

Systemkonzeptionierung in der Planung von Großschredderanlagen unter dem Einfluss umweltrechtlicher Veränderungen

Torben Krafczyk und Daniel Goldmann

1.	Die sieben Kerneinflussfaktoren	522
2.	Risikomanagement in der Entwicklungsphase	522
3.	Datenerhebungen an Großschredderanlagen	523
3.1.	Produktionscontrolling	523
3.2.	Kennzahlensystem und Auswertung von Betriebsdaten	524
3.3.	Monetäre Kennzahlen als Kostenstruktur	524
3.4.	Nicht-monetäre Kennzahlen als Leistungsmessung.....	526
4.	Abbildung des Kennzahlensystems in der Netzwerkstruktur.....	526
5.	Schredderplanung durch Produktionskostensimulation.....	528
6.	Fazit und Ausblick	529
7.	Literatur	530

Die aktuell beschlossenen und teilweise noch diskutierten Forderungen des europäischen Merkblatts für Abfallbehandlungsanlagen (WT BREF) [6] und der technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) [1] stellen die Betreiber von Abfallbehandlungsanlagen und demzufolge Schredderbetriebe zur Eisen-, Konsumgüter- und Metallschrottverarbeitung vor neue Herausforderungen. Dabei steht weniger die Frage nach der technischen Umsetzbarkeit der neuen Rahmenbedingungen, als vielmehr die Frage nach dem wirtschaftlichen Nutzen dieser, im Fokus der Unternehmen.

Aus gegebenem Anlass arbeitet die TSR Recycling GmbH & Co. KG mit der Verwendung der sieben Kerneinflussfaktoren auf die Weiterentwicklung von Auto-Schredderanlagen in Deutschland (Bild 1). Dieses Systemkonzept dient der Planung und Projektierung von Großschreddern und wird u.a. dafür herangezogen, die Verbindung zwischen den gesetzlichen Herausforderungen und den strategischen Managemententscheidungen der Betreiber aufzuzeigen – ein systemischer Ansatz als Grundlage der objektiven Risikobetrachtung.

1. Die sieben Kerneinflussfaktoren

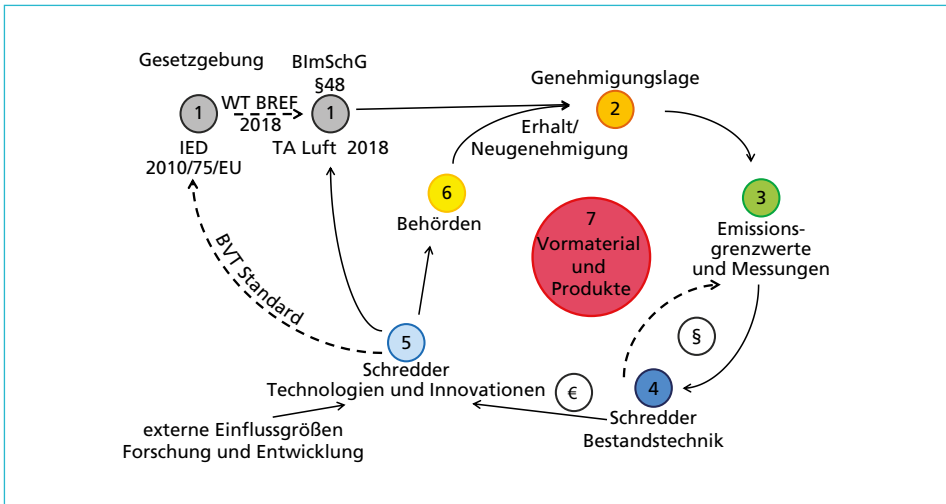


Bild 1: Die sieben Kerneinflussfaktoren auf die Weiterentwicklung von Schredderanlagen

Quelle: Krafczyk, T.; Goldmann, D.: Der Einfluss von umweltrechtlichen Änderungen auf die Weiterentwicklung von Schredderanlagen. Clausthal-Zellerfeld: GDMB, 2018, World of Metallurgy – ERZMETALL 71, No. 4, S. 214-220

Dabei geht es speziell in der vorliegenden Ausarbeitung weniger um die Beschreibung und logische Zusammenführung der einzelnen Einflussfaktoren und Ihrer Wirkbereiche im Gesamtkonzept, als vielmehr um die Analyse der Rahmenbedingungen um den Prozessschritt von Säule 4 zu 5. Wie dem Kreislauf in Bild 1 zu entnehmen ist, bildet die neue umweltrechtliche Gesetzeslage das Anforderungsprofil an den Schredder der Zukunft. Der Istzustand wird auf Basis der Säulen 2 und 4 beschrieben, wo hingegen der eigentliche Entwicklungsaufwand in der Verknüpfung neuer technologischer Ansätze und der Zusammenarbeit mit den Behörden steckt (Einflussfaktor 5 und 6). Die Zusammensetzung des Vormaterials und das daraus generierte Produktportfolio haben maßgeblichen Einfluss auf beiden Ebenen, die gegenwärtigen und zukünftigen Produktionsprozesse am Schredder. Die Gestaltung eines neuen Produktionsprozesses unter der Einbindung der genannten Einflussfaktoren, fordert eine risikominimierende Entscheidungsgrundlage, deren Herleitung in den folgenden Abschnitten erläutert wird.

2. Risikomanagement in der Entwicklungsphase

Im Rahmen einer simplifizierten Verfahrensbetrachtung stellt sich die Verarbeitung des Vormaterials im Schredder als eine lineare Prozesskette dar: *Input – Process – Output*. Der Produktionsprozess hat einen technischen Aufbau und idealer Weise eine verfahrenstechnisch relevante Struktur. Er folgt einer Logik und bindet Ressourcen. Diese Ressourcen wiederum definieren sich über Parameter und generieren Daten, die ein Betreiber in Form von absoluten und relativen Kennzahlen zu Informationen

verarbeiten kann. Die Produktion dient der Herstellung von Produkten, die als strategische Erfolgsfaktoren im Unternehmen angesehen werden. Dabei wird der für die Produktion aufzuwendende direkte und indirekte Input, dem Output gegenübergestellt [4].

In der Entscheidungsfrage zur Planung einer Großschredderanlage ist zu beantworten, welche Erfolgsfaktoren in der Zukunft unter den umweltrechtlichen Veränderungen noch Bestand haben? Wie gestalten sich Investitions- und Betriebskosten einer innovativen Produktionsstätte? Begünstigt die Produktivität des Schredders den *Return-of-Invest*? Welchen Einfluss nimmt die Marktentwicklung in den kommenden 10 bis 15 Jahren, auch in Bezug auf die Veränderung der stofflichen Zusammensetzung des Vormaterials?

Antworten auf diese Fragen setzen ein absolutes Prozessverständnis der gegenwärtigen Bestandstechnik (Bild 1 - Säule 4) voraus. Wobei der Begriff *absolut* sowohl technische, produktionsrelevante und kaufmännische Parameter einschließt. Nur ein maximales Verständnis aller operativen Segmente [5] im Schredderprozess führt zu einer validen Beantwortung der Risikofrage im genannten Kontext.

3. Datenerhebungen an Großschredderanlagen

3.1. Produktionscontrolling

Das Controlling hat die Aufgabe der Steuerung und Planung sowie der Umsetzung von Tätigkeiten und Maßnahmen. Controllingsysteme werden als monetäre Bewertungsgrundlagen für den Produktionsprozess eingesetzt, wobei das System so zu optimieren ist, dass eine wahrheitsgetreue Abbildung der betrachteten Produktionsprozesse und deren Wirkzusammenhänge stattfindet [4]. Um eine stoffstromorientierte Bewertung von Leistungsparametern an Schredderanlagen zur Eisen- und Metallschrottverarbeitung abzubilden, ist es notwendig ein Controllingtool einzusetzen, welches gemäß der Beschreibung in Kapitel 3.2., einer mehrstufigen Leistungskennzahlendarstellung folgt.

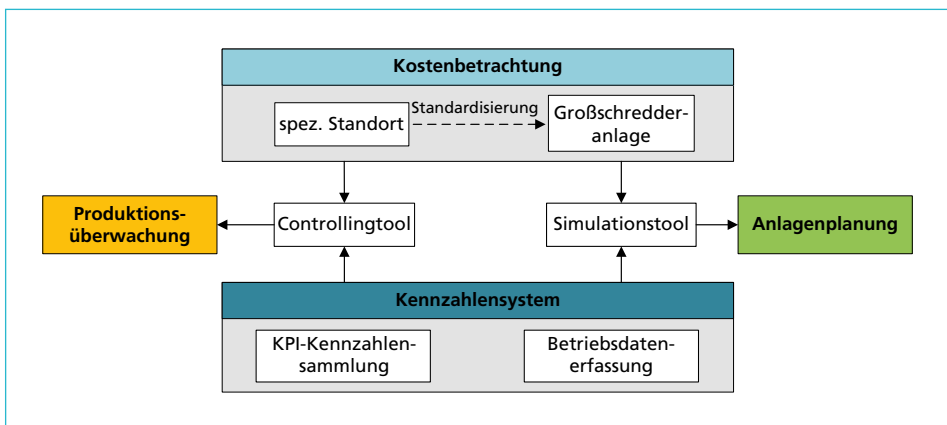


Bild 2: Herleitung des Produktionscontrollings im Schredderbetrieb

Die in Bild 2 skizzierten Zusammenhänge beschreiben die Herleitung des etablierten Controllingsystems als Teil der Produktionsüberwachung. Die standortspezifische Kostenbetrachtung liefert in Verbindung mit dem benchmarkfähigen Kennzahlensystem dafür verwertbare Betriebsdaten. Diese begründen im Rahmen einer Kostenstandardisierung wiederum die Datenbasis der Produktionskostensimulation einer neu geplanten Großschredderanlage (Kapitel 5).

3.2. Kennzahlensystem und Auswertung von Betriebsdaten

Die genannte Mehrstufigkeit des Systems wird über die Verwendung monetärer und nicht-monetärer Kennzahlen dargestellt. Der sogenannte *Key Performance Indicator* (KPI) bildet damit die Grundlage der zielorientierten Datenauswertung am Schredder. Für den Bereich der Anlagen- und Produktionsprozesse werden unter anderem die Zielgrößen Kosten, Auslastung, Verfügbarkeit, Produktivität und Effektivität festgelegt. Kosten sind der Schlüssel aller aufgezählten Zielgrößen und im Aufgabenfeld der Prozesswirtschaftlichkeit, Teil der monetären Betrachtung [4].

Die Auslastung bzw. Verfügbarkeit eines Schredders hat maßgeblichen Einfluss auf die Kosten des hergestellten Produkts. Das Konzept der Gesamtanlageneffektivität (OEE) verfolgt die Darstellung und Klassifizierung ungenutzter Potenziale im Produktionsprozess und wird den nicht-monetären Kennzahlen zugeordnet. Als relative Größe setzt sich die OEE aus dem Produkt von drei Teilkennzahlen zusammen: dem Verfügbarkeits-, Leistungs- und Qualitätsgrad bzw. -faktor. Jede der genannten Teilkennzahlen spiegelt einen Verlustbereich der Anlage wider [3].

3.3. Monetäre Kennzahlen als Kostenstruktur

Die Darstellung der monetären Zahlen im Schredderprozess erfolgt über die Aufschlüsselung der den Verbrauchern zugeordneten Kostenstellen auf die operativen Segmente bzw. Prozesseinheiten der Produktionsanlage (Bild 3).

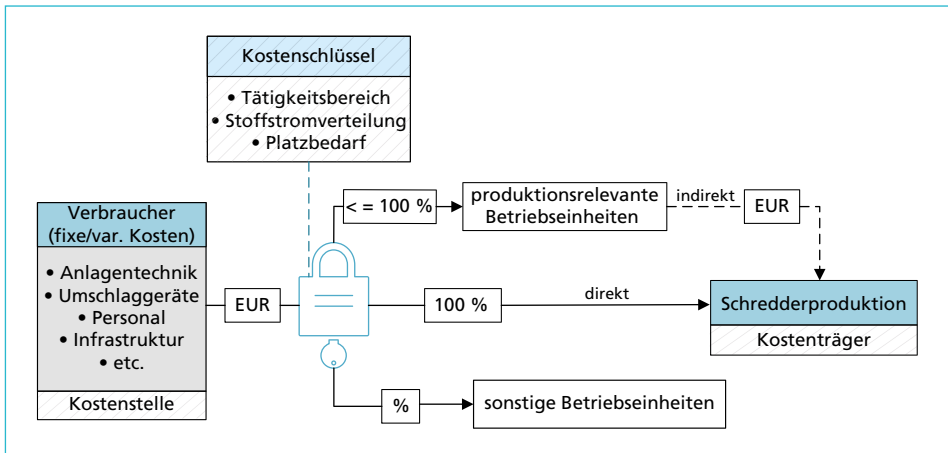


Bild 3: Spezifische Kostenzuordnung im Produktionsprozess

Die Zuordnung der fixen und variablen Kosten kann direkt oder indirekt erfolgen. Für den Kostenträger (hier Schredderproduktion) irrelevante Betriebseinheiten wie beispielsweise NE-Lagerhaltung oder Schneidbrennarbeiten zur Kupolschrottherstellung, werden aus der Kostenbetrachtung ausgeschlossen. Für die Anlagentechnik des Schredders ergeben sich die beschäftigungsabhängigen variablen Kosten ohne die Verwendung eines Kostenschlüssels, direkt aus der Summe der Energie-, Instandsetzung- und Wartungskosten in der betrachteten Periode, im Verhältnis zu den Produktionsstunden der Anlage. Aus der Summe der Abschreibungs-, Zins- und den sonstigen Kosten beziehend auf die Arbeitstage der Produktion innerhalb der betrachteten Periode, bilden sich die fixen Kosten. Die Vorgehensweise der Kalkulation eines Verrechnungssatzes in Abhängigkeit zu der Maschinenlaufzeit (Maschinenstundensatzrechnung) ist in Unternehmen mit hohem Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad sinnvoll [2].

Die Bewertung der Umschlaggeräte und sonstiger (semi-)mobilen Betriebseinheiten wird in äquivalenter Form geführt. Um jedoch die ermittelten Kosten pro Betriebsstunde eines Umschlaggerätes auf die Produktionsstunde der Schredderanlage beziehen zu können, wird ein Umschlagfaktor eingesetzt. Er zeigt auf, wie viele Betriebsstunden ein Umschlaggerät pro Produktionsstunde der Schredderanlage durchschnittlich läuft. Die Berechnung unterliegt der Annahme, dass Betriebseinheiten auch außerhalb der effektiven Produktionszeit des Schredders Arbeiten verrichten, die dem Produktionsprozess dienen.

Personalkosten die auf Grund der Diversifikation des Tätigkeitsbereiches (z.B. Fe-Handel, Administration und Verwaltung) nicht direkt dem Fertigungsprozess oder einer seiner Betriebseinheiten zuzuordnen sind, werden anteilig mittels der Stoffstromverteilung (Bild 3) erfasst. Der Anteil der für den Schredder relevanten Input- und Outputmengen in Bezug auf die Gesamthandels- bzw. Umschlagmenge des Standorts, gibt prozentual den Verrechnungsschlüssel des Verbrauchers vor. Es findet also eine anteilige Verrechnung der Personalkosten nach der Verteilung der Stoffströme statt.

In der Produktionskostensimulation werden die durchschnittlichen variablen und fixen Personalkosten über Fremdpersonal und Festangestellte abgebildet. Personalkosten für Festangestellte gelten ausschließlich als fixe Kosten. Der Einsatz des Fremdpersonals ist stark abhängig vom Produktionsprozess und den nachgelagerten Absatzwegen des Schredderoutput. Die daran gebundene Fluktuation des Fremdpersonals führt zu der Festlegung eines variablen Kostengefüges in Form einer stundenbasierten Lohnstruktur.

Bei der Aufschlüsselung der Infrastrukturkosten wiederum, werden die Kosten für den Produktionsprozess u.a. anteilig auf die durch den Geschäftsbereich eingenommene Fläche umgelegt. Die Diagramme in Bild 4 zeigen beispielhaft auf, wie die prozentuale Verteilung der Kosten an einem Schredderstandort für den Produktionsprozess aussehen kann.

Die variablen Gesamtkosten sind durch die laufende Unterhaltung des Schredders in Form von Instandhaltungs- und Energiekosten geprägt. Zudem ist der Anteil der fixen Personalkosten bei der Anlage verhältnismäßig groß. Ein Anzeichen dafür, dass der Schredder bereits abgeschrieben ist.

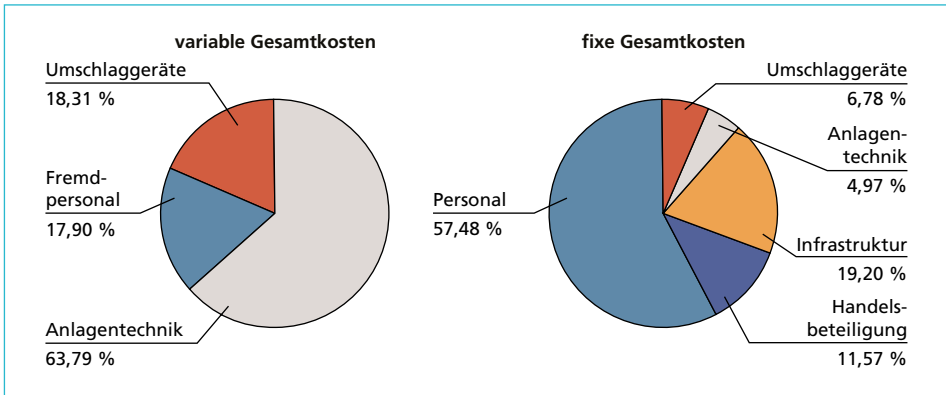


Bild 4: Prozentuale Verteilung der Kosten am Schredder in Bezug auf die betrachteten Verbrauchergruppen

3.4. Nicht-monetäre Kennzahlen als Leistungsmessung

Die bereits im oberen Teil dieser Ausarbeitung (Kapitel 3.2.) genannten nicht-monetären Leistungskennzahlen ergänzen die Kostenermittlung um die Erhebung der Massenströme und helfen die im monetären Ansatz erfassten KPIs zu interpretieren. Ziel ist neben der Erfolgsrechnung des Schredderprozesses, die Ursachenermittlung für eine effiziente oder ineffiziente Verarbeitung der Inputströme zu absatzfähigen Produkten. So wird die Verfügbarkeit der Anlage über Stillstandzeiten und das entsprechende Leistungsspektrum über Durchsätze abgebildet. Die Erfassung von Stillstandzeiten über geplante und nicht geplante Ausfälle ermöglicht eine paretoabhängige Analyse der Ausfallgründe.

Der Qualitätsfaktor steckt u.a. in der prozentualen Verschiebung von werthaltigem Material der Schredderleicht- in die Schwerfraktion. Mit der sortenspezifischen Auswertung der Outputmengen in Bezug zur Inputsorte, wird eine Grundlage geschaffen, um die Qualität der produzierten Stoffströme zu gewichten. Durch die Erfassung der Warenströme ist es möglich periodengerechte Ein- und Verkaufspreise einzubinden. Unter der Voraussetzung fixierter Preise, kann eine unmittelbare Verarbeitung der Einkaufsmengen nach dem Wareneingang in Form von Monochargen sowie mit einer direkt nachgeschalteten Bewertung der Wertstoffzusammensetzung im Produkt, zu einer aussagekräftigen Erfolgsrechnung auf Tagesbasis führen. Zukünftig ist damit ein echter Effekt in der Veränderung der Zusammensetzung des Vormaterials abbildbar. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse wiederum helfen den monetären Einfluss einer Anlagenverbesserung gemäß dem geforderten Stand der Technik zu verstehen und das Risiko bei der Entscheidung über eine Investition zu minimieren.

4. Abbildung des Kennzahlensystems in der Netzwerkstruktur

Auf die Fragestellung, wie in der Zukunft die Wirtschaftlichkeit der Schredderanlage transparent und realitätsnah abgebildet werden kann, um als Betreiber auf die täglich fluktuierenden Anforderungen zu reagieren, ist bereits ein Ansatz geliefert.

Die Herausforderung der Datenerhebung steckt dabei weniger in der Verfügbarkeit, als in der fehlerfreien und kostengünstigen Erfassung dieser Datensätze.

Es gilt den gelieferten KPI-Schredderstandard so in den Produktionsprozess zu integrieren, dass er dem Betreiber die Daten automatisiert zur Verfügung stellt und so wenig Ressourcen, wie möglich bindet. Das Bild 5 zeigt auf, wie eine solche Datenerhebung aussehen kann.

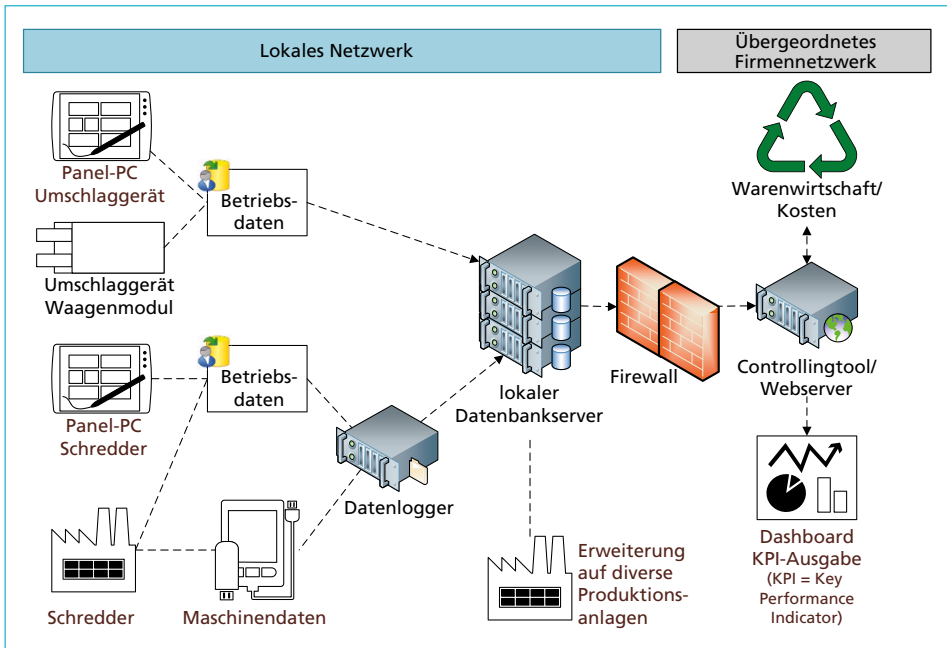


Bild 5: Automatisierte Erhebung von Kennzahlen im Schredderprozess

Die erläuterte Betriebsdatenauswertung (Controllingtool/Webserver) ist von der eigentlichen Datenerfassung entkoppelt und befindet sich außerhalb der lokalen Netzwerkstruktur des Schredderstandortes. Ein zentraler SQL-Datenserver übernimmt die lokal geschriebenen Informationen vom Schredder und seiner Betriebs-einheiten.

Die Daten am Schredder sind weitaus umfangreicher als die für den Produktionsprozess relevanten Datensätze der Umschlaggeräte. Wo ein Radlader primäre Sorten und Mengen ausgibt, liefert der Schredder neben Durchsatzmengen auch Informationen über Betriebszustände und physikalische Kenngrößen – Werte, die eher der Interpretation der nicht-monetären Kennzahlen dienen. In Betriebsbereichen in denen die Möglichkeit einer automatisierten Mengenerfassung (z.B. bei gravimetrischen Bandwaagen) nicht besteht, müssen Tonnagen sortengebunden stationär oder in Form von integrierten Waagenmodulen erfasst werden. Eine Panel-PC im Umschlaggerät ermöglicht die Zuordnung erforderlicher Produktionskennwerte (z.B. Sorten) im Wiegeprozess.

Auf Grund der Redundanz zwischen der lokalen Datenerfassung an der Anlage und der Übertragung an die Auswerteeinheit im übergeordneten Zentralnetzwerk, können die Daten nur eingeschränkt in Echtzeit ausgewertet werden (einmal täglich oder pro Stunde). Eine echtzeitnahe Betrachtung der KPIs ist in Form einer rudimentären Visualisierung als Dashboardlösung bei der Betriebsleitung vor Ort möglich. Wobei auch hier die Firewall Erzeuger- und Auswertesystem voneinander isoliert.

Die Integration aller Kosten erfolgt über eine Schnittstelle im Zentralnetzwerk. Durch die Einbindung bewährter Controllingsoftware zur Steuerung der Warenwirtschaft, ist eine händische Eingabe der Kostensätze und ihrer spezifischen Aufschlüsselung nicht mehr notwendig. Auch die Informationen zu den täglichen Ein- und Verkaufspreisen sowie der Lagerbestandbewertung, können über diese Schnittstelle bezogen werden. Die beschriebene Konstellation macht unter Berücksichtigung der genannten Rahmenbedingungen bei der Produktion des Vormaterials, eine stoffstromorientierte Bewertung von Leistungsparametern an der Schredderanlagen letztendlich erfolgreich.

Das individuell auf die Anforderungen des Unternehmers entwickelte Controllingtool in Form einer Webapplikation innerhalb des bestehenden Firmenportals, ersetzt die officebasierte Arbeitsdatei und bietet vielschichtige Optionen zur Datenauswertung durch z.B. Produktionstagesberichte, eine systematische Berichterstattung an die Geschäftsleitung, oder eine reine Maschinendatenauswertung als Benchmark zwischen den einzelnen Schredderbetrieben. Dabei liegt die Stärke des Systems in ihrer Vergleichbarkeit und bietet Ansätze der gesamtunternehmerischen Standardisierung von Fertigungs- und Handelsprozessen.

Die Gesamtstruktur des beschriebenen Konzepts kommt so einer umfänglichen Geschäftsressourcenplanung (ERP-System) sehr nahe und kann auf weitere Betriebseinheiten, wie Schrottscheren oder Paketpressen etc. erweitert werden.

5. Schredderplanung durch Produktionskostensimulation

Die in Kapitel 4 beschriebene Plattform zur Betriebs- und Maschinendatenauswertung schafft Transparenz im Wertschöpfungsanteil der Anlage. In Hinblick auf die Weiterentwicklung der Unternehmung unter dem Einfluss umweltrechtlicher Veränderungen, ist es sinnvoll die Datensätze aus den geschäftlichen Aktivitäten der letzten Jahre zu berücksichtigen. Über die Zeit gemittelte Kosten und Betriebskennzahlen liefern eine Kalkulationsgrundlage für die Simulation der Zukunft. Die Verwendung der gesammelten Erfahrungswerte ermöglicht die Abbildung diverser, auch standortspezifischer Erfolgsrechnungen. Eine hohe Anpassungsfähigkeit im Markt und die stetige Optimierung der Schreddertechnik, definieren dabei Rahmenbedingungen, die den Spielraum einer Anlageplanung stark einschränken. Der Unterschied in der Einbindung des WT BREF auf nationaler Ebene und daraus resultierenden Wettbewerbsvorteilen zwischen den Anrainerstaaten, bleibt ebenfalls berücksichtigt.

Die geforderte Risikominimierung in der Planung von Neuanlagen funktioniert schlussendlich nur in der Verbindung von Technik und Warenwirtschaft. Es ist notwendig den Effekt des Vormaterials sowohl auf den zukünftigen Absatzkanal zu bewerten,

als auch den Einfluss dieses auf die Emissionen der Schredderanlage zu berücksichtigen. Die etablierte KPI-Auswertung am Großschredder verlangt auf Basis des neuen Anlagendesigns, eine Risikobewertung der stoffstrombasierten Warenwirtschaft über die kommenden 10 bis 15 Jahre. Dabei steht die endgültige Klärung der Investitions- und Stoffstromfrage unter eine Reihe von Herausforderungen.

Das heterogene Vormaterial benötigt bei den hohen Durchsatzleistungen der Anlage ausreichend große Lagerflächen für eine Batchfahrweise. Die Verwertung der Inputströme als Batch bzw. Monocharge zielt auf eine genaue Bewertung der Materialzusammensetzung ab und soll eine kundenspezifische Vergütung der Produkte ermöglichen. Dafür bedarf es einer echtzeitnahen Materialauswertung und Kategorisierung der Outputströme am Schredder. Eine gewinnbringende Preisbildung benötigt eine produktionsseitige Steuerung von Einkaufstätigkeiten, kreative Vertriebsstrategien und eine zentrale Vereinheitlichung der Warenbewegung. Die Form der Erfassung und Auswertung von Betriebs- und Maschinendaten ist als Standard zu leben. Dieser Standard liefert einen einheitlichen Sortenkatalog und verhindert nachgeschaltete Datenbewegungen und Modifikationen.

Die Weiterentwicklung einer Schredderanlage ist damit weitaus komplexer, als die verfahrenstechnische Auslegung des Anlagendesigns. Unter dem Einfluss der genannten Rahmenbedingungen, schließt der Prozess perspektivisch eine Reorganisation des unternehmerischen Denkens mit ein.

6. Fazit und Ausblick

Emissionsrechtliche Veränderungen haben einen starken Einfluss auf den Betrieb und die Weiterentwicklung von Auto-Schreddern im Metall- und Schrottreycling. Sie sind gleichzeitig Überwachungsorgane und Innovationstreiber, reagieren auf ökologische Trends und bieten die Chance der Veränderung altbewährter Strukturen in der Aufbereitung. Solche Veränderungen können dann erfolgreich herbeigeführt werden, wenn der Status Quo einer Unternehmung transparent und bewertbar ist.

Die Systemkonzeptionierung zur Planung von Großschredderanlagen hilft dabei die Brücke zwischen der Bestandstechnik und den Forderungen an das neue System zu bauen. Die Erkenntnisse über heutige Betriebskennzahlen formen einen Baukasten zur Schreddersimulation und erweitern das Verständnis für perspektivische Einflussfaktoren auf Gesetzebene, im Markt und in der Technik. Die automatisierte Erfassung und Auswertung von KPIs an Schreddern ist an dieser Stelle weniger innovativ, als vielmehr ein Aufbruch in neue Strukturen, mittels der Anwendung bewährter Technik der Industrie 4.0. Herausforderungen zeichnen sich folglich eher in der Zusammenführung bestehender Systeme, wie Maschinenteknik, Produktionscontrolling, Warenwirtschaft und IT-Infrastrukturen ab, als in der Entwicklung neuer Technologien zur Datenerhebung per se.

Die ermittelten Zahlen zeigen heute bereits, dass die prognostizierten Investitionsvolumina, unter dem Einfluss der emissionsrechtlichen Forderungen, weit über der bewährten Kalkulationsgrundlage der vergangenen Jahrzehnte liegen und allein aus

dieser Prämisse heraus das Verständnis um den Schredder in Deutschland neu ordnen werden. So gilt es in Zusammenarbeit mit den Behördenvertretern Lösungen zu finden, die ökologische Auflagen auch ökonomisch und sozial gestalten und damit den Betrieb der betrachteten Recyclinganlagen weiter attraktiv machen.

7. Literatur

- [1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft). Entwurf Stand 16.07.2018
- [2] Daum, A.; Greife, W.; Przywara, R.: *BWL für Ingenieurstudium und -praxis*. 3. Auflage. Wiesbaden: 2018 Springer Vieweg, 2018, S. 99, 100, 115-117
- [3] Focke, M.; Steinbeck, J.: *Steigerung der Anlagenproduktivität durch OEE-Management. Definitionen, Vorgehen und Methoden – von manuell bis Industrie 4.0*. Wiesbaden: Springer Gabler, 2018, S. 12-15
- [4] Gottmann, J.: *Produktionscontrolling. Wertströme und Kosten optimieren*. Wiesbaden: Springer Gabler, 2016, S. 18-21, 47, 48
- [5] Krafczyk, T.; Goldmann, D.: *Der Einfluss von umweltrechtlichen Änderungen auf die Weiterentwicklung von Schredderanlagen*. Clausthal-Zellerfeld: GDMB, 2018, *World of Metallurgy – ERZMETALL* 71, No. 4, S. 214-220
- [6] Pinasseau, A.; Zerger, B.; Roth, J.: *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018

Ansprechpartner



Torben Krafczyk, M.Sc., B.Eng.
TSR Recycling GmbH & Co. KG
Technischer Leiter Region Südwest
Technik
Lagerstraße 25
68169 Mannheim, Deutschland
+49 152-01619543
t.krafczyk@tsr.eu

Weitere beteiligte Institutionen

Technische Universität Clausthal,
Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Stephanie Thiel • Olaf Holm • Elisabeth Thomé-Kozmiensky
Daniel Goldmann • Bernd Friedrich (Hrsg.):
Recycling und Rohstoffe – Band 12

ISBN 978-3-944310-46-6 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Dr.-Ing. Olaf Holm
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2019

Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Dr.-Ing. Olaf Holm,
Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.

Erfassung und Layout: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, Claudia Naumann-Deppe,
Janin Burbott-Seidel, Ginette Teske, Sarah Pietsch, Roland Richter,
Cordula Müller, Gabi Spiegel

Druck: Beltz Grafische Betriebe GmbH, Bad Langensalza

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk-sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.