

BMU – Umweltinnovationsprogramm

Abschlussbericht

Zum Vorhaben:

Ressourceneinsparung durch Errichtung einer Produktionslinie PL 2 als Ersatz von zwei Einzelanlagen

Fördernehmer/-in:

Georg Fischer B.V. & Co. KG

Berichtszeitraum:

31.12.2015 – 30.09.2018

Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Autor/Ansprechpartner:

Herr Frank Leideck
Herr Karl-Heinz Neumann
Herr Bernhard Schädle
Herr Thorsten Nennmann

Berichtskennblatt

Aktenzeichen UBA: Nka3-003048	Projekt-Nr.:
Titel des Vorhabens: Ressourceneinsparung durch Errichtung einer Produktionslinie PL 2 als Ersatz von zwei Einzelanlagen	
Autor(en): Herr Frank Leideck Herr Karl-Heinz Neumann Herr Bernhard Schädle Herr Thorsten Nennmann	Vorhabensbeginn: 8.12.14
	Vorhabensende: 31.12.2016
Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift): Georg Fischer B.V. & Co. KG Julius-Bührer-Straße 12, 78224 Singen (Hohentwiel)	Veröffentlichungsdatum:
	Seitenzahl: 41
Gefördert im BMUB-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.	
<p>Kurzfassung (max. 1.500 Zeichen): Die Georg Fischer Automobilguss GmbH in Singen als Betreiber der Anlage PL2 ist ein Zulieferer der Automobilindustrie mit dem Schwerpunkt der Erzeugung von gegossenen und bearbeiteten, auch KTL-beschichteten, Komponenten vornehmlich für den Nutzfahrzeugbau. Typische Produkte sind Bremssättel, Luftbalgträger, Achslagerböcke, Radnaben u.a. Am Standort wurde zum September 2016 eine neue Produktionslinie PL2 errichtet, die nicht nur die Produktionsleistung erhöht, sondern auch den spezifischen Strom-, Erdgas-, Druckluft- und Koksverbrauch deutlich reduziert. Des Weiteren läuft die Anlage mit einem besseren Wirkungsgrad und reduziert den Ausschuss. Bei der Anlage handelt es sich um eine vollständig neu konzipierte Gesamtanlage, die innovative Lösungen, wie z.B. die Anwendung des 3-D Oberlaufgießens und ein neues Konzept zur Sandaufbereitung einsetzt. Dazu werden unterschiedliche energieeffiziente Komponenten eingesetzt. Der Gesamtenergiebedarf der Anlage reduziert sich um mehr als 5%. Die CO₂-Einsparung liegt bei mehr als 10.000 t/a. Die Investitionskosten der neuen Produktionslinie lagen bei ca. 65 Mio.€.</p>	
Schlagwörter: Energieeffizienz, Ressourceneffizienz, Gießerei, Oberlaufpräsen, Georg Fischer	
Anzahl der gelieferten Berichte Papierform: 6 (3 ungebunden) Elektronischer Datenträger: CD-ROM	Sonstige Medien: Keine weitere Veröffentlichung geplant

Inhalt

1. Einleitung	5
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner	5
1.2 Ausgangssituation im Unternehmen	5
2. Vorhabensumsetzung	6
2.1 Ziele des Vorhabens	6
2.2 Darstellung der technischen Lösung	7
2.2.1 Wirkungsgradverbesserung der neuen Anlage.....	7
2.2.2 Verringerungen des Ausschusses.....	8
2.2.3 Energieeinsparung durch dreidimensionales Oberlauffräsen.....	9
2.2.4 Wegfall Homotrommel	11
2.2.5 Wegfall eines Druckgießofens	11
2.2.6 Wegfall der vier Stützbrenner der Sandaufbereitung	12
2.2.7 Verminderung des Nachstrahlens des Rohgusses	12
2.2.8 Stromeinsparungen: Einsätze von IE3-Motoren, Einsatz von Frequenzumrichtern, Wegfall von Einzelmotoren (Schrägklärer/Nassfilter) etc.	12
2.2.9 Verringerung des Energiebedarfs der Hydraulikanlage und Einsatz von Stand-By-Schaltungen	13
2.2.10 Maßnahmen am Druckluftnetz.....	13
2.2.11 Einsparungen durch neues Logistikkonzept.....	14
2.2.12 Einsparung durch „Intelligenz“ der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (MSR)	14
2.3 Umsetzung des Vorhabens	16
2.4 Behördliche Anforderungen	17
3. Ergebnisse	18
3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung.....	18
3.2 Stoff- und Energiebilanz.....	19
3.3 Umweltbilanz und Wirtschaftlichkeitsanalyse	29
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse	29
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren	30
4. Empfehlungen.....	30
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung	30
4.2 Modellcharakter	30
4.3 Zusammenfassung.....	31
5. Veröffentlichungen.....	32
6. Anhang	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Screenshot Kühlkorbanlage	15
Abbildung 2: Screenshot MSR Kühlkorbanlage.....	15
Abbildung 3: Spezifischer Stromverbrauch Flüssigeisenmenge 2017/ 2018	21
Abbildung 4: Korrelationsanalyse Strom (Tendenz $x= 13.500\text{t/Monat}$: 149 kWh/t)	22
Abbildung 5: Spezifischer Erdgasverbrauch Flüssigeisenmenge 2017/2018.....	23
Abbildung 6: Korrelationsanalyse Erdgas (Tendenz $x= 13.500\text{t/Monat}$: 11,7 kWh/t) ...	24
Abbildung 7: Spezifischer Druckluftverbrauch Flüssigeisenmenge 2017/2018	25
Abbildung 8: Korrelationsanalyse Druckluft (Tendenz $x= 13.500\text{t/Monat}$: 16,7 kWh/t). 26	
Abbildung 9: Spezifischer Gesamtenergieverbrauch Flüssigeisenmenge 2017/2018..	27
Abbildung 10: Korrelationsanalyse Gesamtenergie.....	28

Tabelle 1: Entwicklung des Anlagenwirkungsgrad seit 2017	8
Tabelle 2: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.1	8
Tabelle 3: Entwicklung des Ausschuss T2 + T7	9
Tabelle 4: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.2.....	9
Tabelle 5: Kokseinsparung Maßnahme 2.2.3	10
Tabelle 6: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.3.....	10
Tabelle 7: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.4.....	11
Tabelle 8: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.5.....	11
Tabelle 9: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.6.....	12
Tabelle 10: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.7.....	12
Tabelle 11: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.8.....	12
Tabelle 12: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.9.....	13
Tabelle 13: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.10.....	14
Tabelle 14: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.11.....	14
Tabelle 15: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.12.....	15
Tabelle 16: Soll-/Ist-Vergleich Energieeinsparung.....	19
Tabelle 17: Einsparberechnung 2018	19
Tabelle 18: Verbesserung der Kennzahl für das Gesamtwerk.....	20
Tabelle 19: Soll-/Ist-Vergleich Verbrauchswerte PL2	20
Tabelle 20: Kennzahlen (EnPI) Soll-/Ist-Vergleich.....	21
Tabelle 21: CO ₂ -Emissionen Soll-/Ist-Vergleich.....	29
Tabelle 22: Zusammenfassung CO ₂ -Emissionen Soll-/Ist-Vergleich.....	29
Tabelle 23: Wirtschaftlichkeitsabschätzung.....	30
Tabelle 24: Veröffentlichungen	32

1. Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner

Die GF Castings Solutions Singen GmbH (ehemals Georg Fischer Automobilguss GmbH in Singen (AUG)) als Betreiber der Anlage PL2 ist ein Zulieferer der Automobilindustrie mit dem Schwerpunkt der Erzeugung von gegossenen, bearbeiteten, und auch KTL-beschichteten, Komponenten vornehmlich für den Nutzfahrzeugbau. Typische Produkte sind Bremssättel, Luftbalgträger, Achslagerböcke, Radnaben u.a. Insgesamt werden ca. 350 verschiedene Erzeugnisse produziert. Das Einzelgewicht der Bauteile liegt zwischen ca. 0,5 bis 150 kg. Im Durchschnitt wird ein Stückgewicht von ca. 12 kg erzeugt.

1.2 Ausgangssituation im Unternehmen

Seit geraumer Zeit steigen und verändern sich die Qualitäts- aber auch Produkthanforderungen seitens der Automobilhersteller an Gussteile, wobei verstärkt nach Leichtbaugussteilen, fast einbaufertigen Teilen, wesentlich erweiterter Schwankungsbreite der Seriengrößen und fehlerlosen Gussteiloberflächen im Sichtbereich gefordert wird. Gleichzeitig muss jedoch mit gleichbleibender Gießtechnologie prozesssicher und wirtschaftlich produziert werden. Diesem Anspruch wird man jedoch bei der Verwendung des verfügbaren Standes der Technik immer weniger gerecht, was zu steigenden Fehler- und Ausschuss- sowie Nacharbeitsquoten bei den Gussteilen und somit zu ineffizienter Ressourcennutzung und höherer Umweltbelastung führt. Um diese sowohl ökologisch als auch ökonomisch problematische Entwicklung aufzuhalten bzw. umzukehren, muss die Gussteilproduktion für den Automobilbereich hinsichtlich einer gussteilspezifischen und ressourcenschonenden Herstellung entlang der gesamten Fertigungskette optimiert werden und gleichzeitig eine höchst flexible Produktion ermöglichen. Dies ist nur durch eine ganzheitliche Betrachtung aller Prozessschritte, prozessintegrierte Maßnahmen sowie dem Einsatz von innovativen technischen Lösungen möglich, z.B. ein übergeordnetes Steuerungs- und Fertigungsleitsystem mit Onlinedatenerfassung, -auswertung und -steuerung für alle Fertigungsschritte, eine gussteilspezifische Sandaufbereitung sowie den oberflächenschonenden Transport der Gussteile. Die AUG gehört zu den führenden Produzenten dieser Gusserzeugnisse und orientiert sich gemäß dem Slogan „Passion for your lighter future“ auf die Produktion von Teilen nach Leichtbauprinzipien. Dazu wird bereits im Bereich der Konstruktion mit den Kunden zusammengearbeitet und versucht, durch bionisches Design Möglichkeiten zur Gewichtsreduzierung der Komponenten zu erarbeiten und umzusetzen. Dieser Anspruch setzt voraus, dass auch in der Fertigung hinreichende Möglichkeiten bestehen, durch enge Prozessfenster mit absoluter Sicherheit Eigenschaften wie Materialkennwerte, Wanddicken und Oberflächenbeschaffenheit zu garantieren.

Die diesem Bericht zu Grunde liegende Neuinstallation einer komplexen Gieß- und Formanlage dient genau diesem Anspruch. Sie löst alte, weniger geeignete Anlagen ab. Wesentliche Verbesserung der neuen Anlage liegen in der Senkung spezifischer Energieverbräuche und der Verringerung von Emissionen durch Reduzierung des spezifischen Flüssigseiseneinsatzes.

Zudem werden folgende Verbesserungsfelder ebenfalls bedient:

- Erhöhung der Verfügbarkeit
- Senkung des spezifischen Instandhaltungsaufwandes
- Ausgeprägte Sensorik zur Sicherung enger Prozessfenster
- Optimales Handling der Gusserzeugnisse zur Vermeidung von Werkstoffabweichungen und Oberflächenfehlern
- Ergonomische Fertigung
- Logistische Optimierung bei gleichzeitig hoher Fertigungsflexibilität
- Grundlagen für weitere Entwicklungen im Hinblick auf Big Data-Nutzung und Industrie 4.0 Anwendungen

2. Vorhabensumsetzung

Der AUG hat eine innovative Gesamtanlage für die ressourcenschonende Produktion von Gussteilen in Mittel- bis Kleinserien für die Automobilindustrie errichtet. Ziel war es dabei den gestiegenen und veränderten Qualitäts- und Produktanforderungen seitens der Automobilhersteller an Gussteile sowohl aus ökologischer als auch ökonomischer Sicht gerecht zu werden. Diese Anforderungen würden bei der weiteren Verwendung des Stands der Technik zu erhöhten Ausschussraten und damit zu höherem Energie- und Materialverbrauch sowie stärkeren Umweltbelastungen führen. Die gebaute Gesamtanlage ersetzt zwei konventionelle Fertigungslinien und besteht aus mehreren Einzel- oder Teilanlagen und einem übergeordneten IT-basierten Dokumentations- und Steuerungssystem. Die wesentlichen, neuen technischen Anlagen sind eine Sandaufbereitungsanlage, eine Formanlage mit neuartiger 3D-Oberlaufpräse, eine Vergießeinrichtung mit Druckgießofen, einem Kühlbahnhof für die Gussteilkühlung sowie Anlagen für die Rohgussbehandlung und das oberflächenschonende Gussteil-Handling (Auspacken, Transport usw.). Die umgesetzte technische Lösung ist somit hoch komplex und zeichnet sich durch die neuartige Kombination der Einzelanlagen in Verbindung mit verschiedenen prozessintegrierten Maßnahmen sowie einer durchgängigen bauteilspezifischen Steuerung an allen Anlagenteilen bis zur versandbereiten Abnahme vom Leseband aus.

Zusätzlich ist ein Abgasereifassungs- und Abgasreinigungssystem umgesetzt worden, welches erstmals in der Lage ist, die hohen Volumenströme (ca. 620.000 m³/h) an sehr feuchten Abgasen aus z.B. der Kühlrinne, der Altsandbehandlung sowie der Sandaufbereitung energieeffizient zu erfassen und abzureinigen, indem keine Stützbrenner mehr verwendet werden. Dies wird durch den Einsatz einer Mischkammer für trockene und feuchte Abgase erreicht, die ein Durchfahren des Wassertaupunktes in den Rohrleitungen und in den Filtern vermeidet.

Die gesamte Investition war mit ca. 55 Mio. € geplant. Der endgültige Ausgabenumfang beläuft sich auf ca. 65 Mio. €. Hintergrund sind unerwartete Probleme im Bereich des Baus (siehe Nachkreditantrag) und die Insolvenz eines Hauptlieferanten (Sandaufbereitung-Fa. Savelli) die durch eigene Kräfte und in eigener Regie kompensiert werden musste. Hinzu kamen erkannte Optimierungsmöglichkeiten während der Investitionsrealisierung, die durch die jeweiligen Lieferanten mit Zusatzaufträgen abgearbeitet wurden.

Dies hatte zur Folge, dass sich der Zeitplan des Maschinenhochlaufs verzögerte, so dass die PL2 zwar planmäßig mit der Produktion begonnen hat, aber die Altanlage AM 214 erst Ende 2017 und die Altanlage IMD110 Ende 2018 stillgelegt wurde. Alle Modelle der Altanlagen sind auf die PL2 verlagert worden. Weitere Optimierungsmöglichkeiten an der PL 2 sind fortlaufend geplant. Die Details werden im folgenden Text dargestellt.

2.1 Ziele des Vorhabens

Mit der Errichtung der geplanten Fertigungslinie soll entgegen des zu erwartenden Trends die Fehler- und Ausschussquote erheblich verringert werden, wodurch sich deutliche Umweltvorteile über Material- und Energieeinsparungen ergeben. Durch die neue Fertigungslinie soll die Ausschussrate von aktuell durchschnittlich 3,8 % auf 2,0 - 2,5 % bzw. um 3.670 t/a reduziert werden, wodurch sich die Ausbringung an verkaufsfähigen Gussteilen erhöht. Gleichzeitig reduziert sich der Materialeinsatz durch den Einsatz der 3D-Oberlaufpräse um ca. 70 % für den Oberlauf bzw. den Anguss, wodurch die Menge an Kreislaufmaterial um 13.475 t/a sinkt. Die geplanten Ziele laut Hauptantrag bieten insgesamt folgende Einsparungen und Umweltvorteile, bezogen auf eine Ausbringungsmenge an Gussteilen i.H.v. 100.000 t/a:

- Energieeinsparung: ca. 25.260 MWh/a
- CO₂-Einsparung: 11.375 t/a
- Senkung des Gesamtenergieverbrauchs um 5,68 %
- Senkung des spezifischen Energieverbrauchs je Tonne Guss von 2.376 kWh/t auf 2.241 kWh/t
- Materialeinsparung von 17.145 t/a an metallischen Einsatzstoffen, diese teilen sich auf in:
 - 14.837 t/a Schrotte / Blechpakete
 - 1.649 t/a Roheisen

- 459 t/a SiC (metallurgisches Siliciumcarbid)
- 105 t/a FeSi (Ferrosilizium)
- 23 t/a FeMn (Ferromangan)
- 72 t/a Cu (Kupfer)
- 1,19 t/a Cer/Cerium
 - weitere Materialeinsparungen für nicht-metallische Einsatzstoffe:
- 90 t/a Bentonit
- 121 t/a Kohlenstoffträger
- 424 t/a Sande (Formsand)

Am Standort wurde die neue Produktionslinie PL2 gebaut, um die globale Wettbewerbsfähigkeit in der Herstellung hochwertiger Leichtbaugussteile für den Nutzfahrzeugbereich zu sichern und weiter auszubauen. Hauptkriterium für die Investition ist die signifikante Reduzierung der Herstellkosten durch Ersatz zweier bestehender, massiv veralteter Formanlagen durch eine hoch produktive. Gleichzeitig liegt der Fokus auf der deutlichen Erhöhung der Produktionsflexibilität und der Erreichung strategisch wichtiger Energieeinsparungen durch den Einsatz modernster Produktionstechnik. Die bestehenden Anlagen müssten aufwendig instandgesetzt werden, um eine gleiche Leistungsfähigkeit bei höherem Energieverbrauch zu erreichen.

Ziel der Installation war ferner, dem Kunden in der Kombination zwischen den Fähigkeiten auf dem Gebiet des bionischen Designs durch hohe Prozesssicherheit in der Umsetzung optimierte Produkte anzubieten. Damit wird ein Alleinstellungsmerkmal gegenüber Mitbewerbern erreicht.

2.2 Darstellung der technischen Lösung

Die PL2 wurde für ein breites Produktionsspektrum geplant. Sie funktioniert für mittlere bis kleine Losgrößen genauso wie für Gussteile verschiedenster Dimensionen, Komplexität und Massen. Dieser Flexibilitätsgedanke war eine der primären Zielkenngrößen bei der Auslegung aller Gewerke. Durch eine an das jeweilige Bauteil angepasste Fertigung der Gussteile wird der Energieverbrauch reduziert. Die aus neuer Anlagentechnik resultierenden Chancen in Bezug auf geringere Streubreiten verschiedener Prozesse und daraus resultierender verbesserter Bauteilequalität wurden in dem Anlagenkonzept ebenso berücksichtigt wie eine Reglementierung der Kommunikation der Einzelgewerke ausschließlich über das Prozessleitsystem oder die Installation einheitlicher Systeme zur Rechteabfrage der Bediener und Auswertung von Prozessveränderungen. Im Folgenden werden die in der Vorplanung aus dem UIP-Antrag aus dem Jahr 2014 dargestellten energie- und umweltrelevanten Verbesserungen dargestellt und hinsichtlich der Einsparung bewertet.

2.2.1 Wirkungsgradverbesserung der neuen Anlage

Es wurde durch den Neubau der Anlage von einer Wirkungsgradverbesserung ausgegangen. Der Wirkungsgrad der PL2 (IST-Kästen pro Schicht / SOLL-Kästen pro Schicht) umfasst den Energie- und Ressourceneinsatz im Bezug zur Produktionsmenge auf Basis von Monatswerten, d. h. jede Verbesserung durch eine größere Ausbringungsmenge verbessert die Energieeffizienz. Geplant ist ein Wirkungsgrad der PL2 von 85 % (SOLL= 1.148 Kästen in der Schicht (7,5h)). Der in der Vergangenheit erfasste Wirkungsgrad der beiden Anlagen AM-214 (65,73) und IMD-110 (81,2%) ist als Bewertungsgröße herangezogen worden. Der aktuelle Wirkungsgrad der PL2 liegt bei 69,1% (Stand: September 2018). Dies ist auf die verzögerte Inbetriebnahme und den verzögerten Hochlauf zurückzuführen. Der Wirkungsgrad von 85% wird nach wie vor angestrebt.

Zur weiteren Verbesserung des Wirkungsgrads der PL2 Linie wurde nach Umsetzung der Maßnahmen durch GEMCO Engineers B.V. eine Analyse durchgeführt. Nach dieser kann eine weitere Wirkungsgradverbesserung durch unten aufgeführte Maßnahmen erfolgen, welche bereits durch die AUG bis zur Sommerbetriebsruhe 2018 umgesetzt worden sind bzw. mit der Winterbetriebsruhe 2018 umgesetzt werden sollen:

Maßnahmen bis Sommerbetriebsruhe:

1. Installation von Entsandungstischen 8 und 9 sowie Überarbeitung der Software, um eine höhere Entsandungskapazität zu schaffen
2. Umbau der Formmaschine, damit Sandanfall und Formfehler reduziert werden
3. Umbau der Vergießeinrichtung zur Verschleißreduktion, weil der Kippzylinder thermisch überlastet wird
4. Umbau Kettenförderer zur Taktzeitgewinnung
5. Anpassungen im Rohgussbereich zur Maximierung der verfügbaren Bandlänge (Teil 1)

Maßnahmen mit Winterbetriebsruhe:

6. Flächenbereinigung durch Rückbau AM 214 und DISA3 zur Schaffung von Kernlogistikfläche und damit zur Verringerung des Transportaufwands
7. Anpassungen im Rohgussbereich zur Schaffung beidseitiger Abwurfschächte für Kreislaufmaterial.

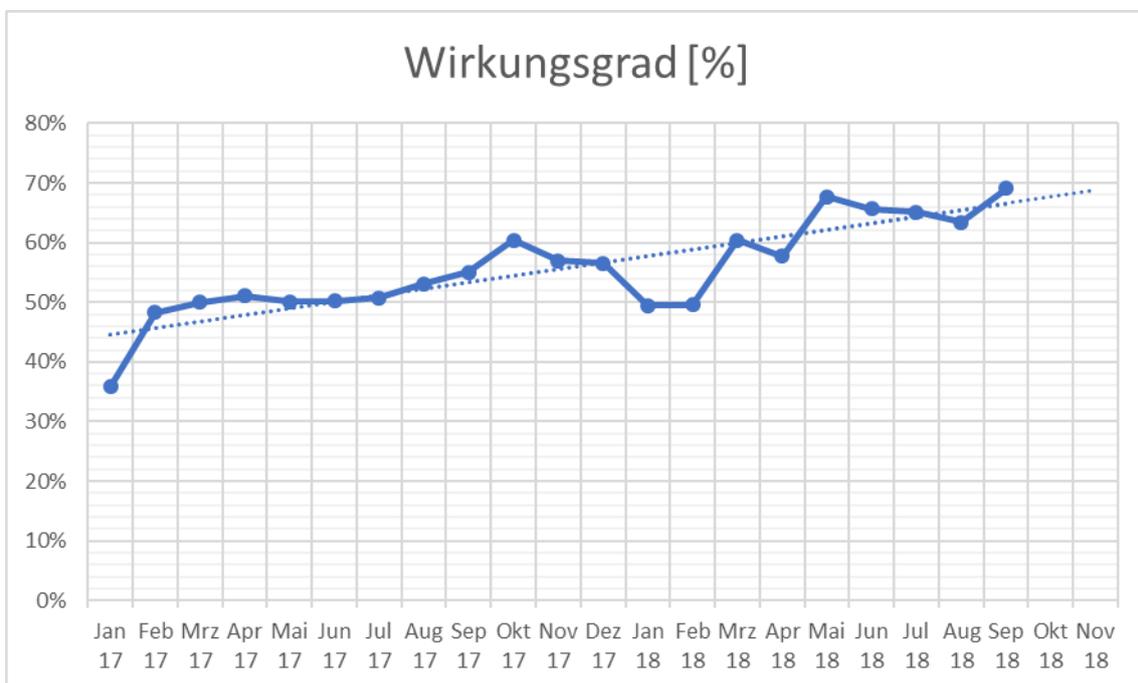


Tabelle 1: Entwicklung des Anlagenwirkungsgrad seit 2017

Ein Trend zur Optimierung ist ablesbar. Eine erste Steigerung des durchschnittlichen Wirkungsgrads und eine damit einhergehend Einsparung des elektrischen Energiebedarfs durch den Wegfall von Wochenendschichten um ca. um 5% ist erreicht worden. Steigende Effekte werden nach dem Hochlauf nach den Betriebsferienumbauten in den Folgemonaten erwartet. Es wird davon ausgegangen, dass Ende 2019 der entsprechende Wirkungsgrad von 85% erreicht ist.

		Geplant 2014	Stand 2018
Einsparung durch Wirkungsgradsteigerung	kWh/a	778.176	194.544

Tabelle 2: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.1

2.2.2 Verringerungen des Ausschusses

Durch die neue Anlage kann der gesamte Ausschuss der Produkte, die über die Anlagen gefahren werden, verringert werden, so dass weniger Eisen geschmolzen werden muss, um die gleiche Menge guten Guss als Ausbringungsmenge zu produzieren. Der durchschnittliche Aus-

schuss der alten Formanlagen der letzten drei Jahre liegt nach den Daten aus der Produktionsstatistik bei 3,77 % (2013: 3,5 %, 2012: 4 %, 2011: 3,8 %). Ziel ist mit der neuen Anlage die Verringerung des Ausschusses auf 2,0 % zu realisieren. Die reine Einsparung von Koks durch die Verringerung des Ausschusses liegt bei 986.838 kWh/a bei einer Ausbringungsmenge von 100.000 t/a und einem Ausschuss von 3,22 % (Stand: September 2018). Eine weitere Verbesserung der Ausschussrate ist in Verbindung mit den Maßnahmen, die in Zuge der Wirkungsgradverbesserung unter 2.2.1 dargestellt sind, zu erwarten.

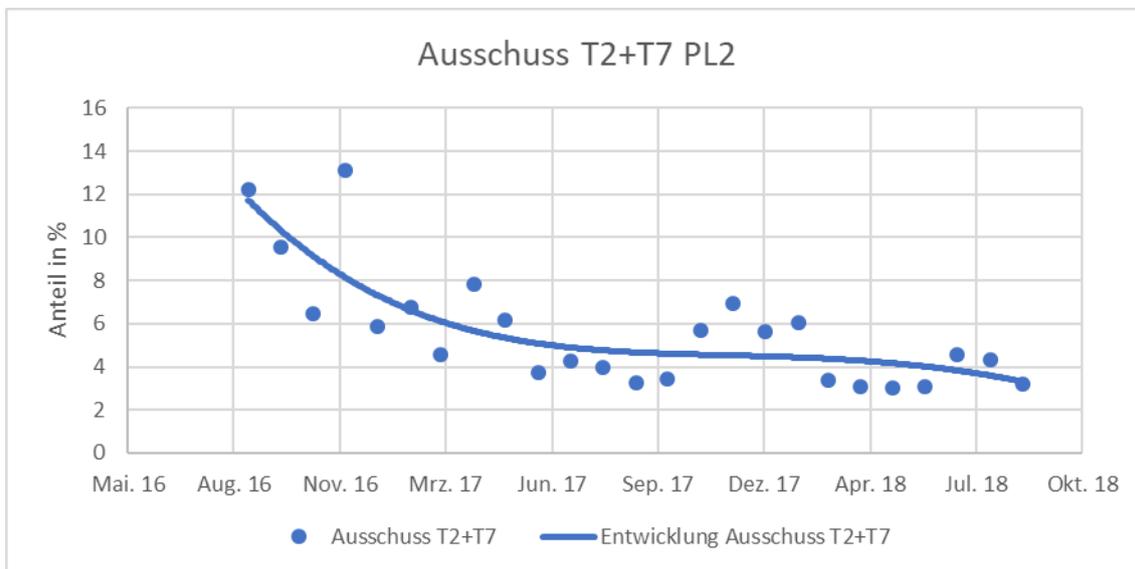


Tabelle 3: Entwicklung des Ausschuss T2 + T7

Die Ausschussmenge T2+T7 sind seit der Inbetriebnahme kontinuierlich fallend. Dabei ist T2 der Zeitpunkt nach dem Gießvorgang und T7 der Zeitpunkt am Ende des Gesamtprozesses. Es wird davon ausgegangen, dass bis Mitte 2019 die Ausschussmenge von 2,5 % und zum Ende des Jahres der Zielwert von 2,0% erreicht wird.

		Geplant 2014	Stand 2018
Einsparung durch Ausschussreduzierung	kWh/a	3.155.417	986.838

Tabelle 4: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.2

2.2.3 Energieeinsparung durch dreidimensionales Oberlaufräsen

Von entscheidender Bedeutung für die vom Kunden gefordert Präzision des Gusstücks und die Minderung späteren Nacharbeitsaufwands ist die Beschaffenheit der Form. Insbesondere ist die Formhärte neben den Sandeigenschaften wie Gasdurchlässigkeit, Aktivbentonitanteil und dessen Aufschluss maßgeblich für die Gewährleistung dieser Formeigenschaften.

Das von der AUG gewählte Formverfahren des Pressens entspricht dem Stand der Technik, wird aber durch die Anwendung des Dokumentationssystems dahingehend entscheidend verfeinert, dass durch eine innovative Regelung der Kräfte bestimmte Formverhältnisse und Festigkeiten erlernbar werden. Die so ermittelten Informationen werden dann im Prozess durch das Dokumentationssystem wiederum sicher nachgefahren.

Diese Fähigkeit wird ebenso auf den zusätzlich durch die AUG geforderten Prozessschritt „Pressen von unten“ ausgedehnt. Auch hier werden über das Dokumentationssystem spezifische Daten angewendet.

Diese auch in Kombination einsetzbaren Formverfahren sowie das mögliche Durchfluten des Sandes zur Formfüllung kompliziertester Formen ermöglichen die Herstellung von unterschiedlichsten auch sehr komplexen Sandformen. In Kombination mit einer konsequenten modellspe-

zifischen Regelung aller weiteren Prozesse lassen sich Ausschuss und Nacharbeit für neue, auf diesen Prozess hin ausgelegte Modelle, weiter verringern.

Das von einer der zu ersetzenden Altanlagen übernommene Formkastenformat lässt die Fertigung großer Bauteile für Nutzfahrzeuge genauso zu, wie die effiziente Fertigung von PKW-Teilen. Die existierenden Modellplatten konnten in einem ersten Schritt an die PL2 verlagert werden. Schritt 2 entspricht dem schrittweisen Ersetzen durch neue Modelle, mit welchem alle Vorteile der neuen Anlagentechnik genutzt werden können. Hierzu ist die Mitarbeit von Kunden erforderlich und wünschenswert, um gemeinsam auf der Basis der mit der PL 2 verfügbaren Herstellungspräzision und Prozesssicherheit Produktänderungen zu erreichen, die in der Folge zu leichteren Fahrzeugen führen.

Das dreidimensionale Oberlaufpräsen wurde wie geplant umgesetzt. Geplant war eine Reduzierung des Restoberlaufs von 30 auf 12,5 Kilogramm. Das Oberlaufgießen ermöglicht eine maximale Freiheit in der Modellplattenbelegung. Durch die Verkleinerung der Oberläufe muss für die gleiche Ausbringungsmenge weniger Eisen aufgeschmolzen werden. Zur Überprüfung der Einsparung wurden eine Reihe an Versuchen an unterschiedlichen Bauteilen durchgeführt. Die geplante Reduzierung um 17,5 kg ist in der Berechnung als Mittelwert über alle Produkte zu sehen. Es wurden aktuell ca. 30 unterschiedliche Produkttypen der PL2 auf die Gewichteinsparung geprüft. Die überprüften Produkte umfassen repräsentative Produkte (Bremsenteile, Fahrwerksteile, Rahmenanbauteile, Achsgehäuse etc.), die nach aktuellen Kundenvorgaben gefertigt werden. Als Ergebnis ist das durchschnittliche Oberlaufgewicht von 10,02 kg über die Produktpalette ermittelt worden. Diese Einsparung umfasst aktuell daher statt 17,5 kg im Mittel über die unterschiedlichen Produkte 19,98 kg, so dass eine höhere Einsparung durch die Maßnahme erreicht wurde! Allein durch die Einsparung an Koks werden durch die Maßnahme 6.039 t CO₂/a eingespart-

		Geplant 2014	Normiert 2018
Geschmolzenes Eisen	t/a	363.919	363.919
Einsparung durch die Änderung	Kg/Kasten	17,5	19,98
Geplante Ausbringungsmenge	Kästen/a	770.000	770.000
Einsparung Menge zum Aufschmelzen	t/a	13.475	15.385
Energie Koks	kWh/t	7.220	7.220
Ausbringung Koks/Eisen	%	10,6	10,6
Einsparung Koks	t/a	1.428,4	1.630,8
Einsparung Koks in kWh/a	kWh/a	10.312.678	11.768.600

Tabelle 5: Kokseinsparung Maßnahme 2.2.3

Da die Einsparung des Koks nur eine Teilmenge der eingesparten Energie der Schmelzerei ist, muss zur Bewertung der Gesamteinsparung der Kennwert aus dem Energiemanagement von 860 kWh/t_{geschmolzenes Rohmaterial} zu Grunde gelegt werden, um die Gesamteinsparung der Maßnahme zu errechnen. Die Materialeinsparung von 15.385 t/ wird mit Faktor multipliziert um die Gesamteinsparung zu errechnen, die dann 13.320.756 kWh/a beträgt (davon 11.768.600 kWh/a an Koks). Der Rest umfasst die weiteren Energieträger (Strom, Erdgas).

		Geplant 2014	Stand 2018
Gesamtenergieeinsparung der Maßnahme	kWh/a	11.588.500	13.320.756

Tabelle 6: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.3

Neben der oben dargestellten Energieeinsparung werden zusätzlich folgende Materialeinsparungen von 22.232 t/a an metallischen Einsatzstoffen generiert. Diese teilen sich auf in:

- 19.239 t/a Schrotte / Blechpakete
- 2.138 t/a Roheisen
- 595 t/a SiC (metallurgisches Siliciumcarbid)
- 136 t/a FeSi (Ferrosilizium)
- 30 t/a FeMn (Ferromangan)
- 93 t/a Cu (Kupfer)
- 1,5 t/a Cer/Cerium

weitere Materialeinsparungen für nicht-metallische Einsatzstoffe:

- 117 t/a Bentonit
- 157 t/a Kohlenstoffträger
- 550 t/a Sande (Formsand)

2.2.4 Wegfall Homotrommel

Die Bauteilqualität wird maßgeblich von der Qualität der Formen und diese wiederum von der Sandqualität beeinflusst. Herkömmliche Sandaufbereitungen sehen wie folgt aus: Abrütteln, Magnetabscheiden, nach oben fördern, Sieben, Kühlen, Homogenisieren und Befeuchten, Lagern, Aufbereiten.

Das alternative System zur Sandaufbereitung der PL2 (Abrütteln, Kühlen und Befeuchten, Abscheiden, nach oben fördern, Sieben, Vormischen und Einbringen von verbrauchten Wertstoffen, Lagern, Aufbereiten) wurde bei der neuen Anlage wie geplant umgesetzt, so dass keine Homotrommeln eingesetzt werden müssen.

Die Homotrommeln der Sandaufbereitung der IMD-110 und der AM 214 zur Homogenisierung des Sandes wurden wie geplant stillgelegt. Die Stilllegung der AM 214 ist zum Ende des Jahres 2017 und die Stilllegung der IMD-110 zum Ende des Jahres 2018 erfolgt.

		Geplant 2014	Stand 2018
Einsparung durch den Wegfall der Anlagen	kWh/a	1.012.390	1.012.390

Tabelle 7: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.4

2.2.5 Wegfall eines Druckgießofens

Der Druckgießofen (DGO) ist der Warmhalteofen für das Druckgießen, um das flüssige Metall aus dem Kupolofen flüssig zu halten. Durch ein neues Aggregat bei der PL2 kann einer der zwei Druckgießöfen wegfallen. Der Wegfall des Erdgasverbrauchs eines DGO ist nur für die 20 % Stand-By bei Nichtbetrieb wesentlich, da nur hier das Warmhalten durchgeführt wird. Die Energie, die im Normalbetrieb zum Schmelzen aufgebracht werden muss, bleibt aufgrund der gleichen Produktionskapazität gleich. An der oben beschriebenen Energieeinsparung kann, aufgrund der weiterhin gleich geplanten Kapazität, festgehalten werden.

Die Stilllegung der beiden Druckgießöfen der IMD-110 und der AM-214 hat, wie geplant, im Rahmen der Stilllegung der Gesamtlinien stattgefunden. Die Stilllegung der AM-214 ist zum Ende des Jahres 2017 und die Stilllegung der IMD-110 zum Ende des Jahres 2018 erfolgt

		Geplant 2014	Stand 2018
Einsparung durch den Wegfall der Anlagen	kWh/a	96.437	96.437

Tabelle 8: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.5

2.2.6 Wegfall der vier Stützbrenner der Sandaufbereitung

Die PL2 wurde wie geplant ohne Stützbrenner gebaut. Durch höhere Absaugleistung kann die Sandaufbereitung ohne die Stützbrenner auskommen, so dass das Erdgas zum Warmhalten eingespart werden kann.

Die Stilllegung der AM 214 ist zum Ende des Jahres 2017 und die Stilllegung der IMD-110 zum Ende des Jahres 2018 erfolgt, so dass hier von dem kalkulierten Einsparpotenzial ausgegangen werden kann, da die neue Anlage ohne die Stützbrenner auskommt.

		Geplant 2014	Stand 2018
Einsparung durch den Wegfall der Stützbrenner	kWh/a	431.440	431.440

Tabelle 9: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.6

2.2.7 Verminderung des Nachstrahlens des Rohgusses

Die Kapazität der Strahlanlage CT 42 und Integration einer Vorstrahlanlage in der PL2 wurde die Strahlkapazität und die Qualität deutlich verbessert. Es sind durch die PL2 keine Sonderschichten am Wochenende mehr durchgeführt worden, da der Anteil des prozessbedingten Nachstrahlens bei 0 liegt. Der im Jahr 2014 angesprochene hohe Anteil am Nachstrahlen durch das Ansteigen der Qualitätsanforderung der Kunden ist weiterhin zu beobachten. Durch die Prozessveränderung (das Vorstrahlen und Finishing (höhere Qualität)) kann der Strahlprozess auf einen Durchlauf verringert werden, wodurch die Energiekosten für das Nachstrahlen CT4 (Strahlanlage AUG) eingespart werden können. Das Nachstrahlen ist mit Hilfe der neuen Anlagen nicht notwendig und es muss kein Bauteil aufgrund der zu geringen Strahlkapazität nachgearbeitet werden. Die berechnete Einsparung der Wochenendschichten ist eingetreten.

		Geplant 2014	Stand 2018
Einsparung durch den Wegfall des Nachstrahlens	kWh/a	432.329	432.329

Tabelle 10: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.7

2.2.8 Stromeinsparungen: Einsätze von IE3-Motoren, Einsatz von Frequenzumrichtern, Wegfall von Einzelmotoren (Schrägklärer/Nassfilter) etc.

Die PL 2 wurde mit den geplanten IE3-Motoren (an den Stellen, an denen der Einsatz möglich ist), den Einsatz von Frequenzumrichtern ausgestattet und die einzelnen Anlagenbauteile (Wegfall des Schrägklärers, des Nassfilters und Wegfall von Einzelmaßnahmen) wurden umgesetzt. Der Plan-Verbrauch der beiden alten Formanlagen von 21.013.893 kWh übersteigt den Stromverbrauch der PL2 um 3.498.892 kWh. Der dieser Berechnung zugrundeliegende Stromverbrauch der PL2 sind vom Unternehmen GEMCO ermittelt wurden.

		Geplant 2014	Stand 2018
Einsparung durch den Einsatz effizienterer Komponenten	kWh/a	3.498.892	3.498.892

Tabelle 11: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.8

2.2.9 Verringerung des Energiebedarfs der Hydraulikanlage und Einsatz von Stand-By-Schaltungen

Die Hydraulikanlage wird durch die Zusammenlegung der Anlagen einen geringeren Kühlungsbedarf besitzen. Die Verringerung ist nach dem Stand der Planung bei GF ca. 40 %, so dass nur noch 60 % der Kühlenergie aufgebracht werden müssen. Die im Zuge der Vorplanungen in 2014 beschriebene "Vespersteuerung" genannte Regelung, in den Pausen einzelne Anlagen abgeschaltet werden, ist aktuell so nicht umgesetzt wurden, so dass hier 15 % weniger der Energie mit Hilfe der neuen MSR durch gezieltes Herunterfahren der Hydraulik eingespart werden kann. Ein Inbetriebnehmen der Vespersteuerung ist nach wie vor angedacht, muss aber mit der Prozesssicherheit und den Abläufen vereinbar sein, da sich herausgestellt hat, dass in den Pausen häufig Wartungsarbeiten an der Anlage durchgeführt werden und dazu Anlagenteile gefahren werden müssen. Daher müssen dabei auch die Filteranlagen weiter betrieben werden, damit die Anforderungen an die Luftreinhaltung weiter erfüllt wird. Die Abschaltung am Wochenende/Stand-By-Abschaltung bietet dazu aber ein weiteres Potenzial zur Optimierung, so dass hier Filteranlagen automatisiert heruntergefahren werden können.

Die Einsparung für die Verringerung der Kühlleistung der Hydraulik liegt in Summe also geringer als kalkuliert bei 280.500 kWh/a (basierend auf den Messdaten von 2018).

		Geplant 2014	Stand 2018
Einsparung durch den Einsatz effizienterer Komponenten	kWh/a	296.485	280.500

Tabelle 12: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.9

2.2.10 Maßnahmen am Druckluftnetz

Ein weiteres Energieeffizienzpotenzial an den Nebenprozessen sind mehrere Maßnahmen am Druckluftnetz, um den Energiebedarf für die Druckluftherzeugung zu verringern. Es wurden aufgrund des Anlagendesigns der AM-214 und der IMD-110 zwei Druckluftnetze (10 bar und 8 bar) zusätzlich zum bestehenden Werksnetz (6,8 bar) betrieben. Durch die neue Formanlage PL2 können die Druckluftnetze mit 10 bar und 8 bar substituiert werden. Die PL 2 kann komplett aus dem bestehenden Werksnetz mit 6,8 bar betrieben werden, so dass hier keine Kopplung mehr besteht.

Die Stilllegung der AM - 214 ist zum Ende des Jahres 2017 und die Stilllegung der IMD-110 zum Ende des Jahres 2018 erfolgt, so dass die komplette Stilllegung der Netze auf 10 bar und auf 8 bar mit der Stilllegung der Anlagen erfolgte.

Durch die Substitution des hohen Netzdrucks können ca. 10% Strom eingespart werden. Durch die Abschaltung und den Neuanschluss der Druckluftnetze können zudem Leckagen an den bestehenden Anlagen um ca. 30 % eingespart werden. Im Vorfeld wurden zudem in der Planung viele Druckluftverbraucher durch alternative Verbraucher an der Anlage subsumiert. Hier wurden alle geplanten Änderungen umgesetzt (20% Einsparungen).

Die Einsparung der Druckluftverbraucher kann Messtechnik nachgewiesen werden. Im Jahr 2018 wurden im Schnitt im Monat 1.796.284 Nm³ weniger als zum Mittelwert des Basisjahr 2011-2013 benötigt. Umgerechnet mit der aktuellen Druckluftkennzahl entspricht dies einer Stromeinsparung von 2.597.703 kWh/a für die Mengeneinsparung der 7 bar-Schiene. Dazu werden noch 102.053 kWh/a durch den Wegfall des 10bar-Druckluftnetz eingespart.

In der Summe ergibt dies eine Einsparung durch Druckluftoptimierung in Höhe von 2.699.756 kWh/a.

		Geplant 2014	Stand 2018
Einsparung durch die Druckluftoptimierung	kWh/a	2.366.707	2.699.756

Tabelle 13: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.10

2.2.11 Einsparungen durch neues Logistikkonzept

Das damals geplante Logistikkonzept ist aktuell noch nicht umgesetzt. Der Materialfluss und die Logistikplanung wurden zwar wie im Jahr 2014 geplant umgesetzt, aber da aktuell noch die „alten“ Anlagen stehen, ist die geplante Wegstreckeneinsparung noch nicht umgesetzt. Da in der Zwischenzeit das Logistikkonzept überarbeitet wurde (zentrale Batterieladestation), wird der Nachweis der Einsparungen über Zähler nicht möglich sein. Zudem kann erst nach Abbau der AM-214 und Stilllegung der IMD 110 eine Einsparung erreicht werden, da weitere Umbauten im Werk notwendig sind. Eine Einsparung ist frühestens im Jahr 2019 zu erwarten. Da die technischen und organisatorischen Änderungen im Bereich im Logistik in den Jahren schwer zu kalkulieren sind, wird zunächst nicht mit einer Verbesserung gerechnet.

		Geplant 2014	Stand 2018
Einsparung durch das neue Logistikkonzept	kWh/a	258.789	0

Tabelle 14: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.11

2.2.12 Einsparung durch „Intelligenz“ der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (MSR)

Produktionsleitsystem

Das Konzept einer übergeordneten, werkstückspezifischen Steuerung wurde über die gesamte Produktionslinie hinweg konsequent umgesetzt. Alle relevanten Produktionsparameter werden modellspezifisch im SAP gepflegt und über das Produktionsleitsystem (PLS) an jedes einzelne Teilwerk übergeben. Speziell ist die innovative Verkettung bei den folgenden Anlagenteilen umgesetzt:

- Gesteuerte Sandkühlrinne (anhand der Prozessparameter wird teilespezifisch die Kühlung angepasst)
- Gesteuerte Kühlmischer (anhand der Prozessparameter wird teilespezifisch die Kühlung angepasst)
- Entsandern (über den BDE-Auftrag werden spezifisch die Leistungsparameter und Durchlaufzeiten eingestellt (und so eine Einsparung erzielt)
- Gusskühlen (über den BDE-Auftrag werden spezifisch die Leistungsparameter und Durchlaufzeiten eingestellt (und so eine Einsparung erzielt)
- Strahlen (über den BDE-Auftrag werden spezifisch die Leistungsparameter und Durchlaufzeiten eingestellt (und so eine Einsparung erzielt)

Die Istwerte wiederum werden über das PLS zurück in die Datenbank gespeichert. Nur autorisierte Mitarbeiter können die Soll-Vorgaben für den aktuellen Lauf beeinflussen, wobei alle Änderungen im System dokumentiert werden. Die gespeicherten Prozessdaten lassen detaillierte Analysen aller Prozessschritte zu mit allen Optionen in Richtung Ressourceneinsparung, Industrie 4.0 und Automation.

Die Einsparung durch die „Intelligenz“ der MSR wurde wie geplant umgesetzt. Der Nachweis ist schwer messtechnisch zu erfassen und wird endgültig erst bei der Vollauslastung der Produktion festzustellen sein. Aktuell ist ein Teilziel erreicht, in dem man von einer Einsparung analog zu Wirkungsgradverbesserung ausgehen kann.

		Geplant 2014	Stand 2018
Einsparung durch Intelligenz der MSR	kWh/a	1.343.570	465.082

Tabelle 15: Vergleich Einsparung Maßnahme 2.2.12

Als Beispiel für die Umsetzung der „Intelligenz“ der MSR wird im Folgenden die Umsetzung der Regelung an der Korbkühlanlage (Gusskühlung) detaillierter dargestellt:

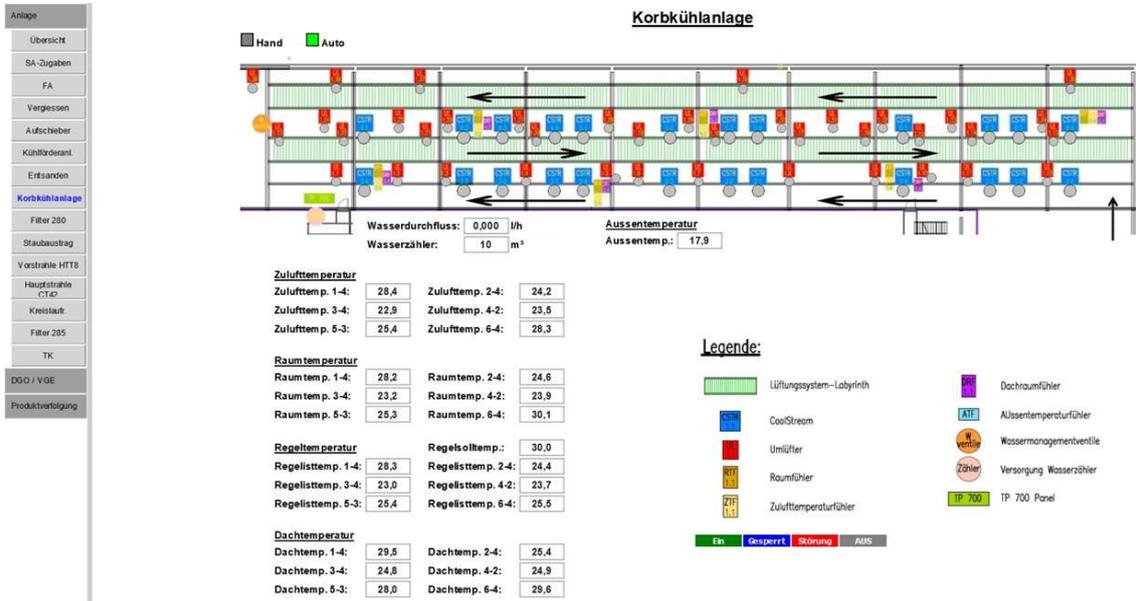


Abbildung 1: Screenshot Kühlkorbanlage

Die schwarzen Pfeile zeigen den Weg, welchen die Körbe nehmen. Gekühlt wird hauptsächlich über die Zeit per Konvektion, falls nötig (hohes Teilegewicht oder heißer Sommer), werden die zu Gruppen kombinierten Coolstreams sowie die Umlüfter, welche die gekühlte Luft in Richtung der Körbe drücken, zugeschaltet. Das System wird über Solltemperaturen geregelt. Die intelligente Regelung macht es möglich, dass die Coolstreams und Umlüfter zum einen bei bestimmten Zeiten abschalten und nur bedarfsgerecht nach der Temperatur geregelt werden können.

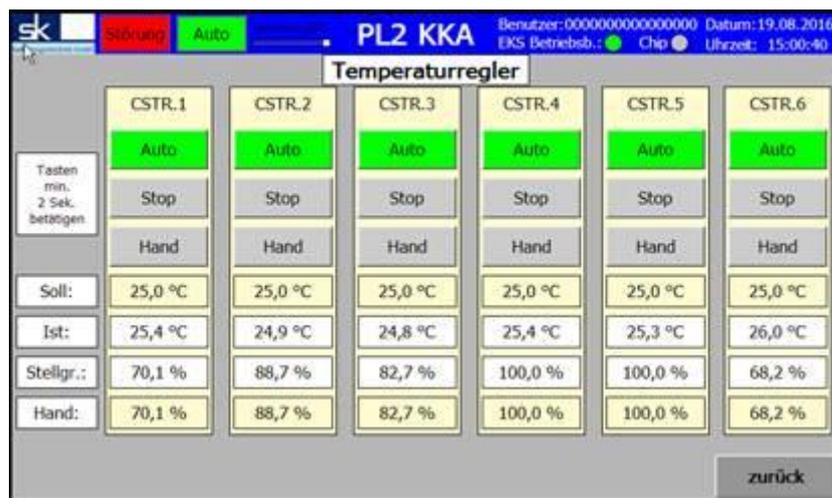


Abbildung 2: Screenshot MSR Kühlkorbanlage

2.3 Umsetzung des Vorhabens

Die baulichen Teilabschnitte und die Installation der Anlagen wurden im Wesentlichen im Zeitraum März 2015 bis September 2016 umgesetzt.

Die Realisierung begann mit dem Abriss eines Teils des bestehenden Gießereikomplexes, um an dieser Stelle einen kompletten Neubau zu errichten. Der Bau und die Montage von großen Anlagenteilen mussten parallel erfolgen und stellten wegen der großen Nähe zu laufenden Produktionsbereichen und dem Gelände des Nachbarunternehmens MAGGI eine große Herausforderung dar. Alle Arbeiten bedurften einer intensiven Koordination und Abstimmung. Besonderer Wert wurde auf die Arbeitssicherheit gelegt. Hierzu gehörte auch die Gewährleistung der Brandschutzsicherheit. Die Baustelle wurde regelmäßig durch beauftragte Sachverständige und qualifiziertes Eigenpersonal begangen.

Im Zuge der Errichtung der Gewerke traten vor allem im Zusammenhang mit Anbindungen an bestehende bauliche Substanz Verzögerungen auf. Hier mussten Stahlbaubestände befundet und ggf. stabilisiert werden. Eine erhebliche Verzögerung des Gesamtprojekts entstand durch die Insolvenz des Lieferanten der Sandaufbereitung, da dadurch die Einbauten der Sandsilos verzögert erfolgte und dies den Fortgang der Bauarbeiten des Gesamtgebäudes behinderte.

Noch während der Erstphase der Stahlbauarbeiten im Bereich der Strahlanlagen kam es zu einem tödlichen Unfall in Verantwortung des Stahlbauunternehmens. Der Unfall stand in keinem Zusammenhang mit etwaigen Sicherheitsdefiziten der Baustelle, sondern war wahrscheinlich auf technisches Versagen eines Anschlagmittels zurück zu führen. Dies führte zu einer Stilllegung an diesem Teil der Baustelle für insgesamt ca. 4 Wochen und erheblichen Koordinationsaufgaben für das Gesamtprojekt.

Ab September 2016 begann die Inbetriebnahmephase die noch unter Verantwortung der einzelnen Anlagelieferanten lief. Hier zeigten sich unerwartete Defizite in der Leistungsfähigkeit vor allem der Gewerke Transportförderer, Entsandung und auch der Sandaufbereitung. Während in den ersten beiden Fällen auf Nachbesserungen bestanden werden konnte, musste im Fall der Sandaufbereitung die Fertigstellung und Sicherung der endgültigen Leistungsfähigkeit durch eigene Kräfte und in Eigenverantwortung sichergestellt werden.

Im Fall des Transportförderers musste externe Expertise hinzugezogen werden. Der Entsandungslieferant hat erhebliche Nachbesserungen durchgeführt, wodurch sich die Abnahme verzögert hat.

Insgesamt ergaben sich dadurch erhebliche Mehraufwendungen und zeitliche Verzögerungen. Gleichzeitig bestand die Aufgabe, für die Verlagerung der Sortimente auf die neue Anlage die Genehmigung/Freigabe der Kunden zu erhalten. Dies war in den meisten Fällen mit folgenden Schritten verbunden:

- Antragstellung
- Besichtigung der Anlage schon während der Bauphase
- Besichtigung der Anlage und Begutachtung des Prozesses
- Freifahren des Prozesses - Freifahren der Produkte (Tests bei Kunden und Endkunden)
- Begleitung der ersten Serienlieferungen aus der neuen Anlage

Bei diesen Verlagerungen zeigte sich, dass die Übernahme der Modelleinrichtungen aus der Altanlage jeweils eines oder mehrerer Tests bedurfte um vor allem maßliche Abweichungen die sich aus dem veränderten Verdichtungsbild der PL 2 ergaben zu korrigieren bzw. die Verdichtung der Neuanlage entsprechend anzupassen.

Die dargestellte Situation hat in Summe zu einer Beeinträchtigung der geplanten Dynamik der Hochlaufkurve geführt. Im Jahr 2017 wurde als letzter Schritt der Optimierung der Anlage eine Untersuchung der Anlage durch die Firma GEMCO (Experte im Bereich Planung und Errichtung von Gießereien) durchgeführt. Diese hat bestätigt, dass die Anlage richtig ausgelegt und geplant wurde. Die Qualität der den vertraglichen Vereinbarungen zu Grunde liegenden Lastenhefte wurde als sehr hoch eingeschätzt. Es wurde ferner bestätigt, dass die Anlage die geforderten Leistungsparameter erbringen kann, aber zurzeit durch die geschilderten Inbetriebnahmeprobleme beeinträchtigt ist. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Anlage die geplanten Effekte zeitversetzt erreichen wird.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts liegt der Wirkungsgrad der Anlage im Bereich bis zu 69 %. Für die Budgetplanung 2019 wurde von der Erreichung der geplanten Wirkungsgrade (ca. 85%) ausgegangen.

2.4 Behördliche Anforderungen

Der Antrag gem. § 16 BImSchG zum Bau und Betrieb der PL-2 wurde in enger Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde parallel zur Planung der Anlage erstellt und zum frühestmöglichen Zeitpunkt eingereicht (Regierungspräsidium Freiburg Nr.54.1-8823.12/KN-104/28). Rechtzeitig vor Baubeginn wurde die Baugenehmigung und die Genehmigung des vorzeitigen Beginns genehmigt. Die entsprechenden Genehmigungsaufgaben wurden fristgerecht erfüllt und entsprechend den Behörden gemeldet. Die Abnahme der Gebäude erfolgte fristgerecht.

Die im Rahmen der Detailplanung bzw. Anlagenaufbau geplanten Anlagenänderungen wurden ebenfalls in enger Absprache mit der Genehmigungsbehörde im Rahmen eines Änderungsantrages beantragt.

Die Nebenbestimmungen der, gem. BImSchG, erteilten Genehmigung werden in ein internet-basiertes Genehmigungskataster übernommen und verwaltet. Im Rahmen der Eingaben der Nebenbestimmungen sind Verantwortlichkeiten und Termine zu fixieren. Vom Umweltschutzbeauftragten wird die fristgerechte Abarbeitung der Nebenbestimmungen überwacht und entsprechend an die Geschäftsleitung reportet.

3. Ergebnisse

3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung

Das Vorhaben wurde trotz erschwelter Bedingungen zu einem positiven Ergebnis geführt. Die bisher vorliegenden Erfahrungen belegen, dass die geplanten Effizienzziele erreichbar sind. Dies bezieht sich vor allem auf den Effekt der Anwendung der 3-D Fräsen für die Oberlaufreduzierung. Gleiches gilt für die Verdichtungsthematik aus der in Zukunft ganz eindeutig Vorteile für die Prozesssicherheit und Gewichtsoptimierung der Produkte gemeinsam mit den Kunden gewonnen werden können. In den Punkten Arbeitssicherheit und Ergonomie sind ganz entscheidende Fortschritte nachweisbar.

Ein wesentlicher Vorteil der Anlage ergibt sich aus den Nachfolgeeffekten die u.a. in folgenden Punkten bestehen:

- Produktivitätsverbesserung direkt an der Anlage und in den nachgelagerten Prozessen
- Optimierung der Kernproduktion und des Kerntransports
- Senkung der spezifischen Material- und Energieverbräuche u.a. durch verringerten Ausschuss, geringeres Kreislaufmaterial und höhere Kastenbelegung
- Optimierung der Logistik im Gesamtunternehmen
- Ausbau der produktspezifischen Fertigung und –Analytik mit dem Ansatz Industrie 4.0 auf der Basis der vorhandenen Sensorik der Anlage die das bisherige Niveau bei Weitem übersteigt
- Senkung des Produktgewichts durch engere Prozessfenster und höhere Präzision im Formprozess und dadurch nachhaltige Effekte auf den Flottenverbrauch der Endkunden.

Die Umsetzung des Vorhabens wurde durch ein eigenes Team gestaltet. Diese Herausforderung hat wesentlich zur Festigung des vorhandenen technisch-technologischen Niveaus unserer Kernmannschaft beigetragen.

3.2 Stoff- und Energiebilanz

Im folgenden Abschnitt wird die Zusammenfassung der Maßnahmen dargestellt. Durch die zwölf Maßnahmen können pro Jahr in Summe ca. 23.318.000 kWh/a sowie ca. 10.400 kg/CO₂-Emissionen eingespart werden. Den Berechnungen liegen die CO₂-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe des Umweltbundesamts, 27/2016, zugrunde. Die Details finden sich in Tabelle 16.

	Maßnahme	Plan Einsparung 2014 [kWh/a]	Einsparung 2018 [kWh/a]	CO ₂ - Emission 2018 [t/a]
1	Wirkungsgradverbesserung	778.176	194.544	112
2	Verringerung des Ausschusses	3.155.417	976.393	114
3	Oberlauffräsen	11.588.500	13.230.756	6.039
4	Wegfall Homotrommel	1.012.390	1.012.390	204
5	Wegfall DGO	96.437	96.437	19
6	Wegfall der Stützbrenner	431.440	431.440	87
7	Rohguss: Nachstrahlen	432.329	432.329	249
8	Stromeinsparungen: Einsatz von IE3- Motoren, Frequenzumrichter	3.498.892	3.498.892	2.015
9	Verringerung der Hydraulikanalage und Einsatz von Stand-By-Schaltungen	296.485	280.500	162
10	Ersatz des Druckluftnetzes auf 8bar und 10bar durch 6,8bar	2.366.707	2.699.756	1.555
11	Einsparungen in der Logistik	258.789	-	0
12	Einsparung durch "Intelligenz" der MSR	1.343.570	465.082	268

Tabelle 16: Soll-/Ist-Vergleich Energieeinsparung

Im Vergleich zum Planwert werden in der folgenden Tabelle die IST-Werte aus dem Jahr 2018 dargestellt.

	Plan 2014	IST 2018	
Einsparung durch die Maßnahmen	25.259.132	23.318.519	kWh/a
System Ausgangszustand	444.386.878	444.386.878	kWh/a
System Zustand SOLL	419.127.746	421.068.359	kWh/a
Spez. Ausgangsenergieverbrauch	2.376	2.376	kWh/t
Spez. Energieverbrauch System nach Investition PL2	2.241	2.251	kWh/t
Gesamteinsparung in %	5,68%	5,25%	%

Tabelle 17: Einsparberechnung 2018

Anzumerken ist, dass der spezifische Energieverbrauch in der Tabelle, wie im Vorplanungsbericht 2014 beschrieben, auf einen 15 Schicht-Betrieb mit einer Standardauslastung des Werkes von 200.000 t/a gerechnet wurde. Der Anteil der PL2 bei dieser Auslastung, die geplant ist, liegt bei 100.000 t/a.

Die Kennzahlen aus dem zentralen Energiemanagement des Werks bestätigen die in einzelnen Schritten dargestellte Einsparung. In Tabelle 18 wird die Kennzahl normiert auf die jeweiligen

Produktionsmengen der Vergleichsjahre dargestellt. Die Einsparung liegt über den ermittelten 5,25%, da im Energiemanagement in dem Zeitraum noch weitere kleine Projekte umgesetzt wurden.

Einsparungen geplant	25.259.132	kWh
Produktion 2011-2013	172.873	t
Kennzahl 2011-2013	2.560	KWh/t
Energieverbrauch 2018	349.055.685	kWh/a
Produktion 2018	146.053	t
Kennzahl 2018	2.390	KWh/t
Verbesserung der Kennzahl	6,65	%

Tabelle 18: Verbesserung der Kennzahl für das Gesamtwerk

Im Folgenden wird die aktuelle Stoff- und Energiebilanz der PL2 dargestellt. Um schon während der Hochlaufphase eine Aussage zu der aktuellen Energieeffizienz zu machen, wurde eine Normierung der Energiemedien auf die aktuellen Tonnagen durchgeführt. Für eine geplante Produktionsmenge der PL2 von 100.000 t/a werden ca. 160.000 t/a vergossene Flüssigeisenmenge benötigt.

Absolutwerte PL2		Ziel auf 12 Monate	2018 (Summe Q1-Q3)
Vergossene Flüssigeisenmenge	in t	160.000	102.815
Strom	in kWh	15.800.000	16.703.523
Erdgas	in kWh	4.500.000	1.502.666
Druckluft	Nm ³		14.225.525
Umrechnung Druckluft mit 0,132 kWh/Nm ³	kWh	2.700.000	1.905.953
Kühlwasser	m ³		226.934
Umrechnung Kühlwasser mit 0,36 kWh/m ³	kWh	150.000	82.904
Gesamt	kWh	23.150.000	20.195,046

Tabelle 19: Soll-/Ist-Vergleich Verbrauchswerte PL2

In der Stoff- und Energiebilanz ist zu erkennen, dass die erwarteten Verbrauchswerte der Anlage noch nicht vollständig erreicht sind. Die definierten Zielwerte errechnen sich aus der Differenz der angesetzten Verbräuche für die Anlagen und den im Gutachten dargestellten Energieeffizienzmaßnahmen.

Die aktuellen Kennwerte für die PL sehen wie folgt aus:

Kennzahlen PL2		Ø 2018 (Q1-Q3)
Strom/ Vergossene Flüssigeisenmenge	kWh/t	163
Erdgas/ Vergossene Flüssigeisenmenge	kWh/t	15
Druckluft/ Vergossene Flüssigeisenmenge	kWh/t	19
Gesamtenergie/Vergossene Flüssigeisenmenge	kWh/t	197

Tabelle 20: Kennzahlen (EnPI) Soll-/Ist-Vergleich

Um die aktuellen Kennzahlen richtig einzuordnen, wurde für jeden Energieträger eine Korrelationsanalyse durchgeführt und eine Funktion ermittelt, die für die jeweilige Produktionsmenge den passenden Zielwert der Energieeffizienz widerspiegelt. Die Kühlwassermengen werden aufgrund der noch zu schwankenden Datenbasis und nur einer geringen Relevanz für die Gesamteffizienz der Anlagen nicht weiter untersucht. Dieses dauerhafte Monitoring wurde in das Energiemanagement integriert und kontinuierlich zur Überwachung der Effizienz der Anlage eingesetzt.

Die Kennzahlen kWh/t wurden in einer Korrelationsanalyse in einem Diagramm in Abhängigkeit mit der Produktionsmenge dargestellt. Die Punkte sollten möglichst aus der Funktion liegen. Das Bestimmtheitsmaß (R^2) gibt an, wie „stark“ die Korrelation zwischen der Kennzahl und der Produktionsmenge ist. Bei einem R^2 von 1 ist ein direkter Zusammenhang zwischen der Kennzahl und der Produktionsmenge ohne weitere Einflussgrößen und ein R^2 von 0 ist zusammenhanglos. Bei einem $R^2 > 0,5$ ist die Kennzahl i.d.R. aussagekräftig. Da bei einer größeren Datenbasis die Kenntnisse über die Korrelation besser wird (d.h. das Ausreißer von Messwerten, z.B. bei Störfällen, eine geringere Bedeutung haben, je mehr Messwerte im normalen Betrieb vorliegen), lohnt die Weiterführung der Betrachtung in den nächsten Jahren für die Anlage. Im Folgenden werden die Monatsverläufe für das Jahr 2018 über die Kennzahl bei Vollauslastung und dann die Korrelationsanalyse mit der Tendenz bei einer hochgerechneten Produktionsauslastung dargestellt.

Elektrische Energie

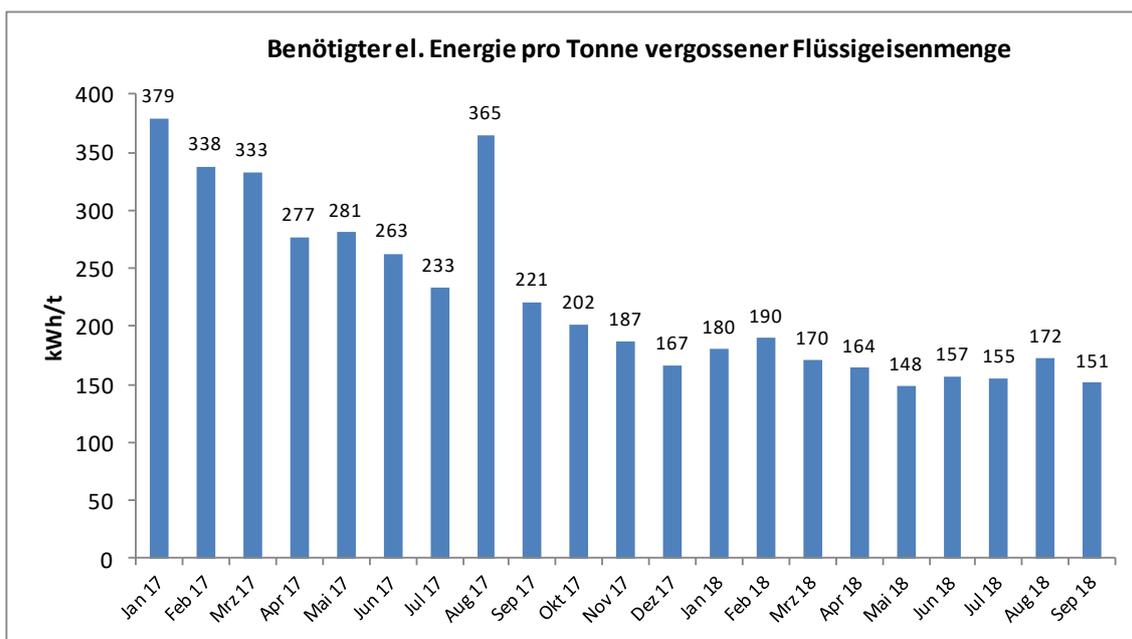


Abbildung 3: Spezifischer Stromverbrauch Flüssigeisenmenge 2017/ 2018

Die Stromkennzahl war von der Tendenz her im Jahr 2017 fallend. Dieser Trend setzt sich in geringerem Maße auch im Jahr 2018 fort, wobei der Zielwert noch nicht erreicht wird. Im August 2017 gab es hier einen Ausreißer nach oben, der aber mit der geringen Produktionsmenge im August bei der Betriebsruhe zu erklären ist. Der Trend ist abhängig zur Produktionsmenge passend zu erkennen. In der folgenden Darstellung ist der Ausreißer im August passend zu der Funktion erklärbar.

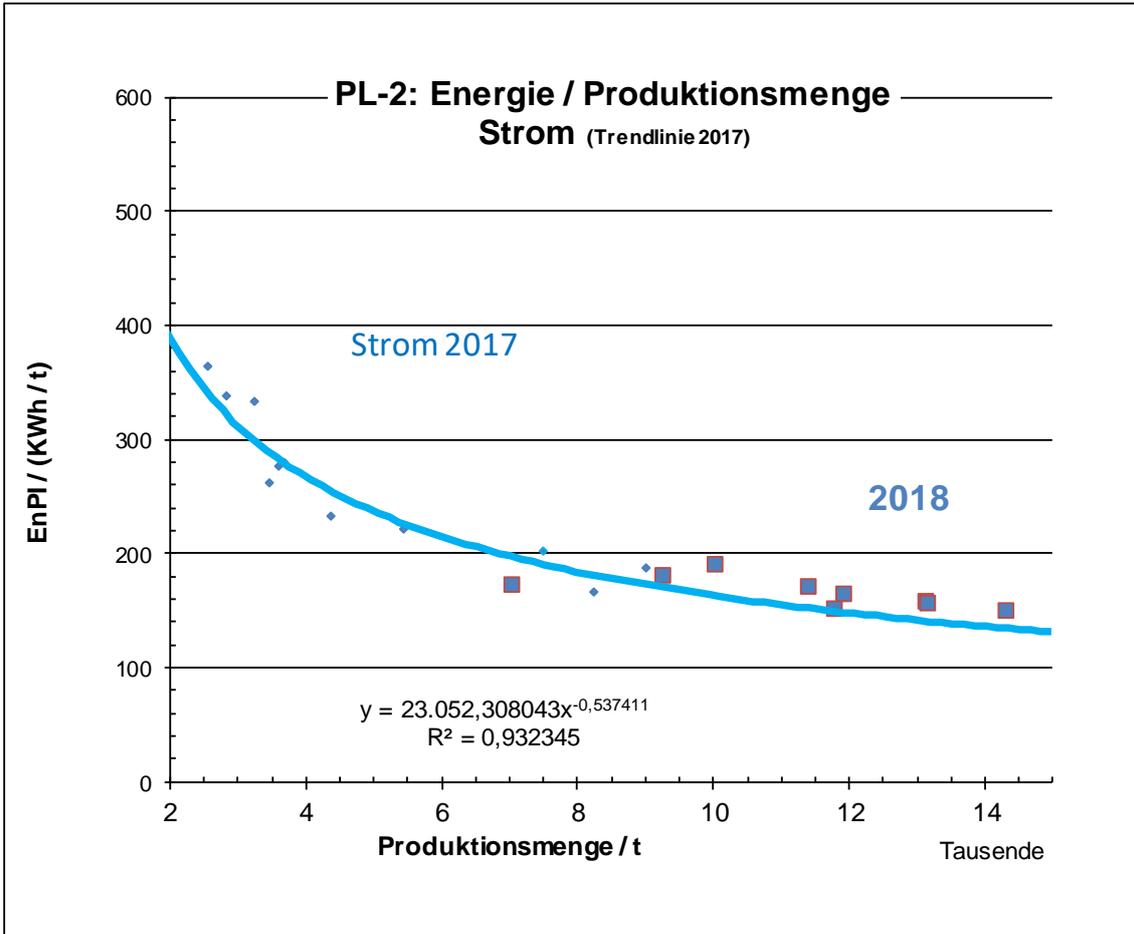


Abbildung 4: Korrelationsanalyse Strom (Tendenz x= 13.500t/Monat: 149 kWh/t)

Die Korrelationsanalyse zeigt, dass die Messwerte alle nahe der Funktion liegen. Das R^2 ist mit einem Wert von 0,94 ausreichend hoch, dass man von einer guten Korrelation der EnPI mit der Produktionsmenge sprechen kann, so dass die Hochrechnung auf die geplante Produktionsmenge von 100.000 t/a (bei einer monatlichen vergossenen Flüssigeisenmenge von 13.500t) bei einem normierten Effizienzwert von 149 kWh/t zu landen. Der erhöhte Strombedarf ist größeren Filteranlagen zu erklären, da die umwelttechnischen Auflagen aufwendig einzuhalten sind.

Erdgas

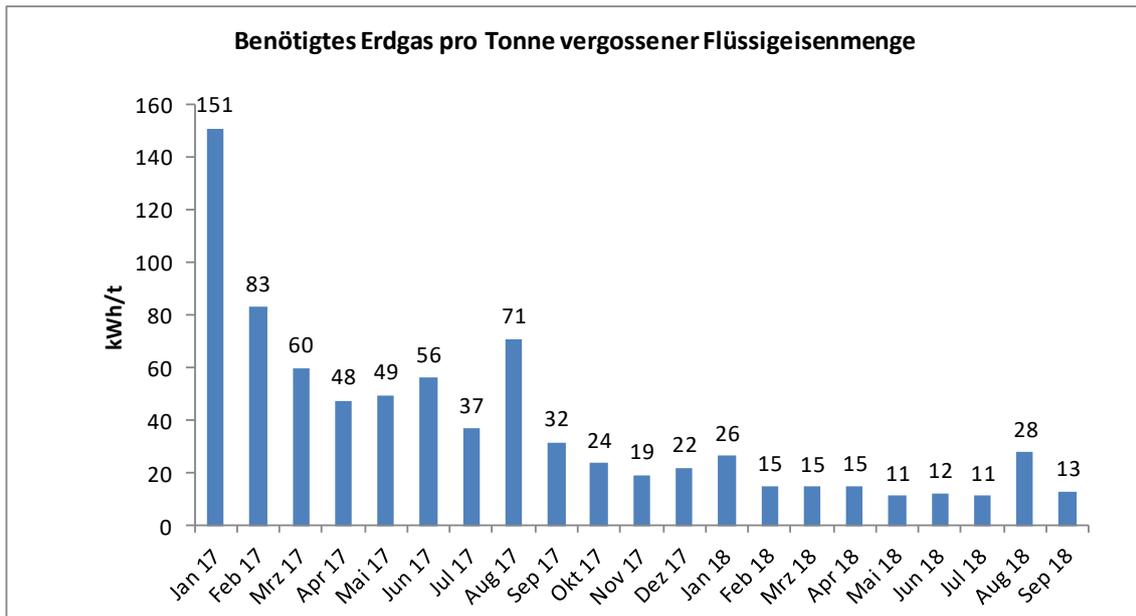


Abbildung 5: Spezifischer Erdgasverbrauch Flüssigeisenmenge 2017/2018

Die Erdgaskennzahl ist von der Tendenz her im Jahr 2018 weiterhin fallend, sodass der Zielwert dauerhaft unterschritten wurde. Das Ziel ist übererfüllt. Im August 2017 und 2018 gab es hier den gleichen Ausreißer nach oben, der ebenfalls mit der geringen Produktionsmenge / Betriebsferien im August zu erklären ist. Der Trend ist abhängig zur Produktionsmenge passend zu erkennen.

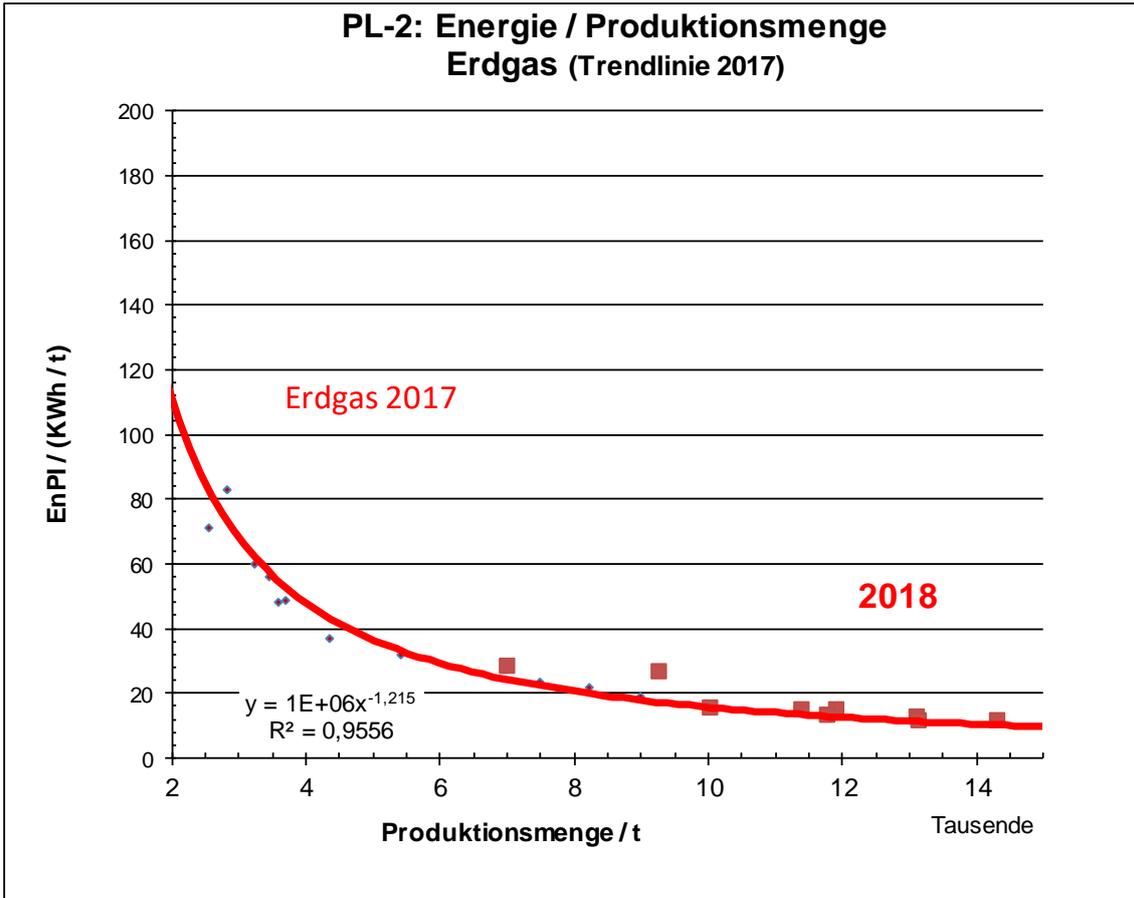


Abbildung 6: Korrelationsanalyse Erdgas (Tendenz x= 13.500t/Monat: 11,7 kWh/t)

Die Korrelationsanalyse zeigt, dass die Messwerte ebenfalls alle nahe der Funktion liegen. Das R^2 ist mit einem Wert von 0,978 sehr hoch, dass man von einer guten Korrelation der EnPI mit der Produktionsmenge sprechen kann, so dass auch hier die Hochrechnung auf die geplante Produktionsmenge von 100.000 t/a (bei einer monatlichen vergossenen Flüssigeisenmenge von 13.500t) bei einem normierten Effizienzwert von 11,7 kWh/t zu landen. Da der Einzelzielwert für die Erdgaseffizienz bei 28 kWh/t liegt, ist hier der Planwert eher unterschritten.

Druckluft

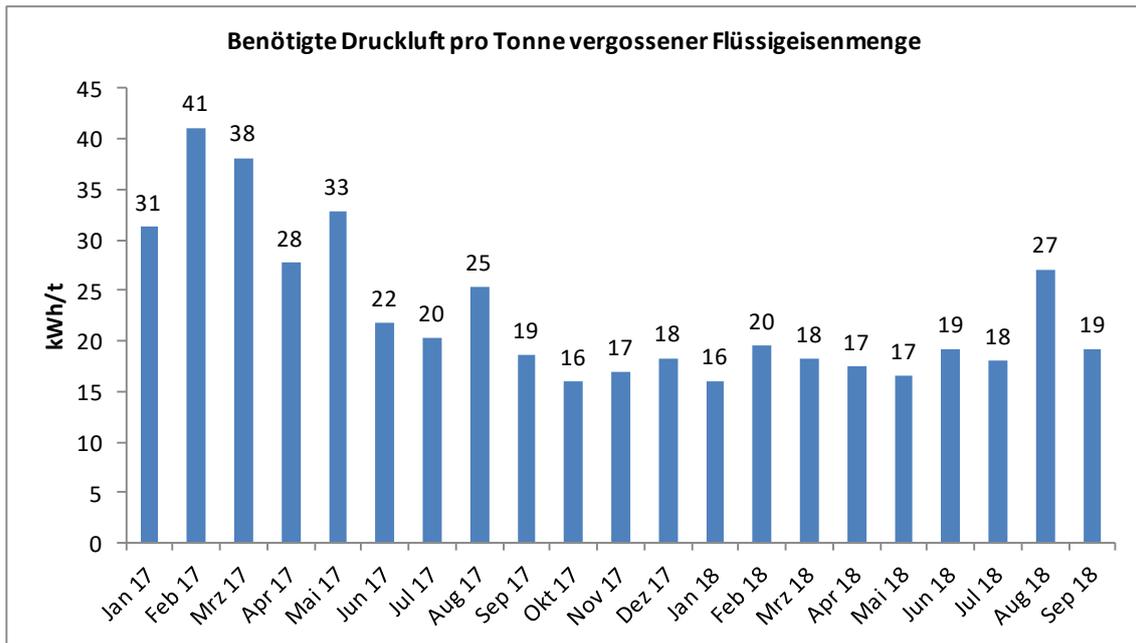


Abbildung 7: Spezifischer Druckluftverbrauch Flüssigeisenmenge 2017/2018

Die Druckluftkennzahl ist im Jahr 2018 auf einem konstanten Niveau nahe dem Zielwert. Die höheren Werte im August 2018 sind durch zusätzliche Kühlungen und zusätzliche Rütteltische, die einen hohen Druckluftbedarf haben, zu erklären und nur temporär geplant gewesen. Im September sind die Werte wieder auf dem vorherigen Niveau.

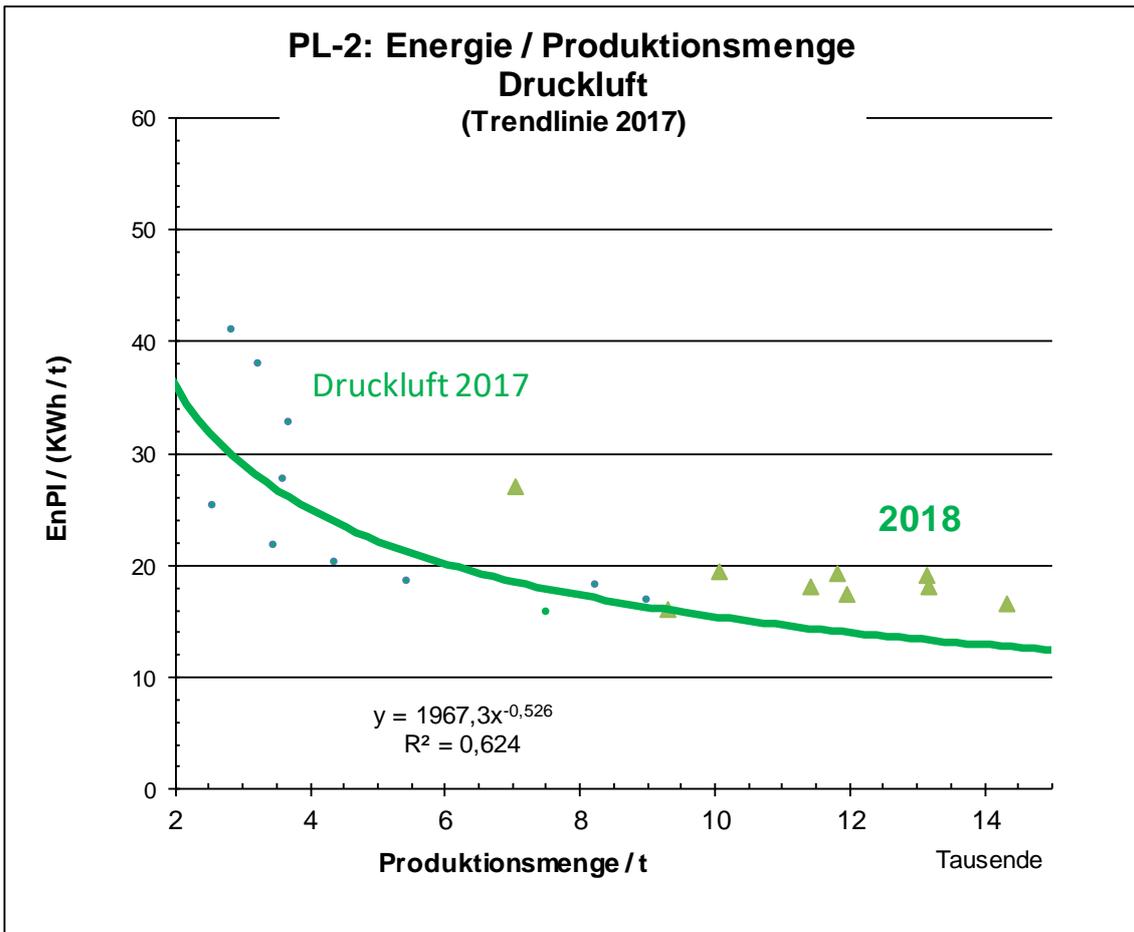


Abbildung 8: Korrelationsanalyse Druckluft (Tendenz x= 13.500t/Monat: 16,7 kWh/t)

Die Korrelationsanalyse zeigt, dass die Messwerte ebenfalls alle nahe der Funktion liegen. Der Einzelzielwert für die Druckluffeffizienz bei 17 kWh/t liegt, auch ist hier der Planwert mit dem normierten Wert von 16,7 kWh/t eher unterschritten (unter dem Vorbehalt, dass die Funktion bei mehr Messdaten sich noch ein wenig verschiebt). Der Trend ist aber positiv.

Gesamtenergie der PL 2

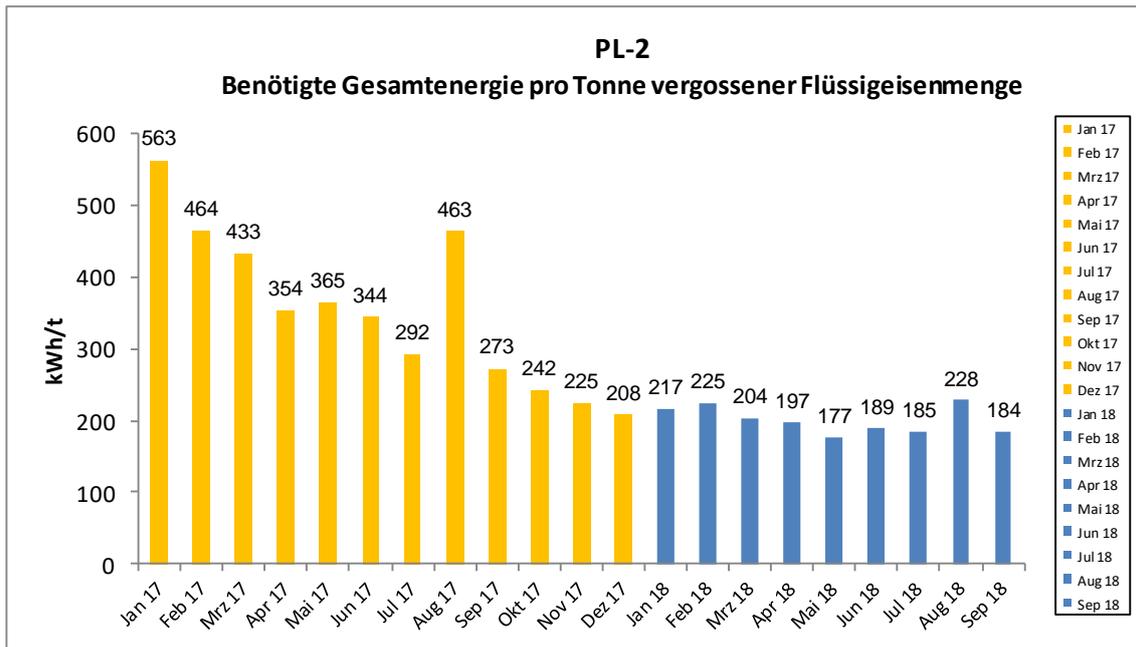


Abbildung 9: Spezifischer Gesamtenergieverbrauch Flüssigeisenmenge 2017/2018

Die Gesamtenergiekennzahl war ebenfalls von der Tendenz her im Jahr 2017 und 2018 fallend. Der August 2017 und der August 2018 mit der geringeren Produktionsmenge sind ebenfalls entgegen dem Trend, aber erklärbar durch die Betriebsruhe und die geringere Produktionsmenge. Eine weitere Verbesserung der Gesamtenergiekennzahl ist in diesem Jahr zu erkennen. Die oben definierten Maßnahmen zur Optimierung des Wirkungsgrads werden an dieser Stelle auch einen positiven Beitrag zur Erreichung des Zielwerts der Gesamtanlage leisten.

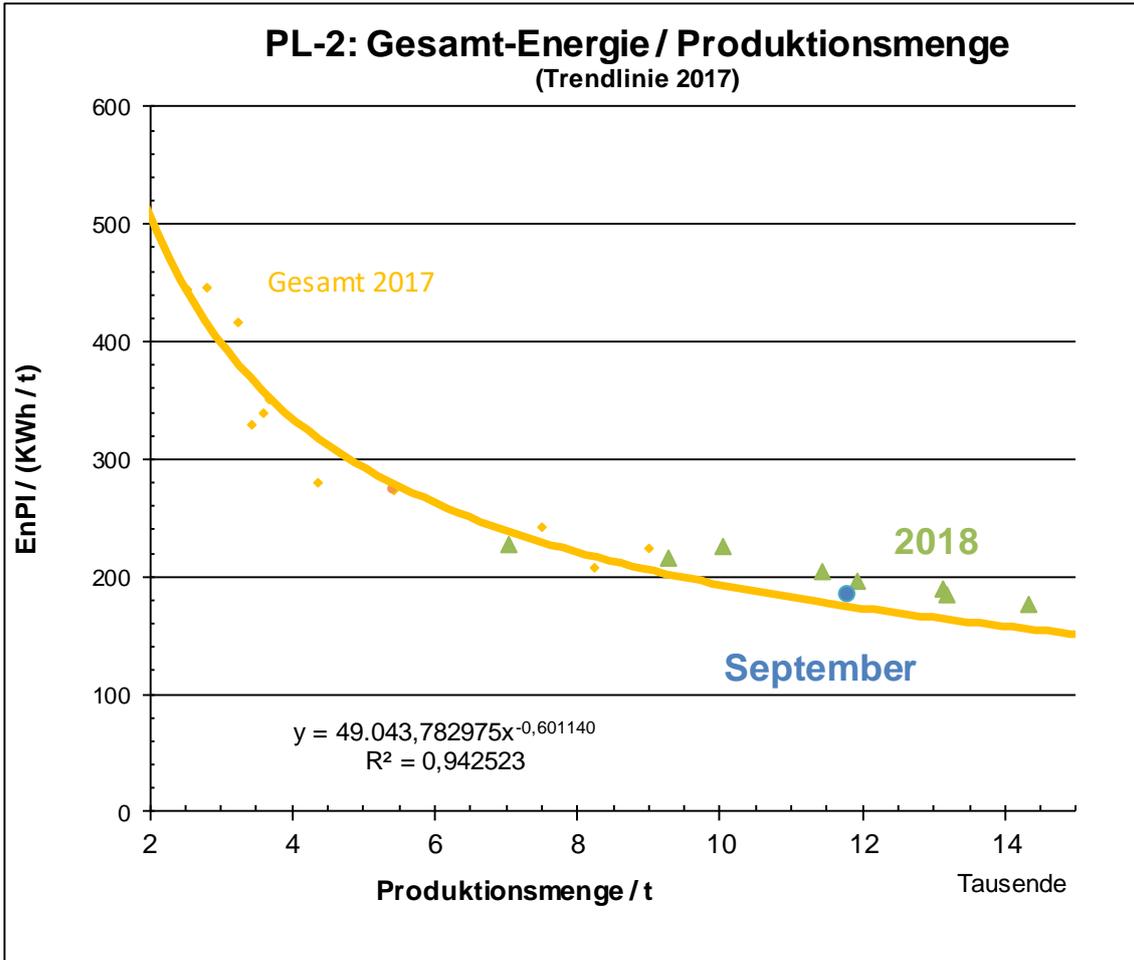


Abbildung 10: Korrelationsanalyse Gesamtenergie
(Tendenz $x = 13.500\text{t}/\text{Monat}$: 178 kWh/t)

Die Korrelationsanalyse zeigt, dass die Messwerte der Gesamtenergie ebenfalls alle nahe der Funktion liegen. Das R^2 ist mit einem Wert von 0,958 sehr hoch, dass man von einer guten Korrelation der EnPI mit der Produktionsmenge sprechen kann. Somit ist mit der Funktion das Energieeffizienzziel darstellbar und die oben beschriebenen Maßnahmen sind zusätzlich nachweisbar.

3.3 Umweltbilanz und Wirtschaftlichkeitsanalyse

Durch den verringerten Energieeinsatz werden durch die PL 2 Koks, Erdgas und Strom eingespart und somit CO₂-Emissionen reduziert.

	Maßnahmen	Plan 2014 CO ₂ -Emission [t/a]	IST 2018 CO ₂ -Emission [t/a]
1	Wirkungsgradverbesserung	448	112
2	Verringerung des Ausschusses	190	114
3	Oberlaufräsen	4.633	6.039
4	Wegfall Homotrommel	204	204
5	Wegfall DGO	19	19
6	Wegfall der Stützbrenner	87	87
7	Rohguss: Nachstrahlen	249	249
8	Stromeinsparungen: Einsatz von IE3-Motoren, Frequenzumrichter	2.015	2.015
9	Verringerung der Hydraulikanlage und Einsatz von Stand-By-Schaltungen	171	162
10	Ersatz des Druckluftnetzes auf 8bar und 10bar durch 6,8bar	1.363	1.555
11	Einsparungen in der Logistik	149	0
12	Einsparung durch "Intelligenz" der MSR	774	268

Tabelle 21: CO₂-Emissionen Soll-/Ist-Vergleich

Insgesamt werden durch die Maßnahme ca. **10.712 t/a** an CO₂-Emissionen eingespart. In der unten dargestellten Tabelle wird der Vergleich zum Jahr 2014 und zur Planung dargestellt.

	Plan 2014	IST 2018	
Einsparung durch die Maßnahmen	25.259.132	23.318.519	kWh/a
System Zustand IST	444.386.878	444.386.878	kWh/a
System Zustand SOLL	419.127.746	421.068.358	kWh/a
Gesamteinsparung in %	5,68%	5,25%	%
Einsparung CO₂-Emissionen	10.820.852	10.712.788	kg/a

Tabelle 22: Zusammenfassung CO₂-Emissionen Soll-/Ist-Vergleich

3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Das Ziel der Investition ist die Steigerung der Produktivleistung sowie eine Verringerung des Ausschusses und einer Verringerung des spezifischen Verbrauchs gegenüber den Altanlagen. Nach der Inbetriebnahme lässt sich normiert auf einer vollen Auslastung von 100.000 t/a zur Wirtschaftlichkeit der Anlage folgende Aussagen feststellen:

spez. Verbrauch IST	2.376	kWh/t
spez. Verbrauch SOLL	2.251	kWh/t
Einsparung	-125	kWh/t
Einsparung bei 100.000 t/a Produktion	23.318.519	kWh/a
bei einem durchschnittlichen Energiepreis 0,05 €/kWh	-1.165.926	€/a

Tabelle 23: Wirtschaftlichkeitsabschätzung

Ohne eine Förderung der Investition hätte eine Wirtschaftlichkeit der Mehrinvestitionskosten nicht dargestellt werden können.

3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Die Anlage PL 2 besteht zu einem Teil aus bekannten Bestandteilen die aber in der Kombination und in wesentlichen Details stark das Niveau bisheriger konventioneller Anlagen übertreffen. Beleg für diese Aussage sind u.a.:

- die Kombination von hochverdichtenden Formtechnologien mit einer 3-D Oberlauf- fräse
- die produktbezogene Steuerung fast aller Anlagenteile
- der Einsatz einer übergreifenden Anlagensteuerung die mit Planungs- und BDE- Software zur Produktionssteuerung direkt verknüpft werden kann
- umfassende Sicherheitssysteme zum Schutz vor Fehlanalysen und nicht technologiekonformem Flüssigisen
- Grad der Flexibilität bei der Einstellung auf die jeweiligen technologischen Erfordernisse der spezifischen Sortimente (Formparameter, Auspackparameter, Strahlparameter etc.)
- Ein hohes Maß an Energieeffizienz und reduzierte Umweltauswirkungen

Die Anlage setzt somit Maßstäbe und sichert die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens ab.

4. Empfehlungen

4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Die Erfahrungen aus dem Aufbau der Anlage haben gezeigt, dass die technischen Innovationen funktionieren und die Anlage die geforderte Qualität liefern kann. Es ist aber auch zu erkennen, dass die Anlage noch Optimierungspotenziale hat und bei der Größe und Komplexität der Anlage auch nach der Inbetriebnahme und der laufenden Produktion noch eine Weiterentwicklung notwendig ist.

An der Anlage wird seit der Inbetriebnahme ein „lessons learned“ – Prozess durchgeführt, der alle maßgeblich an der Umsetzung des Projekts beteiligten Mitarbeiter umfasst. Der Anspruch dieses Prozesses ist, für nachfolgende Projekte eine Erfahrungsbasis zu schaffen, die der Vermeidung von Effizienzverlusten dienen soll.

4.2 Modellcharakter

Die Anlage PL 2 hat hinsichtlich folgender Eigenschaften Modellcharakter für die Gießereindustrie in Deutschland:

- Prozessfenster und – Sicherheit

- Level an vorhandener Sensorik
- Teilanlagenübergreifende Gesamtsteuerung
- Flexibilität in der Seriengröße und produktbezogenen technologischen Anpassung
- Geringe Anfälligkeit der Erzeugnisse für Oberflächenbeschädigungen
- Umwelt- und energietechnisches Niveau der Gesamtanlage

4.3 Zusammenfassung

Mit dem Bau und der Errichtung der Produktionsanlage PL 2 hat die Georg Fischer B.V. & Co. KG einen Meilenstein der technisch-technologischen Entwicklung gesetzt. Die Vorteile der Anlage auf dem Gebiet der Prozesssicherheit und Effizienz werden vervollständigt durch ein stark verbessertes Niveau der Automatisierung und Ergonomie. Das sehr anspruchsvolle Gesamtprojekt wurde trotz unerwarteter Schwierigkeiten erfolgreich umgesetzt. Dazu gehören vor allem die Produktion gewichtsreduzierter Teile die so für die Endkunden bedeutende Verbesserungen beim Flottenverbrauch ermöglichen. Daraus leitet sich ein erheblicher Beitrag der Neuinstallation zum Anspruch nachhaltiger Fertigung ab.

5. Veröffentlichungen

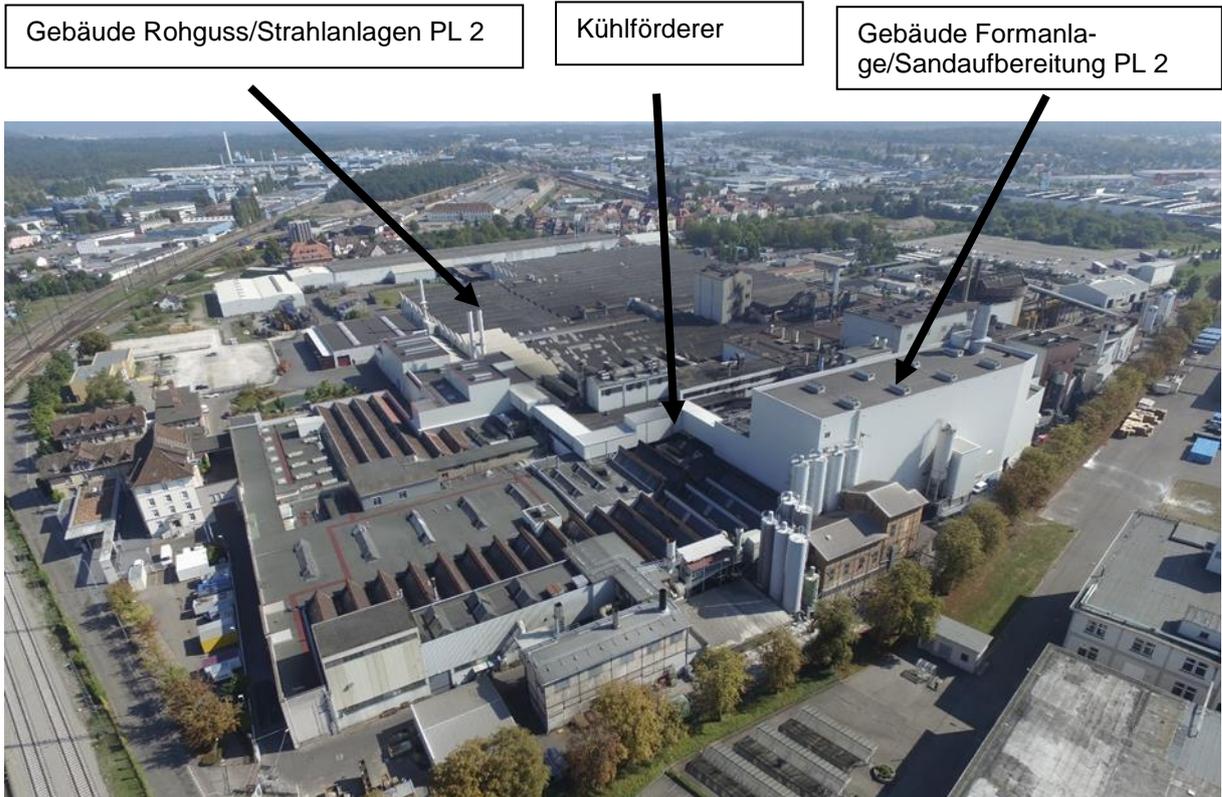
Das Projekt und der Projektfortschritt wurden in verschiedenen Tageszeitungen und Fachzeitschriften öffentlich publiziert. Die Mitarbeiter des Standortes und des Konzerns wurden über die Mitarbeiterzeitschriften Globe sowie Globe Plus / Inform informiert.

Ein Jahr voller Veränderungen und guter Arbeit	Globe Plus	November 2017
Die Wirtschaft in Singen boomt	Südkurier	29.03.2017
Die PL 2 im Drei-Schichtbetrieb	Globe Plus	März 2017
PL 2 - Projektstand	Globe Plus	März 2017
PL 2 - Projektstand	Globe Plus	November 2016
PL2 soll im Sommer eingeweiht werden	Wochenblatt	28.02.2017
GF nimmt eine neue Anlage in Betrieb	Südkurier Konstanz	20.10.2016
Zeitenwende bei Georg Fischer	Südkurier Singen	20.10.2016
GF nimmt eine neue Anlage in Betrieb	Südkurier	20.10.2016
Traditionsstandort mit Weitblick	Globe	September 2016
Strategie 2020 – Chance und Herausforderung zugleich	Globe Plus	Juli 2016
GF für die Zukunft gut aufgestellt	Südkurier	08.03.2016
PL 2- lang ersehnter Schritt in die Zukunft	Globe Plus	März 2016
Projektstand	Globe Plus	März 2016
Gute Auftragslage bei Georg Fischer	Südkurier	04.12.2015
PL-2 Projektstand	Inform	November 2015
Das Herzstück der neuen Anlage steht	Südkurier	07.10.2015
GF in Singen auf gutem Weg	Schaffhauser Nach.	07.10.2015
Mit grossen Schritten zu mehr Effizienz	Schaffhauser Nach.	07.10.2015
PL-2 Projektstand	Inform	Juli 2015
Grünes Licht für neue Anlage bei GF	Südkurier	27.03.2015
Fördermittel für die PL 2	Inform	März 2015
Neues von unserem Großprojekt PL 2	Inform	März 2015
Georg Fischer erhält Millionen-Förderung	Südkurier	14.02.2015
Fördergelder für GF in Singen	Schaffhauser Nach.	14.02.2015
GF baut für die Zukunft	Südkurier	04.12.2014
Neues von unserem Großprojekt PL 2	Inform	November 2014
GF erhöht Produktivität beim Eisenguss	Maschinenmarkt	26.03.2014
Georg Fischer investiert in Eisenguss	Schaffhauser Nach	17.01.2014
GF baut Giesserei in Singen aus	St. Galler Tagblatt	17.01.2014
Georg Fischer investiert 55 Millionen Euro	Baselland	17.01.2014

Tabelle 24: Veröffentlichungen

6. Anhang

Gesamtüberblick des Standorts Georg Fischer in Singen



Neu errichtetes Gebäude für die Formanlage der PL 2



Neu errichtetes Gebäude für den Rohgussabschnitt der PL 2



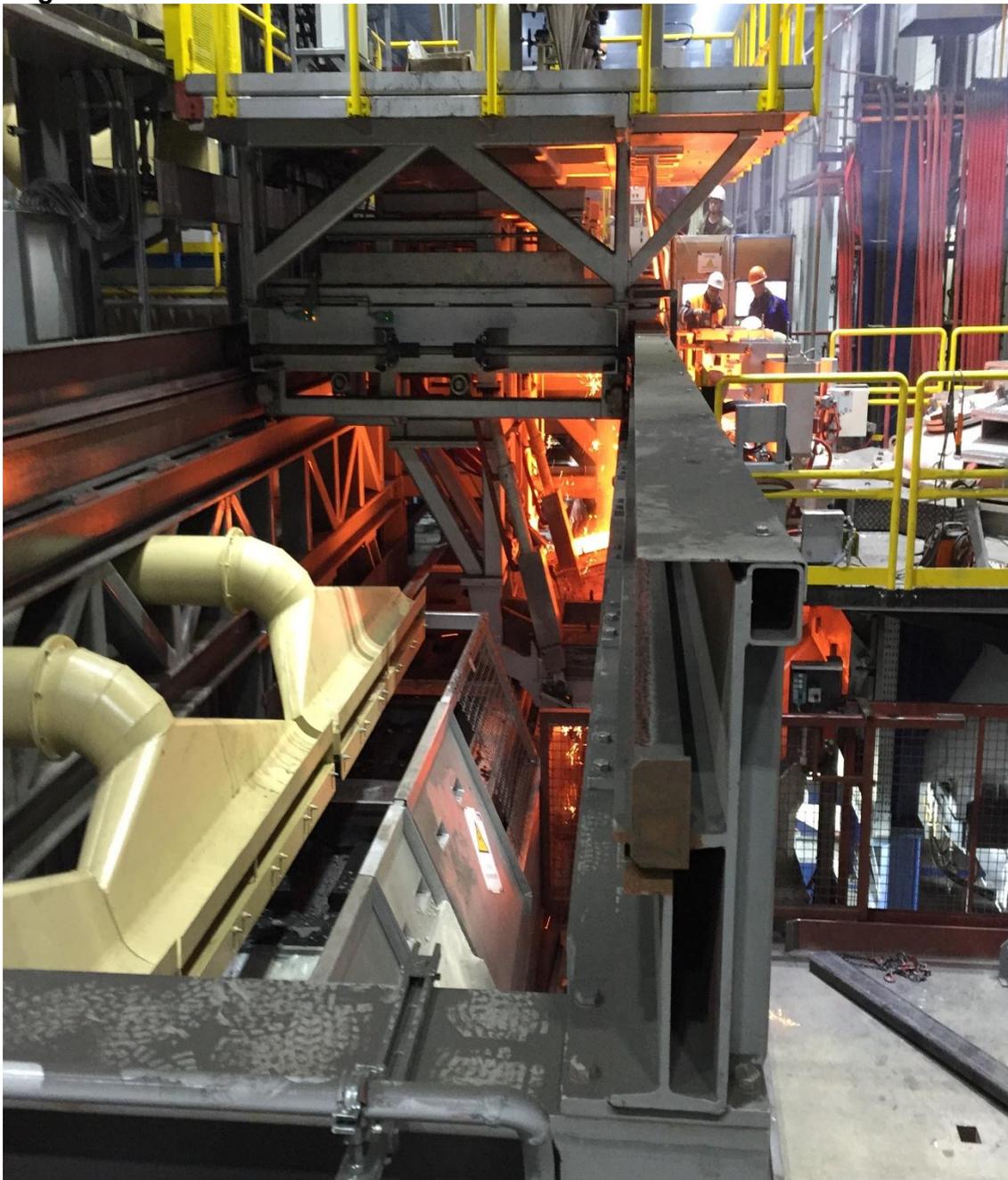
Formanlagenbereich PL 2



Überblick Formanlage PL 2



Abguss an der PL 2



Kühlhaus mit Förderstrecke (Gehängekörbe für die Gußtrauben)



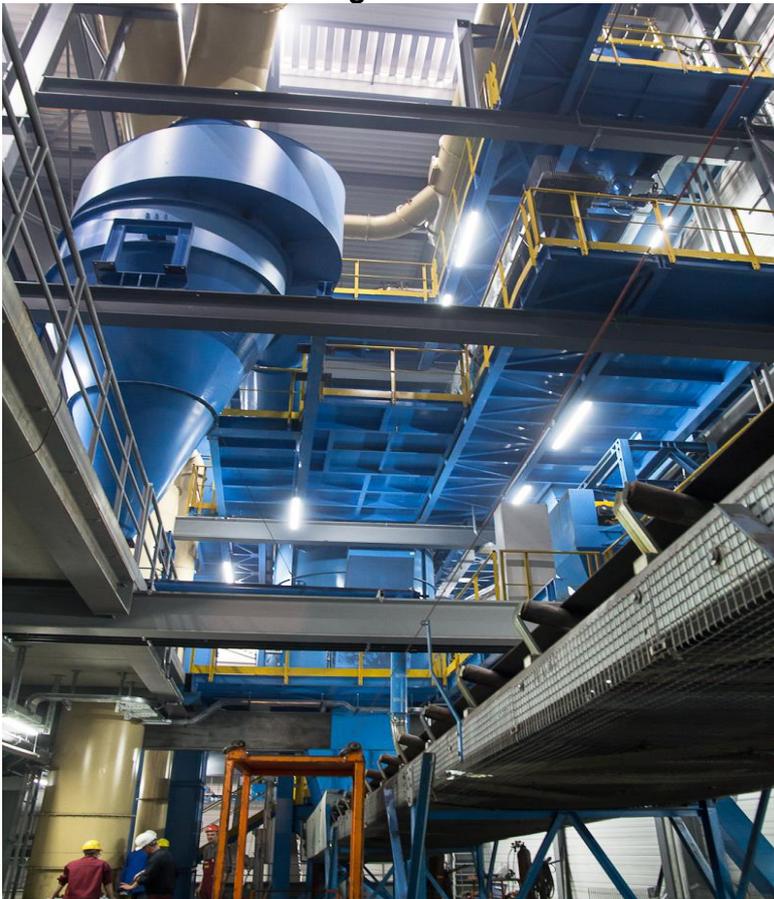
Schallschutz am Auspackbereich



Entsandungsstrecke PL 2



Blick in Sandaufbereitung



Einlegeroboter an Formlinie PL 2 (Ablösung schwerer körperlicher Arbeit)



Korb vor Vorstrahlanlage



Halle der Formanlage PL 2 in unmittelbarer Nähe zur Grundstücksgrenze der Nachbarfirma



Blick auf Steuereinheit der Strahlanlagen im Rohguss PL 2



Blick auf Rohgussbereich PL 2

