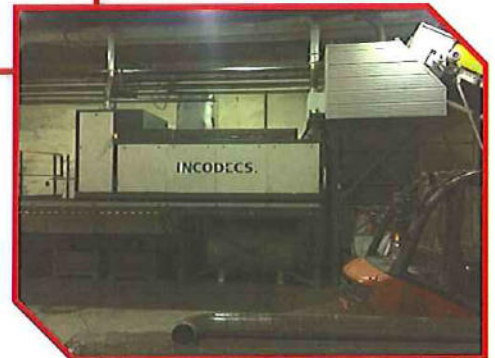
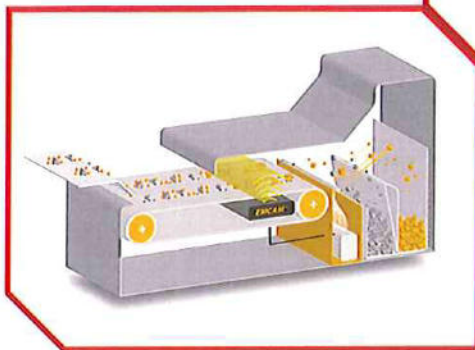


Abschlußbericht

Projekt: NKa3-003090

„Einführung einer innovativen
Metallseparationsanlage mit fortschrittlichster
induktiver Sensortechnik“



BMUB-Umweltinnovationsprogramm

Abschlußbericht

zum Vorhaben:

**„Einführung einer innovativen
Metallseparationsanlage mit fortschrittlichster
induktiver Sensortechnik, Nka3-003090“**

Fördernehmer/-in:

Eisenwerk Erla GmbH

Umweltbereich:

Ressourceneffizienz

Laufzeit des Vorhabens:

2015-2020 (mindestens)

Autoren:

Hendrik Kindel (Kaufmännischer Projektleiter)

Florian Schöne (Technischer Projektleiter)

**Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit**

Datum der Erstellung:

Schwarzenberg, März 2016

Die im Bericht enthaltenen Details wurden nach bestem Wissen und Gewissen erstellt und spiegeln den aktuellen Informationsstand des Unternehmens bzw. der Autoren wieder.



Hendrik Kindel

Kaufmännischer Projektleiter



Florian Schöne

Technischer Projektleiter

Berichtsfreigabe erteilt:

JA

Schwarzenberg, 11.04.2016



Herr Dietmar Hahn

Hauptgeschäftsführer



Herr Enrico Fischer

Kaufmännischer Geschäftsführer

Inhaltsverzeichnis

1. Kurzfassung der Ergebnisse

2. Einleitung

- 2.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens
- 2.2 Ausgangssituation

3. Vorhabensumsetzung

- 3.1 Ziele des Vorhabens
- 3.2 Darstellung der technischen Lösung
- 3.3 Darstellung der Vorhabensumsetzung
- 3.4 Behördliche Anforderungen
- 3.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

4. Ergebnisse

- 4.1 Generelle Bewertung der Vorhabensumsetzung
- 4.2 Konzeption, Durchführung und Ergebnisse der Testreihen
 - 4.2.1 Nachweis des Projektzieles A „Steigerung des Sortiergrades“
 - 4.2.2 Nachweis des Projektzieles B „Trennung Splitterschrotte“
- 4.3 Wirtschaftlichkeitsanalyse
- 4.4 Umweltbilanz

5. Empfehlungen

- 5.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung
- 5.2 Modellcharakter

6. Anhänge

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen: UBA	Vorhabens-Nr.: NKa3-003090
Titel des Vorhabens: „Einführung einer innovativen Metallseparationsanlage mit fortschrittlicher induktiver Sensortechnik“	
Autor(en): Kindel, Hendrik (Kaufmännischer Projektleiter) Schöne, Florian (Technischer Projektleiter)	Vorhabensbeginn: 01.04.2015 Vorhabensende: 30.09.2015
Fördernehmerin: Eisenwerk Erla GmbH Gießereistraße 1 08340 Schwarzenberg	Veröffentlichungsdatum: Seltenanzahl: 40
Gefördert (aus der Klimaschutzinitiative) im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms des Bundesumweltministeriums	
Kurzfassung / Summary: Einführung einer Metallseparationsanlage in einer automotive Gießerei. Durch Einsatz einer hochmodernen Sensorik in der Metallseparationsanlage können die metallischen Bestandteile die im Produktionsprozess auftreten aus den Metall-Sand Gemischen separiert werden. Die dadurch selektierten Metalle können direkt wieder im Produktionsprozess des Unternehmens verwendet werden.	
Schlagwörter: Metallseparationsanlage, Umweltinnovationsprogramm	
Anzahl der gelieferten Berichte Papierform: 6 deutsch + 1 englisch Elektronischer Datenträger: 1	Sonstige Medien: Veröffentlichung im Internet geplant auf Homepage: www.jkm-erla.com

1. Summary

Description:

As part of the project, an innovative metal separation plant in a automotive foundry (Eisenwerk Erla GmbH) has been set up and put in operation. For this purpose, the metal separation plant (Incodecs GmbH) uses an advanced inductive sensor technology (Emcam) to separate the used sand from nickel-containing metallic components. A second project objective, the unmixed sorting of the splitter scrap generated during the manufacturing process could not be currently achieved.

Applicability

This technology is as useful for every foundry which have a similarly structured production process and where metal-sand mixtures are formed as production waste.

Main environmental benefits

By using the plant, metallic impurities can be removed from the used sands (waste prevention). The sorting results achieved using the plant are about 14% higher than with the previous methods, thereby significantly more metal residues can be separated (approx. 80 t / p.a.) from the used sand. The metals thus obtained can be directly reused in the production process of the company.

Thus, the new acquisitions of materials is reduced (resource efficiency).

The plant works thereby extremely energy-efficiently, and especially the energy consumption and compressed air consumption are in practice very good.

Cross-media aspects

Environmental effects for the foundry industry are possible (reference system)

Positive effects of the Environmental Innovation Program

Operational Data

See 3.5

Reference Literature

www.incodecs.de

www.jkm-erla.com

1. Kurzfassung /Summary

Beschreibung / Description:

Im Rahmen des Projektes wurde eine innovative Metallseparationsanlage in einer Automotive Gießerei (Eisenwerk Erla GmbH) aufgestellt und in Betrieb genommen. Die Metallseparationsanlage (Incodecs GmbH) nutzt dafür eine hochentwickelte induktive Sensorik (Emcam), um den Altsand von nickelhaltigen Metallbestandteilen zu befreien. Ein zweites Projektziel, die sortenreine Sortierung von im Produktionsprozess anfallenden Splitterschrotten konnte aktuell nicht erreicht werden.

Anwendbarkeit der Technik / Applicability

Die Technik ist für alle Gießereien geeignet, die einen ähnlich strukturierten Produktionsprozess haben und bei denen Metall-Sand-Gemische als Produktionsabfälle entstehen.

Wesentliche Vorteile für die Umwelt / Main environmental benefits

Durch den Einsatz der Anlage lassen sich metallische Verunreinigungen aus den Altsanden entfernen (Abfallvermeidung). Die erzielten Sortierergebnisse mit der Anlage liegen ca. 14% höher als in den bisherigen Verfahren, damit können deutlich mehr Metallrückstände (ca. 80 t / p.a) aus den Altsanden separiert werden. Die so gewonnenen Metalle können direkt wieder im Produktionsprozess des Unternehmen verwendet werden. Dadurch wird der Neueinkauf von Materialien reduziert (Ressourceneffizienz). Die Anlage läuft dabei ebenfalls äußerst energieeffizient, speziell Energieverbrauch und Druckluftverbrauch liegen im Praxisbetrieb sehr gut.

Medienübergreifende Aspekte / Cross-media aspects

Umweltschutzwirkung für Gießereibranche möglich (Referenzanlage)
Positive Wirkungen des Umweltinnovationsprogrammes

Sonstige Betriebsdaten / Operational Data

Siehe 3.5

Referenzliteratur / Reference Literature

www.incodecs.de
www.jkm-erla.com

2. Einleitung

2.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die Eisenwerk Erla GmbH, mit Sitz im Erzgebirge/Sachsen, wurde erstmalig 1380 urkundlich erwähnt und blickt damit auf eine über 600-jährige Geschichte zurück.

Nach der Wiedervereinigung Deutschlands wurde das Unternehmen von der inhabergeführten Unternehmensgruppe Schubert & Salzer übernommen und systematisch in ein modernes Industrieunternehmen umgewandelt.

Seit 2011 gehört das Unternehmen zur indischen Dynamatic Technologies Limited, einem börsennotierten Konzern mit Hauptsitz in Bangalore. Die Unternehmensgruppe ist unter anderen in den Sparten „Aerospace“, „Hydraulics“ und „Automotive“ weltweit erfolgreich aktiv.

Insgesamt wurden in den letzten 14 Jahren circa 50 Millionen Euro an Investitionen in Erla getätigt und auch zukünftig soll das Unternehmen sukzessive ausgebaut werden.

Das Kerngeschäft in Erla ist die Erzeugung von Gießereierzeugnissen für die Automobilindustrie. Fast 90 % des Umsatzes entsteht über Produkte für die Automobilindustrie. Die Kernprodukte sind Integralturbinengehäuse aus hochlegierten Eisen- und Stahlwerkstoffen, welche primär für benzingetriebene Turbolader Motoren (zum Beispiel Audi TFSI) eingesetzt werden (Stichwort „Downsizing“ von Motoren).

Zu unseren Hauptkunden gehören sowohl die Premiumhersteller der Automobilindustrie (Audi/Volkswagen, BMW, Daimler) als auch die namhaften Turboladerlieferanten in Europa wie BoschMahle, BorgWarner und die IHI-Gruppe.

Am Firmenstandort in Erla arbeiten circa 400 Mitarbeiter im 2-3 Schichtbetrieb. Der erzielte Unternehmensumsatz lag im Geschäftsjahr 2015-2016 bei knapp 115 Millionen Euro.

Als Projektpartner für das Konzept wurde die im niedersächsischen Lüneburg ansässige Incodecs GmbH nominiert, ein innovatives Maschinenbauunternehmen, welches im Spezialgebiet der maschinellen Sortierung zu den führenden Anbietern in Deutschland gehört.

2.2 Ausgangssituation

Die Eisenwerk Erla GmbH ist eine Gießerei, die im laufenden Geschäftsjahr circa 50.000 t Flüssigmetall bzw. circa 20.000 t guten Guss produziert, nachbearbeitet und letztlich an unsere Kunden liefert. Neben den metallischen Komponenten (zum Beispiel Roheisen, Schrotte) und sonstigen Legierungskomponenten (zum Beispiel Nickel), die in den strombetriebenen Öfen zu einer Flüssigmetalllegierung verschmolzen werden, spielen Sande eine entscheidende Rolle im Produktionsprozess. Dabei wird Sand (in sehr großen Mengen) an verschiedenen Stellen im Unternehmen eingesetzt, zum einen als Trägermedium für unsere Formanlagen, das heißt in den Formkästen in denen via Modelle der Sand in Form gebracht wird und anschließend das Flüssigmetall in den verbliebenen Hohlräumen in eine bestimmte Form gegossen wird.

Außerdem wird Sand zur Herstellung verschiedenster Kerne oder Kernpakete in Form gebracht (durch sogenannte „Kernschießmaschinen“ in der „Kernmacherei“), die dann ebenfalls in die Formkästen eingelegt werden und die zur Erzeugung von Hohlräumen in den Gußteilen dienen.

Aufgrund der enormen Produktionsmengen entsteht ebenfalls ein sehr hohes Volumen an sogenannten „Gießereialtsanden“ (circa 15.000 t/p.a.) sowie verschiedenster Splitterschrotte (circa 230 t/p.a.), die mit metallischen Bestandteilen aus dem Gießprozess versetzt sind und die der Entsorgung zugeführt werden. Diese Metall-Sand-Gemische sind Neben- bzw. Abfallprodukte aus dem Gießprozess und können in unterschiedlichsten Formen an verschiedenen Stellen des Produktionsprozesses anfallen:

Typ1: Metall-Sand Gemisch (siehe Abbildung 1)

Bestandteile: primär Altsande / verschiedenste Fe-Metalllegierungen

Zum Beispiel aus D5S-Legierungen mit Nickelanteil ca. 35 % .

Circa 15.000 t /p.a.



Abbildung 1: Typischer Gießereialsand mit metallischen Bestandteilen in der Eisenwerk Erla GmbH (z. B. D5S-Legierung)

Typ 2: Splitterschrotte (siehe Abbildung 2)

Aus unterschiedlichsten Materiallegierungen der Eisenwerk Erla GmbH Werkstoffpalette (Grauguss, Sphäroguss, D5S, Ni-Hard etc.), die nicht sortenrein im Produktionsprozess gesammelt werden können.

Circa 230 t / p.a. werden zum Teil über die Recyclingwirtschaft einer Weiterverwendung zugeführt.



Abbildung 2: Typische metallische Splitterschrotte im Produktionsprozess der Eisenwerk Erla GmbH (nicht sortenrein)

Typ 3: Sonstige Altsande (keine Abbildung)

Dienen der regulären Versorgung des Sandkreislaufsystems und werden erneut dem Sandkreislauf zugeführt oder nach diversen Umläufen entsorgt.

Vorhandene technische Anlagen: Es werden verschiedenste interne Filtersysteme (Polygonsiebe, Rüttleranlagen) genutzt, um metallische Bestandteile, die sich im Sandsystem befinden, systematisch aus dem Altsand zu trennen. Leider nutzen die bisherigen Systeme dabei primär Siebe oder Magnetkräfte, die bei austenitischen Gusseisen (hoher Nickelanteil) aufgrund schwacher magnetischer Eigenschaften versagen. Daher nutzte die Eisenwerk Erla GmbH beim Typ 1 die manuelle Selektion der zum Teil stark nickelhaltigen Metall-Sand-Gemische, die sich aber nur bis zu einem bestimmten Effizienzgrad optimieren lässt (siehe Abbildung 3).



Abbildung 3: Manuelles Sortieren von Metall-Sand-Gemischen mittels Sieb und Magnet in der Eisenwerk Erla GmbH

3. Vorhabensumsetzung

3.1 Ziele des Vorhabens

Wie bereits dargestellt, ist das produktionsbedingte Entstehen der mit Metalllegierungen verunreinigten Altsande im praktizierten Gießereiprozess der Eisenwerk Erla GmbH leider nicht vermeidbar. Die Idee des Vorhabens war es, durch den Einsatz einer neuartigen Metallseparationsanlage mit einer hochinnovativen induktiven Sensortechnik eine effizientere Separation der Metall-Sand-Gemische und der Splitterschrotte zu gewährleisten. Falls erfolgreich implementiert, sollte dies helfen Umwelt- und Kostenbelastungen enorm zu senken und wäre als Projekt für ähnlich aufgestellte Gießereien in Deutschland übertragbar.

A.) Abfallvermeidung sowie Ressourceneffizienz/Materialeinsparung „Typ1 Gießereialtsand“

Durch die automatische Sortierung der circa 1.500 t Altsand des Typ1 Metall-Sand-Gemisches (siehe 2.2, Abbildung 1) wird ein deutlich höherer Wirkungsgrad als mit der manuellen Selektion (siehe 2.2, Abbildung 3) erzeugt. Erste Tests mit den Metall-Sand-Gemischen gehen von einer Steigerung des Wirkungsgrades um 15 bis 20 % aus. Das heißt, es könnten je nach Altsandvolumen zwischen 45 t/p.a. mehr nickelhaltige Metalle aus dem Altsand gefiltert werden (**Ziel: Abfallvermeidung**), die direkt im Schmelzbetrieb wiederverwendet werden können (**Ziel: Ressourceneffizienz/Materialeinsparung erhöhen**). Daher kann die Einkaufsmenge des „reinen“ Nickels und anderer Metalle in der Eisenwerk Erla GmbH um den entsprechenden Anteil im Monat/Jahr reduziert werden.

B.) Ressourceneffizienz/Materialeinsparung / „Typ2 Splitterschrotte“

Die unter 2.2 beschriebenen circa 230 t/p.a. Typ2 Splitterschrotte (siehe 2.2, Abbildung 2) entstehen an unterschiedlichsten Orten im Produktionsprozess. Aufgrund des breiten Werkstoff- und Produktspektrums entsteht dabei aber ein Mix aus verschiedenartigsten Metall-Gemischen (zum Beispiel Grauguss = GG, Sphäroguss = GGG, NI-Resist = D5S). Da eine Trennung im Produktionsprozess nicht erfolgt und es keine genaue Zuordnung des Werkstoffs gibt, können die Splitterschrotte nicht im Schmelzbetrieb des Unternehmens wiederverwendet werden.

Technische Projektbeschreibung



Plan: Leistungsdaten

- Sortierleistung beträgt 40 bis 50 Stück Containerladung, das entspricht etwa 70 t bis 85 t Gießereisand pro Schicht
- Schussleistung der 120 Düsen beträgt : bis 2000 Schuss/sec
- Luftverbrauch bis zu 10 m³/min
- Energieverbrauch bis zu 17,1 KW
- Abmaß der Kernanlage: 18m x 3m x 5m (B/T/H)

Abbildung 4: Das Funktionsprinzip der Sortieranlage:

Das Eingangsmaterial wird mittels Förderband an einem Sensorvorbeigeführt und die erkannten Partikel werden mit Hilfe von Druckluftdüsen ausgeschleust. Dabei muss der vorbeifließende Materialstrom kontinuierlich analysiert werden und auch kleinste nah beieinander liegende Teile sicher erkannt und unterschieden werden. Material, Form, Position und Geschwindigkeit müssen exakt bestimmt und die Ausschleusung zeit- und ortsrichtig veranlasst werden



Beschreibung der EMCAM

- erzeugt ein elektromagnetisches Erregerfeld und erfasst dessen Veränderungen mit Gradiometern besonderer Bauform
- identifiziert das Material entsprechend seiner magnetischen und elektrischen Leitfähigkeit mit integrierter, hochspezialisierter Rechentechnik
- ermittelt kontinuierlich die exakte Position und Geschwindigkeit der Partikel und gibt Ausschleusbefehle auf direktem Weg an die Druckluftventile weiter

Abbildung 5: „Elektromagnetische Kamera“ namens EMCAM aus dem Hause Incodecs, mit einem neuartigen Funktionsprinzip - Magnetinduktionstomographie (PMIT). Sie unterscheidet sich grundsätzlich von allen herkömmlichen Metalldetektoren. Ohne zentralen Sortierrechner und ohne optische Hilfsmittel, unabhängig von Oberflächenkorrosion, Beschichtung und Feuchtigkeit des Schüttgutes ist die EMCAM in der Lage, Buntmetalle, Edelstähle und magnetisierbare Materialien zu finden und fehlerfrei zu unterscheiden.

3.3 Darstellung der Vorhabensumsetzung

Auf Basis der Projektplanung wurde 2015 das Projekt vorbereitet und im Zeitraum von April bis August 2015 umgesetzt. Die wesentlichen Meilensteine bei der Umsetzung des Projektes in der Eisenwerk Erla GmbH waren:

		Ist-Umsetzungstermine
M0	Projektplanung	November 2014
M01/02	Erstellung des Werk-und Liefervertrages und Bestellung	Dezember 2014
M03	Interne Vorbereitungsarbeiten / Projektfreigabe	Januar bis April 2015
M04/05	Anlagenaufbau (inklusive Absaugung) in der Eisenwerk Erla GmbH	Mai bis Juni 2015
M06/07	Abnahme und Inbetriebnahme	Juli 2015
M08	Erweiterte Test- und Produktionsphase	August 2015
M09	Projektnachbereitung und -ende	September bis November 2015



Abbildung 6: Visuelle Details des Meilensteins M04/05 Von der Anlieferung über die Montage bis zur Fertigstellung der Metallseparationsanlage am Standort der Eisenwerk Erla GmbH in Schwarzenberg / Sachsen

Neben den vorbereitenden Projektstätigkeiten in den Meilensteinen M0-M03 wurde die Anlage in den Monaten Mai bis Juni 2015 (Meilenstein 04+05) durch unseren Systempartner Incodecs in der Eisenwerk Erla GmbH installiert. Nach dem Nachweis der technischen Funktionsfähigkeit der Anlage (Meilenstein M06+M07) ging es daran, die einzelnen Projektzielstellungen unter „Live-Produktionsbedingungen“ in der Eisenwerk Erla GmbH zu erreichen. Die dazugehörige Parametrierung der Anlagen erfolgte im Meilenstein M08+M09 bis September 2015. Die Anlage wurde ab August 2015 in den Serienbetrieb (für das

Projektziel 3.1 A) überführt. Für das Projektziel 3.1. B wurde speziell von September bis November 2015 erneut geforscht und an der Parametrierung der Anlage gearbeitet. Eine ausführliche Beschreibung und Bewertung der erzielten Ergebnisse erfolgt im Abschnitt 4. Die Projektdurchführung lag zeitlich damit etwas über der ursprünglichen avisierten Projektplanung. Der Hauptgrund war vor allem Verzögerungen beim Projektstart und Schwierigkeiten bei der Erreichung des Projektzieles 3.1 B „Sortierung Splitterschrotte“.

3.4 Behördliche Anforderungen

Im Rahmen der Projektplanung wurde ebenfalls eine entsprechende Prüfung der notwendigen Betriebserlaubnis durch die technische Leitung als auch die Umweltbeauftragte unseres Unternehmens durchgeführt. Die Prüfung ergab keine zusätzlichen behördlichen Anforderungen an den Aufbau und den Betrieb der voll verkapselten und emissionsarmen Metallseparationsanlage. Die Anlage wurde vollständig in die bestehende Absaugungen/Entstaubungsanlagen des Unternehmens integriert. Damit wurden mögliche Staubemissionen auf ein Minimum reduziert.

Die Arbeitsgeräusche der Anlage wurden dank entsprechender Lärmschutzvorkehrungen auf ein Minimum gesenkt, dadurch geht von der Anlage keine Erhöhung des Grundlärmpegels aus.

Eine entsprechende Mitteilung zum Betrieb der Anlage wurde ebenfalls an das zuständige Landratsamt versendet.

3.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Bei der Erfassung und Analyse der Betriebsdaten muss man zwischen dem Maschineninput (Medienversorgung) und dem Maschinenoutput (Leistung) unterscheiden.

Der Maschineninput (Medienversorgung) der Metallseparationsanlage wurden intensiv im Rahmen der Meilensteine 06-08 vermessen (Leistungsmessgerät / Druckluftmesser) und berücksichtigt die verschiedenen Leistungsstufen der Sortieranlage. Beispiel: Die Anlage „zieht“ natürlich deutlich mehr Energie und Druckluft bei der Sortierung der Behälter mit höheren Metallanteilen, unter anderem durch die höheren Gewichte, die sich aus dem Metallanteil ergeben.

Der Output der Anlage wurde ebenfalls im Rahmen der Meilensteine 06-08 exakt analysiert, durch zusätzliche Messreihen (inklusive manueller Wiegen) ergänzt und wird nun durch eine kontinuierliche Erfassung durch die Anlagenbediener sichergestellt.

Die aktuelle Gegenüberstellung der Ist-Leistungsdaten zu den Plan-Leistungsdaten ist in Abbildung 7 enthalten.

Übersicht Metallseparationsanlage		Planwerte	Istwerte	Δ Plan Ist (Absolut)	Δ Plan Ist (Relativ)
Input	Energieverbrauch (KW)	Ø 10 KW/h	Ø 6,3 KW/h	-3,7	-37,00%
	Druckluftverbrauch (m³)	Ø 6 m³/min	Ø 2,31 m³/min	-3,69	-61,50%
	Absaugleistung (KW)	Ø 5000 m³/h	4000 m³/h	-1000	-20,00%
Output	Schussleistung Düsen (pro min)	Ø 2000 Schuss/Sek.	1900 Schuss/Sek.	-100	-5,00%
	Sortierleistung (in Behältern)	Ø 45 je Schicht	Ø 38 je Schicht	-7	-15,56%
	Sortierleistung (in Tonnen)	Ø 70 t/je Schicht	Ø 32 t/je Schicht	-32	-45,71%

Abbildung 7: Plan-Ist Vergleich der Leistungsgrößen der Anlage

Eine entsprechende Übersicht zur Validierung der Projektziele und der eingesetzten Messsystematiken erfolgt in Abschnitt 4 und den entsprechenden Unterpunkten.

4. Ergebnisse

4.1 Generelle Bewertung der Vorhabensumsetzung

Wie im Abschnitt 3.1 beschrieben, gab es mehrere Ziele, die wir mit dem Projekt verfolgt haben.

A.) Das Primärziel war eine deutliche **Steigerung des Sortiergrades** (+15 %) bei den Metall-Sand-Gemischen des Typs 1 (siehe 2.2; Abbildung 1) durch den Einsatz einer automatisierten Metallseparationsanlage im Vergleich zu den herkömmlichen (manuellen) Sortiermöglichkeiten des Unternehmens. Grundlegend sollten damit circa 45 t/p.a. mehr nickelhaltige Metalle (ceteris paribus) aus dem Altsand der Eisenwerk Erla GmbH selektiert werden (Ressourceneffizienz).

Das Ziel 3.1 A Abfallvermeidung sowie Ressourceneffizienz/Materialeinsparung wurde erreicht (Sortiergrad im Durchschnitt +14 % möglich) und der entsprechende Nachweis und Testablauf sowie die Rahmenbedingungen werden im Gliederungspunkt 4.2.1 und den Anhängen genauer beschrieben.

B.) Das Sekundärziel war eine **sortenreine Trennung** der in der Eisenwerk Erla GmbH anfallenden heterogenen **Splitterschrotte** (circa 230 t/p.a.) durch die Metallseparationsanlage. Die dadurch entstehenden „reinen“ Splitterschrotte sollten wieder direkt in den Schmelzbetrieb des Unternehmens eingesetzt werden. Damit sollten die Entsorgungskosten und der Transport der Schrotte zu einem entsprechenden Entsorgungsunternehmen entfallen (Ressourceneffizienz).

Dieses Projektziel wurde, trotz intensiver Forschungsarbeit beider beteiligter Projektpartner, leider nicht erreicht. Grundproblem war dabei, dass die Metallseparationsanlage zwar problemlos einzelne Metalle erkennt und auch selektiert, aber die Mischung aus circa 25 aktiven und relativ ähnlichen Werkstoffgruppen die Sensorik der Anlage momentan überfordert. Eine genaue Beschreibung der Forschungsaktivitäten und des Testablaufes erfolgt im Gliederungspunkt 4.2.2.

C.) Ein Komplementärziel war ebenfalls, dass der Betrieb der Anlage möglichst **energieeffizient** erfolgen sollte. Die gemessenen Ist-Werte der Anlage (siehe Abschnitt 3.5) liegen dabei deutlich unter den ursprünglich avisierten Zielwerten, das heißt der erwartete Vorteil bei den Medienverbräuchen (Druckluft / Energie / Absaugleistung) liegt sogar noch etwas höher als gegenüber den herkömmlichen Detektionsverfahren. Damit wurde **das Projektziel erreicht**. Zu einer entsprechenden gesicherten Analyse benötigen wir aber noch die entsprechenden Referenzwerte von Alternativlieferanten, die selbige naturgemäß nicht veröffentlichen. Daher wird auf eine strukturierte Nachweisführung dieses Projektzieles verzichtet. Die gesammelten Erfahrungen wurden aber bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse des Projektes berücksichtigt.

4.2. Konzeption, Durchführung und Ergebnisse der Testreihen

4.2.1 Nachweis des Projektzieles A „Steigerung des Sortiergrades“

Für die Validierung des Projektzieles A „Steigerung des Sortiergrades“ wurde ein mehrstufiger Testaufbau durch das Projektteam konzipiert. Nach den entsprechenden Tests und Schaffung der Rahmenbedingungen wurde ein entsprechender Stichprobenumfang von 10 Behältern getestet und die Ergebnisse als repräsentativ für die Gesamtleistung der Anlage angesetzt.

Anbei die Beschreibung des Testaufbaus und eine Untersetzung des Testablaufes an einem ersten Beispiel der Testreihen.

Schritt 1: Ausgangsbasis ist dabei eine manuelle Selektion und Wiegung der Metall-Sand-Gemische des Behälters. Dabei wird der Behälter nach visueller Bewertung als „feines“ oder „grobes“ Metall-Sand-Gemisch bewertet. Die Beschreibung des Testablaufes erfolgt anhand des Beispiels des Testbehälters 1.



Daten für den Testschritt 1

Nettogewicht: 296 kg Metall-Sand-Gemisch

Manuell extrahiertes Material: 47 kg Metall

Altsand (+X Metall): 341 kg Altsand und Sonstiges

Dauer Sortiervorgang: 2,5 Stunden

Fazit: Circa 12 % Metall manuell sortiert

Abbildung 8: Testbehälter 1 („feines Metall-Sand-Gemisch“)

Schritt 2.1: Die maschinelle Selektion wurde in einem mehrstufigen Verfahren durchgeführt. Dabei wurden die in Schritt 1 manuell sortierten Behälter wieder zusammengeschüttet und vermischt.

Danach wurden die Behälter in die Metallseparationsanlage „geschüttet“ und durch die Anlage getrennt. Entsprechend des Funktionsprinzips der Anlage (siehe Abbildung 9) entstehen aus einem Behälter (Typ1 Metall-Sand-Gemisch) mehrere neue Behälter.

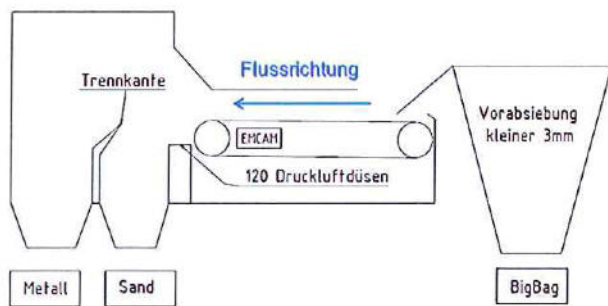


Abbildung 9: Anlagenschema Metallseparationsanlage Eisenwerk Erla GmbH

Dabei entsteht ein „reiner“ Metallbehälter, ein „Altsand-Metallbehälter“ und ein „Big-Bag“ in dem durch eine Vorabsiebung die Kleinstbestandteile ($< 3\text{ mm}$) gesammelt werden. Nachdem die Metallseparation den Testbehälter 1 extrahiert hat, ergab sich folgendes Bild (siehe Abbildung 10). Die Gewichtsangaben der Einzelbehälter wurden ebenfalls wieder manuell gemessen.



Abbildung 10: Testergebnisse bei maschineller Sortierung (1. Sortierung)

Auf Basis des ersten Sortiervorgangs erkennt man bei genauerer visueller Betrachtung ebenfalls noch Verunreinigungen, das heißt Altsande im Testbehälter 1A (53,40 kg) und ebenfalls noch metallische Bestandteile im Testbehälter B. Des Weiteren erkennt man einen deutlichen Masseverlust der feineren Bestandteile (92 kg) durch die Vorsiebung. Diese kleineren Altsandbestandteile werden in Big-Bags an der Anlage abgelagert und dann auf die Deponie verbracht.

In der Abbildung 11A erkennt man, welches Metallspektrum die Anlage im ersten Sortierdurchlauf ohne Probleme erkennt und in den Testbehälter 1A selektiert.

In Abbildung 11B sieht man, welche metallischen Bestandteile noch im Testbehälter 1B enthalten sind. Dabei fällt auf, dass trotz intensivster Bemühungen bei der Parametrierung der Anlage, vor allem bei sehr kleinen und masseintensiven Bestandteilen, es im ersten Sortiervorgang Probleme gibt.

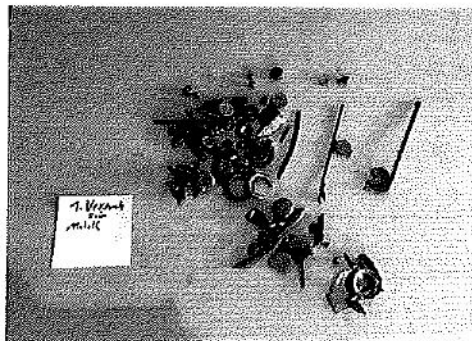


Abbildung 11A: Spektrum der selektierten Metallanteile
im ersten Sortiervorgang (Testbehälter 1A)

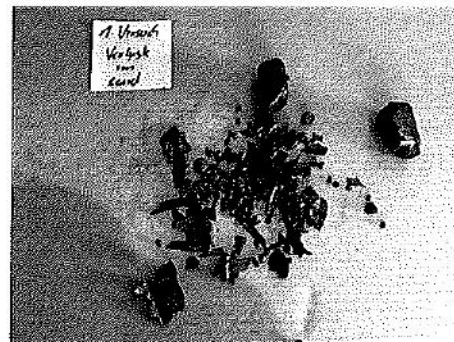


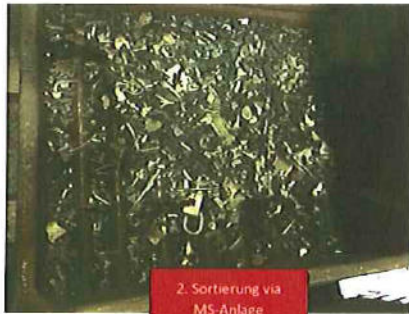
Abbildung 11B: Spektrum der nicht selektierten Metall-
bestandteile im ersten Sortiervorgang (Testbehälter 1B)

Schritt 2.2 (Zweiter Sortiervorgang)

In der nächsten Stufe wurden die Testbehälter 1A und 1B erneut durch die Anlage sortiert und die Ergebnisse wurden deutlich verbessert. Zum einen gelingt es der Anlage im zweiten Sortiervorgang die Sandverunreinigungen fast vollständig aus dem Testbehälter zu selektieren (siehe Abbildung 12A). Des Weiteren gelingt es der Anlage noch zusätzlich +8,4 kg aus dem Testbehälter 2 zu selektieren (siehe Abbildung 12B).

Hinweis: Zur besseren Darstellung der Ergebnisse wurden die reinen Metallbestandteile in alternative Behälter umgefüllt und gewogen.

Ausgangsbasis: Testbehälter 1A 53,40Kg



2. Sortierung via
MS-Anlage

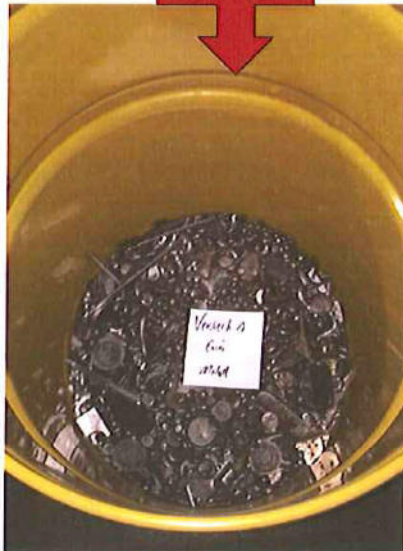
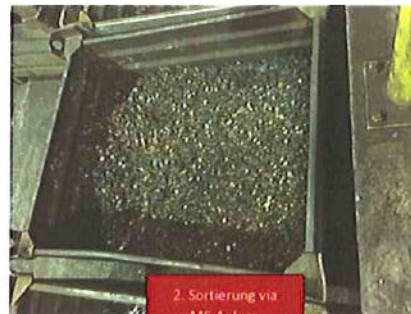


Abbildung 12A: reine Metallanteile (46,80 kg)
nach zweiter Sortierung durch MS-Anlage

Ausgangsbasis: Testbehälter 1B: 151,00kg



2. Sortierung via
MS-Anlage



Abbildung 12B: reine Metallbestand (8,60 kg)
nach zweiter Sortierung durch MS-Anlage

Fazit: Analysiert man die Daten aus dem ersten Test so kann man die These aufstellen, dass die Metallseparationsanlage zum einen deutlich schneller (circa -85 %, siehe Abbildung 14) eine entsprechende Trennung des Metall-Sand-Gemisches vollzieht und zum anderen dies auch deutlich effizienter (+15 %) vollbringt (siehe Abbildung 13).

		Testbehälter 1 (feines Metall-Sand-Gemisch)	
		in kg	in %
manuelle Sortierung	Ausgangsgewicht:	296,00	100,00%
	Reines Metall:	47,00	15,88%
	Altsande/Staub :	249,00	84,12%
maschinelle Sortierung (nach zweiter Sortierung)	Ausgangsgewicht:	296,00	100,00%
	Reines Metall:	55,40	18,72%
	Altsande/Staub :	240,60	81,28%
Ableitung Sortiergrad	manuell Metallanteil:	47,00	84,84%
	maschineller Metallanteil:	55,40	100,00%
	Vorteil Anlage:	8,40	15,16%

Abbildung 13: Gegenüberstellung Sortiergrad manuelle vs maschinelle Metallseparation im Testablauf 1

Zur Plausibilisierung der These wurde in Kalenderwoche 33/2015 ein entsprechender Test für eine Stichprobengröße von 10 Behältern (Mix aus groben und feinen Metall-Sand-Gemischen des Typ1) im Unternehmen durchgeführt. Problematisch dabei war vor allem der relativ hohe Aufwand für die manuelle Sortierung im Schritt 1 sowie das entsprechende Wiegen der Zwischenergebnisse und die parallele Datenaufnahme in den Schritten 2.1 und 2.2. Die entsprechenden Ergebnisse sind im Anhang A1 enthalten und der Durchschnittswert der Testreihe liegt (unabhängig von der Einschätzung grobes oder feines Material-Sand-Gemisch) bei durchschnittlich ca. +14 % gesteigerter Sortierleistung.

		Testbehälter 1 (feines Metall-Sand-Gemisch)	
		in Minuten	in %
Zeitliche Bewertung	Zeitaufwand manuelle Sortierung:	150	100,00%
	Σ Zeitaufwand maschinelle Sortierung:	22,5	15,00%
	Vorteil Anlage:	-127,5	-85,00%

Abbildung 14: Gegenüberstellung der zeitlichen Komponenten bei der Metallseparation (Test 1)

Auf Basis der Testreihe und der Erfahrungen des seit 09/2015 laufenden Serienbetriebes sehen wir durch den Einsatz der Anlage eine signifikante Verbesserung der Metall-Verluste (speziell in der Werkstoffgruppe D5S/Nickel) und damit das Projektziel sicherlich erfüllt. Hinweis: Aufgrund der anhaltenden Lernkurve bei der Parametrierung der Anlage und den Erfahrungswerten der Anlagenbediener ist eine aktuelle Zielstellung im Unternehmen den zweiten Sortiervorgang sukzessive entfallen zu lassen, das heißt gleich bei der ersten Sortierung den entsprechenden Sortiergrad zu erzielen.

4.2.2 Nachweis des Projektzieles B „sortenreine Trennung des anfallenden Splitterschrottvolumens“

Das zweite Projektziel war die sortenreine Separierung der an verschiedensten Stellen des Produktionsprozesses anfallenden Splitterschrotte (siehe Abbildung 2; circa 230 t/p.a.) durch die neuartige Metallseparationsanlage. Der geplante Projektablauf für dieses Teilziel war folgender:

- Sammlung von umfangreichen Splitterschrottproben je Werkstoffgruppe durch das Projektteam und Weiterleitung an die Firma Incodecs
- Identifizierung der einzelnen Splitterschrottproben (Anlernen) durch die Referenzsortieranlage der Firma Incodecs im Technikum in Lüneburg
- Erstellung eines Sortierprogrammes auf Basis der identifizierten Splitterschrotte und Implementierung der Software in der Metallseparationsanlage der Eisenwerk Erla GmbH
- Testphase mit individueller Parametrierung der Anlage und paralleler Materialanalyse der Sortiерergebnisse
- Übergangsphase in den Seriensortierprozess im Unternehmen mit der entsprechenden Wiederverwendung der Splitterschrotte im Schmelzbetrieb des Unternehmens

Die Splitterschrottstichproben wurden für die sieben wichtigsten Werkstoffgruppen (D5S, Stahl X1.48, Stahl X1.4849, NiH4, SiMo, GG (Kokillen), GGG SK2-4) des Unternehmens erstellt.

Dabei wurden zwischen 50 bis 100 Splitterschrottproben je Materialgruppe gesammelt und unserem Projektpartner Incodecs zur Verfügung gestellt.

Im nächsten Schritt ließen die Entwicklungsingenieure alle Splitterschrotte einzeln durch die Referenzanlage des Unternehmens am Technikum in Lüneburg laufen.

Aus diesen Stichproben wurden die Messergebnisse klassifiziert und auf einen Parameter X abgebildet. Auf Basis der Stichprobe wurde dann mit dem Parameter X die Verteilungsdichte ermittelt. Durch den Vergleich der Verteilungsdichte je Werkstoffgruppe können Aussagen über das zu erwartenden Sortierergebnis gemacht werden (siehe Abbildung 15)

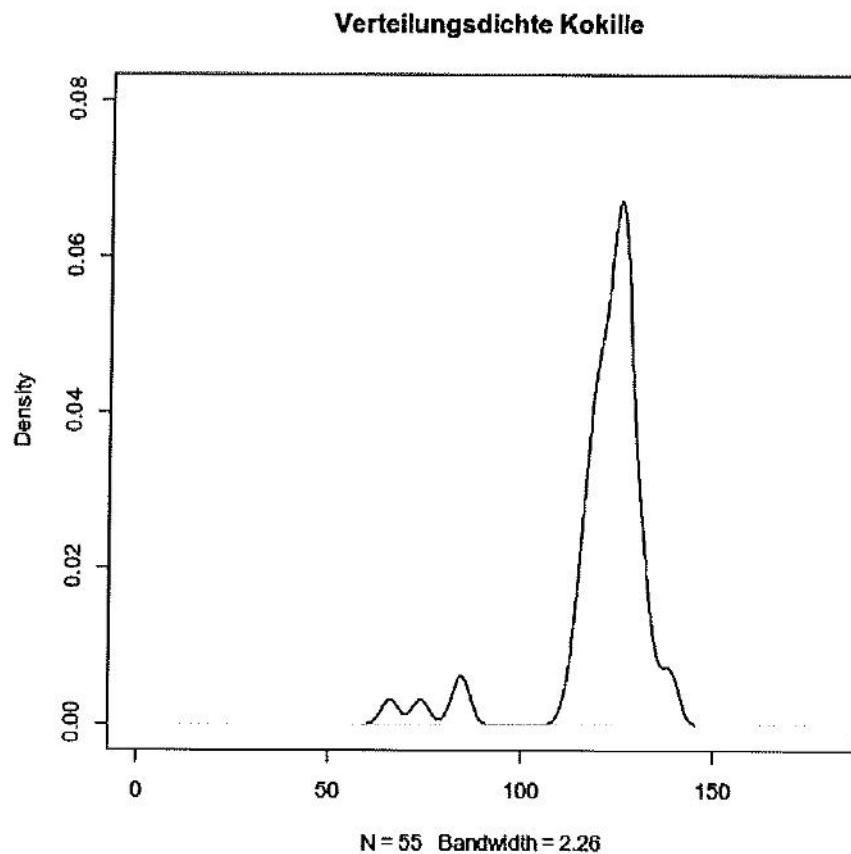


Abbildung 15: Beispiel für die Verteilungsdichte von GG-Kokillen¹

Werden jetzt weitere Werkstoffgruppen (Abbildung 16) analysiert und in die Auswertung integriert, dann wurde im nächsten Schritt versucht eine Trenngrenze (Wert von 140) zu definieren um eine Abgrenzung der Werkstoffe durch die EMCAM (Sensorik) der Sortieranlage zu ermöglichen.

¹ Quelle: Analysen und Präsentationen der Incodecs GmbH in 10/2015 (Abb. 15-17)

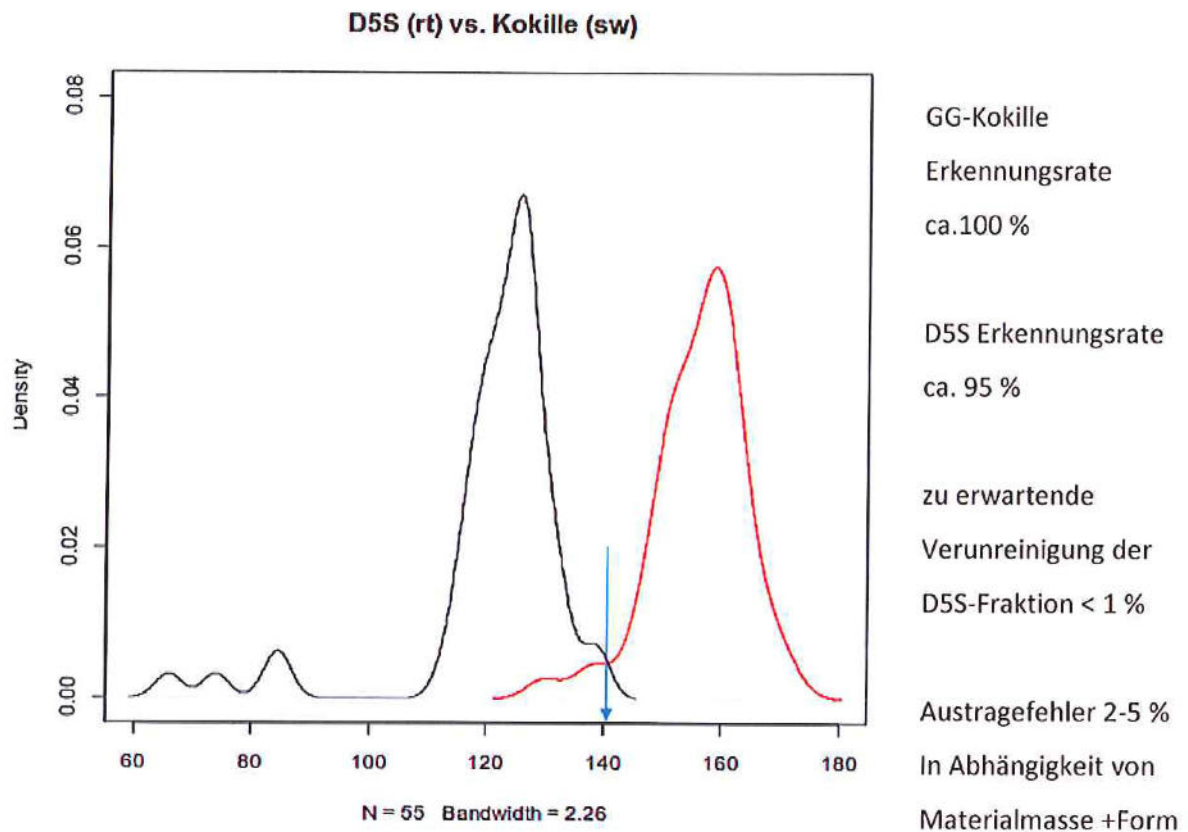


Abbildung 16: Verteilungsdichte der Werkstoffe D5S (rote Markierung) vs GG-Kokillen (schwarz)

Eine entsprechend umfangreiche Analyse der verschiedenen Verteilungsdichten und Abgrenzungsoptionen der Werkstoffgruppen wurde im Anhang 2.1 – 2.6 integriert.

Die Schwierigkeit für die Anlage besteht nun darin, dass alle Werkstoffgruppen gleichzeitig und in unterschiedlichster Konzentration sortiert werden sollen.

Betrachtet man die Abbildung 17, so wird deutlich, dass die Verteilungsdichte der relevanten Splitterschrotte in der Eisenwerk Erla GmbH leider unglaublich nahe beieinander liegen. Das heißt es gibt aktuell (nach eingehender Analyse der Entwicklungsingenieure von Incodecs) keine eindeutigen Trenngrenzen die eine fehlerlose Selektion der einzelnen Werkstoffgruppen durch die EMCAM der Metallseparationsanlage von Incodecs ermöglicht. Damit entfallen die ursprünglich geplanten weiteren Projektschritte und man kann an dieser Stelle das entsprechende Fazit ziehen (siehe auch 4.1), dass unser Projektziel B nicht erreicht wurde.

Trotzdem stehen die Firmen Incodecs und Eisenwerk Erla GmbH weiterhin in regem Austausch und versuchen die Trennung einzelner Splitterschrotte zu erzielen. Aktuell werden in Tests bereits erfolgreich GG-Kokillen aus D5S-Metall-Sand-Gemischen entfernt. Eine Implementierung der Ausbaustufen soll im April/Mai 2016 in die Metallseparationsanlage erfolgen.

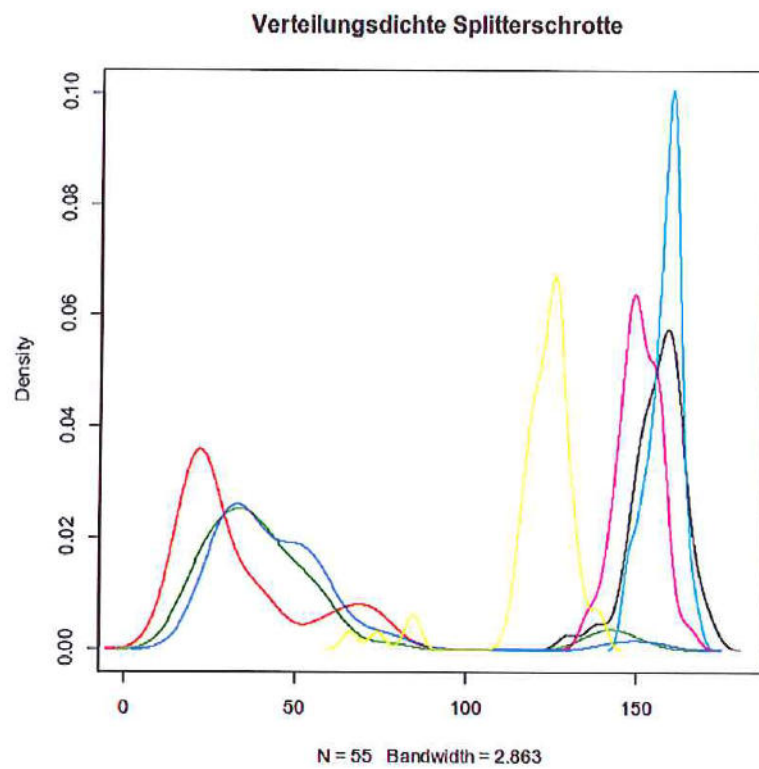


Abbildung 17: Verteilungsdichte aller relevanten Splitterschrotte der Eisenwerk Erla GmbH

4.3 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Neben der technischen Bewertung der Projektziele gehört ebenfalls eine entsprechende Soll-Ist-Analyse der betriebswirtschaftlichen Situation zu jeder Projektbewertung.

Ausgangspunkt der Analyse sind die Projektkosten, die bereits im entsprechenden Bericht zum Verwendungsnachweis gegenüber der KFW nachgewiesen worden sind.

Die Projektkosten setzen sich dabei aus den Investitionskosten (1.) und den laufenden Betriebskosten der Anlage (2.) zusammen.

1.) Investitionskosten	Planwerte	Ist-Werte	Δ Plan-Ist
1A.) Anlageninvestitionskosten	350.000,00 €	353.070,00 €	+3070,00 €
1B.) Interne Investitionskosten	33.000,00 €	30.448,21 €	-2.551,79 €
Σ Investitionskosten	383.000,00 €	383.518,21 €	+518,21 €

Die Investitionskosten des Projektes Metallseparationsanlage wurden minimal überschritten und eine detaillierte Aufstellung der einzelnen internen und externen Kosten ist im Anhang 3 hinterlegt.

Die Details zu den Ist-Medienkosten wurden bereits im Abschnitt 3.5 (siehe Abbildung 7) detailliert aufgenommen. Auf Basis dieser Grunddaten ergibt sich folgende Kostenstruktur zum Anlagenbetrieb.

2.) Betriebskosten der MS-Anlage	Planwerte	Ist-Werte	Δ Plan-Ist (1. Jahr)
Energieverbrauchskosten	2.204,00 €/p.a.	1.388,52 ² €/p.a.	-815,48 €/p.a.
Druckluftverbrauch	5.350,00 €/p.a.	2059,71 €/p.a.	-3.290,29 €/p.a.
Absaugleistung	1.375 €/p.a.	1.100,24 €/p.a.	-274,76 €/p.a.
Personalkosten	40.000,00 €/p.a.	40.000,00 €/p.a.	0,00 €
Instandhaltungspauschale	3.000,00 €/p.a.	0,00 €/p.a. ³	-3.000,00 €/p.a.
Σ Betriebskosten	51.929,00 €/p.a.	44.548,47 €/p.a.	-7.380,53 €/p.a.

² Hinweis: Bei der Berechnung der Ist-Energiekosten wurden die aktuell angesetzten Energiepreise verwendet. Eine entsprechende Energiepreisreduzierung wirkt daher ebenfalls positiv mit in die Bewertung ein.

³ Hinweis: Da wir aufgrund des Projektabschlusses in 2015 noch in der 2-jährigen Gewährleistungsphase befinden, liegen aktuell noch keine Erfahrungen über Instandhaltungskosten der Metallseparationsanlage vor.

Die Ist-Betriebskosten der Anlage liegen dabei deutlich unter dem erwarteten Volumen (-14,21 %), das heißt der operative Betrieb liegt (bei dem aktuellen Zielerreichungsgrad) in einem betriebswirtschaftlich sehr guten Korridor für die Eisenwerk Erla GmbH.

3.) Bewertung der verschiedenen Einspareffekte

3.1 Projektziel A „Steigerung des Sortiergrades“

Auf Basis der ursprünglichen Schätzungen wurde eine Steigerung des Sortiergrades (bei Metall-Sand-Gemischen des Typ1) von 80 % bei der manuellen Variante auf 95 % bei der automatisierten Anlage angenommen. Dadurch sollten rund 45 t/p.a. mehr Metall-Sand-Gemische aus den Altsanden des Unternehmens separiert werden.

Analysiert man nun die erzielten Ergebnisse (siehe Anhang A1 und Abschnitt 4.2.1) dann erkennt man eine Steigerung von durchschnittlich +14 % des Sortiergrades bei den Metall-Sand-Gemischen. Da die Testergebnisse (je Behältertyp „fein“ und „grob“) volatil sind, ergeben sich mehrere Szenarien für die Berechnungsbasis. Ein erster Ansatz integriert einen der Grundsätze der ordnungsgemäßen Buchführung (GoB) und zwar das „Vorsichtsprinzip“, das heißt der Ansatz beinhaltet keinen Durchschnittswert sondern orientiert sich an den Minimalsortiererergebnissen je Behältertyp. Ein entsprechender Überblick der Herleitung und ein Vergleich zur Durchschnittsbewertung sind im Anhang A4.1 und Anhang A4.2 hinterlegt.

Einsparpotential Projektziel A: Planwerte		Ist-Werte	Δ Plan-Ist (1. Jahr)
D5S-Reduzierung in t:	45 t/p.a.	81 t/p.a.	+35 t/p.a.
D5S Spareffekte in €	172.000,00 € / p.a.	227.203,30 € / p.a.	+55.203,30 € / p.a.

3.2 Projektziel B „sortenreine Sortierung der Splitterschrotte“

Wie unter Abschnitt 4.2.2. erläutert, kann die sortenreine Separierung der heterogen Splitterschrotte durch die Metallseparationsanlage nicht sichergestellt werden. Einzelne Metalle voneinander zu trennen ist zumeist machbar, aber alle verschiedenen Werkstoffgruppen zu trennen ist momentan technisch noch nicht zu realisieren.

Daher ergibt sich folgende Bewertung des Teilzieles:

Einsparpotential Projektziel B: Planwerte		Ist-Werte	Δ Plan-Ist (1. Jahr)
D5S-Reduzierung in t:	230 t/p.a.	0 t/p.a.	-230 t/p.a.
D5S Spareffekte in €	153.000,00 € / p.a.	0,00 € / p.a.	-153.000,00 € / p.a.
Σ beider Effekte (in €)	325.000,00 € / p.a.	227.203,30 € / p.a.	-97.796,70 € / p.a.

Damit liegt das erzielte Ergebnis bei der jährlichen erzielten Einsparung immer noch sehr gut, aber leider „unterhalb“ der ursprünglich kalkulierten Zielwerte.

Zur finalen Bewertung werden in der ROI-Berechnung (Return On Investment) die verschiedenen Effekte der Investitionskosten und Betriebskosten in Relation zu den Einspareffekten bewertet.

Ein wichtiger Hinweis an dieser Stelle ist, dass die Bewertung aus Sicht des Unternehmens erfolgt, daher muss die 30 % Förderung des Projektes durch das Umweltinnovationsprogramm des BMUB / KFW sowie das UBA positiv erwähnt werden und in die ROI-Berechnung integriert werden.

Ohne diese Förderung wäre die Projektrealisierung und die daraus entstandenen positiven Effekte für die Umwelt und das Unternehmen ggf. die Branche sicherlich schwieriger umsetzbar gewesen.

ROI-Berechnungen = (Gesamtinvestition + Betriebskosten-Sondereffekte) / Gesamteinsparung

Plan ROI-Berechnung: $(383.000 + 51.929, \text{€}) / 325.000 \text{ €}$

Plan-ROI: 1,34 (positiver Wert zwischen 1-2)

IST ROI-Berechnung: $((383.518,21 + 44.548,47 - 114.900,00^4) / 227.203,30 \text{ €})$

IST ROI A: 1,38 (positiver Wert mit ca. 15 Monaten Amortisationsdauer)

IST ROI B: 1,88 (Berechnung ohne Investitionsförderung des BMUB / KFW)

Betrachtet man die zu erwartenden betriebswirtschaftlichen Effekte für die nächsten 5 Jahre, so ergibt sich trotz der Einschränkung bei der Zielerreichung ein äußerst positives Bild für das Unternehmen.

⁴ Unterstellt einen Zugang der zweiten Förderungstranche durch die KFW, nach Prüfung des Abschlußberichtes durch das UBA/KFW.

	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr	5. Jahr
Kalenderjahre	2015	2016	2017	2018	2019
Investitionsaufwand:	383.518 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Betriebsaufwand:	11.137 € ⁵	44.548 €	48.000 € ⁶	48.000 €	48.000 €
Förderung:	89.900 €	25.000 €	0 €	0 €	0 €
Einspareffekt A:	56.750 € ⁷	227.000 €	227.000 €	227.000 €	227.000 €
Einspareffekt B:	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Summe p.a.:	-248.005 €	207.452 €	179.000 €	179.000 €	179.000 €
Gesamtsumme:					496.447 €

4.4 Umweltbilanz

Bewertet man nun das Ergebnis des Projektes nach seinen positiven Auswirkungen auf die Umwelt so wird klar, dass auch hier die Zielerreichung A „Steigerung des Sortiergrades“ und B „sortenreine Trennung des Splitterschrottes“ die Basis für eine entsprechende Bewertung bilden.

Da in den Abschnitten 4.2.2. und 4.3 die Zielerreichung des Projektzieles A nachgewiesen wurde können diese Basisdaten zur Bewertung der Umweltbilanz genutzt werden.

Umweltziel A1: Abfallvermeidung

	Planwert:	Ist-Wert	Δ Plan-Ist
Reduzierung D5S Metallanteile im Altsand	45 t/p.a.	81 t/p.a.	+35 t/p.a.
Σ 5 Jahreseffekt		400 t	

Interpretiert man dieses Projektziel so werden durch den Separationsvorgang der Anlage circa 80 t nickelhaltiger Metallrückstände aus dem Altsand des Unternehmens gefiltert. Insgesamt werden in den nächsten 5 Jahren circa 400 t Abfälle weniger produziert. Und dies sind nur die vorsichtigen Annahmen des „Minimum Cases Szenarios“ (siehe Anhang 4.1).

⁵ Hinweis: nur anteilige Betriebskosten (25%), da 9 Monate Projektlaufzeit und „Going Live“ erst in 09/2015

⁶ Hinweis: ab 3 Jahr Instandhaltungspauschale i. H. v. ca. 3.500 € / p.a.

⁷ Hinweis: nur anteilige Einspareffekte (25%), da 9 Monate Projektlaufzeit und „Going Live“ erst in 09/2015

Setzt man die Werte des „Best-Case“ Szenarios an, so lassen sich 120 t nickelhaltiger Metallrückstände aus dem Altsand filtern bzw. 600 t über 5 Jahre. Des Weiteren entfallen die Transporte bei der Entsorgung (CO₂-Ausstoß).

Umweltziel A2: Ressourceneffizienz

Als weiterer positiver Umweltaspekt der neu installierten Metallseparationsanlage muss an dieser Stelle ebenfalls die Ressourceneffizienz genannt werden. Da die separierten D5S-Metallreste (35 % Nickelanteil) vom Unternehmen direkt wieder im Schmelzbetrieb verwendet werden können, spart das Unternehmen den Neueinkauf von reinem Nickel in folgender Größenordnung.

	Planwert:	Ist-Wert	Δ Plan-Ist
Reduzierung neuer Nickeleinkauf	16 t/p.a.	28 t/p.a.	+12 t/p.a.
Σ 5 Jahreseffekt		140 t	

Dies ist zwar in Relation zur Jahresverbrauchsmenge Nickel des Unternehmens nur ein kleiner Wert, aber der Nickel wird aus Asien, Afrika oder Russland importiert und daher entfallen auch die CO₂-Belastungen durch den langen Transportweg. Als gegenläufiger Effekt in der Umweltbilanz muss man die Energiemengen sehen, die man zum Betrieb der Anlage, der Medienversorgung mit Druckluft und die entsprechenden Absaugungen benötigt. Durch die Nichterreichung des Projektzieles B „sortenreine Separierung der anfallenden Splitterschrotte“ können die entsprechenden Umweltziele leider nicht erreicht werden.

	Planwert:	Ist-Wert	Δ Plan-Ist
Reduzierung neuer Nickeleinkauf	230 t/p.a.	0 t/p.a.	-230 t/p.a.
Σ 5 Jahreseffekt		0 t/p.a.	

Die im Unternehmen anfallenden Splitterschrotte (circa 230 t/p.a.) werden weiterhin separat durch das Unternehmen entsorgt und können leider nicht direkt im Schmelzbetrieb des Unternehmens wiederverwendet werden.

Wie aber in den vorherigen Gliederungspunkten beschrieben, stehen die Firmen Eisenwerk Erla GmbH und die Firma Incodecs GmbH weiterhin in engem Kontakt und können ggf. dieses Ziel zu einem späteren Zeitpunkt bzw. mit einer neuen Maschinengeneration (EMCAM) erreichbar machen.

Bei dem letzten Teilziel C „energieeffizienter Anlagenbetrieb“ soll nochmals auf den Gliederungspunkt 3.5 hingewiesen werden. Daraus geht eindeutig hervor, dass der aktuelle Anlagenbetrieb deutlich geringere Verbräuche beim Maschinenbetrieb, des Druckluftverbrauches und der benötigten Absaugleistung benötigt. Wie ebenfalls bereits erwähnt, gestalten sich aktuelle Vergleichsrechnungen zu alternativen Anlagen schwierig, da den Autoren der Studie aktuell keine Verbrauchswerte von Referenzanlagen (mit reinen magnetischen Funktionsprinzipien) zur Verfügung stehen.

5. Empfehlungen

5.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Bei der Umsetzung eines so großen Projektes mit mehreren beteiligten Firmen und Ämtern gelten die üblichen Regeln für Projekte. Man sollte unbedingt genügend Pufferzeiten in die einzelnen Meilensteine integrieren und Verzögerungen mit Alternativarbeiten kompensieren.

Es sollte klare Vertretungsregelungen bei allen beteiligten Partnern geben, um den Ausfall von Verantwortlichen zu kompensieren. Des Weiteren ist eine regelmäßige Kommunikation/Dokumentation im Projekt zwar aufwendig aber notwendig für die Zielerreichung.

Speziell für die Erstellung der Förderanträge, des Zwischen- und Abschlussberichtes sollte man genügend Zeit einplanen, die es vor allem im regulären Tagesgeschäft in Unternehmen meist nur unzureichend gibt.

Bei der technischen Projektumsetzung ist ebenfalls die Ruhe und Geduld bei der Parametrierung der Anlage ein wichtiger Punkt. Die optimalen Einstellungen zwischen Sensorempfindlichkeit, Magnetisierbarkeit und Bandlaufgeschwindigkeit zu finden ist eine „Kunstform“ und muss entsprechend der jeweiligen Zielerreichung angepasst werden.

5.2 Modellcharakter

Aus Sicht der Eisenwerk Erla GmbH war und ist das Projekt „Einführung einer innovativen Metallseparationsanlage mit fortschrittlichster induktiver Sensortechnik“ ein voller Erfolg und zwar aus technischer, betriebswirtschaftlicher und umweltschutzspezifischer Perspektive.

Auch wenn nicht alle Projektziele erreicht wurden, ist die Anlage aus unserer Sicht immer noch ein Novum und stellt eine wesentliche Verbesserung unseres Produktionsprozesses dar. Dieser Erfolg wurde letztlich auch durch die Förderung im Rahmen des Umweltinnovationsprogrammes des BMUB/KFW begünstigt, wobei sich das Unternehmen

Eisenwerk Erla GmbH an dieser Stelle nochmals bei den Verantwortlichen Entscheidern bedanken möchte.

Bereits im Oktober 2015, das heißt kurz nach der Inbetriebnahme des Teilzieles A „Steigerung des Sortiergrades“, besichtigten Mitglieder des Deutschen Bundestages (Herr Wolfgang Gunkel, SPD) und des Sächsischen Landtages (Frau Simone Lang, SPD) die moderne Anlage in der Eisenwerk Erla GmbH, um sich über den aktuellen Projektstand und die weitere Entwicklung zu informieren.

Neben den direkten Besuchen soll die Referenzanlage mit weiteren Kommunikationsmaßnahmen in der Branche öffentlich gemacht werden und damit ggf. zur Verbesserung des Umweltschutzes auf Branchenebene beitragen.

Dies sollte mittels verschiedenster Kommunikationsmaßnahmen erfolgen, zum Beispiel:

- Veröffentlichung des Projektes auf der Homepage aller beteiligter Partnerunternehmen (Eisenwerk Erla GmbH, Incodecs GmbH, Umweltbundesamt)
- Veröffentlichung in diversen Fachzeitschriften (zum Beispiel BDG-Report, Recycling Wirtschaft etc.)
- Pressemittlung durch BMUB/KfW oder UBA
- Weitere kommunikationspolitische Maßnahmen durch die Firma Incodecs speziell in der Gießereibranche

Für weitere Ideen zu diesem Thema und Vorschläge sind wir offen.

Anhang A1.1

Überblick Testergebnisse manuelle vs maschinelle Metallseparation Eisenwerk Erla GmbH

Teil 1: Ergebnisse der Stichproben 1-5

Øliche Verbesserung (Sortiergrad) bei maschineller Separation	13,69%	Testbehälter 1 (feines Metall-Sand-Gemisch)		Testbehälter 2 (grobes Metall-Sand-Gemisch)		Testbehälter 3 (feines Metall-Sand-Gemisch)		Testbehälter 4 (grobes Metall-Sand-Gemisch)		Testbehälter 5 (feines Metall-Sand-Gemisch)	
		in kg	in %	in kg	in %	in kg	in %	in kg	in %	in kg	in %
manuelle Sortierung		296,00	100,00%	592,00	100,00%	304,00	100,00%	604,00	100,00%	299,00	100,00%
		47,00	15,88%	295,00	49,83%	42,50	13,98%	298,00	49,34%	49,80	16,66%
maschinelle Sortierung (nach zweiter Sortierung)		249,00	84,12%	297,00	50,17%	261,50	86,02%	306,00	50,66%	249,20	83,34%
		296,00	100,00%	592,00	100,00%	304,00	100,00%	604,00	100,00%	299,00	100,00%
		55,40	18,72%	309,00	52,20%	55,20	18,16%	324,00	53,64%	68,50	22,91%
		240,60	81,28%	283,00	47,80%	248,80	81,84%	280,00	46,36%	230,50	77,09%
Ableitung Sortiergrad		47,00	84,84%	295,00	95,47%	42,50	76,99%	298,00	91,98%	49,80	72,70%
		55,40	100,00%	309,00	100,00%	55,20	100,00%	324,00	100,00%	68,50	100,00%
		8,40	15,18%	14,00	4,53%	12,70	23,01%	26,00	8,02%	18,70	27,30%
Øliche Verbesserung (Zeitaufwand) bei maschineller Separation	-85,77%	Testbehälter 1 (feines Metall-Sand-Gemisch)		Testbehälter 2 (grobes Metall-Sand-Gemisch)		Testbehälter 3 (feines Metall-Sand-Gemisch)		Testbehälter 4 (grobes Metall-Sand-Gemisch)		Testbehälter 5 (feines Metall-Sand-Gemisch)	
		in Minuten	in %	in Minuten	in %	in Minuten	in %	in Minuten	in %	in Minuten	in %
Zeitaufwand bei manueller Sortierung:		150	100,00%	150	100,00%	150	100,00%	150	100,00%	150	100,00%
Zeitaufwand bei maschineller Sortierung:		22,5	15,00%	20	13,33%	22,5	15,00%	21	14,00%	22,5	15,00%
Vorteil Metallseparationsanlage:		-127,5	-85,00%	-130	-86,67%	-127,5	-85,00%	-129	-86,00%	-127,5	-85,00%



Beispiel Testbehälter 1
mit feinem Metall-Sand-Gemisch



Beispiel Testbehälter 2
mit grobem Metall-Sand-Gemisch

Anhang A1.2 Überblick Testergebnisse manuelle vs maschinelle Metallseparation Eisenwerk Erla GmbH

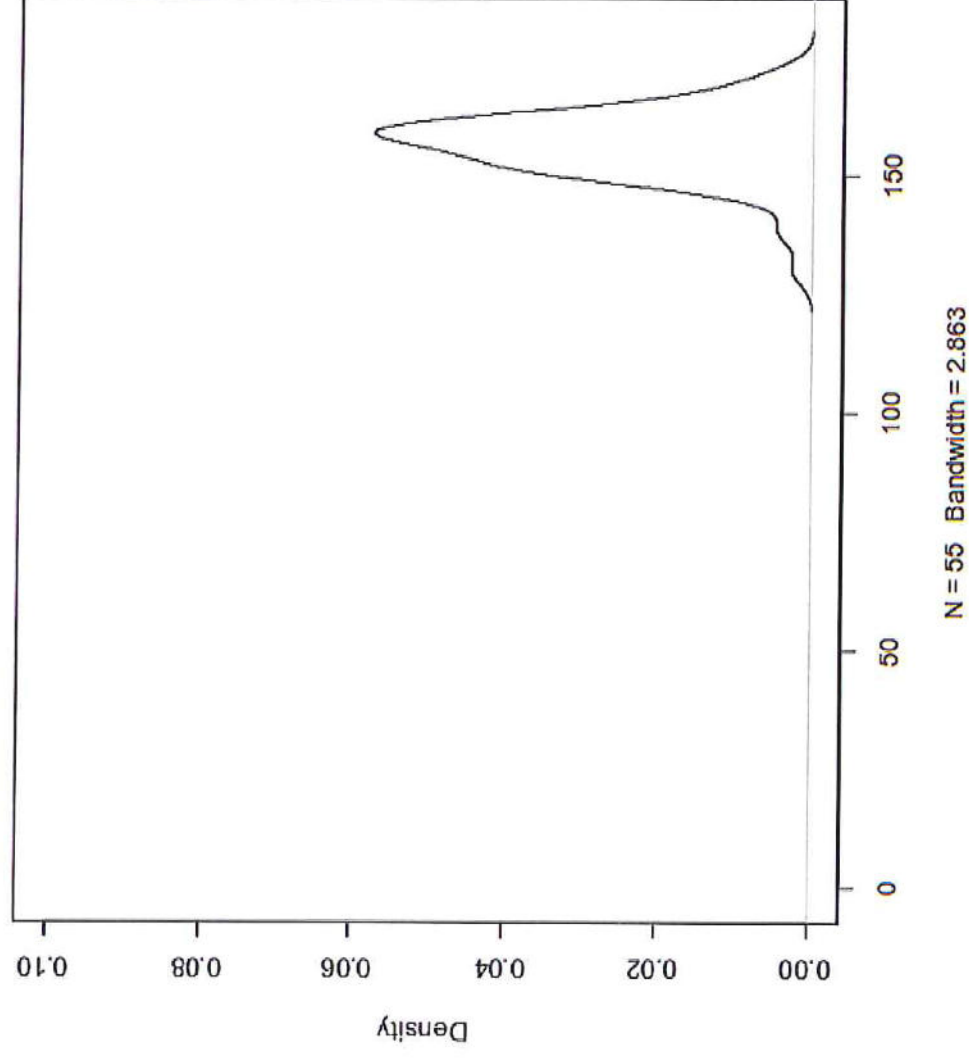
Teil 2: Ergebnisse der Stichproben 6-10

Øliche Verbesserung (Sortiergrad) bei maschineller Separation	13,69%	Testbehälter 6		Testbehälter 7		Testbehälter 8		Testbehälter 9		Testbehälter 10	
		in kg	in %	in kg	in %	in kg	in %	in kg	in %	in kg	in %
manuelle Sortierung	Ausgangsgewicht:	312,00	100,00%	596,00	100,00%	601,00	100,00%	291,00	100,00%	612,00	100,00%
	Reines Metall:	53,80	17,24%	288,00	48,32%	288,00	47,92%	38,00	13,06%	288,00	47,06%
	Altsande/Staub :	258,20	82,76%	308,00	51,68%	313,00	52,08%	253,00	86,94%	324,00	52,94%
maschinelle Sortierung (nach zweiter Sortierung)	Ausgangsgewicht:	312,00	100,00%	596,00	100,00%	601,00	100,00%	291,00	100,00%	612,00	100,00%
	Reines Metall:	65,20	20,90%	305,00	51,17%	313,00	52,08%	48,10	16,53%	309,00	50,49%
	Altsande/Staub :	246,80	79,10%	291,00	48,83%	288,00	47,92%	242,90	83,47%	303,00	49,51%
Ableitung Sortiergrad	manuell sortierter Metallanteil:	53,80	82,52%	288,00	94,43%	288,00	92,01%	38,00	79,00%	288,00	93,20%
	maschineller sortierter Metallanteil:	65,20	100,00%	305,00	100,00%	313,00	100,00%	48,10	100,00%	309,00	100,00%
	Vorteil Metallseparationsanlage:	11,40	17,48%	17,00	5,57%	25,00	7,99%	10,10	21,00%	21,00	6,80%
Øliche Verbesserung (Zeitaufwand) bei maschineller Separation	-85,77%	Testbehälter 6		Testbehälter 7		Testbehälter 8		Testbehälter 9		Testbehälter 10	
		in Minuten	in %	in Minuten	in %	in Minuten	in %	in Minuten	in %	in Minuten	in %
Zeitliche Bewertung	Zeitaufwand bei manueller Sortierung:	150	100,00%	150	100,00%	150	100,00%	150	100,00%	150	100,00%
	Σ Zeitaufwand bei maschineller Sortierung:	22,5	15,00%	20	13,33%	20	13,33%	22,5	15,00%	20	13,33%
	Vorteil Metallseparationsanlage:	-127,5	-85,00%	-130	-86,67%	-130	-86,67%	-127,5	-85,00%	-130	-86,67%

Anhang A2.1 Verteilungsdichte Splitterschrottklasse D5S Eisenwerk Erla GmbH

D5S

Verteilungsdichte Splitterschrotte

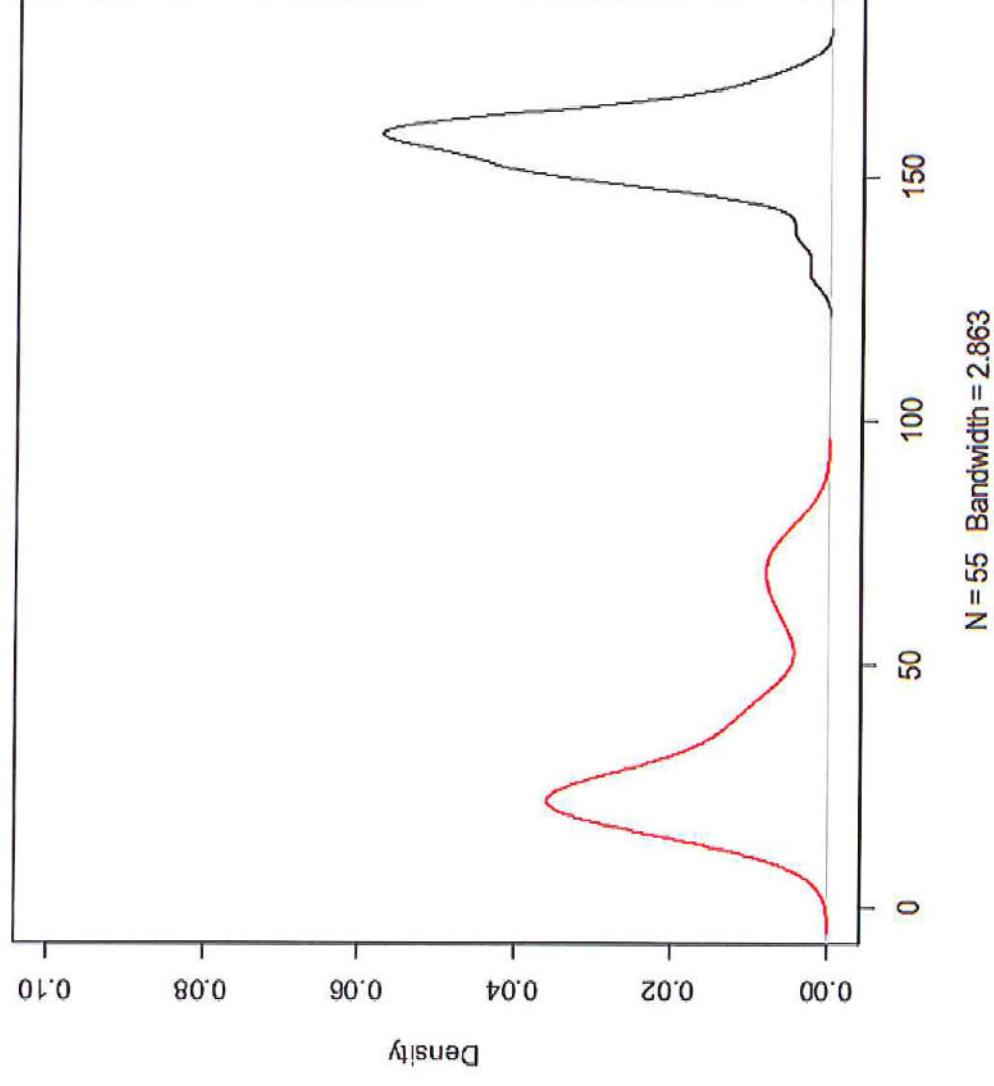


Anhang A2.2 Verteilungsdichte Splitterschrottklasse Stahl X1.4848 Eisenwerk Erla GmbH

D5S

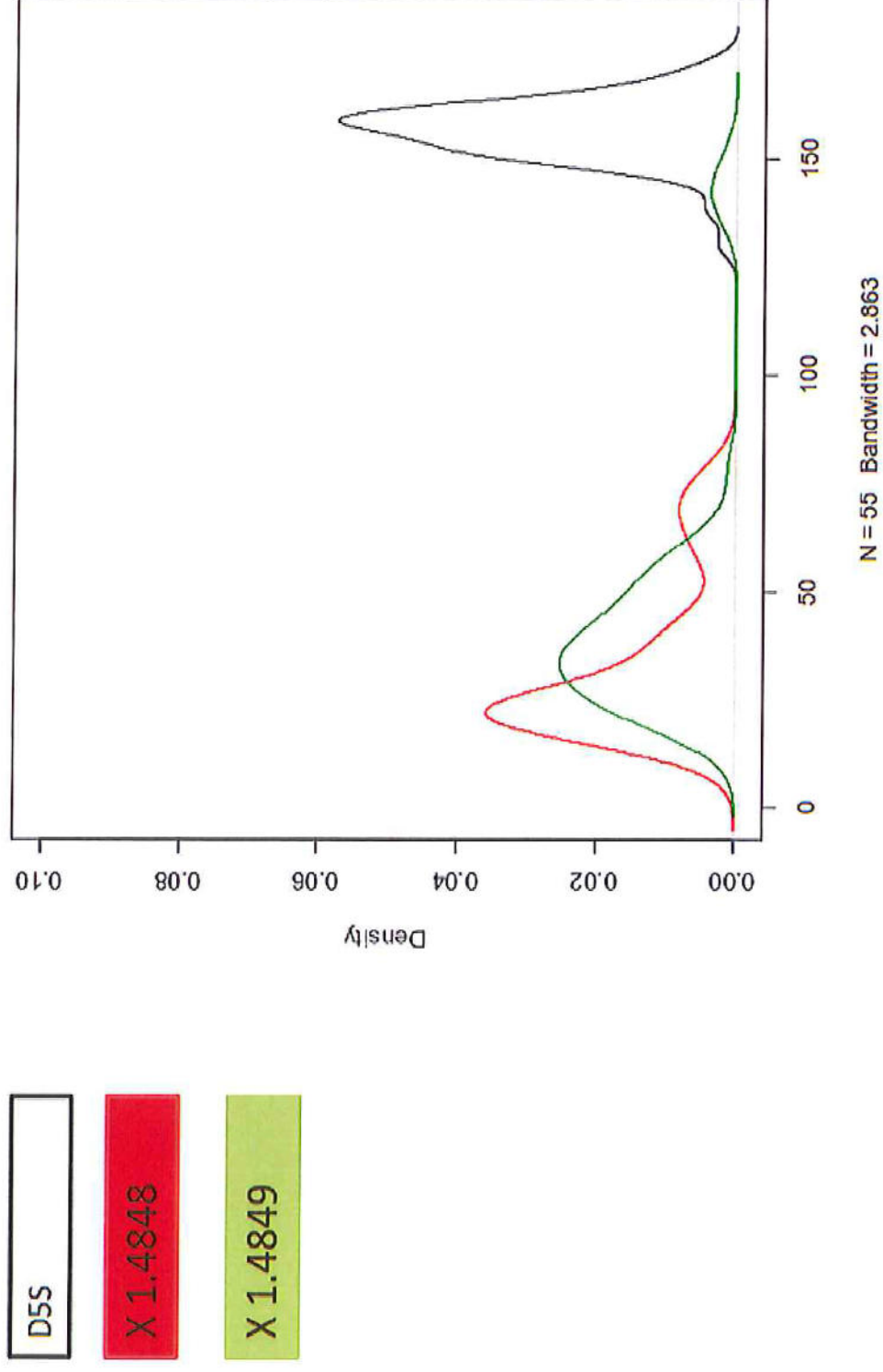
X 1.4848

Verteilungsdichte Splitterschrotte



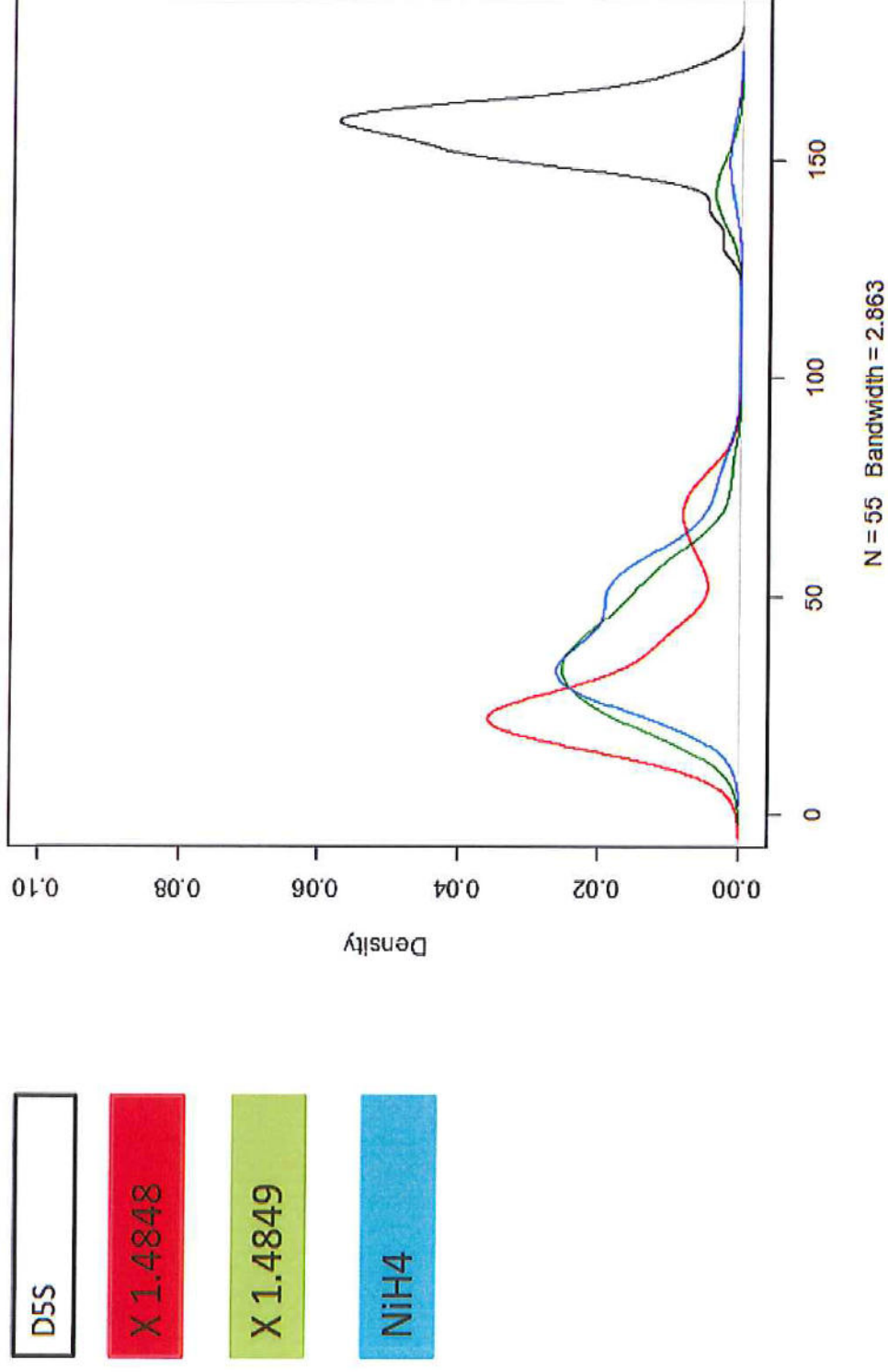
Anhang A2.3 Verteilungsdichte Splitterschrottklasse Stahl X1.4849 Eisenwerk Erla GmbH

Verteilungsdichte Splitterschrotte



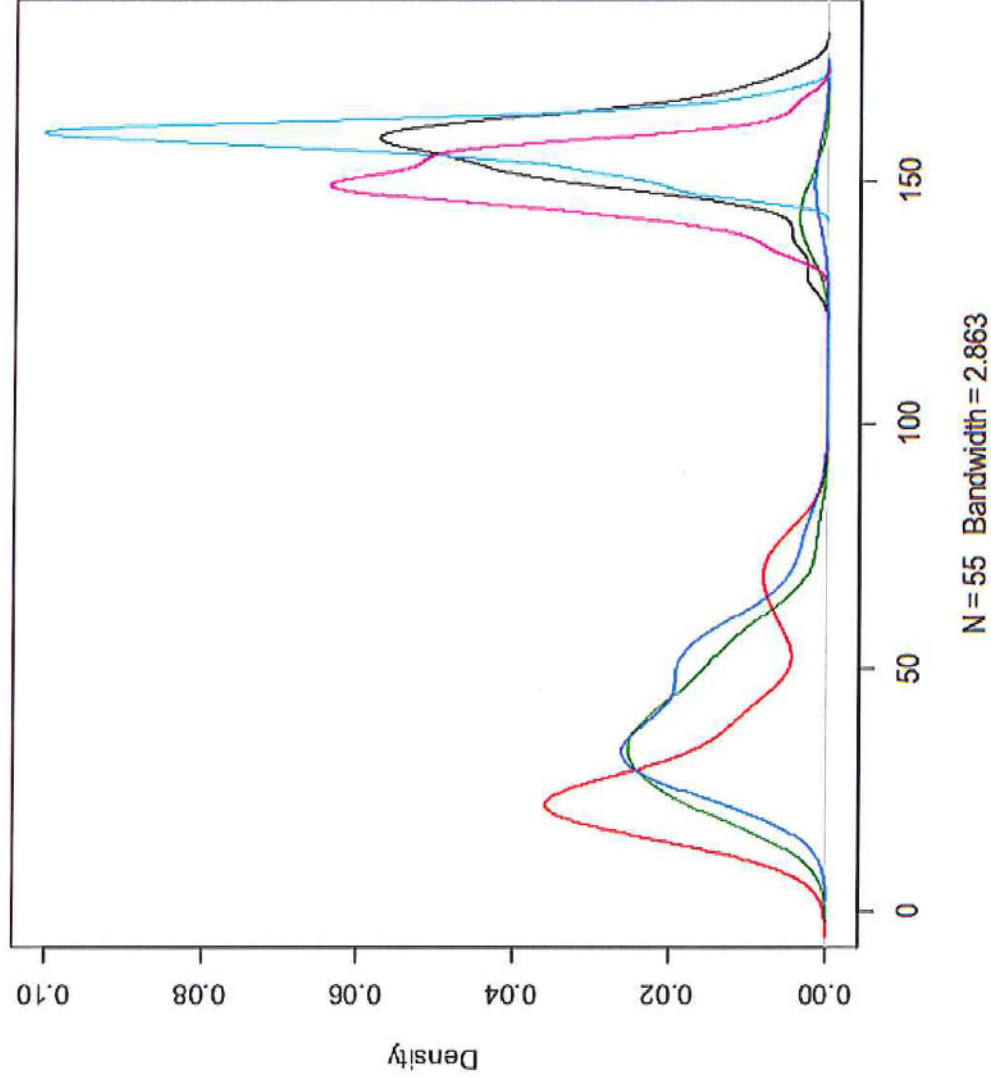
Anhang A2.4 Verteilungsdichte Splitterschrottklasse NiH4 Eisenwerk Erla GmbH

Verteilungsdichte Splitterschrotte



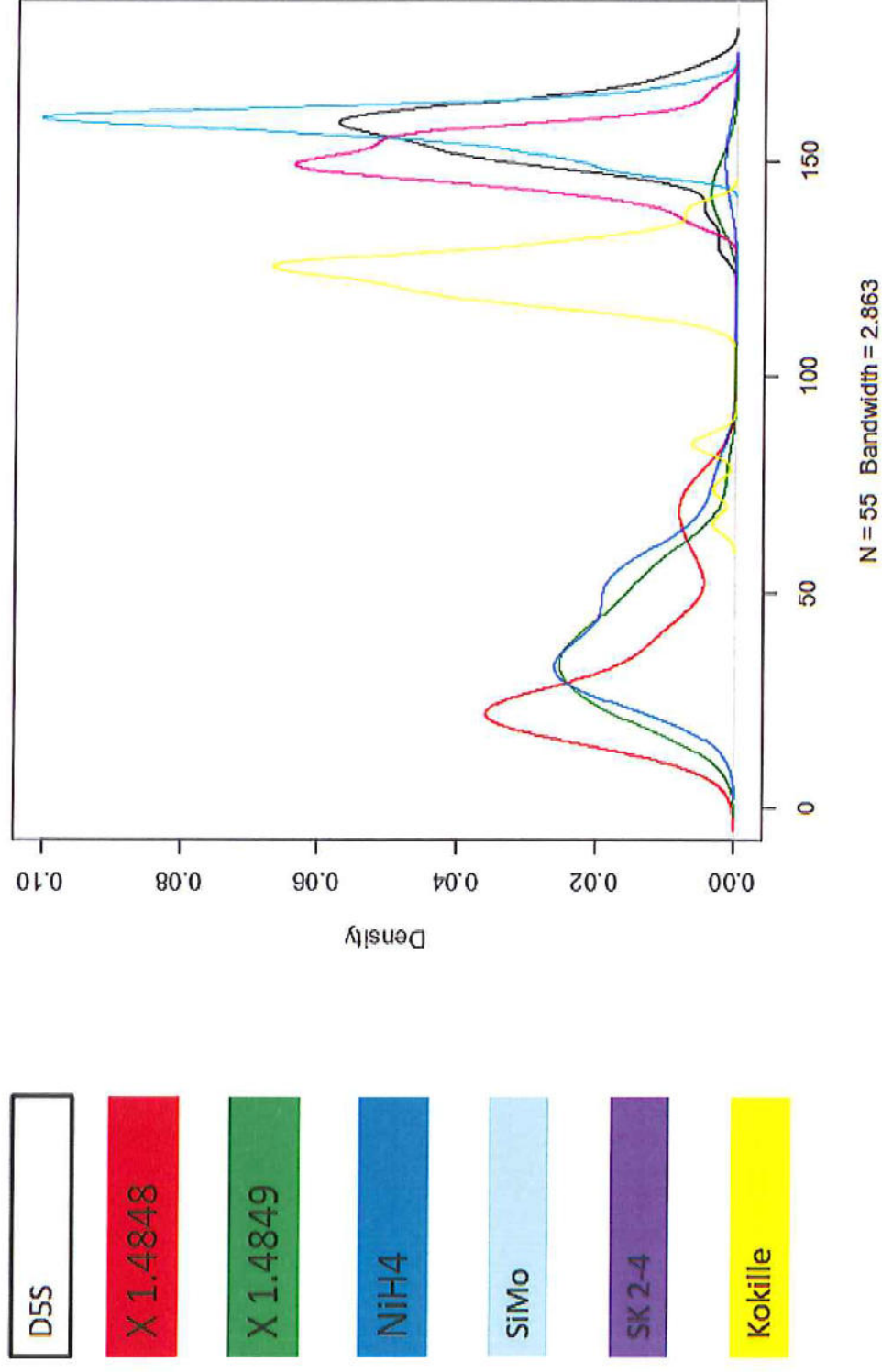
Anhang A2.5 Verteilungsdichte Splitterschrottklasse SK2-4 (GG Fraktionen) Eisenwerk Erla GmbH

Verteilungsdichte Splitterschrotte



Anhang A2.6 Verteilungsdichte Splitterschrottklasse GG-Kokillen Eisenwerk Erla GmbH

Verteilungsdichte Splitterschrotte



Anhang A3

Übersicht Investitionskosten (Intern/Anlage)

Quelle: Eisenwerk Erla GmbH Bericht „Verwendungsnachweis“ für KfW (

Anlage 1 des Verwendungsnachweises vom 07.03.2016 : Einzelaufstellung der Ausgaben

Zuwendungsempfänger: Eisenwerk Erla GmbH

Eisenwerk Erla

NKA3-03090

Angefallene Kosten/Zahlungen Projekt Metallseparationsanlage

Zahlungsdatum	Rechnungsdatum	Nettobetrag (EUR)	Zahlungsempfänger	Berechnete Leistung	Teilvorhaben	Projektbudget	lfd. Beleg Nr.
22.01.2015*	18.12.2014*	119.000,00 €	Incodecs GmbH	Metallseparationsanlage	35% Anzahlung (E1)	Extern	1
28.01.2015*	30.12.2014*	85.000,00 €	Incodecs GmbH	Metallseparationsanlage	25% Teillieferung (E2)	Extern	2
03.06.2015	25.05.2015	345,00 €	KGW	Wanddurchbruch	2. Intern Absaugung	Intern	3
03.06.2015	26.05.2015	883,00 €	Hörig	Montage Druckluftbehälter	1. Intern Druckluftspeicher	Intern	4
10.06.2015	21.05.2015	874,00 €	Liftec	Hebebühne	3. Intern Absaugung	Intern	5
10.06.2015	30.04.2015	4.052,75 €	AMR	Druckbehälter	1. Intern Druckluftspeicher	Intern	6
17.06.2015	19.05.2015	16.562,58 €	ETS	Absaugleitung + Installation	3. Intern Absaugung	Intern	7
17.06.2015	04.05.2015	1.117,46 €	Schramm & Lorenz	Anschluß Sortieranlage	1. Intern Elektro-Anschluß	Intern	8
24.06.2015	06.06.2015	3.120,00 €	MSV Schmalfuß	Transport & Montage mit Spezialtechnik	7. Intern Anlieferung & Aufbau	Intern	9
10.07.2015	12.06.2015	102.000,00 €	Incodecs GmbH	Metallseparationsanlage	30% Inbetriebnahme A (E3)	Extern	10
10.07.2015	12.06.2015	2.840,00 €	Incodecs GmbH	Metallseparationsanlage	Ergänzung für IBN	Extern	10
15.07.2015	15.06.2015	94,62 €	HSG Hydraulikservice	Lufe- und Klimatechnik	1. Intern Druckluftspeicher	Intern	11
05.08.2015	22.07.2015	861,50 €	KGW	Trockenbau bei MS-Anlage	3. Intern Anlagenumfeld	Intern	12
12.08.2015	13.07.2015	1.520,00 €	ETS	Absaugleitung + Installation	3. Intern Absaugung	Intern	13
31.08.2015	24.08.2015	600,00 €	KGW	Fußbodenverstärkung vor MS-Anlage	3. Intern Anlagenumfeld	Intern	14
31.08.2016	27.08.2015	417,30 €	Lutze Conveying	Montage Anlage	3. Intern Aufbau Anlage	Intern	15
31.08.2015	06.08.2015	44.230,00 €	Incodecs GmbH	Schlussrechnung	10% Restrate + Garantieoption	Extern	16
	Σ Ist-Aufwand	383.518,21 €					
	davon externer Aufwand:	353.070,00 €					
	davon interner Aufwand:	30.448,21 €					
	Σ Ist-Aufwand	383.518,21 €					
				Δ Ist-Aufwand vs Projektbudget			
					3.070,00 €		
					-2.551,79 €		
					518,21 €		

*Sonderfreigabe der Rechnungen durch KfW (Frau Winter & Frau Weber mit KfW Schreiben vom 11.06.2015)

erstellt:
Datum:

H.K. dw
H. Kindel
07.03.2016



Eisenwerk Erla GmbH
Gießereistraße 1
01340 Schwarzenberg

Anhang A4.1

Szenariorechnungen Einspareffekt A „Steigerung des Sortiergrades“

Hinweis 1: Aufgrund aktueller Analysen des Outputs der Metallseparationsanlage wird eine Annahme der Verteilung der verschiedenen Behälter mit dem Metall-Sand-Gemisch des auf 80 % des Typs „grob“ und nur 20 % des Typs „fein“ angenommen.

Hinweis 2: Obwohl die Sortierleistung bei fast 40 Kisten je Schicht liegt, ist der Materialneuzugang nur bei circa 25 Kisten je Schicht.

Hinweis 3: Bei der Bewertung des Einsparvolumens wurden ebenfalls die aktuellen Nickelpreise herangezogen. Diese unterliegen einem signifikanten Preisverfall seit der ursprünglichen Kalkulation (2014 > 2016).

Szenario 1: „Minimum Case“ mit minimalen Testergebnissen der maschinellen Sortierung

Ansatz 1 "Vorsichtsprinzip" (minimaleste Sortiierungsergebnisse als Basis)	Einsparung	Ansatz 20%		Ansatz 80%		ΣΣ	in EURO
		Minimalwert Fein		Minimalwert Grob			
		Ø Behälter kg	8,4	14,00	22,40		
		Ø Kg / Kisten je Schicht (25)	42	280	322,00		
		Ø Monat (21 AT) kg	882	5880	6762,00		
		Ø Jahr (12 Mon.) in t	10,58	70,56	81,14		
		reiner Nickel (35%) /p.a.	3,70	24,70	28,40	227.203,20 €	
		reiner Nickel (35%) / p.m.	0,3087	2,058	2,37	18.933,60 €	

Anhang A4.2

Szenariorechnungen Einspareffekt A „Steigerung des Sortiergrades“

Hinweis 1: Aufgrund aktueller Analysen des Outputs der Metallseparationsanlage wird eine Annahme der Verteilung der verschiedenen Behälter mit dem Metall-Sand-Gemisch des auf 80 % des Typs „grob“ und nur 20 % des Typs „fein“ angenommen.

Hinweis 2: Obwohl die Sortierleistung bei fast 40 Kisten je Schicht liegt, ist der Materialneuzugang nur bei circa 25 Kisten je Schicht.

Hinweis 3: Bei der Bewertung des Einsparvolumens wurden ebenfalls die aktuellen Nickelpreise herangezogen. Diese unterliegen einem signifikanten Preisverfall seit der ursprünglichen Kalkulation (2014 > 2016).

Szenario 2: „Best Case“ mit durchschnittlichen Testergebnissen je Sortierung

Ansatz 2 "Best Case Szenario" (durchschnittliche Sortiierungsergebnisse als Basis)	Einsparung	Ansatz 20%		Ansatz 80%		ΣΣ	in EURO
		Minimalwert Fein	Minimalwert Grob	Minimalwert Fein	Minimalwert Grob		
	Ø Behälter kg	12,26	20,60			32,86	
	Ø Kg / Kisten je Schicht (25)	61,3	412			473,30	
	Ø Monat (21 AT) kg	1287,3	8652			9939,30	
	Ø Jahr (12 Mon.) in t	15,45	103,82			119,27	
	reiner Nickel (35%) / p.a.	5,41	36,34			41,75	333.960,48 €
	reiner Nickel (35%) / p.m.	0,450555	3,0282			3,48	27.830,04 €