

Abschlussbericht

zum Vorhaben

SEO - Stofflich-energetische Optimierungsanlage für D-Hölzer

NKa3 - 003183

Zuwendungsempfänger/-in

Westerwälder Holzpellets GmbH

Umweltbereich

Ressourcen und Klimaschutz

Laufzeit des Vorhabens

26.07.2016 - 31.12.2019

Autor/-en

Markus Mann

Jörg Thielmann

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

Datum der Erstellung

17.06.2020

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA: 90030/51	Projekt-Nr.: NKa3 - 003183
Titel des Vorhabens: SEO - Stofflich-energetische Optimierungsanlage für D- und FK-Hölzer	
Autor/-en (Name, Vorname): Mann, Markus Thielmann, Jörg	Vorhabenbeginn: 26.07.2016 Vorhabenende (Abschlussdatum): 31.12.2019
Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift): Westerwälder Holzpellets GmbH Schulweg 8-14 57520 Langenbach	Veröffentlichungsdatum: Seitenzahl: 57
Gefördert im BMUB-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit.	
Kurzfassung: Mit der SEO-Anlage können als nicht sägefähig geltende Rundhölzer, die in der Forst- und Sägewirtschaft als D- und FK Hölzer bezeichnet werden, stofflich verwertet werden. Bisher wurde dieses Holz in Form von Holzpellets nur der energetischen Verwertung zugeführt. Dieses Vorhaben ermöglicht in der Verpackungsindustrie teilweise D- und FK-Hölzer zu nutzen.	
Schlagwörter: D- und FK-Hölzer, nicht sägefähige Rundhölzer, Optimierung der Ressourceneffizienz der Holznutzung, Holz für Verpackungsindustrie	
Anzahl der gelieferten Berichte Papierform: Elektronischer Datenträger:	Sonstige Medien: Veröffentlichung im Internet geplant auf der Webseite:

Report Coversheet

Reference-No. Federal Environment Agency: 90	Project-No.: NKa3 - 003183
Project title: SEO - Stofflich-energetische Optimierungsanlage for D- and FK-quality logs means a production, which optimizes the use of D- and FK-quality logs: first as a material for the packaging industry and after that energetically.	
Author/Authors (Family Name, First Name): Mann, Markus Thielmann, Jörg	Start of project: 26.07.2016 End of project: 31.12.2019
Performing Organisation (Name, Address): Westerwälder Holzpellets GmbH Schulweg 8-14 57520 Langenbach	Publication Date: No. of Pages: 57
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety.	
Summary: With the SEO-Plant we built a production facility which is able to saw D- and FK-Logs (normally not used for sawing) to give them an additional material use in the packaging industry before they are used regularly energetically (for example for the production of wood pellets).	
Keywords: Optimizing of resources, additional material use	

Inhaltsverzeichnis

I	Tabellenverzeichnis.....	4
II	Abbildungsverzeichnis.....	5
III	Abkürzungsverzeichnis.....	6
1.	Einleitung	7
1.1.	Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner.....	7
1.2.	Ausgangssituation	9
2.	Vorhabenumsetzung.....	13
2.1.	Ziel des Vorhabens.....	13
2.2.	Technische Lösung: Auslegung und Leistungsdaten.....	15
2.3.	Umsetzung des Vorhabens	23
2.4.	Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)	29
2.5.	Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten	29
2.6.	Konzeption und Durchführung des Messprogramms.....	30
3.	Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung.....	31
3.1.	Bewertung der Vorhabendurchführung	31
3.2.	Stoff- und Energiebilanz.....	35
3.3.	Umweltbilanz	41
3.4.	Wirtschaftlichkeitsanalyse	44
3.5.	Erfahrungen aus der Praxiseinführung	48
3.6.	Modellcharakter/Übertragbarkeit	49
4.	Zusammenfassung	51
5.	Summary	53
6.	Literaturangaben	55

I Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Auszeichnungen der MANN Gruppe.	
Tabelle 2 - Übersicht der Güteklassen in der Holzproduktion.	11
Tabelle 3 - Stoff- und Energiebilanz 2018.	36
Tabelle 4 - Störungen/Stillstandszeiten (01.03.2018 - 30.06.2018).	38
Tabelle 5 - Stoff- und Energiebilanz 2019.	40
Tabelle 6 - Stoff- und Energiebilanz Veränderungen.	40
Tabelle 7 - Ladevolumen pro LKW.	41
Tabelle 8 - Einsparung Fahrweg in Mio. km	42
Tabelle 9 - Festholzverwertung.	42
Tabelle 10 - Gewicht und Ladevolumen.	43
Tabelle 11 - Einsparung Fahrweg und CO2.	43
Tabelle 12 - Zusätzliche Einsparung	43
Tabelle 13 - Projektbezogene Kosteneinsparungen durch Synergieeffekte im Pelletwerk.	44
Tabelle 14 - Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.	
Tabelle 15 - Geplanter Deckungsbeitrag ohne und mit Synergieeffekten.	47
Tabelle 16 - Investitionskosten für Nachahmer.	50

II Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Luftbild des Standorts Langenbach.	7
Abbildung 2 - Abschnitt 1: Anlieferung.	15
Abbildung 3 - Abschnitt 2: Rundholzsortierung, Ultraschall- und 3D-Vermessung.	16
Abbildung 4 - Abschnitt 3: Definition geeigneter Chargen.	17
Abbildung 5 - Abwurfboxen auf dem Rundholzsortierplatz.	17
Abbildung 6 - Abschnitt 4: Profilieranlage mit Doppelkopf-Rundstabfräsmaschine.	18
Abbildung 7 - Integrierter Hacker mit Aufgabebereich.	19
Abbildung 8 - Stufenförderer und Querförderer für die Zuleitung zur Sägelinie.	19
Abbildung 9 - Einzug zur Rundstabfräse.	20
Abbildung 10 - Einzug in (links), Auszug aus der Profiliermaschine (rechts).	20
Abbildung 11- Auszug aus der Storti Vielblattkreissäge.	21
Abbildung 12 - Sortierstrang zur KALLFASS Stapelanlage.	21
Abbildung 13 - Ausgabe Schnittholzpakete mit Umreifungsvorrichtung.	21
Abbildung 14 - Abschnitt 5: Vereinzeln und Stapeln/Nachschnitt.	22
Abbildung 15 - Dimension der Prozesskette aus der Vogelperspektive (vom runden Stamm zum Fertigerzeugnis).	23
Abbildung 16 - Aufbau des Ultraschallprüfgerätes von Dr. Hasenstab	24
Abbildung 17 - Ultraschalluntersuchung eines Teststammes.	24
Abbildung 18 - Ergebnisse der Ultraschalluntersuchung.	25
Abbildung 19 - Holzsappe der Firma Stihl.	26
Abbildung 20 - Luftaufnahme von der Baustelle zum Zeitpunkt der Flächenvorbereitung aus dem Herbst 2016 (links), Luftaufnahme August 2017 (rechts).	27
Abbildung 21 - Rundstabfräse Wema Probst.	28
Abbildung 22 – Stark ausgefranztes Rundholz während der Ultraschallprüfung.	32
Abbildung 23 - Lernkurve der Optimierungsarbeiten.	34
Abbildung 24 - Schnittbilder eines Stammes mit 140mm Durchmesser.	34
Abbildung 25 - Täglich erfasste Materialbilanz der SEO-Anlage vom 12.06.2020.	37
Abbildung 26 - Täglich erfasste Stillstandzeiten der SEO-Anlage vom 12.06.2020.	39

III Abkürzungsverzeichnis

C-Holz	Holz mit den Eigenschaften: astig, krumm
D-Holz	Holz mit den Eigenschaften: stärkere Krümmung, starkastig, faul
ECS	Energiecontrolling-System
FK-Holz.....	Industrieholz schlechte Qualität (Brennholz)
FM.....	Festmeter
KVH-Holz.....	Konstruktionsvollholz
MD	Mittendurchmesser
RHP	Rundholzplatz
Srm	Schüttraummeter
t atro.....	Tonne auf Trockenmasse (0% Wassergehalt)
t lutro.....	Tonne lufttrocken

1. Einleitung

1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner

Die Westerwälder Holzpellets GmbH ist Mitgestalter der Energiewende in Deutschland und ist von der Konkurrenzfähigkeit der Holzpellets gegenüber fossilen Brennstoffen überzeugt. Holz ist ein regenerativer Energieträger und ermöglicht eine CO₂-neutrale Energieerzeugung. Holzpellets haben den Nischenmarkt mittlerweile verlassen. Die stetige Zunahme von Pelletheizungen befördert einen Marktausbau, auf dem das Unternehmen für einen langfristigen Erfolg gut positioniert ist.

Das Unternehmen ist bereits über die bloße Pelletierung von Sägemehl hinaus zur direkten Verarbeitung von Waldholz übergegangen. Mit der erfolgten Umsetzung der SEO-Anlage wurde das Unternehmen nicht nur unabhängig von externen Sägemehl-/ Hackschnitzellieferungen, sondern hat sich ein zusätzliches Standbein durch die Herstellung von Schnittholz erarbeitet.

Im Dezember 2019 beschäftigt das Unternehmen 56 Vollzeitkräfte und 27 Aushilfskräfte und erzielte im zurückliegenden Geschäftsjahr einen Umsatz in Höhe von 17,8 Mio. EUR.

In Abbildung 1 ist der Standort in Langenbach aus der Vogelperspektive zu sehen.



Abbildung 1 - Luftbild des Standorts Langenbach.

Das Unternehmen kann auf folgende Meilensteine zurückblicken:

- 1925** – Gründung eines Fuhrbetriebs zum Transport von Baustoffen durch Emil Mann.
- 1991** – Gründung der MANN-Windenergie KG, die sich mit der Erzeugung elektrischer Energie aus der Windkraft beschäftigt.
- 1994** – Gründung der MANN-Naturenergie GmbH & Co. KG. Sie erzeugt elektrische und thermische Energie aus Biomasse. Zertifizierung nach DIN EN ISO 9002 durch SVG-Zert.
- 1999** – Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an der motorischen Nutzung von gebrauchten Frittierfetten zur Energieerzeugung auf pflanzlicher und tierischer Basis.
- 2000** – Gründung der Westerwälder Holzpellets GmbH gemeinsam mit: Graf Hatzfeldt (Schloss Crottdorf), Bohn GmbH (Schwalmtal) und der Labee Group (NL-Moerdijk).
- 2001** – Genehmigung des Pflanzenöl BHKW nach 4.BImSchV 1.4c Spalte 2. Inbetriebnahme des Motorenheizkraftwerkes auf der Basis von gebrauchtem Frittierfett.
- 2001** – Inbetriebnahme des neuen Pelletierwerkes am Standort Langenbach.
- 2002** – Inbetriebnahme einer zweiten Pelletpresse im Produktionswerk/ Langenbach.
- 2005** – Gemeinsam mit dem Sägewerk I. van Roje gründet die Westerwälder Holzpellets GmbH eine neue Gesellschaft zur Produktion von Holzpellets: Die Energiepellets Oberhonnefeld GmbH.
- 2010** – Inbetriebnahme des Pelletwerks der gemeinsamen Tochtergesellschaft „Energiepellets Hosenfeld GmbH“ im Hessischen Hosenfeld.
- 2011** – Inbetriebnahme der größten Pelletheizzentrale Zentraleuropas in Ayent-Anzère/Schweiz.
- 2017** – Inbetriebnahme der SEO-Anlage zur stofflichen und energetischen Optimierung von als nicht sägefähig deklariertem Holz.

Tabelle 1 enthält die Preise und Auszeichnungen, die in den letzten Jahren an die Unternehmen der MANN Gruppe überreicht wurden.

Jahr	Auszeichnung
1998	Umweltpreis des Landes Rheinland-Pfalz
2001	Innovationspreis der Wirtschaftsjunioren Westerwald-Lahn
2002	Umweltpreis des Westerwaldkreises
2002	Wuppertaler Energie- und Umweltpreis des Wuppertaler Institutes für Klima, Umwelt und Energie
2003	Umweltpreis Innovative Energietechnologie des BUND
2008	Deutscher Solarpreis von EUROSOLAR
2010	Innovationspreises Wärmemarkt
2012-2015	MANN Strom – Ökotest (1. Rang)
2014	Umweltpreis der Verbandsgemeinde Bad Marienberg

Tabelle 1 - Auszeichnungen der MANN Gruppe.

1.2. Ausgangssituation

Die stoffliche Nutzung von Holz ist der energetischen Nutzung immer vorzuziehen, alleine deswegen, weil Holz am Ende seiner stofflichen Nutzung immer noch energetisch verwertet werden kann. Gleichzeitig ist zu beobachten, dass der Holzeinschlag effizienter genutzt werden kann, da gegenwärtig beispielsweise bei Laubhölzern nur 30% des Gesamtrohholzes stofflich verwertet werden (Frommhold, 2013).

Der forstwirtschaftliche Rundholzverkauf basiert auf der Klassifizierung von Hölzern nach Länge, Durchmesser und Qualität. Die dabei entschiedensten Qualitätskriterien beziehen sich bei Rundhölzern auf das Vorhandensein und Anzahl von Faulstellen und Beschädigungen sowie krummer Wuchs oder andere natürlich vorkommende Fehler im Holz. In Abhängigkeit von diesen Kriterien wird das zu verarbeitende Holz in Säge-, Industrie- und Energieholz unterteilt. Für die Sägeindustrie wird nur sogenanntes "flüssig gewachsenes Holz" genutzt, das möglichst geringe Krümmungen und wenige Äste aufweist. Holz, das nicht den Qualitätskriterien entspricht oder eine Länge von weniger als 2,50 m aufweist, wird als D- Holz bezeichnet und in die Brennstoffproduktion gegeben. Eine Sortierung dieses Sortiments nach Holzart, Stärkeklasse oder Ausmaß der Beschädigungen wurde bisher nicht durchgeführt (Frommhold, 2013; Land Brandenburg, 1995)

In den folgenden Absätzen wird aus Gründen der Vergleichbarkeit einheitlich der Terminus D- und FK-Holz verwendet, auch wenn nach regionalem Sprachgebrauch die Begriffe D-Holz{ XE "D-Holz" \t "Holz mit den Eigenschaften: stärkere Krümmung, Sstarkastig, faul" } und FK-Holz{ XE "FK-Holz" \t "Industrieholz schlechte Qualität (Brennholz)" } (faul und krank) unterschiedlich verwendet werden. Bei dieser Güteklasse handelt es sich um Stammholz, dessen grobe Fehler eine Einstufung in die Güteklassen A, B und C ausschließen. Diese Güteklassen charakterisieren bestimmte Fehler im Holz, wie z. B. eine

starke Krümmung, Rot- und Weißfäule über mehr als ein Drittel des Stammquerschnittes, Zusammentreffen von grober Astigkeit und grober Abholzigkeit, d. h. zahlreiche Äste von über 12 cm Durchmesser und sprunghafte Abnahme des Stammdurchmessers über 5 cm/lfd. m treten gemeinsam auf. Eine verkürzte Übersicht der verschiedenen Güteklassen kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Güteklasse	Qualitätskriterien	Ausprägung
A	Hohe Qualität, Sägeholz, Wertholz	Gesund; geradschaftig; vollholzig; ohne Drehwuchs; ast- oder fast astfrei
B	normale Qualität	<p>Buchs: höchstens 10% zulässig</p> <p>Drehwuchs: bis MD 29 cm weniger als 5 cm, ab MD 30 cm weniger als 7 cm zulässig</p> <p>Jahrringbreite: im Schnitt maximal 7 mm, (gilt nicht für Douglasie)</p> <p>Fäule / Verfärbung: unzulässig</p> <p>Harzgallen: ein Stück größer 4 cm oder zwei Stück 1 cm bis 4 cm je Stamm zulässig</p> <p>Insektenbefall: Bockkäfer, Holzwespe und Lineatus unzulässig</p> <p>Stirnseitige Risse: im Ausmaß der Überlänge zulässig</p> <p>Krümmung: einfach bis 15% mehrfach bis 7% der Pfeilhöhe zulässig</p> <p>Säbelwuchs unzulässig</p> <p>Ringschäle: zulässig ab 40 cm MD höchstens 15%</p>
B/C	Mischgüte	Stamm besteht in der Regel aus einem unteren Abschnitt mit Qualität der Güte B und einem oberen Stück mit Qualität der Güte C
C	Astiges und krummes Holz	<p>Fauläste: unzulässig</p> <p>Buchs: höchstens 40% zulässig, bei grobastigen mit mehr als 5 Harzgallen 33%</p> <p>Drehwuchs: bis zu einem MD bis 29 cm weniger als 8 cm, bei einem MD ab 30 cm weniger als 10 cm zulässig</p> <p>Fäule: unzulässig</p>

		<p>Harzgallen: 5 Stück größer 2 cm/ Sichtfläche oder 8 Stück größer 2 cm auf den Sichtflächen/ Stamm</p> <p>Insektenbefall: Bockkäfer, Holzwespe und Lineatus unzulässig</p> <p>Krümmung: einfach 15% - 20% (25% bei Doppellängen) mehrfach 7% - 10% (12% bei Doppellängen) Ringschäle: höchstens 30% Risse: stirnseitige Risse im Ausmaß der doppelten vorhandenen Überlänge Verfärbung: unzulässig; beginnende oberflächliche Verfärbung zulässig</p>
C/D, BBL	Blaues, krummes, astiges oder Käferholz	<p>Rundholz minderer Qualität, das noch für den Sägeverschnitt geeignet ist und Merkmale aufweist, die in der Güteklasse C nicht zulässig sind.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bockkäfer und Holzwespe sind vereinzelt zulässig - Lineatus ist zulässig - Weichfäule ausgeschlossen - einfache Krümmung bis 32%
D	Teilnutzholz: stärkere Krümmung, starkastig, faul	<p>Beschaffenheit der Mantelfläche entspricht zwar mindestens der Güteklasse B, weist jedoch nagelfeste Braun- oder Weißfäule (Hartbräune) auf => kann als Stammholz noch zu 40% gewerblich genutzt werden auf 75% des Durchmessers der Stirnfläche (radial gemessen) begrenzt.</p>
FK (Mischgüte)	Industrieholz schlechte Qualität (Brennholz)	<p>Stark anbrüchig, grobastig und krumm. Stammtrockenheit, Verfärbung, Bohrlöcher und Harzlachten über 4 cm Überwallungshöhe enthalten</p>

Tabelle 2 - Übersicht der Güteklassen in der Holzproduktion.

Die Hauptschwierigkeit der Güteklasse D und FK liegt darin, die Kriterien zu bestimmen bis zu welchem Punkt ein Stamm oder Stammteil noch stofflich rentabel zu nutzen ist bzw. noch eine zu mindestens 40% gewerblich Verwendbarkeit vorliegt. Dies ist nur eine mögliche Art der Klassifizierung und ist stark abhängig von dem weiteren Verwendungszweck. Dies zeigt auch eine industrietypische Definition in der Holzverarbeitung. Nach dieser Definition kann die untere Qualitätsgrenze von D- und FK-Holz auch dort angesetzt werden, wo sich das Holz wegen seiner Qualität d. h. starker Krümmung oder Fäule, mit der Säge in Längsrichtung nicht mehr rationell bzw. nicht mehr in wirtschaftlich brauchbare Produkte zerlegen lässt. Das dürfte der Fall sein, wenn z.B. die Krümmung über 10 cm Pfeilhöhe je lfd. m hinausgeht. Die Pfeilhöhe ist dabei als die Differenz zwischen der Mittellinie des Stammes und der gedachten Referenzgeraden definiert. Daraus ergibt sich, dass sich die Krümmung eines Stammes mit zunehmender

Pfeilhöhe erhöht.

Die Erfahrung der Sägebranche hat gezeigt, dass die Nutzung von D- und FK-Hölzern nicht mehr wirtschaftlich ist, da bisher die Ausbeute bei diesen Holzarten deutlich unter den erforderlichen 55-60% liegt, welches der Ausbeutesatz von klassischen Sägewerken in Bezug auf das Erreichen von Rentabilität ist. In einer SEO-Anlage wird dieser Umstand ausgenutzt um eine Teilklasse des einzusetzenden Holzes zu bilden. Diese neugebildete Klasse unterteilt das Holz der Klasse D und FK, welches gegenwärtig lediglich aus wirtschaftlichen Gründen nicht der stofflichen Nutzung zugeführt wird, weiter in die industrielle Nutzung in z.B. der Verpackungsindustrie oder in die energetische Verwertung. Bezogen auf die in den Produktionskreislauf insgesamt eingegangene Rundholzmenge ist die Schnittholzausbeute deutlich geringer. Die Holzabfälle werden in der Pelletproduktion verwendet.

Dieses Vorhaben hat in mehrfacher Hinsicht ökologische und ökonomische Vorteile:

1. Eine stoffliche Nutzung von ursprünglich für die energetische Nutzung vorgesehenen D- und FK-Hölzer substituiert den ursprünglichen stofflichen Holzbedarf für Baustoffe oder Paletten und verbessert damit die gesamtwirtschaftliche Effizienz der stofflichen Holznutzung.
2. Eine Nutzung von am Markt günstig erhältlicher D- und FK-Hölzer eröffnet eine neue Einnahmequelle für insbesondere Sägewerke mit einer Produktionsmenge <75.000 FM{ XE "FM" \t "Festmeter" } pro Jahr.
3. Eine bessere Ausnutzung des tatsächlichen Einschlagsergebnisses ermöglicht eine regionale Nutzung von Holzbeständen und geringere Transportdistanzen.

2. Vorhabenumsetzung

2.1. Ziel des Vorhabens

Im Zuge der Umsetzung der neuartigen SEO-Anlage plant die Westerwälder Holzpellets GmbH im Kern die stoffliche Nutzung von bisher nicht stofflich nutzbarem Holz sowie die damit einhergehenden Umweltschutzwirkungen zu realisieren. Im Folgenden sind die einzelnen Teilziele des vorliegenden Entwicklungsprojektes aufgeführt.

Sägefähigkeit kurzer Hölzer

Zur Verarbeitung von kürzeren Hölzern, die Längen von kleiner als 1,10 m besitzen, ist ein getaktetes Verfahren vorgesehen. Diese kurzen Hölzer sind bisher durch Sägewerke aufgrund der zu hohen Kräfte, die an der Profilierlinie auftreten nicht bearbeitbar. Bei der Verwertung von D- und FK-Hölzern ist es notwendig, eine möglichst hohe Flexibilität in der Verarbeitung von kurzen Hölzern zu erhalten, da Schadstellen auch mehrfach entlang des Stammes auftreten. Dadurch muss der Stamm in variable Segmente aufgeteilt werden. Die bisherigen Inputlängen von 2,50 m sind für das SEO-Verfahren zu unflexibel. Durch eine neuartige Verfahrensordnung, ist die stoffliche Verwertung dieser Hölzer möglich.

Logistikoptimierung im Wald

Durch die neuartige SEO-Anlage soll zudem eine Optimierung der Logistik der Waldarbeiten realisiert werden. Fuhrunternehmen legen aktuell mehrfach dieselbe Entfernung zurück, um unterschiedliche Holzqualitäten einzusammeln, was auch als „Sternfahrt im Wald“ bezeichnet wird. Dies ist bisher notwendig, um die eine Holzsegmentierung nach Qualität und Art durchzuführen. Am Standort der SEO-Anlage soll nun ein sogenanntes „Mischpolter“ angeliefert werden. Als Polter oder Mischpolter wird gesammeltes und sortiertes Lang- oder Kurzholz bezeichnet, dass nach der Holzernte auf einem Sammelplatz bereitliegt und von dort weiterverarbeitet werden kann. An diesem Polter soll dann entsprechend der verschiedenen Verarbeitungswege die Sortierung erfolgen. Verwertungsmöglichkeiten bestehen anschließend in der Profilier- und Sägelinie, dem Pelletierwerk und dem bereits vorhandenen Biomasse Heizkraftwerk, sodass weitere Logistikwege nahezu vermieden werden können. Ein weiterer Vorteil ist, dass Minderfrachtzuschläge entfallen, wodurch Kosteneinsparungen für Waldbesitzer entstehen sollen. Diese Mindestfrachtzuschläge resultieren aus der selektiven Waldwirtschaft in Deutschland. Es werden nur bestimmte Bäume aus dem Wald entnommen, was zu gemischten Sortimenten in den Poltern führt. Durch den herkömmlichen Bedarf von Sägewerken nach hochqualitativem Langholz, kommt es bei der Abholung durch Zulieferer häufig zu einer nicht ausgelasteten Fahrt der LKW. Um dennoch kostendeckend arbeiten zu können, verlangen Transportunternehmen häufig von den Waldbesitzern einen Minderstfrachtzuschlag. Durch die Nutzung der SEO-Anlage wird dieser umgangen, da Holz jeder Güteklasse sowie Länge angeliefert werden kann.

Effizientere Transportwege

Vor diesem Vorhaben bezogen lokale Palettenproduzenten, nach eigenen Angaben, einen Großteil des Materials aus dem Baltikum und Russland. Ein Teilbedarf soll nach Projektabschluss durch dieses Vorhaben abgedeckt werden. Dadurch wird die Importabhängigkeit von Russland und dem Baltikum produziertem Verpackungsholz reduziert.

Innovatives US-Messverfahren

Ein weiteres Ziel der SEO-Anlage ist der Einsatz eines innovativen Ultraschall-Messverfahrens am Rundholzsortierplatz. Das zu implementierende Verfahren soll mittels Ultraschall Holzart und -güte sowie Faulstellen innerhalb des Holzes erkennen und den Stamm dem jeweils optimalen Weiterverarbeitungsweg: Zur stofflichen Verwertung in der Säge, als Rohstoff für die Pelletproduktion im Hacker oder zur thermischen Verwertung im Kraftwerk zugeführt werden.

Kombination der Sägemaschinen

Die Verarbeitung von allgemein als nicht sägefähig geltendem Holz (D-, FK-Hölzer) ist in „klassischen“ Sägewerken in dieser Form nicht möglich. Die dortigen Maschinen sind im Optimalbetrieb auf größere Holzlängen und bessere Holzqualitäten eingestellt. Abweichungen können zu Ausschuss oder Schäden an den Maschinen führen, was wie oben beschrieben die Wirtschaftlichkeit in Frage stellte. Ziel der SEO-Anlage ist es deshalb, durch eine innovative Kombination verschiedener Maschinen- und Anlagenteile eine Sägelinie aufzubauen, die D- und FK-Hölzer verarbeiten kann.

Kaskadennutzung - Zweiter Lebenszyklus von zur energetischen Verwendung vorgesehenem D- und FK-Holz

Die in der SEO-Anlage zum Einsatz kommenden D- und FK-Hölzer werden bislang einer energetischen Verwertung zugeführt. Durch die Verarbeitung in der SEO-Anlage soll ein Teil dieses Holzes als Verpackungsholz der Palettenherstellung zugeführt werden. Einer energetischen Verwertung kann die Palette nach der Nutzung zugeführt werden. Somit wird die Wertschöpfung verlängert und das Material effizienter genutzt.

Vereinzelung von Hölzern

Die in der Anlage produzierten Bretter werden nicht stapelweise, sondern vereinzelt weitergegeben, da die Verarbeitung von D- und FK-Hölzern entlang der gesamten Prozesskette nicht vollständig fehlerfrei erfolgt. Daher muss der Prozess "entscheidungsfähig" und dynamisch gehalten werden, damit die Bretter vor der Stapelung aussortiert werden können, sollten Schad- oder Faulstellen in vorgeschalteten Prozessschritten nicht erkannt werden. Die Vereinzelung der Bretter ist ebenfalls eine Neuheit und wird so in Deutschland nicht in diesem Zusammenhang praktiziert. Entscheidende Neuerung ist die verfahrbare Kette im Kettenförderer.

Zusätzliche CO₂-Speicherung des nicht gefällten Holzes

Unter der Annahme, dass das in der SEO-Anlage hergestellte Schnittholz in der Verpackungsindustrie Holzmenge besserer Qualitäten substituiert, verbleibt das nicht entnommene Holz länger im Wald. Als Lebensdauer von einer Palette können erfahrungsgemäß 6 Jahre angesetzt werden. Das im Wald belassene Holz ermöglicht zusätzlich Kohlendioxid (CO₂) zu speichern, denn die Bäume nehmen CO₂ aus der Atmosphäre auf und verwandeln es letztlich in Biomasse. Neben den Bäumen ist auch der Waldboden ein kohlenstoffreiches Substrat. Berechnungen zeigen, dass die deutschen Wälder in ihrer oberirdischen Biomasse eine Kohlenstoffmenge von rund 993 Mio. Tonnen bevorraten, hinzu kommen 156 Mio. Tonnen in unterirdischer Biomasse, vor allem den Wurzeln, und 20 Mio. Tonnen im Totholz. Somit wirkt der

Wald in Deutschland derzeit als Senke und entlastet die Atmosphäre jährlich um rund 52 Millionen Tonnen Kohlendioxid (Umweltbundesamt, 2014).

Bei der Bekämpfung des Treibhauseffekts spielt der Wald also eine entscheidende Rolle. Durch die SEO-Anlage kann Holz, welches in herkömmlichen Anlagen nur noch als Brennholz (Güteklasse D- und FK) verwendet werden kann und somit das gespeicherte CO₂ wieder in die Atmosphäre abgibt, in langfristig bestehende Produkte umgewandelt werden. Je mehr D- und FK-Holz verwendet werden kann, desto mehr CO₂-Emissionen können verhindert werden: der so genannte „Substitutionseffekt“. Ein herkömmliches Sägewerk verwendet bisher ausschließlich C-Holz für die Produktion von Verpackungsmaterialien. Durch das freiwerdende zusätzliche C-Holz ergeben sich positive Auswirkungen auf die Umwelt, da dieses Holz in anderen Bereichen mit einer langfristigeren Speicherung verwendet werden kann, wie z.B. im Haus- oder Möbelbau.

Entsprechend der zuvor gemachten Annahme verbleibt C-Holz über durchschnittlich 6 Jahre länger im Wald (Schramm & Co GmbH Paletten und Verpackung, 2015) und wird erst gefällt, wenn die alte Palette (die Berechnung von Konstruktionsvollholz, kurz KVH-Holz{ XE "KVH-Holz" \t "Konstruktionsvollholz" }, würde eine noch deutlich höhere Summe ergeben) ersetzt wird. Pro Jahr kann eine Speicherung von 20 kg CO₂ pro Tonne Holz angesetzt werden (Kottmeier & Schipper & Hackenbruch, 2012). Über 6 Jahre ergeben sich damit pro Tonne Holz 120 kg CO₂-Speicherung.

2.2. Technische Lösung: Auslegung und Leistungsdaten

Der erste Abschnitt des technischen Lösungsweges (Abbildung 2) beschreibt die Anlieferung des Polderholzes am Werkseingang. Hier wird in einer ersten Qualitätskontrolle mittels Waage und Sichtung eine Vorsortierung der angelieferten Ware durchgeführt. Hölzer welche selbst unter Nutzung der SEO-Anlage nicht im Stande sind weiter verarbeitet zu werden, müssen aussortiert und der nachgelagerten Prozesskette zugeführt werden. Diese Hölzer können dann dem werkseigenen Kraftwerk zugeführt oder für die Pelletproduktion verwendet werden.

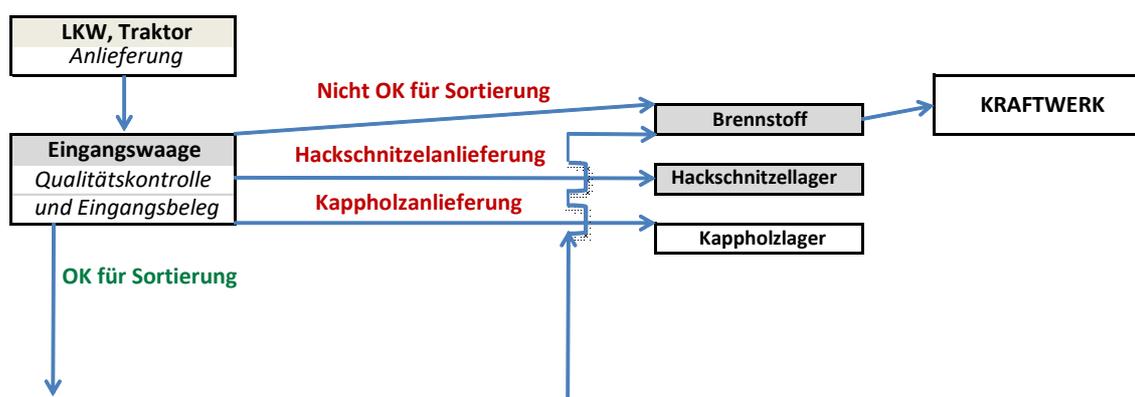


Abbildung 2 - Abschnitt 1: Anlieferung.

Im nachfolgenden Abschnitt 2 (Abbildung 3) wird der innovative Teil des Prozesses dargestellt. Auf einen Rundholzsorrierplatz mit Aufgabebisch werden die Stämme einzeln nach Länge- und Durchmesser sortiert. Nach der Entrindung bestimmt eine kontaktierende Ultraschallprüfeinheit (Details siehe Kapitel 3.1) die Holzart und Faulstellen der Länge nach. Dies ist insbesondere wichtig, da die Faulstellen von

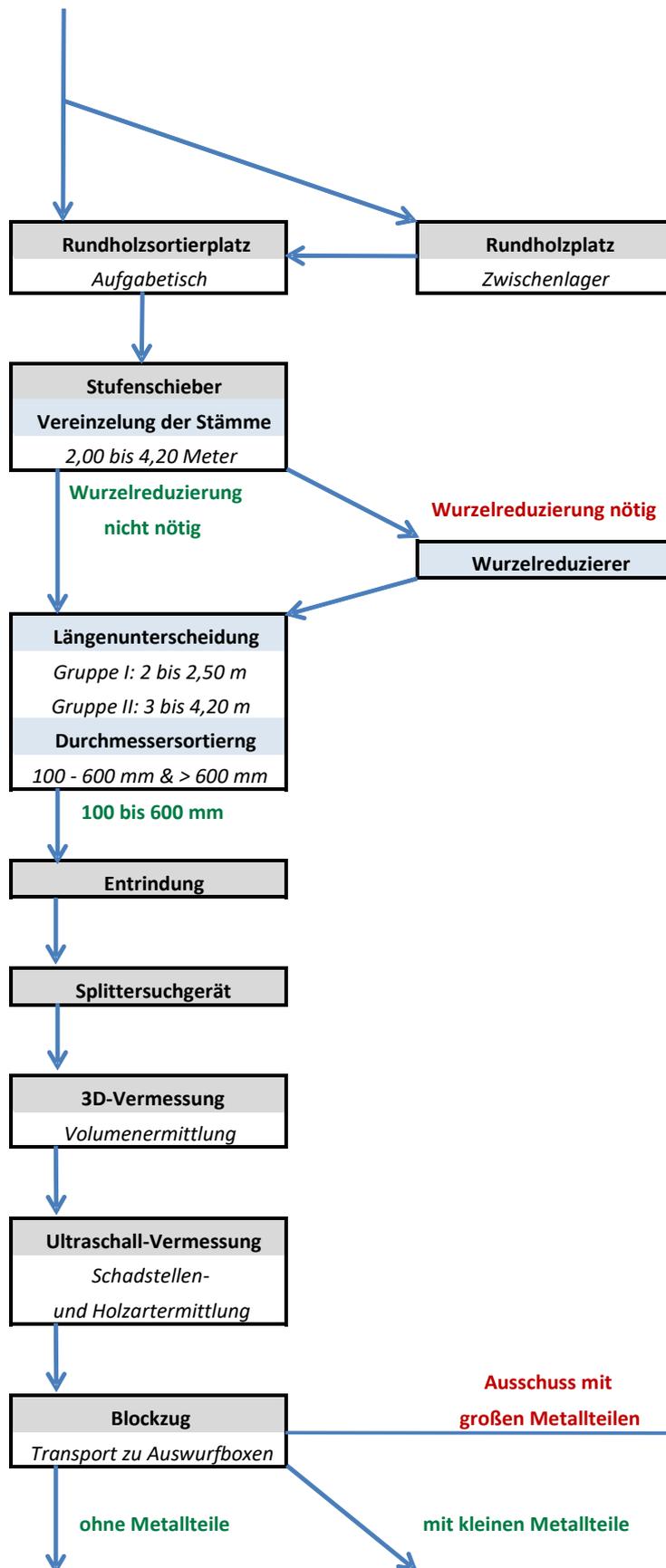


Abbildung 3 - Abschnitt 2: Rundholzsortierung, Ultraschall- und 3D-Vermessung.

außen optisch nicht feststellbar sind. Bisher werden derartige Ultraschallprüfungen in der Substanzbewertung von Holzelementen in Bauwerken eingesetzt. Mit dem Einsatz der geplanten Ultraschallprüfungen könnte somit ein Stammdurchsatz von mehr als 50 m/min erzielt werden, was es erlaubt die Holzqualität auf der Förderstraße in Echtzeit zu analysieren. Dies stellt ein absolutes Novum in der Holzverarbeitenden Industrie dar und kann die Produktion maßgeblich erhöhen. Die Implementierung eines solchen Systems wurde über die Projektlaufzeit genau untersucht und für die aktuelle SEO Anlage erprobt. Die dabei entstandenen Problemstellungen werden in den folgenden Abschnitten noch genauer dargelegt. Die Machbarkeit von Ultraschalluntersuchungen an Holzteilen wurde durch die Bundesanstalt Materialprüfung, Berlin-Dahlem, Laboratorium für technologische Holzuntersuchung aufgezeigt. Am Markt verfügbare Ultraschallköpfe sollen dabei zum Einsatz kommen. Die Anpassung muss allerdings für taktzeitgetreue Untersuchung von Holzstämmen erfolgen, welche durch die Sägemaschinen vorgegeben ist. Es müssen dabei auch neue Datenübergabeformate definiert werden.

Ferner müssen die Daten von Ultraschallbildern an die übergeordnete Produktionsplanung übergeben und sinnvoll in den Produktionsablauf integriert werden. Da eine kontaktierende Messung ohne Kontaktmedium (z.B. wasserbasierte Gele) geplant ist, müssen geeignete und standardisierte Kontaktverfahren in der Produktion erprobt werden. Vor allem muss die Frage beantwortet werden,

wie der Ultraschallkopf aufgesetzt werden kann – in welchen Stammabschnitten z.B. gemessen wird, da eine kontinuierliche Messung nicht möglich ist. Wichtig ist ferner die Kalibration der Schallköpfe für gute Messergebnisse. Dafür müssen die Fäulnisstellen anhand von Bildern definiert werden. Für die Bestimmung der Holzart muss die Schallgeschwindigkeit im Holz möglichst genau gemessen werden. Daher ist an dieser Stelle die genaue Kontrolle von Einflussfaktoren nötig. Diese Vermessung und Volumenermittlung soll mit einer speziellen Software und dem intern entwickelten Messsystem der Firma ALFHA durchgeführt werden.

Allerdings sind für dieses Messsystem Anpassungen aufgrund Schnittstellen zur Ultraschallmessung erforderlich. An der Stelle des Sortierstranges kann ein RFID-Detektor installiert werden, damit mit dem Forstamt/ Holzlieferant eine qualitätsorientierte Abrechnung erfolgen kann.

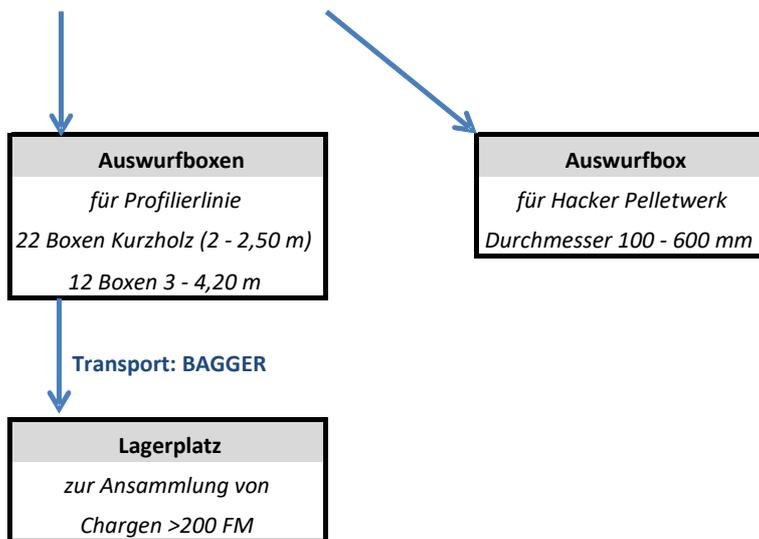


Abbildung 5 - Abschnitt 3: Definition geeigneter Chargen.

In Abschnitt 3 (Abbildung 4) werden dann die geeigneten Chargen definiert und in sog. Abwurfboxen (Abbildung 5) gesammelt. Die Herausforderung ist dabei, in der wirtschaftlichen Produktion passende Chargengrößen zu ermitteln und diese so vorzubereiten, dass möglichst wenig Anlagenleerzeit realisiert wird. Zu kleine Chargen lasten die Maschinen nicht maximal aus, wohingegen eine zu große Charge zu einer Aufstauung in den Abwurfboxen führt. Dies schmälert die geplante Wirtschaftlichkeit des Projektes. Sägewerke nach

aktuellem Stand der Technik können sich dabei auf eine sehr viel höhere Standardisierung des Inputs verlassen. Von diesen Sägewerken können lediglich im Wald vorsortierte (anhand z.B. Sauberkeit, Güte oder Länge) homogene Chargen verarbeitet werden. Die neuartige SEO-Anlage kann im Gegensatz dazu



Abbildung 4 - Abwurfboxen auf dem Rundholzsortierplatz.

ein breites Spektrum an Hölzern aufnehmen und wirtschaftlich verarbeiten. Die taktneutrale Vorbereitung der Chargen ist daher ein wichtiger wirtschaftlicher Teilprozess des Gesamtvorhabens. Es wird allerdings eine deutlich höhere Lagerkapazität und flexiblere Lagerprozesse als bei anderen Sägewerken benötigt.

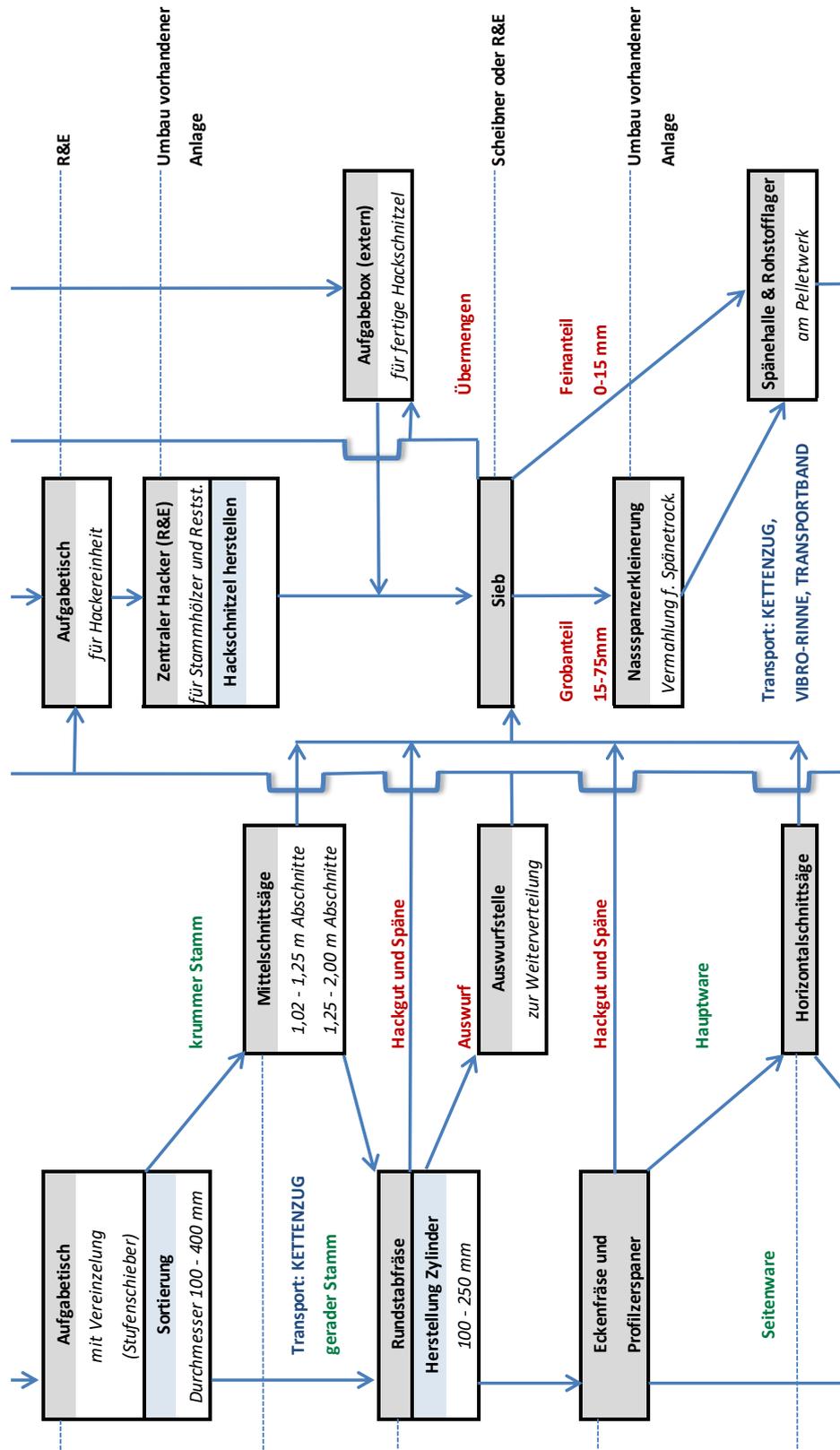


Abbildung 6 - Abschnitt 4: Profileranlage mit Doppelkopf-Rundstabfräsmaschine.

Die Abbildung 6 ist zweigeteilt zu betrachten. Der rechte Teil dieser Abbildung (Aufgabetisch mit Hackereinheit und nachfolgende Arbeitsschritte) ist bereits im Unternehmen vorhanden und kann daher in die geplante Produktionslinie integriert werden. In Abschnitt 4 werden die Hölzer mittels Bagger, Radlader oder Kran vom LKW auf den Querförderer abgelegt und von dort dem Stufenförderer zugeführt. In der Abbildung 7 ist der integrierte Hacker zu sehen, in Abbildung 8 der Stufen- und Querförderer.



Abbildung 7 - Integrierter Hacker mit Aufgabetisch.



Abbildung 8 - Stufenförderer und Querförderer für die Zuleitung zur Sägelinie.

Der Stufenförderer in Abbildung 8 liefert die Hölzer und transportiert diese einzeln weiter in den Einzugstrog. Von dort gelangen die Hölzer über einen Kegelrollgang in die Kappsäge Typ KSA 400, die einen Einzugstrog mit einem verstellbaren Anschlag zum mittigen Kappen besitzt. Die gekappten Hölzer gelangen weiter über einen höhenverstellbaren Einzugstrog in die Rundstabfräsmaschine Typ RHM 250-II-H/SO. Dort werden Sie auf den jeweils vorgewählten Durchmesser rundgefräst.



Abbildung 9 - Einzug zur Rundstabfräse.

Die rundgefrästen Hölzer werden weiter über einen höhenverstellbaren Rollgang mit Auswurf rechts in die kombinierte Profilier- und Sägemaschine Typ PSM 250 transportiert. Hier werden die Hölzer profiliert und bei Bedarf die Seitenbretter abgetrennt.



Abbildung 10 - Einzug in (links), Auszug aus der Profiliermaschine (rechts).

Von der PSM 250 werden die Hölzer durch eine Transportkette mit seitlichem Abwurf übernommen, der entstandene Rohling, welcher auch als Model bezeichnet wird, wird weiter transportiert und die seitlichen Bretter abgeworfen. Das Model läuft weiter und wird über den Rollgang mit glatten Rollen der Vielblattkreissäge Typ DW-R/35 zum horizontalen Zuschneiden zugeführt und dort zu Brettern verarbeitet.



Abbildung 11- Auszug aus der Storti Vielblattkreissäge.



Abbildung 12 - Sortierstrang zur KALLFASS Stapelanlage.

Von dieser gelangen die Hölzer auf ein Förderband mit zusätzlichen Ketten mit Vereinzelung der Deck- und Bodenbretter und weiter über ein Förderband zum Ansammeln auf Kettensträngen der Stapelmaschine. Die Seitenbretter, welche im Prozessverlauf abgeworfen wurden, gelangen ebenso über ein Förderband auf die Kettenstränge der Stapelmaschine.



Abbildung 13 - Ausgabe Schnittholzpakete mit Umreifungsvorrichtung.

In Abschnitt 5 (siehe Abbildung 14) werden die Schnittholzsortimente in einer Stückzahl von 150 Stück je Minute vereinzelt, sortiert, geschnitten und gestapelt. In diesem Verfahren ist eine Vereinzelung notwendig, um eine nachgelagerte Qualitätskontrolle zu ermöglichen. Übergabestellen und Förderketten werden dabei speziell angepasst und mit Rückhaltesystemen optimiert.

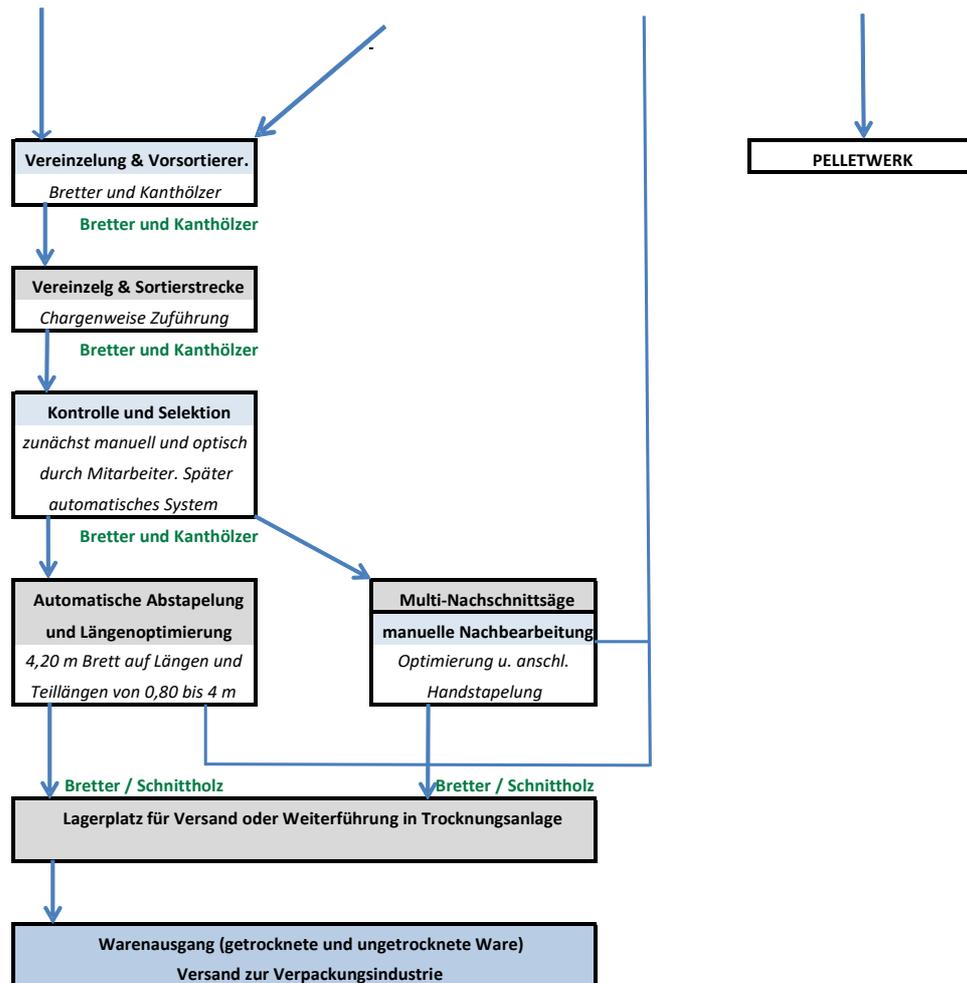


Abbildung 14 - Abschnitt 5: Vereinzelung und Stapelung/Nachschnitt.

Durch die Kombination einer Mittelschnittsäge mit einer Rundstabfräse z.B. von der Firma Wema Probst kann der verwendete Holzeinzug deutlich kleinere Stücke von bis zu 1,02 m aufnehmen und den nachfolgenden Prozessen somit zuführen. Die Mittelschnittsäge teilt dabei den Stamm mittig. Durch diesen Schnitt wird die oben beschriebene Pfeilhöhe des Stammes geringer, was somit die Krümmung verringert und dadurch die Bearbeitung durch die Rundstabfräse erleichtert und die Ergebnisse verbessert. So kann selbst aus sehr „krummen“ Stämmen immer noch ein beachtlicher Teil von Schnittholz gewonnen werden, welches in der Wertschöpfung die höchsten Umsätze erzielt.



Abbildung 15 - Dimension der Prozesskette aus der Vogelperspektive (vom runden Stamm zum Fertigerzeugnis).

2.3. Umsetzung des Vorhabens

Nach intensiven Vorplanungs- und Entwicklungsarbeiten in Kooperation mit verschiedenen Sägewerken im europäischen Ausland fiel am 26. Juli 2016 der Startschuss für das SEO-Projekt.

Im Anschluss an die Planungsphase erfolgte die Auswahl und Bestellung der Maschinen und Anlagen sowie die Beauftragung der Tief- und Hochbauer für die Herstellung der Lager-, Hallen- und Gebäude-technik. Spatenstich war im frühen Herbst 2016, nachdem alle behördlichen Genehmigungen vorlagen.

Der Rundholzplatz und die Implementierung der Ultraschallprüfung?

Nach Abschluss der Betonier- und Asphaltierarbeiten wurden im Zeitraum Januar bis Mai 2017 die Komponenten für den Rundholzsortierplatz vom Lieferanten BSI-Winter geliefert und montiert. Die Holzabwurfboxen wurden von der Firma Lehde geliefert und ebenfalls montiert. Parallel dazu wurde versucht die Ultraschallmessung wie in Kapitel 2.2 beschrieben, zu implementieren.

Dabei wurden Versuche zur Ultraschallmessung mit verschiedensten Stammhölzern durchgeführt, mit dem Ziel ein Verfahren zur zerstörungsfreien Untersuchung von Baumstammteilen zu implementieren. Hierfür wurde das freie Ingenieurbüro Dr. Hasenstab GmbH beauftrag eine Möglichkeit der zerstörungsfreien Untersuchung mittels Ultraschalls zu entwickeln. Dr. Hasenstab befasste sich insbesondere mit der Implementierung der entwickelten Software auf einem geeigneten Hardwaresystem, sowie die ideale Ausstattung des Ultraschallmesskopfes, damit die gewünschte Funktionsweise im Betrieb manuell getestet werden kann.

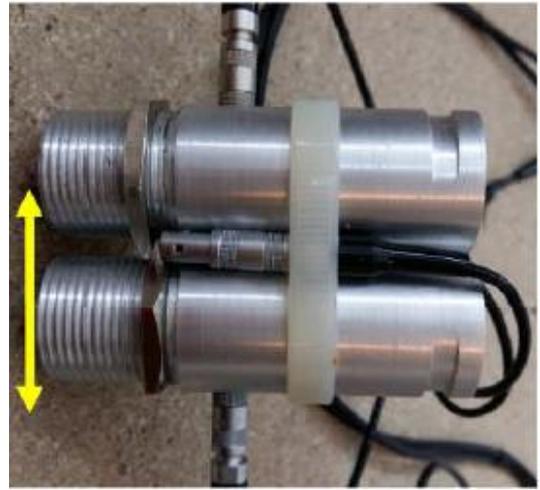


Abbildung 16 - Aufbau des Ultraschallprüfgerätes von Dr. Hasenstab

Leider zeichnet sich derzeit ab, dass erfolgreiche Tests und die automatisierte Einbindung des Messverfahrens in den Rundholzsortierstrang wirtschaftlich nicht durchgeführt werden können. Aktuell liegen noch keine industriell nutzbaren Ergebnisse von Dr. Hasenstab vor. Dies resultiert auch durch die kontaktgebundene Messmethode der Ultraschallmessung.



Abbildung 17 - Ultraschalluntersuchung eines Teststammes.

Um zuverlässige Ergebnisse liefern zu können, muss der Prüfkopf alle 50 cm auf den Stamm aufgesetzt werden. Hierfür müsste die Förderstraße angehalten werden und die Maschinen im On-Off-Betrieb arbeiten, was einen extremen Verschleiß mit sich bringen würde. Dadurch wird der Prozess gestört und eine Wirtschaftlichkeit ist nicht mehr gegeben, obwohl wie in Abbildung 20 zu sehen, die Ergebnisse der Methode vielversprechend sind.

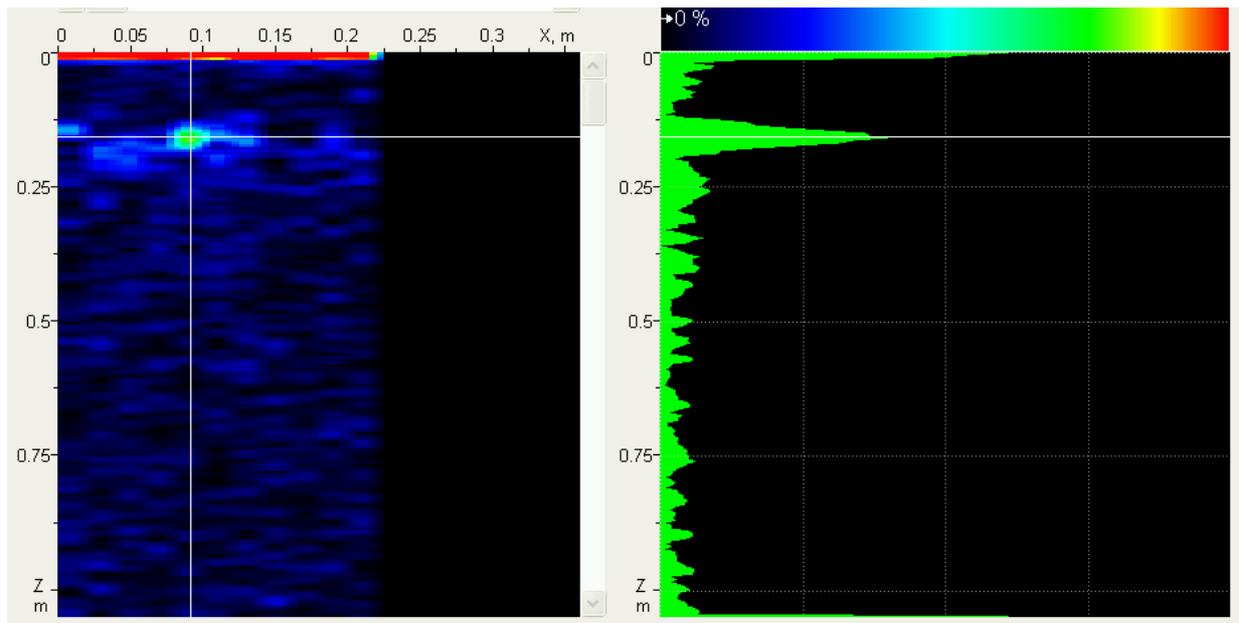


Abbildung 18 - Ergebnisse der Ultraschalluntersuchung.

Alternative technische Möglichkeiten zur Rundholzsortierung

Aufgrund der Schwierigkeiten in der Entwicklung des Ultraschallverfahrens haben wir uns nach alternativen Verfahren erkundigt. Die Produktionssituation sieht wie folgt aus:

Monatlich werden 80.000 bis 90.000 Holzabschnitte über die Rundholzsortierung vermessen, entrinde und sortiert. Für den Maschinenführer offensichtliches Schadholz, welches ungeeignet für den Sägeprozess ist, wird in die „Hackerbox“ abgeworfen und als Rohstoff für die Pellets verwendet. FK-Holz mit Kernfäule und keiner Nagelfestigkeit wird inklusive Rinde in die „Kraftwerksbox“ befördert. Dieses Holz dient dann als Energieträger in unserem Biomasse-Heizkraftwerk.

Es hat sich bei dem Betrieb der Sägelinie von Wema – Probst gezeigt, dass die Rundstabfräse recht gut auch mit schadhaftem Holz zurechtkommt. Nachgeschaltet zur Rundstabfräse kommt die Profiliermaschine, welche aus dem Rundling die Bretter und Kanthölzer schneidet. Wenn man in die Profiliermaschine ein faules Stück Holz einbringt, kommt es zu Störungen im Produktionsablauf. Daher ist es nach inzwischen mehr als 30 Monaten Sägebetrieb üblich, dass die Maschinenführer durch eine visuelle Kontrolle die Entscheidung fällen, ob der Stamm zwischen Rundstabfräse und Profilierung ausgeworfen wird oder ob man sich zutrauen kann, den Stamm weiter aufzuschneiden. Diese optische Kontrolle des sauberen Zylinders hat sich als gut nutzbar gezeigt und der Ablauf soll nun weiter automatisiert werden.

Als Alternative hierzu hat sich gezeigt, dass die Maschinenführer mit einem „Sappi“ (Abbildung 19) auf den Stamm klopfen und schon am Geräusch erkennen, ob man diesen störungsfrei sägen kann oder nicht.



Abbildung 19 - Holzsappe.

Aus dieser Erfahrung haben wir folgende Lösungsansätze zur weiteren Optimierung unserer Produktion erarbeitet:

Kamerasystem zur Spektralanalyse (Fa. Woodcare Solutions GmbH, A-Zeltweg)

Bei diesem alternativen Konzept soll im Ausgangsbereich der Rundstabfräse eine Spektalkamera installiert werden, die anhand der Oberflächenstruktur auf der Kopfseite und an den Seitenflächen des Holzabschnittes eine Schadenshöhe ermitteln kann und dann den Rundling auswirft, bevor dieser in die nächste Maschine läuft. Dies geschieht in mehreren Schritten. Zum einen wird der Stamm vorvermessen und seine Dimensionen genau ermittelt. Hierfür werden übliche Kamerasysteme verwendet, welche auch in anderen Industrien ihre Anwendung finden. Nach der Bearbeitung durch die Wurzelanlauffräse wird der Stamm entrindet und dann anschließend mit der 3D Vermessungstechnik der Firma Jörg Elektronik vermessen. Dieses spezielle Verfahren ermöglicht es Unebenheiten und Unregelmäßigkeiten im Stammverlauf zu erkennen und Rückschlüsse auf die Qualität des Holzes liefern. Anhand dieser Ergebnisse wird dann die passende Sägemaschine für die weitere Bearbeitung ausgewählt. Bei der geplanten Anwendung dieses Verfahrens können die Hölzer selektiv bearbeitet werden, was zu einer höheren Auslastung der Maschinen führt und gleichzeitig den Verschleiß mindert, da nur passende Hölzer verarbeitet werden.

Diese Systeme werden heute bei hochwertigen Hölzern verwendet (Sortierung von Parkett, Rohholz für Leimholz etc.) Das Verfahren erkennt Risse, Äste und Fäulnis, jedoch nur an der Oberfläche. Im Bereich der Frischholzverarbeitung kommt dieses Verfahren unseres Erachtens bislang noch nicht zur Anwendung und ist daher hoch innovativ. Der Vorteil dieser berührungslosen Holzanalyse ist der Einsatz direkt im Produktionsablauf. Hierbei reduzieren wir massiv die Anzahl der zu untersuchenden Stammabschnitte, denn nur der erfolgreich gefräste Holzabschnitt wird analysiert. Somit werden pro Monat anstelle 80.000 bis 90.000 Abschnitten am Rundholzplatz lediglich 50.000 bis 60.000 gefräste Abschnitte im Sägeprozess untersucht. Erste Laborversuche fanden im Frühjahr Sommer 2019 mit den von uns zu verarbeitenden Holzzyklindern statt. Bei diesen Versuchen sollte die Praxiserfahrung aus dem Scannen von flachen Oberflächen bei Schnittholz auf den Rundling angepasst werden.

Pro Kamera rechnen wir mit einem Investitionsvolumen von 60 bis 80 T EUR. Diese Investitionssumme umfasst dabei das Messsystem selbst, die Integration in die Produktionskette, sowie der Schulung der Mitarbeiter. Allerdings muss sich erst in der Praxis zeigen, ob eine Kamera für die Prüfung ausreichend ist oder eine zweite Kamera zusätzlich installiert werden muss.

Wir rechneten mit dem Vorliegen der Untersuchungsergebnisse im Herbst 2019, jedoch erwies sich die Zusammenarbeit mit der Firma Woodcare in dieser Angelegenheit als nicht zielführend. So konnte uns

auch nach mehrfacher Nachfrage sowohl in finanzieller Sicht als auch für die Umsetzung zu erwartender Zeithorizont kein aufschlussreiches Konzept vorgelegt werden. Die weitere Entwicklung dieses alternativen Systems haben wir vor diesem Hintergrund vorerst eingestellt.

Alternativsysteme per akustischer Rückkoppelung. (Fellner Engineering GmbH, A-3002 Purkersdorf)

Die Kernkompetenz von der Fa. Fellner besteht in der akustischen Laufüberwachung von Sägewerksmaschinen. Wenn ein Sägeblatt ermüdet und an die Lastgrenze kommt, entstehen Frequenzen, die das Verfahren von der Fa. Fellner erkennen kann. In der Industrie wird hier von einem singenden Sägeblatt gesprochen. Durch das Erfassen der verschiedenen Frequenzbereiche, können damit Rückschlüsse auf die Qualität der Säge, sowie des Holzes gezogen werden. Sobald eine definierte Frequenz erreicht wird, wird im aktiven Sägebetrieb die Vorschubgeschwindigkeit automatisch zurückgenommen, damit eine dauerhafte Überlast verhindert wird und schließlich das Sägeblatt nicht zerstört wird. Die Technik der akustischen Überwachung kann auch für die Qualitätserkennung von Rundholz eingesetzt werden. Durch die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwellen in verschieden dichten Materialien, kann mittels einer Laufzeitmessung die Qualität der Stämme bestimmt werden und somit eine Sortierung des sägefähigen Holzes erreicht werden. Da bei diesem Verfahren jeder Stamm einzeln und mehrfach „angeklopft“ werden muss, möchten wir das Verfahren erst nachgelagert zu dem Wood Care System im Detail betrachten. Da aus unserer Sicht beide oben beschriebenen Alternativen in zeitlicher als auch finanzieller Sicht aktuell nicht wirtschaftlich umgesetzt werden können, wird die Entwicklung eines alternativen Systems für das vorliegende Förderprojekt mit mehr umgesetzt. Eine Weiterentwicklung des Systems für zukünftige Innovationsvorhaben ist allerdings aus unserer Sicht denkbar und auch realisierbar.

Hallen- und Gebäude

Witterungsbedingt verzögerten sich im Winter 2016/2017 die Tiefbauarbeiten, so dass die Hallenbauer (HS Hallenbau, Wengenroth) mit einer Verspätung von ca. 8 Wochen mit den Arbeiten an der Produktions- und Spänehalle beginnen konnten. Die Spänehalle wurde im Januar 2017 und die SEO-Halle im August 2017 fertiggestellt.



Abbildung 20 - Luftaufnahme von der Baustelle zum Zeitpunkt der Flächenvorbereitung aus dem Herbst 2016 (links), Luftaufnahme August 2017 (rechts).

Maschinen und Anlagen

Die Sägelinie der Firma Wema Probst wurde im Zeitraum Juli bis August 2017 aufgebaut und in Betrieb genommen. Die Abstapelung der Firma Kallfass wurde im Zeitraum Mai bis Juli 2017 aufgebaut. Die Filteranlage zur Späneabsaugung der Firma NESTRO wurde im Zeitraum Juli bis August 2017 installiert. Die

Förder- und Zerkleinerungstechnik der Firma Rudnick & Enners wurde im Zeitraum Juli bis August 2017 errichtet.

Wema Probst (Rundstabfräse – Horizontalschnittsäge)

Der Einsatz einer neuartigen Rundstabfräse zur Verarbeitung sehr kurzer Stämme < 1,10m in einem getakteten Verfahren hat zu mehreren Problemen geführt. Hier stellte sich insbesondere die Inbetriebnahme als größte Herausforderung dar. Das Unternehmen lieferte die Anlage anstelle Mai 2017, erst im August 2017. Unter Hochdruck wurde dann montiert, damit im September 2017 das erste Holz geschnitten werden konnte. Bis zum 31.10.2018 hat das Unternehmen eine Vielzahl von Soft- und Hardwareproblemen noch nicht gelöst. Markus Mann war im engen Austausch mit der Geschäftsleitung von Wema Probst. Jedoch wurden alle Optimierungsmaßnahmen nur sehr zeitverzögert umgesetzt und dauerten dadurch extrem lang. Eine Vielzahl von Optimierungsmaßnahmen mussten durch Techniker der Westerwälder Holzpellets GmbH selbst konstruiert und umgesetzt werden.



Abbildung 21 - Rundstabfräse Wema Probst.

Es hat sich herausgestellt, dass insbesondere die Förderaggregate vom Aufgabetisch bis zur Rundstabfräse mit dem nicht flüssig gewachsenen Holz Probleme haben. Vor allem das Verhaken und Verkanten auf dem Stufenförderer musste unter Kontrolle gebracht werden. Hierfür wurde die Kette, die die Stämme bewegt, mit zusätzlichen Zähnen und zusätzlichen Sensoren/Steuertechnik versehen. Ursprüngliche Vertragszusagen (Vorschubgeschwindigkeit sowie Holzförderfähigkeiten im Sägestrang) wurden durch Wema Probst nicht eingehalten. Beispielsweise wurde eine Vorschubgeschwindigkeit von 30 m/min bei Hölzern mit einem Durchmesser von 150mm zugesagt; tatsächlich sind es allerdings nur 15 bis 17 m/min. Sobald der krumme und bucklige Holzabschnitt zu einem standardisierten Zylinder geformt ist, sind die Abläufe wesentlich unkomplizierter. Die Maschinen müssen immer gleiche Stämme bearbeiten.

In der Profilierung wird dann der runde Zylinder zu einem Holzmodel geformt und auch schon 2-4 Bretter als Seitenware hergestellt. Hierbei kam es immer wieder zu Blockaden. Wema Probst hatte unter anderem falsch ausgelegte Sägeblätter geliefert und im Werkzeugsatz vorgeschrieben. Bei einer höheren Vorschubgeschwindigkeit, sowie unterschiedlichen Holzarten kam es bei den Sägeblättern immer wieder zu akuter Überhitzung, was letztendlich zu einem Ausfall der Maschine führte. Es wurde die Erfahrung gemacht, dass eine andere Sägeblattdimension zu geringerer Wärmeentwicklung führte und somit auch weniger Blockaden eintraten. So konnten die Stillstands- und Ausfallzeiten erheblich reduziert werden.

In der Horizontalschnittsäge „Storti“ wird das Holzmodel dann in Kanthölzer und Bretter geschnitten. Die Übergabe der unterschiedlich breiten Deck- und Bodenbretter funktionierte zunächst nicht flüssig, da sich die Deckbretter beim Abtransport regelmäßig verklemmten. Dies resultierte hauptsächlich aus der Stammgeometrie. Nach der Bearbeitung durch die Horizontalschnittsäge entstehen sieben Bretter mit exakt gleichen Dimensionen (zwei oben, drei in der Mitte und zwei unten). Die restlichen Deck- und Bodenbretter unterscheiden sich aufgrund der verschiedenen Güteklassen sowie Geometrien der Stämme in ihren Abmessungen. Durch die ursprüngliche Konstruktion mit zwei einzelnen schmalen Kettenförderbändern, gab es bei unterschiedlichen Dimensionen Verzögerungen in der Aufnahme, welche zu einem Aufstauen und somit zu einem Stopp der Prozesskette führten. Im Mai 2018 wurde daraufhin eine Konstruktionsänderung durchgeführt. Hier wurden in Handarbeit durch einen lokalen Maschinenbauer und Spengler, die idealen Abmessungen für den Rollengang angepasst, sodass nun die Hauptware störungsfrei abtransportiert werden kann. In der Folge konnten die Stillstandszeiten maßgeblich reduziert werden. Es verbleibt jedoch der Kettenförderer zur Übergabe der Hauptware an die Sortier- und Stapelanlage. Dieses Aggregat war nach Ansicht von Westerwälder Holzpellets GmbH falsch konzipiert und wurde Ende September 2018 auf eigene Initiative umgebaut. Im Wesentlichen handelt es sich um eine stabilere Ausführung, die auch unter Spannung stehendes Holz zuverlässig fördert und eine Brettrennung im Bereich der Hauptware und Deckbrett ordentlich gewährleistet. Ursprünglich waren zwei einfache Förderketten (Monoketten) verbaut, die durch eine Triplex-Kette ersetzt wurde.

2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Für die Errichtung der SEO-Anlage wurde eine Baugenehmigung eingeholt, welche im Juli 2016 vorlag. Die Spänehalle wurde seitens der Behörde als Änderung der bestehenden Anlage zur Herstellung von Holzpresslingen (z.B. Holzpellets, Holzbriketts) gesehen. Für deren Errichtung war die Einholung einer rechtsgültigen BImSchG-Genehmigung (auf Grundlage des §§ 16 i.V.m. 4 ff des BImSchG in der derzeit geltenden Fassung in Verbindung mit Nr. 6.4 des Anhang 1 der 4. BImSchV) erforderlich, die im Juni 2016 vorlag.

2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Folgende Daten werden zur Erfolgskontrolle erfasst und ausgewertet:

- Input Werkseingang Rundholz in RM
 - o Davon FM (angegeben in %) zur Pelletproduktion; wird aus der Mengenzahlung errechnet
 - o Davon FM (angegeben in %) zur Rundholzsortierung auf den Rundholzsortierplatz; wird auf den Rundholzplatz gemessen und protokolliert
 - Davon zur Sägelinie

- Davon zur Pelletproduktion
 - Davon zum Weiterverkauf¹
- Abgleich Umrechnungsfaktor RM zu FM (Umrechnungsfaktor RM zu FM: 0,62 -0,65)
- Output Werksausgang in FM
 - Der Output der Sägelinie in Form von Schnittholz wird in Kubikmetern monatlich über die Bestandsveränderungen und die Verkaufsmengen erfasst.
- Produktionskennzahlen:
 - Energieverbrauch Pelletwerk (elektrisch): Der Energieverbrauch innerhalb des Unternehmens wird über verschiedene Messpunkte und einer Software ECS{ XE "ECS" \t "Energiecontrolling-System" } (Energiecontrolling-System) des Netzbetreibers erfasst. Dabei haben die einzelnen Betriebsbereiche (Pelletwerk, Absackhalle, SEO-Anlage u.v.m.) einzelne Messpunkte, so dass die Verbräuche an elektrischer Energie über Lastgänge im 15-Minuten-Takt automatisch erfasst werden.
 - Energieverbrauch SEO-Anlage (elektrisch): Siehe obige Ausführungen zum ECS.
 - Produktionsmengen Pelletwerk: Werden ebenfalls über die ECS-Software viertelstündlich erfasst (Differenz zwischen Stapelholz und RM = Volumen für Pelletes)

2.6. Konzeption und Durchführung des Messprogramms

Mit einer Messlatte erfolgt eine manuelle Volumenmessung des angelieferten Rundholzes bei Anlieferung einer jeden LKW-Ladung. Mithilfe des Durchmessers der Rundhölzer und der definierten Länge kann damit das Volumen angenähert berechnet werden. Daraus ergibt sich die Messeinheit Raummeter (RM). Aufgemessen wird jede LKW-Ladung der Qualität D/FK-Holz auch werksintern als Energieholz bezeichnet.

Die Rundholzladungen der besseren Qualität „Palette“, also C/D-Holz im Übergang oder C-Holz werden über den Rundholzplatz werkseingangsvermessen und mit dem Lieferanten abgerechnet.

Die angelieferten Rundholz mengen werden im Folgenden über den Rundholzplatz entrindet, vermessen und nach Stärkeklassen sortiert und dem jeweiligen Verwendungszweck (Sägelinie, Hacker für Pelletproduktion, Weiterverkauf) zugeführt. Die Messung erfolgt hier über eine geeichte Werkseingangsvermessung mittels eines optischen Kamerasystems am Rundholzplatz für jeden einzelnen Stamm. Hieraus ergibt sich auch deren weiterer Verwendungszweck.

Die als nicht sortierfähig deklarierten Holz mengen werden vom Lieferanten entweder direkt am Hacker, am Kraftwerk als Brennstoff oder auf dem Lagerplatz abgeladen. Eine gesonderte Vermessung über den Rundholzplatz erfolgt für diese Mengen nicht. Die Materialmenge lässt sich monatlich über die Rohstoffbilanzierung der Produktionsprozesse (Sägewerk, Pelletproduktion, Kraftwerk) rechnerisch bestimmen.

Das am Rundholzplatz als sägefähig sortierte Rundholz wird in die Sägelinie verbracht. Die Inputmengen in die Sägelinie lassen sich so monatlich bestimmen. Ebenfalls monatlich ermittelt wird der Output der Sägelinie über die verkauften Schnittholzprodukte (m³) und die Bestandsveränderungen der Fertigerzeugnisse Schnittholz.

Die bereits erwähnte Software zum Energiecontrolling (ECS) bietet ebenfalls die Möglichkeit verschiedenste Eckdaten der Produktionen zu erfassen. So kann die Produktionsmenge der Holzpellets (die

¹ Holzstämmen (dickes Palettenholz >380 mm), die zum Sägen zu dick und für die Pelletproduktion qualitativ zu hochwertig sind, werden gewinnbringend weiterverkauft.

aus den Reststoffen der SEO-Anlage hergestellt werden), die Stromverbräuche in Pelletwerk, SEO-Anlage, Absackhalle und den übrigen Betriebsteilen, die Stromproduktion des bestehenden Biomasseheizkraftwerkes und die erzeugte Wärmemenge, die für den Produktionsprozess der Holzpellets (Rohstofftrocknung) erfasst werden.

3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung

Rundholzplatz

In der Rundholzsortieranlage konnte erst ab März 2018 ein flüssiger Materialtransport erreicht werden, nachdem alle Übergabestellen und Schnittstellen zwischen den Anlagenteilen passend zugeschnitten waren. Die Erstselektion der Hölzer erfolgt auf der Rundholzsortieranlage. Derzeit liefern vier Forstunternehmer aus Privat- und Kommunalwald das D- und FK-Holz in 2,50 oder 3 Meter-Abschnitten an. Ein Teil wird noch getrennt nach „Energieholz“ und „Palettenholz“ angeliefert. Vermehrt ergeben sich nun aber die „Mischpolder“. Die forstliche Umstellung ist noch im Gange. Das Holz wird zukünftig am Rundholzplatz statt im Wald sortiert.

Der Abtransport vom geschnittenen Holz aus der Horizontalschnittsäge bedingt die Abtrennung von Deck- und Bodenbrett. Sofern die Hauptware 98 mm breit ist, und das Bodenbrett 78 mm breit ist, stehen jeweils nur 10 mm Auflagefläche zur Verfügung. Die Hauptware läuft auf Monoketten links und rechts, das Bodenbrett fällt dazwischen runter auf ein Förderband. Dieser Bereich wurde derart umgebaut, dass in einem ersten Teilbereich lediglich Führungsrollen die Hauptware halten und das Bodenbrett herunterfallen kann. Erst nach der Abtrennung des Bodenbretts wird das geschnittene Brettpaket durch das ihm nachfolgende Brettpaket auf eine Triplex-Kette geschoben. Hier erfolgt dann der störungsfreie Abtransport.

Inbetriebnahme

Die Anlage befand sich von September 2017 bis zum Juni 2018 im Probebetrieb, da bis zu diesem Zeitpunkt die Vermessung der Stämme mittels der 3D-Kamera noch nicht geeicht war. Der Rundholzsortierplatz weist seit März 2018 eine Nennleistung von 80% aus. Das bedeutet, dass 10 LKW Ladungen pro Tag verarbeitet werden können. Sobald der reibungslose Betrieb der Anlage gewährleistet ist, sind 14 bis 15 Ladungen pro Tag realistisch. Im Kalenderjahr 2019 wurden im Durchschnitt bereits 13 LKW Ladungen pro Tag verarbeitet.

Ultraschallverfahren am Rundholzplatz

Die Integration einer Ultraschallprüfstrecke von Dr. Hasenstab zur Unterscheidung von verschiedenen Holzarten zur verbesserten Produktionsplanung sowie zur Bestimmung der Ausdehnung von Faulstellen für eine hocheffiziente Schnittstrategie konnte nicht erfolgreich umgesetzt werden. Dies wurde durch mehrere Faktoren bestimmt. Zum einen wies die Oberfläche der Probekörper teilweise eine sehr fasrige Struktur auf. Diese Struktur stellt eine Problematik der Ankopplung dar. Besonders bei einer Ankopplung mit einer Prüfkopfanzordnung parallel zur Faser stellen die Ablösungen ein Problem dar, da im ungünstigsten Fall mehrere Prüfköpfe auf einer abgelösten Faser ankoppeln und eine Schallübertragung nicht optimal möglich ist.



Abbildung 22 – Stark ausgefranztes Rundholz während der Ultraschallprüfung.

Ein weiteres Problem der Ultraschallmethode stellt die Kontaktgebundenheit der Prüfköpfe dar. Um zuverlässige Messungen durchführen zu können, müssen die Sonden direkt auf den Stamm aufgesetzt werden und können dabei nur den Schallweg zwischen den beiden Messköpfen darstellen. Aus dem Weg-Zeit-Verhältnis und der vorgegebenen Dichte des Materials können dabei Rückschlüsse auf die Qualität des Holzes gezogen werden. Da sich allerdings die Qualität, z.B. Fäulnis über die Länge des Stammes verändert, müsste um eine ideale Messung zu erhalten die Prüfköpfe in einer definierten Geschwindigkeit über den Stamm geführt werden. Dies ist mit der aktuellen Methode allerdings undenkbar, da die Prüfköpfe nicht mit der Vorschubgeschwindigkeit der Produktionsstraße mithalten können, sodass für jede Messung die Produktion unterbrochen werden müsste, was aus wirtschaftlicher Sicht nicht durchführbar ist.

Die Ergebnisse der Ultraschallmessung von Herr Dr. Hasenstab zeigten zwar beeindruckende Ergebnisse von hervorragender Qualität, konnten allerdings in der angedachten Form nicht in die laufende Produktion integriert werden. Eine Mechanisierung, um ca. 4.000 Holzabschnitte pro Tag zu untersuchen, ist eine technische Herausforderung, der wir uns deshalb nicht mehr stellen können, da es in keinem Kosten-Nutzen-Verhältnis steht.

Die Auswertungen durch das geschulte Personal auf dem Rundholzplatz ist dabei sinnvoller und erfolgversprechend, jedoch ist das Verfahren noch nicht für große Stückzahlen im laufenden Betrieb ausgereift, da auch hier jeder einzelne Stamm mittels Sicht- und Handkontrolle durch den Maschinenführer überprüft werden muss. Zudem hat sich herausgestellt, dass zunächst andere Schnittstellen optimiert werden müssen, damit die Produktionszahlen zeitnah gesteigert werden können. Hierzu zählte insbesondere die Gewährleistung des reibungslosen Übergangs von der Rundstabfräse zur Vielblattkreissäge und von dieser weiter zur KALLFASS Stapelanlage. Aus diesem Grund konnten sich die Geschäftsleitung und die technische Betriebsführung noch nicht ausreichend mit der Automatisierung und Integration in den Sortierstrang befassen.

Während der bisherigen Optimierungsphase ist bereits klargeworden, dass die Ultraschallvermessung prinzipiell sinnvoller im Bereich der Sägelinie installiert werden sollte und nicht am Rundholzplatz. Am Rundholzplatz würden eine Vielzahl von Messungen mit einer Vorschubgeschwindigkeit von bis zu 50 m/min erfolgen. An der Sägelinie wird mit Geschwindigkeiten von 6 bis 25 m/min gearbeitet. Somit bleibt mehr Zeit für Vermessung, Auswertung und Auswurf. Weiterhin könnte an dieser Stelle das ausgeworfene Holz ohne weitere Fahrwege direkt in den Hacker gefördert werden, was die innerbetriebliche Logistik weiter optimieren würde.

Abschließend kann gesagt werden, dass die Integration einer Ultraschallprüfstrecke zur Unterscheidung von verschiedenen Holzarten ist technisch umsetzbar, wird allerdings durch diverse externe Faktoren zusätzlich beeinflusst.

- z.B. der Auftragnehmer konnte nicht termingerecht die Versuche durchführen
- Der entwickelte Stand der Technik ist weit von der Praxisreife entfernt. Es erscheint mit den gegebenen Mitteln nicht mehr wirtschaftlich umsetzbar.

Bislang investiert wurde eine Summe in Höhe von 56,7 T EUR.

- Durch die durchgeführte Projektplanung wird der weitere Entwicklungsaufwand von Hasenstab/Demmer auf ca. 30 T EUR geschätzt
- Die geplanten Kosten für Hard- und Software belaufen sich auf ca. 75 T EUR
- Noch komplett offen ist die Mechanisierung für den kontinuierlichen Betrieb und Untersuchung aller Rundholzabschnitte auf dem Rundholzplatz. Hierzu gibt es eine Budgetkalkulation des Ingenieurbüros Plant Engineering GmbH (Leutesdorf) vom 22.12.2015. Die geschätzten Kosten hierfür belaufen sich auf ca. 82 T EUR
- In Summe würden die Ausgaben für das Ultraschallmessverfahren ca. 243,7 T EUR betragen

Qualitätsbestimmung durch Spektralanalysen auf dem Rundholzplatz

Die Erfahrung hat gezeigt, dass das Personal am Rundholzplatz per Einzelstammbegutachtung (Blickkontakt) und der anschließenden Spektralanalyse ein sehr hohes Qualitätsniveau erreicht. Eine Stichprobe wurde im Juli 2018 durchgeführt. Das am Rundholzplatz sortierte Holz wurde weiter zur Sägelinie transportiert. Im Ergebnis waren von 980 begutachteten und zur Weiterverarbeitung freigegebenen Stammabschnitten, lediglich 14 Stück nicht für den Sägeprozess geeignet. Im Januar 2020 zeigt sich, dass von ca. 2.500 Holzabschnitten je Tag lediglich 10 bis 15 manuell vom Maschinenführer ausgeschlossen werden müssen. Die verwendete Spektralanalyse stellte sich dabei als weniger effektiv heraus, als die Sichtkontrolle durch den Maschinenführer. Die Analyse der Kamera basiert dabei hauptsächlich auf dem Wassergehalt in den Stämmen. Durch die verschiedenen langen Lagerzeiten der Stämme im Polter, kann dieser allerdings von Stamm zu Stamm stark variieren, was wiederum zu Verfälschungen der Beurteilung führte. Die reine Sichtkontrolle hingegen liefert zuverlässige Ergebnisse auf dem Rundholzplatz und wurde deshalb zur einzigen Qualitätsbestimmung verwendet. Da die Ergebnisse der Spektralanalyse dennoch vielversprechend waren, wurden Überlegungen seitens der Geschäftsführung angestrebt, diese Qualitätskontrolle an anderer Stelle der Produktion zu implementieren, bei der der Wassergehalt konstant ist und sich somit besser für das Verfahren eignet. Diese Überlegungen sind allerdings bis jetzt noch nicht weiterverfolgt worden und somit liegen aktuell noch keine eindeutigen Ergebnisse vor.

Optimierung

Die Optimierungsarbeiten wurden inzwischen weitgehend abgeschlossen. Die größten Optimierungsansätze waren die Folgenden:

- Die bessere Vorsortierung des Rundholzes am Platz, um die Störungsanfälligkeit der Sägelinie aufgrund von schadhaftem Holz zu minimieren.
- Die Reduzierung der Umrüstzeiten beim Sägen der verschiedenen Holzsortimente. Bei einem Sortimentswechsel muss die Sägelinie an verschiedenen Stellen eingestellt und angepasst wer-

den. Dazu benötigten wir Anfangs (im September / Oktober 2017) noch etwa 4 Stunden Um-
rüstzeit. Mittlerweile schafft die Mannschaft einen Sortimentswechsel bereits in 1,5 Std. Ziel
sollte eine Rüstzeit von 45 Minuten sein.

- Die Optimierung des Sägeprozesses und dem Abtransport der Brettware hinter der Säge.
- Der Verbesserung der manuellen Nachbearbeitung von Brett-Ausschussware.

SEO-Anlage (Schnittholzproduktion, -verkauf & Zylindervolumen)

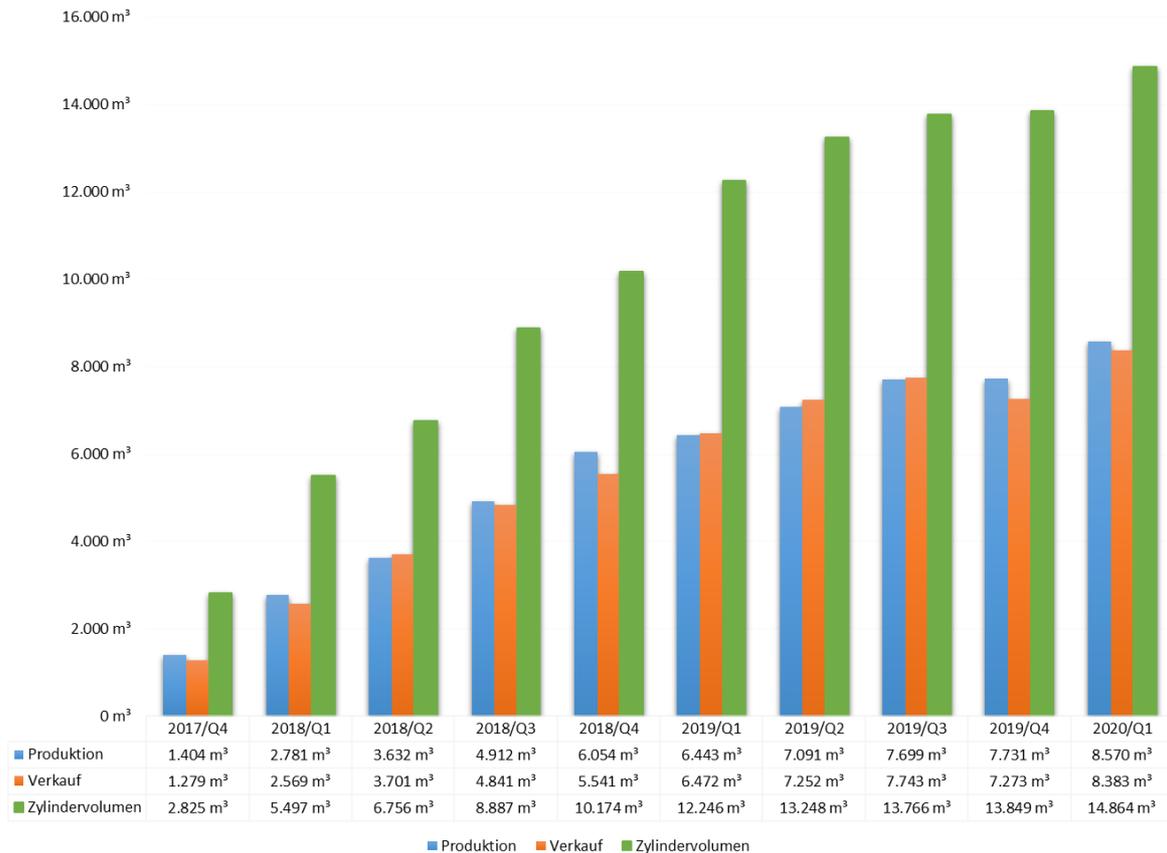


Abbildung 23 - Lernkurve der Optimierungsarbeiten.

Aus der Abbildung 23 können die Optimierungsarbeiten im zeitlichen Verlauf nachverfolgt werden. Diese Optimierungen resultieren hauptsächlich aus der stetigen Verbesserung des Prozesses während der Testphase, sowie dem nun täglichen Betrieb. Wichtigste Aspekte waren hierbei die Schulung der Mitarbeiter für den neuen Prozess sowie die Optimierung der Schnittbilder (siehe Abbildung 24). Durch die Chargen bedingte Produktion können die Rundhölzer entsprechend den Anforderungen der Schnittbilder bereitgestellt und diese optimal ausgenutzt werden, sodass möglichst wenig Verschnitt anfällt.

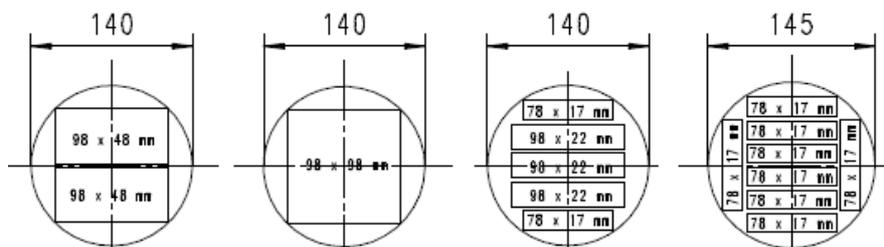


Abbildung 24 - Schnittbilder eines Stammes mit 140mm Durchmesser.

3.2. Stoff- und Energiebilanz

Seit dem 2. Quartal 2018 wird der Betrieb von Ein-Schicht- auf Zwei-Schichtsystem umgestellt. Rund 50.000 FM D- und FK-Holz können danach einem zweiten Lebenszyklus zugeführt werden. Diese Zahl ergibt sich aus den gesammelten Daten im 3. Quartal 2018, in dem 12.443 FM D- und FK-Holz verarbeitet wurden. Bei einem Betrieb ohne die erwähnten technischen Probleme, ist gemäß einer innerbetrieblichen Schätzung eine Steigerung auf 75.000 FM D- und FK-Holz realistisch. Es handelt sich dabei um eine echte Substitution, da die Paletten am Ende ihrer Lebensdauer von sechs Jahren energetisch verwertet werden könnten. Im Zeitraum 01.03.2018 bis 30.09.2018 wurde ermittelt, dass 37,9% des Rundholzes mit der Qualitätsstufe D- und FK-Holz, welches der Sägelinie zugeführt wird, in Form von Schnittholz als echte Einsparung von C-Holz gerechnet werden kann. Es zeigt sich realistisch, dass sich diese Quote nach einer weiteren Optimierungs- und Einarbeitungsphase auf über 40% steigern lässt. Ursprünglich wurde von einer Ausbeute von 45% ausgegangen.

Seit dem 01.03.2018 wurde die Datenerfassung entsprechend Kapitel 2.4 durchgeführt. In folgender Tabelle 3 sind die Messergebnisse ausführlich zusammengestellt. Dabei sind Materialfluss und somit die Stoff- und Energiebilanzen im Zeitraum 01.03.2018 bis 30.09.2018 wiedergegeben und erläutert.

Materialfluss SEO-Anlage			
I	Einkauf Rundholz (Qualität ENERGIEHOLZ):		42.551,29 RM
	entspricht in Festmeter:		21.275,65 FM
II	Einkauf Rundholz (Qualität PALETTENHOLZ):		14.687,62 FM
III	Anfangsbestand Rundholz auf Lagerplatz:		15.422,50 RM
IV	Endbestand Rundholz auf Lagerplatz:		14.436,00 RM
V	Bestandsveränderung Rundholzlager:		986,50 RM
	entspricht in Festmeter:		493,25 FM
VI	Rundholzeintrag in Produktionskreislauf (I+II+V):		36.456,52 FM
	i	davon Rundholz sortierfähig über RHP gefahren:	34.130,38 FM
		Sortierung für Sägelinie (=Inuput Sägelinie):	24.694,00 FM
		Sortierung für Hacker (=Rohstoff Pelletproduktion):	10.832,00 FM
		Sortierung für Verkauf o. Hacker (=dicke Palette):	6.949,20 FM
	ii	davon Rundholz direkt in Hacker (=Rohst. Pelletw.):	1.814,18 FM
iii	davon Rundholz und Rinde als Brennstoff in Kraftwerk:	511,96 FM	
VII	Rundholzeintrag in Sägelinie		24.694,00 FM
VIII	daraus Schnittholzoutput im Zeitraum:		9.353,36 m³
IX	daraus Rohstoff für Pelletproduktion:		15.340,64 m³

Materialfluss Pelletwerk			
I	Produktionsmenge Holzpellets im Zeitraum:		21.965 to
i	Am RHP aussortiertes Holz für Hacker (aus f1)		6.949,20 FM
	Vor RHP aussortiertes Holz für Hacker (f3)		1.814,18 FM

	Sägespäne aus Säge (i)		15.340,64 m ³
	Aus SEO-Betrieb generierter Rohstoff:		24.104,0 FM/m ³
	entspricht Rohstoff in to Pellets:		12.052 to
ii	Zukauf Rohstoffe für Pelletproduktion:	D-Feuchte	in to Pellets (7%)
	Artikel 131 (Holzspäne)	11.794,2 to	41% 8.950 to
	Artikel 133 (Hackschnitzel)	21,1 to	45% 16 to
	Artikel 141 (Hobelspäne)	702,1 to	35% 556 to
iii	Bestandsveränderung Rohstoffe Späne u. Hackschnitzel		
	Endbestand Spänelager:	2.589,80 m ³	
	Anfangsbest. Spänelager:	5.146,00 m ³	
	Bestandsminderung:	2.556,20 m ³	in to Pellets
	Faktor m ³ Späne zu to Pellets:	6,92	369 to
II	Summe: Rohstoffeintrag in Pelletproduktion:		21.943 to
III	Materialfluss Pelletwerk (II-I)		-22 to

Tabelle 3 - Stoff- und Energiebilanz 2018.

Um eine saubere Auswertung der ergriffenen Maßnahmen zu gewährleisten wurde für das gesamte Werk eine Stoff- sowie Energiebilanz erstellt. Die Stoff- und Energiebilanz stellt sich für den Zeitraum vom 01.03.2018 bis 30.09.2018 wie folgt dar:

- Einschätzung der Qualität der Sortimente, die in die Anlage eingebracht werden:
 - D-Rundholz <400mm und 400-600mm entrindet im Zeitraum 01.03.2018 bis 30.09.2018 wurden
 - 81 Stämme >600 mm mit einem Volumen von 80 FM (0,2%),
 - 4.017 Stämme <600 mm, >400 mm mit einem Volumen von 1.706 FM (5%) und
 - 454.524 Stämme <400 mm mit einem Volumen von 32.344 FM (94,8%)

über den Rundholzplatz sortiert. Von dieser Menge wurden über die verschiedenen Boxen des Rundholzplatzes wie folgt sortiert:

- 24.694,00 FM sägefähig für Sägelinie,
 - 6.949,20 FM nicht sägefähig für Hacker (Rohstoff für Pelletproduktion) und
 - 2.487,18 FM nicht sägefähige Übergrößen (>380mm) für den Weiterverkauf
- Output Schnittholz (m³) und Input (% vom Input FK Rundholz, % vom Input Sägelinie)
 - In diesem Zeitraum wurden aus 24.694 FM sägefähigen Rundholzes (der Qualität D und FK) eine Menge von 9.353,36 m³ Schnittholz produziert. Dies entspricht 37,9% des in die Sägelinie eingebrachten Rundholzes (ebenfalls D und FK) bzw. 25,7% des in den gesamten Produktionskreislauf eingebrachten Rundholzes (D und FK) in Höhe von 36.456,52 FM.

Durch die Vorsortierung in die verschiedenen Boxen, und die damit verbundene Chargenproduktion konnten erhebliche Mengen D- und FK-Holz eingespart werden. Das sägefähige Holz wurde dabei hauptsächlich der Verpackungsindustrie zugeführt, was zu einer Substitution des höherwertigen C-Holzes führt. Zusätzlich konnte dadurch ein Umsatzgewinn erzielt werden, da es im Ankauf einen Preisunterschied zwischen den Güteklassen der Hölzer gibt. Dies trägt weiter zum wirtschaftlichen Erfolg der SEO-Line bei.

Durch die Materialbilanz, welche jeden einzelnen eingehenden Stamm erfasst konnte eine Abschätzung zwischen Hölzern und Rinde erhoben werden. Die Abschätzung der Rinde und Frässpäne sind in Schüttraummeter (Srm{ XE "Srm" \t "Schüttraummeter" }) sowie FK-Rundholz >600mm in Festmeter (FM) angegeben und werden dem Biomasseheizkraftwerk zugeführt:

- Bezogen auf das gemessene Stammvolumen im entrindeten Zustand beträgt der vorher weggefräste Rindenanteil etwa 1,5%. Im o.g. Zeitraum wurden 34.130,38 FM über den Rundholzplatz entrindet und nach Stärkeklassen sortiert. Dabei fielen 511,96 FM Rinde zur energetischen Verwertung im Biomasseheizkraftwerk an.
- Im o.g. Zeitraum wurden etwa 1.814,18 FM FK-Holz aufgrund der offensichtlichen Qualitätsmängel noch vor dem Rundholzplatz für die Pelletierung zum Kraftwerk oder Pelletwerk umgefahren. Der Wert ergibt sich rechnerisch aus sämtlichen sonst gemessenen Rohstoffströmen: Rundholzeinkauf, Bestandsveränderungen Rundholz, am Rundholzplatz sortiertes Holz für die verschiedenen betrieblichen Zwecke, Rohstoffeinkauf für Pelletproduktion (Späne und Hackschnitzel), Produktionsmenge Holzpellets und damit den Rohstoffbedarf für die Pelletproduktion.

Die Materialbilanz wird täglich erfasst und betriebswirtschaftlich ausgewertet. Eine standardmäßige Erfassung wird in Abb. 28 dargestellt.

SEO Produktion gestern, 12.06.2020												
Profil	1. Stamm	Auftragsnummer	Polter	Stamm-länge [m]	Zylinder [mm]	Aus-nutzung [%]	Zylinder-volumen [m³]	Brett-volumen [m³]	Stämme Anzahl	pro Stunde	Auftrags-zeit [min]	Letzter Stamm
15s23	12.06.2020 05:59:59	1443	113	3,6	215	65,5%	76,328	49,995	584	97	362	12.06.2020 12:01:56
<i>Max. Temperatur PSM Wz -Wellen</i>									1: 98 °C	2: 102 °C	3: 116 °C	4: 113 °C
14s11	12.06.2020 13:14:52	1444	109	3,6	180	67,8%	163,430	110,806	1.784	202	530	12.06.2020 22:04:40
<i>Max. Temperatur PSM Wz -Wellen</i>									1: 84 °C	2: 116 °C	3: 105 °C	4: 121 °C

Abbildung 25 - Täglich erfasste Materialbilanz der SEO-Anlage vom 12.06.2020.

Für die Erstellung der Rohstoffbilanz wurden die Mengen verschiedener Roh- und Betriebsstoffe ermittelt. Die produzierten Mengen an Kappholz, Sägespäne und Hackschnitzel zur Pelletproduktion wurden absolut (t lutro{ XE "t lutro" \t "Tonne lufttrocken" }, t atro{ XE "t atro" \t "Tonne auf Trockenmasse (0% Wassergehalt)" }) und relativ (% vom Gesamtinput der Pelletproduktion) bestimmt und folgend aufgeschlüsselt:

- Von den über den Rundholzplatz sortierten 34.130,38 FM wurden 24.694,00 FM als In-

putmaterial für die Sägelinie aussortiert. Bei der Verarbeitung dieses Holzes im Sägebetrieb wurden im Zeitraum 9.353,36 m³ Schnittholz (Fertigerzeugnis) produziert, was einem Anteil von 37,9% entspricht. Die verbleibenden 15.340,64 m³ (=62,1%) wurden in Form von Sägemehl, Hackschnitzeln oder Ausschussbrettern als Rohstoff der Pelletproduktion zur Verfügung gestellt. Während dieser Zeit wurden fortwährend Optimierungsarbeiten vorgenommen, um die geplante Output-Leistung von 80 bis 90 m³ Schnittholz je Schicht zu erreichen. Im Januar 2020 wurden ca. 67 m³ Schnittholzoutput je Schicht erzielt. Der Rundholzplatz läuft somit jetzt annähernd auf Nennleistung.

- Durch die erfolgreiche Optimierung in der Pelletproduktion konnte die Energiebilanz deutlich gesenkt werden. Im Jahr 2015 betrug der aufgewendete Stromverbrauch für die Pelletproduktion noch 140 kWh. Dies konnten wir bis zum Jahr 2019 auf 113 kWh reduzieren, was einer Einsparung von ca. 15% entspricht.

Die Auswertung der Störungsanzahl und des Gesamtdurchsatzes der Anlage mit Angabe der Menge an Schnittholzausschuss ergibt. Über die täglich erfassten Schichtberichte werden die einzelnen Schnittprofile in den Schichten, die Störungszeiten und -gründe sowie die Rüstzeiten bei Sortimentswechsel erfasst. Im Zeitraum vom 01.3.2018 bis 30.06.2018 wurden folgende Störungen/Stillstandszeiten erfasst:

Monat	Anzahl Stämme	Rüstzeit (in min)	Störzeit (in min)	Kalendertage mit Störzeiten (in Std.)		
				<= 1	1 < x <= 2	> 2
März 18	49.394	1.635	2.295	6	4	9
April 18	38.900	1.500	2.370	6	4	4
Mai 18	46.970	1.535	2.230	6	5	7
Juni 18	44.172	2.355	3.137	5	3	10
Juli 18	52.984	1.560	2.750	7	3	10
Aug. 18	56.502	2.160	3.800	9	5	9
Sept. 18	50.511	1.362	2.820	5	9	5

Tabelle 4 - Störungen/Stillstandszeiten (01.03.2018 - 30.06.2018).

Die Gründe für kurze Störungen < 1 Std. waren häufig Probleme mit dem Stammtransport vor der Säge sowie dem Abtransport der Schnitthölzer nach der Säge. So verhakten sich regelmäßig Stämme auf dem Stufenförderer, was dazu führte, dass das Sägepersonal die Arbeit kurz unterbrechen musste, um den „Stau“ zu beheben. Gleiches gilt für die Bretttrennung nach der Mehrfach-Horizontalschnittsäge. Hier kam es ebenfalls des Öffern zu Staus, die manuell behoben werden mussten.

Die Gründe für mittellange Störungen zwischen 1 und 2 Stunden waren diverse kleinere Maschinenschäden, ausgelöst durch unterschiedlichste Vorkommnisse (wenn z.B. eine Lichtschanke durch Stammteile beschädigt wurde oder Holzabrisse die Filteranlage verstopften etc.).

Die Gründe für lange Störungen >2 Stunden sind auf technische Defekte zurück zu führen. Ein Beispiel

hierfür war ein Stamm, der in der Maschine verkantete, herumgeschleudert ist und so Teile der Maschine zerstört hat. Diese mussten dann zeitaufwendig erneuert werden.

Wie auch bei der Materialbilanz werden die Anzahl und Gründe von Störungen genauestens erfasst um die Produktionskette weiter zu optimieren und mögliche Störfaktoren rechtzeitig zu erkennen. Eine entsprechende Stillstandserhebung wird in Abb. 29 dargestellt:

SEO Stillstände gestern 12.06.2020								
berücksichtigte Stillstände ab 5 Minuten Dauer								
Auftragsnummer	Profil	Polter	Zylinder	Stamm-länge [m]	Stillstände [min]	Code	Stillstandsgrund	Ende Stillstand
1443	15s23	113	215	3,6	34,2	310	Störung Entsorgungslinie (bis Sieb)	12.06.2020 06:57:36
	15s23	113	215	3,6	6,6	500	RHM mit Förderer vor RHM	12.06.2020 08:27:41
	15s23	113	215	3,6	7,9	710	Storti Auszug	12.06.2020 08:39:10
	15s23	113	215	3,6	19,2	200	Pausenabstellung	12.06.2020 09:20:37
	15s23	113	215	3,6	66,9	310	Störung Entsorgungslinie (bis Sieb)	12.06.2020 10:27:30
	15s23	113	215	3,6	6,5	720		12.06.2020 10:39:32
	15s23	113	215	3,6	14,0	400	Störung Aufgabetisch bis Kappsäge	12.06.2020 10:58:06
1444	14s11	109	180	3,6	72,9	100	Auftragswechsel, Umbau	12.06.2020 13:14:52
	14s11	109	180	3,6	15,5	700	Storti Aufgabebahn und Storti Säge	12.06.2020 13:40:16
	14s11	109	180	3,6	11,2	830	Kalfass Abstapelung mit Austransportbahn	12.06.2020 15:41:01
	14s11	109	180	3,6	14,6	110	Mass passt nicht, Absatz im Brett beseitigen	12.06.2020 17:36:02
	14s11	109	180	3,6	28,6	200	Pausenabstellung	12.06.2020 18:27:53

Abbildung 26 - Täglich erfasste Stillstandzeiten der SEO-Anlage vom 12.06.2020

Insgesamt hat die Erfahrung gezeigt, dass sich die Störhäufigkeit reduziert, sofern höherwertige D-Hölzer eingesetzt werden. Bei sehr krummen Stämmen oder Hölzern, die stark faule Zöpfe vorweisen, ist die Störanfälligkeit und Wahrscheinlichkeit von Maschinenschäden deutlich erhöht.

Materialfluss SEO-Anlage			
I	Einkauf Rundholz (ENERGIE- & PalettenHOLZ):		89.529,75 FM
II	Einkauf Rundholz (direkt zum Hacker):		3.713,18 RM
	entspricht in Festmeter:		1.856,59 FM
III	Anfangsbestand Rundholz auf Lagerplatz:		13.513,87 RM
IV	Endbestand Rundholz auf Lagerplatz:		15.763,65 RM
V	Bestandsveränderung Rundholzlager:		-2.249,78 RM
	entspricht in Festmeter:		-1.124,89 FM
VI	Rundholzeintrag in Produktionskreislauf (I+II+V):		90.261,44 FM
	i	davon Rundholz sortierfähig über RHP gefahren:	90.040,00 FM
		Sotierung für Sägelinie (=Inuput Sägelinie):	72.740,00 FM
		Sortierung für Hacker (=Rohstoff Pelletproduktion):	10.832,00 FM
		Sortierung für Verkauf o. Hacker (=dicke Palette):	6.468,00 FM
	ii	davon Rundholz direkt in Hacker (=Rohst. Pelletw.):	12.688,59 FM
iii	davon Rundholz und Rinde als Brennstoff in Kraftwerk:	1.371,17 FM	

VII	Rundholzeintrag in Sägelinie	72.740,00 FM
VIII	daraus Schnittholzoutput im Zeitraum:	29.345,00 m ³
IX	daraus Rohstoff für Pelletproduktion:	43.395,00 m ³

Materialfluss Pelletwerk			
I	Produktionsmenge Holzpellets im Zeitraum:		44.734 to
i	Am RHP aussortiertes Holz für Hacker (aus f1)		10.832,00 FM
	Am RHP aussortiertes Holz f. Verkauf o. Hacker (f1)		5.450,00 FM
	Vor RHP aussortiertes Holz für Hacker (f3)		1.856,59 FM
	Sägespäne aus Säge (i)		43.395,00 m ³
	Aus SEO-Betrieb generierter Rohstoff:		61.533,6 FM/m ³
	entspricht Rohstoff in to Pellets:		30.767 to
ii	Zukauf Rohstoffe für Pelletproduktion:		Feuchte in to Pellets
	Artikel 131 (Holzspäne)	18.078,7 to	50% 12.896 to
	Artikel 133 (Hackschnitzel)	1.350,5 to	45% 997 to
	Artikel 141 (Hobelspäne)	715,2 to	35% 567 to
iii	Bestandsveränderung Rohstoffe Späne u. Hackschnitzel		
	Endbestand Spänelager:		5.237,30 m ³
	Anfangsbest. Spänelager:		1.829,30 m ³
	Bestandsminderung:		-3.408,00 m ³ in to Pellets
	Faktor m ³ Späne zu to Pellets:		6,92 -492 to
II	Summe: Rohstoffeintrag in Pelletproduktion:		44.734 to
III	Materialfluss Pelletwerk (II-I)		0 to

Tabelle 5 - Stoff- und Energiebilanz 2019.

Die Stoff- und Energiebilanz des Kalenderjahres 2019 zeigt im Vergleich zur Stoff- und Energiebilanz des Zeitraumes 01.03.2018 bis 30.06.2018 im Wesentlichen die nachfolgend beschriebenen Veränderungen und somit erfolgreichen Optimierungen:

		Aktueller Wert	Vergangenheitswert	
I	Rundholzeintrag in Produktionskreislauf	90.261,44 FM	20.746,78 FM	
	i	davon in Sägelinie verbraucht	72.740,00 FM	12.251,20 FM
		entspricht in %	81%	59%
II	aus I erzielter Schnittholzoutput	29.345,00 m ³	4.460,00 m ³	
	entspricht % vom Rundholzeintrag in Säge (I)	40,3 %	36,4%	
	entspricht % vom Rundholzeintrag in Prod. (II)	32,5%	21,5%	

Tabelle 6 - Stoff- und Energiebilanz Veränderungen.

Für die im Jahr 2019 produzierten 44.734 Tonnen Holzpellets konnte aus dem SEO-Prozess Rohstoff für 30.767 Tonnen Holzpellets bereitgestellt werden. Dies entspricht 69% des benötigten Rohstoffs.

Für die in der Periode 01.03.2018 bis 30.06.2018 produzierten 11.740 Tonnen Holzpellets wurden damals Rohstoff für 6.415 Tonnen Holzpellets bereitgestellt werden. Dies entspricht 55% des benötigten Rohstoffs.

Rohstoffmenge für das Pelletwerk (i) 43.395,00 m³ (vormals 7.791,20 m³)
 Entspricht %: 59,7% (vormals 63,6%)

3.3. Umweltbilanz

Nachfolgend sollen die Umweltentlastung und der Beitrag zum Ressourcen- und Klimaschutz dargestellt und quantifiziert werden. Nach den Erfahrungen der ersten Betriebsmonate sehen wir die folgenden Effekte:

Einsparung durch Vertrieb des Verpackungsholzes

Durch dieses Vorhaben können Paletten in Deutschland lokal produziert werden. Da Palettenholz aus dem Baltikum und Russland importiert wird, ergeben sich aus den Vorhabenabschluss folgende positive Umweltauswirkungen:

- Jahr 2018: 38% für Schnittholzausbeute geeignet = 14.440 m³
- Jahr 2019: 42% für Schnittholzausbeute geeignet = 28.770 m³
- Jahr 2020*: 45% für Schnittholzausbeute geeignet = 33.570 m³

*Prognose wurde aus Betriebsergebnis in Q1 2020 extrapoliert

Ladevolumen pro LKW: 35 m³/LKW

Jahr	Ladevolumen in m ³ p.a.	In LKW p.a.
2018	14.440	412
2019	28.770	822
2020	33.570	959

Tabelle 7 - Ladevolumen pro LKW.

Einsparung Fahrweg und CO₂-Einsparungen: (pro Ladung bzw. LKW): 2.100 km/LKW x 1,2 (1 + 0,2 Leerkilometer) = 2520 km/LKW*
 Einsparung Gesamt Fahrweg: 2.520 km/LKW

Jahr	Einsparung Fahrweg in LKW p.a.	Einsparung Fahrweg in km p.a.	CO ₂ -Einsparungen in Mio. km	CO ₂ -Einsparungen in t p.a. (= CO ₂ -Einsparungen in Mio. km 25t x 60 g/t**)
2018	412	1.038.240	1,038	1.557,36
2019	822	2.071.440	822	3.107,16
2020	959	2.416.680	959	3.625,02

Tabelle 8 - Einsparung Fahrweg in Mio. km

* Kundenangabe

** VDA 2019

Einsparung durch interne Fahrwegverkürzung

Die Pelletproduktion hat durch das Projekt einen deutlich geringeren Bedarf an extern zu beschaffenden Sägespänen, da die Sägenebenprodukte der stofflichen Verwertung direkt an das Pelletwerk weitergegeben werden können. Bislang wurden die benötigten Sägespäne mit einer Entfernung von 17km – 131km zum Betrieb transportiert, wobei die weiteste Entfernung zum Sägewerk HILO (131 km) entfallen ist.

Nicht für Festholzverwertung geeignet:

Jahr	Nicht für Festholzverwertung geeignet	
	In FM	In %
2018	23.560	62
2019	39.730	58
2020	41.030	55

Tabelle 9 - Festholzverwertung.

Gewicht in t (Mittleres Gewicht Fm = 500 kg/Fm),

Ladevolumen (Mittleres Ladevolumen Trockenholz (7% Wassergehalt) = 14t/LKW

Jahr	Kalkulation Gewicht	Gewicht in t (bei 7% Wassergehalt)	Kalkulation Ladevolumen	Ladevolumen in LKW (bei 7% Wassergehalt)
2018	23.560 Fm x 500 kg/Fm	11.780	11.780t : 14 t/LKW	841
2019	39.730 Fm x 500 kg/Fm	19.865	19.865t : 14 t/LKW	1.419
2020	41.030 Fm x 500 kg/Fm	20.515	20.515t : 14 t/LKW	1.465

Tabelle 10 - Gewicht und Ladevolumen.

Einsparung Fahrweg (pro Ladung bzw. LKW): 131km/LKW x 1,3 (1 + 0,3 Leerkilometer) = 170 km/LKW:

Jahr	Kalkulation Einsparung Fahrweg	Einsparung Fahrweg in km p.a.	Kalkulation CO ₂ -Einsparung	CO ₂ -Einsparung in t p.a.
2018	170 km/LKW x 841 LKW	142.970	142.970 km p.a. x 25t x 60 g/t	214,46
2019	170 km/LKW x 1.419 LKW	241.230	241.230 km p.a. x 25t x 60 g/t	361,85
2020	170 km/LKW x 1.465 LKW	249.050	249.050 km p.a. x 25t x 60 g/t	373,58

Tabelle 11 - Einsparung Fahrweg und CO₂.

Zusätzliche Einsparung durch Substitution höherwertigen C-Holzes (Verbleib im Wald)

Der in Kapitel 2 beschriebene Effekt der Substitution von C-Hölzern wirkt sich auf die CO₂-Bilanz wie folgt aus:

Bei einer Schnittholzausbeute von 55% des substituierten C-Holzes ergibt sich über 6 Jahre eine CO₂-Speicherung von 120 kg / FM. Entsprechend kann dies auf die Gesamtproduktion hochgerechnet werden:

Jahr	m ³	FM	t	t (p.a.)
2018	14.440	26.182	3.142	524
2019	28.770	52.309	6.277	1.046
2020	33.570	61.036	7.324	1.221

Tabelle 12 - Zusätzliche kumulierte CO₂-Einsparung

Einsparung durch nicht benötigten chemischen Bläueschutz

Ein weiterer positiver Umweltaspekt konnte im laufenden Betrieb ermittelt werden. Schnittholz aus dem Baltikum neigt insbesondere in den Sommermonaten zur Schimmelbildung, da sich der Schimmel bereits nach 2 - 4 Tagen an der Oberfläche des Holzes bilden kann. Schimmel bildet sich ab einer Temperatur von 18-20 °C. Durch unsere Nähe zum Verbraucher (Verpackungsunternehmen der Region), wird das von uns geschnittene Holz, sägefrisch und unbehandelt zum Verarbeitungsbetrieb geliefert. Dort wird dann zeitnah das Holz weiterverarbeitet und in einer Trockenkammer biologisch stabilisiert.

Es kann aufgezeigt werden, dass kein chemischer Bläueschutz notwendig ist, wenn das Holz lokal weiterverarbeitet wird.

3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse

Erwartete laufende oder einmalige Kosteneinsparungen für die ersten fünf Jahre

Die erwarteten Kosteneinsparungen resultieren vor allem aus Synergien mit dem bereits vorhandenen Pelletwerk. Die Kosteneinsparungen tragen einen erheblichen Anteil zur Projektrentabilität bei. In der ursprünglichen Projektplanung wurden Synergieeffekte u.a. durch die Reduktion von Transportkosten für Inputspäne errechnet. Diese bestehen nach wie vor. Wir haben die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung jedoch insofern angepasst, als dass wir die wegfallenden Transportkosten in der Erlösposition „Rohstoff für Pelletproduktion“ mitberücksichtigt haben. Hier wurde ein interner Verrechnungssatz für die Späne gewählt, der dem Freihaus-Preis durch alternative Lieferanten entspricht. Bei den Werten in Tabelle 6 handelt es sich um die erwarteten Kosteneinsparungen.

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	In Erlöse eingepreist					
Reduzierung Spänetransport Inputspäne						
Reduzierung Radladerstunden für Beschickung und Einlagerung	34.694 €	42.333 €	33.025 €	33.521 €	34.024 €	34.534 €
Reduzierung Brennstoffkosten Kraftwerk, weil Rinde als Nebenprodukt	29.700 €	40.194 €	40.797 €	41.409 €	42.030 €	42.660 €
Optimierung Spänelager (Regenschutz)	13.251€	13.450€	13.652€	13.857€	14.064€	14.275€
Outputsteigerung Pelletwerk weil Späne mit weniger Wasser	21.848€	21.848€	21.848€	21.848€	21.848€	21.848€
Gesamte Kosteneinsparung	99.493€	117.825€	109.322€	110.635€	111.966€	113.317€

Tabelle 13 - Projektbezogene Kosteneinsparungen durch Synergieeffekte im Pelletwerk.

Die Einsparungen aus der Reduzierung von Radladerstunden für Beschickung und Einlagerung resultieren durch den Wegfall von innerbetrieblichem Transport und dem Eintragen der Sägespäne in die Pelletproduktion welche nun durch die automatische Einbringung aus dem SEO-Sägeprozess ersetzt wurde. Weniger Radladerstunden bedeutet auch weniger Maschinenverschleiß, weniger Personalkosten auf dem Radlader sowie weniger Betriebsmittelkosten (Diesel) für den Radlader. Der Wert berechnet sich aus der Rohstoffmenge für das Pelletwerk, die aus dem SEO-Prozess gewonnen wird, geteilt durch den Zeitaufwand, der im Durchschnitt für die Materialbewegung des Rohstoffes bislang anfiel.

Die Reduzierung Brennstoffkosten Kraftwerk resultiert aus der im SEO-Prozess anfallenden Rinde, welche als Brennstoff in das Kraftwerk eingebracht wird. Bei der errechneten Rindenmenge und einem Heizwert von 2,5 MWh/t Rinde wird Brennstoff mit einem Energiewert von 10 EUR / MWh (Input auf Rost) eingespart.

Die Optimierung Spänelager (Regenschutz) errechnet sich als Einsparung aus dem Trocknungsprozess. Die Wärmeenergie, welche zur Trocknung der nassen Späne benötigt wird, wird in dem benachbarten Biomasseheizkraftwerk erzeugt und hat einen kalkulatorischen Wert von 17 EUR / MWh. Da die Späne jetzt in einer Halle liegen, werden sie nicht wie früher durch Regeneintrag zusätzlich befeuchtet. Bei einer Hallengröße von 785 m², einer Regenmenge von jährlich 1.100 mm/m² und einem Aufnahmevolumen von 50% dieser Regenmenge durch den Span, wird eine Wassermenge von 431,75 m³ vermieden. Diese Wassermenge benötigt zur Trocknung einen Energieaufwand von 704 MWh Wärme. Bei einem kalkulatorischen Verrechnungssatz von 17 EUR / MWh Wärme entspricht dies jährlich 11.966 EUR an eingesparter Wärmeenergie. Hinzu kommt eine Einsparung durch einen geringeren Stromverbrauch des Trockners in Höhe von ca. 1.285 EUR p.a.

Die „Outputsteigerung Pelletwerk, weil Späne mit weniger Wasser“ beschreibt den Effekt, dass bei gegebener zur Verfügung stehender Wärmemenge mehr trockenere Späne für die Pelletproduktion zur Verfügung stehen, somit eine höhere Pelletproduktion von jährlich 628 t Pellets ermöglicht wird und sich die Fixkosten des Pelletwerkes auf eine höhere Produktionsmenge verteilen.

Erwartete Rentabilität

Die Projektrentabilität hängt stark von der erwarteten Konversionseffizienz der D- und FK-Hölzer ab. In dem ursprünglichen Szenario wurde mit 45% gerechnet. Wie in Kapitel 3.4.1 bereits beschrieben gehen wir in den ersten Betriebsmonaten von einer deutlich geringeren Quote (Schnittholzoutput bezogen auf in die Sägelinie gebrachte Holzmengen) aus, wodurch sich die Rentabilitätsrechnung nach Abbildung 23 ergibt. Ein gegenüber der Planung erhöhter Teil des angelieferten Rundholzes wird direkt für den Hacker und somit als Rohstoff für das Pelletwerk aussortiert. Die mit der geringeren Konversionseffizienz einhergehende geringere Schnittholzausbeute führt somit automatisch zu einem erhöhten Rohstoffausstoß der SEO-Anlage für das angegliederte Pelletwerk. So ist die Anlage im 2-Schicht-Betrieb bereits jetzt in der Lage, das Pelletwerk nahezu komplett mit Rohstoff zu versorgen, was ursprünglich einen wesentlichen Teil der Rohstoffkosten und die Aufwendungen für Logistik vom externen Sägewerk zum Pelletwerk umfasste. Durch das SEO-Konzept ist das Pelletwerk nahezu in der Lage sich selbst mit Sägemehl und Hackschnitzel zu versorgen. Für eine Ladung Sägespäne von dem externen Sägewerk Hassel wurden zwischen 500 und 1.400 Euro veranschlagt mit zusätzlichen Frachtkosten von 160 € pro Charge.

Der allgemeine Marktpreis von Rohstoffen aus externen Sägewerken wird auch in Zukunft stark und je nach Saison schwankend sein. Der Marktpreis für D- und FK- Holz unterliegt nicht so extremen Schwankungen und kann auch meist für ein halbes Jahr fixiert werden. Daher sind Kalkulationen für das Pelletwerk auch sicherer zu erstellen. Die Rentabilität der SEO-Anlage hängt allerdings im Wesentlichen vom Rohstoffpreisen für Sägemehl und Hackschnitzeln ab, die ursprünglich für das Pelletwerk zugeliefert wurden und nun durch den eigenen Rohstoff aus der SEO-Anlage substituiert werden.

Nach der Umstellung von einem 1-Schicht zum 2-Schichtbetrieb kann vor allem durch die erhöhten Synergieeffekte ein verbesserter Projektdeckungsbeitrag erzielt werden. Wie bereits dargestellt, hängt diese Rechnung aber stark von der zu erwartenden Konversionseffizienz der SEO-Anlage ab. Ebenfalls erheblichen Einfluss auf die Rentabilität und den Deckungsbeitrag der SEO-Anlage hat die eingesetzte

Sägelinie der Firma Wema Probst. Dies trifft allerdings nur zu, wenn die von Wema Probst zugesicherte Sägeleistung von 80 m³ Output je Schicht erbracht werden kann.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung - SEO-Anlage

Stand: 07/2018

		0	1	2	3	4	5
Anzahl Schichten:	1,5	2	2	2	2	2	2
	%Infl.	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ERLÖSE							
Schnittholzverkauf	1,50%	2.284.200 €	4.808.664 €	4.880.794 €	4.954.006 €	5.028.316 €	5.103.741 €
Rohstoff für Pelletproduktion	1,50%	3.679.686 €	4.040.921 €	3.152.419 €	3.199.705 €	3.247.701 €	3.296.416 €
SUMME ERLÖSE		5.963.886 €	8.849.585 €	8.033.213 €	8.153.711 €	8.276.017 €	8.400.157 €
KOSTEN							
Wareneinkauf (Rohstoffe)	1,50%	4.391.598 €	6.502.912 €	5.544.383 €	5.627.549 €	5.711.962 €	5.797.641 €
Personalkosten	1,50%	747.000 €	758.205 €	769.578 €	781.122 €	792.839 €	804.731 €
Versicherungen	1,50%	50.000 €	50.750 €	51.511 €	52.284 €	53.068 €	53.864 €
Strom	0,75%	68.368 €	105.860 €	111.429 €	112.265 €	113.107 €	113.955 €
Verschleiß	1,00%	400.140 €	678.720 €	599.819 €	519.272 €	524.464 €	529.709 €
Stapler	1,50%	24.000 €	24.360 €	24.725 €	25.096 €	25.473 €	25.855 €
Rundholzplatz mit Bagger	1,50%	100.800 €	136.416 €	138.462 €	140.539 €	142.647 €	144.787 €
Verwaltung	1,50%	50.000 €	50.750 €	51.511 €	52.284 €	53.068 €	53.864 €
Zinsen	0,00%	113.996 €	109.546 €	99.539 €	87.449 €	75.311 €	62.948 €
SUMME KOSTEN		5.945.902 €	8.417.519 €	7.390.958 €	7.397.859 €	7.491.939 €	7.587.355 €
DECKUNGSBEITRAG		17.985 €	432.065 €	642.255 €	755.852 €	784.078 €	812.802 €
Abschreibungen		431.397 €	431.397 €	431.397 €	431.397 €	431.397 €	431.397 €
Zwischen-Deckungsbeitrag		- 413.413 €	668 €	210.858 €	324.455 €	352.681 €	381.405 €
Umsatzrentabilität		-6,9%	0,0%	2,6%	4,0%	4,3%	4,5%
Zusätzlich werden folgende Synergien erwartet:							
Reduzierung Spänetransport Inputspäne	1,50%	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Reduzierung Radladerstunden für Beschickung und Einlagerung	1,50%	34.694 €	42.333 €	33.025 €	33.521 €	34.024 €	34.534 €
Reduzierung Brennstoffkosten Kraftwerk, weil Rinde als Nebenprodukt	1,50%	29.700 €	40.194 €	40.797 €	41.409 €	42.030 €	42.660 €
Optimierung Spänelager (Regenschutz)	1,50%	13.251 €	13.450 €	13.652 €	13.857 €	14.064 €	14.275 €
Outputsteigerung Pelletwerk weil Späne mit weniger Wasser	0,00%	21.848 €	21.848 €	21.848 €	21.848 €	21.848 €	21.848 €
Zwischen-Deckungsbeitrag Synergien		99.494 €	117.826 €	109.322 €	110.634 €	111.966 €	113.318 €
Deckungsbeitrag inkl. Synergien		- 313.919 €	118.494 €	320.180 €	435.089 €	464.647 €	494.723 €
<i>Projekrentabilität</i>		<i>-5,3%</i>	<i>1,3%</i>	<i>4,0%</i>	<i>5,3%</i>	<i>5,6%</i>	<i>5,9%</i>

Tabella 14 - Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

Bisher konnte aufgrund zahlreicher Störungen und erhöhtem Reparaturbedarf lediglich ein Output von etwa 40 m³ Schnittholz je Schicht erzielt werden. Unter diesen Voraussetzungen war die SEO-Anlage im laufenden Jahr 2018 noch defizitär, ab dem Jahr 2019 konnte sie mit ca. 67 m³ Schnittholz je Schicht wirtschaftlich betrieben werden. Das Ziel von 80 m³ Schnittholz je Schicht bleibt dennoch realistisch und wird durch bereits beauftragte Umbau- und Optimierungsmaßnahmen an der Anlage in Zukunft erreicht werden können.

Nach der Überarbeitung der Wirtschaftlichkeitsrechnung wird im Basisszenario von einer Amortisation der Anlage nach über 10 Jahren ausgegangen.

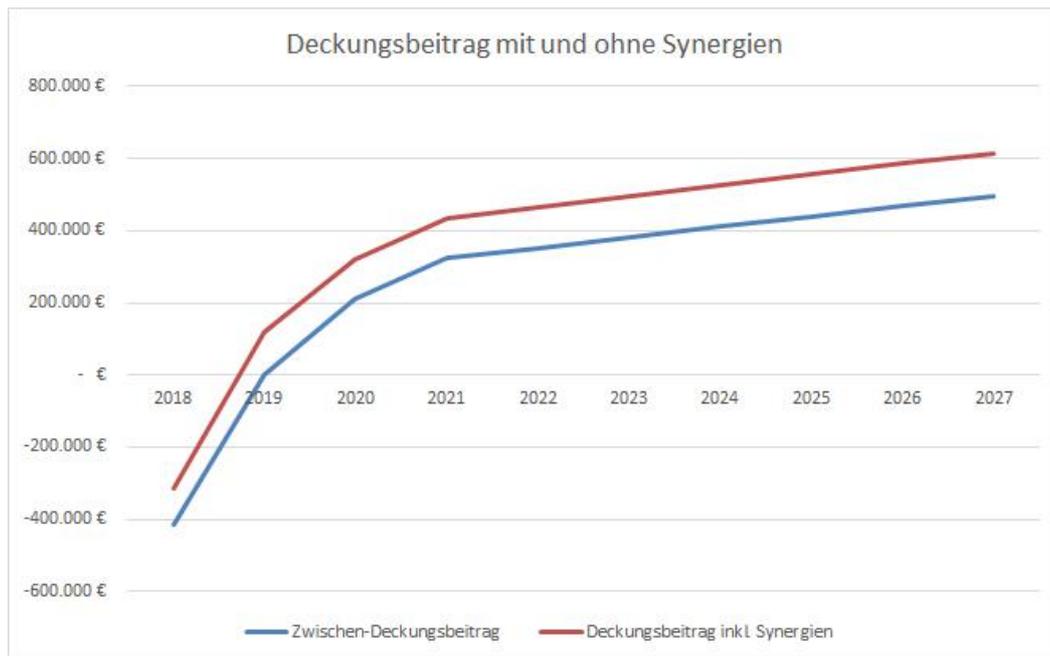


Tabelle 15 - Geplanter Deckungsbeitrag ohne und mit Synergieeffekten.

Sonstige positive wirtschaftliche Aspekte für das Unternehmen (z. B. Angaben über neu zu schaffende bzw. zu sichernde Arbeitsplätze)

Die Investition in die SEO-Anlage am Standort Langenbach hat durch ein kombiniertes Verfahren mit dem Pelletwerk zu einer deutlichen Effizienzsteigerung am Standort geführt und hat das Pelletwerk zu einem der wettbewerbsfähigsten in Deutschland gemacht. Die Effizienzsteigerung basiert dabei auf einer Reihe von Verbesserungen entlang der Prozesskette. Durch das nun nahezu autark betriebene Blockheizkraftwerk entfallen zu einem großen Teil die Kosten für den Strom- und Wärmeeinsatz im Betrieb. Da der benötigte Brennstoff, während der Produktion als Abfall anfällt, kann auf einen Großteil der Zulieferungen von Dritten verzichtet werden. Ein weiteres signifikanteres Teil der Effizienzsteigerung entfällt auf den geschlossenen Prozess der Trocknung für die Pelletproduktion. Um eine energetisch rentable Verbrennung zu gewährleisten, darf der Wassergehalt in den Pellets nicht über 10% betragen. Hierfür wird das Holz bevor es weiterverarbeitet wird getrocknet. Allein durch die Überdachung der Anlage konnte ein Großteil der benötigten Energie für den Trocknungsprozess eingespart werden. Die restliche benötigte Wärme wird aus der Abluft des Kraftwerks bezogen. Somit kann der Wassergehalt noch weiter reduziert werden, was zusätzlich die Qualität erhöht. Ein weiterer wichtiger Punkt für die Trocknung des Holzes, ergibt sich aus der Umstellung der Logistik. Durch die längere Lagerung in den Poltern,

wird das Holz bereits von Sonne und Wind im Wald vorgetrocknet. Dies spart zum einen den späteren Energieaufwand im Werk, aber auch die benötigte Energie für den Transport, da die Stämme deutlich messbar an Gewicht verlieren, was zu einem Ersparnis an Treibstoff führt. Der letzte signifikante Punkt für die Verbesserung liegt in der Prozesskette. Durch die Vorsortierung der Stämme in verschiedene Qualitätsstufen, können nun Chargen gefahren werden mit gleichem oder sehr ähnlichem Holz. Üblicherweise werden für verschiedene Qualitätsstufen verschiedene Sägeblätter verwendet, die für jeden Typ angepasst werden müssen um hohen Verschleiß oder Ausfall zu vermeiden. Durch den Chargenan-satz kann die Produktion maßgeblich erhöht werden, da die Produktion nicht gestoppt werden muss. So wird in einer Schicht nur Holz mit der Qualität C/D verarbeitet und die nachfolgende Schicht stellt die Produktion auf anderweitige Qualitätsstufen um. Somit wird eine kontinuierliche Produktion gewähr-leistet. Durch diese Verbesserungen kann eine langfristige Standortsicherung von inzwischen 60 Arbeits-plätzen ermöglicht werden.

Durch die Flexibilität der Holzverarbeitung könnte bei temporären Marktveränderungen auch anderes Holz eingesetzt werden. Insbesondere durch Kalamitäten (z.B.: Sturmereignisse, Eschentriebsterben, Kä-ferholz etc.) verursachte Übersortimente können flexibel verarbeitet werden.

Angesichts der stark gestiegenen Kosten und knapperen Kapazitäten an Fahrpersonal im Transportsek-tor, zeigt sich ein weiterer großer Vorteil. Die Rohstoffbeschaffung für die SEO-Anlage und das Pellet-werk erfolgt in einem Radius von maximal 131 km. Im Mittel sind es ca. 40 km Fahrstrecke. Die Öffnungs-zeiten für die Annahme von Holzabschnitten am Rundholzplatz sind von 06:00 – 21:00 Uhr. Das Werk ist beliebt bei Holzhändlern und Transportunternehmen durch kurze Fahrstrecken und optimale Annahme-zeiten.

3.5. Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Das D- und FK-Holz hat Durchmesser von 100 mm – 1200 mm. Das stellt besondere Herausforderungen an die Fördertechnik. Die große Spreizung der Durchmesser rührt daher, dass Lieferanten die Holzliefe-rungen teilweise nach unterschiedlichen Standards klassifizieren. Zudem wurde im vergangenen Jahr erheblich mehr Holz mit größerem Durchmesser angeliefert als ursprünglich geplant war. Aufgrund des heißen Sommers im Jahr 2018 und dem damit einhergehenden Käferbefall älterer und größerer Bäume, wird auch in näherer Zukunft von einem zunehmenden Anteil größerer Durchmesser ausgegangen. Da-her sind intensive Überlegungen über eine Blockbandsäge angestellt worden. Durch die Verwendung einer Blockbandsäge können auch Hölzer mit einem Durchmesser von > 800 mm verarbeitet werden. Durch die steigenden Zahlen von Hölzern mit großen unregelmäßigen Stümpfen, die nicht mehr in ge-wöhnlichen Sägewerken gesägt werden können. Störungsfreier Betrieb ist derzeit nur in einem Spekt-rum von 140 bis 230 mm möglich. Um dies zu realisieren wurde für die zu „dicken“ Stämme wurde eine Vorfräse in die SEO-Produktionsstraße eingebracht, die den Durchmesser reduziert und Störkanten be-seitigt. Für den gegenteiligen Fall von zu „kleine“ Hölzern wurden die Abstände zwischen den Hölzern vergrößert, sodass keine Holz-an-Holz Förderung vorliegt. Dadurch wird eine Stapelung der Hölzer größ- tenteils vermieden, stößt allerdings immer noch an seine Grenzen. Durch die entsprechenden Anpas-sungen an die gesetzten Anforderungen wird zumindest das Problem bei dünnen Sortimenten (100 bis 140 mm) behoben.

Insbesondere die Stufenförderbänder in den von Wema Probst gelieferten Anlagenteilen, waren ein

großes Problem, die zu Produktionsausfällen geführt hatten. Die Maschine war vorwiegend in der Profilierung nicht stabil genug ausgeführt. Laut Anlagenbeschreibung können Holzdurchmesser von 100 bis 400 mm damit verarbeitet werden. Dieses breite Spektrum kann von den verwendeten Förderaggregaten nicht abgedeckt werden.

Dies ist bedingt durch den installierten Transportweg der Stämme innerhalb der Produktionsstraße, der nicht richtig dimensioniert werden konnte. Das Konzept des Sägeprozesses mit Wema Probst, baut auf dem Prinzip „Holz an Holz“ auf. Damit keine Lücken zwischen den einzelnen Stammabschnitten entstehen, läuft die Zuführkette immer schneller als die Verarbeitungsgeschwindigkeit der Fräse. Es soll somit ein „Auflaufen“ entstehen. Dies stellt sich allerdings als problematisch heraus, sobald Hölzer mit unterschiedlichen Durchmessern verarbeitet werden sollen. Bei zu dickem Holz klemmt der Stamm an den seitlichen Wangen. Eine störungsfreie und somit wirtschaftliche Produktion ist somit nicht gegeben.

Des Weiteren ist die Vorschubleistung bei den Holzzyklindern ein limitierender Faktor, der Potential zur Verbesserung bietet. Mit einem Durchmesser von 250 mm wird aus konstruktionsbedingten Gründen nur eine geringe Vorschubleistung von etwa 6 m/min erreicht. Die Herstellerangabe der Rundstabfräse beträgt für diesen Durchmesser 15 m/min. Diese Limitierung erfolgt durch die kombinierte Profilier- und Sägemaschine. Die Rundstabfräse dagegen ist ausreichend dimensioniert. In dieser lösten sich jedoch an verschiedenen Stellen Schraubverbindungen. Gelöst wurde dieses Problem durch Eigenentwicklung und Umbau. Diese Eigenentwicklungen bezogen sich dabei hauptsächlich auf programmiertechnische und mechanische Eingriffe. Im laufenden Betrieb hatte sich außerdem gezeigt, dass die Sägeblätter mit der Vorschubgeschwindigkeit überfordert waren und die Sägeblätter zu „singen“ begannen. Daraufhin wurden Anpassungen in der Maschine selbst vorgenommen, wie das Bestücken mit dickeren und belastbareren Sägeblättern und verstärkten Führungsschienen, sowie Schraubverbindungen.

Außerdem bereitete der Förderweg am Auszug der Storti Horizontalschnittsäge verfahrenstechnische Schwierigkeiten. Ein Umbau des Förderstrangs von Mono- auf Triplex-Kette sowie der Umbau der Deckbrettabtrennung mittels pneumatischen Schiebers konnte diese beheben.

3.6. Modellcharakter/Übertragbarkeit

Das vorgesehene Konzept konnte umgesetzt werden. Daher kann ein solches Verfahren branchenweit etabliert werden. Somit ist die folgende Hochrechnung zu den Investitionskosten zur Übertragbarkeit aus jetziger Sicht noch zutreffend. Durch die Absetzung für Abnutzung (AFA) können auch die neuen Anlagen (Maschinen) über einen Zeitraum von zehn Jahren, sowie die Anlagengüter (Gebäude) über 25 Jahre abgeschrieben werden. Diese steuerlichen Einsparungen erweitern die Rentabilität noch weiter.

Ein Sägewerk, welches die Anlage nachbauen würde, könnten z.B. alleine 60% der Investitionen in den Rundholzplatz sparen und müsste weniger in den Brandschutz- und Stapelanlage und Hallen investieren, da diese in der Regel bereits vorhanden sind und nur in Teilen auf die neue Betriebssituation hin zu erweitern wären. Dies lässt die Gesamtinvestitionskosten deutlich geringer ausfallen und verbessert dadurch die Rentabilität. Während unseres Vorhabens fielen insgesamt 10.299.182 Euro an Investitionen an. Dabei betrug der Eigenanteil des Vorhabens 8.558.278 Euro. Die Amortisationsdauer beträgt im beschriebenen Projekt ca. 10 Jahre. Bei einer Übertragung des Projekts würde sich die Amortisationsdauer für den Nachahmer aufgrund der geringeren Investitionskosten auf ca. 7 Jahre verkürzen. Bei entsprechender Umsetzung könnten andere Holzverarbeitende Betriebe das System für ca. 5,99 Mio. Euro

etablieren. Sofern der Nachahmer auch ein Pelletwerk betreibt (Stand 2019: 50 Werke in Deutschland), kommen noch entfallene Transportkosten für Späne (hier 14 LKW-Ladungen täglich = 3.311 LKW-Ladungen pro Jahr) in Höhe von 1,15 Mio. € hinzu, sowie der zusätzlich erzielte Umsatz durch die Substitution des höherwertigen und damit teureren C-Holzes.

Investitionskosten - Vergleich WW HP und Nachahmer

		Kosten SEO	Nachahmer	Begründung
Rundholzplatz	Rundholzplatz AFA 10	1.162.000 €	383.460 €	Maschinen teilweise durch klassische Produktion vorhanden
	Befestigung AFA 25	1.067.500 €	500.000 €	
Hallen und Gebäudetechnik	Hallen und Gebäudetechnik AFA 25	1.619.957 €	1.200.000 €	Synergieeffekte (Transportkosten, Trocknung, interne Logistik)
	Hallen und Gebäudetechnik AFA 10	899.494 €	899.494 €	
Maschinen- und Anlagentechnik	Maschinen- und Anlagentechnik AFA 25	135.673 €	135.673 €	
	Maschinen- und Anlagentechnik AFA 10	2.898.864 €	2.100.000 €	Stapelmaschine und Brandschutz sind bei einer Übertragung nicht so umfangreich erforderlich
Planung und Gutachten	Planung und Gutachten AFA 10	478.800 €	478.800 €	
Optimierungsarbeit und sonstige Kosten	Optimierungsarbeit und sonstige Kosten AFA 10	295.990 €	295.990 €	
Summe		8.558.278 €	5.993.417 €	

Tabelle 16 - Investitionskosten für Nachahmer.

4. Zusammenfassung

Einleitung

Die stoffliche Nutzung von Holz ist der energetischen Nutzung immer vorzuziehen, alleine deswegen, weil Holz am Ende seiner stofflichen Nutzung immer noch energetisch verwertet werden kann. Gleichzeitig ist zu beobachten, dass der Holzeinschlag effizienter genutzt werden kann, da gegenwärtig beispielsweise bei Laubhölzern nur 30% des Gesamtrohholzes stofflich verwertet werden. Der forstwirtschaftliche Rundholzverkauf basiert auf der Klassifizierung von Hölzern nach Länge, Durchmesser und Qualität. Die dabei entschiedensten Qualitätskriterien beziehen sich bei Rundhölzern auf das Vorhandensein und Anzahl von Faulstellen und Beschädigungen sowie krummer Wuchs oder andere natürlich vorkommende Fehler im Holz. In Abhängigkeit von diesen Kriterien wird das zu verarbeitende Holz in Säge-, Industrie- und Energieholz unterteilt. Für die Sägeindustrie wird nur sogenanntes "flüssig gewachsenes Holz" genutzt, das möglichst geringe Krümmungen und wenige Äste aufweist. Holz, das nicht den Qualitätskriterien entspricht oder eine Länge von weniger als 2,50 m aufweist, wird als D- Holz bezeichnet und in die Brennstoffproduktion gegeben. Eine Sortierung dieses Sortiments nach Holzart, Stärkeklasse oder Ausmaß der Beschädigungen wurde bisher nicht durchgeführt

Im Zuge der Umsetzung der neuartigen SEO-Anlage plant die Westerwälder Holzpellets GmbH im Kern die stoffliche Nutzung von bisher nicht stofflich nutzbarem Holz sowie die damit einhergehenden Umweltschutzwirkungen zu realisieren.

Vorhabenumsetzung

Zur Verarbeitung von kürzeren Hölzern, die Längen von kleiner als 1,10 m besitzen, ist ein getaktetes Verfahren vorgesehen. Diese kurzen Hölzer sind bisher durch Sägewerke aufgrund der zu hohen Kräfte, die an der Profillinie auftreten nicht bearbeitbar. Bei der Verwertung von D- und FK-Hölzern ist es notwendig, eine möglichst hohe Flexibilität in der Verarbeitung von kurzen Hölzern zu erhalten, da Schadstellen auch mehrfach entlang des Stammes auftreten. Durch eine neuartige Verfahrensanordnung, ist die stoffliche Verwertung dieser Hölzer möglich.

Vor diesem Vorhaben bezogen lokale Palettenproduzenten, nach eigenen Angaben, einen Großteil des Materials aus dem Baltikum und Russland. Ein Teilbedarf soll nach Projektabschluss durch dieses Vorhaben abgedeckt werden. Dadurch wird die Importabhängigkeit von Russland und dem Baltikum produziertem Verpackungsholz reduziert.

Ein weiteres Ziel der SEO-Anlage ist der Einsatz eines innovativen Ultraschall-Messverfahrens am Rundholzsorrierplatz. Das zu implementierende Verfahren soll mittels Ultraschall Holzart und -güte sowie Faulstellen innerhalb des Holzes erkennen und den Stamm dem jeweils optimalen Weiterverarbeitungsweg: Zur stofflichen Verwertung in der Säge, als Rohstoff für die Pelletproduktion im Hacker oder zur thermischen Verwertung im Kraftwerk zugeführt werden.

Die in der SEO-Anlage zum Einsatz kommenden D- und FK-Hölzer werden bislang einer energetischen Verwertung zugeführt. Durch die Verarbeitung in der SEO-Anlage soll ein Teil dieses Holzes als Verpackungsholz der Palettenherstellung zugeführt werden. Einer energetischen Verwertung kann die Palette nach der Nutzung zugeführt werden. Somit wird die Wertschöpfung verlängert und das Material effizienter genutzt.

Unter der Annahme, dass das in der SEO-Anlage hergestellte Schnittholz in der Verpackungsindustrie Holzmenge besserer Qualitäten substituiert, verbleibt das nicht entnommene Holz länger im Wald. Als

Lebensdauer von einer Palette können erfahrungsgemäß 6 Jahre angesetzt werden. Das im Wald belassene Holz ermöglicht zusätzlich Kohlendioxid (CO₂) zu speichern, denn die Bäume nehmen CO₂ aus der Atmosphäre auf und verwandeln es letztlich in Biomasse. Neben den Bäumen ist auch der Waldboden ein kohlenstoffreiches Substrat. Berechnungen zeigen, dass die deutschen Wälder in ihrer oberirdischen Biomasse eine Kohlenstoffmenge von rund 993 Mio. Tonnen bevorraten, hinzu kommen 156 Mio. Tonnen in unterirdischer Biomasse, vor allem den Wurzeln, und 20 Mio. Tonnen im Totholz. Somit wirkt der Wald in Deutschland derzeit als Senke und entlastet die Atmosphäre jährlich um rund 52 Millionen Tonnen Kohlendioxid.

Ergebnisse

Die Anlage befand sich von September 2017 bis zum Juni 2018 im Probetrieb, da bis zu diesem Zeitpunkt die Vermessung der Stämme mittels der 3D-Kamera noch nicht geeicht war. Im Ergebnis konnte die Ultraschallvermessung nicht erfolgreich installiert werden. Die Sortierung des Rundholzes erfolgt stattdessen durch die Maschinenführer anhand optischer Kriterien. Der Rundholzsortierplatz weist seit März 2018 eine Nennleistung von 80% aus. Das bedeutet, dass 10 LKW Ladungen pro Tag verarbeitet werden können. Sobald der reibungslose Betrieb der Anlage gewährleistet ist, sind 14 bis 15 Ladungen pro Tag realistisch. Im Kalenderjahr 2019 wurden im Durchschnitt bereits 13 LKW Ladungen pro Tag verarbeitet.

Es ergibt sich für das Jahr 2019 eine stoffliche Ausbeute, aus dem in die Produktion eingebrachten D-Holz, in Höhe von 32,5 % bzw. 29.345 m³. Dieses D-Holz hat bisher als nicht sägefähig gegolten und kann mit diesen Vorhaben stofflich für die Produktion von Paletten verwendet werden. Das damit substituierte C-Holz kann länger im Wald verbleiben und führt zu jährlichen CO₂-Einsparungen in Höhe von 1.050 Tonnen. Durch kürzere Transportwege ergeben sich außerdem jährliche CO₂-Einsparungen von 362 Tonnen (Fahrwegverkürzungen innerhalb Deutschlands) und 3.107 Tonnen (lokales Produzieren der Paletten).

Ausblick

Das vorgesehene Konzept konnte umgesetzt werden. Daher kann ein solches Verfahren branchenweit etabliert werden. Somit ist die folgende Hochrechnung zu den Investitionskosten zur Übertragbarkeit aus jetziger Sicht noch zutreffend. Durch die festgelegte Absetzung für Abnutzung (AFA) können auch die neuen Anlagen (Maschinen) über einen Zeitraum von zehn Jahren, sowie die Anlagengüter (Gebäude) über 25 Jahre abgeschrieben werden. Diese steuerlichen Einsparungen erweitern die Rentabilität noch weiter und sind somit für Nachahmer ideal.

5. Summary

Introduction

The material use of wood is always preferable to its energetic use, due to the fact that wood can still be energetically recycled at the end of its material use. At the same time, it can be observed that logging can be used more efficiently, as currently only 30% of the total raw wood is recycled, for example in the case of hardwoods. Forestry roundwood sales are based on the classification of timber according to length, diameter and quality. The most decisive quality criteria for round timber relate to the presence and number of rotten spots and damage, as well as crooked growth or other naturally occurring defects in the wood. Depending on these criteria, the wood to be processed is divided into sawmill wood, industrial wood and energy wood. For the sawmill industry, only so-called "liquid-grown wood" is used, which has the least possible curvature and few knots. Wood that does not meet the quality criteria or has a length of less than 2.50 m is called D-wood and is utilized for fuel production. A sorting of this assortment according to wood species, thickness class or extent of damage has not yet been carried out

In the course of the implementation of the new SEO system, Westerwälder Holzpellets GmbH is planning to realize the material use of wood that has not been usable as a material so far and the associated environmental protection effects.

Project implementation

For the processing of shorter timbers, which have lengths of less than 1.10 m, a clocked process is provided. These short timbers have so far not been workable by sawmills due to the excessive forces that occur at the profiling line. When recycling D and FK woods, it is necessary to maintain the highest possible flexibility in the processing of short woods, since damaged areas also occur several times along the trunk. A new type of process arrangement enables the material recycling of these woods.

Prior to this project, local pallet producers, according to their own statements, sourced much of the material from the Baltic States and Russia. A partial need is to be covered by this project after the end of the project. This will reduce the import dependency of packaging wood produced in Russia and the Baltic States.

A further aim of the SEO system is the use of an innovative ultrasonic measuring method at the log sorting station. The plan is to use ultrasound to detect the type and quality of wood and to identify rotten spots within the wood and to feed the trunk to the respective optimum processing route: for material recycling in the sawmill, as raw material for pellet production in the chipper or for thermal recycling in the power plant.

The D- and FK-woods used in the SEO system have so far been recycled for energy. Through processing in the SEO plant, part of this wood would be supplied to the pallet production as packaging wood. The pallet can be recycled for energy after use. This extends the value added and makes more efficient use of the material.

Under the assumption that the sawn timber produced in the SEO system substitutes better quality timber in the packaging industry, the wood that is not removed remains in the forest longer. Experience shows that the service life of a pallet may last up to six years. The wood left in the forest enables additional carbon dioxide (CO₂) to be stored because the trees absorb CO₂ from the atmosphere and ulti-

mately convert it into biomass. Besides the trees, the forest floor is also a carbon-rich substrate. Calculations show that German forests store a carbon quantity of around 993 million tonnes in their above-ground biomass, plus 156 million tonnes in underground biomass, mainly roots, and 20 million tonnes in dead wood. This means that forests in Germany are currently acting as sinks, relieving the atmosphere of around 52 million tonnes of carbon dioxide every year.

Project results

The plant was in trial operation from September 2017 to June 2018, as the measurement of the logs by means of the 3D camera had not yet been calibrated at that time. As a result, the ultrasonic measurement could not be successfully installed. Instead, the round timber is sorted by the machine operators using optical criteria. The timber sorting station has had a nominal capacity of 80% since March 2018. This means that 10 truck loads can be processed per day. As soon as the smooth operation of the plant is guaranteed, 14 to 15 loads per day are realistic. In the calendar year 2019, an average of 13 truck loads per day were already being processed.

This results in a material yield of 32.5 % or 29.345 m³ from the D-wood used in production in 2019. This D-wood has so far been regarded as not sawable and can therefore be used for the production of pallets. The C-wood thus substituted can remain in the forest for longer and leads to annual CO₂ savings of 1.050 tonnes. Shorter transport distances also result in annual CO₂ savings of 362 tonnes (shorter distances within Germany) and 3,107 tonnes (local production of pallets).

Prospects

The planned concept could be implemented. Such a procedure can therefore be established throughout the industry. Therefore, the following extrapolation of the investment costs for transferability is still correct from the current perspective. Due to the deduction for wear and tear, the new equipment (machines) can also be depreciated over a period of ten years, and the fixed assets (buildings) over 25 years. These tax savings further enhance profitability.

6. Literaturangaben

Auf die Publikationen wurde im Fließtext referenziert. Auf Anfrage können diese gesammelt gerne zur Verfügung gestellt werden, um die durchgeführten Berechnungen objektiv und schlüssig nachvollziehen zu können.

Frommhold, Prof. Dr. Heinz (2013). Holzsortierung und –vermessung. Eberswalde.

Kottmeier, Prof. Dr. Christoph, Schipper, Dr. Hans & Hackenbruch, Dipl.-Geogr. Julia (2012). Klima und Wald. Süddeutsches Klimabüro, KIT-Zentrum Klima und Umwelt (Hrsg). Karlsruhe.

Land Brandenburg (1995). Information für den Waldbesitzer - Rohholzaushaltung. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (MELF) des Landes Brandenburg, Referat 56 Holzverwertung (Hrsg). Potsdam.

Schramm & Co GmbH Paletten und Verpackung (2015). Reparatur von Euro- und Einwegpaletten und anderweitige Wiederverwertung der Palettenholzreste. URL [<https://schrammpalette.de>], Zugriff: 30.04.2020.

Umweltbundesamt (2014). Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2014 - Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2012; Kap. 7.2, S. 524 ff. Umweltbundesamt (Hrsg). Dessau-Roßlau.