

## **Abschlussbericht BIS Förderung**

**BMUV-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM**

**Abschlussbericht**

**zum Vorhaben**

*(Ressourcenschonende Beschickung von Aluminiumschmelzöfen über ein automatisiertes  
Batch Intelligence System (BIS) KfW-Az: NKa3-3351)*

**Zuwendungsempfänger/-in**

*(Aluminium Norf GmbH)*

**Umweltbereich**

*(Ressourcen)*

**Laufzeit des Vorhabens**

*(02.12.2019 – 30.12.2022)*

**Autor/-en**

*Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Stefan Ixfeld  
Dr.-Ing. Dipl.-Inform. Klaus Werner Döhl*

**Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit  
und Verbraucherschutz**

**Datum der Erstellung**

*(28.02.2023)*

### Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA:	Projekt-Nr.:
Titel des Vorhabens: <i>Ressourcen schonende Beschickung von Aluminiumschmelzöfen über ein automatisiertes Batch Intelligence System (BIS)</i>	
Autor/-en (Name, Vorname): Ixfeld, Stefan Dr. Döhl, Klaus Werner	Vorhabenbeginn: 02.12.2019  Vorhabenende (Abschlussdatum): 30.12.2022
Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift): Aluminium Norf GmbH Koblenzer Straße 120 41468 Neuss	Veröffentlichungsdatum: 28.02.2023  Seitenzahl: 33
Gefördert im BMUV-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz	
Die Zusammenstellung von Chargen zum Einschmelzen erfolgt unter massivem Einsatz von Flurförderzeugen und mit manuellem Arbeiten. Im Rahmen des BIS-Projektes (BIS = Batch Intelligence System) soll der Vorgang der Chargenzusammenstellung automatisiert werden: Das Transportsystem und das Kübellager wurde automatisiert, damit Gabelstaplertransporte eingespart und die Arbeitssicherheit in dem Bereich wesentlich verbessert. Vermeidung von Chargenverwechselungen reduzieren die Menge des erforderlichen Primärmetalls. Die Software zur intelligenten Chargenplanung ermöglicht die weitere Minimierung des Primärmetall- und Legierungsmetall-Einsatzes.	
Schlagwörter: Automatisiertes Transportsystem, intelligente Chargenplanungs-Software (ICS), Lagerverwaltungssystem, Chargenplanung,	
Anzahl der gelieferten Berichte Papierform: 1 Elektronischer Datenträger: 1	Sonstige Medien: Veröffentlichung im Internet geplant.

## Report Coversheet

Reference-No. Federal Environment Agency:	Project–No.:
<b>Report Title:</b> Resource-saving charging of aluminum melting furnaces via an automated Batch Intelligence System (BIS)	
<b>Author/Authors (Family Name, First Name):</b> Ixfeld, Stefan Dr. Döhl, Klaus Werner	<b>Start of project:</b> 02.12.2022
	<b>End of project:</b> 30.12.2022
<b>Performing Organisation (Name, Address):</b> Aluminium Norf GmbH Koblenzer Straße 120 41468 Neuss	<b>Publication Date:</b> 28.02.2023
	<b>No. of Pages:</b> 33
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection	
<p>The compilation of batches for melting down is carried out with massive use of floor conveyors and with manual work. As part of the BIS project (BIS = Batch Intelligence System), the process of batch assembly is to be automated:</p> <p>The transport system and the box storage were both automated, thus saving forklift transports and significantly improving work safety in the area. Avoidance of batch mix-ups reduce the amount of primary metal required. Intelligent batch planning software enables further minimization of primary metal and alloy metal use.</p>	
<b>Keywords:</b> Automated transportation system, intelligent batch planning software (ICS), warehouse management system, batch planning,	

## Inhalt

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>5</b>
1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner.....	5
1.2. Ausgangssituation .....	5
<b>2. Vorhabenumsetzung.....</b>	<b>9</b>
2.1. Ziel des Vorhabens.....	9
2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten) .....	10
2.3. Umsetzung des Vorhabens .....	13
2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen) .....	14
2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten .....	14
2.6. Konzeption und Durchführung des Messprogramms.....	14
<b>3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung.....</b>	<b>14</b>
3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung .....	14
3.2. Stoff- und Energiebilanz.....	21
3.3. Umweltbilanz .....	22
3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	26
3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren .....	26
<b>4. Übertragbarkeit .....</b>	<b>28</b>
4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung .....	28
4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts).....	28
4.3. Kommunikation der Projektergebnisse .....	29
<b>5. Zusammenfassung/ Summary .....</b>	<b>30</b>
<b>6. Literatur .....</b>	<b>31</b>
<b>7. Anhang .....</b>	<b>32</b>

Abbildung 1: Ausgangssituation: Kübel für Chargen in festen Reihen angestellt .....	6
Abbildung 2: hohes Sicherheitsrisiko durch Stapler, Krane, Transporte im Lagerbereich .....	6
Abbildung 3: Kreislaufmetall im Kübel mit Wiegekarte .....	7
Abbildung 4: In solchen Chargierkübeln werden Chargen zusammengestellt .....	8
Abbildung 5: Kübeltransport auf oberer Ebene reduziert Risiken im Querverkehr anderer Transportvorgänge .....	10
Abbildung 6: Kübeltransporte auf oberer Ebene; darunter können Quertransporte mit Stapler stattfinden .....	11
Abbildung 7: Prozessabläufe für: transportieren, Daten verarbeiten, plane .....	12
Abbildung 8: Bauabschnitte 1-3 für die Errichtung des Transportsystems .....	13
Abbildung 9: wesentliche Kübeltypen für die Kreislaumetalle .....	15
Abbildung 10: nicht transportfähige Kübel müssen repariert werden .....	15
Abbildung 11: transportfähiger Metallkübel für das Transportsystem .....	16
Abbildung 12: RFID-Tag am Metallkübel für die Identifikation im Transportsystem .....	16
Abbildung 13: Bildschirmübersicht über die ICS Planungssoftware .....	17
Abbildung 14: Kreislaufmetalle in Metallkübeln des neuen automatischen Metalllagers .....	17
Abbildung 15: Einschleusbereich mit Kettenförderern und Verschiebewagen .....	18
Abbildung 16: Umsetzer-Bühne auf der oberen Transportebene .....	18
Abbildung 17: Umsetzmanipulator .....	19
Abbildung 18: Verfahrwagen für Kübeltransport .....	19
Abbildung 19: Querkettenförderer auf obere Ebene .....	20
Abbildung 20: Automatisches Lager mit Automatikkrane .....	20
Abbildung 21: Kippmanipulator: entleert die Kreislaufschrotte in den Chargierkorb .....	21
Abbildung 22: Anzeige Massel- und Vorlegierungsanteil .....	22
Abbildung 23: BIS Einspar- und Verbesserungspotentiale (Umweltbereich und Wirtschaftlichkeit) .....	22
Abbildung 24: mögliche Einsparpotentiale mit legierungsreiner Chargenstellung .....	23
Abbildung 25: Formel für jährliche CO2 Emissionsreduzierung .....	23
Abbildung 26: kalkulierte Umweltentlastung durch den Einsatz von BIS .....	24
Abbildung 27: Produktionsmenge und Masseinsatz 2022 .....	24
Abbildung 28: Produktionsmenge und Masseinsatz 2023 .....	25
Tabelle 1: Wirtschaftlichkeit BIS-Projekt .....	26
Tabelle 2: technischer Vergleich: vor BIS / mit BIS .....	28

## 1. Einleitung

### 1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner

Die Aluminium Norf GmbH, kurz „Alunorf“ ist das größte Aluminiumschmelz- und Walzwerk der Welt. Wir sind führend in der Herstellung von warm- und kaltgewalzten Aluminium-Bändern.

Rund 1,5 Mio. Tonnen gewalztes Aluminium verlassen jährlich unser Werk. Unsere Kunden fertigen daraus zum Beispiel Dosen, Folien, Offset-Druckplatten und Automobilteile. Alunorf ist ein Joint Venture der Novelis Deutschland GmbH und der Speira GmbH. Wir produzieren ausschließlich für unsere Gesellschafter, die das Vormaterial an ihren Standorten in der ganzen Welt weiterverarbeiten.

Gemeinsam mit Novelis, Speira und Alunorf wurde das BIS Projekt (Batch Intelligence System) initiiert. Umgesetzt wurde das Projekt im Wesentlichen mit Fima CTI Systems, Spezialist für Intralogistik und Firma Bisoaire, Spezialist für die Programmierung von Planungssoftware. Das Alunorf Projektteam hat die Umsetzung geplant, gesteuert und ausgeführt.

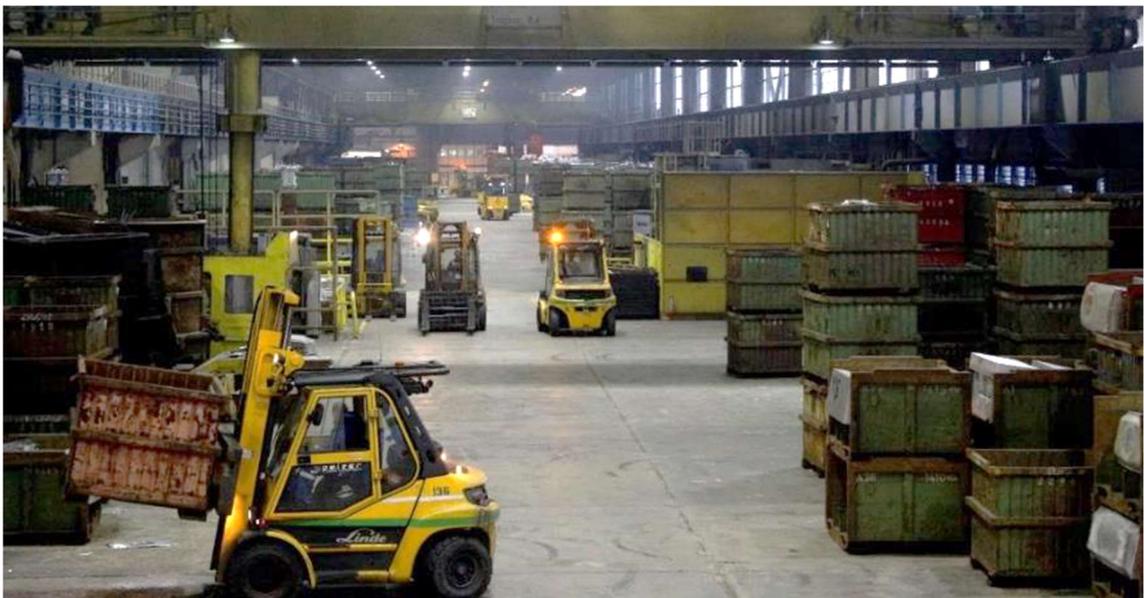
### 1.2. Ausgangssituation

Alunorf ist in drei Produktionsbereiche strukturiert. Es sind die Bereiche Aluminiumschmelzwerk, Warmwalzwerk, Kaltwalzwerk.

Der Bereich des Aluminiumschmelzwerkes (ASW) hat im Wesentlichen die Aufgabe, die Kreislaufmetalle aus den eigenen Fertigungsschritten des gesamten Werkes sowie Verarbeitungsmetalle der Partner wieder aufzuschmelzen und in produktspezifische Walzbarren zu gießen. Inzwischen werden aber auch große Mengen an Metallschrotten von extern zum Einschmelzen angeliefert.



*Abbildung 1: Ausgangssituation: Kübel für Chargen in festen Reihen angestellt*



*Abbildung 2: hohes Sicherheitsrisiko durch Stapler, Krane, Transporte im Lagerbereich*

Aufgrund der Legierungsvielfalt und den schnell anfallenden, asynchronen Rücklaufmetallen entsteht hoher Platzbedarf für die Bereitstellung und Zuteilung der Metalle zu neuen Chargen. Andererseits wird eine hohe Umschlaghäufigkeit des Materials gefordert, um das im Material gebundene Kapital gering zu halten. Mit der hohen Umschlaghäufigkeit müssen die gelagerten Metallkübel auch mit ungünstigen Aluminiumlegierungen einer Charge zugeteilt werden. Für die Herstellung einer neuen Legierung innerhalb der Legierungstoleranzen ist der Einsatz von

Aluminiummasseln in nicht unwesentlichen Mengen notwendig. Diese Masseln bestehen aus Primäraluminium, welche energieintensiv über den Bauxitabbau und die Elektrolyse von Aluminiumoxid hergestellt werden und von den Partnern (Novelis u. Speira) auf dem Weltmarkt zugekauft und ins Werk transportiert werden müssen. Massel- und Vorlegierungseinsatz führen zu hohen Fertigungskosten und Umweltbelastungen durch CO<sub>2</sub>-Emissionen.

### Vereinnahmen

Beim Vereinnahmen des Materials wird an den Metallkübeln jeweils eine Legierungskarte mit Kennzeichnung der Menge und der Legierungszusammensetzung angebracht. Die Metallkübel werden im Lager in Reihen zusammengestellt.



Abbildung 3: Kreislaufmetall im Kübel mit Wiegekarte

Nach der bisherigen Vorgehensweise erfolgt die „Anstellung“ eines Metallkübels zu einer Charge bis zu 48 Stunden vor dem eigentlichen Chargieren in den Schmelzofen. (Durch eine – mit BIS realisierte – späte Anstellung der Chargen können frisch angelieferte Chargen mit ggf. günstigerer Legierungszusammensetzung genutzt werden, um den Aufwand an Vorlegung oder Primäraluminiummasseln zu verringern.)

### Chargieren

Metallkübel können im Lager nur seriell für eine Charge angestellt werden. Der Kippkran entnimmt die Metallkübel aus einer Reihe und kippt den Inhalt in einen Chargierkorb. So können bis zu 20 t Metallkübelinhalt in einen Chargierkorb gekippt und für eine neue Charge bereitgestellt werden. Im Durchschnitt werden ca. zwei bis drei Chargierkörbe für eine neue Charge in den Schmelzofen entleert. Viele kleine Lose unterschiedlicher Arten von Kreislaufmetallen (Barren, Coils, Sägeabschnitte) werden über andere Chargier-Einrichtungen wie Rutschen und C-Haken zugeführt. Dies ist mit höherem Zeitaufwand und damit höheren

Wärmeverlusten des Schmelzofens verbunden.



*Abbildung 4: In solchen Chargierkübeln werden Chargen zusammengestellt*

### **Schmelzen und Gießen**

Nach dem Einschmelzen der neuen Charge wird eine Legierungsprobe entnommen und analysiert. Wenn die Legierungselemente aufgrund suboptimalen Metalleinsatzes außerhalb der Toleranzen sind, muss mittels Primäraluminiummasseln und zusätzlicher Legierungselemente nachgebessert werden. Die zusätzlichen Prozessschritte kosten Zeit und Geld. Mit der Systemoptimierung durch das BIS Projekt werden Ressourceneinsätze und Kosten gespart.

Weiterhin gehören zur Ausgangssituation:

- Intensiver Einsatz von dieselbetriebenen Gabelstaplern zur Beförderung einzelner Kübel im Hallenbereich
- Erfordernis der koordinierten Bewegung von Gabelstaplern und Kranen im gleichen Bereich des Metall-Lagers mit Sicherheitsrisiken
- Fehleranfällige manuelle Tätigkeit zur Kennzeichnung und Auswahl von Kübeln

## **2. Vorhabenumsetzung**

### 2.1. Ziel des Vorhabens

Primäres Ziel des Projektes sind Kosteneinsparungen durch Reduzierungen von Primäraluminiummasseln und Legierungselementen. Mit der Einsparung von Primäraluminium erfolgt auch die Reduzierung der CO<sub>2</sub> Emission.

Mit Optimierung des Metalleinsatzes von Alunorf, Novelis und Speira, durch optimale Lagerung und Zuteilung der Aluminiumlegierungen zu einer Charge, kann der Masseinsatz um ca. 45.000 t jährlich reduziert werden. Damit verbunden ist die Reduzierung der jährlichen CO<sub>2</sub> Emission von ca. 500.000 t.

Ein weiteres Ziel ist die effizientere Gestaltung der Schmelzprozesse. Durch den Einsatz von zusätzlichen Kreislaufmetallen über die Chargierkörbe können die Kreislaufmetalle effizient in den Schmelzofen gegeben werden anstatt in vielen kleinen Losen über Rutschen und Vorrichtungen. So können Tonnagen von bis zu 20 Tonnen unmittelbar in den Schmelzofen gegeben werden. Dadurch werden Deckelöffnungszeiten und Energieverbräuche reduziert. Die erforderlichen Nachheizzeiten verkürzen sich. Durch das weniger häufige Beschicken des Schmelzofens reduziert sich die Gefahr für Ofenbeschädigungen. Unnötige Abkühlungen, Reparaturen und Aufheizungen werden reduziert. Kapazitätsgewinne und Energieeinsparungen sind die Folge. Weiter reduzieren sich die Zeiten für Nachlegierungen, wenn die optimal zusammengestellte Charge in der Legierungszusammensetzung innerhalb ihrer erwarteten Toleranzen liegt.

Die damit verbundenen Kapazitätssteigerungen werden jährlich auf etwa 21.000 t eingeschätzt.

Mit der Einbindung von BIS in den Produktionsablauf erwarten wir eine deutliche Reduzierung der Unfallgefahren im manuellen Kübellagerbereich. Hierzu wurde eine Bewertung der Unfallrisiken durchgeführt. Das Risikoring sinkt von 799 auf 126 Punkte, d.h. 84% der Unfallrisiken werden damit reduziert. Der Bedarf von Fußgängern, Fahrzeugen und der Einsatz manuell betriebener Krane entfällt im zukünftigen Automatikbereich. Die lärmbelastenden Arbeitsplätze auf den manuellen Kranen im Bereich der Metall-Lagerung entfallen gänzlich.

## 2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Mit BIS wird das Kübellager im ASW automatisiert. Die in Kübel angelieferten Kreislaufmetalle werden an einer Stelle zentral vereinnahmt und über ein vollautomatisches Lagersystem, sowohl eingelagert als auch bei der Chargenplanung dem Produktionsprozess wieder zugeführt.

Die Vollautomatisierung des Kübellagers ermöglicht die Substitution fast aller Tätigkeiten in dieser Halle (Metallkübel-An- u. Abtransport durch Schlepper, Stapler und Krane; manuelle Tätigkeiten wie Verwiegen, Chargenzuordnung, Kübelsuche bei falscher Zuordnung). Lediglich die Metallkübelanlieferung zu BIS in einem kleinen überschaubaren Bereich verbleibt. Durch die technische Lösung, den Längstransport der Kübel auf einer höheren Ebene zu verlagern, entfallen diese Transporte im Kübellager. Für die Querung der Halle stehen dem werkintern notwendigen Verkehr zukünftig kreuzungsfreie Wege zur Verfügung.

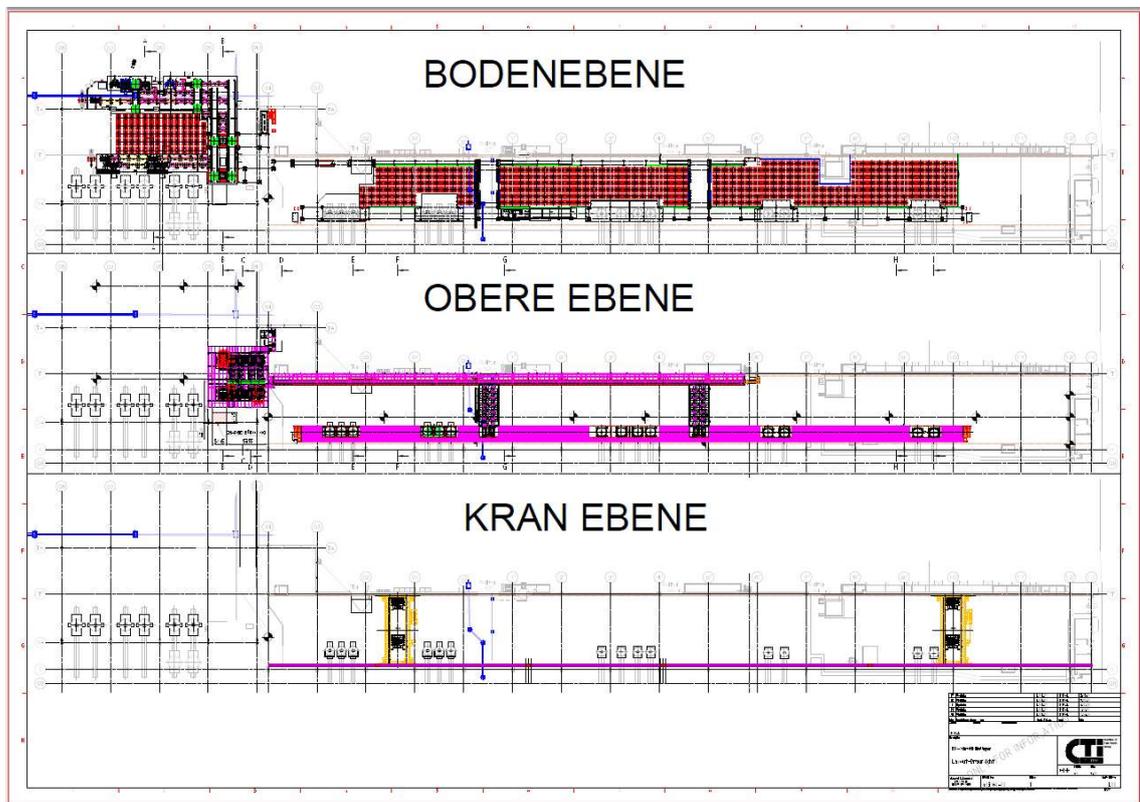


Abbildung 5: Kübeltransport auf oberer Ebene reduziert Risiken im Querverkehr anderer Transportvorgänge



*Abbildung 6: Kübeltransporte auf oberer Ebene; darunter können Quertransporte mit Stapler stattfinden*

Die wesentlichen Komponenten der Transporttechnik sind: Längskettenförderer, Wiegeeinrichtungen, Verfahrwagen, Lifte, Umsetzmanipulatoren, Querkettenförderer, Hubstationen und Kippmanipulatoren und die Lagerkrane. Die intelligente Chargenplanungssoftware (ICS) gibt die optimalen Bestimmungsorte der Kreislaufmetalle vor. Die Anlagensteuerung setzt die Vorgaben in Transportaufträge um. Sensorik überwacht die automatischen Transportvorgänge.

Das Transportsystem ist für eine Kapazität von bis zu 72 Kübel pro Stunde ausgelegt. Es werden zukünftig ca. 800.000 t Kübelmetalle mit BIS verarbeitet werden. Das entspricht einer Kapazitätserhöhung von 34%.

Mit Hilfe der intelligenten Chargenplanungssoftware erfolgt die Bereitstellung im Lager oder die direkte Zuteilung zu einer Charge für einen Chargierkorb. In Abhängigkeit der Produktionssituation können so zwischen 30% und 80% der vereinnahmten Kübel direkt gekippt und leer wieder ausgeschleust werden (vorher waren es 0 %, da die Kübel in festen Lagerreihen gestellt wurden). Der notwendige Lagerbedarf wird reduziert. Mit der elektronischen Avisierung der Kübel entfallen die manuellen Legierungskarten an den Schrottkisten. Die Avisierung der Legierungen zur Kübelnummer erfolgt direkt an den Kreislaufmetallanfallstellen unserer Produktionsanlagen.

Die Kübel sind mit RFID Tags (radio frequency identification) ausgerüstet. So können Kübeltyp, Tara-Gewicht und die zugeordnete Legierung im BIS-System erfasst werden. Die Waage des Transportsystems ermittelt das Gewicht der Kreislaufmetalle. Regeln und Algorithmen der ICS Software legen den Bestimmungsort der Schrottkiste fest.

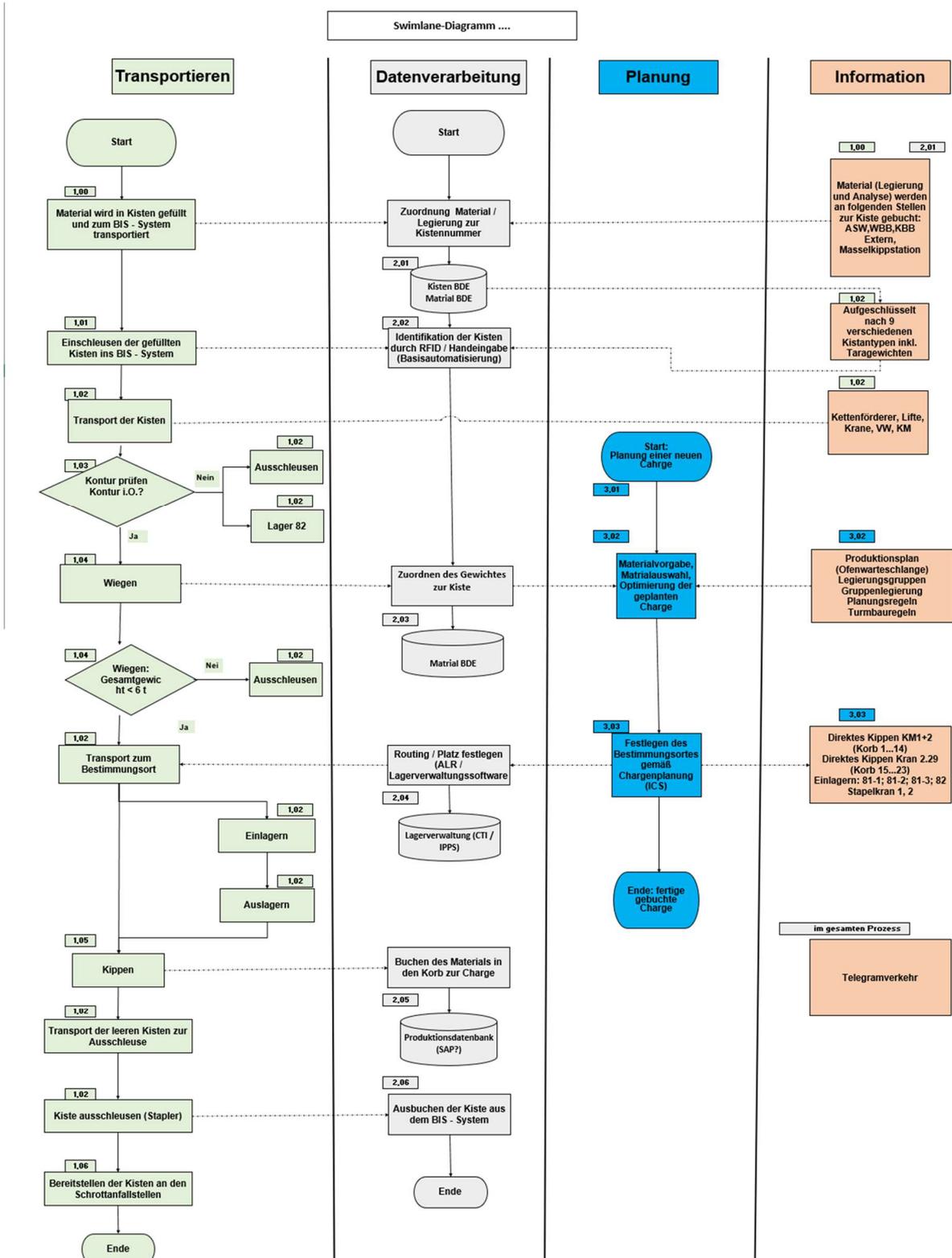


Abbildung 7: Prozessabläufe für: transportieren, Daten verarbeiten, plane

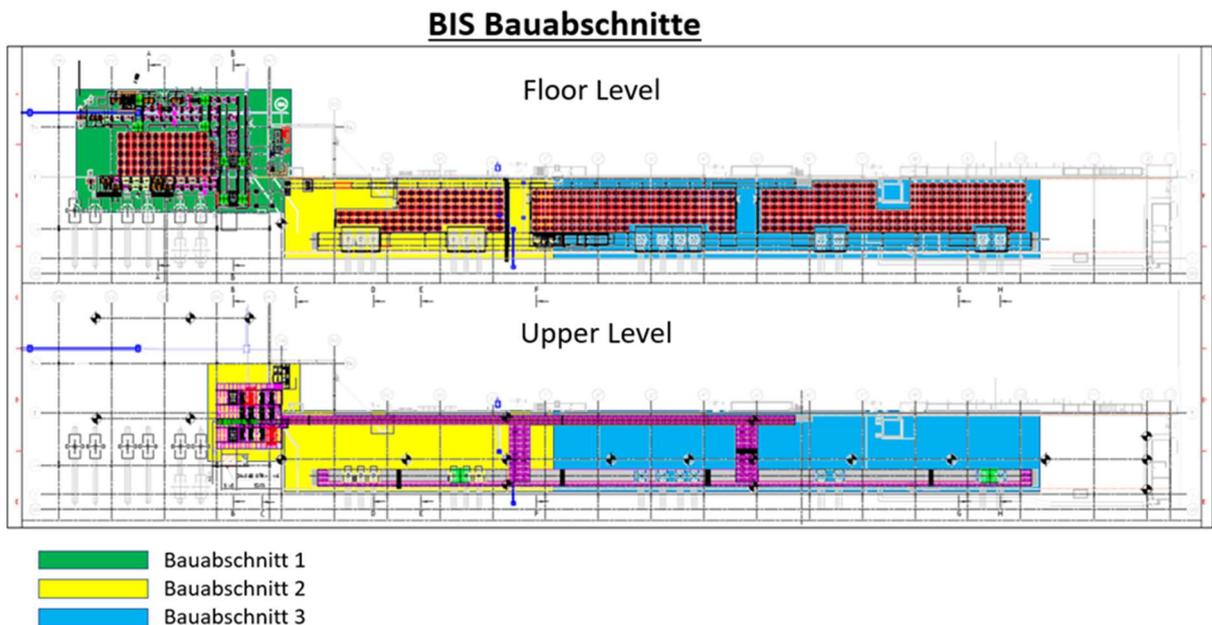
### 2.3. Umsetzung des Vorhabens

Die Montage und Inbetriebnahme des Transportsystems erfolgte während des laufenden Produktionsbetriebes und wurde deshalb in drei Bauabschnitte gegliedert. Jeder Bauabschnitt bestand aus zwei Bauphasen:

Bauabschnitt 1: Einschleusbereich & Transporttechnik zu Lagerbereich 82

Bauabschnitt 2: Lifte mit Umsetzerbühne & Transporttechnik für Lagerbereich 81-1

Bauabschnitt 3: Transporttechnik Lagerbereiche 81-2 & 81-3.



*Abbildung 8: Bauabschnitte 1-3 für die Errichtung des Transportsystems*

Nach der Fertigstellung eines Bauabschnittes erfolgte jeweils die Inbetriebnahme, ein Probetrieb und eine Leistungsabnahme. Mit der Leistungsabnahme startete die produktive Teilnutzung des Systems. Mit Fertigstellung des Bauabschnittes 2 konnte erstmalig ein Anteil der ICS Software in Betrieb genommen und getestet werden. Die Intralogistikfirma CTI Systems aus Luxemburg übernahm die Konzeptionierung, Konstruktion, Montage und Inbetriebnahme des Transportsystems in enger Koordination mit dem Alunorf Projektteam.

Die Teilprojekte Stromversorgung, Leitstand und Entladehalle wurden vom Alunorf Projektteam geplant und mit lokalen Anbietern umgesetzt.

Die intelligente Chargenplanungssoftware ICS wurde in Gemeinschaftsarbeit mit dem Alunorf Projektteam und den Softwarespezialisten der Fa. Bisonaire entwickelt. In Workshops wurden die Rahmenbedingungen definiert. Die aktuellen Prozessabläufe wurden analysiert, Sollprozesse wurden abgebildet. Es musste ein sehr umfangreiches Regelwerk für die Chargenplanung erstellt werden. Das Regelwerk war Basis für die Programmierung der

Algorithmen der ICS Software. Mit der Inbetriebnahme wurden die Chargenplaner vor Ort intensiv geschult und weitere Softwareoptimierungen vorgenommen. Die letzten Schulungen konnten mit dem 2.11.2022 erfolgreich abgeschlossen werden. Die neuen Prozesse sind vollständig etabliert.

#### 2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Die erforderlichen Baugenehmigungen für die durch BIS zusätzlich notwendige Stromversorgung in einer Trafostation, ein Leitstandgebäude und eine neue Entladehalle wurden eingeholt. Dafür wurden Baugenehmigungen eingeholt. Auflagen der Genehmigungen waren die Überarbeitung und Ergänzung unseres Brandschutz- und Fluchtwegekonzeptes aufgrund der baulichen Veränderungen.

Die Änderung in Bezug auf das BIS-Projekt wurde in einer Anzeige nach § 15 BImSchG bei der zuständigen Behörde angezeigt. Die Behörde hat die Anzeige mit Bescheid 53.03-0173542-0800-A 15-0173/20 vom 07.08.2020 bestätigt.

#### 2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Wesentliche Merkmale für die Erfolgskontrolle des BIS Projektes ist die Verfolgung des Primäraluminium- und Vorlegierungseinsatzes. Mit der Substitution von Primäraluminiummasseln und Vorlegierungen durch hochwertige sortenreine Prozessschrotte reduziert sich der Massel- und Vorlegierungseinsatz und damit ergeben sich reduzierte CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Nach weiteren Optimierungen und einer vollständigen Leistungsabnahme Ende 2022, läuft die Anlage in vollem Umfang seit Januar 2023. Erste Erfolge können bereits aufgezeigt werden.

#### 2.6. Konzeption und Durchführung des Messprogramms

Ein Messprogramm für BIS wurde nicht durchgeführt.

### **3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung**

#### 3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung

Das BIS-Projekt konnte erfolgreich umgesetzt werden. Mit hohem logistischem Aufwand konnte die Integration des Transportsystems bei laufender Produktion durchgeführt werden. Mit Inbetriebnahme des Transportsystems wurde festgestellt, dass nicht alle Kübel transportfähig waren. Ein Anteil der Kübel wurde umgerüstet, ein weiterer Anteil wurde für die Transportfähigkeit ertüchtigt. In den Kontrollstationen des Transportsystems wird die Transportfähigkeit der Kübel mittels Scanner festgestellt. Nicht transportfähige Kübel werden

aus dem System ausgeschleust. Diese Kübel müssen überarbeitet bzw. repariert werden.

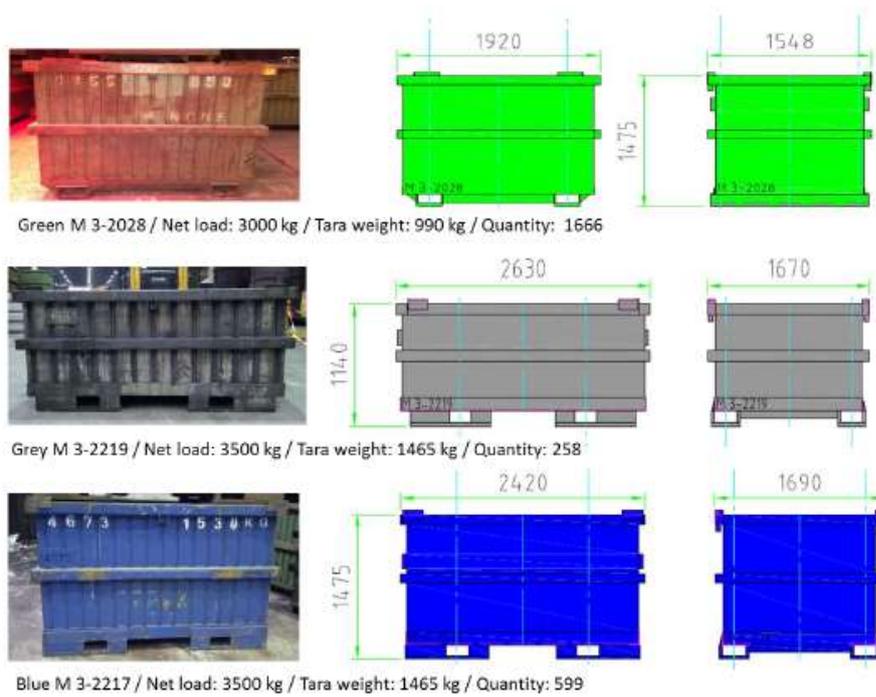


Abbildung 9: wesentliche Kübeltypen für die Kreislaumetalle



Abbildung 10: nicht transportfähige Kübel müssen repariert werden



Abbildung 11: transportfähiger Metallkübel für das Transportsystem



Abbildung 12: RFID-Tag am Metallkübel für die Identifikation im Transportsystem

Auch die Planungssoftware ICS konnte erfolgreich eingeführt werden. Die aufgestellten Planungsregeln und programmierten Algorithmen erfüllen die Anforderungen an eine ressourcenschonende Chargenplanung. Jetzt bestimmen Menge und Qualität eingesetzter Kreislaufmetalle die Ressourceneffizienz neuer Chargen. Um Vorlegierung und Masseln zu sparen, kann die Zusammenstellung der Chargen nun zu dem für die Planung spätesten möglichen Zeitpunkt erfolgen, sodass alle aktuell angelieferten Materialien noch berücksichtigt werden können.

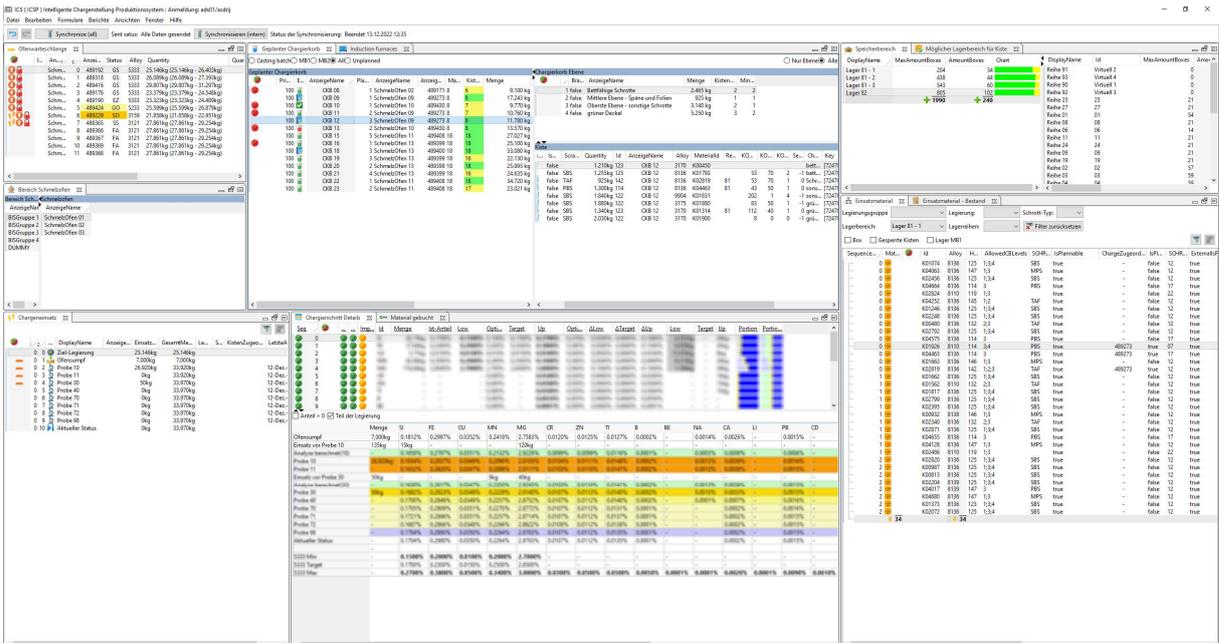


Abbildung 13: Bildschirmübersicht über die ICS Planungssoftware

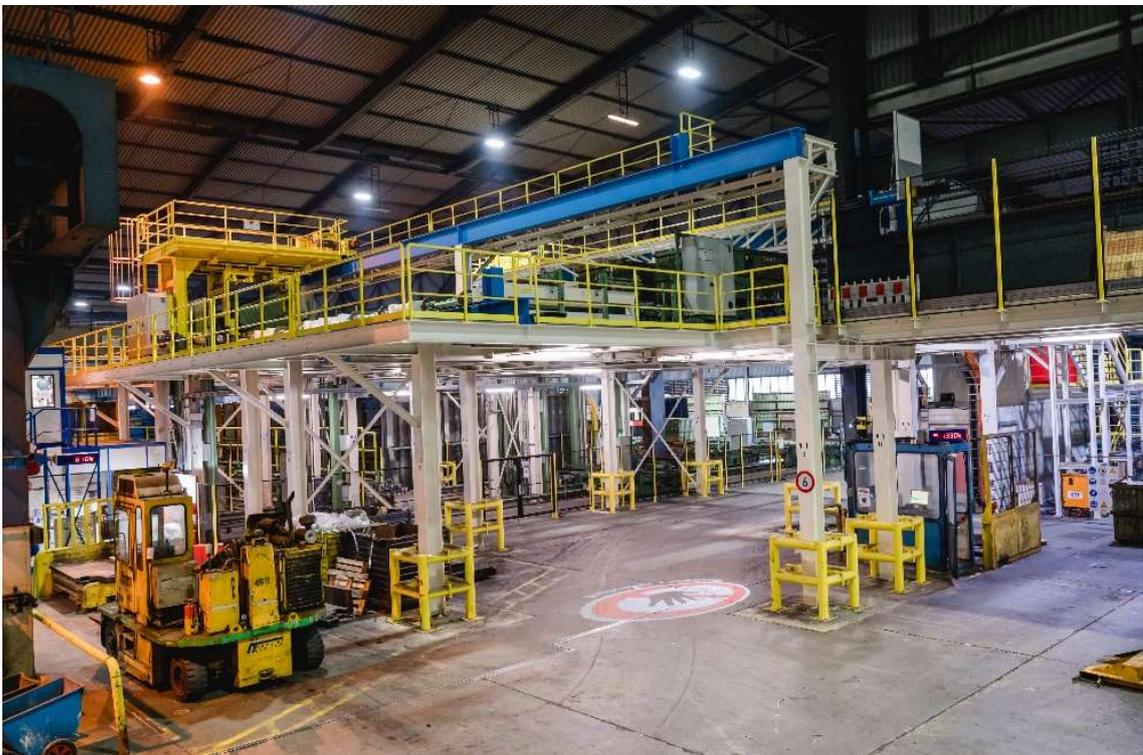
Im Folgenden sind Bilder der Projektumsetzung des Transportsystems dargestellt:



Abbildung 14: Kreislaufmetalle in Metallkübeln des neuen automatischen Metalllagers



*Abbildung 15: Einschleusbereich mit Kettenförderern und Verschiebewagen*



*Abbildung 16: Umsetzer-Bühne auf der oberen Transportebene*



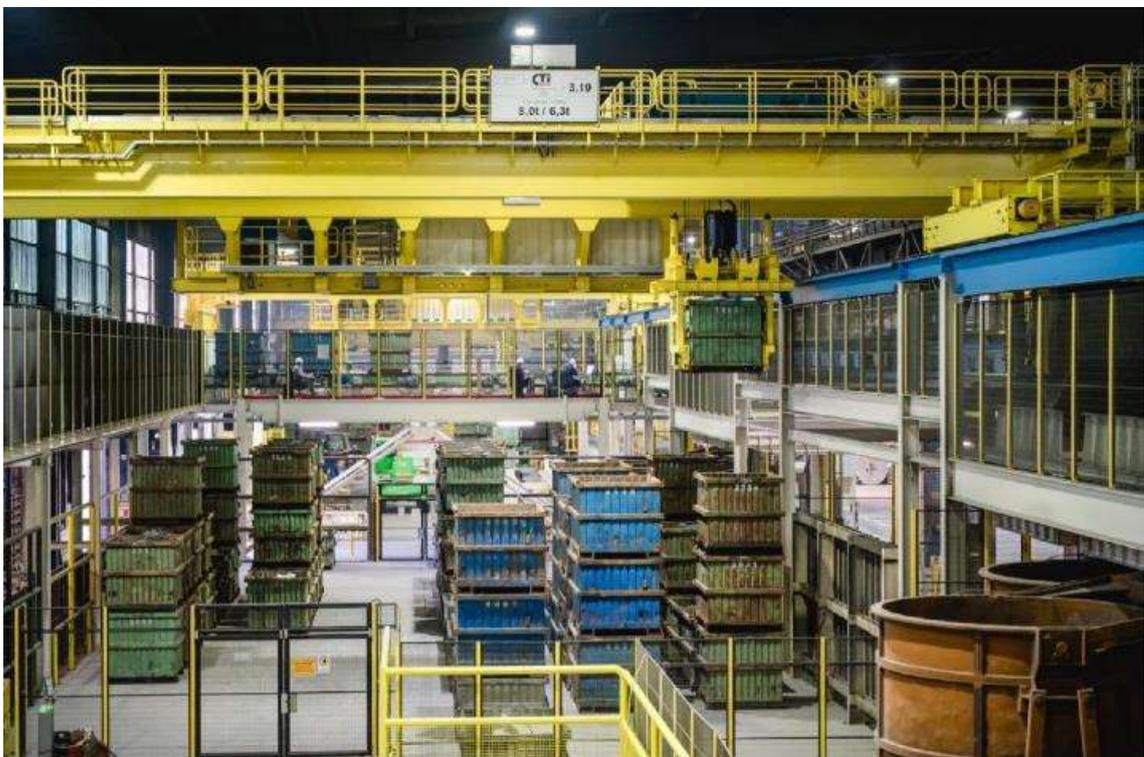
*Abbildung 17: Umsetzmanipulator*



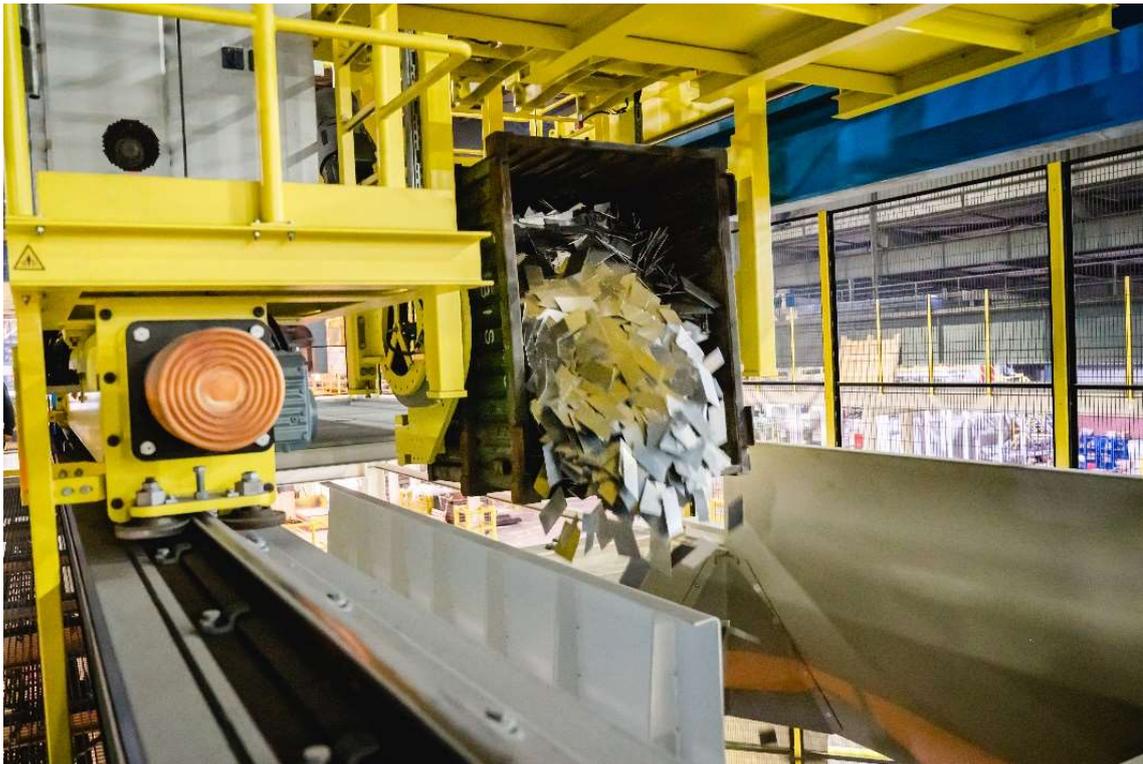
*Abbildung 18: Verfahrwagen für Kübeltransport*



*Abbildung 19: Querkettenförderer auf obere Ebene*



*Abbildung 20: Automatisches Lager mit Automatikkränen*



*Abbildung 21: Kippmanipulator: entleert die Kreislaufschrotte in den Chargierkorb*

### 3.2. Stoff- und Energiebilanz

Eine betriebliche Messung zur Erfolgskontrolle wird mittels Massel- und Legierungselementeinsätze je Charge ermittelt. Diese Ressourceneinsätze unterliegen aktuell jedoch noch großen Schwankungen. Sie sind abhängig von der Masse und Qualität bereitgestellter Kreislaufmetalle. Die Planungsalgorithmen und Prozesse werden aktuell noch weiter optimiert. Eine sprunghafte Reduzierung des Masseinsatzes ist zurzeit noch nicht erkennbar. Um eine signifikante Änderung herbeiführen zu können, müssen weitere zusätzliche Kreislaufmetalle unserer Partner bereitgestellt werden. Die zusätzliche Bereitstellung kann erst nach der Implementierungs- und Optimierungsphase schrittweise erfolgen.

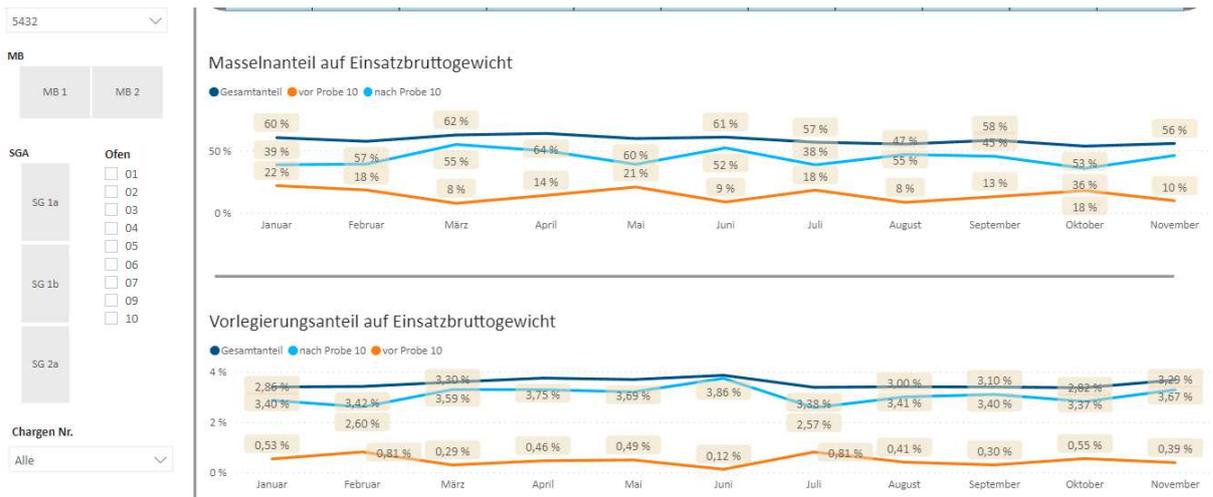


Abbildung 22: Anzeige Massel- und Vorlegierungsanteil

### 3.3. Umweltbilanz

Mit der Fertigstellung des BIS-Systems Ende 2022 und der Inbetriebnahme Januar 2023 zeigen sich erste Erfolge bei der Reduzierung des Masseinsatzes neuer Chargen.



- ❖ Hohes Unfall-Potenzial im Schmelzbereich mit mehreren Zwischenfällen/ Beinahe-Unfällen
- ❖ Eliminierung des kritischen Alunorf-Sicherheitsrisikos durch Vermeidung der Interaktion zwischen Kran, Fußgänger und mobilen Geräten im Schmelzbereich

799 → 126 Gesamtrisikoeinstufung



Partner

- ❖ Metallpreisvorteil Schrott/Recycling im Vergleich zu erstklassigem Metall
- ❖ Barren-Premiumvorteil bei eigenem Guss gegenüber externem Barrenbezug
- ❖ Wesentlich für die Steigerung des Recyclingnutzens

NPV





Alunorf

- ❖ Erhöhung des Schrott- oder Recycling-Metallaufkommens
- ❖ Erhöhung der Kapazität
- ❖ Senkung der Kosten

-45 kt/a
Reduzierung Prime / Zunahme von Kreislaufschröten

+21 kt/a
Schmelzkapazität

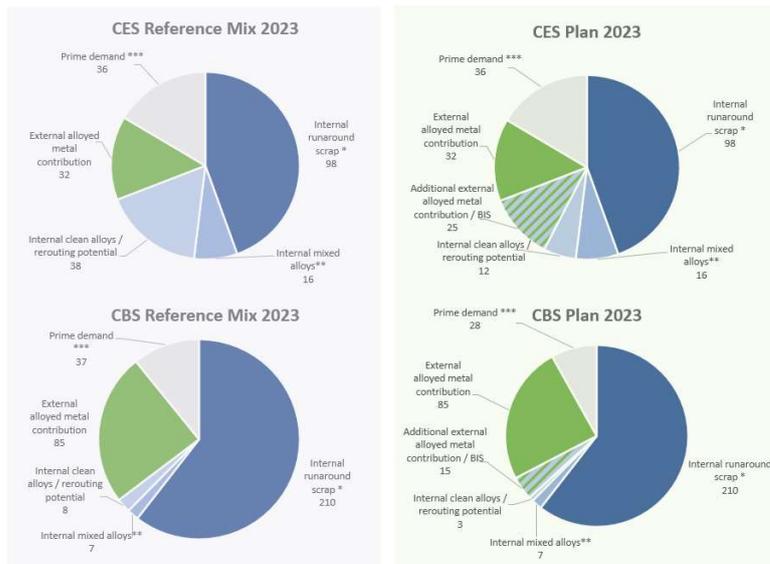


- ❖ Verbesserung der CO<sub>2</sub>-Bilanz der Partner durch Erhöhung des Recyclinganteils und Verbesserung der Fähigkeit zur Verarbeitung von Automobilschrott

500kt CO<sub>2</sub> Emissionsminderung in der gesamten Wertschöpfungskette

Abbildung 23: BIS Einspar- und Verbesserungspotentiale (Umweltbereich und Wirtschaftlichkeit)

BIS ermöglicht zusätzlichen externen Metalleingang in CES und CBS



- \* CBS: alle CBS-Typ-Legierungen, CES: nur rc-freundliche CES-Legierungen
- \*\* Induktionsofenmetall, Krätze-Rücklaufmetall, rc-Spezifikation, unbekannte Spezifikation, ungeeignete Spezifikation
- \*\*\* Referenzmix: nicht BIS-Prime Rate, Plan: Plan-Prime Rate mit BIS

Abbildung 24: mögliche Einsparpotentiale mit legierungsreiner Chargenstellung

**Plan 23**  
**Schrottkreislauf mit den wichtigsten Parametern**  
 - reduzierte Prime Raten für Ziellegierungen für Rerouting & CBS  
 - externer Metalleingang nach Partner CBS-Typ, CES-Typ  
 - Umlaufschrottmenge  
 - Walz-/Gießmix CBS/CES/Sonstiges  
 - Basis für monatliche Metallplanung

**Geplanter RC-Anteil**  
**Geplante externe Metallzufuhr**

**Monitoring**  
**Schrottkreislaufparameter als Abweichung zu Plan 23**  
 - externer Metalleinsatz pro Partner -> Legierungskostenvorteil  
 - Saubere Legierungsmenge in CBS- Saubere Legierungsmenge in CES  
 - Primäraufschlag der Umlenkung von Ziellegierungen & CBS/CES  
 - Prime-Zusatz durch Schrottmangel  
 - Volumen der Umlaufschrottmengen  
 - Walz-/Gießmix CBS/CES/andere

**Aktueller RC-Anteil**  
 ((tatsächliche externe legierte Metall-Lieferungen)  
**Bereinigter RC-Anteil**  
 (möglicher externer legierter Metalleingang)

**ALUNORF**

$$\Delta CO_2subst = m_{subst} \cdot (EF_{Primär} - EF_{Sekundär})$$

$$\Delta CO_2subst = m_{subst} \cdot \left( 9.505 \frac{kg CO_2\ddot{A}qu.}{Tonne} - 326 \frac{kg CO_2\ddot{A}qu.}{Tonne} \right)$$

$\Delta CO_2_{subst}$  = Emissionsreduzierung durch Substitution von Primäraluminium

$m_{subst}$  = Jahresmenge substituiertes Primäraluminium

$EF_{primär}$  = CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor Primäraluminiumherstellung

$EF_{sekundär}$  = CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor Sekundäraluminiumherstellung

Abbildung 25: Formel für jährliche CO2 Emissionsreduzierung

Einsparungen	Mengenbezogenes Einsparpotenzial	Material- und energiebezogene Kennzahlen			Jahresbezogener Umweltvorteil		
		KRA <sub>spez</sub> t/t bzw. t/MWh	KEA <sub>spez</sub> GJ/t bzw. GJ/MWh	GWP <sub>spez</sub> t/t bzw. t/MWh	KRA <sub>absolut</sub> t/a	KEA <sub>absolut</sub> GJ/a	GWP <sub>absolut</sub> t/a
<b>1. Reduzierung Primäraluminiumeinsatz</b>							
Primäraluminium	45.000,00 t/a	10,432	140,700	11,904	469.456	6.331.501	535.698
Sekundäraluminium	-45.000,00 t/a	1,267	16,122	1,036	-57.003	-725.508	-46.634
<b>2. Verringerung Legierungsmetalleinsatz</b>							
Chrom	26,00 t/a	21,975	484,371	26,261	571	12.594	683
Kupfer, primär	80,00 t/a	128,107	50,438	2,874	10.249	4.035	230
Magnesium	1.221,00 t/a	7,073	145,852	73,117	8.636	178.085	89.276
Mangan	464,00 t/a	8,229	48,016	2,525	3.818	22.280	1.172
Silizium	198,00 t/a	39,485	1.416,614	85,601	7.818	280.490	16.949
Titan	11,00 t/a	39,719	417,783	27,373	437	4.596	301
<b>3. Erhöhung Flüssigmetall-Einsatz</b>							
Erdgaseinsparung zum Aufschmelzen	958,30 t/a	1,368	52,183	3,208	1.311	50.007	3.074
<b>4. Verringerung Stillstandsverluste</b>							
Erdgaseinsparung Stillstandsverluste	2,72 t/a	1,368	52,183	3,208	4	142	9
<b>5. Strombedarf Beschickungssystem</b>							
Strom Altanlage/BIS	-5.180,01 MWh/a	0,367	10,548	0,519	-1.899	-54.640	-2.688
Absolute Umweltentlastung durch die angestrebten Einsparpotenziale					443.398	6.103.582	598.069

Abbildung 26: kalkulierte Umweltentlastung durch den Einsatz von BIS

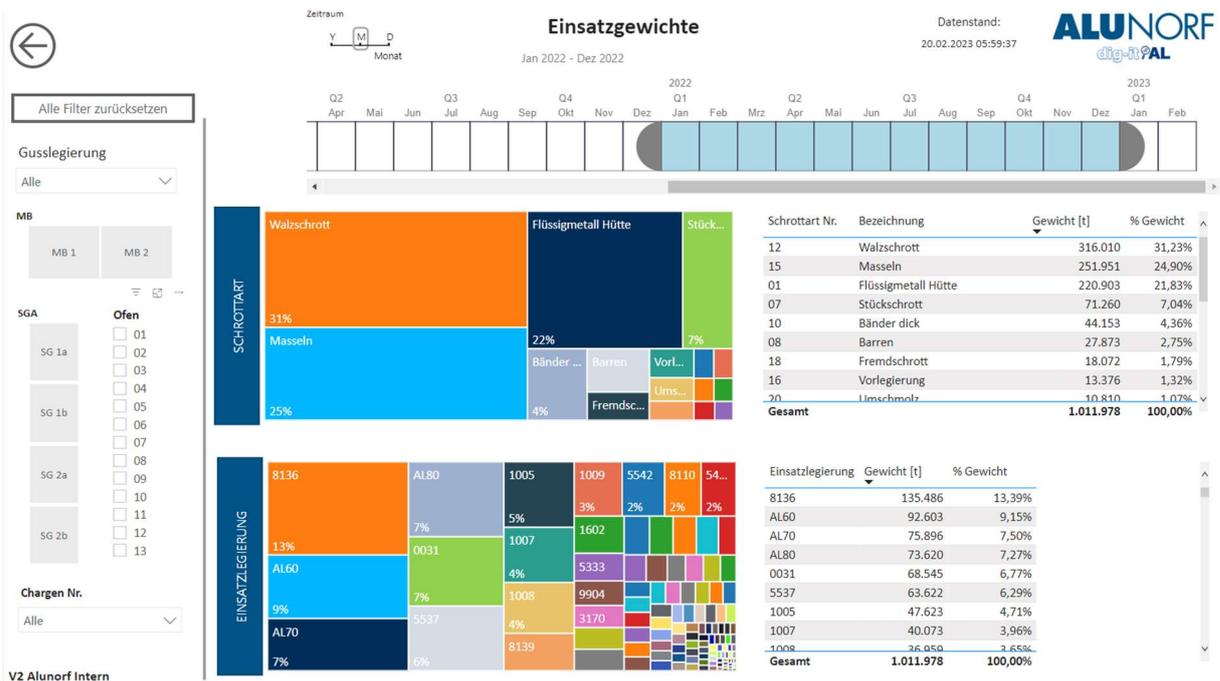


Abbildung 27: Produktionsmenge und Masseinsatz 2022

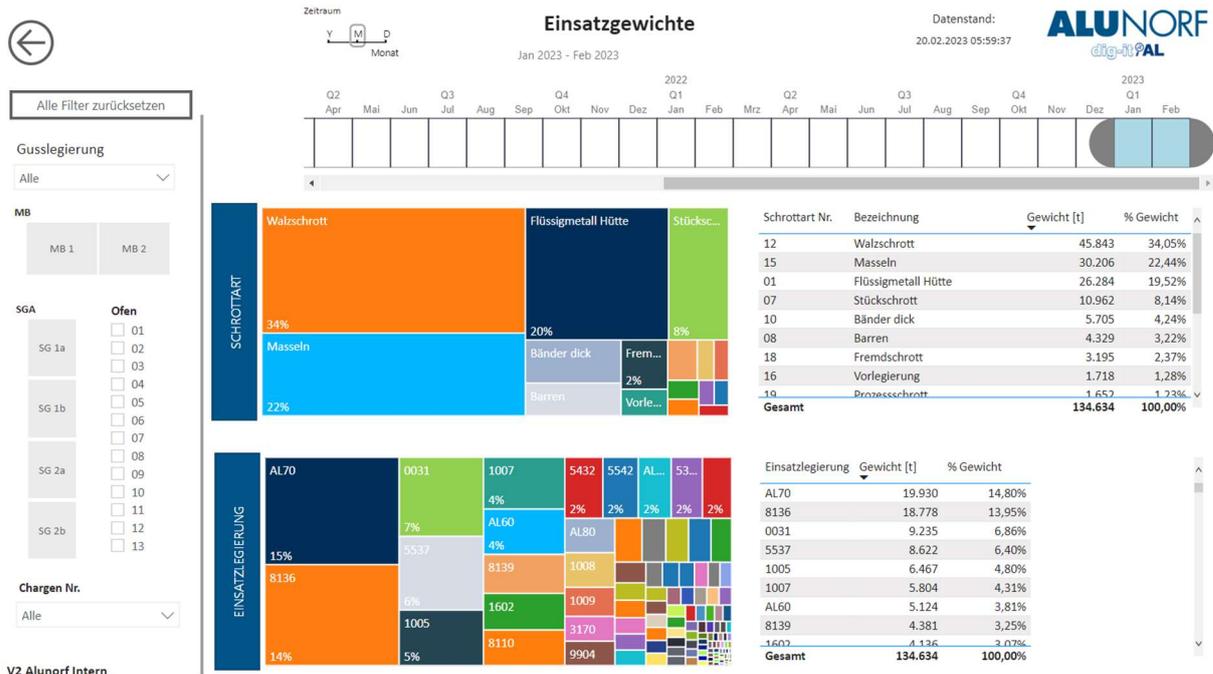


Abbildung 28: Produktionsmenge und Masseinsatz 2023

Der durchschnittliche Masseinsatz 2022 betrug 24,9%. Bereits in den ersten sechs Wochen des Jahres 2023 konnte der Masseinsatz von 24,9% auf 22,4% gesenkt werden, wobei die BIS-Prozesse noch nicht zu 100% Leistung eingestellt sind. Es können noch deutlich mehr Kreislaufmetalle im BIS-System verarbeitet werden.

Mit der Reduzierung des Masseinsatzes von 24,9% auf 22,4% konnte der Masseinsatz bezogen auf die Produktionsmenge von 134.634 to im Jahr 2023 um 3.366 to reduziert werden. Die ersten erzielten Massel-Einsparungen entsprechen gem. o.g. Formel einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von 30.896 to CO<sub>2</sub>.

Die ersten Erfolge lassen sich bei voller Systemleistung und kontinuierlicher Steigerung der Substitutionsmetalle deutlich steigern.

Im ersten Produktionsjahr mit BIS erwarten wir eine Reduzierung des Masseinsatzes von 24,9% auf 21%. Bei der zu erwartenden Produktionsleistung von 1.000.000 to rechnen wir mit Masseleinsparungen von 39.000 to. Dies entspricht einer CO<sub>2</sub>-Reduzierung von 357.981 to CO<sub>2</sub> im Jahr 2023.

In Abhängigkeit der vollen jährlichen Produktionsmenge von mehr als 1.000.000 to Produktionsleistung und unter Berücksichtigung des variierenden Produktionsmixes und der Bereitstellung von Substitutionsschrotten ist es unser jährliches Ziel, mindestens 45.000 to Primäraluminium sowie unterschiedliche Legierungselemente einzusparen. Die Erreichung unserer Ziele ist technisch möglich und kann bei günstigem Produktmix sogar noch deutlich übertroffen werden.

### 3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Wirtschaftlichkeit des Projektes steht in starkem Zusammenhang zu den Primäraluminium- und Legierungselementpreisen des Marktes sowie der Qualität und Menge zu beschaffender Substitutionskreislaufmetalle. Mit einem günstigen Produktmix und in ausreichendem Maße bereitgestellter Kreislaufmetalle ermöglicht BIS zukünftig die Einsparung von Primäraluminium und Legierungselementen und könnte die zuvor kalkulierten Erwartungen noch deutlich übertreffen.

Betriebskosteneinsparungen:

Mit Inbetriebnahme der Automatikkrane 3.09 & 3.19 wurden die manuell bedienten alten Krane außer Funktion gesetzt und demontiert. Das Bedienpersonal (fünf Schichtsystem á zwei Kranfahrer) für die Krane konnte um zehn Mitarbeiter reduziert werden. Weiter konnte der Einsatz eines Staplers für Kübeltransporte reduziert werden. Damit verbunden sind Wartungs-, Leasing- und Energiekostenreduzierungen.

Gesamtinvestition	23.500.000 €
Förderfähige Investition	19.124.015 €
Höhe der Förderung in %	20 %
Höhe der Förderung in €	3.824.803 €
Kosteneinsparungen Personal & Instandhaltung	10 Kranfahrer; 1 Stapler, Instandhaltungskosten
Kosteneinsparungen Produktion	Primäraluminium 45.000 to/a Legierungselemente
Amortisationszeit	Ca. 6 Jahre

Tabelle 1: Wirtschaftlichkeit BIS-Projekt

### 3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Technischer Vergleich vorher

nachher

Manuelle Erfassung und Verwiegung der Kübel; Die Gewichtsuteilung erfolgt manuell an der Waage	Nach dem Einschleusen der Kübel an den Aufnahmestationen mittels Stapler erfolgt die Kübelerfassung und Verwiegung
--	--

	<p>automatisch im System. Der avisierte Kübel wird in einer Datenbank erkannt.</p>
<p>Transport der Kübel ins Lager mit Staplern, manuelles zuteilen der Kübel zu einer Charge (Reihe im Lager) durch Mitarbeiter mit Legierungskarten am Kübel.</p>	<p>Automatischer Transport der Kübel ins Lager oder zum direkten Kippen mittels Transporttechnik: Kettenförderer, Lifte, Verfahrwagen, Umsetzmanipulatoren, Automatikkrane, Kippmanipulatoren. Die Kübel werden mittels einer Lagerverwaltungssoftware aufgrund ihrer Legierungen strategisch gelagert.</p>
<p>Aufnehmen und kippen der Kübel aus dem Lager mit manuellem Kippkran</p>	<p>Aufnehmen der Kübel aus dem vollautomatischen Lager mittels Automatikkran, Abgabe der Kübel auf die Fördertechnik und Weitertransport zu den automatischen Kippmanipulatoren, die die Kübel in die Chargierkörbe entleeren.</p>
<p>Manueller Abtransport der leeren Kübel mit Kran, Stapler, Mafi-Anhänger, bzw. Lagerung der leeren Kübel im Lager</p>	<p>Vollautomatischer Abtransport der Kübel mit automatischer Ausfassung des Kübels aus dem System. Die Kübel werden an einem zentralen Ort ausgeschleust.</p>
<p>Manueller Transport der leeren Kübel zu den Schrottanfallstellen mit Mafi-Anhänger</p>	<p>Manueller Transport der leeren Kübel zu den Schrottanfallstellen mit Mafi-Anhänger</p>
<p>Chargenplanung durch manuelle Eingabe und Buchung der Legierungskarten der Kübel. Die Zuteilung der Aluminiumlegierung zur Kübelnummer erfolgt durch die Legierungskarten.</p>	<p>Die Aluminiumlegierungen werden an den Schrottanfallstellen (Produktionsanlagen) über das Betriebsdatenerfassungssystem BDE erfasst. Die Legierung ist durch die aktuelle Produktionsfolge vorgegeben und kann gewählt werden. Die erfassten Legierungen zu den Kübelnummern werden in einer Datenbank für das BIS System bereitgestellt. Das Ausfüllen von Karten entfällt. Die Chargenplanung erfolgt mit ICS, der intelligenten Chargenstellungssoftware. Die neue Charge wird mit der Software geplant. Mögliche Aluminiumlegierungen aus dem Lager oder direkt vom Transportsystem werden von der Software über Algorithmen ausgewählt und der</p>

	Charge zugeteilt. Über Fahraufträge und der Transporttechnik werden die Aluminiumschrotte zu ihrem Bestimmungsort transportiert.
Leere Kübel im Lager benötigen wertvollen Lagerplatz; Staplergassen können nicht für die Kübellagerung verwendet werden. Reihen können nur seriell zugestellt werden.	Die vollständige Lagerfläche kann genutzt werden. Leere Kübel werden direkt aus dem System transportiert. Der Zugriff auf die Kübel erfolgt individueller (Ebene / Turm).

*Tabelle 2: technischer Vergleich: vor BIS / mit BIS*

## 4. Übertragbarkeit

### 4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Dank der hohen Fachkompetenz der Metallogistik- und IT Abteilung konnten die Planungsregeln und Algorithmen für die intelligente Planungssoftware aufgestellt werden. Gute interne und externe Partnerschaften haben zum Projekterfolg geführt. Die uns gesetzten Ziele für den Budget- und Zeitrahmen sowie die Leistungsanforderungen an das System konnten eingehalten werden. Durch Bekanntmachung des Projektes im Konzern konnte das Interesse bei Schwesterwerken (USA, Brasilien) geweckt werden. Entsprechende Besichtigungen bei Alunorf haben stattgefunden. Unser Schwesterwerk in Kentucky hat bereits Kontakt zum Anlagenhersteller CTI Systems aufgenommen.

### 4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts)

Mit der Erfassung und Verwaltung der Qualität und Lose der Kreislaufmetallbestände kann eine intelligente Chargenplanungssoftware für die Chargenplanung grundsätzlich in metallverarbeitenden Schmelzbetrieben eingesetzt werden (Stahl, Aluminium, Kupfer). Die Realisierung eines automatischen Transportsystems muss individuell betrachtet werden und hängt neben der Legierungsvielfalt und der Schrottgeometrie, von den Platzverhältnissen und der Einsatzmöglichkeit von Kübeln ab. Mit einem Flächenlager und dem Einsatz von Kübeln kann der optimale Zugriff auf die Schrotte für eine Charge realisiert werden.

#### 4.3. Kommunikation der Projektergebnisse

Das Batch Intelligence System BIS wurde zunächst werks- und konzernintern kommuniziert. Die Möglichkeiten zur Ressourceneinsparung von Primäraluminium und Legierungselementen und den damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Einsparungen wurden aufgezeigt. Mit Inbetriebnahme und der öffentlichen Einweihung durch die stellvertretenden Ministerpräsidentin Mona Neubauer am 23.01.2023 wurde neben einer Pressemitteilung folgende Veröffentlichungen ausgeführt:

1. Fachzeitschrift: Aluminium Praxis  
Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG  
Hans-Böckler-Allee 7  
30173 Hannover  
Aluminium Praxis Themenvorschau März-Ausgabe:  
Recycling / Nachhaltigkeit
  - Neues Logistik- und Chargenstellungssystem bei Alunorf
  
2. Fachzeitschrift: International Aluminium Journal  
Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG  
Hans-Böckler-Allee 7  
30173 Hannover
  
3. Vortrag: Dr. Klaus Werner Döhl  
Energieeinsparung durch Ressourceneffizienz in der Aluminium-Herstellung  
Deutsch-Japanisches Umwelt- und Energiedialogforum  
Die Industrie von Morgen:  
Dekarbonisierung als Industriepolitik  
Politische, technische und gesellschaftliche Wege zur  
Treibhausgasneutralität und die Rolle des Wasserstoffs  
16.-18. Februar 2021
  
4. Vortrag: Stefan Ixfeld  
NorCast 2023, 06. – 07-06.2023  
Industry 4.0  
Batch Intelligence System at Alunorf
  
5. Bekanntmachung im konzerninternen Netzwerk:  
Besuch aus den Schwesterwerken Pinda und Logan.
  
6. Film auf YouTube:  
[Alunorf "Batch Intelligence System" \(BIS\) - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=e1Jfz32kmb8)  
[www.youtube.com/watch?v=e1Jfz32kmb8](https://www.youtube.com/watch?v=e1Jfz32kmb8)

## 5. Zusammenfassung/ Summary

### – Einleitung/Introduction

Alunorf ist ein Gemeinschaftsunternehmen der Novelis Deutschland GmbH und der Speira GmbH. Wir produzieren ca. 1,5 Mio. Tonnen Aluminiumwalzprodukte exklusiv für unsere Partner, die das Vormaterial an ihren Standorten in aller Welt weiterverarbeiten.

Die Kreislaufmetalle, die bei der Verarbeitung bei Alunorf, Novelis und Speira anfallen, werden legierungstypisch gesammelt und chargenweise zum Einschmelzen in den Schmelzöfen zu neuen Produkten bereitgestellt. Die manuelle Zuordnung und Sammlung von Kreislaufmetallen führt zu kostenintensiven Nachlegierungsprozessen für Masseln und Vorlegierungsmaterial.

Durch die automatisierte Schrottsammlung, -lagerung und -bereitstellung mit BIS werden die Chargen wesentlich besser zusammengestellt. Masselbeistellungen und Legierungselemente können deutlich reduziert werden.

Alunorf is a jointventure of Novelis Deutschland GmbH and Speira GmbH. We produce approx. 1.5 million tons of rolled aluminum products exclusively for our partners, who process the pre material at their sites around the world.

The process scrap, generated during processing at Alunorf, Novelis and Speira is collected by alloy type and made available in batches for melting down into new products in the melting furnaces. The manual allocation and collection of scrap leads to cost intensive re-alloying processes for prime and hardener.

With automated scrap collection, storage and allocation with BIS, batches are much better assembled. prime and hardener elements can be significantly reduced.

### – Vorhabenumsetzung/Project implementation

Mit einem automatisiertem Erfassungs- und Transportsystem, einem vollautomatischem strategischen Kübellager und einer intelligenten Chargenplanungssoftware werden mit BIS die bestmöglichen Kreislaufmetalle für eine Charge berechnet und zugeteilt. Dies erfolgt möglichst ohne Masseinsatz und zusätzliche Legierungselemente.

With an automated collection and transport system, a fully automated strategic scrap storage system and intelligent batch planning software, BIS calculates and allocates the

best possible scrap for a batch. This is done as far as possible without the use of prime metal and additional hardener elements.

– **Ergebnisse/Project results**

Das vollständige BIS-Transportsystem ist seit Kurzem voll in Betrieb. Die Prozesse und Verfahren müssen beobachtet und optimiert werden. Mit einem Mindest-Lagerbestand können optimale Metallzuteilungen für eine Charge berechnet werden. Das Team der Metallogistik und die Chargendisponenten sind derzeit dabei, das BIS zu optimieren. Erst dann wird eine deutliche Reduzierung des Einsatzes von Masseln und Vorlegierungen erreicht werden können.

The entire BIS transport system has recently become fully operational. The processes and procedures need to be monitored and optimized. With a minimum stock level, optimal scrap allocations can be calculated for a batch. The scrap logistics team and the batch planners are currently optimizing the BIS. Only then will it be possible to achieve a significant reduction in the use of prime and hardener.

– **Ausblick/Prospects**

Das halbautomatische Transportsystem im Lagerbereich 82 (Öfen 11-13) kann durch die Installation eines Stahlbaus, eines Kippmanipulators und eines automatischen Krans zu einem vollautomatischen Lagersystem ausgebaut werden. Damit werden ein Gabelstapler und ein manueller Kran in diesem Bereich ersetzt. Ein vollautomatisches Kübellager kann noch effektiver genutzt werden.

Die ICS Software kann für die Planung des Flüssigmetalleinsatzes aus unseren Recyclinganlagen weiterentwickelt werden.

The semi-automatic transport system in storage area 82 (furnaces 11-13) can be expanded to a fully automatic storage system with the installation of steelwork, tilting manipulator and automatic crane. This eliminates the need for a forklift and manual crane in this area. The fully automated scrap box storage can be accessed even more effectively.

The ICS software can be further developed for planning the liquid metal input from our recycling center.

## **6. Literatur**

Es bestand nicht die Notwendigkeit, weitere Literatur heranzuziehen.

Die Komponenten des Transportsystems wurden unter Einhaltung erforderlicher Gesetze und Normen gefertigt und damit eine CE-Konformitätserklärung erstellt.

## **7. Anhang**

- BIS - Batch intelligence System
- RFID - radio frequency Identification
- ICS - Intelligente Chargenplanungssoftware