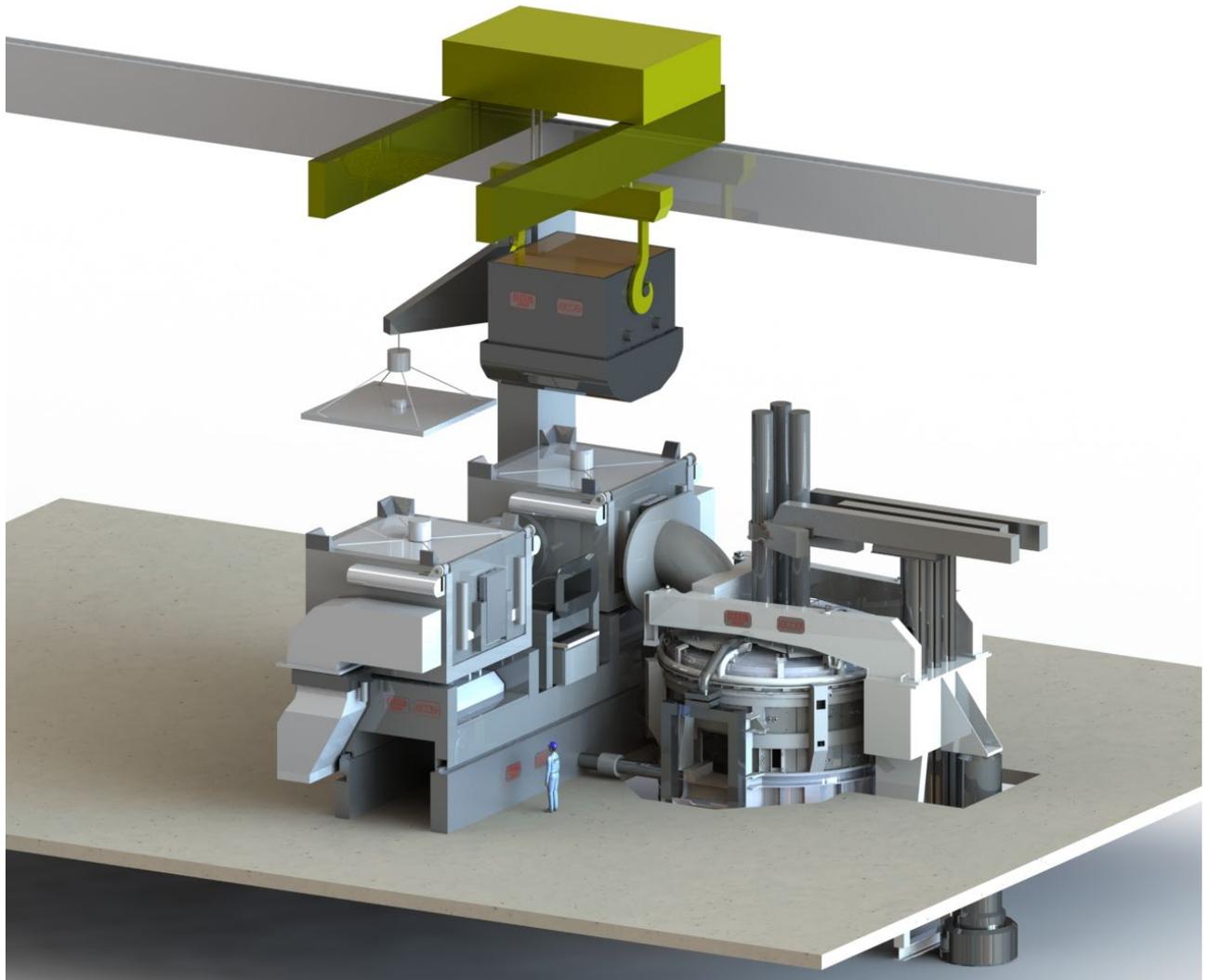
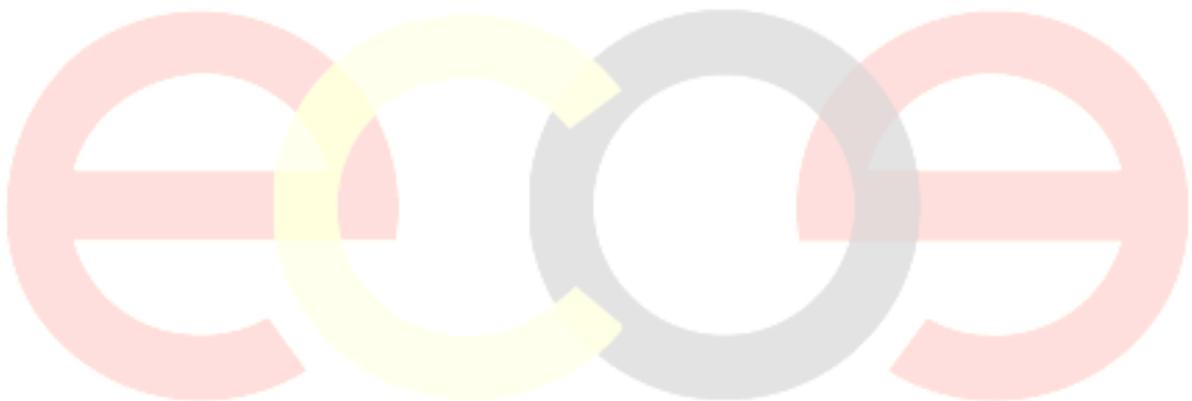


# **ECOFEEDER** – die revolutionäre Lösung einer umweltfreundlichen und ökonomischen Schrottvorwärmung



Inhalt:

1	Grundidee und Funktion .....	3
2	Vorteil.....	6
2.1	Schrottvorwärmung .....	6
2.2	Abgasbehandlung.....	6
3	Einplanung .....	7
4	Behältergrösse .....	10
5	Bewegungsgeschwindigkeit .....	10
6	Verfügbarkeit .....	11
6.1	Unterbrechung der Produktion.....	11
6.2	Montage.....	11
6.3	Wartung.....	11
6.4	Notfall- und Abbruchsituationen.....	11
6.5	Ausbaubar .....	11



Rev	Schlüsselwort (was wurde geändert?)	Seite(en) (wo?)	Datum

# Technische Dokumentation

## Grundlage

Der ECOFEEDER Konzept ist ein revolutionärer Ansatz zur Schrottvorwärmung für alle Stahlwerke. Speziell der ECOFEEDER-E ist eine günstige Startlösung für Stahlwerke die ihre traditionelle Ofenanordnung beibehalten möchten.

Mit dem ECOFEEDER wollen wir die Energierückgewinnung maximieren und die Energieverluste minimieren, gleichzeitig die Schadstoffe und ihre Verbindungen verbrennen, um eine spätere Behandlung zu vermeiden, die in anderen Schrottvorwärmungsanlagen erforderlich ist, um die Verbreitung toxischer Stoffe an die Umwelt zu verhindern. Auf diese Weise kann garantiert werden, dass die Anlage die geringstmögliche Energiemenge an die Umwelt abgibt.

Wir haben festgestellt, dass dies nur möglich ist, wenn die Abgasnachbehandlung vollständig in den Schrottvorwärmprozess integriert wird.

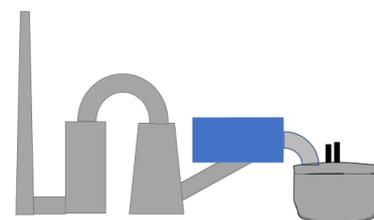
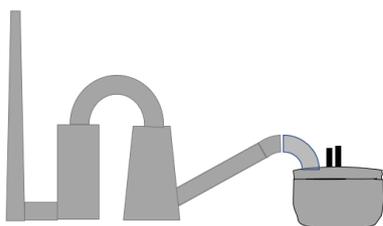
Dazu werden wir die folgenden Unterprozesse behandeln: die Schrottzubereitung, die Verbrennung der Schadstoffe und Reaktionen beim Beladen des Schrotts in den Ofen, die Nachverbrennung der beim Schmelzen des Schrotts erzeugten unvollständigen Reaktionen, die Übertragung der Wärme auf den Schrott, die Rückhaltung des heißen Schrotts und der Transport des Schrotts in die Schmelzzone.

Unser Ziel ist:

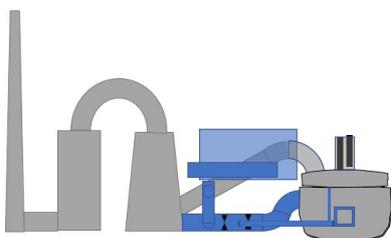
- die baulichen und prozessbezogenen Auswirkungen auf das Stahlwerk zu minimieren,
- so wenig Änderungen wie möglich an der bestehenden Anlage vorzunehmen,
- den traditionellen Stahlherstellungsprozess so weit wie möglich zu erhalten,
- die Anlage auf zukünftige Erweiterungen und Verbesserungen vorzubereiten,
- der Produktionsplanung die grösstmögliche Freiheit einzuräumen,
- dennoch alle erforderlichen Güten und Qualitäten zu produzieren.

## 1 GRUNDIDEE UND FUNKTION

Nehmen wir das Materialzugabe-System, den Ofen und das Off-Gas-System, wie es ist, und fügen die Vorwärmanlage hinzu.



Wir fügen zwei Behälter hinzu ...



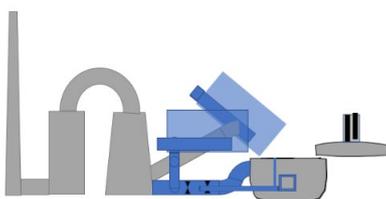
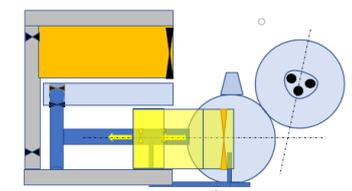
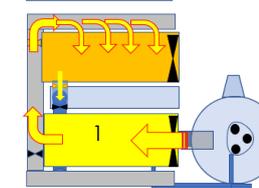
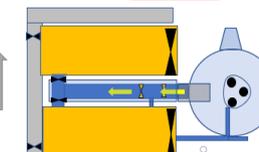
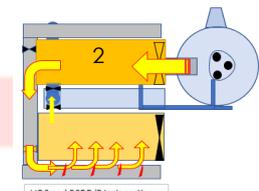
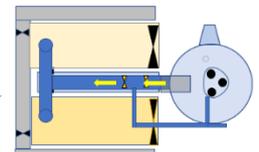
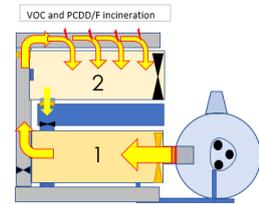
und ergänzen den Ofen mit einem Nebenabgaskanal für den ECOFEEDER (Behandlung der Abgase, Absaugung beim Verfahren, Luftvorhang Schlackentüre und Elektroden, etc.).

Das ist alles!

Unter Berücksichtigung der vorstehenden Ziele wird folgendes Verfahren vorgeschlagen:

Je nach Schrottqualität und -dichte basiert das Verfahren auf einer Drei-Korb- oder Vier-Korb-Füllung. In der vorliegenden Betrachtung wird ein Flüssigsumpf von maximal ca. 60% des Abstichgewichtes angenommen.

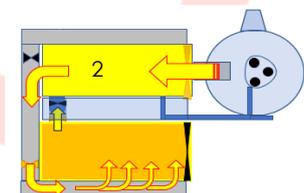
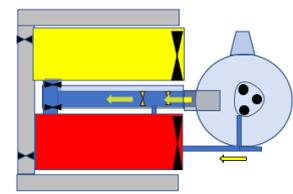
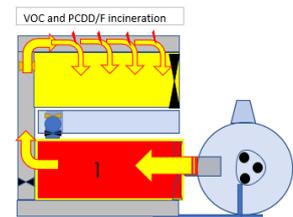
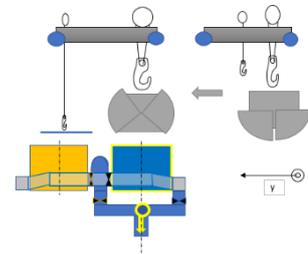
- Der Ofen kann jederzeit gestartet werden, vorausgesetzt die beiden Behälter und der Ofen sind mit der nötigen Schrottmenge gefüllt.
- Während den ersten 20 Minuten wird der Ofen durch die von den Lichtbogen produzierten Hitze aufgeheizt. Der Inhalt des Behälters 1 wird dabei ca. 200°C erreichen. Dies ist in etwa die Temperatur, bei der der Abbrand der Verunreinigungen und Reaktionen einsetzt. Der Analysator erkennt dies und startet die Brenner. In der Zwischenzeit schreitet das Einschmelzen der ersten Füllung fort. Die Wärme, die durch das Abbrennen der Schadstoffe und durch die Lichtbogen erzeugt wird, erwärmt den Inhalt des Behälters 1 weiter bis ca. 400°C (dies dauert ca. 4 Minuten (2°C/sec)). Das, durch die Brenner und die Verbrennung der Verunreinigungen und Reaktionen aufgewärmte Abgas heizt den Schrott in Behälter 2 auf. Der Schrott in Behälter 2 wird damit gleichzeitig auf ca. 200°C aufgeheizt (1°C/sec).
- Sobald die Verunreinigungen im ersten Behälter verbrannt sind, werden die Behälter verschoben, so dass Behälter 2 vor den Ofen zu stehen kommt. Während dieser kurzen Transferzeit wird die Ofenabgasproduktion reduziert. Sobald sich der Behälter 2 vor dem Ofen befindet, wird das Schmelzen mit voller Leistung wieder aufgenommen.
- Der Schrott in Behälter 2 wird jetzt gereinigt (Abbrennen der Verunreinigungen und Reaktionen). Der Analysator erkennt dies und startet die Brenner. Die Brennerenergie und die Restwärme im Abgas erhitzen den Schrott in Behälter 1 auf ca. 600°C, während dem sich der Schrott im Behälter 2 auf ca. 450°C erhitzt.
- Sobald die Schadstoffe verbrannt sind, werden die Behälter wieder verschoben. Dabei wird wiederum die Ofenabgasproduktion reduziert. Sobald sich der Behälter 1 vor dem Ofen befindet, wird der Schmelzprozess im Ofen mit voller Kraft fortgeführt.
- Nach vollständigem Einschmelzen der ersten Füllung, wird der Schrott in Behälter 1 ca. 900°C erreicht haben. Der Schrott ist nun genügend vorgeheizt.
- Das Beladen des Ofens erfolgt mit offenem Deckel. Zuerst hebt sich der Deckel. Dann, nach kurzer Pause beginnt sich der Behälter zu heben. Der Schrott beginnt bei einem Winkel von etwa 36° zu rutschen und fließt in die Mitte des Ofens (keine asymmetrische Beladung).



Der oben beschriebene Ablauf bezieht sich auf den Aufbau eines Flüssigsumpfes bei kaltem Ofen respektive für die erste Ofenfüllung.

Alle nachfolgenden Füllungen sind auf zwei Schritte beschränkt: dem Erhitzen und Reinigen des kalten Schrotts in einem Behälter und das eigentliche Vorwärmen im anderen Behälter.

- Unmittelbar nach dem Kippen des Behälters (Beladen des vorgewärmten Schrotts in den Ofen) wird derselbe Behälter mit einer neuen Schrottladung beladen. Dazu wird der Deckel des Vorwärmbehälters abgehoben und der Schrott mittels einem speziell gestalteten rechteckigen Schrottkorb beladen. Der Ladevorgang dauert nur wenige Sekunden, da der Kran mit dem vollen Korb bereitstehen kann. Der Schrott im anderen Behälter ist bereits gereinigt und steht zum Vorwärmen bereit (ca. 600°C).
- Nach dem Beladen des Schrotts in den noch warmen Behälter 1 kann der Schmelzprozess sofort gestartet werden. Der erste Schritt ist wiederum das Erhitzen des kalten Schrotts auf ca. 450°C. Dies kann bis zu 2 Min. dauern, da der Behälter bereits heiß ist und der Punkt, bei dem das Abbrennen der Schadstoffe startet, sehr schnell erreicht wird. Der Analysator im Abgasbereich startet die Brenner, sobald die Verbrennung der Schadstoffe erkannt wird. Nachdem die Verunreinigungen verbrannt sind, also nach ca. 2 Minuten, hat die Schrottemperatur im Behälter 2 ca. 800°C erreicht.
- Sobald die Austrittstemperatur des Behälters 1 400°C erreicht hat, werden die Behälter verschoben, um ihre Positionen vor dem Ofen zu wechseln. Jetzt befindet sich der Behälter 2 vor dem Ofen.
- Bis zum vollständigen Schmelzen der zweiten Füllung im Ofen wird der Schrott im Behälter 2 durch die Abgashitze etwa 900°C erreicht haben. Der Schrott ist nun genügend vorgeheizt. Der Schrott im Behälter 1 hat zwischenzeitlich eine Temperatur von ca. 600°C erreicht.



Das gleiche Verfahren wird für die dritte Füllung angewendet. Nachdem die dritte Füllung in den Ofen geladen wurde, werden die beiden Behälter für die nächste Charge vorgewärmt. Die nächste Charge kann daher ohne weiteres nach einem anderen Schrottrezept erfolgen oder eine andere Schrottqualität beinhalten. Die Vorwärmung von Schrott reduziert in jedem Fall den Energieeintrag, den elektrischen sowie den chemischen Eintrag.

Je nach Voraussetzung und Produktionskonzept wird mit einem Flüssigsumpf gearbeitet. Dies hilft, um den Schrott schneller einzuschmelzen.

Beim Schmelzen wird Kohlenmonoxyd (CO) im Ofen produziert. Dieses Gas, der Hauptanteil des Ofenabgases, reagiert unter bestimmten Bedingungen zu CO<sub>2</sub>. Eine dieser Bedingungen ist, dass genügend freier Sauerstoff vorhanden ist. Eine weitere Bedingung ist, dass die Temperatur im Reaktionsbereich zwischen 700 bis 1000°C liegt. Diese Bedingungen sind am Ausgang des vierten Lochs, also am Eingang des jeweiligen Behälters erfüllt. Mehrere Sauerstoffdüsen sind im Boden der Behälter eingelassen. Dadurch wird das Off-Gas im Reaktionsbereich mit Sauerstoff angereichert, was die Nachverbrennung direkt im Schrott auslöst. Da sich der Gasstrom in den Behältern stark verlangsamt, ist die Verweilzeit des nicht ausreagierten Abgases lang genug, um vollständig zu reagieren.

## 2 VORTEIL

---

Der Hauptvorteil des ECO-E Technologie liegt in zwei Bereichen:

- In der Schrottvorwärmung (Hauptargument der Schachtofenbauweise)
- In der Abgasbehandlung (Hauptnachteil aller Schachtofen)

Die Schrottvorwärmung, resp. die Energierückgewinnung ist ein wichtiges und tragendes Element in der modernen Stahlherstellung. Studien zur Energiestrategie 2030 und 2050 zeigen den Stellenwert der Schrottvorwärmung in der Sekundärstahlherstellung. Die Schrottvorwärmung steht an prominenter Stelle der machbaren Wege zum effizienten Energieeinsatz, aber die Abgasbehandlung, die auf Grund der angewandten Technologie notwendig wird, um die Luftreinhalteverordnung einhalten zu können, zieht die Erfolgsbilanz ins Negative.

### 2.1 SCHROTTVORWÄRMUNG

Seit den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts sind Entwickler bemüht, das heisse Abgas des Ofens in den Schrott zu leiten, mit dem Ziel, diesen auf so vorzuwärmen, dass der Energieeintrag positiv beeinflusst werden kann, d.h. dass weniger Schmelzenergie zugefügt werden muss.

Beim traditionellen Schachtofen (Fingerschacht) liegt die Energierückführung bei ca. 45kWh/t Flüssigstahl. Das ist angesichts der angewandten Technologie (vertikale Bauweise (Kamineffekt) und wassergekühlte Rückhaltevorrichtung) recht gut. Andere Vorwärmanrichtungen haben schlechtere Energierückführwerte.

Dank der veränderten Konfiguration des ECOFEEDER (Zweikammersystem (gestaffelte Vorheizung), horizontale Bauweise, variable Gasflussführung, keine Rückhaltevorrichtungen) ist die Energierückführung um einiges besser und erreicht Werte um ca. 110kWh/t, d.h. anstatt einen Gesamtenergieeintrag von 635kWh/t, resp. 725kWh/t (siehe unten) im Schachtofen erreicht der ECOFEEDER Werte unter 590kWh/t.

Der Vorteil der Schrottvorwärmung liegt aber nicht nur bei der Energierückführung, sondern auch bei der höheren Produktivität, d.h. dass die Schmelzzeit dank der höheren Schrotttemperatur kürzer wird. Kürzere Schmelzzeiten müssen aber nicht immer in mehr Produktion umgelegt werden, sondern können auch den Schmelzprozess vergünstigen, in dem z.B. Produktionszeiten zusammengefasst und damit verkürzt werden können, mit dem Effekt, dass der Energieeinkauf positiv beeinflusst werden kann.

### 2.2 ABGASBEHANDLUNG

Ein weiterer grosser Unterschied liegt in der Abgasbehandlung. Beim Einschmelzen von Schrott werden durch das Verdampfen von Verunreinigungen Molekülketten frei, die giftig sind oder durch unangenehme Geruchsentwicklung auffallen. Diese Umweltbelastung fällt in jedem Fall an, ob Korb-, Schacht- oder kontinuierliche Befüllung, jedoch ist sie nicht immer messbar. Beim Schachtofen ist diese Umweltbelastung, da sie zyklisch anfällt, messbar und muss verhindert werden. Es gibt drei Möglichkeiten das Austreten dieser Molekülketten zu verhindern, entweder man bindet sie in Aktivkohle, oder man heizt sie auf über 600°C auf und verringert die Temperatur dann schlagartig auf unter 300°C, oder man heizt das Abgas auf über 823°C (cracking temp.) und verbrennt die aufgelöste Molekülkette. Die häufigste Methode zur Verhinderung dieser Umweltbelastung ist das 'Cracken' mit nachträglicher Schockkühlung (Quenche). Diese Methode ist jedoch sehr teuer, beansprucht sie doch ca. 90kWh/t für die Brenner und die Schockkühlung.

Im Zweikammersystem des ECOFEEDER wird die Molekülkette nach dem 'Cracken' ähnlich wie bei der Zementherstellung, verbrannt, so dass keine solchen Zusatzkosten entstehen können.

### 3 EINPLANUNG

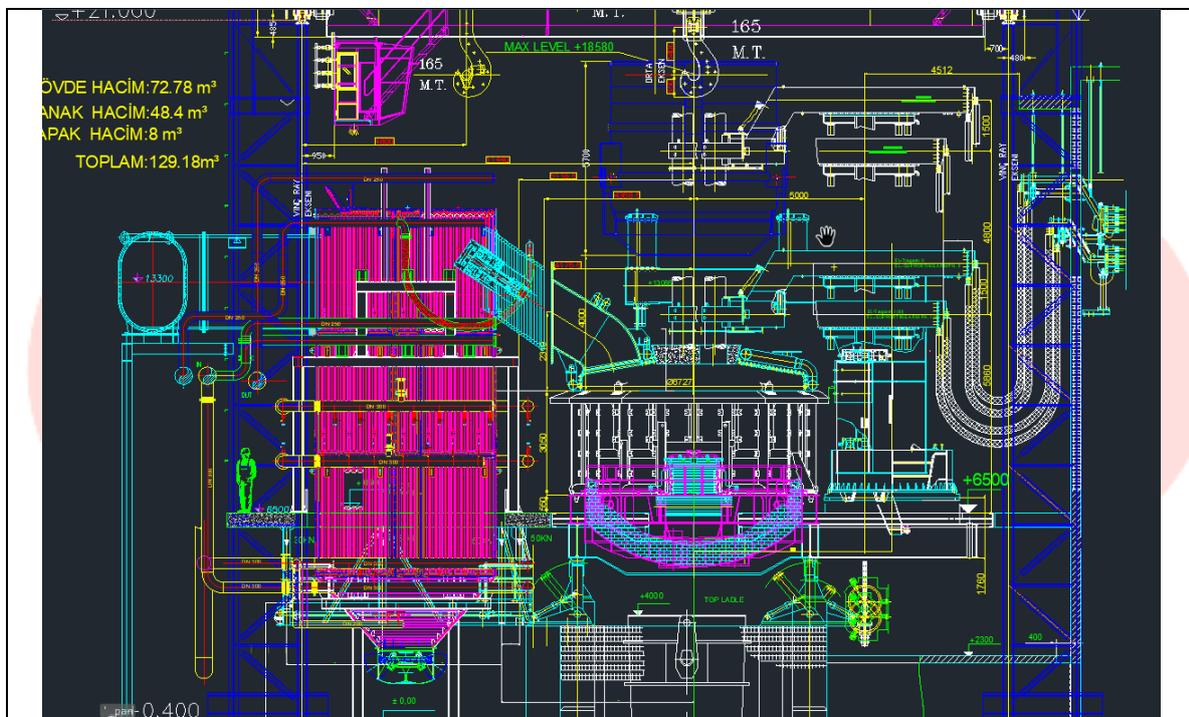
Der notwendige Platz für die Installation des ECOFEEDER ist in den meisten Fällen verfügbar, entweder durch Verschieben der nahen Brennkammer oder durch die Nutzung des freien Platzes neben dem Abgaskanal, der vom 4. Loch ableitet.

Beispiel:

Ein Stahlwerk mit einem 120t EAF und einer Nachbrennkammer direkt nach dem Ofen.

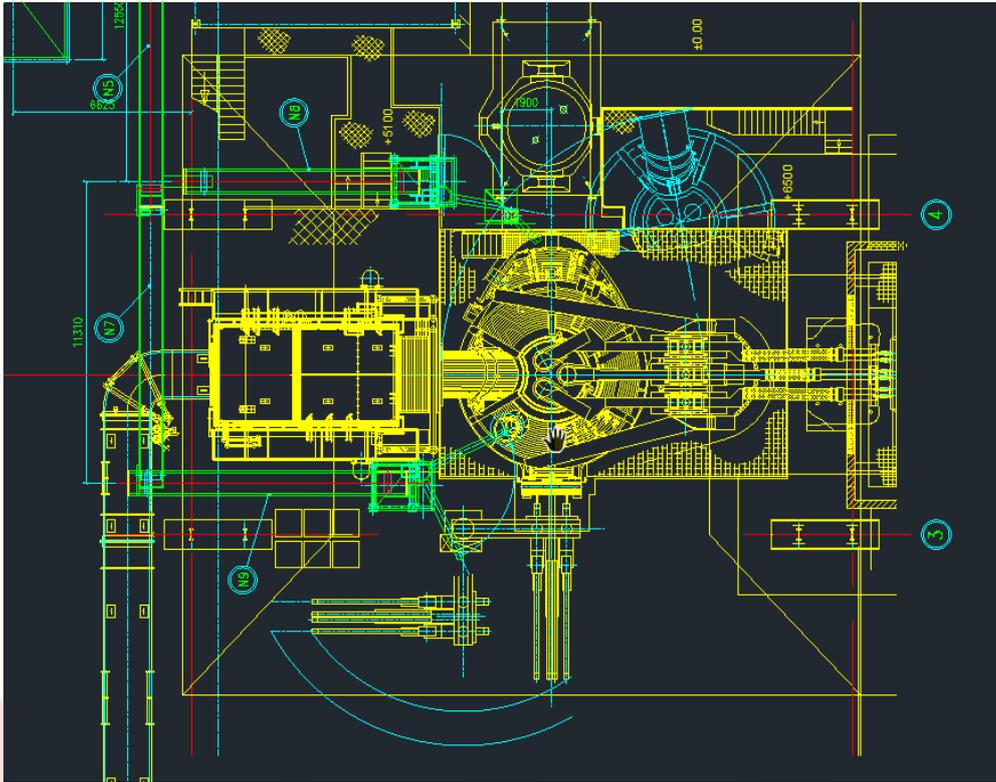
Der Abstand zwischen den Hallensäulen und dem 4. Loch beträgt 6900mm und die Höhe des 4. Lochs liegt bei 12419mm, der Pfannenrand ist bei (6500mm (Plattformebene) + 550mm (Sill Level) + 3050mm (Oberofen)) also auf 10100mm.

Der Nachbrennraum (in Rosa) kann nach außerhalb des Gebäudes verschoben und um 90° gedreht werden, so dass der Ausgang direkt mit dem Off-Gas-Kanal verbunden werden kann (hellblau). Es herrschen sehr enge Platzverhältnisse.

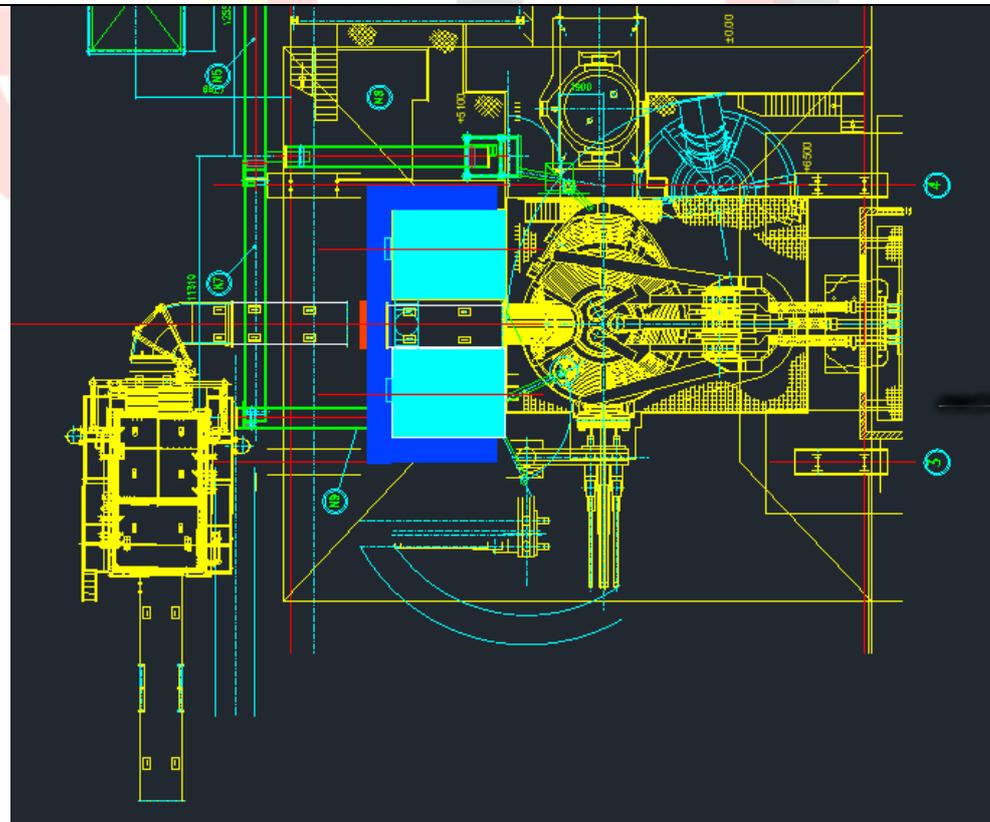


Die Schnittansicht des Stahlwerks; Hallenbreite = 24640mm (Wand zu Wand)

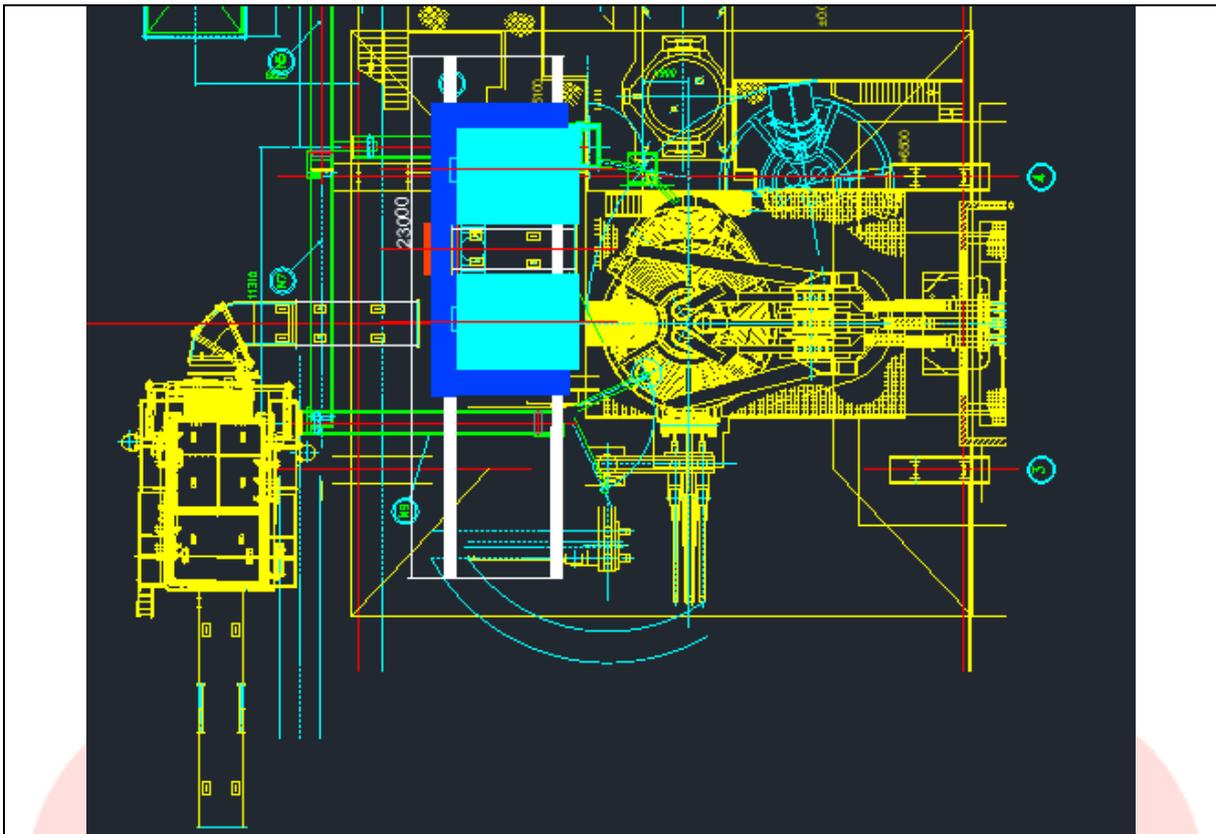
Furnace				Container				Scrap basket			Yield
Cap. (t)	Ø (m)	Upper shell height (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Width (m)	Height (m)	Length (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	δ (t/m <sup>3</sup> )	Weight (t)	#	#
120	5.60	3.05	75.08	3.90	2.59	4.90	49.59	<b>0.55</b>	27.27	5	0.88
120	5.60	3.05	75.08	3.90	2.41	4.90	47.78	<b>0.70</b>	33.44	4	0.93
120	5.60	3.05	75.08	3.90	2.56	4.90	38.22	<b>0.90</b>	34.40	3	0.91



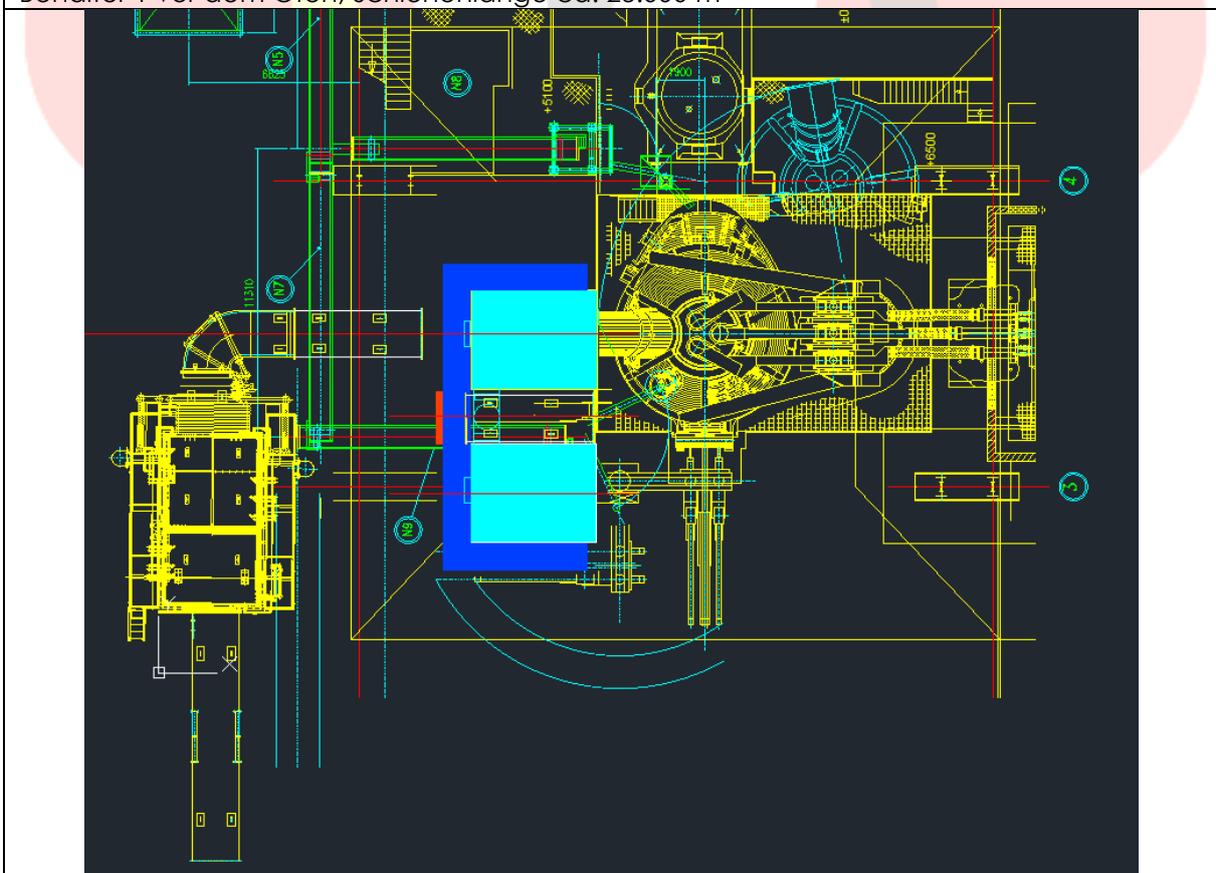
Zuerst wird der Nachbrennraum ausserhalb des Gebäudes verschoben.



Dann wird der ECOFEEDER hinzugefügt (Maße gemäss obiger Tabelle). Dieses Bild zeigt die mittlere Position mit dem ursprünglichen Abgaskanal vor dem Ofen.



Behälter 1 vor dem Ofen; Schienenlänge ca. 23.000 m



Behälter 2 vor dem Ofen.

## 4 BEHÄLTERGRÖSSE

Die Grösse der Schrottbehälter hängt von unterschiedlichen Werten ab.

Die Schrottdichte ist eine davon. Das Schrottangebot variiert und ist kaum vorhersehbar. Die Konstruktion der Vorwärmbehälter ist so, dass eine Vielzahl von Schrottdichten von „Strassen“-Schrott (0,4t/m<sup>3</sup>) bis Strukturschrott (1,10t/m<sup>3</sup>) vorgewärmt werden können.

Ein weiterer, wichtiger Wert ist die Anzahl der benötigten oder gewünschten Schrottkörbe. Die Anzahl der Körbe hängt vom zur Verfügung stehenden Platz ab, an dem der ECOFEEDER installiert werden soll. Die Größe des Behälters, die Masse, die schließlich den benötigten Raum definieren, hängt auch von der Kapazität und den geometrischen Voraussetzungen des Ofens ab, und ganz wichtig ist die Kranheöhe und sein Seitenzugang.

Ein dritter Einflusswert ist die Produktionsanforderung. Hohe Produktion benötigt kurze Tap-to-Tap-Zeiten. Je heißer die Vorwärmung, desto kürzer die Schmelzzeit. Die besten Ergebnisse sind mit Schrottfüllungen erreichbar, die „Strassen“-Schrott mit einer Ballenpress-Schere zu einer Dichte von ca. 0,6-0,7t/m<sup>3</sup> verdichtet und in Paketen bereitstellt.

## 5 BEWEGUNGSGESCHWINDIGKEIT

Grundsätzlich gibt es drei wichtige Bewegungen für die Konstruktion: das Öffnen des Ofendaches, das Kippen der Behälter und die seitliche Bewegung des Behälterwagens. Diese Zahlen bestimmen die Ausschaltzeiten bzw. die Zeiten mit reduzierter Ofenaktivität. Zwei davon sind Konstruktionsdaten des ECOFEEDER, das Kippen und die seitliche Bewegung des Behälterwagens.

Die Hub-, Öffnungs-, Schließ- und Senkzeiten des Deckelmechanismus sind Werte, die die Ladezeit des Ofens beeinflussen.

Beispiel:

Aktion	Zeit (Sek.)	Deckelbeweg. Start (Sek.)	Deckelbeweg. Ende (Sek.)	Warten (Sek.)	Kippen Start (Sek.)	Schrott fließt (Sek.)	Kippen Ende (Sek.)
<b>Deckel heben *)</b>	12	0	12				
<b>Deckel öffnen *)</b>	24	12	36	5			
<b>Kippbehälter auf</b>	40				17		57
<b>Entladen (bei ca. 36°)</b>	2					53	
<b>Kippbehälter ab</b>	20				57		77
<b>Deckel schliessen *)</b>	22	60	82	5			
<b>Deckel absenken *)</b>	10	82	92				

\*) Gemessene Zeiten

Wichtig: Die Deckelöffnung muss beginnen, bevor der Behälter angehoben werden kann (5 Sek. Wartezeit) und das Absenken des Behälters muss vor dem Schließen des Deckels (idealerweise auch 5 Sek.) beendet sein.

Die seitliche Bewegung des Behälterwagens ist unproblematisch, da der Ofendeckel geschlossen ist. Aus Energiespargründen sollte dieser Unterbruch jedoch so kurz wie möglich sein.

## 6 VERFÜGBARKEIT

---

Wichtige Fragen sind: wie lange muss die Produktion für den Bau der Anlage unterbrochen werden, oder was passiert bei Wartungsarbeiten, oder was passiert bei Notfall- oder Abbruchsituationen?

### 6.1 UNTERBRECHUNG DER PRODUKTION

Die Produktion muss nicht unterbrochen werden, und die Produktionseinheit kann weiterhin wie geplant arbeiten. Der ECOFEEDER kann komplett in der Werkstatt vormontiert werden. Die Fundamente für die Grundstruktur des ECOFEEDER (Schienen und deren Tragstruktur) können bei normaler Produktion oder während Produktionsstopps hergestellt werden.

### 6.2 MONTAGE

Errichtungsphase: Die Struktur des ECOFEEDER (Schienen und deren Stützen) wird zuerst installiert, gefolgt vom Medienraum (Ventilstation für Brenner), Hydraulikraum und Elektroraum. Dann werden der Off-Gas-Anschluss und die Off-Gas-Umgehung mit dem Anschluss für den Luftvorhang gebaut. Am Ende wird der vorgefertigte ECOFEEDER auf die Schienen gelegt, die Schläuche angeschlossen, die Hydraulik gereinigt und eingelegt, die elektrischen Kabel zwischen den beiden Anschlusskästen angeschlossen. Danach ist die Installation für Kalttests und die Inbetriebnahme einsatzbereit.

### 6.3 WARTUNG

Wartung: Die Wartung des Ofens wird durch den ECOFEEDER nicht beeinflusst, der Austausch eines Behälters kann in wenigen Arbeitsstunden bewerkstelligt werden, allfällige Wartung des ECOFEEDER hat keinen Einfluss auf die Produktion. Die Sicherheitsvorschriften müssen jedoch eingehalten werden. Ansonsten gibt es keine weiteren Einflüsse.

### 6.4 NOTFALL- UND ABRUCHSITUATIONEN

Bei einem Notfall am Ofen oder am ECOFEEDER, oder bei der Notwendigkeit, die Schrottvorwärmung abzubrechen, besteht keine Gefahr für Mensch oder Material. Die Produktionseinheit kann weiterhin über das traditionelle Abgassystem produzieren oder abkühlen. Bei Unterbrüchen oder Systemfehlern kann sich der ECOFEEDER in die mittlere Position bewegen und die Produktionseinheit kann problemlos weiterarbeiten.

### 6.5 AUSBAUBAR

Der ECOFEEDER kann nachträglich zu einem ECOFEEDER\_M umgebaut werden. Dafür reicht die Anpassung des E-Ofens (Unter- und Obergefäß), des Ofendeckels und den Ersatz des Abgasstutzens durch einen Schacht mit Krümmer.

Für weitere Informationen kontaktieren Sie uns bitte unter: [rvm@eco-eag.com](mailto:rvm@eco-eag.com) oder [clesid@clesid.com](mailto:clesid@clesid.com) oder rufen Sie uns unter den angegebenen Nummern an (1. Seite).

Für generelle Informationen bezüglich der eco-e-Technologie und den verschiedenen ECOFEEDER Lösungen laden Sie bitte die Broschüre ‚Generelle Informationen‘ von unserer Homepage herunter.

Wenn Sie ein maßgeschneidertes Angebot für Ihr Stahlwerk benötigen, laden Sie bitte den Fragebogen (Questionnaire) von unserer Homepage [www.eco-eag.com/downloads](http://www.eco-eag.com/downloads), füllen Sie die angeforderten Informationen ein und senden Sie diese zusammen mit einer Schnitt- und einer Aufsicht Ihres Ofenbereichs (dwg oder ähnliche elektronische Dateien) per E-Mail an eine der oben genannten Adressen.