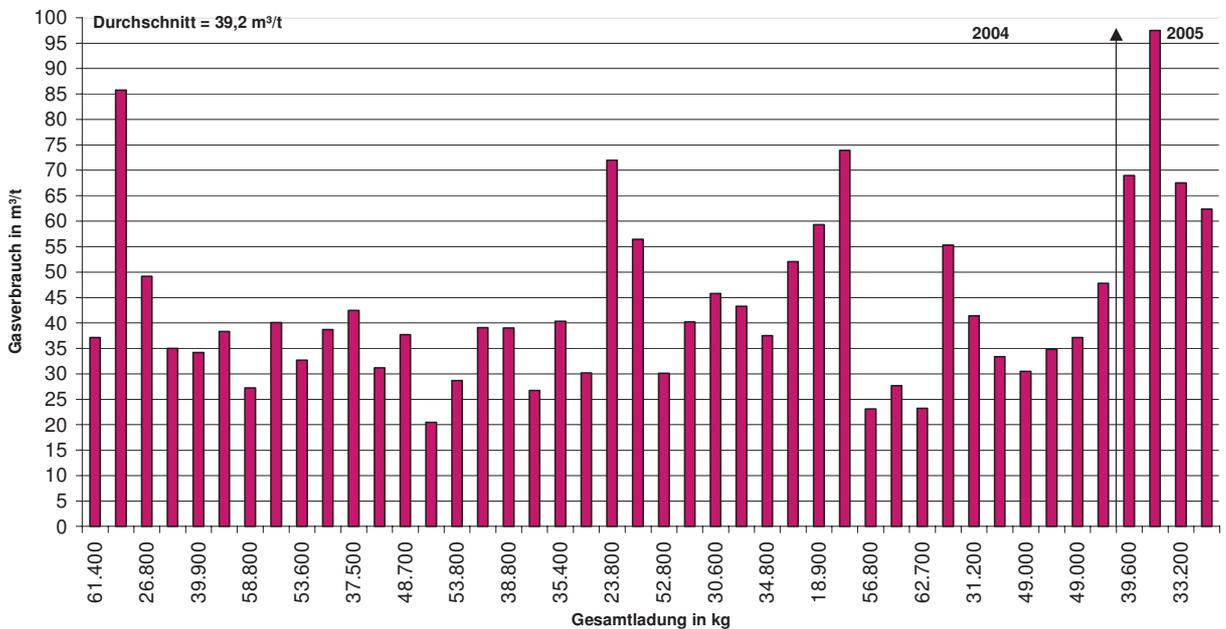


Abbildung 7: Spezifischer Energieverbrauch des Vergleichsofens „Glühofen 6“ im Temperaturbereich zwischen 500 °C und 600 °C

4.2.3 Härteglühungen

In Abbildung 8 ist der spez. Energieverbrauch für Vergleichsofen 3 für Härteglühungen dargestellt. Der Mittelwert des spez. Energieverbrauchs für Härteglühungen beträgt bei den Vergleichsofen rd. $90,0 \text{ m}^3(V_N)/\text{t}$. Der spez. Energieverbrauch für Härteglühungen ist damit um den Faktor 2,27 höher als für Anlassglühungen.

In Abbildung 9 ist die Entwicklung der qualitätsbedingten Mehrfachglühungen bezogen auf das Glühgewicht durch die Inbetriebnahme des neuen temperaturstabilen Glühofens dargestellt.

Die Auswertung zeigt, dass mit dem neuen temperaturstabilen Glühofen qualitätsbedingte Mehrfachglühungen für Härteglühungen zu 100 % vermieden werden konnten, die qualitätsbedingten Mehrfachglühungen bei Anlassglühungen konnten um mehr als 50 % gesenkt werden. Die Zusammenfassung von Härte- und Anlassglühungen zeigt, dass die qualitätsbedingten Mehrfachglühungen um insgesamt mehr als 60 % gesenkt wurden (bezogen auf das Glühgewicht). Das mit dem temperaturstabilen Glühofen gesetzte Ziel einer Vermeidung von 50 % der qualitätsbedingten Mehrfachglühungen wurde somit übertroffen.

Glühofen 3, Härteglühungen 10 Std./ 1000 °C

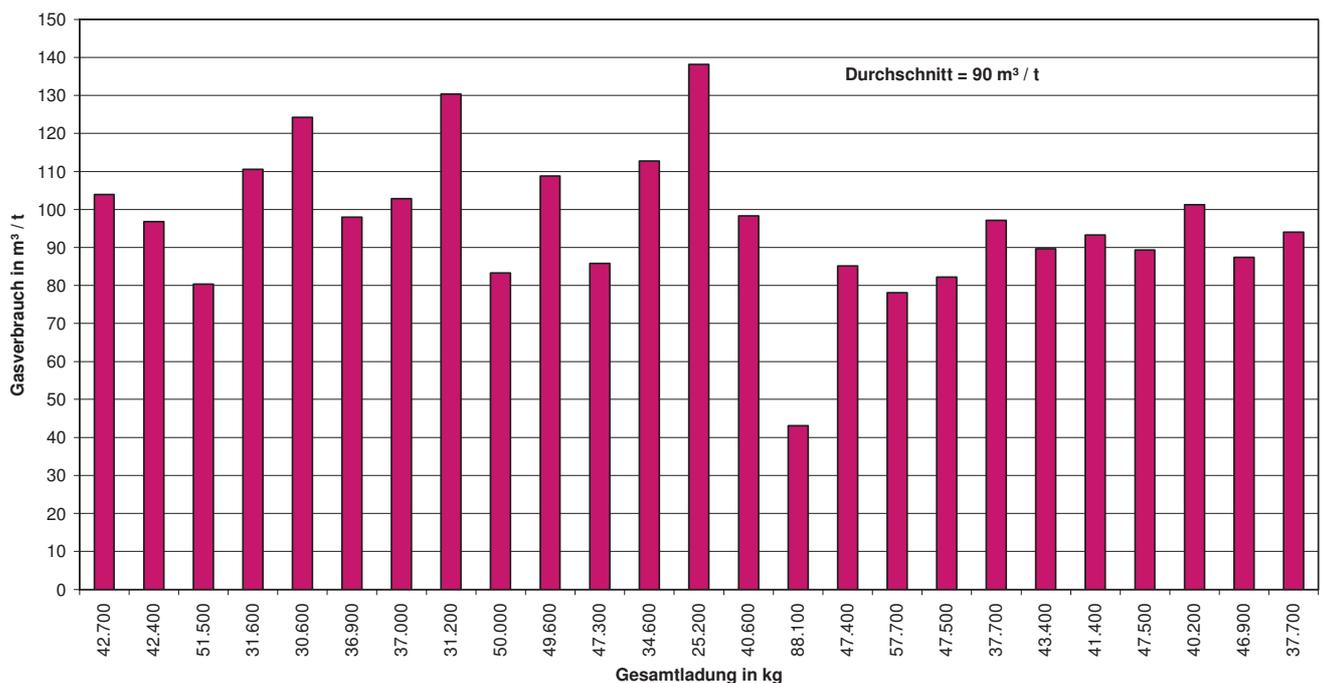


Abbildung 8: Spezifischer Energieverbrauch des Vergleichsofens „Glühofen 3“ für Härteglühungen

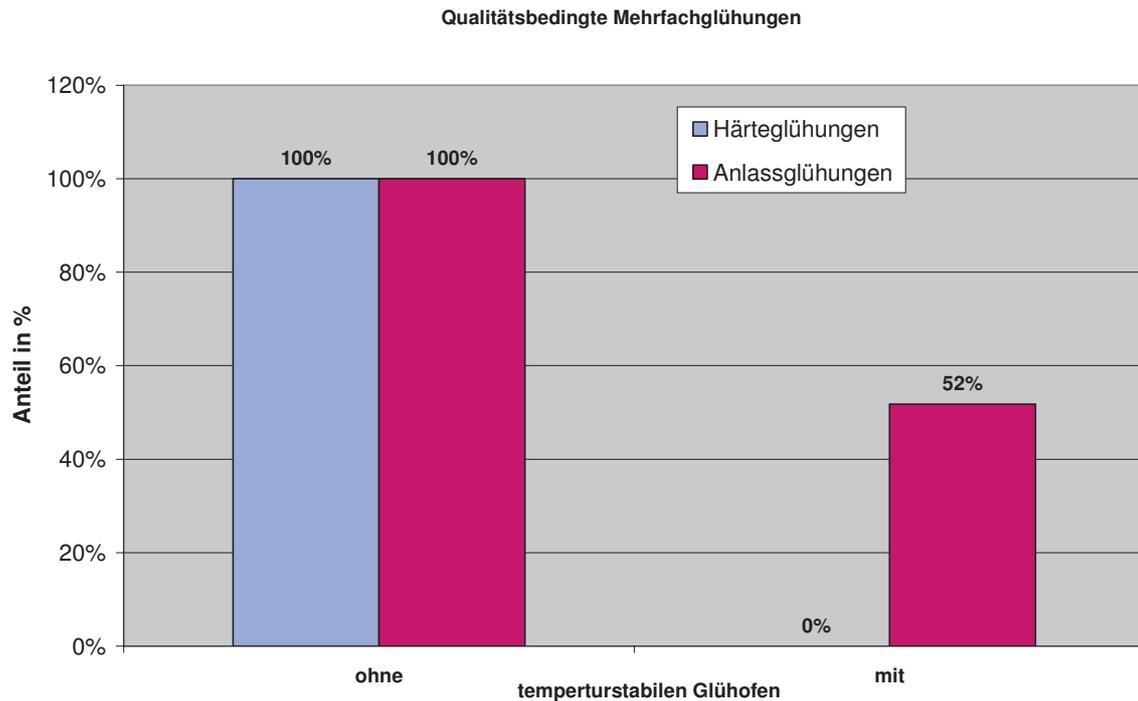


Abbildung 9: Qualitätsbedingte Mehrfachglühungen vor und nach Inbetriebnahme des temperaturstabilen Glühofens (Glühgewichte)

4.3 Ergebnisse

Mit dem neuen temperaturstabilen Glühofen sollten 50 % der qualitätsbedingten Mehrfachglühungen vermieden werden. Die Auswertungen zeigen, dass bei den Härteglühungen 100 % der qualitätsbedingten Mehrfachglühungen vermieden werden können und bei den Anlassglühungen rd. 50 %. Die bei Karl Buch dadurch erreichte Emissionsminderung durch Vermeidung von qualitätsbedingten Mehrfachglühungen beträgt absolut rd. **40,2 t_{CO2}/a.**

5. Innovative Ofentechnologie

5.1 Sachverhalt und Emissionsminderungsziel

Mit einer „Über-Alles-Kontrolle“ soll nachgewiesen werden, wie hoch die gesamte Emissionsminderung durch die Kombination aller Einsparmaßnahmen durch die eingesetzte innovative Ofentechnologie bei Karl Buch ist. Dazu zählen:

- bessere Auskleidung der Ofenwände
- Einsatz Flachflambrenner
- Wärmerückgewinnung

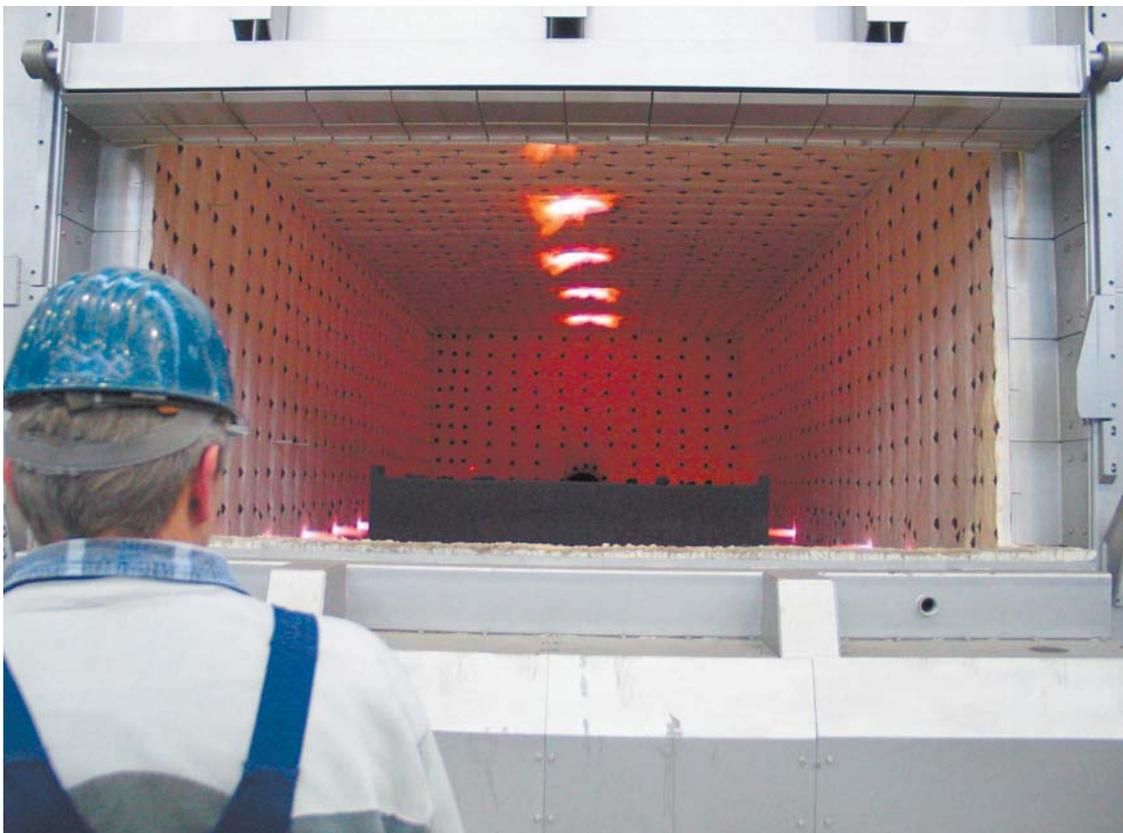


Abbildung 10: Blick in den neuen temperaturstabilen Glühofen mit gezündeten Brennern (oben in der Ofendecke sind die Flachflambrenner erkennbar, seitlich unten die Impulsbrenner)



Abbildung 11: Blick von Aussen auf die Impulsbrenner mit Schalttafel zur Steuerung bzw. Regelung der Brenner



Abbildung 12: Blick auf die Abgasausschleusung mit Verbrennungsluftvorwärmung zur Wärmerückgewinnung aus den Ofenabgasen

Darüber hinaus soll festgestellt werden, welche Energieeinsparung, bezogen auf den durchschnittlichen spezifischen Energieverbrauch je Tonne Glühgut, mit dem temperaturstabilen Glühofen erzielt werden kann.

Bei der Projektplanung wurde davon ausgegangen, dass eine Senkung des spez. Energie- bzw. Erdgasverbrauchs bei Anlassglühungen um durchschnittlich $10 \text{ m}^3(\text{V}_\text{N})/\text{t}$ erreicht wird. Dies entspricht einer Senkung des Energieverbrauchs um ca. 20 %. Bezüglich Härteglühungen wurde keine Energieeinsparung bei der Projektplanung abgeschätzt.

Das mit dem Einsatz von innovativer Ofentechnologie verbundene CO₂-Emissionsminderungsziel beträgt absolut 116 t_{CO2}/a.

5.2 Messungen

5.2.1 Messwerterfassung



Abbildung 13: Glühgut mit Thermoelementen vor der Wärmebehandlung im temperaturstabilen Glühofen

Folgende Werte wurden für die bisherigen Glühöfen und den temperaturstabilen Glühofen gemessen bzw. erhoben:

- Energieverbrauch des gesamten Glühprogramms (bzw. -programme)
- Ofenbelegung (Masse Glühgut)
- Geplante Tonnage im temperaturstabilen Glühofen

5.2.2 Anlassglühungen

Der Energieverbrauch der bisherigen Glühöfen für Anlassglühungen ist in Abbildung 6, Seite 22 und Abbildung 7, Seite 22 dargestellt. Der spez. Energieverbrauch beträgt im relevanten Temperaturbereich zwischen 500 °C und 600 °C durchschnittlich $39,6 \text{ m}^3(\text{V}_\text{N})/\text{t}$.

In Abbildung 14 ist der Energieverbrauch des neuen temperaturstabilen Glühofens in diesem Temperaturbereich (Anlassglühungen) dargestellt. Die Auswertung zeigt, dass mit dem neuen temperaturstabilen Glühofen ein spez. Energieverbrauch von $25,2 \text{ m}^3(\text{V}_\text{N})/\text{t}$ bei Anlassglühungen erreicht wird. Die spez. Erdgaseinsparung beträgt somit mehr als $14 \text{ m}^3(\text{V}_\text{N})/\text{t}$ bzw. mehr als 35 %. Ursprünglich geplant war eine spez. Einsparung gegenüber „Stand der Technik“ von $10 \text{ m}^3(\text{V}_\text{N})/\text{t}$. Die spez. Einsparung ist mit dem temperaturstabilen Glühofen damit um 40 % höher als erwartet.

temperaturstabiler Glühofen Temp. - bereich 500 - 599 °C, Zeitraum 1.12.04 - 1.3.05

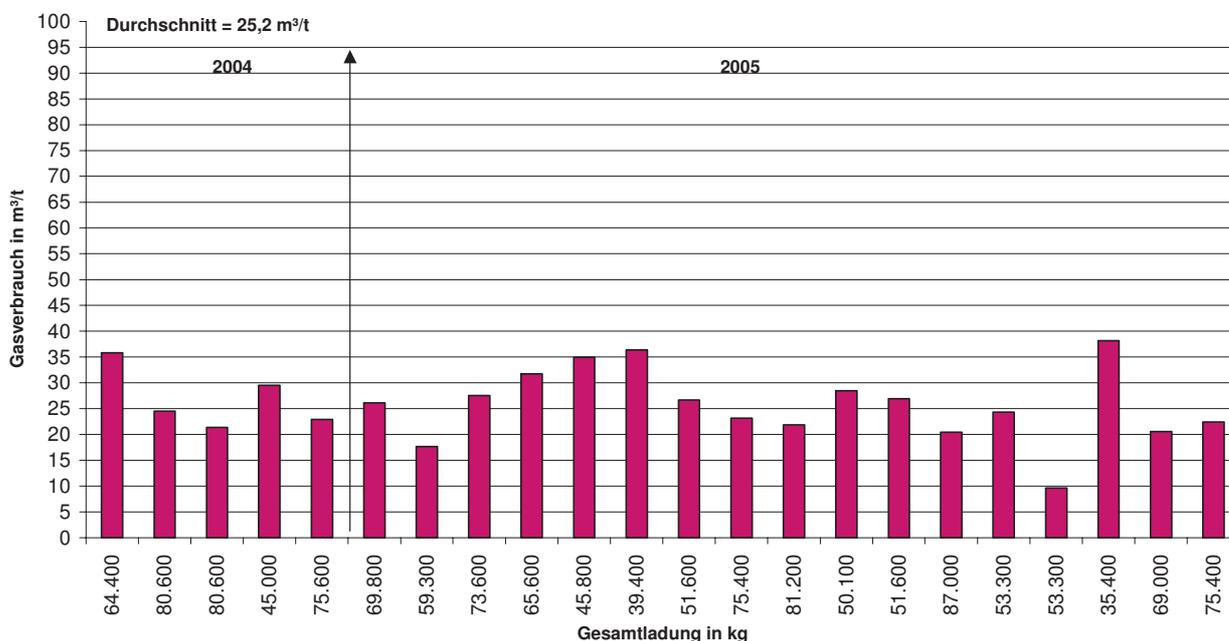


Abbildung 14: Spezifischer Energieverbrauch des neuen temperaturstabilen Glühofens im Temperaturbereich zwischen 500 °C und 600 °C (Anlassglühungen) für alle durchgeführten Glühungen

5.2.3 Härteglühung

Der Energieverbrauch der bisherigen Glühöfen für Härteglühungen ist in Abbildung 14, Seite 23 dargestellt. Der spez. Energieverbrauch beträgt im relevanten Temperaturbereich um 1.000 °C durchschnittlich $90,0 \text{ m}^3(\text{V}_N)/\text{t}$.

In Abbildung 15 ist der Energieverbrauch des neuen temperaturstabilen Glühofens in diesem Temperaturbereich für Härteglühungen dargestellt.

Die Auswertung zeigt, dass mit dem neuen temperaturstabilen Glühofen ein spez. Energieverbrauch von $50 \text{ m}^3(\text{V}_N)/\text{t}$ bei Härteglühungen erreicht wird. Die spez. Erdgaseinsparung beträgt somit rd. $40 \text{ m}^3(\text{V}_N)/\text{t}$ bzw. rd. 44 %.

Glüofen 7, Härteglühungen 10 Std. / 1000 °C

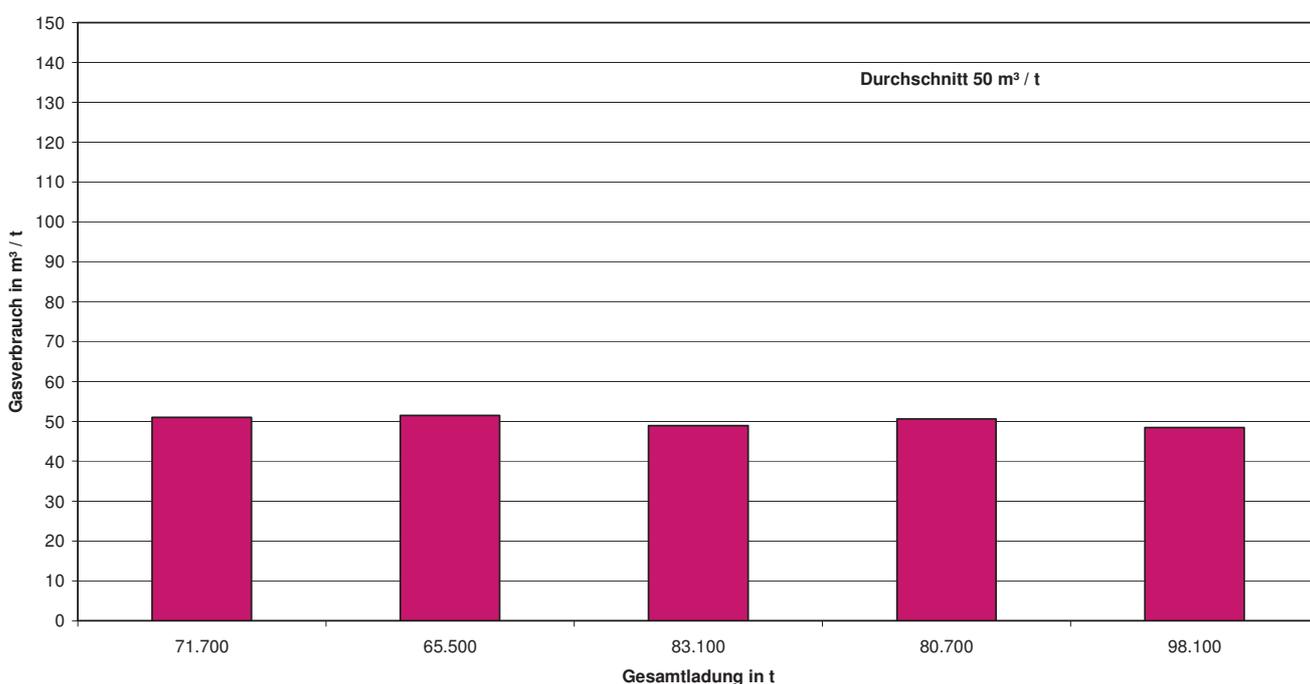


Abbildung 15: Spezifischer Energieverbrauch des neuen temperaturstabilen Glühofens im Temperaturbereich um 1.000 °C (Härteglühungen)

5.3 Ergebnis

Die Auswertungen zeigen, dass die erwartete Energieeinsparung von 20 % bei weitem übertroffen wird. Im Temperaturbereich der Anlassglühungen beträgt die Energieeinsparung rd. 34 %, im Temperaturbereich der Härteglühungen beträgt die Energieeinsparung sogar rd. 44 %.

Die erreichte CO_2 -Emissionsminderung beträgt insgesamt rd. $169,4 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{a}$. Die Ziele bezüglich der Energieeinsparung und der CO_2 -Emissionsminderung durch die verbesserte Ofentechnologie werden damit bei Karl Buch erheblich übertroffen.

6. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

6.1 Getätigte Investitionen

In Tabelle 1 sind die geplanten und die bis zum 30. September 2005 getätigten und noch zu tätigen Investitionen aufgelistet.

Tabelle 1: Übersicht über Investitionskosten

Investitionssumme:	geplant	endgültig
Kaufpreis Glühofen	520.900,00	520.900,00
Aushub/Fundament	30.000,00	36.776,77
Installationsarbeiten	32.000,00	17.537,31
Montage/Genehmigung/Messungen	10.500,00	2.500,00
förderfähige Investitionssumme BMU-Zuschuss	593.400,00	
Inbetriebn. und Nachweisführung Thermo- und Prüfelemente	5.000,00	1.259,60
Verlegung Kabelkanal	5.000,00	
Unterlegbalken (Brammen) Erstausrüstung	23.200,00	9.820,27
externer Datendruker Dokumentation Temperaturverlauf	18.000,00	4.163,95
Engineeringkosten Temperaturmessungen	2.000,00	
	53.200,00	50.000,00
Investitionssumme für Kredite	643.400,00	592.957,90

Die tatsächlichen Herstellkosten betragen in Summe 592.957,90 € (netto).

6.2 Abschätzung Einsparungen

Einsparungen durch den neuen Ofen werden erreicht durch

- eine Senkung des Energieverbrauchs
- eine Senkung der qualitätsbedingten Mehrfachglühungen
- **Vermeidung von Flexibilisierungsmaßnahmen**

Flexibilisierungsmaßnahmen werden durchgeführt, um die steigende Anzahl an „großen“ Walzen bei Karl Buch überhaupt fertigen zu können.

Flexibilisierungsmaßnahmen sind zum Einen Haubenvorbauten an bestehende Glühöfen, deren eigentliche Nutzlänge geringer ist als der zu glühende Rohguß. Die nutzbare Ofenlänge wird durch den Vorbau der Haube vergrößert, die Temperaturstabilität leidet jedoch darunter.

Zum Anderen sind Flexibilisierungsmaßnahmen auch das **vorzeitige Kopfabstechen am Rohguß.** Vorzeitig deshalb, weil im normalen Fertigungsablauf nach dem Guß eine Wärmebehandlung und anschließend die mechanische Bearbeitung erfolgt. Beim vorzeitigen Kopfabstechen wird nach dem Guß der Rohguss in die mechanische Bearbeitung gebracht, der (nur aus gießtechnischen Gründen benötigte) Walzenkopf abgestochen und der Rohguss zurück zur Wärmebehandlung gebracht.

Beide **Flexibilisierungsmaßnahmen verursachen nur Kosten,** ohne die Wertschöpfung zu steigern. Nach internen Erhebungen von Karl Buch kostet eine

Flexibilisierungsmaßnahme durchschnittlich 420,-- €. Nach dem vorliegenden Produktionsprogramm werden im Jahr 2005 ca. 80 Flexibilisierungsmaßnahmen nicht erforderlich sein. Die Einsparung durch Vermeidung von Flexibilisierungsmaßnahmen beträgt daher ca. 33.600,-- €/a.

Die Einsparung an Erdgas durch die Vermeidung von qualitätsbedingten Mehrfachglühungen beträgt rd. 225.000 kWh(Ho)/a. Bei einem Erdgaspreis von rd. 0,04 €/kWh(Ho) beträgt die jährliche Kosteneinsparung rd. 9.000,-- €/a. Hinzu kommen Handlingskosten in der Glüherei, die nach internen Erhebungen bei Karl Buch rd. 12.000,-- €/a an Kosten verursachen. Die gesamte Einsparung beträgt daher rd. 21.000,-- €/a.

Die Einsparung durch die innovative Ofentechnologie beträgt für Karl Buch rd. 1.000.000 kWh(Ho)/a. Bei einem Erdgaspreis von 0,04 €/kWh(Ho) beträgt die jährliche Kosteneinsparung rd. 43.776,-- €/a.

6.3 Statische Amortisationszeit

In Tabelle 2 ist die überschlägige Berechnung der statischen Amortisationszeit dargestellt.

Tabelle 2: Übersicht zur Berechnung der stat. Amortisationszeit (Anschaffungskosten abzgl. verlorener Zuschuss wurden mit einem kalk. Zins von 5 % als Kapitalkosten gerechnet)

	temperaturstabiler Glühofen	Bemerkung
Anschaffungskosten abzgl. verlorenem Zuschuss [€]:	405.956	Herstellkosten = B 592.957,90 €
Restwert [€]:	0	
Nutzungsdauer [a]:	10	
Kalkulatorischer Zins [%]:	5	
Kalkulatorische Abschreibung [€/a]:	40.596	C
Einsparung qualitätsbedingte Mehrfachglühungen [€/a]:		
	21.000	
Einsparung vermiedene Flexibilisierungsmaßnahmen [€/a]:		
	33.600	
Energieeinsparung [€/a]:		
	43.766	
Sonstige Einsparungen [€/a]:		
	0	
Kapitalkosten [€/a]:		
	50.744	
Saldo Sonstiges [€/a]:		
	0	
Jährliche Kosteneinsparung [€/a]:		
	47.622	D
Amortisationszeit [a]:		
	4,6	= B/(C+D)

7. Wesentliche Ergebnisse des Projekts

7.1 Erreichte Verbesserungen bei Karl Buch

Steigende kundenspezifische Anforderungen an die Produkte von Karl Buch machten eine Modernisierung der bestehenden Glühöfen erforderlich. Nach einer intensiven Analyse der bereits bestehenden und zukünftig zu erwartenden Anforderungen an die Produkte wurden die dafür notwendigen Spezifikationen an einen Wärmebehandlungssofen erarbeitet. Die ersten Gespräche mit potenziellen Ofenlieferanten zeigten, dass insbesondere die geforderte Temperaturstabilität auf der Glühgutoberfläche von +/- 2,5 °C mit konventioneller Ofentechnologie nicht verwirklicht werden kann.

Zusammen mit einem Ofenlieferant wurde ein technisches Konzept für einen innovativen Glühofen erarbeitet, mit dem neben der geforderten Temperaturstabilität auch eine erhebliche Energieeinsparung und damit auch eine Senkung von CO₂-Emissionen zu erzielen ist. Die diesbezüglich geplanten Eckdaten des Pilotofens waren eine Temperaturstabilität von +/- 2,5 °C auf der Glühgutoberfläche und eine Energieeinsparung und CO₂-Emissionsminderung bei Anlassglühungen im Temperaturbereich von 500 bis 600 °C um rd. 20 %.

Trotz der bisher in anderen vergleichbaren Glühöfen noch nicht eingesetzten innovativen Komponenten konnte die Inbetriebnahmephase des Pilotofens bis zum stabilen Lauf in den „üblichen“ zeitlichen Rahmen gehalten werden. Die Auswertung der Messungen zeigt, dass die Temperaturstabilität von +/- 2,5 °C auf der Glühgutoberfläche bei Anlassglühungen erreicht wird. Die erwartete Einsparung beim Energieverbrauch und damit die Senkung der CO₂-Emissionen konnte wesentlich übertroffen werden. Gegenüber dem Stand der Technik konnte mit der eingesetzten innovativen Ofentechnologie eine Energieeinsparung und CO₂-Emissionsminderung bei Anlassglühungen im Temperaturbereich zwischen 500 °C und 600 °C von rd. 35 % erzielt werden, bei Härteglühungen im Temperaturbereich um 1.000 °C sogar um rd. 44 %.

Durch die Umsetzung des Projekts wurde bei Karl Buch eine Senkung der absoluten CO₂-Emissionen um 209,6 t_{CO2}/a erreicht. Die ursprünglich geplante Verringerung der jährlichen CO₂-Emissionen von ca. 185 t_{CO2}/a wird damit um rd. 13 % übertroffen.

7.2 Übertragbarkeit der Ergebnisse

Neben Verbesserungen bei Karl Buch wurden auch wichtige Ergebnisse für andere Walzenhersteller erarbeitet. Für die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Walzenhersteller sind folgende Kennzahlen von besonderer Relevanz:

- Der mit dem temperaturstabilen Glühofen erreichte spez. Energieverbrauch je Tonne Glühgut **für Anlassglühungen** beträgt rd. 25 m³(V_N)/t (abhängig von Ofenbelegung und Glühprogramm).
- Der mit dem temperaturstabilen Glühofen erreichte spez. Energieverbrauch je Tonne Glühgut **für Härteglühungen** beträgt 50 m³(V_N)/t (abhängig von Ofenbelegung und Glühprogramm).

- Die Temperaturdifferenz (Temperaturstabilität) auf der Oberfläche des Glühguts beträgt zwischen dem „kältesten“ und dem „wärmsten“ Messpunkt max. 5 °C.

Tabelle 3: Vergleich der spezifischen Energieverbrauchskennzahlen zwischen konventioneller Ofentechnologie und dem neuen temperaturstabilen Glühofen

	Energieverbrauchskennwerte	
	Herkömmliche Ofentechnologie	Temperaturstabiler Glühofen
	$\text{m}^3(\text{V}_N)/\text{t}_{\text{Glühgut}}$	$\text{m}^3(\text{V}_N)/\text{t}_{\text{Glühgut}}$
Anlassglühungen	39,6	25,0
Härteglühungen	90,0	50,0



Abbildung 16: Ofenfront beim Betrieb des Glühofens (Ofentür geschossen)

7.3 Zusammenfassung

Steigende kundenspezifische Anforderungen an die Produkte von Karl Buch machten eine Verbesserung der Temperaturstabilität bei der Wärmebehandlung bezogen auf die Glühgutoberfläche auf +/- 2,5 °C erforderlich. Zusammen mit einem Ofenlieferant wurde ein **technisches Konzept für einen innovativen Glühofen erarbeitet**, mit dem neben der geforderten **Temperaturstabilität auch eine erhebliche Energieeinsparung** und damit auch eine Senkung von CO₂-Emissionen zu erzielen ist. Die geplanten Eckdaten des Pilotofens waren eine Temperaturstabilität von +/- 2,5 °C und eine Energieeinsparung und CO₂-Emissionsminderung bei Anlassglühungen im Temperaturbereich von 500 bis 600 °C um rd. 20 %.

- Die Auswertung der Messungen nach der Inbetriebnahme des temperaturstabilen Glühofens zeigt, dass die Temperaturstabilität von +/- 2,5 °C bei Anlassglühungen erreicht wird. Die Einsparung beim Energieverbrauch und die Senkung der CO₂-Emissionen beträgt gegenüber dem Stand der Technik mit der eingesetzten innovativen Ofentechnologie bei Anlassglühungen rd. 35 %, bei Härteglühungen im Temperaturbereich um 1.000 °C sogar rd. 44 %.

Im einzelnen zeigten die durchgeführten Messungen und Auswertungen folgende Ergebnisse:

- **Die angestrebte Temperaturstabilität von +/- 2,5 °C auf der Oberfläche des Glühguts wird erreicht. Die Temperaturdifferenz zwischen dem „kältesten“ und dem „wärmsten“ Messpunkt auf der Glühgutoberfläche beträgt max. 5 °C.**
- **Durch die Vermeidung von qualitätsbedingten Mehrfachglühungen kann eine Energieeinsparung bei den Anlass- und Härteglühungen von ca. 226.700 kWh(Ho)/a erreicht werden. Dies bedeutet eine CO₂-Emissionsminderung von ca. 40,2 t_{CO2}/a.**
- Durch die Verbesserung der Ofentechnologie kann im Temperaturbereich der **Anlassglühungen** eine Senkung des spez. Energiebedarfs um 14,4 m³(V_N)/t nachgewiesen werden, dies entspricht einer **Einsparung von rd. 35 %**.
- Durch die Verbesserung der Ofentechnologie kann im Temperaturbereich für **Härteglühungen** eine Senkung des spez. Energiebedarfs um rd. 40 m³(V_N)/t nachgewiesen werden, dies entspricht einer **Einsparung von rd. 44 %**.
- **Insgesamt beträgt die Emissionsminderung bei Anlass- und Härteglühungen ca. 169,4 t_{CO2}/a.**
- Der spez. Energieverbrauch bei Anlassglühungen kann bei einer durchschnittlichen Ofenbelegung mit Glühgut von 62 t je Ofenreise auf ca. 25,2 m³(V_N)/t reduziert werden.
- Der spez. Energieverbrauch bei Härteglühungen kann bei einer durchschnittlichen Ofenbelegung mit Glühgut von 80 t je Ofenreise auf ca. 50 m³(V_N)/t reduziert werden.
- **Die insgesamt erreichten Verbesserungen bewirken eine CO₂-Emissionsminderung bei Karl Buch von 209,6 t_{CO2}/a. Die erwartete Emissionsminderung wird somit um 13 % übertroffen.**

Impressum

Redaktion: Hans-Werner Sturm, Karl Buch Walzengiesserei GmbH & Co. KG
Gerhard Saller, GWU mbH

Gestaltung: Karl Buch Walzengiesserei GmbH & Co. KG und GWU mbH, Siegen

Bilder: Karl Buch Walzengiesserei GmbH & Co. KG, Siegen

Druck: VORLÄNDER, Siegen



Karl Buch Walzengiesserei
GmbH & Co. KG

Auf den Hütten 7

57076 Siegen

Telefon (02 71) 7 00 30

Telefax (02 71) 7 00 31 00