



Lehrstuhl für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften

Masterarbeit



Industrie 4.0-Anwendungen zur Erhöhung
der Energie- und Materialeffizienz am
Beispiel der Eisen- und Stahlindustrie

Dominik Ramschek, BSc

Mai 2020

Aufgabenstellung

Herr Dominik Ramschek wird das Thema

Industrie 4.0-Anwendungen zur Erhöhung der Energie- und Materialeffizienz am Beispiel der Eisen- und Stahlindustrie

zur Bearbeitung in einer Masterarbeit gestellt.

Im ersten Teil der Masterarbeit sind die theoretischen Grundlagen zur Bearbeitung der Themenstellung auszuarbeiten. Hierzu sind die für die Eisen- und Stahlindustrie kennzeichnenden hohen Energie- und Materialeinsätze sowie der Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und CO₂-Emissionen darzustellen. In weiterer Folge ist der Begriff Industrie 4.0 sowie dessen Technologien und Konzepte detailliert zu beschreiben. Weiters ist die Rolle der Digitalisierung, speziell in der Eisen- und Stahlindustrie, für Industrie 4.0-Anwendungen darzustellen. Insbesondere sind die Nutzenaspekte, Herausforderungen und Risiken der Digitalisierung sowie damit verbundener technischer Lösungen aufzuzeigen. Zusätzlich sind im theoretischen Teil im Kontext der Themenstellung Anwendungen zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie zu identifizieren und zu beschreiben.

Der Schwerpunkt des empirischen Teils bilden Experteninterviews, mittels derselben der Status quo in der Eisen- und Stahlindustrie dargestellt und die Ergebnisse der Literaturstudie vervollständigt werden sollen. Darauf aufbauend ist anschließend zu darstellen, wie Industrie 4.0-Anwendungen zu einer Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie führen können.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Hubert Biedermann', is placed above the printed name.

Leoben, Dezember 2018

o.Univ.Prof. Dr. Hubert Biedermann

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

I declare in lieu of oath, that I wrote this thesis and performed the associated research myself, using only literature cited in this volume.

Leoben, 13.05.2020



(Dominik Ramschek)

Gleichheitsgrundsatz

Aus Gründen der Lesbarkeit wurde in dieser Arbeit darauf verzichtet, geschlechtsspezifische Formulierungen zu verwenden. Es wird ausdrücklich festgehalten, dass die bei Personen verwendeten maskulinen Formen für beide Geschlechter zu verstehen sind.

Danksagung

Ein großer Dank gilt meiner Partnerin Verena und meiner Tochter Josephine. Beide haben mich bei der Verfassung dieser Arbeit sehr unterstützt und mussten während dieser Zeit oft auf meine Anwesenheit verzichten und viel zurückstecken. Außerdem danke ich meinem besten Freund Peter für all seine positiven Worte, die mich immer wieder aufgebaut und motiviert haben.

Ein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Dr. Milan Topic für seine ausgezeichneten und anregenden Ratschläge. Außerdem möchte ich mich ebenfalls bei Prof. Dr. Hubert Biedermann für seine Anregungen und seine Geduld bedanken. Ebenfalls bedanke ich mich recht herzlich bei allen Teilnehmern meiner Interviews für Ihre Zeit und Ihren wertvollen Input.

Diese Arbeit widme ich meinem Vater Johannes Konetschnik, welcher leider im Zuge dieser Arbeit verunglückt ist. Bis bald.

Dominik Ramschek

Leoben, im Mai 2020

Kurzfassung

Ein hoher Energie- und Materialverbrauch sind kennzeichnend für die Eisen- und Stahlindustrie. Aufgrund des volatilen Stahlmarktes, den steigenden Energiepreisen sowie der CO₂-Thematik, wird die Energie- und Materialeffizienz zunehmend ein entscheidender Wettbewerbsfaktor für europäische Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie. Industrie 4.0-Anwendungen bieten neue Möglichkeiten, die Ressourceneffizienz zu steigern, um demnach die Wettbewerbsfähigkeit der Stahlunternehmen zu sichern. Diese Arbeit stellt Potenziale und Herausforderungen von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie dar und soll zeigen, welchen Beitrag Industrie 4.0 zur Steigerung der Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie liefern kann. Zu diesem Zweck wurden aufbauend auf einer detaillierten Literaturstudie, leitfadengestützte Experteninterviews mit Personen aus dem Umfeld der Eisen- und Stahlindustrie durchgeführt. Zusätzlich wurden Best Practice-Beispiele von Industrie 4.0 Anwendungen, welche die Energie- und Materialeffizienz in der Stahlindustrie verbessern, ermittelt und analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in den Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie mit Industrie 4.0-Anwendungen, hauptsächlich über eine Reduzierung von Ausschuss, Steigerung der Ausbringung und durch eine optimale Prozessführung mittels Modelleinsatz und Simulation erreicht wird. In den identifizierten Industrie 4.0-Anwendungen finden überwiegend Big Data-Technologien sowie Modelleinsatz und Simulation ihre Anwendung. Es sei jedoch anzumerken, dass bei der Umsetzung von Industrie 4.0 in der Stahlindustrie hauptsächlich die Optimierung der Produktqualität im Vordergrund steht und eine Verbesserung der Ressourceneffizienz oftmals nur einen positiven Nebeneffekt darstellt. Obwohl ein direkter Zusammenhang zwischen Industrie 4.0-Anwendungen und Ressourceneffizienz derzeit noch schwer darzustellen ist, stellt die Energie- und Materialeffizienz einen wichtigen Faktor zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit dar. Als Hindernisse bei der Umsetzung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie, konnten die geringe Akzeptanz der Mitarbeiter, die schwierige Einbindung digitaler Lösungen in bestehende Strukturen und die spezifischen Umgebungsbedingungen identifiziert werden. Bereits erste umgesetzte Industrie 4.0-Lösungen zeigen, dass die Eisen- und Stahlindustrie bereit und offen für Industrie 4.0 ist. Dennoch gibt es entlang den verketteten Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie genug Handlungsbedarf, für die Umsetzung von Industrie 4.0-Anwendungen zur Erhöhung der Energie- und Materialeffizienz.

Abstract

The iron and steel industry is characterised by high energy and material consumption. Due to the volatile steel market, rising energy prices and CO₂-emissions, energy and material efficiency is increasingly becoming a decisive competitive factor for European companies in the iron and steel industry. Industry 4.0 applications offer new opportunities to increase resource efficiency in order to ensure the competitiveness of steel companies. This master thesis presents the potential and challenges of Industry 4.0 for the iron and steel industry and aims to show, what contribution Industry 4.0 can make, to increasing energy and material efficiency in the iron and steel industry. For this purpose, based on a detailed literature study, guideline-based expert interviews with persons from the iron and steel industry were conducted. In addition, best practice examples of Industry 4.0 applications, that improve energy and material efficiency in the steel industry, were identified and analysed. The results show, that an improvement in energy and material efficiency in the processes of the iron and steel industry with Industry 4.0 applications, is achieved mainly by reducing scrap, increasing output and by optimal process control through the use of models and simulation. In the identified Industry 4.0 applications, mainly Big Data technologies as well as modelling and simulation are applied. However, it should be noted that the implementation of Industry 4.0 in the steel industry is mainly focused on the optimization of product quality and an improvement of resource efficiency is often only a positive side effect. Although a direct link between Industry 4.0 applications and resource efficiency is currently difficult to establish, energy and material efficiency is an important factor in maintaining competitiveness. The major obstacles to the implementation of Industry 4.0 in the iron and steel industry have been identified as the low acceptance by employees, the difficult integration of digital solutions into existing structures and the specific environmental conditions. The first implemented Industry 4.0 solutions already show, that the iron and steel industry is ready and open for Industry 4.0. Nevertheless, there is still enough need for action along the interlinked processes of the steel industry in the implementation of Industry 4.0 applications to improve energy and material efficiency.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Ausgangssituation und Problemstellung.....	2
1.2	Zielsetzung.....	2
1.3	Methodische Vorgehensweise	3
1.4	Aufbau der Arbeit	4
2	Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie	5
2.1	Grundlagen	5
2.2	Definitionen	8
2.3	Ressourcenverbrauch und CO ₂ -Emissionen	10
2.4	Kreislaufwirtschaft in der Stahlindustrie	18
3	Grundlagen von Industrie 4.0	21
3.1	Begriffsverständnis und Definition.....	21
3.2	Potenziale, Risiken und Handlungsfelder	23
3.3	Digitalisierung als Basis für Industrie 4.0	28
3.4	Kerntechnologien von Industrie 4.0.....	32
3.4.1	Internet der Dinge und Dienste	32
3.4.2	Cyber-Physische-Systeme	32
3.4.3	Big Data.....	37
3.4.4	Simulation und smarte Sensoren	40
3.5	Konzepte von Industrie 4.0	42
3.5.1	Horizontale und vertikale Integration.....	42
3.5.2	Durchgängiges Engineering	45
3.5.1	Smart Factory.....	46
3.6	Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie	48
3.6.1	Nutzaspekte und Treiber.....	48
3.6.2	Barrieren und Herausforderungen	52
3.6.3	Forschungsprogramme und Patente.....	54
4	Best Practice-Beispiele für Energie- und Materialeffizienz.....	58
4.1	CPPS – selbstorganisierende Produktion	58
4.2	Big Data – intelligente Prozessprognose	60
4.2.1	EvalHD	60
4.2.2	iProduct	62
4.3	Modellbasierte Tools.....	64

4.3.1	Prozessübergreifende Temperaturführung	64
4.3.2	Dynamische Schmelzkontrolle im EAF	66
4.3.3	Morse	71
5	Experteninterviews	73
5.1	Methodische Vorgehensweise	73
5.2	Ergebnisse der Experteninterviews.....	74
5.2.1	Interview 1	74
5.2.1	Interview 2	81
5.2.2	Interview 3	85
5.2.3	Interview 4	88
5.2.4	Interview 5	92
5.2.5	Interview 6	97
5.2.6	Interview 7	99
5.2.7	Interview 8	102
6	Diskussion.....	106
6.1	Zusammenfassung der Experteninterviews und Vergleich mit der Theorie	108
6.2	Evaluierung der identifizierten Industrie 4.0-Anwendungen.....	116
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	123
	Literaturverzeichnis.....	127

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Methodische Vorgehensweise.....	3
Abbildung 2: Überblick über die Stahlproduktion.....	7
Abbildung 3: Endenergiebedarf nach Industriesparten.....	11
Abbildung 4: Kostenstruktur für die Erzeugung von Stahlwarmband	12
Abbildung 5: Energieverbrauch bei der Rohstahlerzeugung	14
Abbildung 6: Materialeinsatz in einem Elektrostahlwerk.....	16
Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und CO ₂ -Emissionen	17
Abbildung 8: 4R-Konzept der Kreislaufwirtschaft in der Eisen- und Stahlindustrie	20
Abbildung 9: Entwicklungsstufen der industriellen Revolution.....	22
Abbildung 10: Potenziale und Risiken von Industrie 4.0.....	27
Abbildung 11: Grundsätzlicher Aufbau eines Cyber Physischen Systems.....	33
Abbildung 12: Auflösung der Automatisierungspyramide	35
Abbildung 13: Warmwalzstraße als Cyber Physisches Produktionssystem	36
Abbildung 14: 3V-Modell für Big Data.....	38
Abbildung 15: Integrationspyramide	43
Abbildung 16: horizontale Integration zwischen Vormateriallieferant, Warmwalzwerk und Kunde.....	44
Abbildung 17: durchgängiges Engineering in der Stahlindustrie	45
Abbildung 18: Faktoren zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit in der Stahlindustrie	49
Abbildung 19: Anzahl der vom RFCS finanzierten Projekte	55
Abbildung 20: Anzahl Industrie 4.0-relevanter Patente nach Organisationen	57
Abbildung 21: Funktionsprinzip der selbstorganisierenden Produktion bei thyssenkrupp Hohenlimburg	59
Abbildung 22: Darstellung der Korrelation zwischen Oberflächenfehler und Prozessparameter mit EvalHD.....	61
Abbildung 23: Systemarchitektur von iProduct	63
Abbildung 24: Modelleinsatz entlang der Prozessrouten bei PTG	65
Abbildung 25: Energiebilanz eines modernen Elektrolichtbogenofens.....	67
Abbildung 26: Massenbilanz eines Elektrolichtbogenofens.....	68
Abbildung 27: Modellübersicht iEAF	70
Abbildung 28: Übersicht der Ziele des Projekts Morse.....	71
Abbildung 29: In den Interviews genannten Potenziale von Industrie 4.0 für die Eisen-und Stahlindustrie	111
Abbildung 30: In den Interviews genannten Herausforderungen und Risiken von Industrie 4.0 für die Eisen-und Stahlindustrie	114

Abbildung 31: Beitrag der Energie- und Materialeffizienz zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit..... 122

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Barrieren und Herausforderungen für Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie	53
Tabelle 2: Überblick europäischer Forschungsprogramme	56
Tabelle 3: In den Interviews ermittelter Satus quo von Industrie 4.0	107
Tabelle 4: Industrie 4.0-Umsetzungsbeispiele zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz	117

Abkürzungsverzeichnis

BFI	Betriebsforschungsinstitut
Bspw.	Beispielsweise
CPS	Cyber-Physisches System
CPPS	Cyber-Physisches Produktionssystem
EAF	Electric Arc Furnance
EEX	European Energy Exchange
EU-ETS	European Emission Trading System
ERP	Enterprise Ressource Planning
f.	folgende Seite
ff.	folgende Seiten
HMI	Human Machine Interface
Hrsg.	Herausgeber
hrsg.	Herausgegeben
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IoT	Internet of Things
IoTS	Internet of Things and Services
MES	Manufacturing Execution System
RFCS	Research Fund for Coal and Steel
RFID	Radio Frequency Identification
s.	siehe
S.	Seite
SAW	Sound Acoustic Waves
SPS	Speicher Programmierbare Steuerung
et al.	et alteri oder et alii = und andere
VDEh	Vereine Deutscher Eisenhüttenleute
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	Vergleiche
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

Der internationale kompetitive Wettbewerb stellt die Unternehmen der Stahlindustrie vor viele neue Herausforderungen. Aufgrund dessen müssen Prozesse, Produkte und auch Geschäftsmodelle stetig kritisch hinterfragt und an die vorherrschende Marktsituation angepasst werden. In weiterer Folge werden intelligente Wertschöpfungsnetzwerke, im Kontext von Industrie 4.0 und auf Grundlage von digital vernetzten Systemen für Unternehmen immer wichtiger. Darin stehen intelligente Fabriken mit selbstorganisierender Produktion im Fokus. Auf Basis des bidirektionalen Datenaustausches zwischen Maschinen, Erzeugnissen und Prozessen, werden auf Produktionsebene Flexibilitäts- und Effizienzgewinne erwartet. Einen wichtigen Beitrag zum Erhalt die Wettbewerbsfähigkeit nimmt hierbei die Ressourceneffizienz ein. Industrie 4.0 ist demnach ein Werkzeug, um diesen Wettbewerb gewinnen zu können.¹ Für die anlagen- und ressourcenintensive Eisen- und Stahlindustrie ergeben sich durch Industrie 4.0-Anwendungen neue Potenziale zur Steigerung der Energie- und Materialeffizienz. Stetig wachsende Herausforderungen und der hart umkämpfte internationale Absatzmarkt, drängen Unternehmen der Stahlindustrie zur Implementierung innovativer Industrie 4.0-Anwendungen in ihren verketteten Prozessen. Aufgrund der in der Stahlindustrie vorherrschenden prozessspezifischen Besonderheiten, wie Abwechslung von flüssigen Prozessen mit stückbasierten Behandlungsschritten in anspruchsvoller Umgebung bei hohen Temperaturen und Drücken, können bereits realisierte Industrie 4.0-Konzepte aus der Stückgutfertigung oftmals nicht übernommen bzw. umgesetzt werden.² Dies bedarf einer eigenen Herangehensweise zur Umsetzung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie. Diese Arbeit liefert allgemein einen detaillierten Überblick über Status quo der Umsetzung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie. Im Zuge dessen werden Treiber, Potenziale, Herausforderungen und der Beitrag von Industrie 4.0 zur Steigerung der Energie- und Materialeffizienz in Prozessen der Stahlindustrie dargestellt. Zusätzlich werden Best Practice-Beispiele von Industrie 4.0-Anwendungen zur Steigerung der Energie- und Materialeffizienz beschrieben und kritisch durchleuchtet.

¹ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017), S. 26

² Vgl. Binder, R.; Herzog, K. (2017), S. 80

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Die Eisen- und Stahlindustrie zählt weltweit zu den größten Ressourcenverbrauchern und CO₂-Emittenten. Stahl ist der dominierende Werkstoff im Bausektor, Schiffsbau, Schienenbau und in der Automobilindustrie. Aufgrund der langfristig steigenden Nachfrage wird in den nächsten Jahren eine Zunahme der weltweiten Stahlproduktion erwartet.³ Resultierend daraus werden ohne entsprechender Gegenmaßnahmen Energie- und Materialverbrauch sowie CO₂-Emissionen weiter ansteigen. Dabei ist anzumerken, dass allein bei der Stahlproduktion die Kosten für Energie 20% bis 40% der gesamten Produktionskosten ausmachen und somit für die Eisen- und Stahlindustrie einen erheblichen Kostenfaktor darstellen.⁴ Die steigende Stahlnachfrage wird laut Prognosen zunehmend von Schwellenländern wie China, Indien oder Brasilien bedient werden. Im Gegensatz dazu wird für Europa eine stagnierende Produktionsmenge erwartet.⁵ Aufgrund der hohen Energiekosten sowie der kompetitiven Herausforderungen am Markt und der hohen Umweltbelastung bei der Stahlproduktion und Verarbeitung, müssen vor allem Unternehmen der europäischen Eisen- und Stahlindustrie entsprechende Maßnahmen zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz setzen. Dabei können Industrie 4.0-Anwendungen zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in den Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie eine bedeutende Rolle zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit einnehmen. Eine umfassende Digitalisierung der Prozessketten der Eisen- und Stahlindustrie liefert demnach eine Datenbasis für sämtliche Industrie 4.0-Anwendungen. Mit intelligenten Analyseverfahren (z.B. Big Data Analytics) können hohe Energieverbräuche mit bestimmten Prozessparametern in Verbindung gebracht und Ereignissen in der Prozesskette zugeordnet werden.⁶

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, die Potenziale und Herausforderungen von Industrie 4.0 zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie zu ermitteln. Zusätzlich sollen Best Practice-Beispiele identifiziert und eine Clusterung der ermittelten Industrie 4.0-Anwendungen durchgeführt werden. In diesem Kontext soll die Arbeit zeigen, wie Industrie 4.0-Anwendungen zu einer Erhöhung der Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie führen können.

³ Vgl. Arens, M.; Eichhammer, W. (2013), S. 277

⁴ Vgl. World Steel Association (2019a), S. 1

⁵ Vgl. Arens, M.; Eichhammer, W. (2013), S. 277

⁶ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 76

1.3 Methodische Vorgehensweise

Zu diesem Zweck wurde eine detaillierte Literaturrecherche durchgeführt, um generell einen Überblick der Umsetzung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie zu erlangen. Dabei wurden Nutzaspekte, Treiber, Barrieren und Herausforderungen von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie ermittelt. Im weiteren Verlauf der Literaturrecherche wurden Best Practice-Beispiele, zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in Prozessen der Stahlindustrie mit Industrie 4.0 Anwendungen, identifiziert.

Aufbauend darauf, wurde eine qualitative Untersuchung mittels leitfadengestützter Experteninterviews durchgeführt, um die aus der Literatur gewonnenen Erkenntnisse zu untermauern bzw. zu vervollständigen. Bei der Auswahl der Experten wurde auf ein breit gestreutes Tätigkeitsfeld geachtet, um möglichst viele Sichtweisen einfangen zu können.



Abbildung 1: Methodische Vorgehensweise⁷

Abschließend wurden die Erkenntnisse aus der Literaturrecherche und die Ergebnisse der Experteninterviews analysiert und diskutiert, um den Beitrag von Industrie 4.0 zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie darstellen zu können.

⁷ Quelle: Eigene Darstellung

1.4 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in die Kapitel „Einleitung“, „Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie“, „Grundlagen von Industrie 4.0“, „Best Practice-Beispiele für Energie- und Materialeffizienz“, „Experteninterviews“, „Diskussion“ sowie „Zusammenfassung und Ausblick“. Im Kapitel „Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie“ werden zunächst die Begriffe Energie- und Materialeffizienz definiert. Anschließend wird der hohe Ressourcenverbrauch in der Eisen- und Stahlindustrie diskutiert, sowie der Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und CO₂-Emissionen dargestellt. Abschließend erfolgt in diesem Kapitel eine kurze Betrachtung der Kreislaufwirtschaft in der Eisen- und Stahlindustrie. Das darauffolgende Kapitel „Grundlagen von Industrie 4.0“, stellt Technologien und Konzepte von Industrie 4.0 dar und soll somit ein Verständnis für den weiteren Verlauf dieser Arbeit generieren. Neben der Darstellung der Funktion der Digitalisierung für Industrie 4.0, werden außerdem, speziell für die Eisen- und Stahlindustrie, Nutzaspekte, Treiber sowie Barrieren und Herausforderungen von Industrie 4.0 aufgezeigt. Ebenso werden in diesem Kapitel Forschungsprogramme für Industrie 4.0-Anwendung in der Stahlindustrie aufgezeigt. Das Kapitel „Best Practice-Beispiele für Energie- und Materialeffizienz“ zeigt sechs Industrie 4.0-Anwendungen für Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie. Die Ergebnisse der Expertengespräche werden im Kapitel „Experteninterviews“ dargestellt. Jedes Interview wird darin einzeln thematisiert. Dabei werden die Funktion der Digitalisierung für Industrie 4.0, der Status quo von Industrie 4.0 sowie Potenziale und Risiken von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie dargestellt. Weiters werden Umsetzungsbeispiele für Industrie 4.0-Anwendungen für Energie- und Materialeffizienz aufgezeigt. Zusätzlich wird darin dargestellt, wie Industrie 4.0-Anwendungen zu einer Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz führen können. Die Ergebnisse der Experteninterviews werden anschließend diskutiert und mit den Erkenntnissen aus der Theorie verglichen. Zusätzlich werden die in dieser Arbeit identifizierten Industrie 4.0-Anwendungen evaluiert. Abschließend werden im letzten Kapitel die Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst und ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen und Forschungsfelder gegeben.

2 Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie

Zum Einstieg in diese Arbeit werden in diesem Kapitel die Herstellungsverfahren zur Rohstahlerzeugung kurz dargestellt und die Begriffe Energie- und Materialeffizienz definiert. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden Ressourceneinsatz, CO₂-Emissionen und Kreislaufwirtschaft in der Eisen- und Stahlindustrie thematisiert, um die Bedeutung von Industrie 4.0 zur Verbesserung der Ressourceneffizienz zu verdeutlichen.

2.1 Grundlagen

Effizienz lässt sich vom lateinischen Wort „Efficere“ ableiten und bedeutet soviel wie „zu Stande kommen“ oder „hervorbringen“. Bei Effizienz handelt es sich demnach um einen Prozess des Zustandekommens um damit eine Wirkung zu erzielen. Zusätzlich erfordert es ein angemessenes Verhältnis der eingesetzten Mittel zur erzielten Wirkung. Hierbei muss zwischen Effizienz und Effektivität unterschieden werden. Im Gegensatz zu Effizienz bezeichnet die Effektivität das Verhältnis von erreichtem und definierten Ziel unter dem Einsatz aller Mittel, wohingegen sich die Effizienz auf einen geringen Mitteleinsatz zur Erreichung des definierten Ziels bezieht (Vgl. Minimalprinzip).⁸

Im Jahr 2018 betrug die weltweite Rohstahlproduktion 1808 Millionen Tonnen.⁹ Global betrachtet bestimmen maßgeblich zwei Verfahren die Erzeugung von Rohstahl. Einerseits die Herstellung über die Primärroute mit der Roheisenerzeugung im Hochofen und der darauffolgenden Rohstahlproduktion im Stahlwerk. Andererseits die Herstellung über das Recycling von Stahlschrott im Elektrolichtbogenofen (engl. Electric Arc Furnance, EAF).¹⁰

Wobei jedoch weltweit im Jahr 2018 70,8% der Rohstahlerzeugung über die Hochofenroute erfolgte.¹¹

⁸ Vgl. Pehnt, M. (2010), S. 1 f.

⁹ Vgl. World Steel Association (2019d), S. 9

¹⁰ Vgl. Arens, M.; Eichhammer, W. (2013), S. 278

¹¹ Vgl. World Steel Association (2019d), S. 10

Grundsätzlich gibt es vier Verfahren zur Herstellung von Rohstahl:¹²

1. **Hochofenroute:** in der Hochofenroute bzw. Primärroute werden zunächst Eisenerz, Koks und Zuschlagsstoffe von oben in den Hochofen geschichtet. Im unteren Bereich des Hochofens erfolgt in der sogenannten Schmelzzone die Umwandlung zu Roheisen. Die eigentliche Rohstahlerzeugung erfolgt in einem Konverter im Stahlwerk. Dabei wird dem Roheisen Sauerstoff eingeblasen. Dies führt zu einer Oxidation von Kohlenstoff zu Kohlendioxid. Der dadurch erzeugte Rohstahl besitzt nun weniger als 2% Kohlenstoff.
2. **Elektrolichtbogenofen (EAF):** die Erzeugung von Rohstahl im EAF erfolgt meist mit Stahlschrott, der mittels elektrischen Stroms geschmolzen wird.
3. **Direktreduktion:** dieses Verfahren nimmt mit 4% der weltweiten Stahlproduktion eine eher untergeordnete Rolle ein. Eisenerz, Kohle oder auch Erdgas werden im Gegensatz zum Hochofen ohne Aufschmelzen direkt zu Eisenschwamm reduziert. Aus dem gewonnenen Eisenschwamm kann weiter Stahl hergestellt werden, wobei Eisenschwamm meist als Grundstoff im EAF verwendet wird. Eisenschwamm im EAF-Verfahren kann somit Stahlschrott als Grundstoff fast vollständig ersetzen.
4. **Schmelzreduktion:** dabei werden stückige oder auch gesinterte Eisenerze mit Kohle in einer Wirbelschicht reduziert. Das Verfahren der Schmelzreduktion ist das derzeit einzige in Entwicklung befindliche Verfahren, das den Hochofen ablösen könnte. Der Grund dafür liegt daran, dass bei diesem Verfahren ebenfalls wie im Hochofen flüssiges Roheisen erzeugt wird. Falls sich die Möglichkeit ergibt, Feinerz in der Wirbelschicht reduzieren zu können, würde der energieintensive Vorgang der Verkokung der Kohle sowie das Sintern und Pelletieren des Eisenerzes entfallen.

Nach allen Verfahrensrouten sind anschließend sekundärmetallurgische Verfahrensschritte wie die Behandlung im Pfannenofen oder Vakuumbehandlung anzufinden, um die Qualität des Endprodukts einzustellen. Der Strangguss schließt die metallurgische Behandlung ab. Anschließend werden die gegossenen Brammen, Vorblöcke oder Knüppel zu Walzstahlprodukte und Halbzeugen weiterverarbeitet.¹³

¹² Vgl. Arens, M.; Eichhammer, W. (2013), S. 278 ff.; Vgl. Blesl, M.; Kessler, A. (2013), S. 196

¹³ Vgl. Pulm, P.; Raupenstrauch, H. (2014), S. 6

Für ein besseres Verständnis liefert die untenstehende Abbildung einen kurzen Überblick über die Stahlproduktion.

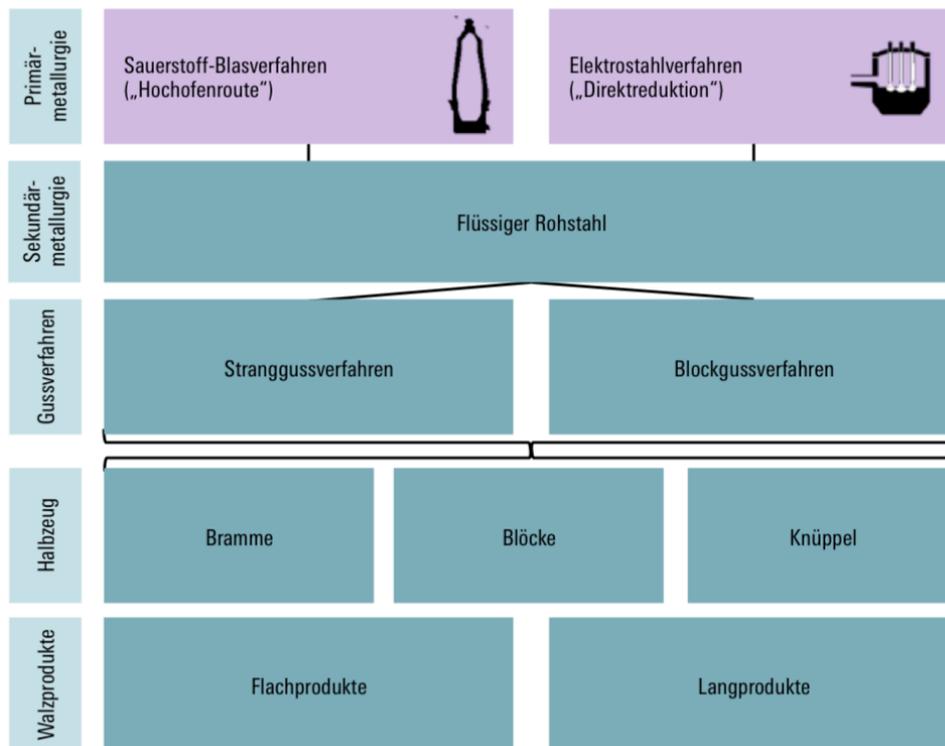


Abbildung 2: Überblick über die Stahlproduktion¹⁴

Wie bereits erwähnt, unterstützen eine gute Material- sowie auch Energieeffizienz die Wirtschaftlichkeit produzierender Unternehmen. Daraus folgend ist die Ressourceneffizienz auch ein essentieller Bestandteil zum Erhalt Wettbewerbsfähigkeit.¹⁵

Gemäß der Studie „Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0“ vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) werden mit digitaler Transformation in der Wirtschaft und Vernetzung komplexer industrieller Prozesse neue Möglichkeiten und Potenziale zur Steigerung der Ressourceneffizienz erwartet.¹⁶ Im weiteren Verlauf werden anschließend die Begriffe Energie-, Material- und Ressourceneffizienz definiert.

¹⁴ Quelle: Küster-Simić, A. et al. (2017), S. 14

¹⁵ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017), S. 11

¹⁶ Vgl. Neligan, A.; Schmitz, E. (2017), S. 18; Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017), S. 12

2.2 Definitionen

In der Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz wird die Energieeffizienz als Verhältnis von Ertrag an Leistung, Dienstleistungen, Waren oder Energie zu Energieeinsatz definiert.¹⁷

$$\text{Energieeffizienz} = \frac{\text{Ertrag/Nutzen}}{\text{Energieeinsatz}}$$

Weiters hält dieselbe Richtlinie fest, dass die Energieeffizienzverbesserung die Steigerung der Energieeffizienz als Ergebnis technischer Maßnahmen, wirtschaftlicher oder verhaltensbezogener Änderungen ist.¹⁸ Das primäre Ziel der Effizienzsteigerung ist es den Energieaufwand zur Erbringung von Energiedienstleistungen (z.B. Beleuchtung) zu reduzieren. Energiedienstleistungen sollen also mit niedrigem Energieaufwand erbracht werden.¹⁹ Hierbei muss jedoch der Unterschied zur Energiesuffizienz dargestellt werden. Energiesuffizienz strebt eine Energieeinsparung durch die Reduktion von Energiedienstleistungen an, wobei Energieeffizienz eine Energieeinsparung durch Reduktion des Energieaufwandes ohne Verzicht auf Energiedienstleistungen anstrebt.²⁰

In der Energiewirtschaft unterscheidet man zwischen folgenden Umwandlungsstufen von Energie:²¹

- **Primärenergie:** jene Energie, die in natürlichen Energieträgern wie z.B. Erdöl, Kohle oder Erdgas enthalten ist, jedoch technisch noch nicht umgewandelt wurde.
- **Sekundärenergie:** der Energiegehalt von Energieträgern wie z.B. Elektrizität oder Kraftstoff, diese durch ein oder mehrere Umwandlungsstufen aus Primärenergie gewonnen wurden.
- **Endenergie:** dient der Erzeugung von Nutzenergie. Der Endenergieverbrauch umfasst alle Energieträger, die der Erzeugung von Nutzenergie dienen.
- **Nutzenergie:** technische Energieform wie bspw. mechanische Energie, Wärme, Licht etc. die der Verbraucher am Verbrauchsort benötigt. Nutzenergie muss zum Zeitpunkt des Verbrauchs am Verbrauchsort aus Endenergie erzeugt werden.

Grundsätzlich wird Energie gewonnen, gewandelt und dem Verbraucher zur Erbringung von Energiedienstleistungen übergeben. Zur einfacheren Erklärung der oben dargestellten Umwandlungsstufen wird die Prozesskette vom Energieträger

¹⁷ Siehe Art. 2, Abs. 4, Energieeffizienzrichtlinie 2012/27/EU

¹⁸ Siehe Art. 2, Abs. 6, Energieeffizienzrichtlinie 2012/27/EU

¹⁹ Vgl. Günther, M. (2015), S. 35

²⁰ Vgl. Günther, M. (2015), S. 32

²¹ Vgl. Blesl, M.; Kessler, A. (2013), S. 3

Erdgas bis hin zur Energiedienstleistung Beleuchtung im Folgenden beschrieben. Die chemische Energie des gewonnenen Erdgases stellt die Primärenergie dar, die dem Kraftwerk geliefert wird. Das Kraftwerk wandelt anschließend die chemische Energie des Erdgases in elektrische Energie um, die nun dem Kunden zur Verfügung gestellt werden kann. Die Endenergie ist der elektrische Strom, mit diesem die Lampen zur Beleuchtung betrieben werden können. Dabei stellt die in der Strahlung des sichtbaren Lichts enthaltenen Energie die Nutzenergie dar.²²

Neben der verbesserten Umweltleistung liefert eine gute Materialeffizienz einen erheblichen Beitrag zur Senkung der Herstellungskosten eines Unternehmens. Reichert et al. betont hierbei jedoch, dass beim Thema Materialeffizienz, trotz Bekanntsein der genannten Tatsache, dennoch viel Potenzial zur Verbesserung in Industriebetrieben besteht.²³ Wie bereits in der Einleitung dieses Kapitels angeführt, ist Effizienz ein Prozess des Zustandekommens mit angemessenem Verhältnis eingesetzter Mittel zu erzielter Wirkung bzw. Ausbringung.²⁴ Somit lässt sich Materialeffizienz für diese Arbeit wie folgt definieren: Materialeffizienz eines Prozesses ist das Verhältnis zwischen Ausbringung zu Materialeinsatz.

$$\text{Materialeffizienz} = \frac{\text{Ausbringung}}{\text{Materialeinsatz}}$$

Um den Begriff Ressourcen für diese Arbeit einzugrenzen, müssen zunächst mal die unterschiedlichen Sichtweisen auf Ressourcen betrachtet werden. Zum einen umfassen Ressourcen aus betriebswirtschaftlicher Sicht alle notwendigen Produktionsfaktoren wie Materialien, Werk-, Hilfs- und Betriebsstoffe, sowie Energie, Personal, Kapital Know-how und Zeit.²⁵ Zum anderen sind mit Ressourcen aus politischer Sicht bzw. im umweltwissenschaftlichen Kontext natürliche Ressourcen gemeint. Dazu zählen erneuerbare und nicht erneuerbare Primärrohstoffe, Flächen, Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft), strömende Ressourcen (Sonnenenergie, Erdwärme, Wind, Gezeiten) und auch Biodiversität.²⁶ Eine etwas allgemeinere Definition liefert die VDI Richtlinie 4499, die Ressourcen als alle Mittel, die zur Durchführung eines Prozesses bzw. zur Erfüllung einer Aufgabe benötigt werden, definiert.²⁷ Die VDI Richtlinie 4800 definiert den Begriff Ressourceneffizienz als Verhältnis eines bestimmten Nutzens oder Ergebnisses zum dafür benötigten Ressourceneinsatz.²⁸

$$\text{Ressourceneffizienz} = \frac{\text{Ertrag/Nutzen}}{\text{Ressourceneinsatz}}$$

²² Vgl. Günther, M. (2015), S. 45

²³ Vgl. Reichert, D. et al. (2018), S. 57

²⁴ Vgl. Pehnt, M. (2010), S. 1

²⁵ Vgl. Hessen Trade & Invest GmbH (2016), S. 5

²⁶ Vgl. Umweltbundesamt (2012a), S. 21 f.

²⁷ Vgl. Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (2008), S. 49

²⁸ Vgl. Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (2016), S. 6

Nutzen und Ressourceneinsatz müssen quantifizierbar sein. Der Ressourceneinsatz kann die Menge in Kilogramm oder Tonnen sein, wohingegen der Nutzen neben einer Mengenangabe auch in monetären (Umsatz oder Preis) oder technischen Größen angeführt werden kann. Ressourceneffizienz ist somit eine relative Größe und gibt keine absoluten Begrenzungen hinsichtlich Ressourceneinsatz vor. Dabei gilt es zu beachten, dass eine Verbesserung der Ressourceneffizienz nur zu einer Ressourcenschonung führen kann, wenn der Nutzen dadurch nicht gesteigert wird. Dies ist auf den sog. Reboundeffekt zurückzuführen. Als Beispiel hierfür kann eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs eines Fahrzeuges auf 100 km genannt werden. Wird das Fahrzeug danach mehr gefahren als vorher, führt dies unweigerlich zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch (Vgl. direkter Reboundeffekt). Diese Effekte können Maßnahmen zu Effizienzsteigerungen reduzieren oder sogar überkompensieren.²⁹

Im Folgenden wird ein Beispiel des Reboundeffektes in der Eisen- und Stahlindustrie beschrieben. Aufgrund stark steigender Energiepreise war die US-amerikanische Stahlbranche in den 1970er-Jahren gezwungen, die Energiekosten pro Tonne Rohstahl zu verringern. Dies wurde u.a. durch die gesteigerte Nutzung von Elektrolichtbogenöfen erreicht, wodurch der energie- und kapitalintensive Hochofenprozess vermehrt durch die Elektrostahlroute ersetzt wurde. Dadurch konnte der Energieverbrauch der US-amerikanischen Stahlindustrie bis zum Ende des 20. Jahrhunderts um 45% verringert werden. Diese Maßnahmen führten neben Energieeinsparungen u.a. zu erheblichen Produktivitätssteigerungen, was eine Stahlpreisreduzierung mit sich brachte. Aufgrund der geringeren Preise für Rohstahl, nahm die Nachfrage am Absatzmarkt zu. In Folge dessen wurden sämtliche Energieeffizienzgewinne nivelliert bzw. sogar überkompensiert.³⁰

Da im weiteren Verlauf dieser Arbeit Potenziale für Industrie 4.0-Anwendungen zur Steigerung der Energie- und Materialeffizienz der Eisen- und Stahlindustrie erhoben werden, werden in dieser Arbeit ausschließlich nur die Produktionsfaktoren Material und Energie als Ressourcen betrachtet.

2.3 Ressourcenverbrauch und CO₂-Emissionen

Laut der deutschen Initiative „Effizienz mit Stahl“ vom Stahlinstitut Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) und der Wirtschaftsvereinigung Stahl, hat die Thematik der Effizienz in Stahlindustrie besonders in Bereichen Rohstoffeinsatz und Energiebedarf eine sehr hohe Relevanz. Dies liegt einerseits am rohstoffintensiven Herstellungsprozess für Rohstahl und auch an den steigenden Energiepreisen. Der Fokus liegt besonders bei den Energiekosten, da diese einen entscheidenden Standortfaktor für Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie darstellen.³¹ In diesem

²⁹ Vgl. Schmidt, M. et al. (2017), S. 14

³⁰ Vgl. Saunders, H. (2000), S. 445

³¹ Vgl. Stahlinstitut VDEh; Wirtschaftsvereinigung Stahl, <https://effizienz-mit-stahl.de/index.php/stahl-und-energieeffizienz/> (Zugriff: 12.09.2019)

Abschnitt wird der hohe Energieverbrauch und der damit verbundene CO₂-Ausstoß, sowie der große Materialeinsatz in der Eisen- und Stahlindustrie thematisiert.

Energieverbrauch

Ein plakatives Beispiel für den hohen Energiebedarf der Stahlindustrie zeigt Abbildung 3. Darin wird der weltweiten Primärenergiebedarf aus dem Jahr 2004 dargestellt. Der globale Primärenergiebedarf lag damals bei 469 EJ, wobei davon 31% (147 EJ) an Primärenergie wie Erdöl, Kohle oder Erdgas etc. von der weltweiten Industrie verbraucht wurden. Die Grafik stellt auch den Endenergieverbrauch einzelner Industriebranchen dar. Von den 113 EJ an Endenergie wurden 21,4 EJ in der Eisen- und Stahlindustrie verbraucht. Dies entspricht ca. 19% des weltweiten industriellen Endenergiebedarfs und zeigt somit den enormen Energieeinsatz in der Eisen- und Stahlindustrie.³² Aktuellere Verbrauchswerte aus dem Jahr 2017 (33,44 EJ) zeigen, dass der Endenergieverbrauch in der Eisen- und Stahlindustrie in den letzten Jahren weiter angestiegen ist (2004: 21,4 EJ). Dabei ist anzumerken, dass Kohle (25,22 EJ) den größten Anteil am Gesamtverbrauch und auch den größten Anstieg beim Verbrauch zu verzeichnen hat. Im Vergleich dazu nehmen Elektrizität (4,15 EJ) und Erdgas (2,88 EJ) dabei eine untergeordnete Rolle ein.³³

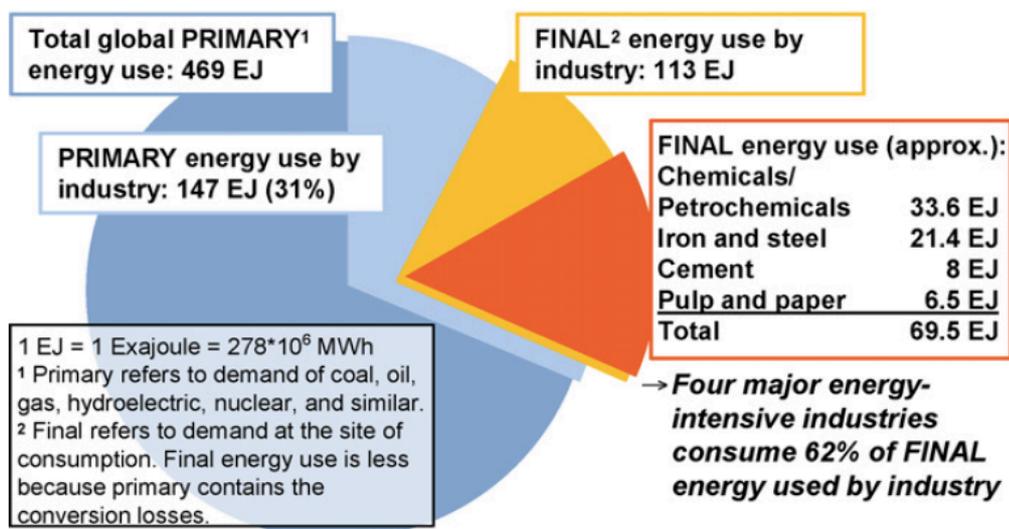


Abbildung 3: Endenergiebedarf nach Industriesparten³⁴

Um die Bedeutsamkeit der Energiekosten für die Wettbewerbsfähigkeit eines Stahlunternehmens darzustellen, wird in Abbildung 4 die Kostenaufteilung für eine Tonne produziertes Warmband dargestellt. Darin wird verdeutlicht, dass Energie- und Rohstoffkosten einen erheblichen Anteil an den Gesamtkosten bei der Stahlerzeugung ausmachen. Dies ist vor allem auf den Einsatz von Reduktionsmittel zurückzuführen.

³² Vgl. Schönsleben, P. et al. (2010), S. 478

³³ Vgl. International Energy Agency (IEA), <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/energy-demand-and-intensity-in-iron-and-steel-2000-2017> (Zugriff: 28.04.2020)

³⁴ Quelle: Schönsleben, P. et al. (2010), S. 478

Durch gezielte Industrie 4.0-Maßnahmen, wie im weiteren Verlauf dieser Arbeit noch dargestellt, kann jedoch die Energieeffizienz verbessert und somit in weiterer Folge die Energiekosten gesenkt werden.³⁵

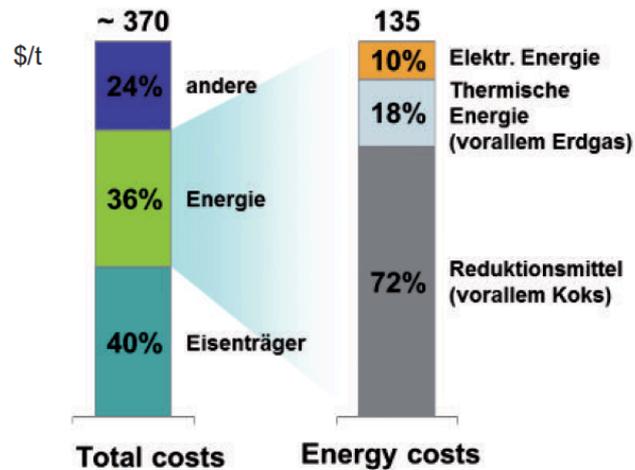


Abbildung 4: Kostenstruktur für die Erzeugung von Stahlwarmband³⁶

Wie oben bereits verdeutlicht, ist Kohle, aufgrund der Verwendung von Koks als Reduktionsmittel im Hochofen, ein bedeutsamer Energieträger für die Eisen- und Stahlindustrie. Die gängigsten Sorten von Kohle sind Steinkohle und Braunkohle. Abhängig vom Einsatzzweck, wird zwischen Kraftwerks- bzw. Kesselkohle (zur Stromerzeugung) und Koks-kohle (als Reduktionsmittel im Hochofen) unterschieden.³⁷

Aufgrund des hohen Energiebedarfs und dem damit verbundenen großen Kostenanteil an den Gesamtkosten (siehe Abbildung 4), nimmt die Energiebeschaffung in den Stahlunternehmen eine wichtige Rolle ein. Dabei ist es wichtig die Entwicklung der Energiemärkte und Energiepolitik genauestens zu beobachten und setzt demnach eine umfassende Expertise in der Energiewirtschaft voraus. Diese komplexen Aufgaben übernehmen für Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie meist spezialisierten Abteilungen oder Tochterunternehmen.³⁸ Ein Beispiel dafür ist das Unternehmen voestalpine Rohstoffbeschaffungs GmbH, eine 100%ige Tochter der voestalpine AG.³⁹ Die führende Energiebörse in Europa ist die European Energy Exchange (EEX), mit Hauptsitz in Leipzig. An der EEX werden Strom, Erdgas, CO₂-Emissionszertifikate sowie Fracht- und Agrarprodukte gehandelt.⁴⁰

³⁵ Vgl. Meißner, S. (2015), S. 57

³⁶ Quelle: Pulm, P.; Raupenstrauch, H. (2014), S. 13

³⁷ Vgl. Konstantin, P. (2017), S. 406

³⁸ Vgl. Schumacher, I.; Würfel, P. (2015), S. 2

³⁹ Vgl. voestalpine Rohstoffbeschaffungs GmbH,

<https://www.voestalpine.com/rohstoffbeschaffung/de/unternehmen/> (Zugriff: 29.04.2020)

⁴⁰ Vgl. European Energy Exchange (EEX), <https://www.eex.com/de/about/eex/eex-ag> (Zugriff: 29.04.2020)

Betrachtet man die Hochofenroute, das wie bereits weltweit dominierende Verfahren zur Stahlherstellung⁴¹, fallen 80% des Energieverbrauch im Hochofen selbst an. Aufgrund des hohen Kostenanteils von Reduktionsmittel wurde die Effizienz des Hochofenprozesses in den letzten Jahrzehnten jedoch stetig verbessert. Dadurch sind für den Hochofen kaum noch Effizienzpotenziale zu erwarten.⁴²

Ein Indikator für die Energieeffizienz des Hochofens ist der Reduktionsmitteleinsatz wie z.B. Koks, Öl oder Kohle pro Tonne Roheisen. Durch technische Maßnahmen wie bspw. Erhöhung der Heißwindtemperatur auf über 1200°C hat sich seit den 50er Jahren der Reduktionsmitteleinsatz allein in der deutschen Eisen- und Stahlindustrie halbiert.⁴³ Zusätzlich soll erwähnt werden, dass der Energieverbrauch bei der Herstellung von Oxygenstahl im Hochofen um den Faktor drei höher ist, als bei der Herstellung von Elektrostahl im EAF. Die Stahlproduzenten der deutschen Eisen- und Stahlindustrie benötigen ca. 80% des Energiebedarfs zur Stahlerzeugung in der Hochofenroute und 20% in der Sekundärroute.⁴⁴ Der Grund dafür ist, dass die Reduktion des Eisenerzes zu Eisen der energieintensivste Vorgang ist. Da im EAF keine Reduktion von Eisenerz erfolgt, benötigt dieses Verfahren deutlich im Vergleich zur Hochofenroute weniger Energie (75%).⁴⁵

Das Recycling von Stahlschrott im Elektrolichtbogenofen ist somit ein energieeffizientes Verfahren zur Rohstahlproduktion. Im Jahr 2018 wurden gemessen an der weltweiten Stahlproduktion 28,8% mit dem EAF hergestellt⁴⁶. Ein limitierender Faktor hierbei ist jedoch die Verfügbarkeit von Stahlschrott. Weiters lassen sich aufgrund der im Schrott vorhandenen Legierungselemente nicht alle geforderten Stahlsorten herstellen.⁴⁷

Laut dem Bericht „Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland“ der Wirtschaftsvereinigung Stahl aus dem Jahr 2017, lässt sich am Beispiel der deutschen Eisen- und Stahlindustrie jedoch zeigen, dass die Stahlunternehmen in den letzten Jahren nicht untätig waren und ihren Energieverbrauch trotz steigender Produktionsmengen im Vergleich zu den 90er Jahren durch technische Lösungen bereits deutlich senken konnten. Für die Erzeugung von Stahlfertigerzeugnisse wie z.B. warmgewalzte Lang- oder Flacherzeugnisse, nahtlose Stahlrohre und Schmiedefertigerzeugnisse wurde der Primärenergiebedarf von 24,38 GJ/Tonne (1990) auf 19,37 GJ/Tonne (2016), also um 20,6% verringert. Bei der Rohstahlerzeugung, ohne Berücksichtigung der Kokerein, wurde 2016 im Vergleich zu 1990 eine Verbesserung von 13,8% erreicht. 1990 betrug

⁴¹ Vgl. World Steel Association (2019d), S. 10

⁴² Vgl. Blesl, M.; Kessler, A. (2013), S. 196

⁴³ Vgl. Arens, M.; Eichhammer, W. (2013), S. 280

⁴⁴ Vgl. Arens, M.; Eichhammer, W. (2013), S. 281

⁴⁵ Vgl. Arens, M.; Eichhammer, W. (2013), S. 278 f.; Vgl. Blesl, M.; Kessler, A. (2013), S. 196

⁴⁶ Vgl. World Steel Association (2019d), S. 10

⁴⁷ Vgl. Arens, M.; Eichhammer, W. (2013), S. 277

der Primärenergiebedarf für eine Tonne Rohstahl 20,56 GJ. 2016 nur mehr 17,73 GJ pro Tonne Rohstahl.⁴⁸

Anhand Abbildung 5, lässt sich ebenfalls eine in den letzten Jahrzehnten durchgeführte Trendwende in Richtung Energieeffizienz in der Rohstahlerzeugung erkennen. Seit den 60er Jahren hat sich der Energiebedarf für die Rohstahlerzeugung, trotz Vervielfachung der Produktionsmenge, deutlich verringert.⁴⁹ Laut Arens und Eichhammer liegt das Potenzial zur Energieeinsparung in der Eisen- und Stahlindustrie bei 5-15%. Bei vielen Effizienzmaßnahmen in der Stahlindustrie liegt das Einsparpotenzial unter 1% oder werden erst gar nicht beziffert.⁵⁰

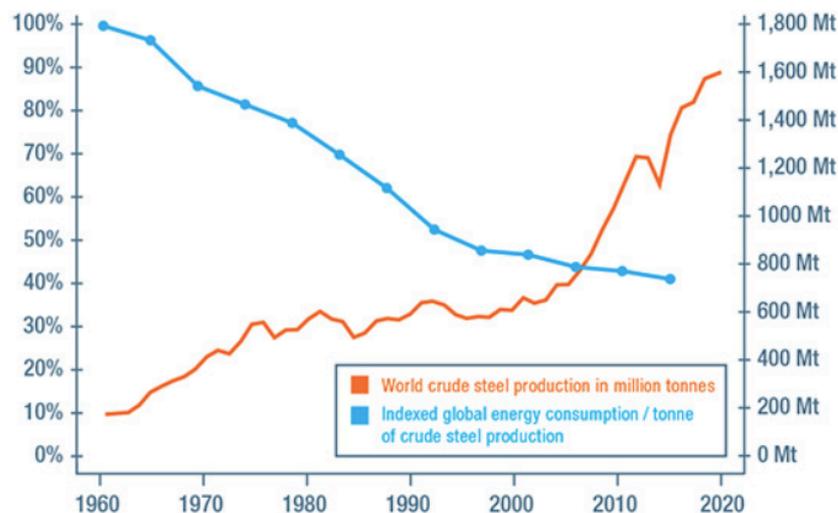


Abbildung 5: Energieverbrauch bei der Rohstahlerzeugung⁵¹

Es gibt auch Bestrebungen den Energieverbrauch im stahlverarbeitenden Bereich stetig zu verbessern. Zu diesem Zweck wird im Folgenden ein interessantes prozesstechnisches Verfahren zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie kurz dargestellt. Das Endabmessungsnahegießen stellt eine neue Gusstechnologie dar und führt zu einer erheblichen Verkürzung der Prozesskette vom flüssigen Stahl bis hin zum fertigen Endprodukt wie z.B. Bleche, Träger oder auch Drähte. Dabei wird der flüssige Stahl in einem Gießverfahren möglichst nahe an die gewünschte Form des Endprodukts abgebildet. Dadurch entfallen Zwischenschritte wie Stranggießen, das Aufwärmen in Wärmeöfen und auch Teile der Walzgerüste. Ebenfalls reduziert sich der Wärmebedarf für eine Tonne Warmband von 1.2 GJ/t bis 1.5 GJ/t auf 0.1 GJ/t bis 0.5GJ/t. Neben dem Wärmebedarf verringert sich auch der Bedarf an elektrischer Energie. Warmwalzwerke gehören zu den größten

⁴⁸ Vgl. Wirtschaftsvereinigung Stahl (2017b), S. 11

⁴⁹ Vgl. World Steel Association, <https://circulareconomy.worldsteel.org/> (Zugriff: 15.01.2020)

⁵⁰ Vgl. Arens, M.; Eichhammer, W. (2013), S. 281 f.

⁵¹ Quelle: https://circulareconomy.worldsteel.org/img/reduce_during_steel_production.jpg (Zugriff: 15.01.2020)

Energieverbrauchern in einem integrierten Hüttenwerk. Durch endabmessungsnahes Gießen ließe sich der Energieverbrauch um 5-7% verringern. Nach derzeitigem Stand haben die Verfahren des endabmessungsnahen Gießens noch keinen kommerziellen Status erreicht. Dies liegt einerseits an der Tatsache, dass die Erzeugung von Warmband direkt aus flüssigem Stahl eine große technische Herausforderung darstellt und andererseits können die Kapazitäten von Warmwalzstraßen nach derzeitigem Stand der Technik dadurch noch nicht erreicht werden.⁵²

Dennoch gibt es eine Handvoll Anlagen in Betrieb wie z.B. die Bandgießanlage für HSD⁵³-Stähle bei der Salzgitter AG. Diese Technologie ist eine Alternative zu herkömmlichen Stranggussanlagen und den darauffolgenden Walzprozessen. Bei diesem Verfahren wird die Stahlschmelze auf ein gekühltes Förderband vergossen. Der entstehende Bandguss ist mit 15mm schon endabmessungsnah und spart somit weitere Wärm- und Walzschrte ein. Zusätzlich kann das Kühlwasser wiederverwendet und auf Schmierstoffe verzichtet werden. Durch das Bandgießen reduzieren sich die Walz- und Umformschritte und somit auch der Ressourceneinsatz. Für kleine Produktionsmengen ist dieses Verfahren aus wirtschaftlicher Sicht durchaus interessant.⁵⁴

Materialverbrauch

Neben dem bereits dargestellten immensen Energieeinsatz, fordert die Rohstahlerzeugung ebenso einen hohen Verbrauch von Einsatz- und Prozessstoffen. Folgende Abbildung skizziert den Materialeinsatz pro produzierter Tonne Rohstahl eines deutschen Elektrostahlwerkes (Lech-Stahlwerke). Die Masse der eingesetzten Materialien summiert sich auf mehr als zwei Millionen Tonnen pro Jahr. Den größten Anteil bildet dabei der Schrotteinsatz mit ca. 1,2 Millionen Tonnen im Jahr. Weitere große Verbrauchsposten sind der Einsatz von Wasser, Druckluft sowie Brennstoffe (Erdgas, Kohle) und Sauerstoff. Schlackenbildner, Legierungsmittel, feuerfeste Materialien und Elektroden umfassen in diesem Beispiel lediglich fünf Prozent des gesamten Materialverbrauches. Dennoch müssen diesen Posten bei der Betrachtung der Ressourceneffizienz beachtet werden. Der Einsatz von Legierungsmetallen wie Nickel, Vanadium oder Molybdän ist sehr kostenintensiv. Ebenso hat die Qualität der feuerfesten Materialien, mit denen die Gefäße zur Aufnahme des flüssigen Stahls ausgekleidet sind, direkten Einfluss u.a. auf die Produktqualität und Energieeffizienz.⁵⁵

⁵² Vgl. Arens, M.; Eichhammer, W. (2013), S. 297 ff.

⁵³ HSD: High Strength and Ductility: Besondere Stähle für den Automobil-Leichtbau

⁵⁴ Vgl. Salzgitter AG, <https://www.salzgitter-ag.com/de/medien/pressemeldungen/pressemeldung-der-salzgitter-ag/1998-04-05/gemeinschaftsprojekt-horizontales-bandgießen-von-stahl-fr-deutschen-zukunftspreis-2014-des-bundespräsidenten-nominiert.html> (Zugriff: 12.09.2019)

⁵⁵ Vgl. Heußen, M.; Markus, H. P. (2013), S. 12 f.

Die untenstehende Abbildung zeigt anhand eines Beispiels eines Edelstahlwerkes deutlich den hohen Material- und Stoffeinsatz in der Eisen- und Stahlindustrie.



Abbildung 6: Materialeinsatz in einem Elektrostahlwerk⁵⁶

CO₂-Emissionen

Wie bereits dargelegt ist der Energieverbrauch in der Eisen- und Stahlindustrie immens. Wie in Abbildung 7 verdeutlicht, besteht ein Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und CO₂-Emissionen. Die Eisen- und Stahlindustrie ist für 7% der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich.⁵⁷ Je höher der Energieverbrauch, desto größer die CO₂-Emissionen. Dies hängt vor allem mit den folgenden Gründen zusammen:⁵⁸

- Bereitstellung der geforderten hohen Temperaturen in den Prozessen
- Einsatz von Reduktionsmittel
- Leistungsbereitstellung für den Betrieb des Stahlwerkes

⁵⁶ Quelle: Heußner, M.; Markus, H. P. (2013), S. 12

⁵⁷ Vgl. Fraunhofer IMWS (2019), S. 6

⁵⁸ Vgl. Umweltbundesamt (2012b), S. 14

In der Hochofenroute ist dies hauptsächlich auf kohlenstoffhaltige Reduktionsmittel zurückzuführen. Während in der Elektrostahlroute der Strom aus fossil befeuerten Kraftwerken hauptverantwortlich für die Entstehung von CO₂ ist.⁵⁹ 2018 wurden 1,82 Tonnen CO₂ pro erzeugter Tonne Rohstahl ausgestoßen.⁶⁰

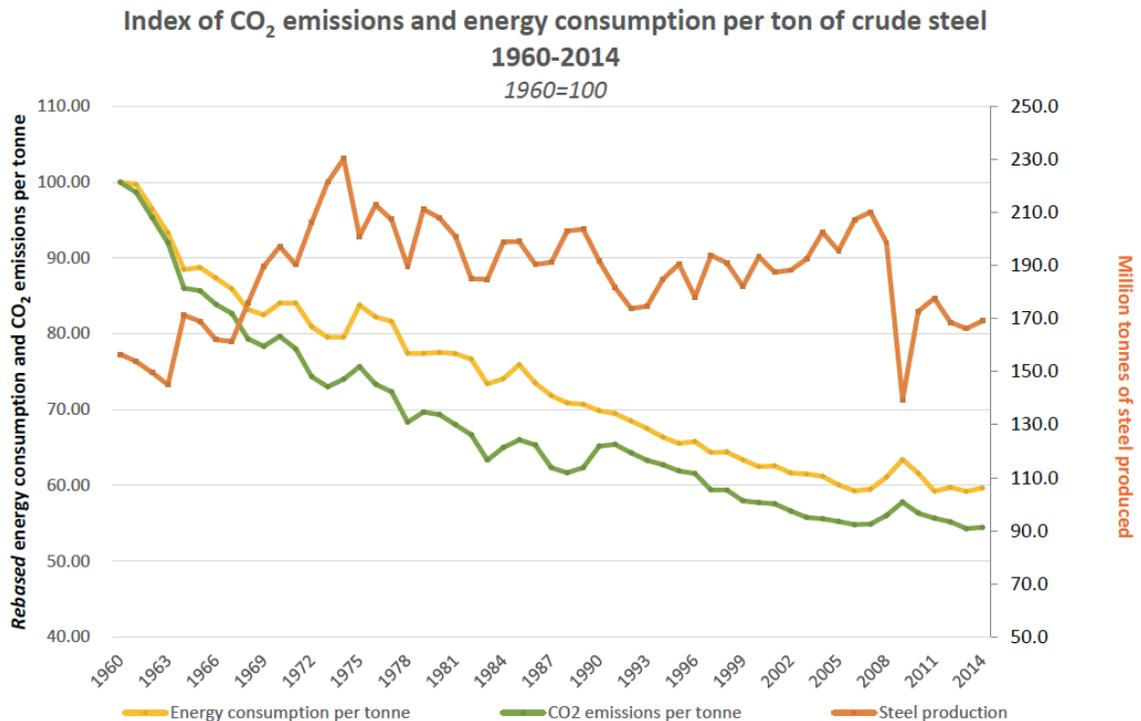


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und CO₂-Emissionen⁶¹

Seitdem 2005 das EU-Emissionshandelssystem (engl. Emission Trading System, ETS) eingeführt wurde, ist die europäische Eisen- und Stahlindustrie umso mehr gefordert, ihre Treibhausgasemissionen zu reduzieren, um eine Kostenreduktion herbeizuführen.⁶²

Das EU-ETS hat die Minderung der Schadstoffemissionen mittels „cap and trade“ zum Ziel. Dabei wird die EU-weite erlaubte Menge an ausgestoßenen Treibhausgasen phasenweise um einen festgelegten Faktor gekappt (engl. cap) bzw. reduziert (aktueller Faktor: 1,74% p.a.). Zusätzlich werden gemäß Auktionsprinzip CO₂-Zertifikate zugeteilt. Diese können anschließend gehandelt (engl. trade) werden, wobei Angebot und Nachfrage den Preis bestimmen. Dabei ist kritisch zu erwähnen, dass die Zielvorgaben hinsichtlich CO₂-Emissionen laut „Branchenanalyse Stahlindustrie“ seitens der Stahlindustrie nur schwer zu erreichen sind.⁶³ Etwa die Hälfte der weltweit produzierten Stahlmenge kommt aus China, Russland oder USA. Die Stahlindustrie in diesen Ländern ist jedoch nicht oder nur teilweise von CO₂-Handelssystemen betroffen

⁵⁹ Vgl. Fraunhofer IMWS (2019), S. 30

⁶⁰ Vgl. World Steel Association (2019c), S. 4

⁶¹ Quelle: Eggert, A. (2018), S. 10

⁶² Vgl. Pulm, P.; Raupenstrauch, H. (2014), S. 15

⁶³ Vgl. Küster-Simić, A. et al. (2017), S. 47

und besitzen dadurch einen erheblichen Wettbewerbsfaktor im Vergleich zu europäischen Stahlproduzenten.⁶⁴

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass die Eisen- und Stahlindustrie weltweit zu den größten Energieverbrauchern und CO₂-Emittenten zählt. Dies liegt einerseits daran, dass die energieintensive Stahlerzeugung über die Hochofenroute weltweit dominierend ist und andererseits die Weiterverarbeitung von Stahl einen hohen Energieeinsatz bedarf. Dies führt angesichts der steigenden Energiepreise, sowie der CO₂-Handelssysteme dazu, dass die Verbesserung der Energieeffizienz zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor, vor allem für europäische Stahlproduzenten geworden ist. Zunehmende Qualitätsanforderungen und der bereits erwähnte hohe Anteil der Energiekosten an den Produktionskosten, haben in den letzten Jahren technologische Fortschritte in der Eisen- und Stahlindustrie hervorgebracht. Dies hatte eine Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz sowie eine stetige Erhöhung des Verhältnisses zwischen Ausbringung und Ressourceneinsatz entlang der kompletten Prozesskette zur Folge.⁶⁵

Jedoch sind Potenziale zur Verringerung von Material- und Energieeinsatz auf allen Ebenen entlang der Wertschöpfungskette zu finden. Verbesserte Steuerungen auf der Prozessebene können bspw. Energieverbräuche und Materialverluste verringern. Ebenso auf der Produktebene kann durch den rechtzeitigen Austausch einzelner Komponenten die Lebensdauer verlängert werden. Durch Recycling einzelner Komponenten können Stoffe wieder dem Stoffkreislauf zugeführt werden (siehe Abschnitt 2.4). Ein weiteres Potenzial wird durch die Digitalisierung von Produkten und Nutzeranwendungen geschaffen. Dadurch entstehen gänzlich neue Systemlösungen durch die enge Verzahnung von Produkten und Dienstleistungen.⁶⁶

2.4 Kreislaufwirtschaft in der Stahlindustrie

Der Grundgedanke der Kreislaufwirtschaft (engl. circular economy) beinhaltet die vollständige Rückführung aller im Herstellungsprozess verwendeten Rohstoffe eines Produkts in den Produktionsprozess, nach dessen Lebenszyklus.⁶⁷

Gemäß dem EU-Aktionsplan zur Kreislaufwirtschaft „den Kreislauf schließen“, wird der Wert von Produkten, Stoffen und Ressourcen in einer kreislauforientierten Wirtschaft so lange wie möglich erhalten, um Abfälle zu vermeiden. Ziel ist es den Übergang in eine nachhaltige, CO₂-arme, ressourceneffiziente und wettbewerbsfähige Wirtschaft zu

⁶⁴ Vgl. Küster-Simić, A. et al. (2017), S. 51 f.

⁶⁵ Vgl. Wirtschaftsvereinigung Stahl (2017a), S. 1

⁶⁶ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017), S. 13

⁶⁷ Vgl. Lehmacher, W. (2016), S. 24

schaffen.⁶⁸ Dadurch lässt sich die bereits angesprochene Entkopplung des Wirtschaftswachstums von der Ressourcennutzung ermöglichen.⁶⁹

Große Stoffmengen in den Prozessen sind u.a. charakteristisch für die Eisen- und Stahlindustrie. Jedoch sind die im Vergleich dazu anfallenden Abfallmengen gering. Dies beruht hauptsächlich darauf, dass Reststoffe gemäß einer kreislauforientierten Wirtschaft soweit wie möglich in Kreisläufe geführt, oder einer externen Verwertung zugeführt werden (z.B. Schlacke als Baustoff oder Düngemittel).⁷⁰ Wie bereits in dieser Arbeit aufgezeigt, ist die Stahlerzeugung über die Hochofenroute sehr ressourcenintensiv.⁷¹

Aufgrund dessen werden Stahlprodukte am Ende ihres Lebenszyklus wiederverwertet. Resultierend daraus zählt Eisenschrott als der meist recycelte Rohstoff weltweit. Da beim Recycling von Stahl keine Qualitätsverschlechterung zu erwarten ist, lässt sich durch diese Wiederverwertung und Rückführung in den Kreislauf eine Materialeinsparung und Verringerung von Emissionen erzielen.⁷² Laut World Steel Association beträgt die Materialeffizienz bei der Stahlerzeugung 96,3% und nähert sich somit allmählich dem Zero-Waste-Konzept.⁷³

Um die Idee der Kreislaufwirtschaft in der Eisen- und Stahlindustrie zu skizzieren, wird auf das 4R-Konzept der World Steel Association referenziert (siehe Abbildung 8):⁷⁴

1. **Reduce (Reduktion):** Reduktion der Menge an Rohstoffe, Energie und Ressourcen in der Stahlproduktion (Vgl. Energie- und Materialeffizienz). Gewichtsreduzierung des Stahls in Produkten (Vgl. Leichtbau).
2. **Reuse (Wiederverwendung):** Wiederverwendung des Materials oder Objekts für denselben oder ähnlichen Verwendungszweck, ohne es signifikant zu verändern.
3. **Remanufacture (Refabrikation):** Die Herstellung des neuwertigen Zustands eines Stahlprodukts.
4. **Recycle (Rezyklierung):** Einschmelzen des Stahlprodukts am Ende des Lebenszyklus, um neuen Stahl daraus zu produzieren.

⁶⁸ Vgl. European Commission (2015), S. 2

⁶⁹ Vgl. Ghosh, S. K. (2020), S. 2

⁷⁰ Vgl. Stahlinstitut VDEh; Wirtschaftsvereinigung Stahl (2013), S. 6

⁷¹ Vgl. Arens, M.; Eichhammer, W. (2013), S. 281

⁷² Vgl. Stahlinstitut VDEh; Wirtschaftsvereinigung Stahl (2013), S. 6 f.

⁷³ Vgl. World Steel Association (2019b), S. 3

⁷⁴ Vgl. World Steel Association, <https://circulareconomy.worldsteel.org/> (Zugriff: 15.01.2020)

Folgende Abbildung zeigt deutlich die vier Anwendungsbereiche der Kreislaufwirtschaft in der Eisen- und Stahlindustrie.

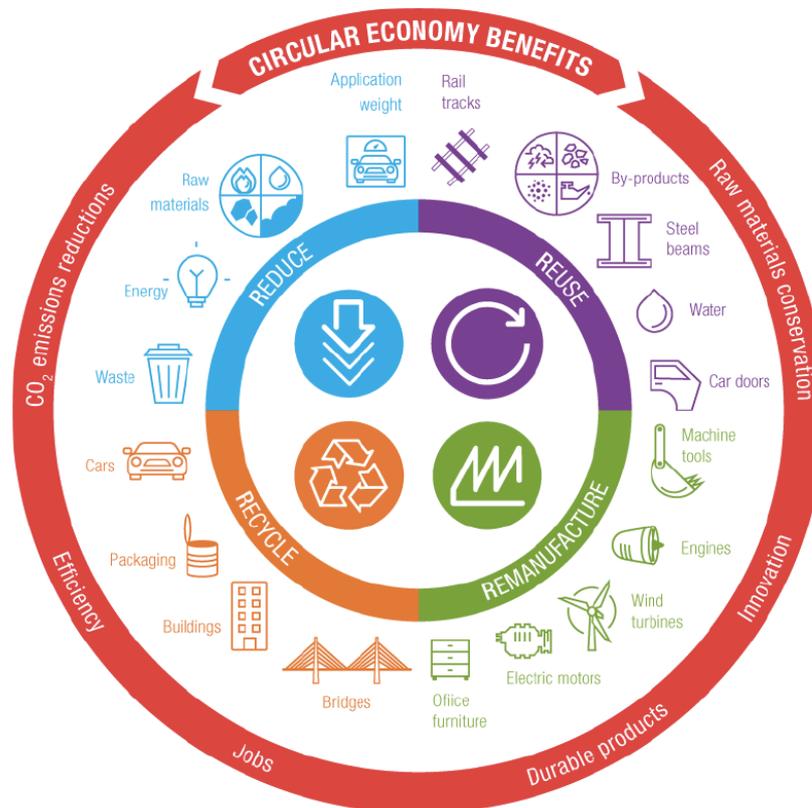


Abbildung 8: 4R-Konzept der Kreislaufwirtschaft in der Eisen- und Stahlindustrie⁷⁵

In der Studie „Stahl-Kreisläufe“ des Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen (Fraunhofer IMWS) wird festgehalten, dass Stahl bereits mehrfach in Kreisläufen genutzt wird. Dies zeigen einerseits Effizienzverbesserungen in der Stahlfertigung (Vgl. Abbildung 5) und andererseits durch die Recycling- bzw. Schrotteinsatzquoten deutlich. Jedoch gibt es noch deutliche Potenziale bei der Wiederverwendung und Refabrikation von Stahlprodukten.⁷⁶

Die in diesem Kapitel dargestellten hohen Energie- und Materialverbräuche der Eisen- und Stahlindustrie zeigen deutlich die Notwendigkeit für eine Steigerung der Energie- und Materialeffizienz. Im folgenden Kapitel werden anschließend die Grundlagen von Industrie 4.0 vermittelt, um ein besseres Verständnis für den weiteren Verlauf dieser Arbeit zu erlangen.

⁷⁵ Quelle: https://circulareconomy.worldsteel.org/img/steel_circular_economy.jpg (Zugriff: 15.01.2020)

⁷⁶ Vgl. Fraunhofer IMWS (2019), S. 15

3 Grundlagen von Industrie 4.0

Das Schlagwort Industrie 4.0 fiel zum ersten Mal auf der „Hannover Messe für Industriegüter und neuer Technologien der industriellen Fertigung“ im Jahr 2011. Seitdem sorgt der Begriff für reichlich Gesprächsstoff auf dem Gebiet der angewandten Forschung und Wissenschaft.⁷⁷ Dieses Kapitel liefert eine detaillierte Aufarbeitung und Darstellung des Begriffs Industrie 4.0.

Der erste Abschnitt dieses Kapitels thematisiert die historische Begriffsentwicklung des Begriffes Industrie 4.0 und liefert in weiteren Verlauf ein allgemeines Begriffsverständnis für Industrie 4.0. Im darauffolgenden zweiten Abschnitt werden Potenziale, Risiken und Handlungsfelder von Industrie 4.0 dargestellt. Die Funktion der Digitalisierung im Industrie 4.0-Umfeld wird in Abschnitt drei diskutiert. Hierbei wird der Fokus speziell auf die digitale Transformation der Eisen- und Stahlindustrie gelegt. Abschnitt vier führt die wichtigsten Technologien für Industrie 4.0 an und bildet somit das Grundverständnis für den letzten Abschnitt, der die Grundkonzepte von Industrie 4.0 darstellt.

3.1 Begriffsverständnis und Definition

Laut derzeitigem Stand gibt es in der Literatur noch keine eindeutige Definition für den Begriff Industrie 4.0.⁷⁸ Somit wird versucht im Folgenden ein Verständnis für Industrie 4.0 zu erzeugen.

Mit Industrie 4.0 wird die vierte Entwicklungsstufe der Industrialisierung bezeichnet. Die erste industrielle Revolution umfasste die industrielle Nutzung von Wasser- und Dampfkraftanlagen, gefolgt von der zweiten Revolution, in der die Einführung der elektrischen Energie den Grundstein zur Massenproduktion legte. Die dritte industrielle Revolution ergab sich durch die Nutzung von Elektronik, Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Dies ermöglichte die Automation von Prozessen. Die vierte industrielle Revolution lässt sich auf die Vernetzung physischer Objekte über das Internet der Dinge (engl. Internet of Things, IoT) und die daraus resultierende produktionstechnische Anwendung von Cyber-Physische Systemen (CPS) zurückführen (siehe Abschnitt 3.4.1).⁷⁹

⁷⁷ Vgl. Siepman, D. (2016a), S. 20; Vgl. Huber, W. (2018), S. 7

⁷⁸ Vgl. Roth, A. (2016), S. 5; Vgl. Freiland, D.; Penner, A. (2017), S. 723

⁷⁹ Vgl. Leimeister, J. M. (2015), S. 176f.

Die untenstehende Abbildung skizziert den Verlauf der industriellen Revolution und den daraus resultierenden zunehmenden Automatisierungsgrad bei jedem Technologiesprung.

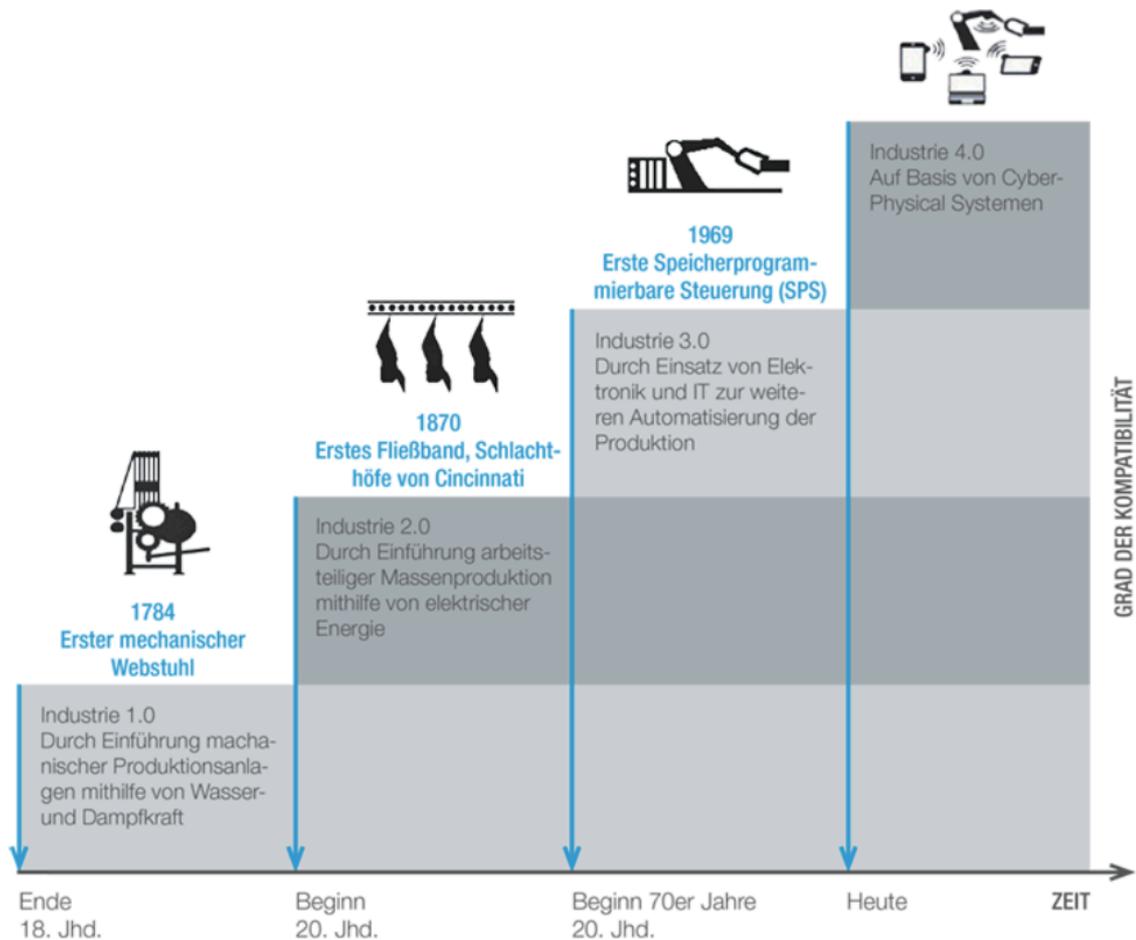


Abbildung 9: Entwicklungsstufen der industriellen Revolution⁸⁰

Nach Huber hatte jede einzelne Entwicklungsstufe eine Veränderung der Art der Wertschöpfung der industriellen Fertigung mit sich gebracht. Auch dem Menschen wurden durch den technologischen Fortschritt neue Rollen zugeteilt. Im Verlauf der ersten industriellen Revolution war der Mensch ein reiner Maschinenbediener. Die Nutzung elektrischer Energie im Produktionsumfeld machte den Werksarbeiter zum Spezialisten während er durch die Automation zum Befähiger ganzer Systeme wurde. In der vierten Entwicklungsstufe nimmt der Mensch die Rolle des Gestalters von Maschinen und Wertschöpfungsprozessen an. Häufig wird Industrie 4.0 im Zusammenhang mit Fertigungsprozessen erwähnt. Der Begriff Industrie 4.0 und seine Technologien schließen jedoch im Zuge der ganzheitlichen Integration alle Unternehmensbereiche, von der Produktentwicklung bis zum Aftersales, mit ein.⁸¹

⁸⁰ Quelle: Flachsbar, S., <http://smart-software.ch/wp-content/uploads/2016/05/4.-Industrielle-Revolution.png> (Zugriff: 26.01.2020)

⁸¹ Vgl. Huber, W. (2018), S. 13

Industrie 4.0 umfasst somit alle Technologien, die entlang einer Wertschöpfungskette sämtliche Akteure, menschlich sowie auch maschinell, vernetzen (siehe horizontale und vertikale Integration, Abschnitt 3.5). Auf Basis der Digitalisierung, sowie der daraus resultierenden Echtzeitauswertung von Information, bietet sich die Möglichkeit Prozesse effizient und transparent zu gestalten mit dem Ziel intelligente Produkte und Dienstleistungen anbieten zu können.⁸²

Wichtige Elemente von Industrie 4.0 sind wie bereits erwähnt die Integration von Cyber-Physische Systeme (CPS) in Logistik- und Produktionsprozesse und die industrielle Nutzung des Internet der Dinge und Dienste (engl. Internet of Things and Services, IoTS). CPS umfassen intelligente Anlagen, Maschinen, Betriebsmittel und Lagersysteme, die entlang der Wertschöpfungskette mittels IKT miteinander verbunden sind und kommunizieren. IoTS kann das Produktionsumfeld zu einer einheitlichen intelligenten Umgebung vernetzen. Zusätzlich zu der Möglichkeit Prozesse flexibler und effizienter zu gestalten, ergeben sich neue Wege für die Steuerung und Regelung von Produktionsprozessen. Industrie 4.0 beinhaltet auch die Erkundung neuer Potenziale und nicht nur die Optimierung bestehender IT-basierter Prozesse, sowie auch eine enge Kooperation mit Lieferanten und Kunden.⁸³ Eine nähere Betrachtung von CPS, IoTS und weiterer Technologien für Industrie 4.0 erfolgt im weiteren Verlauf dieser Arbeit.

3.2 Potenziale, Risiken und Handlungsfelder

Industrie 4.0 bietet neben dem technischen Fortschritt auch neue Chancen und Möglichkeiten für produzierende Industrieunternehmen. Demnach lassen sich Produktionsprozesse flexibler gestalten und dadurch kann die Produktion kleinster Losgrößen (Vgl. Losgröße 1) ebenfalls rentabel sein. Ebenso wird der Automatisierungsgrad in der Produktion durch Industrie 4.0-Anwendungen weiter steigen und verbessert somit die Arbeitsbedingungen der Fabrikarbeiter. Neben erhöhter Flexibilität und steigendem Automatisierungsgrad, bieten Industrie 4.0-Lösungen in weiterer Folge Potenziale, um die Ressourceneffizienz auf Prozessebene zu verbessern.⁸⁴ Neben den Möglichkeiten auf Prozessebene, entstehen im Zusammenhang mit Industrie 4.0 zusätzlich neue Geschäftsmodelle. So können bspw. Produkte mit geeigneter Dienstleistung verknüpft werden.⁸⁵ Ein Beispiel aus der Eisen- und Stahlindustrie ist der Materials Data Space, wo den Kunden der Salzgitter AG, neben dem physischen Produkt auch sein digitaler Zwilling zum Verkauf angeboten wird (siehe Abschnitt 3.3).

⁸² Vgl. Roth, A. (2016), S. 6

⁸³ Vgl. Kagermann, H. et al. (2013), S. 18

⁸⁴ Vgl. Hippmann, S. et al. (2018), S. 13

⁸⁵ Vgl. Kagermann, H. et al. (2013), S. 33

Potenziale: Der Arbeitskreis Industrie 4.0 hebt hierbei das breite Spektrum an Chancen und Potenziale für Industrie 4.0 zur Optimierung von Herstellungsprozessen, sowie auch zur nachhaltigen Verbesserung der kompletten Wertschöpfungskette hervor.⁸⁶

1. Individualisierung

- individuelle Kundenwünsche und Änderungen hinsichtlich Design, Konfiguration, Bestellung, Planung, Produktion und Betrieb können mit Industrie 4.0 berücksichtigt werden.
- Industrie 4.0 bietet auch die Möglichkeit zur rentablen Herstellung von Kleinstmengen (Vgl. Losgröße 1).

2. Flexibilisierung

- CPS ermöglichen eine dynamische Gestaltung von Geschäftsprozessen.
- Verkürzung von Lead-Time (Latenzzeit zw. Einleitung und Beendigung eines Prozesses) und Time-to-Market (Zeitspanne zwischen Produktentwicklung und Marktverfügbarkeit) u.a. durch durchgängiges digitales Engineering oder Predictive Analytics im Zuge von Big Data-Anwendungen.⁸⁷

3. Optimierte Entscheidungsfindung

- Flexiblere Reaktionsfähigkeit bei Störungen in der Produktion und verbesserte Entscheidungsfähigkeit durch die Möglichkeit der Nutzung von Echtzeitdaten.

4. Effizienzsteigerung

- Möglichkeit zur situationsbezogenen Optimierung des Produktionsprozesses mit CPS entlang der kompletten Wertschöpfungskette.
- Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz durch Optimierung der Produktion. Industrie 4.0 bietet auch die Möglichkeit Systeme auch während der Produktion hinsichtlich Energie- und Materialverbrauch sowie auch Emissionsausstoß zu verbessern (Vgl. dynamische Prozesssteuerung)

5. Verbesserung der Einsatzfähigkeit von Mitarbeitern

- Chance Arbeit nach der demographischen Entwicklung gestalten zu können, aufgrund der Interaktion zwischen Menschen und Maschine.
- Möglichkeit zum Einsatz intelligenter Assistenzsysteme zur Sicherstellung der Produktionsqualität.
- Verbesserung der Work-Life-Balance und Entgegenwirken des Fachkräftemangels.

⁸⁶ Vgl. Kagermann, H. et al. (2013), S. 19f.; Vgl. Roth, A. (2016), S. 6ff.

⁸⁷ Vgl. Roth, A. (2016), S. 7

6. Erweiterung von Geschäftsmodellen

- Möglichkeit zur Erweiterung der bestehenden Leistungs- und Produktpalette.
- Nachgelagerte intelligente Dienstleistungen ermöglichen die Entwicklung vom Produkthanbieter bis hin zum Lösungsanbieter.⁸⁸

7. Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit

- Unternehmen an einen Hochlohnstandort können sich durch technologischen Vorsprung Wettbewerbsvorteile sichern.

Bezugnehmend zum vorhin erwähnten Potenzial zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz, wird auf die vom VDI herausgegebene Studie „Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0“ referenziert. Darin wird der optimalen Ausgestaltung der Wechselwirkung zwischen der digitalen Transformation und der Ressourceneffizienz eine große Bedeutung zur Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen zugeschrieben. Neben der erfolgreichen Gestaltung der vierten industriellen Revolution, ist die Entkopplung zwischen dem Wirtschaftswachstum und dem Ressourcenverbrauch eine zusätzliche Herausforderung für Industrieunternehmen. Ressourceneffizienz in der Produktion ist somit von entscheidender Bedeutung für Unternehmen, um am Markt konkurrieren zu können, denn Material- und Energieeinsparungen machen sich kostenseitig deutlich bemerkbar.⁸⁹ Industrie 4.0 verändert demnach Prozesse der globalen Industrie nachhaltig, wobei dafür die Digitalisierung als Innovationstreiber anzusehen ist. Durch selbstoptimierende und automatisierte Abläufe sollen sich im Produktionsbereich höhere Effizienzgewinne, eine bessere Ressourcennutzung und mehr Flexibilität ergeben.⁹⁰

Risiken: Neben Potenziale bringt Industrie 4.0 auch Risiken mit sich. Wie bereits in diesem Kapitel erwähnt, werden auf Basis neuer Technologien Prozesse und Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette miteinander vernetzt. Dabei werden Daten gesammelt, verarbeitet und gespeichert. Dies bringt ein gewisses Risiko für alle beteiligte Unternehmen mit sich. Der Missbrauch und Diebstahl sensibler Unternehmensdaten birgt demnach ein immens hohes Risiko für die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens und müssen mit entsprechenden Maßnahmen geschützt werden.⁹¹ Um ein Verständnis dafür zu schaffen, muss zunächst zwischen Datenschutz und Datensicherheit unterschieden werden. Der Begriff Datenschutz umfasst Normen und Regelungen zum Schutz personenbezogener Daten vor nichtberechtigten Zugriffen. Datenschutz soll nicht mit dem Begriff Datensicherheit verwechselt werden, denn Datensicherheit umfasst alle technischen

⁸⁸ Vgl. Roth, A. (2016), S. 8

⁸⁹ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017), S. 10 f.

⁹⁰ Vgl. Drossel, W.-G. et al. (2018), S. 197f.

⁹¹ Vgl. Roth, A.; Siepmann, D. (2016), S. 255

und organisatorischen Maßnahmen zum Schutz der Daten vor Verfälschung, Zerstörung sowie unzulässiger Weitergabe.⁹²

Neben den Daten gehören auch Anlagen und Netzwerke Angriffen geschützt. Das folgende Beispiel zeigt die bestehende Bedrohung von Cyberattacken für die Eisen- und Stahlindustrie. Ende 2014 wurde ein Hochofen eines deutschen Stahlherstellers im Zuge einer Cyberattacke angegriffen. Dabei wurde mit gestohlenen Login Daten aus gefälschten Emails auf das Kontrollsystem des Hochofens von außen zugegriffen. In weiterer Folge wurden Teilfunktionen deaktiviert. Dies führte dazu, dass sich der Hochofen in einem nicht definierbaren Zustand befand, nicht ordnungsgemäß heruntergefahren werden konnte und erheblichen Schaden nahm.⁹³ Aufgrund der mangelnden Datensicherheit konnten die Angreifer Login Daten stehlen, auf den Hochofen zugreifen und diesen beschädigen. Maßnahmen der Cyber-Sicherheit umfassen u.a. den Schutz von Know-how, Kundendaten, Prozessdaten und auch das Verhindern von Schäden bzw. die Minimierung derer Auswirkungen. Dabei werden gezielte Maßnahmen gesetzt, um Systeme und einzelne Komponenten vor Manipulation zu schützen.⁹⁴ Industrie 4.0 und Cyber-Sicherheit müssen daher aufgrund der bestehenden Risiken unabdingbar miteinander verbunden sein. Daten und Anlagen müssen mittels technischer Maßnahmen im Kontext von Cyber-Sicherheit gesetzt werden, um Angriffe auf vernetzte Systeme frühzeitig erkennen oder im besten Fall verhindern zu können.⁹⁵

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Verfügbarkeit aller beteiligten IT-Systeme. Ein Ausfall würde den essentiellen Informationsaustausch unterbinden. Mit steigender Komplexität von Industrie 4.0-Anwendungen, wird auch die Beherrschbarkeit etwaiger Systeme immer schwerer. Generell ist auch der Widerstand der Belegschaft ein nennenswertes Risiko rund um Industrie 4.0.⁹⁶ Deswegen ist es wichtig, alle Mitarbeiter des Unternehmens, im Zuge eines aktiven Change-Managements, mitzunehmen.⁹⁷ Zusätzlich ist das Management gefordert, die Mitarbeiter auf die bevorstehenden neuen Aufgaben entsprechend vorzubereiten, denn Technologien rund um Industrie 4.0 erfordern teilweise gänzlich neue Qualifikationen. Huber verweist dabei auch auf die Wichtigkeit, Mitarbeiter nicht zu überfordern und empfiehlt, das Neues nicht mehr als 40% ausmachen sollte.⁹⁸ Grundsätzlich müssen bei der Umsetzung von Industrie 4.0-Anwendungen Potenziale und Chancen durch Führungskräfte aufgezeigt und Mitarbeiter an der Ausarbeitung eines Change-Managements-Plan beteiligt werden, um das Risiko der geringen Akzeptanz des Betriebspersonals zu mindern.⁹⁹

⁹² Vgl. Reiss, M.; Reiss, G. (2019), S. 353

⁹³ Vgl. Willems, E. (2015), S. 88

⁹⁴ Vgl. Reinhart, G. (2017), S. 112

⁹⁵ Vgl. Reinhart, G. (2017), S. 112

⁹⁶ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 9

⁹⁷ Vgl. Huber, W. (2018), S. 116

⁹⁸ Vgl. Huber, W. (2018), S. 137

⁹⁹ Vgl. Reinhart, G. (2017), S. 84

Ebenfalls bietet die bereits in dieser Arbeit angesprochene Selbstoptimierung bzw. Organisation im Produktionsbereich einige nennhafte Risiken. Dazu zählen der Kontrollverlust durch Abgabe der Verantwortung, der Mangel an Know-how und Fachkräften, sowie eine Abhängigkeit von der Technik und eine gewisse Ablehnung der Mitarbeiter gegenüber neuen Technologien.¹⁰⁰

Zusammengefasst konnten folgende, wie in Abbildung 10 ersichtlich, Potenziale und Risiken von Industrie 4.0 eruiert werden.

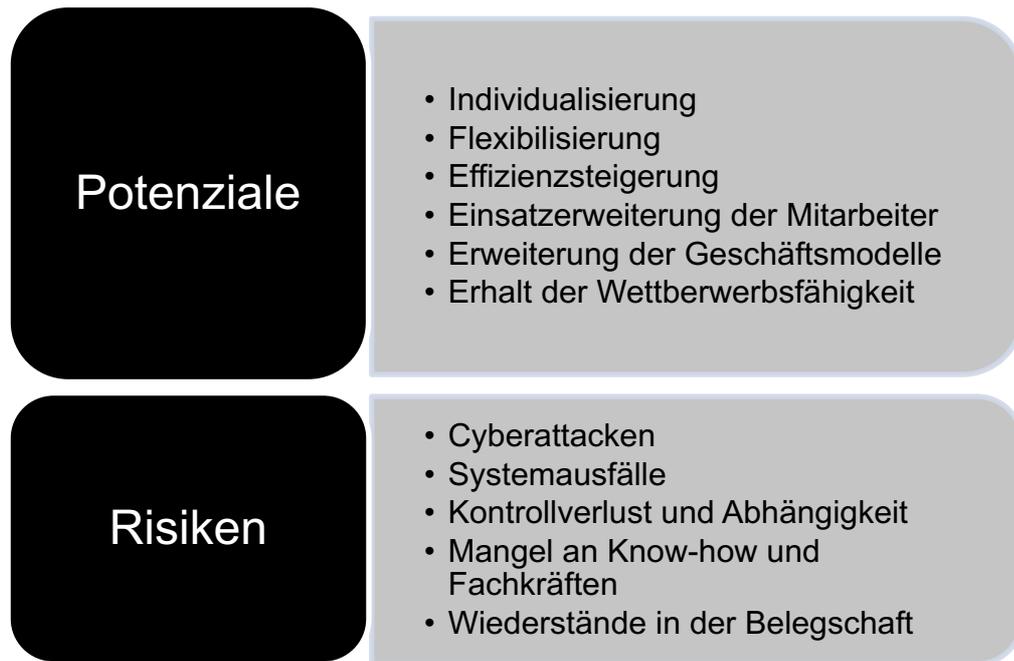


Abbildung 10: Potenziale und Risiken von Industrie 4.0¹⁰¹

Der Arbeitskreis Industrie 4.0 rund um Henning Kagermann führt in seinem Abschlussbericht zu „Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0“ folgende Handlungsfelder an:¹⁰²

- Standardisierung und offene Standards für eine Referenzarchitektur
- Beherrschung komplexer Systeme
- Flächendeckende Breitbandinfrastruktur für die Industrie
- Sicherheit als erfolgskritischer Faktor für Industrie 4.0
- Arbeitsorganisation und Arbeitsgestaltung im digitalen Industriezeitalter
- Aus- und Weiterbildung für Industrie 4.0
- Rechtliche Rahmenbedingungen
- Ressourceneffizienz

¹⁰⁰ Vgl. Bischoff, J. (2015), S. 134

¹⁰¹ Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus: Vgl. Kagermann, H. et al. (2013), S. 19f.; Vgl. Roth, A. (2016), S. 6ff.

¹⁰² Vgl. Kagermann, H. et al. (2013), S. 43 ff.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass sich im Kontext von Industrie 4.0 viele neue Möglichkeiten zur nachhaltigen Verbesserung und Optimierung der Wertschöpfungskette von Industrieunternehmen auftun. Gleichzeitig ergeben sich für die Industrie neue Handlungsfelder auf dem Weg zu Industrie 4.0. Wobei der Fokus hierbei zunehmend bei der Verkürzung der Reaktionszeiten, Flexibilisierung und Selbstorganisation der Produktion, sowie bei der Effizienzsteigerung in Prozessen liegt, um den neuen Marktanforderungen gerecht werden zu können.

3.3 Digitalisierung als Basis für Industrie 4.0

Grundsätzlich gibt es in der Literatur derzeit noch keine allgemein gültige Definition für den Begriff Digitalisierung. Zusätzlich wird im englischen Sprachgebrauch zwischen Digitization und Digitalization unterschieden. Um den Begriff Digitalisierung für diese Arbeit näher einzugrenzen und zu definieren, wird auf die Unterscheidung der genannten englischen Begriffe näher eingegangen. Das auf den IT-Sektor spezialisierte Forschungs- und Beratungsunternehmen Gartner definiert in seinem IT-Glossary die zwei genannten Begriffe folgendermaßen:

***Digitization** is the process of changing from analog to digital form, also known as digital enablement. Said another way, digitization takes an analog process and changes it to a digital form without any different-in-kind changes to the process itself.*¹⁰³

***Digitalization** is the use of digital technologies to change a business model and provide new revenue and value-producing opportunities; It is the process of moving to a digital business.*¹⁰⁴

Laut Gartner ist Digitization also rein der Wandel eines Prozesses von Analog zu Digital, ohne den Prozess selbst andersartig zu verändern. Wobei unter Digitalization der Einsatz digitaler Technologien zur Veränderung von Geschäftsmodellen verstanden wird und somit neue Möglichkeiten hinsichtlich der Generierung von Wertschöpfung und Erträge entstehen.

Betrachtet man den Begriff Digitalisierung jedoch aus rein technischer Sicht, wird damit die Darstellung von Daten wie z.B. Texte, Bilder, Eigenschaften physischer Objekte etc. als binäre Zeichenfolge mit 0 und 1 Werten verstanden. Somit liefert die Digitalisierung Eingangsdaten für computergestützte Systeme und erst dadurch ergeben sich neue Möglichkeiten wie bspw. das Simulieren von Prozessen.¹⁰⁵ Damit lässt sich auch ein Vergleich zur Definition von Wolf und Strohschen ziehen, die Digitalisierung als Vorgang betrachten, bei diesem analoge Leistungserbringung durch

¹⁰³ Gartner Inc., <https://www.gartner.com/it-glossary/digitization/> (Zugriff: 06.10.2019)

¹⁰⁴ Gartner Inc., <https://www.gartner.com/it-glossary/digitalization/> (Zugriff: 06.10.2019)

¹⁰⁵ Vgl. Hippmann, S. et al. (2018), S. 9

digitale, in einem computerhandbaren Modell, ganz oder teilweise ersetzt wird.¹⁰⁶ Hierbei steht jedoch das Sammeln und analysieren wichtiger Informationen im Fokus der Digitalisierung.¹⁰⁷ Laut Hanschke ist die Verwendung und Interpretation des Begriffs Digitalisierung auch branchenabhängig. Weiters hält Hanschke auch fest, dass jeder für sein Unternehmen, abhängig der digitalen Strategie, Inhalte und Definition der Digitalisierung selbst festlegen und diese zur Veranschaulichung aller im Unternehmen auch umzusetzen soll.¹⁰⁸

Für diese Arbeit wird Digitalisierung als die Anwendung digitaler Technologien zur Veränderung von Geschäftsmodellen und Erschließung neuer Möglichkeiten entlang der gesamten Wertschöpfungskette verstanden und lehnt sich somit eng am englischen Begriff Digitalization an.

Digitalisierung kann als wesentlicher Bestandteil und Treiber von Industrie 4.0 angesehen werden und ist für die Vernetzung von Produkten und Produktionsanlagen verantwortlich. Digitalisierung sei somit eine Querschnittstechnologie im industriellen Umfeld.¹⁰⁹ Laut Neuhauser sind aufgrund der dadurch erhöhten Verfügbarkeit und vermehrten Nutzungsmöglichkeiten von Informationen, Produktivitätszuwächse in der Industrie 4.0 auf Basis der Digitalisierung und Vernetzung zu erwarten.¹¹⁰ Die Verfügbarkeit digital vernetzter Systeme und die Nutzungsmöglichkeit digitaler Technologien setzen jedoch eine effiziente und effektive IT-Landschaft voraus.¹¹¹ Lenkt man den Fokus auf die Digitalisierung der Stahlindustrie, ist neben der Digitalisierung die Automatisierung von Maschinen und Prozessen eine weitere Grundlage für Industrie 4.0. Prozessmodelle für Optimierungszwecke, wie sie im weiteren Verlauf dieser Arbeit noch beschrieben werden, benötigen korrekte Eingangsdaten, um überhaupt erst realitätsnahe Ergebnisse liefern zu können. Manuelle Messungen führen oftmals zu fehlerhaften Daten. Dabei bietet der Einsatz digitaler und smarter Sensoren die Möglichkeit Informationen in Echtzeit aus dem Produktionsprozess generieren zu können. Dadurch entstehen weitere Implementierungsmöglichkeiten automatisierter Vorgänge wie z.B. eine automatische Probennahme am Konverter vor dem Abstich.¹¹² Zusammengefasst kann die Schlussfolgerung getätigt werden, dass Digitalisierung, aufbauend auf IT und Automatisierung das Fundament für Industrie 4.0 bildet.

Digitalisierung erlaubt es u.a. die Effizienz und den Ressourceneinsatz von Produkten und Verfahren zu verbessern. Dies ist auch einer der Gründe, warum der Bedarf an digitalen Systemen in der Industrie grundsätzlich sehr hoch ist. Aufgrund der Tatsache, dass digitale Systeme in einem sehr hohen Tempo entwickelt werden, kann man auch

¹⁰⁶ Vgl. Wolf, T.; Strohschen, J.-H. (2018), S. 58

¹⁰⁷ Vgl. BMWi (2015), S. 3

¹⁰⁸ Vgl. Hanschke, I. (2018), S. 3

¹⁰⁹ Vgl. Graef, N. (2016), S. 75

¹¹⁰ Vgl. Neuhaus, R. (2012), S. 31

¹¹¹ Vgl. Weber, H.; Viehmann, J. (2017), S. 16

¹¹² Vgl. Ringhofer, M. et al. (2017), S. 46

hier von einer digitalen Revolution sprechen.¹¹³ Gerade die rohstoff- und ressourcenintensive Eisen- und Stahlindustrie unterliegt einem stetigen Wechsel der äußeren Rahmenbedingungen wie z.B. Schwankungen der Energie- und Rohstoffkosten. Dies führt unweigerlich dazu, dass die Stahlindustrie immer vor diversen Herausforderungen steht. Durch den gezielten Einsatz von Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie können folgende Ziele erreicht werden:¹¹⁴

- Stahl als zukunftsfähigen Werkstoff am Markt zu festigen.
- Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit durch schlanke Prozesse und minimalen Ressourceneinsatz.
- Sicherstellung einer hohen Produktqualität bei hoher Ausbringung.
- Maximale Anlagenlaufleistung bei minimaler Wartung und minimaler Kapitalbindung.
- Flexible Produktionsplanung trotz schwankender Nachfrage und kleinen Losgrößen.

Im Zuge einer Studie, herausgegeben von der Wirtschaftsvereinigung Stahl im Jahr 2017, wurden 56 Unternehmen der deutschen Stahlindustrie zum Einfluss der digitalen Transformation auf die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit befragt. Dabei gaben 80,2% an, dass die digitale Transformation einen positiven Einfluss auf ihre Wettbewerbsfähigkeit hat.¹¹⁵ Dies zeigt zusätzlich, dass Digitalisierung bzw. in weiterer Folge auch Industrie 4.0 als wichtiger Wettbewerbsfaktor für Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie anzusehen ist.

Eine übereinstimmende, durchgehende und auf Modellen basierte digitale Methodik ist zwingend nötig, um die Idee von Industrie 4.0 entlang der Wertschöpfungskette eines Produkts umsetzen zu können. Ebenso sind alle IT-Schnittstellen, Datensätze und Modellierungsansätze abzustimmen.¹¹⁶ Die Digitalisierung der Eisen- und Stahlindustrie startete bereits vor einigen Jahren und ist noch nicht abgeschlossen. Für die Implementierung digitaler Lösungen und Konzepte gibt es keine einheitliche Vorgehensweise, sondern bedarf einer individuellen Planung für jedes einzelne Werk. Der Prozess der Digitalisierung eines Stahlwerks soll in kleinen Schritten erfolgen. Einzelaggregate können bspw. im Zuge kleiner Modernisierungen digitalisiert werden und so die Grundlage für Industrie 4.0 bilden.¹¹⁷ Jedoch ist darauf zu achten, wie die Effizienz-Agentur NRW festhält, dass die Digitalisierung einer ganzen Produktionslinie nicht immer die gewünschte Verbesserung der Ressourceneffizienz bringt und rät daher eine ganzheitliche Untersuchung aller Prozesse im Zuge einer

¹¹³ Vgl. Neugebauer, R. (2018), S. 2

¹¹⁴ Vgl. Reifferscheid, M., <https://www.sms-group.com/de/sms-group-magazine/uebersicht/digitalization/digitalisierung-in-der-stahlindustrie/> (Zugriff: 27.02.2019)

¹¹⁵ Vgl. Wirtschaftsvereinigung Stahl (2017c), S. 28

¹¹⁶ Vgl. Peters, H. (2016b), S. 63

¹¹⁷ Vgl. Ringhofer, M. et al. (2017), S. 50

Ressourceneffizienz-Beratung durchzuführen, um Erfolgsfaktoren für eine wettbewerbsfähige Produktion ermitteln zu können.¹¹⁸

Im Folgenden werde zwei Beispiele für Digitalisierung entlang der Wertschöpfungskette der Stahlindustrie kurz dargestellt:

1. Materials Data Space

Das Projekt Materials Data Space des Fraunhofer-Verbund MATERIALS zeigt, dass die Digitalisierung auch in der Stahlindustrie teilweise schon weit fortgeschritten ist. Der Materials Data Space liefert unternehmensübergreifend digitale Informationen zu Materialien und Werkstoffen. Diese digitalen Informationen stehen entlang der Wertschöpfungskette von der Entstehung bis zur Nutzung und letztendlich bis hin zum Recycling bereit. Anwendung findet der Materials Data Space u.a bei der Salzgitter AG, einem Hersteller von Walzstahl und Röhrenerzeugnissen. Die Bedeutsamkeit eingesetzter Werkstoffe wird für Industrie 4.0 immer wichtiger, um individuelle Produkte nach Kundenwunsch fertigen zu können. Die produzierten Stahlbänder der Salzgitter AG erhalten ein digitales Abbild mit Informationen über die Eigenschaften der eingesetzten Werkstoffe, Mikrostruktur und Einschlüsse etc. So kann neben dem physischen Produkt auch der sogenannte digitale Zwilling verkauft werden und somit die Wettbewerbsfähigkeit am Markt sichern. Zudem ergeben sich additiv Nutzungspotenziale hinsichtlich der Material- und Produktionseffizienz.¹¹⁹ Der Materials Data Space erlaubt eine intelligente und digitale Vernetzung und bietet sogleich auch Möglichkeiten zur Steigerung der Effizienz materialintensiver Wertschöpfungsketten. Dadurch wird es möglich die eingesetzten Werkstoffe in den einzelnen Entwicklungsschritten als variables System mit einstellbaren Eigenschaften verstehen und nutzen zu können.¹²⁰

2. Digitalization Competence Center (DCC)

Eine Initiative des voestalpine-Konzerns zeigt, dass die Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie das Potenzial der Digitalisierung im Zusammenhang mit Industrie 4.0 bereits erkannt haben. Seit Februar 2018 wird am Standort Kapfenberg ein Kompetenzzentrum für digitale Technologien betrieben. Das sogenannte Digitalization Competence Center (DCC) soll dazu beitragen die Technologieführerschaft der voestalpine im internationalen Wettbewerb weiter auszubauen, indem eine Entwicklungs- und Testumgebung für Forschungsgebiete im Bereich Robotik, Sensorik und Augmented Reality etc. geschaffen wurde.¹²¹

¹¹⁸ Vgl. Effizienz-Agentur NRW (2018), S. 5

¹¹⁹ Vgl. Otto, B. et al. (2018), S. 128f.; Fraunhofer-Verbund MATERIALS, <https://www.fraunhofer-materials-data-space.de/de/der-materials-data-space.html> (Zugriff: 17.03.2019)

¹²⁰ Vgl. Fraunhofer-Verbund MATERIALS (2016), S. 6

¹²¹ Vgl. Steininger, V., <https://www.voestalpine.com/blog/de/innovation/high-performance-metals-division-eroeffnet-digitalization-competence-center/> (Zugriff: 26.04.2019)

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Digitalisierung die Grundlage für Industrie 4.0 ist. Dadurch ergeben sich neue Potenziale u.a. hinsichtlich Ressourceneffizienz und Steigerung der Ausbringung. Der gezielte Einsatz digitaler Technologien stärkt auch die Position gegenüber Mitbewerbern am Markt und steigert somit die Wettbewerbsfähigkeit. Gerade für die ressourcenintensive Prozessindustrie, speziell für die Eisen- und Stahlindustrie tun sich aufgrund digitaler Initiativen wie z.B. der Materials Data Space ebenso neue Geschäftsmodelle auf.

3.4 Kerntechnologien von Industrie 4.0

Nachdem bereits der Begriff Industrie 4.0 näher erläutert wurde und eine Abgrenzung zwischen zur Digitalisierung stattgefunden hat, werden in diesem Abschnitt die wichtigsten Kerntechnologien von Industrie 4.0 dargestellt und in Verbindung mit der Stahlindustrie gebracht.

3.4.1 Internet der Dinge und Dienste

Das Internet der Dinge (engl. Internet of Things, IoT) stellt eine der wichtigsten Technologien für Industrie 4.0 dar. IoT versteht sich als Sammelbegriff für alle im Internet vernetzten physischen Dinge. Durch diese intelligente Vernetzung ergeben sich eine Vielzahl neuer Dienste und führt aufgrund dessen zur Begriffserweiterung Internet der Dinge und Dienste (engl. Internet of Things and Services, IoTS).¹²²

Die umfassende Vernetzung physischer Objekte im IoT basiert auf der Anwendung von Sensoren, Aktoren und eingebetteter Systeme. Die dadurch entstehende Kommunikation bspw. zwischen Anlage und Werkstück führt zur Möglichkeit einer selbstorganisierenden Produktion auf Grundlage von Cyber-Physischen Systemen, welche im folgenden Abschnitt erläutert werden.¹²³ Der dadurch entstehende hohe Automatisierungsgrad von Produktionsprozessen und die Vernetzung einzelner Anlagen über das IoT, treibt auch unausweichlich die Digitale Transformation der Eisen- und Stahlindustrie voran.¹²⁴

3.4.2 Cyber-Physische-Systeme

Cyber-Physische Systeme (CPS) sind durch das Internet vernetzte physische Objekte. Zusätzlich sind CPS in der Lage, mit Hilfe von Sensoren und Aktoren ihre Umwelt zu erfassen, analysieren und auf diese einzuwirken.¹²⁵ Zusätzlich wird mit der

¹²² Vgl. Sandler, U. (2016a), S. 25

¹²³ Vgl. Mainzer, K. (2016), S. 157

¹²⁴ Vgl. Huber, D.; Kaiser, T. (2017), S. 24

¹²⁵ Vgl. Bauernhansl, T. (2014), S. 15f.

Kommunikation mechanischer, elektrischer und digitaler Komponenten eine Vernetzung von Produktionsanlagen ermöglicht. Dadurch bilden CPS die Basis für viele Industrie 4.0-Anwendungen.¹²⁶ Die Informationsverarbeitung und Kommunikation unter den Systemkomponenten eines CPS erfolgt durch übliche mechatronische Systeme. Die Neuheit bei CPS im Vergleich zu herkömmlichen Systemen ist die Nutzung des Internets, Services und Software und die Verwendung von offenen und globalen Standards.¹²⁷ Folgende Abbildung zeigt den vereinfachten Aufbau von Cyber-Physischen Systemen. Grundsätzlich bestehen CPS aus Systems of Systems. Dabei wird ein bestehendes System, sei es mechanisch oder digital, mit einem anderen System zu einem übergeordneten System zusammengefügt.¹²⁸

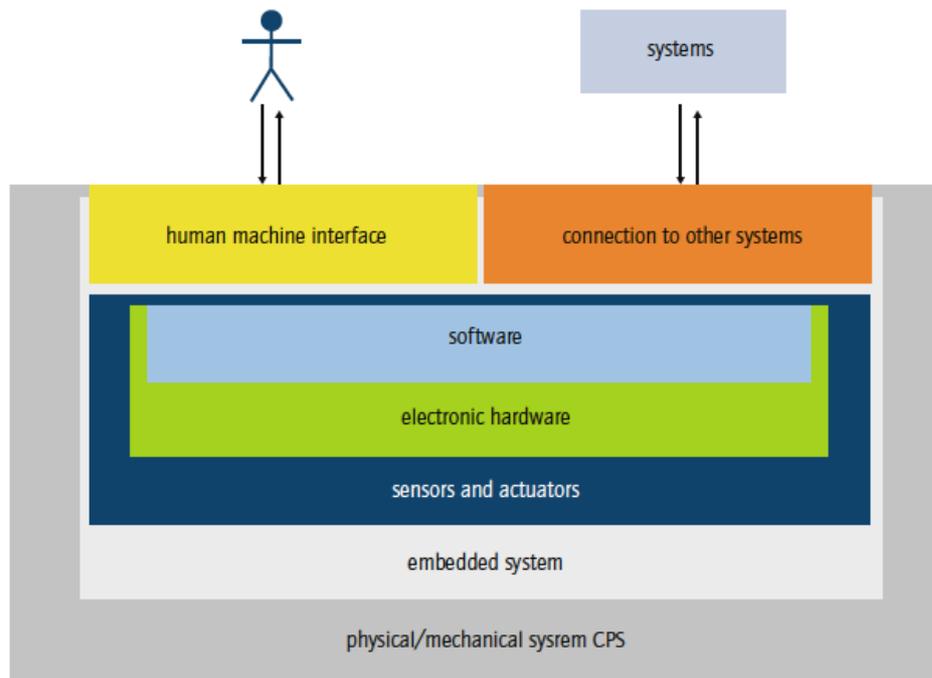


Abbildung 11: Grundsätzlicher Aufbau eines Cyber Physischen Systems¹²⁹

Die Verwendung von CPS ist Grundvoraussetzung für das Industrie 4.0 Konzept der Smart Factory (Abschnitt 3.5.1), wo verschiedene Objekte in einem Produktionssystem interagieren und somit eine Vernetzung von smarten Objekten innerhalb eines Produktionsstandortes oder produktionsübergreifend möglich ist.¹³⁰ Ein CPS welches in der Produktion eingesetzt wird, wird Cyber-Physisches Produktionssystem (CPPS) bezeichnet.

¹²⁶ Vgl. Hippmann, S. et al. (2018), S. 13

¹²⁷ Vgl. Fraunhofer IPA; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (2014), S. 13

¹²⁸ Vgl. Broy, M. (2010), S. 23

¹²⁹ Quelle: Broy, M. (2010), S. 24

¹³⁰ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017), S. 31

Wie bereits hervorgehoben, bilden automatisierte Prozesse und Anlagen die Grundlage für die Digitalisierung eines Stahlwerks. Die Vernetzung einzelner Systeme bietet die Möglichkeit zu einer selbstorganisierenden und optimierenden Produktion, was u.a. zu einem effizienteren Energie- und Ressourceneinsatz führt. Daten oder auch Dienste sind durch CPS bzw. CPPS am benötigten Ort abrufbar und nicht mehr an die Ebenen bzw. Hierarchien der Automatisierungspyramide gebunden. Dies bedeutet, dass Daten bspw. auch über Cloud-Dienste bezogen werden können und nicht mehr zwingend von Sensoren aus der Feldebene (Level 1) gewonnen werden müssen. Dadurch werden die bestehenden Ebenen und Hierarchien der Automatisierungspyramide regelrecht aufgelöst (siehe Abbildung 12). Steuerungen auf Basis von Echtzeitdaten werden nach derzeitigem Stand jedoch noch auf der Feldebene (Level 1) verbleiben.¹³¹ Grundsätzlich umfasst die Automatisierungspyramide sechs Ebenen (Level 0 bis Level 5).¹³²

- **Level 0 Prozessebene:** die unterste Ebene stellt den Produktionsprozess dar.
- **Level 1 Feldebene:** damit wird der Produktionsbereich samt aller Sensoren und Aktoren bezeichnet. Auf dieser Ebene werden produktionsrelevante Informationen in Form von Eingangs- und Ausgangsdaten verarbeitet.
- **Level 2 Steuerungsebene:** auf dieser Ebene werden Sensordaten mit einer SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung) verarbeitet und das Ausgangssignal zu Steuerung anschließend an die Feldebene weitergeleitet. Dadurch wird eine dezentrale Maschinensteuerung ermöglicht.
- **Level 3 Prozessleitebene:** diese Ebene umfasst die Darstellungen aller Prozessleit-, HMI- (engl. Human Machine Interface, HMI) sowie SCADA-Systeme (engl. Supervisory control and data acquisition, SCADA). Diese Ebene ist in Form eines Bedien- und Beobachtungssystems als Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine zu verstehen.
- **Level 4 Betriebsebene:** auf dieser Ebene übernimmt ein MES (engl. Manufacturing Execution System, MES) die Steuerung, Lenkung und Kontrolle des Produktionsprozesses und übernimmt die Produktionsfeinplanung. Zusätzlich stellt diese Ebene das Bindeglied zwischen Maschinensteuerung und Unternehmensebene dar.
- **Level 5 Unternehmensebene:** ein ERP-System (engl. Enterprise Resource Planning, ERP) beinhaltet die Produktionsgrobplanung und Bestellabwicklung für die industrielle Fertigung.

¹³¹ Vgl. VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) (2013), S. 3f.

¹³² Vgl. Siepmann, D. (2016b), S. 49 f.

Folgende Darstellung verdeutlicht die Auflösung bestehender Strukturen der Automatisierungspyramide durch die Bereitstellung vernetzter und dezentraler Dienste auf allen Ebenen durch CPPS.

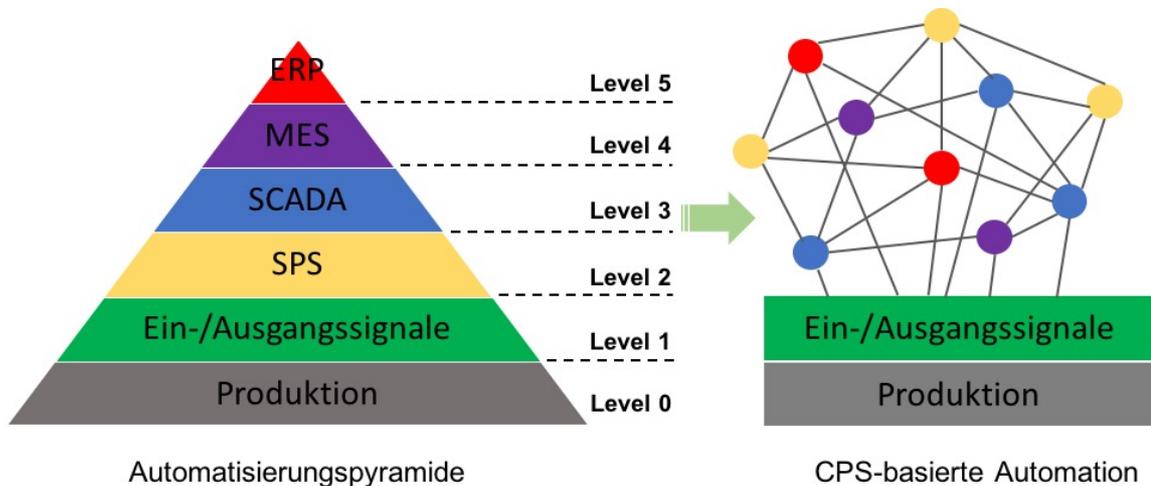


Abbildung 12: Auflösung der Automatisierungspyramide¹³³

Im Bereich der Produktion ergeben sich durch die Implementierung und den Einsatz von CPS eine Menge an den Vorteilen:¹³⁴

- Optimierung der Instandhaltung durch Predictive Maintenance.
- Höhere Flexibilität in der Produktion.
- Möglichkeit zur vertikalen- und horizontalen Integration von internen und externen Partnern.
- Aufbau komplexer Teilsysteme zur besseren Strukturierung der Produktion.
- Bessere Prozessabbildung durch direkte Kommunikation der Maschinen.

Da der Fokus dieser Arbeit auf Prozesse der Eisen- und Stahlindustrie liegt, wird im Folgenden der prinzipielle Aufbau eines CPPS anhand einer Warmwalzstraße skizziert und somit die bereits erwähnten Vorteile nochmals verdeutlicht.

In der untenstehenden Abbildung wird eine mit Sensoren und Aktoren ausgestattete Warmwalzstraße dargestellt. Die Anlage ist aufgrund der Vernetzung einzelner Komponenten im Stande ihren Zustand zu beschreiben. Zusätzlich können über die auf der Feldebene installierten Sensoren Eingangsdaten für Regelkreise zur Produktionssteuerung bereitgestellt werden. Durch die Vernetzung und Kommunikation zwischen Produktionsplanung und Prozessregelung, werden die Grenzen der Automatisierungspyramide, wie vorhin dargestellt, vollständig aufgehoben. Dadurch

¹³³ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) (2013), S. 4

¹³⁴ Vgl. Huber, W. (2018), S. 32

ergibt sich in diesem Beispiel eine dezentrale Produktionsplanung. Das System zur Produktionsplanung und Prozesssteuerung ist durch entsprechende Technologien in der Lage mit den vorhergegangenen Prozessen im Stahlwerk und der nachfolgenden Anlage, der Beizstation, zu kommunizieren. Aufgrund dessen ist eine optimale Abstimmung zwischen Planung und Regelung möglich. Zusätzlich bieten lernfähige Prozessmodelle mit Simulationen zur Berechnung von Wenn-Dann-Szenarien die Möglichkeit die Reaktionsfähigkeit bei Störungen zu verbessern. Alle Prozessdaten werden hochauflösend gespeichert und stehen für Big Data-Anwendungen zur Verfügung, um bspw. bei Qualitätsabweichungen schnelle Entscheidungen für Gegenmaßnahmen treffen zu können. Die fertigen Coils werden abschließend mit RFID-Tags (engl. radio frequency identification, RFID) ausgestattet, auf denen Produktionsinfos hinsichtlich Qualität und Historie gespeichert werden, um eine eindeutige Rückverfolgbarkeit gewährleisten zu können.¹³⁵

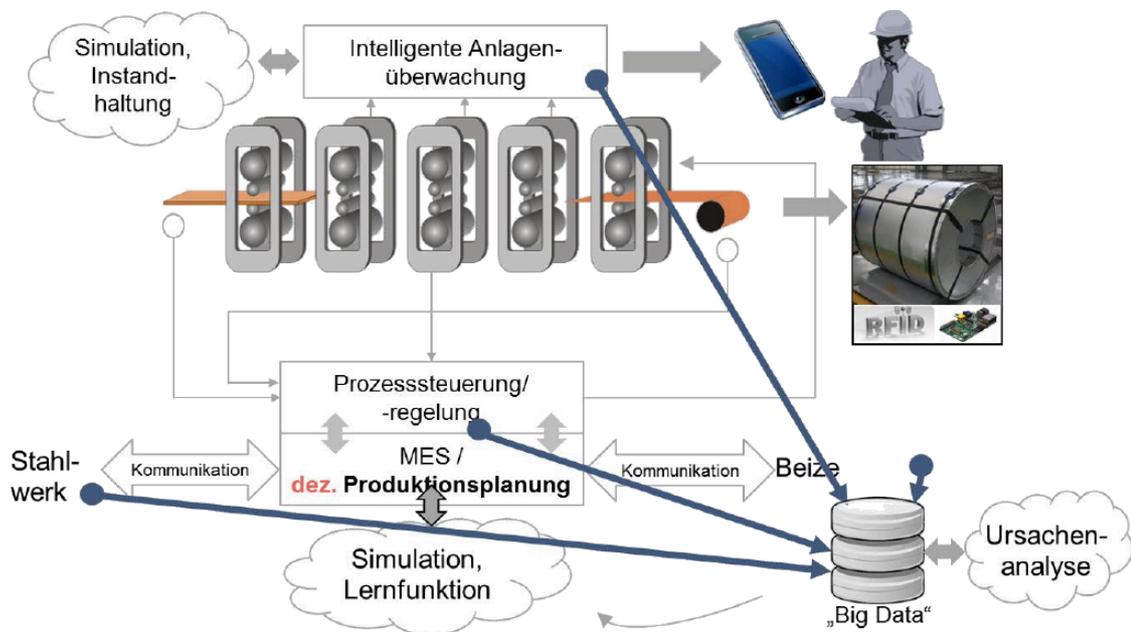


Abbildung 13: Warmwalzstraße als Cyber Physisches Produktionssystem¹³⁶

Wie dieses Beispiel zeigt, finden CPS in der Stahlindustrie bereits ihre Verwendung. Laut dem Stahlinstitut VDEh sind CPS Voraussetzung für Funktionen, wie eine effektive Produktionssteuerung und die Verknüpfung bzw. Verzahnung von Anlagen mit anderen Prozessen. Integrierte Qualitätsmanagementsysteme, sowie Anbindungen von Assistenzsystemen und auch eine optimale Steuerung aller Logistikvorgänge werden durch CPS ermöglicht.¹³⁷

¹³⁵ Vgl. Peters, H. (2016b), S. 65f.

¹³⁶ Quelle: Peters, H. (2016a), S. 33

¹³⁷ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 19

Bei der Planung neuer Produktionsanlagen gilt es vorab alle für den laufenden Betrieb relevanten Prozessdaten zu ermitteln, um diese im Betrieb auch erfassen zu können. In der Praxis jedoch sind die notwendigen zu sammelnden Daten (z.B. Rohdaten aus Sensoren für das Qualitätsmanagement, Verbrauchswerte zur Optimierung des Energiebedarfs etc.) oftmals noch nicht gänzlich bekannt. Deswegen sollte eine Anlage mit ihren Sensoren und Aktoren so ausgestattet sein, dass zukünftige hinzukommende Anwendungsszenarien ebenfalls umzusetzen sind.¹³⁸

Aufgrund der genannten Tatsache, dass sich CPS im Produktionsumfeld selbst organisieren können, ist es fraglich ob im Stahlwerk oder Fabrik der Zukunft der Mensch noch eine wichtige Rolle einnehmen wird. Neben der Mensch-Maschine-Kommunikation wird vielmehr die Maschine-Maschine-Interaktion in den Fokus des Produktionsalltags rücken. Durch die Kommunikation und Vernetzung physischer Objekte wie Werkstück und Maschine werden auch hoch komplexe Produktionsszenarien (z.B. Einzelstückfertigung, Losgröße 1) ohne menschliche Interaktion beherrschbar werden. Der Mensch wird im Industrie 4.0-Paradigma die Produktionsstrategie vorgeben, also wie bereits erwähnt die Rolle des Gestalters einnehmen und den gesamten selbstorganisierenden Fertigungsprozess überwachen und steuern.¹³⁹ Aufgrund der vorhin bereits dargestellten Vernetzung von Objekten bzw. Dienste auf Basis von CPS, lassen sich neue Maßnahmen und Lösungen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz ableiten, welche im Zuge dieser Arbeit noch dargestellt werden.¹⁴⁰

3.4.3 Big Data

Big Data steht zum einen für den Umfang der Daten, die im IoT erzeugt und verarbeitet werden.¹⁴¹ Diese Menge an Daten wird von Maschinen, Menschen, Produktionsanlagen oder auch von Diensten generiert. Für die Verbesserung der Ressourceneffizienz in Produktionsprozessen oder zur Optimierung von Geschäftsprozessen, müssen diese Daten in Echtzeit zusammengefasst und analysiert werden.¹⁴²

Zum anderen umfasst Big Data auch alle Softwarelösungen zur schnellen Verarbeitung großer Datenmengen, um daraus Erkenntnisse und Informationen ableiten zu können. Daten können strukturiert wie sie z.B. in Datenbanken vorkommen oder auch unstrukturierte Echtzeitdaten aus der Produktion sein. Big Data beschreibt nicht nur eine Technologie, sondern eine Vielzahl an Technologien und deren Zusammenwirken zur schnellen Verarbeitung großer Datenmengen. Big Data-Technologien benötigen konsistente Daten in hoher Qualität. Im Produktionsumfeld müssen die mit Big Data zu

¹³⁸ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 19

¹³⁹ Vgl. Gorecky, D. et al. (2014), S. 525ff.

¹⁴⁰ Vgl. Kagermann, H. et al. (2013), S. 43

¹⁴¹ Vgl. Mainzer, K. (2016), S. 157f.

¹⁴² Vgl. Fallenbeck, N.; Eckert, C. (2014), S. 399

analysierendem Prozesse daher stabil sein. Dies stellt somit eine Herausforderung für Unternehmen dar.¹⁴³

Generell müssen drei Kriterien erfüllt sein, um von Big Data sprechen zu können:¹⁴⁴

- **Volume (Menge):** Die Menge verfügbarer Informationen steigt mit der Anzahl in Geräten und Anlagen verbauter digitaler Komponenten, die diese Daten theoretisch über das Internet zur Verfügung stellen können.
- **Velocity (Geschwindigkeit):** Dieses Kriterium betrifft die Geschwindigkeit, mit der Daten erzeugt werden. Daten wie z.B. Messdaten von laufenden Produktionsprozessen in Echtzeit ergeben ein enormes Datenvolumen. Diese Menge an Daten, die über vernetzte Komponenten pro Nanosekunde in die Welt kommen ist von keiner Person zu verarbeiten und braucht daher spezielle Technologien.
- **Variety (Vielfalt):** Mit der Möglichkeit zur Erfassung großer Datenmengen, steigt auch die Verschiedenartigkeit einzelner potentieller über das Internet verfügbarer Daten.

Abbildung 14 zeigt die o.g. genannten Kriterien als 3V-Modell. Dadurch soll die Charakteristika von Big Data verdeutlicht werden und eine Abgrenzung zu konventionellen Daten schaffen.

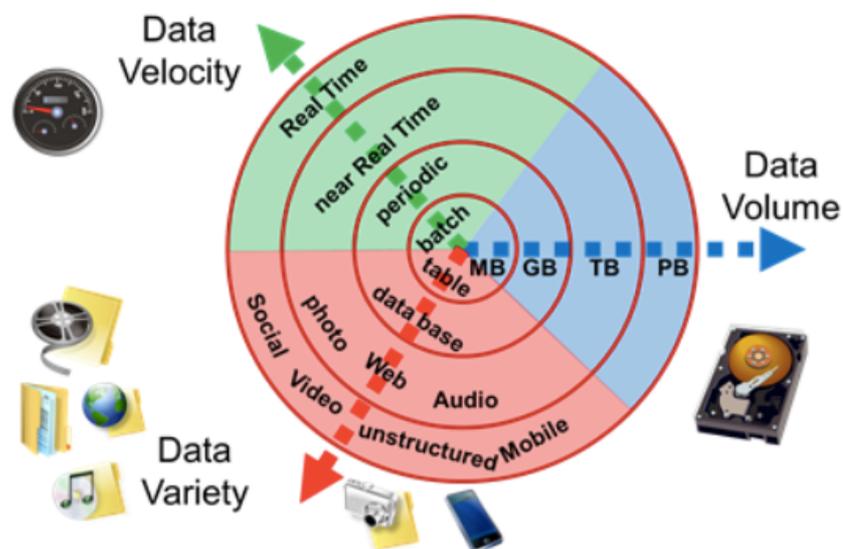


Abbildung 14: 3V-Modell für Big Data¹⁴⁵

¹⁴³ Vgl. Huber, W. (2018), S. 22ff.

¹⁴⁴ Vgl. Sandler, U. (2016b), S. 47

¹⁴⁵ Quelle: Klein, D. et al. (2013), S. 320

Diese drei Kriterien wurden erstmals 2001 von Doug Laney in einem Forschungsbericht der META Group Inc. erwähnt. Darin beschreibt er die Herausforderungen für Unternehmen mit dem Umgang großer Datenmengen als dreidimensional mit dem 3V-Modell. Die erwähnten drei Dimensionen beschreiben das steigende Datenvolumen, die zunehmende Geschwindigkeit mit dieser Daten generiert werden und die dadurch entstehende Datenvielfalt.¹⁴⁶ In weiterer Folge wurde das 3V-Modell um zwei weitere Begriffe (Veracity: Korrektheit der Daten, Value: Wert der Daten) auf das 5V-Modell erweitert.¹⁴⁷ In dieser Arbeit wird jedoch lediglich nur auf das 3V-Modell referenziert.

Geeignete Analysemethoden sind Voraussetzung, um einen Wert aus Big Data-Daten generieren zu können. Apache Hadoop ist ein open-source Software-Framework zum Speichern und Verarbeiten sehr großer Datenmengen. Dabei bietet Hadoop die Möglichkeit die Datenverarbeitung auf mehrere Computer, sogenannte Computercluster, zu verteilen (horizontale Skalierung). Damit kann jeder Rechner lokale Berechnung und Speichervorgänge durchführen.¹⁴⁸ Apache Hadoop ist so konzipiert, dass die Bibliothek von bis zu tausenden von Rechnern skaliert werden kann. Ausfälle auf der Anwendungsebene werden erkannt und behandelt und durch das Vorhandensein des Clusters somit ein hochverfügbarer Dienst ermöglicht.¹⁴⁹ NoSQL (Not Only SQL) verfolgt einen nicht tabellenbasierten Ansatz zum Speichern und Lesen von Daten. Mit NoSQL-Systemen ist es im Vergleich zu relationalen Datenbanken möglich, ohne Performanceminderung große Datenmengen zu speichern.¹⁵⁰

Betreffend Material- und Energieeffizienz in Produktionsprozessen sind Big Data-Anwendungen zur Erfassung und Verarbeitung von Fertigungsdaten die Grundlage.¹⁵¹ Die Beratungsgesellschaft McKinsey & Company hat 2015 in einer Studie herausgefunden, dass der Einsatz von Big Data-Technologien in produzierenden Unternehmen einen großen Einfluss auf Stillstandzeiten und Energieverbrauch von Anlagen und Maschinen hat. Big Data-Einsatz und die Analyse großer Datenmengen kann somit zu einer 45%igen Reduzierung von Stillstandzeiten führen und verringert somit die Verluste im Stand-by-Betrieb. Dadurch ergibt sich schlussendlich auch eine Energieeinsparung im Anlagenbetrieb. Gleichzeitig lässt sich das Produktionsvolumen durch Big Data-Technologien um 20-25% verbessern.¹⁵²

Auch in der Eisen- und Stahlindustrie besitzt Big Data großes Potenzial hinsichtlich Prozessoptimierung und Verbesserung der Ressourceneffizienz. Konkrete Anwendungsbeispiele wie die Projekte iProduct oder EvalHD (siehe Abschnitt 4.2)

¹⁴⁶ Vgl. META Group Inc. (2001)

¹⁴⁷ Vgl. Reinhart, G. (2017), S. 98

¹⁴⁸ Vgl. Reinhart, G. (2017), S. 99 f.

¹⁴⁹ Vgl. Apache Software Foundation, <https://hadoop.apache.org/> (Zugriff: 01.05.2020)

¹⁵⁰ Vgl. Reinhart, G. (2017), S. 99 f.

¹⁵¹ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017), S. 34

¹⁵² Vgl. McKinsey & Company (2015), S. 11

werden noch detailliert im weiteren Verlauf dieser Arbeit dargestellt. Peters hebt hierbei jedoch deutlich hervor, dass die Anwendung von Big Data-Technologien in Stahlwerken zur Lösung komplexer Aufgaben nur sinnvoll ist, wenn folgende Aspekte gegeben sind:¹⁵³

- Notwendigkeit hochauflösender Prozess-, Anlagen- oder Qualitätsdaten.
- Zusätzliche Nutzung mehrdimensionaler Daten z.B. räumlicher Daten.
- Lösungsfindung mit Hilfe von Video-, Audio- oder Textdaten notwendig.
- Erfordernis schneller Datenverarbeitung auch in Echtzeit.

3.4.4 Simulation und smarte Sensoren

Für die Analyse von Daten oder zur Prozesssteuerung im Stahlwerk, auf Basis von Echtzeitdaten, werden Sensoren zur Datengewinnung benötigt. Sensoren sind technische Bauteile, die in der Lage sind über qualitative oder quantitative Erfassung physikalische und chemische Eigenschaften erfassen zu können. Smarte Sensoren sind außerdem fähig, ihre erfassten Daten bzw. Signale über Kommunikationsschnittstellen weiterzuleiten. Grundsätzlich sind Smarte Sensoren also eingebettete Systeme, diese ihre gewonnenen Signale an das übergeordnete System weiterleiten können. Durch den Einsatz in Cyber-Physischen Systemen lassen sich einzelne Prozessschritte vereinfachen und mit Aktoren auch automatisieren.¹⁵⁴ Die Nutzung smarter Sensoren soll die Datengenauigkeit von bspw. Eingangsdaten für Prozessmodelle verbessern. Dadurch ergeben sich neue Potenziale hinsichtlich Tracking im Stahlwerk.¹⁵⁵ Aufgrund der langen Prozessketten eignet sich die Stahlindustrie besonders zur Virtualisierung mit Modellen, Automatisierung und Vernetzung von Prozessen. Prädikative Materialflussmodelle können u.a. Stillstandzeiten und Ausschüsse minimieren.¹⁵⁶ Eine andere Bezeichnung für virtuelle Modelle ist der Begriff digitaler Zwilling (engl. digital Twin) oder auch digitaler Schatten.

Ein digitaler Zwilling ist ein virtuelles Modell eines Produkts, eines Prozesses oder einer Dienstleistung. Reale Daten von Sensoren werden für die Erstellung digitaler Zwillinge verwendet. Dadurch wird die reale Welt mit der digitalen Welt gekoppelt und ermöglicht es Systeme zu überwachen, zu Steuern und Daten zu analysieren. Digitale Zwillinge bestehen grundsätzlich aus drei Elementen:¹⁵⁷

- reales Objekt
- digitaler Zwilling im virtuellen Raum
- Informationen

¹⁵³ Vgl. Peters, H. (2016b), S. 66

¹⁵⁴ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017), S. 29f.

¹⁵⁵ Vgl. Winter, G. (2016), S. 74

¹⁵⁶ Vgl. Wirtschaftsvereinigung Stahl (2017c), S. 42

¹⁵⁷ Vgl. Grösser, S., <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/digitaler-zwilling-54371/version-277410> (Zugriff: 01.05.2020)

Ein digitaler Zwilling enthält somit alle Informationen zu Eigenschaften und Funktionen des abgebildeten realen Objekts (z.B. Angaben zu Werkstoff, Sensorik, Simulationsdaten, Prüfmerkmale, Prozessdaten, Stücklisten etc.).¹⁵⁸ Der Einsatz digitaler Zwillinge zielt auf eine umfassende physikalische und funktionale Beschreibung eines Systems ab.¹⁵⁹

In der Stahlindustrie sind insbesondere metallurgisch-, chemisch- bzw. physikalisch basierte Modelle zur Beschreibung der Vorgänge in Schmelz- oder Umformprozessen von hoher Relevanz. Modelle wie bspw. Temperaturmodelle in der Flüssigphase werden für eine modellbasierte prädikative Anlagensteuerung eingesetzt.¹⁶⁰ Erst durch aktuelle Daten über Temperaturhaushalt und Schlackenzusammensetzung, wird ein optimales Pfannenmanagement zur effizienten Überwachung und Steuerung der Energiezufuhr eines Stahlwerks möglich.¹⁶¹ Dabei sind die Lokalisierung und die modellgestützte Berechnung des Temperaturhaushaltes der Pfanne von essentieller Bedeutung. Auf Basis von Temperaturmodellen wird der bestmögliche Zeitpunkt, unter Berücksichtigung der aktuellen Prozessführung und des Pfannenzustandes zum Gießen berechnet.¹⁶² Für diesen Einsatzzweck bieten sich zur Temperaturmessung und Identifikation bzw. Lokalisierung von Pfannen SAW-Sensoren (engl. Surface Acoustic Waves, SAW) an. SAW-Sensoren nutzen das Phänomen der Ausbreitung akustischer Wellen auf der Oberfläche eines Festkörpers (Rayleigh-Wellen). Kurz erklärt, wird bei diesem Temperaturmessverfahren ein piezoelektrisches Trägermaterial bzw. Substrat durch eine akustische Oberflächenwelle, erzeugt mittels eines Interdigitalen-Wandlers, kurzzeitig deformiert. Die Beeinflussung des Trägermaterials durch physikalische Umgebungsbedingungen wie z.B. Temperatur in der Pfanne, ruft eine Veränderung der Amplitude und Phasengeschwindigkeit der erzeugten Welle hervor. Aufgrund der Tatsache, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle ein Maß für die Temperatur an der Substratoberfläche ist, kann dieser Effekt zur Temperaturmessung in Prozessen der Stahlindustrie genutzt werden.¹⁶³ Der Vorteil gegenüber herkömmlichen RFID-Tags zur Pfannenidentifikation ist die hohe Temperaturbeständigkeit der SAW-Sensoren und die Möglichkeit zur Temperaturmessung. Dies bildet die Grundlage für Modellbildungen u.a. zur prozessübergreifenden Temperaturführung wie im Projekt „TOTOPTLIS“ vom VDEh BFI zur Optimierung der Gießtemperatur (Abschnitt 4.3.1).¹⁶⁴

Somit kann festgehalten werden, dass Sensoren die Datenbasis für die Erstellung von Modellen bzw. digitaler Zwillinge einzelner Prozesse und Anlagen liefern. Anlagenbauer für Hütten- und Walzwerktechnik haben die Vorteile von modellgestützten Prozessoptimierungen in Echtzeit ebenfalls erkannt und ermöglichen

¹⁵⁸ Vgl. Huber, W. (2018), S. 91

¹⁵⁹ Vgl. Cadet, M. et al. (2017), S. 52

¹⁶⁰ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 30

¹⁶¹ Vgl. Singh, M. (2016), S. 71

¹⁶² Vgl. Reifferscheid, M. (2017), S. 51

¹⁶³ Vgl. Bernhard, F. (2004), S. 909–912

¹⁶⁴ Vgl. Peters, H. (2016b), S. 67

Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie somit erhebliche Effizienzsteigerungen hinsichtlich Energie- und Materialeinsatz. Der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer gründete im August 2014 den Arbeitskreis „Industrie 4.0 im metallurgischen Anlagenbau“. Ziel dieses Arbeitskreises ist es, Chancen und Herausforderungen für den Anlagenbau im metallurgischen Produktionsumfeld zu herauszufinden und zu definieren.¹⁶⁵ Aufgrund solcher Initiativen wird die Bedeutsamkeit von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie nochmals deutliche hervorgehoben.

3.5 Konzepte von Industrie 4.0

In diesem Abschnitt werden, die auf Grundlage der vorhin erwähnten Technologien, Industrie 4.0-Konzepte dargestellt.

3.5.1 Horizontale und vertikale Integration

Horizontale Integration: ist eine Vernetzung verschiedener IT-Systeme unterschiedlicher Prozesse der Produktion sowie Unternehmensplanung, zwischen denen Material-, Energie- und Informationsflüsse bestehen. Dies kann auch zwischen mehreren Unternehmen erfolgen. Dadurch entsteht eine durchgängige Integration verschiedener Prozesse über mehrere Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette.¹⁶⁶

Vertikale Integration: ist hingegen eine Vernetzung verschiedener IT-Systeme der unterschiedlichen Hierarchieebenen wie bspw. Sensor-/Aktorebene, Steuerungsebene, Prozessleitebene, Produktionsleitebene etc.¹⁶⁷ Dabei wird eine Verbindung operativer- und strategischen Ebene eines Unternehmens angestrebt.¹⁶⁸ Eine vertikale Integration kann laut Kagermann jedoch nur gelingen, wenn Sensor- und Aktorsignale durchgängig digital über verschiedene Ebenen gewährleistet vorhanden sind.¹⁶⁹

¹⁶⁵ Vgl. Delcuve, K. (2016), S. 42

¹⁶⁶ Vgl. Kagermann, H. et al. (2013), S. 24

¹⁶⁷ Vgl. Kagermann, H. et al. (2013), S. 24

¹⁶⁸ Vgl. Gubler, C., <https://www.referenzportal.ch/fuehrung/vom-erp-zum-integrierten-informationssystem/> (Zugriff: 08.01.2020)

¹⁶⁹ Vgl. Kagermann, H. et al. (2013), S. 36

Nachfolgende Abbildung verdeutlicht das Prinzip der horizontalen und vertikalen Integration nochmals.

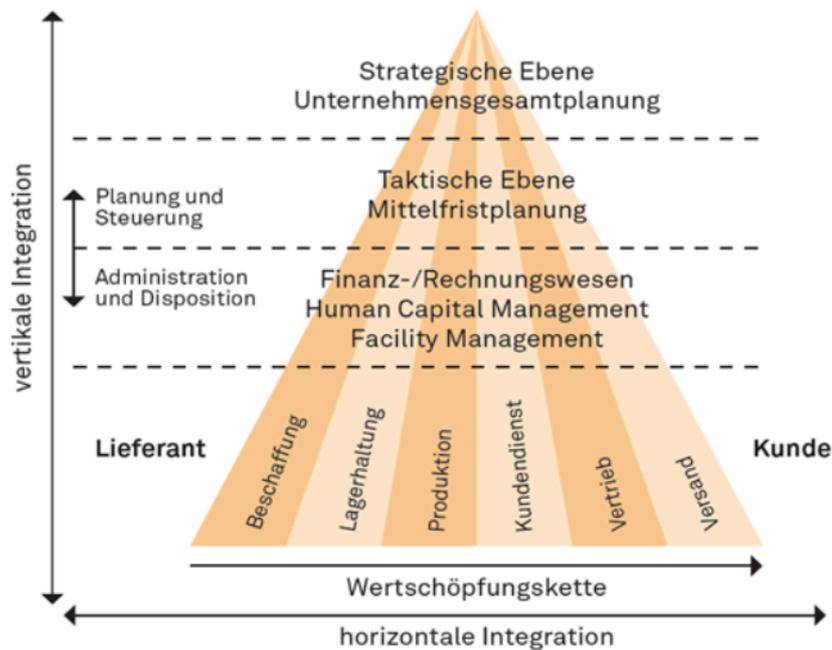


Abbildung 15: Integrationspyramide¹⁷⁰

Die Idee hinter einer horizontalen und integralen Vernetzung findet auch in der Eisen- und Stahlindustrie ihre Anwendung. Im Folgenden werden drei Anwendungsbeispiele für horizontale Integration in der Eisen- und Stahlindustrie genannt:

1. Horizontale Integration bei Hoesch Hohenlimburg

Ein Beispiel für eine horizontale Integration entlang der Wertschöpfungskette in der Eisen- und Stahlindustrie findet man bei Hoesch Hohenlimburg, einem Produzenten für warmgewalztes Mittelband. Dies basiert auf einer Vernetzung zwischen dem Warmwalzwerk von Hoesch Hohenlimburg und dem Vormateriallieferanten Hüttenwerke Krupp Mannesmann (HKM). HKM produziert auf einer seiner Stranggussanlagen nahezu ausschließlich Brammen für das Warmwalzwerk von Hoesch Hohenlimburg. Die Belegung der Stränge und Ansteuerung der Stranggussanlage erfolgt direkt vom Warmwalzwerk aus. Kunden von Hoesch Hohenlimburg (fast nur Kaltwalzer und aus der Automobilindustrie) können über das Hoesch-System Aufträge einbuchen und selbst noch kurz vor Produktionsstart Materialspezifikationen wie Breite und Dicke im Rahmen technischer Möglichkeiten abändern. Wobei der Produktionsstart von 70% der Walzmenge vom Kunden selbst festgelegt werden und eine Online Verfolgung des Produktionsstatus erfolgen kann.¹⁷¹

¹⁷⁰ Quelle: Gubler, C., <https://www.referenzportal.ch/fuehrung/vom-erp-zum-integrierten-informationssystem/> (Zugriff: 08.01.2020)

¹⁷¹ Vgl. Schneppe, U. (2016), S. 58

Das vorhin beschriebene Zusammenspiel zwischen Kunde, Produzent und Lieferant wird in Abbildung 16 nochmals grafisch skizziert.

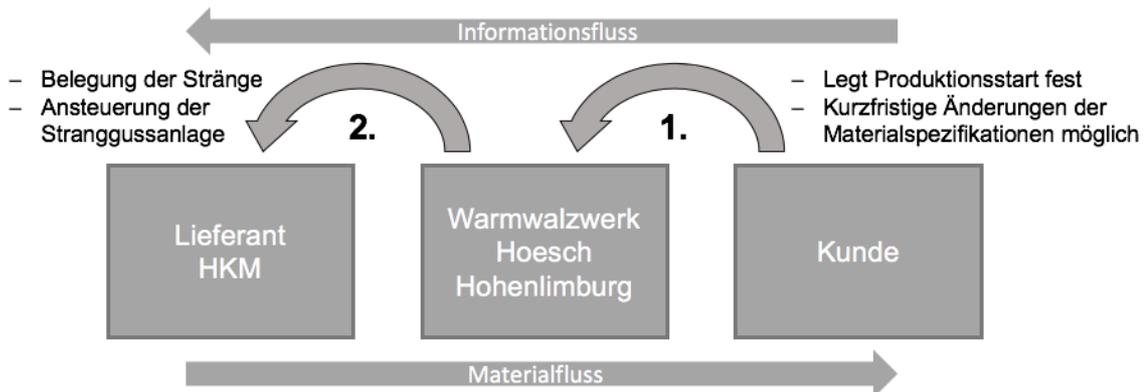


Abbildung 16: horizontale Integration zwischen Vormateriallieferant, Warmwalzwerk und Kunde¹⁷²

2. Horizontale Integration bei Salzgitter AG

Ein weiteres Umsetzungsbeispiel für horizontale Integration innerhalb der Eisen- und Stahlindustrie liefert das Unternehmen Salzgitter AG. Dabei werden Daten der Lagersysteme zwischen ausgewählten Kunden und Lieferanten der Salzgitter AG verschlüsselt und automatisiert übertragen. Dies hat den Vorteil, dass ein Kunde während einer Anfrage schon Information bekommt, wann seine gewünschte Menge und Art von Stahl zu Verfügung stehen wird. Dieses Pilotprojekt basiert auf Basis des Referenzarchitekturmodells des Industrial Data Space, einer Initiative der Fraunhofer-Gesellschaft. Dabei werden in einem geschützten Raum Daten zwischen zertifizierten Teilnehmern ausgetauscht, ohne jedoch einen Datenverlust befürchten zu müssen.¹⁷³

3. Horizontale Integration bei SSAB (Svenskt Stål AB)

Der schwedische Stahlproduzent SSAB hat die Applikation „SmartSteel1.0“ entwickelt. Damit ist es für deren Kunden möglich den Produktionsprozess ihrer Produkte zu verfolgen. Die von SSAB produzierten Erzeugnisse erhalten eine Kennzeichnung und somit eine digitale Identifikation. Anschließend werden deren Produktionsdaten in Cloud-Servern hochgeladen. Diese Daten werden den Kunden über die Applikation zugänglich gemacht. Der Kunde kann mittels „SmartSteel1.0“ die Kennzeichnung seiner Produkte scannen. Daraufhin bekommt er Zugriff auf Produktionsdaten und Materialeigenschaften. Zusätzlich kann er Zertifikate herunterladen und Feedback geben.¹⁷⁴ Für den Kunden ergeben sich Vorteile hinsichtlich Rückverfolgbarkeit und

¹⁷² Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Schneppe, U. (2016), S. 59

¹⁷³ Vgl. Wirtschaftsvereinigung Stahl (2017c), S. 43

¹⁷⁴ Vgl. SSAB, <https://www.ssab.de/support/calculators-and-tools/smartsteel> (Zugriff: 09.01.2020)

Dokumentation seiner Produkte. In weiterer Folge soll „SmartSteel1.0“ Teil einer Plattform für den konzernübergreifenden Datenaustausch werden.¹⁷⁵

3.5.2 Durchgängiges Engineering

Der Grundgedanke eines durchgängigen Engineerings ist eine digitale Durchgängigkeit des Engineerings eines Produkts über die komplette Wertschöpfungskette hinweg. Dabei soll die reale, mit der digitalen Welt verschmelzen. Der Einsatz entsprechender IT-Systeme soll diese einheitliche Betrachtung der eigentlichen Produktentstehung über die Produktion und Service gewährleisten.¹⁷⁶

Laut dem Stahlinstitut VDEh ist die Bedeutung des durchgängigen Engineerings für die Stahlindustrie noch schwer zu beurteilen. Bezieht sich das durchgängige Engineering auf Produktdesign und Produktionsengineering, wird diesem Konzept einer geringeren Bedeutung als in der Stückgutfertigung (z.B. Automobilindustrie) zugeschrieben. Einer der Hauptgründe dafür liegt im Charakter der Herstellungsprozesse in der Eisen- und Stahlindustrie. Hierbei sind verfahrenstechnische und Batch-Prozesse vorherrschend, wobei z.B. in der Automobilindustrie eher Montageprozesse und Einzelteilerfertigungen anzufinden sind. Betrachtet man jedoch nur den Bereich der Produktion, so ist durchgängiges Engineering, wie in der folgenden Grafik skizziert, als Sammeln aller anfallenden Daten zu interpretieren und somit auch für die Stahlindustrie von enormer Bedeutung.¹⁷⁷

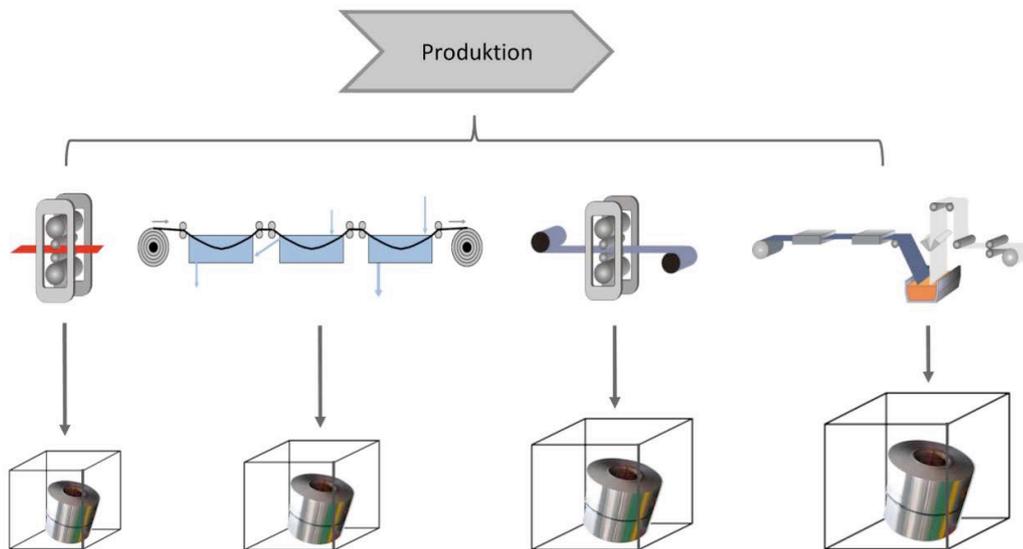


Abbildung 17: durchgängiges Engineering in der Stahlindustrie¹⁷⁸

¹⁷⁵ Vgl. Jung, P. (2018), S. 14

¹⁷⁶ Vgl. Kagermann, H. et al. (2013), S. 35 f.

¹⁷⁷ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 16

¹⁷⁸ Quelle: Stahlinstitut VDEh (2017), S. 16

Nachdem bereits die grundlegenden Industrie 4.0-Konzepte horizontale und vertikale Integration sowie auch das durchgängige Engineering dargestellt wurden, wird im nachfolgenden Abschnitt das Konzept Smart Factory dargestellt.

3.5.1 Smart Factory

Eine ganzheitlich vernetzte Produktion und Lokalisierung aller Produkte ist die zentrale Idee einer Smart Factory.¹⁷⁹ Im Zentrum der vernetzten Produktion steht die Fähigkeit zur Selbstorganisation und in weiterer Folge eine intelligente Kopplung unternehmensübergreifender Produktions- und Logistiksysteme.¹⁸⁰ Dabei erfolgt ein stetiger Informationsaustausch zwischen Menschen, Maschinen und auch Ressourcen im Internet der Dinge, ähnlich wie in einem Sozialen Netzwerk. Dadurch lassen sich Produkte eindeutig identifizieren bzw. rückverfolgen und können sich somit selbst den Weg durch alle Prozesse der Produktion suchen.¹⁸¹ Aufgrund der vertikalen und horizontalen Vernetzung und Kommunikation aller Beteiligten, können komplexe Produktionssysteme beherrscht, sowie auch die Produktionseffizienz gesteigert werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass eine Smart Factory im Vergleich zu einer wenig vernetzten Produktion robuster gegen auftretende Störungen ist.¹⁸²

Die intelligente Produktion bzw. Smart Factory besteht aus drei Technologieparadigmen. Diese können mit den in diesem Kapitel bereits beschriebenen Technologien implementiert werden.¹⁸³

- **Intelligentes Produkt:** ein intelligentes Produkt enthält Informationen über Produktionsparameter und auch notwendige Konfigurationen von Anlagen. Dies ermöglicht eine Verfügbarkeit der benötigten Informationen am richtigen Ort zur richtigen Zeit und erlaubt eine sofortige digitale Weiterverarbeitung der Daten. Ebenso wird die komplette Produktionshistorie des Produkts aufgezeichnet und auf diesem gespeichert. Oftmals ist es jedoch, aufgrund der Gegebenheiten, nicht möglich ein Produkt zu kennzeichnen.¹⁸⁴ Hierbei lässt sich auf die Stahlindustrie und deren spezifischen Umgebungsbedingungen verweisen (hohe Temperaturen, Schmutz, flüssige Prozesse etc.) und wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit noch genauer diskutiert.¹⁸⁵ Grundsätzlich kann die Verleihung der Intelligenz auf zwei Arten geschehen. Einerseits durch in das Produkt eingebettete Systeme und andererseits mittels RFID oder Data Matrix Codes (DMC), wobei damit die Rechenleistung an die werksseitige IT-Infrastruktur abgegeben wird.¹⁸⁶

¹⁷⁹ Vgl. Kaufmann, T.; Forstner, L. (2017), S. 126

¹⁸⁰ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017), S. 26 f.

¹⁸¹ Vgl. Kagermann, H. (2017), S. 238

¹⁸² Vgl. Reinhart, G. (2017), S. 601

¹⁸³ Vgl. Schlick, J. et al. (2014), S. 59

¹⁸⁴ Vgl. Schlick, J. et al. (2014), S. 60

¹⁸⁵ Vgl. Binder, R.; Herzog, K. (2017), S. 80

¹⁸⁶ Vgl. Schlick, J. et al. (2014), S. 60

- **Intelligente Maschine:** in diesem Technologieparadigma muss zwischen den Phasen Planung & Aufbau, Inbetriebnahme & Betrieb und Rekonfiguration unterschieden werden. Ziel der Planungs- und Aufbauphase sowie der Inbetriebnahme ist es, effizient von der Grobplanung zur fertigen Maschine zu gelangen. Ansätze dafür sind die Mechatronisierung der Komponenten und eine modellbasierte Anlagensteuerung. Für die Integration in bestehende IT-Systeme ist ein industrielles „Plug&Play“ ebenso von großer Bedeutung. Die Ziele im Betrieb betreffen Prozesstransparenz, stetige Qualitäts- und Instandhaltungsoptimierungen, leichte Instandhaltung sowie eine Maximierung der Auslastung. Dafür sind verschiedene Stufen der Intelligenz notwendig. Von der Kommunikation und Verteilung einzelner Funktionalitäten bis hin zum selbstorganisierenden- und optimierenden Produktionssystem. Bei der Rekonfiguration einer bestehenden Anlage an neue Produktvarianten sind die neuen Abläufe in die Steuerung zu integrieren. Dabei nehmen eine modellbasierte Steuerung, sowie das industrielle „Plug&Play“ wiederholt eine wichtige Stellung ein.¹⁸⁷ Zusammengefasst kann gesagt werden, dass eine modellbasierte Steuerung, mechatronische Komponenten, „Plug&Play-Schnittstellen“ sowie die Fähigkeit zur Selbstorganisation- und Optimierung eine intelligente Maschine auszeichnen.
- **Assistierender Bediener:** sogenannte smart Products und intelligente Maschinen erzeugen viele Informationen. Um diese Informationen filtern und verarbeiten zu können, braucht es in der intelligenten Fabrik eine geeignete Mensch-Maschine-Schnittstelle. Dies können u.a. mobile Tablet-Computer mit entsprechender Rechenleistung sein. Dies ermöglicht für den Bediener eine Bereitstellung der Informationen zur richtigen Zeit am richtigen Ort zur Bewältigung seiner Aufgabe.¹⁸⁸

Das VDI Zentrum Ressourceneffizienz beschreibt die Smart Factory oder auch Fabrik 4.0, als ein vernetztes und globales System auf mikroökonomischer Ebene. Im Inneren einer intelligenten Fabrik werden neue Produktionstechnologien, neue Werkstoffe, alternative Energien und Rohstoffe, sowie auch neue Wege zur Speicherung, Verarbeitung und Nutzung der gesammelten Daten betrachtet. Vernetzt ist diese Fabrik über ein intelligentes Zuliefernetzwerk (Logistik 4.0). Dabei stehen Technologien des Cloud-Computings, der Cyber-Security sowie CPPS, autonomer Transportsysteme, Robotik und Methoden der additiven Fertigung im Zentrum der Idee einer Fabrik 4.0.¹⁸⁹

Voraussetzung hierfür ist, neben dem Internet der Dinge, eine effektive Integration aller Produktionsdaten. Dabei unterstützen Big Data-Technologien bei der notwendigen Datenerfassung, Verarbeitung und auch Bereitstellung.¹⁹⁰

¹⁸⁷ Vgl. Schlick, J. et al. (2014), S. 61 f.

¹⁸⁸ Vgl. Schlick, J. et al. (2014), S. 62

¹⁸⁹ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017), S. 32

¹⁹⁰ Vgl. Schließmann, A. (2017), S. 189

3.6 Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie

Die Optimierung der Produktionsprozesse und betrieblichen Abläufe mit Industrie 4.0-Anwendungen rückt immer mehr in den Fokus der Eisen- und Stahlproduzenten. Aufgrund dessen gibt es bereits seit einigen Jahren Bestrebungen seitens von Forschungseinrichtungen wie z.B. das VDEh BFI, Initiativen wie European Technology Platform (ESTEP) oder Arbeitsgruppen wie Integrated Intelligent Manufacturing (I²M) und „Industrie 4.0“ des Stahlinstituts VDEh, welche sich damit auseinandersetzen, wie Industrie 4.0-Anwendungen in den verketteten Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie Anwendung finden können.¹⁹¹

Im weiteren Verlauf von Abschnitt 3.6 werden die Nutzaspekte bzw. Potenziale von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie dargestellt und zeigt in weiterer Folge auch die Notwendigkeit von Industrie 4.0 zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit europäischer Eisen- und Stahlproduzenten auf. Zusätzlich werden neben Herausforderungen bzw. Risiken, auch Forschungsinitiativen für Industrie 4.0-Anwendungen in der Stahlindustrie kurz vorgestellt.

3.6.1 Nutzaspekte und Treiber

Zur Darstellung der Nutzaspekte von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie, schlägt das Stahlinstitut VDEh im Fachausschussbericht „Stahl 4.0“ zunächst eine Betrachtung der Hauptkriterien für Wettbewerbsfähigkeit in der Stahlerzeugung- und Verarbeitung (siehe Abbildung 18) vor.¹⁹²

Grundsätzlich müssen jedoch folgende Kriterien erfüllt sein, um konkurrenzfähig zu bleiben:¹⁹³

- optimale Steuerung der Produktionsprozesse
- optimale Verzahnung von Produktion mit internen und externen Logistikprozessen
- hohe Anlagenverfügbarkeit
- Sicherstellung des Zugriffes auf relevante Qualitätsdaten
- Effektive administrative Prozesse (HR, Auftragsmanagement, Kundenbeziehungen, kaufmännische Prozesse)

¹⁹¹ Vgl. Peters, H. (2016b), S. 61; Vgl. Fraunhofer ISI (2018), S. 1

¹⁹² Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 8

¹⁹³ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 8

Abbildung 18 zeigt deutlich, dass die Anforderungen für die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit in der Stahlindustrie vielfältig sind. Dies stellt die Unternehmen der Stahlindustrie vor eine große Aufgabe.



Abbildung 18: Faktoren zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit in der Stahlindustrie¹⁹⁴

Sind die vorhin genannten Voraussetzungen erfüllt, ergeben sich mit Industrie 4.0 folgende mögliche Nutzaspekte für die Eisen- und Stahlindustrie:¹⁹⁵

- Erhöhte Flexibilität in der Produktion (Störungen, individualisierte Kundenwünsche etc.)
- Rentable Produktion von Kleinstmengen
- Optimierte Entscheidungsfindung
- Optimierung standortübergreifender Ressourcen
- Erhöhung der Produktivität
- Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz
- Neue Geschäftsmodelle durch neue nachgelagerte Dienstleistungen
- Flexible Planung und Gestaltung des Arbeitsumfeldes

Das Stahlinstitut VDEh hebt zusätzlich in seinem Fachausschussbericht „Stahl 4.0“ hervor, dass die in der Stahlindustrie vorherrschenden hohen Automatisierungsgrade und Fertigungstiefen ideale Grundvoraussetzungen für die Umsetzung von Industrie

¹⁹⁴ Quelle: Eigene Darstellung mit den Daten aus: Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 8

¹⁹⁵ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 9

4.0 bilden. Dadurch ergeben sich viele neue Potenziale für die Erschließung neuer Märkte und Reduzierung der Fertigungskosten. In diesem Fachausschussbericht wird jedoch auch darauf hingewiesen, dass die häufig im Kontext von Industrie 4.0 erwähnte Losgröße 1, wie in der Stückgutfertigung oftmals umgesetzt, nicht erreicht werden kann. Jedoch lässt sich der Grundgedanke dahinter für die Stahlindustrie adaptieren, wenn man Losgröße 1 als kleinere Serien interpretiert.¹⁹⁶

Ein wichtiger Aspekt bei der bereits mehrfach erwähnten Vernetzung ist die Nutzung von Echtzeitdaten aus Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie. Diese Echtzeitdaten dienen als Entscheidungsgrundlage in digitalen Tools auf allen Ebenen für weitere Maßnahmen. Erst dadurch ergibt sich eine weitere Chance, wie z.B. den Kunden durch horizontale Integration in den eigenen Produktionsprozess einzubinden. Dabei wird für den Kunden die Möglichkeit geschaffen, Produktionsaufträge online aufzugeben und den Status in Echtzeit verfolgen zu können (siehe Abschnitt 3.5.1, horizontale Integration).¹⁹⁷

Die Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie haben die Nutzaspekte bzw. Potenziale von Industrie 4.0 bereits erkannt. Dennoch setzen Stahlproduzenten Industrie 4.0-Anwendung oftmals nicht mit der nötigen Konsequenz um und begeben sich in eine abwartende Position. Grundsätzlich ist Industrie 4.0, wie oben bereits angedeutet, ein Werkzeug zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit. Folgende Treiber für Industrie 4.0, speziell für die Eisen- und Stahlindustrie, können demnach erwähnt werden und sollen die Bedeutung von Industrie 4.0 nochmals verdeutlichen:¹⁹⁸

- **Qualität:** Kunden der Stahlindustrie stellen immer höhere Anforderungen an die Qualität der produzierten Produkte. Um den Qualitätsstandard der hergestellten Produkte zu sichern oder zu verbessern, reichen konventionelle Methoden oftmals nicht mehr aus. Big Data-Technologien bieten bspw. die Möglichkeit mit hoher Geschwindigkeit kontinuierlich heterogene Prozessdaten zu erfassen und zu analysieren. Die gesammelten Daten sind dann die Basis für metallurgische Datenmodelle zur Überwachung der Produktqualität.
- **Prozesssteuerung und Rückverfolgbarkeit:** optimal gesteuerte und vernetzte Prozesse erlauben einen effizienten Ressourceneinsatz in der Produktion. Weiters ermöglicht die Vernetzung wirtschaftlicher Daten mit Produktionsdaten eine Flexibilisierung der Produktion und Berücksichtigung individueller Kundenanforderungen. Für die Steuerung und Überwachung von Prozessen zur optimalen Entscheidungsfindung sind oftmals Simulationsmodelle auf Basis digitaler Zwillinge notwendig. Ebenso lässt sich die oftmals erwähnte selbstorganisierende Produktionen nur mit Hilfe intelligenter Produkte und CPPS ermöglichen. Eine logistische Rückverfolgbarkeit der Produkte entlang

¹⁹⁶ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 6

¹⁹⁷ Vgl. Meißner, S. (2015), S. 57

¹⁹⁸ Vgl. Hecht, M. (2017), S. 63 f.; Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 7

der Prozesse und frühzeitige Identifikation von möglichen Produktionsengpässen sind die Grundlagen für maximale Liefertreue.

- **Kunden:** die Vernetzung zwischen Stahlwerk und Kunde ergibt eine reibungslose Auftragsabwicklung für beide Seiten. Voraussetzung hierfür ist eine geeignete IT-Landschaft, digitale Prozesse und standardisierte Schnittstellen zwischen produzierendem Betrieb und Kunde.
- **Wettbewerb:** Durch die Betrachtung außereuropäischer Märkte, ergibt sich ein gewisser Innovationsdruck hinsichtlich Industrie 4.0. In den USA, Japan und China wurde mit dem Industrial Internet Consortium, der Industrial Value Chain und mit Made in China 2025 Strategien, vergleichbar mit Industrie 4.0, ins Leben gerufen. Zusätzlich ergeben sich neue Wertschöpfungspotenziale durch neue Produkte und Dienstleistungen.

Besonders hervorzuheben ist bei den Treibern der Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit. Vor allem angesichts der billigen Stahlimporte aus China. Zurückzuführen ist dies auf den Konjunkturerinbruch in China und der daraus resultierende Rückgang der Stahlnachfrage im Inland. Daraus ergaben sich massive Überkapazitäten, die die chinesische Regierung mit Exporten zu Dumpingpreisen entgegen zu wirken versucht.¹⁹⁹ Dies stellt die Stahlindustrie, vor allem in Europa, vor eine zusätzliche Herausforderung.

Auch Mitarbeiter profitieren von der Vernetzung durch Industrie 4.0 mit der Nutzung virtueller Assistenzsysteme, welche eine flexiblere und effektivere Arbeitsgestaltung mit sich bringen. Durch die Verwendung intelligenter Systeme ergibt sich die Möglichkeit Produktionsprozesse mit Modellen zu simulieren, um diese an Ihr Optimum zu führen.

Trotz der bereits erwähnten Spannungen zwischen dem europäischen und chinesischem Stahlmarkt, gibt es Potenziale für gemeinsame Projekte zwischen chinesischen und europäischen Stahlunternehmen. Ein Beispiel dafür ist ein FuE-Projekt zwischen den deutschen Unternehmen Badische Stahl Engineering GmbH (BSE), Badische Stahlwerke GmbH (BSW) und dem chinesischen Nanjing Steel Stahlunternehmen. Das Ziel dieses Projekts war die Entwicklung eines Roboters für Temperatur-Probenahmen. Dabei wurde von den teilnehmenden Unternehmen ein Forschungs- und Entwicklungsumfeld im Bereich der intelligenten Fertigung geschaffen. Das Ergebnis dieser Zusammenarbeit waren u.a. neue Fortschritte in der Entwicklung von Visualisierungs- und autonomen Systeme in gefährlichen Einsatzgebieten der Eisen- und Stahlindustrie. Somit konnte ein Beitrag zur Erweiterung des Robotereinsatzes in der Eisen- und Stahlindustrie geleistet werden.²⁰⁰ Wobei hierbei der Nutzen aus europäischer Sicht kritisch zu hinterfragen ist, wenn

¹⁹⁹ Vgl. Dierig, C., <https://www.welt.de/wirtschaft/article148677595/Deutschland-der-Verlierer-im-globalen-Stahlkrieg.html> (Zugriff: 14.01.2020)

²⁰⁰ Vgl. Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (2016), S. 11

Forschungs- und Investitionstätigkeiten auf chinesischer Seite betrieben werden und zusätzlich das Know-how von Europa nach China übergeht.

3.6.2 Barrieren und Herausforderungen

Die bereits in Kapitel 3.2 erwähnten Risiken bei Industrie 4.0 betreffen natürlich alle Industriesparten. Generell kann jedoch festgehalten werden, dass Industrie 4.0 häufig nur mit der Fertigungstechnik, wie sie in der Automobilindustrie oder im Maschinenbau Anwendung findet in Verbindung gebracht wird. Konzepte bzw. Technologien wie CPS, Smart Product oder Smart Factory flexibilisieren Produktionsprozesse der klassischen Stückgutfertigung enorm und optimieren folglich sämtliche Geschäftsprozesse. Relevante Informationen und Parameter werden am Werkstück bzw. Produkt gespeichert. Dadurch ist das Produkt in der Lage der Fertigungsstraße mitzuteilen, wie und wann es bearbeitet werden soll. Dieser Ansatz ist in der Prozessindustrie nicht so einfach umzusetzen, da Produkte durch Batch-Fertigung bzw. Chargenfertigung oder mittels kontinuierlicher Prozesse gefertigt werden. Jedoch bietet Industrie 4.0 auch für die Prozessindustrie neue Möglichkeiten und Chancen hinsichtlich Flexibilisierung der Produktion und Optimierung sämtlicher Prozesse. Konzepte wie vertikale- und horizontale Integration, wie sie bereits in dieser Arbeit dargestellt wurden, können für die Prozessindustrie richtungsweisend sein.²⁰¹

Industrie 4.0 mit seinen Konzepten und Technologien ist für die Prozess- bzw. Stahlindustrie schwer zu interpretieren und auch umzusetzen. Dies ist auf die spezifischen Prozessbedingungen der Eisen- und Stahlindustrie wie z.B. hohe Temperaturen zurückzuführen. Die Produktion in einem Hüttenwerk ist durch den Wechsel zwischen flüssigen Prozessen und stückbasierten Behandlungsschritten bei hohen Temperaturen und hohem Druck gekennzeichnet. Konzepte mit einem Datenträger am Produkt, der es zu einem Smart Product werden lässt, sind aufgrund der erschwerten Bedienungen eben nicht mehr so einfach umzusetzen. Dies führt zu einer gewissen Berührungsangst zwischen Forschung auf dem Feld Industrie 4.0 und der Prozessindustrie, speziell der Eisen- und Stahlindustrie.²⁰² Eine weitere Herausforderung bei Industrie 4.0 sind die über Jahre gewachsene Digitalisierungs- und Automatisierungslösungen in den einzelnen Werken. Aus Kosten- und Komplexitätsgründen können diese oftmals nicht einfach durch neue Technologien ersetzt werden.²⁰³ Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI) veröffentlichte 2018 ein Arbeitspapier zur Studie „Industry 4.0 in the European Iron and Steel Industry“. Darin wurden u.a. im Zuge einer Umfrage, die Hemmnisse zur Umsetzung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie ermittelt. Das Ergebnis wurde in technische und organisatorische Barrieren unterteilt. Aus technischer Sicht gab es Bedenken hinsichtlich Zuverlässigkeit, Sicherheit und Kompatibilität der Systeme, sowie die Verfügbarkeit geeigneter Produktionshard- und

²⁰¹ Vgl. Pötter, T. et al. (2014), S. 159f.

²⁰² Vgl. Binder, R.; Herzog, K. (2017), S. 80

²⁰³ Vgl. Hecht, M. (2017), S. 65

software. Aus organisatorischer Sicht wurde der Mangel an qualifiziertem Personal, der Wunsch nach kurzen Amortisationszeiten und die Unsicherheiten wegen den wirtschaftlichen Vorteilen durch Industrie 4.0 genannt.²⁰⁴ Wobei anzumerken ist, dass organisatorische Hindernisse herausfordernder sind als technische Hindernisse.²⁰⁵ Die bereits genannten Herausforderungen werden in Tabelle 1 nochmals zusammengefasst.

Tabelle 1: Barrieren und Herausforderungen für Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie²⁰⁶

Barrieren und Herausforderungen	
technisch	Zuverlässigkeit der Systeme
	Datenschutz und Datensicherheit
	Verfügbarkeit der Produktionshardware- und Software
	Komplexität der Industrie 4.0 Lösungen
	Bestehende und gewachsene Strukturen
	Spezifische Umgebungsbedingungen
	Komplexe Prozessrouten
organisatorisch	Mangel an qualifiziertem Personal
	Anforderungen an schnelle Amortisation
	Wirtschaftliche Vorteile oftmals nicht sofort erkennbar
	Fehlende Akzeptanz der Mitarbeiter

Das Stahlinstitut VDEh hält in seinem Fachausschussbericht „Stahl 4.0“ fest, dass jedes Unternehmen nur für sich selbst die Entscheidung für den Schritt in Richtung Industrie 4.0 treffen kann. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine bereits vorhandene IT-Infrastruktur und ein entsprechender Automatisierungsgrad in der Produktion. Es ist jedoch nicht zwingend notwendig alles neu aufzubauen. Bereits vorhandene, teilvernetzte Strukturen können verwendet werden, um durch eine konsequente Vernetzung einen digitalen Lückenschluss zu erreichen.²⁰⁷

²⁰⁴ Vgl. Fraunhofer ISI (2018), S. 18

²⁰⁵ Vgl. Fraunhofer ISI (2018), S. 23

²⁰⁶ Quelle: eigene Darstellung

²⁰⁷ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 10

3.6.3 Forschungsprogramme und Patente

Seit der ersten Erwähnung des Schlagwortes Industrie 4.0 im Jahr 2011, haben auch die Eisen- und Stahlproduzenten die ersten Schritte in Richtung Industrie 4.0 getätigt. Seitdem wurde auf dem Gebiet der Industrie 4.0 geforscht und die Umsetzbarkeit einzelner Technologien für die Stahlindustrie erprobt.²⁰⁸ Parallel zur angewandten Forschung gibt es auch im Bereich der Start-up-Szene Initiativen zur Steigerung der Energie- und Materialeffizienz in Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie. Hierbei ist das im Jahr 2019 gegründete Unternehmen Smart Steel Technologies hervorzuheben. Dieses Unternehmen bietet Softwarelösungen zur Optimierung der Prozesskette bei der Stahlherstellung an, welche zu einer Reduzierung der Energiekosten und CO₂-Emissionen führen.²⁰⁹

Wie bereits in diesem Kapitel erwähnt, gibt es einige Initiativen welche maßgeblich an der Umsetzung von Industrie 4.0-Anwendungen innerhalb der Eisen- und Stahlindustrie beteiligt sind. Gemäß der Studie des Fraunhofer ISI werden die wichtigsten Programme zur Förderung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie hauptsächlich öffentlich aus nationalen oder europäischen Forschungsprogrammen finanziert werden.²¹⁰ Ein Beispiel hierfür ist der Research Fund for Coal and Steel (RFCS), ein Forschungsfond mit einem jährlichen Budget von ca. 55 Millionen Euro. Neben dem RFCS gab es von EUREKA, H2020, SPIRE etc. im Zeitraum von 1990-2016 weitere 16 finanzierte Projekte zur Digitalisierung der europäischen Stahlindustrie. Das Budget lag bei 85,9 Millionen Euro, was einer Förderung von 5,1 Millionen Euro pro Projekt entspricht. Wobei hier zu erwähnen ist, dass sich nicht alle Projekte rein auf die Stahlindustrie bezogen haben, sondern auch andere Bereiche der Prozessindustrie abdecken. Nachfolgend werden die bereits erwähnten Forschungsprogramme und Initiativen kurz vorgestellt.²¹¹

Research Fund for Coal and Steel

Der RFCS ist ein europäischer Forschungsfond zur Unterstützung von Innovationsprojekten im Kohle- und Stahlsektor. Dafür werden Universitäten, Forschungszentren und Unternehmen jährlich ca. 40 Millionen Euro zur Verfügung gestellt. Die unterstützten Projekte befassen sich hauptsächlich mit Herstellungsprozessen, Ressourcennutzung, Arbeitssicherheit, Umweltschutz und Reduzierung der CO₂-Emissionen.²¹² Der RFCS ist somit der wichtigste Forschungsfond für die Entwicklung neuer Technologien in der europäischen Eisen- und Stahlindustrie und treibt die Digitalisierung dieser maßgeblich voran.²¹³ Abbildung

²⁰⁸ Vgl. Singh, M. (2016), S. 70

²⁰⁹ Quelle: Smart Steel Technologies, <https://www.smart-steel-technologies.com/solutions.html> (Zugriff: 02.03.2020)

²¹⁰ Vgl. Fraunhofer ISI (2018), S. 2

²¹¹ Vgl. Fraunhofer ISI (2018), S. 8 f.

²¹² Vgl. European Commission, https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/research-fund-coal-and-steel-rfcs_en (Zugriff: 22.10.2019)

²¹³ Vgl. Fraunhofer ISI (2018), S. 7 f.

19 zeigt die Anzahl der vom RFCS geförderten Projekt im Zeitraum von 2003 bis 2016. Erwähnenswert hierbei ist, dass unter den ersten drei Organisationen, mit den meisten geförderten FuE-Projekten, zwei Forschungseinrichtungen (BFI und SWEREA) und lediglich nur ein Stahlhersteller (ArcelorMittal) zu finden ist.

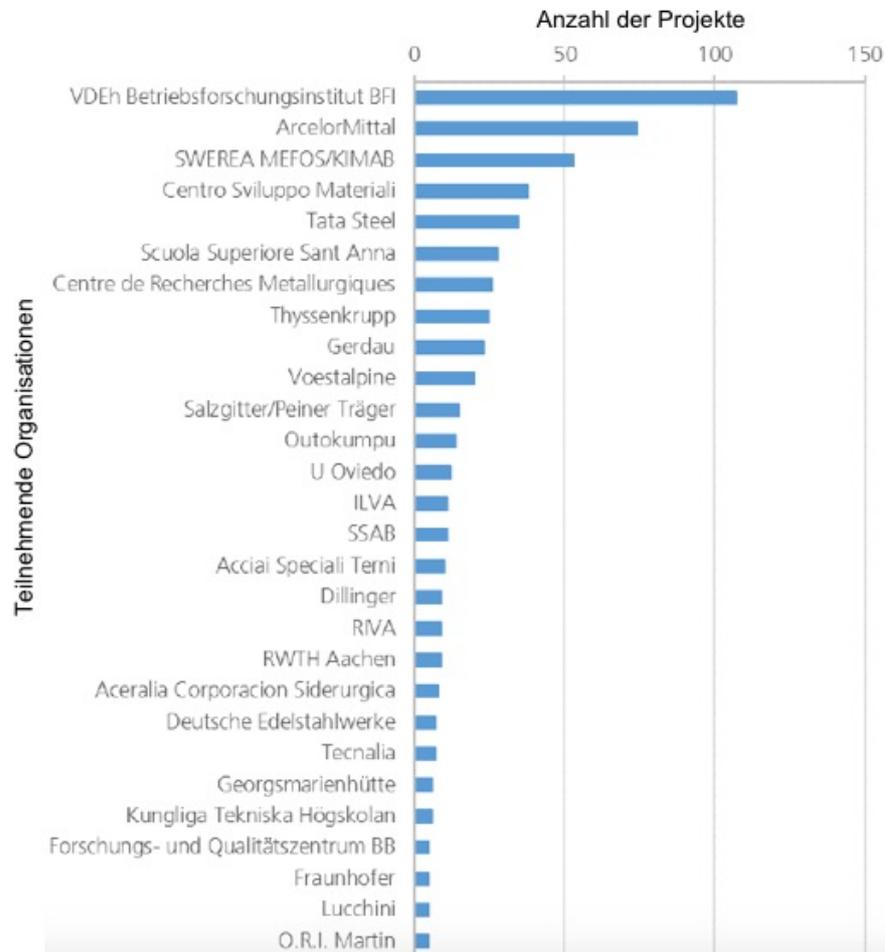


Abbildung 19: Anzahl der vom RFCS finanzierten Projekte²¹⁴

EUREKA

EUREKA ist eine Forschungsinitiative zu dessen Netzwerk 41 Staaten sowie auch die Europäische Union gehören. Da EUREKA kein Forschungsprogramm ist, erfolgt die Finanzierung nicht aus einem zentralen Budget, sondern wird in den jeweiligen Mitgliedsländern geregelt.²¹⁵

²¹⁴ Quelle: Fraunhofer ISI (2018), S. 8

²¹⁵ Vgl. EUREKA, <https://www.eureka.dlr.de/de/143.php> (Zugriff: 22.10.2019)

H2020

Horizon 2020 ist das bisher größte EU-Programm für Forschung und Innovation. Der Finanzierungsumfang beträgt für die Laufzeit von 2014 bis 2020 ca. 80 Milliarden Euro.²¹⁶

SPIRE

SPIRE ist eine europäische Vereinigung mit dem Vorhaben, neue Basistechnologien zu entwickeln und Best Practice-Beispiele umzusetzen, um zu einer ressourceneffizienteren Prozessindustrie beizutragen. SPIRE vereint alle Sektoren der Prozessindustrie wie Keramik, Zement, Chemie, und Stahl etc.²¹⁷

RP7

Die Bezeichnung für RP7 bedeutet siebtes Rahmenprogramm für Forschung und technologische Entwicklung. Dieses Forschungsprogramm dauerte von 2007 bis 2013 und hatte ein Budget von 50 Mrd. EUR. Forschungsprogramme von RP7 hatten zwei wesentliche Ziele. Erstens die Stärkung der wissenschaftlichen und technologischen Basis der europäischen Industrie und zweitens eine Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit.²¹⁸

Die oben dargestellten Forschungsprogramme werden in Tabelle 2 nochmals überblicksmäßig zusammengefasst.

Tabelle 2: Überblick europäischer Forschungsprogramme²¹⁹

Programm/Initiative	Anzahl Projekte	Betrachtungszeitraum	Budget
RFCS	145	2003-2017	250 Mio. €
EUREKA	7	1990-2016	85,9 €
H2020	6		
SPIRE	3		
FP7	1		

Neben der Untersuchung der Förderprogramme, führte das Fraunhofer ISI in deren Studie auch eine Patentrecherche durch. Dabei wurde nach Schlagworten gesucht, um Industrie 4.0 relevante Anwendungen für die Stahlindustrie zu identifizieren. Es wurden nur Unternehmen bzw. Organisationen aufgenommen, die mehr als vier Industrie 4.0-Anwendungen getätigt haben oder in FuE-Projekte angeführt sind. Wie in Abbildung 21 ersichtlich, ragen dabei Anlagenbauer wie Primetals Technologies oder SMS Group

²¹⁶ Vgl. European Commission, <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-horizon-2020> (Zugriff: 22.10.2019)

²¹⁷ Vgl. SPIRE, <https://www.spire2030.eu/spire/the-association> (Zugriff: 22.10.2019)

²¹⁸ Vgl. European Commission, https://ec.europa.eu/research/fp7/understanding/fp7inbrief/what-is_de.html (Zugriff: 22.10.2019)

²¹⁹ Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus Vgl. Fraunhofer ISI (2018), S. 7 ff.

hervor. Der Fokus der von den Anlagenherstellern angemeldeten Patente liegt hauptsächlich in den Bereichen Tracking, Transport und Handling und prädikativer Prozesssteuerung. Nur 5% der eruierten Industrie 4.0-Anwendungen wurden von Stahlherstellern²²⁰ selbst angemeldet (ThyssenKrupp Steel Europe mit dem größten Anteil). Insgesamt wurden mehr als 600 Industrie 4.0 relevante Patente identifiziert, wobei 340 Patente von europäischen Organisationen angemeldet wurden. Die von den Stahlherstellern angemeldeten Patente betrafen u.a. Prozesssteuerungen durch Bildverarbeitung, Rückverfolgbarkeit im Stahlwerk und Mensch-Maschine-Interaktion. Aus der untenstehenden Grafik ist abzulesen, dass Stahlproduzenten und FuE-Organisationen im Vergleich zu Anlagenbauern weitaus weniger neue Industrie 4.0-Lösungen entwickeln und patentieren. Dies lässt darauf schließen, dass Industrie 4.0-Lösungen hauptsächlich nicht von den Stahlherstellern selbst entwickelt werden, sondern von Anlagenbauern bezogen werden. Im Gegensatz dazu sind Stahlhersteller und FuE-Organisationen in Projekten des RFCS und anderen Forschungsfonds stärker vertreten wie Anlagenbauer.²²¹

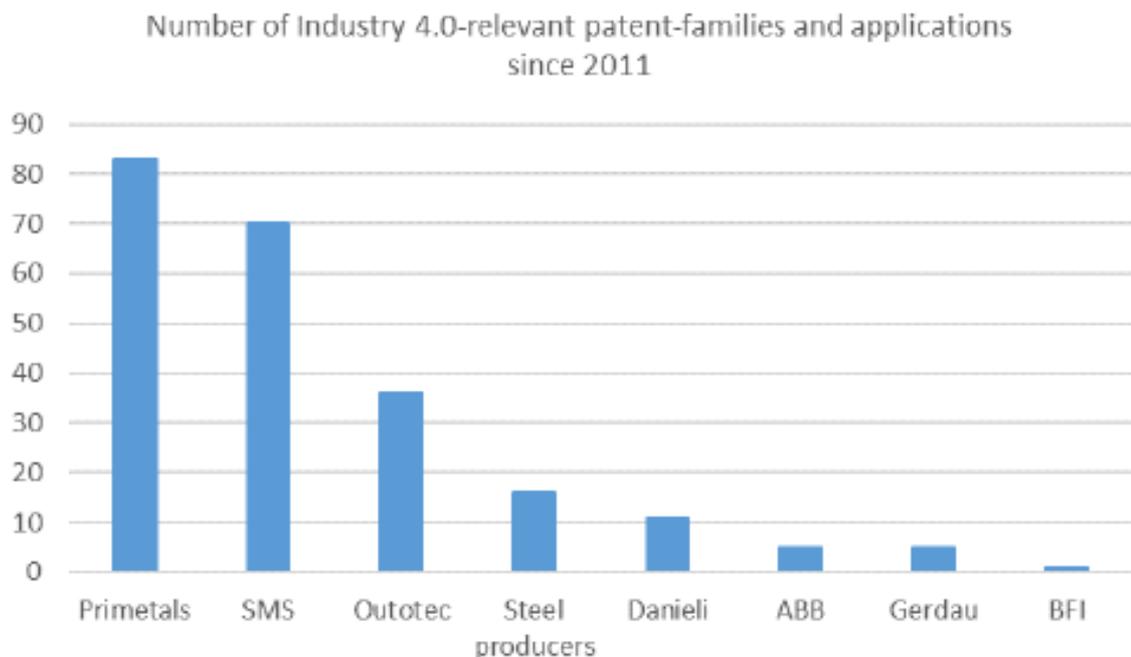


Abbildung 20: Anzahl Industrie 4.0-relevanter Patente nach Organisationen²²²

Es bietet sich eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten für Industrie 4.0. Generell lässt sich für die Stahlindustrie jedoch ein Trend Richtung vertikaler- und horizontaler Integration ableiten.²²³ Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass der RFCS durch seine Förderungen maßgeblich an der Umsetzung von Industrie 4.0-Lösungen in der Eisen- und Stahlindustrie beteiligt ist. Die meisten vom RFCS finanzierten

²²⁰ In der Patentrecherche identifizierte Stahlhersteller: ArcelorMittal, ThyssenKrupp Steel und TK System Engineering, Tata Steel Europe, Salzgitter Flachstahl, Voestalpine

²²¹ Vgl. Fraunhofer ISI (2018), S. 9 f.

²²² Quelle: Fraunhofer ISI (2018), S. 10

²²³ Vgl. Singh, M. (2016), S. 70

Forschungsprojekte wurden von den Einrichtungen BFI, SWEREA, CSM (Centro Sviluppo Materiali) und von den Stahlherstellern ArcelorMittal und Tata Steel durchgeführt. Die Mehrzahl der Patente mit Industrie 4.0-Bezug wurden von Anlagenbauern wie Primetals Technologies oder SMS Group angemeldet. Im Vergleich dazu wurde nur ein geringer Anteil von Stahlherstellern selbst angemeldet. Daraus kann abgeleitet werden, dass Stahlproduzenten Industrie 4.0-Kompetenzen eher zukaufen als selbst an Lösungen zu arbeiten und eigenes Know-how aufzubauen.

4 Best Practice-Beispiele für Energie- und Materialeffizienz

Angesichts der steigenden Energie- und Rohstoffpreise, sowie der teuren CO₂-Zertifikate, entwickelte sich die Ressourceneffizienz in den letzten Jahren zu einem wichtiger Wettbewerbsfaktor für Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie. Aufgrund dessen ist es für Unternehmen der Stahlindustrie von Bedeutung, Handlung zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz zu setzen. Industrie 4.0 bietet demnach die Möglichkeit den Material- und Energieverbrauch nachhaltig zu senken und somit auch die Schadstoffemissionen zu verringern. Die Digitalisierung von Produktionsprozessen der Stahlindustrie liefert für intelligente Analyse Verfahren wie bspw. Big Data Analytics die dafür benötigte Datenbasis. Dadurch können Korrelationen zwischen vorherrschenden Prozessparametern und Energieverbräuchen hergestellt und Optimierungen durchgeführt werden.²²⁴

Im Zuge der Literaturrecherche konnten sechs Best Practice-Beispiele für Industrie 4.0-Anwendungen zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie ermittelt werden und werden im Folgenden dargestellt.

4.1 CPPS – selbstorganisierende Produktion

Anlässlich eines Projekts realisierte das BFI bei thyssenkrupp Hohenlimburg GmbH, einem Hersteller von warmgewalztem Bandstahl, eine selbstorganisierende Produktion. Im Zuge der Produktion der Bandstähle kamen Coils vor der Umsetzung produktionsbedingt oftmals mit einer zu geringen Temperatur bei der Beize an. Die optimale Temperatur eines Coils für den anstehenden Beizvorgang beträgt 80°C bis 85°C. Ein Coil mit suboptimaler Temperatur führte bisweilen zu zwei unerwünschten Nebeneffekten. Einerseits musste das Beizbad erneut aufgeheizt werden, um eine Abkühlung dessen zu verhindern. Dies führte wiederum zu einem erheblichen Mehrverbrauch an Energie und verschlechterte die Energieeffizienz enorm.

²²⁴ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 76

Andererseits musste die Geschwindigkeit, mit der sich das Band durch das Beizbad bewegte verringert werden. So stellte der Prozess Beize einen regelrechten Engpass dar.²²⁵ Die vom BFI entwickelte Lösung enthält alle Aspekte von Industrie 4.0. Dem Produkt selbst, dem Coil, wurde zur Lösung der Problemsituation mittels QR-Code eine gewisse Intelligenz verliehen. Im Verlauf der Produktion stellt nun ein warmgewalztes Coil bei der nachfolgenden Bearbeitungsstation, dem Beizen, die Anfrage wann die Bearbeitung vorgesehen ist. Aufgrund des Wissens über seine Eigentemperatur, der Außentemperatur und der möglichen Kühlleistung der Coildusche, wird die Dauer der Abkühlung über Luft und Wasser während der Wartezeit berechnet. Dadurch ist es möglich, dass das Coil mit der optimalen Temperatur die Beize zum eingeplanten Zeitpunkt erreicht. Diese Vorgehensweise führte zu einer höheren Produktivität bzw. Ausbringung, sowie zu einer verbesserten Energieeffizienz.²²⁶ Folgende Abbildung skizziert den Produktionsablauf bei thyssenkrupp Hohenlimburg GmbH. Nachdem das Coil fertig gewalzt wurde, wird es mit einem QR-Code versehen. Danach stellt das Coil im ersten Schritt die Anfrage bei der Beize. Im zweiten Schritt werden modellbasiert auf Basis der Eigentemperatur die Temperaturverluste berechnet. Dadurch kann im dritten Schritt die Kühldauer über Luft und Coildusche genau gesteuert werden, um eine optimale Temperatur von 80°C bis 85°C für den Beizprozess erreichen zu können.

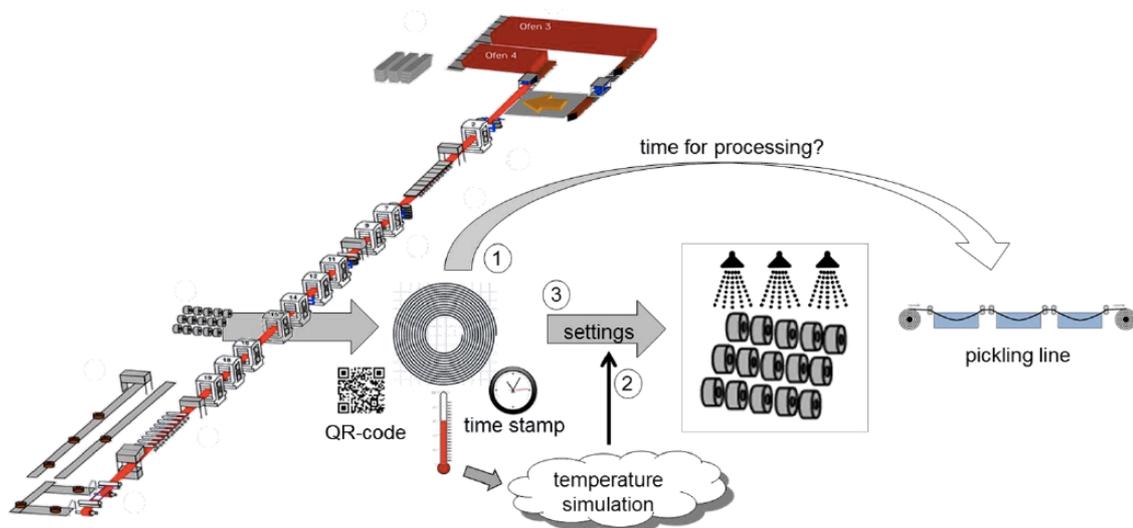


Abbildung 21: Funktionsprinzip der selbstorganisierenden Produktion bei thyssenkrupp Hohenlimburg²²⁷

²²⁵ Vgl Peters, H. (2018), Vortrag

²²⁶ Vgl. Peters, H. (2016b), S. 70

²²⁷ Quelle: Peters, H. (2016a), S. 33

4.2 Big Data – intelligente Prozessprognose

Bei der Stahlproduktion können vielseitige Faktoren wie z.B. Materialeigenschaften oder Schwankungen der Schmelztemperatur zu Qualitätsabweichungen am gewünschten Endprodukt führen. In der Regel können diese Qualitätsabweichungen erst am Ende des Produktionsprozesses identifiziert werden. Das Produkt durchlief davor jedoch den kompletten Produktionsprozess. Dies führt unweigerlich dazu, dass sich Energie- und Materialeffizienz verschlechtern. Aufgrund der genannten Tatsache ist ein Drittel der weltweit produzierten Stahlmenge als Schrott zu bezeichnen. Mit der Anwendung von Big Data-Analysen in Herstellungsprozessen der Stahlindustrie können potenzielle Ausschüsse schon während des Prozesses erkannt werden. Dies führt zu einer verbesserten Materialeffizienz und somit auch zu einer Einsparung von Ressourcen. Sensoren in der Produktion können etwaige Diskrepanzen wie z.B. Einschlüsse im Sahl oder Oberflächenfehler erfassen und diese Daten dann zum Analysetool weiterleiten um als Ergebnis eine Entscheidungsgrundlage für den Prozessverantwortlichen liefern zu können.²²⁸ Im Folgenden werden zwei Anwendungsbeispiele, die sich an Big Data-Technologien bedienen näher erläutert. Das konkrete Ziel beider Projekte war es, die Qualität der fertigen Produkte zu verbessern, um Ausschuss zu vermeiden. Die Verringerung von Ausschuss bedeutet zeitgleich eine Verbesserung Energie- und Materialeffizienz.

4.2.1 EvalHD

Das Projekt EvalHD (Refinement of flat steel quality assessment by evaluation of high-resolution process and product data) hatte die Entwicklung eines Systems zur Qualitätsüberwachung der Weißblechproduktion bei thyssenkrupp Rasselstein GmbH zum Ziel. Die Produktion soll durch die Big Data-Analyse hochauflösender Daten Richtung Null-Fehler optimiert werden, um dadurch gleichzeitig die Materialeffizienz zu verbessern. Die entwickelte Systemlösung ist fähig hochauflösende HR Daten zu verarbeiten und den aktuellen Produktionsstand zu visualisieren.²²⁹ Eine eindeutige Rückverfolgbarkeit entlang der Prozesskette der Flachstahlproduktion ist unabdingbar für eine Eingrenzung auftretender Qualitätsprobleme wie z.B. Oberflächenfehler auf gewalzten Metallbändern. Die Lokalisierung des verursachenden Prozesses eines Oberflächenfehlers wird durch die Tatsache erschwert, dass bei der Flachstahlproduktion oftmals Entdeckungsort und Ort des Auftretens nicht übereinstimmen und daher der Fehler meist viel früher in der Fertigung aufgetreten ist.²³⁰ Oberflächenfehler auf feingewalzten Blechen sehen oftmals aus wie Kratzer von Tierpfoten. Deshalb wird die Analyse der Fehlerbilder Pfotenkratzer-Analyse genannt. Bei thyssenkrupp Rasselstein wurden zur Analyse ein Oberflächeninspektionssystem (OIS) am Ende der Fertigungsstrecke, nach der Verzinnungsstation installiert, um die

²²⁸ Vgl. Kirchner, K. et al. (2018), S. 33f.

²²⁹ Vgl. Research Fund for Coal and Steel (RFCS) (2016), S. 13

²³⁰ Vgl. Brandenburger, J. et al. (2018), S. 4

gewalzten Bleche auf Oberflächenfehler zu überprüfen.²³¹ Die Überlagerung von über 2.000 Coil-Bildern mit insgesamt 500.000 Fehlerpositionen, detektiert vom OIS am Ende der Veredelungsstation, ist im ersten Teil der Abbildung 22 ersichtlich. Dabei sind an den tiefblauen Positionen bis zu 500 Pfoten Kratzer zu finden. Der zweite Teil von Abbildung 22 zeigt die relativen Fehlerpositionen zurückgeführt auf die verursachende Bearbeitungsstation, der Entfettungslinie. Dabei ist auffällig, dass die Fehlerpositionen vermehrt am Anfang des Coils zu finden sind. Der dritte bzw. unterste Teil zeigt eine Überlagerung der Prozessparameter und relativen Fehlerpositionen. Dadurch zeigt sich deutlich eine Abhängigkeit zwischen Oberflächenfehler an der verursachenden Station und den Mittelwerten der in Echtzeit erfassten und gespeicherten Prozessparametern. Somit ist eine starke Korrelation zwischen dem Prozessparameter Bandzug und den entstandenen Oberflächenfehlern erkennbar. Durch EvalHD konnte Entfettungslinie als verursachender Prozess lokalisiert werden.²³²

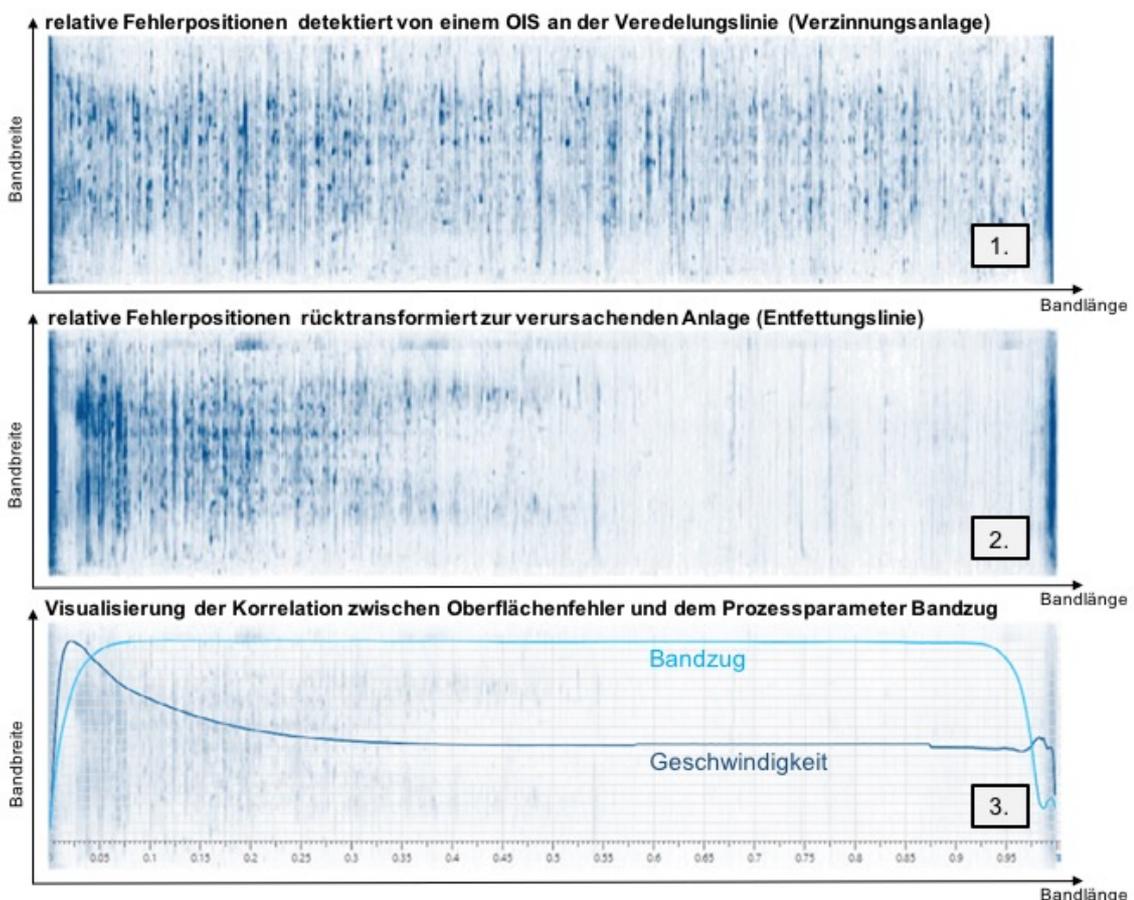


Abbildung 22: Darstellung der Korrelation zwischen Oberflächenfehler und Prozessparameter mit EvalHD²³³

²³¹ Vgl. Brandenburger, J. et al. (2018), S. 12ff.

²³² Vgl. Brandenburger, J. et al. (2018), S. 14

²³³ Quelle: Brandenburger, J. et al. (2018), S. 13 mit Ergänzungen vom Autor

Die starke Korrelation zwischen Bandzug und Oberflächenfehler an der Entfettungslinie führte zur Entscheidung, den Bandzug am Beginn zu verringern. So ergab sich eine Reduktion von 90% weniger fehlerhaften Coils und dadurch eine erhebliche Verbesserung der Materialeffizienz.²³⁴

4.2.2 iProduct

Diese Big Data-Anwendung namens iProduct (Intelligent Process Prediction based on Big Data Analytics) findet beim deutschen Stahlhersteller Saarstahl AG seine Anwendung. Realisiert wurde dieses Forschungsprojekt von September 2014 bis August 2017 u.a. von den Firmen blue yonder, Pattern Recognition Company GmbH, Software AG, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI) und dem Fraunhofer-Institut für intelligente Analyse- und Informationssysteme (Fraunhofer IAIS).²³⁵ Ziel von iProduct ist eine Verknüpfung der Produktionsüberwachung- und Steuerung, um auf Basis von Big Data-Analysen, bei auftretenden Qualitätsschwankungen in den laufenden Prozess eingreifen zu können.²³⁶ Wie bereits erwähnt, kann man ein Drittel der weltweiten Stahlproduktion als Schrott bezeichnen. Dies liegt maßgeblich an den durchaus für die Stahlindustrie spezifischen internen und externen Faktoren, die den Prozess der Stahlerzeugung beeinflussen können. Nahezu 70% des vorhin betitelten Ausschusses durchläuft die gesamte Prozesskette und kann erst am Ende aller Prozesse als Schrott identifiziert werden. Laut Reinhart ergibt sich bspw. anhand der Stahlsorte US-Warmband dadurch ein weltweites Optimierungspotenzial von bis zu 133,6 Milliarden Euro (Stand 15. April 2016).²³⁷ Wie in Abschnitt 3.4.3 bereits erwähnt, wird Big Data von den drei V's (Volume, Variety, Velocity) bestimmt. Im Werk der Saarstahl AG werden mit Hilfe von Videosensoren die zwei Walzadern der Walzstraße in Echtzeit überwacht. Dabei ergibt sich ein anfallendes Datenvolumen von mehreren hundert Terabyte pro Jahr. Die Vorbereitung und Verarbeitung der Halbzeuge wird mit verschiedenen Sensoren eines kompletten Sensornetzwerkes überwacht. Dabei entsteht pro Monat, mit 500.000 Datensätze, eine enorme Datenvielfalt (Variety). Da die Walzadern mit einer Geschwindigkeit von bis zu 360 km/h an den Sensoren vorbeilaufen, ist die Reaktionszeit zur Fehlererkennung von essentieller Bedeutung (Velocity).²³⁸ iProduct soll es ermöglichen große Datenströme aus industriellen Prozessen, speziell aus der Stahlindustrie, unter Anwendung von Big Data-Analysen zu analysieren. Dadurch soll es möglich sein während des Prozesses spezielle Muster zu erkennen und daraus Handlungen ableiten zu können. Auf Basis der Big Data-Analyse soll der Produktionsprozess genauestens prognostizierbar und eine proaktive Steuerung des Prozesses möglich sein.²³⁹

²³⁴ Vgl. Brandenburger, J. et al. (2018), S. 14

²³⁵ Vgl. Reinhart, G. (2017), S. 102

²³⁶ Vgl. Singh, M. (2016), S. 71

²³⁷ Vgl. Reinhart, G. (2017), S. 102 f.

²³⁸ Vgl. Reinhart, G. (2017), S. 103

²³⁹ Vgl. Rüping, S., <https://www.iais.fraunhofer.de/de/forschung/bereiche/data-science/forschungsprojekte/iproduct.html> (Zugriff: 31.03.2019)

Abbildung 23 zeigt die Systemarchitektur von iProduct und grobe Vorgehensweise der Big Data-Analyse. Die Datenbasis für die weitere Analyse stammt von Sensordaten, Videodaten, Mobilitätsdaten, Daten bezüglich der Oberflächenqualität von Stahlbrammen und bereits existierende Datenbestände aus ERP-Systemen. Für den Datenabgleich müssen die Daten zuerst aufgearbeitet und ereignisbasiert geordnet werden. Für die weitere Echtzeitanalyse werden verschiedenste Ansätze des Machine Learnings und Deep Learnings angewandt. Auf Basis der von den Sensoren bereitgestellten Echtzeitdaten und gespeicherten Prozessparametern, lassen sich gewissen Muster und Merkmale bei aktuellen Prozessparametern extrahieren und klassifizieren. Merkmale mit diesen man auch nichtlineare Abhängigkeiten einzelner Sensordaten modellieren kann, werden für eine Klassifizierung in sog. neuronale Netze gespeichert. Die Ergebnisse der Big Data-Analyse werden anschließend visualisiert, um allen Prozessbeteiligten Handlungsempfehlungen bei auftretenden Qualitätsabweichungen liefern zu können.²⁴⁰

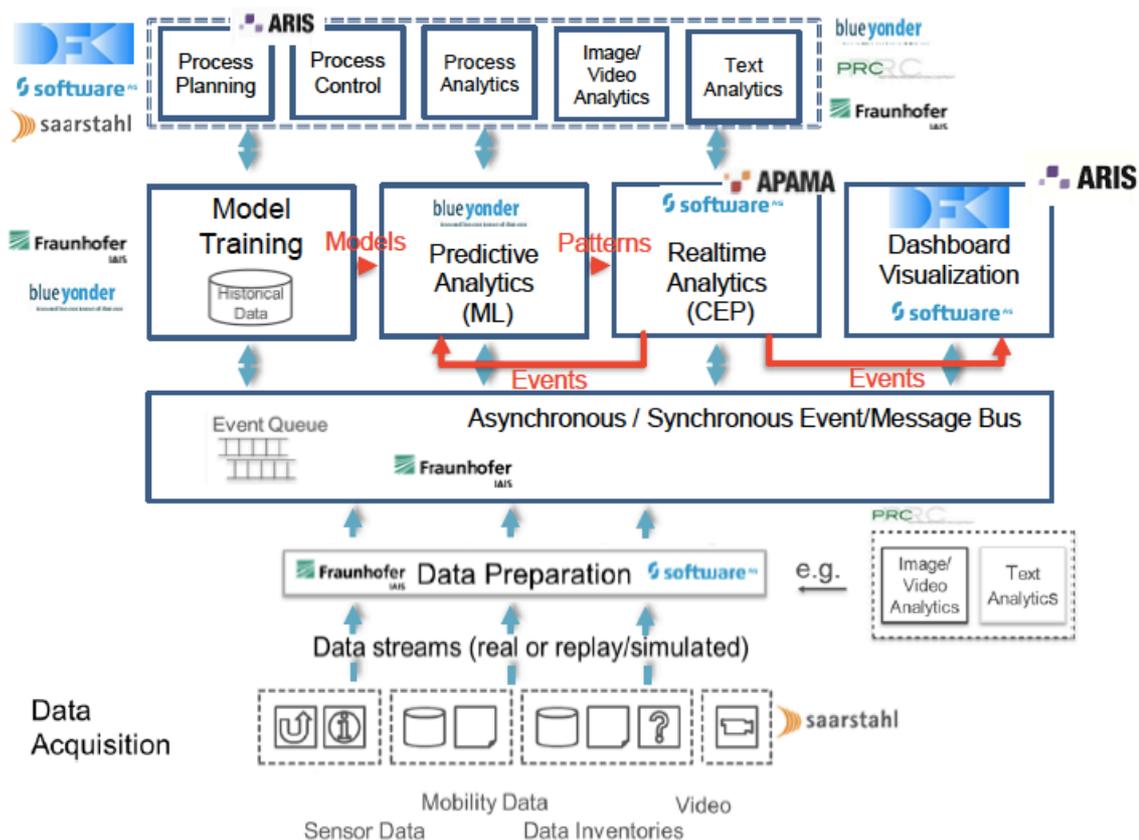


Abbildung 23: Systemarchitektur von iProduct²⁴¹

Mit der entsprechenden Sensorik ausgestattet, kann die Systemarchitektur von iProduct auch für Produktionsprozesse anderer Industriesparten zur Qualitätsüberwachung- und Steuerung von Bedeutung sein.

²⁴⁰ Vgl. Mehdiyev, N. et al. (2017), S. 8f.

²⁴¹ Quelle: Mehdiyev, N. et al. (2017), S. 8

4.3 Modellbasierte Tools

Die Stahlerzeugung ist, wie bereits in dieser Arbeit erwähnt, eine Prozesskette bestehend aus verschiedenen Behandlungsschritten.²⁴² Im Stahlwerk soll im besten Fall jede Schmelze mit der richtigen Analyse und der richtigen Temperatur, zum richtigen Zeitpunkt, an der Stranggussanlage ankommen.²⁴³ Eine Steuerung dieser Prozesskette hat daher zum Ziel, optimale Werte hinsichtlich Temperaturhaushalt, Schmelzanalyse und Reinheit der Schmelze zu erreichen.²⁴⁴ Entlang der Prozesskette sind jedoch teils widersprüchliche Ziele der optimalen Qualität, Minimierung der Kosten, Einhaltung des Liefertermins sowie auch ein minimaler Energieverbrauch und somit auch der minimalen Umweltbelastung zu beachten. Dies entspricht einem multikriteriellen Optimierungsproblem, welches zur Lösung dessen eine intensive Vernetzung und Kommunikation aller beteiligten Prozesse voraussetzt.²⁴⁵ Voraussetzung hierfür ist eine ständige bzw. echtzeitbasierte Überwachung der Temperaturentwicklung der Schmelze mit geeigneten Sensoren in der Pflanze entlang der Prozesskette. Der Modelleinsatz einzelner Anlagen bzw. Prozesse ermöglicht eine präzise Vorhersage des Temperaturhaushalts der Schmelze in der Pflanze und garantiert durch etwaige Eingriffe zur Temperaturregulierung eine optimale Gießtemperatur.²⁴⁶

4.3.1 Prozessübergreifende Temperaturführung

Ein Projekt zur Entwicklung und Implementierung einer prozessübergreifende Temperaturführung wurde vom deutschen BFI und dem italienischen Technologiezentrum CSM (Centro Sviluppo Materiali) bei mehreren Stahlproduzenten realisiert. Hauptziel des Projekts „TOTOPTLIS“ war die Entwicklung eines Ansatzes zur prozessübergreifenden Steuerung und Optimierung der Prozesskette zur Stahlerzeugung bei den Unternehmen Luccini Piombino (Stahlerzeugung über Hochofenroute), Peiner Träger (Stahlerzeugung im EAF) und ArcelorMittal Spanien (Stahlerzeugung über Hochofenroute). Dies basiert auf einer Echtzeitüberwachung und Verarbeitung von Prozess- bzw. Sensordaten in Prognose- und Steuerungsmodellen. Dies ermöglicht eine kontinuierliche Bewertung qualitätsrelevanter Parameter, wie Stahltemperatur, Schmelze- und Schlackenzusammensetzung sowie Stahlreinheit.²⁴⁷ Auf Basis dessen wurden Optimierungsstrategien in Bezug auf Energie-, Materialverbrauch und Produktivität entwickelt. Dadurch entstand die Möglichkeit bei Abweichungen der o.g. Qualitätsparameter in den laufenden Prozess einzugreifen, um optimale Gegenmaßnahmen treffen zu können.²⁴⁸

²⁴² Vgl. Research Fund for Coal and Steel (RFCS) (2015), S. 5

²⁴³ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 61

²⁴⁴ Vgl. Research Fund for Coal and Steel (RFCS) (2015), S. 5

²⁴⁵ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 61

²⁴⁶ Vgl. Peters, H. (2016b), S. 66 f.

²⁴⁷ Vgl. Research Fund for Coal and Steel (RFCS) (2015), S. 5

²⁴⁸ Vgl. Research Fund for Coal and Steel (RFCS) (2015), S. 5 ff.

Die untenstehende Abbildung visualisiert die im Projekt realisierten Modelle und deren Einsatzumfang entlang der Prozessketten bei PTG. Hierbei erfolgt die Stahlerzeugung mittels zwei 100 Tonnen Elektrolichtbogenöfen. Wobei ein Ofen mit Gleichstrom und der andere Ofen mittels Wechselstroms betrieben wird. Die weitere sekundärmetallurgische Nachbehandlung der Stahlschmelze erfolgt mittels drei Pfannenöfen, einem Aggregat zur Pfannenentgasung mittels Vakuumentgasung (engl. vacuum degassing, VD) oder einer Rührstation. Nach der Pfannenbehandlung wird der flüssige Stahl an einer der zwei Stranggussanlagen zu Halbzeug vergossen.²⁴⁹

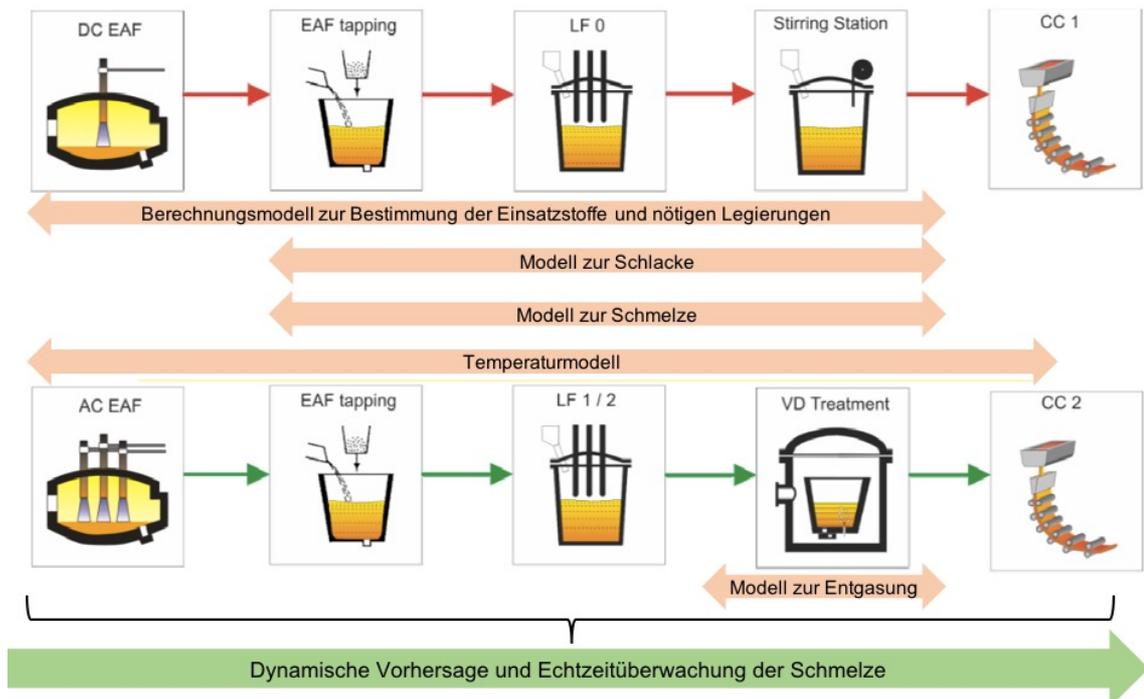


Abbildung 24: Modelleinsatz entlang der Prozessrouten bei PTG²⁵⁰

Durch die Implementierung der modellbasierten Temperaturführung, wurde die Energieeffizienz entlang der Prozesskette bei Peiner Träger deutlich verbessert. Aufgrund der Möglichkeit einer präzisen Vorhersage der Behandlungsdauer für Entgasung und Entschwefelung, konnte der elektrische Energieeinsatz für die Behandlung des Flüssigstahls im Pfannenofen um 2,4 KWh/t reduziert werden.²⁵¹ Zusätzlich konnte der Einsatz von Kühlschrott und Kalk verringert werden und brachte durch die damit verbesserte Materialeffizienz eine Kosteneinsparung von 10€/t mit sich.²⁵² Beim italienischen Stahlproduzenten Lucchini konnte der Energieverbrauch bei der Stahlerzeugung aufgrund der simulationsbasierten Optimierungen um 14%

²⁴⁹ Vgl. Research Fund for Coal and Steel (RFCS) (2015), S. 19

²⁵⁰ Quelle: Research Fund for Coal and Steel (RFCS) (2015) mit Ergänzungen vom Autor, S. 28

²⁵¹ Vgl. Research Fund for Coal and Steel (RFCS) (2015), S. 13

²⁵² Vgl. Research Fund for Coal and Steel (RFCS) (2015), S. 86

verringert werden. Dies entspricht bei aktuellem Produktionsvolumen etwa 15.000€ monatlich.²⁵³

4.3.2 Dynamische Schmelzkontrolle im EAF

Erfahrungsgemäß erfolgt die Abgabe chemischer Energie an den EAF nach festgelegten Profilen, welche Sauerstoff-, Kraftstoff-, Kalk- und Kohlenstoffmenge definieren. Diese Profile bestimmen die Arbeitspunkte in Abhängigkeit der Ofen zugeführter elektrischer Energie (kWh/t) (Anm. Fahrdiagramm). Die Problematik einer solchen Fahrweise ist, dass oftmals der Prozessfortschritt nicht mit der im Fahrdiagramm festgelegten zuzuführenden elektrischen Energie übereinstimmt.²⁵⁴ Das italienische Technologie- und Anlagenbauunternehmen Tenova bietet ein Industrie 4.0-Paket zur energieeffizienten dynamischen Steuerung von Elektrolichtbogenöfen an, um die oben beschriebene Problematik zu lösen. Das Konzept namens iEAF ermöglicht eine kontinuierliche Überwachung und dynamische Steuerung des EAF-Prozesses.²⁵⁵ Im Vergleich zu bestehenden Anlagensteuerungen für Elektrolichtbogenöfen, stehen dem Betriebspersonal oftmals nur statische Prozessinformationen und vereinfachte Prozessmodelle zur Verfügung.²⁵⁶ Dieses Steuerungskonzept ist basierend auf:²⁵⁷

- Echtzeitmessungen der Ofenabgaszusammensetzung
- Prozesssteuerungsmodelle zur Erstellung von Masse- und Energiebilanzen in Echtzeit
- digitalen Schnittstellen zur Verbindung von Level 1 und Level 2
- Anwendung von Cloud-Diensten zur Speicherung und Verarbeitung der Prozessdaten

Erfahrungsgemäß haben bei der Elektrostahlerzeugung die Energiekosten einen erheblichen Anteil an den gesamten Verfahrenskosten. Deswegen kommt der Energiebilanz des Elektrolichtbogenofens eine besondere Bedeutung zu, um folgende Ziele zu erreichen:²⁵⁸

- Energetische Bewertung des Prozesses
- Senkung der Energiekosten
- Substitution elektrischer Energie (Anm. mittels chemischer Energie)
- Verringerung der Energieverluste
- Verbesserung der Energieeffizienz
- Nutzung von Abwärmeströme

²⁵³ Vgl. Research Fund for Coal and Steel (RFCS) (2015), S. 13

²⁵⁴ Vgl. Maiolo, J. et al. (2011), S. 3 f.

²⁵⁵ Vgl. Zuliani, D.; Scipolo, V. (2019), S. 2

²⁵⁶ Vgl. Maiolo, J. et al. (2011), S. 1

²⁵⁷ Vgl. Zuliani, D.; Scipolo, V. (2019), S. 2

²⁵⁸ Vgl. Pfeifer, H. (1997), S. 113

Folgende Abbildung zeigt die Energiebilanz eines Elektrolichtbogenofens zur Herstellung einer Tonne flüssigen Rohstahl und verdeutlicht zusätzlich den energieintensiven Produktionsprozess von Elektrostahl. Von 658 kWh zugeführter thermischer Energie wird 54,3% mittels elektrischer Energie bereitgestellt. Der Rest wird durch Reaktionen im chargierten Stahlschrott durch Zugabe von Kohlenstaub, erdgasbefeuelten Zusatzbrennern und der Nachverbrennung von Kohlenmonoxid zugeführt (Anm. chemische Energie). Letztendlich werden lediglich 58,5% der zugeführten Energie im Prozess verarbeitet. Der Rest ist als Verlust anzusehen. Dabei stellen die Ofenabgase mit 18,4% die größte Verlustquelle dar.²⁵⁹

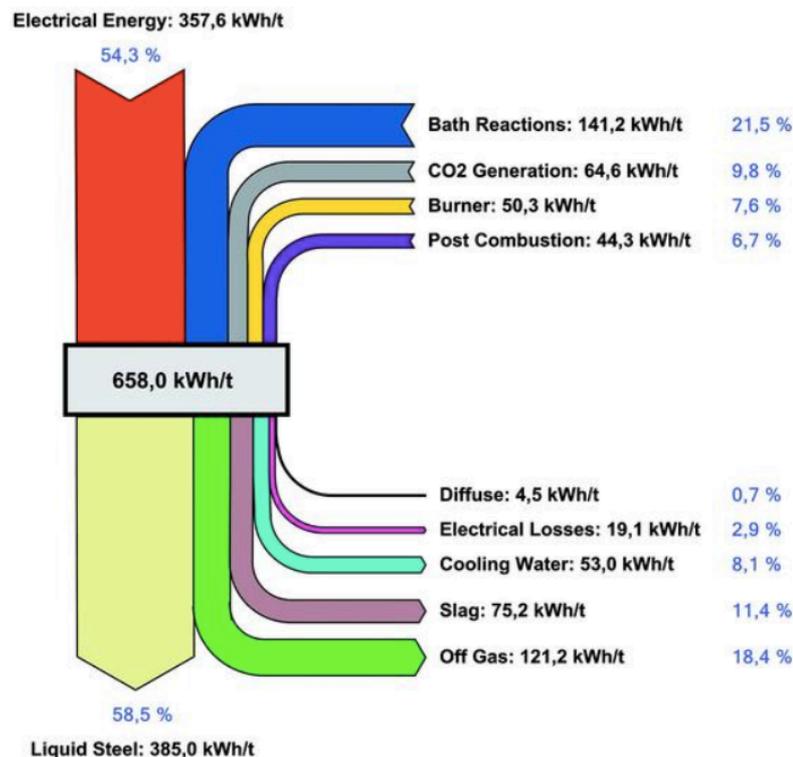


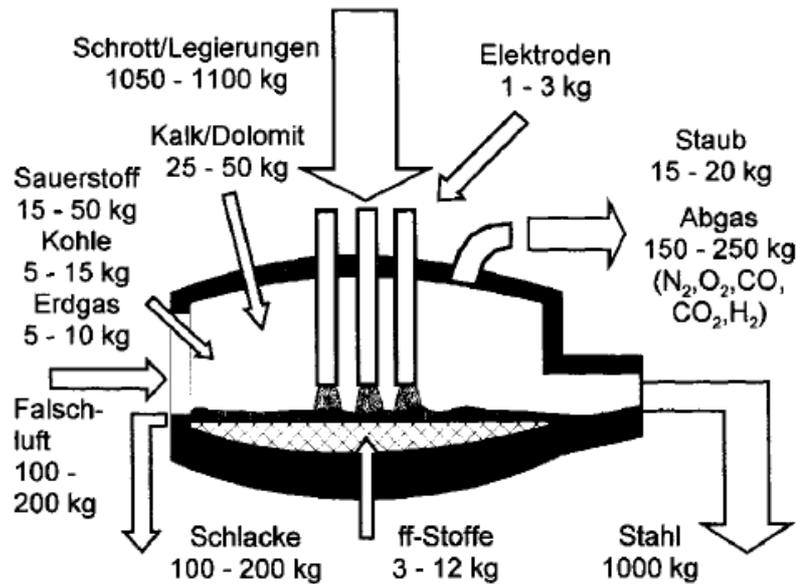
Abbildung 25: Energiebilanz eines modernen Elektrolichtbogenofens²⁶⁰

Als Grundlage für die Erstellung von Energiebilanzen für Elektrolichtbogenöfen dienen Massenbilanzen. Massen- und Energiebilanzen sind ein essentielles Werkzeug energetischen Optimierung von Prozessen und dienen zu dessen ökologischen, ökonomischen sowie auch technologischen Bewertung.²⁶¹ Die untenstehende Abbildung verdeutlicht den Materialeinsatz im Lichtbogenofen für eine Tonne flüssigen Rohstahl.

²⁵⁹ Vgl. Seitz, M. et al., <https://www.energiefachmagazin.de/2015/Ausgabe-10/Energie-Forum/Steigerung-der-Energieeffizienz-eines-Stahlrecyclingprozesses?page=2> (Zugriff: 27.01.2020)

²⁶⁰ Quelle: Seitz, M. et al., <https://www.energiefachmagazin.de/2015/Ausgabe-10/Energie-Forum/Steigerung-der-Energieeffizienz-eines-Stahlrecyclingprozesses?page=2> (Zugriff: 27.01.2020)

²⁶¹ Vgl. Pfeifer, H. (1997), S. 112

Abbildung 26: Massenbilanz eines Elektrolichtbogenofens²⁶²

Grundlegend für die dynamische Steuerung des Elektrolichtbogenofens mit iEAF sind Echtzeitmessungen im laufenden Prozess. Dafür wird eine geeignete und robuste Sensorik verwendet. Im Zuge der Echtzeitmessung ist bei der iEAF-Lösung die genaue Analyse des Abgasstroms essentiell für eine Verbesserung der Energieeffizienz im Prozess. Ein spezielles System analysiert dafür stetig den Abgasstrom (Druck, Temperatur und Abgasgeschwindigkeit) und liefert damit die wertvolle Datenbasis zur optimalen Steuerung des Ofens mit Prozessmodellen.²⁶³ Zur dynamischen Beschreibung des EAF-Prozesses kommen hierbei drei Prozessmodelle zum Einsatz. Wobei jedes Modell einer der drei Phasen im Prozess entspricht.²⁶⁴

1. **Freiraum²⁶⁵-Modell:** dabei wird die Gasphase durch die Abgasanalyse und über die zugeführte Sauerstoff- und Brennstoffmengen beschrieben. In weiterer Folge werden Oxidations- und Entkohlungsrate mit Hilfe der Kohlenstoff- und Sauerstoffmassenbilanzen eruiert. Ein weiterer Bestandteil dieses Modells ist die Energiebilanz des Prozesses. Durch die ermittelte Massenbilanz lässt anschließend sich die Netto-Energieverluste im Freiraum bestimmen. Dabei wird der Netto-Energieverlust in Ofenverluste, Energie zum Erhitzen und Schmelzen der Feststoffe und dem Energietransfer zwischen Bad und Schlacke unterteilt.²⁶⁶
2. **Schlacken-Modell:** dieses Modell beschreibt die Flüssigphase und basiert auf dem Freiraum-Modell (Energie- und Massenbilanz). Dieses Modell ermöglicht eine Echtzeitbewertung des Schlackenzustandes (Temperatur und Zusammensetzung).

²⁶² Quelle: Pfeifer, H. (1997), S. 112

²⁶³ Vgl. Zuliani, D.; Scipolo, V. (2019), S. 2

²⁶⁴ Vgl. Maiolo, J. et al. (2011), S. 3

²⁶⁵ Freiraum: freier Raum zwischen Inhalt und Ofendeckel

²⁶⁶ Vgl. Maiolo, J. et al. (2011), S. 3

3. **Schmelze-Modell:** dies beschreibt die Feststoffphase und baut auf den Berechnungen der beiden vorhin beschriebenen Modelle auf.²⁶⁷ Auf Basis aller drei Prozessmodelle lässt sich die dem Ofen zugeführte Netto-Energie mit thermodynamischen- und kinetischen Algorithmen genauestens ermitteln. Diese entspricht der tatsächliche benötigter Energiemenge (elektrische- und chemische Energie) und ermöglicht somit eine dynamische Steuerung der Energiezufuhr (elektrisch und chemisch). Wobei anzumerken ist, dass die unten angeführte vereinfachte Berechnung im Sekundentakt erfolgt.²⁶⁸

$$E_{Netto} = \sum E_{elektr.Input} + \sum E_{chem.Input} - \sum Verlust_{Abgas} - \sum Verlust_{sonstige}$$

Auf Grundlage des Nettoenergiebedarfs des Ofens, ist eine genau Bestimmung der Energieverteilung zwischen Erhitzen (Erhöhung der Schrotttemperatur) und Schmelzen (fester Schrott zum flüssigen Stahl) möglich. Auf diese Weise wird der Fortschritt des Schmelzvorganges berechnet. iEAF ermöglicht dadurch eine dynamische Schmelzkontrolle, wobei der Energiebedarf zur Wärmeerzeugung auf Echtzeitberechnungen und nicht auf der herkömmlichen kWh/t-Methodik basiert.²⁶⁹ Bei der gewöhnlichen Steuerungsmethodik (Anm. kWh/t) wird der Energiebedarf von den Transformatoren und durch das Chargengewicht bestimmt. Hierbei werden jedoch Verluste, und chemische Energieträger nicht laufend berücksichtigt und führt im Vergleich zur intelligenten Steuerung iEAF zu einer verschlechterten Energieeffizienz.²⁷⁰

In weiterer Folge kann der Schmelzvorgang (engl. Melting Percent, MP) berechnet werden. MP ist ein echtzeitbasierter Indikator für den Schmelzvorgang (0%-100%).²⁷¹

Netto Energie: [kWh]

Notwendige Energie: [kWh/t]

Chargengewicht: [t]

$$MP = \frac{\text{NettoEnergie}}{\text{notwendiger Energieeinsatz} * \text{Chargengewicht}} * 100\%$$

Aufgrund der Berechnung des Schmelzfortschrittes, ist es möglich die Wärmezufuhr dynamisch zu steuern und den Schmelzvorgang nach dem MP-Wert zu regeln und nicht nach dem Energieverbrauch.

²⁶⁷ Vgl. Zuliani, D.; Scipolo, V. (2019), S. 5

²⁶⁸ Vgl. Zuliani, D.; Scipolo, V. (2019), S. 6

²⁶⁹ Vgl. Tenova, <https://www.tenova.com/product/ieaf%C2%AE/> (Zugriff: 27.01.2020)

²⁷⁰ Vgl. Zuliani, D.; Scipolo, V. (2019), S. 5

²⁷¹ Vgl. Zuliani, D.; Scipolo, V. (2019), S. 4

In Abbildung 27 werden zum besseren Verständnis nochmals die vorhin beschriebenen Prozessmodelle und deren Input-, sowie errechneten Parameter grafisch dargestellt.

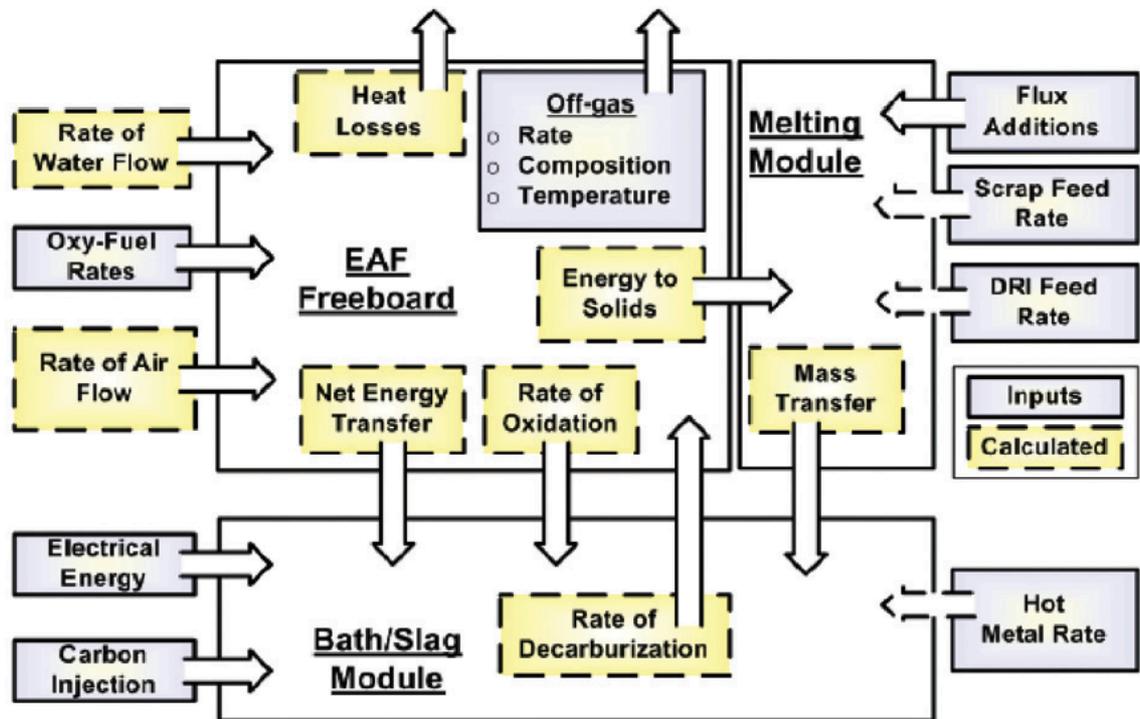


Abbildung 27: Modellübersicht iEAF²⁷²

Im Vergleich zu anderen Steuerungsverfahren, wird bei der iEAF-Methodik die Abgaszusammensetzung zur Erstellung der Energiebilanz nicht geschätzt, sondern in Echtzeit analysiert und folgend als Eingangsparameter zur Prozessmodellierung verwendet.²⁷³ Neben der Sensorik und der modellbasierten Steuerung wurde zur Steuerung und Darstellung der Masse- und Energiebilanzen zusätzlich ein HMI (Human Machine Interface) entwickelt. Die Darstellung kann über PC, Tablet oder Smartphone erfolgen. Beim US-amerikanischen Stahlproduzenten Nucor Steel in Seattle, ist die iEAF-Steuerung in Verwendung und konnte eine Energie- sowie Materialeinsparung hervorbringe (5% elektrische Energie, 3% Sauerstoff, 13% Erdgas, 7% injizierter Kohlenstoff und 29% chargierter Kohlenstoff).²⁷⁴ Somit kann mit dem von Tenova entwickelten Industrie 4.0-Paket zur dynamischen Schmelzkontrolle im Elektrolichtbogenofen die Energie- und Materialeffizienz bei der Elektrostahlerzeugung verbessert werden. Dabei sei jedoch anzumerken, dass die ersten iEAF-Anwendungen bereits in den Jahren 2008 und 2010, also einige Zeit vor der ersten Erwähnung des Begriffes Industrie 4.0 im Jahr 2011, in italienischen Stahlbetrieben implementiert wurden.²⁷⁵

²⁷² Quelle: Maiolo, J. et al. (2011), S. 2

²⁷³ Vgl. Maiolo, J. et al. (2011), S. 3

²⁷⁴ Vgl. Scipolo, V.; Zuliani, D. (2018), S. 5

²⁷⁵ Vgl. Maiolo, J. et al. (2011), S. 6

4.3.3 Morse

Morse (Model-based optimisation for efficient use of resources and energy) ist ein von SPIRE initiiertes Projekt und hat die Entwicklung von modellbasierten Softwaretools zur Optimierung der Prozessketten der Prozessindustrie zum Ziel. Dadurch sollen Energie- und Rohstoffeinsatz minimiert, sowie die Ausbringung hochwertiger Produkte maximiert werden. Diese Ansätze werden in der Stahlindustrie bei diversen Partnern demonstriert.²⁷⁶ Das vom EU-Programm Horizon 2020 finanzierte Projekt hat eine Laufzeit bis September 2021.²⁷⁷

Aufgrund der laufenden Projektarbeit ist laut aktuellem Stand (März 2020) noch kein Abschlussbericht veröffentlicht worden. Dennoch wird dieses Projekt in dieser Arbeit kurz erwähnt, um diese richtungweisende Initiative zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie aufzuzeigen.

Die untenstehende Grafik verdeutlicht nochmals die Ziele des Projekts. Es wird darauf abgezielt, die Prozesskette von beginn bis Ende hinsichtlich Ressourceneinsatz, Verluste, Stillstände in der Produktion zu optimieren.

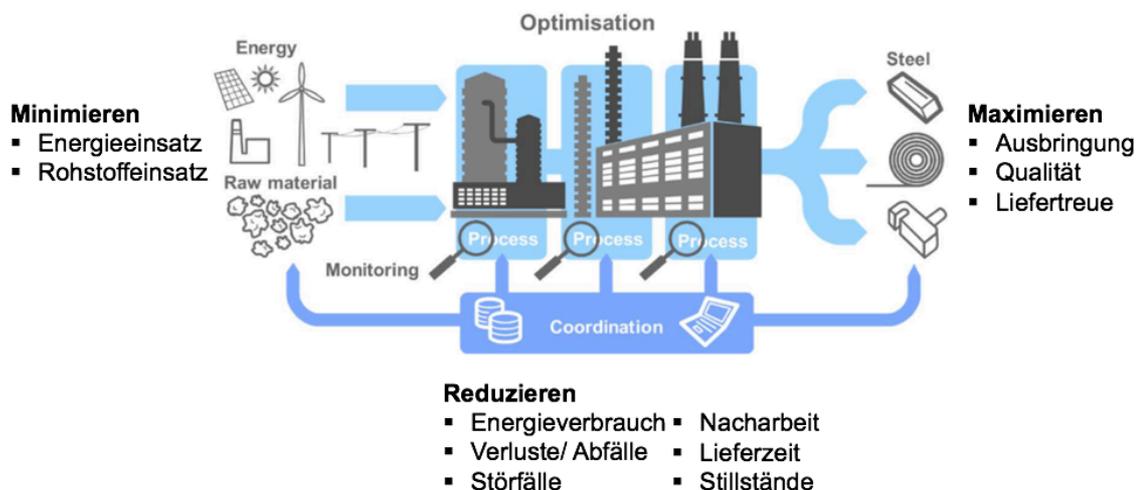


Abbildung 28: Übersicht der Ziele des Projekts Morse²⁷⁸

Um die in Abbildung 28 dargestellten Ziele zu erreichen, werden für folgende Prozessschritte der Eisen- und Stahlindustrie modellbasierte Werkzeuge entwickelt:²⁷⁹

- Hochofen
- Sauerstoff-Konverter

²⁷⁶ Vgl. SPIRE, <https://www.spire2030.eu/morse> (Zugriff: 21.03.2020)

²⁷⁷ Vgl. European Commission, <https://cordis.europa.eu/project/id/768652/de> (Zugriff: 22.03.2020)

²⁷⁸ Quelle: Heiskanen, M. (2019), S. 3

²⁷⁹ Vgl. Heiskanen, M. (2019), S. 4

- Elektrolichtbogenofen
- Argon-Sauerstoff-Entkohlung
- Vakuum-Entgasung
- Brammen-Management

Die Arbeit hat bisher gezeigt, dass die Eisen- und Stahlindustrie bereits erste Schritte bei der Umsetzung von Industrie getätigt haben. Ebenso wurden von der Eisen- und Stahlbranche bereits die Potenziale von Industrie 4.0 zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz erkannt. Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Experteninterviews dargestellt.

5 Experteninterviews

Dieses Kapitel umfasst die Auswertung der im Zuge der qualitativen Erhebung geführten Experteninterviews. Das Experteninterview zielt auf einen exponierten Personenkreis, der für das Forschungsinteresse spezifisches Wissen liefert.²⁸⁰ Experten werden Personen genannt, die über Spezialwissen für den zu erforschenden Sachverhalt verfügen. Somit stellen Experteninterviews die Methode zur Erschließung dieses Wissens dar.²⁸¹

In dieser Arbeit werden jene Personen als Experten bezeichnet, welche über umfassende Branchenkenntnisse in der Eisen- und Stahlindustrie verfügen und zusätzlich Erfahrungen bei der Umsetzung von Digitalisierungslösungen und Industrie 4.0-Anwendungen in der Eisen- und Stahlindustrie vorweisen können.

5.1 Methodische Vorgehensweise

Für die qualitative Erhebung durch Interviews wurde für diese Arbeit ein Leitfaden erstellt, dieser dem Anhang hinzugefügt wurde. Der verwendete Interviewleitfaden enthält Fragen zu zwei Themenblöcken. Einerseits zur Digitalisierung der Eisen- und Stahlindustrie und andererseits zu Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie.

Leitfadengestützte Experteninterviews sind thematisch strukturiert, mit dem Ziel die Eigenpräsentation der Experten mit erzählgenerierenden Fragen zu motivieren.²⁸² Ein Interviewleitfaden beinhaltet jene Fragen, die in jedem Interview beantwortet werden müssen und dient somit als Richtschnur. Um einen möglichst natürlichen Gesprächsverlauf zu gewährleisten, ist die Reihenfolge und die Formulierung der Fragen nicht verbindlich.²⁸³ Des Weiteren ermöglicht ein Leitfaden die Ergebnisse unterschiedlicher Interviews miteinander vergleichen zu können.²⁸⁴

Nach Identifikation und Auswahl der für die Interviews infrage kommenden Experten, wurden diese per Email kontaktiert. Nach positiver Rückmeldung der ausgewählten Experten wurde ein Termin für das durchzuführende Interview fixiert. Anschließend wurden die Experten vorab gebeten eine Einverständniserklärung zur elektronischen Aufnahme des Interviews und Weiterverarbeitung der Daten im Zuge dieser Masterarbeit zu unterzeichnen. Die Identität der Experten wird im Zuge dieser Arbeit

²⁸⁰ Vgl. Liebold, R.; Trinczeck, R. (2009), S. 33

²⁸¹ Vgl. Gläser, J.; Laudel, G. (2009), S. 12

²⁸² Vgl. Liebold, R.; Trinczeck, R. (2009), S. 35

²⁸³ Vgl. Gläser, J.; Laudel, G. (2009), S. 42

²⁸⁴ Vgl. Bortz, J.; Döring, N. (2006), S. 315

nicht preisgegeben, um Rückschlüsse auf Personen und Unternehmen zu vermeiden. Die Interviews wurden mit einem Smartphone und einem Diktiergerät aufgezeichnet, um die darauffolgende Transkription zu ermöglichen.

Insgesamt wurden acht Interviews mit Experten aus dem Umfeld der Eisen- und Stahlindustrie durchgeführt:

Eisen- und Stahlproduzenten:

Interviewter 1: Leiter der IT-Abteilung eines Walzwerkes

Interviewter 8: Abteilungsleiter einer Digitalisierungsabteilung

Anlagenbauer:

Interviewter 3: Sales Manager Industrie 4.0

Interviewter 4: Leiter der zentralen Entwicklung und Geschäftsführer eines Tochterunternehmens für Digitalisierungslösungen

Forschungsinstitute:

Interviewter 2: technisch-wissenschaftlicher Geschäftsführer

Interviewter 7: Geschäftsführer

Fachverbände:

Interviewter 6: Geschäftsführer zweier Fachverbände der metalltechnischen- und Gießereiindustrie sowie Verfahrenstechniker und Umwelttechniker

Anbieter für Softwarelösungen:

Interviewter 5: Chief Metallurgist

5.2 Ergebnisse der Experteninterviews

5.2.1 Interview 1

Allgemeine Informationen

Die interviewte Person leitet seit 2004 die IT-Abteilung eines Walzwerkes von Unternehmen 1 am Standort 1.²⁸⁵ Standort 1 beheimatet insgesamt drei Unternehmen (ein Stahlwerk und zwei Walzwerke), welche einem weltweit tätigen Eisen- und Stahlkonzern angehören. Im Zuge eines Projekts mit der Laufzeit von 2013 bis 2016, wurde das Walzwerk im Kontext der Digitalisierung und Industrie 4.0 neu errichtet.²⁸⁶

Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie

Der Interviewte ist der Meinung, dass die Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie vor allem für die Datengewinnung und in weiterer Folge für die

²⁸⁵ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

²⁸⁶ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

Sicherung von Wettbewerbsvorteilen eine Bedeutung hat. Dies betrifft vor allem die Rückverfolgbarkeit bei Qualitätsthemen. Er ist der Auffassung, je mehr Daten und Informationen man über sein Produkt in Richtung Kunde hat, desto eher kann man sich verbessern. Der Interviewpartner nennt hierbei ein Beispiel aus seinem Unternehmen. Er erläutert, dass die Stahlwerkserzeugung, als er 1997 im Unternehmen begonnen hat, noch sehr pragmatisch abgelaufen ist. Die Notwendigkeit zur Datengewinnung und Auswertung wurde jedoch schon sehr bald erkannt. Dies ist seiner Einschätzung nach, wie bereits oben erwähnt, die Grundlage sich stetig verbessern zu können. Das Rohmaterial für das Walzwerk bezieht das Unternehmen aus dem eigenen Konzern, welches am selben Standort im Stahlwerk produziert wird. Die fertigen Coils werden anschließend an interne (Ziehwerk an einem weiteren Standort) und externe Kunden geliefert. Laut dem Interviewten war es früher im ganzen Konzern jedoch üblich, dass Informationen nur innerhalb eines Unternehmens zur Verfügung gestellt wurden. Heutzutage gibt es bereits einen gesellschaftsübergreifenden Daten- und Informationsaustausch (bspw. zwischen Stahlwerk und Ziehwerk). Dadurch kann eine Reklamation sogar auf eine minderwertige Erzladung zurückgeführt werden.²⁸⁷

Einer weiteren Bedeutung der Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie spricht der Interviewpartner der Vereinfachung der Prozesse durch Digitalisierung zu. Als Beispiel dafür nennt der Interviewte den Beurteilungsprozess der Produkte in seinem Unternehmen. Früher war es durchaus üblich, dass ein Laufzettel das Produkt durch den Beurteilungsprozess begleitete. Heute geschieht dies voll digital über ein System. Auch ein Datenaustausch mit den Kunden, der auch von den Abnehmern gefordert wird, ist durch digitale Systeme möglich. Dieser digitale Datenaustausch bringt laut Interviewtem das Unternehmen auch im Wettbewerb vorwärts.²⁸⁸

Der Interviewpartner betitelt den Fortschritt der digitalen Transformation innerhalb der Eisen- und Stahlindustrie als beginnend. Laut ihm hat die Stahlindustrie und auch das Unternehmen des Interviewten jedoch bereits Fahrt aufgenommen.²⁸⁹ Als Start der digitalen Transformation in seinem Unternehmen nennt der Interviewte den Zeitraum nach Ende der Wirtschafts- bzw. Finanzkrise 2008/2009. Ab diesem Zeitpunkt waren wieder finanzielle Mittel und der Wille für Investitionen vorhanden.²⁹⁰ Der Interviewpartner schätzt den Stand der Digitalisierung seines Unternehmens auf teilweise bis überwiegend digital ein.²⁹¹ Bevor das Walzwerk 2016 neu aufgebaut wurde, gab es bereits 2014 erste Vorprojekte betreffend Digitalisierung. Als Beispiel hierfür nennt der Interviewte das digitale Hochregallager seines Unternehmens, in diesem die fertigen Coils gelagert werden. Das Lager verfügt über eine digitale Lagerverwaltung und über ein digitales Staplerleitsystem. Ein weiteres Beispiel für die digitale Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie nennt der Interviewte eine neu gebaute Stranggussanlage des Vormateriallieferanten. Diese neue Stranggussanlage

²⁸⁷ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

²⁸⁸ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

²⁸⁹ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

²⁹⁰ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

²⁹¹ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

besitzt im Vergleich zu den bereits vorhandenen Anlagen eine höhere Anzahl an Sensoren und Schnittstellen. Dies ermöglicht es eine höhere Anzahl an Daten sammeln zu können und dadurch mehr Informationen über das entstehende Produkt generieren zu können. Der Interviewte ist der Meinung, je mehr man über sein Produkt weiß, desto eher kann man sich verbessern und einen Mehrwert daraus erzielen.²⁹²

Ein großes Digitalisierungsprojekt im Kontext von Industrie 4.0 beinhaltet das Sammeln von Prozessdaten und folgend dessen Auswertung mit Big Data Analytics (Anmerkung des Autors). Dieses Projekt umfasst die Herstellungsprozesse im Stahlwerk bis hin zum Ziehwerk am Standort 2. Die gesammelten Daten sollen anschließend allen Gesellschaften des Unternehmens (am Standort 1 und Standort 2), gemäß der horizontalen Integration, zur Verfügung stehen.²⁹³ Damit sollen Korrelationen zwischen Produktionsdaten und Qualitätsmerkmalen erkennbar werden und einen Kundennutzen generieren (Anmerkung des Autors). Ein weiteres Projekt, zur Digitalisierung des Unternehmens betrachtet die Lebenszyklen (Einkauf bis Verschrottung) der einzelnen Einbaukomponenten der neuen Walzstraße. Das Projekt befindet sich derzeit noch in der Prototypenphase und beschränkt sich derzeit nur auf die Walzen. Dabei wird der Lebenszyklus der einzelnen Walzstraßenwalzen genauestens dokumentiert und mit Informationen versehen. Die Walzen sollen Informationen über das mit ihnen bearbeitete Material enthalten und auch der Walzenservice wird mit Informationen über die verwendeten Geräte und Werkzeuge, sowie auch über den durchführenden Mitarbeiter genauestens dokumentiert. Dadurch wird jeder Walze eine gewisse Intelligenz verliehen. Im weiteren Verlauf dieses Projekts wird dieses Prozedere auf alle Einbaukomponenten der Walzstraße ausgerollt.²⁹⁴ Als Herausforderungen bei diesen Projekten nennt der Interviewte die in der Eisen- und Stahlindustrie vorherrschenden spezifischen Umgebungsbedingungen (hohe Temperaturen, Staub, Lärm, Wasser bei Kühlungen, wirkende Kräfte, Zunder etc.). Aufgrund dessen ist es nicht so einfach die Sensorik so zu gestalten, um einen fehlerlosen Betrieb zu gewährleisten.²⁹⁵

Der Interviewte versteht die Digitalisierung als Basis für Industrie 4.0.²⁹⁶ Digitalisierung und Industrie 4.0 sind laut dem Interviewpartner als übergeordnetes System anzusehen. Dieses System bietet nun die Möglichkeit, Informationen aus einer Vielzahl untergeordneter Systeme zu sammeln und in Echtzeit zur Verfügung zu stellen. Dadurch ist eine Bewertung in diesem System sofort möglich. Als Beispiel nennt der Interviewte, dass es die Beurteilung einer Reklamation verkürzt und erleichtert. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die benötigten Informationen der Reklamation sofort zur Verfügung stehen und nicht erst Nachfrage im Labor des Stahlwerkes oder in der Qualitätsstelle am Standort 2 gehalten werden muss.²⁹⁷

²⁹² Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

²⁹³ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

²⁹⁴ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

²⁹⁵ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

²⁹⁶ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

²⁹⁷ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie

Der Interviewte bezeichnet Industrie 4.0 als ein Top-Thema in der Stahlindustrie. Dies begründet er damit, dass Industrie 4.0 die Möglichkeit bietet, die Stärken und Schwächen des Produktionsprozesses aufzuzeigen und diesen dann optimieren zu können.²⁹⁸ Der Interviewte führt als Beispiel die Materialeffizienz des Walzprozesses seines Unternehmens an. Im Produktionsprozess wird aus dem Rohmaterial (Knüppel) ein Coil gewalzt. Hierbei ist es für das Unternehmen wichtig zu wissen, wieviel Material an den Scheren abgeschnitten werden muss, um das Produkt noch nach geforderter Spezifikation und Qualität erzeugen zu können. Die Frage ob es reicht weniger Material abzuschneiden und dennoch ein Qualitätsprodukt zu erzeugen, kann mit Industrie 4.0 beantwortet werden.²⁹⁹ Der Interviewte führt weiter an, dass Industrie 4.0 ein Teil der Unternehmensstrategie ist. Das Top-Management gibt den Auftrag Industrie 4.0 umzusetzen. Dafür gibt es eine eigene Abteilung am Standort 1, die sich mit digitalen Lösungen für die Eisen- und Stahlindustrie beschäftigt und deren Potenziale eruiert.³⁰⁰

Die Eisen- und Stahlindustrie ist nach der Meinung des Interviewten bereit und offen für Industrie 4.0. Dies sei unabdingbar, um wettbewerbsfähig bleiben zu können. Auch die Mitbewerber des Konzerns bewegen sich seiner Einschätzung nach in Richtung Industrie 4.0 und sind auf diesem Gebiet nicht untätig. Dies betrifft für den Interviewten jedoch hauptsächlich nur Stahlproduzenten für den Qualitätsbereich. Für Baustahl produzierende Werke wie z.B. in China wird Industrie 4.0 seiner Meinung nach nicht von großer Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit sein.³⁰¹ Der Interviewpartner meint, dass die Eisen- und Stahlindustrie bei Industrie 4.0 im Vergleich zu anderen Industrien (z.B. Textilindustrie) noch in den Kinderschuhen steckt. Der Interviewte ist auch der Meinung, dass sich Industrie 4.0-Anwendungen in der Stahlindustrie teilweise noch in der Versuchsphase befinden. Dies ist laut dem Interviewten jedoch hauptsächlich auf die bereits schon erwähnten spezifischen Umgebungsbedingungen der Stahlindustrie zurückzuführen.³⁰² Der Auslöser für die Entwicklung hin zu Industrie 4.0 im Unternehmen war das Projekt für das neue Walzwerk. Der Interviewte führt an, dass von Anfang bis Ende der neuen Walzstrecke ca. 15.000 Sensoren Daten sammeln können. Die Anlage davor hatte nur das notwendigste an Sensorik. Da waren die Möglichkeiten zur umfassenden Datenerfassung, gemäß dem Interviewten, noch sehr eingeschränkt.³⁰³ Einen weiteren Grund für die Verzögerung nennt der Interviewte die stockende Entwicklung des Stahls als High-Tech Produkt in den 90er Jahren. Dies führt der Interviewte darauf zurück, dass damals der allgemeine Konsens herrschte, dass die Stahlindustrie an sich am Sterben sei. Das Produkt Stahl hat sich erst wieder

²⁹⁸ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

²⁹⁹ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³⁰⁰ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³⁰¹ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³⁰² Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³⁰³ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

in den letzten zwei Jahrzehnten weiterentwickelt und erfindet sich gerade wieder neu.³⁰⁴

Potenziale für die Stahlindustrie sieht der Interviewte vor allem in der horizontalen Integration über die komplette Lieferkette hinweg. Im Konzern gibt es derzeit, wie bereits erwähnt, ein Projekt zur Sammlung von Prozessdaten, um einen Datenaustausch über die Unternehmensgrenzen hinweg zu gewährleisten.³⁰⁵ Der Interviewte nennt die Marktführerschaft und die Herstellung von Kundenbindung als Vorteile durch Industrie 4.0- Lösungen für die Eisen- und Stahlindustrie. Langfristig wird es laut ihm auch in Richtung Ressourceneffizienz gehen. Dies wird auch die Mitarbeiter betreffen (Anmerkung: Human Resources). Derzeit gibt es in dem Unternehmen noch Kran- und Staplerfahrer. Laut dem Interviewpartner kann sich dies jedoch in den nächsten zehn Jahren ändern.

Als Risiko von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie nennt der Interviewte die Gefahr für Fehlinterpretation der gesammelten Daten.³⁰⁶ Der Interviewpartner verweist dabei auf das unternehmensinterne Planungstool. Die Ergebnisse dieser Tools sind allgemein von der Richtigkeit und Zuverlässigkeit der zur Verfügung stehenden Daten abhängig. Fehlinterpretationen der Ergebnisse können zu Diskrepanzen und Fehlentscheidungen führen. Derzeit werden im Unternehmen die Ergebnisse des Planungstools noch von jemanden hinterfragt. Laut dem Interviewten soll das Ziel von Industrie 4.0 jedoch sein, dass letztendlich keiner mehr die Entscheidungen dieser Tools hinterfragen muss und man auf das System vertrauen kann.³⁰⁷ Ein zusätzliches Risiko im Kontext von Industrie 4.0 ist für den interviewten die Datensicherheit. Das Unternehmen hat große Datenmengen auf Servern gespeichert. Geschützt werden diese u.a. mit Firewalls. Bei der Inbetriebnahme des neuen Walzwerkes, mussten bspw. die Zugangsberechtigungen für die Lieferanten geregelt werden, um kein Know-how preiszugeben.³⁰⁸ Zusätzlich erwähnt der Interviewte, dass man bei Investitionen in neue Technologien die Wirtschaftlichkeit der Produktion nicht aus den Augen verlieren darf.³⁰⁹

Der Interviewte hält fest, dass die neue Walzanlage ganzheitlich im Kontext der Digitalisierung und Industrie 4.0 errichtet wurde (Projektzeit 2013 bis 2016).³¹⁰ Wie bereits erwähnt, ist die neue Walzstraße mit 15000 Sensoren ausgestattet. Wohingegen die alte Walzstraße nur mit der notwendigsten Sensorik besaß. Betreffend Energie- und Materialeffizienz werden laut dem Interviewten entlang der neuen Walzstraße sämtliche Verbräuche für Strom, Gas und Wasser sowie der Einsatz des Halbzeugs aufgezeichnet. Weiteres sind sämtliche Temperaturen des aktuell

³⁰⁴ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³⁰⁵ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³⁰⁶ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³⁰⁷ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³⁰⁸ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³⁰⁹ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³¹⁰ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

gewalzten Produkts an jeder Stelle der Walzstraße bekannt. Somit können die Verbräuche und die damit entstehenden Aufwände exakt eruiert werden. Gemäß der Angabe des Interviewpartners, werden die Energieverbräuche und der Materialeinsatz aktuell zwar aufgezeichnet, jedoch noch nicht weiterverarbeitet. Somit sind die Informationen zwar bekannt, aber der Schlüssel zur Verbesserung der Effizienz bei selben Output ist aktuell noch nicht vorhanden.³¹¹ Ziel dieses Projekts (neues Walzwerk) war es, die Marktführerschaft in diesem Bereich zu erlangen. Dies ist laut dem Interviewtem auch gelungen. Das Unternehmen kann mit diesen neuen Anlagen den Kunden etwas gänzlich Neues anbieten.³¹² Der Interviewte fährt weiter fort, dass der Walzprozess mit der neuen Anlage im Vergleich zur alten Walzstraße deutlich transparenter geworden ist. Das Betriebspersonal kann in Echtzeit den Produktionsprozess verfolgen und sieht bei Veränderung der Einstellungen sofort die Auswirkungen auf das Produkt. Vor der Inbetriebnahme war es noch üblich, dass der Walzmeister ein Buch mit sich führte. Bei Problemen hielt er darin Nachsicht und zeichnete darin etwaige neue Lösungsansätze auf. Dieses Wissen hatte dann jedoch nur der Walzmeister.³¹³

Die großen Herausforderungen bei diesem Projekt waren einerseits die teilweise fehlende Kompetenz und die geringe Akzeptanz der Mitarbeiter für dieses Projekt. Als Beispiel nennt der Interviewte die Staplerfahrer, welche die Coils in das Hochregallager einlagern. Jeder Stapler ist mit Sensoren und mehreren Bildschirmen ausgestattet. Diese Sensoren liefern, die für das digitale Staplerleitsystem nötigen Daten und auf den Bildschirmen werden den Fahrern wichtige Informationen angezeigt. Der Interviewpartner erklärt, dass die Staplerfahrer von nun an nicht nur fahren mussten, sondern auch ein gänzlich neues System zu bedienen hatten. Jedoch hat das Unternehmen diese Herausforderung schon frühzeitig erkannt. Die Schulungen der einzelnen Mitarbeiter fingen schon vor der Errichtung der Walzstrecke an. Teilweise wurden die Mitarbeiter sogar Vorort zum Anlagenbauer, der die Walzanlage aufbaute, für Schulungszwecke entsandt. Der Interviewte erwähnt, dass das Unternehmen zur Schulung seiner Mitarbeiter einen Simulationshauptleitsand einrichtete. Dieser Simulationsleitstand gleicht dem Leitstand in der Produktion. Darin fanden intensive Trainings statt.³¹⁴ Die geringe Akzeptanz der Mitarbeiter führt der Interviewte darauf zurück, dass teilweise eine Generation im Werk tätig ist, welche mit neuen digitalen Systemen nichts anzufangen wusste. Die Staplerfahrer fühlten sich durch das neue Staplerleitsystem beobachtet. Jede Strecke und jeder Ein- und Auslagerungsvorgang wurden fortan aufgezeichnet. Selbst Stehzeiten (Kaffeepausen) werden mitdokumentiert. Dies hat jedoch den Vorteil, dass im Falle eines Defekts die Ursache rückverfolgt werden kann. Um den Mitarbeitern die Angst zu nehmen, wurde zwischen Betriebsrat und Betriebsleitung eine Vereinbarung getroffen. Die aufgezeichneten Daten liegen nur in der EDV-Abteilung (unter Leitung des Interviewten) auf und dürfen

³¹¹ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³¹² Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³¹³ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³¹⁴ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

nur in bestimmten Situationen von der Betriebsleitung eingesehen werden.³¹⁵ Aus technologischer Sicht waren die Herausforderungen sehr gering. Der Interviewte erwähnt, dass der Anlagenbauer ein sehr gutes Konzept vorlegte und dies auch umsetzte. Nur die Schnittstelle zwischen Ofen und System musste die EDV-Abteilung des Unternehmens selbst definieren.³¹⁶

Der Interviewte ist der Auffassung, dass sich mit Industrie 4.0 durch genauere Berechnungen eine bessere Ressourceneffizienz erreichen lässt.³¹⁷ Der Interviewte verweist hierbei wieder auf das bereits erwähnte Projekt zur horizontalen Integration entlang der ganzen Lieferkette seines Unternehmens. Dabei werden über die komplette Lieferkette hinweg Daten gesammelt und unter den einzelnen Unternehmen an den zwei Standorten ausgetauscht (Standort 1: Stahlwerk, Walzwerk, Standort 2: Ziehwerk). Der komplette Herstellungsprozess kann somit von der Erzladung im Stahlwerk, über den Walzprozess bis hin zur fertigen Drahtspule im Ziehwerk am Standort 2 rückverfolgt werden. Nach dem Walzen werden die Coils bevor Sie an das Ziehwerk geliefert werden nochmals mittels einer Wirbelstromprüfung untersucht. Dadurch können meterbezogen Fehler, wie z.B. Eindrücke, festgestellt werden. Durch den Datenaustausch der einzelnen Unternehmen, kann somit den Kollegen am Standort 2 genau mitgeteilt werden, wo dieser Fehler ist. Anschließend können die Coils dann nachbearbeitet werden. Im Vergleich dazu, wurden früher fehlerhaften Coils mit z.B. 15 Fehlern einfach verschrottet.³¹⁸

Auf dem Gebiet der Digitalisierung und in weiterverfolge Industrie 4.0, arbeitet das Unternehmen mit u.a. technischen Universitäten zusammen. Generell wird das bereits bestehende Know-how auch konzernintern weitergegeben. Dafür treffen sich Fachgruppen der einzelnen Unternehmen zyklisch und tauschen Potenziale aus. Laut der Meinung des Interviewten hat die Entwicklung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie noch sehr viel Luft nach oben. Stahlproduzenten, diese weiterhin für das Qualitätssegment wie z.B. Automobilindustrie und Luftfahrtindustrie produzieren wollen, werden in Zukunft nicht mehr an Industrie 4.0 vorbeikommen. Industrie 4.0 wird die Art der Arbeit verändern. Mitarbeiter im Hauptleistand müssen die Anlage weiterhin überwachen und Entscheidungen treffen. Ein komplett ausgereiztes, fehlerfrei arbeitendes System wird kein Personal mehr benötigen. Jedoch seiner Einschätzung nach, wird es weiterhin Betriebspersonal geben.³¹⁹

³¹⁵ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³¹⁶ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³¹⁷ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³¹⁸ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

³¹⁹ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

5.2.1 Interview 2

Allgemeine Informationen

Der Interviewte 2 ist technisch-wissenschaftlicher Geschäftsführer eines privaten Forschungsinstituts. Derzeit sind in seinem Unternehmen ca. 100 Personen beschäftigt. Das Forschungsinstitut betreibt angewandte Forschung im Bereich der Anlagen-, Prozess- und Verfahrensentwicklung für die Prozessindustrie und betreibt derzeit rund 150 Projekte. Wobei dabei 70% des Forschungsaufwandes der Stahlindustrie und 30% der restlichen Prozessindustrie (z.B. Chemie oder Zement) zukommen. Die Projekte umfassen Thematiken der Digitalisierung und Industrie 4.0, Big Data Technologien und Machine-Learning, sowie Automation, Verfahrenstechnik und die Einbindung neuer Sensoren in Prozesse. Der Interviewte ist in verschiedenen Arbeitskreisen und Technologieplattformen der Prozessindustrie, speziell auch für die Eisen- und Stahlindustrie, in führenden Positionen tätig und hält Vorträge und Vorlesungen zum Thema Data-Mining und Machine-Learning.³²⁰

Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie

Der Interviewte schreibt der Digitalisierung für die Stahlindustrie eine große Bedeutung zu. Seiner Meinung nach, lassen sich viele Prozesse nur mit Informationen zur richtigen Zeit am richtigen Ort steuern und regeln. Dabei spielt die Sensorik eine wichtige Rolle und ist die Grundvoraussetzung hierfür.³²¹ Gemäß der Angabe des Interviewten hat die Digitalisierung der Eisen- und Stahlindustrie bereits schon in den 60er Jahren mit der Automatisierung begonnen. Seiner Einschätzung nach geht der Trend in Richtung hochauflösender HR-Daten, wobei derzeit oftmals nur ein Wert pro Stück aufgenommen wird (Bspw. ein Wert für die Schmelze und ein Wert für das Stahlband). Der Interviewpartner fügt an, dass es für die Eisen- und Stahlindustrie bei der Thematik HR-Daten jedoch noch viel zu tun gäbe. Die in der Politik und Industrie vielfach diskutierte CO₂-freie Stahlproduktion, ist gemäß der Aussage des Interviewpartners ohne Digitalisierung nicht möglich. Digitalisierung wird ebenfalls im Bereich Kreislaufwirtschaft (engl. circular economy) benötigt. Dabei ergeben sich offene Themen wie man Abfälle der Eisen- und Stahlindustrie als Rohstoffe für andere Industrien verwenden kann. Darunter fällt auch die Nutzung der Abwärme für Nachbarn im Industriepark.³²²

Den Fortschritt der digitalen Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie betitelt der Interviewte als laufend mit Hochdruck dahinter.³²³ Seiner Meinung nach, lässt sich die Stahlindustrie in Flachwalzer, Hersteller von Langprodukten und Rohrwalzer unterteilen. Der Einschätzung des Interviewten nach, findet man den höchsten Digitalisierungsgrad bei den Flachwalzern, gefolgt von den Herstellern von Langprodukten. Rohrwalzer hingegen haben laut seiner Erfahrung den geringsten

³²⁰ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³²¹ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³²² Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³²³ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

Digitalisierungsgrad.³²⁴ Unabhängig vom derzeit herrschenden Digitalisierungsgrad, hat die Digitalisierung jedoch für alle Bereiche eine große Bedeutung. Digitalisierung wird als enabling Technology seiner Meinung nach nie abgeschlossen sein. Dies beruht auf der Tatsache der stetig neu aufkommenden Möglichkeiten durch neue Technologien.³²⁵

Als große Herausforderung der Digitalisierung in der Stahlindustrie ist laut dem Interviewtem die Akzeptanz der Mitarbeiter für neue Technologien zu nennen. Die Akzeptanz der Mitarbeiter ist jedoch Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Aus- und Weiterbildung für neue Technologien.³²⁶ Eine weitere Herausforderung ist seiner Meinung nach Cyber-Attacken. Dabei verweist er auf den Angriff auf einen Hochofen eines Stahlproduzenten und auf die potenzielle Gefahr von manipulierten SPS-Steuerungen. Die komplette IT-Infrastruktur sei somit gegen Angriffe von Innen und Außen zu schützen. Die Thematik Cyber-Security wird in allen Werken diskutiert. Doch die Not entsteht meist erst bei einer Attacke. Genau deswegen ist es laut der Aussage des Interviewpartners so schwierig einen Projektpartner für ein solches Projekt zu finden.³²⁷

Der Interviewte vertritt die Meinung, dass Digitalisierung die Voraussetzung für Industrie 4.0 ist. Ohne Digitalisierung gibt es kein Industrie 4.0. Der Interviewte ergänzt, dass es darüber auf Konferenzen jedoch unterschiedliche Auffassungen dazu gibt und die Grenzen zwischen Digitalisierung und Industrie 4.0 vermischt werden. Jedoch ist es laut dem Interviewpartner wichtig zwischen Digitalisierung und Industrie 4.0 zu differenzieren.³²⁸

Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie

Der Interviewte führt an, dass Industrie 4.0 definitiv eines Top-Themen in der Eisen- und Stahlindustrie ist. Das derzeitig vorherrschende Top-Thema sei die CO₂-Problematik in der Industrie. Industrie 4.0 geht bei den großen Stahlproduzenten wie bspw. ArcelorMittal oder Tata Steel oftmals im Tagesgeschäft unter.³²⁹ Seiner Einschätzung nach werden Industrie 4.0-Projekte oftmals nicht mit der nötigen Konsequenz umgesetzt. Dies schuldet er wiederholt der Tatsache, dass Themen des Tagesgeschäft Vorrang haben. Der Interviewpartner nennt den voestalpine Konzern bei der Umsetzung von Industrie 4.0 als Weltmarktführer, da dieser Industrie 4.0-Ansätze laut ihm am konsequentesten verfolgt.³³⁰ Das Thema Industrie 4.0 ist in den Vorständen der Stahlunternehmen schon angekommen, jedoch nur teilweise in den Unternehmensstrategien zu finden.³³¹ Der Interviewte betont, dass die Stahlindustrie eine sehr konservativ eingestellte Industrie sei. Grundsätzlich besteht jedoch eine

³²⁴ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³²⁵ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³²⁶ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³²⁷ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³²⁸ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³²⁹ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³³⁰ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³³¹ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

gewisse Offenheit für Industrie 4.0. Seiner Meinung nach ist die Eisen- und Stahlindustrie nicht offen genug und müsse bei Industrie 4.0 mehr unternehmen.³³² Um den Stand des Fortschritts von Industrie 4.0 benennen zu können, zieht der Interviewte Vergleiche innerhalb der Prozessindustrie und mit Stückgutfertiger. Seiner Einschätzung nach ist die Stahlindustrie im direkten Vergleich mit der Glas- oder Zementindustrie schon sehr weit fortgeschrittener. Im Vergleich mit Stückgutfertiger jedoch deutlich zurück. Dies führt der Interviewpartner auf die Problematik der Materialverfolgung- und Kennzeichnung in der Eisen- und Stahlindustrie zurück. Er verweist hierbei beispielhaft auf die Herausforderung bei der Kennzeichnung von 150 Tonnen flüssigen Stahl, der dann zu einer Bramme gegossen wird oder eines bis zu 20 Kilometer langen Kaltbandes. Grundsätzlich befindet sich die Stahlindustrie bei Industrie 4.0 schon mittendrin und ist über die Anfangsphase bereits hinaus.³³³ Als Treiber bezeichnet der Interviewpartner Qualitätsoptimierung, Leistungssteigerung, Instandhaltung und Kostenoptimierung.³³⁴

Der Interviewte gibt an, dass der Fokus bei Industrie 4.0-Anwendungen für die Stahlindustrie bei Themen der Qualitätsoptimierung, Leistungssteigerung, Instandhaltung und Kosteneffizienz liegt. Als Vorteile, die durch Industrie 4.0 für die Stahlindustrie zu erwarten sind, nennt er die Optimierung von Qualität und Kosten, Erhöhung der Ausbringung und eine Verringerung der CO₂-Emissionen. Zudem sind dies für den Interviewpartner wesentliche Faktoren für die Wettbewerbsfähigkeit der Stahlunternehmen. Weiter führt er an, dass Industrie 4.0 das Werkzeug ist, um den Wettbewerb gewinnen zu können.³³⁵

Die Risiken von Industrie 4.0 sind mit den Herausforderungen der Digitalisierung zu vergleichen (Cyber-Attacken, Akzeptanz der Mitarbeiter). Laut dem Interviewten sind die Auswirkungen bei Industrie 4.0 jedoch viel schlimmer.³³⁶

Interviewte schreibt der Ressourceneffizienz bei Industrie 4.0 in der Stahlindustrie derzeit noch keine große Rolle zu. Er sieht daher Energie- und Materialeffizienz nicht als Treiber für Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie. Bei einem von seinem Forschungsinstitut umgesetzten Projekt konnte durch Big-Data Anwendungen neben einer Qualitätsoptimierung zusätzlich auch die Materialeffizienz verbessert werden. Dies war jedoch laut seiner Aussage eher eine positive Begleiterscheinung. Das eigentliche und wesentliche Ziel war die Verbesserung der Qualität.³³⁷

Der Interviewte verweist auf ein bereits abgeschlossenes Projekt zur Verbesserung der Energieeffizienz. Es herrschte folgende Ausgangssituation vor. In der Produktion eines

³³² Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³³³ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³³⁴ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³³⁵ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³³⁶ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³³⁷ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

Flachstahlproduzenten gab es regelmäßig nicht erklärbare Schwankungen beim Energiebedarf. Diese galt es zu identifizieren und auf Prozesse und bearbeitete Materialien zurückzuführen, um den Energieeinsatz zu optimieren. Der erste Schritt zur Problemlösung beinhaltete eine vollständige Materialverfolgung entlang aller Prozesse. Anschließend wurden sämtliche Energieverbräuche den Materialien zugeordnet. Dies gab Aufschluss über alle Energieverbräuche der Materialien in sämtlichen Prozessen. Somit wurde fortan jedem Coil ein Energiepass ausgestellt. Dieser Energiepass enthielt die Information wann welcher Energieverbrauch anfiel. Der zweite Schritt war die Implementierung einer Datenbank. Die Datenbank wird mit Daten aus zwei Quellen gespeist. Erstens mit den Energieverbräuchen und zweitens mit aktuellen Prozessdaten. Somit konnten nun Materialien mit hohen Energieverbräuchen identifiziert werden. Die Analyse der gesammelten Daten erfolgte über Machine-Learning. Dadurch konnten fortan Korrelationen zwischen verwendeten Materialien und Energieverbräuche identifiziert werden. Das Ergebnis des drei Jahre laufenden Projekts war ein voll funktionsfähiger Prototyp, mit diesem die Energieeffizienz in der Produktion des Flachstahlherstellers verbessert werden konnte. Die größte Herausforderung bei diesem Projekt war gemäß der Aussage des Interviewpartners der Faktor Mensch. Nach der Umsetzung hat sich zunächst nichts verändert, da der Mensch zu viel eingegriffen hat. Dabei galt es die gewohnten Prozessabläufe zunächst einmal zu durchbrechen. Zusätzlich war die Integration der Sensorik in den Prozess eine weitere Herausforderung.³³⁸

Auf die Frage welchen Beitrag Industrie 4.0 zur Verbesserung der Ressourceneffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie liefern kann, nennt der Interviewte die Steigerung der Ausbringung bei gleichbleibenden Rohmaterialeinsatz. Wobei er hierbei unterstreicht, dass nicht jeder Ansatz bzw. Automation als Industrie 4.0 bezeichnet werden kann.³³⁹

Der Einschätzung des Interviewten nach, wird die flächendeckende Digitalisierung als Voraussetzung für Industrie 4.0, noch Zeit in Anspruch nehmen. Aktuell verfolgen die einzelnen Werke zwei Strategien bei der Umsetzung von Industrie 4.0. Zum einen die Strategie der low-hanging fruits. Dabei werden Industrie 4.0-Anwendungen umgesetzt, welche auch schnellen Profit bringen. Anschließend wird nach der erfolgreichen Umsetzung, nach möglichen weiteren Einsatzgebieten gesucht und das Thema Industrie 4.0 weiter ausgerollt. Zum anderen wird ein gewisser Fahrplan (vgl. Roadmap) für eine Schrittweise Vorgehensweise bei Industrie 4.0 eingesetzt. Der Interviewte hebt hierbei hervor, dass dies komplett unterschiedliche Strategien seien. Die weitere Entwicklung von Industrie 4.0 ist jedoch stark von der IT-Technologie und deren Entwicklung abhängig. Der Interviewpartner schreibt der Selbstorganisation in der Produktion jedoch eine wichtige Rolle bei der Entwicklung der Industrie 4.0-Thematik zu.³⁴⁰

³³⁸ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³³⁹ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

³⁴⁰ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

5.2.2 Interview 3

Allgemeine Informationen

Der Interviewte ist der Verkaufsleiter für Industrie 4.0-Lösungen eines Anlagenbauers (Anmerkung des Autors). Das Unternehmen bietet Komplettlösungen für die Stahlindustrie entlang der Wertschöpfungskette an. Dies betreffen Turnkey-Lösungen angefangen von Sinterbad und Pelletierung über Hochofen- und Elektrostahlroute, Direktreduktion bis hin zu Stranggussanlagen und Walzwerken für Kalt- und Warmband.³⁴¹

Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie

Gewisse Aspekte der Digitalisierung gibt es laut dem Interviewten in der Eisen- und Stahlindustrie bereits seit mehreren Jahrzehnten. Diese betreffen vor allem Prozessabbildungen, Prozessoptimierungen und Prozesssteuerungen im Level 2 Bereich. Die in den letzten Jahren neu hinzugekommenen Softwarelösungen würden seiner Meinung nach für weitere Transparenz sorgen. Der Interviewte führt an, dass die Digitalisierung drei Bereiche abdecken kann. Den digitalen Zwilling der Anlage, den digitalen Zwilling des Prozesses und zuletzt den digitalen Zwilling des Produkts.³⁴²

Der Interviewte ist der Auffassung, dass sich die Eisen- und Stahlindustrie gerade mitten in der digitalen Transformation befinde. Wie bereits erwähnt, gibt es Digitalisierungsansätze in der Stahlindustrie bereits seit mehreren Jahrzehnten. Im Bereich des digitalen Zwillings der Anlage würde er den Stand als mittendrin beurteilen. Dahingegen ist der Bereich des digitalen Zwillings des Prozesses seiner Einschätzung nach schon sehr weit fortgeschritten. Ebenso gilt dies für digitale Zwillinge des Produkts, wo es bereits seit einigen Jahren Lösungen, seines Unternehmens und auch deren Mitbewerbern, gibt.³⁴³ Der Meinung des Interviewten nach, gibt es in Europa einige Stahlproduzenten mit fortgeschrittenem Digitalisierungsgrad. Er verweist jedoch auf die Tatsache, dass diese Lösungen oftmals Teil einer über die Jahre gewachsenen Struktur sind und bezeichnet diese als Patchwork-Lösungen. Eine weitere Herausforderung sind digitale Lösungen der 70er- und 80er-Jahre. Die damals von den erstmals ausgebildeten Informatikern verwendeten Programmiersprachen sind seiner Auffassung nach heutzutage bereits sehr antiquiert. Diese gilt es seiner Empfehlung nach langsam zu ersetzen und sicherer zu machen. Ein großes Wachstum hinsichtlich Digitalisierung attestiert er den Stahlunternehmen in China. Seiner Meinung nach sind chinesische Unternehmen am affinsten bei der Umsetzung von Digitalisierungsprojekten. Dasselbe gilt laut dem Interviewten auch für Südostasien, jedoch mit geringerem Wachstumspotenzial.³⁴⁴

³⁴¹ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁴² Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁴³ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁴⁴ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

Der Interviewpartner sieht hinsichtlich der Definition zwischen Digitalisierung und Industrie 4.0 keinen großen Unterschied. Ebenso wird in seinem Unternehmen Digitalisierung und Industrie 4.0 synonym verwendet. Er verweist dabei auf die Publikation „Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0“ der Forschungsgruppe Industrie 4.0 rund um Henning Kagermann, welche den Begriff Industrie 4.0 seiner Aussage nach in den internationalen Fachgebrauch geführt haben. Der Interviewte ist der Meinung, dass deshalb Digitalisierung das neutralere Wort für Industrie 4.0 ist.³⁴⁵

Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie

Der Interviewte bezeichnet Industrie 4.0 als ein Top-Thema in der Eisen- und Stahlindustrie. Dies bestätigt er auch mit der Tatsache, dass das Top-Management seiner Kunden Industrie 4.0 bereits als ein wichtiges Thema bereits. Ein weiteres Top-Thema sind die vielfach diskutierten CO₂-Emissionen der Stahlindustrie. Der Einschätzung des Interviewten nach, ist Industrie 4.0 ein Schritt, der neben der CO₂-Debatte parallel passiert. Industrie 4.0 findet laut dem Interviewpartner demnach auch langsam Eingang in die Unternehmensstrategien. Das Unternehmen als Komplettlösungsanbieter helfe seinen Kunden dabei einen Weg zu finden, wie Digitalisierung bzw. Industrie 4.0 den Betrieb unterstützen kann.³⁴⁶ Grundsätzlich sei die Eisen- und Stahlindustrie positiv für Industrie 4.0 gestimmt und befindet sich bereits mitten in dieser Transformation.³⁴⁷ Der Interviewpartner nennt Reproduzierbarkeit als einen der Haupttreiber für Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie. Dies bedeutet vor allem den Produktionsprozess stabil auf dem geforderten Qualitätsniveau zu halten. Seiner Aussage nach ergibt sich dadurch weniger Ausschuss in der Produktion und in weiterer Folge auch weniger Ausschuss bei den Endkunden und somit lassen sich deren Produkthanforderungen auch befriedigen.³⁴⁸

Die Potenziale von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie sind der Meinung des Interviewten nach stark von der Strategie und den Stärken der einzelnen Unternehmen abhängig. Bedient ein Unternehmen hauptsächlich Kunden aus dem Hochqualitätsbereich wie der Automobilindustrie, sieht der Interviewte Potenzial für die Prozessstabilität und die Möglichkeit zur kostengünstigen Produktion der gefragten Stahlgütern.³⁴⁹ Ein weiteres Potenzial sieht er bei der Ressourceneffizienz. Gemäß der Angabe des Interviewten geht es hierbei darum, die vorhandenen Ressourcen möglichst effizient einzusetzen. Ein effizienter Ressourceneinsatz wirkt sich seiner Einschätzung nach positiv auf die Produktionskosten aus. Vorteile durch Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie sieht der Interviewte in den Bereichen Qualität, Produktivität und Flexibilität. Beim Bereich Qualität geht es vor allem um die Reproduzierbarkeit und Prozessstabilität. Er ist der Meinung, dass man eine maximale Produktivität für den gegebenen Markt nur mit einer flexiblen Produktion erreichen

³⁴⁵ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁴⁶ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁴⁷ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁴⁸ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁴⁹ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

kann. In allen drei Bereichen geht es laut dem Interviewten letztendlich auch immer um den Ressourceneinsatz.³⁵⁰

Industrie 4.0 hat seiner Auffassung nach einem erheblichen Anteil für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie und ist das Werkzeug, um den Wettbewerb gewinnen zu können.³⁵¹ Dies ist auch ein Grund dafür, dass sein Unternehmen einen Schwerpunkt auf Digitalisierung und Industrie 4.0 gesetzt hat. Seiner Aussage nach, darf Industrie 4.0 kein Selbstzweck sein, sondern bietet einen erheblichen Mehrwert für die Kunden der Stahlproduzenten. Seiner Auffassung nach haben chinesische Kunden die größte Affinität für Industrie 4.0 Lösungen. Dies begründet er mit der Tatsache, dass Stahlwerke in China oftmals neu auf der grünen Wiese (Anm. greenfield projects) gebaut werden. Dadurch werden Industrie 4.0-Anwendungen schon in der Planungsphase berücksichtigt und in der Bauphase bereits implementiert. In Europa hingegen finden man in den Werken, wie bereits erwähnt, meist gewachsene Strukturen vor.³⁵²

Der Interviewte nennt die geringe Akzeptanz des Betriebspersonals für Industrie 4.0-Lösungen als große Herausforderung. Dies versucht er damit zu erklären, dass es für das Personal oftmals schwierig ist gewohnte und jahrelang funktionierende Arbeitsabläufe zu durchbrechen. Ein weiterer Grund ist seiner Meinung nach die Angst vor dem Verlust der Arbeitsstelle. Ein Mitarbeiter vertraut ungern einem System, welches die Arbeit eventuell besser erledigt als er selbst. Dies sollte jedoch nie der Hintergrund für die Implementierung von Industrie 4.0-Anwendungen sein.³⁵³ Die Thematik Usability der Systeme sieht er hingegen nicht als Herausforderung. Vielmehr wird sich seiner Meinung nach die Art der Arbeit verändern. Das Personal wird zukünftig höherwertige Aufgaben übernehmen müssen. Diese Hürde muss seiner Auffassung nach mit Hilfe eines Changemanagement-Prozess gemeistert werden. Dabei muss der durch Industrie 4.0 erreichte Mehrwert, die Verbesserung der Prozessstabilität, vom Management an das Betriebspersonal klar kommuniziert werden.³⁵⁴ Spielt das Betriebspersonal hierbei nicht mit und bedient diese Systeme nicht, werden die angestrebten Ziele nicht erreicht. Als Risiko bezeichnet er die Gefahr, dass man sich zu sehr auf diese digitalen Systeme verlässt. Man muss dem Betriebspersonal die Folgen und Auswirkung vor Augen führen, damit es bei auftretenden Problemen auch richtig reagieren kann.³⁵⁵

Ressourceneffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie bedeutet für den Interviewten die Produktion eines Produktes aus einem Vormaterial bei minimaler Blindleistung.³⁵⁶ Als Industrie 4.0-Anwendungsbeispiel nennt der Interviewte dafür eine optimale

³⁵⁰ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁵¹ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁵² Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁵³ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁵⁴ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁵⁵ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁵⁶ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

Temperaturführung vor einer Stranggussanlage. Eine optimale Temperaturführung hat eine minimale Überhitzung der Schmelze zum Ziel. Jeder zusätzliche Grad ist dabei als Energieverschwendung anzusehen.³⁵⁷ Dafür gibt es Planungssysteme, um die Temperaturführung zu optimieren. Industrie 4.0 ermöglicht es auch die Lagerbestände in den Zwischenlagern zu optimieren und dadurch Kapitalbindung zu reduzieren. Dies basiert auf genaue Voraussagungen der Absätze am Markt. Damit lassen sich die benötigten Produktionsmengen und Lieferzeitpunkte bestimmen. Dies führt laut dem Interviewpartner auch zu einer Flexibilisierung des Produktionsprozesses. Die endgültige Qualität der Erzeugnisse muss dadurch erst spät im Produktionsprozess festgelegt werden. Dies bietet die Möglichkeit weitgehend ähnliche Vormaterialien produzieren zu können, um den Lagerbestand in den Zwischenlagern zu senken und die Materialeffizienz zu verbessern.³⁵⁸

Der Meinung des Interviewten nach, ist die Eisen- und Stahlindustrie mit ihren bereits jahrelang bewährten Verfahren eine sehr traditionelle Industrie. Seiner Einschätzung nach wird in der Stahlindustrie zukünftig keine große Transformation auf einmal stattfinden. Die digitale Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie wird Schritt für Schritt geschehen. Damit empfindet er es als vorteilhaft, zunächst einmal bereits vorhandene Technologien im Kontext von Digitalisierung und Industrie 4.0 umzusetzen und die Akzeptanz der Mitarbeiter dafür zu finden. Dies ist seiner Meinung nach eine gute Strategie, die Eisen- und Stahlindustrie wettbewerbsfähiger zu machen.³⁵⁹

5.2.3 Interview 4

Allgemeine Informationen

Der Interviewte ist Leiter der zentralen Entwicklung von Unternehmen 4, eines auf den metallurgischen Anlagenbau spezialisierten Unternehmens. In zweiter Funktion ist er der Geschäftsführer eines Tochterunternehmens von Unternehmen 4, welches Digitalisierungs- und Industrie 4.0-Lösungen für die Eisen- und Stahlindustrie entwickelt.³⁶⁰

Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie

Der Interviewte führt an, dass die Digitalisierung für die Eisen- und Stahlindustrie eine große Bedeutung hat. Dies begründet er damit, dass Digitalisierung zu einer Effizienzsteigerung und Verbesserung der Prozessabläufe innerhalb der Stahlwerke führt. Weiters lassen sich durch Digitalisierung auch die Produktportfolios der Stahlkonzerne erweitern und verbessern. Der Meinung des Interviewpartners nach, sind mittlerweile alle Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie in der digitalen

³⁵⁷ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁵⁸ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁵⁹ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

³⁶⁰ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

Transformation angekommen und haben bereits den Mehrwert von Digitalisierung erkannt.³⁶¹

Der Interviewpartner betont, dass der Stand der Digitalisierung innerhalb Stahlindustrie nicht pauschal bestimmt werden kann. Dies ist seiner Aussage nach von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich. Selbst innerhalb eines Stahlkonzerns kann es Bereiche mit unterschiedlichem Digitalisierungsgrad geben. Oftmals findet man Prozesse vor, diese nicht digital sind und im Gegensatz gibt es voll digitale Prozesse. Seiner persönlichen Einschätzung nach arbeiten 50% der Stahlproduzenten überwiegend nicht digital, 40% teilweise digital und 10% überwiegend digital.³⁶² Er ist der Meinung, dass die digitale Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie nie abgeschlossen sein wird. Dies Begründet er damit, dass auch zukünftig neue digitale Technologien am Markt verfügbar sein werden. Seiner Einschätzung nach wird die Branche in Bezug auf Digitalisierung jedoch erst in 10 bis 15 Jahren weit fortgeschritten sein. Der Interviewpartner erwähnt auch, dass die Kunden seines Unternehmens mehrstellige Millionenbeträge in Digitalisierungsprojekte investieren. Dies bezieht er auch auf Kunden außerhalb Europas wie Russland, China oder USA. Bei diesen Initiativen geht es mehrheitlich um Prozessoptimierung, Kostenreduktion und Effizienzsteigerung.³⁶³

Als Herausforderung bei der digitalen Transformation nennt der Interviewpartnern einerseits die entsprechende Nutzung der vorhandenen Kompetenzen einzelner Mitarbeiter. Im Zuge der Digitalisierung eines Stahlwerkes bedarf es einer speziellen Herangehensweise an die vorhandenen analogen Prozesse unter Nutzung neuer Werkzeuge und Methoden. Er verweist hierbei auf die, seiner Einschätzung nach, sehr traditionell geprägte Eisen- und Stahlbranche. Neue Digitalisierungslösungen werden daher oftmals skeptisch aufgenommen.³⁶⁴ Die zweite Herausforderung betrifft laut dem Interviewpartner den Schutz der Großanlagen der Eisen- und Stahlindustrie gegen Cyberattacken. Der Interviewte verweist dabei auch auf Cloud-Lösungen. Er sieht ein gewisses Risiko darin, dass die Daten dabei extern gespeichert werden. Bei Cloud-Lösungen gibt es laut dem Interviewten noch keine einheitlichen Standards und Vorgehensweisen, an denen sich die Unternehmen bei der Umsetzung dieser Lösungen orientieren können. Die Herausforderung bei Cloud-Technologien ist, dass sich die Stahlkonzerne dabei oftmals auf neue unbekannte Wege begeben. Der Interviewte hält fest, dass man Digitalisierung nicht kaufen kann. Digitalisierung muss man als Unternehmen Schritt für Schritt selbständig umsetzen und erleben.³⁶⁵

Der Interviewte bezeichnet Digitalisierung als Basis für Industrie 4.0. Diese Aussage untermauert er damit, dass die Konnektivität einzelner Funktionen im Sinne von

³⁶¹ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

³⁶² Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

³⁶³ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

³⁶⁴ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

³⁶⁵ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

Industrie 4.0 erst durch digitalisierte und abgespeicherte Daten ermöglicht wird. Digitalisierung ermöglicht demnach Datenmanagement und Datentransparenz und bildet somit die Grundlage für Industrie 4.0.³⁶⁶

Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie

Für den Interviewten zählt Industrie 4.0 neben der CO₂-Thematik zu einem der Top-Themen in der Eisen- und Stahlindustrie. Aufgrund der vielgeführten CO₂-Diskussion und den damit verbundenen kostenintensiven CO₂-Zertifikaten, drängen sich Themen wie Wasserstoffmetallurgie und Kosteneffizienz in den Vordergrund. Aufgrund dessen muss der in Europa produzierte Stahl zunächst als wettbewerbsfähiger Werkstoff zu marktgerechten Preisen am Markt gehalten werden. Die drei Top-Themen sind seiner Meinung nach CO₂-Emissionen, Energieeffizienz und Recyclingkreisläufe, sowie die Entwicklung neuer Werkstoffe. Wenn Industrie 4.0 zur Verringerung der CO₂-Emissionen und dementsprechend auch zur Kostenreduktion beitragen kann, werden diese Technologien seiner Meinung nach auch genutzt werden.³⁶⁷ Im Zusammenhang damit erwähnt der Interviewte, dass das Thema Digitalisierung und in weiterer Folge Industrie 4.0 auch in den Visionen und Leitbildern der Stahlunternehmen erwähnt wird. Seiner Aussage nach wird diese Thematik auch vom Top-Management gefordert und unterstützt.³⁶⁸

Gemäß der Angabe des Interviewten seien die Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie allerdings nur bedingt offen für Industrie 4.0. Einzelne Schritte wurden jedoch bereits getätigt und seiner Einschätzung nach, befindet sich die Stahlbranche derzeit noch in einer gewissen Erprobungsphase mit einzelnen Industrie 4.0-Anwendungen. Dabei wird versuchsmäßig erprobt, in welchen Bereichen der Stahlindustrie Industrie 4.0 umsetzen lässt. Letztendlich werden seiner Meinung nach nur wertstiftende Anwendungen zum Einsatz kommen und umgesetzt werden.³⁶⁹

Der Interviewte nennt die Wertstiftung aus Datenerhebung und Auswertung als Treiber für Industrie 4.0. Zur Erklärung vergleicht er dabei die Datenerhebung mit einem Erntevorgang. Sinn und Zweck der Datenerhebung soll sein, eine wertstiftende Funktion damit zu erschaffen. Dafür müssen die Daten sorgfältig erhoben werden. Es geht dabei nicht darum alle Daten zu sammeln, sondern nur diese Daten, die man tatsächlich benötigt. Letztendlich müssen die erhobenen Daten mit dem Prozesswissen verheiratet und ausgewertet werden. Dies bildet seiner Meinung nach die Basis für digitale Modellierungen.³⁷⁰

Potenziale von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie sieht der Interviewpartner in den Bereichen Produktionsplanung, Qualität, und Asset Management. Zusätzlich

³⁶⁶ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

³⁶⁷ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

³⁶⁸ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

³⁶⁹ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

³⁷⁰ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

nennt er noch die Bereiche Logistik, Energie und Recycling. Seiner Meinung nach nimmt im Industrie 4.0-Paradigma die Thematik der Kostenreduktion eine bedeutende Rolle ein und ist dahingehend der Haupttreiber dahinter. Der Interviewte erwartet sich für die Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie eine jährliche Kostenersparnis von 2%-3%. Dabei verweist er auch auf die Potenziale zur Kostenreduktion im Bereich der Energie- und Materialeffizienz. Jede Maßnahme zur Energieersparnis hat laut dem Interviewten eine Kostenreduktion und Senkung der CO₂-Emissionen zur Folge. Für den Interviewten ist Industrie 4.0 daher ein Werkzeug, um den Wettbewerb gewinnen zu können. Dies begründet er wiederholt mit der durch Industrie 4.0 angestrebten Kostenersparnis. Einen weiteren wichtigen Aspekt von Industrie 4.0 zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit sieht er darin, dass Mitarbeiter heutzutage in modernen, top-ausgestatteten Unternehmen, mit den neuesten Werkzeugen arbeiten möchten. Kann das ein Unternehmen nicht bieten, werden die besten Mitarbeiter von den Mitbewerbern abgeworben. 4.0³⁷¹

Als Herausforderung bei Umsetzung von Industrie 4.0-Lösungen nennt der Interviewpartner die Mitarbeiter als entscheidenden Faktor. Im Zuge der Planung und Implementierung wollen Mitarbeiter seiner Meinung nach mitgestalten und Teil davon sein. Dies erhöht auch die Akzeptanz der Mitarbeiter für Industrie 4.0. Eine weitere Herausforderung ist die Richtigkeit der Daten zu gewährleisten. Keine Daten zu sammeln sei seiner Aussage nach wichtiger als falsche Daten zu sammeln und weiterzuverarbeiten. Dies setzt eine gewisse Disziplin und Sorgfalt der Mitarbeiter voraus.³⁷² Datenschutz und Datensicherheit nennt der Interviewte als Risiko bei Industrie 4.0. Als Beispiel nennt er dafür, dass Unternehmen im Rahmen von Industrie 4.0 anders agieren müssen, als bisher gewohnt. Bei Industrie 4.0 müssen sich Stahlunternehmen, im Sinne der horizontalen Vernetzung auf Partnerschaften mit Anlagenbauern, IT-Dienstleistern und anderen Unternehmen einlassen. Dabei werden unter allen Beteiligten Daten und Informationen ausgetauscht, die es auch entsprechend zu schützen gilt.³⁷³ Zusätzlich schätzt der Interviewte Cyberattacken als weiteres Risiko ein. Oftmals wird dieses Risiko durch Fehlverhalten von Mitarbeitern hervorgerufen. Dafür empfiehlt der Interviewpartner die Mitarbeiter in dieser Thematik ausreichend zu schulen. Er verweist auch darauf, dass die in den Prozessen der Stahlindustrie eingesetzten Automatisierungslösungen und Rechner unzureichend geschützt sind.³⁷⁴

Das Unternehmen des Interviewten realisierte für Kunden bereits Industrie 4.0-Anwendungen die zu einer Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz geführt haben. Als Beispiel dafür nennt der Interviewpartner Qualitätsüberwachungssysteme, diese automatische Freigabeprozesse für die nachfolgenden Prozessschritte durchführen und somit die Energie- und Materialeffizienz verbessern. Gemäß der Meinung des Interviewten lässt sich durch eine frühzeitige Identifikation von

³⁷¹ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

³⁷² Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

³⁷³ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

³⁷⁴ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

Abweichungen am Produkt noch entsprechende Gegenmaßnahmen einleiten und somit Ausschuss verringern und dadurch die Materialeffizienz steigern. Qualitätsüberwachungssysteme steigern die Energieeffizienz, in dem fehlerhafte Produkte vorzeitig aus der Prozesskette ausgeschieden werden und dadurch Weiterverarbeitungsschritte eingespart werden können.³⁷⁵ Als Herausforderung bei der Realisierung dieser Industrie 4.0-Lösungen ist das Know-how der Mitarbeiter. Dabei gilt es Fachwissen und digitale Kompetenzen zu verbinden. Ziel ist es Systeme und Funktionalitäten zu erschaffen, die auch vom Betriebspersonal der Kunden genutzt werden. Dies bedarf laut dem Interviewten einer gewissen Einarbeitungs- und Schulungsphase der Mitarbeiter seines Unternehmens. Sein Unternehmen sieht daher Bedarf an Mitarbeitern mit entsprechendem Fachwissen aus der Eisen- und Stahlindustrie und digitalen Kompetenzen.³⁷⁶

Der Interviewte gibt an, dass sein Unternehmen selbst keine Forschungsaktivitäten am Gebiet Industrie 4.0 betreibt. Unternehmen 4.1 entwickelt jedoch eigenständig Digitalisierungs- und Industrie 4.0-Lösungen für die Eisen und Stahlindustrie. Man stehe fortlaufend im Austausch mit Kunden und Partnerunternehmen, welche sich auch in der Prozessindustrie bewegen. Diese Partnerunternehmen sind vornehmlich Anlagenbauer für die Chemieindustrie und sozusagen Marktbegleiter. Seiner Einschätzung nach wird Industrie 4.0 innerhalb der Eisen- und Stahlindustrie weiter an Fahrt aufnehmen. Er vergleicht diese Entwicklung mit dem Übergang von der Dampfkraft auf die Elektrizität. Damals wurden gemäß des Interviewpartners noch jahrelang dampfbetriebene Maschinen in der Produktion eingesetzt, bevor die Produktion vollständig elektrifiziert wurde. Stahlkonzerne werden nicht alle Prozesse auf einmal digitalisieren und sich in Richtung Industrie 4.0 bewegen. Vielmehr werden die Unternehmen schrittweise ihre Prozesse digitalisieren und somit diese Transformation in der Stahlindustrie sukzessive vorantreiben. Der Hype rund um Industrie 4.0 sei seiner Meinung nach jedoch schon abgeklungen. Das Thema Industrie 4.0 ist jedoch in den Betrieben angekommen und wird bei Neukonzipierung von Anlagen auch bereits umgesetzt.³⁷⁷

5.2.4 Interview 5

Allgemeine Informationen

Der Interviewte ist der leitende Metallurge bei Unternehmen 5, einem jungen Start-up. Unternehmen 5 bietet Digitalisierungs- und Softwarelösungen für die Eisen- und Stahlmetallurgie, sowie Nichteisenmetallurgie und Zementindustrie an. Konkret werden Level 2 und Level 3 Funktionalitäten in einem Softwarepaket angeboten und somit die

³⁷⁵ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

³⁷⁶ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

³⁷⁷ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

Lücke, gemäß der Angabe des Interviewten, zwischen Level 1 und Level 4 der Automatisierungspyramide geschlossen.³⁷⁸

Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie

Der Interviewte sieht eine Notwendigkeit in der Digitalisierung von Prozessen. Erst dadurch lassen sich Prozesse mit geeigneten Modellen simulieren und positive Effekte, wie CO₂-Minimierung oder Energiekosteneinsparung erzielen.³⁷⁹

Den Stand der Digitalisierung bei den Kunden von Unternehmen 5 schätzt der Interviewte auf teilweise digital ein. Der Digitalisierungsgrad innerhalb der Eisen- und Stahlindustrie sei seiner Einschätzung nach von Unternehmen zu Unternehmen sehr unterschiedlich. Der Erfahrung des Interviewten nach, ist die Verwendung analoger Laufzettel in Stahlunternehmen jedoch noch immer Teil des täglichen Produktionsprozesses. Unternehmen der Stahlindustrie sollten gemäß des Interviewpartners zunächst einmal die produktionsbegleitenden Laufzettel abschaffen und durch digitale Lösungen ersetzen.³⁸⁰

Eine große Herausforderung bei der Digitalisierung der Eisen- und Stahlindustrie sieht der Interviewte bei der Einbindung bereits vorhandener bewährter Automatisierungssysteme in neue digitale Softwarelösungen. Der Interviewpartner sieht darin auch einen gewissen Generationenkonflikt zwischen bewährten und neu entwickelten Systemen. Eine weitere Herausforderung ist die das oftmals fehlende Know-how der Mitarbeiter bei Automatisierungs- und Digitalisierungslösungen. Seiner Meinung nach sollte als Gegenmaßnahme Automatisierungstechnik vermehrt in den Schulen unterrichtet werden.³⁸¹

Der Interviewte sieht neben der Digitalisierung auch die Automatisierungstechnik als Basis für Industrie 4.0. Seiner Einschätzung nach kann man erst auf eine gute Automatisierung aufsetzen und Maßnahmen hinsichtlich Digitalisierung und Industrie 4.0 setzen.³⁸²

Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie

Den aktuellen Fortschritt von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie kann der Interviewpartner nicht genau benennen. Dieser ist oftmals von Werk zu Werk unterschiedlich. Seiner Aussage nach gab es erste Ansätze von Industrie 4.0 bereits schon in den 90er Jahren. Damals wurden bspw. neuronale Netzwerke eingesetzt, um den Hochofenprozess zu optimieren. Gemäß seiner Meinung, entsteht rund um KI wieder ein Hype. Im Grunde genommen ist dies laut der Aussage des

³⁷⁸ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

³⁷⁹ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

³⁸⁰ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

³⁸¹ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

³⁸² Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

Interviewpartners entscheidungsbasierte Statistik. Er kann jedoch nicht beurteilen, ob man diese Ansätze aus den 90er Jahren als Industrie 4.0 betiteln kann.³⁸³

Industrie 4.0 ist neben der CO₂-Thematik laut des Interviewten eines der Top-Themen in der Eisen- und Stahlindustrie. Als größten CO₂-Emittenten in der Stahlindustrie nennt der Interviewte den Hochofenprozess zur Erzeugung von Roheisen. Dies führt er auf die Verwendung von Kohle als Reduktionsmittel zurück. Hierbei könnte die Wasserstofftechnologie seiner Einschätzung nach die CO₂-Emissionen innerhalb der Eisen- und Stahlindustrie verringern. Zusätzlich schreibt er der Digitalisierung einen Beitrag zur umweltschonenden Produktion von Stahl zu.³⁸⁴

Der Einschätzung des Interviewten nach, ist Industrie 4.0 nur teilweise in den Strategien der Stahlunternehmen verankert. Er begründet das damit, dass die vierte industrielle Revolution bereits vor dem Zustandekommen von Industrie 4.0 ausgerufen wurde. Dies war bei den vorhergegangenen Entwicklungsstufen seiner Meinung nach nicht der Fall. Die Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie sind auf dem Gebiet von Industrie 4.0 jedoch nicht untätig, da Initiativen auch vom Top-Management unterstützt werden. Er fährt fort, dass Digitalisierung und Industrie 4.0 auch eine gewisse Änderung der Arbeitsweisen und Geschäftsmodelle voraussetzt und nicht nur einzelne Unternehmensbereiche oder Maschinen betrifft. Digitalisierung soll in allen Ebenen der Unternehmen, horizontal sowie auch vertikal Anwendung finden.³⁸⁵

Obwohl seiner Aussage nach nur eine bedingte Offenheit gegenüber Industrie 4.0 vorherrsche, sei die Stahlindustrie grundsätzlich bereit für Industrie 4.0. Die bedingte Offenheit führt der Interviewte auf die Bedenken der Stahlunternehmen bei Cloudbasierten-Lösungen zurück.³⁸⁶ Als Beispiel nennt er dabei Prozessdaten über Fahrweisen von Prozessschritten der Stahlindustrie, welche maßgeblich für der Qualität des Endproduktes verantwortlich sind. Wenn diese Daten über Prozessfahrweisen nun extern bei einem Cloud-Anbieter gespeichert werden, ergeben sich für Unternehmen gewisse Unsicherheitsfaktoren hinsichtlich Datenschutzes und Datensicherheit.³⁸⁷

Als Treiber sieht er vor allem die durch Industrie 4.0 verbesserten Möglichkeiten bei Rückverfolgbarkeit bzw. Nachvollziehbarkeit aus qualitäts- und verfahrenstechnischer Sicht. Zusätzlich nennt er auch Energie- und Materialeffizienz als Treiber zur Umsetzung Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie. Seiner Meinung nach führen die genannten Themen letztendlich alle zu einer Kostenreduktion. Somit ist die

³⁸³ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

³⁸⁴ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

³⁸⁵ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

³⁸⁶ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

³⁸⁷ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

Kostenminimierung seiner Aussage nach als Haupttreiber für Industrie 4.0 anzusehen.³⁸⁸

Potenziale für Industrie 4.0 sieht der Interviewte über die komplette Prozesskette der Eisen- und Stahlindustrie. Er fügt hinzu, dass eine Umsetzung von Industrie 4.0 lückenlos über alle Prozesse erfolgen sollte. Erst dann lässt sich der Material- und Energiefluss seiner Meinung nach optimieren.³⁸⁹

Der Interviewte nennt Material- und Energieeinsparung und in weiterer Folge eine Kosteneinsparung als Vorteile von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie. Weiters werden Prüflabore der Stahlbetriebe mit Hilfe von Industrie 4.0-Anwendungen wie Big Data neue Erkenntnisse gewinnen und sich dadurch die Qualität der Werkstoffe weiter verbessern.³⁹⁰

Ob Industrie 4.0 ein Werkzeug ist, um den Wettbewerb gewinnen zu können kann der Interviewpartner nicht sagen. Industrie 4.0 bietet seiner Auffassung nach mehreren Tools, diese einzelne Unternehmen ihres Geschäftsmodells entsprechend anwenden können. Durch Industrie 4.0 werden sich zusätzlich auch neue Geschäftsmodelle entwickeln. Einen eindeutigen Weltmarktführer bei Industrie 4.0 in der Stahlindustrie kann der Interviewpartner nicht benennen. Er vermutet jedoch, dass der italienische Stahlproduzent ABS sehr fortschrittliche bei Digitalisierungs- und Industrie 4.0-Anwendungen ist. Seine Vermutung führt er darauf zurück, dass ABS ein Tochterunternehmen des Anlagenbauers Danieli ist. Er schätzt, dass die von Danieli neu entwickelten Industrie 4.0-Anwendungen im Werk von ABS getestet und in weiterer Folge auch angewendet werden.³⁹¹

Risiken sieht der Interviewpartner, wie bereits erwähnt hinsichtlich Datenschutz und Datensicherheit von sensiblen Daten. Zusätzlich sieht er für Unternehmen ein gewisses Risiko in der falschen Umsetzung von Industrie 4.0. Seiner Meinung nach ist es nicht möglich Industrie 4.0 als Produkt zu kaufen und danach davon auszugehen, man sei nun im Zeitalter der Digitalisierung angekommen um und kann damit kostenoptimierend produzieren. Bei Industrie 4.0 bedarf es einer von Unternehmen zu Unternehmen eigene Vorgehensweise. Nicht jedes Unternehmen benötigt dieselben Funktionalitäten bzw. Industrie 4.0-Lösungen.³⁹²

Unternehmen 5 entwickelt derzeit ein System, das auf Basis mathematischer Algorithmen den Energie- und Materialeinsatz für die Produktion von Rohstahl im EAF minimieren soll. Gemäß der Aussage des Interviewten ist es bei der Stahlerzeugung im EAF oftmals üblich, dass gewisse Trafostufen (Vgl. Fahrdiagramme) abgefahren

³⁸⁸ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

³⁸⁹ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

³⁹⁰ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

³⁹¹ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

³⁹² Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

werden. Der Interviewpartner bezeichnet diese Fahrweisen als statische Vorgaben. Dabei variieren die Fahrweisen von Stahlsorte zu Stahlsorte, sodass die Produzenten somit eine gewisse Anzahl an unterschiedlichen Fahrweisen anwenden. Ziel von Unternehmen 5 ist es mit seinem System sogenannte dynamische setpoint controls anzubieten. Dabei wird mit mathematischen- und metallurgischen Modellen der Zustand im Inneren des Ofens bestimmt. Auf Basis dessen kann das Equipment des EAF so angesteuert werden, dass ein optimaler Output bei minimalen Verlusten in Form von Energie und eingesetzter Stoffe erreicht werden kann. Der Interviewte hält jedoch fest, dass dieses System bisher noch nicht bei einem Kunden implementiert wurde. Man befinde sich derzeit noch in der Phase der Kundenakquise.³⁹³

Aufgrund dessen ist die Finanzierung ohne konkreten Auftrag eine große Herausforderung für Unternehmen 5. Eine weitere Herausforderung ist es, im Zuge der Softwareentwicklung schnell auf Veränderungen reagieren zu können. Dies führt der Interviewpartner auf die Schnelllebigkeit der Technologien rund um Industrie 4.0 zurück. Auch der Mangel an guten Softwareentwicklern am Markt sei sehr herausfordernd. Die Erstellung von Lasten- und Pflichtenheft sei seiner Meinung nach ebenfalls eine Herausforderung.³⁹⁴

Eine Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz lässt sich laut dem Interviewpartner durch den Einsatz von Prozessmodellen erreichen. Damit lassen sich seiner Aussage nach große Masseströme genau abbilden und optimale Einsatzbedingungen hinsichtlich Energie- und Materialeinsatz schaffen. Dies führt seiner Aussage nach zu einer Kostenoptimierung in der Produktion. Der Interviewte ergänzt hierbei, dass auf Basis der von Unternehmen 5 entwickelten Modelle Berechnungen für einen Edelstahlhersteller durchgeführt wurden. Die Ergebnisse waren, dass sich der Produzent unter Einsatz dieser Modelle im schlechtesten Falle 10€ pro Tonne Ausbringung an Kosten ersparen würde. Auch die Erhöhung der Ausbringung mit Industrie 4.0-Technologien sieht er als Beitrag zur Steigerung der Energie- und Materialeffizienz. Er verweist dabei auf den koreanischen Stahlproduzenten Posco, welcher seiner Aussage nach mit neuronalen Netzwerken den Hochofenprozess weiter optimieren und dadurch die Ausbringung steigern konnte.³⁹⁵

Unternehmen 5 forscht nicht auf dem Gebiet von Industrie 4.0. Es gibt jedoch Initiativen wo man mit anderen Unternehmen, speziell mit Anlagenbauern zusammenarbeitet. Dabei unterstützt Unternehmen 5 im Bereich Requirement Engineering bei der Erstellung von Lasten- und Pflichtenheften. Gemäß dem Interviewten hat Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie eine gewisse Erwartungshaltung erzeugt. Unternehmen blicken seiner Meinung nach bei dieser Thematik jedoch zu weit in die Zukunft. Seiner Empfehlung nach sollen

³⁹³ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

³⁹⁴ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

³⁹⁵ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

Stahlunternehmen fortlaufen Ihre Erwartungen in die Tat umzusetzen und Schritt für Schritt die Umsetzung von Industrie 4.0 vorantreiben. Weiters ist er der Meinung, dass auch in Zukunft der Mensch im Industrie 4.0-Paradigma eine zentrale Rolle spielen wird. Es wird seiner Auffassung nach jedoch mehr höher qualifiziertes Personal benötigt als bisher. Das Betriebspersonal wird vom Systembediener zum Systembefähiger und die Tätigkeiten seiner Einschätzung nach arbeitsintensiver.³⁹⁶

5.2.5 Interview 6

Allgemeine Informationen

Der Interviewte ist der Geschäftsführer von zwei Fachverbänden aus dem Umfeld der metalltechnischen Industrie und der Gießereiindustrie. Der Interviewpartner kann eine langjährige Expertise im Bereich Umweltmanagement vorweisen und war Teilnehmer an den Verhandlungen zum Kyoto-Protokoll.³⁹⁷

Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie

Für den Interviewten hat die Digitalisierung in den Bereichen Rückverfolgbarkeit und Prozessoptimierung eine bedeutende Rolle. Im Falle einer Reklamation, kann mit einer eindeutigen digitalen Rückverfolgbarkeit die Fehlerursache leichter identifiziert werden.³⁹⁸ Als praxisbezogenes Beispiel nennt er dafür eine im Fachverband tätige Walzengießerei. Im Zuge der Produktion erhält jede Walze eine Codierung. Sämtliche Daten wie Gussparameter, Legierungen, Ofentemperatur, Position im Ofen und Abkühlkurve werden für jede Walze gespeichert. Durch abscannen der Codierung können diese Daten ausgelesen werden. Dadurch wird seiner Meinung nach eine eindeutige digitale Rückverfolgbarkeit gewährleistet.³⁹⁹ Ebenso sieht der Interviewte die digitale Datenerfassung als Basis für sämtliche Optimierungen aller Herstellungsprozesse. Der Interviewpartner verweist hierbei auf die Möglichkeit zur Energieeinsparung im Gussbereich. Seiner Meinung nach ist dafür der effektivste Ansatz eine Materialeinsparung durch Verringerung der Wandstärken des gegossenen Teils. Dadurch müsse weniger Material aufgeschmolzen und Energie eingesetzt werden.⁴⁰⁰

Die digitale Transformation in der Gießereiindustrie, als Teil der Eisen- und Stahlindustrie sieht der Interviewte allgemein als laufend. Jedes Unternehmen muss seiner Aussage nach seiner Einschätzung nach ist dies jedoch von Unternehmen zu Unternehmen sehr unterschiedlich.⁴⁰¹ Eine Schwierigkeit sieht er in der oftmals

³⁹⁶ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

³⁹⁷ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

³⁹⁸ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

³⁹⁹ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴⁰⁰ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴⁰¹ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

fehlenden Kompetenz der Mitarbeiter bei der Umsetzung von Digitalisierung im Unternehmen.⁴⁰²

Seiner Meinung nach setzt eine Vernetzung im Sinne von Industrie 4.0 Wissen voraus. Digitalisierung ermöglicht es dafür Daten zu generieren und dadurch Informationen zu gewinnen. Demnach ist seiner Auffassung nach Digitalisierung die Basis für Industrie 4.0.⁴⁰³

Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie

Der Interviewpartner bezeichnet Industrie 4.0 nicht als eines der Top-Themen in der Eisen- und Stahlindustrie. Er steht der prozessübergreifenden Vernetzung bei Industrie 4.0 grundsätzlich kritisch gegenüber. Seiner Meinung nach reicht eine strukturelle Datenerfassung und bezeichnet dies mit „Industrie 3+“.⁴⁰⁴

Er fährt jedoch fort, dass Industrie 4.0 in den Unternehmensstrategien der Firmen der Eisen- und Stahlindustrie, sowie Gießereibetrieben verankert ist. Eine technologische Weiterentwicklung sei für die Konkurrenzfähigkeit unabdingbar.⁴⁰⁵

Seiner Einschätzung nach ist die Eisen- und Stahlindustrie nicht die innovativste Industrie, jedoch bestehe eine Bereitschaft und Offenheit für Industrie 4.0.⁴⁰⁶ Grundsätzlich seien laut dem Interviewtem innovative Firmen jene, welche auch Gewinn machen würden.⁴⁰⁷

Vorteile durch Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie sieht der Interviewte vorrangig in der Kostenreduktion. Dies beträfe seiner Meinung nach produktionsseitig hauptsächlich Personalkosten. Hohe Produktionskosten gefährden seiner Aussage nach die Wettbewerbsfähigkeit der Firmen aus Hochlohnländern.⁴⁰⁸ Zusätzlich erwarte er sich auch Vorteile im Qualitätsbereich, was wiederum seiner Meinung nach ein entscheidender Wettbewerbsfaktor ist. Der Interviewte vertritt den Ansatz, dass Industrie 4.0 ein Werkzeug ist um den Wettbewerb gewinnen zu können.⁴⁰⁹

Risiken bei Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahl Industrie sieht der Interviewpartner darin, dass sich die Mitarbeiter zu sehr auf die digitalen Systeme verlassen würden und dadurch auch Know-how verloren gehen würde. Er begründet dies damit, dass die aus

⁴⁰² Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴⁰³ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴⁰⁴ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴⁰⁵ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴⁰⁶ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴⁰⁷ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴⁰⁸ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴⁰⁹ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

den Systemen gewonnenen Informationen zukünftig nicht mehr hinterfragt werden. Zusätzlich sieht er auch Bedrohungen hinsichtlich Datenschutz und Datensicherheit.⁴¹⁰

Wie bereits erwähnt, ist die Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz beim Gießprozess vor allem über Materialeinsparung zu realisieren.⁴¹¹ Bei dieser Thematik verweist der Interviewpartner auf ein im Verband ansässiges Forschungsinstitut. Dieses Institut führt Simulationen mittels Prozess- und Produktmodelle durch, um den Prozess stetig zu optimieren. Als Resultat können Gussstücke filigraner und der Materialeinsatz deutlich verringert werden. Damit muss, wie bereits dargestellt weniger Material geschmolzen werden und führt dadurch zu einer Verringerung des Energieeinsatzes.⁴¹²

Bei Industrie 4.0 sieht der Interviewte generell noch Forschungsbedarf. Dieser soll sich seiner Meinung nach sehr an den Anwendern in der Industrie orientieren.⁴¹³ Er rät Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie grundsätzlich weniger über Industrie 4.0 zu sprechen und vermehrt mit der Umsetzung beginnen. Man sollte sich zusätzlich auch mit „Industrie 3+“ (Anm. Automatisierungstechnik und strukturierte digitale Datenerhebung) zufriedengeben.⁴¹⁴

5.2.6 Interview 7

Allgemeine Informationen

Der Interviewte ist der Geschäftsführer von Unternehmen 7, einem außeruniversitären Forschungsinstitut der Gießereibranche.⁴¹⁵ Im Rahmen der F&E-Tätigkeiten erstellt das Institut u.a. digitale Zwillinge industrieller Gießverfahren auf Basis numerischer Simulationen metallurgischer Prozesse. Dadurch können komplexe Gießverfahren wie bspw. Strang- oder Schleudergießen abgebildet werden (Anmerkung des Autors).

Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie

Der Interviewpartner versteht Digitalisierung als globalen Überbegriff für viele Aktivitäten.⁴¹⁶

Der Interviewte bezeichnet den Fortschritt der digitalen Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie und speziell auch in der Gießereindustrie als beginnend bis laufend. Dieser Transformationsprozess wird seiner Meinung nach jedoch nie abgeschlossen sein. Der Begriff Digitalisierung ist somit bereits in der Gießereindustrie angekommen.

⁴¹⁰ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴¹¹ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴¹² Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴¹³ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴¹⁴ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴¹⁵ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴¹⁶ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

Speziell im Bereich der Eisengießerei gibt es gemäß seiner Auskunft sehr viele Aktivitäten hinsichtlich digitaler Transformation.⁴¹⁷

Herausforderungen im Zuge der Digitalisierung sieht der Interviewte hauptsächlich auf Seiten der IT. Die komplette Datenerfassung und Datenverarbeitung im Kontext von Big Data-Management sehe er hierbei als große Herausforderung. Ebenfalls sieht der Interviewte Herausforderungen in der Zusammenarbeit von IT-Experten mit Technikern bei der Entwicklung und Umsetzung digitaler Industrielösungen.⁴¹⁸

Aus technischer Sicht bezeichnet er die Datenerfassung als Funktion der Digitalisierung. Seiner Meinung nach sei Digitalisierung jedoch auch die Grundfunktion für jegliche bidirektionale Informationsflüsse entlang der Wertschöpfungskette.⁴¹⁹ Der Interviewpartner hält fest, dass Digitalisierung bereits vor Industrie 4.0 stattgefunden hat. Somit sei seines Verständnisses nach der Begriff Industrie 4.0 die Weiterführung des Begriffes Digitalisierung.⁴²⁰

Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie

Der Interviewte betitelt den Stand von Industrie 4.0 als beginnend bis mittendrin. Industrie 4.0 sei speziell für die Gießereiindustrie ein wesentliches Thema. Technische- und metallurgische Themen seien seiner Aussage nach jedoch die Kernthematiken innerhalb dieser Industrie, da diese die Grundlage für weitere Schritte seien.⁴²¹ Industrie 4.0 findet auch vermehrt Eingang in die Strategien der Gussunternehmen und wird auch vom Top-Management unterstützt. Der Interviewte gibt an, dass dies auch von Top-Down kommen muss, damit Industrie 4.0 wirksam umgesetzt wird.⁴²² Seiner Einschätzung nach ist die Eisen- und Stahlindustrie, im Speziellen auch die Gießereiindustrie ein konservativer Industriezweig, jedoch bereit und offen für Industrie 4.0. Er begründet dies damit, dass in den Betrieben Großteils bereits ein hoher Automatisierungsgrad vorherrsche und damit auch die Bereitschaft für neue Technologien rund um Industrie 4.0 vorhanden ist.⁴²³ Als Treiber für Industrie 4.0 bezeichnet der Interviewte die Energie- und Materialeffizienz, Qualität und Prozesstransparenz.⁴²⁴

Potenzial durch Industrie 4.0 sieht er vor allem in der Verbesserung der Transparenz der Produktionsprozesse. Dadurch lasse sich seiner Meinung nach zusätzlich ein besseres Prozessverständnis erlangen. Außerdem sieht er auch Potenzial in der Transparenz der Kommunikationsflüsse mit Lieferanten und Kunden.⁴²⁵ In weiterer

⁴¹⁷ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴¹⁸ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴¹⁹ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴²⁰ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴²¹ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴²² Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴²³ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴²⁴ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴²⁵ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

Folge können sich Unternehmen durch Industrie 4.0 eine Kostenersparnis und Vorteile im Wettbewerb erwarten. Die Faktoren für den Gewinn des Wettbewerbs sind der Auffassung des Interviewten nach hohe Qualität und einem Markt entsprechenden Preis. Industrie 4.0 kann demnach dabei helfen diese Anforderungen zu erfüllen.⁴²⁶

Die Datenerfassung bei Industrie 4.0-Projekten empfindet er als große Herausforderung. Außerdem ist die oftmals fehlende Akzeptanz der Mitarbeiter für Industrie 4.0 eine Herausforderung für Unternehmen. Seiner Empfehlung nach müssen man Mitarbeiter über offene Kommunikation die Vorteile von Industrie offenlegen und entsprechend schulen. Die wesentlichen Risiken seien gemäß seiner Einschätzung die IT-Sicherheit, Fachkräftemangel, fehlendes Know-how und die Gefahr die technischen Grundlagen zu vernachlässigen. Grundsätzlich empfiehlt er bei der Umsetzung von Industrie 4.0 ein schrittweises Vorgehen. Dies vermindert auch das Risiko der Fehlinvestition.⁴²⁷

Das Forschungsinstitut arbeitet gerade an einem Projekt, das die Einsparung von Kreislaufmaterial zum Ziel hat. Die soll durch eine optimale Gestaltung der Anschchnitt- und Speisertechnik erreicht werden. Einguss, Laufsystem und Speiser können dabei zu 50% und mehr des Gewichtes Abgusses ausmachen. Mit geeigneten Modellen und Simulationen soll das Laufsystem des Speisers so gestaltet werden, dass Material eingespart werden kann. Eine Materialeinsparung im Gussbereich bedeutet, dass auch weniger Energie für das Aufschmelzen benötigt wird.⁴²⁸

Betreffend Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz kann Industrie 4.0 laut der Aussage des Interviewten einen Betrag dazu leisten, Material einzusparen. Der Interviewte betont, dass der Gießprozess ein sehr komplexer Prozess sei. Dabei haben verschiedene Parameter Einfluss auf die Qualität des Gussteils. Möchte man diese Parameter nun aufzeichnen, ergeben sich dabei eine große Menge an Daten. Diese zu analysieren sei sehr komplex und nur mit Big Data-Technologien machbar. Mit Big Data-Technologien können somit spezielle Prozessmuster erkannt werden, die letztlich Einfluss auf die Material- und Energieeffizienz haben.⁴²⁹

Der Interviewte gibt an, dass das Forschungsinstitut bei Industrie 4.0 in Collective-Research-Projekten mit Industriepartner zusammenarbeitet. Seiner Einschätzung nach wird Automatisierung, Datengewinnung und die Vernetzung im Zusammenhang mit Industrie 4.0 weiter Einzug in den Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie halten. Jedoch wird es immer schwieriger Fachkräfte in diesem Bereich zu bekommen.⁴³⁰

⁴²⁶ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴²⁷ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴²⁸ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴²⁹ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴³⁰ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

5.2.7 Interview 8

Allgemeine Informationen

Der Interviewte leitet eine Digitalisierungsabteilung im Unternehmen 8, einem weltweit tätigen Eisen- und Stahlkonzern. Die Abteilung soll alle Business Units von Unternehmen 8 bei der digitalen Transformation unterstützen. Die Hauptaufgaben der Abteilung betreffen hauptsächlich Prozessoptimierungen in der integrierten Wertschöpfungskette, Kundeninformation und digitale Plattformen sowie digitale Produkte und Services. Grundsätzlich sollen für die genannten Aufgaben die Voraussetzungen geschaffen werden. Dazu muss die Zuverlässigkeit der IT-Infrastruktur dauerhaft gesichert, internes Know-how zur Entwicklung und Anwendung von Digitalisierungslösungen aufgebaut und grundlegendes Wissen für Digitalisierungsthemen generiert werden.⁴³¹

Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie

Der Interviewte sieht in der Digitalisierung einen Befähiger zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit und sich damit in Zukunft auch von den Mitbewerbern abgrenzen zu können. Zusätzlich ist er der Meinung, dass Digitalisierung dazu beitragen kann die Qualität zu erhöhen, Kosten zu senken, die Effizienz zu steigern und die Kundenerfahrung mit digitalen Plattformen zu verbessern. Digitalisierung soll gemäß seiner Haltung nach kein Selbstzweck, sondern eine integrierte Strategie sein um die Geschäftsziele zu verfolgen.⁴³²

Seinem Urteil nach, kann er den Status der digitalen Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie nicht allgemein beantworten. Im Vergleich zu anderen Industrien, wie der Automobilindustrie, sein man jedoch erst am Beginn. Selbst innerhalb von Unternehmen 8 sei der digitale Reifegrad der einzelnen Standorte verschieden. Laut dem Interviewten gibt es im Unternehmen Werke, die bereits einen hohen Automatisierungsgrad besitzen. Bei diesen Werken kann man seiner Überzeugung nach sehr viel höher mit Digitalisierungslösungen ansetzen, als im Vergleich zu Betriebsstätten mit niedrigem Automatisierungsrad. In Relation zu Mitbewerbern sei das Unternehmen punkto Digitalisierung seiner Einschätzung nach im oberen Mittelfeld zu finden. In Zukunft strebe man jedoch an, in der digitalen Transformation ein Front-Runner zu werden.⁴³³

Aus der Sicht des Interviewpartners, lassen sich die Herausforderungen der Digitalisierung in die Bereiche Technik, Organisation und Prozess unterteilen. Im technischen Bereich benötigt man für Digitalisierung zunächst eine IT-Infrastruktur und Applikationen, um seiner Meinung nach überhaupt damit arbeiten zu können. Zusätzlich ist die Automatisierung der Produktion im Level 1 und Level 2 Bereich eine zu schaffende Voraussetzung für Digitalisierung. Organisatorisch muss seiner

⁴³¹ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴³² Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴³³ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

Überzeugung nach, der Übergang vom Abteilungsdenken in ein Prozessdenken gelingen. Dabei sieht er seine Abteilung im Zuge der digitalen Transformation als vernetzend agierende Institution im Unternehmen. Dafür benötigt es auch ein gutes Changemanagement, um die Menschen mitzunehmen und auch zu informieren.⁴³⁴

Der Interviewte sieht die Digitalisierung nicht als Basis für Industrie 4.0. Doch stehen diese beiden Begriffe seiner Einschätzung nach im engen Zusammenhang zueinander. Vielmehr sieht er die Informationstechnologie als Grundlage für Digitalisierung und in weiterer Folge Industrie 4.0 als Teil der Digitalisierung. Industrie 4.0 sei im Produktionsbereich eine Weiterentwicklung der Automatisierung, mit zunehmend ausgeprägtem Vernetzungsgedanken, wohingegen Digitalisierung seines Standpunktes nach zusätzlich vernetzend in unterstützenden Prozessen (Logistik, Kundenplattformen) fungiert.⁴³⁵

Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie

Die Eisen- und Stahlindustrie sei der Betrachtungsweise des Interviewpartners nach noch am Beginn bei Industrie 4.0. Er empfinde, dass Industrie 4.0 für das Unternehmen keine Revolution an sich sei, denn es wurde in den letzten Jahrzehnten schon viel Vorarbeit dafür geleistet. Grundsätzlich sei Industrie 4.0 ein Top-Thema in der Eisen- und Stahlindustrie. Dies führt der Interviewte darauf zurück, dass Industrie 4.0 bei richtiger Umsetzung Wettbewerbsvorteile bringen kann.⁴³⁶ Industrie 4.0 sei auch gemäß der Aussage des Interviewpartners in der Unternehmensstrategie verankert. Wie bereits erwähnt ist Digitalisierung und Industrie 4.0 für das Unternehmen ein Befähiger, um seine Ziele erreichen zu können. Betreffend Digitalisierung und Industrie 4.0 gibt es mit der zentralen Digitalisierungsabteilung und den Digitalisierungsmanagern in allen Business Units und Standorten eine klare Organisation und definierte Prozesse im Unternehmen. Die IT- und Digitalisierungsstrategien der einzelnen Geschäftsbereiche werden jährlich von den Unternehmenszielen abgeleitet und aufbauend darauf Roadmaps erstellt und in regelmäßigen Reviews mit den Vorständen überarbeitet. Das Unternehmen verfolgt die digitale Transformation seiner Aussage nach nicht aus Marketingzwecken, sondern betreibt alle digitalen Aktivitäten mit der entsprechenden Kosten-Nutzen-Betrachtung.⁴³⁷ Gemäß der Ansicht des Interviewten ist die Eisen- und Stahlindustrie bereit und offen für Industrie 4.0. Seiner Empfehlung nach müssen die Stahlkonzerne bei Industrie 4.0 jedoch prozessübergreifend, im Sinne der digitalen Vernetzung, handeln.⁴³⁸ Dem Urteil des Interviewten nach sind Erhöhung der Qualität und Flexibilität und Kostenreduzierung die Treiber hinter Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie. Zusätzlich nennt er auch die Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz als

⁴³⁴ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴³⁵ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴³⁶ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴³⁷ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴³⁸ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

Treiber für Industrie 4.0. Dies sieht der Interviewte als große Chance den CO₂-Ausstoß zu verringern.⁴³⁹

Potenziale von Industrie 4.0 für die Stahlindustrie sieht der Interviewpartner vor allem in den Bereichen Qualität, Transparenz und Rückverfolgbarkeit, Kostenreduzierung, Flexibilität sowie Energie- und Materialeffizienz.⁴⁴⁰ Vorteile durch Industrie 4.0-Anwendungen würden sich seiner Auffassung im Qualitätsbereich ergeben. Durch Verbesserung der Qualität können man Ausschuss reduzieren und dadurch die Materialeffizienz steigern. Weitere Vorteile sieht er seitens der Produktion in der Erhöhung der Flexibilität, Verfügbarkeit, Transparenz und der besseren Möglichkeiten zur Rückverfolgbarkeit. Generell schreibt der Interviewte der Flexibilität in der Produktion eine große Bedeutung zu, da er in den volatilen Märkten eine Herausforderung für die Eisen- und Stahlindustrie sieht. Man müsse seiner Meinung nach schnell reagieren können um die Produktion auf neue Produkte, Varianten oder Veränderung der Produktionsvolumina einstellen zu können.⁴⁴¹

Beitrag: Der Interviewte sieht in der Erlangung der Qualitätsführerschaft und Kostenreduzierung durch Industrie 4.0 eine große Chance für das Unternehmen wettbewerbsfähig bleiben zu können.⁴⁴²

Industrie 4.0 bringt neben den zahlreichen Vorteilen auch entsprechende Risiken mit sich. Für das Unternehmen sieht der Interviewpartner ein Risiko einerseits darin, dass die Umsetzung von Industrie 4.0 zu langsam von statten geht und dass man die falschen Projekte zu falscher Zeit umsetzt. Da der Konkurrent nicht untätig ist, muss man seiner Meinung nach dabei sehr schnell sein und genügend Ressourcen zur Verfügung stellen. Aufgrund dessen erstellt das Unternehmen, die bereits erwähnten Roadmaps, um neben den technologischen Themen keine organisatorischen- oder Prozessthemen zu übersehen. Ein weiteres Risiko sieht er andererseits darin, zu wenig internes Know-how aufzubauen. Dies sei demnach von großer Wichtigkeit, um unabhängig von externen Partnern zu sein. Man wolle Kompetenzen für Industrie 4.0 und Digitalisierung im Unternehmen selbst aufbauen und nutzen. Zusätzlich sei die Akzeptanz der Mitarbeiter für Industrie 4.0-Anwendungen sehr wichtig. Deswegen muss der Mehrwert, wie langfristige Sicherung der Arbeitsplätze, klar kommuniziert werden. Eine große Thematik sei seiner Überzeugung auch die Cyber-Sicherheit. Dies müsse in den Projekten früh bedacht werden und soll seiner Meinung nach keinem Hindernis für eine Umsetzung von Industrie 4.0 sein.⁴⁴³

Im Verlauf eines Projekts entwickelte das Unternehmen ein Expertensystem für eine echtzeitbasierte Prozessüberwachung. Ziel war es mit integrierter und automatisierter

⁴³⁹ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁴⁰ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁴¹ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁴² Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁴³ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

Planung, digitaler Erfassung von Betriebs- und Prozessdaten die Prozessstabilität in der Produktion sicherzustellen um in Folge Qualität, Zeit und Kosten zu optimieren. Dazu werden mit digitalen Checklisten die Betriebsdaten erfasst. Die Prozessdatenerfassung erfolgt automatisiert mit Sensoren und werden anschließend mit Big Data-Technologien analysiert. Dadurch soll das Expertensystem Abweichungen im laufenden Prozess erkennen und Handlungsempfehlungen abgeben. Dafür wurde im Vorfeld des Projekts ein Hadoop Data Lake aufgebaut und bildet die Grundlage für eine Echtzeitdatenauswertung. Der Interviewte ergänzt dabei, dass neben der Qualitätsoptimierung auch eine Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz erreicht wird. Seiner Ansicht nach kann durch optimal geführte Prozesse der Ausschuss minimiert werden. Dies führt unmittelbar zu Energie- und Materialeinsparungen. Somit steckt seiner Meinung sehr viel Potenzial zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in diesen Systemen.⁴⁴⁴

Der Interviewte vertritt den Standpunkt, dass Industrie 4.0 ein unabdingbarer Faktor zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit für Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie ist. Der Mensch wird gemäß seiner Aussage bei Industrie 4.0 weiterhin eine zentrale Rolle spielen. Er ergänzt, dass zwar Routinetätigkeiten wegfallen, jedoch höherqualifizierte Tätigkeiten hinzukommen werden. Seiner Einschätzung nach kann dadurch das hohe Lohnniveau in Europa weiterhin getragen werden und bei guter Umsetzung der Personalstand in den Betrieben beibehalten oder sogar aufgestockt werden. Dies hängt jedoch davon ab, ob die Umsetzung gelingt oder nicht.⁴⁴⁵

⁴⁴⁴ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁴⁵ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

6 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der qualitative geführten Experteninterviews diskutiert und mit Theorie verglichen. Dazu werden im ersten Abschnitt dieses Kapitels allgemein der Stand der Umsetzung, Treiber, Potenziale, Herausforderungen und Risiken sowie der Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie thematisiert.

Im zweiten Abschnitt von Kapitel 6 erfolgt eine Clusterung der in dieser Arbeit identifizierten Industrie 4.0-Anwendungen zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie. Darauf aufbauend werden daraus Potenziale abgeleitet und Herausforderungen im Zuge der Umsetzung dargelegt. Abschließend wird gezeigt wie Industrie 4.0 zu einer Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie führen kann.

Um die Erkenntnisse aus den Interviews über den aktuellen Status von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie darzustellen, werden die Ergebnisse in Tabelle 3 auf der folgenden Seite zusammengefasst.

Die in der Tabelle verwendeten Abkürzungen werden in der letzten Spalte der Tabelle erklärt. Dabei sei anzumerken, dass der Begriff Daten in der Rubrik Risiken, mit der Gefahr der Verwendung von falschen Daten sowie mit der Fehlinterpretation von Daten in Verbindung gebracht wird. In der Rubrik Barrieren, wird mit dem Begriff Daten die Herausforderungen bei der Materialkennzeichnung sowie bei der Einbindung der Sensorik in spezifischen Umgebungsbedingungen (hohe Temperaturen, Staub, Lärm etc.) gemeint. Der Begriff Struktur verweist auf die Schwierigkeit neue Industrie 4.0-Lösungen in bereits vorhandene Strukturen zu integrieren. Vertrauen verweist auf das Risiko, sich zu sehr auf digitale Systeme zu verlassen.

Tabelle 3: In den Interviews ermittelter Satus quo von Industrie 4.0⁴⁴⁶

	Int1	Int2	Int3	Int4	Int5	Int6	Int7	Int8
Top-Thema	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
Treiber	Q	Q K L	Q	Daten	Q K EM	Q	Q EM	Q K EM CO ₂
Bereitschaft	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Offenheit	Ja	~	Ja	~	~	Ja	Ja	Ja
Umsetzung I4.0	Anfang	laufend	laufend	Anfang	Anfang	Anfang	Anfang	Anfang
Digitalisierung als Basis	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein
Potenziale	Q EM	Q K	Q K EM	Q K	Q K	Q K	Q K	Q K EM
Barrieren	MA Daten	MA Daten	MA Struktur	MA Daten	Sruktur	Know-how	MA Daten	MA Know-how
Risiken	CA Daten	CA	Vertrauen	CA Daten	CA	Vertrauen Know-how	CA Know-how	CA
Beitrag zum Wettbewerb	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

Abkürzungen:

CA: Cyberattacken
EM: Energie- und Materialeffizienz
I 4.0: Industrie 4.0
K: Kosten
L: Leistung
MA: Mitarbeiter
Q: Qualität
~: bedingte Offenheit

⁴⁴⁶ Quelle: Eigene Darstellung

6.1 Zusammenfassung der Experteninterviews und Vergleich mit der Theorie

Top-Thema: Wie der theoretische Teil dieser Arbeit bereits gezeigt hat, ist die Thematik Industrie 4.0 bereits in den Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie angekommen. Um die Bedeutung von Industrie 4.0, für die oftmals als konservativ betitelte Stahlindustrie darzustellen, wurden die Experten gefragt, ob Industrie 4.0 ein Top-Thema für die Eisen- und Stahlindustrie sei. Sieben von acht Experten bezeichnet Industrie 4.0 als eines der Top-Themen in der Eisen- und Stahlindustrie.⁴⁴⁷ Lediglich Interviewpartner 6 ist dem Thema Industrie 4.0 gegenüber negativ eingestellt und ist der Meinung, dass neben einer gut ausgeführten Automatisierung eine strukturierte Datenerfassung ausreiche.⁴⁴⁸ Die Hälfte der Experten bezeichnet neben Industrie 4.0 auch die Problematik der hohen CO₂-Emissionen als Top-Thema. Gemäß dem Experten aus Interview 3, seien die Umsetzung von Industrie 4.0 und die Reduktion der CO₂-Emissionen in der Stahlindustrie zwei parallel stattfindende Schritte.⁴⁴⁹ Interviewpartner 4 ist demnach überzeugt, dass Industrie 4.0 und CO₂-Reduktion essentielle Faktoren sind, um Stahl als wettbewerbsfähigen Werkstoff am Markt halten zu können.⁴⁵⁰ In Kapitel 2 wurde bereits der Zusammenhang von Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß dargestellt und diskutiert. Im Kontext dazu sieht der Interviewte 8 die Umsetzung von Industrie 4.0, zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz, als Chance den CO₂-Ausstoß in der Stahlindustrie zu verringern.⁴⁵¹

Treiber: Die in den Interviews am häufigsten genannten Treiber hinter der Umsetzung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie sind Qualitätsoptimierung⁴⁵², Steigerung der Energie- und Materialeffizienz⁴⁵³ und Kostenreduktion⁴⁵⁴. Anzumerken sei, dass Interviewter 2 und Interviewter 5 die Kostenreduktion als Haupttreiber dabei ansehen.⁴⁵⁵ Der Einfluss von Energie- und Materialeffizienz auf eine Kostenreduktion wird noch in Abschnitt 6.2 näher diskutiert. Im Zusammenhang zur Qualität wurden Steigerung der Transparenz⁴⁵⁶, erhöhte Reproduzierbarkeit⁴⁵⁷ und

⁴⁴⁷ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁴⁸ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴⁴⁹ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

⁴⁵⁰ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

⁴⁵¹ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁵² Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁵³ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁵⁴ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁵⁵ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

⁴⁵⁶ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴⁵⁷ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

Rückverfolgbarkeit⁴⁵⁸ genannt. Zusätzlich wurden auch Leistungssteigerung⁴⁵⁹, Wertstiftung aus Datengewinnung⁴⁶⁰, Flexibilität und Reduktion des CO₂-Ausstoßes⁴⁶¹ als Treiber betitelt.

Bereitschaft und Offenheit: Die Ergebnisauswertung der Experteninterviews hat gezeigt, dass die Eisen- und Stahlindustrie grundsätzlich bereit für Industrie 4.0 ist.⁴⁶² Der Interviewte 7 führt dies auf den in der Stahlindustrie vorherrschenden hohen Automatisierungsgrad zurück. Damit sind seiner Auffassung nach, optimale Voraussetzungen für die Implementierung von Industrie 4.0-Anwendungen gegeben.⁴⁶³ Jedoch ist anzumerken, dass die Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie nur bedingt offen für neue Technologien im Kontext von Industrie 4.0 sind.⁴⁶⁴ Dies führen die Experten aus Interview 4 und Interview 5 vor allem auf die Herausforderungen hinsichtlich Datensicherheit, vorrangig bei cloudbasierten Lösungen, zurück.⁴⁶⁵ Die vorhin thematisierte vorherrschende Bereitschaft und bedingte Offenheit der Stahlindustrie gegenüber Industrie 4.0, lässt sich auch daran zeigen, dass dieser Themenkomplex vermehrt Eingang in die Strategien der Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie findet.⁴⁶⁶ Experten aus dem Interview 1 und Interview 8 bestätigen diese Annahme und erwähnen, dass Industrie 4.0 bereits Teil der Unternehmensstrategie Ihrer Unternehmen sei.⁴⁶⁷ In diesem Zusammenhang erwähnt Interviewpartner 8, dass in seinem Unternehmen jährlich Roadmaps zur Umsetzung von Industrie 4.0 erstellt und regelmäßig mit den Vorständen überarbeitet werden. Zudem sei seiner Ansicht nach Industrie 4.0 ein Befähiger die Unternehmensziele zu erreichen.⁴⁶⁸ Interviewpartner 1 hält fest, dass die Umsetzung von Industrie 4.0 sogar explizit vom Top-Management seines Unternehmens gefordert und unterstützt wird.

Status der Umsetzung: Im Zuge der Expertengespräche wurde versucht den aktuellen Stand der Umsetzung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie zu ermitteln. Die Experten aus Interview 1 und Interview 4 sind der Meinung, dass sich die Stahlunternehmen mit Industrie 4.0-Anwendungen noch in der Versuchs- bzw. Erprobungsphase befinden. Dies führt Interviewter 1 auf die in der Stahlindustrie vorzufindenden herausfordernden Umgebungsbedingungen zurück.⁴⁶⁹ Interviewter 8

⁴⁵⁸ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

⁴⁵⁹ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

⁴⁶⁰ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

⁴⁶¹ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁶² Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁶³ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴⁶⁴ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

⁴⁶⁵ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

⁴⁶⁶ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴⁶⁷ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁶⁸ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁶⁹ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

bezeichnet den Status als beginnend.⁴⁷⁰ Ähnlich sieht es der Experte aus Interview 7 der den Stand als beginnend bis laufend einordnet.⁴⁷¹ Lediglich zwei Experten sind der Überzeugung, dass sich die Eisen- und Stahlindustrie schon mitten in der Entwicklung zu Industrie 4.0 befindet.⁴⁷² Vergleichsweise zu anderen Industriesparten der Prozessindustrie, wie die Glas- oder Zementindustrie, sei die Eisen- und Stahlindustrie, gemäß Interviewter 2 am weitesten bei der Umsetzung von Industrie 4.0-Anwendungen. Im Gegensatz zu Stückgutfertigern, sei der Umsetzungsgrad von Industrie 4.0 in der Stahlindustrie eher gering.⁴⁷³ Der Experte aus Interview 2 ist der Meinung, dass die Unternehmen die Umsetzung von Industrie 4.0 nicht konsequent genug umsetzen. Seiner Einschätzung nach drängen sich immer wieder andere Themen, wie z.B. CO₂-Emissionen oder billige Stahlimporte aus China dazwischen und Bremsen den Vorgang. Dabei kann seiner Einschätzung nach Digitalisierung und vor allem Industrie 4.0 bei den vorhin genannten Themen eine wichtige Rolle spielen.⁴⁷⁴

Funktion der Digitalisierung:

Wie in den Expertengesprächen mehrfach erwähnt, gibt es in der Fachwelt und Industrie sehr unterschiedliche Auffassungen zur Funktion der Digitalisierung für Industrie 4.0.⁴⁷⁵ Die Mehrzahl der Interviewten sehe die Digitalisierung grundsätzlich als Basis für Industrie 4.0.⁴⁷⁶ Lediglich drei Experten fassen die Funktion der Digitalisierung für Industrie 4.0 anders auf. Der Interviewte 3 sieht im Begriff Digitalisierung das neutralere Wort für Industrie 4.0 und verwendet beide Begriffe als Synonym.⁴⁷⁷ Interviewpartner 7 empfindet den Begriff Industrie 4.0 vielmehr als weiterführenden Begriff für Digitalisierung.⁴⁷⁸ Der Experte aus Interview 8 bezeichnet hingegen Industrie 4.0 als Teil der Digitalisierung.⁴⁷⁹ Die Auswertung der Experteninterviews ergab, dass die Funktion der Digitalisierung als Basis für Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie nicht eindeutig sei. In der Literatur wird hingegen festgehalten, dass Digitalisierung als wesentlicher Treiber und Bestandteil von Industrie 4.0 anzusehen ist und als Querschnittstechnologie im Kontext der industriellen Vernetzung dient.⁴⁸⁰ Die Theorie hat ergeben, dass neben der Digitalisierung auch die Automatisierung der Maschinen und Prozesse eine Grundlage für Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie sei. Grundsätzlich benötigen Anlagen- und Prozessmodelle korrekte Eingangsdaten, um realitätsnahe Ergebnisse liefern zu

⁴⁷⁰ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁷¹ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴⁷² Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

⁴⁷³ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

⁴⁷⁴ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

⁴⁷⁵ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁷⁶ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch;

Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch;

Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴⁷⁷ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

⁴⁷⁸ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁴⁷⁹ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁸⁰ Vgl. Graef, N. (2016), S. 75

können.⁴⁸¹ Somit kann nicht eindeutig gesagt werden, dass Digitalisierung als Basis für Industrie 4.0 dient. Dies kann auch darauf zurückgeführt werden, dass es derzeit weder für Digitalisierung noch für Industrie 4.0 eine allgemein gültige Definition in der Fachliteratur gibt. Trotz der fehlenden Abgrenzung zwischen den beiden Begriffen, habe die Digitalisierung gemäß den Experten, in Bezug auf Datengewinnung, eine große Bedeutung für Industrie 4.0.⁴⁸²

Potenziale: Im Verlauf der Experteninterviews wurde eine Vielzahl an Potenziale von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie genannt. Grundsätzlich lassen sich die identifizierten Potenziale in die Bereiche Produktion und Qualität einteilen. Die drei von den Experten am häufigsten genannten Potenziale sind Kostenreduzierung⁴⁸³, Qualitätsoptimierung⁴⁸⁴ und Verbesserung der Ressourceneffizienz (Energie und Material)⁴⁸⁵. Nachfolgend werden die in den Interviews genannten Potenziale für die Eisen- und Stahlindustrie in Abbildung 29 dargestellt.

Produktion	Qualität
<ul style="list-style-type: none"> • Kostenreduzierung • Ressourceneffizienz • Prozesstransparenz • Produktivität • Flexibilität • Instandhaltung und Asset Management 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitätsoptimierung <ul style="list-style-type: none"> – Prozessstabilität – Reproduzierbarkeit – Rückverfolgbarkeit

Abbildung 29: In den Interviews genannten Potenziale von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie⁴⁸⁶

Bei näherer Betrachtung ist die weitgehende Übereinstimmung der genannten Potenziale mit den aus den Interviews ermittelten Treibern auffallend. Dies führt zur

⁴⁸¹ Vgl. Ringhofer, M. et al. (2017), S. 46

⁴⁸² Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁴⁸³ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁸⁴ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁸⁵ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁸⁶ Quelle: Eigene Darstellung

Annahme, dass jene Bereiche, in denen Bedarf zur Verbesserung gesehen wird, auch als Treiber identifizierbar sind.

In der Literatur lassen sich jedoch noch weitere Potenziale für Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie finden. Dabei sollten die rentable Produktion von Kleinstmengen, Entstehung neuer Geschäftsmodelle und Services, sowie eine neuartige Gestaltung und Planung des Arbeitsumfeldes als Potenziale durch Industrie 4.0 zusätzlich erwähnt werden.⁴⁸⁷

Herausforderungen: Herausforderungen bei der Gestaltung und Implementierung von Industrie 4.0-Anwendungen in der Eisen- und Stahlindustrie sind vielfältig. Im Zuge der Interviews gab es bei den Antworten einige Überschneidungen, welche im Folgenden beschrieben werden. Die häufigste genannte Herausforderung betraf die geringe Akzeptanz des Betriebspersonals gegenüber Industrie 4.0.⁴⁸⁸ Dies begründen Interviewter 1 und Interviewter 2 damit, dass in den Stahlwerken oftmals noch eine ältere Generation beschäftigt ist, welche mit digitalen Systemen nicht so gut vertraut ist wie jüngere Mitarbeiter.⁴⁸⁹ Zusätzlich ist es laut Interviewtem 3 oft schwierig, gewohnte und jahrelang getätigte Arbeitsabläufe zu durchbrechen. Außerdem fühlen sich Betriebsmitarbeiter von neuen Technologien bedroht und bangen um Ihre Arbeitsplätze.⁴⁹⁰ Ein weiterer Anlass für dieses Verhalten sei, dass die Mitarbeiter eine Bedrohung in einer umfassenden Überwachung ihrerseits sehen (Anm. bei Rauchpausen etc.).⁴⁹¹ Deswegen sei es laut Experten umso wichtiger, die Nutzungsaspekte und den Mehrwert von Industrie 4.0, im Kontext von Change Management, klar zu kommunizieren. Ebenso wollen Mitarbeiter gemäß Interviewtem 4 und Interviewtem 8 mitgestalten und Teil dieser Transformation sein.⁴⁹² Dies wird auch im Theorieteil erwähnt, dass ein aktives Change Management diese Herausforderung mindern kann.⁴⁹³ Eine weitere Herausforderung sei das mangelnde Know-how bzw. die fehlende Kompetenz der Mitarbeiter für Industrie 4.0- bzw. Digitalisierungstechnologien. Im Kontext zu der zuletzt genannten Herausforderung betont der Interviewte 8 dabei die Notwendigkeit eine Expertise für Industrie 4.0-Technologien auch intern im Unternehmen aufzubauen, um unabhängig von Systemlösungsanbietern zu sein.⁴⁹⁴ Zusätzlich sind europäische Stahlwerke, wie in Kapitel 3.6 bereits angedeutet, vielerorts historisch gewachsene Strukturen.⁴⁹⁵ Auch wie in den Interviews mehrfach erwähnt, gibt es erste Ansätze von digitalen Steuerungen und Automatisierungssystemen bereits seit mehreren Jahrzehnten in der

⁴⁸⁷ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 9

⁴⁸⁸ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁸⁹ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

⁴⁹⁰ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

⁴⁹¹ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

⁴⁹² Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2019),

⁴⁹³ Vgl. Huber, W. (2018), S. 116

⁴⁹⁴ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁴⁹⁵ Vgl. Hecht, M. (2017), S. 65

Eisen- und Stahlindustrie.⁴⁹⁶ Dies erschwert es neue Industrie 4.0-Lösungen in diese bestehenden Strukturen und Systeme einzubinden.⁴⁹⁷ Eine weitere Herausforderung bestehe aufgrund der für die Stahlindustrie spezifischen Umgebungsbedingungen. Dies erschwert natürlich zusätzlich die Materialkennzeichnung für eine lückenlose Rückverfolgbarkeit entlang der Prozesskette.⁴⁹⁸ Aufgrund der rauen Prozessbedingungen ist es auch herausfordernd die zur Datenerfassung nötige Sensorik zu gestalten. Somit sei die Datenerfassung als weitere Herausforderung im Zusammenhang mit der Implementierung von Industrie 4.0-Lösungen in der Stahlindustrie zu nennen.⁴⁹⁹ Im Zusammenhang mit den Herausforderungen bei Industrie 4.0, wurde in den Interviews von Interviewtem 2 und Interviewtem 4 festgehalten, dass diese weniger technologische Thematiken betreffen. Diese Annahme kann mit den Ergebnissen der Literaturstudie bestätigt werden. Das Fraunhofer ISI hält, wie in der Theorie bereits angeführt fest, dass bei der Umsetzung von Industrie 4.0 organisatorische Hindernisse herausfordernder sind als technische Hindernisse.⁵⁰⁰ In der Theorie wurden außerdem Zuverlässigkeit der Systeme, Verfügbarkeit der Produktionshardware und Software, Komplexität der Systeme und Prozessrouten sowie die oftmals nicht sofort erkennbaren wirtschaftlichen Vorteile von Industrie 4.0 (siehe Abschnitt. Die o.g. Herausforderungen werden in Abbildung 30 nochmals zusammengefasst.

Risiken: Wie im Theorieteil dieser Arbeit bereits erwähnt, sind Cyberattacken ein besonders hohes Risiko für die Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie. In der Vergangenheit hat es bereits Angriffe auf Hochöfen gegeben (siehe Abschnitt 3.2). Das Risiko von Cyberattacken auf Anlagen und Systeme und die damit bestehende Gefahr für die Datensicherheit wurde auch in den Expertengesprächen als hohes Risiko für die Stahlindustrie identifiziert.⁵⁰¹ Neben Cyberangriffe von außerhalb der Stahlwerke, verweist der Experte aus Interview 2 auch auf die Gefahrenpotenziale von Innen. Er erwähnt hierbei auch die Gefahr der Nutzung manipulierter SPS-Steuerungen.⁵⁰² Wie die Arbeit bereits mehrfach gezeigt hat, bedeutet die Umsetzung von Industrie 4.0 für Stahlunternehmen auch, sich auf Partnerschaften mit Anlagenbauern, Systemlösungsanbietern, Forschungseinrichtungen sowie Kunden und Lieferanten einzulassen. In diesem Kontext erwähnt der Interviewte 1, dass es dabei besonders wichtig ist internes Know-how zu schützen und Datenzugriffe genauesten zu regeln.⁵⁰³ Industrie 4.0 und die damit verbundene Vernetzung setzt eine digitale Erfassung und

⁴⁹⁶ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

⁴⁹⁷ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

⁴⁹⁸ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

⁴⁹⁹ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁵⁰⁰ Vgl. Fraunhofer ISI (2018), S. 23

⁵⁰¹ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁵⁰² Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

⁵⁰³ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

Auswertung von Daten voraus. Eine Fehlinterpretation oder gar eine Verarbeitung von falschen Daten sind gemäß den Experten aus Interview 1 und Interview 4 ein zusätzliches Risiko von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie.⁵⁰⁴ Ebenso wurde von Interviewpartner 3 und Interviewpartner 6 auch eine Bedrohung darin identifiziert, dass man sich zu sehr auf digitale Systeme zu verlassen beginnt.⁵⁰⁵ Im Zusammenhang mit Industrie 4.0 verbinden Experten aus Interview 6 und Interview 7 dazu einen möglichen Verlust von Know-how und technischem Grundlagenwissen.⁵⁰⁶ Ein weiteres zu benennendes Risiko wird in der falsche Umsetzung von Industrie 4.0 gesehen. Ergänzend dazu erwähnt der Interviewte 8, dass sein Unternehmen in diesem Kontext ebenso ein Risiko in der zu langsamen Umsetzung von Industrie 4.0 sieht.⁵⁰⁷ Gemäß Interviewtem 5 kann man Industrie 4.0 nicht kaufen und bedarf bei der Umsetzung einer eigenen Strategie.⁵⁰⁸ Die untenstehende Abbildung zeigt nochmals die in den Interviews identifizierten Risiken und Herausforderungen von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie auf.

Herausforderungen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Akzeptanz des Betriebspersonals • Mangelndes Know-how • Bestehende und gewachsene Strukturen • Spezifische Umgebungsbedingungen <ul style="list-style-type: none"> – Materialkennzeichnung – Einbindung der Sensorik 	<ul style="list-style-type: none"> • Cyberattacken • Daten <ul style="list-style-type: none"> – Fehlinterpretation – falsche Daten • zu hohes Vertrauen in digitale Systeme • Verlust von Know-how und Grundlagenwissen • zu langsame Umsetzung

Abbildung 30: In den Interviews genannten Herausforderungen und Risiken von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie⁵⁰⁹

Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit: Aufgrund des immer stärker werdenden internationalen Wettbewerbes innerhalb der Prozessindustrie, ist es für Unternehmen erforderlich ihre Prozesse in mehreren Stadien zu beurteilen und stetig zu optimieren. Zusätzlich nehmen die Qualität der Produkte, der verursachte CO₂-Ausstoß, das Recycling von Rohstoffen und auch die Energieeffizienz eine entscheidende Rolle für die Unternehmen der Prozessindustrie zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit ein.⁵¹⁰ Dieser Auffassung sind auch die interviewten Experten. Demnach sind sich die

⁵⁰⁴ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

⁵⁰⁵ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁵⁰⁶ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁵⁰⁷ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁵⁰⁸ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

⁵⁰⁹ Quelle: Eigene Darstellung

⁵¹⁰ Vgl. Pötter, T. et al. (2014), S. 160

Experten einig, dass Industrie 4.0 ein wichtiger Faktor zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit in der Eisen- und Stahlindustrie ist.⁵¹¹ Dies lässt sich mit den Ergebnissen der Literaturrecherche untermauern.⁵¹²

Forschung und weitere Entwicklung: Die Theorie hat bereits gezeigt, dass es in der Eisen- und Stahlindustrie bereits vermehrt Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten auf dem Gebiet der Industrie 4.0 gibt (siehe Abschnitt 3.6.3). Die vom Fraunhofer ISI durchgeführte Patentrecherche aus dem Jahr 2018 hat ergeben, dass Patente für Industrie 4.0-Anwendungen in der Eisen- und Stahlindustrie vorrangig von Anlagenbauern wie Primetals, SMS Group oder Outotec angemeldet werden.⁵¹³ Bei den vom RFCS finanzierten Projekten, sind hingegen Stahlhersteller und FuE-Organisationen am stärksten vertreten.⁵¹⁴ Im Zuge der Expertengespräche konnten zwei Unternehmen identifiziert werden, welche Forschungstätigkeiten auf dem Gebiet der Industrie 4.0 betreiben. Einerseits Unternehmen 2, ein privates Forschungsinstitut und Unternehmen 7 ein außeruniversitäres Forschungsinstitut. Die Forschungsaktivitäten von Unternehmen 2 umfassen hauptsächlich Big Data-Anwendungen, Machine-Learning und die Einbindung neuer Sensorik in Prozesse.⁵¹⁵ Unternehmen 7 erstellt im Verlauf der Forschung und Entwicklung digitale Zwillinge industrieller Gießverfahren auf Basis numerischer Simulation metallurgischer Prozesse. Zusätzlich wird in Collective-Research-Projekten mit Industriepartnern geforscht.⁵¹⁶ Die Experteninterviews haben auch gezeigt, dass es neben Forschungsaktivitäten auch einige Initiativen verschiedener Unternehmen bei der Zusammenarbeit von Industrie 4.0 gibt. Unternehmen 1 (Anm. Walzwerk) arbeitet mit technischen Universitäten zusammen, um die Umsetzbarkeit von Industrie 4.0 in deren Prozessen eruieren zu können. Zusätzlich wird innerhalb des Konzernes aufgebautes Know-how weitergeben und Potenziale hinsichtlich Industrie 4.0 und Digitalisierung ausgetauscht.⁵¹⁷ Der Experte aus Interview 4 hebt in diesem Kontext auch den regelmäßigen Austausch mit Kunden und Partnern hervor. Zusätzlich arbeitet das Unternehmen, ein metallurgischer Anlagenbauer, mit Marktbegleitern aus der Prozessindustrie (Anm. chemischer Anlagenbau) zusammen.⁵¹⁸ Ein weiteres Beispiel für eine aktive Zusammenarbeit bei Industrie 4.0 nennt Experte 5. Im Zuge des Requirement-Engineerings, unterstützt Unternehmen 5 diverse Anlagenbauer bei der Erstellung von Lasten- und Pflichtenheft.⁵¹⁹ Ebenso versteht sich die Digitalisierungsabteilung von Unternehmen 8 als Schnittstelle bei Digitalisierungs- und Industrie 4.0-Lösungen im ganzen Konzern und ist maßgeblich am Aufbau von Know-

⁵¹¹ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁵¹² Vgl. Wirtschaftsvereinigung Stahl (2017c), S. 28; Vgl. Kagermann, H. et al. (2013), S. 20

⁵¹³ Vgl. Fraunhofer ISI (2018), S. 10

⁵¹⁴ Vgl. Fraunhofer ISI (2018), S. 8

⁵¹⁵ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

⁵¹⁶ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁵¹⁷ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

⁵¹⁸ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

⁵¹⁹ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

how beteiligt.⁵²⁰ Der Experte aus Interview 1 sieht in der weiteren Entwicklung von Industrie 4.0 jedoch noch sehr viel Potenzial. Dieselbe Meinung vertritt der Experte aus Interview 6 und sieht bei der Anwendung und Umsetzung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie noch sehr viel Forschungsbedarf.⁵²¹ Der zukünftige Anwendungsumfang und Einsatzbereich von Industrie 4.0 in den Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie, ist gemäß der Angabe des Interviewten 2, auch von der weiteren Entwicklung neuer digitaler Technologien abhängig.⁵²² Die digitale Transformation und auch die Umsetzung von Industrie 4.0 wird zukünftig Schritt für Schritt geschehen und weiter an Fahrt aufnehmen.⁵²³ Experte 3 schätzt dies gleich ein und fügt seiner Aussage hinzu, dass zukünftig keine allzu große und auf einmal stattfindende digitale Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie zu erwarten sei.⁵²⁴ Interviewpartner 4 stellt auch klar, dass der Hype rund um Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie jedoch bereits abgeklungen ist.⁵²⁵ Die Experten aus Interview 5 und Interview 6 empfehlen den Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie grundsätzlich, mit der Umsetzung von Industrie 4.0 zu beginnen bzw. diese voranzutreiben und weniger darüber zu sprechen.⁵²⁶ Interviewpartner 1, Interviewpartner 5 und Interviewpartner 8 vertreten die Meinung, dass der Mensch auch zukünftig eine zentrale Rolle im Umfeld von Industrie 4.0 einnehmen wird.⁵²⁷ Vom Menschen getätigte Routinetätigkeiten werden durch Industrie 4.0-Lösungen jedoch vermehrt obsolet, was unweigerlich zu einer Höherqualifizierung des Betriebspersonals führen wird.⁵²⁸ Gemäß der Einschätzung von Interviewten 8, kann Industrie 4.0 bei korrekter Umsetzung, auch die derzeitigen Personalstände sichern.⁵²⁹

6.2 Evaluierung der identifizierten Industrie 4.0-Anwendungen

Im Zuge dieser Arbeit konnten insgesamt acht Industrie 4.0-Anwendungen zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie ermittelt werden. Diese Umsetzungsbeispiele konnten den Bereichen Primärmetallurgie, Sekundärmetallurgie und Stahlverarbeitung zugeteilt werden und sind samt Ergebnissen in Tabelle 4 angeführt. Dabei ist anzumerken, dass davon drei Industrie 4.0-Anwendungen in den Experteninterviews erwähnt wurden (In der Tabelle 4 mit „*“ gekennzeichnet).

⁵²⁰ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁵²¹ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁵²² Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

⁵²³ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁵²⁴ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

⁵²⁵ Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch

⁵²⁶ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch

⁵²⁷ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁵²⁸ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁵²⁹ Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

Tabelle 4: Industrie 4.0-Umsetzungsbeispiele zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz

	Anwendung	Technologiebasis	Ergebnis
Primärmetallurgie	iEAF (dyn. EAF- Steuerung)	Modelleinsatz Simulation	Energieeffizienz <ul style="list-style-type: none"> -5% elektr. Energie -13% Erdgas Materialeffizienz <ul style="list-style-type: none"> -3% Sauerstoff -7% injizierter Kohlenstoff -29% chargierter Kohlenstoff
	Einsatzsteuerung EAF* (dyn. EAF-Steuerung)	Modelleinsatz Simulation	Energie- und Materialeffizienz <ul style="list-style-type: none"> Verbesserung des Energie- und Materialeinsatzes Kostensparnis von 10€/t
Sekundärmet.	TOTOPLIS (optimale Temperaturführung)	Modelleinsatz Simulation	Energieeffizienz <ul style="list-style-type: none"> -2,4 KWh/t bei Pfannenbehandlung Materialeffizienz <ul style="list-style-type: none"> -10€/t für Kührschrott und Kalk
Stahlverarbeitung	EvalHD (Qualitätsüberwachung)	Big Data	Materialeffizienz <ul style="list-style-type: none"> Reduzierung von Ausschuss Steigerung der Ausbringung
	iProduct (Qualitätsüberwachung)	Big Data	Materialeffizienz <ul style="list-style-type: none"> Reduzierung von Ausschuss Steigerung der Ausbringung
	Selbstorganisierende Produktion	CPPS Modelleinsatz	Energieeffizienz <ul style="list-style-type: none"> Steigerung der Energieeffizienz → Red. der Aufheizvorgänge Materialeffizienz <ul style="list-style-type: none"> Steigerung der Ausbringung → schnellere Prozessführung
	Energie Datenbank* (Auswertung von Prozess- & Energiedaten)	Smart Product Machine Learning	Energieeffizienz <ul style="list-style-type: none"> Identifizierung der Korrelation zwischen Energieverbrauch und Materialeinsatz
	Expertensystem* (Prozessüberwachung- und Steuerung)	Big Data	Energie- und Materialeffizienz <ul style="list-style-type: none"> Qualitätsüberwachung Reduzierung von Ausschuss Verbesserung des Energieeinsatzes

Primärmetallurgie: Im Bereich der Primärmetallurgie wurden Industrie 4.0-Anwendungen ausschließlich nur für die Rohstahlerzeugung im EAF identifiziert werden. Dies lässt sich damit begründen, dass wie im Theorieteil dieser Arbeit bereits erwähnt, keine Effizienzpotenziale mehr für den Hochofen zu erwarten sind. Dies ist auf die über Jahrzehnte hinweg kontinuierliche Optimierung des Hochofenprozesses zurückzuführen.⁵³⁰ Bei beiden Umsetzungsbeispielen lässt sich eine Steigerung der Energie- und Materialeffizienz durch eine modellbasierte dynamische Steuerung des Energieeinsatzes erreichen (siehe Abschnitt 4.3.2 und Abschnitt 5.2.4). Im Gegensatz dazu, wird bei konventionellen Steuerungskonzepten auf Grundlage von statischen Fahrdiagrammen der Energieeinsatz vorgegeben.⁵³¹

Sekundärmetallurgie: Neben der Feineinstellung der Schmelze, verfolgt die Pfannenbehandlung das Ziel durch Beheizen der Schmelze eine bestmögliche Temperatureinstellung für den Abguss zu erreichen.⁵³² Dieser Ansatz wird im Industrie 4.0-Anwendungsbeispiel „TOTOPTLIS“ mittels modellbasierter Temperaturführung verfolgt, um eine Überhitzung der Schmelze zu vermeiden und dadurch den Energie- und Materialeinsatz (Kühlschrott) zu verringern (siehe Abschnitt 4.3.1).

Stahlverarbeitung: Im Bereich der Stahlverarbeitung wurden insgesamt fünf Industrie 4.0-Anwendungen, die zu einer Steigerung der Energie- und Materialeffizienz geführt haben, identifiziert. Damit umfasst dieser Bereich die größte Anzahl an Industrie 4.0-Anwendungen zur Erhöhung der Energie- und Materialeffizienz. Erwähnenswert dabei ist, dass davon bei drei Industrie 4.0-Anwendungen (EvalHD, iProduct, Expertensystem), vorrangig die Qualitätsoptimierung verfolgt wurde. Eine Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz ließ sich dabei erst über die dadurch erreichte Ausschussreduzierung erzielen. Ein weiteres Projekt umfasste die Implementierung einer sog. Energie Datenbank. Basierend auf Machine Learning, konnten damit die Gründe für einen stark schwankenden Energieverbrauch eines Flachstahlproduzenten identifiziert und dadurch eine Verbesserung der Ressourceneffizienz ermittelt werden (siehe Abschnitt 5.2.1). Eine zusätzliche Industrie 4.0-Anwendung beschreibt eine Vernetzung von Produkten und Prozessen, um dadurch eine selbstorganisierende Produktion im Sinne eines CPPS zu realisieren. Dabei wurde auf Basis der Vernetzung und die Anwendung von eines Temperaturmodells der Energieeinsatz verringert sowie die Ausbringung erhöht (siehe Abschnitt 4.1).

Im Zuge der Interviews wurden die Experten gefragt, wie Industrie 4.0-Anwendungen zu einer Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in den Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie führen können. Die Ergebnisse zeigen auf, dass eine Verbesserung

⁵³⁰ Vgl. Blesl, M.; Kessler, A. (2013), S. 196

⁵³¹ Vgl. Maiolo, J. et al. (2011), S. 3 f.

⁵³² Vgl. Bundesverband Deutscher Stahlhandel, <https://kerschgens.stahllexikon.de/index.php/stahllexikon/53-s/2480-Sekund%C3%A4rmetallurgie.html> (Zugriff: 06.04.2020)

der Energie- und Materialeffizienz durch Industrie 4.0-Anwendungen in der Eisen- und Stahlindustrie hauptsächlich über folgende Ansätze angestrebt wird:

- Reduzierung von Ausschuss⁵³³
- Steigerung der Ausbringung bei gleichbleibendem Materialeinsatz⁵³⁴
- Optimale Prozessführung mittels Modelleinsatz und Simulation⁵³⁵

Dabei sei anzumerken, dass die von den Experten genannte Reduzierung von Ausschuss immer in Verbindung mit einer Qualitätsoptimierung genannt wurde. Dies ist auch anhand, der in dieser Arbeit identifizierten und in Tabelle 4 dargestellten Industrie 4.0-Umsetzungsbeispiele zu erkennen. Diese Tatsache deutet darauf hin, dass bei Industrie 4.0-Umsetzungen in der Eisen- und Stahlindustrie, vermehrt die Optimierung der Produktqualität im Vordergrund steht. Im Zusammenhang dazu, erwähnt der Experte aus Interview 2, dass die Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz eher meist als positiver Nebeneffekt wahrgenommen wird.⁵³⁶ Diese Annahme wird auch durch die mehrmalige Nennung der Qualitätsoptimierung als Treiber und Potenzial für Industrie 4.0 in den Interviews bestätigt (siehe Abschnitt 6.1).

Eine weitere Maßnahme, um eine Effizienzverbesserung in den Prozessen der Stahlindustrie hervorzurufen, ist die Steigerung der Ausbringung bei gleichbleibendem Materialeinsatz. Betrachtet man, wie in der Theorie bereits erwähnt, dass Effizienz das Verhältnis zwischen Ertrag und Einsatz darstellt, kann mittels der Ertragssteigerung, die Energie- und Materialeffizienz in den Prozessen gesteigert werden. Dies wird u.a. mittels schnellerer Prozessführung (siehe Projekt selbstorganisierende Produktion) oder einer Qualitätsverbesserung (siehe Projekte EvalHD und iProduct) erreicht. Dabei sollte jedoch, der bereits in Kapitel 2 erwähnte, Reboundeffekt bedacht werden. Sämtliche mit Industrie 4.0-Maßnahmen erreichten Energieeinsparungen, können durch eine Steigerung von Ertrag bzw. Nutzen wieder zunichte gemacht werden.

Ein weiterer Beitrag von Industrie 4.0 zur Steigerung von Energie- und Materialeffizienz ist die Simulationsanwendung auf Basis von Modellen. Dies kann u.a. durch eine optimierte modellbasierte Temperaturführung vor dem Abguss erreicht werden. (siehe Projekt TOTOPTLIS).⁵³⁷ Die Interviewten Gussexperten heben in diesem Zusammenhang das Potenzial der Gießprozess-Simulation hervor.⁵³⁸ Der Interviewte 6 verweist dabei auf die Optimierung der Anschnitt- und Speisertechnik und die damit

⁵³³ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 4 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

⁵³⁴ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

⁵³⁵ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁵³⁶ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

⁵³⁷ Vgl. Interviewter 3 (2019), Expertengespräch

⁵³⁸ Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

verbundene Materialeinsparung, was dazu führt, dass vor dem Abguss weniger Material aufgeschmolzen werden muss.⁵³⁹

Wie aus Tabelle 4 abzulesen, konnten in den Gesprächen mit den Experten drei Industrie 4.0-Anwendungen, die zu einer Verbesserung der Ressourceneffizienz geführt haben, eruiert werden. Im Folgenden werden die in den Interviews genannten Herausforderung im Zuge der Implementierung genannt.

Die im Interview 2 identifizierte Industrie 4.0-Anwendung (Energie Datenbank) umfasste die Entwicklung eines Systems, zur Identifizierung der Gründe für den schwankenden Energieverbrauch eines Flachstahlproduzenten (siehe Abschnitt 5.2.1). Laut der Angabe des Interviewten war einerseits die Integration der Sensorik in die Prozesslandschaft eine Herausforderung. Andererseits war das Verhalten des Betriebspersonals herausfordernd, da diese nach dem Projekt zu viel in den Prozess eingegriffen hat und sich dadurch zunächst keine Verbesserung des Energieverbrauches einstellte.⁵⁴⁰

Das von Unternehmen 5 entwickelte modellbasierte Softwaretool (Einsatzsteuerung EAF) soll den Energie- und Materialeinsatz im EAF reduzieren. Diese Software ermöglicht eine effiziente Ansteuerung des Ofen-Equipments, dass eine optimale Ausbringung bei minimalen Verlusten erreicht werden kann. Dadurch soll, gemäß Interview 5, eine hypothetische Kostenersparnis von bis zu 10€/t erreicht werden können (siehe Abschnitt 5.2.4). Als Herausforderungen bei diesem Projekt nannte der Interviewte die Vorfinanzierung für die Entwicklung des Tools, den Mangel an Softwareentwicklern am Arbeitsmarkt und die Fähigkeit zeitnah auf Veränderungen reagieren zu können.⁵⁴¹

Ein weiteres Projekt umfasste die Entwicklung und Implementierung eines Expertensystem, mit dem Ziel die Prozessstabilität in der Produktion eines Stahlunternehmens zu sichern (siehe Abschnitt 5.2.7). Dazu werden auf Grundlage von digitaler Betriebs- und Prozessdatenerfassung und der Auswertung dieser mit Big Data-Technologien eine dynamische Qualitätsüberwachung und -Steuerung gewährleistet. Durch die Sicherstellung der geforderten Qualität der Produkte, soll der Ausschuss verringert werden und sich dadurch eine Verbesserung der Energie und Materialeffizienz einstellen. Herausfordernd dabei war die Entwicklung von internem Know-how und der dafür notwendige organisatorische Aufwand, da die operativen Aufgaben der Fertigung Vorrang hatten.⁵⁴²

⁵³⁹ Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁵⁴⁰ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 6 (2020), Expertengespräch; Vgl. Interviewter 7 (2020), Expertengespräch

⁵⁴¹ Vgl. Interviewter 5 (2019), Expertengespräch

⁵⁴² Vgl. Interviewter 8 (2020), Expertengespräch

Das VDI Zentrum Ressourceneffizienz hält in seiner Studie „Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0“ fest, dass direkte Zusammenhänge zwischen Industrie 4.0-Anwendungen und einer Steigerung der Ressourceneffizienz derzeit noch schwer darzustellen sind. Dies ist auf die fließenden Entwicklungsstufen dieser technologischen Transformation in Richtung Industrie 4.0 zurückzuführen.⁵⁴³ Der Grund dafür kann sein, dass wie bereits im Interview 2 erwähnt, die Energie- und Materialeffizienz nicht der Haupttreiber für die Umsetzung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie ist. Vielmehr stehen Qualität und Kosten im Vordergrund.⁵⁴⁴

Dies bestätigte auch der Experte aus Interview 1 mit der Aussage, dass entlang der neuen Walzstraße zwar alle Energieverbräuche und eingesetzte Materialien aufgezeichnet werden, jedoch noch keine Auswertung dieser Daten getätigt wird. Somit sei auch eine Optimierung von Energie- und Materialeinsatz, im Walzprozess von Unternehmen 1, zum Zeitpunkt des Interviews (Mai 2019) noch nicht möglich gewesen.⁵⁴⁵

Wie in der Theorie erwähnt, soll eine neu geplante Anlage jedoch mit ausreichender Sensorik ausgestattet (wie bei Unternehmen 1) sein, um zukünftige Anwendungsszenarien realisieren zu können.⁵⁴⁶

Trotz der schwer darzustellenden Zusammenhänge zwischen Industrie 4.0 und der Steigerung der Energie- und Materialeffizienz, führt eine Verbesserung dieser, zu einer deutlich spürbaren Kostenreduktion in industriellen Fertigungsprozessen.⁵⁴⁷ Gerade für die ressourcenintensive Eisen- und Stahlindustrie ergeben sich mittels Industrie 4.0 geradezu neue Wege Ihre Energie- und Materialeffizienz zu steigern. Wie bereits in Kapitel 2 ausführlich dargestellt, sind der Energieeinsatz und die damit verbundenen Energiekosten für die Stahlproduktion enorm (36% Energiekosten für eine Tonne Warmband).⁵⁴⁸ Zusätzlich ergibt sich durch die sehr intensive Energienutzung ein immenser CO₂-Ausstoß. Maßnahmen zur Senkung der CO₂-Emissionen, wie das EU-ETS, sind eine zusätzliche finanzielle Belastung für Eisen- und Stahlproduzenten (siehe Abschnitt 2.3). Somit sind Energie- und Materialeffizienz entscheidend für die zukünftige Rolle europäischer Stahlproduzenten am Weltmarkt.

Energie- und Materialeffizienz konnte in der Theorie sowie in den Experteninterviews als Potenzial von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie identifiziert werden. Entlang der Prozesskette der Stahlindustrie, wurde in allen Bereiche Potenziale zur Verbesserung der Ressourceneffizienz ermittelt (Primärmetallurgie, Sekundärmetallurgie, Stahlverarbeitung).

⁵⁴³ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017), S. 61

⁵⁴⁴ Vgl. Interviewter 2 (2019), Expertengespräch

⁵⁴⁵ Vgl. Interviewter 1 (2019), Expertengespräch

⁵⁴⁶ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 19

⁵⁴⁷ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017), S. 10 f.

⁵⁴⁸ Vgl. Pulm, P.; Raupenstrauch, H. (2014), S. 13

Folgende Abbildung soll den Faktor Energie- und Materialeffizienz zur Beibehaltung der Konkurrenzfähigkeit nochmals verdeutlichen. Eine Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz führt, wie oben erwähnt, einerseits zu einer Reduktion der Herstellungskosten. Andererseits hat die dadurch erreichte Verringerung des Energieeinsatzes eine Reduzierung der CO₂-Emissionen zur Folge. Dadurch müssen weniger CO₂-Zertifikate gehandelt werden. Vorausgesetzt, man beachte den bereits in Kapitel 2 dargestellten Reboundeffekt. Jegliche Energieeinsparung in der Produktion wird zu Nichte gemacht, wenn im Gegensatz Nutzen bzw. Output gesteigert wird. Dies führt direkt wieder zu einem höheren Energieverbrauch und zunehmendem CO₂-Ausstoß.

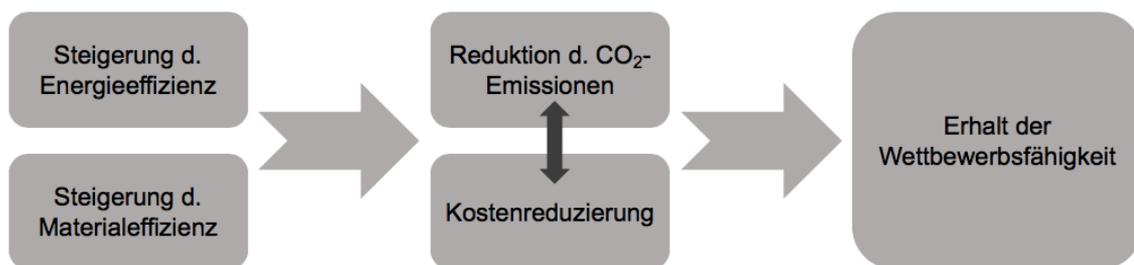


Abbildung 31: Beitrag der Energie- und Materialeffizienz zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit⁵⁴⁹

In der Primärmetallurgie ergeben sich vor allem durch den Modelleinsatz neue Möglichkeiten für eine effiziente und dynamische Steuerung von Elektrolichtbogenöfen. Dadurch lässt sich vor allem der elektrische- und chemische Energieeinsatz sowie der Einsatz von Kohlenstoff und Sauerstoff verringern. Entlang der Sekundärmetallurgie kann ein Modelleinsatz eine optimale Temperaturführung der Schmelze bei der Pfannenbehandlung garantieren und dadurch Energie- und Materialeinsatz verringern. Wie in der Theorie bereits erwähnt, sind vorrangig metallurgische-, chemische- und physikalische Modelle zur Beschreibung der Schmelz- und Umformprozesse von großer Bedeutung.⁵⁵⁰ Im Bereich der Stahlverarbeitung werden vorwiegend Big Data-Technologien zur prädikativen Qualitätsüberwachung- und Steuerung eingesetzt. Die Theorie hat bereits gezeigt, dass Qualitätsabweichungen oftmals erst am Ende des Produktionsprozesses identifiziert werden. Das Produkt durchlief davor jedoch den kompletten Produktionsprozess. Dies führt unweigerlich dazu, dass sich Energie- und Materialeffizienz verschlechtern.⁵⁵¹ Somit kann über eine Reduktion von Ausschuss die Energie- und Materialeffizienz erhöht werden. Die in den Interviews und in der Theorie ermittelten Industrie 4.0-Anwendungen zeigen, dass vor allem eine Steigerung der Energie- und Materialeffizienz in den Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie, durch den Einsatz von modellbasierter Simulation (digitaler Zwillinge) und Big Data-Technologien erreicht werden kann.

⁵⁴⁹ Quelle: Eigene Darstellung

⁵⁵⁰ Vgl. Stahlinstitut VDEh (2017), S. 30

⁵⁵¹ Vgl. Kirchner, K. et al. (2018), S. 33f.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Die Eisen- und Stahlproduzenten zählen weltweit zu den größten industriellen Ressourcenverbrauchern und CO₂-Emittenten. Bei der Stahlproduktion stellen die Energiekosten mit 20% bis 40% einen erheblichen Anteil an den gesamten Produktionskosten dar. Da die Hochofenroute weltweit das dominierende Verfahren zur Rohstahlerzeugung ist, kann dies vor allem auf den Einsatz von Koks Kohle als Reduktionsmittel im Hochofenprozess zurückgeführt werden. Zusätzlich ist neben dem Einsatz von Reduktionsmittel der Verbrauch von elektrischer- und chemischer Energie in den Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie ein großer Energiekostenfaktor. Aufgrund des immensen Reduktionsmitteleinsatzes und den damit verbundenen hohen Energiekosten, wurde der Hochofenprozess in den letzten Jahrzehnten stetig optimiert. Deswegen sind in der Primärmetallurgie für den Hochofen selbst, keine Effizienzpotenziale mehr zu erwarten. Neben dem Energiebedarf fordert die Erzeugung und Weiterverarbeitung von Stahl einen hohen Verbrauch von Einsatz- und Prozessstoffen wie bspw. Schlackenbildner, Stahlschrott, Legierungselemente oder Sauerstoff. Die Eisen- und Stahlindustrie ist zusätzlich für einen großen Teil der globalen CO₂-Emissionen verantwortlich. Der direkte Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und CO₂-Emissionen ist vorrangig auf den Einsatz von kohlenstoffhaltigen Reduktionsmitteln, auf die Bereitstellung der geforderten hohen Prozesstemperaturen und Leistungsbereitstellung für den Stahlwerksbetrieb zurückzuführen.

In dieser Arbeit wurden folglich Status quo, Nutzungsaspekte, Herausforderungen und Risiken von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie dargestellt und darauf aufbauenden gezeigt, wie Industrie 4.0-Anwendungen zu einer Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie führen können. Um dies darzustellen, wurden auf Basis einer Literaturrecherche Experteninterviews, mit acht Personen aus dem Umfeld der Eisen- und Stahlindustrie, durchgeführt.

Die Arbeit zeigt, dass in der Eisen- und Stahlindustrie bereits erste Industrie 4.0-Anwendungen realisiert wurden. Grundsätzlich lässt sich aus den Ergebnissen der Theorie ein Trend in der Anwendung von horizontaler Integration, Big-Data-Technologien und digitaler Zwillinge erkennen. Basierend auf den Ergebnissen der Theorie und Experteninterviews kann festgehalten werden, dass die Umsetzung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie als beginnend bis laufend eingestuft werden kann. Grundsätzlich kann Industrie 4.0, neben der CO₂-Debatte, als Top-Thema der Eisen- und Stahlindustrie betitelt werden. Ebenso signalisiert die Auswertung der Expertengespräche, dass Industrie 4.0 bereits vermehrt Eingang in die Unternehmensstrategien findet und die Umsetzung auch vom Top-Management gefordert und unterstützt wird. Die Eisen- und Stahlproduzenten haben demnach erkannt, dass Industrie 4.0 ein Werkzeug für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit ist. Als wesentliche Treiber für die Umsetzung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie können Qualitätsoptimierung, Kostenreduktion sowie Energie- und Materialeffizienz genannt werden. Wobei anzumerken ist, dass hierbei Qualität und Kosten als Haupttreiber anzusehen sind. Grundsätzlich seien die Eisen- und

Stahlproduzenten bereit für Industrie 4.0. Dies liegt vorrangig am hohen Automatisierungsgrad der Prozesse. Jedoch bestehe unter den Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie nur eine bedingte Offenheit für Industrie 4.0. Dies ist hauptsächlich auf die Bedenken hinsichtlich Datensicherheit zurückzuführen.

Die Erkenntnisse der Theorie ergeben, dass neben der Digitalisierung auch die Automatisierung der Maschinen und Prozesse eine Grundlage für Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie sei. Grundsätzlich benötigen Anlagen- und Prozessmodelle korrekte Eingangsdaten, um realitätsnahe Ergebnisse liefern zu können. Digitalisierung ist somit ein wesentlicher Treiber und Querschnittstechnologie für Industrie 4.0. Die Interviews zeigen, dass erste Schritte zur Digitalisierung der Eisen- und Stahlindustrie bereits vor mehreren Jahrzehnten gesetzt wurden. Die digitale Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie kann somit als laufend betitelt werden. Unter den Experten herrsche jedoch keine Einigkeit bezüglich der Funktion der Digitalisierung als Basis für Industrie 4.0. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass es derzeit weder für Digitalisierung noch für Industrie 4.0 eine allgemein gültige Definition in der Fachliteratur gibt und somit die Grenzen beider Begriffe verschwimmen. Dennoch zeigen Theorie und Praxis, dass die digitale Datengewinnung eine große Bedeutung für Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie hat.

Die in dieser Arbeit identifizierten Nutzaspekte bzw. Potenziale von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie sind vielfältig. Von den Experten wurden Kostenreduzierung, Qualitätsoptimierung und Ressourceneffizienz am häufigsten als Nutzaspekte bezeichnet. Zusätzlich zu den vorhin genannten Potenzialen, konnten Prozesstransparenz, Produktivität, Flexibilität, Instandhaltung, rentable Produktion von Kleinstmengen, Erweiterung der Geschäftsmodelle und neuartige Gestaltung und Planung des Arbeitsumfeldes als weitere Nutzaspekte eruiert werden. Herausforderungen bei der Umsetzung von Industrie 4.0 gibt es aus technischer und organisatorischer Sicht. Die Ergebnisse zeigen, dass die geringe Akzeptanz der Mitarbeiter für neue Lösungen hinsichtlich Industrie 4.0 dabei als größte Barriere anzusehen ist. Dies kann gemäß Experteninterviews auf fehlende Kenntnisse im Umgang mit digitalen Lösungen, die Schwierigkeit gewohnte Arbeitsabläufe zu durchbrechen sowie die Angst vor der Überwachung und Verlust der Arbeitsstelle zurückgeführt werden. Theorie und Praxis offenbaren hierbei die große Bedeutung, den Nutzen und Mehrwert von Industrie 4.0, im Zuge eines Changemanagement-Prozesses, klar zu kommunizieren. Zusätzlich wollen Mitarbeiter an der Umsetzung aktiv mitgestalten und Teil dieser Transformation sein. Eine weitere Herausforderung ist mangelndes Know-how der Mitarbeiter für digitale Lösungen. Stahlwerke, vor allem in Europa, können durchaus als historisch gewachsene Strukturen bezeichnet werden. Deswegen kann die Integration neuer digitaler Lösungen in bereits bestehende Anlagen und Systeme problematisch werden. Die Zuverlässigkeit und Komplexität der Systeme und auch die Verfügbarkeit von Produktionshardware und Software sind weitere Schwierigkeiten bei der Implementierung von Industrie 4.0-Anwendungen. Aufgrund der spezifischen Umgebungsbedingungen sowie abwechselnder flüssiger Prozesse mit stückbasierten Behandlungsschritten, wird die Einbindung der Sensorik in die Prozesse und die Materialkennzeichnung ebenso als herausfordernd betrachtet. Neben Nutzenaspekten und Herausforderungen stellt die vorliegende Arbeit auch

Risiken, in Verbindung mit Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie dar. Eine ernstzunehmende Bedrohung sind Cyberattacken. Bereits erfolgte Angriffe auf Hochöfen zeigen die akute Bedrohungslage. Dabei gilt es Maßnahmen bezüglich Datensicherheit zu setzen, um gegen Angriffe von Innen und Außen gewappnet zu sein. Weitere Risiken sind die Fehlinterpretation und Verwendung falscher Daten. Zusätzlich stellt auch ein zu großes Vertrauen in digitale Systeme eine Gefahr dar und der damit verbundene Verlust von Know-how und metallurgischem Grundlagenwissen. Ebenso ist eine falsche bzw. eine zu langsame Umsetzung ein Risiko für Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie.

Aufgrund des anspruchsvollen Marktes und dem damit verbundenen Wettbewerbsdruck, ist Industrie 4.0 ein wichtiger Faktor zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit in der Eisen- und Stahlindustrie. Dabei nimmt die Energie- und Materialeffizienz eine zunehmend wichtige Rolle ein.

Im Zuge dieser Arbeit wurden acht Industrie 4.0-Anwendungen zur Erhöhung der Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie identifiziert. Diese konnten den Bereichen Primärmetallurgie, Sekundärmetallurgie und Stahlverarbeitung zugeordnet werden. Die Auswertung der Interviews sowie die Analyse der Umsetzungsbeispiele zeigen, dass eine Erhöhung der Energie- und Materialeffizienz über Ausschussreduzierung, Steigerung der Ausbringung bei gleichbleibendem Rohmaterialeinsatz und optimaler Prozessführung mittels Modelleinsatz und Simulation angestrebt wird. Im Bereich der Primärmetallurgie finden ausschließlich modellbasierte dynamische EAF-Steuerungskonzepte ihre Anwendung. Dies liegt daran, dass für den Hochofenprozess, aufgrund Jahrzehntelanger Optimierungen, keine Effizienzpotenziale mehr zu erwarten sind. Ebenso wird im Bereich Sekundärmetallurgie mit Modelleinsatz und Simulation eine optimale Temperaturführung der Schmelze angestrebt. Im Bereich der Stahlverarbeitung werden vornehmlich Big Data-Anwendungen zur prädikativen Qualitätssteuerung und Prozessüberwachung eingesetzt. Damit lässt sich eine Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz indirekt über Ausschussreduzierung erreichen. Grundsätzlich lässt sich ein Zusammenhang zwischen Industrie 4.0 und Ressourceneffizienz nur schwer darstellen. Dies liegt, wie die Theorie zeigt, an den fließenden Entwicklungsstufen der technologischen Transformation rund um Industrie 4.0. Zusätzlich sind Faktoren wie Qualität und Kosten eigentlich als Haupttreiber anzusehen. Eine Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz durch Industrie 4.0-Anwendungen ist oftmals nur als positiver Nebeneffekt anzusehen. Dennoch konnte in dieser Arbeit die Energie- und Materialeffizienz als wichtiger Faktor zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit identifiziert werden.

Theorie und Praxis ergeben, dass es in der Eisen- und Stahlindustrie bereits vermehrt Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten auf dem Gebiet der Industrie 4.0 gibt. Hervorzuheben ist dabei der RFCS (Research Fund for Coal and Steel), dieser maßgeblich an der Umsetzung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie beteiligt ist. Im Bereich der Patentanmeldung sind im Vergleich zu Stahlproduzenten vorwiegend metallurgische Anlagenbauer aktiv. Nichts desto trotz, gibt es in der Umsetzung von Industrie 4.0-Anwendungen noch sehr viel Potenzial.

Wie gezeigt, liefern Industrie 4.0-Anwendungen neue Möglichkeiten die Energie- und Materialeffizienz in den Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie zu erhöhen. Die Umsetzung von Industrie 4.0 wird für viele Eisen- und Stahlproduzenten unabdingbar sein, um weiterhin am Markt konkurrieren zu können. Zukünftig müssen Energie- und Materialeinsatz demnach effizienter gestaltet werden, um Kosten zu sparen und auch die Umwelt zu schützen. Dazu gilt es entlang der Prozesskette zu evaluieren, wo Industrie 4.0-Anwendungen zur Erhöhung der Energie- und Materialeffizienz eingesetzt werden können. Hierzu wird die Bedeutung einer digitalen Datenerfassung in Echtzeit zunehmend wichtiger. Dadurch wird auch die digitale Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie weiter voranschreiten. Der Einsatz digitaler Zwillinge von Prozessen und Anlagen sowie auch Big Data-Anwendungen zur prädikativen Qualitätsüberwachung, werden zunehmend wichtiger, um die Ressourceneffizienz zu steigern. Der Mensch wird auch zukünftig im Industrie 4.0-Konzept als Befähiger und Gestalter eine zentrale Rolle einnehmen. Jedoch wird der Mensch höherwertige Aufgaben übernehmen, da Routinetätigkeiten in einer Smart Factory vermehrt automatisiert vollrichtet werden.

Literaturverzeichnis

- Apache Software Foundation (2020): Apache Hadoop. URL: <https://hadoop.apache.org/> (Zugriff: 01.05.2020).
- Arens, M.; Eichhammer, W. (2013): Eisen- und Stahlindustrie. In: Fleiter, T.; Schlomann, B.; Eichhammer, W. (Hrsg.): Energieverbrauch und CO₂-Emissionen industrieller Prozesstechnologien: Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente. Stuttgart: Fraunhofer-Verlag. ISBN 978-3-8396-0515-8, S. 277–314.
- Bauernhansl, T. (2014): Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In: Bauernhansl, T.; Ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-04681-1, S. 5–34.
- Bernhard, F. (2004): Technische Temperaturmessung: physikalische und meßtechnische Grundlagen, Sensoren und Meßverfahren, Meßfehler und Kalibrierung. Berlin: Springer. ISBN 978-3-642-62344-8.
- Binder, R.; Herzog, K. (2017): Industrie 4.0 – was steckt dahinter? In: Stahl und Eisen, Jg. 2017, Nr. 9, S. 79–83.
- Bischoff, J. (2015): Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand. Berlin. 2015.
- Blesl, M.; Kessler, A. (2013): Energieeffizienz in der Industrie. Berlin: Springer-Vieweg. ISBN 978-3-642-36513-3.
- BMWi (2015): Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft. Berlin. 2015.
- Bortz, J.; Döring, N. (2006): Forschungsmethoden und Evaluation. 4., überarb. Aufl., Heidelberg: Springer. ISBN 978-3-540-33305-0.
- Brandenburger, J.; Colla, V.; Cateni, S.; Vignali, A.; Ferro, F.; Schirm, C.; Melcher, J. (2018): Applying Big Data Concepts to Improve Flat Steel Production Processes. In: Sanjiban, S. R.; Pijush, S.; Ravinesh, D.; Stavros, N. (Hrsg.): Big Data in Engineering Applications. Berlin Heidelberg: Springer. ISBN 978-981-10-8475-1, S. 1–21.
- Broy, M. (2010): Cyber-Physical Systems – Wissenschaftliche Herausforderungen bei der Entwicklung. In: Broy, M. (Hrsg.): Cyber-Physical Systems: Innovation durch softwareintensive eingebettete Systeme. Berlin: Springer. ISBN 978-3-642-14498-1, S. 17–31.

- Bundesverband Deutscher Stahlhandel (2020): Stahllexikon – Sekundärmetallurgie.
URL: <https://kerschgens.stahl-lexikon.de/index.php/stahllexikon/53-s/2480-Sekund%C3%A4rmetallurgie.html> (Zugriff: 06.04.2020).
- Cadet, M.; Sinwell, C.; Fischer, J.; Rosen, R.; Stephan, N.; Meissner, H. (2017): Referenzentwicklungsprozess für cybertronische Produkte und Produktionssysteme. In: Eigner, M.; Koch, W.; Muggeo, C. (Hrsg.): Modellbasierter Entwicklungsprozess cybertronischer Systeme: der PLM-unterstützte Referenzentwicklungsprozess für Produkte und Produktionssysteme. Berlin: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-55123-3.
- Delcuve, K. (2016): Industrie 4.0 im metallurgischen Anlagenbau. In: Gaswärme international, Jg. 2016, Nr. 2, S. 42–43.
- Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (2016): Deutsch-Chinesische Zusammenarbeit bei Industrie 4.0. Bonn. 2016.
- Dierig, C. (2015): Billiger Stahl aus China ruiniert unsere Stahlindustrie. DIE WELT.
URL: <https://www.welt.de/wirtschaft/article148677595/Deutschland-der-Verlierer-im-globalen-Stahlkrieg.html> (Zugriff: 14.01.2020).
- Drossel, W.-G.; Ihlenfeldt, S.; Dumitrescu, R. (2018): Cyber-Physische Systeme. In: Neugebauer, R. (Hrsg.): Digitalisierung: Schlüsseltechnologien für Wirtschaft und Gesellschaft. 1. Auflage, Berlin Heidelberg: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-55889-8, S. 197–218.
- Effizienz-Agentur NRW (2018): Ressourceneffizienz 4.0, URL: https://www.ressourceneffizienz.de/fileadmin/user_upload/Dokumente_2018/EFA_Ressourceneffizienz_4.0_WEB.pdf (Zugriff: 26.02.2019).
- Eggert, A. (2018): EUROPEAN STEEL INDUSTRY PATHWAYS TOWARDS THE SMART, LOW CARBON AND COMPETITIVE INDUSTRY OF THE FUTURE. Brüssel. 2018.
- Energieeffizienzrichtlinie 2012/27/EU (2012): Richtlinie zur Energieeffizienz. Brüssel, 25.10.2012.
- EUREKA (2019): EUREKA - Forschungsinitiative. URL: <https://www.eureka.dlr.de/de/143.php> (Zugriff: 22.10.2019).
- European Commission (2015): Den Kreislauf schließen – ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft, URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF (Zugriff: 15.01.2020).
- European Commission (2019): Forschung - RP7. URL: https://ec.europa.eu/research/fp7/understanding/fp7inbrief/what-is_de.html (Zugriff: 22.10.2019).

- European Commission (2019): Research Fund for Coal and Steel (RFCS). European Commission - European Commission. URL: https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/research-fund-coal-and-steel-rfcs_en (Zugriff: 22.10.2019).
- European Commission (2019): What is Horizon 2020? Horizon 2020. URL: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-horizon-2020> (Zugriff: 22.10.2019).
- European Commission (2020): Morse Project. URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/768652/de> (Zugriff: 22.03.2020).
- European Energy Exchange (EEX) (2020): About EEX AG. URL: <https://www.eex.com/de/about/eex/eex-ag> (Zugriff: 29.04.2020).
- Fallenbeck, N.; Eckert, C. (2014): IT-Sicherheit und Cloud Computing. In: Bauernhansl, T.; Ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-04681-1, S. 397–431.
- Flachsbar, S. (2016): Industrie 4.0 - Der Trend und seine Auswirkungen. URL: <http://smart-software.ch/wp-content/uploads/2016/05/4.-Industrielle-Revolution.png> (Zugriff: 26.01.2020).
- Fraunhofer IMWS (2019): Stahl Kreisläufe. Halle (Saale). 2019.
- Fraunhofer IPA; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (2014): Strukturstudie „Industrie 4.0 für Baden-Württemberg“. Stuttgart. 2014.
- Fraunhofer ISI (2018): Industry 4.0 in the European Iron and Steel Industry: Towards an Overview of Implementations and Perspectives. Karlsruhe. 2018.
- Fraunhofer-Verbund MATERIALS (2016): Material Data Space: Eckpunktpapier des Fraunhofer-Verbunds MATERIALS. Halle (Saale). 2016.
- Fraunhofer-Verbund MATERIALS Der Materials Data Space. URL: <https://www.fraunhofer-materials-data-space.de/de/der-materials-data-space.html> (Zugriff: 17.03.2019).
- Freiland, D.; Penner, A. (2017): Herausforderungen und Lösungsansatz von M&A im Umfeld von Industrie 4.0. In: Lucks, K. (Hrsg.): Praxishandbuch Industrie 4.0: Branchen - Unternehmen - M&A. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag. ISBN 978-3-7910-3851-3, S. 723–730.
- Gartner Inc. (2019): Digitalization - Gartner IT Glossary. URL: <https://www.gartner.com/it-glossary/digitalization/> (Zugriff: 06.10.2019).
- Gartner Inc. (2019): Digitization - Gartner IT Glossary. URL: <https://www.gartner.com/it-glossary/digitization/> (Zugriff: 06.10.2019).

- Ghosh, S. K. (2020): Introduction to Circular Economy and Summary Analysis of Chapters. In: Ghosh, S. K. (Hrsg.): Circular Economy: Global Perspective. ISBN 9789811510526, S. 1–23.
- Gläser, J.; Laudel, G. (2009): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. 3., überarb. Aufl, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. ISBN 978-3-531-15684-2.
- Gorecky, D.; Schmitt, M.; Loskyll, M. (2014): Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter. In: Bauernhansl, T.; Ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-04681-1, S. 525–542.
- Graef, N. (2016): Industrie 4.0 Gesamtkonzept: Zusammenspiel von intelligenten Infrastrukturen, Paradigmen und technologischen Komponenten. In: Roth, A. (Hrsg.): Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0: Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis. Berlin Heidelberg: Springer Gabler. ISBN 978-3-662-48504-0, S. 73–82.
- Grösser, S. Definition: Digitaler Zwilling. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/digitaler-zwilling-54371>. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/digitaler-zwilling-54371/version-277410> (Zugriff: 01.05.2020).
- Gubler, C. (2014): Vom ERP zum integrierten Informationssystem. referenzportal.ch. URL: <https://www.referenzportal.ch/fuehrung/vom-erp-zum-integrierten-informationssystem/> (Zugriff: 08.01.2020).
- Günther, M. (2015): Energieeffizienz durch Erneuerbare Energien: Möglichkeiten, Potenziale, Systeme. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-06752-6.
- Hanschke, I. (2018): Digitalisierung und Industrie 4.0 - einfach und effektiv: systematisch und lean die digitale Transformation meistern. München: Hanser. ISBN 978-3-446-45293-0.
- Hecht, M. (2017): Industrie 4.0 – der Dillinger Weg. In: Stahl und Eisen, Jg. 2017, Nr. 4, S. 61–69.
- Heiskanen, M. (2019): Model-Based Optimisation for Efficient Use of Resources and Energy, URL: <https://iea-industry.org/app/uploads/2019-11-27-EU-MORSE-presentation.pdf> (Zugriff: 22.03.2020).
- Hessen Trade & Invest GmbH (2016): Praxisleitfaden: Ressourceneffizienz in der Produktion – Zerpanungsprozesse. Wiesbaden. 2016.
- Heußén, M.; Markus, H. P. (2013): Ressourcenmanagement eines Elektrostahlwerks, URL: <https://www.vivis.de/wp->

- content/uploads/ASS/2013_ASS_485_506_Heussen-Markus.pdf (Zugriff: 28.04.2020).
- Hippmann, S.; Klinger, R.; Leis, M. (2018): Digitalisierung – Anwendungsfelder und Forschungsziele. In: Neugebauer, R. (Hrsg.): Digitalisierung: Schlüsseltechnologien für Wirtschaft und Gesellschaft. 1. Auflage, Berlin Heidelberg: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-55889-8, S. 9–15.
- Huber, D.; Kaiser, T. (2017): Wie das Internet der Dinge neue Geschäftsmodelle ermöglicht. In: Reinheimer, S. (Hrsg.): Industrie 4.0: Herausforderungen, Konzepte und Praxisbeispiele. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-18164-2, S. 17–26.
- Huber, W. (2018): Industrie 4.0 kompakt - wie Technologien unsere Wirtschaft und unsere Unternehmen verändern: Transformation und Veränderung des gesamten Unternehmens. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-20798-4.
- International Energy Agency (IEA) (2020): Energy demand and intensity in iron and steel, 2000-2017 – Charts – Data & Statistics. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/energy-demand-and-intensity-in-iron-and-steel-2000-2017> (Zugriff: 28.04.2020).
- Interviewer 1 (2019): Int1. persönliches Gespräch, Standort 1, 2019.
- Interviewer 2 (2019): Int2. Telefongespräch, Standort 2, 2019.
- Interviewer 3 (2019): Int3. persönliches Gespräch, Standort 3, 2019.
- Interviewer 4 (2019): Int4. Telefongespräch, Standort 4, 2019.
- Interviewer 5 (2019): Int5. persönliches Gespräch, Standort 5, 2019.
- Interviewer 6 (2020): Int6. persönliches Gespräch, Standort 6, 2020.
- Interviewer 7 (2020): Int7. persönliches Gespräch, Standort 7, 2020.
- Interviewer 8 (2020): Int8. persönliches Gespräch, Standort 8, 2020.
- Jung, P. (2018): Jetzt wird es persönlich – SSAB entwickelt mobile Applikation SmartSteel1.0. In: Stahlmarkt, Jg. 2018, Nr. 8, S. 14.
- Kagermann, H. (2017): Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In: Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; ten Hompel, M. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Bd. 4: Allgemeine Grundlagen. 2. Auflage, Berlin: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-53253-9, S. 235–246.
- Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J. (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Frankfurt am Main. 2013.
- Kaufmann, T.; Forstner, L. (2017): Die horizontale Integration der Wertschöpfungskette in der Halbleiterindustrie – Chancen und Herausforderungen. In: Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; ten Hompel, M. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Bd. 4:

- Allgemeine Grundlagen. 2. Auflage, Berlin: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-53253-9, S. 125–133.
- Kirchner, K.; Lemke, C.; Brenner, W. (2018): Neue Formen der Wertschöpfung im digitalen Zeitalter. In: Barton, T.; Müller, C.; Seel, C. (Hrsg.): Digitalisierung in Unternehmen: von den theoretischen Ansätzen zur praktischen Umsetzung. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-22772-2, S. 27–45.
- Klein, D.; Tran-Gia, P.; Hartmann, M. (2013): Big Data. In: Informatik-Spektrum, Jg. 2013, Nr. 3, S. 319–323.
- Konstantin, P. (2017): Praxisbuch Energiewirtschaft: Energieumwandlung, -transport und -beschaffung, Übertragungsnetzausbau und Kernenergieausstieg. 4., aktualisierte Auflage, Berlin: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-49822-4.
- Küster-Simić, A.; Gül, O.; Lauenstein, P. (2017): Branchenanalyse Stahlindustrie: Entwicklungstrends und Zukunftschancen. Düsseldorf: edition Hans-Böckler-Stiftung. ISBN 978-3-86593-260-0.
- Lehmacher, W. (2016): Globale Supply Chain: technischer Fortschritt, Transformation und Circular Economy. Wiesbaden: Springer Gabler. ISBN 978-3-658-10158-9.
- Leimeister, J. M. (2015): Einführung in die Wirtschaftsinformatik. Berlin Heidelberg: Springer Gabler. ISBN 978-3-540-77846-2.
- Liebold, R.; Trinczeck, R. (2009): Experteninterview. In: Kühl, S.; Strodtholz, P.; Taffertshofer, A. (Hrsg.): Handbuch Methoden der Organisationsforschung: quantitative und qualitative Methoden. 1. Auflage, Wiesbaden: VS, Verlag für Sozialwissenschaften. ISBN 978-3-531-15827-3, S. 32–56.
- Mainzer, K. (2016): Künstliche Intelligenz - Wann übernehmen die Maschinen? Berlin Heidelberg: Springer. ISBN 978-3-662-48452-4.
- Maiolo, J.; Scipolo, V.; Clerici, P. (2011): iEAF® technology: dynamic process control for the electric arc furnace, URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/091b/1c1c9fd6cba92a6aa7cf29334f4ed9e25519.pdf> (Zugriff: 29.01.2020).
- McKinsey & Company (2015): Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector. München. 2015.
- Mehdiyev, N.; Emrich, A.; Stahmer, B. P.; Fettke, P.; Loos, P. (2017): iPRODICT - Intelligent Process Prediction based on Big Data Analytics. Saarbrücken. 2017.
- Meißner, S. (2015): Industrie 4.0 – was ist das eigentlich? In: Stahl und Eisen, Jg. 2015, Nr. 2, S. 53–58.
- META Group Inc. (2001): 3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety. Stamford. 2001.

- Neligan, A.; Schmitz, E. (2017): Digitale Strategien für mehr Materialeffizienz in der Industrie. Ergebnisse aus dem IW-Zukunftspanel, URL: https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/iw-report_3_2017_digitale_strategien_materialeffizienz.pdf (Zugriff: 20.10.2019).
- Neugebauer, R. (2018): Digitale Information – der „genetische Code“ moderner Technik. In: Neugebauer, R. (Hrsg.): Digitalisierung: Schlüsseltechnologien für Wirtschaft und Gesellschaft. 1. Auflage, Berlin Heidelberg: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-55889-8, S. 1–6.
- Neuhaus, R. (2012): Umsetzung von Produktionssystemen in Deutschland. Erfahrungen externer Prozessbegleiter. In: Industrial Engineering, Jg. 2012, Nr. 1, S. 31–33.
- Otto, B.; ten Hompel, M.; Frobel, S. (2018): Industrial Data Space. In: Neugebauer, R. (Hrsg.): Digitalisierung: Schlüsseltechnologien für Wirtschaft und Gesellschaft. 1. Auflage, Berlin Heidelberg: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-55889-8, S. 113–130.
- Pehnt, M. (2010): Energieeffizienz – Definitionen, Indikatoren, Wirkungen. In: Pehnt, M. (Hrsg.): Energieeffizienz: ein Lehr- und Handbuch. 1., korrigierter Nachdr, Berlin: Springer. ISBN 978-3-642-14250-5, S. 1–34.
- Peters, H. (2016a): Anwendungsbeispiele von Industrie 4.0 in der Stahlindustrie, URL: https://www.profi-ag.de/wp-content/uploads/2016/04/01_HP_BFI_PROFI_Industrie-40-in-der-Stahlindustrie.pdf (Zugriff: 27.02.2019).
- Peters, H. (2016b): Industrie 4.0 in der Stahlindustrie aus der Sicht der angewandten Forschung. In: Stahl und Eisen, Jg. 2016, Nr. 3, S. 61–70.
- Peters, H. (2018): Industry 4.0 and its possible interpretation in steel industry. Lidingö. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3z105JvIAGg&frags=pl%2Cwn> (Zugriff: 15.09.2019).
- Pfeifer, H. (1997): Stoff- und Energiebilanz. In: Heinen, K.-H. (Hrsg.): Elektrostahl-Erzeugung. 4., völlig neu bearb. und erw. Aufl, Düsseldorf: Stahleisen. ISBN 978-3-514-00446-7, S. 112–126.
- Pulm, P.; Raupenstrauch, H. (2014): Energieeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie, URL: <https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/KLIENEisen-StahlF-u-E-Fahrplan.pdf> (Zugriff: 09.03.2020).
- Pötter, T.; Folmer, J.; Vogel-Heuser, B. (2014): Enabling Industrie 4.0 – Chancen und Nutzen für die Prozessindustrie. In: Bauernhansl, T.; Ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-04681-1, S. 159–171.

- Reichert, D.; Cito, C.; Barjasic, I. (2018): Lean & Green: Best Practice: wie sich Ressourceneffizienz in der Industrie steigern lässt. Wiesbaden: Springer Gabler. ISBN 978-3-658-21685-6.
- Reifferscheid, M. (2017): Digitalisierung in der Stahlindustrie. URL: <https://www.sms-group.com/de/sms-group-magazine/uebersicht/digitalization/digitalisierung-in-der-stahlindustrie/> (Zugriff: 27.02.2019).
- Reifferscheid, M. (2017): Digitalisierung in der Stahlindustrie – Strategien, Konzepte und Lösungen. In: Stahl und Eisen, Jg. 2017, Nr. 2, S. 43–48.
- Reinhart, G. (2017): Handbuch Industrie 4.0: Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Hanser. ISBN 978-3-446-44642-7.
- Reiss, M.; Reiss, G. (2019): Praxisbuch IT-Dokumentation: vom Betriebshandbuch bis zum Dokumentationsmanagement - die Dokumentation im Griff. 3., aktualisierte Auflage, München: Hanser. ISBN 978-3-446-45592-4.
- Research Fund for Coal and Steel (RFCS) (2015): Multi-criteria through-process optimisation of liquid steelmaking (TOTOPTLIS). Luxemburg. 2015.
- Research Fund for Coal and Steel (RFCS) (2016): Refinement of flat steel quality assessment by evaluation of high-resolution process and product data (EvalHD). Luxemburg. 2016.
- Ringhofer, M.; Wimmer, G.; Friedemann Plaul, J.; Tatschl-Unterberger, E.; Herzog, K. (2017): Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie. In: Stahl und Eisen, Jg. 2017, Nr. 5, S. 45–51.
- Roth, A. (2016): Industrie 4.0 – Hype oder Revolution. In: Roth, A. (Hrsg.): Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0: Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis. Berlin Heidelberg: Springer Gabler. ISBN 978-3-662-48504-0, S. 1–15.
- Roth, A.; Siepmann, D. (2016): Industrie 4.0 – Ausblick. In: Roth, A. (Hrsg.): Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0: Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis. Berlin Heidelberg: Springer Gabler. ISBN 978-3-662-48504-0, S. 249–259.
- Rüping, S. (2019): iPRODICT – Die intelligente Fabrik. URL: <https://www.iais.fraunhofer.de/de/forschung/bereiche/data-science/forschungsprojekte/iprodict.html> (Zugriff: 31.03.2019).
- Salzgitter AG (2014): Horizontales Bandgießen von Stahl. Salzgitter AG. URL: <https://www.salzgitter-ag.com/de/medien/pressemeldungen/pressemeldung-der-salzgitter-ag/1998-04-05/gemeinschaftsprojekt-horizontales-bandgieen-von-stahl-fr-deutschen-zukunftspreis-2014-des-bundespräsidenten-nominiert.html> (Zugriff: 12.09.2019).

- Saunders, H. (2000): A view from the macro side: rebound, backfire, and Khazzoom-Brookes. In: Energy Policy, Jg. 2000, Nr. 28, S. 439–449.
- Schlick, J.; Peter Stephan, W.; Loskyll, M.; Lappe, D. (2014): Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung. In: Bauernhansl, T.; Ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-04681-1, S. 57–84.
- Schließmann, A. (2017): iProduction, die Mensch-Maschine-Kommunikation in der Smart Factory. In: Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; ten Hompel, M. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Bd. 4: Allgemeine Grundlagen. 2. Auflage, Berlin: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-53253-9, S. 170–200.
- Schmidt, M.; Spieth, H. A.; Bauer, J.; Haubach, C. (2017): 100 Betriebe für Ressourceneffizienz: Praxisbeispiele aus der produzierenden Wirtschaft. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum. ISBN 978-3-662-53366-6.
- Schneppe, U. (2016): Von "Shop Floor" bis "Top Floor" – Operating Data @ Hoesch Hohenlimburg. In: Stahl und Eisen, Jg. 2016, Nr. 5, S. 57–62.
- Schumacher, I.; Würfel, P. (2015): Strategien zur Strombeschaffung in Unternehmen: Energieeinkauf optimieren, Kosten senken. Wiesbaden: Springer Gabler. ISBN 978-3-658-07421-0.
- Schönsleben, P.; Vodicka, M.; Bunse, K.; Ernst, F. O. (2010): The changing concept of sustainability and economic opportunities for energy-intensive industries. In: CIRP Annals – Manufacturing Technology, Jg. 2010, Nr. 59, S. 477–480.
- Scipolo, V.; Zuliani, D. (2018): Industry 4.0 Leading to the Evolution of Intelligent EAF Steelmaking, URL: https://www.researchgate.net/profile/Doug_Zuliani/publication/323734362_Industry_40_Leading_to_the_Evolution_of_Intelligent_EAF_Steelmaking/links/5aa7d16945851539b3a2dee4/Industry-40-Leading-to-the-Evolution-of-Intelligent-EAF-Steelmaking.pdf.
- Seitz, M.; Johnson, M.; Hetzel, R. (2015): Steigerung der Energieeffizienz eines Stahlrecyclingprozesses. URL: <https://www.energiefachmagazin.de/2015/Ausgabe-10/Energie-Forum/Steigerung-der-Energieeffizienz-eines-Stahlrecyclingprozesses?page=2> (Zugriff: 27.01.2020).
- Sendler, U. (2016a): Die Grundlagen. In: Sendler, U. (Hrsg.): Industrie 4.0 grenzenlos. Berlin: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-48277-3, S. 17–41.
- Sendler, U. (2016b): Wichtige Technologien. In: Sendler, U. (Hrsg.): Industrie 4.0 grenzenlos. Berlin: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-48277-3, S. 41–52.

- Siepmann, D. (2016a): Industrie 4.0 – Struktur und Historie. In: Roth, A. (Hrsg.): Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0: Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis. Berlin Heidelberg: Springer Gabler. ISBN 978-3-662-48504-0, S. 17–34.
- Siepmann, D. (2016b): Industrie 4.0 – technologische Komponenten. In: Roth, A. (Hrsg.): Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0: Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis. Berlin Heidelberg: Springer Gabler. ISBN 978-3-662-48504-0, S. 47–70.
- Singh, M. (2016): Industrie 4.0 ermöglicht neue und revolutionäre Produktionsverfahren. In: Stahl und Eisen, Jg. 2016, Nr. 1, S. 69–71.
- Smart Steel Technologies (2020): Smart Steel Technologies. URL: <https://www.smart-steel-technologies.com/solutions.html> (Zugriff: 02.03.2020).
- SPIRE (2019): SPIRE. URL: <https://www.spire2030.eu/spire/the-association> (Zugriff: 22.10.2019).
- SPIRE (2020): MORSE (Model-based optimisation for efficient use of resources and energy). URL: <https://www.spire2030.eu/morse> (Zugriff: 21.03.2020).
- SSAB (2019): SmartSteel 1.0. URL: <https://www.ssab.de/support/calculators-and-tools/smartsteel> (Zugriff: 09.01.2020).
- Stahlinstitut VDEh (2017): Stahl 4.0. Interpretation von Industrie 4.0 für die Stahlindustrie. Düsseldorf. 2017.
- Stahlinstitut VDEh; Wirtschaftsvereinigung Stahl (2013): Beitrag der Stahlindustrie zu Nachhaltigkeit, Ressourcen- und Energieeffizienz, URL: <https://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2013/10/Beitrag-der-Stahlindustrie-zu-Nachhaltigkeit-Ressourcen-und-Energieeffizienz.pdf> (Zugriff: 15.01.2020).
- Stahlinstitut VDEh; Wirtschaftsvereinigung Stahl (2019): Stahl und Energieeffizienz - Effizienz mit Stahl. URL: <https://effizienz-mit-stahl.de/index.php/stahl-und-energieeffizienz/> (Zugriff: 12.09.2019).
- Steininger, V. (2018): High Performance Metals Division eröffnet Digitalization Competence Center. URL: <https://www.voestalpine.com/blog/de/innovation/high-performance-metals-division-eroeffnet-digitalization-competence-center/> (Zugriff: 26.04.2019).
- Tenova (2020): iEAF® - TENOVA. URL: <https://www.tenova.com/product/ieaf%C2%AE/> (Zugriff: 27.01.2020).
- Umweltbundesamt (2012a): Glossar zum Ressourcenschutz. Dessau-Roßlau. 2012.
- Umweltbundesamt (2012b): Merkblatt über die Besten verfügbare Techniken in der Eisen- und Stahlerzeugung. Dessau. 2012.

- VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017): Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0 - Potenziale für KMU des verarbeitenden Gewerbes. Berlin. 2017.
- VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) (2013): Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation. Düsseldorf. 2013.
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (2008): VDI Richtlinie 4499 Blatt 1: Digitale Fabrik – Grundlagen. Berlin: Beuth Verlag.
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (2016): VDI Richtlinie 4800 Blatt 1: Ressourceneffizienz – Methodische Grundlagen, Prinzipien und Strategien. Berlin: Beuth Verlag.
- voestalpine Rohstoffbeschaffungs GmbH (2020): Unternehmen – voestalpine Rohstoffbeschaffungs GmbH. URL: <https://www.voestalpine.com/rohstoffbeschaffung/de/unternehmen/> (Zugriff: 29.04.2020).
- Weber, H.; Viehmann, J. (2017): Unternehmens-IT für die Digitalisierung 4.0: Herausforderungen, Lösungsansätze und Leitfäden. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-19627-1.
- Willems, E. (2015): Cybergefahr: wie wir uns gegen Cyber-Crime und Online-Terror wehren können. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-04760-3.
- Winter, G. (2016): Industrie 4.0 mitgestalten. In: Stahl und Eisen, Jg. 2016, Nr. 3, S. 73–79.
- Wirtschaftsvereinigung Stahl (2017a): Energiewirtschaft, URL: https://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2013/08/Energiewirtschaft_V1.pdf (Zugriff: 23.03.2020).
- Wirtschaftsvereinigung Stahl (2017b): Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland 2017, URL: https://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2017/12/Fakten_Stahlindustrie_2017_rz_web.pdf (Zugriff: 11.09.2019).
- Wirtschaftsvereinigung Stahl (2017c): Potentiale des digitalen Wertschöpfungsnetzes Stahl. Düsseldorf. 2017.
- Wolf, T.; Strohschen, J.-H. (2018): Digitalisierung: Definition und Reife. In: Informatik-Spektrum, Jg. 2018, Nr. 1, S. 56–64.
- World Steel Association (2019a): Energy use in the steel industry, URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:f07b864c-908e-4229-9f92-669f1c3abf4c/fact_energy_2019.pdf (Zugriff: 09.03.2020).
- World Steel Association (2019b): Steel and raw materials, URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:16ad9bcd-dbf5-449f-b42c-b220952767bf/fact_raw%2520materials_2019.pdf (Zugriff: 16.01.2020).

- World Steel Association (2019c): Steel's contribution to a low carbon future and climate resilient societies, URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:7ec64bc1-c51c-439b-84b8-94496686b8c6/Position_paper_climate_2020_vfinal.pdf (Zugriff: 16.01.2020).
- World Steel Association (2019d): World Steel in Figures 2019. Brüssel. 2019.
- World Steel Association (2020): Circular Economy. URL: <https://circulareconomy.worldsteel.org/> (Zugriff: 15.01.2020).
- Zuliani, D.; Scipolo, V. (2019): Industry 4.0 -The Evolution of Intelligent EAF Steelmaking, URL: https://www.researchgate.net/profile/Doug_Zuliani/publication/332274822_Industry_40_-_The_Evolution_of_Intelligent_EAF_Steelmaking/links/5cab479fa6fdcca26d06a5ad/Industry-40-The-Evolution-of-Intelligent-EAF-Steelmaking.pdf (Zugriff: 27.01.2020).

Anhang

Interviewleitfaden

Unternehmen: _____

Datum:

Interviewpartner: _____

Uhrzeit:

Position: _____

Gesprächsort:

Begrüßung und Vorbereitung

- a. Begrüßung und Dank für die Teilnahme
- b. Kurze Einleitung zum Thema
- c. Ziel des Interviews
- d. Geplanter Zeitrahmen
- e. Einverständniserklärung zur Aufnahme vorlegen und unterschreiben lassen
- f. Hat Interviewpartner vorab Fragen?
- g. Kurze Information über das Unternehmen und Tätigkeit des Interviewpartners

Interviewfragen

▪ Themenblock Digitalisierung

- 1) Welche Bedeutung hat die Digitalisierung für die Eisen- und Stahlindustrie?
- 2) Wie beurteilen sie den Fortschritt der digitalen Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie (beginnend, laufend, abgeschlossen)?
- 3) Wie ist der aktuelle Stand der Digitalisierung in ihrem Unternehmen bzw. in den Unternehmen ihrer Kunden/Partner und gibt es dahingehend laufende bzw. geplante Projekte (Reifegradmodell Digitalisierung: nicht digital, überwiegend nicht digital, teilweise digital, überwiegend digital, voll digital)?
- 4) Welche Herausforderungen gibt es im Zuge der Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie?
- 5) Welche Funktion hat die Digitalisierung für Industrie 4.0 (Basis)?

▪ Themenblock Industrie 4.0

- 6) Ist Industrie 4.0 ein Top-Thema für die Eisen- und Stahlindustrie und warum (Treiber)?

- 7) Ist Industrie 4.0 in ihrem Unternehmen bzw. in den Unternehmen Ihrer Kunden/Partner in der Unternehmensstrategie verankert (Vision, Leitbild, Unterstützung vom Management)?
- 8) Ist die Eisen- und Stahlindustrie bereit und offen für Industrie 4.0?
- 9) Wo steht die Eisen- und Stahlindustrie bei Industrie 4.0?
- 10) In welchen Bereichen sehen Sie Potenziale für Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie und wo genau auch für Ihr Unternehmen bzw. Ihrer Kunden?
- 11) Welche Risiken bringt Industrie 4.0 allgemein mit sich, speziell auch für die Eisen- und Stahlindustrie?
- 12) Welche Industrie 4.0-Anwendungen hat ihr Unternehmen bereits realisiert? (auch speziell f. Material- und Energieeffizienz) → was war Ausgangssituation, Ziel und Ergebnis?
- 13) Welche Herausforderungen gab es bei der Umsetzung und was war das größte Hindernis dabei (genügend Kompetenzen vorhanden)?
- 14) Wie kann Industrie 4.0 zu einer Verbesserung der Ressourceneffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie beitragen (ME und EE als Treiber für Industrie 4.0)?
- 15) Gibt es in Ihrem Unternehmen derzeit laufende bzw. geplante Projekte hinsichtlich Industrie 4.0 (Wenn Ja, welche / wenn Nein, warum)?
- 16) Forscht Ihr Unternehmen eigenständig auf dem Gebiet von Industrie 4.0 oder lässt man sich von externen Unternehmen beraten und Lösungen vorschlagen?
- 17) Welche Vorteile erwarten Sie durch Industrie 4.0 für die Unternehmen Ihrer Kunden und generell für die Eisen- und Stahlindustrie?
- 18) Welchen Beitrag liefert Industrie 4.0 für die Wettbewerbsfähigkeit Ihres Unternehmens bzw. Ihrer Kunden (Wer Industrie 4.0 Weltmarktführer)?
- 19) Wie sehen Sie die weitere Entwicklung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie?

Interview 1 – Transkript

Durchgeführt am 17.05.2019 von Dominik Ramschek

Dauer: 33:51 min

Abkürzungen:

Ram: Ramschek (Interviewer)

Int1: Interviewte Person (des Interview 1)

Konz: Konzern

Unt1: Unternehmen 1 (Teil vom Konzern am Standort 1)

Unt2: Unternehmen 2 (Teil vom Konzern und Vormateriallieferant für Unternehmen 1 und Unternehmen 3)

Unt3: Unternehmen 3 (Teil vom Konzern am Standort 1)

Projekt XY: Projekt von Konzern 1 zur vertikalen und horizontalen Integration aller Unternehmen von Konzern 1.

Ram: Zuerst nochmals vielen Danke für die Zeit.

Int1: Danke.

Ram: Fangen wir mal an mit dem ersten Themenblock. Das ist die Digitalisierung. Die Frage 1 wäre: welche Bedeutung hat die Digitalisierung für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int1: Ja, es ist sehr jung in dieser Geschichte sage ich einmal, in dieser Industrie. In der Eisen- und Stahlindustrie und erst im Kommen. Ich kann mich noch erinnern, ich habe im Jahr 1997 angefangen. Da war es sehr pragmatisch, die Stahlwerkserzeugung. Aber man hat schnell gemerkt, dass man zum Kunden hin, zum Endprodukt her mehr Daten braucht und mehr Informationen braucht um stetig besser zu werden. Das heißt, speziell bei uns, bei Konz1 es bis zum Endprodukt, Unt2 das Rohmaterial für uns erzeugt. Wir produzieren dann den Coil. Dieser wird dann an den Kunden verschickt. Der Kunde kann auch wir selber sein mit einem Ziehwerk am Standort 2. Dieser verarbeitet das dann weiter. Vorher war es eigentlich so, dass es an den Gesellschaftsgrenzen Schluss war. Jetzt ist man schon draufgekommen, dass es Sinn macht Informationen vom Stahlwerk auch einem Ziehwerk zur Verfügung zu stellen. Also es hat eine sehr große Bedeutung, weil eine Reklamation oder ein Fehler an einem Endprodukt kann, kann bis zu einer Ladung von einem Erz, das vielleicht minderwertig ist zurückgeführt werden. Und diese Erkenntnis ist sehr wichtig.

Ram: Also prinzipiell kann man sagen, dass durch diese Digitalisierung und auch Datengewinnung auf digitaler Basis, dass man Wettbewerbsvorteile hat und auch für die Qualitätssicherung.

Int1: Auf alle Fälle ja, auf alle Fälle.

Ram: Lassen sich durch die Digitalisierung auch die Prozesse vereinfachen?

Int1: Ja natürlich. Der Beurteilungsprozess zum Beispiel wäre ohne EDV nicht mehr denkbar. Wo zuerst ein Laufzettel war, wo jeder seine Erprobungen gemacht hat, macht man jetzt alles in EDV-form. Der Kunde fordert das auch ein. Wir haben auch Kundennotiz, die unsere Systeme begutachten und sagen das passt so oder passt nicht und bringt uns auch im Wettbewerb vorwärts, da wir dies anbieten können.

Ram: Frage 2: Wie beurteilen Sie den Fortschritt der digitalen Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie? Steht Sie eher am Anfang oder ...?

Int1: Nein, wir sind sicher nicht abgeschlossen, wir sind beginnend und haben sagen wir einmal Fahrt aufgenommen in den letzten.... Naja, eigentlich bei uns mit Walzwerkbau 2016 haben wir Fahrt aufgenommen. 2014 haben die ersten Vorprojekte angefangen, mit diesem Hochregallager und dann ist man eben auf diesen Zug aufgesprungen. Wir sind aber bei weitem noch nicht abgeschlossen.

Ram: und generell die Industrie an sich? Also nicht nur Ihr Unternehmen, sondern auch die ganze Stahlindustrie?

Int1: Ja, wenn wir unseren Vormateriallieferanten, das Unt1 anschauen. Die bauen aktuell eine neue Stranggussanlage, die CC4 und diese hat schon ganz andere Standards an EDV Anbindungen wie es nun die CC3 oder die CC2 hat. Also man springt auch dort auf und liefert viel mehr an Daten. Weil man auch erkannt hat, je mehr das man weiß über sein Produkt, desto mehr kann man verbessern und auch einen Mehrwert erzielen. Um das geht es ja.

Ram: Ab welchem Zeitpunkt, oder können Sie mir ungefähr ein Jahr nennen, wo das mit der digitalen Transformation in der Industrie angefangen hat, in der Eisen- und Stahlindustrie? Weil Sie vorhin gesagt haben, Sie sind jetzt seit....

Int1: Ich bin seit 1997 im Unternehmen. Seit 2004 leite ich die EDV und ich sage einmal nach der Wirtschaftskrise 08/09. 2010 hat es eigentlich angefangen, wo man gesagt hat man hat jetzt wieder bisschen finanzielle Mittel. Man hat wieder was zur Verfügung, man kann wieder etwas investieren und es hat dann auch ein Umdenken in der Managementebene vorgefunden. Als ich angefangen habe, hat unser Geschäftsführer gesagt, die EDV kostet was und bringt mir nichts. Von diesem Denken ist das Management weg und gibt auch für das gerne Geld aus und stellt es zur Verfügung. Es wird nun auch nicht mehr nur geachtet, dass es funktioniert. Man geht auch sehr in die Innovation auf dem IT-Sektor.

Ram: Bei Frage 3: wie würden Sie jetzt den aktuellen Stand der Digitalisierung in Ihrem Unternehmen beurteilen und gibt es dahingehend auch laufende bzw. geplante Projekte?

Int1: Ja, also ich würde den Grad unserer Digitalisierung auf teilweise digital bis überwiegend digital einstufen. Was gibt es da jetzt für die Projekte, die wir haben? Ich hab's vorhin mal angesprochen. Es gibt das Projekt XY. Wo eigentlich die ganze Prozesskette vom Stahlwerk bis zu einem Ziehwerk, in dem Fall Standort 2 betrachtet wird und da der Datenfluss unter den Gesellschaften auch zur Verfügung gestellt wird. Das ist das große Projekt das wir haben und sage ich einmal gibt es auch ein Projekt das was, was ich draußen kurz angesprochen habe, diese intelligente Walze, wo man einen Lebenszyklus einer Walzstraßenwalze vom Einkauf bis zum Verschrotten genau dokumentiert bei welchen Materialien war die Walze eingebaut, wie oft, mit welchem Gerät und vor allem welchen Mitarbeitern ist das ganze Gerät, ist die Walze überarbeitet worden. Das ist so dieser Prototyp dieses Projektes und das werden wir nicht nur auf die Walzen, sondern auf jedes dieser Einbaukomponenten ausrollen.

Ram: Welche Herausforderungen hat es gegeben, bei diesen Projekten oder bei diesen geplanten Projekten?

Int1: Ja, vor allem die Stahlindustrie ist, sage ich einmal eine sehr raue Industrie. Man hat da, man hat da Temperaturen, Kräfte, Umgebungen, Lärm, Staub, Wasser bei den Kühlungen und vor allem Dreck. Bei uns eher jetzt dann weniger. Aber ich sag einmal unten im Stahlwerk vor allem, ist der Zunder und das macht das Ganze, die ganze Sensorik da jetzt dann so herstellen kann, damit das auch fehlerlos funktioniert. Das ist eine der größten Herausforderungen bei uns. Weil das ist was anderes, ein Stahlwerk, als wie ich in der Bekleidungsindustrie bin, wo sage ich einmal, oder, bei, oder bei, oder, bei, oder aus dem medizinischen Sektor, wo ich Medikamente herstelle, wo sage ich einmal alles sauberer und geordneter runterläuft, nennen wir das mal so.

Ram: Also kurz zusammengefasst, also es gibt laufende Projekte?

Int1: Ja

Ram: Das ProjektXY und auch diese intelligente Walze?

Int1: mhm (bejahend)

Ram: aus prozesssicht, das Unternehmen haben Sie gesagt, dass es teilweise und auch überwiegend digital.

Int1: Ja

Ram: und die abschließende Frage zum Themenblock Digitalisierung ist die Frage fünf und wäre: Welche Funktion hat die Digitalisierung für Industrie 4.0?

Int1: Ja, die Funktion. Man, man muss jetzt, es ist schon besser geworden. Aber man muss jetzt in einer Vielfalt von Systemen oft zusammensuchen, die Informationen, die man benötigt, damit man eine Reklamationen, einen Fehler beurteilen kann. Die Digital, also Industrie 4.0 und die Digitalisierung für uns jetzt hat den Charakter, dass man ein übergeordnetes System hat, was aus anderen Systemen Informationen zusammenträgt und eine Bewertung in diesem System sofort möglich ist. Das ich keinen, kein Labortechniker mehr vom Stahlwerk brauche oder jemanden von der Qualitätsstelle aus Standort 2. Sondern eigentlich diese Informationen in Echtzeit für mich zur Verfügung habe, oder für den jeweiligen Mitarbeiter.

Ram: Würden Sie die Digitalisierung als Basis für Industrie 4.0 bezeichnen?

Int1: ja, auf alle Fälle

Ram: also auch speziell für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int1: Richtig, ja genau.

Ram: Zum Themenblock Industrie 4.0. Die Frage sechs ist: ist Industrie 4.0 derzeit ein Top-Thema für die Eisen- und Stahlindustrie? Und warum?

Int1: Ja, damit man eben weiß, wo liegen die Stärken und Schwächen von einem Produktionsprozess und um den Produktionsprozess zu optimieren. Um zu sehen. Ein klassisches Thema von uns zum Beispiel. Ich habe ein Rohmaterial, einen Knüppel, den ich einsetze, ich habe einen Coil hinten und wie hoch ist diese Ausbringung. Muss ich bei den Scheren wirklich so viel runterschneiden? Reicht es, wenn ich hier jetzt um einen Meter weniger runterschneide? Ist das Produkt dann in Ordnung? Das ist also für uns, das ist also für mich oder für uns auch sehr wichtig um, um diese Produktion zu optimieren, um ein Qualitätsprodukt erzeugen zu können.

Ram: Weil Sie ja gesagt haben, genau, reicht es auch wenn man mit den Scheren zum Beispiel jetzt weniger runterschneidet, das betrifft ja auch die Materialeffizienz?

Int1: Richtig, genau. Das spielt dann in das rein. Oder, um, oder diese Walzendauern, die Lebensdauer einer Walze.

Ram: Also grundsätzlich Optimierung des Produktionsprozesses.

Int1: Richtig, genau.

Ram: und das ist dann auch das Top-Thema eben im Zuge von Industrie 4.0 wo wie ich das verstanden habe.

Int1: richtig, vollkommen richtig

Ram: bei der Frage sieben geht es darum ob Industrie 4.0 in Ihrem Unternehmen verankert ist? Jetzt, sprich von einem Leitbild oder Vision und ob das Management auch dahintersteht und auch das fokussiert?

Int1: Also bei uns ist es sogar so in diesem Konzern, dass das auch vom Top-Management so runterkommt, vom, vom Vorstandsvorsitzenden des Unternehmens. Also wir haben ganz klare den Auftrag die Industrie 4.0 zu fördern, umzusetzen und stabil laufen zu lassen. Es gibt da, weil wir vorher kurz gesprochen haben, eine eigene Abteilung, eine Digitalisierung die was es bei uns gibt und da gibt es noch übergeordnet eine Digital Abteilung, wo jetzt auch vom Unt1, Unt2 und eben von Unt3 wer zusammensitzt. Die sind unten im Bürogebäude, wo auch der Vorstandsdirektor sein Büro hat und treffen sich da zyklisch um abzugleichen und um Potenziale zu eruieren auch. Auch für Industrie 4.0, was kann man auch noch automatisieren. Und im Endeffekt ist es auch, ist es auch das große Ziel die menschliche Fehlerkomponente, die auch noch vorhanden ist zu minimieren. Es wird nie ein Walzwerk geben ohne irgendeinen, der was vorne oder hinten irgendetwas überprüft. Aber dieses, diese Fehlermöglichkeiten einzuschränken.

Ram: Also kann man sagen Industrie 4.0 ist ein Teil...

Int1: Ja

Ram: ... von der Strategie...

Int1: auf alle Fälle

Ram: und wird auch gefordert ...

Int1: richtig

Ram: mit Nachdruck dahinter.

Int1: genau

Ram: ist ihrer Meinung nach Eisen- und Stahlindustrie bereit und offen für Industrie 4.0? Jetzt, also nicht nur Ihr Unternehmen, sondern ganzheitlich betrachtet? Wie würden Sie das beurteilen?

Int1: Ich, Ich denke schon, dass also auch unsere Mitbewerber gehen sehr in diese Richtung. In der Autoindustrie generell, wo wir Zulieferer sind, hat sich sage ich einmal schon vorher stattgefunden, aber wird noch ausgeprägter sein. Auch für den Schienenbau kann ich es mir vorstellen. Ja, ich denke, dass das es sehr offen sein muss, um mithalten zu können.

Ram: Also, dass es eine unabdingbare...

Int1: Ja

Ram: ... Entwicklung ist, dass man sagt man bleibt wettbewerbsfähig.

Int1: Sagen wir so. Für Stahlindustrie, die was Qualität produziert.

Ram: Mhm, OK.

Int1: Die was auf Quantität geht, wie die chinesischen Riesenwerke, die Baustähle produzieren. Da wird es wahrscheinlich nicht so notwendig sein. Aber jetzt wir als Europäer müssen da sehr, müssen da Vor-, Vorreitersein, um einen, einen, einen Vorsprung zu haben, um Qualität vertreten zu können.

Ram: Frage 9. Wo steht die Eisen- und Stahlindustrie bei 4.0? Das ist jetzt so ähnlich, wie ich vorhin gefragt bei Digitalisierung gefragt habe. Also wo sehen Sie die ganze Industrie bei dem Thema Industrie 4.0?

Int1: Die Industrie als Ganzes, sage ich als Ganzes, sage ich einmal in den Kinderschuhen. Da gibt es andere Gewerbe, wenn wir mal zurückgehen auf die Bekleidungsindustrie. Die haben Sachen schon vor zehn Jahren gehabt, wo wir jetzt erst Versuche machen. Aber auch auf Grund der Gegebenheiten. RFID haben wir kurz angesprochen.

Ram: Auf was führen sie das zurück, dass hier die Entwicklung verzögert, oder generell das Interesse verzögert stattgefunden oder ...?

Int1: Weil es, wie wir am Anfang besprochen haben die Sensorik und auch die Umgebungen nicht dafür gesprochen haben, dass man solche genauen Messungen, oder wie immer, dass man das stattfinden kann. Bei uns war es ganz klar. Der Auslöser war die neue Walzstrecke. Die alte Walzstrecke hat auch Sensoren gehabt. Das heißt ja nicht, dass wir da nichts gehabt haben. Aber das war sehr ??? und da hat man das gehabt was notwendig war. Und jetzt bei der Neuen, da reden wir jetzt schon von ca. 1500 Werten. Ah, 15000 Sensoren, Entschuldigung. Von vorne bis hinten, die was aufnehmen. Da hat das einen anderen Charakter. Man hat jetzt auch die Möglichkeit zum Datensammeln. Die hat man bei uns vorher nicht gehabt. Ich glaube das wird generell ein Thema sein.

Ram: Also ist es im Prinzip, die verzögernde Entwicklung darauf zurückzuführen, auf die spezifischen Umgebungsbedingungen?

Int1: Auch, ja und ich muss auch sagen der Stahl als High-Tech Produkt hat sich auch erst in den letzten zwei Jahrzehnten wieder entwickelt. Man denkt in den 90er Jahren hat es geheißsen die Stahlindustrie wird sterben. Der Kunststoff und was weiß ich noch alles – und der erfindet sich gerade neu. Jetzt aktuell.

Ram: zu Frage 10. In welchen Bereichen sehen Sie Potenzial für Industrie 4.0? Speziell jetzt in der Eisen- und Stahlindustrie und wo genau auch für Ihr Unternehmen?

Int1: Naja Potenzial sehe ich eh dort woran wir gerade arbeiten. Diese, diese Lieferkette, die Supplychain als Ganzes zu digitalisieren und gesellschaftsübergreifend Daten weiter zu geben. Da ist sehr viel Potenzial drinnen.

Ram: Also, horizontale Integration?

Int1: Richtig, genau, vollkommen richtig.

Ram: Da sehen Sie das Potenzial auch für die Eisen- und Stahlindustrie im Speziellen?

Int1: Im speziellen, ja.

Ram: Und wie sieht es bei der vertikalen Integration aus, also interne Unternehmensprozesse zu verknüpfen? Wie würden Sie das beurteilen?

Int1: mhm

Ram: Vom Potenzial, auf Potenzialebene jetzt einmal nur ...

Int1: Ja, auch ein hohes Potenzial

Ram: und das Unt2, weil wir gerade vorher gesprochen haben, dass die Industrie 4.0 auch auf der Agenda steht, auch vom Management her. Was wünscht sich hier das Management wirklich konkret? Welche Potenziale schwirren den Top-Managern jetzt sagen wir mal im Kopf herum?

Int1: Ein Top-Manager... das erste was er sehen will: was verdiene ich an einem Produkt und wie beeinflusst dieses Produkt meine, meine, meine Produktion und wie ist die Wertschöpfung daraus? Was verdiene ich an diesem Teil? Wir sind ja eine Gruppe, die GruppeXY vom ProduktX-Werk, von ProduktY, und ProduktZ und wir haben jetzt auch Vormaterialkapazitäten, diese beschränkt sind. Und jetzt sage ich einmal das große Top-management muss jetzt sagen: Ok, dieses, dieses Unternehmen, diese Gesellschaft bekommt soviel zugesprochen an Rohmaterial, die bekommen so viel und das geht rein auf den Deckungsbeitrag was das Produkt bringt. Wo verdiene ich am meisten? Und das ist hier jetzt diese Anforderung. Zu wissen, was mache ich genau, wie mache ich es und was. Welches Potenzial ist daraus, daraus zu schöpfen? Und auch in der, auch... wir forschen ja sehr viel... und da genau zu wissen wie das Produkt funktioniert.

Ram: Weil Sie eben das jetzt angesprochen haben, dass das Vormaterial eben in Ihrem Unternehmen intern auch an die verschiedenen Werke verteilt wird, beschränkt das... da geht es um das Thema Materialeffizienz.

Int1: Ja, war richtig. Genau

Ram: zu Frage 11: Welche Risiken bringt Industrie 4.0 allgemein mit sich? Und speziell will ich hier wieder den Link zur Eisen- und Stahlindustrie herstellen. Also welche Risiken birgt das ganze Thema?

Int1: Risiken? Am Anfang sehe ich da eher eine Gefahr von einer Fehlinterpretation der Daten. Das ist jetzt in der Entwicklungszeit, da muss man aufpassen. Und, in dem... da befinden wir uns ja aktuell und wir als... da rede ich jetzt wirklich von Beispielen die tagtäglich passieren, wie zum Beispiel dieses Planungstool... diese Tools sind wirklich nur so klug, wie man sie füttert, mit den Daten die man zur Verfügung hat und das, dieses, was das dann rauskommt oft fehlinterpretiert wird und, und da zu Diskrepanzen und zu Fehlentscheidungen oft kommen könnte sage ich einmal, wenn man das jetzt nicht nochmal hinterfragt. Endausbau von diesem ganzen soll natürlich sein, von diesem Industrie 4.0, dass keiner mehr nachschaut ob das jetzt richtig ist oder nicht und ich vertrau dem. Aber das sehe ich aktuell, da wo wir jetzt sind als die größte Gefahr und generell für die, für die Eisen- und Stahlindustrie? Was wäre hier das Risiko? Was habe ich da für ein Risiko für Industrie 4.0? Das ich vielleicht...vom...zu viel in diesen, diesen Overhead hineininvestiere und dann nicht mehr wirtschaftlich produzieren kann.

Ram: Also, dass man sich versteift, dass man eine vernetzte Produktion hat...

Int1: Ja

Ram: ... und nur investiert und dann der Output auch nicht mehr passt

Int1: Richtig, dass man sich da ein bisschen over-???

Ram: und wie würden Sie das Thema Datensicherheit beurteilen im Kontext von Risiken? Weil man generiert ja Daten.

Int1: Ja. Auch ein wichtiger Ansatz in diesem Ganzen. Wir haben natürlich große Datenmengen auf Servern, die mit Firewall und was weiß ich noch mit geschützt sind. Aber speziell bei der Thematik, wenn wir, wenn wir die Inbetriebnahme vom Walzwerk hernimmt, hat man einen Lieferanten, wo man schauen muss, dass man den Zugriff richtig regelt, damit der nicht das Know-how, was man doch aufbaut absaugt. Da haben Sie vollkommen recht.

Ram: Bei Frage 12: Sind Sie in Ihrem Unternehmen bereits... Also sind in Ihrem Unternehmen bereits Industrie 4.0 Anwendungen realisiert worden und auch speziell auch für Material- oder auch Energieeffizienz?

Int1: Naja. Wir haben das Tracking sage ich einmal was realisiert worden ist und speziell für Material- und Energieeffizienz auch... aber da, sage ich einmal da haben wir die ganzen Daten nun müssen wir die jetzt erst einmal verarbeiten. Wir wissen Gasverbrauch, Stromverbrauch, Wasserverbrauch, Halbzeug. Wie kommen wir billiger zu unserem Produkt, dass es passt. Die Informationen haben wir alle. Aber den Schlüssel dazu haben wir nicht gefunden sage ich jetzt einmal (lacht).

Ram: und welche Anwendungen jetzt konkret sind realisiert worden? Weil wir hatten vorhin ja eine tolle Werksführung gehabt und die ganze Walzstraße ist ja im Zuge von Industrie 4.0 erbaut worden.

Int1: Richtig. Ja.

Ram: also würden sie auch das ganze, die Produktion drüben als Industrie 4.0-Anwendung...

Int1: Genau. Vom Tracking her wissen wir alles. Wir wissen welche Temperatur Prod1 bei welcher Stelle gehabt hat. Welcher Walzspalt eingestellt ist wird alles mitdokumentiert. Also die Daten sammeln...

Ram: Welche Ziele hat man eigentlich gehabt, als man gesagt hat man will dieses Werk nun neu aufbauen – digital und im Kontext Industrie 4.0?

Int1: Ja, dass man Material... Das man Marktführer wird. Das man sagt man kann den Kunden was anbieten, dass andere nicht haben. Und das ist uns auch gelungen muss ich ehrlich sagen. Es war ein jeder Kunde dann auch relativ baff sage ich jetzt einmal als wir hier eröffnet haben und alles herzeigen haben können. Und die Transparenz dieses Walzprozesses, dass man wirklich in Echtzeit sieht, wie sich, wie... ich dreh an diesem Rädchen und hinten das Prod1 verändert sich zum Guten oder zum Schlechten oder wie auch immer. Das... und das war das große Ziel auch. Bei der alten Walzstrecke war es so: Da hat der Walzmeister ein Büchlein eingesteckt gehabt und dann hat er Probleme etwa eingetragen und dann hat er genau gewusst, wenn das ist muss er das drehen.

Ram: Mhm.

Int1: Aber das hat nur er gewusst. Das hat er auch selten weitergegeben dieses Wissen.

Ram: Also es ist nun jetzt der ganze Prozess transparent worden.

Int1: Richtig, genau. Das war ein großes Ziel.

Ram: Also, wenn wir jetzt nochmals auf die Ausgangssituation zurückgeht mit diesem Walzmeister. Also die Ausgangssituation hat so ausgesehen, dass es nicht digital war?

Int1: Nein, Nein. Natürlich bei der alten Walzstrecke haben wir viele Sachen gehabt. Aber eine Sprungeinstellung, Drücke von irgendeinem Wasserkasten ... das hat man nicht gehabt ... das hat man nicht aufgezeichnet.

Ram: war bei der Umsetzung auch genügend Kompetenz vorhanden?

Int1: Haben wir müssen aufbauen. Das war auch ein schwieriger Prozess. Aber auch die Walzmannschaft, die die Anlage bedient hat. Zuerst...Wenn man alleine den Staplerfahrer hernimmt. Ich habe Ihnen eh gezeigt wie es da drinnen aussieht. Da ist ein Bildschirm drinnen. Verschiedene Sensoren. Der hat nun nicht mehr nur Staplerfahren müssen von A nach B. Sondern der hat ein System bedienen müssen und wissen was das System macht. Wo schickt ihn das System hin? Was muss er jetzt da genau machen? Und dieses Aufwerten war ein sehr schwieriger Prozess. Hat man aber auch, dass muss man schon sagen früh genug begonnen. Bevor die Walzstrecke schon errichtet worden ist hat man die, die Mannschaften auch zum Teil nach LandX geschickt zu Schulungen.

Ram: und wohin genau nach LandX?

Int1: OrtX. AnlagenbauerX hat die Strecke gebaut. OrtX bei OrtY.

Ram: Mhm. Also das ist ein Anlagenbauer?

Int1: Anlagenbauer. Genau. Die haben da sicher Simulationshauptleitstände gehabt. Wir haben auch selber einen, einen sagen wir mal Simulationshauptleitstand, der oben, wenn sie sich erinnern können, da oben bei der Prüfstelle. Da im zweiten Stock gibt es einen eigenen Raum. Dieser sieht aus wie der Hauptleistand. Nicht ganz so viele Monitore, sondern bisschen weniger. Aber da kann man auch Simulieren.

Ram: Also und auch die Mitarbeiter trainieren?

Int1: Richtig. Genau, die haben da stattgefunden. Sehr intensiv.

Ram: Sehr gut.

Int1: Darum war das dann ... waren sie sehr gut ausgebildet

Ram: Wann ist die Anlage drüben genau errichtet worden? Wann hat man da begonnen?

Int1: Die Errichtung... also die Fundamente... das hat 2013 angefangen. Da hat man mit den Abrissarbeiten angefangen sage ich jetzt einmal. 2014 waren dann die Fundamente und Inbetriebnahme war der DD.MM.2016.

Ram: Bei Frage 13: Welche Herausforderungen gab es da bei der Umsetzung und was war das größte Hindernis dabei?

Int1: von der Industrie 4.0?

Ram: Genau, also von dieser Anlage

Int1: Naja auch die Mitarbeiter dazu zu bewegen, da mitzumachen. Da hat man die Thematik, dass jemand 20 Jahre im Unternehmen ist und alles mitgeschrieben hat und dann sagt man jetzt machst du das in einem EDV System. Hat nicht ein jeder akzeptiert sage ich jetzt einmal. Also der Generationenwechsel muss man ehrlich

sagen. Es sind viele neue Mitarbeiter gekommen. Das hat sich dann eigentlich eingespielt.

Ram: Also war das jetzt eher nicht auf technologischer Basis die Herausforderungen, sondern eher auf der Mitarbeiter-Basis?

Int1: Ja

Ram: Das man sagt die will man jetzt motivieren?

Int1: Genau, genau. Speziell beim Staplerleitsystem, hat er gesagt jetzt weiß der ganz genau wo ich hier fahre und der weiß wann ich meinen Kaffee trinke. Es gibt hier eine Vereinbarung, das war auch mit dem Betriebsrat ein Thema. Das es hier ein vier Augen Prinzip gibt. Es darf kein Betriebsleiter zu mir kommen und sich die ganzen Daten ansehen. Diese gibt es nur in der EDV, denn da liegen diese auf. Dann muss der Betriebsrat und, und der Betriebsleiter... wenn sie was wissen wollen. Es kann ja sein, dass der Stapler etwas kaputt gemacht hat. Darum es ist ja nicht so, so blöd das System... und diese Angst war da.

Ram: und auf technischer Basis, dass es hier irgendwelche Probleme bei der Umsetzung gegeben hat? Das man sagen kann, da hat jetzt Unt1 schon zu... Also viele Erprobungen machen müssen. Weil Sie haben ja einmal angesprochen, dass es ein Platzproblem gegeben hat.

Int1: mhm (bejahend)

Ram: Oder sage ich einmal bei der Walzstraße: man geht ja hierbei in die Länge, oder?

Int1: Mhm (bejahend)

Ram: und so auf technologischer Basis, dass man das Sensornetzwerk aufbauen muss. Oder die IT-Landschaft hat man hier neu aufbauen müssen, oder?

Int1: Ja, die hat man komplett neu aufgebaut. Aber da ist auch vom Anlagenbauer ein gutes Konzept gekommen. Das heißt auch diese High-Profile-Messgeräte, da hab ich ein Messgerät dort und anschauen tu ich das aber jetzt sage ich einmal einen halben Kilometer weiter oben. Dann habe ich die entsprechenden Leitungslängen. Dann ist das auf ??? Aber, aber da hat es ein technisches Konzept gegeben. Also von der Sensorik hat es keine Schwierigkeiten gegeben.

Ram: Also hat hier der Anlagenbauer wirklich gute Arbeit geleistet ...

Int1: richtig

Ram: dass wirklich das Hauptproblem nur die Überzeugung der Mitarbeiter war?

Int1: richtig, genau. Was eben diese Anlage betrifft. Was für uns ein bisschen eine Herausforderung war, für unsere EDV: Der Ofen selbst ist von der Firma Andritz gekommen. Andritz Maerz, also eine deutsche Firma. Und diese Schnittstelle haben wir definieren müssen. Da die Daten da richtig fließen und auch eben die richtigen Daten richtig fließen. Das war sage ich einmal eine technische Herausforderung, die uns keiner abgenommen hat.

Ram: Wenn wir jetzt bei der Frage 14 schauen: wie kann Industrie 4.0 zu einer Verbesserung der Ressourceneffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie beitragen? Also wie würden Sie die technologische Basis von der Industrie 4.0 beurteilen und ob überhaupt eine Ressourceneffizienz dadurch... ob sich das dadurch erreichen lässt?

Int1: Ich denke schon, dass sich dadurch eine Ressourceneffizienz erreichen lässt, in dem ich alles ein bisschen genauer berechnen kann und ein bisschen den Sicherheitsfaktor... Zum Beispiel bei chemischen Analysen ein wenig ????. Das ich jetzt mich nicht zu starr... oder sagen wir mal so. Ein, ein Produkt für mehrere Kunden nehmen kann. Das hat man vorher nicht gesehen. Da hat man gesagt, da hat man geglaubt, man, das ist was ganz was anderes, was ich ihm liefere. Im Endeffekt war es das gleiche Produkt. Das man hier zusammenfindet.

Ram: Mhm

Int1: ... da auch eine Kosteneffizienz finden kann

Ram: Frage 15: Gibt es in Ihrem Unternehmen derzeit laufende bzw. neu geplante Projekte hinsichtlich Industrie 4.0?

Int1: Ja, ich hab's kurz angesprochen, ah ProjektXY geht in diese Richtung Industrie 4.0. Auch die gesellschaftsübergreifenden Themen...sind sicher laufende und auch geplante Projekte.

Ram: was ist das ProjektXY jetzt nochmal genau?

Int1: Das ist ein Divisionsprojekt. Wo die ganze Supplychain von unserem produzierten Material, so wirklich vom, vom Waggon wo das Erz runtergeladen wird jetzt sagen wir in Standort xy beim Ziehwerk. Bis zu diesem, bis zu dieser Drahtspule die was er dort auf den LKW rauf ladet. Das ich alles weiß und zwar wirklich meterbezogen. Wir haben eine, eine Oberflächenprüfung, die heißt Edittrend, wo man mit einer Wirbelstromprüfung die Oberfläche geprüft wird und das soll soweit gehen, dass wir sagen den Kollegen in Standort 2, passt auf beim Meter 1435 haben wir einen Eindruck feststellen können. Schauts euch diese Stelle dort genauer an. Da sind wir auch wieder bei der Ressourceneffizienz. Früher habe ich gesagt ok, da habe ich jetzt 15 Fehler drauf gehabt auf dieser Spule, diese kann ich jetzt wegschmeißen. Jetzt weiß ich wo ist denn dieser Fehler, wo zwick ich diesen raus.

Ram: Mhm.

Int1: Kann aber noch immer etwas machen damit. Kann das Material noch verkaufen.

Ram: Das ist nun jetzt das Hauptthema das ProjektXY?

Int1: Ja, genau.

Ram Ahm, forscht Ihr Unternehmen eigentlich eigenständig auf dem Gebiet von Industrie 4.0, oder lässt man sich von externen Unternehmen beraten und Lösungen vorschlagen?

Int1: Teils, Teils. Wir haben wissenschaftliche Partner. Ah ... aus Xy zum Beispiel auch. Diese intelligente Walze das war die, die Firma ... fällt mir jetzt nicht ein (lacht)

Ram: also eine Firma aus xy? Vielleicht Unternehmen XYZA oder so?

Int1: Nein.

Ram: Aber auf jeden Fall einen externen Partner?

Int1: Ein externer wissenschaftlicher Partner, genau. Wir machen auch viel mit Unis oder technischen Uni in Y. Auch Datenbankmodelle. Das ist so eine Kooperation dieser XY-Cluster zum Beispiel. Das machen wir da so mit diesen Kollegen. Also nicht immer alles internes Know-How. Schon sehr viel Know-How... Sehr viel mehr als was wir früher gehabt haben. Aber natürlich von den Externen.

Ram: Sie haben auch vorher erwähnt es gibt eine eigene Abteilung für Digitalisierung, sprich auch Industrie 4.0 in Ihrem Unternehmen...

Int1: mhm

Ram: und die schauen halt...

Int1: richtig, mhm.

Ram: oder was ist die Aufgabe dieser Abteilung?

Int1: Ah, ja... eben gesellschaftsübergreifend Know-How einzuholen. Die arbeiten zum Beispiel gerne mit der XY zusammen... und da sagen ok, was macht ihr, was macht ihr für Fortschritte? Ein bisschen abzugrenzen und ein bisschen zusammen zu arbeiten und da eben die Benefits herauszuziehen und auch zu informieren. Zum Beispiel diese XY-Cluster, den wir hier im Einsatz haben – dieser Datensammler. Wir sind die einzigen, dass wir so weit sind das wir diesen Datenpool oder Datensee, Datalake sagt man dazu... ah schon wirklich in Echtzeit, also auch wirklich umgesetzt haben. Das präsentieren unsere Leute und dafür holen wir herein ... ja wie hab ihr das gelöst. Weil da sind wir da... das ist alles Eisenindustrie und die haben ja alle mit ähnlichen Problemen zu kämpfen wie wir.

Ram: Ahm, Frage 17. Welche Vorteile erwarten Sie sich durch Industrie 4.0 für Ihr Unternehmen und generell für die Eisen- und Stahlindustrie? Also geschäftliche Vorteile, oder vom Prozess her?

Int1: Für uns ganz klar Marktführer zu sein. Kundenbindungen herstellen zu können. Das der Kunde sagt bei denen bekomme ich das. Bei einem anderen nicht. Und auch Richtung Effizienz und ich sag einmal langfristig geht es auch in die Richtung einer Ressourceneffizienz auch von Mitarbeitern. Wie wir draußen geredet haben. Kranfahrer gibt es ja noch. Der Hebt das Material rauf. Weiß ich nicht. Vielleicht gibt es in zehn Jahren schon selbstfahrende Stapler und selbstfahrende Kräne die mit diesen Materialien, mit diesen Gewichten das schon erledigen können.

Ram: Ahm, Frage 19 haben wir jetzt ja schon angeschnitten. Wie sehen Sie die weitere Entwicklung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie?

Int1: Ja, das noch sehr viel Luft nach oben ist. Ich hätte gesagt, dass wir da noch am Anfang sind und ich glaub, dass wer, wenn wer im Qualitätssegment unterwegs sein möchte, in der Stahlindustrie, dass er daran nicht vorbeikommt. Früher oder später wird er bei der Flugzeug- oder Autoindustrie nicht mehr Fuß fassen können.

Ram: Wenn man jetzt zum Beispiel Stahlwerk oder... ja zum Beispiel der Zukunft uns anschauen. Glauben Sie ist das dann menschenleer, oder?

Int1: Nicht menschenleer, sag ich eher weniger, weniger. Aber wir haben eh gesehen beim Hauptleitstand. Es sind ja trotzdem mehrere Leute drinnen, weil die Anlage so groß ist und das mehrere Leute überwachen müssen. Bei der... Aber ich habe nicht mehr dieses Personal vor Ort draußen. Aber es wird sicher weniger werden. Menschenleer glaube ich nicht.

Ram: welche Rolle wird dann der Mensch einnehmen? Weil Sie gesagt haben er sitzt im Leitstand drinnen und überwacht.

Int1: Ja eher zu sehen, wenn jetzt irgendetwas... ja eine gute Frage. Wenn wir jetzt wirklich von einem komplett ausgereizten Systemegehen, das was fehlerlos

funktioniert, wird er nicht mehr notwendig sein. Ich finde ihn eher als einer der was ok es steht ein Fehler an und ich muss da schnelle Entscheidungen treffen. Aber ich sage einmal Industrie 4.0 geht in die Richtung, dass mir das eventuell ein PC oder ein Rechner oder irgend, irgendeine Software das unter Umständen abnimmt diese Entscheidung zu tun. Aber ich glaube es wird immer jemanden geben.

Ram: Mhm. Das war jetzt die letzte Frage ich bedanke mich für dieses Interview.

Int1: Bitte gerne.

Interview 2 – Gesprächsprotokoll

Durchgeführt am 21.08.2019 von Dominik Ramschek

Dauer: 75 min

Abkürzungen:

Ram: Ramschek (Interviewer)

Int2: Interviewte Person (des Interview 2)

Unt2: Unternehmen 2

Ram: Geben Sie mir bitte eine kurze Info zu Ihrer Person und Ihrem Unternehmen.

Int2: Ich bin seit mehreren Jahren der technisch-wissenschaftliche Geschäftsführer von Unt2, einem privaten Forschungsinstitut. Unt2 wurde vor mehreren Jahrzehnten gegründet und beschäftigt derzeit rund 100 Personen. Haupttätigkeitsfeld ist die angewandte Forschung für die Prozessindustrie. Wobei 70% des Forschungsaufwandes für die Stahlindustrie und 30% für die restliche Prozessindustrie wie Chemie-oder Zementindustrie anfallen. Derzeit beschäftigt sich das Unt2 mit ca. 150 nationalen und internationalen Projekten im Bereich der Anlagen-, Prozess- und Verfahrensentwicklung. Alle Projekte werden mit Industriepartnern abgewickelt, diese auch die Finanzierung dieser Projekte und somit auch des Forschungsinstituts tragen. Die Projekte umfassen Thematiken über neue Sensoren und deren Einbindung in Prozesse, Automation, Big Data, Machine-Learning, Verfahrenstechnik, Digitalisierung & Industrie 4.0. Ich selbst halte Vorträge und Vorlesungen zum Thema Data Mining, Machine-Learning und bin in verschiedenen Arbeitskreisen und Technologieplattformen mit dem Thema Digitalisierung und neuer Technologien für Prozessindustrie, im speziellen auch für die Eisen- und Stahlindustrie tätig bzw. in führender Position.

Ram: Welche Bedeutung hat die Digitalisierung für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int2: Industrie 4.0 geht weit über Digitalisierung hinaus. Diese Begriffe sind nicht gleichzusetzen. Digitalisierung dient als Basis für Industrie 4.0 und hat eine große Bedeutung. Die Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie hat eigentlich schon früh mit der Automatisierung in den 60er Jahren begonnen. Dabei war die Sensorik schon immer ein Thema. Viele Prozesse lassen sich eigentlich nur mit Informationen zur richtigen Zeit am richtigen Ort in den Griff bekommen. Die Sensorik ist somit die Grundvoraussetzung. Derzeit sieht es oft noch so aus, dass es für ein Stück, genau ein Wert aufgenommen wird. Also ein Wert für die Schmelze und ein Wert für das Stahlband usw. Der Trend geht jedoch Richtung hochauflösender HR-Daten. Da gibt es für die Industrie aktuell viel zu tun, um diese HR-Daten auch nutzen zu können. Man kann in der Stahlindustrie generell zwischen Rohrwalzern, Herstellern von Langprodukten und den Flachwalzern unterscheiden. Der Grad der Digitalisierung bei den Rohrwalzern ist dabei am geringsten. Besser wird es bei den Herstellern von Langprodukten. Den höchsten Digitalisierungsgrad findet man bei den Flachwalzern. Jedoch hat die Digitalisierung für alle drei eine hohe Bedeutung. Ohne Digitalisierung sind Themen, wie z.B. CO₂ freie Produktion, was die europäische Stahlindustrie derzeit

viel beschäftigt eigentlich nicht machbar. Digitalisierung wird auch in der Kreislaufwirtschaft benötigt. Es entstehen natürlich Abfallstoffe. Was will und kann ich davon wiedereinsetzen? In punkto Cycle Economy ergeben sich hierbei viele offene Themen wie z.B. der Einsatz von Abfällen der Eisen- und Stahlindustrie als Rohstoff für andere Industrien, oder die Nutzung der eigenen Abwärme durch meinen Nachbar im Industriepark.

Ram: Wie beurteilen sie den Fortschritt der digitalen Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie? Eher beginnend, laufend oder bereits abgeschlossen?

Int2: Die Digitalisierung der Eisen- und Stahlindustrie lässt sich als laufend mit Hochdruck beurteilen. Die Digitalisierung als Enabling Technology wird nie abgeschlossen sein. Es ergeben sich ständig neue Möglichkeiten, die stetige Veränderungen mit sich bringen.

Ram: Welche Herausforderungen gibt es im Zuge der Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie?

Int2: Da gibt es viele. Die größte Herausforderung in den Werken ist die Akzeptanz der Mitarbeiter für neue Technologien und die Weiterbildung der Mitarbeiter. In den Werken arbeitet oftmals noch eine Generation, für die die Anwendungen von PC oder auch Handy nicht selbstverständlich ist. Die Akzeptanz ist jedoch einmal die Basis für eine Weiterbildung und somit eine enorme Herausforderung. Auch das Thema Cyber-Security bzw. Cyber-Attacken sind eine Herausforderung. Das IT-Netz eines Werkes ist somit gegen Angriffe von außen und auch von innen zu schützen. Es können den automatisierten Anlagen Signale vorgetäuscht werden und müssen daher auch dahingehend geschützt werden. Es kamen auch schon Angriffe auf Hochöfen vor. Der Ausfall von Anlagen führt immer zu kostenintensiven Ausfällen bzw. Stillständen. Die Attacke muss nicht immer von außen kommen.

Ram: Können Sie mir ein Beispiel für einen Angriff von innen nennen?

Int2: Es kann zum Beispiel eine mit einem Virus befallene SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung) aus dem Schrank genommen und eingebaut werden. Das Thema Cyber-Security wird eigentlich in allen Werken diskutiert. Die Not entsteht jedoch meist erst bei einer Attacke. Daher lässt sich für ein solches Projekt auch schwer ein Partner finden.

Ram: Welche Funktion hat die Digitalisierung für Industrie 4.0?

Int2: Wie schon erwähnt ist die Digitalisierung Voraussetzung für Industrie 4.0. Ohne Digitalisierung gibt es kein Industrie 4.0. Da gibt es jedoch oftmals unterschiedliche Meinungen auf Konferenzen, wo die Begriffe vermischt werden und die Grenze dieser beiden verschwimmt. Dabei muss man zwischen Digitalisierung und Industrie 4.0 differenzieren.

Ram: Ist Industrie 4.0 ein Top-Thema für die Eisen- und Stahlindustrie und warum?

Int2: Definitiv ein Top-Thema. Industrie 4.0 ist auch bei den Vorständen angekommen. Bei den großen Stahlproduzenten wie ArcelorMittal oder Tata Steel geht Industrie 4.0 oftmals im Tagesgeschäft unter. Die Umsetzung von Industrie 4.0-Projekten wird auch oft zu lasch vorangetrieben da auch oftmals Themen des Tagesgeschäfts Vorrang haben. Da ist meiner Einschätzung nach die voestalpine am konsequentesten und meiner Meinung nach Industrie 4.0 Weltmarktführer.

Ram: Ist Industrie 4.0 bereits fester Bestandteil der Unternehmensstrategien Ihrer Forschungspartner? Verankert in Leitbilder und Visionen?

Int2: Teilweise. Die Thematik Industrie 4.0 wird nicht immer mit der notwendigen Konsequenz betrieben. Es sollte grundsätzlich noch mehr auf diesem Gebiet getan werden. Das eigentliche Top-Thema der Eisen- und Stahlindustrie ist derzeit die CO₂ freie bzw. arme Produktion. Dies wird von der EU auch gefordert. Dabei geht Industrie 4.0 oft unter.

Ram: Ist die Eisen- und Stahlindustrie bereit und offen für Industrie 4.0?

Int2: Das geht in die gleiche Richtung wie bei der vorgegangenen Frage. Aber generell noch nicht offen genug. Die Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie sind sehr, sehr konservativ. Bevor Änderungen vorgenommen werden, muss sehr viel passieren. Grundsätzlich ist die Industrie für Industrie 4.0 offen. Aber es drängen sich immer wieder Themen wie z.B. CO₂-Reduktion, Kosteneinsparung oder auch billige Stahlimporte aus China dazwischen.

Ram: Wo steht die Eisen- und Stahlindustrie bei Industrie 4.0?

Int2: Die Frage hierbei ist welcher Maßstab für einen Vergleich verwendet werden soll. Im Vergleich innerhalb der Prozessindustrie ist die Eisen- und Stahlindustrie schon viel weiter wie z.B. die Glas- oder Zementindustrie. Die Glas- und Zementindustrie ist bei Industrie 4.0 deutlich zurück im Vergleich zur Eisen- und Stahlindustrie. Stückgutfertiger sind jedoch wieder deutlich weiter. Hierbei ist es natürlich auch viel einfacher ein Werkstück von Anfang bis zum Ende zu verfolgen und es auch zu kennzeichnen. In der Stahlindustrie herrschen nicht so einfache Bedingungen vor. 150 Tonnen flüssiger Stahl der dann zu einer Bramme gegossen wird. Ein Kaltband, das bis zu 20 Km lang sein kann. Hierbei sind die Kennzeichnung und Identifikation der Materialien schon eine Herausforderung. Innerhalb der Prozessindustrie ist die Eisen- und Stahlindustrie bei Industrie 4.0 am weitesten. Generell kann man sagen, dass die Stahlindustrie aber schon über den Anfang hinaus ist, sich also mittendrin befindet.

Ram: In welchen Bereichen sehen Sie Potenziale für Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie? Speziell auch für die Energie- und Materialeffizienz.

Int2: Industrie 4.0 ist nicht nur für Energie- und Materialeffizienz relevant. Hauptsächlich beschäftigt sich Industrie 4.0 jedoch mit Themen der Qualitätsoptimierung, Steigerung der Ausbringung und Kosteneffizienz. Materialeffizienz betrifft für mich hauptsächlich die Ausbringung. Dies betrifft die Verbesserung des Outputs, dem fertigen Produkt bei einem bestimmten Rohmaterialeinsatz würde z.B. nur 90% Produkt entstehen. Eine Verbesserung wäre bei gleichbleibendem Einsatz an Rohmaterial 95% Produkt.

Ram: Im Laufe eines Projektes Ihres Unternehmens wurde der Produktionsprozess mit Big Data Techniken soweit analysiert, so dass Beschädigungen am Produkt auf gewisse Prozesse zurückgeführt werden konnten und somit der Ausschuss verringert wurde, oder? Betrifft das nicht auch die Materialeffizienz?

Int2: Ja die Steigerung der Ausbringung war hierbei eine positive Begleiterscheinung. Der Anlass war jedoch die Qualitätsoptimierung. Das war das eigentliche Ziel, nicht die Verbesserung der Materialeffizienz. Bei Themen der Ressourceneffizienz in der Eisen-

und Stahlindustrie spielt Industrie 4.0 derzeit noch keine große Rolle. Energie- und Materialeffizienz sind daher keine Treiber für Industrie 4.0. Der Fokus der Industrie liegt eher auf der Q-Optimierung, Leistungssteigerung, Instandhaltung und Kostenoptimierung.

Ram: Welche Risiken bringt Industrie 4.0 allgemein mit sich, speziell auch für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int2: Diese Frage wäre eigentlich gleich wie im Themenblock Digitalisierung zu beantworten. Bei Industrie 4.0 sind die Risiken und deren Auswirkungen jedoch viel schlimmer.

Ram: Glauben Sie auch, dass mögliche Fehlinvestitionen in Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie ein Risiko darstellen?

Int2: Die Stahlindustrie ist eine sehr, sehr vorsichtige Industrie. Vor getätigten Investitionen wird hier 23-mal überlegt. Also nein.

Ram: Gab oder gibt es Projekte Ihres Forschungsinstituts, bei dieser Industrie 4.0-Konzepte realisiert wurden um die Material- und/oder Energieeffizienz zu verbessern? Wie war dabei der Ausgangszustand und was waren Ziel und Resultat?

Int2: Ja viele, ich kann Ihnen ein Beispiel nennen. Das erste Projekt ist schon abgeschlossen. Es lag folgendes Problem vor. Ein Flachstahlproduzent hatte bei seinen Produkten große Schwankungen beim Energiebedarf, die sich keiner erklären konnte. Einmal waren es 100% und dann wieder 120% Energiebedarf. Zur Lösung dieses Problems setzten wir eine durchgehende Materialverfolgung entlang aller Prozesse um. Zusätzlich ordneten wir sämtliche Energieverbräuche dem verwendeten Material zu. Wir wussten nun den Energieverbrauch des Materials in allen Prozessen. Jedes Coil hatte einen eigenen Energiepass, welcher alle Energieverbräuche entlang aller Prozesse enthielt. Kurz gesagt lag nun die Information vor, welcher Energieverbrauch wann anfiel. Zusätzlich neben der Materialverfolgung implementierten wir eine Datenbank. Diese Datenbank enthielt Daten aus zwei Quellen. Erstens die Energieverbräuche, zweitens Informationen aus dem laufenden Prozess, also Prozessdaten. Somit konnten wir Materialien mit hohen Energieverbräuchen identifizieren. Die Analyse der gesammelten Daten erfolgte über Machine-Learning Methoden womit nun Unterschiede und Abhängigkeiten zwischen Material und Energieverbrauch identifiziert werden konnten. Die Umsetzung dauerte drei Jahre und das Ergebnis war ein funktionierender Prototyp, der nun voll im Betrieb eingesetzt wird und eine Verbesserung der Energieeffizienz.

Ram: Welche Herausforderungen gab es bei der Umsetzung und was war das größte Hindernis dabei? Was hat sich anfangs verändert?

Int2: Am Anfang hat sich gar nichts geändert. Der Mensch hat zu viel eingegriffen. Die gewohnten Prozessabläufe zu durchbrechen war eine Herausforderung. Die größte Herausforderung war der Faktor Mensch. Global gesehen ist es die Leute dabei zu überzeugen. Auch die Sensoren brachten eine Herausforderung mit sich. Die Integration in den Prozess war eine kleinteilige Fleißarbeit.

Ram: Gab es Unterstützung vom Management?

Int2: Ja, zu 100%

Ram: Wie kann Industrie 4.0 zu einer Verbesserung der Ressourceneffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie beitragen?

Int2: Ressourceneffizienz bedeutet für mich die Ausbringung zu steigern. Mehr Qualität, weniger Ausschuss. Dies erreicht man auch durch eine Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit und auch generell Stillstände zu vermeiden. Industrie 4.0 oder CPS sind nicht nur datenbasiert und nicht nur künstliche Intelligenz. Nicht jeder dieser Ansätze ist Industrie 4.0. Nicht jede Automation ist Industrie 4.0.

Ram: Gibt es in Ihrem Unternehmen derzeit laufende bzw. geplante Projekte hinsichtlich Industrie 4.0?

Int2: Jedes Jahr werden an uns Forschungsaufträge für Industrie 4.0 herangetragen. Auch der Forschungstopf des RFCS hat für Industrie 4.0 eine neue Gewichtung festgelegt.

Ram: Welche Vorteile erwarten Sie durch Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int2: Optimierung der Qualität und Kosten, Erhöhung der Ausbringung und auch eine Verbesserung hinsichtlich CO₂-Emissionen. Zusammengefasst führen all diese Faktoren zu einer Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit.

Ram: Welchen Beitrag liefert Industrie 4.0 für die Wettbewerbsfähigkeit Ihrer Forschungspartner?

Int2: Industrie 4.0 ist das Werkzeug, um den Wettbewerb zu gewinnen. Der Schnellste wird auch der Gewinner sein.

Ram: Wie sehen Sie die weitere Entwicklung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie?

Int2: Also die flächendeckende Digitalisierung als Voraussetzung für Industrie 4.0 wird noch brauchen. Industrie 4.0 baut auf Digitalisierung auf. Aktuell fragen sich die Werke folgendes und verfolgen die Strategie der low-hanging fruits. Was bringt uns schnellen Profit? Nach erfolgreicher und funktionierender Umsetzung werden sich die Werke natürlich fragen wo und wie sie das Thema Industrie 4.0 noch weiter ausrollen können. Eine andere Strategie wird sein, dass man Schritt für Schritt vorgeht. Die Werke werden sich fragen: Wie sieht mein Fahrplan aus und wie gehe ich Schritt für Schritt bei Industrie 4.0 vor? Das sind zwei verschiedene Strategien. Abhängig davon ist jedoch die weitere Entwicklung der Technologie, vor allem die IT. Selbstorganisation in der Produktion wird jedoch ein großes Thema sein.

Ram: Vielen Dank für das Telefoninterview.

Int2: Sehr gerne.

Interview 3 – Transkript

Durchgeführt am 17.09.2019 von Dominik Ramschek

Dauer: 29:30 min

Abkürzungen:

Ram: Ramschek (Interviewer)

Int3: Interviewte Person (des Interview 3)

Unt3: Unternehmen 3

??? nicht identifizierbares Wort

Ram: Super, ahm danke Herr Int3 nochmals für Ihre Zeit. Können Sie mir kurze Information über das Unternehmen geben in diesem Sie tätig sind und auch über Ihre Position?

Int3: Ich nehme an Sie haben schon recherchiert. Sie kennen Unt3?

Ram: Genau, ja.

Int3: Grundsätzlich, ahm ich würde es ganz kurz machen.

Ram: Mhm.

Int3: Also was wir liefern sind Lösungen ah für die Produktion von Eisen und Stahl und decken da die gesamte Wertschöpfungskette ab. Ahm von vorne Sinterbad, Pelletierung über die ah Reduktion im Hochofen oder die Reduktion über die, eine Direktreduktion und dann geht's weiter entweder über die Elektrostahlroute, wo dann auch Schrotteinsatz da, dazukommen kann bzw. über die Konverterroute und ahm Stranggussbereich, Walzwerke. Für Heiß und Kalt, oder Warmband und Kaltband und dann auch noch die Processinglines. Und wir sind der Lösungsanbieter für alles darüber. Also quer darüber und bieten die Hardware an, beiten Turnkey-Teile an, bieten Level 1, Level 2 Automatisierung an, Level 3 Automatisierung

Ram: Also kann man sagen auch man bietet Komplettlösungen an?

Int3: So ist es.

Ram. Ich würde sagen wir starten einmal mit dem ersten Themenblock – Digitalisierung. Welche Bedeutung hat die Digitalisierung für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int3: Ahm, ich würde sagen Digitalisierung ist jetzt ein Schlagwort, dass es schon seit längerer Zeit gibt und in der Eisen- und Stahlindustrie gibt es gewisse Aspekte der Digitalisierung noch viel länger und das sind jetzt ich würde sagen gerade im Level 2 Bereich, wo man spricht ah das man jetzt den Prozess abbildet. Ah dann entspricht es dem was auch diese Publikation, wo Digitalisierung, Industrie 4.0 definiert worden ist. Dann entspricht es dem digitalen Zwilling des Prozesses, also das ist unsere Level 2-Landschaft Das ist dort vorhanden. Ah und dann gibt es zusätzlich noch einige Treiber, ah die sich ergeben haben, um halt auch hin zu einem vollautomatischen Stahlwerk zu gelangen und ahm das sind einzelne Bereiche in denen gearbeitet wird.

Ram: Wie würden Sie generell den Fortschritt der digitalen Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie beurteilen? Ist da die Industrie eher noch am Anfang, oder wie sieht es aus?

Int3: Naja ich würde sagen da sind wir mitten, mitten drinnen. Weil es schon sehr viele Lösungen gibt, die in diesen Bereich gehen und ahm was ich zuerst schon genannt habe ist eben die Abbildung des Prozesses und die Prozesssteuerung, die Prozessoptimierung, Level 2. Das gibt schon seit vielen Jahren... ah gibt's mehr, über mehrere Jahrzehnte und ahm ... Softwarelösungen, die jetzt zusätzlich dazu kommen sorgen halt für weitere Transparenz. Ahm ich würde einmal so sagen es gibt drei Bereiche. Ich weiß jetzt nicht ob ich da dem Interview vorgegreife oder das später noch kommen wird... Wo man sagen kann, was kann die Digitalisierung noch abdecken. Also die Digitalisierung kann zum einen sagen es geht um ah um die Digitalisierung der Anlage selbst. Ahm das wäre jetzt Beispielsweise wie eine Anlage entworfen wird, wie eine, ein Design stattfindet und wie es dann gebaut wird. Also einmal der erste digitale Zwilling der Anlage und wenn die Anlage dann in Betrieb ist, ahm dann gibt es einen gewissen Verzerr des Anlagengutes und dann das gehört dann gewartet und damit man halt weiterhin produzieren kann und damit ich die Wartung entsprechend gut planen kann ah kann ich ein Condition Monitoring System anhängen. Und dieses Condition Moni... Zustandsüberwachungssystem und dieses Condition Monitoring System soll man, soll den Zustand der Anlage sagen. Also das wäre so der erste digitale Zwilling, den es so gibt. Der zweite digitale Zwilling und das ist was ich zuerst schon erwähnt gehabt habe, geht jetzt in den Bereich ahm, dass ich sage die Steuerung des Prozesses selbst und die Optimierung des Prozesses. Das ist der Level 2. Und der dritte digitale Zwilling ah ist der Bereich wo es um das Produkt selbst geht. Sagen wir ein kaltgewalztes Band und jetzt wie ist dieses kaltgewalzte Band produziert worden und das ich dort eine virtuelle Repräsentation, also diesen digitalen Zwilling hab, indem dass da sämtliche Produktionsparameter aggregiert speichere und auch so projiziert speichere, ah dass das auf das, das Endprodukt basiert. Weil da passieren dann halt noch viele Umformungsschritte. Es wird eine Bramme gemacht. Die wird einmal gedreht, die ah... Das muss man dann nachvollziehen, wie dann die Prozessparameter sind. Also nochmals ahm der digitale Zwilling der Anlage selbst, der digitale Zwilling ahm des Prozesses und der digitale Zwilling des Produktes. Also das sind so drei Hauptbereiche... und wie weit ist jetzt die Prozess- oder die Eisen- und Stahlindustrie? Ich würde sagen dieser zweite digitale Zwilling, der ist schon mal relativ weit fortgeschritten. Ahm in dem ersten Bereich, der digitale Zwilling der Anlage, das ist wo halt das 3D-Engineering dazukommt, wo das Condition Monitoring System dazukommt. Ahm da sind wir jetzt so, ahm... mitten dabei und der letzte Bereich, ahm mit dem digitalen Zwilling des Produkts, ahm das ist auch was wo man seit ein paar Jahren ein Produkt haben und das auch am... von anderen Mitbewerbern gibt.

Ram: Mhm wie ist generell der Stand der Digitalisierung bei Ihren Kunden bzw. Partner?

Int3: Ja das ist sehr unterschiedlich.

Ram: Mhm

Int3: das hängt sehr stark davon ab in welchem Rahmen wir uns bewegen. Wenn wir uns Europa anschauen, dann würde ich sagen da gibt es einige ah Produzenten, die sind da schon sehr weit auch fortgeschritten. Die haben da auch schon sehr, sehr viele Softwarelösungen implementiert. Aber mit dem Schwachpunkt, dass das gewachsene Strukturen sind. Das heißt da wird dort einmal was dazu geflickt, dann wird da was dazu gemacht, da wird da was dazu gegeben. Also das ist eher so das sind teilweise

so Patchwork-Lösungen und ahm was man auch sagen muss da sind halt teilweise Lösungen dabei, die damals in den 70er, 80er Jahren wo so die ersten Informatiker ausgebildet worden sind. Ahm... was sie inszeniert haben, was sie gemacht haben und das in teilweise sehr antiquierten Programmiersprachen gemacht haben und jetzt geht es darum wie kann man das ersetzen und wie kann man das in Zukunft sicher machen. Das wäre einmal Europa. Wo es ein unheimliches Wachstum gibt ist in China. Schon seit vielen Jahren und China versucht da auch immer halbwegs fortschrittlich zu sein und die sind da am affinsten würde ich sagen, diese Digitalisierungsprodukte umzusetzen und... Südost Asien würde ich da in den ähnlichen Bereich geben, halt dann mit einem anderen Wachstumsniveau.

Ram: Ahm welche Funktion hat die Digitalisierung für die Industrie 4.0? Würden Sie sagen, dass die Digitalisierung als Basis für Industrie 4.0 dient?

Int3: Können Sie mir die Frage nochmals vorlesen?

Ram: Ja, ja natürlich. Welche Funktion hat die Digitalisierung für die Industrie 4.0?

Int3: wir verwenden das synonym.

Ram: mhm

Int3: Digitalisierung und Industrie 4.0 ist, wird bei uns synonym verwendet. Industrie 4.0 ist geprägt von einer Forschungsgruppe aus Deutschland, wo die deutsche Bundesregierung dahintergesteckt ist. Ahm und hat das Konzept auf den, ahm in den weltweiten Fachgebrauch geführt und das neutralere Wort ist Digitalisierung, wo sich dann mehr vereinigt. Aber grundsätzlich ... verwenden es wir ... tatsächlich synonym, so wie ich es gesagt habe.

Ram: Also man kann sagen, dass Digitalisierung mit Industrie 4.0 einhergeht, also dass das sich auf der gleichen Schiene bewegt?

Int3: Ja (zögerlich). Also ich würde da jetzt keinen großen Definitions-Unterschied sehen. Außerdem, wie ich schon gesagt habe, dass Industrie 4.0 halt geprägt ist von dieser, ahm deutschen Forschungsgruppe.

Ram: Ist das Wort Industrie 4.0 gerade ein Top-Thema für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int3: Ja. Also das ist definitiv so, wenn man zum Kunden geht. Ah diese... diese Frage kommt immer und es sind auch die mittleren Managementebenen angehalten was in diesem Bereich zu machen. Ah weil das Top-Management auch als Thema erkannt hat da was zu machen. 9:56

Ram: was würden Sie, ahm als Treiber für Industrie 4.0 ahm bestimmen oder definieren? Was sind die Treiber dahinter für Eisen- und Stahlindustrie?

Int3: Reproduzierbarkeit, würde ich als einen der Haupttreiber identifizieren. Ahm um zu sagen, ich schaffe es in meiner Produktion die Qualitätsanforderungen, die gefragt sind ah auf einem stabilen Niveau zu produzieren. Das heißt ich hab keine großen Ausreißer nach oben, aber vor allem ich hab keine großen Ausreißer nach unten und durch diese Stabilität ...ermöglicht es mir auch weniger Ausschuss ahm produziere, weniger Downgrades habe und damit besser dem, den Endkunden ahm befriedigen kann und dort es da auch keinen Ausschuss gibt. Ahm ich kann damit auch ahm über ahm Schichten ... über, ahm ... über den Schichtbetrieb ahm halt, die möglicherweise unterschiedliche Fahrweisen im ahm Prozess haben, kann ich durch die Digitalisierung eine Homogenisation zusammenbringen.

Ram: Weil Sie vorher angesprochen haben, dass sich Top-Management, dass es, dass es sich für Industrie 4.0 auch sehr interessiert, würden Sie jetzt sagen, dass das Thema Digitalisierung/Industrie 4.0 auch in den Leitbildern und Visionen Ihrer Kunden ... verankert ist. Also das es Teil der Unternehmensstrategie ist?

Int3: ich würde. Also das verankert ist mir ein bisschen zu, zu strikt. Ahm ich würde eher sagen das findet Eingang in die Strategie und jetzt ist dann die Frage was ... ist der Mehrwert von Digitalisierung ahm bei den Kunden und das haltet eben dann das Top Management, das mittlere Management an das zu identifizieren was man damit machen kann und wir als Komplettlösungsanbieter unterstützen da auch unsere Kunden, dass man einen gewissen Weg, eine Strategie findet wie Digitalisierung den Betrieb unterstützen kann.

Ram: Ahm ist die Industrie, also die Eisen- und Stahlindustrie bereit und offen für Industrie 4.0? Wie steht man dem eigentlich gegenüber?

Int3: positiv, würde ich sagen.

Ram: ahm, Sie haben gesagt Digitalisierung und Industrie 4.0 ist, wird für Sie, also ist ein Synonym, also es hat die gleiche Bedeutung. Wo steht die Eisen- und Stahlindustrie bei Industrie 4.0? Können Sie das auch so beantworten wie oben wie wir bereits erwähnt haben, dass die Digitalisierung schon vor Jahren eigentlich begonnen hat

Int3: Ja ... ???

Ram: Ok. Ahm in welchen Bereichen sehen Sie Potenziale für Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie und wo genau auch für Ihre Kunden?

Int3: Naja, es hängt immer vom Kunden ab. Wo der Kunde bereits gut ist und welche Strategie ein Kunde halt verfolgt und wenn ein Kunde in den Hochqualitätsbereich seine Kunden wiederum hat. Also wenn ein Stahlproduzent im Automobilbereich seine Kunden sieht, na dann wird's darum gehen, dass ich den Prozess möglichst stabil halten kann ah und dort mögliche Abweichungen ahm vermeide und vor allem, dass ich dort auch am Zahn der Zeit bin und diese Stahlgüten die gefragt sind entsprechend gut auch und kostengünstig produzieren kann. Also es geht um Prozessstabilität, das ist ein Thema. Ahm ein zweites Thema ist mit den Ressourcen möglichst ahm effektiv, oder effizient auszukommen ...möglichst effizient auszukommen ähm und die Ressourcen dann möglichst effizient einzusetzen.

Ram: Bleiben wir beim Thema Ressourceneffizienz. Ahm gibt es dahingehend auch Industrie 4.0-Anwendungen die Ihr Unternehmen bereits realisiert hat?

Int3: Naja für die Ressourceneffizienz ... ich will aus einem Vormaterial etwas herausbekommen und das möglichst ohne großartige Blindleistung und das kann beispielsweise sein, dass ich halt im Stahlwerk versuche ahm das vor der Stranggussanlage, dass ich dort die Temperatur ahm insofern optimiere, dass ich die Überhitzung vor der Stranggussanlage auf ein Minimum reduziere. Weil jedes Grad, dass da reingeheizt wird das ist auch Energie die dann verloren geht und gar nicht notwendig war. Und da gibt es dann Planungssysteme, also Scheduling-Systeme die mir da helfen können das möglichst gut zu machen, ein Punkt. Anderer Punkt ist, ahm dass ich möglichst gut voraussagen kann, was wird am Markt abgesetzt, was fragen meine Kunden an und in welcher Zeit soll ich das liefern und damit ich on-Time in-full, also OTIF die Lieferung darstellen kann ah benötigt sie Transparenz über meinen Produktionsprozess um zu sagen ahm ... wie viel an Zwischenmaterialien muss ich

vorhalten um da die, die bestmögliche Qualität zu erreichen damit ich nicht einfach zu viel im, im Lager habe ah und dort dann entsprechendes Kapital gebunden habe.

Ram: Ahm gibt es irgendeine Industrie 4.0-Anwendung die Sie mir da als Beispiel nennen können für Energie- und Materialeffizienz, die geworden ist von UntX?

Int3: Ja das war gerade ein Beispiel.

Ram: Ok

Int3: Also ich glaube das habe ich jetzt vorweggenommen. Da geht es um Temperatureinsparung zum einen und zum anderen ahm ist, ist das, ahm ist das Thema das ich halt ahm meine Zwischenschritte oder meine Zwischenlager so optimiere, ah dass ich dort nicht zu zu viele ah gebundes Kapital habe.

Ram: Ahm was war oder was ist generell die größte Herausforderung bei der Umsetzung von solchen Industrie 4.0-Anwendungen in der Eisen- und Stahlindustrie?

Int3: ... (lacht) ah das ist nicht die Technik, wobei man es glauben könnte. Sondern es geht darum um die Akzeptanz der Lösungen durch das Betriebspersonal und es ist ein klarer Changemanagement-Prozess, weil ich plötzlich Dinge anders mache wie sie vorher gemacht worden sind und das Vertrauen in ein System das das jetzt besser machen könnte wie ich selbst das möchte man sich als Mensch nicht unbedingt eingestehen, weil es mitunter auch damit zu tun haben kann, dass ich meinen Job verliere. Ahm das soll aber nicht der Hintergrund sein von der Digitalisierungslösungen, es wird sich einfach die Art der Arbeit verändern und man kann halt dann höherwertige ahm Aufgaben übernehmen. Ahm aber grundsätzlich diese Stabilität, die notwendig ist und die ich zuerst auch schon ausgeführt habe, ah das ist etwas das ich eben durch Digitalisierungslösungen erreichen kann und wenn jetzt das Betriebspersonal dort nicht mitspielt, die Systeme nicht anwendet, dann habe ich genau dieses Ziel nicht erreicht, der Prozessstabilität ahm und aus dem Grund ist es ganz, ganz notwendig ah die Einführung von solchen Systemen durch einen Changemanagement-Prozess zu begleiten.

Ram: Ahm wie sieht es mit der Schulung der Mitarbeiter aus ... ahm bei solchen Anwendungen? Geht das leicht von statten, oder braucht es da einen gewissen hohen Aufwand? Weil ich denke mir, ich kann mir vorstellen wenn die Akzeptanz der des Personals eher gering ist, lassen sie sich auch dahingehend ah werden sie sich auch nicht so gerne schulen lassen.

Int3: Genau, das ist die Herausforderung das entsprechend aufzusetzen. Ahm das da auch vom das Management ahm eine Unterstützung anbietet, dass das ein notwendiger Schritt ist und das man den Mehrwert auch ganz klar kommuniziert. Dann ist das Thema mit der Schulung auch kein Thema und Usability, ich würde sagen das ist ein ein Thema an dem man schon länger gearbeitet hat. Also es scheitert nicht an das die IT-Systeme schwer zu bedienen sind, wie es vielleicht vor ahm 20 Jahren der Fall war, sondern sind durchaus ahm selbsterklärend.

Ram: ahm welche Risiken bring Industrie 4.0 allgemein mit sich, speziell auch für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int3: Naja, was sind die Herausforderungen? Eine gewisse Herausforderung ist natürlich, dass man sich auf die Systeme ahm zu verlassen beginnt und aus dem Grund ist es dann notwendig ahm das man so in der Art wie in einem Flugsimulator ah dahin wieder schon als ... ah das Betriebspersonal ... vor Augen führt was denn

eintreten kann als mögliche ahm Probleme und damit dann auch das Betriebspersonal noch richtig reagieren kann.

Ram: Gibt es in Ihrem Unternehmen derzeit noch laufende Projekte für Kunden hinsichtlich Industrie 4.0? Also habt ihr da immer laufen Projekte?

Int3: Ja das ist seit mehreren Jahren der Fall.

Ram: Ahm wenn man jetzt den europäischen Markt oder generell den Weltmarkt betrachtet, gibt es da einen Industrie 4.0-Weltmarktführer von den Eisen- und Stahlunternehmen? Wo Sie sagen können dieses Unternehmen ist am weitesten bei der Digitalisierung.

Int3: Wie meinen Sie jetzt, dass das wo das implementiert ist oder wo es ahm wo es Lieferanten gibt die in diese Richtung ...

Ram: Nein, wo es schon implementiert ist. Also ...

Int3: Wo es implementiert ist. Ahm spricht jetzt leider nicht für Europa oder noch weniger für die USA (lacht). Ich würde sagen da ist China derzeit das Land und das sind derzeit die Kunden, die die größte Affinität haben für für diese Dinge und entsprechend auch einsetzen. Ist aber auch dem geschuldet und das hab ich vorhin schon gesagt, ist aber auch dem geschuldet, ahm dass ahm es dort neu, dass dort neue Stahlwerke gebaut werden und dass man das auf damit auf der grünen Wiese gleich diese Lösungen mitdenken kann und auch mit implementieren kann.

Ram: Ahm welche Vorteile erwarten Sie von Industrie 4.0 für die Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie?

Int3: Mhm ... ich glaube da werde ich mich jetzt auch wiederholen. Ahm im Grunde geht es um ah die Qualität. Also die Reproduzierbarkeit. Ahm es geht um die Prozessstabilität. Das ist auch eben ein Teil der Qualität. Dann geht's um ahm die Produktivität. Ahm weil damit ich mein Lager möglichst optimiere brauche ich eine gewisse Transparenz um halt da dann die Produk- maximale Produktivität für den gegebenen Markt zu erreichen und die Produk- die maximale Produktivität für den gegebenen Markt erreiche ich halt nur damit, dass ich flexibel auf Dinge reagieren kann und für das brauch ich auch wieder ah die Transparenz dafür. Also es ist dieses Dreigestirn: Ahm es ist Qualität, es ist Produktivität und Flexibilität.

Ram: Mhm. Also würden Sie sagen das Industrie 4.0 einen erheblichen Anteil ah für die Wettbewerbsfähigkeit der Kunden liefert?

Int3: Ja definitiv und das ist auch ahm ein Thema warum wir ahm ... da einen Schwerpunkt sehen. Also das Digitalisierung/ Industrie 4.0 darf nicht Selbstzweck sein, sondern das hat schon einen einen sehr starken Mehrwert die Kunden.

Ram: Also es.

Int3: Die das Implementieren und das Erkennen vor allem.

Ram: Also klar das Industrie 4.0 ist ein Werkzeug zum Gewinnen des Wettbewerbes kann man so sagen?

Int3: Ja (laut und deutlich) das kann ich unterschreiben diese Zusammenfassung.

Ram: Wie würden Sie die weitere Entwicklung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie sehen?

Int3: ... (lange Pause) ist jetzt eine gute Frage. Ich würde sagen ... jetzt geht es einmal darum das zu implementieren was schon an Technologie vorhanden ist und die Akzeptanz zu finden ah bei dem Betriebspersonal, um die Möglichkeiten einzusetzen und das ist quasi der Zukunftsaspekt und jetzt nicht zu sehr da in die Zukunft zu

schauen und zu sagen was könnten wir noch alles machen. Das ist zwar schön und gut aber im Endeffekt ... so wie ich die Eisen- und Stahlindustrie beschreiben würde ahm ist es ahm eine sehr traditionelle Industrie ahm wo es wo diese Verfahren schon seit also seit seit vielen Jahren vorhanden sind und es dann graduelle Verbesserungen gibt. Ahm und diese graduellen Verbesserungen dann halt auch für neue Produkte ah genutzt werden. Aber es ist jetzt nicht so, dass da eine große Transformation auf einmal ah stattfinden wird, sondern das Schritt für Schritt und dadurch sehe ich die Lösungen die vorhanden sind schon einmal als sehr gute Möglichkeit die Eisen- und Stahlindustrie ah wettbewerbsfähiger zu machen. Es wird immer eben welche break-through Technologien dann zusätzlich geben im Prozess, ahm die dann die dann ahm ... weiteren eine weitere Verbesserung bringen werden.

Ram: Um nochmal zurückzugreifen auf die Vorteile von Industrie 4.0 für die Eisen- und Stahlindustrie. Das waren einmal die Qualität, die Reproduzierbarkeit und auch Produktivität. Würden Sie dann auch sagen, dass Energie- und Materialeffizienz als Treiber für Industrie 4.0 anzusehen ist oder sagt der Stahlunternehmer eigentlich will ich jetzt nur meine Qualität vorantreiben und Ressourceneffizienz ist ...

Int3: Nein, Nein. Also Ressourceneffizient ist im Grunde etwas was in der Geldböse hängen bleibt. Also das ist ahm was was ganz ganz Wesentliches. Ich würde sagen das ist eben genau diese dieses Thema der Produktivität ah das man das man dort auch hat. Ahm und das Thema ich produziere was, ahm was ich auch am Markt absetzen kann, naja da geht es ja auch in Richtung Ressourcenschonung. Also quasi, dass ich eben nicht zu viel im Lager ahm einen zu hohen Lagerbestand habe und das andere Thema ... Thema der Flexibilität, dass ich möglichst spät ahm die Qualität festlege und die Vormaterialien in einem halbwegs ähnlichen sind. Also Flexibilität, also ich hab vorhin das Dreigestirn erwähnt mit ahm Qualität, Produktivität und Flexibilität. Also diese drei Bereiche gehören da gehören da zusammen. Damit geht es da auch wieder um die den Ressourceneinsatz.

Ram: Ahm wenn wir noch das Thema ansprechen ah die CO₂-Emissionen in der Eisen- und Stahlindustrie. Ahm würden Sie das als Top-Thema, als derzeitiges Top-Thema sehen oder eher die Digitalisierung um Industrie 4.0?

Int3: Ahm die CO₂-Debatte also da gibt es glaube ich derzeit ist da sehr viel sehr viel Schlaglicht darauf darauf ahm draufgelegt ... naja um was geht es in dieser CO₂-Debatte: Also wir haben Eisenerz. Ahm das Eisenerz hat (lacht) einen gewissen Sauerstoffanteil und ich muss irgendwie versuchen diesen Sauerstoffanteil herauszulösen und das wird seit vielen Jahrzehnten, Jahrhunderten ... Jahrtausenden ist übertrieben, Jahrhunderten ahm mit ahm mit Kohlenstoffbasierten Verfahren gemacht und diese Reduktion ... wenn man es industriell hinbekommt mit einem wasserstoffbasiert ... in einer wasserstoffbasierten Reduktion hinzubekommen, dann wäre das schon mal ein guter Schritt. Jetzt denke ich, dass Thema Wasserstoff ... da gibt es durch die Direktreduktion ja schon schon gewissen Anwendungsfelder. Ja wenn man Erzgas nimmt hat man CH₄ und damit schon einen gewissen Wasserstoffanteil. Ahm und diesen Wasserstoffanteil könnte man ahm relativ einfach ahm erhöhen. Aber wie komme ich zu diesem Wasserstoff? Und genau dort ist auch die Krux begraben. Ahm durch Elektrolyse würde ich wiederum Strom benötigen. Wie kann ich Strom CO₂-neutral herstellen? Ahm das könnte ich machen über Fließkraftwerke, also über Wasserkraftwerke, ah über Windturbinen, über Solar. Manche gehen sogar soweit,

dass sie sagen CO₂-neutral wäre es auch wenn man es über Nuclearpower herstellen. Da stellt sich für mich die Frage dann der Nachhaltigkeit. Ahm und ... also von dem Aspekt ... (zögernd) ist die Stahlindustrie natürlich schon gefordert diese diese CO₂-Debatte mitzuführen und in Österreich hat man glaube ich 10% den CO₂-Ausstoß ist durch durch die Stahlindustrie bedingt. Also da gibt es einen enormen Hebel, um da sowas zu machen. Aber die Frage war ja glaube ich: ist jetzt ahm eher die Digitalisierung relevant ist die CO₂-Debatte relevant? Naja ich will nicht sagen es ist entweder oder, sondern es ist ein Schritt der parallel passiert und derzeit ist jedenfalls die Digitalisierung ein Thema das weiter getrieben werden kann und solange man Wasserstoff nicht wirtschaftlich nicht herstellen kann, wird das Thema noch weiter schwebend bleiben.

Ram: Ahm das war auch schon die letzte Frage. Ahm ich bedanke mich für Ihre Zeit nochmal.

Int3: Gerne

Interview 4 – Transkript

Durchgeführt am 11.10.2019 von Dominik Ramschek

Dauer: 36:00 min

Abkürzungen:

Ram: Ramschek (Interviewer)

Int4: Interviewte Person (des Interview 4)

Unt4: Unternehmen 4

Unt4.1: Tochterunternehmen von Unternehmen 4

??? nicht identifizierbares Wort

Int4: (meldet sich mit Namen am Telefon)

Ram: Ja Grüß Gott Herr Doktor. Hier spricht Ramschek Dominik.

Int4: ja Guten Tag. Begrüße Sie.

Ram: Zuerst mal vielen Dank für Ihre Zeit Herr Doktor.

Int4: Stelle ich mich mal kurz vor. Int4 ... ahm bin hier der Leiter der zentralen Entwicklung von Unt4 mit Standort in xy und in meiner zweiten Funktion bin ich noch der Geschäftsführer der Unt4.1, also unseres digitalen Tochterunternehmens.

Ram: Perfekt, vielen Dank. Ich hätte gedacht ich starte gleich mit der ersten Frage.

Int4: Ja

Ram: ... mit dem Themenblock Digitalisierung und welche Bedeutung hat die Digitalisierung für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int4: Ja ... ahm die Digitalisierung an und für sich hat eine relative große Bedeutung. Da sind alle in diesem Thema angekommen und kümmern sich um sage ich mal die Digitalisierung oder die wertstiftenden Prozesse die man mit der Digitalisierung erreichen kann und es geht aber ganz klar darum was kann Digitalisierung leisten um weitere Prozesseffizienz ahm um weitere ahm sage ich mal Verbesserungen hinsichtlich der der Prozessabläufe in Stahl, Stahlkonzernen, der Optimierung von Produktportfolios und Ablaufprozessen ahm ahm ahm bieten kann. Also es geht ganz klar darum wo steckt Wert in der Anwendung von Digitalisierung drinnen für diese Branche.

Ram: und wie würden Sie den Fortschritt der digitalen Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie beurteilen? Ist die Industrie hier noch am Anfang oder eben abgeschlossen?

Int4: Ich glaube nein. Ich sage das mal jetzt so. Das ist sehr sehr unterschiedlich. Ahm es gibt nach wie vor... es ist auch durchaus unterschiedlich in verschiedenen Konzernbereichen in der gleichen Firma. Wir treffen auf sage ich mal auf Beginner, genauso wie auf Unternehmen die sage ich einmal laufen, laufend sind. Also die angefangen haben und andere sind in Ihren Überlegungen auch durchaus weit. Ahm aber abgeschlossen behaupte ich jetzt einmal wird dieses Thema ahm eigentlich nie sein. Weil letztendlich Digitalisierung ahm glaube ich habe wir noch nicht ahm sehen wir noch nicht voraus was sie in der Zukunft noch so alles bringt. Ahm Ahm ich rechne mit, wenn man sagt weit fortgeschritten rechne ich in 5 bis 10 Jahren in dieser Branche.

Ram: mhm und gibt es bei Ihren Kunden bzw. Partnern dahingehend auch laufende Projekte in der mit Digitalisierung?

Int4: Ja, also ich kenne eigentlich keinen Kunden, der keine Digitalisierungsprojekte hat. Ahm dort gibt es Kunden die ahm auch sage ich einmal mehrstellige Millionenbeträge jährlich für Digitalisierung schon aufwenden und das ah eigentlich auch adressieren. Das gilt jetzt nicht nur für sage ich einmal für Deutschland, sondern das gilt auch für Russland, das gilt auch für China, ah das gilt für Amerkia. Ahm da sind alle unterwegs wo das auch strategische ahm ahm ahm von der Geschäftsführung ahm eingeleitete Initiativen gibt ahm die dann im Prinzip uhm ja das Thema Digitalisierung aufgreifen ahm um sozusagen bestehende Prozesse zu optimieren, Kosten zu reduzieren, effizienter zu werden. Ahm das ist überall der Fall.

Ram: Wie würden sie aber den aktuellen Stand der Digitalisierung in den Unternehmen ihrer Partner beurteilen? Ahm wenn man jetzt sagt sie sind nicht digital, überwiegend nicht digital, teilweise digital, überwiegend digital oder eben schon voll digital? Wenn Sie sage ich einmal grob einen Overview über ihre...

Int4: Das kann ich ihnen gar nicht, gar nicht sagen. Weil ich hab am Anfang schon gesagt, es gibt Prozesse wo ich sagen würde die sind tatsächlich nicht digital. Es gibt andere Prozesse da würde ich sagen super die sind voll digital. Wenn ich jetzt einen Mittelwert finde, dann würde ich sagen ahm sind rund die Hälfte der Unternehmen noch im Bereich überwiegend nicht digital ahm unterwegs. Rund 40% teilweise digital ahm und vielleicht gibt es 10% ahm die sage ich mal schon überwiegend digital arbeiten.

Ram: vielen Dank. Ahm welche Herausforderungen gibt es im Zuge der Digitalisierung für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int4: Ahm ich glaube die Herausforderung besteht darin ahm die entsprechenden Kompetenzen ahm tatsächlich zu nutzen und ahm letztendlich auch als Herausforderung in die Mannschaft zu bringen ahm denn vieles von dem in Digitalisierung erwartet ein anderes Herangehen an Prozesse, andere Werkzeuge, andere Methoden die zum Einsatz kommen. Unsere Industrie ist doch sehr, sehr traditionell geprägt und da ist man nicht unbedingt gewöhnt sage ich einmal modernste Digitalisierungsmöglichkeiten zu nutzen. Man trifft dort auch auf eine gesunde Skepsis. Ahm das ist sicherlich auch der Notwendigkeit geschuldet, ahm dass diese Großanlagen natürlich einen gewissen Schutz bedürfen und bei dem Thema Digitalisierung eigentlich nicht erstmal einfällt – Ja Cloud, klingt schon so wie geklaut. Dort gibt es, es gibt eigentlich noch keine Standards, wo das man sagen kann „alle anderen haben das so und so gemacht, jetzt mache ich das auch so. Da gehe ich nicht falsch“ Ah also eine gewisse Bereitschaft zur Ex Explorität muss man schon mitbringen ahm und ahm und die Schritte auch selber machen. Denn Digitalisierung kann man nicht kaufen. Digitalisierung muss man selber machen und selber erleben. Ahm und das ist der einzige Weg um diesen Schritt, den Schritt zu gehen.

Ram: ahm um die Überleitung auf das Thema Industrie 4.0...

Int4: ja

Ram: ... machen zu können. Welche Funktion hat die Digitalisierung für Industrie 4.0?

Int4: ahm, natürlich ahm. Es ist, das ist die Basis letztendlich für Industrie 4.0. Weil zunächst erst einmal, das müssen wir auch einfach sehen die Daten, müssen ja erstmal digital oder digitalisiert sein. Ahm sie müssen aber für Industrie 4.0 auch nach

gewissen ahm sage ich mal Art von Standard abgelegt, abgelegt sein, sodass eben auch eine Konnektivität der verschiedenen Funktionen auch gelingt. Also Digitalisierung sorgt glaub ich vor allem für Datentransparenz und Datenmanagement und ahm ahm oder besser um Datenmanagement. Es ist eigentlich die Basis. Das eine wird es ohne das andere nicht geben.

Ram: vielen Dank. Ahm Frage 6 wäre, ist Industrie 4.0 derzeit ein Top-Thema für die Eisen-und Stahlindustrie?

Int4: Ahm ist ... ich, ich glaube ja. Es ist eines der Top-Themen. Es zählt immer zu den, zu den Top-Drei Themen die glaube ich auch in unserer Branche immer wieder genannt werden. Von daher ist es ein Top-Thema. Ahm eh eh es ist auch nicht ... nach wie vor muss man einfach sehen es geht darum dem Produkt, das Produkt Stahl am Markt zu halten. Als wettbewerbsfähigen Konstruktionswerkstoff und das Ganze zu ah sag ich mal ja zu marktfähigen Preisen. Und ahm in der aktuellen Situation wo wir in Europa über CO₂-Zertifikate in 50-100€ pro Tonne Bereich sehen, drängen dadurch auch andere Themen in den Vordergrund. Ob das nun Wasserstoffmetallurgie ist, oder ahm ah ah überhaupt erstmal einmal Kosteneffizienz zu machen. Wenn Industrie 4.0 dahin ein ein Thema dazu beitragen kann, dann nutzt man das. Ah aber man hat auch andere Sorgen, die auch dringen bis sehr dringend sind.

Ram: mhm. Sie haben vorhin angesprochen es gibt drei große bzw. Top-Themen in der Eisen-und Stahlindustrie. Können Sie mir diese benennen?

Int4: Ja das ist im Prinzip das ganze Thema CO₂-Emissionen, das ist das das ist das ganze Thema Energieeffizienz und Recyclingkreisläufe und ja neue Werkstoffe.

Ram: ahm was oder welche Treiber sehen Sie für Industrie 4.0 speziell für die Eisen-und Stahlindustrie?

Int4: Uhm. Das sind das sind für mich ahm ahm... im Bereich digital Treiber oder generell Treiber?

Ram: Generell die Treiber für Industrie 4.0.

Int4: Ok

Ram: Also was ist ausschlaggebend, dass sagen wir jetzt einmal ein Unternehmen eben Industrie 4.0-Anwendungen realisieren möchte.

Int4: Ja ok. Und dann das ist die Basis ah die Basis für Daten. Ahm sehr sehr viel geht es bei Digitalisierung um wertgenerieren aus Daten. Die Daten ??? sage ich mal muss man ernten. Ahm warum nenn ich das als ernten? Eine Ernte macht man, um mit dem geernteten etwas anzufangen. Ja es geht nicht um Daten sammeln oder oder Daten zu erheben. Nein, man muss sie ernten. Ernten mit all diesem Zweck draus ein Produkt zu machen oder eine wertstiftende Funktion zu ah ahm zu ah zu ermitteln. Ahm wenn man etwas erntet ahm dann macht man das sorgfältig, richtig und ah auch so dass es nachhaltig ist. Denn ernten ... ahm wenn man nachher die Ernte direkt wegschmeißen muss, weil das irgendwie ahm ah nicht nicht ... Man erntet ja nicht einfach alles, man erntet genau das was man man braucht und was man will. Also Datenernten ist eines der zentralen Themen. Dann die zweite ah Funktion, die man hat ist tatsächlich ah diese Daten ah ah sinnbringend mehr... oder wertstiftend auswerten zu können. Und das heißt ganz konkret diese Dateninformationen ahm, die ich einer Auswertung zuführe in dem Zusammenhang bringen ahm zu meinem Prozess oder zu meinem Problem. Dabei muss ich das Domainwissen was ich hab über meinen Prozess mit den Daten verheiraten. Daraus ergibt sich unserer Meinung nach die größte, die größte

Wertstiftung. Und das heißt man muss Daten Datenmodelle genauso beherrschen wie Prozessmodelle, genauso wie ah sage ich einmal Arbeitsablaufmodelle. Man muss in der Lage sein diese digi... digitale Modellierung zu ah zu zu realisieren. Ahm das ist ah im Prinzip eine weitere Kernkompetenz um die Daten auch letztendlich auch auswerten, auswerten zu können. Dann gibt es aber auch viele, viele einfache Themen wie offen sein für die Lösungen die Digitalisierung einfach mitbringt ahm und schauen was davon kann ich in meinen ah in meinen Prozessabläufen gewinnbringend einsetzen und damit ah effizienter arbeiten. Also tatsächlich die Offenheit zu sagen, ich widme mich dem Thema mit der entsprechenden Sorgfalt und mit der entsprechenden Nachhaltigkeit und sehe das nicht als ach wir machen da jetzt mal etwas und dann sind wir bald fertig.

Ram: mhm. Ist Industrie 4.0 in den Unternehmen Ihrer Kunden bzw. Partner in der Unternehmensstrategie verankert? Ich spreche...

Int4: Ja

Ram: ich spreche da jetzt von Visionen, Leitbild...

Int4: ??? kann ich definitiv sagen Ja. Ich habe jetzt im letzten Jahr kein Unternehmen mehr getroffen die sagen wir einmal die nicht in irgendeiner Art und Weise in Ihrer Vision und Leitbild das Thema Digitalisierung nicht haben.

Ram: Kann man auch sagen, dass dieses Thema auch vom Top-Management gefordert wird?

Int4: ... Ja. Das ist glaube ich unisono die Meinung, wenn das nicht vom Top-Management kommt wird das nichts.

Ram: Ahm... ist die Eisen- und Stahlindustrie bereit und offen für Industrie 4.0?

Int4: ... Mhm Ich würde ein klassisches jein, jein (zögerlich) nennen. Ich würde sagen, man ist man hat Schri, erste Schritte gemacht. Man muss eben sehen wie weit man, wie weit man kommt und ah es wird sich nur das durchsetzen was sozusagen Wertstiftung bringt und das ein oder andere was Industrie 4.0 mit sich bringt ah ist sehr schön aber lässt sich auf den den Bereich so nicht übertragen ah und ah anderes ah ah wird aber absolut direkt mit Wohlwollen aufgenommen und damit auch ein eingearbeitet. Also ich würde sagen bedingte Offenheit ist da. Man ist aber wie gesagt noch in einer ein einem frühen vielleicht prototypischen Erprobungsverfahren. Man ist noch nicht ahm wenn ich jetzt die berühmte S-Kurve nehme, dann würde ich sagen ah ist die Mehrzahl derer die mit dem Thema beginnen oder daran arbeiten noch in einer schwierigen Phase wo sich der Prozess noch beschleunigt. Aber noch nicht in einer großen sagen wir einmal Steilphase der wirklich transformierenden Umsetzung.

Ram: ahm es ist jetzt sehr in die Richtung gegangen wo steht die Eisen- und Stahlindustrie bei Industrie 4.0. Also sie würden da eher was ich so herausgehört habe sagen so am Anfang, dass das Thema gerade Fahrt aufgenommen hat.

Int4: Ja genau richtig. Oder Fahrt aufnimmt.

Ram: Ok und in welchen Bereichen sehen Sie Potenzial für Industrie 4.0 und wo auch genau sagen wir einmal für Ihre Kunden bzw. Partner?

Int4: Also im Prinzip einmal in der Produktionsplanung, dann rund um das Thema Produktqualität und um das Thema Asset-Management, also ahm Überwachung von Systemen, Überwachung von von Anlagenkomponenten. Im Bereich der Prozesslogistik, im Bereich der Energie und in dem ganzen Thema ah Recycling int interne Wertstoffströme. Das sind die das sind die Hauptfelder wo wir das so sehen.

Ram: ahm und welche Risiken bringt Industrie allgemein mit sich?

Int4: ... ahm ja gut die die Risiken ah kommen sicherlich sind sind bedroht mit dem mit dem Thema... ja man muss in dem Rahmen von Industrie 4.0 anders agieren. Man muss sich auf Partnerschaften einlassen. Partnerschaften mit ahm Anlagenbauern, Partnerschaften mit IT-Firmen, Partnerschaften mit ahm ah mit mit anderen mit anderen Unter Unternehmen ahm und natürlich man muss muss man diese Partnerschaften ahm leben und zum Leben erhalten und ahm letztendlich dieses Risiko ja man tauscht Daten aus. Man tauscht ahm Informationen aus die man vielleicht damals noch vor vier fünf 5 Jahren noch gesagt hätte Top-Firmengeheimnis ahm. Das liegt bei uns im Tresor da kommt kommt keiner daran. Ahm das muss man aber ahm in diesem Fall ahm auch tragen. Dann das zweite Risiko, dass zu mindestens immer wieder auch genannt wird ist das Thema wie ändern wir uns ahm ahm daran dass wir sage ich einmal attackiert werden von von den bösen Mächten dieser Welt die ahm die in unsere Datenwelt eindringen wollen und Schaden zufügen wollen. Ahm das muss man da muss man dann auch denk ich Mitarbeiterschulung ganz in den Vordergrund stellen, denn die meisten Risiken ergeben sich aus dem falschen Verhalten von Mitarbeitern. Die machen eben Sachen, die man nicht tun sollte. Und ahm Thema Mitarbeiterschulung ist meines Erachtens ahm vielleicht noch nicht ausreichend bedacht. Ist aber ein zentrales Thema.

Ram: Also meinen sie da jetzt speziell Attacken von Innen und Außen in Punkto Cyber-Security?

Int4: genau Attacken von Innen und Außen.

Ram: ahm gehen wir jetzt zu...

Int4: man muss einfach sehen ahm während unsere Computer über Virenschanner eigentlich relativ gut geschützt sind, sind die kompletten Automationslösungen ahm die ahm dort seit vielen Jahren laufen aber auch die die die Computer die mittlerweile in jedem Messsystem verbaut werden, die sind bei weitem nicht so gut geschützt wie jeder PC. Und wenn da einer eindringt, dann schreibt der ihnen die PLC um.

Ram: Mhm Sind Ihnen da schon konkrete Angriffe bekannt? Ahm oder haben sie solche schon miterlebt, wo ein Kunde gesagt hat er hat...?

Int4: Ja bekannt sind mir die Sachen, die schon bekannt sind, wo ein Hochofen gehackt worden ist, ahm dass eine SAP-Struktur gehackt ahm gehackt worden ist. Ahm ob das jetzt mit dem Thema Industrie 4.0 direkt zu tun hat sage ich jetzt einmal sei dahingestellt. Aber dass es dieses Angriffspotenzial gibt, das ist nicht das ist nicht ahm ahm dahergeredet. Die Gefahr ist da.

Ram: ahm ok. Welche Industrie 4.0-Anwendungen hat ihr Unternehmen bereits realisiert? Ahm wenn wir da eher jetzt den Fokus ahm eher für die Material- und Energieeffizienz daraufsetzen würden. Und was war da jetzt konkret die Ausgangssituation, Ziel und Ergebnis?

Int4: Gut, also wir haben ... ahm es geht es geht ja jetzt um unser Unternehmen. Es geht ja nicht ums Unternehmen die wir, die wir haben. Also wir ahm ahm sagen wir einmal bei uns sind es vor allem die Engineering-Prozesse. Dort steht steht im Vordergrund Life-Cycle-Management. Ahm was wird dort ahm ahm ahm haben. Dann geht es bei uns um den Bereich der Value-Chain. Ahm Also der der der Optimierung der Beschaffungs- und Abwicklungsprozesse hier im Haus. Das ahm im Prinzip komplett über digitale Kanäle ähm ablaufen. Und dann natürlich einfach auch die

ganzen Werkzeuge hier im Unternehmen ähm da wir alle digitaler werden. Ganz trivial Reiseabrechnung sage ich mal so die vor fünf Jahren alles noch per Papier ging. Das ist heute sage ich mal zu 90% über digitale Prozesse abgedeckt. Ahm um diese entsprechende Effizienzsteigerung letztendlich auch auch hinzubekommen. Energieeffizienz ... ja wir haben Energiemonitoring hier an unseren Standorten. Wobei wir hier als Anlagenbauer jetzt nicht unbedingt sage ich einmal einen großen Energiebedarf haben und nicht mit dem eines Stahlwerkes zu vergleichen. Ahm und das sind also im Prinzip die Hauptanwendungen die wir als Anlagenbauer ... ja haben. Und geht es um Material-... ahm sagen wir einmal ... natürlich kaufen Material ein aber ahm wir verarbeiten Stahl nur und erstellen das nicht.

Ram: Ahm was sind da generell jetzt die bei Industrie 4.0-Anwendungen jetzt die größten Herausforderungen? In Punkto auch sage ich einmal Mitarbeiterschulungen. Wie würden Sie das beurteilen?

Int4: Also Sie können das nur mit den Mitarbeitern machen. Sie können das nicht von Oben ??? die Mitarbeiter wollen mitgestalten. Das kann ich einfach jeden empfehlen. Den Mitarbeitern die Chance geben mitzugestalten. Und den das ahm wir kennen das von den Apps die wir auf unseren Handys nutzen. Die uns gefallen nutzen wir weiter. Wenn uns das nicht gefällt fallen wir wieder in alte Muster zurück und nehmen das was oder gehen den Weg den wir vorher auch gewählt haben. Also dieses Mitnehmen ist glaube ich das zentrale Thema und dann eben auch klar denen sagen, die nicht mitgehen, denen ... da muss aber auch eine klare Ansage her. Das Thema Disziplin ist beim Thema Digitalisierung ganz ganz wichtig, ahm denn auch die Daten, die irgendwo entstehen, setzen nachher dann andere Mitarbeiter auf und den Leuten muss bekannt sein wie wichtig das es ist, dass sie ihren Job richtig machen, nachhaltig machen. Ahm Ahm denn nichts ist schlimmer ... keine Daten eingeben ist immer noch besser als falsche Daten eingeben. Dann kommt ???

Ram: Ahm wenn man jetzt Unt4 Als Anlagenbauer eben hernimmt, hat Unt4 schon Industrie 4.0-Anwendungen ahm bei Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie realisiert?

Int4: Ja, ja.

Ram: Auch in Punkto Energie- und Materialeffizienz?

Int4: Auch in Punkto Energie- und Materialeffizienz.

Ram: Können Sie mir hierbei eventuell ein kurzes Beispiel nennen?

Int4: Ja. Ich habe es es geht um ahm eine integrale Qualitätssicherungssysteme, die also im Prinzip ein ein automatisches Qualitytrading durchführen und automatische Freigabeprozesse für nachfolgende Prozessstufen geben. Ahm das ist das ist ein typisches Beispiel. Ähnliche Art und Weise haben wir auch Assetmanagement-Lösungen, wo es also um die Überwachung von von Anlagentypen geht, die man dann in Prinzip in Form von Cockpitfunktionen aus dem aus dem Netz heraus überwacht ahm und letztendlich dann auch im Prinzip auch die die Maßnahmen einleitet. Dies waren mal zwei Beispiele, ahm die wir aktuell ahm im Umfeld mit Kundenaufträgen in den meisten Fällen diskutieren.

Ram: mhm. Sind hier bei diesen Projekten auch genügend Kompetenzen vorhanden oder ... ?

Int4: Eh wenn Sie noch 50 Mitarbeiter kennen, ich könnte diese noch brauchen.

Ram: Ok (lacht). Ich verstehe.

Int4: Aber die Herausforderung besteht ganz klar in der in der Thematik ahm der reine digitale nützt Ihnen nichts. Der muss der muss erstmal begreifen was ahm in welchem Prozess er sich bewegt und ahm was er was er vor sich hat. Ahm ahm und das bedarf einer gewissen Einarbeitungs- und Schulungsphase. Ahm und das also nur in der Kombination mit Domainwissen - Was brauche ich denn und was muss ich haben? Ist es sinnvoll ??? Sonst hat man ein System geschaffen, dass keiner benutzt oder irgendwie dann doch nicht die Funktion erfüllt. Also man muss man muss mehrere Teams schaffen können und diese digitalen Kompetenzen und diese Domainwissen Kompetenzen zusammenarbeiten können. Das ist das das ist das Zentrale und ahm wir haben sozusagen Bedarf sowohl auf der digitalen Kompetenzseite und auch auf der Domainseite.

Ram: Ahm wie kann Industrie 4.0 zu einer Verbesserung der Ressourceneffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie beitragen?

Int4: Ja, ja gut. Das ist im Prinzip das Thema Qualität. Zum Beispiel nehme ein Qualitätssicherungssystem. Das erkennt letztendlich, dass das Produkt die späteren Kundenanforderungen nie erfüllen wird und das in einer sehr frühen Phase. Dann kann ich natürlich die Weiterverarbeitungsschritte sparen. Dann kann ich das Produkt umlabeln. Damit habe ich weniger weniger Ausschuss, weniger Kundenreklamationen ??? und damit hab ich im Prinzip Energie ge gespart. Ahm Ahm und letztendlich weniger Kunden Kundenärger gehabt ahm. Das ist jetzt mal ein klassisches Beispiel. Ahm in dem wenn Sie Energieströme monitoren über Energiemanagementsysteme, sehen Sie sofort wo laufen Aggregate ahm und fragen sich einfach warum und wofür müssen diese laufen. Können diese auch im Standby laufen in gewissen Zeitphasen? Ahm das ist ein klassisches Thema typischerweise im Energieressourcenbereich und im Bereich der Anlagenüberwachung geht es vor allem dem maximale Anlagenverfügbarkeit zu realisieren und ahm das kann man eben über Predictive Maintenance-Lösungen oder auch Condition Monitoring-Lösungen eigentlich heute für die wesentlichen Aggregate in unserem Bereich auch ahm realisieren und das alles schafft im Prinzip ahm ahm sagen wir Erhöhung der ahm Anlagenverfügbarkeit.

Ram: Ahm zur nächsten Frage. Ahm forscht Ihr Unternehmen eigentlich eigenständig auf dem Gebiet von Industrie 4.0 und Digitalisierung oder arbeitet man da auch mit externen Partnern zusammen oder Unternehmen?

Int4: Also forschen tun wir da eigentlich jetzt nicht. Ich sage mal so ... wir entwickeln natürlich ahm Industrie 4.0- ahm ahm Lösungen. Also im Prinzip im Rahmen der Innovation. Ahm wir sind aber natürlich auch mit ahm im Austausch sage ich mal so mit mit ahm unseren Kunden. Wir sind im Austausch mit Partnerunternehmen, mit denen wir zusammen an Lösungen arbeiten. Das sind sage ich mal Marktbegleiter diese in anderen Märkten unterwegs unterwegs sind. Vornehmlich im Bereich ahm ahm ahm Chemieanlagenbau etc. Ahm die also im Prinzip einen eigenen Markt haben, aber auch ähnliche Anforderungen haben. Nämlich die Daten zu erheben, die Daten in die Cloud zu bekommen usw. Ahm und natürlich sind wir auch unterwegs, dass wir Unt4.1 das wir vor vier Jahren gegründet haben. Unt4.1 ist mit einem externen Beratungsunternehmen auch gegründet geründet worden und ahm uns ein Jahr lang begleitet ... Also ja, man muss sich auch auf Partner einlassen.

Ram: Ahm welche Vorteile kann sich die Eisen- und Stahlindustrie ahm durch Industrie 4.0 erhoffen?

Int4: Ganz klar ... ich sage etwa 2%-3% ahm Kostenreduktion ahm wird dort kommen. Ahm dann das sage ich einmal jährlich. Das ist es was ich jetzt erwarte. Das wir jetzt erwarten. Ahm und ahm das ist im Prinzip ein ... das ist für mich ein Haupttreiber für das Ganze. Weil wir eben die Stahlindustrie in einem solchen engen Markt unterwegs ist.

Ram: ... also Kostenreduktion würden Sie als Haupttreiber ansehen?

Int4: Ja.

Ram: Ahm und wie wie würden Sie eben die Material- und Energieeffizienz sage ich einmal in der Treiberrolle einordnen? Ist dies eher auch ein Haupttreiber oder spielen diese zwei Faktoren eine untergeordnete Rolle?

Int4: Nein, nein natürlich. Aber was heißt Energie... ahm ahm in diesem Fall? Da gehen letztendlich auch Kosten runter.

Ram: mhm

Int4: Ja. Also letztendlich am Ende ahm ahm man erhofft sich Energieersparnis also ... Ahm Energie ist teuer. Also hilft jede Energieersparnis effizienter, Kosteneffizienter zu werden. Natürlich auch in Richtung Nachhaltigkeit ja. Weniger CO₂ produzieren. Aber am Ende ist es egal ob man CO₂ emittiert oder nicht. Solange CO₂-Emission kostenlos wäre, wäre es ja völlig egal. Also wenn es nicht mehr kosten ahm kostenlos ist ??? kostenpflichtig ist ahm fängt man ja an zu überlegen woran liegt das. So kann das nicht bleiben.

Ram: Mhm.

Int4: Also am Ende aller Tage muss man da aber sagen wir leben wir leben hier sage ich einmal nicht in einer heilen Welt. Sondern wir leben in einer Marktwirtschaft und da ist ahm der Dollar oder der Euro das zentrale Thema.

Ram: Ahm wenn wir jetzt die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie beurteilen. Welchen Beitrag liefert hierfür Industrie 4.0, dass man jetzt sagt das Unternehmen bleibt wettbewerbsfähig oder ist wettbewerbsfähiger?

Int4: Ja das erwarten glaube ich alle. Das ist so. Das fällt auch wieder zurück auf die 2%-3% Kostenersparnis, die man hat. Ahm es ist aber auch ein anderer Punkt. Die Wettbewerbsfähigkeit ... wenn die auf diesem Punkt nichts machen würden, ahm dann finden die in Kürze auch bald keinen Mitarbeiter mehr. Weil ahm die Mitarbeiter wollen heute in modernen ausgestatteten Unternehmen, mit modernem Arbeitsplatz, mit modernen Werkzeugen arbeiten. Und wenn sie das nicht anbieten können, ahm dann werden ihnen ihre Konkurrenten die besten Mitarbeiter abwerben und dann haben sie ein Problem und kommen in das Hintertreffen und sich dann ich sage einmal mit den Mitarbeitern zweiter Wahl zufriedengeben müssen.

Ram: Ich verstehe. Also kann man auch sagen, dass Industrie 4.0 ein Werkzeug ist um den Wettbewerb gewinnen zu können.

Int4: Ja genau richtig.

Ram: Gibt es für Sie einen Industrie 4.0-Weltmarktführer? Also wenn wir jetzt nur die Eisen- und Stahlindustrie betrachtet? Oder sagen Sie vielleicht das China weiter wie Europa... oder gibt es da irgendeinen Stahlproduzenten wo man sagt, dass dieser schon viel umgesetzt hat.

Int4: Also ich sage jetzt einmal ahm ahm ich würde Ihnen in China in China würde ich mir BAO Steel ansehen. Ich würde mir in Indien die Tata Gruppe ansehen. Ich würde

mir in Europa die voestalpine Stahl und ahm Tata IJmuiden ansehen. Ich würde mir in den USA, würde ich mir ahm das Werk Big River Steel ansehen.

Ram: Mhm.

Int4: Ich würde mir in Südamerika Gerdau ansehen ... Dann haben Sie schon viel gesehen.

Ram: Sehr gut. Ahm und zur abschließenden Frage. Wie würden Sie ... oder wie sehen Sie die weitere Entwicklung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie?

Int4: Das wird das wird voranschreiten. Das wird sage ich einmal die nächsten zwei drei Jahre weiter an Fahrt an Fahrt aufnehmen und ahm dann erwarte ich ahm wie ich glaube das wird so ähnlich sein wie Digitalisierung oder die Elektrizität. Das wird in alle Prozesse irgendwo eindringen und ahm man wird dann eben Punkt für Punkt einfach sagen ok früher war das so und jetzt setzen wird das digital um. Ahm so hat man früher ahm ahm im Prinzip geplant, so plant man heute. Es wird ein sukzessiver Transformationsprozess geben ahm weil es ... es geht auch gar nicht anders. Man man kann nicht alles umbauen. Auch sage ich einmal als die Elektrizität kam, gab es noch viele Jahrzehnte die Dampfmaschine. Und so wird es in unserer Branche auch sein. Viel von dem was dort steht wird in den nächsten 10-15 Jahre noch so stehen bleiben ähm weil der Vorteil der Digitalisierung an der Stelle noch nicht groß genug ahm ahm ist und aber damit was neu gebaut wird, wird sicherlich ahm ahm sage ich einmal Industrie 4.0 ausgeführt sein müssen. Ahm aber das ist ein Prozess der uns die nächsten Jahre begleiten wird. Den Hype hat es schon ein wenig verloren, ahm ahm ahm dass hier jetzt alle ????. Das ist jetzt an der Arbeitsebene angekommen und wird jetzt in ruhe und konsequent umgesetzt.

Ram: Ahm Herr Int4 ich sage vielen Dank für dieses tolle Interview.

Int4: Ja gerne

Interview 5 – Transkript

Durchgeführt am 16.11.2019 von Dominik Ramschek

Dauer: 35:27 min

Abkürzungen:

Ram: Ramschek (Interviewer)

Int5: Interviewte Person (des Interview 5)

Unt5: Unternehmen 5

St5: Standort von Unternehmen 5

??? nicht identifizierbares Wort

Ram: Ähm vielen Dank für die Teilnahme im Interview. Ähm wenn sie mir mal kurz einen kurzen Überblick über ihre Person und das Unternehmen geben können in diesem sie tätig sind.

Int5: Also momentan bin ich in einem jungen Start-up-Unternehmen. Die Firma heißt Unt5. Äh das Unt5 ist im ??? im Gründungszentrum noch beheimatet, also im Headquarter. Ähm wir haben uns auf das Themengebiet der Digitalisierung, äh speziell im Bereich ahm der Eisen- und Stahlmetallurgie aber auch im Bereich vom vom Zement und Nichteisenmetallurgie spezifiziert. Ahm was machen wir? Ahm wir ... füllen die Lücke zwischen der Automatisierungspyramide, wenn man das so hernimmt, der Grundlagenautomatisierung oder Level 1 genannt, ah bis ah bis zu Level 4 wäre jetzt das ERP, also Enterprise Relationship äh also Enterprise Rel ... ERP System zum Beispiel SAP. Diese Lücke wird von uns gefüllt wir nennen das Ganze auch nochmal System bzw. Software, ähm weil wir Level 2- und Level 3- Funktionalitäten in einer Software anbieten und das machen wir äh je also für den Kunden handgeschnitzt. Das heißt der Startpunkt ist eigentlich äh Systeme Requirement Engineering, wo man dann zum Beispiel mit Mockups beginnt. Das heißt, äh Mockups sind ahm sozusagen Klick-Dummies, wo man sich durchklicken kann schon durch eine Software und Funktionalitäten, um User-Stories abzubilden. Diese werden dann so umgesetzt, dass natürlich dahinter zum Beispiel mathematische Modelle oder äh Track and Trace Applikationen äh mitlaufen und zusätzlich geht es ähm natürlich gerade in dem Punkt äh Digitalisierung auch um die Schnittstellen Thematik. Das heißt die Anbindung zwischen den darunterliegenden Systemen und übergeordneten Systemen wie ERP-Systeme oder Level 1 Steuerungssystem.

Ram: Vielen Dank. Ich hätte gedacht ich starte jetzt mit dem Themenblock Digitalisierung. Welche Bedeutung hat die Digitalisierung für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int5: Also das ist ah sehr grundlegende Frage. Äh ich denke, dass es die Notwendigkeit betrifft äh Prozesse zu Digitalisieren und sichtbar zu machen und natürlich der positive Effekt daraus ist eigentlich eine Energiekosteneinsparung, sowie auch wenn man das jetzt Richtung Umweltthema sieht eine CO₂-Minimierung zu schaffen und das schafft man nur, indem man Prozesse sichtbar macht. Das heißt mathematische Modelle und diese dann zu visualisieren.

Ram: Ähm wie würden sie den Fortschritt der digitalen Transformationen in der Eisen- und Stahlindustrie beurteilen? Ist das eher beginnend laufen oder bereits abgeschlossen?

Int5: Die die Frage ist je Stahlwerk bzw. je Standort sogar innerhalb von unterschiedlichen Firmen äh von sag ich jetzt einmal zehn Prozent bis 80 Prozent ah findet man da alles an. Also wenn man daran denkt im Edelstahlsektor ist es noch typisch mit einem Handzettel herumzugehen und quasi vom Schrottplatz bis hin zum zum abgießen von Blöcken ahm noch ahm sozusagen den Produktionslaufzettel zu haben und das gleiche gilt jetzt natürlich auch ah in großen Stahlwerken noch. Also das ist je nachdem wie sich der Standort darauf versteift etwas zu digitalisieren. Aber Digitalisierung ist ja ein großes Wort, wo viel dahintersteckt. Also man muss anfangen das man eigentlich Zettel abschafft (lacht).

Ram: Ähm wie würden sie den aktuellen Stand der Digitalisierung in dem Unternehmen ihrer Kunden bzw. Partner beurteilen? Ist das nicht digital, überwiegend nicht digital, teilweise digital oder schon voll digital? Es kann man jetzt mit der Frage zwei verbinden aber wirklich jetzt speziell ihre Kunden hin also ihre bisherigen ... Kunden drauf bezogen also ihrer Erfahrung nach?

Int5: Wie gesagt äh teilweise digital würde ich sagen obwohl teilweise digital vielleicht noch übertrieben ist.

Ram: Ähm welche Herausforderung gibt es im Zuge der Eisen- und Stahlindustrie?

Int5: Mhm die Herausforderung ist ähm unterschiedlicher Natur. Äh ich würde das äh mal einen ganz weiten Bogen machen nämlich ich glaube in erster Linie ein Generationenkonflikt ist. Ähm nämlich zwischen dem momentanen Hype von Data Science und Master Data Science, wie sich die ähm Meisterspezialisten nennen, zwischen programmieren und ah was vergessen wird teilweise ist die Automatisierung und zwischen ähm alten Systemen, was sich bewährt haben nämlich sozusagen auch ??? Systeme so umzusetzen, dass man sie in Software bindet. Ähm wie gesagt ich sehe da meist ein Generationenkonflikt darin und in Zukunft sollte man da auch mehr ähm ... die Schulen dazu animieren, dass sie ein größeres verschwenden es nicht nur von Digitalisierung, sondern auch hinsichtlich Automatisierung den Schülern beibringen.

Ram: Also würden sie sagen das eine Herausforderung auch auf das äh das Know-how des Personals betrifft?

Int5: Ja.

Ram: Ähm welche Funktion hat die Digitalisierung für Industrie 4.0? Würden sie Digitalisierung als Basis bezeichnen für Industrie 4.0?

Int5: Ähm mhm im im englischen gibt es dort einen Unterschied. Ah im im deutschen gibt es nur die Digitalisierung. Im englischen gibt es digitization und das ist eigentlich der erste punkt. Nämlich, ähm dass man das wie vorher schon erwähnt handgeschriebene Zettel digitalisiert oder oder eigentlich ah in ein Format überbringt das lesbar ist. Das heißt aber nicht, dass man einen handgeschriebenen Zettel jetzt einscannet, weil dann ist er nicht digitalisiert sondern nur eingescannt. Erst wenn ich nach dem einscannen zum Beispiel die Daten auch so weiterverwenden kann und mit anderen Systemen koppeln kann, kann man von Digitalisierung sprechen. Also mhm die Basis ist meines Erachtens eine gute Automatisierungstechnik ... und erst auf eine gute Automatisierungstechnik kann man aufsetzen ... und wenn die Automatisierung

nicht vorhanden ist, dann muss man zu anderen möglichen Gadgets greifen oder Funktionen greifen. Natürlich kann man jetzt über ah Computer Vision auch sprechen. Das heißt, wenn man keine gute Digitalisierung hat, könnte man auch über Bildanalyse ähm Ereignisse so verifizieren ohne je ohne die Automatisierung ah als Basis zu haben. Aber das ist schon wieder ganz weit weg.

Ram: Also kurz zusammengefasst die Automatisierungstechnik ist einmal die Basis auch für Digitalisierung und Industrie 4.0.

Int5: (nickt).

Ram: Ist die Industrie 4.0 ein top Thema für die Eisen- und Stahlindustrie und warum?

Int5: Ähm ja momentan ist es eines der Top-Themen würde ich sagen. Ähm mittlerweile vielleicht ähm nicht mehr ganz Top-Eins, weil es durch die CO₂-Problematik ah eventuell schon, denke ich abgelöst wurde. Ähm obwohl man jetzt, wenn man CO₂ den Sündenbock nennt ah quasi Richtung Stahl- und Eisenindustrie schauen muss und die Hochöfen in Betracht ziehen sollte, weil dort ähm Kohle als Reduktionsmittel genommen wird und da der größte Ausstoß oder der größte Emittent der Hochofen wäre und man Richtung Wasserstofftechnologie gehen sollte. Ah aber dieser Schritt ist meines Erachtens noch in den Kinderschuhen und wenn man anfängt bestehende Standwerke gut zu digitalisieren, dann würde man ah auch umweltschonender produzieren. Ähm ... der zweite Punkt der Frage war ähm...

Ram: Ähm ob Industrie 4.0 ein Top-Thema ist und warum ist es eines der Top-Themen.

Int5: Genau. Warum ja ah.

Ram: Beziehungsweise was sind die Treiber dahinter?

Int5: Mhm das ist schwierig zum Sagen. Die Treiber sind eigentlich immer, also da gibt es ... mhm ... mhm ...

Ram: Oder fragen wir so. Warum sollte ein Unternehmen als Eisen- und Stahlproduzent ähm sich auf das Thema Industrie 4.0 konzentrieren? Also was was soll denn dazu treiben sich mit dieser Thematik zu beschäftigen?

Int5: Also da gibt es natürlich viele ähm grundlegende ähm Sachen wie Qualitätsmanagement äh wie Nachvollziehbarkeit die ähm Datensicherheit wie wie ah ja einfach die Belegung ah wie man gewisse Sachen gemacht hat aus Sicherheit aus aus aus gefahrens aus sicherheitstechnischen Gründen ah aus ähm Energie und material Optimierungs ähm gründen und natürlich im Endeffekt läuft alles darauf hinaus das man kosten minimieren will ja. Dass ist natürlich einer der großen Treiber der was ah aber eigentlich nicht der Treiber sein sollte sondern eigentlich sollte es um ah Ersparnisse von Material von Energie von ah Mitarbeitergefährdung oder oder ein Mitarbeiter schützen indem man nicht mehr auf gefährliche Positionen hingehen muss ahm bis hin zu ahm auch ah Richtung Deponierung wenn man an das denkt, also da gibt es ahm natürlich keine keine keine Grenzen also der Treiber ist natürlich eindeutig für mich der Kostenpunkt.

Ram: Mhm. Wenn man jetzt wieder ein bisschen den Fokus auf ihre Kunden bzw. Geschäftspartner legt ist da das Thema Industrie 4.0 eigentlich in der Unternehmensstrategie wie Vision oder Leitbild verankert? Also das man sagt ok da das ist auch wird auch vom Management gefordert und gibt auch Unterstützung vom Management?

Int5: Also ich glaube das ist noch nicht ganz durchgegriffen ähm es gibt natürlich Lösungsansätze und auch in dieser sogenannten C-Ebene, also wenn man das in Richtung ah Chief Finance Officer, ah Chief Executive Officer, Operation Officer gibt es jetzt natürlich auch schon ahm nur nur weil ich eine eine eine weitere Ebene in diese CE Ebene hinein ähm manifestiere heißt das noch lange nicht, dass ich äh grundlegend Sachen ändere weil das ahm die Digitalisierung muss natürlich auch ein einhergehen in in Punkte wie ah Änderung von Arbeitsweisen ah die Änderung von Geschäftsmodellen ah sich zu hinterfragen und wenn der große Treiber ah wenn eine Revolution schon bevor sie eigentlich stattgefunden hat ausgerufen wurde wie das der Fall bei der Industrie 4.0 ist, dann ahm muss man schon ah sagen das ist erstmalig in in den stufen wenn man das jetzt so sagen darf ähm und ich sehe es wird was getan in den Firmen aber ob er ob das wirklich dann zielführend ist das wird man in den nächsten Jahren sehen. Denn so schnell ... können sie alte eingesessene Strukturen werden sie nicht so schnell ändern.

Ram: Mhm. Aber grundsätzlich wird äh das Thema Industrie 4.0 von den Geschäftsführern oder Top Managern unterstützt oder gefordert, oder?

Int5: Ähm, es wird zunehmend unterstützt obwohl man nicht genau weiß ähm was man eigentlich will oder was man bekommt.

Ram: Mhm.

Int5: Also es ist auch ein bisschen ein ah ... ja ein Zwiespalt zwischen ... jenen die was ähm wenn man wenn man in so ahm traditionellen Betrieben hineingeht dann gibt es irgendwo man muss das natürlich jetzt spartenübergreifend sehen, weil die Digitalisierung fängt jetzt nicht bei einer Maschine A an und hört bei Maschine B auf, sondern geht eigentlich hierarchisch ah in in in den Ebenen von quasi horizontal wird darüber integriert und auch vertikal ahm gibt es ah eigentlich also Strukturen oder Prozesse das man abbilden muss und daher hört das nicht bei Bereichen auf ne oder fängt irgendwo an und da schh ähm würde ich mal sagen tritt man in unterschiedliche ich nenne sie jetzt mal Königreiche von Firmen ein was natürlich nicht immer leicht ist.

Ram: Ahm ist die Eisen- und Stahlindustrie bereit und offen für Industrie 4.0?

Int5: Ahm bereit ja. Offen ... teilweise.

Ram: Ahm können Sie das auch irgendwie begründen oder oder kurz erklären?

Int5: Mhm naja Industrie 4.0 beinhaltet natürlich viele Sachen. Ahm zum Beispiel ahm wird in verarbeitenden Betrieben geht es in der Eisen- und Stahlindustrie zum Beispiel darum dass man Daten so sicher wie möglich abspeichert. Weil die einzelnen Prozessschritte, Prozessrouten wie gewisse Prozesse gefahren werden sind maßgeblich für die Qualität des Endproduktes verantwortlich. Wenn man jetzt Richtung Industrie 4.0 und Richtung Cloud-Computing und ahm Outspeichern von einer Cloud weg von ahm Server-Client basierten Systemen geht ahm dann müsst muss man auch sofort mit dem Sicherheitsaspekt kommen. Denn wo liegen denn meine Daten und wenn die Daten nicht auf einem Server liegen auf einem Standort A, sondern auf einem Server dieser mehrere male woanders hinkopiert um meine Datensicherheit zu gewährleisten ist das natürlich schon ein Faktor ahm wo gewisse ahm wie soll ich sagen ahm Angst vorherrscht ahm, dass ahm hier Daten verloren gehen bzw. die Angst vor dem was man eigentlich ahm nicht genau weiß. Die Angst vor dem Ungewissen ist schon vorhanden.

Ram: Mhm wo steht die Eisen- und Stahlindustrie bei Ind also bei Industrie 4.0? Wenn man jetzt einen gesamten Overview ... ahm tätigt sag ich einmal.

Int5: Ach das ist auch ganz unterschiedlich. Das ist Unterschiedlich je ahm je Betrieb. Ob man jetzt vom Stahlwerk oder vom Hochofen ausgeht. Also es ist in. Ich sage jetzt zwei Beispiele. Und zwar ahm neuronale Netzwerke wurden im im Hochofen bereits in den 1990er Jahren verwendet um ahm Prozesse abz um ahm den Hochofenprozess besser abzubilden. Ahm man ist aber dann darauf gekommen, dass man ohne die Physik eigentlich nicht richtig zum Ziel kommt. Jetzt gibt es wieder diesen Hype um neuronale Netzwerke oder ???-Netzwerke oder wie man das ganze auch nennt. Ahm im Prinzip ist es Statistik und und Entscheidungs-basierte Statistik was jetzt unter dem Sammelbegriff KI oder AI zusammengefasst wird und als Allheilwunderwaffe verkauft wird. Das hat man aber schon früher gemacht. Natürlich gibt es jetzt andere mathematische Rechenmodelle etc. welche natürlich vielversprechend sind. Aber natürlich sie wieder die Physik nicht eliminieren können. Ahm ja das heißt eigentlich vor 30 Jahren haben wir mit neuronalen Netzwerken im Hochofenbereich schon angefangen. Ist das jetzt schon Industrie 4.0 fortschrittlich? Möglicherweise waren sie damals schon sehr fortschrittlich. Der Hochofen allein oder ungefähr bis kann bis zu 5000 mit Sensoren ausgerüstet sein über eine Höhe bis zu 100 Meter. Ahm was quasi die ahm was den den das Hochofen ich nenne es jetzt einmal das Gefäß ausmacht. Gleichzeitig kann man auch davon ausgehen, dass man wenn man ein Walzwerk ansieht, dass man das auch so automatisieren kann. Das das ahm ahm sehr gut funktioniert. Ahm inwieweit das man jetzt jeden Walzgang bis hin zum jeden Arbeitsschritt digital abgebildet hat und optimiert hat, traue ich mich nicht sagen. Also unterschiedlich.

Ram: Ahm in welchen Bereichen sehen Sie Potenziale für Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie?

Int5: Also in der gesamten Prozessroute. In der gesamten und über die gesamte Prozessroute. Was nicht passieren darf ist, dass man ahm nur weil es ahm weil sich einige Bereiche querstellen, dass man diese dann auslässt. Also wenn sollte das über die gesamte Prozesskette erfolgen und lückenlos erfolgen. Weil nur dadurch ist ahm Material- und Energiefluss zu optimieren. Wenn man einzelne, man kann einzelne Themen optimieren und ein Optimum in einem System erreichen. Aber das heißt nicht wenn man ahm hundert Aggregate hat und hundert Aggregate Optimum optimal betreibt, dass es ein gesamt Optima, also ein Minimum an Gesamtenergieverbrauch gibt.

Ram: Ahm weil wir vorhin schon darüber gesprochen haben über die Datensicherheit. Welche weiteren Risiken bringt Industrie 4.0 allgemein mit sich und speziell auch wieder für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int5: Mhm Risiken? ... Ahm naja ich glaube, dass das Risiko mit den Daten ist eines was nicht unerheblich ist. Ahm obwohl ich denke, dass da unterschiedlichste Firmen auch da schon zeigen, dass hier, dass sie gesehen haben, dass da ein großer Punkt ist. Ahm mhm ... mhm ja das Risiko ... da sehe ich eigentlich mehr Vorteile. Risiko sehe ich eigentlich nur dann, wenn man unbedacht glaubt man kauft Industrie 4.0 und man kann Industrie 4.0 installieren. Das geht nicht. Also es gibt ahm unterschiedlichste, ich nenne es jetzt einmal Module oder Möglichkeiten, Gadgets, welche man einbauen kann. Und nicht jeder braucht in einem Betrieb die gleichen Funktionalitäten. Sondern

man muss schon schauen, speziell für den Betrieb den man hat was man braucht. Also man kann jetzt nicht auf den Markt gehen und zu einem Betreiber gehen und sagen ich kaufe mir ein Level 2 System und dann bin ich quasi im Zeitalter der Digitalisierung angekommen und habe Industrie 4.0. Oder ich gehe zu SAP oder zu einem anderen ERP-Betreiber und habe mir jetzt ein ERP-System gekauft und damit fahre ich kostenoptimierend. Das das sind Wunschvorstellungen.

Ram: Wenn wir jetzt zur nächsten Frage gehen. Welche Industrie 4.0-Anwendungen, oder Digitalisierungs-Anwendungen hat Ihr Unternehmen bereits realisiert und wenn wir da jetzt wieder vielleicht den Fokus auf die Material- und Energieeffizienz lenken würden?

Int5: Also realisiert. Wir sind momentan dabei, dass wir ein komplettes System für potenzielle Kunden ... Wir haben jetzt drei pot sehr potenzielle Kunden. Ahm wo es darum geht ein System zu verwirklichen und eben genau diese ahm diese ahm diesen Bereich zwischen Level 1 und Level 4 abzubilden und da mit unterschiedlichsten ... Herangehensweisen. Also es geht darum diesen ominösen Laufzettel oder Produktionszettel digital abzulösen. Ahm es geht darum ahm um kostenoptimierte Einsatzrechnung, wo man sozusagen über mathematische Algorithmen den optimalen Kosteneinsatz, auf dem zum Beispiel am Schrottplatz habe ich eine bestimmte Menge und eine bestimmte Stückigkeit von unterschiedlichen Schrotten und die gilt es so einzusetzen, dass ich den minimalsten Energie- und Kostenaufwand habe, um aus dem Lichtbogenofen etwas Rohstahl herauszubekommen. Das wäre einer der Punkte, wo ich sage da ist am meisten oder da ist sehr viel Energie und ahm mathematisches Wissen dahinter um optimal zu produzieren und eigentlich für jedes Aggregat.

Ram: Also das heißt das betrifft jetzt die Steuerung von Elektrolichtbogenöfen?

Int5: Nein, nein. Steuerung ist nichts mit Digitalisierung. Also ahm ist eigentlich ... ahm man kann es als Arbeitsvorbereitung sehen. Die Steuerung wäre schon wieder ein weiteres Modul. Man hat momentan ahm statische Vorgaben. Das heißt zum Beispiel in Form vom Elektrolichtbogenofen gibt es gewisse Trafostufen, diese abgefahren werden. Meistens verwenden die Firmen immer nur ein Konzept oder von mir aus wenn es drei, vier unterschiedliche Konzepte, wo sie je Trafostufe, je unterschiedliche Stahlsorten die sie da produzieren, dass sie da unterschiedliche Routen mit ihren Einspritzaggregat fahren. Das könnte man, oder ist auch ein Ziel von uns, dass man dynamische setpoint controls erstellt. Ahm nämlich über mathematische-, metallurgische Modelle ahm zusagen den den Zustand im inneren des Ofens so beschreibt, dass das vorhandene Equipment so agiert, ahm dass es den optimalen Output ergibt. Mit ahm minimalen Verlusten. Sei es jetzt in Energie, sei es in ahm Verluste von ahm Wertstoffen, von gewissen ahm Metallen in Richtung Schlacke.

Ram: Ok. Aber da befindet man sich jetzt noch im Bereich der Kundenakquise?

Int5: Also wir werden diese Systeme installieren ahm und wir werden diese dann ahm eben natürlich auch eben anbieten. Ahm es gibt potenzielle Kunden. Aber ein umgesetztes Projekt kann ich jetzt nicht nennen.

Ram: Was sind da jetzt die größten Herausforderungen gewesen bei diesem diesem ahm sage ich jetzt einmal bei eurem ahm System welches ihr dann anbieten werdet bei der Umsetzung, bei der Realisierung? Also was ist da das größte Hindernis dabei gewesen?

Int5: Mhm naja zuerst ist es einmal so. Es ist ein großer finanzieller ahm Faktor und dann gilt es natürlich auch, wenn man die neuesten Methoden an anwenden will, ahm dann muss man sich auch zwangsläufig mit mit ahm Leuten Richtung Softwareentwicklung auseinandersetzen. Das heißt ahm wichtig ist hier ahm ein strukturiertes Vorgehen, aber auch ahm wenn man jetzt Richtung ahm Agilität denkt, dass man sich jetzt nicht einem Wasserfallmodell ahm ahm ich möchte das Ziel haben und ich fange da an und am Ende bin ich genau dort wo ich hin will. Sondern weil gerade das ahm Thema so ahm schnelllebig ist, muss man sich auch ein wenig die Freiheit darin gönnen, Richtungswechsel schnell vorzunehmen. Und das ist glaube ich die das ... was am meisten Gefahr birgt, oder was ahm ahm ja was es zu handhaben gibt.

Ram: Waren oder sind da genügend Kompetenzen vorhanden oder hat man sich schwergetan? Weil Sie es ja gerade angesprochen haben die Softwareentwickler ahm ...

Int5: Also gerade in St5 ist es schwierig Softwareentwickler zu ahm finden. Momentan ist ahm der Softwareentwickler einer der bestbezahlten Jobs. Ahm aber es da wir natürlich irgendwo solche Systeme in der Vergangenheit ... nicht solche Systeme, aber ähnliche Systeme in Richtung Level 2-, Level 3- Funktionalitäten auch umgesetzt haben, ist es uns natürlich auch möglich auf ahm große großes Netzwerk zurückzugreifen und und dadurch ahm auch ahm gewisse Mitarbeiterakquise ahm zu erlangen.

Ram: Ahm wie kann Industrie 4.0 eigentlich zu einer Verbesserung der Ressourceneffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie beitragen?

Int5: Ahm ... also man muss damit anfangen, dass man einmal ahm das erste ist, dass man eine Bestandsführung hat und zwar eine aktuelle Bestandsführung. Ahm das heißt, ahm wenn man einen Lagerplatz hat und nicht genau weiß was man auf Lager hat, mit welcher Qualität, mit welcher Stückigkeit und mit welcher Art von ahm chemischer Zusammensetzung gewisse Materialien vorliegen, dann kann man noch so einen guten Algorithmus haben und es wird mathematisch nicht möglich sein ahm optimal optimale Einsatzbedingungen zu ermitteln. Des Weiteren geht es hierbei um große Massen diese man abbilden muss. Das heißt was haben wir gemacht? Wir haben Modelle entwickelt was mathematisch, sozusagen das minimale ahm Ziel ermitteln, den minimalen Kosteneinsatz ermitteln. Dadurch kann man sich mah, ja ... ich sage einmal ahm wir haben das für einen namhaften ... ahm Edelstahlhersteller durchgerechnet und wir kommen auf eine jährliche Ersparnis von, im schlechtesten Fall 10€ pro Tonne. Das heißt wenn man sich ahm jetzt das durchrechnet und man produziert zum Beispiel 200.000 Tonnen im Jahr, dann ist das sofort einmal eine Einsparung von von ahm 2.000.000€ in einem Jahr. Ahm soviel zur Kosteneinsparung. Das geht natürlich auch weiter wenn ich das ganze Richtung Material weitertreibe, ahm dann kann ich eigentlich ahm auch so agieren, dass ich eigentlich schon Bestellungen aufgabe und auch kostenoptimiert einkaufe. Wie gesagt und da stößt man auf an an ... abteilungsübergreifende Szenarien, welche dabei auch alle einzubinden sind. Des Weiteren muss man natürlich auch ahm den Mitarbeiter so schulen, dass sage ich jetzt einmal gewisse Dinge anders handhaben muss als ahm momentan.

Ram: Ahm forscht Ihr Unternehmen eigenständig auf dem Gebiet von Industrie 4.0 oder lässt man sich auch von externen Unternehmen beraten und Lösungen

vorschlagen? Denn Ihr seid ja auch Systemanbieter. Formulieren wir das ein wenig um. Arbeitet Ihr auch mit anderen zusammen oder seid Ihr Komplettanbieter und macht Ihr alles alleine? Also mhm...

Int5: Nein wir arbeiten auch mit anderen Unternehmen zusammen. Also ... mhm ja wir arbeiten natürlich zusammen mit anderen Unternehmen. Ahm ... es ist immer gut mit anderen Unternehmen zusammenzuarbeiten und ahm wir bieten auch für andere Unternehmen ahm unsere Hilfestellung an. Also mit großen Anlagenbauern arbeiten wir zum Beispiel zusammen, um ihnen unsere Requirement Engineering-Tätigkeiten zur Verfügung zu stellen. Weil wenn man ein gutes, oder wie das im deutschen heißt das ganze Lasten- und Pflichtenheft. Wenn man ein gutes Lasten- und Pflichtenheft macht, dann ist es natürlich umso besser um dem Kunden zu präsentieren was er danach bekommt. Das ist aber leider noch immer, wie schon gesagt zurück zu diesem Wasserfallmodell. Eigentlich ist das schlecht. Eigentlich sollte man vorher mit ihm ahm eine Art Requirement Engineering gemein gemeinsam machen und die Software so aufbauen, dass es dem Kunden keine Überraschungen mehr bietet. Aber das ist unser Ansatz jetzt und das ist natürlich auch eine Schwierigkeit in der ahm Branche, die so traditionell und eingesessen ist.

Ram: Ahm welche Vorteile erwarten Sie sich durch Industrie 4.0 für die Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie? Wenn man da wieder einen Blick auf das Ganze ...

Int5: Vorteile sind mannigfaltig. Also da geht es um Mat Materialeinsparung, von Energieeinsparung, von ahm natürlich Kosteneinsparung ahm bis hin zu ahm Optimierung von Werkstoffgütern kann man sich da jetzt alles vorstellen. Also das ist ... ja. Das sind nur einige solche Sachen. Also man kann das jetzt nicht nur ... man kann das jetzt auf wenn ich wenn ich Prüflabore etc. ahm betrachte. Dann wenn ich Datenauswertungen ansehe ahm wird man vielleicht auf Sache draufkommen, die man sich vorher nie angesehen hat.

Ram: Würden Sie sagen das Industrie 4.0 ein Werkzeug ist, dass man den Wettbewerb gewinnen kann? Also für die einzelnen Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie?

Int5: Ich würde sowieso nicht davon reden, dass Industrie 4.0 ein Werkzeug ist, sondern im Schlagwort Industrie 4.0 gibt es verschiedene Tools, verschiedene Werkzeuge, die was man verwenden kann. Welches dieser Werkzeuge ahm für Industrie 4.0, ah welches dieser Werkzeuge für einen sinnvoll ist muss man sich selbst mit seinem Geschäftsmodell ahm bereitstellen. Ideen gibt es zum Beispiel von Walzherstellern, wo der Walzhersteller nicht mehr seine seine seine ahm Walze für eine ahm Warmbreitbandstraße verkauft, sondern diese zum Beispiel nur mehr ahm herleiht. Industrie 4.0 und Geschäftsmodelle der große Punkt ist die Vertrauensfrage. Wie man Vertrauen dem Kunden gegenüber ahm herzeigen kann und ohne ihn in die Bredouille zu bekommen, dass da Richtung Daten werden irgendwo hin verschifft, was keiner will.

Ram: Legt man den Blick wieder auf die komplette Industrie, auf die einzelnen Unternehmen. Kann man da eigentlich einen Industrie 4.0 Weltmarktführer bestimmen und wo man sagt ok das Unternehmen ist jetzt am weitesten oder das bringt am meisten Anwendungen oder nutzt schon am meisten Anwendungen.

Int5: In der Stahlindustrie?

Ram: Ja.

Int5: ... mhm in den unterschiedlichsten ... nein. Also nein ... ich ... es gibt immer so unterschiedlichste Peaks. Zum Beispiel die Firma Posco in Korea hat jetzt ahm nochmals probiert mit ahm Algorithmen, mit neuronalen Netzwerken den Hochofen zu optimieren und ihnen ist das wieder gelungen um ein paar Prozent die Yield nennt man das, die Ausbringung zu steigern. Wer weltmarktführend ist, kann man jedoch nicht sagen. Das wird ABS sein. Weil ABS gehört der Firma Danileli. Danileli ist ein der größte Anlagenbauer der Welt und wenn das Werk Danileli gehört wird das am besten automatisiert und digitalisiert sein. Das ist aber nur eine Vermutung ... also mhm. Neue Produkte die entwickelt werden, werden natürlich Vorort getestet.

Ram: Nun zur abschließenden Frage. Wie sehen Sie die weitere Entwicklung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie?

Int5: weitere Entwicklung ... Man muss einmal anfangen die Erwartungshaltungen, die erzeugt worden sind auch so umzusetzen und ahm quasi abliefern. Nicht ahm nicht nicht so weit in die Zukunft denken, sondern das was man sich dadurch auch versprochen hat wirklich in die Tat umzusetzen.

Ram: Können Sie mir eventuell auch kurz ihre persönliche Meinung abgeben wie das Stahlwerk der Zukunft aussehen wird. Wird das menschenleer sein oder wird es dann noch Menschen geben, die arbeiten?

Int5: Ohne Menschen geht es nicht. Und was der Irrglaube ist, dass Industrie 4.0 und hohe Automatisierung eine geringere Arbeitsintensität ahm vom Menschen Bedarf. Im Gegenteil. Also wenn man jetzt automatisierte Lager anschaut dann ist zwar, dass man die Anzahl ich sage einmal so ahm der minderqualifizierten Menschen was man braucht die sinkt. Aber hochqualifizierte Menschen was Automatisierungstechnik beherrschen und ahm Wissen wie die Systeme arbeiten braucht man dann mehr.

Ram: Also nicht nur die reinen sage ich einmal Systembediener, sondern auch die Befähigten, die dann auch das Ganze gestalten.

Int5: Ja. Systemerhalter, Administrator. Es wird sogar arbeitsintensiver.

Ram: Ich sage vielen Dank. Das war die letzte Frage vom Interview.

Int5: Ja.

Ram: und bedanke mich nochmal für die Zeit.

Interview 6 – Transkript

Durchgeführt am 28.01.2020 von Dominik Ramschek

Dauer: 15:48 min

Abkürzungen:

Ram: Ramschek (Interviewer)

Int6: Interviewte Person (des Interview 6)

Fb1: Fachverband 1

Fb2: Fachverband 2

Inst1: Institut 1

St6: Standort von Unternehmen 6

??? nicht identifizierbares Wort

Ram: So, ich sage vielen Dank ahm für die Zeit. Können Sie mir kurz einmal Informationen über Ihre Position und auch generell über Ihre Position ahm Person geben?

Int6: Ja ich bin Int6, der Geschäftsführer von Fb1 und auch von Fb2. Fb1 seit 2001. Vorstand beim Inst1 ... irgendwelche EU-Geschichten, ??? Vorstand. Das ist die Arbeitgebervertretung. Vorstand irgendwo. Bin Techniker, das heißt Chemiker und Maschinenbauer und Wirtschaftler und habe für die Bundesregierung das Umweltmanagement gemacht und war Kyoto-Verhandler und bin schon 25, 26, 27 Jahre hier.

Ram: Ahm ich fange gleich einmal mit der ersten Frage an. Das behandelt jetzt den Themenblock Digitalisierung. Ahm welche Bedeutung hat die Digitalisierung für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int6: Naja ahm das ist immer die Frage: wie tief ist die Verarbeitungstiefe? Wenn man nur unter Anführungszeichen ahm den Gießereibetrieb macht ist es weniger, aber dort bringt es eben mehr. Nimmt man jetzt zum Beispiel unsere unsere Walzengießerei, also den Schleuderguss. Der hat durchgestylt, ahm dass er bei jedem Rohr, das er gescannt hat, weiß welche Legierung er hatte, welche Parameter er gefahren ist, welche Mitarbeiter gearbeitet haben, wie die Abkühlkurve ist, wie die Temperaturen im Ofen waren, welche Positionen im Ofen waren. Ahm er kann bei jedem Produkt ganz genau sagen, wie der Prozess war in der Nachverfolgbarkeit. Das heißt, wann er einen systematischen Fehler hat oder er einen Fehler hat punkto Reklamation, gibt es Rohre die daneben sind, davor und danach. Da stellt sich die Frage, ist es ein systematischer Fehler oder nicht. Das heißt er kann einen systematischen Fehler beheben. Sollte er einen haben und könnte er relevant sein. Andererseits kann er relativ klar Reklamationen, die gerade so von Übersee ist auch sagen wie die Parameter waren und das Ganze. 40 Jahre kein Problem haben und das eine kann man eine relativ gute Nachweisführung machen in Punkto Beschwerdebehandlung. Und natürlich wenn er in eine Thematik geht, also in eine problematische Situation geht in der Prozessentwicklung und nur wenn du dieses Verfahren hast, kannst du diesen Prozess optimieren. Wenn man den Prozess optimieren kann, kann man die Wandstärke reduzieren, weil man einfach einen ah ah ah ah gelenkten Prozess hat. Da kann man

Energie einsparen, du kannst damit Material einsparen. Ahm das effektivste beim Energieeinsparen ist Material einzusparen. Weil je weniger ich vergieße, je weniger ich Bearbeiten muss, desto weniger muss ich Schmelzen und desto weniger muss ich Erwärmen und alles rundherum. Das ist eigentlich der einzige Zugang, der effektiv ist.

Ram: Wie würden Sie den aktuellen Stand der digitalen Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie bzw. in der Gießereiindustrie beurteilen? Ist es eher beginnend, laufend oder wie weit sind die da ungefähr?

Int6: Laufend. Es gibt genug die es nicht haben und es gibt welche die es haben. Also es ist sehr unterschiedlich, weil auch die Produkte sehr unterschiedlich sind.

Ram: Ahm können Sie Herausforderungen nennen, die es im Zuge der Digitalisierung gibt? Vor allem für Ihre Industrie?

Int6: Das ist die Kompetenz der Leute. Das ist eines der schwierigsten Sachen. Das man ... der hat ... die das herstellen und auch ... ahm mhm hängt das sehr stark mit der mit der jeweiligen persönlichen Situation der Leitungsebene zusammen. Ob sich die den Stärken oder Schwächen zuwendet und ist somit ein sehr persönlichkeitsgetriebenes Thema. Ahm nichts desto trotz ist es bei uns irgendwie klar, dass alle ISO 9000 haben und eigentlich die meisten auch schon ISO 14000 und allein über diese Prozesssymptomatik musst eh Aufzeichnungen digitale Erfassungen haben oder Unterlagen oder sonstiges ... und ahm das sind so die Themen, die es jetzt so auf tut.

Ram: Welche Funktion hat die Digitalisierung für Industrie 4.0?

Int6: Es ist die Basis, Datenbasisgenerierung ja. Ich kann ja nichts Vernetzen, wenn ich nichts weiß. Ich muss zuerst etwas wissen und dann kann ich was tun.

Ram: Ahm würden Sie das Thema Industrie 4.0 als eines der Top-Themen für die Eisen- und Stahlindustrie bezeichnen?

Int6: Nein.

Ram: Was sind dann Ihrer Meinung nach die Top-Themen?

Int6: Mhm also Automatisierung ist sicher ein Top-Thema im Sinne von Kosteneffizienz und Kostensparen und das ist strukturelle Datenerfassung und Optimierung. Das ist aber nicht Industrie 4.0... Sondern das ist Industrie 3+ und das reicht normal. Und wenn man die Geschichte gescheit macht, reicht das vollkommen. Ich halte grundsätzlich nichts von Industrie 4.0, weil unter Industrie 4.0 ganz was anderes verstanden wird, was es bei uns nicht gibt und was nicht ist und ich brauch kein kein vernetztes Smartphone und ich brauch nicht wissen was mein Computer zu Hause jetzt macht. Hin und Her. Das muss funktionieren und das Ding effektiv sein. Das andere brauche ich nicht. Ich brauche auch kein Silo. Natürlich gibt es bei uns Silos, die automatisch nachbestellen. Nein das ist ja keine Kunst. Aber um ehrlich zu sein das ist mir eigentlich Wurst, ob mir das Silo jetzt sagt ich hab nur mehr 100 Liter, oder 100 Tonnen, oder 100 Kilo, oder 10 Tonnen und der Mitarbeiter sagt schickt mir die 10 Tonnen oder macht es automatisch. Ah und über die Sicherheit der Kette bin ich mir auch nicht sicher, ob die automatische Bestellung immer besser ist als wie die manuelle. Nämlich über sichere Prozesse, wenn man sich sichere Prozesse ansieht ???.

Ram: Wenn man jetzt trotzdem bei dem Thema Industrie 4.0 oder Industrie 3+ bleiben. Ist das sagen wir in den Unternehmen Ihrer Partner in der Strategie verankert bzw. in der Vision, im Leitbild vorhanden?

Int6: Ja natürlich. Das ist überall der Fall. Sie werden keine Industrie finden, die sich nicht weiterentwickelt. Wenn man sich nicht weiterentwickelt, bist du nicht konkurrenzfähig. Das ist einfach eine Geschichte. Wir haben gestern erst eine Tagung gehabt. Da haben wir das Problem der Kostensituation, gerade in internationalen Konzernen. Da Österreich in allen Dingen internationaler Vorreiter ist, sprich Qualitätsoptimierung, Energie und so weiter. Aber das Thema ist, wenn Lohnkosten exorbitant über-hoch ist und die Gesamtkostenstruktur um 20 bis 30% mehr ist. Es gibt einen Schnittpunkt, der zum Teil schon erreicht ist, wo einfach gesagt wird diese Vorteile in Qualität und so was wiegen die Nachteile der Gehaltsstruktur nicht mehr auf. Und es hat ein Kollege gestern gesagt, dass er glaubt er wird in der Firma in Pension gehen, weil das die Beste ist und weltweit die Beste im ganzen Konzern ist. Aber er ist sich bewusst, dass seine Zeit absehbar ist, weil aufgrund der Lohn und Gehaltsstruktur, wird dieser Standort strategisch ausgehungert und dann wird er nur mehr ein kleiner Consultant sein mit irgendeiner Versuchsgießerei, wo man einfach trainieren um die anderen unterstützen kann. Produziert wird woanders.

Ram: Also kann man sagen als Forschungs- und Entwicklungszentrum.

Int6: So ist es.

Ram: Würden Sie sagen, dass die Eisen- und Stahlindustrie bereit und offen für Industrie 4.0 ist?

Int6: Ja. Nicht so wie die Elektro. Aber sonst schon.

Ram: Ahm wenn wir uns wieder den Fokus auf die Eisen- und Stahl- bzw. auf die Gießereindustrie legen. Wo steht diese Industrie bei Industrie 4.0?

Int6: Schwierig zu sagen. Ist sicher nicht die innovativste. Weil das ist im Elektrobereich. Ganz klar, weil es dort auch die Nähe ist. Ahm aber ich glaube, dass es dann relativ weit ist und dann kommt das Thema „was ist Eisen- und Stahlindustrie, was ist Gießereindustrie?“. Wann ich mir den Doppelmayr annehme, der zur Metallindustrie gehört. Das ist aber nicht Eisen- und Stahl. Oder wenn ich mir Kanaldeckelgießer annehme, dann sind das zwei verschiedene Welten. Ahm das was ich Ihnen ganz am Anfang gesagt habe, der das innovativ und alles macht, ist eben ein Technik-Freak. Der macht das und ist weit vorne und ist damit auch der modernste und ist auch der einzige der daher auch Gewinn macht. Alle vergleichbaren Gießereien machen Verluste. Ahm ist sehr unterschiedlich. Die Branche ist zu groß, um irgendein einheitliches Ding zu sagen.

Ram: Ahm in welchen Bereichen sehen Sie aber generell Potenzial für Industrie 4.0 in der Industrie?

Int6: Ahm ich glaube das ist einfach die Prozesssicherheit und Durchgängigkeit der Prozessleistung zu dokumentieren und zu steuern. Auch in Hinblick auf konstante Produktion.

Ram: Was würden Sie eigentlich als Treiber für Industrie 4.0...

Int6: Kosten.

Ram: ...ansehen.

Int6: Kosten.

Ram: Würden Sie auch sagen, dass Energie- und Materialeffizienz ein Treiber für Industrie 4.0 ist?

Int6: Sicher. Aber nicht im ersten Schritt. Es wird erst im Prozess erkannt.

Ram: Also kann man oft sagen, dass zum Beispiel Qualitätsthemen das Ziel sind und die Material- und Energieeffizienz als positive Begleiterscheinung...

Int6: So ist es.

Ram: ...dann rauskommt.

Int6: Also Kostentreiber. Das man einfach ganz klar sagt, ich muss weniger Energie einsetzen. Energie ist einfach bei uns. Energie ist einfach überall das Thema.

Ram: Diese Frage ähnelt der sehr aus der Digitalisierung. Ahm welche Risiken bringt Industrie 4.0 allgemein mit sich?

Int6: Verblödung der Menschen.

Ram: und wenn wir ahm jetzt auf die Unternehmen gehen?

Int6: das eigentlich das Know-how vergeben wird, weil nur mehr Zahlen gemacht werden. Für mich ahm ahm ist der Ansatz, dass man darüber dokumentiert wie diese Sachen sind und ahm das Know-how erhält ahm das wäre der positive Ansatz. Und der negative Ansatz ist, dass man diese zahlen oder diese Facts einfach nur mehr als als Facts nimmt, aber nicht mehr weiß was dahinter ist.

Ram: Hat das dann vielleicht auch damit zu tun, dass man sich dann auf diese Systeme zu sehr verlässt?

Int6: Sicher, mit Sicherheit.

Ram: Ahm wie würden sie das Thema Cyber-Security bzw. Datenschutz und Datensicherheit einstufen?

Int6: Ja eines der größten Probleme die wir haben. Wird massiv unterschätzt.

Ram: Ahm kennen Sie Industrie 4.0-Anwendungen diese für Energie- und Materialeffizienz ahm realisiert worden sind bzw. wissen Sie wo man sowas anwenden könnte in der Gießereiindustrie?

Int6: Das haben wir eh schon gesagt. Das ist einfach den Prozess sicherer und besser zu gestalten und optimieren. Wir haben das Inst1. Das Inst1 hat natürlich eine Bauteiloptimierung und Simulation und schafft das mit ihrer Bauteiloptimierung und Spannungsoptimierung und auch der Simulation von Gießprozessen den ganzen einfach Gussstücke kürzer zu machen. Sie sehen es typischerweise beim Motorblock. Ein Motorblock war früher aus Eisen, jetzt aus Aluminium und wird immer filigraner und dünner. Die Wandstärken werden dünner. Die Kühlsysteme werden dünner. Das Material wird belastbarer. Wir kommen mit ganz anderen Drücken rein, mit ganz anderen Beanspruchungen. Wir wissen, dass wir festere Gießereimaterialien haben, die wir immer mehr belasten können. Ein Klassiker ist, wenn ich mir eine Dampfturbine gebe, von der voest. Früher ein normaler Stahl, dann ein Hochtemperaturstahl und dann ein HSS war, als ein ganz ein höchster. Also dann jetzt eine Nickelbasislegierung ist. Hat aber dann den Effekt, dass das nickelbasislegierte Produkt circa doppelt so viel Energie braucht in der Produktion, als wie der Einfache. Nur fährt man im Carnot-Prozess höher rauf und hat dann hinten einen ganz anderen Wirkungsgrad nämlich in der in der Dampfturbine hinten und ca. 5% mehr Wirkungsgrad im IST.

Ram: Also kann man sagen, dass man auf Basis Simulationen und Prozess- und Produktmodelle...

Int6: Ja ja.

Ram: ... sich eben stetig verbessern kann bei der Technologie und auch beim Produkt?

Int6: Ja.

Ram: Ahm ... mhm gibt es da eigentlich oder wie würden Sie den Forschungsbedarf von Industrie 4.0 bzw. Industrie 3+ ahm beurteilen für die Industrie? Gibt es da Bedarf oder arbeitet man da schon mit Firmen zusammen oder ... mit Unis?

Int6: Ja es gibt genug Bedarf. Wenn ich mir da den ??? nehme, der da seine ganz gesteuerte Produktion dann ??? die genau sind. Wann ich mir die Datenanalyse gebe ahm und die ganzen Firmen haben ihre ihre strukturierte EDV-Systeme oder Programme und können dir genau sagen was war der Tages-Output und und diese Dinge. Das ist anwenderorientiert.

Ram: welche Vorteile können sich die Unternehmen von Industrie 4.0 eigentlich erwarten?

Int6: Ja Kosten. Kosten. Ja Personalkosten. Das eine ist Kostenersparnis beim Einsatz und in der Produktion durch bessere Kenntnisse und das andere ist ahm Mitarbeiter einsparung, was einer der wesentlichen Dinge ist.

Ram: Ahm ... welchen Beitrag liefert eigentlich Industrie 4.0 für die Wettbewerbsfähigkeiten der Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie.

Int6: Das was ich gerade gesagt habe.

Ram: Würden Sie auch sagen, dass Industrie 4.0 ein Werkzeug ist um den Wettbewerb gewinnen zu können?

Int6: Sicher. Sicher.

Ram: Ahm würden Sie das wieder auf die Kostenoptimierung zurückführen?

Int6: Ja natürlich ... und Qualität. Kosten und Qualität.

Ram: Ahm und wie sehen Sie die weitere Entwicklung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie und speziell auch in der Gießereiindustrie?

Int6: ... das man endlich aufhört darüber zu reden und einfach Dinge tut, die man tun kann und sich nicht mit diesem beschissenen Wort herumschlägt das keiner hören kann, was keiner mehr aushält, was keiner mehr weiß was das eigentlich ist und jeder tut irgendetwas und glaubt das es Industrie 4.0 ist. Anstatt dass er sich zufrieden gibt, dass er eine gescheite 3+ Lösung hat. Die ihm nämlich was bringt. Ich finde das eher abschrecken.

Ram: Ahm wir wären auch schon beim Ende vom Interview. Ich bedanke mich für Ihre Zeit.

Interview 7 – Transkript

Durchgeführt am 03.02.2020 von Dominik Ramschek

Dauer: 15:59 min

Abkürzungen:

Ram: Ramschek (Interviewer)

Int7: Interviewte Person (des Interview 7)

Unt7: Unternehmen 7

St7: Standort von Unternehmen 7

??? nicht identifizierbares Wort

Ram: Ich sage einmal vielen Dank für Ihre Zeit. Ahm könnten Sie mir einmal kurz die Information zu Ihrer Position und ihrem Unternehmen geben und Ihrem Tätigkeitsfeld?

Int7: Ahm Ja. Mein Name Int7, Geschäftsführer von Unt7. Unt7 ist eine außeruniversitäre Forschungseinrichtung der Gießereibranche.

Ram: Ahm ich würde einmal mit dem ersten Themenblock starten. Welche Bedeutung hat Digitalisierung für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int7: Ahm ich kann eigentlich nur ein bisschen eine Auskunft über die Gießereiindustrie geben. Über die Eisen- und Stahlindustrie weniger. Aber Digitalisierung ist natürlich ein globaler Überbegriff für viele Aktivitäten. Ahm und da laufen auch in den Gießereibetrieben ahm unterschiedliche ahm ob es eine Eisengießerei ist, eine Nichteisengießerei sehr viele Aktivitäten.

Ram: Ahm wie würden Sie generell den Fortschritt der digitalen Transformation in der Gießereiindustrie betiteln? Ist es beginnen, laufen, abgeschlossen?

Int7: Also abgeschlossen kann ein Prozess nie sein. Das ist eher beginnend, sehr am Anfang stehend bis hin zu laufenden Prozessen.

Ram: Also man kann sagen, man ist also die Gießereiindustrie dabei aber schon mittendrin? Kann man so sagen?

Int7: Der Begriff Digitalisierung ist angekommen in der Gießereibranche. Ahm und jetzt geht es noch speziell ... was versteht man unter Digitalisierung? Welche Aktivitäten der Gießerei dort laufen können dem Begriff Digitalisierung dort zugeordnet werden.

Ram: Welche Herausforderungen würden Sie sehen ahm was es da im Zuge der Digitalisierung ahm in dieser Industriesparte gibt?

Int7: Ahm in erster Linie ... auf der IT-Seite die komplette Datenerfassung und Datenverarbeitung, Big Data-Management und ahm vor allem das Zusammenwirken jetzt ahm EDV-Experten mit ahm Technikern, die das Grundverständnis haben.

Ram: Mhm weil sie jetzt gerade angesprochen haben Datenerfassung. Würden Sie sagen, dass das die Funktion der Digitalisierung ist für Industrie 4.0?

Int7: Ahm ... ist ein Bereich, ein Bereich der Digitalisierung. Das geht natürlich weit darüber hinaus. Ahm wenn man hernimmt natürlich die komplette ahm Kunden-Lieferantenkette, die ganze Marketing, die ganze Kundenkommunikation fällt dazu. Aber im technischen Bereich ist natürlich ahm Datenerfassung ein wesentlicher Punkt.

Ram: Würden Sie Digitalisierung als Basis für Industrie 4.0 bezeichnen?

Int7: Ahm ... von der Reihenfolge war zuerst Digitalisierung und dann ist Industrie 4.0 gekommen. Das ist eigentlich nichts anderes als eine Weiterführung des Begriffes. Vielleicht etwas erweitert im gesamten Verständnis.

Ram: Ahm wenn man jetzt so sagt ist das Thema Industrie 4.0 eines der Top-Themen für die Gießereiindustrie?

Int7: Es ist ein wesentliches Thema. Aber Kernthemen sind natürlich immer noch metallurgische-, technische Themen. Weil das ist die Grundvoraussetzung für alle weiteren Schritte.

Ram: Wenn man jetzt den Blick auf Ihre Partner, auf Ihre Industriepartner legt, von Ihrem Institut, ahm ist das Thema Industrie 4.0 bzw. Digitalisierung auch schon in den Unternehmensstrategien verankert? So ich spreche jetzt hier von Visionen, Leitbildern usw.

Int7: Ahm ... würde zu 50% sagen. Es ist durchaus bereits angekommen.

Ram: und wenn jetzt ein Industrieunternehmen, also ahm von der Gießereiindustrie da ein Projekt umsetzt, gibt es da Unterstützung vom Management?

Int7: Sie meinen jetzt in den ...

Ram: genau.

Int7: ... Gießereien selbst?

Ram: Genau

Int7: vom Management her?

Ram: im Unternehmen selbst. Das man sagt ja da ist da Management dahinter und verfolgt das, dass das nicht so halbherzig ... sondern fordert das schon ein.

Int7: Das muss von Top-down kommen. Das soll ja vernünftig umgesetzt werden. Ohne ohne Management ahm, das dahintersteht wird das nicht funktionieren.

Ram: Ahm würden Sie die Gießereiindustrie als bereit und offen für Industrie 4.0 betiteln, oder ist man dem gegenüber sagen wir mal noch verschlossen? ... Allgemein für diese Technologiematik.

Int7: Naja es ist ... Gießereien gelten zwar schlechthin als allgemein konservativer Industriezweig. Nur wenn man sich anschaut wie weit jetzt die Automatisierung gediehen ist, würde ich das durchaus sehen, dass die Gießereien do ahm offen auf das Thema zugehen.

Ram: Das ist jetzt eine Frage, die gleicht dem eher aus Digitalisierungsblock. Wo steht die Gießereiindustrie bei Industrie 4.0? Ist die auch dort schon mittendrin oder beginnend?

Int7: von beginnend von mittendrin. Als es gibt dort immer Nachzügler, die da etwas später auf das Thema aufspringen, gibt da aber auch wieder Vorreiter, die da schon sehr weit drinnen sind.

Ram: Ahm wo sehen Sie eigentlich konkret Potenzial bei ahm Industrie 4.0 für Ihr Industriegebiet. Also für Ihre Industriesparte der Gießerei?

Int7: Potenzial sicherlich in verstärkte Transparenz die man in Prozesse und Abläufe hineinbringen kann. Verstärkte Transparenz auch in der Lieferanten- und Kundenkommunikation. Sind eigentlich, eigentlich die wesentlichen Dinge.

Ram: Mhm und welche Risiken bringt Industrie 4.0 allgemein mit sich?

Int7: Entweder, naja. Ein Risiko ist, dass man vielleicht den technischen Bereich und die Grundlagen versucht sie zu vernachlässigen. Der Zweite ist sicher, wenn man Industrie 4.0 und Digitalisierung gemeinsam sieht, das in dieser gesamten

Datenerfassung, Datenstruktur ahm natürlich Risiken hinsichtlich der IT-Sicherheit bestehen. Das sind eigentlich die wesentlichsten Punkte.

Ram: Würden Sie ahm ein Risiko hingehend Fehlinvestitionen sehen? Wo das man sagt man investiert zu viel in dieses Gebiet hinein und dann kann man nicht mehr wirtschaftlich produzieren?

Int7: Naja das ... Man muss ... Das ist ein schrittweises Vorgehen. Also bei einer vernünftigen Planung, schrittweises Vorgehen würde ich nicht unbedingt eine Fehlinvestition sehen. Und im Gegenteil man muss auch natürlich die ahm das Positive herausstreichen und ahm natürlich auch die Benefits herausarbeiten.

Ram: Ahm können Sie mir einmal eine Anwendung oder kurz eine Industrie 4.0-Anwendung erklären, die für Energie- und Materialeffizienz da ist. Also was diese Thematik verbessert hat. Aus dem, sagen wir mal aus der Prozesssicht der Gießereien.

Int7: Naja ein wesentlicher Punkt in den Gießereien ist, dass es ja ein sehr komplexer Prozess ist. Sprich jedes Gußteil neu entsteht und wenn man da jetzt die vielen Prozessparameter, die Einflüsse auf die Qualität haben dann heute aufgezeichnet, hat man eine Unmenge an Fülle an Prozessdaten, die man in der Menge, in der Komplexität der Zusammenhänge nicht durchschauen kann und durch entsprechende Aufzeichnung, Big Data-Management-Auswertung kann man durchaus Prozessmuster erkennen, die letztlich zu Einsparung von Material, Ressourcen führen, zur Energieeinsparung führen. Also das sind so die wesentlichen Aspekte.

Ram: Ahm also kann man sagen, dass man die Vermeidung von Materialverschwendung und die Erhöhung der Ausbringung zur Verbesserung der Ressourceneffizienz be trägt.

Int7: Auf jeden Fall ja.

Ram: Ahm wenn man jetzt wieder Industrie 4.0 als Ganzes betrachten, würden sie Materialeffizienz und Energieeffizienz als Treiber dafür betrachten, oder stehen da andere Aspekte dahinter, das Unternehmen sagt ich will Industrie 4.0 umsetzen, anwenden damit ich das und das bekomme.

Int7: Material-, Energieeffizienz ist ein wesentlicher Punkt. Aber die Kommunikation mit den Kunden ist natürlich ein wesentlicher Punkt und die gesamte Qualitätskette ist ein wesentlicher Treiber und die Transparenz und die Kenntnisse der eigenen Prozesse.

Ram: Gibt es bei Ihrem Unternehmen, also bei Int7 derzeit ein Projekt was sich mit dem Thema Digitalisierung, Industrie 4.0 befasst?

Int7: Ah wir haben sogar zwei Projekte wo Industrie 4.0 bzw. Digitalisierung ahm eine wesentliche Rolle spielen. Das ist einmal in dem Bereich ahm der Auswertung von Computertomographiedaten hinsichtlich der Qualität und der Zusammenhänge mit den Eigenschaften, wo man das ganze entsprechend visualisieren können und der zweite Bereich der Auswertung großer Datenmengen, um Prozessmuster zu analysieren und Zusammenhänge zur Qualität der Bauteile herstellen.

Ram: Also kann man sagen, dass die bei diesen zwei Projekten ahm eher die Qualität im Vordergrund steht.

Int7: Ahm das ist ... eigentlich ja. Liegt an der Struktur des Institutes, dass wir uns mit solchen Themen, mit technischen Themen, mit Qualitätsthemen ahm stärker befassen als mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.

Ram: Ahm aber wenn man jetzt das Qualitätsthema weiter, ahm weiter denkt sage ich einmal, kann man ja dadurch auch die mhm den Ausschuss verringern und dadurch verbessert sich die Materialeffizienz.

Int7: Richtig. Also es ist vielleicht noch ein drittes Projekt, was wir da mit dabei haben und erwähnen kann. Ahm da geht es zum Beispiel um die Einsparung von Kreislaufmaterial durch optimale Gestaltung der ganzen Anschnitt- und Speisertechnik. Da steckt sehr viel Potenzial drinnen, wo man sich Kreislaufmaterial und damit Ressourcen und Energie einsparen kann.

Ram: Ahm können Sie mir zum dritten Projekt ganz kurz ahm ah eh eine bisschen eine detaillierte Übersicht geben, um was es dabei geht?

Int7: Naja bei Gussteilen braucht man ja beim Abguss einen Einguss, ein Laufsystem, Speiser und das kann bis zu 50% und mehr des Gussteilgewichtes ausmachen und wenn man das jetzt über Simulation optimal gestaltet, kann man dort natürlich auch entsprechend Material einsparen und damit dann Energieeinsparen. Kann Ihnen noch ein Beispiel dazu nennen, wo das vielleicht zu trifft. Was mir einfällt, was mir ebenfalls bearbeiten. Das ist Topologie-Optimierung. Das heißt durch ahm sage ich einmal nach dem Vorbild nach der Natur konstruierte Bauteile. Haben wir jetzt an einem entsprechendem Gußteil eine Gewichtseinsparung von 20% erreichen können. 20% weniger Gewicht, heißt 20% weniger Material aufschmelzen und damit wieder Material und Energie einsparen.

Ram: Ahm so wie ich das verstanden habe basiert das alles auf Basis von Simulationen und Modellbildung?

Int7: Das ist ein wesentlicher Faktor dabei. Ja.

Ram: Forscht Ihr Unternehmen da eigenständig auf dem Gebiet ahm von Industrie 4.0, Digitalisierung oder arbeitet man da auch mit externem Partner zusammen, um Lösungen zu entwickeln?

Int7: Ahm wir bearbeiten das in sogenannten Collective-Research-Projekten mit vielen Industriepartner. Ahm wir haben da aber auch externe Forschungsinstitute als Partner mit dabei, die die Bereiche abbilden, die wir bei uns nicht schwerpunktmäßig im Angebot haben.

Ram: Ahm welche Vorteile erwarten sich die Unternehmen von Industrie 4.0 generell?

Int7: Transparenz des Prozesses, besseres Verständnis des Prozesses, ahm natürlich Kosteneinsparung, mehr Wirtschaftlichkeit, bessere Kundenkommunikation und damit Wettbewerbsvorteile gegenüber Mitbewerbern.

Ram: Weil Sie gerade das Wettbewerbsthema angesprochen haben. Würden Sie Industrie 4.0 als Werkzeug betiteln, dass man den Wettbewerb gewinnt?

Int7: Ahm ... ist ein Baustein. Weil nur mit Industrie 4.0 kann man nichts gewinnen, wenn nicht von Haus aus die Qualität und der Preis passt. Industrie 4.0 ist ein Überbegriff wie man dorthin kommt.

Ram: Ahm wie würden Sie die weitere Entwicklung von Industrie 4.0 in der Gießereiindustrie sehen? Wird sich da wieder mehr tun, oder ... ?

Int7: Wird verstärkt Einzug halten das ganze Thema. Die ganze Automatisierung, die Datenaufzeichnung, die Kommunikation zwischen den Geräten wird natürlich immer mehr in den Vordergrund treten. Kommt ja auch dazu, ahm dass es immer schwieriger wird entsprechende Fachkräfte zu bekommen in den Unternehmen, sodass ein

möglicher weg ist, um sage ich einmal da die notwendigen ahm ... notwendigen Kapazitäten zu schaffen.

Ram: Ahm Sie haben gerade das Thema Fachkräfte angesprochen. Würden Sie auch den Fachkräftemangen und auch das teilweise fehlende Know-how als Risiko bei Industrie 4.0 sehen?

Int7: Absolut, ja.

Ram: Ahm und wie sieht es aus, sagen wir einmal mit der Akzeptanz ahm der Belegschaft für diese Industrie 4.0-Anwendungen? Würden Sie dies auch als Herausforderung sehen?

Int7: Ist eben falls ... für die Mitarbeiter, die muss man auch entsprechend schulen, entsprechend mitnehmen über offene Kommunikation, damit Mitarbeiter einen Vorteil des Ganzen sehen.

Ram: Also das man den Mitarbeitern einen Mehrwert präsentiert.

Ram: Mhm ahm ich sage danke für das Interview.

Interview 8 – Transkript

Durchgeführt am 28.02.2020 von Dominik Ramschek

Dauer: 41:16 min

Abkürzungen:

Ram: Ramschek (Interviewer)

Int8: Interviewte Person (des Interview 8)

Unt8: Unternehmen 8

Abt1: Abteilung für Digitalisierung im Unternehmen 8

St8: Standort von Unternehmen 8

??? nicht identifizierbares Wort

Ram: Ahm so vielen Dank für die Zeit für das Interview. Können Sie sich kurz vorstellen über Ihre Position, über Ihr Unternehmen? Was macht Ihr so?

Int8: Mhm. Ahm ja vielen Dank. Ahm Int8, Leiter der Abt1 von Unt8 und ahm unsere Aufgabe ist es, die ... unsere fünf Business Units zu unterstützen ahm in der ahm in der digitalen ahm Digitalisierung und dadurch Mehrwert zu schaffen. Mhm ja und dadurch bei den Business Units dann Kosten zu senken oder ahm Umsätze zu steigern. Also ahm Profitabilität da zu ahm erhöhen. Ahm für Prozessoptimierungsthemen, die auch einerseits ahm auch die integrierte Wertschöpfungskette betreffen. Ahm dann aber auch ahm Kundeninteraktion und unsere digitalen Plattformen, das ist das zweite große Kernthema und dritte sind mhm also digitale Produkte und Services, was sogar eher weniger unser Fokus ist. Unser Fokus liegt schon eher auf Prozessoptimierung in der integrierten Wertschöpfungskette und Kundeninformation und Plattformen. Diese beiden Themen und ja natürlich auch da die Voraussetzungen zu schaffen. Einerseits ahm technisch, ja ahm mit den IT-Systemen die es dazu braucht die IT-Landschaft. Aber auch mhm kulturell ... die notwendigen Fähigkeiten aufzubauen und ahm Wissen zu integrieren. Wir sind gerade dabei da ein Wiki aufzustellen ... naja Wissen auch zur Verfügung zu stellen. Eine gute Kommunikation ist sehr wichtig. Wir wollen hier vernetzend tätig sein. Die richtigen mhm die richtigen Personen vernetzen. Auch intern aber auch zu externen Partnern. Ja wir wollen mit den richtigen externen Partnern zusammenarbeiten. Gleichzeitig aber auch internes Know-how aufbauen. Ahm und die Lösungen selbst beherrschen ... genau und dafür haben wir auch verschiedene Experten bei uns. Mein Fokus gilt eher den Produktionsprozessen ahm effizient zu gestalten naja durch Six Sigma zum Beispiel, durch solche Lean-Themen. Dort komme ich her und jetzt natürlich sonst in der Abt1 haben wir verschiedene andere Expertenfelder wie Business-Process-Management, das ist das was die Mitarbeiterin 1 bei uns macht. Das zweite große Thema ist das Data Science, da haben wir eine Datenwissenschaftlerin die Mitarbeiterin 2 und ahm die dritte Person ist Mitarbeiter 3, bei uns Lösungsentwickler und am die vierte derzeit letzte Person ist Mitarbeiter 4 und ist Experte für eCommerce und neue Geschäftsmodelle und in all diese Bereichen unterstützen wir mit der Abt1.

Ram: Vielen Dank für die Einführung. Ich würde mal starten mit dem Themenblock Digitalisierung. Welche Bedeutung hat die Digitalisierung für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int8: Ahm welche Bedeutung hat die Digitalisierung für die Eisen- und Stahlindustrie? Mhm ahm also das ist sicher ein Befähiger in Zukunft mhm Wettbewerbs ahm Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten bzw. auszubauen auch in Zukunft und ahm sich abzugrenzen von von Wettbewerbern. Einerseits um die Qualität zu steigern. Dadurch ahm höhere Umsätze zu rechtfertigen. Ahm aber auch um die die Kosten zu senken ja. Die Effizienz zu zu steigern und ahm die Kundenerfahrung ahm insgesamt dadurch z.B. durch digitale Plattformen zu erhöhen mhm. Ahm dadurch eine sehr wichtige Rolle. Aber auch immer ... ahm Digitalisierung sollte nie zum Selbstzweck ahm gemacht werden, ja also nicht ahm nur als Marketinggründen, wie es in der Vergangenheit oft der Fall war bei manchen Unternehmen. Ahm sondern sollte eine integrierte Strategie sein, die die wirklich die Geschäftsziele verfolgt und ... mhm ... genau dementsprechend diesen Zielen dienen und nicht zum Selbstzweck.

Ram: Wie würden Sie den Fortschritt der digitalen Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie beurteilen? Ist das beginnend, laufend oder sind wir da schon abgeschlossen.

Int8: Ahm digitale Transformation in der Eisen- und Stahlindustrie vom Reifegrad ... ahm sicher unterschiedlich. Naja kann man sicher nicht Allgemein beantworten. Aber im Vergleich zu anderen Industrien, wie Automobilindustrie ahm würde ich sagen eher noch beginnend. Da sind wir sicher noch eher in den Anfangsstadien.

Ram: Wie würden Sie den aktuellen Stand der Digitalisierung in Ihrem Unternehmen beurteilen?

Int8: Mhm in unserem Unternehmen kann man auch keine generalisierende Antwort geben. Muss man auch differenzieren zwischen den Business Units. Andererseits auch innerhalb der Business Units wieder zwischen den Standorten. Da sind ganz unterschiedliche ahm Stadien erreicht. Mhm zum Beispiel im neuen Drahtwalzwerk am Standort dort ist schon ein hoher Automatisierungsgrad ahm vorhanden. Da kann man natürlich sehr viel höher ansetzen in mit Digitalisierungslösungen ja. In anderen Werken wo noch ein geringerer Automatisierungsgrad vorhanden ist, da muss man noch diese Phrase schaffen. Ja. Aber in unserem Unternehmen mhm, verglichen mit Wettbewerbern ganz unterschiedlich. Also ich würde sagen derzeit im im oberen Mittelfeld und in Zukunft wollen wir in jedem Falle zu de zu den Fornt-Runnern ja. Derzeit eher Early, Early-Adopter und in Zukunft wollen wir ein Front-Runner hier sein.

Ram: Welche Herausforderungen gibt es im Zuge der Digitalisierung in der Eisen- und Stahlindustrie?

Int8: Herausforderungen ... gibt es ganz unterschiedliche. Einerseits technisch ahm am einerseits Organisation und drittens ahm Prozess. Würde einmal in diesen drei Kategorien denken. Technisch liegt natürlich auf der Hand. Wir brauchen ahm mhm IT-Systeme. Ja, also wir brauche Applikationen, wir brauchen Infrastruktur mit dem wir überhaupt einmal arbeiten. Natürlich eine möglichst integrierte, vernetzte Systemlandschaft, auch Automatisierung im Sinne von ahm Level 1 und Level 2 also ahm Produktionssteuerung, Produktionsautomatisierung. Diese technischen Voraussetzungen werden benötigt. Ahm organisatorisch ist mhm eine viel. Es hängt eigentlich mit dem Prozess zusammen. Es ist eine viel integriertere Sichtweise

gefordert. Das wir auch zwischen Abteilungen stärker zusammenarbeiten sehen wir aktuell in einigen unserer Projekte. Das Abteilungsdenken, das Silodenken muss überwunden werden und ahm in ein Prozessdenken übergehen, ja. Immer mehr, dass man sich möglich am Endkunden orientiert und die na die ahm prozessübergreifend denkt und ahm dazu ist natürlich das Begleiten, das Veränderungsmanagement auch notwendig. Ja Changemanagement mhm, dass natürlich auch organisatorische Auswirkungen hat und die Leute, die Mitarbeiter die Menschen müssen mitgenommen werden. Natürlich informiert werden und auch natürlich miteinbezogen werden in diese Veränderung, die eine große Chance für uns darstellt.

Ram: Welche Funktion hat die Digitalisierung für Industrie 4.0? Würden Sie sagen, das Industrie ahm die Digitalisierung die Basis für Industrie 4.0 ist?

Int8: ... mhm ja da gibt es ganz unterschiedliche Definitionen. Mhm ... ich würde es eher nicht so sagen. Naja, Industrie 4.0 und Digitalisierung hängt für mich schon eng zusammen. Für mich ist IT die Basis einmal für Digitalisierung und ahm Industrie 4.0 ein Teil der Digitalisierung. Aber hier gibt es ganz unterschiedliche Sichtweisen und alles. Sind oder viele sind sicher legitim. Mhm Industrie 4.0 natürlich als vierte ahm Revolution in der in der ahm Produktion mhm, ist für mich ein Teil der Digitalisierung, wirklich bezogen auf die Produktion mhm ja. Jetzt als nächste Stufe nach der Automatisierung jetzt stärker mit dem Vernetzungsgedanken ahm zu agieren und Digitalisierung hat da auch diesen Vernetzungsgedanken. Aber nicht nur in der Produktion, sondern auch in ahm anderen unterstützenden Prozessen in der Logistik und auch in den Kundenplattformen zum Beispiel.

Ram: Ahm ist Industrie 4.0 gerade ein Top-Thema für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int8: Auf jeden Fall. Weil, wie schon eingangs erwähnt, dass ein großen mhm Wettbewerbsvorteil bringen kann, wenn man die Digitalisierung richtig nutzt. Also es muss ein Top-Thema sein.

Ram: Was sehen Sie als Treiber für Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie? Also welche Themen stecken dahinter wo man sag ich will jetzt diese Thematik Industrie 4.0 oder Digitalisierung in meinem Unternehmen umsetzen?

Int8: Ahm können Sie die Frage wiederholen?

Ram: Ja: Was sind die Treiber für Industrie 4.0?

Int8: Also was, also was ... was verursacht Industrie 4.0 oder wie ist das gemeint?

Ram: Nein, was ist ausschlaggebend dafür, dass ein Eisen- und Stahlunternehmen diese Thematik oder Industrie 4.0-Paradigma umsetzen will? Was erhofft man sich dadurch?

Int8: Was man sich durch Industrie 4.0 erhofft ... ja ok. Ahm ja wie auch schon eingangs gesagt die Ziele sind sicher unterschiedlich je nach Geschäftszielen wie zum Beispiel Qualitätsführerschaft, Kostenreduktion ahm Ausschussminimierung ahm Verfügbarkeitserhöhung in der Produktion. Das können zum Beispiel Ziele sein.

Ram: Weil Sie gerade erwähnt haben Ausschussreduzierung. Das würde auch die Materialeffizienz betreffen.

Int8: ... die Materialeffizienz genau, ja. Also Zeit, Kosten, Qualität zu optimieren. Dieses Dreieck zu optimieren. Also schneller zu produzieren, kürzere Durchlaufzeiten, höhere Qualität, geringerer Ausschuss. Geringeren Ausschuss aber auch geringere bis hin zu keinen Reklamationen von Kunden. Da Sie ja aus dem Qualitätsmanagement kommen, kennen Sie das natürlich sehr gut.

Ram: mhm.

Int8: Ja das ist schon einmal wichtig. Das sind die Basisziele. Darüber hinaus Flexibilität in der Produktion wird zunehmend sehr wichtig. Wir sehen es Momentan durch die erhöhte Volatilität der Märkte, dass das ahm immer mehr eine Herausforderung wird und auch schnell zu reagieren, schnell einmal eine Produktion umzustellen, auf neue Produkte umzustellen. Also eine Produktflexibilität, Variantenflexibilität aber auch eine Volumenflexibilität, sodass man auch Mengen umstellen kann ohne große Probleme ja. Genau Flexibilität aber sicher auch Transparenz als zusätzlichen Nutzen. Transparenz zu schaffen, um überhaupt Verbesserungen zu ermöglichen.

Ram: Wenn wir jetzt wieder den Fokus auf Ihr Unternehmen setzen, ist das Thema Industrie 4.0 oder auch Digitalisierung in der Strategie, in der Vision oder im Leitbild verankert? Das man sagt, das fordert auch das Management so, das Top-Management.

Int8: Ja ist verankert. Genau ja. Als, als Befähiger eigentlich. Nicht als Ziel wir wollen super digital werden zum Selbstzweck, sondern um unsere Unternehmensziele zu erreichen. Dabei kann es uns unterstützen und dabei ist es tief verankert. Wir haben mhm einen geregelten einerseits eine eine klare Organisation für Digitalisierung und IT ja. Ahm mit der zentralen Abt1 einerseits und andererseits mit den IT-Digitalisierungsmanagern in allen Business Units und Standorten. Ahm dies betrifft jetzt die Organisation und auch von der Strategie haben wir einen geregelten Prozess, mit einer jährlichen Erstellung und Überarbeitung unserer IT- und Digitalisierungsstrategie, die jeder Geschäftsbereich für sich von den Unternehmenszielen ableitet und dadurch eine Roadmap bildet und das wird mit dem Vorstand regelmäßig überarbeitet und mhm genau dazwischen natürlich mit kleinen Reviews. Also da sind strukturierte Gouvernements dahinter und natürlich auch die Investitionen und Ressourcen müssen bereitgestellt werden. Ja aber wenn man den Nutzen ahm richtig dargestellt ist, dann ist das natürlich auch ahm gewährleistet ja und das Management hat das aus meiner Sicht absolut erkannt, die die Chancen und die Möglichkeiten, die sich er bieten. Es ist halt jetzt wichtig wegzukommen, das zu vermeiden eigentlich ahm jetzt nur Projekte zu machen aufgrund der Popularität, wie gesagt des Marketingeffektes wie es in der Vergangenheit in anderen Unternehmen wie ich es beobachtet habe und das ist wirklich zielgerichtet mit Kosten-Nutzenbetrachtung zu machen.

Ram: und ist die Eisen- und Stahlindustrie bereit und offen für Industrie 4.0? Wie würden Sie das beurteilen? Weil man sagt ja immer sie ist ja generell eine sehr konservative Industrie oder konservativ eingestellt und ob sie bereit für diese Thematik ist.

Int8: Ja ich denke schon ja. Ich denke schon. Natürlich die Erfordernisse ahm der Digitalisierung um jetzt prozessübergreifend zu denken, das fordert natürlich uns in den Organisations- und Prozessdenken und das sind wir nicht gewohnt in der europäischen Ingenieurskultur ahm generell. Das betrifft auch die Automobilindustrie zum Beispiel. Ahm alle Funktionen oder Funktionsbereiche sind in sich optimiert aber nicht übergreifend ja und die Digitalisierung ist ahm naja naturübergreifend und daher mhm muss schon ein Umdenken stattfinden. Aber das wird jetzt immer mehr auch angegangen und ich beobachte hier schon eine, dass wir hier absolut bereit sind. Aber das ist auf jeden Fall eine Herausforderung ja.

Ram: Mhm wo steht die Eisen- und Stahlindustrie bei Industrie 4.0 generell? Also es ist ähnlich wie jetzt die Frage vorhin bei der Digitalisierung. Ist man da jetzt auch am Anfang oder schon mittendrin?

Int8: Mhm ... jetzt muss ich überlegen. Der Unterschied ist genau. Vorher haben wir gesagt Digitalisierung und jetzt Industrie 4.0 speziell. Also ich würde auch sagen ähnlich wie ich vorhin bei Digitalisierung eher noch am Anfang. Es bieten sich noch viele Möglichkeiten, wir sind noch am Beginn des Weges. Gleichzeitig ist es keine Revolution. Wir haben lange jetzt schon viel Vorarbeit geleistet in den letzten Jahrzehnten in diese Richtung.

Ram: Ahm in welchen Bereichen sehen Sie genau Potenzial von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie?

Int8: Mhm ... Industrie 4.0 Potenziale. Ja wie schon gesagt ahm für Umsatzsteigerung durch höhere Qualität, ahm Rückverfolgbarkeit von den Produkten, dass man dadurch höhere Preise besser rechtfertigen kann. Auch Kostensenkung ahm durch Verringerung des Ausschusses, eben die vorhin genannten Effekte Zeit, Kosten, Qualität, Transparenz und Flexibilität. Haben Sie das gemeint mit der Frage?

Ram: Ja und welche Risiken bringt Industrie 4.0 allgemein mit sich und auch speziell für die Eisen- und Stahlindustrie?

Int8: Mhm die Risiken ... sind, dass man es verschläft. Das man zu langsam ist. Das wir zu langsam sind und die Wettbewerber vielleicht schneller sind und dass wir vielleicht nicht genug Ressourcen dafür zur Verfügung stellen. Das wir die falschen Projekte zur falschen Zeit angehen. Also deswegen, dass wir uns genau überlegen eine klare Roadmap, um das gut ahm planen und gut angehen und dass wir uns zu sehr auf die technologischen Themen konzentrieren und die Organisations- und Prozessthemen ahm übersehen. Das als wichtige Voraussetzungen, dass wir die Menschen mitnehmen, genug kommunizieren, ahm genug die ahm Mitarbeiter aber auch die Kunden, ahm auch Lieferanten in den ganzen Prozess mit einbeziehen.

Ram: Weil sie ja vorher angesprochen haben die Ressourcen. Ahm betrifft das auch die Ressource sage ich einmal Mitarbeiter, dass das Know-how oft vielleicht fehlt? Wegen fehlendem Know-how in solchen Projekten? Wie würden Sie das beurteilen?

Int8: Ja ... genau also das ist sicher wichtig, das wir alles können wir nicht intern beherrschen aber das für die Kernkompetenz notwendige Kern-kno-how müssen wir intern beherrschen. Ja das ist sicher ein Risiko, dass man das einem externen Lieferanten überlasst. IBM sage ich einmal als Schlagwort zum Beispiel. Mhm ...

Ram: ... oder auch, zum Beispiel wenn man jetzt runter geht in die Ebene der Produktion. Die Akzeptanz der Mitarbeiter für diese Lösungen. Wie würden Sie das beurteilen? Ist das auch ein Risiko?

Int8: Ja absolut, absolut und deswegen ich glaube die Mitarbeiter sind absolut ahm bereit dafür. Aber mhm sie wollen aber partizipieren, sie wollen mitgenommen werden, weil sie haben längst erkannt, dass das eine große Chance ist Arbeitsplätze langfristig zu sichern und ahm daraus natürlich muss man sie mitnehmen. Das kann nicht im dunklen Kämmerlein oder im Keller oder im Abt1 Dachgeschoss, auch wenn es hier hell ist (lacht) trotzdem sind wir hier natürlich ahm bisschen weg von der Produktion. Für uns ist es wichtig das wir rausgehen ja. Mit den Leuten, mit den Mitarbeitern gemeinsam das zu entwickeln und ??? und dann wird das auch funktionieren.

Ram: Wenn wir kurz das Thema auch jetzt ahm oder sagen wir den Blick auf die Cyber-Security lenken würden, würden Sie das als Risiko beurteilen? Weil Digitalisierung, Industrie 4.0 beruht ja auf Vernetzung.

Int8: Ja da ist ... IT-Sicherheit natürlich ein großes Thema. Birgt natürlich auch oft das Risiko, dass es ein Totschlag-Argument ist, dass dann gar nichts macht. Oft wegen Verunsicherung, weil zu wenig wirklich Informationen vorhanden sind. Deswegen wichtig auch dieses Thema früh genug ahm zu bedenken und natürlich kann das ein großes Risiko sein, falls wirklich es da zu Zwischenfällen ahm kommt. Mhm also unbedingt wichtiges Thema.

Ram: Welche Industrie 4.0-Anwendungen hat Ihr Unternehmen oder sagen wir einmal auch die Abteilung hier bereits realisiert oder welche Digitalisierungsprojekte? Können Sie mir da ein Beispiel nennen jetzt?

Int8: Ja also wir haben uns bisher als Abt1 darauf konzentriert die Voraussetzungen eigentlich zu schaffen, auch für die Zukunft. Natürlich einerseits haben wir uns im letzten Jahr als Organisation ahm gut aufgestellt und strukturiert. Aber wir haben uns auch bereits ahm erste Projekte umgesetzt oder unterstützt. Als Beispiel möchte ich nennen ahm das ahm Expertensystem. Ahm das Expertensystem hat das Ziel die Produktion, Produktionsstabilität ahm sicherzustellen durch eine integrierte Planung einerseits und automatisierte Planung. Mhm die haben wir, die war früher durch Erfahrungswissen der Mitarbeiter. Wir haben da jetzt wirklich eine Logik dahinter gestellt. Da wird jetzt ein automatischer Vorschlag vom System generiert. Ahm zweiter Aspekt ist das Betriebs sind die Betriebsdaten, die wir jetzt digital erfassen, mit digitalen Checklisten und nicht mehr mit manuellen Checklisten, wie es früher der Fall war. Dritter Aspekt sind Prozessdaten. Diese drei Aspekte hat das Projekt. Das Projekt Expertensystem ... integrierte Planung, Betriebsdaten und Prozessdaten. Und Prozessdaten sind sehr wichtig, dass man ... das wir die Daten von den Sensoren, von den Maschinen sammeln und hier haben wir eingerichtet. Einerseits haben wir die Daten normal ??? und aufgezeigt wie ist die Qualität der Daten und ahm können jetzt hier in Zukunft ein Qualitätsregelkarten erstellen und schauen, das die Daten in in der Toleranz bleiben. Alarming ahm einrichten falls die Daten außerhalb der Toleranz sind zum Beispiel. Also Expertensystem ganz wichtig. Ein zweites Projekt möchte ich nennen. Das eCommerce-Projekt. Das ist nicht mehr Produktion, sondern Kundenschnittstelle. Da hat unser Experte ahm für ahm für Kundeninteraktion uns unterstützt. Also es geht darum für Händler eine Verkaufsplattform anzubieten, wo wo die Händler, die unser Produkt dann weiterverkaufen bei uns das bestellen können. Also auch die Marketing-Kommunikation und den Verkaufsprozess zu digitalisieren.

Ram: Also das Ganze im Sinne der horizontalen Integration, das man sagt Stahlproduzenten und Händler verknüpfen.

Int8: Ja genau.

Ram: und hat es da auch schon speziell Projekte gegeben zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz?

Int8: Ahm ja. Also das Expertensystem macht das eher naja indirekt.

Ram: Also kann man sagen bei diesem Projekt dieses Expertensystem war die Materialeffizienz ein Teilaspekt davon.

Int8: Ja genau. Bei dem dritten Arbeitspaket das ich genannt habe, bei den Prozessdaten da hat es natürlich wenn wir die Qualität beherrschen, können wir den

Ausschuss minimieren und dadurch die Material- und Energieeffizienz steigern. Ja da ist sehr viel Potenzial ...

Ram: nochmal zurückzukommen auf dieses Expertensystem. Was war vor dieser Umsetzung die Ausgangssituation, was war da genau Ziel und Ergebnis?

Int8: Ahm Ziel des Projekts Expertensystem war, dass die Voraussetzungen zu schaffen ahm für weitere, mögliche Digitalisierungsprojekte einerseits ja. Wie zum Beispiel die Prozessdaten in Zukunft auch mit Datenanalyse automatisiert ahm erfasst, analysiert werden und dadurch die Korrelationen festgestellt werden können. Andererseits aber auch direkten Nutzen sofort zu schaffen in der Planung durch effizientere ahm bessere, schnellere, flexiblere Planung der Produktionsabläufe. Ahm und ja Qualitätserhöhung, natürlich durch die Betriebsdaten- und Prozessdatenerfassung. Mhm Zeit, Kosten, Qualität einzusparen zusammengefasst. Als direkten Nutzen.

Ram: Welche Herausforderungen gab es bei diesem Projekt? Waren da genug Kompetenzen vorhanden oder auch Ressourcen?

Int8: Mhm ja. Eigentlich waren also die Ressourcen der Abteilungen war sicher eine große Herausforderung. Operative Abteilungen die in der Produktion sitzen. Diese Ressourcen ahm sicherzustellen, weil die natürlich im operativen Tagesgeschäft ... das geht vor ja, ist klar. Mhm und diese dies sicherzustellen. Das war sicher ein wichtiges Thema. Ahm ansonsten hat das Projekt eigentlich wirklich gut funktioniert. Das Know-how haben wir intern, mhm intern aufgebaut und können das jetzt intern weiterentwickeln. Das ist glaube ich sehr wesentlich.

Ram: bei diesem Expertensystem werden ja Betriebsdaten, Prozessdatenerfasst. Das sind ja große Datenmengen. Wie werden die verarbeitet? Werden diese mit Big Data-Technologien verarbeitet, oder?

Int8: Genau, da wurde schon im Vorfeld ein Projekt, ein Hadoop-Cluster aufgebaut. Das ist wirklich ein Data-Lake und ahm dort werden die Daten in Gru, also wirklich große Datenmengen ge gespeichert. Ja und sind dann analysierbar, auswertbar.

Ram: Wie kann Industrie 4.0 generell zu einer Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie beitragen? Sie haben nämlich vorher schon erwähnt, höhere Qualität ist auch weniger Ausschuss.

Int8: Ja mhm (zustimmend).

Ram: würden Sie auch sagen, dass wenn man den Ausschuss jetzt verringert auch den Energieeinsatz verringert?

Int8: Ja, auf jeden Fall ja.

Ram: Wenn man jetzt wieder schaut, Energie- und Materialeffizienz, würden Sie das auch als Treiber für Industrie 4.0 betiteln?

Int8: Ja. Ein ganz wesentlicher Treiber. Vor allem wahrscheinlich in unserer Industrie, die da einen großen Druck hat mit den CO₂ ahm ... CO₂-Einsparungen und dadurch ist es eine große Chance für uns hier CO₂-Ausstoß zu verringern. Oder generell den Energiebedarf oder Ressourcenbedarf ahm zu verringern.

Ram: Ahm forscht Ihr Unternehmen eigentlich eigenständig auf dem Gebiet oder baut man eigenständig Know-how auf, oder arbeitet man da auch mit externen Partnern zusammen um Lösungen zu erarbeiten?

Int8: Mhm sowohl als auch. Intern haben wir die vorher beschriebenen Experten und ahm extern suchen wir uns Partner, die uns unterstützen oder auch ergänzen.

Ram: Aber man schaut schon, dass das Know-how jetzt intern ... also das ist ja das Ziel von dieser Abteilung?

Int8: Genau. Das intern Know-how aufgebaut wird und die Lösungen dann auch zu beherrschen und natürlich nicht nur hier aufzubauen in der Abt1 zentral, sondern uns ist ganz wichtig das Know-how auch zu transferieren in die Business Units in das ahm in die operativen Einheiten und dort wo es gebraucht wird nahe beim Prozess, dort das Know-how aufzubauen. Wir sind hier nur ein ahm ... ja ein möchte ich sagen dort wo der Samen zuerst wächst.

Ram: Ahm welchen Beitrag liefert Industrie 4.0 für die Wettbewerbsfähigkeit Ihres Unternehmens?

Int8: Mhm ... für die Wettbewerbsfähigkeit ist vor allem die die Qualitätsführerschaft aus meiner Sicht ahm die größte Chance am für unsere Business Unit, in dieser ich tätig bin. Von die durch die integrierte Wertschöpfungskette, dass das den Prozess den prozessübergreifend ahm zu beherrschen übergreifend und ahm dadurch ahm Qualität sicherzustellen und das dem Kunden auch ahm diesen Mehrwert zugänglich zu machen. Andererseits natürlich auch Optimierungen auf der Kostenseite, als große Chancen ja.

Ram: Ahm wie das Interview im Verlauf jetzt schon gezeigt hat, macht ihr im Bereich Digitalisierung und Industrie 4.0 schon einiges. Ahm können Sie mir sonst noch Industrie 4.0-Weltmarktführer oder Unternehmen nennen, die da auf dem Gebiet gut unterwegs sind.

Int8: Mhm, mhm muss ich mal überlegen ... ahm es gibt hier sicher Musterbeispiele für verschiedene Bereich der Digitalisierung und Industrie 4.0. Also in der Produktion aus meiner Sicht ist die Automobilindustrie ahm das Benchmark ja. Auch ahm weil ich da vorher tätig war ahm in in der Automobilindustrie bei Audi. Da habe ich gesehen, dass die digitale Reife da schon ähm relativ hoch ist. Vor allem da die Voraussetzungen in den letzten Jahrzehnten da schon erarbeitet wurden. Ahm vor allem die Prozesse sind standardisiert, ahm und und gut erfasst. Six Sigma und die ganze Lean Lean-Philosophie kommt aus diesem Bereich. Vor allem die japanische Automobilindustrie würde ich hier als Benchmark nennen. Weil man auf dieser Basis viel aufsetzen kann in Richtung Digitalisierung. In anderen Bereichen der Digitalisierung, ahm wenn es mehr in Richtung Kundeninteraktion geht, ja das klassische Beispiel ahm für neue Geschäftsmodelle natürlich ist Rolls Royce mhm die jetzt einen großen Teil ihrer Umsätze mit Dienstleistungen, mit dem Vermieten oder Leasing oder wie man es auch nennen mag für ihre Triebwerke machen, anstatt mit dem Verkauf der physischen Produkte. Kann man sicher auch einmal überlegen, wie wir unser Geschäftsmodell zukünftig gestalten mit Verfügbarkeitsstrategien und dergleichen. Ahm diese Unternehmen fallen mir eigentlich spontan ein, ja.

Ram: Ahm natürlich ist weil sie vorher die Auto ...

Int8: Entschuldige, aber ich glaube eben, das wichtige ist, dass wir uns hier schon auf der auf der europäischen Ingenieurskunst, auf dem Aufsetzen ja. Es ahm bringt nichts um uns hier zu vergleichen mit Unternehmen wie Amazon oder Google, aus dem IT-Bereich. Das ist eben ganz etwas anderes. Da kann man sich einzelne Aspekte natürlich anschauen, aber wichtig ist für uns die europäische, weltweitführende Ingenieurskultur. Natürlich bei uns auch verbunden mit der metallurgischen Kompetenz

und ahm mit diesem Wissen darauf dieses jetzt aufzubauen und dafür haben wir sicher das Potenzial für und ???.

Ram: ahm um das Ganze abzuschließen. Die letzte Frage. Wie sehen Sie die weitere Entwicklung von Industrie 4.0 in der Eisen- und Stahlindustrie? Also wohin wird uns das führen? Wird uns das zu einer menschenleeren Produktion führen? Gibt es dann überhaupt noch Produktionsmitarbeiter? Wie sehen Sie die Weiterentwicklung der ganzen Thematik?

Int8: Also ich glaube der Mensch wird immer eine sehr zentrale Rolle spielen und ahm ja es wird den Menschen immer brauchen und ahm ... es werden ja natürlich viele Routinetätigkeiten wegfallen. Dafür höherqualifizierte Tätigkeiten dazukommen. Ahm es gibt um wettbewerbsfähig zu sein keine Alternative dazu und ahm wenn wir es gut machen eine große Chance und wenn wir es schlecht machen eine große Bedrohung, natürlich ja. Aber wenn wir das gut machen, dann können wir sogar Mitarbeiter aufbauen. Also auf jeden Fall werden wir, wird das Lohnniveau ahm können das hohe Lohnniveau dadurch auch erhalten in für die Produktion in Europa bzw. mehr steigern durch höherqualifiziertere Tätigkeiten und die Mitarbeiter auch mitzunehmen und schulen ist sehr wichtig. Aber ich halte nichts von diesen Zukunftsutopien.

Ram: Ich möchte nochmal ganz kurz zu diesem Expertensystem zurückkommen.

Int8: Ja.

Ram: Hat es da wirklich jetzt schon also ahm Ergebnisse gegeben hinsichtlich Material- und Energieeffizienz oder ist das jetzt noch im Laufen und in der Auswertung?

Int8: Nein das ist noch in Arbeit.

Ram: Das heißt, dass Projekt ist zwar schon umgesetzt aber quasi gesehen noch in der Erprobungsphase.

Int8: Es ist auch noch nicht abgeschlossen das Projekt. Es läuft noch einige Monate und es wird dann eh ein Folgeprojekt geben. Also es ist eigentlich in Arbeit.

Ram: Super, ich bedanke mich für das Interview und Ihre Zeit.

Int8: Vielen Dank.