

Abschlußbericht
- Raffinationsofen -
Schmelz- und Gießbetriebe
KME Germany AG & Co.KG



1 Berichtskennblätter

1.1 deutsch

1. Berichtsnummer UBA-FB	2.	3.
4. Titel des Berichts: Abschlussbericht des Demonstrationsvorhabens „Schmelz- und Raffinationsofen für Kupfer- und Kupferlegierungen“		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Dipl. Ing. Frank Otten Dr. Ing. Bernhard Hanusch Dipl. Ing Michael Schulz, Dipl. Ing. Michael Deuper	8. Abschlussdatum 01.11.2011	9. Veröffentlichungsdatum 01.12.2011
	10. UFOPLAN-Nr.	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) KME Germany AG & Co.KG Klosterstraße 29 49074 Osnabrück	11. Seitenzahl 50	12. Literaturangaben 2
	13. Tabellen und Diagramme 26	
	14. Abbildungen 7	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift): Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit Alexanderplatz 6 10178 Berlin Fachtechnische Prüfung: Umweltbundesamt, Postfach 14 06, 06813 Dessau-Roßlau		
15. Zusätzliche Angaben		
16. Kurzfassung Der Raffinationsprozess ist beim Recycling von Schrotten ein zwingend erforderlicher Prozessschritt mit hoher wirtschaftlicher Relevanz. Die seit langem eingesetzten klassischen Trommelöfen weisen neben einer hohen diffusen Staubemission, die nur mit erheblichem Abluftvolumen aufwendig mittels end-of-pipe Technik zu erfassen und zu behandeln ist, einen nicht mehr zeitgemäßen Energienutzungsgrad auf. Um den Stand der Technik (BAT) bei der Kupfer-Feuerraffination hinsichtlich Energieeffizienz und der Umweltauswirkungen weiter zu verbessern wurde bei der KME Germany AG & Co. KG am Standort Osnabrück ein für die Kupferindustrie neuartiger Raffinationsofen zum Einschmelzen und Raffinieren von Kupfer und Kupferlegierungsschrotten entwickelt und großtechnisch erprobt. Dabei zeigte sich im Vergleich zum bisherigen Verfahren eine deutliche Energieeinsparung mit der daraus resultierenden CO ₂ -Minderung sowie eine signifikante Reduzierung weiterer Emissionen (Staub, Dioxine, Gesamt-kohlenstoff). Mit dem Ofen besteht nun die Möglichkeit auch Schrotte mit einem höheren Anteil an organischen Anhaftungen einzusetzen und dessen Energieinhalt im Prozess zu nutzen. Weiterhin zeichnet sich das neue Verfahren durch eine prozessintegrierte Nachverbrennung der Abgase als auch die nun vollständige Erfassung der diffusen Emissionen beim Beschicken und Schmelzen aus.		
17. Schlagwörter: Kupfer, Raffinationsofen, Emissionen, Energieeffizienz, CO ₂ , KME		
18. Preis 5,3 Mio €	19.	20.

1.2 englisch

1. Report UBA-FB	No. 2.	3.
4. Report Title Final report Copper-Melting and refining oven for copper and copperalloys		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Dipl. Ing. Frank Otten Dr. Ing. Bernhard Hanusch Dipl. Ing Michael Schulz, Dipl. Ing. Michael Deuper		8. Report Date 01.11.2011
6. Performing Organisation (Name, Address) KME Germany AG & Co.KG Klosterstraße 29 49074 Osnabrück		9. Publication Date 01.12.2011
		10. UFOPLAN-Ref. No.
		11. No. of Pages 50
		12. No. of Reference 2
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit Alexanderplatz 6 10178 Berlin <u>Responsible for technical review:</u> Umweltbundesamt, Postfach 14 06, 06813 Dessau-Roßlau		13. No. of Tables, Diagrams 26
		14. No. of Figures 7
		15. Supplementary Notes
16. Abstract The refining process is a stringently required stage in the process of recycling scrap which is of important economic relevance. The classical rotary furnaces, in addition to having diffused dust emission, which requires the capturing and treatment of high air volumes by means of end-of-pipe technology, also have a level of energy consumption which is not appropriate for modern standards anymore. In order to continue improving the best available technique (BAT) at the copper fire refinement with a view to energy efficiency and effects on the environment, a new type of refining furnace for the copper industry for the smelting and refining of copper and copper alloy scrap has been developed by KME Germany AG & Co. KG at the Osnabrück plant and already subjected to general technical tests. In the context of these tests significant energy savings were recorded by comparison with the previous procedure, also with the consequence of a reduction in CO ₂ , as well as a significant reduction in further emissions (dust, dioxins, total carbon). The furnace now offers the possibility also of using scrap with a higher proportion of organic sticklings and to make use of its energy content in the process. A further distinguishing feature of the new process is a process-integrated post-combustion facility of the exhaust gases as well as the now complete capturing of the diffuse emissions in the feeding and smelting processes.		
17. Keywords: Copper, Refining, Emission, CO ₂ , Energy, KME		
18. Price: 5,3 Mio €	19.	20.

2 Inhaltsverzeichnis

1	BERICHTSKENNBLÄTTER	2
1.1	deutsch	2
1.2	englisch	3
2	INHALTSVERZEICHNIS	4
3	ERLÄUTERUNG DER ABKÜRZUNGEN, MAßEINHEITEN, SYMBOLE	6
4	EINLEITUNG	7
4.1	Firmengeschichte KME Osnabrück	7
4.2	Betriebsbeschreibung	7
4.3	Ausgangssituation	8
4.3.1	Besetzen	9
4.3.2	Einschmelzen	9
4.3.3	Überhitzen und Warmhalten (Raffinieren)	9
4.3.4	Abschlacken und Polen	9
4.3.5	Abgießen	10
4.4	Emissionen	10
4.4.1	Abluft gefasst	10
4.4.2	Abluft diffus	11
4.4.3	Schall	11
4.4.4	Energieverbrauch	11
4.4.5	Abfallsituatuion	11
4.5	Emissionsbegrenzungen	11
4.5.1	Gesamtstaub (gem. Nr. 5.4.3.4.1 der TA Luft)	11
4.5.2	Grenzwerte nach TA Luft	11
4.6	Stand der Technik	12
4.7	Lösungsansätze	12
5	UMWELTSCHUTZWIRKUNG/ZIELSETZUNG	14
5.1	Emissionsminderung	14
5.2	Energieeinsparung	14

5.3	Lösungsweg	15
5.3.1	Ofenaufbau	15
5.3.2	Brenner	16
5.3.3	Chargieranlage	16
5.3.4	Produktionshalle	17
5.3.5	Verfahrensentwicklung Gasspülen	17
5.3.6	Nachverbrennung	17
5.3.7	Verminderung der Emissionen	18
5.3.8	Energieverbrauch	18
5.4	Modellhafter Neuheitswert	19
5.5	Risiken	21
5.6	Übertragbarkeit des Verfahrens	22
6	DER RAFFINATIONSOFEN	23
6.1	Funktionsbeschreibung	23
6.1.1	Ofenbewegungen	23
6.2	Gasregelstrecken und Brenner	25
6.2.1	Allgemeines	25
6.2.2	Gaseingangsstrecke	25
6.2.3	Brennluftversorgung	25
6.2.4	Sauerstoffregelstrecke	26
6.2.5	Sicherheitszündbrenner	26
6.2.6	Hauptbrenner	26
6.2.7	Erdgas-Sauerstoff-Brenner	27
6.2.8	Erdgas-Luft-Brenner	27
6.3	Gasspülen	28
6.3.1	Stickstoffspüleinheit	29
6.3.2	Spülsteintemperaturen	30
6.3.3	Gasspülverfahren	30
6.4	Chargieren	31
6.4.1	Aufbau und Arbeitsweise	31
6.4.2	Funktionen in den Positionen	32
6.5	Emissionsminderung	33
6.5.1	Emissionssituation Trommelöfen (altes Verfahren)	33
6.5.2	Emissionssituation Raffinationsofen (neues Verfahren)	33
6.6	Umweltschutzleistung / Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	42
7	ZUSAMMENFASSUNG	45
8	LITERATURVERZEICHNIS	47
9	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	48

3 Erläuterung der Abkürzungen, Maßeinheiten, Symbole

KME	KME Germany AG & Co.KG, vormals KME Germany AG
Nm ³	Norm-Kubikmeter

4 Einleitung

4.1 Firmengeschichte KME Germany AG & Co. KG , Werk Osnabrück

Die Kupferverarbeitung hat am Standort Osnabrück eine lange Tradition. Bereits im Jahr 1873 wurde das Unternehmen Witte und Kämper als Draht- und Stiffabrik gegründet, es fertigte bereits gegen Ende der 80er Jahre des 19. Jahrhunderts Kupferdraht und -blech. 1890 wurde die Aktiengesellschaft Osnabrücker Kupfer- und Drahtwerk gegründet. Die kontinuierliche Entwicklung des Werkes setzte sich mit umfangreichen Erweiterungen der Fläche und erheblichen Modernisierungen der Maschinen und Anlagen mit der technischen Entwicklung immer weiter fort. Im Zweiten Weltkrieg wurden über 50 % des Werkes zerstört.

1945 begann der Wiederaufbau. Im Jahr 1967 schlossen sich sämtliche zum Konzern der Gutehoffnungshütte AG gehörenden kupferverarbeitenden Unternehmen zusammen und begründeten die Kabel- und Metallwerke Gutehoffnungshütte AG. Im weiteren Verlauf der Jahre bis zur Gegenwart ging daraus schließlich über mehrere Schritte die heutige KME Germany AG & Co. KG, kurz KME, hervor.

In seiner heutigen Form besteht das Werk seit 1995, als es durch die Fusion der Europa Metall S.p.A. (Italien), Tréfinmétaux S.A. (Frankreich) und KM-Kabelmetal AG (Deutschland), dreier traditionsreicher Unternehmen der europäischen Kupferindustrie, entstand. Die KME ist eine 100 %ige Tochter der KME Group, vormals SMI (Società Metallurgica Italiana SpA, Florenz), die 1990 die Mehrheit am KM-Aktienpotenzial erworben hatte.

4.2 Betriebsbeschreibung

Die KME produziert für Kunden aus den unterschiedlichsten Industriebereichen eine große Vielfalt an Produkten aus Kupfer- und Kupferlegierungen, die in den Bereichen Klimatechnik, Bauindustrie, Elektro-, Elektronik-, Fernmelde-, Transport-, mechanische, Offshore-, Schmelz- und Gießindustrie sowie Medizinische Industrie für die Herstellung unterschiedlichster Produkte eingesetzt werden.

Die Fertigungsstandorte der KME sind auf die europäischen Länder mit dem höchsten Kupferverbrauch verteilt.

Am Standort Osnabrück sind drei Unternehmensbereiche vertreten:

- Tube Systems (Rohrsysteme)

Durch die Fertigungsprozesse „Pressen oder Walzen und Ziehen“ sowie deren anschließende Wärme- und Oberflächenbehandlung werden entsprechend dem vorgesehenen

Verwendungszweck Rohre aus Kupfer und Kupferlegierungen in großer Vielfalt produziert, die für Hausinstallationen und in der Industrie eingesetzt werden.

- Rolled Products (Walzerzeugnisse)

In diesem Bereich wird Walzmaterial für das Bauwesen und industrielle Anwendungen gefertigt. Die Tafeln und Bänder aus Kupfer und Kupferlegierungen sind sehr flexibel einsetzbar und werden für die Bereiche Bauwesen, Elektro- und Elektronikindustrie, Steckverbinder- und Halbleiterindustrie, Münzrohlinge, metallverarbeitendes Gewerbe und Kabelfertigung produziert.

- Special Products (Sondererzeugnisse)

Hierzu zählt eine große Vielfalt von speziellen Produkten, die ganz auf die sehr unterschiedlichen Bedürfnisse und Ansprüche der Kunden ausgerichtet sind. Unterschieden werden die Einheiten:

- Press- und Zieherzeugnisse
- Produkte für die Schmelz- und Gießtechnik
- Maritime und Verfahrenstechnische Anwendungen
- Rohrbündel
- andere Spezialprodukte

Die für diese Anwendungen eingesetzten Formate aus Kupfer- und Kupferlegierungen werden in den Schmelz- und Gießbetrieben am Standort Osnabrück aus Neukupfer (Kathoden, Anoden) bzw. Sekundärrohstoffen (Recyclingmaterial) hergestellt. Im Falle der Herstellung von Legierungen werden der Kupferschmelze entsprechende Legierungsmetalle hinzugefügt.

4.3 Ausgangssituation

Beim Schmelzen von Kupfer für die Weiterverarbeitung in der Halbzeugindustrie werden bei brennstoffbeheizten Schmelzöfen im Wesentlichen zwei Verfahren angewendet:

- Schachtofen für den Betrieb mit Kathoden sowie metallisch „sauberen“ Rücklaufschrott aus der Produktion.
- Drehtrommelöfen für den Betrieb mit Kathoden und Schrotten vom Markt.

Der Drehtrommelofen bietet gegenüber dem Schachtofen die Möglichkeit zur Raffination und hat somit ein breiteres Spektrum an Einsatzmaterialien. Nachteilig bei diesem Ofentyp sind die bauartbedingten diffusen Emissionen, insbesondere beim Beschicken des Ofens und dem Sauerstoff-Reduktionsprozess mittels Baumstammpolen. Die Energieausnutzung ist ebenfalls nicht optimal.

Der KME stehen heute zur Verarbeitung von Kupfer verschiedene Öfen zur Verfügung. Zum Einschmelzen von Kupfer (Kathoden, Rückläufe, Schrotte) können ein Schachtofen (ASARCO-Ofen) sowie drei Trommelöfen verwendet werden, wobei die Trommelöfen auch zum Raffinieren und Entgasen benutzt werden.

Beim Trommelofen handelt es sich um ein nahezu zylindrisches Ofengefäß, das liegend betrieben wird, zum Chargieren mit Festversatz und Vergießen der Schmelze jedoch gekippt werden kann. Das Ofengefäß ist an den sich verjüngenden Stirnseiten offen. Beim Erhitzen wird an der einen Seite der Brenner vorgesetzt, während an der anderen Seite die Ablufferfassung vorgeschwenkt wird.

Die Verfahrensschritte beim Trommelofen sind wie folgt:

4.3.1 Besetzen

Der vorgewärmte Ofen (ca. 1000°C in der Ofenausmauerung) wird zunächst einseitig verschlossen und dann in die Senkrechte gekippt. Der Ofen wird mit festem Material chargiert. Hierbei kommt es durch den Wärmeeintrag der warmen Ofenwand zu teilweiser Verschmelzung von anhaftenden organischen Verunreinigungen. Die entstehenden Abgase werden über Hauben der Abgasreinigungsanlage zugeführt. Diffuse Emissionen bei diesem Vorgang können jedoch nicht ganz vermieden werden. Der Ofen wird anschließend in die Horizontale gekippt, der Verschluss entfernt, der Brenner und die Abgasleitung vor den Öffnungen in Position gebracht.

4.3.2 Einschmelzen

Die Brennerflamme erwärmt das Material sowie die Ofenausmauerung. Hat sich ein ausreichender Sumpf aus flüssiger Schmelze gebildet, wird der Ofen in Rotationsbewegung versetzt. Das Material kommt so mit der heißen Ofenausmauerung in Kontakt und der Energieinhalt der Ausmauerung wird für den Schmelzprozess genutzt. Speziell in der Anfangsphase des Einschmelzens kommt es zu einer verstärkten Belastung der Abluft mit unvollständig verbrannter Organik. Der Energieinhalt der Organik kann somit nur teilweise für die Erwärmung genutzt werden.

4.3.3 Überhitzen und Warmhalten (Raffinieren)

Zur Homogenisierung der Schmelze, sowie zur Förderung der Schlackebildung und Verdampfung von unerwünschten Begleitelementen wird die Schmelze anschließend warmgehalten, überhitzt und „kaltgestellt“ (wobei das Material im flüssigem Zustand bleibt).

4.3.4 Abschlacken und Polen

Der Ofen wird leicht angekippt, so dass die auf der Schmelze schwimmende Schlacke mit einem Schlackeholz manuell abgezogen werden kann. Nach erneutem Aufwärmen der Schmelze wird

gepolt. Hierzu wird durch die Stirnseite der Abgasleitung ein Baumstamm in den Ofen eingeführt und mittels des Polhilfskranes unter die Oberfläche der Schmelze gedrückt. Durch die Dampf/Gas Bildung im Holzstamm kommt es zu einer starken Durchwirbelung der Schmelze. Durch Reaktion von entstehenden CO und H₂ wird die Schmelze von gelösten Gasen, insbesondere Sauerstoff befreit. Die entstehenden Abgase werden über die Polhauben erfasst, diffuse Emissionen lassen sich allerdings auch bei diesem Vorgang nicht ganz vermeiden.

4.3.5 Abgießen

Der Ofen wird abschließend gekippt, so dass die Schmelze in eine Pfanne vergossen werden kann. Diese wird dann zur Gießanlage transportiert und dann zu entsprechenden Formaten vergossen. Alternativ kann der Ofen auch über Pfannen und Rinnen flüssig beschickt werden.

4.4 Emissionen

4.4.1 Abluft gefasst

Zur luftseitigen Emissionsminderung werden im Bereich der Trommelöfen jeweils ein Quench in der Abgasleitung direkt hinter dem Ofen sowie Gewebefilter zur Entstaubung eingesetzt. In begrenztem Maße können Additive in den Rauchgasstrom eingeblasen werden, die eine Verminderung der Dioxine in der Reinluft bewirken. Für die Abgase des Schachtofens steht zusätzlich eine thermische Nachverbrennung zur Verfügung.

Der Einsatz von stärker organisch verunreinigtem Material ist in den Trommelöfen zur Zeit nicht möglich. Speziell beim Einschmelzen und Polen entstehen Abgase, die ausschließlich über einen herkömmlichen Gewebefilter nicht bis auf die durch die TA-Luft geforderten Emissionsgrenzwerte gereinigt werden können. Es sind zusätzliche End-of-pipe Verfahren, wie thermische Nachverbrennung oder Zugabe von Additiven erforderlich. Diese Verfahren führen allerdings zu höherem Energieverbrauch bzw. zu erhöhten Abfallströmen. Im Sinne des integrativen Umweltschutzes sind hier andere prozessintegrierte Verfahren zu entwickeln.

Die derzeitige Abgasmenge je Trommelofen beträgt im Mittel ca. 12.000m³/h mit Spitzen bis ca. 21.000m³/h.

Zur Einhaltung der durch die TA-Luft vorgegebenen Werte wird das Abgas zusätzlich gereinigt. Für die Verarbeitung sauberer Einsatzmaterialien reicht die vorhandene Quench, sowie der Gewebefilter aus. Für die Verarbeitung organisch verunreinigter Einsatzmaterialien wäre die Beschaffung einer zusätzlichen thermischen Nachverbrennung erforderlich.

4.4.2 Abluft diffus

Beim Einschmelzen, Polen und Vergießen entstehen diffuse Emissionen, die über die Dachreiter abgeführt werden. Es ist davon auszugehen, dass diese in der Qualität den Rohgasen entsprechen. und dass die diffusen Emissionen im Vergleich zu den Emissionen der gefassten Quellen erheblich höher sind.

4.4.3 Schall

Die Trommelöfen stehen in einer Halle. An den festgelegten Aufpunkten in der Umgebung des Werkes tragen die Schallemissionen der Trommelöfen (via Dachreiter) signifikant zu den bewerteten Schallimmissionen bei. Wesentliche Lärmquelle in der Halle sind hierbei die Brenner.

4.4.4 Energieverbrauch

Das Verfahren weist einen hohen spezifischen Energieverbrauch auf, da die heißen Verbrennungsgase im Prozess energetisch nur schlecht ausgenutzt werden. Dies ist in der Bauart des Trommelofens begründet, da sich die Öffnung für die Erfassung der Abgase direkt gegenüber der Brennerseite befindet.

4.4.5 Abfallsituatuion

Die der externen Verwertung zugeführte Raffinationsschlacke weist einen Metallanteil von ca. 50-55% auf. Es fallen ca. 500 t Raffinationsschlacke jährlich an, die per LKW als Abfall zur Verwertung an eine für diese Abfallstoffe zugelassene Aufbereitungsanlage gefahren werden.

4.5 Emissionsbegrenzungen

Entsprechend der TA Luft 2002 sind für den Gießereibereich die aufgeführten Emissionsbegrenzungen einzuhalten:

Diese Emissionsgrenzwerte gelten für das Abgas aus Trommelöfen:

4.5.1 Gesamtstaub (gem. Nr. 5.4.3.4.1 der TA Luft)

Im Abgas darf die Massenkonzentration von 5 mg Gesamtstaub/Nm³ nicht überschritten werden.

4.5.2 Grenzwerte nach TA Luft

Die nachstehend Tabelle gibt einen Überblick über die relevanten Grenzwerte. Weitere Details können der TA Luft entnommen werden.

Massenkonzentrationen		
Stickoxide (angegeben als NO ₂)	0,35	g/Nm ³
Kohlenmonoxid - als TNV-Abgas-	0,10	g/Nm ³
Dioxine / Furane:	0,1	ng/Nm ³

Tabelle 1: Grenzwerte nach TA Luft

4.6 Stand der Technik

Das Recycling von Kupfer erfolgt abhängig vom Vormaterial in unterschiedlichen Prozessen. Details hierzu können der VDI-RL 2102/1 entnommen werden.

4.7 Lösungsansätze

Das Prinzip eines in der sekundären Aluminiumerzeugung erfolgreich eingesetzten kippbaren Drehtrommelofen, sollte erstmalig für das Schmelzen und die Raffination von Kupfer angewendet und erweitert werden. Dieser Ofen ist im Gegensatz zu den bisher in der Kupferindustrie eingesetzten Drehtrommelöfen nur einseitig geöffnet. Chargieren, Befuerung, Abgasabsaugung und Vergießen erfolgen über eine Öffnung. Dadurch lassen sich die Abgase optimal erfassen. Der Einsatz von Gasspülsteinen - die hinsichtlich dieses Ofentyps in Verbindung mit der Verarbeitung von Kupfer - noch optimiert werden müssen, reduziert speziell die diffusen Emissionen, wie sie beim Polen mit Baumstamm entstehen würden.

Durch Feuerraffination können eine große Bandbreite der bei der Verarbeitung und Wiederverwertung anfallenden Kupferschrotten und niedriglegierte Kupferrückläufe direkt zu DHP - Kupfer verarbeitet werden. Die energieaufwändigere Verwertung dieser Schrotte in einer Sekundärhütte über Einschmelzen im Anodenofen mit anschließender Elektrolyse entfällt.

Die Führung der Abgase durch die Befuerungsflamme führt zu einer prozessintegrierten Nachverbrennung. Organische Bestandteile werden dabei komplett verbrannt. Inwieweit auch die Vernichtung von Dioxinen durch diesen Prozess ausreichend ist, sollte in diesem Vorhaben untersucht werden.

Ziel des Vorhabens ist es, ein Verfahren zu entwickeln und großtechnisch zu erproben, das die folgenden Vorteile gegenüber dem heutigen Stand der Technik bietet:

- deutliche Reduktion von gefaßten und diffusen Emissionen, insbesondere vom Feinstaub PM₁₀
- Sauerstoffreduktion in der Schmelze durch Gaseinblasung über Spülsteine anstelle von Polen mit Baumstamm
- effizienter Einsatz von verunreinigten Kupfer-Schrotten zur Herstellung von Kupfer

- weitestgehend prozessintegrierte Nachverbrennung von Schadstoffen (z.B. Organik, PCDD/F)
- verbesserte Energieausnutzung
- Minimierung der Kosten für die Abgasreinigung

5 Umweltschutzwirkung / Zielsetzung

5.1 Emissionsminderung

Ziel der Maßnahme ist es, die Luftverunreinigung zu reduzieren und dabei anstelle von end-of-pipe Lösungen prozessintegrierte Verfahren zu nutzen. In diesem Fall wird der an zwei Seiten offene Trommelofen durch ein nur einseitig offenes Ofengefäß ersetzt, bei dem die Abluft im Rückwärtsstrom über die Brennerflamme geführt wird. Hierdurch wurde eine deutliche Verringerung bei den Schadstoffen CO, org. C_{gesamt} sowie PCDD/F erwartet.

Erfahrungen mit diesem Ofentyp liegen bereits in der Aluminiumindustrie vor. Hier kann ohne Nachverbrennung gefahren werden. Die katalytische Wirkung von Kupfer bezüglich der Dioxinbildung erfordert jedoch zur Planabsicherung die bauliche Berücksichtigung einer thermischen Nachverbrennung.

Durch Schadstoff-Messungen im Rohgas und Reingas wurde untersucht, welche Schrotte eingesetzt werden können, um auch ohne thermische Nachverbrennung die Emissionsgrenzwerte der TA-Luft sicher einzuhalten. Im Sinne einer Demonstrationsanlage können dann Vorgaben erarbeitet werden, um eine kostengünstige Anlage ohne aufwändige sekundäre Abgasreinigungsverfahren mit Einsatz unterschiedlicher Kupferschrotte wirtschaftlich und emissionsarm zu betreiben.

Durch Verwendung des Gaspolverfahrens in Zusammenhang mit Holzkohle-Abdeckung der Schmelze wird gegenüber dem heute noch üblichen Polen mit Baumstamm, die diffuse Emission signifikant gemindert. Das Gaspolverfahren sollte dabei so optimiert werden, dass Sauerstoffgehalte unter 100 ppm eingestellt werden können. Hier kann auf Erfahrungen aufgebaut werden, die mit einem hierzu modifizierten Überhitzungs- und Speicherofen bei KME seit dem Jahr 2004 gesammelt wurden.

Durch eine geeignete Chargiereinrichtung wird der Ofen schneller beschickt. Diffuse Emissionen beim Chargieren werden durch optimale Abdichtung zw. Beschickung und Ofenöffnung, sowie verbesserte Absaugung weitestgehend vermieden.

5.2 Energieeinsparung

Ziel ist es, Schrotte, Produktionsrückläufe und verunreinigtes Vormaterial in einer Hitze zu schmelzen, zu raffinieren und anschließend zu gießen ohne den Umweg über die Elektrolyse zu gehen. Dabei wird berücksichtigt, dass für das Fertigprodukt kein hochleitfähiges und somit hochreines Kupfer mit 99,99% benötigt wird, sondern eine Qualität wie sie z.B. im Bausektor mit 99,9% verwendet wird, als Ergebnis des Raffinationsprozesses völlig ausreichend ist.

Die Verbrennungsgase sollen energetisch besser genutzt werden und der Energieinhalt der anhaftenden organischen Verunreinigungen mit ausgenutzt werden.

5.3 Lösungsweg

5.3.1 Ofenaufbau

Der an zwei Seiten offene Trommelofen wird durch einen Drehtrommelraffinationsofen ersetzt, der nur noch an einer Stirnseite geöffnet wird.

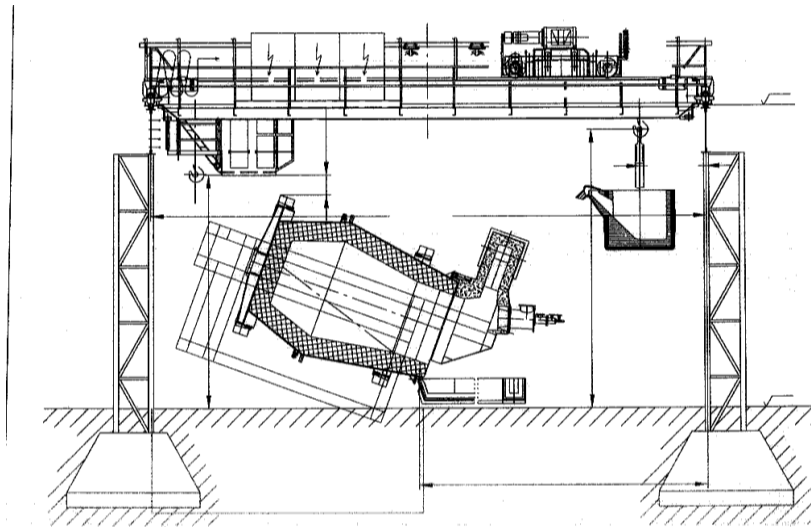


Abbildung 1: Seitenansicht Raffinationsofen

Es handelt sich um einen hydraulisch kippbaren Drehofen mit dichter Ofentür mit integrierter Abgas erfassung sowie einer Sekundär-Haube. Der Ofen tragstuhl besteht aus einer verwindungssteifen Stahlrohrkonstruktion. Diese ist vorne in der idealen Kippachse drehbar gelagert. Ofentür und Abgashaube dichten den Ofen während des Betriebes hermetisch nach außen ab. Die Tür ist mittels groß dimensionierter Lager schwenkbar auf einer Kipplagerkonsole angeordnet. Der Antrieb erfolgt mit einem kardanisch gelagertem Hydraulikzylinder. Die Abzugshaube bildet eine Einheit mit der geschlossenen Ofentür.

Die Dichtheit der Ofenanlage wird mit Hilfe einer innenluftgekühlten, selbstnachstellenden Stahldichtung gewährleistet. Zur Erzielung optimaler Ergebnisse ist dieser Sperrluftgürtel in vier abgetrennte Sektoren unterteilt. Die Kühlluft wird nach innen abgegeben und bildet so eine wirksame Isolierzone für den Dichtungsbereich. Die Beheizungseinrichtung ist fest in der Saughaube installiert. Die abgesaugten Rauchgase kreuzen die Brennerflamme und werden hier schon zu großen Teilen nachverbrannt.

Alle Medien wie Gas, Luft, Sauerstoff, Kühlwasser sowie Elektrokabel werden durch ein Drehlager geführt. Die große Ofentür erhält eine kleinere Inspektionstür. Durch diese können Proben

genommen, Legierungsstoffe zugegeben, die Temperaturen gemessen sowie nötigenfalls Lanzen in den Ofen eingeführt werden.

Zur Reduktion des Sauerstoffgehaltes der Schmelze werden sechs Spülsteine in der Ofentrommel integriert. Dies erfolgt in einer hierfür optimalen Einbaulage unterhalb der Schmelze. Über ein Rohrsystem, welches durch das Axiallager des Ofens geführt ist, wird das Gas an die Steine herangeführt. Im Übergang vom rotierenden ins statische Rohrnetz befindet sich eine Drehdurchführung. Die Versorgung erfolgt über einen Gasregelschrank mit Stickstoff oder einem Stickstoff/Wasserstoffgemisch.

Technische Hauptdaten:

Gesamtabmessungen

Länge:	ca. 9,0 m
Breite:	ca. 10,5 m
Höhe:	ca. 5,8 m

Ofentrommel

Länge außen	ca. 5,5 m
Bauform:	Doppelkonus
Durchmesser:	ca. 4 m
Inhalt:	ca. 35 t (neu zugestellt) ca. 45 t (nach Verschleiß der Ofenausmauerung)

5.3.2 Brenner

Als Brenner sind zwei Systeme vorhanden. Durch einen Betrieb mit Sauerstoff in der Einschmelzphase wird bei hohem Energieeintrag die Abgasmenge reduziert. In den anderen Betriebsphasen ist ein Betrieb mit dem Luftbrenner vorgesehen.

5.3.3 Chargieranlage

Die Chargieranlage dient dazu, den Ofen in kürzester Zeit mit geeigneten Chargengrößen zu befüllen. Dies soll geräuscharm und mit geringem Staubaustrag in die Halle erfolgen. Der Materialaustrag in den Ofen erfolgt mit Hilfe einer Vibrations-Förderrinne. Die Maschine dockt so an, dass die beim Materialabwurf entstehenden Stäube von der Ofenhaube erfasst werden. Das Fassungsvermögen der Maschine beträgt ca. 10 to.

5.3.4 Produktionshalle

Für die Aufstellung der neuen Raffinationslinie war der Bau einer neuen Halle erforderlich. Gründe hierfür sind:

- Ein längerer Produktionsstillstand, wie er aus dem Abriss eines vorhandenen Trommelofens mit anschließendem Aufbau erwachsen würde, ist aus betrieblichen und wirtschaftlichen Gründen nicht möglich.
- Eine verbesserte Infrastruktur ist möglich. Dadurch, dass mehr Platz zur Verfügung steht, wird die Arbeitssicherheit verbessert.
- Die Lagerung der Vormaterialien in der Halle vermindert diffuse Emissionen durch Windabtragung sowie beim Umschlagen.
- Lärmemissionen, insbesondere durchs Umschlagen und Beschicken des Ofens werden verringert.
- Größere Höhe der Halle erforderlich aufgrund der Abgaserfassung.

5.3.5 Verfahrensentwicklung Gasspülen

Das Prinzip Dreh-Kipp-Ofen wird heute breits beim Recycling von Aluminium eingesetzt. Dieser Ofentyp wurde mit Gasspülsteinen erweitert, da der Raffinationsprozess bei Kupfer das Einblasen von reduzierenden Gasen erfordert, um einen niedrigen Sauerstoffgehalt in der Schmelze einzustellen. Im Gegensatz zu den üblicherweise in der Kupferindustrie verwendeten Dreh-Trommelöfen mit Öffnungen an beiden Stirnseiten, ist es hier mit weniger Aufwand möglich, Gase über eine Drehdurchführung und Spülsteine in die Schmelze zu führen. Vorversuche in einem statischen Überhitzungs- und Speicherofen haben gezeigt, dass durch das Einblasen von Stickstoff in die Schmelze in Verbindung mit Holzkohle-Abdeckung eine Sauerstoffreduktion der Schmelze bis unter 100 ppm möglich ist. Das Verfahren sollte auf den Dreh-Kipp-Ofen übertragen werden. Hierbei ist ein besonderes Augenmerk auf die Ausführung der Spülsteine zu legen. Durch die Drehbewegung des Ofens wird das Futter ausgewaschen. Der Verschleiß der Spülsteine und des Futters sind zu untersuchen. Geeignete Materialien hierfür müssen daher gefunden werden.

Weiterhin ist die Gaszufuhr der Spülsteine der rotierenden Fahrweise des Ofens anzupassen, da sie sich abwechselnd sowohl in, als auch außerhalb der Schmelze befinden. Die Verwendung von Gasspülsteinen in einem rotierenden Ofen, mit der für die Kupfererzeugung notwendigen hohen Temperatur, wurde bisher noch nicht industriell umgesetzt.

5.3.6 Nachverbrennung

Die Nachverbrennung des Abgases soll durch die Rückführung über die Feuerungsflamme bereits im Ofenkopf erfolgen. Inwieweit diese prozessintegrierte Nachverbrennung ausreicht, muss durch verschiedene Versuche und Messungen ermittelt werden. Es sind Maßnahmen vorzusehen, um

das Abgas unmittelbar nach dem Ofenkopf durch quenzen auf eine Temperatur von unter 250°C zu bringen, um so der Entstehung von Dioxinen durch eine *de Novo Synthese* zu vermeiden.

Zur Planabsicherung wurde auch die mögliche Nachrüstung einer thermische Nachverbrennung berücksichtigt. Da durch die geringen Fremdluftanteile bei der Absaugung der Ofenabgase eine hohe Abgastemperatur erreicht werden kann, wird nur eine geringe Aufheizung der Ofenabgase benötigt, um die geforderten 850°C für die Vernichtung der Dioxine zu erreichen. Die Abgase werden anschließend gequench.

5.3.7 Verminderung der Emissionen

Die oben aufgeführten Maßnahmen tragen wesentlich zur Reduktion der Emissionen bei:

1. Die Rückführung des Abgases über die Feuerungsflamme sorgt für eine Reduzierung von Schadstoffen, wie Organik und PCDD/F. Hierzu werden Versuche mit Einblasung von Sauerstoff in den Ofenkopf durchgeführt. In der Abgasleitung – kurz hinter der Ofenabsaugung- wird eine Quench zum Abkühlen der Abgase auf Temperaturen unter 250° zur Vermeidung der deNovo-Bildung von PCDD/F installiert. Die Wirkung dieses Systems wird anhand von Messungen evaluiert.
2. Die Substitution des Polens mit Baumstamm durch Gaspolen verringert den Anteil diffuser Emissionen. Das Gaspolen, bei dem das Spülgas über in der Ofenmauerung integrierte Gasspülsteine eingeblasen wird, muss für diesen Ofentyp in Zusammenhang mit der Produktion von Kupfer angepasst werden. Problematisch ist hier der unterschiedliche Verschleiß der feuerfesten Ausmauerung im Ofen und an den Spülsteinen. Bei einer Beschädigung der Spülsteine besteht die Gefahr eines Ofendurchbruchs, mit der Folge des unkontrollierten Austretens des bereits aufgeschmolzenen Metalls. Unterschiedliche Materialien und Formen für die Spülsteine werden in diesem Vorhaben untersucht.
3. Betreiben der Brenner in der Einschmelzphase mit reinem Sauerstoff, anstelle von normaler Umgebungsluft reduziert die Abgasmenge. Die höhere Flammentemperatur verkürzt die Einschmelzphase.
4. Die nur noch einseitige Öffnung des Ofens vereinfacht die Erfassung der diffusen Emissionen. Abgießen und Chargieren finden unter der Haube statt. Die Fallhöhe des Beschickungsmaterials wird durch die Verwendung geeigneter Chargierinnen reduziert.

5.3.8 Energieverbrauch

Grundsätzlich stehen für den gewünschten Einsatzzweck zwei Ofentypen zur Verfügung. Der Herdofen und der Trommelofen. Beim Herdofen erfolgt der Energieeintrag über die Strahlung der Flamme und die Reflektion der Ofenausmauerung. Beim drehbaren Trommelofen wird darüberhinaus die Wärme der Ausmauerung zusätzlich über Wärmeleitung in die Schmelze

eingbracht, als auch das feste Material unter die Schmelzbadoberfläche getrieben. Der einseitig offene Dreh-Kipp-Ofen erlaubt gegenüber dem beidseitig offenen Trommelofen noch eine bessere Ausnutzung des Energieinhalts da eine direkte Ableitung der Flammenenergie in die Abgasleitung unterbunden wird. Bei dem geplanten Einsatz von kleinstückigem Schrottmaterial wurde mit einer Energieeinsparung von 10-15% gegenüber einem Herdofen gerechnet.

5.4 Modellhafter Neuheitswert

Betrachtet man die im Rahmen der BREF-Notes aufgeführten Verfahrensschritte für die Produktion von Sekundärkupfer sowie die Schritte zur Herstellung von Kupferhalbzeug so fällt auf, dass für die Halbzeugherstellung nur Kupferschrotte hoher Qualität sowie Kathoden oder feuerraffiniertes Kupfer genutzt werden, die direkt, ohne die Möglichkeit zur Raffination, umgeschmolzen werden. Sollen minderwertige Schrotte verarbeitet werden, so wird der Weg über das 2-stufige Verfahren (Feuerraffination und Elektrolyse) gegangen.

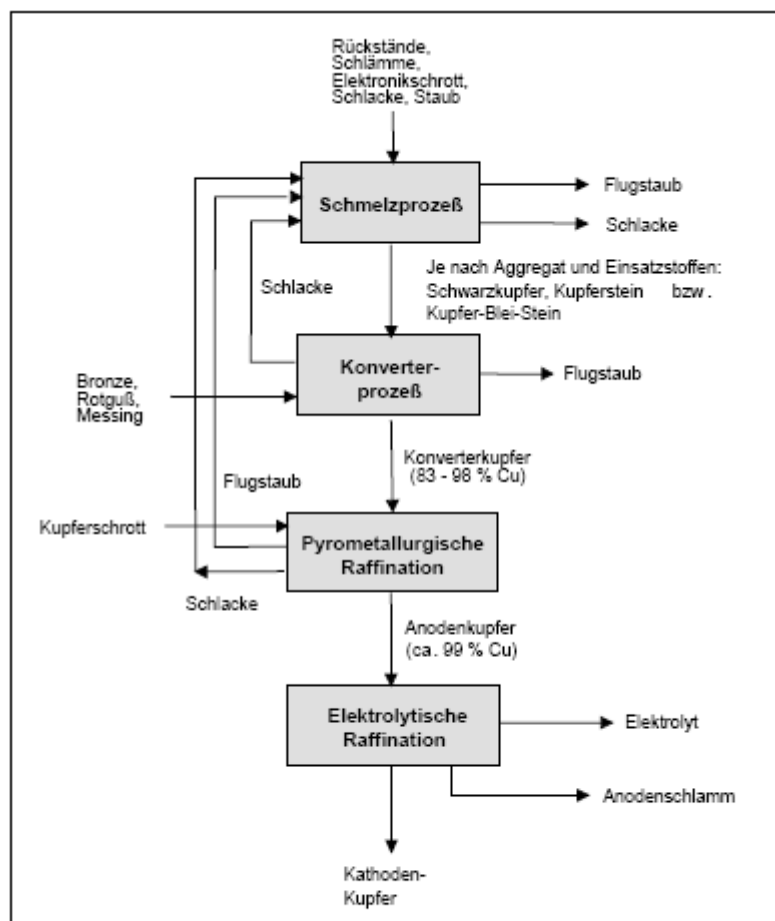


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Sekundärkupfererzeugung (in Anlehnung an VDI 2102)

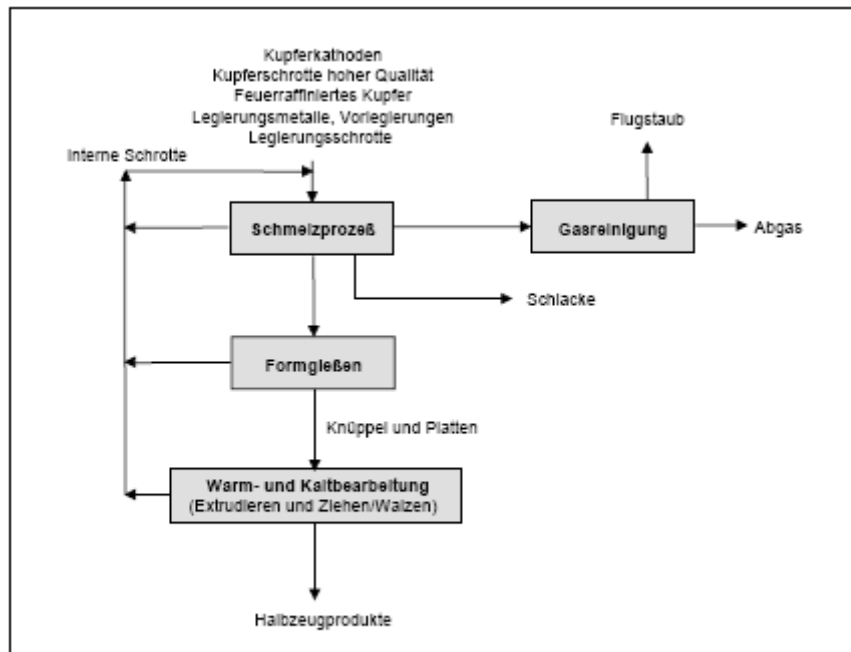


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Erzeugung von Halbzeugprodukten

Mit dem neuen Verfahren eröffnet sich für den Halbzeughersteller die Möglichkeit, auf das wechselnde Marktangebot an Schrotten flexibel zu reagieren. Das erforderliche sekundäre Einsatzmaterial ist nicht nur auf reine Rückläufe begrenzt, sondern es können - speziell für Produkte für die Bauindustrie oder diverse Legierungen - auch verunreinigte Schrotte eingesetzt werden.

Durch die Optimierung des Ofentyps hinsichtlich der Minimierung der Emissionen, insbesondere bei den Betriebsvorgängen

- Chargieren
- Einschmelzen
- Polen

steht ein umweltfreundliches Verfahren zur Verfügung.

Es wird betrachtet, ob eine zusätzliche Nachverbrennung erforderlich ist. Für die sichere Einhaltung der Emissionsgrenzwerte ohne Nachverbrennung werden unterschiedliche Einsatzmaterialien untersucht.

5.5 Risiken

Zur Zeit hat die KME die Genehmigung, neben dem Schachtofen die Trommelöfen zum Einschmelzen von Kupfer zu betreiben. Aufgrund der oben aufgeführten Emissionsbegrenzung ist ein Betreiben der Trommelöfen nur mit sehr sauberen Schrotten möglich (siehe Anlage 2). Um auch verunreinigte Schrotte zu verarbeiten, wäre der Bau einer zusätzlichen Nachverbrennung für ca. 120.000 m³/h Abluft oder eines Festbettadsorbers als Sekundärmaßnahme erforderlich.

Der Bau des neuen Ofens erfordert zusätzliche Investitionen zum einen in den Ofen selbst, als auch in die Infrastruktur. Der Bau einer neuen Halle sowie geänderte Abgasleitungen werden erforderlich.

Die finanziellen Risiken ergeben sich aus der Gegenüberstellung der zur Aufrüstung der bestehenden Trommelöfen erforderlichen Maßnahmen mit den Kosten für den neuen Ofen. Die zusätzlichen Kosten für Ofen- und Hallenbau werden nicht durch die erwarteten Energieeinsparungen wieder aufgefangen.

Alter Trommelofen

- Kosten für bauliche Maßnahmen (Planung/Führung der Abgasleitungen)
- Investitionskosten Nachverbrennung
- laufende Betriebskosten (Energie, Hilfsstoffe, Instandhaltung)
- Betriebskosten Nachverbrennung
- Emissionsmessung (Reingas für Abnahme)

Neuer Drehkippen

- Planungskosten
- Investitionskosten neue Halle mit Infrastruktur
- Investitionskosten neuer Ofen
- Investitionskosten Nachverbrennung
- laufende Betriebskosten (Energie, Hilfsstoffe, Instandhaltung)
- Betriebskosten Nachverbrennung
- Versuchskosten zur Optimierung (Spülsteine/Einsatzmaterialien/Nachverbrennung)
- Emissionsmessungen (Rohgas / Reingas bei unterschiedlichen Betriebszuständen)
- Emissionsmessung (Reingas für Abnahme)

Den bekannten Kosten für eine Nachrüstung der bestehenden Trommelöfen mit einer Nachverbrennung oder eines Festbettadsorbers stehen hier erhebliche Mehrkosten für die Entwicklung eines neuen Verfahrens gegenüber. Betriebswirtschaftlich können sich aus dem neuen Ofen Vorteile ergeben, durch eine bessere Energieausnutzung und den Wegfall der

Betriebskosten für die Nachverbrennung. Bezogen auf die Umwelt werden deutliche Verbesserungen insbesondere bei den diffusen Emissionen (Staub) erwartet.

5.6 Übertragbarkeit des Verfahrens

Hinsichtlich der Übertragbarkeit des neuen Verfahrens sind Anlagen der Kupfermetallurgie in Italien und Spanien bekannt, die ebenfalls mit dem Verfahren der Feuerraffination unter Verwendung des Drehtrommelofens und Polen mit Baumstamm die zu vergießende Schmelze erzeugen. Die Firmen sind mit deren Produkten auf dem gleichen Markt wie KME präsent. Im Zuge der EU-weiten Harmonisierung im Wege der Erstellung von BREF-Notes ließe sich dieses Verfahren als Stand der Technik in Europa etablieren.

Desweiteren kann das neue Verfahren für die in Deutschland ansässigen mittelständischen NE-Umschmelzbetriebe von hohem Interesse sein, da hierdurch das Spektrum der am Markt verfügbaren preiswerteren Einsatzmaterialien drastisch erweitert wird.

6 Der Raffinationsofen

6.1 Funktionsbeschreibung

Bei dem Raffinationsofen handelt es sich um einen für die Kupferindustrie neuartigen, kippbaren Drehtrommelofen zum Schmelzen und Raffinieren von Kupfer und Kupfer-Legierungsschrotten. Mit diesem Ofen wird der Sauerstoffgehalt in der Schmelze reduziert, der derzeitige gesetzliche Grenzwert für Emissionen eingehalten bzw. unterschritten, sowie der energetische Wirkungsgrad im Vergleich zu vorhandenen Öfen erhöht.

Der Ofen besteht im Wesentlichen aus der rotierenden Trommel mit ihrem Antrieb, dem Kipprahmen, dem Grundrahmen sowie der schwenkbaren Ofentür mit Brenneranlage und Abgasführung. Der Grundrahmen steht in der Fundamentgrube, Kipprahmen inkl. Trommel sind im Grundrahmen gelagert. Zum Ausgießen der Kupferschmelze aus der Trommel werden Kipprahmen inkl. Trommel mittels Hydraulik gekippt. Zum Schutz des Ofenbedienpersonals sowie um das Eindringen von unnötig viel Luft in den Ofen beim Abschlacken und Abgießen zu vermeiden, wird ein beweglich am Kipprahmen montierter Schlackedeckel vor die Ofenöffnung geschwenkt, wenn die Ofentür seitlich weggeschwenkt ist. Das flüssige Metall wird über eine schwenkbare Überführungsrinne in eine Gießpfanne geleitet, die sich am Kran hängend in der Pfannengrube befindet. Der Ofen wird mittels einer Chargierrinne mit Schrott, gepresstem Material, massiven Rückläufen, Kathoden, Spänen usw. beschickt. Dabei ist die Ofentür inklusive Brenneranlage zur Seite geschwenkt.

Das Abgas aus dem Ofen, sowie das während des Chargierens, Abschlackens sowie Abgießens des Ofen anfallende Rauchgas, werden über Abgasweg zur Filteranlage geführt. Ein Ventilator hinter der Filteranlage erzeugt den dafür notwendigen Unterdruck.

6.1.1 Ofenbewegungen

Für die Bewegungen am Ofen sind die Betriebsarten Hand / Automatik / Einrichten vorgesehen.

Die Betriebsarten unterscheiden sich in folgender Weise:

Hand: Die Bewegungen werden vom Bedienpult oder der Funksteuerung bedient. Die für die Funktion benötigten Profibus-Geräte müssen störungsfrei sein.

Automatik: Über die Positionsanzahl werden automatische Bewegungsabläufe der Anlage gestartet. Hierfür müssen **alle** Profibus-Geräte störungsfrei sein.

Einrichtbetrieb: Die Bewegungen werden vom Bedienpult oder der Funksteuerung bedient. Überwachungen sind nicht aktiv.

Die Ofentrommel wird auf vier Laufrollen zur Aufnahme der Vertikallast und einer kardanisch ausgeführten Axiallagereinheit im Kipprahmen gelagert. Der Antrieb besteht aus einem Stirnradtriebemotor, Kettenvorgelege und einem auf der Trommel befestigten Triebstock. Der Antrieb besitzt eine Bremse zum Festhalten der Trommel, wenn der Antrieb abgeschaltet wird. Des Weiteren ist ein Fremdlüfter zur Kühlung an dem Antrieb montiert. Die Drehzahl des Motors wird von einem Frequenzumrichter geregelt.

Motordaten

Abtriebsdrehmoment	12.400 Nm
Drehzahl	1.475 / 40 min
Gesamtübersetzung	37,01
Motorspannung	290 VAC/500V AC Y, 50 Hz
Motorleistung	55 kW
Nennstrom	140 A / 81 AY
Motorschutzart	IP 54
Bremsspannung	500 VAC
Fremdlüfterspannung	290 V AC /500V ACY, 50 Hz

Im Regelfall dreht der Ofen rechts herum, wenn man auf die Ofenöffnung sieht. Für besondere Anforderungen besteht die Möglichkeit den Ofen im Einrichtbetrieb über die Funksteuerung links herum zu drehen. Die Trommel kann mit einer Drehzahl zwischen 0,5 und max. 4 min⁻¹ rotieren. Als Festschwindigkeit bei der Bedienung über das Steuerpult und der Funkfernbedienung ist 1 U/min eingestellt.

Am Kettenvorgelege ist ein Absolutwertgeber für die Lage der Spülsteine im Ofen installiert. Hierüber wird die Stellung der Spülsteine in der Visualisierung dargestellt. Neben der tastenden Bedienung über Steuerpult und Funkfernbedienung können die Betriebsarten Dauerrollen und Intervallrollen angewählt werden.

Aus Sicherheitsgründen kann der Ofen in den Betriebsarten Dauerrollen und Intervallrollen nur in der abgesenkten Position gedreht werden. Beim Öffnen der Türen schalten diese Betriebsarten ab. Ist der Not-Halt betätigt, kann der Ofen über die Taster „Zustimmung bei Not-Halt“ und „Ofen drehen“ in eine sichere Position gedreht werden.

6.2 Gasregelstrecken und Brenner

6.2.1 Allgemeines

Die Auslegung und Ausführung der Brenneranlage erfolgt nach EN 746-1 und EN 746-2. An dem Ofen sind zwei Hauptbrenner - ein Erdgas-Sauerstoff-Brenner und ein Erdgas-Luft-Brenner mit integriertem Zündbrenner - sowie ein Sicherheits-Zündbrenner installiert. Der Erdgas-Sauerstoff-Brenner wird zum Schmelzen des Schrottes eingeschaltet. Zum Überhitzen und Warmhalten des Flüssigmetalls kommt der Erdgas-Luft-Brenner zum Einsatz. Es kann immer nur ein Hauptbrenner aktiv sein. Zum "Kaltstellen" der Schmelze wird durch den Erdgas-Luft-Brenner nur Luft in die Ofentrommel geleitet.

6.2.2 Gaseingangsstrecke

Die Gaseingangsstrecke ist für die komplette Brenneranlage ausgelegt und an der Ostwand der Halle aufgebaut. Als elektrische Funktion sind Gasdrucküberwachungen „Gasdruck Min“ und „Gasdruck Max“ installiert.

Das Hauptgasventil öffnet bei eingeschalteter Brenneranlage und geschlossener Gassicherheitskette für die Brenneranlage.

Die Gassicherheitskette besteht aus folgenden Signalen:

- Verbrennungsluftdruck Min
- Gasdruck Min
- Gasdruck Max

6.2.3 Brennluftversorgung

Die Brennluft wird über ein Verbrennungsluftgebläse, welches in der Nachbarhalle (Geb. 187) aufgestellt ist, erzeugt. In der Luftstrecke sind eine Feuerschutzklappe, der Verbrennungsluftdruckschalter „Verbrennungsluftdruck Min“, eine Luftblende für die Luftmengemessung und zwei parallele Regelklappen installiert. Eine Regelklappe arbeitet für die Luftmengenregelung des Kaltluftbrenners. Die zweite Regelklappe öffnet bei der Betriebsart „Kaltstellen (Wind)“ zusätzlich, um die benötigte Luftmenge zur Verfügung zu stellen. Beide Klappen werden über den Hardware-Gemischregler Kaltluftbrenner angesteuert.

6.2.4 Sauerstoffregelstrecke

Die Sauerstoffregelstrecke ist an der Ostwand der Halle aufgebaut. In der Sauerstoffstrecke sind folgende Komponenten installiert:

- Druckschalter „Sauerstoffvordruck vorhanden“
- Mechan. Druckregler
- Druckschalter „Sauerstoffdruck Min“
- Druckschalter „Sauerstoffdruck Max“
- Durchflussmengenmesser für Sauerstoff
- Regelklappe für Sauerstoff
- Sauerstoffabsperrentil

Für die Freigabe des Sauerstoffbrenners sind eine geschlossene Gassicherheitsstrecke und eine geschlossene Sauerstoffsicherheitsstrecke erforderlich. Die Sauerstoffsicherheitskette besteht aus folgenden Signalen:

- Sauerstoffdruck Min
- Sauerstoffdruck Max

Die Sauerstoffregelklappe wird über den Hardware-Gemischregler Sauerstoffbrenner angesteuert.

6.2.5 Sicherheitszündbrenner

Der Sicherheits-Zündbrenner gewährleistet die sichere Zündung des Erdgas-Sauerstoff-Brenners. Er läuft im Dauerbetrieb, auch bei geöffneter Ofentür. Wenn der Sicherheits-Zündbrenner in Störung geht, so werden alle in Betrieb befindlichen Brenner abgeschaltet und verriegelt.

6.2.6 Hauptbrenner

Vor jedem Start eines Hauptbrenners wird eine Dichtheitskontrolle zur Überprüfung der Gassicherheitsventile durchgeführt. Diese Funktion übernimmt die geprüfte und zertifizierte elektronische Dichtheitskontrolle. Sie ist für beide Brenner separat aufgebaut. Zur Dichtheitskontrolle fahren die entsprechenden Regelklappen in den Gas-, Luft- und Sauerstoffstrecken in die Zündposition. Zwei Brennersteuergeräte, die ebenfalls im Schaltschrank „Gaseinspeisung“ eingebaut sind, steuern und überwachen die Brenner. Dazu gehören Brennerstart und die Kontrolle des Flammensignals. Im Falle eines Flammenausfalls des Brenners wird dieser abgeschaltet, verriegelt und eine Störungsmeldung erzeugt. Zur Flammenüberwachung sind jeder der beiden Hauptbrenner mit einer UV-Zelle und die Zündbrenner mit einer Ionisationselektrode ausgerüstet. Die Brenner, die Überwachungs- und Ventiltechnik sind auf der schwenkbaren Ofentür installiert.

Der Übergang der Medien Gas, Luft und Sauerstoff auf die Ofentür erfolgt über die Drehachse des Drehturmes durch Drehdurchführungen. Gas für die Zündbrenner sowie Pressluft durch Wellrohrschläuche. Die Hauptbrenner können nur gestartet werden, wenn der Ofen sich in der abgesenkten Position befindet und die Ofentür bis auf 20° geschlossen ist.

6.2.7 Erdgas-Sauerstoff-Brenner

Ist die Freigabe Feuerung Sauerstoffbrenner erteilt, startet der Brenner. Die Brennersteuerung überwacht den Brenner. Dazu gehören Brennerstart, Kontrolle des Flammensignals. Im Falle eines Flammenausfalls des Brenners wird dieser abgeschaltet, verriegelt und eine Störungsmeldung erzeugt. Die Gemischmengen werden über die Visualisierung eingestellt und vom Hardware-Gemischregler Sauerstoffbrenner geregelt. Wird der Erdgas-Sauerstoff-Brenner abgeschaltet, so wird dieser mit einem Luftstrom gekühlt, um eine Überhitzung aufgrund der Hitzestrahlung aus dem Ofenraum zu vermeiden.

Daten der Brenneranlage:

Brennerleistung	max. 6 MW
Brennstoff	Holland-Erdgas
Gasnetzdruck	300 mbar
Gasverbrauch	max. 650 Nm ³ /h
Sauerstoffverbrauch	bis 1.400 Nm ³ /h
bei Lambda	1,15
Sauerstoffnetzdruck	12,5 bar
Steuerspannung	24 V DC
Spannung für Magnetventile und Regelantriebe	230 V AC, 50 Hz
Messsignale	4 - 20 mA
Sauerstoffmengenmessung	4 - 20 mA = 1.600 Nm ³ /h
Gasmenge Sauerstoffbrenner	4 - 20 mA = 700 Nm ³ /h

6.2.8 Erdgas-Luft-Brenner

Ist die Freigabe Feuerung Kaltluftbrennerbrenner erteilt, hierzu gehört der Betrieb des Zündbrenners Kaltluft, startet der Brenner. Die Brennersteuerung überwacht die Brenner. Dazu gehören Brennerstart, Kontrolle des Flammensignals. Im Falle eines Flammenausfalls des Brenners wird dieser abgeschaltet, verriegelt und eine Störungsmeldung erzeugt.

Die Gemischmengen werden über die Visualisierung eingestellt und vom Hardware-Gemischregler Kaltluftbrenner geregelt.

Daten der Brenneranlage:

Brennerleistung	max. 3 MW
Brennstoff	Holland-Erdgas
Gasnetzdruck	300 mbar
Gasverbrauch	max. 320 Nm ³ /h
Verbrennungsluftverbrauch	bis 3.300 Nm ³ /h
bei Lambda	1,15
Luftverbrauch zum "Kaltstellen"	bis 6.000 Nm ³ /h
Steuerspannung	24 V DC
Spannung für Magnetventile und Regelantriebe	230 V AC, 50 Hz
Messsignale	4-20 mA
Luftmengenmessung	4 - 20 mA = 7.000 Nm ³ /h
Gasmenge Kaltluftbrenner	4 - 20 mA = 450 Nm ³ /h

6.3 Gasspülen

Der Raffinationsofen hat sechs Spülsteine für Stickstoff. Die Spülsteine müssen kontinuierlich mit Stickstoff durchflutet werden. Sie sind in zwei Reihen hintereinander in einem Bereich von 90° angeordnet. Zur Überwachung der Spülsteine sind Temperaturmessungen installiert. Zur Versorgung von Stickstoff-Spülsteinen im Raffinationsofen ist ein Stickstoff-Spülschrank montiert. Dieser Schrank regelt die Stickstoffmenge und gibt neben den Prozessdaten für die Stickstoffspülung auch die Spülsteintemperaturen an die übergeordnete Ofensteuerung weiter.

6.3.1 Stickstoffspüleinheit

Die Stickstoffspüleinheit ist nach dem folgenden Fließbild aufgebaut.

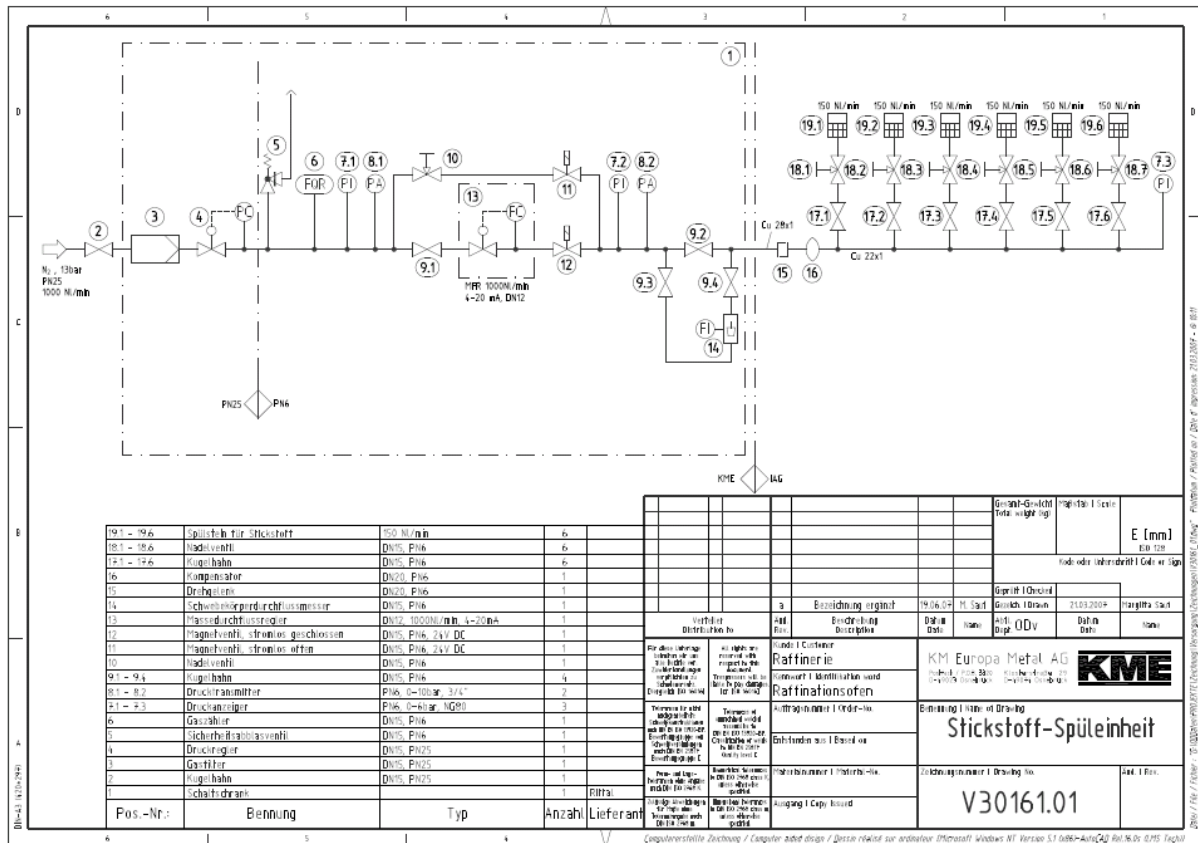


Abbildung 4: Fließbild der Stickstoffspüleinheit des Raffinatinsofens

Bedienung:

Der Bediener kann am Eingangskugelhahn Pos. 2, außerhalb des Schrankes, die gesamte Stickstoffzufuhr abstellen. Im Eingang befindet sich ein Gasfilter Pos.3 zur Filterung von Partikeln aus der Versorgungsleitung, der jährlich zu überprüfen ist. Ein Druckminderer, Pos. 4, regelt den Arbeitsdruck auf max. 6 bar. Zur Sicherstellung der Druckstufe PN6 ist ein Sicherheitsventil Pos. 5 mit einem eingestellten Abblasedruck von 6 bar montiert. Der eingestellte Druck kann mit Hilfe des Manometers, Pos. 7.1 kontrolliert werden. Ein Drucksensor erfasst den Arbeitsdruck und meldet bei zu geringen oder zu hohen Arbeitsdruck ein Alarmsignal an die übergeordnete Ofensteuerung. Ein Gaszähler, Pos. 6, erfasst das verbrauchte Stickstoffvolumen auf der Druckstufe 6 bar. Ein Massedurchflussregler, Pos. 13, erfasst und regelt die Stickstoffspülmenge. Bei Ausfall des Massedurchflussreglers und bei Ausfall der Hilfsenergie öffnet das stromlos offene Magnetventil, Pos. 11. Das stromlos geschlossene Magnetventil, Pos. 12, schließt und die Stickstoffversorgung für die Spülsteine ist sichergestellt. Die erforderliche Spülmenge für diese Notversorgung ist zuvor über das Nadelventil, Pos. 10, auf einen konstanten Wert eingestellt.

Der Arbeitsdruck hinter dem Massedurchflussregler kann an der Druckanzeige, Pos. 7.2 kontrolliert werden. Ein Drucksensor, Pos. 8.2 überwacht diesen Arbeitsdruck und gibt bei zu hohem oder zu niedrigem Arbeitsdruck ein Alarmsignal an die übergeordnete Ofensteuerung.

In der normalen Arbeitsstellung ist der Kugelhahn, Pos. 9.2 geöffnet und die beiden Kugelhähne Pos. 9.3 und 9.4 sind geschlossen. Der Stickstoff strömt über eine Rohrleitung zum Drehgelenk, Pos. 15, am Drehpunkt auf der Ofenrückseite. Über das Drehgelenk und einen Kompensator, Pos. 16, strömt der Stickstoff zur Ofenverteilung. Der Arbeitsdruck kann dort an der Druckanzeige, Pos. 7.3 kontrolliert werden. Mit Hilfe der Kugelhähne Pos. 17.1 bis 17.6 kann jeder einzelne Spülstein bei Bedarf abgestellt werden. Mit Hilfe der Nadelventile 18.1 bis 18.6 kann die Stickstoffmenge für jeden Spülstein, Pos. 18.1 bis 18.6 einzeln eingestellt werden.

Zur Einstellung einzelner Spülsteine, ohne Schmelze im Ofen, sind die jeweils anderen Spülsteine über die Kugelhähne 18.1 bis 18.6 abzusperren, die Kugelhähne 9.3 und 9.4 im Spülschrank zu öffnen, der Kugelhahn 9.2 zu schließen und die Stickstoffmenge an der Durchflussanzeige Pos. 14 zu kontrollieren. Der Massedurchflussregler muss dazu an der Steuerung auf die Stellung „Spülstein einstellen“ gestellt werden.

6.3.2 Spülsteintemperaturen

Die Spülsteintemperaturen werden in jedem Spülstein mit Mantelthermoelementen Typ K gemessen und mittels Telemetriesender und -empfänger an die Steuerung übertragen. Eine steigende Temperatur in der Spülsteinausmauerung ist ein Zeichen für erhöhten Verschleiß.

6.3.3 Gasspülverfahren

Mittels des in diesem Entwicklungsvorhaben angepassten Inertgas-Spülverfahren durch in die Ofenwandung integrierte Spülsteine kann eine Absenkung der Sauerstoffkonzentration in der Schmelze von 2000 auf 250 ppm erreicht werden. Dieser Vorgang benötigt einen Zeitraum von bis zu 4 Stunden. Im Vergleich zum bisherigen Trommelofenverfahren (Reduzieren mit Baumstamm) erfüllt dieses Verfahren nicht die wirtschaftlichen Anforderungen aufgrund des hohen Zeitbedarfs und des Energieaufwandes.

Dennoch bietet das Gasspülen Vorteile:

- Abbau von Temperturgradienten im Schmelzbad und Verbesserung des thermischen Wirkungsgrades des Prozesses.
- Abbau von Konzentrationsgradienten im Schmelzbad - dadurch optimale Sauerstoffverteilung und -wirkung (Raffination)
- gezieltes Schlackenhandling durch Treiben der Schlacke bis zur Ofentür

6.4 Chargieren

6.4.1 Aufbau und Arbeitsweise

Die Chargiermaschine zur Trommelofenbeschickung besteht im Wesentlichen aus dem Aufgabebunker, dem Fahrrahmen mit Radblöcken und Getriebemotoren und der Schwingförderrinne, die als Förderorgan unterhalb des Bunkers angeordnet ist. Die Anlage wird über einen Schaltschrank mit Fernbedienung gesteuert. Die Abdichtung zum Trommelofen erfolgt über eine verstellbare Haube, die Absaugung erfolgt über eine bauseitige Abgashaube.

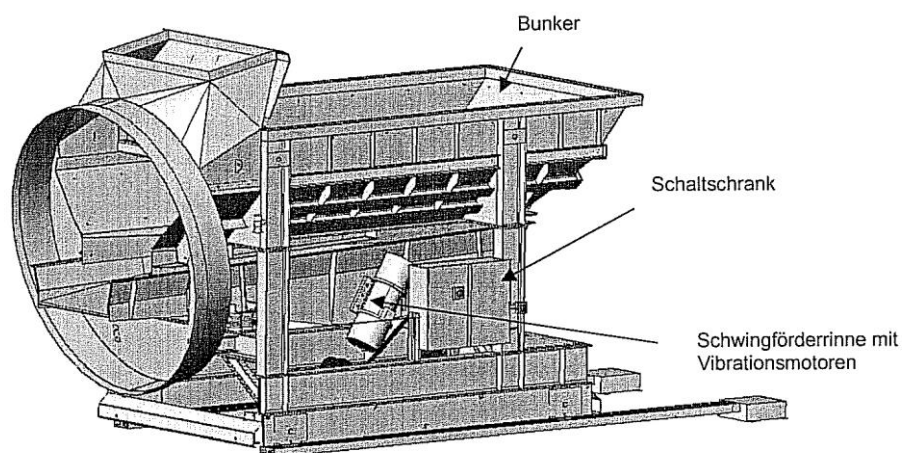


Abbildung 5: Draufsicht der Chargiermaschine

Der Bunker wird in der Befüllposition durch einen Bagger mit Greifer, mit Schrott, Spänen, Masseln und Kreislaufmaterial befüllt. Die gesamte Maschine kann über die Fernbedienung gesteuert bzw. verfahren werden. Durch Schaltleisten auf dem Boden werden feste Punkte definiert, die durch Näherungsschalter an der Maschine genau angefahren werden können.

Ist die Chargiermaschine an den Trommelofen herangefahren, so ist die Chargierstellung erreicht. In dieser Stellung kann die Schwingförderrinne eingeschaltet werden, um das Schüttgut in einem kontinuierlichen Förderstrom aus dem Bunker abzuziehen und in den Schmelztiegel des Ofens zu fördern. Die Chargiermaschine ist geeignet für eine maximale Bunkerbefüllung von 20 t (Charge). Das Fördergut, bestehend aus Masseln, Kreislaufmaterial, Schrott, Spänen oder Hackschrott darf bei einem mittleren Schüttgewicht von 1,3 t eine Körnung bis 400 mm aufweisen. Gepresstes Material 400 x 400 mm (600 bis 800 mm Lang) ist zulässig. Kathodenplatten 1.000 x 1.200 mm müssen derart zugeführt werden, dass es nicht zu Verklemmungen kommen kann.

6.4.2 Funktionen in den Positionen

Die Chargiermaschine arbeitet im Handbetrieb, d.h. die Bedienung der Maschine erfolgt über eine Schaltbirne in Förderrichtung „Links“ und bestimmte Funktionen über die Bedienstellen Außenwand Steuertarte und Bedienpult in der Steuerwarte.

Befüllposition:

- Fahrweg-Endschalter ist bedeckt, Meldeleuchte ist aktiviert.
- Einschalten der Vibrationsmotore ist nicht möglich.
- Chargiermaschine kann per Schaltbirne zur Warteposition vorgefahren werden.
- Chargiermaschine kann von der Bedienstelle „Außenwand Steuerwarte“ über die Taste „Vor“ tastend zur Warteposition vorgefahren werden, wenn der Fahrweg-Endschalter „Fernbedienung“ betätigt ist.

Warteposition:

- Fahrweg-Endschalter ist bedeckt, Meldeleuchte ist aktiviert.
- Einschalten der Vibrationsmotore ist nicht möglich.
- Chargiermaschine kann per Schaltbirne bis zur Ofenposition vorgefahren werden, wenn Freigabe vom Ofen ansteht, „Ofen ist in Chargierposition“.
- Chargiermaschine kann per Schaltbirne zur Befüllposition zurückgefahren werden.
- Chargiermaschine kann von der Bedienstelle „Außenwand Steuerwarte“ über die Taste „Zurück“ in Selbsthaltung in langsamer Geschwindigkeit zur Befüllposition zurückgefahren werden, wenn der Fahrweg-Endschalter „Fernbedienung“ betätigt ist.

Hinweis: Die Chargiermaschine hält in jedem Fall in der Wartestellung an, auch wenn die Ofenfreigabe bereits anliegt!

Chargierposition:

- Fahrweg-Endschalter ist bedeckt, Meldeleuchte ist aktiviert.
- Einschalten der Vibrationsmotore per Schaltbirne ist möglich.
- Vibrationsmotore können vom Bedienpult Steuerwarte ausgeschaltet und wiedereingeschaltet werden.
- Einschalten des Fahrmotors ist während des Chargiervorgangs nicht möglich.
- Chargiermaschine kann vom Bedienpult Steuerwarte zurück zur Warteposition gefahren werden.

Hinweis: Ein kurzes Stück vor dem Erreichen der Chargierposition (—50 cm), ist ein weiterer Fahrweg-Endschalter angeordnet. Ab diesem Punkt kann in Richtung Ofen nur in langsamer Geschwindigkeit verfahren werden.

Beim Drücken der Taste Fahren VOR / ZURÜCK wird die Blitzlichthupe aktiviert.

Das Hupen mit Blitzen dauert ca. 1-2 s, erst danach setzt sich die Chargiermaschine in Bewegung.

Das Blitzlicht bleibt solange aktiv, wie der Taster gedrückt wird, d.h. das Blitzen erfolgt während der gesamten Fahrt.

6.5 Emissionsminderung

6.5.1 Emissionssituation Trommelöfen (altes Verfahren)

Im Abgas der alten Trommelöfen wurden folgende Messwerte erzielt (siehe Meßbericht vom 22.08.2005 durch öko-control GmbH):

Messgröße	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Kohlenmonoxid [mg/m ³]	103	8,9	-
Gesamtkohlenstoff (org. C) [mg/m ³]	22,7	<1,2	50
Gesamtstaub [mg/m ³]	<0,08	<0,07	20
PCDD/F [ng/m ³]	0,119	0,091	0,1

Tabelle 2: Messbericht vom 22.08.2005

Um die Emissionsgrenzwerte hinsichtlich PCDD/F einzuhalten, ist ein Betrieb der Trommelöfen nur mit relativ sauberem Material bzw. als Warmhalteofen möglich.

Das Einschmelzen von Materialien mit verstärkten organischen Anhaftungen, wie sie heute im neuen Raffinationsofen verwendet wird, würde zur Überschreitung der Grenzwerte für die Parameter PCDD/F und Gesamtkohlenstoff führen.

6.5.2 Emissionssituation Raffinationsofen (neues Verfahren)

Zwecks Validierung der Emissionsfaktoren für den Betrieb des neuen Raffinationsofens, wurde eine fünf Messzyklen umfassende Messreihe, gemäß den Anforderungen nach § 28 (1) BImSchG durchgeführt.

Nachfolgende Emissionsbegrenzungen galt es dabei nachzuweisen:

- Gesamtstaub gemäß Nr. 5.4.3.4.1 der TA-Luft
- Staubförmige anorganische Stoffe gemäß Nr. 5.2.2 der TA-Luft
- Gasförmige anorganische Stoffe gemäß Nr. 5.2.4 der TA-Luft

mit folgenden Einschränkungen:

- Stickoxide (angegeben als NO₂) max. 100 mg/Nm³
- Schwefeloxide (angegeben als SO₂) max. 150 mg/Nm³

- Organische Stoffe gemäß Nr. 5.2.5 der TA-Luft
- Krebserzeugende Stoffe gemäß Nr. 5.2.7.1.1 der TA-Luft
- Dioxine und Furane gemäß Nr. 5.2.7.2 der TA-Luft (0,1 ng/Nm³)

Den Anforderungen entsprechend wurden im Abgas hinter der Entstaubungsanlage des Raffinationsofens folgende Messungen durchgeführt:

- Bestimmung der Gehalte an (kontinuierlich über die Dauer d. PCDD/F-Probenahme)
 - Sauerstoff und Kohlendioxid
 - Kohlenmonoxid
 - Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid, angeg. als Stickstoffdioxid
 - Schwefeldioxid
 - Gesamtkohlenstoff (FID-Methode)

- Bestimmung der Gehalte an (jeweils 3 Einzelmessungen à 3 h)
 - Benzol, Toluol, Xylol und Ethylbenzol
 - Gesamtstaub
 - Arsen, Beryllium, Cadmium, Cobalt, Chrom, Kupfer, Nickel, Mangan, Blei, Antimon, Selen, Zinn, Tellur, Thallium, Zink, Vanadium und ihre Verbindungen (partikelgebunden und filtergängig)
 - Quecksilber (partikelgebunden und filtergängig)

- Bestimmung der Gehalte an (jeweils 3 Einzelmessungen à 8 h)
 - PCDD/F
 - PAHs nach EPA (Bestimmung aus den PCDD/F-Proben)
- Bestimmung der Abgasmenge, Abgastemperatur und Abgasfeuchte

Der ersten Messung lagen nachfolgende Produktionsparameter zu Grunde:

Produktionsdaten Raffinationsofen			
Datum	25.02.2008	26.02.2008	27.02.2008
Produkt	Cu 86	Cu 86	Cu 86
Einsatzstoffe	14,9 t Cl 52 Pakete 65,6 t Cl 52 Abf. 7,9 t Ch 25 Abf. (Te)	7,4 t Cl 52 Pakete 48,2 t Cl 52 Abf. 4,3 t Kajak 4,5 t Kerze 2 t Cu 86 Späne	6,8 t Cu 86 Späne 2 t Ausbrüche 14 t Millberry 19,8 t Cu 75 Pak. 18 t Cu 01 Späne
Summe	88,4 t	66,4 t	60,6 t
Schlacke (gesamt)	1,6 t	1,7 t	/
Abstich (gesamt)	49 t	102,5 t	40 t
Betriebsart Brenner	Sauerstoff *)	Sauerstoff *)	Sauerstoff *)

*) Die Angaben bezeichnen die Betriebsart des Brenners während der Einschmelzphase während der Warmhaltephasen wird der Brenner mit Luft betrieben

Tabelle 3: Produktionsparameter der Messung vom 25.02.2008 – 27.02.2008

Die Messergebnisse der wichtigsten Parameter stellte sich dabei wie folgt dar:

Messgröße (Rohgas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Gesamtstaub [mg/m ³]	571	418	-
PCDD/F [ng/m ³]	1	0,86	-

Tabelle 4: Rohgasmessung vom 25.02.2008 – 27.02.2008

Messgröße (Reingas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Kohlenmonoxid [mg/m ³]	83	<10	100
Gesamtkohlenstoff FID [mg/m ³]	13,1	<2,4	50
Gesamtstaub [mg/m ³]	<0,14	<0,13	5
PCDD/F [ng/m ³]	0,014	0,009	0,1
Arsen [µg/m ³]	0,61	0,55	-
Cadmium [µg/m ³]	0,08	<0,06	-
Nickel [µg/m ³]	1,76	<1,64	-
Kupfer [µg/m ³]	<4,26	<3,19	-

Tabelle 5: Reingasmessung vom 25.02.2008 – 27.02.2008

Der Anschlussmessung lagen nachfolgende Produktionsparameter zu Grunde:

Produktionsdaten Raffinationsofen			
Datum	06.05.2008	07.05.2008	08.05.2008
Produkt	Cu 75	Cu 75	Cu 75
Einsatzstoffe	20,3 t Ch 25 Sp	4,8 t Ch 25 Sp 4,2 t Millb. Lack (86) 0,6 t Kunden Späne Öl	3 t Ch 25 Sp 6 t Millb. Lack (86)
Summe	20,3 t	9,6 t	9 t
Schlacke (gesamt)	0,45 t	1,3 t	/
Abstich (gesamt)	15 t	17 t	18,5 t
Betriebsart Brenner	Sauerstoff *)	Sauerstoff *)	Sauerstoff *)

*) Die Angaben bezeichnen die Betriebsart des Brenners während der Einschmelzphase während der Warmhaltephasen wird der Brenner mit Luft betrieben

Tabelle 6: Produktionsparameter der Messung vom 06.05.2008 – 08.05.2008

Die Messergebnisse der wichtigsten Parameter stellte sich dabei wie folgt dar:

Messgröße (Rohgas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Gesamtstaub [mg/m ³]	451	289	-
PCDD/F [ng/m ³]	-	3,0	-

Tabelle 7: Rohgasmessung vom 06.05.2008

Messgröße (Reingas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Kohlenmonoxid [mg/m ³]	40	<12	100
Gesamtkohlenstoff FID [mg/m ³]	7,9	<2,5	50
Gesamtstaub [mg/m ³]	<0,24	<0,16	5
PCDD/F [ng/m ³]	-	0,365	0,1
Arsen [µg/m ³]	<0,04	<0,04	-
Cadmium [µg/m ³]	<0,04	<0,03	-
Nickel [µg/m ³]	6,55	3,69	-
Kupfer [µg/m ³]	12,8	9,50	-

Tabelle 8: Reingasmessung vom 06.05.2008

Messgröße (Rohgas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Gesamtstaub [mg/m ³]	-	-	-
PCDD/F [ng/m ³]	-	3,6	-

Tabelle 9: Rohgasmessung vom 07.05.2008

Messgröße (Reingas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Kohlenmonoxid [mg/m ³]	116	<21	100
Gesamtkohlenstoff FID [mg/m ³]	15,5	<3,5	50
Gesamtstaub [mg/m ³]	-	<0,08	5
PCDD/F [ng/m ³]	-	0,180	0,1
Arsen [µg/m ³]	-	<0,02	-
Cadmium [µg/m ³]	-	<0,01	-
Nickel [µg/m ³]	-	0,71	-
Kupfer [µg/m ³]	-	4,02	-

Tabelle 10: Reingasmessung vom 07.05.2008

Messgröße (Rohgas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Gesamtstaub [mg/m ³]	-	563	-
PCDD/F [ng/m ³]	-	4,6	-

Tabelle 11: Rohgasmessung vom 08.05.2008

Messgröße (Reingas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Kohlenmonoxid [mg/m ³]	94	<18	100
Gesamtkohlenstoff FID [mg/m ³]	1,8	<1,8	50
Gesamtstaub [mg/m ³]	<0,36	<0,28	5
PCDD/F [ng/m ³]	-	0,142	0,1
Arsen [µg/m ³]	0,07	0,06	-
Cadmium [µg/m ³]	<0,06	<0,05	-
Nickel [µg/m ³]	4,15	2,76	-
Kupfer [µg/m ³]	3,71	3,14	-

Tabelle 12: Reingasmessung vom 08.05.2008

Der Anschlussmessung lagen nachfolgende Produktionsparameter zu Grunde:

Produktionsdaten Raffinationsofen			
Datum	01.07.2008	02.07.2008	03.07.2008
Produkt	Cu 75	Cu 75	Cu 75
Einsatzstoffe *)	9,6 t Candy 9,2 t Granulat Berry 12,4 t Cu 99 22,5 t CH 25 1,2 t Millb.Fett 27,5 t Cu01 Sp. Weiß 32,6 t Kerze Cu 01 Pak. 15,9 t Kerze Kunde SP 0,1 t Cu 10P	4,6 t Kerze Kunde SP 7,8 t Kerze Cu 01 Pak. 8 t Kerze Zn 15,1 t Granulat Kajak 6,3 t Ausbrüche 18,5 t Kerze Cu 86 7,4 t Cu 99 18 t Cl 21 1,9 t Millb.Fett 12,6 t Berry	2 t Cu99 1,8 t Berry 4,5 t Cl 21 0,1 t Cu10P
Summe *)	20,3 t	9,6 t	9 t
Schlacke (gesamt) *)	0,45 t	1,3 t	/
Abstich (gesamt) *)	15 t	17 t	18,5 t

*) Die Angaben beziehen sich auf den gesamten Arbeitstag

Tabelle 13: Produktionsparameter der Messung vom 01.07.2008 – 03.07.2008

Die Messergebnisse der wichtigsten Parameter stellte sich dabei wie folgt dar:

Messgröße (Rohgas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Gesamtstaub [mg/m ³]	-	183	-
PCDD/F [ng/m ³]	-	11,7	-

Tabelle 14: Rohgasmessung vom 01.07.2008

Messgröße (Reingas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Kohlenmonoxid [mg/m ³]	51	<11	100
Gesamtkohlenstoff FID [mg/m ³]	8,5	2,1	50
Gesamtstaub [mg/m ³]	<0,10	<0,08	5
PCDD/F [ng/m ³]	-	0,402	0,1
Arsen [µg/m ³]	0,04	0,03	-
Cadmium [µg/m ³]	<0,07	<0,05	-
Nickel [µg/m ³]	0,91	0,72	-
Kupfer [µg/m ³]	6,15	4,14	-

Tabelle 15: Reingasmessung vom 01.07.2008

Messgröße (Rohgas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Gesamtstaub [mg/m ³]	614	434	-
PCDD/F [ng/m ³]	-	7,35	-

Tabelle 16: Rohgasmessung vom 02.07.2008

Messgröße (Reingas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Kohlenmonoxid [mg/m ³]	57	15	100
Gesamtkohlenstoff FID [mg/m ³]	4,4	<1,8	50
Gesamtstaub [mg/m ³]	<0,10	<0,08	5
PCDD/F [ng/m ³]	-	0,218	0,1
Arsen [µg/m ³]	0,03	0,03	-
Cadmium [µg/m ³]	0,09	0,07	-
Nickel [µg/m ³]	0,60	0,59	-
Kupfer [µg/m ³]	2,02	1,81	-

Tabelle 17: Reingasmessung vom 02.07.2008

Messgröße (Rohgas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Gesamtstaub [mg/m ³]	849	624	-
PCDD/F [ng/m ³]	-	-	-

Tabelle 18: Rohgasmessung vom 03.07.2008

Messgröße (Reingas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Kohlenmonoxid [mg/m ³]	10,6	<6	100
Gesamtkohlenstoff FID [mg/m ³]	<1,6	<1,6	50
Gesamtstaub [mg/m ³]	-	-	-
PCDD/F [ng/m ³]	-	-	-

Tabelle 19: Reingasmessung vom 03.07.2008

Der Anschlussmessung lagen nachfolgende Produktionsparameter zu Grunde:

Produktionsdaten Raffinationsofen			
Datum	20.01.2009	21.01.2009	22.01.2009
Einsatzstoffe *)	16 t Millberry Sauber 1,6 t Kerze 15 t CH25 36,1 t Kerze Kunde Sp. 12,9 t Kerze 1000 Pb 4,6 t Millberry Fett 7,9 t Verhüttg. Cu Cr 12,8 t Schlacke 12,9 t CI 21 20 t RTZ	4,6 t RTZ 12 t Kerze Kunde SP 4,6 t Schlacke 14,8 t Kerze 1000 Pb 0,3 t Phosphor 0,5 t Millberry Fett 1 t Kajak 1 t CI 21 10 t Kerze Kleinteile 18 t CH25 18,6 t Cu 01 Späne 3 t Cu 75 Pakete 9 t Cu 01 Abf.	4 t Cu 01 Späne 8 t Cu86T Späne 13,1 t Kerze 01 Pak. 4,2 t Cu 75 Pakete 3,2 t CH25 6,1 t Kerze01 Abf. 3,8 t Schlacke 4,1 t Kerze Kunde Sp. 2 t Kajak 1 t Millberry Fett
Summe *)	139,8 t	97,4 t	49,5
Schlacke (gesamt) *)	6,3 t	2,4 t	3,1 t
Abstich (gesamt) *)	121,5 t	100 t	81 t

*) Die Angaben beziehen sich auf den gesamten Arbeitstag

Tabelle 20: Produktionsparameter der Messung vom 20.01.2009 – 22.01.2009

Die Messergebnisse der wichtigsten Parameter stellte sich dabei wie folgt dar:

Messgröße (Rohgas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Gesamtstaub [mg/m ³]	-	-	-
PCDD/F [ng/m ³]	-	0,349	-

Tabelle 21: Rohgasmessung vom 20.01.2009

Messgröße (Reingas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Kohlenmonoxid [mg/m ³]	90	<18	100
Gesamtkohlenstoff FID [mg/m ³]	2,2	<1,8	50
Gesamtstaub [mg/m ³]	<0,10	<0,09	5
PCDD/F [ng/m ³]	-	0,000074	0,1
Arsen [µg/m ³]	<0,15	<0,15	-
Cadmium [µg/m ³]	0,043	0,028	-
Nickel [µg/m ³]	1,53	1,18	-
Kupfer [µg/m ³]	15	9,95	-

Tabelle 22: Reingasmessung vom 20.01.2009

Messgröße (Rohgas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Gesamtstaub [mg/m ³]	2099	1220	-
PCDD/F [ng/m ³]	-	0,727	-

Tabelle 23: Rohgasmessung vom 21.01.2009

Messgröße (Reingas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Kohlenmonoxid [mg/m ³]	15	<10	100
Gesamtkohlenstoff FID [mg/m ³]	1,8	<1,8	50
Gesamtstaub [mg/m ³]	-	0,12	5
PCDD/F [ng/m ³]	0,000024	0,000023	0,1
Arsen [µg/m ³]	-	<0,014	-
Cadmium [µg/m ³]	-	0,028	-
Nickel [µg/m ³]	-	2,10	-
Kupfer [µg/m ³]	-	4,11	-

Tabelle 24: Reingasmessung vom 21.01.2009

Messgröße (Rohgas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Gesamtstaub [mg/m ³]	336	212	-
PCDD/F [ng/m ³]	-	0,433	-

Tabelle 25: Rohgasmessung vom 22.01.2009

Messgröße (Reingas)	Maximalwert	Mittelwert	Grenzwert
Kohlenmonoxid [mg/m ³]	31	<11	100
Gesamtkohlenstoff FID [mg/m ³]	2,8	<1,9	50
Gesamtstaub [mg/m ³]	<0,09	<0,09	5
PCDD/F [ng/m ³]	-	0,00030	0,1
Arsen [µg/m ³]	0,011	0,010	-
Cadmium [µg/m ³]	-	0,028	-
Nickel [µg/m ³]	0,86	0,78	-
Kupfer [µg/m ³]	22,9	12,1	-

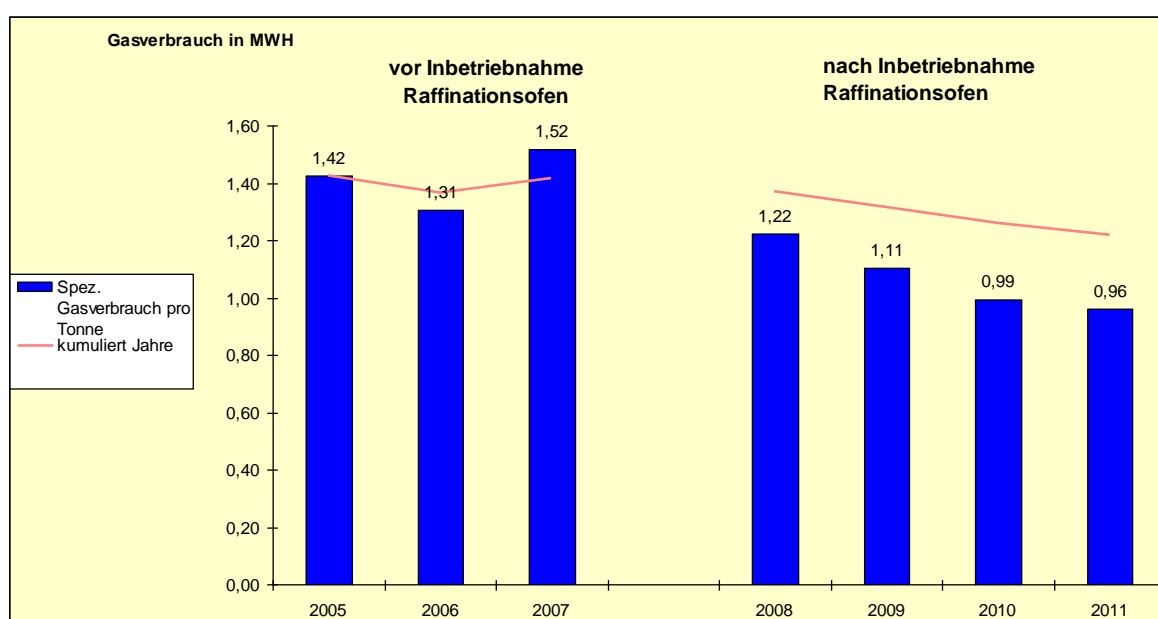
Tabelle 26: Reingasmessung vom 22.01.2009

Der Vergleich zu Emissionswerten des bisherigen Trommelofenverfahrens zeigt, dass durch den Raffinationsofen, im Zuge einer mehrmonatigen Prozessoptimierung, eine erhebliche Reduzierung der Dioxin- und Gesamtkohlenstoffemission erzielt werden konnte.

6.6 Umweltschutzleistung / Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Im Februar 2008 ist der Raffinationsofen in Produktion gegangen. Das Jahr 2009 war geprägt von Kurzarbeit und niedrigen Tonnagen aufgrund der Weltwirtschaftskrise, welches sich auch in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in der Graphik widerspiegelt. Daher ist das Geschäftsjahr 2009 kaum aussagefähig und nur bedingt als Vergleichsjahr geeignet. Erst im 2. Quartal 2010 wurde die Kurzarbeit in Osnabrück aufgehoben und der wirtschaftliche Aufschwung sorgte für ausreichende Auslastung und Beschäftigung.

Daten zum Energieverbrauch:



Gasverbrauch in MWh	25.965	25.377	25.191	38.611	26.022	31.363	33.153
Spez. Gasverbrauch in MWh/to	1,42	1,31	1,52	1,22	1,11	0,99	0,96
Index 2005 = 100	100	92	107	86	78	70	67

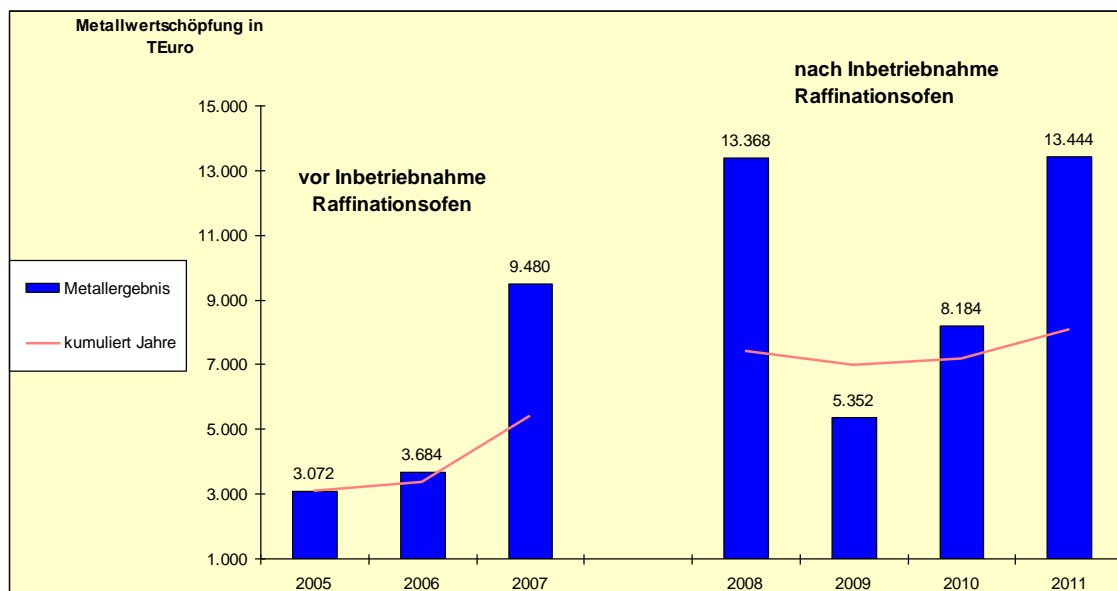
Abbildung 6: Energieverbrauchsdaten

In der Graphik zum Energieverbrauch des Raffinationsofens ist ersichtlich, dass vor Inbetriebnahme des Raffinationsofens der spezifische Gasverbrauch pro Tonne in den Jahren 2005 – 2007 relativ konstant zwischen 1,31 MWh/to und 1,52 MWh/to, im Mittel bei 1,42 MWh/to lag.

Erst nach Inbetriebnahme des Raffinationsofens ist deutlich ersichtlich, dass nach Eliminierung der Anfangsschwierigkeiten, der spezifische Gasverbrauch in MWh/to in den Jahren 2008 – 2011 stark rückläufig war. Während im Jahre 2008 noch 1,22 MWh/to verbraucht wurde, sank der Gasverbrauch im Jahr 2011 bis auf 0,96 MWh/to.

Setzt man das Jahr 2005 als Index = 100, so fällt der spezifische Gasverbrauch um mehr als 30 %.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung:



Metallergebnis in T€	3.072	3.684	9.480	13.368	5.352	8.184	13.444
Rohguss in Tsd. Tonnen	167	169	156	167	121	144	139
€/t - Werte	221	261	729	962	530	682	1.159

Abbildung 7: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Raffinationsofen

Die Inbetriebnahme des Raffinationsofens Anfang 2008 führte im ersten Geschäftsjahr gleich zu einer deutlichen Steigerung der Metallwertschöpfung. Leider konnten diese enormen Ertragsverbesserungen im Kalenderjahr 2009, aufgrund oben beschriebener Probleme, nicht erreicht werden. Nach der Konjunkturerholung ab Anfang 2010 mit wiederum starken Mengenerhöhungen stiegen die Erträge deutlich. Das laufende Geschäftsjahr 2011 wird vermutlich (siehe Hochrechnung Graphik) das erfolgreichste Geschäftsjahr nach Inbetriebnahme des Ofens. Die Investition des Raffinationsofens war somit eine absolut richtige Entscheidung, welche zur Steigerung der Ertragskraft am Standort Osnabrück erheblichen Anteil hat.

Der Raffinationsofen wird aufgrund der bisherigen Erkenntnisse insbesondere als Schmelzaggregat eingesetzt und ist für diese Prozessschritt dem bisherigen Trommelofen hinsichtlich der betrieblichen und umweltrelevanten Aspekte überlegen. Er stellt somit bzgl. des Standes der Technik eine unumgängliche Alternative zu den Trommelöfen dar.

Der neue Raffinationsofen hat sich als ein Hauptschmelzofen etabliert. Ein Trommelofen konnte durch die Inbetriebnahme des neuen Raffinationsofens bereits stillgelegt werden. (Dadurch hat sich der Anteil diffuser Emissionen deutlich verringert)

Die projektierten Maßnahmen zum Einsatz des neuen Raffinationsofens (Schrott-Lagerung, Schrott-Handling) führten zur Verminderung von diffusen Staubemissionen infolge Verwehungen. Somit konnten auch Immissionen im Umfeld des Standortes gemindert werden.

7 Zusammenfassung

Der neue Raffinationsofen hat sich in der Praxis bewährt und die Emissionen (Staub, Dioxine, Gesamtkohlenstoff) erheblich verringert und das bei Einsatz von Schrotten mit einer schlechteren Qualität.

In der Vergangenheit konnten nur Schrotte mit einer max. organischen Verunreinigung von 0,5 Gew.% direkt eingesetzt werden. Jetzt ist ein direkte Einsatz von Schrotten mit einer organischen Anhaftung von bis zu 2 Gew.% möglich.

Mit dem Raffinationsofen kann somit ein ca. 4-faches an verunreinigten Schrotten prozesssicher gehandhabt werden.

Durch die entspr. dimensionierte Öffnung des neuen Raffinationsofens sind auch großformatige Schlackenstücke ohne Probleme wieder einsetzbar. Der Prozess erlaubt außerdem den Einsatz von feinen Schlackenfraktionen.

Die Schlacke-Qualität hat sich verbessert - der Kupfer-Anteil ist deutlich geringer. In der Vergangenheit besaß die Schlacke einen Cu-Anteil von ca. 60 %. Durch Einsatz des Raffinationsofens liegt der Wert bei ca. 26 %.

Im bisherigen Verfahren betrug die externe Verhüttungsmenge an Schlacken ca. 1,1 % der eingesetzten Rohstoffe. Trotz Forcierung des Einsatzes von höher metallisch verunreinigten Schrotten liegt der Wert beim heutigen Verfahren bei nur noch ca. 0,5 % des eingesetzten Rohstoffs (höherer wertschöpfungsmaßiger Beitrag).

Prozess-Verbesserungen:

Die Erfassung der bisherigen diffusen Emissionen beim Beschicken und Schmelzen kann nun als vollständige Erfassung bezeichnet werden.

Die Sauerstoffmetallurgie erlaubt einen höchst wirtschaftlichen Betrieb bei optimaler Prozessgaserfassung und -Reinigung.

Durch eine schnell durchführbare Probennahme, kombiniert mit einer effizienten Nachchargierung von höher verunreinigten Schrotten können Toleranzen in der Analytik unter optimalen Wertschöpfungsaspekten ausgeschöpft werden, ohne den klassischen Raffinationsweg zu begehen.

Limitierungen:

Das Reduzieren des Sauerstoffs in der Schmelze mittels Inertgasspülen ist mit erheblichem Zeitaufwand verbunden und daher nicht wirtschaftlich durchführbar.

Es sind jedoch zu dieser noch bestehenden Limitierung bereits Versuche geplant, um über eine angepasste Verfahrenstechnik effektivere Reduktionsmedien wie zum Beispiel Erdgas in die Schmelze einzuleiten. Bei erfolgreicher Umsetzung kann auch der Prozessschritt Desoxidation ohne diffuse Emissionen effizient im neuen Raffinationsofen durchgeführt werden.

8 Literaturverzeichnis

Autor: Müller, T.; Gürmen, S.; Friedrich, B.; Duman, I.:

Titel: Slag systems in copper recycling from Cu-Mg scraps.

Quelle: In: Proceedings of European Metallurgical Conference, 16. - 19. September 2003, Hannover, Vol. 3, S. 1097 – 1110

Autor: Stelter, Jablonski

Titel: Integrierter Umweltschutz in der Gießereiindustrie-
Innovatives Schrottcleaning für Kupferlegierungen zur Erweiterung des
Einsatzspektrums von Schrotten-

Quelle: Metallurgische Vorbehandlung, März 2004

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 8: Seitenansicht Raffinationsofen

Abbildung 9: Schematische Darstellung der Sekundärkupfererzeugung (in Anlehnung an VDI 2102)

Abbildung 10: Schematische Darstellung der Erzeugung von Halbzeugprodukten

Abbildung 11: Fließbild der Stickstoffspühleinheit des Raffinatinsofens

Abbildung 12: Draufsicht der Chargiermaschine

Abbildung 13: Energieverbrauchsdaten

Abbildung 14: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Raffinationsofen

10 Tabellenverzeichnis

- Tabelle 27: Grenzwerte nach TA Luft
Tabelle 28: Messbericht vom 22.08.2005
Tabelle 29: Produktionsparameter der Messung vom 25.02.2008 – 27.02.2008
Tabelle 30: Rohgasmessung vom 25.02.2008 – 27.02.2008
Tabelle 31: Reingasmessung vom 25.02.2008 – 27.02.2008
Tabelle 32: Produktionsparameter der Messung vom 06.05.2008 – 08.05.2008
Tabelle 33: Rohgasmessung vom 06.05.2008
Tabelle 34: Reingasmessung vom 06.05.2008
Tabelle 35: Rohgasmessung vom 07.05.2008
Tabelle 36: Reingasmessung vom 07.05.2008
Tabelle 37: Rohgasmessung vom 08.05.2008
Tabelle 38: Reingasmessung vom 08.05.2008
Tabelle 39: Produktionsparameter der Messung vom 01.07.2008 – 03.07.2008
Tabelle 40: Rohgasmessung vom 01.07.2008
Tabelle 41: Reingasmessung vom 01.07.2008
Tabelle 42: Rohgasmessung vom 02.07.2008
Tabelle 43: Reingasmessung vom 02.07.2008
Tabelle 44: Rohgasmessung vom 03.07.2008
Tabelle 45: Reingasmessung vom 03.07.2008
Tabelle 46: Produktionsparameter der Messung vom 20.01.2009 – 22.01.2009
Tabelle 47: Rohgasmessung vom 20.01.2009
Tabelle 48: Reingasmessung vom 20.01.2009
Tabelle 49: Rohgasmessung vom 21.01.2009
Tabelle 50: Reingasmessung vom 21.01.2009
Tabelle 51: Rohgasmessung vom 22.01.2009
Tabelle 52: Reingasmessung vom 22.01.2009