



Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft

Masterarbeit



Innerbetrieblicher Transport von
Kunststoffabfällen

Philipp Hack, BSc

Mai 2024



MONTANUNIVERSITÄT LEOBEN

www.unileoben.ac.at

EIDESSTÄTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt, den Einsatz von generativen Methoden und Modellen der künstlichen Intelligenz vollständig und wahrheitsgetreu ausgewiesen habe, und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Ich erkläre, dass ich den Satzungsteil „Gute wissenschaftliche Praxis“ der Montanuniversität Leoben gelesen, verstanden und befolgt habe.

Weiters erkläre ich, dass die elektronische und gedruckte Version der eingereichten wissenschaftlichen Abschlussarbeit formal und inhaltlich identisch sind.

Datum 08.05.2024

Unterschrift Verfasser/in

Abstract

OMV is planning a plant to produce crude oil from recycled plastic material. As space on the refinery site is very limited, the material is to be transported to an unloading station outside the refinery by lorry or rail. For the onward transport to this plant, suitable conveyor systems, recycling materials and delivery positions are compared with each other both economically and environmentally as part of this work. Three plastic materials were analysed: POS flakes, POS pellets and square bales. In addition, 6 delivery positions around the refinery were considered, as well as delivery by lorry and by rail. In order to compare the scenarios, the routes were planned, conveyor systems were evaluated, offers from different manufacturers for a standard route were obtained and these were scaled to the different conveyor routes with the help of a belt conveyor calculation. Scaling is carried out by calculating an open belt conveyor for each conveyor section and the required capacity. This allows conversion factors to be created for the standard section. These conversion factors are used to convert the performance of the manufacturer's quotations to the different conveyor sections and can therefore be included in the cost calculation. Finally, a cost breakdown was drawn up in order to compare the different scenarios and make a recommendation. The realisation behind the choice of plastic material is that wrapped square bales generate the lowest costs in terms of production and delivery. Wrapping the bales also minimises the risk of environmental pollution. The ropeway is very well suited as a means of transport as, in combination with the containers, it enables the bales to be opened directly in front of the system and thus benefit from the high bulk density of the bales. The disadvantage of the ropeway is the straight route and the fact that it must not cross inhabited areas. A major advantage is the low storage costs, as bales can be stored directly in the containers. Due to the closed containers, this system benefits greatly in terms of pollution of the environment with plastic material. With regard to delivery, it can be stated that delivery by rail is preferable. This is due to the future requirements, which are intended to reduce the transport of waste by lorry in particular, and the fact that suitable rail facilities are available on site. For the reasons mentioned above, the recommendation for this work is to deliver square bales of film in containers by rail to the Borealis siding. These containers are transported to the plant by cable car. If the delivery is made by lorry, the delivery position in Hainburgerstraße also makes sense. Square bales in containers can also be transported from there to the plant by cable car.

Kurzfassung

Die OMV plant eine Anlage, um aus Kunststoff- Recyclingmaterial wieder Rohöl herzustellen. Da die Platzverhältnisse auf dem Raffineriegelände sehr begrenzt sind, soll das Material an eine Entladestation außerhalb der Raffinerie per LKW oder Bahn transportiert werden. Für den Weitertransport zu dieser Anlage werden im Rahmen dieser Arbeit geeignete Förderanlagen, Recyclingmaterialien und Anlieferpositionen sowohl wirtschaftlich als auch umwelttechnisch miteinander verglichen. Untersucht wurden 3 Kunststoffmaterialien: POS- Flakes, POS- Pellets und Vierkantballen. Weiters wurden 6 Anlieferpositionen rund um die Raffinerie, sowie die Anlieferung per LKW als auch per Bahn betrachtet. Um die Szenarien zu vergleichen, wurden die Routenführungen geplant, Fördersysteme bewertet, Angebote unterschiedlicher Hersteller für eine Standardstrecke eingeholt und diese auf die unterschiedlichen Förderstrecken mit Hilfe einer Berechnung eines Gurtförderers skaliert. Die Skalierung erfolgt durch die Berechnung eines offenen Gurtförderers für jede Förderstrecke und der dafür benötigten Leistung. Daraus können Umrechnungsfaktoren zur Standardstrecke erstellt werden. Mittels dieser Umrechnungsfaktoren werden die Leistungen der Angebote der Hersteller auf die unterschiedlichen Förderstrecken umgerechnet und können somit in die Kostenkalkulation einfließen. Abschließend wurde eine Kostenaufstellung erstellt, um die unterschiedlichen Szenarien miteinander vergleichen und eine Empfehlung

aussprechen zu können. Die Erkenntnis der Wahl des Kunststoffmaterials ist die, dass die folierten Vierkantballen die niedrigsten Kosten in Bezug auf die Herstellung und Anlieferung hervorrufen. Durch das Wickeln der Ballen ist die Gefahr der Verschmutzung der Umwelt auch besonders gering. Als Fördermittel eignet sich die Seilbahn sehr gut, da diese in Kombination mit den Containern es ermöglicht, die Ballen erst direkt vor der Anlage zu öffnen und somit von der hohen Schüttdichte der Ballen zu profitieren. Der Nachteil der Seilbahn liegt in der geraden Streckenführung und darin, dass bewohntes Gebiet nicht überquert werden darf. Ein großer Vorteil sind die geringen Lagerkosten, da Ballen direkt in den Containern gelagert werden können. Durch die geschlossenen Container profitiert dieses System stark in Bezug auf die Verschmutzung der Umwelt mit Kunststoffmaterial. Hinsichtlich der Anlieferung kann die Aussage getroffen werden, dass die Anlieferung per Bahn zu bevorzugen ist. Dies ergibt sich aus den zukünftigen Anforderungen, die insbesondere den LKW-Transport von Abfällen reduzieren sollen und der Tatsache, dass vor Ort geeignete Gleisanlagen vorhanden sind. Die Empfehlung dieser Arbeit ist, aus den oben genannten Gründen, die Anlieferung von folierten Vierkantballen in Containern per Bahn auf dem Abstellgleis der Borealis. Diese Container werden mittels einer Seilbahn zur Anlage transportiert. Sollte die Anlieferung per LKW erfolgen erweist sich auch die Anlieferposition in der Hainburgerstraße als sinnvoll. Auch von dort können Vierkantballen in Containern mittels einer Seilbahn zur Anlage transportiert werden.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinem Betreuer Dipl.-Ing. Dr. mont. Michael Prenner und meinem Projektkollegen Christoph Gschwandtner, BSc. recht herzlich für die gelungene Zusammenarbeit bedanken. Diese standen mir immer mit Rat und Tat zur Seite und unterstützten mich in jeder Hinsicht.

Diese Arbeit wurde im Rahmen eines Projekts für die OMV verfasst. Daher möchte ich mich auch bei DI.Richard Mikula, DI Wolfgang Hofer und DI Thomas Schlosser bedanken. Weiters möchte ich mich bei Sabrina Zarfl bedanken, die mich tatkräftig bei der Erstellung dieses Dokuments unterstützt hat. Besonders möchte ich aber auch bei meinen Eltern bedanken, die mir dieses Studium ermöglichen und mich in allen Lebenslagen unterstützen.

"Was wir heute tun, entscheidet darüber, wie die Welt morgen aussieht"

Marie von Eber - Eschenbach

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 2 |
| 1.1 | Ausgangssituation und Kooperationspartner | 2 |
| 1.2 | Problemstellung und detaillierte Fragen | 3 |
| 1.3 | Aufbau und Methoden | 3 |
| 2 | Förderstrecken und Übergabestellen | 5 |
| 2.1 | Anlieferposition und Förderstrecke 1: Bahnentladung Borealis | 5 |
| 2.2 | Anlieferposition und Förderstrecke 2: Logistikzentrum Hainburgerstraße | 5 |
| 2.3 | Anlieferposition und Förderstrecke 3: Ölhafen Lobau | 6 |
| 2.4 | Anlieferposition und Förderstrecke 4: Alberner Hafen | 6 |
| 2.5 | Anlieferposition und Förderstrecke 5: Zementwerk Mannersdorf | 7 |
| 2.6 | Anlieferposition und Förderstrecke 6: Pretreatment Simmering | 8 |
| 3 | Transportform von Kunststoffabfällen | 9 |
| 3.1 | Physikalische Eigenschaften der Transportformen | 9 |
| 3.1.1 | Transportform: POS- Flakes | 9 |
| 3.1.2 | Transportform: Gepresste und folierte Ballen | 10 |
| 3.1.3 | Transportform: POS-Pellets | 11 |
| 3.2 | Wirtschaftliche Betrachtung der Transportformen | 12 |
| 3.2.1 | Erzeugungskosten | 12 |
| 3.2.1.1 | POS-Flakes | 12 |
| 3.2.1.2 | Folierte Vierkantballen | 12 |
| 3.2.1.3 | POS-Pellets | 12 |
| 3.2.2 | Transportkosten | 13 |
| 3.2.2.1 | LKW Transport | 13 |
| 3.2.2.1.1 | POS-Flakes: | 13 |
| 3.2.2.1.2 | POS-Pellets: | 13 |
| 3.2.2.1.3 | Folierte Vierkantballen: | 13 |
| 3.2.2.2 | Eisenbahntransport | 13 |
| 3.2.3 | Summierte Kosten für die Anlieferung | 14 |
| 3.3 | Schlussfolgerung | 14 |
| 4 | Konzepte zur Förderung des Kunststoffmaterials | 15 |
| 4.1 | Hydraulischer Strömungsförderer | 16 |
| 4.2 | Pneumatischer Förderer | 18 |
| 4.3 | Gurtförderer | 19 |
| 4.4 | Sandwichconveyor | 20 |
| 4.5 | Ropecon | 21 |
| 4.6 | Schlauchgurtförderer | 22 |
| 4.7 | Rail-Running Conveyor als Schlauchgurtförderer | 25 |
| 4.8 | Taschengurtförderer | 26 |
| 4.9 | Seilbahn | 27 |
| 4.10 | Bahn auf Schienen | 29 |
| 4.11 | Becherwerk | 29 |
| 4.12 | Schneckenförderer | 31 |
| 4.13 | Trogkettenförderer | 32 |
| 4.14 | Kratzerförderer | 33 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 4.15 | Schwingförderer | 34 |
| 4.16 | Stauscheibenförderer | 35 |
| 5 | Anwendung auf die unterschiedlichen Förderstrecken | 37 |
| 5.1 | Betrachtung der Förderstrecke 1: Bahnentladung Borealis | 37 |
| 5.1.1 | Szenario 1: Innofreight-Container auf Eisenbahn in Kombination mit stationärer Entladeeinrichtung | 37 |
| 5.1.1.1 | Entladung der Eisenbahn | 38 |
| 5.1.1.2 | Förderung der Kunststofffraktionen | 38 |
| 5.1.1.2.1 | Förderung der Kunststofffraktionen - RopeCon-System | 38 |
| 5.1.1.2.2 | Förderung der Kunststofffraktionen mittels Schlauchgurtförderer | 39 |
| 5.1.1.2.3 | Förderung der Kunststofffraktionen mittels Rail-Running Conveyor | 41 |
| 5.1.1.3 | Zusammenfassung und Kosten | 42 |
| 5.1.1.3.1 | Kosten Entladung der POS-Pellets | 42 |
| 5.1.1.3.2 | Kosten Entladung der folierten Ballen | 42 |
| 5.1.1.3.3 | Kosten Förderung der POS-Pellets mittels Ropecon System | 42 |
| 5.1.1.3.4 | Kosten Förderung der POS-Pellets mittels Schlauchgurtförderer | 43 |
| 5.1.1.3.5 | Kosten Förderung der POS-Pellets Rail Running Conveyor | 43 |
| 5.1.1.3.6 | Kosten Förderung der POS-Flakes bzw. aufgetrennte Ballen mittels Ropecon System | 44 |
| 5.1.1.3.7 | Kosten Förderung der POS-Flakes bzw. aufgetrennte Ballen mittels Schlauchgurtförderer | 44 |
| 5.1.1.3.8 | Kosten Förderung der POS-Flakes bzw. aufgetrennte Ballen Rail Running Conveyor | 44 |
| 5.1.1.3.9 | Kosten Lagerung der POS-Pellets | 45 |
| 5.1.1.3.10 | Kosten Lagerung der folierten Ballen | 45 |
| 5.1.1.3.11 | Summe der Kosten aus Entladung, Förderung und Lagerung Förderstrecke 1, Szenario 1 | 45 |
| 5.1.2 | Szenario 2: Innofreight-Container auf Eisenbahn in Kombination mit Seilbahn | 46 |
| 5.1.2.1 | Entladung/ Beladung Eisenbahn sowie Lagerung der Schüttgutcontainer | 47 |
| 5.1.2.2 | Förderung der Container | 48 |
| 5.1.2.3 | Zusammenfassung und Kosten | 49 |
| 5.1.2.3.1 | Kosten Entladung und Lagerung der POS-Pellets | 49 |
| 5.1.2.3.2 | Kosten Entladung und Lagerung der folierten Ballen | 49 |
| 5.1.2.3.3 | Kosten Förderung von Containern mit POS-Pellets mittels Seilbahn | 49 |
| 5.1.2.3.4 | Kosten Förderung von Containern mit Ballen mittels Seilbahn | 50 |
| 5.1.2.3.5 | Summe der Kosten für die Entladung, Förderung und Lagerung mittels Seilbahn Förderstrecke 1, Szenario 2 | 51 |
| 5.2 | Betrachtung der Förderstrecke 2: Logistikzentrum Hainburgerstraße | 51 |
| 5.2.1 | Szenario 1: Innofreight-Container auf LKW in Kombination mit Seilbahn | 52 |
| 5.2.1.1 | Entladung/ Beladung LKW, sowie Lagerung der Schüttgüter | 52 |
| 5.2.1.2 | Förderung der Container | 52 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 5.2.1.3 | Zusammenfassung und Kosten | 53 |
| 5.2.1.3.1 | Kosten für Entladung und Lagerung der Schüttgutcontainer | 53 |
| 5.2.1.3.2 | Kosten Förderung von Containern mit POS-Pellets mittels Seilbahn | 54 |
| 5.2.1.3.3 | Kosten Förderung von Containern mit Ballen mittels Seilbahn | 54 |
| 5.2.1.3.4 | Summe der Kosten für die Entladung, Förderung und Lagerung Förderstrecke 2, Szenario 1 | 55 |
| 5.2.2 | Szenario 2: Ballenlager in Kombination mit Gurtförderer | 55 |
| 5.2.2.1 | Entladung LKW sowie Lagerung der Vierkantballen | 55 |
| 5.2.2.2 | Förderung der Kunststofffraktionen | 55 |
| 5.2.2.2.1 | Förderung der Kunststofffraktionen mittels RopeCon-System | 56 |
| 5.2.2.2.2 | Förderung der Kunststofffraktionen mittels Schlauchgurtförderer | 57 |
| 5.2.2.2.3 | Förderung der Kunststofffraktionen mittels Rail-Running- Conveyor | 58 |
| 5.2.2.3 | Zusammenfassung und Kosten | 59 |
| 5.2.2.3.1 | Kosten für Entladung und Lagerung der Vierkantballen | 59 |
| 5.2.2.3.2 | Kosten Förderung mittels RopeCon System | 60 |
| 5.2.2.3.3 | Kosten Förderung mittels Schlauchgurtförderer | 60 |
| 5.2.2.3.4 | Kosten Förderung Rail Running Conveyor | 61 |
| 5.2.2.3.5 | Summe der Kosten für die Entladung, Förderung und Lagerung Förderstrecke 2, Szenario 2 | 61 |
| 5.2.3 | Szenario 3: Schüttgutlager in Kombination mit Gurtförderer | 62 |
| 5.2.3.1 | Entladung LKW sowie Lagerung der POS- Pellets | 62 |
| 5.2.3.2 | Förderung der Kunststofffraktionen | 62 |
| 5.2.3.2.1 | Förderung der Kunststofffraktionen mittels RopeCon-System | 63 |
| 5.2.3.2.2 | Förderung der Kunststofffraktionen mittels Schlauchgurtförderer | 63 |
| 5.2.3.2.3 | Förderung der Kunststofffraktionen mittels Rail-runningconveyor | 64 |
| 5.2.3.3 | Zusammenfassung und Kosten | 64 |
| 5.2.3.3.1 | Kosten für Entladung und Lagerung der POS-Pellets | 64 |
| 5.2.3.3.2 | Kosten Förderung POS-Pellets mittels RopeCon System | 64 |
| 5.2.3.3.3 | Kosten Förderung Schlauchgurtförderer | 65 |
| 5.2.3.3.4 | Kosten Förderung Rail Running Conveyor | 65 |
| 5.2.3.3.5 | Summe der Kosten für die Entladung, Förderung und Lagerung Förderstrecke 2, Szenario 3 | 66 |
| 5.3 | Betrachtung der Förderstrecke 3: Ölhafen Lobau | 66 |
| 5.3.1 | Szenario 1: Innofreight-Container auf der Eisenbahn in Kombination mit stationärer Entladeeinrichtung | 67 |
| 5.3.1.1 | Entladung der POS-Pellets | 67 |
| 5.3.1.2 | Förderung der Kunststofffraktionen | 68 |
| 5.3.1.2.1 | Förderung der Kunststofffraktionen mittels Schlauchgurtförderer | 68 |
| 5.3.1.2.2 | Förderung der Kunststofffraktionen mittels Rail-Running- Conveyor | 69 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 5.3.1.3 | Zusammenfassung und Kosten | 70 |
| 5.3.1.3.1 | Kosten Förderung von POS Pellets mittels Schlauchgurtförderer | 70 |
| 5.3.1.3.2 | Kosten Förderung POS-Pellets Rail Running Conveyor | 70 |
| 5.3.1.3.3 | Kosten Förderung von POS Flakes mittels Schlauchgurtförderer | 71 |
| 5.3.1.3.4 | Kosten Förderung POS-Flakes Rail Running Conveyor | 71 |
| 5.3.1.3.5 | Summe der Kosten für die Entladung, Förderung und Lagerung Förderstrecke 3, Szenario 1 | 72 |
| 5.3.2 | Szenario 2: Kombinierte Bahn- und LKW-Anlieferung von Vierkantballen | 72 |
| 5.3.2.1 | Entladung Eisenbahn und LKW sowie Lagerung der Vierkantballen | 73 |
| 5.3.2.2 | Förderung der Kunststofffraktionen | 73 |
| 5.3.2.3 | Zusammenfassung und Kosten | 74 |
| 5.3.2.3.1 | Kosten für Entladung der Vierkantballen | 74 |
| 5.3.2.3.2 | Kosten Förderung von POS Flakes mittels Schlauchgurtförderer | 74 |
| 5.3.2.3.3 | Kosten Förderung POS-Flakes Rail Running Conveyor | 75 |
| 5.3.2.3.4 | Summe der Kosten für die Entladung, Förderung und Lagerung Förderstrecke 3, Szenario 2 | 75 |
| 5.3.3 | Szenario 3: Kombinierte Bahn- und LKW-Anlieferung von POS-Pellets | 76 |
| 5.3.3.1 | Entladung Eisenbahn und LKW sowie Lagerung der Kunststofffraktionen | 76 |
| 5.3.3.2 | Förderung der POS-Pellets | 76 |
| 5.3.3.3 | Zusammenfassung und Kosten | 76 |
| 5.3.3.3.1 | Kosten Entladung POS Pellets | 77 |
| 5.3.3.3.2 | Kosten Förderung von POS Pellets mittels Schlauchgurtförderer | 77 |
| 5.3.3.3.3 | Kosten Förderung POS-Pellets Rail Running Conveyor | 77 |
| 5.3.3.3.4 | Summe der Kosten für die Entladung, Förderung und Lagerung Förderstrecke 3, Szenario 3 | 78 |
| 5.4 | Betrachtung der Förderstrecke 4: Alberner Hafen | 78 |
| 5.5 | Betrachtung der Förderstrecke 5: Zementwerk Mannersdorf | 79 |
| 5.6 | Betrachtung der Förderstrecke 6: Pre-Treatment- Anlage Simmering | 80 |
| 5.6.1 | Szenario 1: Förderung der POS- Flakes ohne Entladung | 80 |
| 5.6.1.1 | Förderung der Kunststofffraktionen | 80 |
| 5.6.1.1.1 | Förderung mittels Schlauchgurtförderer | 81 |
| 5.6.1.1.2 | Förderung mittels Rail-Running Conveyor | 82 |
| 5.6.1.1.3 | Förderung mittels Strömungsförderer | 83 |
| 5.6.1.2 | Zusammenfassung und Kosten | 83 |
| 5.6.1.2.1 | Kosten Entladung | 84 |
| 5.6.1.2.2 | Kosten Förderung von POS Flakes mittels Schlauchgurtförderer | 84 |
| 5.6.1.2.3 | Kosten Förderung von POS Flakes mittels Rail Running Conveyor | 84 |
| 5.6.1.2.4 | Kosten Förderung von POS Flakes mittels Strömungsförderer | 85 |

| | | |
|----------|------------------------------------|-----------|
| 6 | Zusammenfassung/ Diskussion | 86 |
| 6.1 | Gesammelte Ergebnisse | 86 |
| 6.2 | Material | 87 |
| 6.3 | Bahmentladung | 88 |
| 6.4 | Logistikzentrum | 88 |
| 6.5 | Ölhafen Lobau | 89 |
| 6.6 | Pretreatment-Anlage | 89 |
| 6.7 | Empfehlung | 89 |
| 7 | Berechnung Gurtförderer | 90 |

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Kooperationspartner

Die OMV Group hat es sich in den vergangenen Jahren zur Aufgabe gemacht, aus Kunststoffabfall wieder ein recyceltes Rohöl herzustellen. Die dabei verwendete ReOil-Anlage ist eine Konversionsanlage. Dabei wird Kunststoffabfall von Konsumenten und der Industrie aus dem europäischen Raum zu synthetischen Rohöl und petrochemischen Rohmaterial umgewandelt. Die Anlage kann 25 t Kunststoffmaterial pro Stunde verarbeiten. Da die Anlage sowohl an Werk- als auch an Feiertagen rund um die Uhr betrieben wird, wird von einem Jahresbedarf von 200.000 t ausgegangen. Dementsprechend soll auch die passende Menge an Material angeliefert werden, um einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten. Das Kunststoffmaterial darf bei der Verarbeitung eine maximale Feuchtigkeit von 15 % aufweisen [26].

Da sich die ReOil-Anlage inmitten der Raffinerie befindet, ist es derzeit nicht möglich die zu recycelnden Kunststoffe direkt per LKW der Anlage zuzuführen, da der dafür notwendige LKW-Verkehr das vorhandene Verkehrsnetz überlasten würde. Im Moment befindet sich nur eine ReOil-Anlage im kleinen Maßstab in der Raffinerie. Die Anlage, die dann 25 t/h verarbeitet, existiert im Moment noch nicht und wird gemeinsam mit den Fördermitteln, die in dieser Arbeit erforscht werden, gebaut. Statt das Material mitten in die Raffinerie zu transportieren, soll eine geeignete Position außerhalb der Raffinerie gefunden werden, an der das Material mit verschiedensten Transportmitteln angeliefert wird. Von dort aus wird das Material mit einem geeigneten Fördersystem weiter zur ReOil-Anlage transportiert. Hierbei sind mehrere Anlieferpositionen möglich, die in Kapitel 2 näher beschrieben werden. Diese Anlieferpositionen, die mit dem Zug, LKW oder dem Schiff erreichbar sind, werden benötigt, um die Anlieferung aus dem Europäischen Raum umzusetzen.

Eine weitere Option besteht darin, Kunststoffabfälle aus dem Großraum Wien direkt in einer Aufbereitungsanlage (Pre-Treatment-Anlage) nahe der Raffinerie zu POS-Fractionen zu verarbeiten. Das Grundstück auf dem die Pre-Treatment-Anlage gebaut wird, ist bereits im Besitz der OMV. Für dieses Szenario soll zusätzlich ein Fördersystem gefunden werden, um das Material zur ReOil-Anlage zu transportieren.

Weiters soll auch ein Fördersystem für eine 20 km lange Strecke in Betracht gezogen und analysiert werden. Diese Strecke führt vom Zementwerk Mannersdorf direkt zur ReOil-Anlage in der Raffinerie. Beim Zementwerk wird Kunststoffmaterial für den dortigen Prozess angeliefert. Es soll herausgefunden werden, ob es möglich ist eine Förderanlage über diese Distanz zu bauen. Dazu soll auch eine Kostenabschätzung erstellt werden. Die Anlieferpositionen werden im folgenden Kapitel genauer betrachtet.

Mit einem Zug werden immer etwa 1000 t Material angeliefert. Das Fördersystem sowie alle Auf- und Abgaben des Materials sollen möglichst automatisiert erfolgen. Außerdem wurden vom Kooperationspartner verschiedene Arten von Kunststoffmaterial zur Verfügung gestellt, um dieses zu beurteilen und für die Anlieferung zu analysieren. Mehr dazu in Kapitel 3. Im nachfolgenden Text werden die verschiedenen Möglichkeiten untersucht und miteinander verglichen, um den Kooperationspartner eine fundierte Entscheidungsgrundlage bieten zu können.

1.2 Problemstellung und detaillierte Fragen

Ziel dieser Arbeit ist es, unterschiedliche Fördersysteme für den Transport von polyolefin und polystyrolreichen Kunststofffraktionen (im Folgenden POS genannt) für verschiedene Förderstrecken sowohl in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit und den Umwelteinfluss, miteinander zu vergleichen. Je nach Förderstrecke soll auch eine Zwischenentladestation und verschiedene Arten von Kunststoffmaterial berücksichtigt werden. Dazu werden Angebote von verschiedenen Herstellern eingeholt und die Investitionskosten, sowie die Betriebskosten miteinander verglichen, um einen Preis pro transportierter Tonne Kunststoff zu berechnen. Zu beachten ist auch, dass der Transport und die Vorbereitung des Materials hohe logistische sowie kostenintensive Aufwendungen erfordern. Außerdem erfolgt eine Berechnung eines Gurtförderers, um die Legitimität der Angebote der Hersteller und einen passenden Umrechnungsfaktor zur Kosten- und Leistungsermittlung für die restlichen Förderstrecken zu erstellen. Um die Problemstellung der Arbeit zu lösen sind folgende detaillierte Fragestellungen notwendig:

1. Im ersten Schritt werden die infrage kommenden Förderstrecken und Übergabe stellen kurz beschrieben.
2. Im nächsten Schritt erfolgten eine Beschreibung sowie ein wirtschaftlicher Vergleich der infrage kommenden Schüttgüter. Zu den infrage kommenden Formen zählen POS-Flakes, gepresste und folierte Vierkantballen und POS-Pellets.
3. Die dritte Detailfragestellung bezieht sich auf die verschiedenen Arten von Fördersystemen. Anhand von ausgewählten Kriterien soll dabei festgestellt werden, welches Fördersystem für das Projekt am geeignetsten ist.
4. Anknüpfend werden die erlangten Erkenntnisse aus den Detailfragestellungen 2 und 3 auf die verschiedenen Förderstrecken reflektiert und die daraus resultierenden Möglichkeiten in verschiedenen Szenarien ausgearbeitet. Augenmerk soll dabei vor allem auf die technischen und wirtschaftlichen Aspekte gesetzt werden.

1.3 Aufbau und Methoden

- In Kapitel 2 wurden Anlieferpositionen vorgegeben und passende Strecken ausgesucht und mit den Mitarbeitern der OMV diskutiert.
- In Kapitel 3 wurde das Kunststoffmaterial analysiert. Es wurde die Dichte gemessen und mit der Literatur verglichen. Mit dem Lichtmikroskop wurde festgestellt, ob das Material Mikroplastik enthält und dokumentiert. Es wurde eine Recherche angestellt um festzustellen, welche Aufwendungsmaßnahmen benötigt werden, um das jeweilige Schüttgut per LKW oder Zug wirtschaftlich transportieren zu können. Am Schluss werden die Materialien in einer Kostenaufstellung miteinander verglichen.
- Kapitel 4 beschäftigt sich mit unterschiedlichen Fördermitteln. In diesem Kapitel werden alle bekannten Fördermittel für dieses ungewöhnliche Material analysiert. Darunter befinden sich auch Fördermittel, die nur für sehr kurze Distanzen verwendet werden. Trotzdem haben diese in diesem Kapitel ihre Berechtigung, um beim Bau der Anlage als Übergabeeinrichtung verwendet werden zu können. Die Auswahl in dieser Arbeit betrifft jedoch nur die Fördermittel für die langen Distanzen. Das Kapitel beinhaltet eine Übersicht über die analysierten Eigenschaften der einzelnen Fördermittel wie z.B. Umweltbelastung, Energieaufwand, Streckenführung usw.
- In Kapitel 5 werden für verschiedene Förderstrecken unterschiedliche Szenarien für den Transport verschiedener Materialien erstellt. Damit können die unterschiedlichen Kosten verglichen werden.

- In Kapitel 6 werden die gesammelten Kosten tabellarisch für alle Förderstrecken und Szenarios aufgelistet und miteinander verglichen. Außerdem erfolgt eine Empfehlung.
- In Kapitel 7 erfolgt eine Berechnung eines Gurtförderers, um die Ergebnisse mit den Daten der Hersteller auf Plausibilität zu prüfen und Umrechnungsfaktoren zwischen den unterschiedlichen Förderstrecken zu erstellen. Den Herstellern war es nicht möglich für alle Förderstrecken Angebote zu liefern. So wurde immer nur ein Angebot für eine Förderstrecke erstellt. Dieses konnte dann mit dem Umrechnungsfaktor auf die anderen Förderstrecken übertragen werden.

2 Förderstrecken und Übergabestellen

Es wurden 6 unterschiedliche Förderstrecken berücksichtigt, die vom Kooperationspartner vorgegeben wurden. Diese Kapitel dient dazu einen geographischen Überblick zu bekommen. Außerdem soll es einen Überblick verschaffen, welche Förderstrecken ohnehin gebaut werden und welche in Konkurrenz zu einander stehen. Alle Förderstrecken werden in den folgenden Kapiteln kurz erklärt. Eine detaillierte Beschreibung der Streckenführung, Anlieferpositionen und Fördermittel erfolgt in Kapitel 5.

2.1 Anlieferposition und Förderstrecke 1: Bahnentladung Borealis

Bei dieser Anlieferposition soll die Bahninfrastruktur genutzt werden. Die Bahnentladung soll auf den Abstellgleisen der Borealis (B) stattfinden. Von dort aus soll das Kunststoffmaterial zur ReOil-Anlage (A) befördert werden. Auf dieser Strecke soll des Weiteren eine Zwischenentladestelle bei der sog. "Lighthouse-(C)" stattfinden. Die Materialien, die zur Lighthouse und zur ReOil-Anlage transportiert werden, dürfen sich nicht miteinander vermischen. Leichte Rückstände auf dem Fördersystem werden jedoch geduldet. Der Streckenverlauf, sowie die Be- und Entladestellen sind in Abbildung 2.1 ersichtlich. Dabei beträgt die Distanz A-C etwa 900 m und die Distanz B-C etwa 800 m Luftlinie.



Abbildung 2.1: Förderstrecke 1 [21]

2.2 Anlieferposition und Förderstrecke 2: Logistikzentrum Hainburgerstraße

Auf dem Feld soll ein Logistikzentrum (D) für die Anlieferung per LKW errichtet werden. Wie in Abbildung 2.2 ersichtlich, kreuzt die Förderstrecke die Hainburgerstraße und endet bei der Konversionsanlage (A). Das Logistikzentrum kann hierbei auch als Speicher verwendet werden um Spitzen abzudecken. Die Distanz beträgt hierbei etwa 1300 m Luftlinie.



Abbildung 2.2: Förderstrecke 2 [21]

2.3 Anlieferposition und Förderstrecke 3: Ölhafen Lobau

Beim Ölhafen Lobau (E) könnte die Anlieferung sowohl mit Bahn/ LKW als auch mit dem Schiff erfolgen. Bei der Streckenführung könnte die Trasse der Öl-Pipeline genutzt werden. Zuletzt erfolgt die Streckenführung in der Nähe des bewohnten Gebiets. Die Förderstrecke endet, so wie alle anderen auch, bei der Konversionsanlage (A). Weitere Herausforderungen dieser Strecke sind die Kreuzungen der Donau sowie die der Autobahn, wie in Abbildung 2.3 ersichtlich. Die Entfernung A-E beträgt etwa 2500 m Luftlinie.

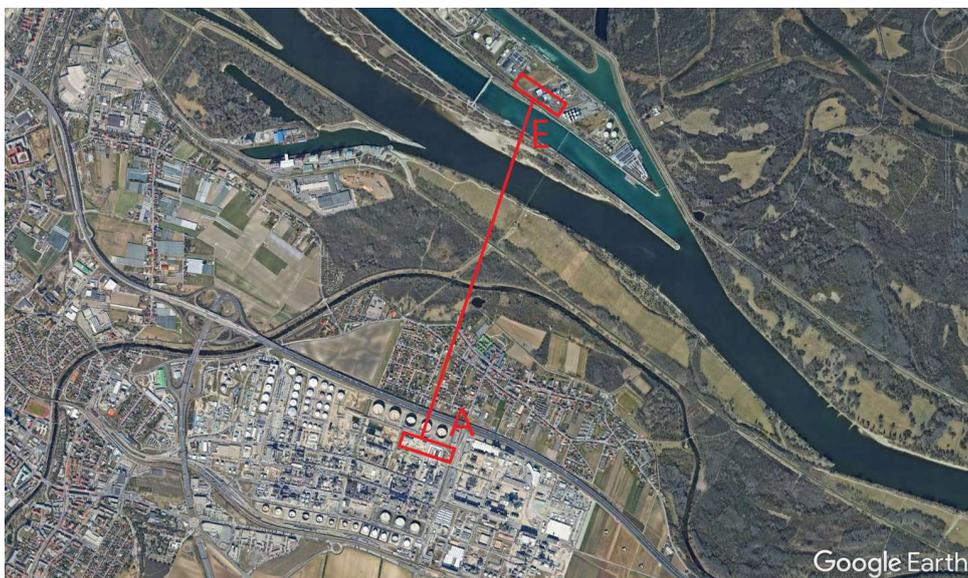


Abbildung 2.3: Förderstrecke 3 [21]

2.4 Anlieferposition und Förderstrecke 4: Alberner Hafen

Am Alberner Hafen (F) kann das Material auch mit dem Schiff, LKW oder dem Zug angeliefert werden. Das Kunststoffmaterial muss hier auch mit einem geeigneten Fördermittel

zur Konversionsanlage (A) transportiert werden. Die Entfernung beträgt etwa 2000 m Luftlinie. Eine Übersicht der Lage wird in Abbildung 2.4 gegeben.

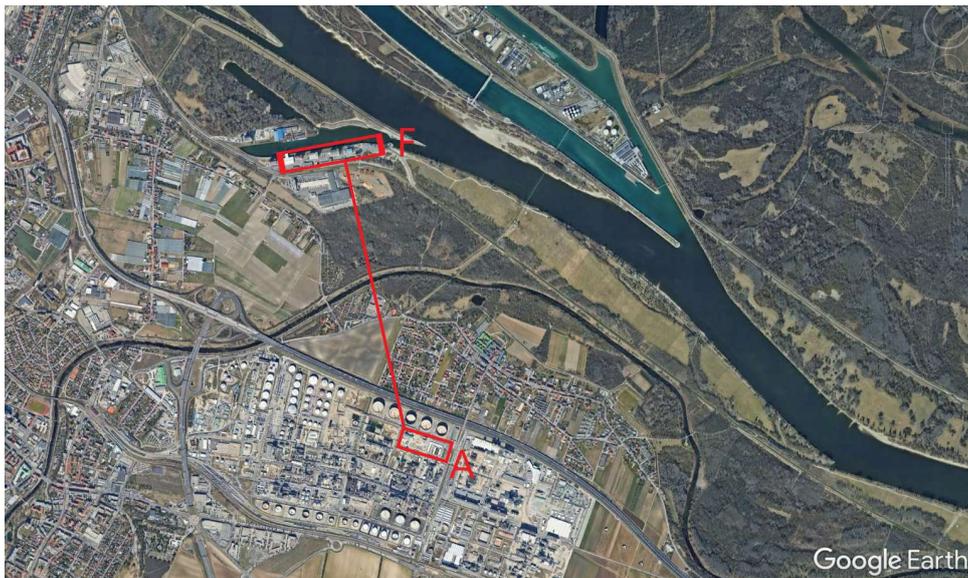


Abbildung 2.4: Förderstrecke 4 [21]

2.5 Anlieferposition und Förderstrecke 5: Zementwerk Mannersdorf

Wie in Abbildung 2.5 sichtbar, wird das Kunststoffmaterial bei dem Zementwerk Mannersdorf (G) aufgegeben. Von dort aus wird es zur Konversionsanlage (A) transportiert. Die Entfernung beträgt etwa 20 km Luftlinie. Für diese Förderstrecke soll nur eine hydraulische Förderung betrachtet werden.

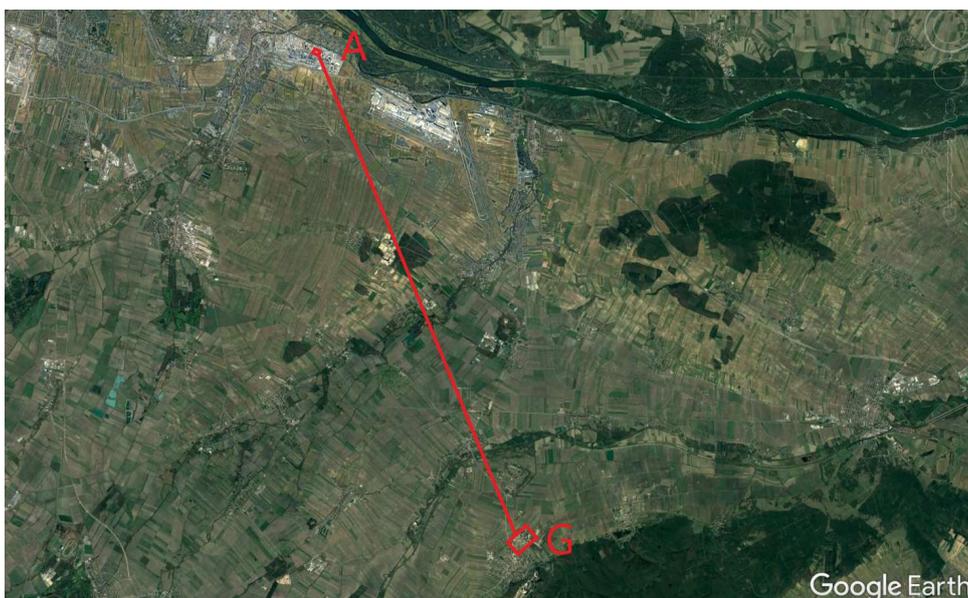


Abbildung 2.5: Förderstrecke 5 [21]

2.6 Anlieferposition und Förderstrecke 6: Pretreatment Simmering

In der Pretreatment- Anlage (H) wird der Kunststoffmüll aus dem Großraum Wien aufbereitet. Dieser soll von dort aus zur Konversionsanlage (A) transportiert werden. Dieses Fördersystem wird zusätzlich zu einem anderen System gebaut, da die Pretreatmentanlage bereits in Planung ist. Diese Förderstrecke steht also außer Konkurrenz zu den anderen Förderstrecken. Der gesamte Massenstrom der Konversionsanlage setzt sich aus dem Material aus der Pretreatmentanlage und dem angelieferten Material mittels Bahn/ LKW/ Schiff zusammen. Die Förderstrecke ist in Abbildung 2.6 ersichtlich und ist etwa 6,3 km lang.

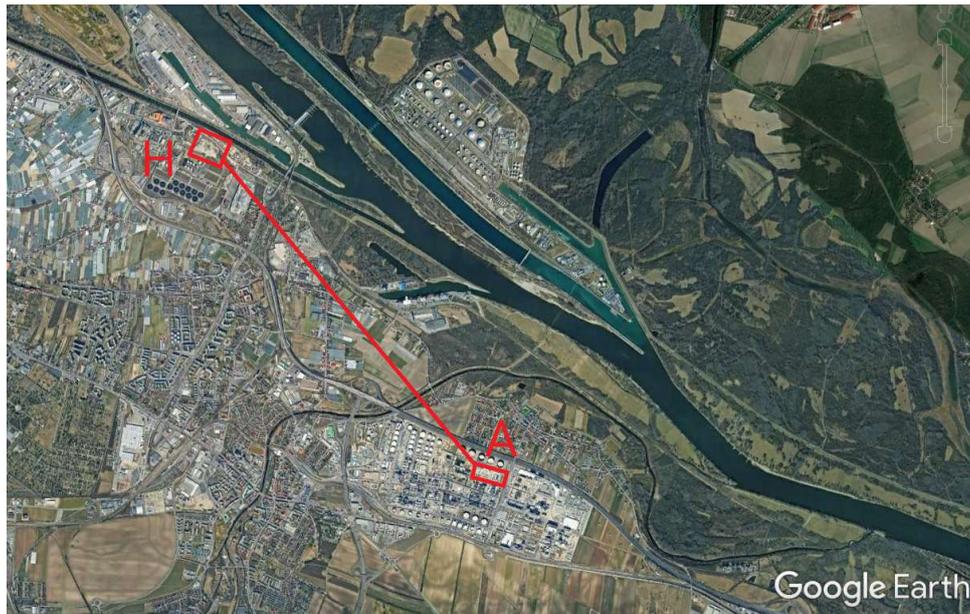


Abbildung 2.6: Förderstrecke 6 [21]

3 Transportform von Kunststoffabfällen

Beim Kunststoffmaterial handelt es sich um polyolefin- und polystyrolreiche Kunststofffraktionen. Es wurden diese 3 Materialien vom Kooperationspartner zur Verfügung gestellt. Diese bilden das Material ab, das gewöhnlicher Weise für die Weiterverarbeitung durch die ReOil-Anlage verwendet wird. Es entsteht durch aufbereiteten Kunststoffmüll. Dieses Material kann in verschiedenen Formen angeliefert werden, die in den folgenden Kapiteln erklärt werden. Das Material unterscheidet sich in der Fließfähigkeit, der Dichte sowie dem Handling mit verschiedenen stetigen und unstetigen Fördersystemen. Anschließend erfolgt ein Vergleich der 3 unterschiedlichen Transportformen in Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit und deren Vor- und Nachteile. Das Material wurde in Hinblick auf die Dichte und den Schüttwinkel untersucht, um die folgenden Aussagen zu treffen.

3.1 Physikalische Eigenschaften der Transportformen

In diesem Kapitel werden die physikalischen Eigenschaften beschrieben. Weiters wird das Handling und der Transport des Materials besprochen.

3.1.1 Transportform: POS- Flakes

POS- Flakes werden durch die Aufbereitung von Kunststoffmüll hergestellt. Wie in Abbildung 3.1 ersichtlich, sind diese folienähnlich und überschreiten dabei die Größe von 60 x 60 mm nicht. Die Kunststoffabfälle stammen aus Produktions- und Gewerbeabfällen.



Abbildung 3.1: POS-Flakes

len sowie der Leichtverpackungssortierung des Restmülls [29, S.57]. Es wurde eine lose Schüttdichte dieses Materials von 50 kg/m^3 ermittelt, welcher sich mit dem der Literatur deckt [29, S.12]. Durch die geringe Schüttdichte sollte diese Transportform vermieden werden. Es ergibt sich durch diesen unverdichteten Zustand ein sehr unwirtschaftlicher Transport sowohl auf LKW/ Bahn als auch auf einem stetigen Fördersystem [10]. Außerdem werden enorm große Bunker/ Lagerflächen benötigt um die benötigten Massen

zwischenzuspeichern. Die Flakes können als heterogenes Material betrachtet werden, das aus unterschiedlichsten Geometrien besteht. Dieses wird laut Literatur als sehr kohäsiv und nicht fließend beschrieben, was die Förderung als auch den Umschlag des Kunststoffes erschwert [29, S.26]. Da bei der Proben- Entnahme besonders kleine Kunststoffpartikel gesichtet wurden, konnte durch eine Untersuchung unter dem Lichtmikroskop festgestellt werden, dass sich im Material viele Kunststoffpartikel $< 10 \mu\text{m}$ befinden. Dies wird als sogenanntes "Mikroplastik" bezeichnet, das beim Transport und der Lagerung zu Umweltbelastungen führen kann. Dem muss bei der Planung des Projekts besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Die Aufnahme unter dem Lichtmikroskop ist in Abbildung 3.2 ersichtlich.

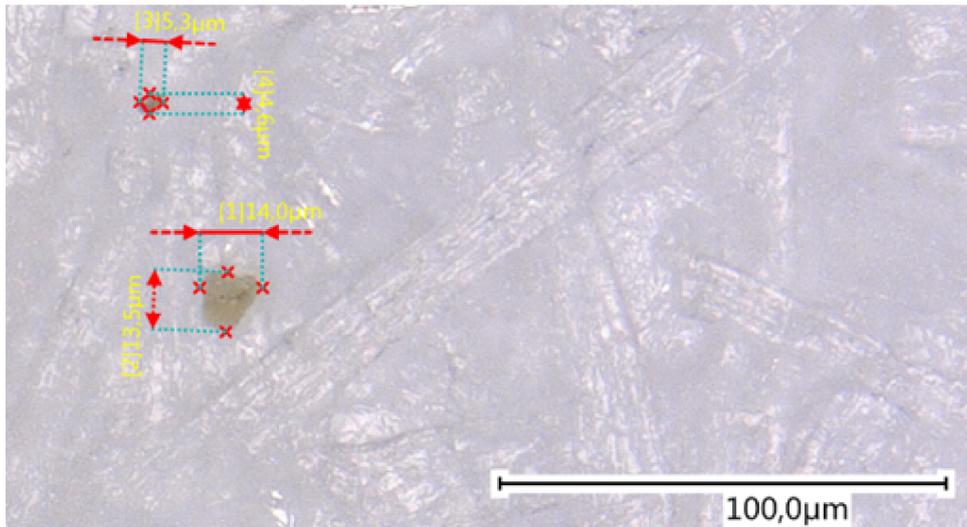


Abbildung 3.2: POS-Flakes unter dem Lichtmikroskop

3.1.2 Transportform: Gepresste und folierte Ballen

Da der Transport und die Handhabung der losen Flakes zu unwirtschaftlich ist, gibt es auch die Möglichkeit diese Flakes mit geeignetem Gerät zu verdichten, zu Ballen zu pressen und danach zu folieren. Die Pressung könnte dabei zu Rundballen, ähnlich wie dies bei der Lagerung von Stroh verwendet wird oder zu Quarderballen, erfolgen. Die Ballen werden nach dem Pressen mit Folien umwickelt. Dabei wird der Schutz der Umwelt vor Verschmutzung erhöht, die Handhabung des Kunststoffes verbessert und die Brandgefahr verringert [29, S.33]. Mit Quarderballen kann der Transport effizienter gestaltet werden, da der Platz am LKW oder im Container besser ausgenutzt werden kann als mit Rundballen. Daher werden in dieser Studie ausschließlich Vierkantballen betrachtet. Die Ballen müssen vor dem Eintrag in die Konversionsanlage mit einem Schredder geöffnet werden, um einen reibungslosen Betrieb der Anlage zu ermöglichen. Dieser Schredder hebt die Investitionskosten weiter um 800.000 € an [6]. Die Folie kann auch von der Anlage verwertet werden. Diese muss jedoch zuvor zerkleinert werden. Für das Binden der Ballen darf keinerlei Metall in Form von Drähten oder ähnlichem verwendet werden. Dafür würde sich etwa eine Ballenwickelmaschine der Firma Cross Wrap eignen, die in Abbildung 3.3 ersichtlich ist. Die Schüttdichte der Ballen beträgt zwischen 650 kg/m^3 und 700 kg/m^3 [28] [16]. Um einen hohen Automatisierungsgrad zu erreichen und Komplikationen bei Übergabestellen zu vermeiden, wird in dieser Arbeit davon ausgegangen, dass bei Verwendung von Ballen das Material entweder in geschlossenen Behältnissen (z.B. Containern) transportiert wird oder bei stetigen Fördermitteln zuvor geöffnet wird, um ein homogenes Schüttgut zu erreichen. Damit lässt sich sowohl bei der Auf-, Über- und Abgabe des Fördermittels besser agieren. Dadurch ergeben sich aber durch die geringe Dichte sehr hohe Volumenströme. Es resultiert die Entscheidung, aufgrund der schlechten Automatisierbarkeit, keine



Abbildung 3.3: Ballenwickelmaschine für folierte und gepresste Ballen [28]

Ballen auf stetigen Fördersystemen zu transportieren. Als Zusammenfassung kann gesagt werden, dass die folierten Ballen sowohl im Transport als auch in der Lagerung Vorteile bringen. Die Ballen sollten erst direkt vor der Konversionsanlage geöffnet werden, um den wirtschaftlichen Transport auszunutzen. Durch die Ballierung entstehen jedoch erhöhte Investitionskosten, die durch die Ballenpresse beim Anlieferer und den Schredder bei der Konversionsanlage entstehen.

3.1.3 Transportform: POS-Pellets

Die Schüttdichte kann auch erhöht werden, wenn die POS- Flakes durch agglomerieren/ kompaktieren zu Kunststoffpellets gepresst werden, die in Abbildung 3.4 ersichtlich sind. Ihr Erscheinungsbild ist dabei ähnlich zu dem von Holzpellets. Der Durchmesser der



Abbildung 3.4: POS-Pellets

Pellets beträgt 4 bis 8 mm. Durch Messungen im Labor konnte eine durchschnittliche lose Schüttdichte von 480 kg/m^3 ermittelt werden. Es können gute Fließ- und Lagerungseigenschaften angenommen werden. Weiters ist zu beachten, dass sowohl höhere Investitionskosten durch die Kompaktierung beim Anlieferer entstehen, als auch erhöhte variable Kosten, da die Pelletierung relativ energieaufwendig ist. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass durch die Pelletierung die Förderung und das Handling in Vergleich zu POS-Flakes als lose Schüttung stark verbessert und wirtschaftlicher gemacht wird. Jedoch ist dafür ein erhöhter Energieaufwand von etwa 220 kWh/t in Kauf zu nehmen [9].

3.2 Wirtschaftliche Betrachtung der Transportformen

Der Transport und die Vorbereitung des Materials erfordern auch hohe logistische Aufwendungen und dementsprechende Kosten. Die Logistische Vorbereitung soll nicht Thema dieser Studie sein. Trotzdem müssen für eine vollständige Kostenaufstellung auch die verschiedenen Transportformen in die Berechnung mit aufgenommen werden. Diesbezüglich werden einige Annahmen getroffen. Pro Jahr werden 100.000 t mit dem LKW und weitere 100.000 t Material mit dem Zug angeliefert. Als Transportstrecke werden 300 km angenommen. Die Anlieferung per LKW erfolgt mittels Schubboden LKW und die der Bahn mittels Schüttgutcontainern.

3.2.1 Erzeugungskosten

Um die unterschiedlichen Transportformen zu vergleichen, werden hierbei nur die variablen Kosten (Energie, Folie etc.) herangezogen. Die Investitionskosten für die jeweiligen Anlagen werden hierbei nicht berücksichtigt. Zur Berechnung des Stromverbrauchs wird der Durchschnittsverbrauch benutzt. Falls dies nicht bekannt ist, wird die $0,75$ -fache Anschlussleistung für die Berechnung verwendet [29]. Die Annahme des Strompreises erfolgt mit $0,25 \text{ €/kWh}$ [20].

3.2.1.1 POS-Flakes

Die Flakes werden aus Ausgangszustand angenommen. Deshalb fallen hierbei keine Erzeugungskosten an. Es muss aber trotzdem eine Verdichtung stattfinden, um den Transport effizienter zu gestalten. Damit kann die Dichte von 50 kg/m^3 auf 100 kg/m^3 für den Bahn- und LKW-Transport angehoben werden. Für den Schüttgutverdichter wird ein Betrieb von 10 h pro Tag, 247 Werkzeuge/Jahr angenommen. Die sieben Verdichter haben je eine Anschlussleistung von 15 kW , die mit dem $0,75$ -Faktor berücksichtigt wird. Somit ergeben sich Energiekosten von $48.628,10 \text{ €/Jahr}$ [29].

3.2.1.2 Foliierte Vierkantballen

Für die Vierkantballen werden sowohl die Kosten für die Ballenpresse als auch die Wickelmaschine und die dazugehörige Folie betrachtet. Ein Ballen benötigt 1 kg an Folie, dessen Preis mit 2 €/kg beaufschlagt wird [6] [16]. Zusätzlich muss hier vor dem Eintrag in die Konversionsanlage noch ein Schredder verwendet werden. Dafür werden Energiekosten von $252.219,40 \text{ €/Jahr}$ angenommen. Somit fallen für alle 3 Geräte zusammen 761.032 €/Jahr für 200.000 t Material an.

3.2.1.3 POS-Pellets

Die Erzeugung der POS Pellets wird in der Masterarbeit von Herrn Gschwandtner beschrieben [22]. Für diese Studie wird ein durchschnittlicher Verbrauch von 220 kWh/t für die Verarbeitung von Flakes zu Pellets gewählt. Für eine Menge von 200.000 t fallen Erzeugungskosten von $11.000.000 \text{ €/Jahr}$ an.

3.2.2 Transportkosten

Dieses Kapitel vergleicht den Transport mittels LKW mit dem der Bahn.

3.2.2.1 LKW Transport

Sowohl die POS -Flakes als auch die POS-Pellets werden mittels Schubboden LKW transportiert. Die Vierkantballen werden mittels eines Planen-Sattels angeliefert. Die Kosten dafür belaufen sich auf 2,50 €/km bis 3 €/km. Somit werden 2,75 €/km angenommen. Für die unterschiedlichen Transportformen ergeben sich folgende Kosten:

3.2.2.1.1 POS-Flakes: In Tabelle 3.1 ergeben sich Gesamtkosten von 8.970.000 € für den LKW Transport von POS-Flakes.

| | |
|---------------------------------|-------------|
| Menge pro Jahr | 100.000 t |
| Zuladung pro LKW | 9,2 t |
| Notwendige Anzahl an LKW | 10.869,6 |
| Länge der Transportstrecke | 300 km |
| Kosten je Transport | 2,75 €/km |
| Transportkosten gesamt pro Jahr | 8.970.000 € |

Tabelle 3.1: Kostenaufstellung POS-Flakes auf LKW

3.2.2.1.2 POS-Pellets: In Tabelle 3.2 ergeben sich Gesamtkosten von 3.300.000 € für den LKW Transport von POS-Pellets.

| | |
|---------------------------------|-------------|
| Menge pro Jahr | 100.000 t |
| Zuladung pro LKW | 25 t |
| Notwendige Anzahl an LKW | 4000 |
| Länge der Transportstrecke | 300 km |
| Kosten je Transport | 2,75 €/km |
| Transportkosten gesamt pro Jahr | 3.300.000 € |

Tabelle 3.2: Kosten POS-Pellets auf LKW

3.2.2.1.3 Foliierte Vierkantballen: In Tabelle 3.3 ergeben sich Gesamtkosten von 3.240.000 € für den LKW Transport von Vierkantballen.

| | |
|---------------------------------|--------------------|
| Menge pro Jahr | 100.000 t |
| Zuladung pro LKW | 24 Ballen *1,062 t |
| Notwendige Anzahl an LKW | 3923,41 |
| Länge der Transportstrecke | 300 km |
| Kosten je Transport | 2,75 €/km |
| Transportkosten gesamt pro Jahr | 3.240.000 € |

Tabelle 3.3: Kosten Vierkantballen auf LKW

3.2.2.2 Eisenbahntransport

Für den Eisenbahntransport werden die Schüttgutcontainer der Firma Innofreight verwendet. Um 1000 t pro Zug transportieren zu können, wird je nach Transportform eine andere

| | POS-Flakes | POS-Pellets | Vierkantballen |
|---|------------------|------------------|------------------|
| Schüttdichte bei Transport [kg/m ³] | 100 | 480 | 675 |
| Transportmenge pro Jahr [t] | 100.000 | 100.000 | 100.000 |
| Anzahl Container für 1000 t [1] | 270,27 | 56,31 | 47,1 |
| Anzahl Waggone für 1000 t [1] | 90,1 | 18,77 | 15,7 |
| Transportkosten gesamt pro Jahr [€] | 9.450.000 | 2.530.000 | 2.360.000 |

Tabelle 3.4: Kostenübersicht zu den unterschiedlichen Transportformen mit der Eisenbahn

Anzahl an Waggons benötigt. Die Annahme erfolgt mit drei Schüttgutcontainern, die jeweils auf einem Standard-60-ft Waggon transportiert werden. Der Bahntransport setzt sich aus den Kosten der Zugtrasse, den Kosten für das Equipment und den Umschlag der Container in einem entsprechenden Terminal zusammen. Die genaue Aufschlüsselung und Berechnung der Kosten erfolgt in der Masterarbeit von Herrn Gschwandtner [22] und ist in Tabelle 3.4 ersichtlich.

3.2.3 Summierte Kosten für die Anlieferung

In Tabelle 3.5 ist die Summe der jeweiligen Transport- und Erzeugungskosten aufgeschlüsselt. Dabei handelt es sich um 200.000 t jährlich. Das sind also 100.000 t mit der Bahn und 100.000 t mit dem LKW.

| | POS-Flakes | POS-Pellets | Vierkantballen |
|--|--|--|---------------------------------------|
| Transportkosten LKW für 100.000 t [€] | 8.970.000 | 3.300.000 | 3.240.000 |
| Transportkosten Eisenbahn für 100.000 t [€] | 9.450.000 | 2.530.000 | 2.360.000 |
| Erzeugungskosten für 200.000 t | 48.628 € bzw. 0,24 €/t | 11.000.000 € bzw. 55 €/t | 761.032 € bzw. 3,81 €/t |
| Jährliche Erzeugungs- und Transportkosten für 200.000 t | 18.468.628 € bzw. 92,34 €/t | 16.830.000 € bzw. 84,15 €/t | 6.361.032 € bzw. 31,81 €/t |

Tabelle 3.5: Kosten für Erzeugung und Transport unterschiedlicher Transportformen

3.3 Schlussfolgerung

In vorheriger Tabelle ist die vollständige Aufschlüsselung der Kosten für die Vorbereitung des Materials und der jeweilige Transport vorhanden. Auffällig sind dabei die hohen Transportkosten bei den POS- Flakes. Dies ist der geringen Schüttdichte geschuldet. Damit benötigt das Material sehr viel Volumen und damit mehr Container/ Sattelzüge. Weiters ist der hohe Preis bei den Erzeugungskosten von POS- Pellets auffällig. Dies geschieht durch den energieaufwendigen Prozess bei der Herstellung. Die Kunststoffballen bieten bei diesen Punkten die günstigste alternative. Problematischer wird es bei diesen dann beim Transport auf den Förderanlagen, wenn die Ballen nicht im Container weiter transportiert werden, da diese zuvor zuerst geöffnet werden müssen. Weitere Details sind in der Masterarbeit von Herrn Gschwandtner zu finden [22].

4 Konzepte zur Förderung des Kunststoffmaterials

Dieses Kapitel beschreibt und vergleicht alle unterschiedlichen Fördersysteme. Es bewertet auch Fördersysteme, die nicht für die lange Distanz geeignet sind. Diese dienen beim Bau der Anlage zur Entscheidungshilfe etwa für die letzten Meter zur Einbringung in die Konversionsanlage oder als Auszug aus einem Bunker. Außerdem wird die Relevanz dieser Systeme zur Verwendung in diesem Projekt diskutiert. Die Verwendung der unterschiedlichen Materialien aufgrund Ihrer Schüttdichte geht in dieser Auswahl nicht direkt in die Bewertung ein. Die unterschiedlichen Materialdichten und die daraus resultierenden Volumenströme aus Tabelle 5.1 werden in den einzelnen Szenarien und deren Betrachtung der Förderkosten berücksichtigt. Die Bewertung der zweckmäßigen Fördermittel bezieht sich auf folgende Auswahlkriterien und erfolgt an Ende des Kapitels:

- Fördermenge/h bzw. Förderleistung
- Umweltbelastung
- Energieaufwand
- Trennbarkeit des Förderguts von Fördermittel
- Verträglichkeit des Kunststoffes mit dem Fördersystem (z.B. Probleme durch Anhaften des Materials, Verstopfen des Fördermittels etc.)
- Wartungskosten/ -aufwand
- Streckenführung

Folgende Fördermittel wurden betrachtet:

- Strömungsförderer mit (Wasser/ Öl)
- Pneumatischer Förderer
- Gurtförderer
- Sandwichconveyor
- Ropecon
- Schlauchgurtförderer
- Railrunning Conveyor als Schlauchgurtförderer
- Taschengurtförderer
- Seilbahn
- Bahn auf Schienen
- Becherwerk
- Schneckenförderer

- Trogkettenförderer
- Kratzerförderer
- Schüttelrutsche
- Stauscheibenförderer

4.1 Hydraulischer Strömungsförderer

Ein Strömungsförderer besteht aus einem Rohrleitungssystem, durch welches eine Flüssigkeit gepumpt wird. Diese Flüssigkeit dient als Trägermedium und transportiert somit das Fördergut, das sich mit der Flüssigkeit bewegt. Oft werden Systeme wie dieses in einer geschlossenen Form verwendet. Das bedeutet, dass das Wasser nach Ausscheidung des Feststoffes zum Start zurück gefördert und somit wieder in das System eingespeist wird. Ein Teil des Wassers wird jedoch vom Material mitgenommen bzw. entweicht durch den Trocknungsprozess. Deshalb muss dem Förderkreislauf stetig etwas Wasser zugeführt werden. Der Auf- und Abgabe des Materials muss dabei besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, um ein Verstopfen zu vermeiden und die rückzuführende Flüssigkeit möglichst gut zu reinigen/ zu filtern. Die Aufgabe erfolgt meist mit Zentralschleusen, die das Material in den Wasserkreislauf einschleusen. Nach der Abgabe muss das Fördergut auch entwässert bzw. getrocknet werden, um eine Weiterverarbeitung zu ermöglichen. Dies erfolgt meist mit Zentrifugen oder Filtern, wie in Abbildung 4.1 ersichtlich. [25] Insbesondere beim Mikroplastik muss darauf geachtet werden, dass dieses nicht in die Umwelt gelangt und fachgerecht z.B. in einer Kläranlage entfernt wird. Um den Aufbau von organischem Material zu verhindern, wird das Fördermedium dauerhaft auf 60 °C gehalten. Um wirklich alles abzutöten, wird kurzzeitig auf 85 °C aufgeheizt. Es wurde auch die Förderung in einem Öl-Medium betrachtet, um der Problematik mit dem Mikroplastik entgegenzuwirken. Durch die weitaus höheren Kosten einer Pipeline mit Öl im Vergleich zu einer Pipeline mit Wasser wurde diese Idee rasch verworfen. Die Streckenführung des Strömungsförderers kann durch die engen Kurvenradien (<5 m) beliebig gelegt werden. Dabei muss jedoch besonders auf den Verschleiß der Rohrwand durch das Medium an den Kurven geachtet werden. Leitungen können auch gut unter der Erde verlegt werden, um etwa Bahngleise, Straßen, Flüsse, Wohngebiete zu unterqueren. Dabei sollte eine Frosttiefe von etwa 1 m eingehalten werden. Außerdem können die Strecken, an denen Leitungen bereits verlegt sind, ideal mitverwendet werden. Im Normalfall werden die Leitungen jedoch ober Tage verlegt. In Bezug auf die 20 km Strecke ist momentan leider zu wenig Erfahrung seitens der Firma Zeppelin vorhanden. Genauer wird dieses Thema in Kapitel 6 besprochen. Kurze Strecken, bis zu einer Länge von 3 km sind bereits erprobt. Sollten die Strecken länger sein, muss mit einer zusätzlichen Pumpe oder sogar Zwischenübergabetürmen gearbeitet werden, um einzelne Förderer miteinander zu verbinden [15].

Weitere Informationen zur Auslegung von Strömungsförderern:

Das Rohrsystem sollte möglichst überschaubar ausgeführt werden. Geschweißte Stahlblechrohre oder Nahtlosrohre mit Durchmessern von 80 bis 250 mm (Ausnahmefälle bis 1000 mm) sollten verwendet werden. Rohre bestehen meist aus einer zähen äußeren Wandschicht (Werkstoff C10) und einer verschleißfesten induktionsgehärteten Innenschicht (Werkstoff C60). Nennweitenänderungen sollten vermieden werden. Dabei soll der Durchmesser der Saugleitung dem Durchmesser der Druckleitung entsprechen. Bei geringem Gefährdungspotential des Förderguts bezüglich Verschleiß kommen auch Kunststoffrohre oder Stahlrohre mit Kunststoffauskleidung zum Einsatz. Rohrsysteme werden aus wartungstechnischen Gründen stets oberirdisch verbaut (z.B. auf Schwellen, Sockeln Stützen und Seiltragwerken). Um Hindernisse zu überwinden, kann die Strecke kurzzeitig auch unterirdisch verlegt werden. Die Zahl der Krümmungen sollte möglichst gering gehalten werden.

Für einen gleichmäßigen Verschleiß sollten die Rohre drehbar konstruiert werden. Ein Mindestgefälle von 0,1 bis 1 % muss immer garantiert werden um bei Störfällen die Entleerung zu erleichtern oder um Reinwasser zu entleeren. Besonders bei Rohrkrümmern muss auf den Verschleiß Acht gegeben werden. Dieser wird durch die hohen Aufprall- und Gleitgeschwindigkeiten verursacht. Meist kommen bei hydraulischen Strömungsförderanlagen Kreiselpumpen oder Verdrängerpumpen zum Einsatz. Um den Verschleiß zu verringern, wird darauf geachtet, dass kein Kontakt zwischen Feststoffteilchen und dem Rotor zustande kommt. Dazu wird das Prinzip der Flüssigkeitskupplung angewandt, bei dem die Förderflüssigkeit durch einen Sekundärwirbel auf den Hauptstrom übertragen wird. Eine minimale Gemisch-Geschwindigkeit soll bei maximal möglicher Transportkonzentration erzielt werden, um den Wirkungsgrad so hoch als möglich zu halten. Die Förderung erfolgt mittels einer Flugströmung. [23]

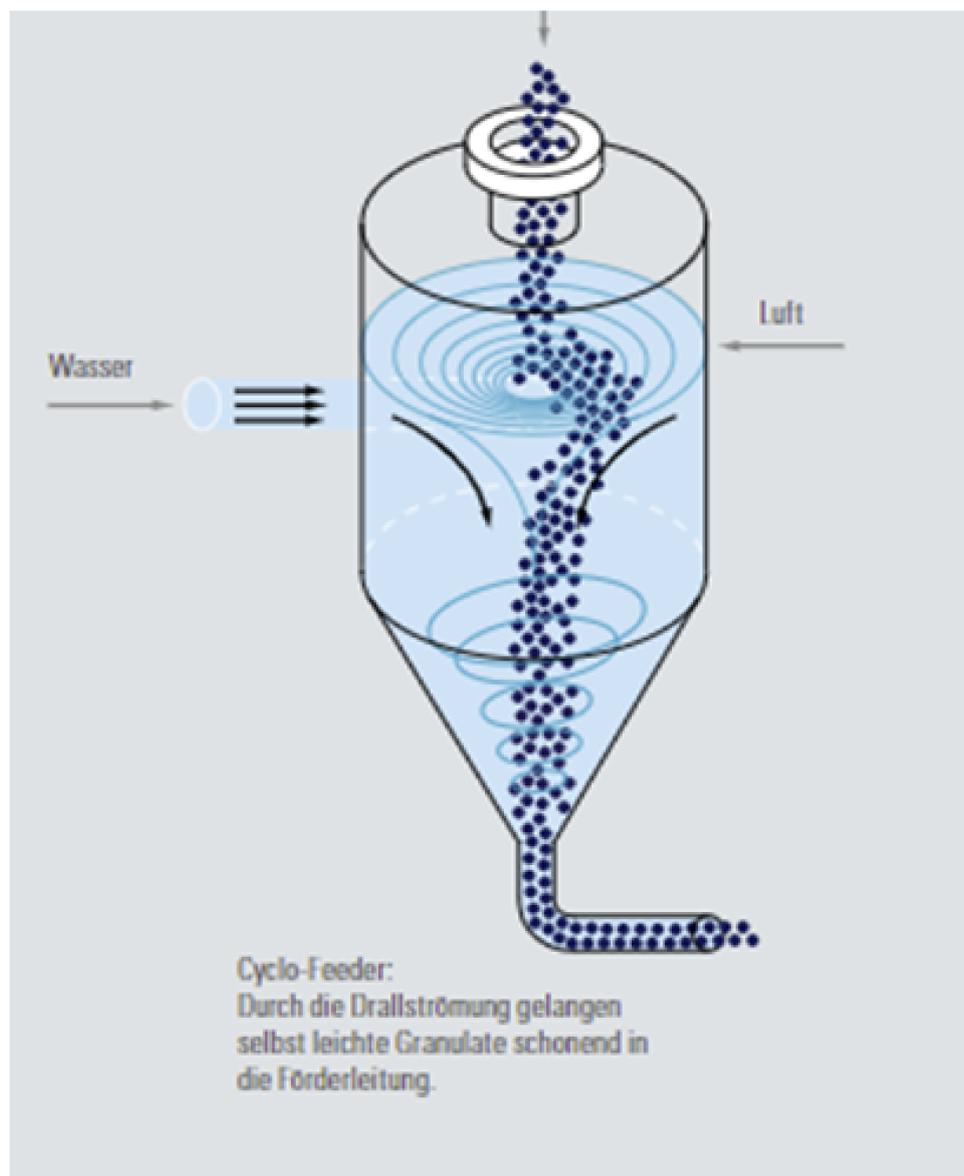


Abbildung 4.1: Strömungsförderer [15]

Vorteile

- Streckenführung, kurzzeitig unter der Erde möglich sowie enge Kurvenradien
- Große Erfahrung seitens der OMV

- Keine Umweltbelastung entlang der Förderstrecke. Es ist nicht möglich, dass sich der Kunststoff entlang der Förderstrecke verteilt.
- Wenig Probleme mit Anrainern. Gliedert sich optisch zu den bisherigen Anlagen ein, bzw. komplett unsichtbar bei Verlegung unter der Erde. Keine Lärmbelästigung
- Besserer Wirkungsgrad im Vergleich zu pneumatischen Förderern

Nachteile

- Hohe Energiekosten bei vergleichsweise geringen Fördermengen im Vergleich zu anderen Förderanlagen
- Aufwändige/ zusätzliche Abscheidung des Materials aus dem Trägermedium im Vergleich zu anderen Fördermitteln
- Zusätzliche Trocknung
- Schwierige Wasseraufbereitung bei Austausch des Wassers (Mikroplastik)

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Durch den hohen Aufwand der Auf- und Abgabe des Materials und der zusätzlichen Trocknung bietet sich diese Anlage nur an, wenn die Streckenführung länger ist, wenn sehr geringe Kurvenradien erforderlich sind, oder wenn die Strecke nur Untertage verlegt werden kann. Bei kurzen, geradlinigen Strecken schneiden andere Fördersysteme weitaus besser ab. Das bedeutet, dass dieses System für 2 Förderstrecken relevant wäre.

- Förderstrecke 5 Zementwerk Mannersdorf
- Förderstrecke 6 Pre-Treatment Simmering

4.2 Pneumatischer Förderer

Bei einem pneumatischen Förderer wird, wie in Abbildung 4.2 ersichtlich, das Fördermaterial mit Hilfe von Luft durch Rohre geblasen. Diese Rohre können auch unterirdisch verlegt werden. Bei Verstopfung kann das Rohr mit Hilfe eines Mulchers wieder frei gemacht werden. Am Ende der Förderstrecke muss das Fördermedium wieder vom Luftstrom getrennt werden. Dies kann mit verschiedenen Filtern (z.B. Zyklonfilter) durchgeführt werden. Mit mehreren Saugleitungen ist ein Massenstrom bis zu 2700 t/h möglich [25].

Vorteile

- Keine Verschmutzung des Abwassers oder der Umwelt
- Streckenführung individuell möglich
- Keine nachträgliche Trocknung nötig

Nachteile

- Sehr hoher Energieaufwand, schlechter Wirkungsgrad
- Die verschiedenen Materialien haben unterschiedliche Strömungseigenschaften im Luftstrom
- Hoher Energiebedarf der Förderung im Vergleich zu hydraulischen Förderern (5-Fach) [15]

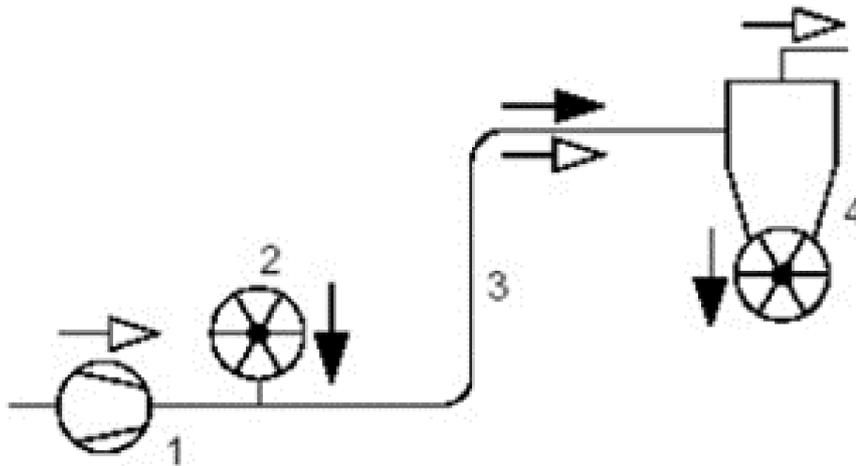


Abbildung 4.2: pneumatischer Förderer [25]

- Nur sehr kurze Wegstrecken möglich 500-700m
- Kontakt zwischen den Partikeln des Materials kann zu einer Zerkleinerung der Partikel führen.
- Verschleiß an Rohrbögen

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Für die langen Distanzen ist diese Förderanlage nicht relevant. Ein pneumatischer Förderer würde sich aber sehr gut für die kurze Distanz zwischen Lagerhalle und der Konversionsanlage eignen. Der schlechte Wirkungsgrad würde durch die kurze Wegstrecke nicht so stark ins Gewicht fallen. Die Förderanlage ist für solch kurze Strecken ideal. Die Firma Zeppelin hat in diesem Bereich bereits viel Erfahrung- genauso in den Bereichen Kunststofftransport, Recycling und chem. Anlagen. Kontaktdaten sind im Anhang zu finden. [24]

4.3 Gurtförderer

Wie in Abbildung 4.3 ersichtlich, besteht ein Gurtförderer aus einem Traggestell mit Rollen, über die der Gurt gezogen wird. Der Gurt ist gemuldet. Darin befindet sich das Fördergut. Weiters muss der Gurt abgedeckt sein, damit das Fördergut vor Wind und Wetter geschützt ist. Außerdem dient die Abdeckung dafür, dass sich das Fördergut nicht in der Umwelt verteilt. Im Vergleich zur hydraulischen Förderung und der des Schlauchgurtförderers schneidet der Gurtförderer mit Abdeckung in Bezug auf die Verteilung des Fördergutes in der Umwelt jedoch schlechter ab. Ein Gurtförderer befindet sich zumeist in Bodennähe. Grundsätzlich ist es möglich Stückgüter auf Gurtförderern zu transportieren. Davon wird in diesem Fall jedoch abgeraten, da der Grad der Automatisierung dieser Anlage möglichst hoch sein soll. Ein Schüttgut ist durch seine homogenen Eigenschaften besser zu handhaben. Um spätere Probleme bei der Übergabe zwischen Gurtförderern und Beschädigungen der Stückgüter, wie z.B. Aufreißen des Ballens, zu vermeiden wird folgend nur der Schüttguttransport auf allen Arten von Gurtförderern in dieser Arbeit betrachtet. [25]

Vorteile

- Gute Reinigungsmöglichkeit des Gurtes
- Geringerer Energiebedarf als ein Schlauchgurtförderer



Abbildung 4.3: Gurtförderer [25]

Nachteile

- Schlechtere Umweltverträglichkeit im Vergleich zu hydraulischen- und Schlauchgurtförderern
- Höherer Energieaufwand als Railcon
- Schlechtere Kurvengängigkeit als Schlauchgurtförderer

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Von allen befragten Herstellern wurde von einem Gurtförderer mit einem offenen, gemuldeten Gurt abgeraten, da die Gefahr besteht, die umgebene Umwelt mit dem Kunststoffmaterial zu belasten. Stattdessen sollte eher zu einem Schlauchgurt gegriffen werden. Dieser umschließt das Fördergut vollkommen und verfügt über eine bessere Kurvengängigkeit.

4.4 Sandwichconveyor

Wie in Abbildung 4.4 ersichtlich, besitzt ein Sandwichconveyor 2 Gurte. Der untere Gurt wird herkömmlich angetrieben. Der obere Gurt wird durch Reibschluss zum unteren Gurt mit bewegt. Sandwichconveyor werden meist zur Überwindung großer Steigungen verwendet. Durch den zweiten Gurt haben diese einen großen Energieaufwand. Der zweite Gurt dient dazu, ein Entweichen des Fördergutes zu verhindern. Dieser sorgt jedoch für einen schlechteren Wirkungsgrad. [25]

Vorteile

- Geringe Wahrscheinlichkeit, dass Fördergut verloren gehen kann.
- Große Steigungen können überwunden werden

Nachteile

- Hoher Energieaufwand

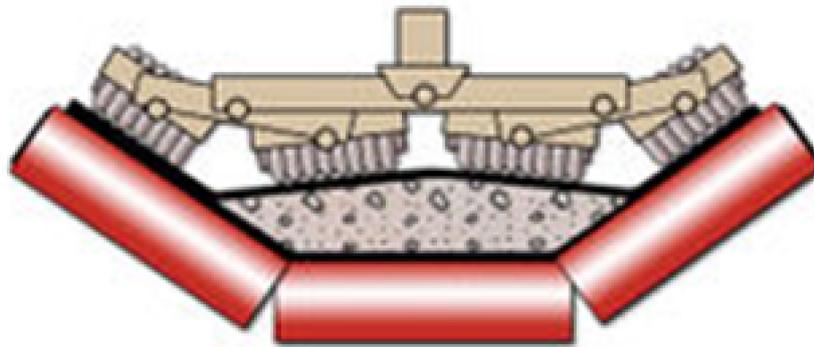


Abbildung 4.4: Sandwichconveyor [25]

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Wie bereits oben beschrieben wird dieses Fördermittel meist dazu verwendet, große Steigungen zu überwinden, was bei diesem Projekt jedoch nicht im Vordergrund steht. Wenn das Material nur vor Austritt geschützt werden soll, sollte ein effizienteres Fördersystem gewählt werden. Deshalb wird der Sandwichconveyor hier nicht weiter betrachtet.

4.5 Ropecon

Ein Ropecon ist eine Eigenentwicklung von Doppelmayr. Diese verbindet einen Gurtförderer mit Wellenkanten mit einer Seilbahn. Der Gurt besitzt Achsen mit Polyamid-Rädern, die auf stehenden Seilen abrollen und dadurch geführt werden. Dies ist in Abbildung 4.5 ersichtlich. Als Gurt -Typ werden entweder EP- oder Stahlseilgurte verwendet. Dieser zeichnet sich durch einen geringen Energieaufwand aus. Die Fördereinrichtung kann nur entlang einer geraden Strecke geführt werden. Kurven können nur mit einer aufwendigen Übergabeeinrichtung verwirklicht werden. Der Ropecon eignet sich besonders gut, um schwieriges Gelände zu überwinden. Am Boden muss nur wenig Platz für die Stützen vorhanden sein. Das Design ermöglicht starke Neigungen (bis 30° ohne Stollen). Entlang der Strecke sind keine Wartungsplattformen notwendig. Aufgrund des zu transportierenden Materials müsste der Ropecon mit einer Einhausung versehen werden, damit das Fördermaterial nicht vom Wind verweht werden kann. Die Spannung des Gurtes erfolgt z.B. hydraulisch. Der Antrieb erfolgt mittels Getriebe- Elektromotor über die Antriebs-trommel. [19]

Vorteile

- Geringe Energiekosten bei Betrieb (bis -55 % verglichen zum Gurtförderer)
- Großer Abstand der Stützen (2 km)
- Direkte Förderstrecke
- Umweltfreundlich

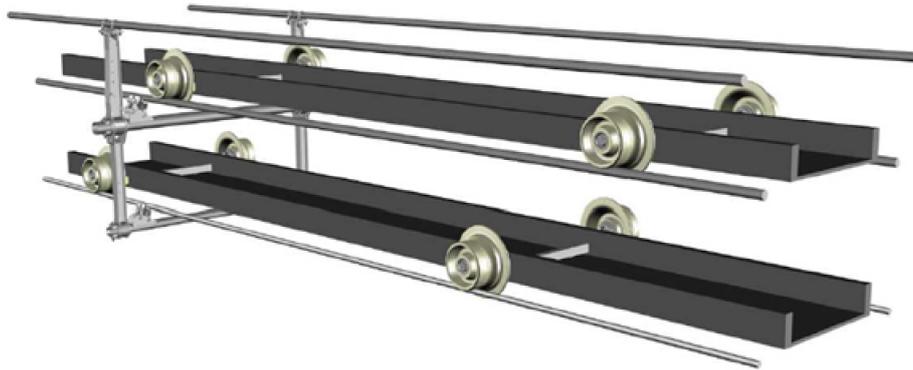


Abbildung 4.5: Ropecon [19]

- Sicherer Betrieb
- Einfache Querung von Hindernissen.

Nachteile

- Eventuelle Probleme mit Anrainern. Stark sichtbares Fördermittel
- Reinigung des Gurtes ist schwer durchzuführen (Wellenkanten)
- Zusätzliche Einhausung erforderlich

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Für die geraden Strecken, die nicht über bewohntes Gebiet gehen, kann dieses Fördermittel verwendet werden. Bestehende Anlagen können leicht gequert werden. Die Anlage muss mit einer Einhausung ausgeführt werden um die Umwelt zu schützen. Der Kontakt der Firma Doppelmayr liegt im Anhang in der Kontaktliste vor [24].

Dieses System wäre für folgenden Förderstrecken relevant

- Förderstrecke 1 Bahnentladung Borealis
- Förderstrecke 2 Logistikzentrum Hainburgerstraße

4.6 Schlauchgurtförderer

Grundsätzlich funktioniert der Schlauchgurtförderer ähnlich zu einem regulären Gurtförderer. Die beiden Außenkanten werden dabei jedoch so zueinander gelenkt, dass diese sich überlappen und der Inhalt zur Umwelt abgeschlossen ist. Somit eignet sich dieser gut für den Transport schwieriger Schüttgüter, die anbacken, stauben oder kontaminiert sein könnten. Der Schlauchgurtförderer wird an der Auf- und der Abgabestelle geöffnet, um das Fördergurt freizugeben. Dies kann theoretisch auch entlang der Förderstrecke eingeplant werden, um eine Zwischenentladestelle zu verwirklichen. Weiters wird dadurch das Fördermaterial vor Witterungseinflüssen (Regen/ Wind) geschützt. Es kann kein Fördergut dadurch verloren gehen. Mit dem Schlauchgurtförderer sind Volumenströme über $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ möglich. Bei Auf- und Abgabestellen muss eine Rohrformzone beachtet werden. Diese beträgt 30– Mal dem Rohrdurchmesser. Bei Zwischenentladestationen muss diese

Rohrformzone zweimal beachtet werden, da der Gurt ja geöffnet und auch wieder geschlossen werden muss. Dies kann jedoch nur auf geraden Strecken passieren. Eine Gurtformzone in Kurven ist nicht möglich. Wie in Abbildung 4.6 ersichtlich, gibt es Schottenbleche mit hexagonalen Ausschnitten. Diese haben 6 Tragrollen. Davon befinden sich 3 auf der Vorderseite und 3 auf der Rückseite jeweils in versetzter Anordnung. Die Schottenbleche mit den Tragrollen dienen dazu, den Gurt in seiner Rohrform zu halten [2]. Durch Wegfall der hexagonalen Rollenordnung öffnet sich der Gurt. Dies ist in Abbildung 4.7 ersichtlich. Folgende Faustregeln müssen beachtet werden: Der Maximale Füllungsgrad eines Förderers muss 75 % betragen. Die Gurtbreite beträgt das 4- Fache des Rohrdurchmessers. Der minimal mögliche Kurvenradius beträgt den 300- Fachen Rohrdurchmesser (bei Textilgurten). Beim Schlauchgurtförderer muss besonders auf eine konstante Beladung geachtet werden.



Abbildung 4.6: Schlauchgurtförderer Ober- und Untertrum [25]

Vorteile

- Steilförderung bis 30° möglich
- Kein Fördergut kann verloren gehen
- Kein Problem im Winterbetrieb

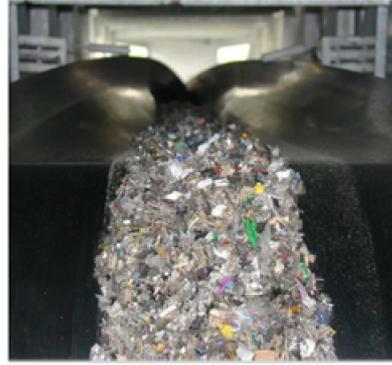


Abbildung 4.7: Gurtöffnungszone Schlauchgurtförderer [25]

- Schutz vor Umwelteinflüssen
- Enge Kurvenradien möglich
- Schutz der Umwelt vor entweichendem Fördermaterial durch staubfreien Transport.
- Geringer Platzbedarf
- Verglichen mit dem Strömungsförderer ergibt sich eine Kostenreduktion durch den Wegfall von Übergabetürmen und zusätzlichen Stromversorgungsstellen

Nachteile

- Höherer Antriebsleistung als konventionelle Gurtförderer (höherer Betriebskosten)
- Sichtbar für Anrainer & Umwelt
- Empfindlich gegen Überschüttung

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Dieses Fördermittel ist für dieses Projekt sehr relevant. Es zeichnet sich hier besonders durch seine abgeschlossene Bauweise und die gute Kurvengängigkeit aus. Um Vergleichswerte darzustellen, hat die Firma Beumer ein Angebot gemacht. [1] Als Beispiel diente hier Förderstrecke 1. Dabei werden unterschiedliche Betriebszeiten und Massenströme berücksichtigt, um die verschiedenen Entladevorrichtungen zu berücksichtigen. Diese Werte dienen als Vergleich und können (unter der Berücksichtigung der unterschiedlichen Längen) auf andere Förderstrecken umgemünzt werden. Die Förderströme und Fördermaterialien bleiben dabei jedoch ident. Je nach Variante belaufen sich die Meterpreise zwischen 2.434€ und 3.886€. Die angegebenen Meterpreise beziehen sich dabei auf wettbewerbsfähige und marktübliche Preise vor der Ukraine Krise. Genauere Informationen darüber sind im Angebot im Anhang bzw. im Kapitel „Technische und wirtschaftliche Betrachtung“ zu finden. [2]

Dieses System wäre für folgende Förderstrecken relevant

- Förderstrecke 1: Bahnentladung Borealis
- Förderstrecke 2: Logistikzentrum Hainburgerstraße
- Förderstrecke 3: Ölhafen Lobau
- Förderstrecke 6: Pre-Treatment Simmering

4.7 Rail-Running Conveyor als Schlauchgurtförderer

Die Idee hinter dem Railrunning Conveyor ist eine Verringerung der Bewegungswiderstände. Der Gurt läuft dabei nicht direkt über Rollen, so wie es bei einem typischen Gurtförderer der Fall ist. Stattdessen sitzt der Gurt auf einzelnen Wägen, die miteinander verbunden sind. Diese Wägen werden vom Gurt durch Reibung mitgezogen. Dabei ist nur der Gurt angetrieben. Die Wägen laufen auf Schienen. In Abbildung 4.8 ist ein Railrunning Conveyor mit einem offenen, gemuldeten Gurt zu sehen. Dieser kann auch als Schlauchgurtförderer ausgeführt werden. Durch das Schienensystem werden die Walkwiderstände des Gurtes und des darauf befindlichen Materials entfernt und mit dem weitaus niedrigeren Rollwiderstand der Rollen auf der Schiene ersetzt. Dadurch verhält sich ein Railrunning Conveyor weitaus energieeffizienter als ein standardmäßiger Gurtförderer. Somit sind eine höhere Effizienz und geringere Gurtzugkräfte gewährleistet. In Abbildung 4.9 sind die Kopf und Heckstationen ersichtlich, die bei Bedarf auch platzsparender ausgeführt werden können. Außerdem zeigt diese Abbildung auch die Wägen, die nicht angetrieben sind, sondern sich durch Reibschluss mit dem Gurt auf den Schienen mitbewegen und das Gewicht des Gurtes und Förderguts tragen. [4]



Abbildung 4.8: Rail-Running Conveyor als offener Gurt [4]

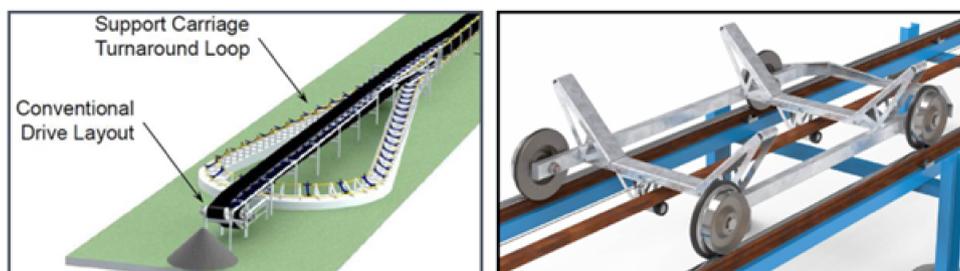


Abbildung 4.9: Kopf- und Heckstationen sowie Wagen des Railrunningconveyors [4]

Vorteile

- Geringerer Energiebedarf als herkömmlicher Schlauchgurtförderer

- Geschlossener Aufbau bei der Bauweise als Schlauchgurtförderer
- Keine vollständige Einhausung notwendig
- Möglichkeit Kurven darzustellen

Nachteile

- Sichtbar für die Umwelt und Anrainer
- Eventuelle Geräuschbelästigung
- Kurvenradien sind begrenzt

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Der Railrunning Conveyor würde sich sehr gut für dieses Projekt eignen, wenn die Entscheidung auf einen Schlauchgurtförderer fällt. Im Vergleich zu herkömmlichen Gurtförderern schneidet dieser besser ab, da die Anlage weitaus energieeffizienter zu betreiben ist. Dabei entstehen keine Einbußen gegenüber herkömmlichen Gurtförderern. Das Material wird gut im Gurt eingebunden und kann sich somit nicht entlang der Förderstrecke verteilen. Alle Angebote der Firma Thyssenkrupp wurden für geschlossene Gurte, also Schlauchgurtförderer als Railrunning-Conveyor ausgeführt. Diese verbinden die Vorteile beider Systeme: Abgeschlossene Bauweise und hohe Energieeffizienz. Kontaktdaten der Firma Thyssenkrupp sind im Anhang zu finden [24].

Diese Förderanlage eignet sich für folgende Streckenführungen

- Förderstrecke 1 Bahnentladung Borealis
- Förderstrecke 2 Logistikzentrum Hainburgerstraße
- Förderstrecke 3 Ölhafen Lobau
- Förderstrecke 6 Pre-Treatment Simmering

4.8 Taschengurtförderer

Ein Taschengurtförderer ist ein zusammengefalteter Gurtförderer. Dabei wird das Fördergut sicher im Gurt positioniert. Somit wird die Umwelt entlang der Förderstrecke sauber gehalten. Bei der Auf- und Abgabe des Fördergutes auf den Gurt, wird der Gurt vollkommen geöffnet und nach unten umgelenkt. Dabei kann eine gute Reinigung des Gurts durchgeführt werden. Die benötigte Leistung ist mit der eines ordinären Gurtförderers vergleichbar. Das Material wird dabei als Schüttgut transportiert. Die Zugkräfte werden nur durch die zwei Stahlseile übertragen, die in den beiden Wulsten des Gurtes vulkanisiert sind. Dies ist gut in Abbildung 4.10 ersichtlich. Dadurch sind die Gurtzugkräfte und somit auch die Streckenlänge sehr begrenzt und reicht für diese Anwendung leider nicht aus. Laut Continental kann mit einem Meterpreis zwischen 2.000 € bis 4.000 € bei einer mech. installierten Anlage (Ohne E-Installation, Kabel, Steuerung, MMC, etc.) je nach Anzahl der Ablenkungen, Ausführungen der Fördertrasse, Tragrollenabstand gerechnet werden. Diese Angabe bezieht sich auf die Gurtlänge und nicht auf den Förderweg [7].

Vorteile

- Geschlossener Gurt- saubere Umwelt
- Geringerer Leistungsbedarf im Vergleich zum Schlauchgurtförderer
- Sehr gute Kurvengängigkeit ($R= 2m$)



Abbildung 4.10: SICON Taschengurttaschengürtelförderer von Continental [18]

Nachteile

- Erhöhter Fahrwiderstand- vergleichbar mit regulärem Gurttaschengürtelförderer
- Geringe Gurttaschengürtelzugkräfte und somit nur für kurze Förderstrecken geeignet
- Massen- Volumenstrom ist begrenzt

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Grundsätzlich würde sich dieser Förderer durch die abgeschlossene Bauweise und die gute Kurvengängigkeit gut eignen. Durch Rücksprache mit Continental, kann der Gurt nur geringe Zugkräfte übertragen. Somit sind die gegebenen Streckenlängen leider nicht durchführbar. Somit fällt dieser Förderer leider auch aus der Betrachtung. [7]

4.9 Seilbahn

Die Seilbahn ermöglicht eine sehr saubere Lösung, da die Container bis zur Lagerhalle transportiert werden. Diese ist in Abbildung 4.11 ersichtlich. Dabei werden die geschlossenen Container von der Bahn abgeladen und von der Seilbahn aufgenommen. Von dort aus werden diese im Pendel-Betrieb zur Entladestelle transportiert. Am Ende der Seilbahn wird der Container entladen und wieder zurück zu den Gleisen transportiert. Die Container werden mittels Spreader an der Seilbahn befestigt. Die Entladung erfolgt entweder

direkt auf der Seilbahn oder der Container wird von der Seilbahn entkoppelt und mit einer Containerentladestation entleert. Die Seilbahn kann nur in einer geraden Linie verlaufen. Sollte die Streckenführung eine Kurve haben, so ist mit erheblichen Mehrkosten zu rechnen, da die Container extra abgesetzt und auf den nächsten Teil der Seilbahn übergeben werden müssen. Durch die Höhe der Seilbahn ist ein Überwinden bereits bestehender Anlagen möglich. An gegebenen Stellen müssten die darunterliegenden Bereiche abgesichert werden. Der Platzbedarf für die Fundamente der Stützen ist vergleichsweise gering [19].



Abbildung 4.11: Materialseilbahn [25]

Vorteile

- Keine Verschmutzung
- Keine Übergabestellen des Schüttguts.
- Container sind universell einsetzbar (Bahn/ LKW)
- Überwindung von Anlagen
- Geringer Platzbedarf der Stützen

Nachteile

- Optische Belästigung der Anrainer durch die Ansicht der Seilbahn
- Mitarbeiter und Anlagen unter schwebenden Lasten

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Die Seilbahn ist eine sehr gute Option. Das Kunststoffmaterial kann nicht an die Umwelt gelangen. Die Container sind sowohl auf der Bahn als auch beim LKW universell einsetzbar. Im Betriebsgelände ist der Platzbedarf dieser Anlage sehr gering, da die Fundamente der Stützen nur wenig Platz benötigen. Bestehende Anlagen können einfach überwunden werden.

Diese Förderanlage eignet sich für folgende Streckenführungen:

- Förderstrecke 1 Bahnentladung Borealis
- Förderstrecke 2 Logistikzentrum Hainburgerstraße

4.10 Bahn auf Schienen

Dazu wird ein Schienensystem von der Zugentladungsstelle zur Lagerhalle errichtet werden. Darauf pendelt eine Lokomotive mit mehreren Waggons zwischen den Stationen. Es könnte ähnlich dem aus Abbildung 4.12 umgesetzt werden. Die Strecke müsste an mehreren Stellen Straßen, andere Bahngleise und Anlagenteile überwinden. Es besteht die Möglichkeit sowohl Stückgut als auch Schüttgut zu transportieren.



Abbildung 4.12: Bahn auf Schienen [25]

Vorteile

- Möglichkeit zur Automation

Nachteile

- Großer Platzbedarf der Wegstrecke
- Problematisch bei der Kreuzung von Straßen/ Autobahnen
- Aufwendige Bauweise/ Entladung
- Keine stetige Förderung- großer Zwischenspeicher wird benötigt

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Dieses Fördersystem ist nicht relevant, da es bei der Streckenführung problematisch ist, verschiedenste Kreuzungen zu passieren. Eine Streckenführung in erhöhter Position ist hierbei auch nicht sinnvoll möglich. Daher wird dieses Fördersystem nicht weiter betrachtet [25].

4.11 Becherwerk

Ein Becherwerk ist ein Stetigförderer, der vor allem in der Senkrechten transportiert. Dies ist in Abbildung 4.13 ersichtlich. An der Unterseite wird das Material eingeschüttet oder von den Bechern geschöpft. Mittels eines Gurtes oder Ketten werden die Becher nach oben gezogen und dort entleert. Pendelbecherwerke sind auch für die horizontale Förderung geeignet [25].



Abbildung 4.13: Becherwerk [25]

Grenzen dieser Anlage

- Förderhöhen bis 300 m
- Volumenströme bis 2000 m³/h - eher 1400 m³/h
- Fördergeschwindigkeit bis 4 m/s

Vorteile

- Große Fördergutströme bei Steilförderung
- Geeignet für nahezu jedes Schüttgut
- Staubfreie Steilförderung in geschlossenen Schächten
- Robust, zuverlässig
- Geringe Unterhalts- Wartungs- und Bedienkosten
- Platzsparend

Nachteile

- Aufwirbeln des Förderguts bei Auf- und Abgabe
- Mahlwirkung beim Schöpfen der Becher
- Verstopfungsgefahr

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Dieses Fördersystem ist für die gegebenen Förderstrecken nicht relevant. Jedoch könnte es für den Transport des Kunststoffmaterials zwischen der Lagerhalle und der Konversionsanlage interessant sein. Dies gilt besonders dann, wenn große Höhen bzw. starke Steigungen überwunden werden müssen (z.B. aus Bunkern). [25]

4.12 Schneckenförderer

Ein Schneckenförderer besteht aus einer Wendel/ Schnecke, die sich dreht. Durch die Drehbewegung wird das Material nach vorne geschoben. Dies ist in Abbildung 4.14 ersichtlich. Ein Schneckenförderer hat den Vorteil, dass das Gehäuse abgeschlossen ist. So kann entlang der Förderstrecke kein Material verloren gehen. Bei der Konstruktion muss darauf geachtet werden, dass der Innendurchmesser der Schnecke so gewählt ist, dass sich kein Fördergut herumwickeln kann. Schneckenförderer sind grundsätzlich eher für kleinere Förderlängen und Förderhöhen geeignet. Dieser würde sich gut als Abzugsorgan im Bereich der Ladestelle eignen. Ein Schneckenförderer ist für den Einsatz in allen Winkeln bis zu 90° geeignet. Der Maximaler Volumenstrom beträgt etwa 2000 m³/h. [25]

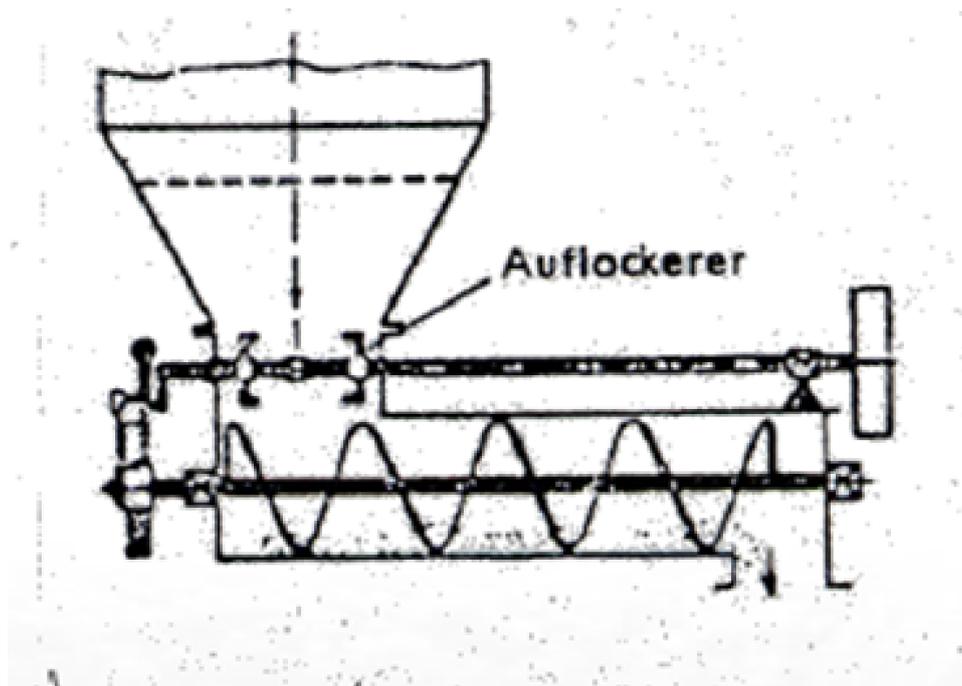


Abbildung 4.14: Schneckenförderer [25]

Vorteile

- Geringer Platzbedarf
- Geringe Störanfälligkeit

- Möglichkeit für zusätzliche verfahrenstechnische Schüttgutbehandlung möglich (Heizen, Trocken, Waschen)

Nachteile

- Material kann sich um die Schnecke wickeln und hängen bleiben.
- Beschädigung leicht zerreibbarer Schüttgüter (Abrieb, Zerbröckelung)
- Hohe Antriebsleistung aufgrund der Reibungsverhältnisse
- Klemmen und Verstopfungsgefahr bei grobstückigen und klebrigen Schüttgütern
- Nur sehr kurze Förderstrecken möglich

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Wie oben angegeben, kann dieses Fördersystem sehr gut für als Abzugsorgan von Bunkern verwendet werden, um das Material z.B. auf einen Gurtförderer zu transportieren. Für die angegebenen Förderstrecken ist diese Anlage nicht relevant.

4.13 Trogkettenförderer

Ein waagrechter Trogkettenförderer besteht aus einem rechteckigen Stahltrog, in dem eine endlose Förderkette mit seitlich befestigten Mitnehmern umläuft. Dies ist in Abbildung 4.15 ersichtlich. Die Kette wird über 2 Kettensterne geführt, wovon mindestens einer angetrieben ist. Das Untertrum gleitet auf dem Trogboden und nimmt das Fördergut mit. Das Obertrum hat keinen Einfluss auf das Fördergut. Trogkettenförderer können für die waagrechte bis senkrechte Förderung von gut rieselfähigen Schüttgütern eingesetzt werden. Der Förderquerschnitt ist dabei um ein Vielfaches größer als die Mitnehmereinrichtung. Das Fördergut wird dabei ohne Umwälzung transportiert [25].

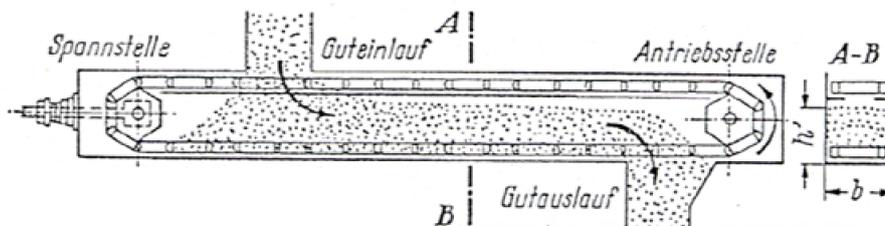


Abbildung 4.15: Trogkettenförderer [25]

Maximale Betriebsgrößen

- Fördergeschwindigkeit bis ca. 1 m/s
- Fördergutstrom bis ca. 800 t/h
- Förderlänge bis ca. 150 m
- Förderhöhe bis ca. 40 m

Vorteile

- Kein Verlust des Förderguts entlang der Strecke durch den geschlossenen Aufbau des Förderers.
- Trogkettenförderer können auch senkrecht fördern, falls Straßen etc. Überwunden werden müssen. Dabei kann die waagerechte und die senkrechte Bauweise ohne Übergabestelle kombiniert werden
- Möglichkeit für zusätzliche verfahrenstechnische Schüttgutbehandlung möglich (Heizen, Trocken)

Nachteile

- Nur für eher kurze Förderstrecken geeignet
- Eignet sich nicht für klebrige oder backende Güter

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Dieser Förderer eignet sich nicht für die langen Förderstrecken. Der Trogkettenförderer würde sich jedoch gut für die Kurzstrecke zwischen der Lagerhalle und der Konversionsanlage anbieten. Straßen können damit gut überwunden werden und die geschlossene Bauform bietet einen guten Umweltschutz.

4.14 Kratzerförderer

Kratzerförderer besitzen ein bis zwei endlos umlaufende Kettenstränge, an denen Mitnehmereinrichtungen befestigt sind. Diese Mitnehmereinrichtungen gleiten wie Abbildung 4.16 ersichtlich auf dem Boden des Fördersystems und sorgen dafür, dass das Material weiter transportiert wird. Kratzerförderer funktionieren nach demselben Prinzip wie Trogketten-



Abbildung 4.16: Kratzerförderer [25]

förderer, jedoch ist ihr Aufbau nicht geschlossen. Kratzerförderer werden sehr oft in rauen Gegebenheiten angewendet, wie etwa dem Bergbau [25].

Vorteile

- Robuste Bauweise
- Geringe Wartungskosten

Nachteile

- Schlechter Umweltschutz durch die offene Bauweise

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Durch die offene Bauweise ist dieses Fördersystem nicht für dieses Projekt geeignet.

4.15 Schwingförderer

Ein Schwingförderer besteht aus einer Förderrinne, die sich mit einer gegebenen Frequenz bewegt, siehe Abbildung 4.17. Auf dieser ebenen Fläche befindet sich das Fördergut, das in überwiegend waagrechter, aber auch geneigter Richtung transportiert wird. Grundsätzlich wird dabei zwischen einer Schüttelrutsche und einer Schwingrinne unterschieden. Bei der Schüttelrutsche bleibt das Fördergut immer in Kontakt mit dem Rinnenboden und hebt somit nicht ab. Dabei werden 2 Bewegungsrichtungen unterschieden. Bei der ersten erfolgt die Bewegung ist nur entlang der Förderrichtung. Das Material besitzt eine konstante Auflagekraft. Bei der zweiten ist die Bewegungsrichtung schräg zur Förderrichtung. Dabei ändert sich die Auflagekraft, aber ohne von der Oberfläche abzuheben. Bei der Schwingrinne hebt das Fördergut während der Bewegung ab. Dies erfolgt durch kleine Sprünge, sogenannte Mikrowürfe und Gleitbewegungen, die periodisch aufeinander folgen. Die Bewegungsrichtung erfolgt schräg zur Förderrichtung. Die Schwingrinne ist derzeit Stand der Technik. Diese Anlage kann zur Entleerung von Bunkern genutzt werden, um das Material weiter auf ein anderes Fördersystem zu übergeben. Die Hauptaufgabe dabei ist es, das Material gleichmäßig auszutragen und das nachfolgende Fördersystem nicht zu überfüllen [25].

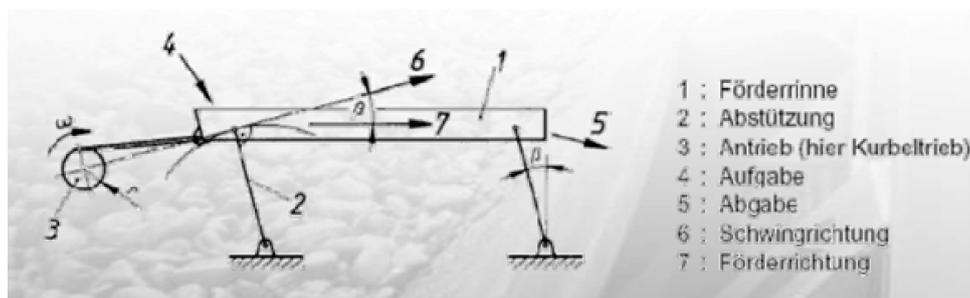


Abbildung 4.17: Schüttelrutsche [25]

Vorteile

- Gleichmäßiger Austrag
- Nicht anfällig für Verschmutzung

Nachteile

- Verteilung des Förderguts in der Luft- besonders die kleinen Partikel

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Die Schwingrinne würde sich sehr gut als Austragssystem für Bunker oder Silos eignen.

4.16 Stauscheibenförderer

Der Stauscheibenförderer besteht aus einem Rohr, durch das eine Kette gezogen wird, siehe Abbildung 4.18. In diese Kette sind in regelmäßigen Abständen sog. Stauscheiben eingearbeitet. Das sind Scheiben, deren Durchmesser etwas geringer ist als der des Rohres. Die Kette wird zusammen mit den Stauscheiben durch das Rohr gezogen und somit auch das Fördergut. Die Wegstrecke kann annähernd beliebig gestaltet werden. Mit zunehmender Anzahl an Rohrbögen nimmt auch die Antriebsleistung zu. Der Volumenstrom ist mit max. 70 m³/h begrenzt. Durch eine elektrische Aufladung des Förderers kann es zum Anhaften von Partikeln kommen, was zu Problemen bei der Entladung führen kann. [25]

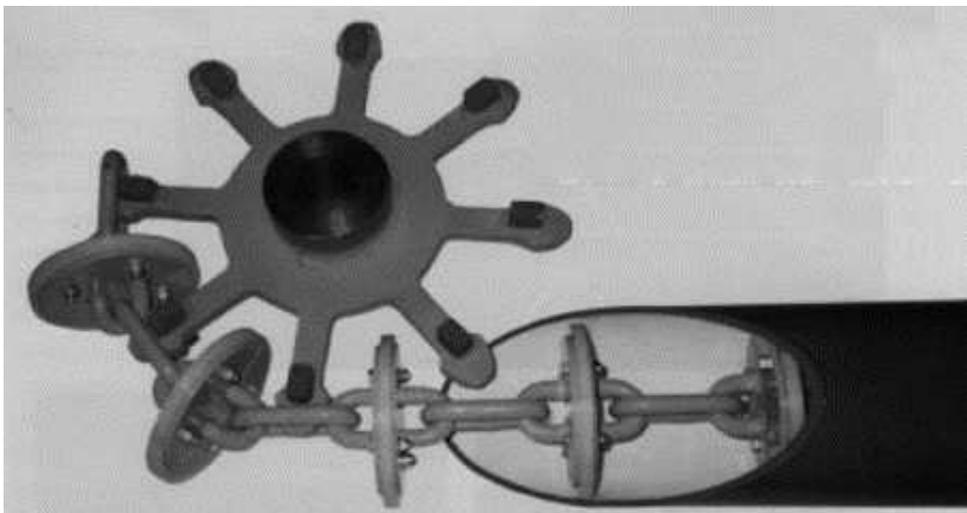


Abbildung 4.18: Stauscheibenförderer [25]

Vorteile

- Beliebige Streckenführung
- Keine Verschmutzung entlang der Strecke durch die abgeschlossene Bauweise
- Unter der Erde verlegbar

Nachteile

- Mögliche elektrische Aufladung des Förderers und somit Anhaftung von Partikeln
- Eher für kürzere Strecken geeignet
- Nur geringe Volumenströme möglich

Relevanz dieser Anlage für das Projekt

Für die langen Strecken ist diese Anlage nicht geeignet. Der Stauscheibenförderer kann aber gut für die kurze Strecke zwischen der Lagerhalle und der Konversionsanlage verwendet werden.

Übersicht der Eigenschaften

In Abbildung 4.19 ist eine Übersicht der Fördermittel und eine Einschätzung der Eigenschaften ersichtlich. Dabei ist erkennbar, dass die Materialseilbahn besonders durch die

| Fördermittel | Umweltbelastung | Trennbarkeit des Förderguts vom Fördermittel | Energieaufwand im Betrieb | Kosten für Wartung und Errichtung | Streckenführung |
|-------------------------------|-----------------|--|---------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| Strömungsförderer mit Wasser | + | ~ | - | ~ | ++ |
| Ropecon mit Abdeckung | ~ | - | + | ~ | + |
| Schlauchtaschengurtt Förderer | + | + | ~ | ~ | + |
| Pneumatischer Förderer | + | + | -- | ~ | ++ |
| Materialseilbahn | ++ | ++ | + | ~ | + |
| Zug auf Schienen | ~ | ~ | + | ~ | -- |
| Sandwichconveyor | + | + | -- | ~ | - |
| Railrunning- Conveyor | + | + | ++ | ~ | + |

Abbildung 4.19: Übersicht der Fördermittel

geringe Umweltbelastung und die exzellente Trennbarkeit des Förderguts vom Fördermittel heraus sticht. Die geradlinige Streckenführung wird hier als Vorteil angesehen, da der Platzbedarf der Pfeiler am Boden nur sehr gering ist und die Container über andere Anlagen hinweg fahren können. Der Railrunningconveyor schneidet allgemein auch sehr gut ab. Besonders auffällig ist hier der geringe Energieaufwand durch die Rollen auf der Stahlschiene und den geringen Höhenunterschieden, die hier überwunden werden müssen. Der Schlauchgurtt Förderer schneidet grundsätzlich auch gut ab, jedoch ist der Energieaufwand durch die hohen Walkwiderstände relativ hoch. Strömungsförderer haben einen besonders hohen energetischen Aufwand. Außerdem ist es vergleichsweise schwer, das Material vom Wasser zu trennen. Es muss bedacht werden, dass das Material danach für die Weiterverarbeitung in der Konversionsanlage auch noch getrocknet werden muss. Der Ropecon schließt das Kunststoffmaterial durch seine Bauweise nicht so gut von der Außenwelt ab, wie andere Fördermittel. Außerdem ist die Trennbarkeit des Materials vom Fördergurt durch die Wellenkanten nicht ideal. Der Ropecon besitzt eine hohe Effizienz.

5 Anwendung auf die unterschiedlichen Förderstrecken

In diesem Kapitel werden die Möglichkeiten für jede einzelne Förderstrecke in technischer als auch wirtschaftlicher Sichtweise diskutiert. Diese unterscheiden sich besonders durch das Transportmittel, mit dem das Material angeliefert wird, den Anlieferungszustand des Materials (siehe Kapitel 3) und den geografischen Gegebenheiten der jeweiligen Strecke.

5.1 Betrachtung der Förderstrecke 1: Bahnentladung Borealis

Bei dieser Förderstrecke wird nur die Anlieferung von POS- Pellets oder POS- Ballen mit der Bahn betrachtet. Dafür werden die Abstellgleise der Fa. Borealis nördlich der Hainburgerstraße verwendet, wie es in Abbildung 5.1 ersichtlich ist. Pro Zug werden immer 1000 t Kunststoffmaterial angeliefert. Von der Bahntladestelle wird das Material mit einem geeigneten Fördersystem zur Konversionsanlage transportiert. Außerdem soll die Möglichkeit bestehen, Material bei der Firma Borealis zu der Anlage "Lighthouse" abzusetzen. Dabei dürfen sich die unterschiedlichen Materialien nicht durch Rückstände auf dem Fördermittel gegenseitig kontaminieren. Die Anlieferung der unterschiedlichen Materialien erfolgt immer separat.

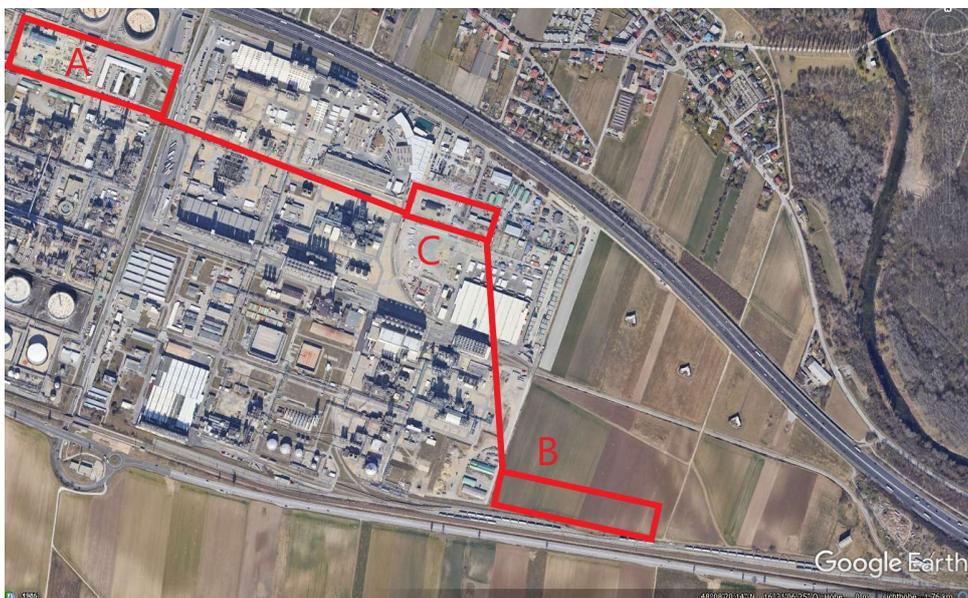


Abbildung 5.1: Förderstrecke 1 - Bahnentladung Borealis [21]

5.1.1 Szenario 1: Innofreight-Container auf Eisenbahn in Kombination mit stationärer Entladeeinrichtung

In diesem Szenario werden sog. Highcube- Container der Firma Innofreight verwendet. Die Gleislänge beträgt hierbei über 1 km, wodurch ein Entladen des gesamten Zuges ermöglicht wird. Nach der Entladung wird das Kunststoffmaterial über die Zwischenbelade-/ Entlade- stelle zu einem Tiefbunker/ Silo vor der Konversionsanlage befördert. Von dort aus gelangt

das Material über einen Dosierbunker in die Re- Oil-Anlage. Für die Förderung werden unterschiedliche Fördersysteme miteinander verglichen.

5.1.1.1 Entladung der Eisenbahn

Bei der Entladung wird das Hardtop der Container abgenommen und mit der Entladeeinrichtung der Firma Innofreight gekippt. Wenn Ballen transportiert werden, müssten diese vor dem Aufbringen auf das Fördersystem geöffnet werden. Eine Förderung von Ballen als Stückgut auf dem Fördersystem wird hierbei nicht berücksichtigt. Nach dem Öffnen verhält sich das Material wie eine lose Schüttung (50 kg/m^3), wodurch der Transport auf dem Fördersystem besonders ineffizient wird. Die Volumenströme, die von den Förderanlagen transportiert werden, ergeben sich durch die Dichten der unterschiedlichen Materialien (POS Pellets = 480 kg/m^3 , POS Flakes = 50 kg/m^3) und der Verarbeitungsgeschwindigkeiten der limitierenden Elemente (Entladeeinrichtung oder Schredder). Dies ist in Tabelle 5.1 ersichtlich. Der Schredder, der zum Auftrennen der Ballen verwendet wird, schafft etwa 70 Ballen/h. Die Entladezeit der POS Pellets ist mit 2,5 min. pro Container besonders kurz. Daraus ergeben sich folgende Volumenströme: Bei POS Pellets muss das Fördersystem auf einen Volumenstrom von $888 \text{ m}^3/\text{h}$ und bei Ballen auf einen Volumenstrom von $1487 \text{ m}^3/\text{h}$ ausgelegt werden. Das Material wird in der Geschwindigkeit transportiert, die von dem limitierenden Element vorgegeben wird. Daraus ergeben sich auch unterschiedliche Massenströme von $426,24 \text{ t/h}$ für POS- Pellets und $74,32 \text{ t/h}$ für den Transport der POS- Flakes. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit der ReOil-Anlage von 25 t/h kann somit erfüllt werden. Es bleibt in beiden Fällen ausreichend Flexibilität, um den Wechsel der Züge durchzuführen. Der hohe Volumenstrom der Ballen ergibt sich dadurch, dass das Material nach dem Öffnen der Ballen nicht verdichtet ist, wie in Kapitel 3.1.2 erklärt wurde.

| Beschreibung | POS Pellets | Vierkantballen/ POS Flakes |
|--------------------------|--|--|
| Limitierendes Element | Entladeeinrichtung 2,5 min/ Container | Schredder 70 Ballen/h |
| Zuladung pro Container | 17760kg | $20 \cdot 1062 \text{ kg} =$ 21236kg |
| Notwendiger Massenstrom | $17760 \cdot 60 / 2,5 =$ 426,24 t/h | $70 \cdot 1062 =$ 74,32 t/h |
| Dauer Entladung | 2,35 h | 13,46 h |
| Schüttdichte | 480 kg/m^3 | 675 kg/m^3 bzw. 50 kg/m^3 bei geöffneten ballen |
| Notwendiger Volumenstrom | $426,4 / 0,480 =$ 888m³/h | etwa 1487 m³/h |

Tabelle 5.1: Förderströme bei Entladung der Container mit stationärer Einrichtung

5.1.1.2 Förderung der Kunststofffraktionen

Für die Förderung werden mehrere Fördermittel betrachtet, die sich für diese Anwendung anbieten. Die Unterschiedlichen Volumenströme für POS Pellets und POS Flakes sind in Kapitel 5.1.1.1 zu finden. Die Entleerung/ Befüllung an der Zwischenbe-/ Entladestelle wird hierbei nicht genauer berücksichtigt. Es wird angenommen, dass die Zwischenentladung etwa mittels einer Klappschurre durchgeführt wird.

5.1.1.2.1 Förderung der Kunststofffraktionen - RopeCon-System

Wie in Kapitel 4.5 beschrieben, ist der Ropecon eine Mischung aus Seilbahn und Gurtförderer und eine Eigenentwicklung der Firma Doppelmayer. Die Streckenführung kann ohne zusätzliche Übergabestellen nur linear verlaufen. Um die Umwelt zu schützen, würde das Fördersystem vollkommen eingehaust werden. Für diese Anwendung bieten sich 2 gerade

Teilstücke an. Das 1. Teilstück zwischen der Bahnentladung (B) und der Zwischenentladestelle (C) beläuft sich auf ca. 570 m. Das 2. Teilstück von der Zwischenentladestelle (C) bis zur Lagerstätte (A) beläuft sich auf ca. 840 m. Dies ist in Abbildung 5.2 ersichtlich. Laut der Fa. Doppelmayr fallen für die unterschiedlichen Materialien Motorleistungen

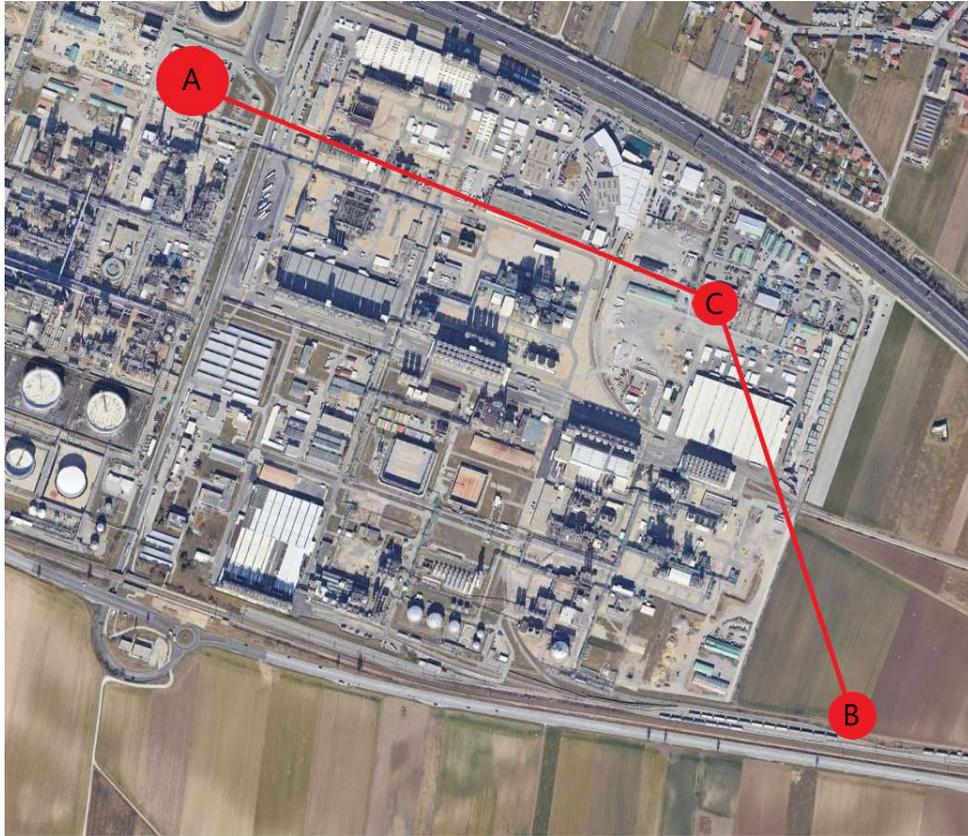


Abbildung 5.2: Förderstrecke 1 RopeCon Doppelmayr [21]

und Investitionskosten aus Tabelle 5.2 an. Die Investitionskosten beinhalten die elektro-

| Beschreibung | POS Pellets | Vierkantballen bzw. POS Flakes |
|--------------------------|--------------|--------------------------------|
| Motorleistung im Betrieb | 64 kW | 52 kW |
| Investitionskosten | 10.300.000 € | 12.100.000 € |

Tabelle 5.2: Eckdaten Doppelmayr Ropecon Förderstrecke 1

mechanische Ausrüstung, das Engineering und die Montage inkl. Inbetriebnahme. Nicht enthalten sind topographische Vermessungsarbeiten, Erdarbeiten, Fundamentarbeiten und der Versand [8]. Um die Kosten für diese Arbeiten auch entsprechend berücksichtigen zu können, werden diese mit 5 % der Anlageninvestition angenommen [13]. Die Durchführung des Projekts wird vom Hersteller auf etwa 18 Monate vom Projektstart bis zur Inbetriebnahme anberaumt [8]. In Tabelle 5.3 können weitere Informationen zur Position und dem Platzbedarf der einzelnen Stationen gefunden werden.

5.1.1.2.2 Förderung der Kunststofffraktionen mittels Schlauchgurtförderer

Hierzu wurde ein Angebot der Firma Beumer eingeholt [1]. Dies kann im Anhang eingesehen werden. Der Schlauchgurtförderer wird in Kapitel 4.6 genauer beschrieben. Dieser funktioniert ähnlich zu einem Gurtförderer mit einem offenen Gurt, jedoch ist der Gurt so weit zusammen gemuldet, dass sich die Außenkanten überschneiden und eine geschlossene Röhre entsteht. Der Verlauf der Förderstrecke ist in Abbildung 5.3 ersichtlich. Dabei muss auf Kurvenradien geachtet werden, diese dürfen laut Beumer den 300-fachen Rohr-

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|---|----------------------------------|---------------------------|
| Stat. Entladeeinrichtung bzw. Beladung Fördersystem | 48°08'06.95" N 16°31'10.48" O | 36 x 12 m |
| Zwischenentlade-/ beladestelle | 48°08'24.62" N 16°31'05.17" O | 10 x 15 m |

Tabelle 5.3: Auf- und Abgabestelle Doppelmayr Ropecon Förderstrecke 1

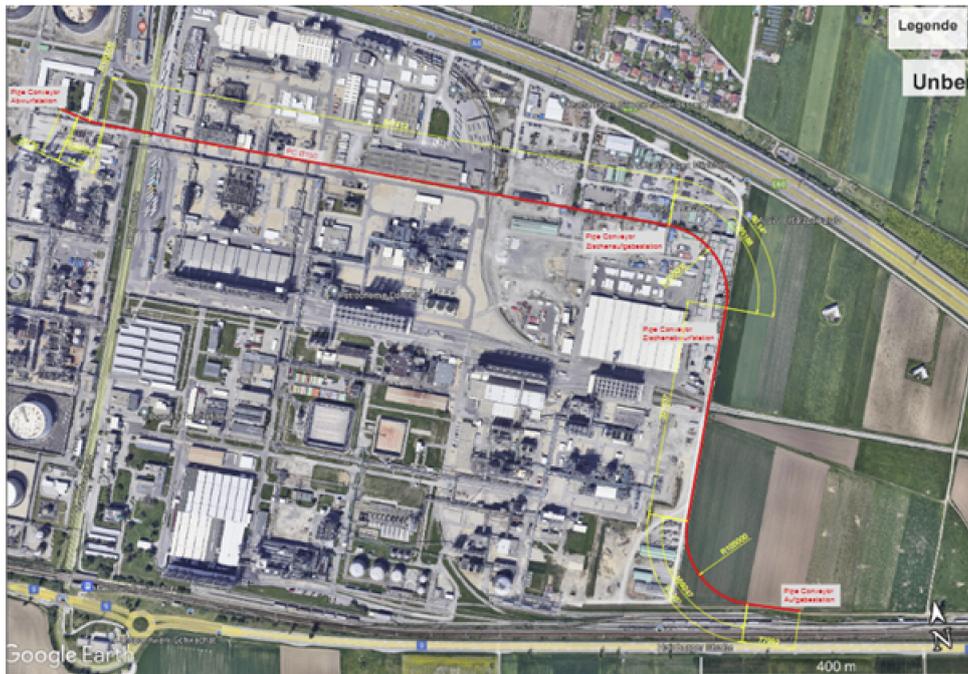


Abbildung 5.3: Streckenverlauf Schlauchgurtförderer [1]

durchmesser bei Textilgurten und den 700-fachen Rohrdurchmesser bei Stahlgurten nicht unterschreiten. Bei der Innofreight Containerentladung entfällt der erste Anstieg der Wegstrecke, da kein Bunker am Beginn der Förderstrecke geschaffen werden muss. Das Material wird also aus dem bodennahen Bereich abgezogen und verläuft auch bis zur Kreuzung der Bahnschienen bodennah. Bevor die Bahnschienen überquert werden, wird das Niveau auf 8 m angehoben. Diese Höhe wird bis zum Ende der Förderstrecke beibehalten. Dies dient in erster Linie zur Überquerung der Bahnschienen aber auch innerhalb des Betriebsgeländes zur Überquerung von Anlagen und ermöglicht eine Durchfahrtshöhe von mehr als 5 m. Für

| Beschreibung | POS Pellets | Vierkantballen bzw. POS Flakes |
|--------------------------|-------------|--------------------------------|
| Motorleistung im Betrieb | 340 kW | 260 kW |
| Investitionskosten | 6.140.330 € | 6.582.368 € |

Tabelle 5.4: Eckdaten Beumer Schlauchgurtförderer Förderstrecke 1 [1]

eine Entladestation muss der Förderer auf einem geraden Teilstück sein, kann dort aber prinzipiell überall positioniert werden. Die Stelle nach der Linkskurve würde sich dafür sehr gut eignen. Dabei ist nur darauf zu achten, dass zwischen der Abgabestelle und dem Ende der Kurve ein Abstand von 30 x Rohrdurchmesser (bei Textilgurten) eingehalten werden muss. Die Fördermengen und die dazugehörigen Betriebszeiten pro Tag (= Dauer Entladung) sind Tabelle 5.1 zu entnehmen. Die Kosten der Strecke belaufen sich auf 3470 €/m (POS-Pellets) bzw. auf 3.886 €/m (POS-Flakes). Daraus ergeben sich mit einer Streckenlänge von 1648 m und unter Berücksichtigung der Kosten für die Zwischenentlade-

/ -beladestelle von etwa 800.000 € die Investitionskosten laut Tabelle 5.4. Ebenfalls enthalten ist die Anschlussleistung des Antriebsmotors [1]. Im Preis inbegriffen sind Engineering, Projektleitung, Dokumentation, Qualitätssicherung, Lieferung mechanischer Bauteile und die Lieferung der Stahlkonstruktion. Im Investitionspreis nicht inbegriffen sind Baugrunduntersuchungen, Genehmigungen, Aushub & Betonarbeiten, Montage, etc. Diese Kosten werden mit 20 % der Investitionskosten angenommen. Der Platzbedarf sowie der Standort der jeweiligen Entlade-/ Beladestellen wurde, unabhängig von der Transportform, gemäß Tabelle 5.5 angenommen.

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|---|-------------------------------|---------------------------|
| Stat. Entladeeinrichtung bzw. Beladung Fördersystem | 48° 8'6.05"N 16°31'9.00"Ö | 5x10m |
| Zwischenentlade-/ beladestelle | 48° 8'26.13"N 16°31'1.80"Ö | 5x20m |

Tabelle 5.5: Auf- und Abgabestelle Schlauchgurtförderer Beumer Förderstrecke 1

5.1.1.2.3 Förderung der Kunststofffraktionen mittels Rail-Running Conveyor

Hierzu wurde ein Angebot der Firma Thyssenkrupp eingeholt [4]. Die Funktion des Railrunning-Conveyors wird in Kapitel 4.7 genauer beschrieben. Die Streckenführung erfolgt bis zu den Bahnschienen bodennahe. Danach wird wieder bis zur Lagerhalle in einer Höhe von 8 m gefördert, um Durchfahrtshöhen für Straßen, Eisenbahn und diverse Anlagen zu ermöglichen. Auch eine Zwischenentladestation ist mit diesem Fördersystem möglich. Die Streckenführung ist ident zu der des Schlauchgurtförderers und in Abbildung 5.4 mit der Bezeichnung CV2 ersichtlich. Die Strecke CV1 wird erst später betrachtet und ist hierbei nicht von



Abbildung 5.4: Streckenverlauf Rail- Running- Conveyor [4]

Bedeutung. Die Radien der Förderstrecken sind auf $300 \times D$ begrenzt und hiermit mit 165 m zu Grunde gelegt. D beschreibt hierbei den Durchmesser des gemuldeten Gurts. Es wurde berücksichtigt, dass die Route auf eine Höhe von 10 m innerhalb des Werksgeländes komplett geständert ist. Diese Strecke ist zum Großteil geständert, wodurch sich ein

Meterpreis ergibt, der bei 3400 € liegt. Mit der gegebenen Streckenlänge von 1,85 km und der Berücksichtigung einer Zwischenentlade-/ beladestelle ergeben sich in Abhängigkeit der Transportform Investitionskosten bzw. Motorleistungen in Tabelle 5.6 [4]. Die Kosten

| Beschreibung | POS Pellets | POS Flakes |
|--------------------------|-------------|-------------|
| Motorleistung im Betrieb | 103 kW | 75 kW |
| Investitionskosten | 9.290.000 € | 9.290.000 € |

Tabelle 5.6: Eckdaten Thyssenkrupp Railrunning- Conveyor Förderstrecke 1

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|---|------------------------------|---------------------------|
| Stat. Entladeeinrichtung bzw. Beladung Fördersystem | 48° 8'6.05"N 16°31'9.00E | 25x50 m |
| Zwischenentlade-/ beladestelle | 48° 8'26.13"N 16°31'1.80E | 10x30 m |

Tabelle 5.7: Auf- und Abgabestelle Thyssenkrupp Förderstrecke 1

der Übergabestelle belaufen sich auf etwa 3.000.000 € und sind bereits in den Investitionskosten enthalten. Im Preis zusätzlich inbegriffen sind Engineering, Projektleitung, Dokumentation, Qualitätssicherung, Lieferung mechanischer Bauteile und die Lieferung der Stahlkonstruktion. Im Investitionspreis nicht inbegriffen sind Baugrunduntersuchungen, Genehmigungen, Aushub & Betonarbeiten, Montage, etc. Diese Kosten werden mit 20 % der Investitionskosten angenommen. Der Platzbedarf sowie der Standort der jeweiligen Entlade-/ Beladestellen wurde, unabhängig von der Transportform, gemäß Tabelle 5.7 angenommen.

5.1.1.3 Zusammenfassung und Kosten

Dieses Kapitel stellt die Investitions- und Betriebskosten dar, die jährlich für die Entladung, Förderung, und Lagerung der Kunststofffraktionen anfallen. Dabei wird wiederum zwischen den unterschiedlichen Transportformen unterschieden. Die Berechnung erfolgt für eine Menge von 200.000 t/Jahr. Am Ende dieses Kapitels sollen die spezifischen Kosten in €/t angegeben werden, um die unterschiedlichen Transportformen gut miteinander vergleichen zu können.

5.1.1.3.1 Kosten Entladung der POS-Pellets

Die Entladung der POS-Pellets erfolgt mit einer stationären Entladeeinrichtung und einem Schubroboter der Firma Innofreight. Zur Betreuung und Überwachung wird immer ein anwesender Mitarbeiter benötigt. Somit ergeben sich Kosten für die stationäre Entladeeinrichtung von 2 €/t. Die gesamte Berechnung für die Kosten der Entladung für die POS-Pellets ergibt spezifische Kosten in Höhe von **3,99 €/t** [22].

5.1.1.3.2 Kosten Entladung der folierten Ballen

Hierbei wird zusätzlich ein Schredder verwendet. Unter Berücksichtigung der jährlichen Betriebsstunden, Abschreibung der Maschinen, Wartung, Personal und der Menge von 200.000 t pro Jahr ergeben sich spezifische Kosten in Höhe von **7,77 €/t** [22].

5.1.1.3.3 Kosten Förderung der POS-Pellets mittels Ropecon System

Für die Kalkulation in Tabelle 5.8 des RopeCon Systems werden die Investitionskosten aus Kapitel 5.1.1.2.1 sowie die Kosten der Fundamentierung, und die der Vermessungsarbeiten berücksichtigt. Für den Transport einer Zugfüllung wurden laut Tabelle 5.1 2,35 h

| Investitionskosten für RopeCon-System | | | | |
|--|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Investitionskosten | spez. Kosten |
| RopeCon | 15 Jahre | - | 10.300.000 € | 3,43 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 5 % | 515.000 € | 0,17 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | | 5,41 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Faktor | Betriebsstunden | spez.Kosten |
| RopeCon | 64kW | 0,75 | 470h/Jahr | 0,03 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 9,04 €/t | | |

Tabelle 5.8: Kosten Förderung POS-Pellets RopeCon-System

berechnet. 200 Züge pro Jahr mit dieser Betriebsdauer ergeben 470 h/Jahr. Mit der jeweiligen Leistung und den Stromkosten von 0,25 €/kWh können die Betriebskosten kalkuliert werden. Beim Abschnitt Wartung ist auch die Versicherung miteinbezogen.

5.1.1.3.4 Kosten Förderung der POS-Pellets mittels Schlauchgurtförderer

Für die Kalkulation in Tabelle 5.9 des Schlauchgurtförderers werden die Investitionskosten

| Investitionskosten Schlauchgurtförderer | | | | |
|--|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Investitionskosten | spez. Kosten |
| RopeCon | 15 Jahre | - | 6.140.330 € | 2,05 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 1.228.066 € | 0,41 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | | 3,68 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Faktor | Betriebsstunden | spez.Kosten |
| Schlauchgurtförderer | 340 kW | 0,75 | 470 h/Jahr | 0,15 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 6,29 €/t | | |

Tabelle 5.9: Kosten Förderung POS-Pellets Schlauchgurtförderer

aus Kapitel 5.1.1.2.2 sowie die Kosten der Fundamentierung und die der Vermessungsarbeiten berücksichtigt. Für den Transport einer Zugfüllung wurden laut Tabelle 5.1 2,35 h berechnet. 200 Züge pro Jahr mit dieser Betriebsdauer ergeben 470 h/Jahr. Mit der jeweiligen Leistung und den Stromkosten von 0,25 €/kWh können die Betriebskosten kalkuliert werden. Beim Abschnitt Wartung ist auch die Versicherung miteinbezogen.

5.1.1.3.5 Kosten Förderung der POS-Pellets Rail Running Conveyor

Für diese Kalkulation in Tabelle 5.10 für den Railrunningconveyor werden die Investitionskosten aus Kapitel 5.1.1.2.3 sowie die Kosten der Fundamentierung, und die der Vermessungsarbeiten berücksichtigt. Für den Transport einer Zugfüllung wurden laut Tabelle 5.1 2,35 h berechnet. 200 Züge pro Jahr mit dieser Betriebsdauer ergeben 470 h/Jahr. Mit der jeweiligen Leistung und den Stromkosten von 0,25 €/kWh können die Betriebskosten kalkuliert werden. Beim Abschnitt Wartung ist auch die Versicherung miteinbezogen.

| Investitionskosten Rail Running Conveyor | | | | |
|---|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Investitionskosten | spez. Kosten |
| RopeCon | 15 Jahre | - | 9.290.000 € | 3,10 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 1.858.000 € | 0,62 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | | 5,57 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Faktor | Betriebsstunden | spez.Kosten |
| Schlauchgurtförderer | 103 kW | 0,75 | 470 h/Jahr | 0.05 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 9,34 €/t | | |

Tabelle 5.10: Kosten Förderung POS-Pellets Rail Running Conveyor

5.1.1.3.6 Kosten Förderung der POS-Flakes bzw. aufgetrennte Ballen mittels Ropecon System

Für diese Kalkulation in Tabelle 5.11 für das RopeCon System werden die Investitionskosten

| Investitionskosten für RopeCon-System | | | | |
|--|--------------|------------------|--------------------|--------------|
| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Investitionskosten | spez. Kosten |
| RopeCon | 15 Jahre | - | 12.100.000 € | 4,03 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 5 % | 605.000 € | 0,20 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | | 6,35 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Faktor | Betriebsstunden | spez.Kosten |
| RopeCon | 52 kW | 0,75 | 2692 h/Jahr | 0,13 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 10,71 €/t | | |

Tabelle 5.11: Kosten Förderung POS-Flakes RopeCon-System

ten aus Kapitel 5.1.1.2.1 sowie die Kosten der Fundamentierung und Vermessungsarbeiten berücksichtigt. Bei der Anlieferung von Ballen, müssen diese zuvor mit einem Schredder aufgetrennt werden, der hier als limitierendes Element agiert. Für eine Zugentladung muss dieses Fördersystem laut Tabelle 5.1 13,46 Stunden betrieben werden. Dadurch ergeben sich mit 200 Zügen pro Jahr 2692 h. Die daraus resultierenden Leistungen und Investitionskosten sind in der Tabelle angegeben. Die Stromkosten sind immer mit 0,25 €/kWh berücksichtigt. Die Berechnung erfolgt ident zu der aus den bisherigen Kapiteln.

5.1.1.3.7 Kosten Förderung der POS-Flakes bzw. aufgetrennte Ballen mittels Schlauchgurtförderer

Für die Kalkulation in Tabelle 5.12 des Schlauchgurtförderers werden die Investitionskosten aus Kapitel 5.1.1.2.2 sowie die Kosten der Fundamentierung und Vermessungsarbeiten berücksichtigt. Bei der Anlieferung von Ballen, müssen diese zuvor mit einem Schredder aufgetrennt werden. Für eine Zugentladung muss dieses System laut Tabelle 5.1 13,46 Stunden betrieben werden. Dadurch ergeben sich mit 200 Zügen pro Jahr 2692 h. Die daraus resultierenden Leistungen und Investitionskosten sind in der Tabelle angegeben. Die Stromkosten sind immer mit 0,25 €/kWh berücksichtigt. Die Berechnung erfolgt ident zu der aus den bisherigen Kapiteln.

5.1.1.3.8 Kosten Förderung der POS-Flakes bzw. aufgetrennte Ballen Rail Running Conveyor

Für diese Kalkulation in Tabelle 5.13 für den Railrunningconveyor werden die Investitionskosten aus Kapitel 5.1.1.2.3 sowie die Kosten der Fundamentierung, sowie Vermessungs-

Investitionskosten Schlauchgurtförderer

| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Investitionskosten | spez. Kosten |
|----------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Schlauchgurtf. | 15 Jahre | - | 6.582.368 € | 2,19 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 1.316.473 € | 0,44 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | | 3,95 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Faktor | Betriebsstunden | spez.Kosten |
| Schlauchgurtförderer | 260 kW | 0,75 | 2692 h/Jahr | 0,66 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 7,25 €/t | | |

Tabelle 5.12: Kosten Förderung POS-Flakes Schlauchgurtförderer

Investitionskosten Rail Running Conveyor

| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Investitionskosten | spez. Kosten |
|--------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| RailRunning Conv. | 15 Jahre | - | 9.290.000 € | 3,10 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 1.858.000 € | 0,62 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | | 5,57 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Faktor | Betriebsstunden | spez.Kosten |
| Rail-Running Conv. | 75 kW | 0,75 | 2692 h/Jahr | 0,19 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 9,48 €/t | | |

Tabelle 5.13: Kosten Förderung POS-Flakes Rail Running Conveyor

arbeiten berücksichtigt. Bei der Anlieferung von Ballen, müssen diese zuvor mit einem Schredder aufgetrennt werden. Für eine Zugentladung muss dieses System laut Tabelle 5.1 13,46 Stunden betrieben werden. Dadurch ergeben sich mit 200 Zügen pro Jahr 2692h. Die daraus resultierenden Leistungen und Investitionskosten sind in der Tabelle angegeben. Die Stromkosten sind immer mit 0,25 €/kWh berücksichtigt. Die Berechnung erfolgt ident zu der aus den bisherigen Kapiteln.

5.1.1.3.9 Kosten Lagerung der POS-Pellets

Die Kosten für die Lagerung umfassen die Silos, Bautechnik, etwaige Zuschläge, den Dosierbunker, sowie die Wartung, Finanzierung und Versicherung der Bauwerke. Weiters sind die Energiekosten für die Schwingrinnen im Lagersilo und die Schwingrinne des Dosierbunkers inkludiert. Außerdem werden die Arbeitskosten für das Personal von 5 Arbeitern im Dreischichtbetrieb zu je 37,5 €/h [27] kalkuliert. Es wird davon ausgegangen, dass die Anlage das ganze Jahr 24/7 betrieben wird. Aus dieser Berechnung erfolgen Gesamtkosten für die Lagerung von POS-Pellets von **2,74 €/t** [22].

5.1.1.3.10 Kosten Lagerung der folierten Ballen

Die Kosten für die Lagerung umfassen die Tiefbunker, Greiferkrane, etwaige Zuschläge, den Dosierbunker, sowie die Wartung, Finanzierung und Versicherung der Bauwerke. Weiters sind die Energiekosten für die Greiferkrane und die Schwingrinne des Dosierbunkers inkludiert. Außerdem werden die Arbeitskosten für das Personal von 5 Arbeitern im Dreischichtbetrieb zu je 37,5 €/h [27] kalkuliert. Es wird davon ausgegangen, dass die Anlage das ganze Jahr 24/7 betrieben wird. Aus dieser Berechnung erfolgen Gesamtkosten für die Lagerung von folierten Ballen von **6,01 €/t** [22].

5.1.1.3.11 Summe der Kosten aus Entladung, Förderung und Lagerung Förderstrecke 1, Szenario 1

Dieses Kapitel gibt einen Überblick der einzelnen Kosten, getrennt nach Transportsystem und Form des Kunststoffmaterials. Die Kosten beinhalten die Miete und die Entladung der Innofreight Container, sowie die Förderung mit unterschiedlichen Fördersystemen und das Lagern des Schüttgutes. Die Gesamtkosten sind in folgenden Tabellen ersichtlich: [5.14](#), [5.15](#), [5.16](#)

| Beschreibung | POS-Pellets €/t | Vierkantballen €/t |
|---------------------------|-----------------|--------------------|
| Innofreightcontainer | 2,93 | 2,45 |
| Entladung | 3,99 | 7,77 |
| Förderung RopeCon- System | 9,04 | 10,71 |
| Lagerung | 2,74 | 6,01 |
| Gesamt | 18,7 | 26,94 |

Tabelle 5.14: Gesamtkosten bei Förderung mittels RopeCon- System

| Beschreibung | POS-Pellets €/t | Vierkantballen €/t |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|
| Innofreightcontainer | 2,93 | 2,45 |
| Entladung | 3,99 | 7,77 |
| Förderung Schlauchgurtförderer | 6,29 | 7,25 |
| Lagerung | 2,74 | 6,01 |
| Gesamt | 15,95 | 23,48 |

Tabelle 5.15: Gesamtkosten bei Förderung mittels Schlauchgurtförderer

| Beschreibung | POS-Pellets €/t | Vierkantballen €/t |
|---------------------------------|-----------------|--------------------|
| Innofreightcontainer | 2,93 | 2,45 |
| Entladung | 3,99 | 7,77 |
| Förderung Rail-Running-Conveyor | 9,34 | 9,48 |
| Lagerung | 2,74 | 6,01 |
| Gesamt | 19,00 | 25,71 |

Tabelle 5.16: Gesamtkosten bei Förderung mittels Rail-Running-Conveyor

5.1.2 Szenario 2: Innofreight-Container auf Eisenbahn in Kombination mit Seilbahn

Hierbei wird der Container von dem Zug abgehoben und direkt zur Konversionsanlage transportiert. Erst dort wird der Container geöffnet und entleert. Danach werden die leeren Container wieder zurück transportiert. Zur Lagerung wird hierbei kein Tiefbunker verwendet. Stattdessen werden die Container in der Nähe der Zugentladestelle abgestellt und zwischengelagert. So können kurze Stillstandszeiten des Zuges verwirklicht werden. Die zwischengelagerten Container werden bei Bedarf von der Seilbahn aufgenommen. Die Zuführung des Materials zur Konversionsanlage erfolgt in der Geschwindigkeit, die von der Anlage benötigt wird. Wie auch im Szenario 1 soll hier eine Zwischenentladestelle bei der Lighthouse eingeplant werden. Mit Seilbahnen können nur gerade Streckenführungen realisiert werden. Anders ist das bei Standseilbahnen. Diese verfahren über das gesamte Fördersystem mit Schienen. Dadurch kann eine Kurvenführung der Strecke verwirklicht werden. Wie in Abbildung [5.5](#) ersichtlich, wurden unterschiedliche Streckenführungen geplant. Zum einen ist hier eine Route für eine konventionelle Seilbahn in rot und zum anderen eine Streckenführung für eine Standseilbahn in blau ersichtlich. Beide Routen verlaufen von einer Bahnentladestelle (B) über eine Zwischenentladestelle (C) zur Konversionsanlage (A).



Abbildung 5.5: Förderstrecke 1 konventionelle Seilbahn (rot) und Standseilbahn (blau) [21]

Die Standseilbahn ist laut der Fa. Doppelmayr zwar technisch umsetzbar, jedoch wirtschaftlich nicht zu vertreten. Eine ähnliche Aussage wurde auch von der Fa. Seik, welche als Spezialist für Materialseilbahnen bekannt ist, getätigt. Deshalb wird die Betrachtung der Standseilbahn nicht mehr weiter berücksichtigt. Die Streckenlänge der Standseilbahn (blau) beträgt 1,84 km und die der konventionellen Seilbahn (rot) beträgt 1,75 km. Die Seilbahn wird im Pendelbetrieb operieren. Das bedeutet, dass sich immer nur ein Container auf der Seilbahn befindet. Dieser wird aufgenommen, zur Entladestelle transportiert, dort entleert und dann wieder zurück transportiert. Erst danach wird der nächste Container aufgenommen. Die Seilbahn muss so ausgelegt werden, dass das Kunststoffmaterial dort Just in Time ankommt. Dies ergibt einen Materialstrom von 25 t/h. Bei diesem Materialstrom ergibt sich eine Taktungszeit von 43 min für die Container, die mit POS-Pellets gefüllt sind und 51 min für die Container die mit Vierkantballen gefüllt sind. Die Taktungszeit beschreibt die Aufnahme, den Transport, die Entleerung und den Rücktransport, sowie die Abgabe der Container. Etwa 10 Minuten davon werden für die Aufnahme, die Abgabe auf die Seilbahn und den Entleerprozess angenommen.

5.1.2.1 Entladung/ Beladung Eisenbahn sowie Lagerung der Schüttgutcontainer

Die Entladung der Eisenbahn erfolgt mittels einer Verladebrücke. Dazu werden die Container vom Zug angehoben und auf einer betonierten Fläche parallel zu den Gleisen positioniert. Gleichzeitig wird der Zug mit leeren Containern, die dort bereits gelagert sind beladen. Dies ermöglicht eine schnelle Entladung des Zuges, um seine Stillstandszeiten möglichst gering zu halten. Beim Umsetzen der Container auf die Seilbahn nimmt die Verladebrücke den Container von der betonierten Fläche auf und transportiert diesen zu einer Doppel- Dreh Hebebühne. Diese positioniert den Container in die richtige Richtung und Höhe, sodass dieser von der Seilbahn ideal aufgenommen werden kann. Die Zug Be- und Entladung soll aus einer Fernwarte gesteuert werden. Die Beschickung der Seilbahn kann vollautomatisch geschehen. Laut der Fa. Künze werden für die Be- und Entladung des Zuges 3 bis 4h benötigt [3]. Die Investitionskosten für Portalkran und Spreader, sowie die Kosten für Energie und Wartung können der Tabelle 5.17 entnommen werden. Die Investitionskosten beinhalten das Engineering sowie den Transport und die Inbetriebnahme.

| Beschreibung | Kosten |
|---------------------|---------------|
| Energie und Wartung | 35.000 €/Jahr |
| Investitionskosten | 2.500.000 € |

Tabelle 5.17: Eckdaten Bahnentladung Künze Förderstrecke 1



Abbildung 5.6: Förderstrecke 1 konventionelle Seilbahn Seik [21]

5.1.2.2 Förderung der Container

Die Förderung wird mit einer Seilbahn der Fa. Seik durchgeführt. Die Förderstrecke ist in Abbildung 5.6 ersichtlich. Dabei muss die Danubiastraße, welche öffentlich ist, auch überquert werden. Hierzu müssen die erforderlichen Vorkehrungen wie etwa Überdachungen/ Fangnetze getroffen werden [13]. Die befüllten Container werden von der Doppel-Dreh- Hubeinrichtung mit der Seilbahn gekoppelt. Das Fördersystem transportiert den Container dann direkt zur Konversionsanlage bzw. zur Zwischenentlade-/ Zwischenbeladeeinrichtung bei der Lighthouse. Bei der Entladestation wird der Container gedreht und entleert. Das Kunststoffmaterial gelangt in einen Fallschacht, von dem aus das Material direkt in den Dosierbunker der Konversionsanlage befördert wird. Beim Transport von Ballen wird vor dem Dosierbunker noch ein Schredder zwischengeschaltet, der dafür zuständig ist, die Ballen zu öffnen. Beim Transport von POS-Pellets hat der Innofreight- Container noch einen Deckel, der vor dem Drehen des Containers abgehoben werden muss. Nach der Entladung wird der Container wieder zurück zur Bahn- Entladestation transportiert, wo dieser von der Doppel Dreh Hebebühne an die Verladebrücke übergeben wird. Bei der Zwischenentladestelle erfolgt die Entladung ident zur bereits beschriebenen Entladestelle in einen Fallschacht. Sollen die Container an dieser Stelle auch beladen werden, muss ein spezieller Containeraufzug vorgesehen werden. Von dort aus kann der Container dann z.B. mit einem Gabelstapler zu einer Beladestation transportiert werden. Die Investitionskosten dieser Anlage der Fa. Seik beläuft sich auf 9.500.00 €. Diese beinhalten sämtliche Anlagenkomponenten, Projektentwicklung, Transport, Inbetriebnahme und die Betonarbeiten.

| Beschreibung | POS Pellets/ Flakes |
|--------------------------|---------------------|
| Motorleistung im Betrieb | 50 kW |
| Investitionskosten | 9.500.000 € |

Tabelle 5.18: Eckdaten Seik Materialseilbahn Förderstrecke 1

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|--------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Beladestelle Seilbahn | 48°08'03.42" N | 10 x 5 m |
| | 16°31'37.04" O | |
| Zwischenentlade-/ beladestelle | 48°08'20.21" N | 16 x 5 m |
| | 16°30'59.95" O | |
| Entladestelle | 48°08'35.47" N | 10 x 5 m |
| | 16°30'24.24" O | |

Tabelle 5.19: Auf- und Abgabestelle Seik Förderstrecke 1

Laut der Firma Seik wird es hier zwischen den Kosten und Leistungen beim Transport von Ballen oder Pellets keine großen Unterschiede geben. Daher werden diese in der Tabelle 5.18 gemeinsam betrachtet. In der Tabelle 5.19 sind wiederum die genauen Positionen und Größen der Auf- und Abgabestellen ersichtlich [13].

5.1.2.3 Zusammenfassung und Kosten

Dieses Kapitel stellt die Investitions- und Betriebskosten dar, die jährlich für die Entladung, Förderung, und Lagerung der Kunststofffraktionen anfallen. Dabei wird wiederum zwischen den unterschiedlichen Transportformen unterschieden. Die Berechnung erfolgt wiederum für eine Menge von 200.000 t/Jahr. Am Ende dieses Kapitels sollen die spezifischen Kosten in €/t angegeben werden, um die unterschiedlichen Transportformen gut miteinander vergleichen zu können. Für die Entladung wird ein Portalkran mit Spreader, die Lagerfläche für Container und das Bedienpersonal berücksichtigt. Als Equipment für die Förderung werden die Seilbahn mit Be- und Entladestation, der Dosierbunker und das Überwachungspersonal berücksichtigt. Im Fall von Vierkantballen werden hier auch noch die Kosten des Schredders einbezogen. Für die Miete der Container werden für die Vierkantballen 3,10 €/t und für die der Pellets 3,44 €/t beaufschlagt [22].

5.1.2.3.1 Kosten Entladung und Lagerung der POS-Pellets

Für POS Pellets ist eine Verladebrücke sowie eine 360 m x 10 m große Fläche erforderlich. Jährlich entstehen durch Energie und Wartung für die Verladebrücke Kosten von 35.000 €. Dazu muss zusätzlich noch ein Arbeiter anwesend sein, um die Anlage zu überwachen. Dies erfolgt mittels 5 Arbeitern im 3-Schichtbetrieb. Unter Berücksichtigung der Investitionskosten für den Kran, der Finanzierung, Wartung, Versicherung, der verbrauchten Energie, der Investitionskosten der Lagerfläche für die Container und deren Wartung, Finanzierung und Versicherung ergeben sich gemeinsam mit den Personalkosten Gesamtkosten für die Entladung und Lagerung der POS- Pellets von 3,55 €/t [22].

5.1.2.3.2 Kosten Entladung und Lagerung der folierten Ballen

In diesem Kapitel werden die Kosten exakt gleich berechnet, wie im vorherigen Kapitel. Der einzige Unterschied besteht hier darin, dass durch die folierten Ballen eine kleinere Lagerfläche von 310 m x 10 m für die Container benötigt wird. Am Schluss ergeben sich für die Entladung und Lagerung der folierten Ballen Kosten in Höhe von 3,51 €/t [22].

5.1.2.3.3 Kosten Förderung von Containern mit POS-Pellets mittels Seilbahn

In der Tabelle 5.20 werden die Förderkosten sowie die Kosten für den Dosierbunker, wie auch weitere Kosten für Wartung, Versicherung, Stromkosten, Betriebskosten und Personalkosten aufgelistet. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh. Am Ende ergibt sich für die Förderung der POS Pellets in Containern auf der Seilbahn ein Preis von 10,19 €/t.

| Investitionskosten für Seilbahn | | | | |
|--|----------------------------------|------------------|---------------|--------------|
| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
| Seilbahn | 15 Jahre | - | 9.500.000 € | 3,17 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 4,75 €/t |
| Dosierbunker | 25 Jahre | | 115.000 € | 0,02 €/t |
| Wartung & Co. | - | 6 % | | 0,03 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Strompreis | spez.Kosten |
| Seilbahn | 50 kW | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,55 €/t |
| Schwingrinne Dosierbunker | 4 kW x 0.75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,03 €/t |
| Personalkosten | | | | |
| Anzahl Personal | Stunden pro Jahr und Arbeiter | Kosten je h | | spez. Kosten |
| 5 | 1752 h | 37,50 € | | 1,64 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 10,19 €/t | | |

Tabelle 5.20: Kosten Förderung von Containern mit POS-Pellets Seilbahn

5.1.2.3.4 Kosten Förderung von Containern mit Ballen mittels Seilbahn

In der Tabelle 5.21 werden die Förderkosten sowie auch die Kosten für den Dosierbunker, wie auch weitere Kosten für Wartung, Versicherung, Strom, Betrieb und Personal dargestellt. Zusätzlich wird hier für das Auftrennen von 25 t Material pro Stunde angenommen. Der Schredder wird dabei nur mit einem Drittel der Nennleistung betrieben. Der Strompreis ist mit 0,25 €/kWh berücksichtigt. Am Ende ergibt sich für die Förderung der Vierkantballen in Containern auf der Seilbahn ein Preis von 12,64 €/t.

| Investitionskosten für Seilbahn | | | | |
|--|----------------------------------|------------------|---------------|--------------|
| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
| Seilbahn | 15 Jahre | - | 9.500.000 € | 3,17 €/t |
| Schredder | 7 Jahre | - | 888.000 € | 0,63 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 5,20 €/t |
| Dosierbunker | 25 Jahre | | 115.000 € | 0,02 €/t |
| Wartung & Co. | - | 6 % | | 0,03 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Strompreis | spez.Kosten |
| Seilbahn | 50 kW | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,55 €/t |
| Schredder | (500 kW /3) x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 1,37 €/t |
| Schwingrinne Dosierbunker | 4 kW x 0.75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,03 €/t |
| Personalkosten | | | | |
| Anzahl Personal | Stunden pro Jahr und Arbeiter | Kosten je h | | spez. Kosten |
| 5 | 1752 h | 37,50 € | | 1,64 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 12,64 €/t | | |

Tabelle 5.21: Kosten Förderung von Containern mit Ballen mittels Seilbahn

5.1.2.3.5 Summe der Kosten für die Entladung, Förderung und Lagerung mittels Seilbahn Förderstrecke 1, Szenario 2

In Tabelle 5.22 ist eine Übersicht der Kosten für die Containermiete, die Entladung und Lagerung, sowie die Förderung mittels Seilbahn abhängig von der jeweiligen Transportform des Materials aufgelistet.

| Beschreibung | POS-Pellets €/t | Vierkantballen €/t |
|----------------------|-----------------|--------------------|
| Innofreightcontainer | 3,66 | 3,10 |
| Entladung & Lagerung | 3,55 | 3,51 |
| Förderung Seilbahn | 10,19 | 12,64 |
| Gesamt | 17,40 | 19,25 |

Tabelle 5.22: Gesamtkosten bei Förderung mittels Seilbahn

5.2 Betrachtung der Förderstrecke 2: Logistikzentrum Hainburgerstraße



Abbildung 5.7: Förderstrecke 2 Logistikzentrum (D) [21]

In diesem Abschnitt wird die Förderung von Ballen und POS-Pellets vom Logistikzentrum (D) zur Konversionsanlage (A) betrachtet. Wie in Abbildung 5.7 ersichtlich, wird an der Hainburgerstraße bereits ein Logistikzentrum geplant. Das Logistikzentrum wird nur per LKW beliefert. Eine Anlieferung des Materials per Eisenbahn ist hierbei nicht möglich. An dieser weitläufigen Stelle bietet es sich an, das Material direkt beim Logistikzentrum zwischenzulagern und der Konversionsanlage bzw. dem Dosierbunker direkt zuzuführen. Der große Unterschied zwischen der Anlieferung per Bahn und der Anlieferung per LKW liegt darin, dass die Anlieferung per LKW nur Montag bis Freitags von 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr erfolgen darf. Zum Ausgleich von Wochenenden und Feiertagen muss Kunststoffmaterial für 5 Tage gespeichert werden können. Im folgenden werden 3 Szenarien dargestellt, die die unterschiedlichen Förder-/ Lagermethoden beschreiben.

5.2.1 Szenario 1: Innofreight-Container auf LKW in Kombination mit Seilbahn

Dieses Szenario ist sehr ähnlich zu dem aus Kapitel 5.1.2, mit dem Unterschied, dass hier nicht mit der Bahn sondern mit dem LKW angeliefert wird. Die Förderung findet wieder mit einer Materialseilbahn statt. Da die LKW-Anlieferung nur an Werktagen stattfinden kann, muss ein Puffer eingeplant werden, um Wochenenden und Feiertage zu überbrücken. Bei der Ankunft der Innofreight- Container werden diese mittels Portalkran vom Lkw abgehoben und an die Seilbahn übergeben. Alternativ kann der Container auch beim Logistikzentrum zwischengelagert werden. Die Aufnahme und Abgabe der Container erfolgt ident zu der in Kapitel 5.1.2. Der in Abbildung 5.7 eingezeichnete Abstand zwischen dem Logistikzentrum (D) und der Konversionsanlage (A) beläuft sich auf ca. 1300 m.

5.2.1.1 Entladung/ Beladung LKW, sowie Lagerung der Schüttgüter

Die Entladung der LKW erfolgt mit einer Verladebrücke. Am Logistikzentrum muss die Möglichkeit bestehen, ein Lagervolumen für einen Betrieb von mindestens 5 Tagen speichern zu können, da die Anlieferung per LKW nur an Wochentagen erfolgen kann. Außerdem müssen auch die Leercontainer dort aufbewahrt werden können, nachdem diese von der Seilbahn wieder zurückkommen. Für die Lagerung gibt es passende Konzepte der Firma Kronecranes die mit 2 Portalkranen funktionieren. Dabei muss besonders auf die brandschutztechnischen Richtlinien geachtet werden. Bei diesem Lagersystem gibt es kaum Unterscheidungen in Bezug auf das zu transportierende Material. Die Kosten und Leistungen für ein solches Lagersystem können der Tabelle 5.23 entnommen werden [11]. Zur Aufnahme der Container auf die Seilbahn wird hier wieder eine Doppel-Dreh-Hebebühne verwendet, wie bereits in Kapitel 5.1.2.1 beschrieben wurde.

| Beschreibung | POS Pellets/ Flakes |
|--------------------------|---------------------|
| Motorleistung im Betrieb | 2x130 kW |
| Investitionskosten | 3.000.000 € |

Tabelle 5.23: Eckdaten Lagersystem Kronecranes Förderstrecke 2

5.2.1.2 Förderung der Container

Die Förderung sowie die Auf- und Abgabe der Container erfolgt ident zu der aus Kapitel 5.1.2. Dieses Szenario unterscheidet sich lediglich darin, dass es keine Zwischenentladestation gibt. Außerdem unterscheidet sich die Länge der Strecke, sowie die Streckenführung. Bei der Streckenführung muss darauf geachtet werden, dass der vorgeschriebene Mindestabstand zu Anlagen und Gebäuden und der Eisenbahntrasse eingehalten wird. Nach der Überquerung der Eisenbahn muss die Strecke präzise zwischen den Tanks durchgeführt werden, die in Abbildung 5.8 in weiß erkennbar sind. Im Logistikzentrum findet die Entladung der LKW, die Lagerung der Schüttgutcontainer sowie die Beladung der Seilbahn statt. Die Investitionskosten und Leistungen für diese Förderstrecke sind in Tabelle 5.24 ersichtlich. Diese beinhalten bereits sämtliche Anlagenkomponenten, Betonarbeiten für Stützen und Be-/ Entladestelle, Projektanwicklung, sowie den Transport und die Inbetriebnahme. Hier wird wiederum keine Unterscheidung zwischen dem Transport von POS-Ballen und

| Beschreibung | POS Pellets/ Flakes |
|--------------------------|---------------------|
| Motorleistung im Betrieb | 40 kW |
| Investitionskosten | 7.900.000 € |

Tabelle 5.24: Eckdaten Materialseilbahn Seik Förderstrecke 2



Abbildung 5.8: Förderstrecke 2 - Streckenführung Seilbahn Seik [21]

POS-Flakes gemacht. Für die Durchführung des Projekts werden etwa 18 Monate anbe-
raunt [13]. Die genauen Positionen und der Platzbedarf für Be-/ Entladestellen können
der Tabelle 5.25 entnommen werden.

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|-----------------------|--------------------|---------------------------|
| Beladestelle Seilbahn | 48°07'56.39" N | 10 x 5 m |
| | 16°31'01.73.04" O | |
| Entladestelle | 48°08'35.47" N | 10 x 5 m |
| | 16°30'24.24" O | |

Tabelle 5.25: Auf- und Abgabestelle Seik Förderstrecke 2

5.2.1.3 Zusammenfassung und Kosten

Dieses Kapitel stellt die Investitions- und Betriebskosten dar, die jährlich für die Entla-
dung, Förderung, und Lagerung der Kunststofffraktionen anfallen. Dabei wird wiederum
zwischen den unterschiedlichen Transportformen unterschieden. Die Berechnung erfolgt
wiederum für eine Menge von 200.000t/Jahr. Am Ende dieses Kapitels sollen die spezifi-
schen Kosten in €/t angegeben werden, um die unterschiedlichen Transportformen gut
miteinander vergleichen zu können. Für die Entladung wird ein Portalkran mit Spreader,
die Lagerfläche für Container und das Bedienpersonal berücksichtigt. Als Equipment für
die Förderung werden die Seilbahn mit Be- und Entladestation, der Dosierbunker und
das Überwachungspersonal berücksichtigt. Im Fall von Vierkantballen werden hier auch
noch die Kosten des Schredders einbezogen. Für die Miete der Container werden für die
Vierkantballen 2,20 €/t und für die der Pellets 2,64 €/t beaufschlagt [22].

5.2.1.3.1 Kosten für Entladung und Lagerung der Schüttgutcontainer

Unabhängig davon, in welcher Transportform das Material angeliefert wird, sind in beiden
Fällen zwei Portalkrane notwendig. Außerdem ist eine 150m x 30m große Fläche erfor-
derlich. Jährlich entstehen Stromkosten der Krane in Höhe von 97.500 €. Dazu müssen

zusätzlich noch zwei Arbeiter anwesend sein, um die Anlage zu überwachen. Unter Berücksichtigung der Investitionskosten für die Krane, deren Finanzierung, Wartung, Versicherung, der Investitionskosten der Lagerfläche für die Container und der dazugehörigen Wartung, Finanzierung und Versicherung ergeben sich gemeinsam mit den Personalkosten Gesamtkosten für die Entladung und Lagerung des Materials von 6,54 €/t [22].

5.2.1.3.2 Kosten Förderung von Containern mit POS-Pellets mittels Seilbahn

In der Tabelle 5.26 werden die Förderkosten sowie die Kosten für den Dosierbunker,

| Investitionskosten für Seilbahn | | | | |
|--|--------------|-----------------|---------------|--------------|
| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
| Seilbahn | 15 Jahre | - | 7.900.000 € | 2,63 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 3,95 €/t |
| Dosierbunker | 25 Jahre | | 115.000 € | 0,02 €/t |
| Wartung & Co. | - | 6 % | | 0,03 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Stromkosten | spez.Kosten |
| Seilbahn | 40 kW | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,44 €/t |
| Schwingrinne Dosierbunker | 4 kW x 0.75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,03 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 7,10 €/t | | |

Tabelle 5.26: Kosten Förderung von Containern mit POS-Pellets Seilbahn

wie auch weitere Kosten für Wartung, Versicherung, Strom und Betrieb dargestellt. Die Personalkosten wurden bereits bei der Entladung berücksichtigt. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh. Am Ende ergibt sich für die Förderung der POS Pellets in Containern auf der Seilbahn ein Preis von 7,10 €/t.

5.2.1.3.3 Kosten Förderung von Containern mit Ballen mittels Seilbahn

In der Tabelle 5.27 werden die Förderkosten sowie die Kosten für den Dosierbunker, wie auch weitere Kosten für Wartung, Versicherung, Strom und Betrieb dargestellt. Personalkosten wurden bereits bei der Entladung berücksichtigt. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh. Am Ende ergibt sich für die Förderung der POS Pellets in Containern auf der Seilbahn ein Preis von 9,54 €/t.

Investitionskosten für Seilbahn

| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
|------------------------------|--------------------|-----------------|---------------|--------------|
| Seilbahn | 15 Jahre | - | 7.900.000 € | 2,63 €/t |
| Schredder | 7 Jahre | - | 888.000 € | 0,63 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 4,39 €/t |
| Dosierbunker | 25 Jahre | - | 115.000 € | 0,02 €/t |
| Wartung & Co. | - | 6 % | - | 0,03 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Strompreis | spez.Kosten |
| Seilbahn | 40 kW | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,44 €/t |
| Schredder | (500 kW /3) x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 1,37 €/t |
| Schwingrinne Dosierbunker | 4 kW x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,03 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 9,54 €/t | | |

Tabelle 5.27: Kosten Förderung von Containern mit Ballen mittels Seilbahn

5.2.1.3.4 Summe der Kosten für die Entladung, Förderung und Lagerung Förderstrecke 2, Szenario 1

In Tabelle 5.28 ist eine Übersicht der Kosten für die Containermiete, die Entladung und Lagerung, sowie die Förderung mittels Seilbahn abhängig von der jeweiligen Transportform des Materials aufgelistet.

| Beschreibung | POS-Pellets €/t | Vierkantballen €/t |
|----------------------|-----------------|--------------------|
| Innofreightcontainer | 2,64 | 2,20 |
| Entladung & Lagerung | 6,54 | 6,54 |
| Förderung Seilbahn | 7,10 | 9,54 |
| Gesamt | 16,25 | 18,28 |

Tabelle 5.28: Gesamtkosten Förderung mittels Seilbahn

5.2.2 Szenario 2: Ballenlager in Kombination mit Gurtförderer

Bei diesem Szenario wird nur die Anlieferung von folierten Vierkantballen in das Logistikzentrum und der Weitertransport zur ReOil-Anlage betrachtet. Pro LKW werden 23 dieser Ballen angeliefert.

5.2.2.1 Entladung LKW sowie Lagerung der Vierkantballen

Die Entladung erfolgt mit Hilfe von Gabelstaplern mit einer Ballenklammer. Die Gabelstapler sorgen sowohl dafür, dass die Ballen im Lager gespeichert werden, als auch dass der Schredder und somit das Fördersystem dementsprechend beschickt werden kann. Der Massenstrom des Förderers ist mit 25 t/h ident zu dem der Konversionsanlage. Der Schredder dient dazu, die Ballen und deren Folien zu zerkleinern, da nur Schüttgut auf dem Fördersystem transportiert werden kann. Wie bereits in Kapitel 5.2.1 erwähnt, kann per LKW nur Wochentags angeliefert werden. Dementsprechend muss ein Vorrat für 5 Tage im Lager vorgelagert werden, um einen reibungslosen Betrieb der Konversionsanlage zu garantieren.

5.2.2.2 Förderung der Kunststofffraktionen

Es werden hierbei mehrere Fördersysteme für den Transport vom Logistikzentrum zum Dosierbunker der Konversionsanlage betrachtet. Dabei muss eine Förderleistung von 25 t/h

gewährleistet werden. Die aufgetrennten Ballen haben eine Schüttdichte von 50 kg/m^3 und damit ergibt sich ein Volumenstrom von $500 \text{ m}^3/\text{h}$.

5.2.2.2.1 Förderung der Kunststofffraktionen mittels RopeCon- System

Die Aufgabe auf das System erfolgt direkt vom Schredder, welcher für ein Auftrennen der Vierkantballen sorgt. Die entstandenen POS-Flakes werden am Ende der Strecke in einen Dosierbunker in unmittelbarer Nähe der Konversionsanlage wieder vom Fördersystem abgegeben. Der gewählte Verlauf der Förderstrecke mit der Aufgabe-/ Abgabestelle ist in Abbildung 5.9 ersichtlich und entspricht im Wesentlichen jenem aus dem vorherigen Seilbahn-Szenario des Kapitels 5.2.1.2. Die Förderstrecke beträgt 1300 m. Das RopeCon-

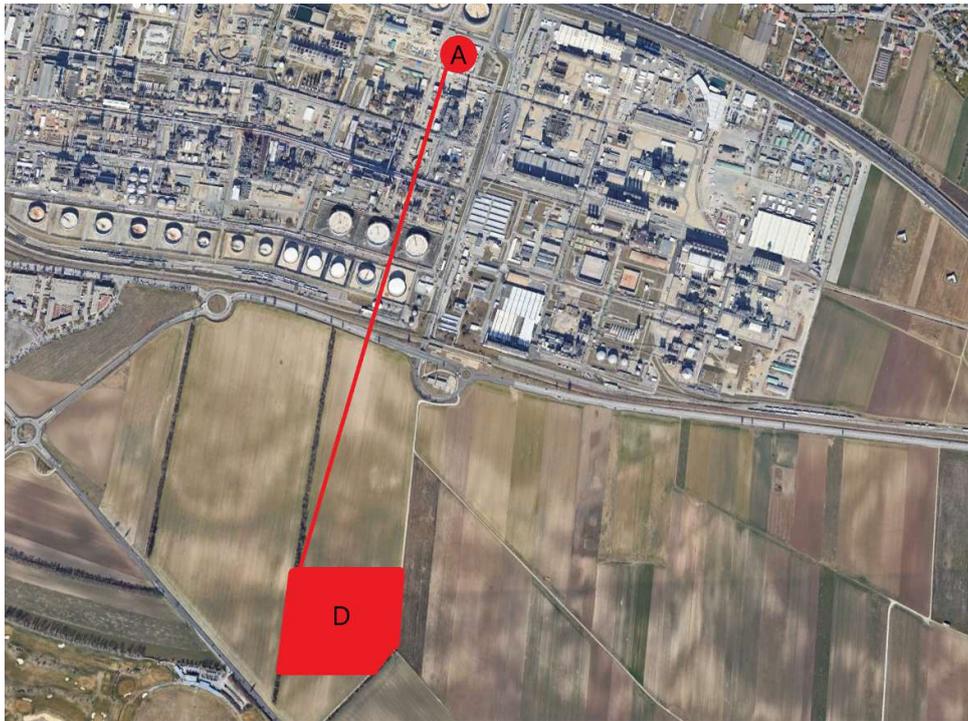


Abbildung 5.9: Förderstrecke 2 - Streckenführung Ropecon Doppelmayr [21]

System besitzt laut der Firma Doppelmayr für diese Förderstrecke eine Motorleistung und Investitionskosten gemäß der Tabelle 5.29. Die Investitionskosten beinhalten die elektrome-

| Beschreibung | Vierkantballen bzw. POS-Flakes |
|--------------------------|--------------------------------|
| Motorleistung im Betrieb | 22 kW |
| Investitionskosten | 8.150.000 € |

Tabelle 5.29: Eckdaten RopeCon Doppelmayr Förderstrecke 2

chanische Ausrüstung, das Engineering und die Montage inkl. Inbetriebnahme. Nicht enthalten sind topographische Vermessungsarbeiten, Erdarbeiten, Fundamentarbeiten und der Versand [19]. Um die Kosten für diese Arbeiten auch entsprechend berücksichtigen zu können, werden diese mit 5 % der Anlageninvestition angenommen [13]. Für die Durchführung des Projektes schätzt das Unternehmen eine Zeit von etwa 18 Monaten vom Projektstart bis zur Inbetriebnahme [8]. Der Platzbedarf sowie der Standort der Entlade-/ Beladestelle wurde gemäß der Tabelle 5.30 angenommen.

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|----------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Beladestelle Ropecon | 48°07'56.39" N 16°30'01.73" O | 10 x 15 m |
| Entladestelle | 48°08'35.47" N 16°30'24.24" O | 10 x 15 m |

Tabelle 5.30: Auf- und Abgabestelle RopeCon Doppelmayr Förderstrecke 2

5.2.2.2.2 Förderung der Kunststofffraktionen mittels Schlauchgurtförderer

Die Aufgabe erfolgt direkt vom Schredder. Das Fördersystem verläuft bis zur Straße in Bodennähe. Ab der Straße wird die Förderstrecke auf Stützen gefahren um die Straße, die Eisenbahnlinie sowie die Straßen und Anlagen innerhalb des Betriebsgeländes zu überwinden. Dabei muss eine Durchfahrthöhe von 5 m gewährleistet sein. Die Strecke kann nicht gerade ausgeführt werden. Diese läuft entlang der Straße im Betriebsgelände und biegt am Ende nach links ab. Wie in Abbildung 5.10 ersichtlich, endet die Förderstrecke direkt im Dosierbunker vor der Konversionsanlage. Die Streckenlänge beläuft sich hierbei auf ca.



Abbildung 5.10: Förderstrecke 2 - Streckenführung Schlauchgurtförderer Beumer [21]

1400 m. Diese Ausführung hat einen Meterpreis von 3095 €. Daraus ergeben sich laut dem Angebot der Firma Beumer die in Tabelle 5.31 eingetragenen Investitionskosten und die Motorleistung für den Betrieb des Schlauchgurtförderers [1]. Im Preis inbegriffen sind

| | |
|--------------------------|--------------------------------|
| Beschreibung | Vierkantballen bzw. POS-Flakes |
| Motorleistung im Betrieb | 140 kW |
| Investitionskosten | 4.333.000 € |

Tabelle 5.31: Eckdaten Schlauchgurtförderer Beumer Förderstrecke 2

Engineering, Projektleitung, Dokumentation, Qualitätssicherung, Lieferung mechanischer Bauteile und die Lieferung der Stahlkonstruktion. Im Investitionspreis nicht inbegriffen sind Baugrunduntersuchungen, Genehmigungen, Aushub & Betonarbeiten, Montage, etc. Diese Kosten werden mit 20 % der Investitionskosten angenommen. Der Platzbedarf sowie

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Beladestelle Schlauchgurtförderer | 48°07'56.39" N 16°30'01.73" O | 5 x 10 m |
| Entladestelle | 48° 8'35.47-N 16°30'24.24-O | 5 x 10 m |

Tabelle 5.32: Auf- und Abgabestelle Schlauchgurtförderer Beumer Förderstrecke 2

der Standort der jeweiligen Entlade-/ Beladestellen wurde, unabhängig von der Transportform, gemäß der Tabelle 5.32 angenommen. Dieser ergibt sich durch den Platzbedarf der Muldungszone. Außerdem müssen links und rechts neben dem Fördergurt noch Laufstege angebracht werden.

5.2.2.2.3 Förderung der Kunststofffraktionen mittels Rail-Running- Conveyor

Die Streckenführung des Rail-Running Conveyors ist ident zu der des Schlauchgurtförderers und somit auch die Auf- und Abgabestellen, siehe Abbildung 5.11. Der Großteil der Strecke ist wieder auf Stützen geführt, da Straßen und Anlagen überwunden werden müssen. Die Länge der Strecke beläuft sich auf 1400 m und der Preis für großteils geständerte Strecken beträgt etwa 3500 €/m [4]. Die Abgabe des Förderguts erfolgt direkt in den Dosierbunker vor der Konversionsanlage. Folgende Investitionskosten sowie die Motorleistung wurden von der Firma Thyssenkrupp ermittelt und sind in Tabelle 5.33 ersichtlich [4]. Im Preis inbegriffen sind Engineering, Projektleitung, Dokumentation, Qualitätssicherung, Lieferung mechanischer Bauteile und die Lieferung der Stahlkonstruktion. Im Investitionspreis nicht inbegriffen sind Baugrunduntersuchungen, Genehmigungen, Aushub & Betonarbeiten, Montage, etc. Diese Kosten werden 20 % der Investitionskosten angenommen. Der Platzbedarf sowie der Standort der jeweiligen Entlade-/ beladestellen wurde, unabhängig von der Transportform, gemäß der Tabelle 5.34 angenommen.

| | |
|--------------------------|--------------------------------|
| Beschreibung | Vierkantballen bzw. POS-Flakes |
| Motorleistung im Betrieb | 52 kW |
| Investitionskosten | 4.760.000 € |

Tabelle 5.33: Eckdaten Railrunning- Conveyor Thyssenkrupp Förderstrecke 2 [4]

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Beladestelle Railrunningconveyor | 48°07'56.39" N 16°30'01.73" O | 25 x 50 m |
| Entladestelle | 48° 8'35.47-N 16°30'24.24-O | 25 x 50 m |

Tabelle 5.34: Auf- und Abgabestelle Railrunning Conveyor Thyssenkrupp Förderstrecke 2

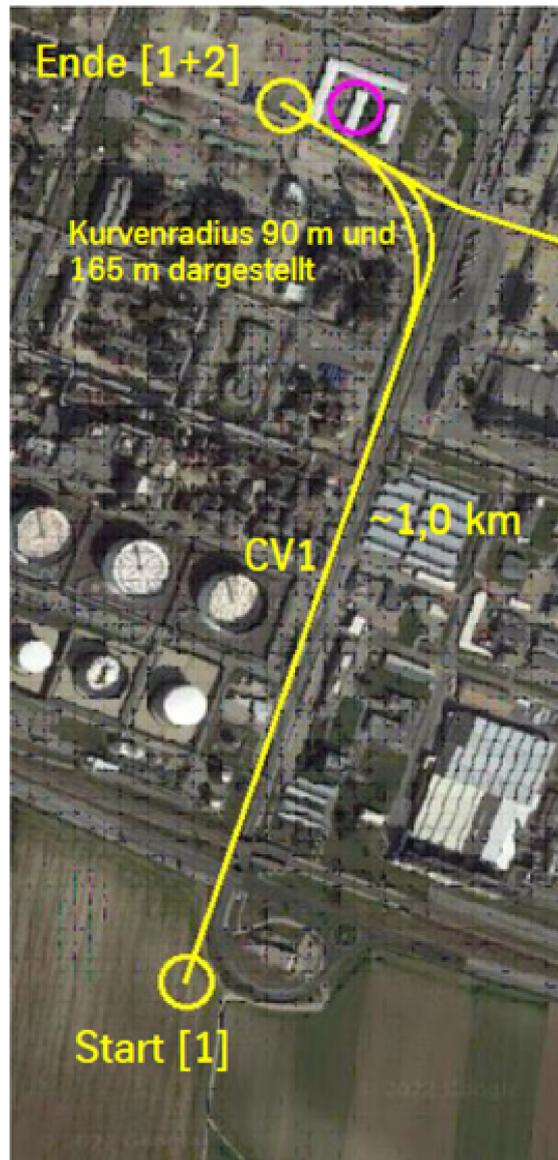


Abbildung 5.11: Routenführung Rail- Running- Conveyor Förderstrecke 2 [4]

5.2.2.3 Zusammenfassung und Kosten

Dieses Kapitel stellt die Investitions- und Betriebskosten dar, die jährlich für die Entladung, Förderung, und Lagerung der Kunststofffraktionen anfallen. Dabei wird wiederum zwischen den unterschiedlichen Transportformen unterschieden. Die Berechnung erfolgt wiederum für eine Menge von 200.000 t/Jahr. Am Ende dieses Kapitels werden die spezifischen Kosten in €/t angegeben, um die unterschiedlichen Transportformen gut miteinander vergleichen zu können. Für die Entladung wird eine Lagerfläche und ein Schredder mit Halle sowie ein Hubstapler mit Ballenklammer und zugehöriges Bedienpersonal benötigt. Für die Förderung ist ein passendes Fördersystem und optional auch Übergabestellen erforderlich. Weiters wird ein Dosierbunker und Überwachungspersonal benötigt.

5.2.2.3.1 Kosten für Entladung und Lagerung der Vierkantballen

Für die Entladung werden drei Hubstapler mit Ballenklammer und dazugehöriges Personal benötigt. Zusätzlich wird eine 40 m x 80 m große Lagerfläche benötigt. Außerdem muss ein Schredder angeschafft werden, um die Ballen vor der Aufgabe auf das Fördersystem zu öffnen. Die Kalkulation berücksichtigt die Investitionskosten für Schredder und Stapler,

deren Wartung, Versicherung und Finanzierung, sowie die Ballenlagerfläche, die Halle für den Schredder und die Wartung, Finanzierung und Versicherung dieser Bauwerke. Weiters werden die Energiekosten für die 3 Stapler und den Schredder sowie die Mitarbeiterkosten berücksichtigt. Alles zusammen ergibt 6,82 €/t [22].

5.2.2.3.2 Kosten Förderung mittels RopeCon System

In der Tabelle 5.35 werden die Förderkosten sowie die Kosten für den Dosierbunker, wie auch weitere Kosten für Wartung, Versicherung, Stromkosten und Betriebskosten dargestellt. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh. Am Ende ergibt sich für die Förderung der POS Flakes mittels RopeCon-System ein Preis von 9,04 €/t.

| Investitionskosten RopeCon System | | | | |
|--|------------------|-----------------|---------------|--------------|
| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
| RopeCon | 15 Jahre | - | 8.150.000 € | 2,72 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 5 % | 407.500 € | 0,14 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 4,28 €/t |
| Dosierbunker | 25 Jahre | - | 115.000 € | 0,02 €/t |
| Wartung & Co. | - | 6 % | | 0,03 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Stromkosten | spez.Kosten |
| RopeCon | 22 kW x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,18 €/t |
| Schwingrinne Dosierbunker | 4 kW x 0.75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,03 €/t |
| Personalkosten | | | | |
| Anzahl Personal | Stunden pro Jahr | Kosten je h | | spez.Kosten |
| 5 | 1.752 | 37,50 € | | 1,64 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 9,04 €/t | | |

Tabelle 5.35: Kosten Förderung mittels RopeCon System

5.2.2.3.3 Kosten Förderung mittels Schlauchgurtförderer

In der Tabelle 5.36 werden die Förderkosten sowie die Kosten für den Dosierbunker, wie auch weitere Kosten für Wartung, Versicherung, Stromkosten und Betriebskosten dargestellt. Zusätzlich gibt es Fundamentierungs- und Montagekosten, die in den Investitionskosten nicht enthalten sind. Diese werden mit 20 % beaufschlagt. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh. Am Ende ergibt sich für die Förderung der POS Flakes mittels RopeCon-System ein Preis von 7,20 €/t.

Investitionskosten Schlauchgurtförderer

| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
|------------------------------|------------------|-----------------|---------------|--------------|
| Schlauchgurtf. | 15 Jahre | - | 4.333.000 € | 1,44 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 866.600 € | 0,29 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 2,60 €/t |
| Dosierbunker | 25 Jahre | - | 115.000 € | 0,02 €/t |
| Wartung & Co. | - | 6 % | | 0,03 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Stromkosten | spez.Kosten |
| Schlauchgurtf. | 140 kW x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 1,15 €/t |
| Schwingrinne Dosierbunker | 4 kW x 0.75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,03 €/t |
| Personalkosten | | | | |
| Anzahl Personal | Stunden pro Jahr | Kosten je h | | spez.Kosten |
| 5 | 1.752 | 37,50 € | | 1,64 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 7,20 €/t | | |

Tabelle 5.36: Kosten Förderung mittels Schlauchgurtförderer

5.2.2.3.4 Kosten Förderung Rail Running Conveyor

Die Berechnung erfolgt in Tabelle 5.37 genau gleich wie die des Schlauchgurtförderers, nur mit angepassten Werten und ergibt somit 6,92 €/t für den Transport der POS-Flakes mittels Rail Running Conveyor. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh.

Investitionskosten Rail Running Conveyor

| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
|------------------------------|------------------|-----------------|---------------|--------------|
| Rail Running Con. | 15 Jahre | - | 4.760.000 € | 1,59 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 952.000 € | 0,32 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 2,86 €/t |
| Dosierbunker | 25 Jahre | - | 115.000 € | 0,02 €/t |
| Wartung & Co. | - | 6 % | | 0,03 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Stromkosten | spez.Kosten |
| Rail Running Con. | 52 kW x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,43 €/t |
| Schwingrinne Dosierbunker | 4 kW x 0.75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,03 €/t |
| Personalkosten | | | | |
| Anzahl Personal | Stunden pro Jahr | Kosten je h | | spez.Kosten |
| 5 | 1.752 | 37,50 € | | 1,64 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 6,92 €/t | | |

Tabelle 5.37: Kosten Förderung mittels Railrunning Conveyor

5.2.2.3.5 Summe der Kosten für die Entladung, Förderung und Lagerung Förderstrecke 2, Szenario 2

In den Tabellen 5.38, 5.39, 5.40 sind Übersichten der Kosten für die Entladung und Lagerung, sowie die Förderung von POS Flakes mittels unterschiedlicher Fördersysteme aufgelistet.

| Beschreibung | POS-Flakes €/t |
|----------------------|----------------|
| Entladung & Lagerung | 6,82 |
| Förderung RopeCon | 9,04 |
| Gesamt | 15,86 |

Tabelle 5.38: Gesamtkosten Förderstrecke 2, Szenario 2, RopeCon

| Beschreibung | POS-Flakes €/t |
|--------------------------------|----------------|
| Entladung & Lagerung | 6,82 |
| Förderung Schlauchgurtförderer | 7,20 |
| Gesamt | 14,02 |

Tabelle 5.39: Gesamtkosten Förderstrecke 2, Szenario 2, Schlauchgurtförderer

| Beschreibung | POS-Flakes €/t |
|---------------------------------|----------------|
| Entladung & Lagerung | 6,82 |
| Förderung Rail Running Conveyor | 6,92 |
| Gesamt | 13,74 |

Tabelle 5.40: Gesamtkosten Förderstrecke 2, Szenario 2, Rail Running Conveyor

5.2.3 Szenario 3: Schüttgutlager in Kombination mit Gurtförderer

Dieses Szenario betrachtet rein die Anlieferung von POS-Pellets mit dem LKW. Dies wird mit sogenannten Schubboden LKW durchgeführt. Ein LKW kann somit 25 t Kunststoffmaterial auf einmal anliefern. Außerdem wird der Weitertransport mit verschiedenen Fördermitteln betrachtet.

5.2.3.1 Entladung LKW sowie Lagerung der POS- Pellets

Bei Ankunft des LKW's entlädt dieser das Kunststoffmaterial mittels seines Schubbodens in ein oder mehrere Silos. Von dort aus kann das Kunststoffmaterial bei Bedarf dem Fördersystem zugeführt werden, welches das Material weiter zum Dosierbunker der Konversionsanlage transportiert. Bei dieser Art von Entladung ist die Automation sehr hoch, da in diesem Fall keine zusätzlichen Geräte wie etwa ein Stapler und Personal benötigt werden. Wie bereits beschrieben werden ausreichend große Silos benötigt, um Feiertage und Wochenenden überbrücken zu können. Über die Vorlagezeit von 5 Tagen ergibt sich mit der Schüttdichte der Pellets mit 480 kg/m^3 ein Volumen des Silos von 6300 m^3 . Die sich daraus ergebenden Kosten sind in Tabelle 5.41 dargestellt. Der gesamte Platzbedarf für die insgesamt 6 Silos wird mit folgenden Abmessungen angegeben: $(L \times B \times H) = 30 \text{ m} \times 30 \text{ m} \times 22 \text{ m}$

| Beschreibung | POS-Flakes |
|---|-------------|
| Anschlussleistung für Fördersysteme im Bunker | 81 kW |
| Investitionskosten | 3.100.000 € |

Tabelle 5.41: Eckdaten Bunker NKF-Fördertechnik Förderstrecke 2

5.2.3.2 Förderung der Kunststofffraktionen

Die untersuchten Fördersysteme sowie die dazugehörigen Streckenverläufe sind ident zu jenen im vorherigen Kapitel. Der einzige Unterschied besteht darin, dass im Rahmen dieses Szenarios keine POS-Flakes sondern POS-Pellets gefördert werden. Bei einem notwendigen

Massenstrom von 25 t/h verringert sich somit der dazugehörige Volumenstrom aufgrund der Schüttdichte der Pellets (480 kg/m^3) auf etwa $50 \text{ m}^3/\text{h}$.

5.2.3.2.1 Förderung der Kunststofffraktionen mittels RopeCon- System

Alle Informationen sowie auch die Streckenführung zu dieser Förderung sind ident zu denen aus Kapitel 5.2.2.2.1. In der Tabelle 5.42 sind die zugehörigen Eckdaten für den Transport von POS-Pellets mittels des RopeCon- Systems der Fa. Doppelmayr und in Tabelle 5.43 die Informationen zu den Be- und Entladestellen aufgelistet. Die Investitionskosten bein-

| Beschreibung | POS-Flakes |
|--------------------------|-------------|
| Motorleistung im Betrieb | 10 kW |
| Investitionskosten | 7.370.000 € |

Tabelle 5.42: Eckdaten RopeCon- System Doppelmayr Förderstrecke 2

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|----------------------|--------------------|---------------------------|
| Beladestelle Ropecon | 48°07'56.39" N | 10 x 15 m |
| | 16°30'01.73" O | |
| Entladestelle | 48° 8'35.47-N | 10 x 15 m |
| | 16°30'24.24-O | |

Tabelle 5.43: Auf- und Abgabestelle RopeCon Doppelmayr Förderstrecke 2

halten auch hier die elektromechanische Ausrüstung, das Engineering und die Montage inkl. Inbetriebnahme. Nicht enthalten sind topographische Vermessungsarbeiten, Erdarbeiten, Fundamentarbeiten und der Versand [8]. Um die Kosten für diese Arbeiten auch entsprechend berücksichtigen zu können, werden diese mit 5 % der Anlageninvestition angenommen [13]. Für die Durchführung des Projektes schätzt das Unternehmen eine Zeit von etwa 18 Monaten vom Projektstart bis zur Inbetriebnahme [8].

5.2.3.2.2 Förderung der Kunststofffraktionen mittels Schlauchgurtförderer

Sämtliche Informationen zu Positionen und Streckenverlauf können dem vorherigen Szenario entnommen werden und sind ident zu diesem. Die Leistungen und Investitionskosten für dieses Szenario sind in Tabelle 5.44 ersichtlich. Für die nicht im Preis inbegriffenen Kosten

| Beschreibung | POS-Flakes |
|--------------------------|-------------|
| Motorleistung im Betrieb | 68 kW |
| Investitionskosten | 3.407.600 € |

Tabelle 5.44: Eckdaten Schlauchgurtförderer Beumer Förderstrecke 2

für Montage, Betonarbeiten, etc. der Fundamente werden diese mit 20 % der Investitionskosten angenommen. Der Platzbedarf sowie der Standort der jeweiligen Entlade-/ Beladestellen wurde, unabhängig von der Transportform, gemäß der Tabelle 5.45 angenommen.

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|-----------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Beladestelle Schlauchgurtförderer | 48°07'56.39" N | 5 x 10 m |
| | 16°30'01.73" O | |
| Entladestelle | 48° 8'35.47-N | 5 x 10 m |
| | 16°30'24.24-O | |

Tabelle 5.45: Auf- und Abgabestelle Schlauchgurtförderer Beumer Förderstrecke 2

5.2.3.2.3 Förderung der Kunststofffraktionen mittels Railrunningconveyor

Sämtliche Informationen zu Positionen und Streckenverlauf können ebenfalls dem vorherigen Szenario entnommen werden und sind ident zu diesem. Die Leistungen und Investitionskosten für dieses Szenario sind in Tabelle 5.46 ersichtlich. Für die ebenfalls nicht im

| Beschreibung | POS-Flakes |
|--------------------------|-------------|
| Motorleistung im Betrieb | 75 kW |
| Investitionskosten | 4.760.000 € |

Tabelle 5.46: Eckdaten Rail-Running- Conveyor Thyssenkrupp Förderstrecke 2

Preis inbegriffenen Kosten für Montage, Betonarbeiten der Fundamente, etc. werden auch diese mit 20 % der Investitionskosten angenommen. Der Platzbedarf sowie der Standort der jeweiligen Entlade-/ Beladestellen wurde, unabhängig von der Transportform, gemäß der Tabelle 5.47 angenommen.

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Beladestelle Rail-Running-Conveyor | 48°07'56.39" N 16°30'01.73" O | 25 x 50 m |
| Entladestelle | 48° 8'35.47-N 16°30'24.24-O | 25 x 50 m |

Tabelle 5.47: Auf- und Abgabestelle Rail-Running-Conveyor Thyssenkrupp F2

5.2.3.3 Zusammenfassung und Kosten

Dieses Kapitel stellt die Investitions- und Betriebskosten dar, die jährlich für die Entladung, Förderung, und Lagerung der Kunststofffraktionen anfallen. Dabei wird wiederum zwischen den unterschiedlichen Transportformen unterschieden. Die Berechnung erfolgt wiederum für eine Menge von 200.000 t/Jahr. Am Ende dieses Kapitels werden die spezifischen Kosten in €/t angegeben, um die unterschiedlichen Transportformen gut miteinander vergleichen zu können. Für die Entladung werden Lagersilos mit Schwingrinnen und Becherwerken sowie zugehöriges Überwachungspersonal benötigt. Für die Förderung werden ein passendes Fördersystem und optional auch Übergabestellen benötigt. Weiters wird ein Dosierbunker und Überwachungspersonal benötigt.

5.2.3.3.1 Kosten für Entladung und Lagerung der POS-Pellets

Für die Entladung der POS-Pellets sind Lagersilos mit Becherwerken und Schwingrinnen notwendig. Zur Berechnung der Stromkosten werden für die Schwingrinnen 24 h/Tag, 365 Tage pro Jahr angenommen. Die Wartung der Schwingrinnen erfolgt gleichzeitig mit der der Reoil-Anlage. Die Becherwerke und deren dazugehörige Schwingrinnen laufen nur an 16 h/Tag an 250 Werktagen pro Jahr. Die Kalkulation berücksichtigt die Investitionskosten für Lagersilos, Tiefbau und Überdachung der Silos, sowie die Wartung, Versicherung und Finanzierung der Bauwerke. Außerdem sind die Betriebskosten der beiden Schwingrinnen und der Becherwerke berücksichtigt. Alles zusammen ergibt 2,07 €/t [22].

5.2.3.3.2 Kosten Förderung POS-Pellets mittels RopeCon System

In der Tabelle 5.48 werden die Förderkosten sowie auch die Kosten für den Dosierbunker, wie auch weitere Kosten für Wartung, Versicherung, Stromkosten und Betriebskosten dargestellt. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh. Am Ende ergibt sich für die Förderung der POS Flakes mittels RopeCon-System ein Preis von 8,25 €/t.

Investitionskosten RopeCon System

| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
|------------------------------|------------------|-----------------|---------------|--------------|
| RopeCon | 15 Jahre | - | 7.370.000 € | 2,46 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 5 % | 368.500 € | 0,12 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 3,87 €/t |
| Dosierbunker | 25 Jahre | - | 115.000 € | 0,02 €/t |
| Wartung & Co. | - | 6 % | | 0,03 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Strompreis | spez.Kosten |
| RopeCon | 10 kW x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,08 €/t |
| Schwingrinne Dosierbunker | 4 kW x 0.75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,03 €/t |
| Personalkosten | | | | |
| Anzahl Personal | Stunden pro Jahr | Kosten je h | | spez.Kosten |
| 5 | 1.752 | 37,50 € | | 1,64 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 8,25 €/t | | |

Tabelle 5.48: Kosten Förderung mittels RopeCon System

5.2.3.3.3 Kosten Förderung Schlauchgurtförderer

In der Tabelle 5.49 werden die Förderkosten sowie auch die Kosten für den Dosierbunker, wie auch weitere Kosten für Wartung, Versicherung, Stromkosten und Betriebskosten dargestellt. Zusätzlich gibt es Kosten für Fundamentierung und Montage, die in den Investitionskosten nicht enthalten sind. Diese werden mit 20 % beaufschlagt. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh. Am Ende ergibt sich für die Förderung der POS-Pellets mittels Schlauchgurtförderer ein Preis von 5,69 €/t.

Investitionskosten Schlauchgurtförderer

| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
|------------------------------|------------------|-----------------|---------------|--------------|
| Schlauchgurtf. | 15 Jahre | - | 3.407.600 € | 1,14 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 681.520 € | 0,23 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 2,04 €/t |
| Dosierbunker | 25 Jahre | - | 115.000 € | 0,02 €/t |
| Wartung & Co. | - | 6 % | | 0,03 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Strompreis | spez.Kosten |
| Schlauchgurtf. | 68 kW x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,56 €/t |
| Schwingrinne Dosierbunker | 4 kW x 0.75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,03 €/t |
| Personalkosten | | | | |
| Anzahl Personal | Stunden pro Jahr | Kosten je h | | spez.Kosten |
| 5 | 1.752 | 37,50 € | | 1,64 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 5,69 €/t | | |

Tabelle 5.49: Kosten Förderung mittels Schlauchgurtförderer

5.2.3.3.4 Kosten Förderung Rail Running Conveyor

Die Berechnung erfolgt in Tabelle 5.50 genau gleich wie die des Schlauchgurtförderers, nur mit angepassten Werten und ergibt somit 7,11 €/t für den Transport der POS-Pellets mittels Rail Running Conveyor. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh.

Investitionskosten Rail Running Conveyor

| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
|------------------------------|------------------|-----------------|---------------|--------------|
| Rail Running Con. | 15 Jahre | - | 4.760.000 € | 1,59 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 952.000 € | 0,32 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 2,86 €/t |
| Dosierbunker | 25 Jahre | - | 115.000 € | 0,02 €/t |
| Wartung & Co. | - | 6 % | | 0,03 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Strompreis | spez.Kosten |
| Rail Running Con. | 75 kW x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,62 €/t |
| Schwingrinne Dosierbunker | 4 kW x 0.75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,03 €/t |
| Personalkosten | | | | |
| Anzahl Personal | Stunden pro Jahr | Kosten je h | | spez.Kosten |
| 5 | 1.752 | 37,50 € | | 1,64 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 7,11 €/t | | |

Tabelle 5.50: Kosten Förderung mittels Railrunning Conveyor

5.2.3.3.5 Summe der Kosten für die Entladung, Förderung und Lagerung Förderstrecke 2, Szenario 3

In den Tabellen 5.51, 5.52, 5.53 ist eine Übersicht der Kosten für die Entladung und Lagerung, sowie die Förderung von POS Pellets mittels unterschiedlicher Fördersysteme dargestellt.

| Beschreibung | POS-Pellets €/t |
|----------------------|-----------------|
| Entladung & Lagerung | 2,07 |
| Förderung RopeCon | 8,25 |
| Gesamt | 10,32 |

Tabelle 5.51: Gesamtkosten Förderstrecke 2, Szenario 2, RopeCon

| Beschreibung | POS-Pellets €/t |
|--------------------------------|-----------------|
| Entladung & Lagerung | 2,07 |
| Förderung Schlauchgurtförderer | 5,69 |
| Gesamt | 7,76 |

Tabelle 5.52: Gesamtkosten Förderstrecke 2, Szenario 2, Schlauchgurtförderer

| Beschreibung | POS-Pellets €/t |
|---------------------------------|-----------------|
| Entladung & Lagerung | 2,07 |
| Förderung Rail Running Conveyor | 7,11 |
| Gesamt | 9,18 |

Tabelle 5.53: Gesamtkosten Förderstrecke 2, Szenario 2, Rail Running Conveyor

5.3 Betrachtung der Förderstrecke 3: Ölhafen Lobau

Bei dieser Förderstrecke könnte sowohl eine Anlieferung mit dem Schiff, der Bahn und dem LKW durchgeführt werden, wobei die Anlieferung per Schiff in dieser Arbeit nicht

berücksichtigt wird. Bis jetzt findet an dieser Stelle jedoch kein Umschlag statt, dementsprechend ist hier auch noch keine derartige Infrastruktur vorhanden und müsste für diese Anwendung noch geschaffen werden. Der Ölhafen (E) und die Konversionsanlage (A) sind in Abbildung 5.12 ersichtlich. Die Öl-Pipeline ist dabei in weiß zu erkennen. Ein Vorteil ist, dass der Großteil dieser Förderstrecke bereits für Pipelines vom Ölhafen Lobau zur Raffinerie genutzt wird und die Förderstrecke somit entlang dieser Trasse gelegt werden kann, da hier ein Servitutsrecht seitens der OMV besteht. Für diese Förderstrecke sind nur bodennahe Fördermittel möglich. Eine Förderung mittels Seilbahn ist hier ausgeschlossen, da sich das Fördersystem in der Nähe von bewohntem Gebiet befindet. Szenario 1 betrachtet bei dieser Förderstrecke die Bahnanlieferung von Ballen oder Pellets. In Szenario 2 wird die gemeinsame Anlieferung von Bahn und LKW für Ballen betrachtet. In Szenario 3 wird die gemeinsame Anlieferung von Bahn und LKW für Pellets betrachtet.

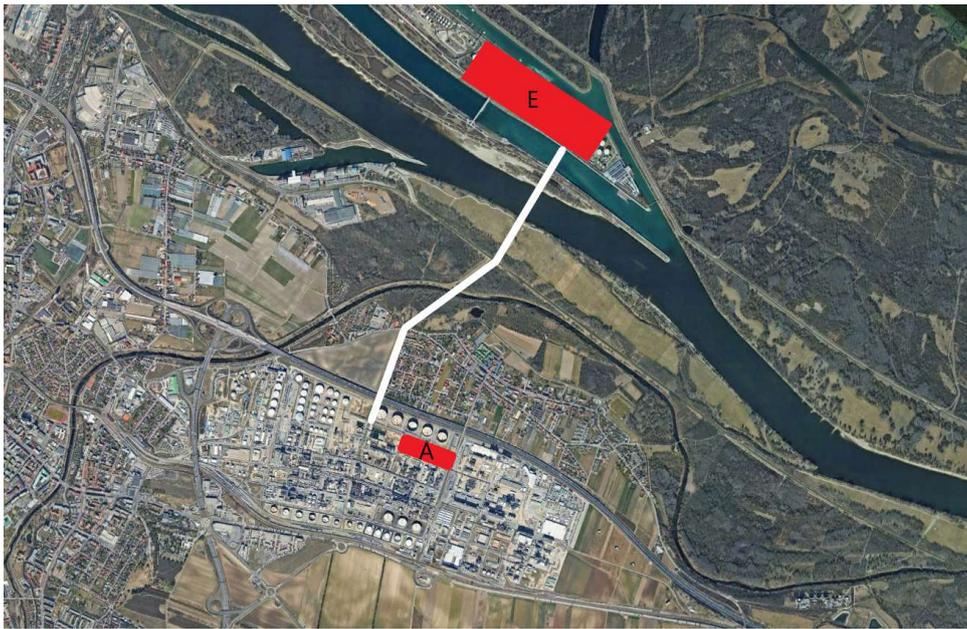


Abbildung 5.12: Streckenführung Ölhafen Lobau zur ReOil- Anlage [21]

5.3.1 Szenario 1: Innofreight-Container auf der Eisenbahn in Kombination mit stationärer Entladeeinrichtung

Hier wird nur die Förderung der POS-Pellets und Vierkantballen mit Schüttgut-Containern der Fa. Innofreight auf der Bahn betrachtet.

5.3.1.1 Entladung der POS-Pellets

Die Entladung erfolgt ident zu der aus Kapitel 5.1.1. Das Kunststoffmaterial wird in diesem Szenario lediglich an einer anderen Stelle angeliefert, die in Abbildung 5.13 ersichtlich ist. Außerdem ist die Förderstrecke länger. An dieser Förderstrecke ist zudem keine Zwischenentladung geplant. An dieser Stelle ist es möglich die Entladung dementsprechend durchzuführen, da vor und hinter die Entladeeinrichtung noch ein ganzer Zug passt. Dies ist erforderlich um den gesamten Zug ordnungsgemäß zu entladen. Von dort aus werden, wie in Kapitel 5.1.1 beschrieben, die Kunststofffraktionen per Fördersystem zu einem Tiefbunker/ Silo transportiert, um danach der Konversionsanlage zugeführt zu werden.



Abbildung 5.13: Position der Stationären Entaldeeinrichtung [21]

5.3.1.2 Förderung der Kunststofffraktionen

Die Volumenströme sind ident zu jenen aus Kapitel 5.1 und betragen in etwa $900 \text{ m}^3/\text{h}$ für die Förderung von POS- Pellets, sowie ca. $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ für die POS-Flakes bzw. aufgetrennten Ballen. Die Berechnung der Werte kann in Tabelle 5.1 betrachtet werden. Das Material wird also so schnell als möglich von der Zug-Entladestelle abtransportiert und erst bei der Lagerstätte in der Nähe der Konversionsanlage gespeichert. Die Betriebszeiten der Förder-systeme sind ebenfalls ident zu jenen aus Kapitel 5.1 und können dort nachgelesen werden. Die Förderstrecke beginnt bei der Zug-Entladestation am Ölhafen in der Lobau. Danach verläuft diese entlang der Donau bis zur Brücke, an der bereits die vorhandene Öl-Pipeline der OMV die Donau queren. Nun wird den Rohren weiter gefolgt. Bei der Überquerung der Straße muss das Niveau des Förderers angehoben werden. Die Förderanlage befindet sich danach in Bodennähe, bis die Autobahn wieder gekreuzt wird. Ab diesem Zeitpunkt wird das Fördersystem bis zur Lagerstätte in der Höhe geführt, um Straßen und Anlagen im Betriebsgelände zu überfahren. Die gesamte Streckenlänge beläuft sich auf ca. 3,4 km. Sowohl für den Schlauchgurtförderer als auch für den Rail-Running Conveyor ist der Verlauf der Förderstrecke ident.

5.3.1.2.1 Förderung der Kunststofffraktionen mittels Schlauchgurtförderer

Der eben beschriebene Streckenverlauf für die Förderung mittels Schlauchgurt der Fa. Beumer kann aus Abbildung 5.14 entnommen werden. Dabei befindet sich am Beginn der Förderstrecke im Norden die Zug- Entladestation und im Süden der Förderstrecke die Entladestation an der Lagerstätte. Laut der Firma Beumer ergeben sich Kosten bzw. Leistungen für diese Förderstrecke bzw. dieses Szenario laut der Tabelle 5.54 [1]. Im

| Beschreibung | POS-Pellets | POS-Flakes |
|--------------------------|--------------|--------------|
| Kosten/Meter | 3470 € | 3886 € |
| Motorleistung im Betrieb | 578 kW | 468 kW |
| Investitionskosten | 11.798.000 € | 13.212.400 € |

Tabelle 5.54: Eckdaten Schlauchgurtförderer Beumer Förderstrecke 3 [1]

Preis inbegriffen sind auch hier Engineering, Projektleitung, Dokumentation, Qualitätssicherung, Lieferung mechanischer Bauteile und die Lieferung der Stahlkonstruktion. Im Investitionspreis nicht enthalten sind Baugrunduntersuchungen, Genehmigungen, Aushub & Betonarbeiten, Montage, etc. Diese Kosten werden mit 20 % der Investitionskosten angenommen. Die Kosten der Brücke über die Donau sind hierbei nicht in der Kalkulation berücksichtigt. Der Platzbedarf sowie der Standort der jeweiligen Entlade-/ Beladestellen wurde, unabhängig von der Transportform, gemäß der Tabelle 5.55 angenommen.



Abbildung 5.14: Routenführung für die Zug-Entladung am Ölhafen-Lobau [21]

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Beladestelle Schlauchgurtförderer | 48° 9'53.58"N 16°30'46.55"Ö | 5 x 10 m |
| Entladestelle | 48° 8'35.47-N 16°30'24.24-O | 5 x 10 m |

Tabelle 5.55: Auf- und Abgabestelle Schlauchgurtförderer Beumer Förderstrecke 3 [1]

5.3.1.2.2 Förderung der Kunststofffraktionen mittels Rail-Running- Conveyor

Die Routenführung für dieses Fördersystem ist, wie in der Abbildung 5.15 ersichtlich, ident zu der des Schlauchgurtförderers. Etwa die Hälfte der Strecke wird in Bodennähe geführt, daher wird ein Meterpreis von 3000 € kalkuliert. Mit der Streckenlänge von 3,4 km ergeben sich Investitionskosten bzw. Antriebsleistungen aus Tabelle 5.56. Die Brücke über

| Beschreibung | POS-Pellets | POS-Flakes |
|--------------------------|--------------|--------------|
| Kosten/Meter | 3000 € | 3000 € |
| Motorleistung im Betrieb | 161 kW | 123 kW |
| Investitionskosten | 10.200.000 € | 10.200.000 € |

Tabelle 5.56: Eckdaten Rail-Running-Conveyor Thyssenkrupp Förderstrecke 3 [4]

die Donau ist dabei (genauso wie bei der Firma Beumer) nicht im Preis inkludiert [4]. Im Preis inbegriffen sind Engineering, Projektleitung, Dokumentation, Qualitätssicherung, Lieferung mechanischer Bauteile und die Lieferung der Stahlkonstruktion. Im Investitionspreis nicht enthalten sind Baugrunduntersuchungen, Genehmigungen, Aushub & Betonarbeiten, Montage, etc. Für die Montage, Betonarbeiten, etc. werden pauschalweise 20% der Investitionskosten angenommen. Der Platzbedarf sowie der Standort der jeweiligen Entlade-/ beladestellen wurde, unabhängig von der Transportform, gemäß der Tabelle 5.57 angenommen.



Abbildung 5.15: Routenführung Rail-Running-Conveyor Thyssenkrupp F3 [4]

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Beladestelle Rail-Running-Conveyor | 48° 9'53.58"N 16°30'46.55"Ö | 25 x 50 m |
| Entladestelle | 48° 8'35.47-N 16°30'24.24-O | 25 x 50 m |

Tabelle 5.57: Auf- und Abgabestelle Rail-Running-Conveyor Thyssenkrupp F3

5.3.1.3 Zusammenfassung und Kosten

Kosten für die Containermiete, Entladung und Lagerung sind ident zu denen aus Kapitel 5.1.1.

5.3.1.3.1 Kosten Förderung von POS Pellets mittels Schlauchgurtförderer

In der Tabelle 5.58 sind die Förderkosten sowie auch weitere Kosten für Wartung, Versicherung, Strom und Betriebskosten dargestellt. Zusätzlich gibt es Kosten für Fundamentierung und Montage, die in den Investitionskosten nicht enthalten sind. Diese werden mit 20 % beaufschlagt. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh. Am Ende ergibt sich für die Förderung der POS Pellets mittels RopeCon-System ein Preis von 12,07 €/t.

| Investitionskosten Schlauchgurtförderer | | | | |
|---|---------------|-----------------|------------------|--------------|
| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
| Schlauchgurtf. | 15 Jahre | - | 11.798.000 € | 3,93 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 2.359.600 € | 0,79 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 7,1 €/t |
| . Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Strompreis | spez.Kosten |
| Schlauchgurtf. | 578 kW x 0,75 | 470 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,25 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | | 12,07 €/t | |

Tabelle 5.58: Kosten Förderung POS- Pellets mittels Schlauchgurtförderer

5.3.1.3.2 Kosten Förderung POS-Pellets Rail Running Conveyor

Die Berechnung erfolgt in Tabelle 5.59 genau gleich wie die des Schlauchgurtförderers, nur

| Investitionskosten Rail Running Conveyor | | | | |
|---|---------------|------------------|---------------|--------------|
| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
| Rail Running Con. | 15 Jahre | - | 10.200.000 € | 3,40 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 2.040.000 € | 0,68 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 6,12 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Strompreis | spez.Kosten |
| Rail Running Con. | 161 kW x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,07 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 10,27 €/t | | |

Tabelle 5.59: Kosten Förderung POS-Pellets Rail Running Conveyor

mit angepassten Werten und ergibt somit 10,27 €/t für den Transport der Pellets mittels Rail Running Conveyor. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh.

5.3.1.3.3 Kosten Förderung von POS Flakes mittels Schlauchgurtförderer

In der Tabelle 5.60 sind die Förderkosten sowie auch weitere Kosten für Wartung, Versicherung, Strom und Betriebskosten dargestellt. Zusätzlich gibt es Kosten für Fundamentierung und Montage, die in den Investitionskosten nicht enthalten sind. diese werden mit 20 % beaufschlagt. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh. Am Ende ergibt sich für die Förderung der POS Flakes mittels Schlauchgurtförderer ein Preis von 14,39 €/t.

| Investitionskosten Schlauchgurtförderer | | | | |
|--|---------------|------------------|---------------|--------------|
| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
| Schlauchgurtf. | 15 Jahre | - | 13.212.400 € | 4,40 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 2.642.480 € | 0,88 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 7,93 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Strompreis | spez.Kosten |
| Schlauchgurtf. | 468 kW x 0,75 | 2692 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 1,18 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 14,39 €/t | | |

Tabelle 5.60: Kosten Förderung POS- Flakes mittels Schlauchgurtförderer

5.3.1.3.4 Kosten Förderung POS-Flakes Rail Running Conveyor

Die Berechnung erfolgt in Tabelle 5.61 genau gleich wie die des Schlauchgurtförderers, nur mit angepassten Werten und ergibt somit 10,51 €/t für den Transport der Flakes mittels Rail Running Conveyor. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh.

| Investitionskosten Rail Running Conveyor | | | | |
|---|---------------|------------------|---------------|--------------|
| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
| Rail Running Con. | 15 Jahre | - | 10.200.000 € | 3,40 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 2.040.000 € | 0,68 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 6,12 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Strompreis | spez.Kosten |
| Rail Running Con. | 123 kW x 0,75 | 2692 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,31 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 10,51 €/t | | |

Tabelle 5.61: Kosten Förderung POS-Flakes Rail Running Conveyor

5.3.1.3.5 Summe der Kosten für die Entladung, Förderung und Lagerung Förderstrecke 3, Szenario 1

In den Tabellen 5.62, 5.63, ist eine Übersicht der Kosten für die Entladung und Lagerung, sowie die Förderung von POS Pellets und Vierkantballen mittels unterschiedlicher Fördersysteme dargestellt.

| Beschreibung | POS-Pellets €/t | Vierkantballen/ Flakes €/t |
|--------------------------------|-----------------|----------------------------|
| Innofreight Container | 2,93 | 2,45 |
| Entladung | 3,99 | 7,77 |
| Förderung Schlauchgurtförderer | 12,07 | 14,39 |
| Lagerung | 2,74 | 6,01 |
| Gesamt | 21,73 | 30,62 |

Tabelle 5.62: Gesamtkosten Förderstrecke 3, Szenario 1, Schlauchgurtförderer

| Beschreibung | POS-Pellets €/t | Vierkantballen/ Flakes €/t |
|-------------------------------|-----------------|----------------------------|
| Innofreight Container | 2,93 | 2,45 |
| Entladung | 3,99 | 7,77 |
| Förderung Railrunningconveyor | 10,27 | 10,51 |
| Lagerung | 2,74 | 6,01 |
| Gesamt | 19,93 | 26,74 |

Tabelle 5.63: Gesamtkosten Förderstrecke 3, Szenario 1, Rail Running Conveyor

5.3.2 Szenario 2: Kombinierte Bahn- und LKW-Anlieferung von Vierkantballen

Da am Ölhafen die Möglichkeit besteht, sowohl per LKW als auch per Eisenbahn anzuliefern, wird in diesem Szenario von beidem ausgegangen. Hierbei wird nur die Anlieferung von Vierkantballen betrachtet. Pro Jahr sollen 200.000 t Kunststoffmaterial zu gleichen Teilen von den beiden Transportmitteln angeliefert werden. Die Bahn wird genau an der selben Stelle entladen, wie es in Kapitel 5.3.1 beschrieben ist. Die Innofreight Container werden mit der stationären Entladeeinrichtung von Innofreight entladen und müssen danach mittels eines Schredders geöffnet werden bevor die POS-Flakes auf das stetige Fördermittel übergeben werden. Dieses transportiert das Material zu einem Tiefbunker, der sich in der Nähe der Konversionsanlage befindet. Die LKW- Anlieferung der Ballen wird mittels Planensattel- Anhängern durchgeführt. Das Abladen der Ballen wird auf einer Grünfläche in der Nähe mittels Gabelstapler und einer Ballenzange durchgeführt. Der Stapler lagert die Ballen dort oder übergibt diese an den Schredder, der die Ballen wiederum öffnet. Von



Abbildung 5.16: Positionierung der Entladestationen [21]

dort aus gibt es, wie in Abbildung 5.16 beschrieben, ein kurzes zusätzliches Fördersystem, das das Material auf das vorhin beschriebene Fördersystem Richtung Konversionsanlage übergibt.

5.3.2.1 Entladung Eisenbahn und LKW sowie Lagerung der Vierkantballen

Für die Bahnanlieferung der Vierkantballen werden wieder Schüttgutcontainer der Fa. Innofreight verwendet. In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass 100.000 t jährlich per Bahn und 100.000 t per LKW angeliefert werden. Die Anlieferung erfolgt immer mittels Vollzügen. Das bedeutet, dass jeder Zug 1000 t Kunststoffmaterial transportiert. Die angelieferten Ballen müssen vor der Förderung auf dem Fördersystem mit einem Schredder geöffnet werden. Diese Flakes werden dann zum Tiefbunker in der Raffinerie befördert. Bei der Anlieferung mittels LKW muss wieder beachtet werden, dass der LKW nur an Wochentagen fahren und somit anliefern darf. Um Wochenenden und Feiertage überbrücken zu können, muss daher die Möglichkeit bestehen einen Vorrat von ca 400 t aufzubauen. Die Lkw nutzen einen Planensattel, der mittels Gabelstapler entladen wird. An der Entladestelle können Ballen entweder zwischengelagert oder an den Schredder und das Fördersystem übergeben werden. Nach dem Fördersystem gelangt das Material wiederum in den Bunker bei der Raffinerie. Für die Entlade- und Lagerstelle für die LKW wird eine Fläche von 30 m x 35 m benötigt. Von den Gabelstaplern werden 2 Stück mit je 35 t Nutzlast der Fa. Linde und entsprechend 4 Personen im Zweischichtbetrieb benötigt.

5.3.2.2 Förderung der Kunststofffraktionen

In diesem Szenario besteht die Förderstrecke aus 2 Teilstücken. Die erste Teilstrecke fördert direkt vom Schredder der Bahnentladung zum Tiefbunker der Raffinerie. Diese beträgt 3,4 km und muss einen Volumenstrom von 1500 m³/h befördern können. Die Streckenführung ist im Kapitel 5.3.1.2 bereits beschrieben. Die 2. Teilstrecke dient dazu, das Material von dem Schredder der LKW Entladung auf die erste Teilstrecke zu befördern. Die Länge beträgt nur 40 m. Doch auch diese muss einen Volumenstrom von 1500 m³/h transportieren können. Die LKW- und Bahnentladung findet niemals gleichzeitig statt, um das 1. Fördersystem nicht zu überlasten. Für die Teilstrecke 1 werden hierbei wieder Schlauchgurtförderer und Railrunning-Conveyor betrachtet. Für die kurze Förderstrecke wurde ein offener Gurtförderer angenommen. Der Meterpreis der 40 m langen Förderstrecke wurde gleich wie der eines Schlauchgurtförderers angenommen. Dies kommt daher, dass der

Hauptanteil des Preises bei kurzen Förderstrecken aus der Auf- und Abgabestation des Förderers besteht. Die Ermittlung der Leistung des kleinen Gurtförderers wurde mittels eigenen Berechnungen durchgeführt und ist in Tabelle 5.64 ersichtlich. [17]. Die Investitionskosten, Motorleistungen und Auf- sowie Abgabestationen der langen Förderstrecke sind ident zu denen in Kapitel 5.3.1.2 und werden daher nicht weiter angeführt.

| Beschreibung | POS-Flakes |
|--------------------------|------------|
| Kosten/Meter | 3000 € |
| Motorleistung im Betrieb | 8 kW |
| Investitionskosten | 120.000 € |

Tabelle 5.64: Eckdaten Gurtförderer bei Förderung von POS-Flakes Förderstrecke 3 [1] [17]

5.3.2.3 Zusammenfassung und Kosten

Hier werden wieder die jährlichen Investitions- und Betriebskosten für Entladung, Lagerung und Förderung der Vierkantballen berücksichtigt. Dies beinhaltet die Hubstapler, das Personal, die Fläche zur Lagerung und den Schredder. Weiters werden die Fördersysteme für die Zug- und LKW Entladung benötigt.

5.3.2.3.1 Kosten für Entladung der Vierkantballen Bei der Anlieferung mittels LKW sind 2 Hubstapler inkl. 4 Arbeitern und eine 30 m x 35 m große Fläche zur Lagerung der Ballen notwendig. Außerdem wird ein Schredder zum Auftrennen der Ballen benötigt. Dieser wird mit 1/3 der Nennleistung betrieben. Werden die Vierkantballen mit der Eisenbahn angeliefert, wird eine stationäre Entladeeinrichtung, ein Verschubroboter und ein weiterer Schredder verwendet. Die Kosten beinhalten Schredder, Hubstapler, deren Wartung, Versicherung und Finanzierung, die Ballenlagerfläche, die Halle für den Schredder und die stationäre Entladeeinrichtung. Weiters sind auch noch die Energiekosten für Stapler, Verschubroboter und die beiden Schredder sowie die Personalkosten mit eingerechnet. Damit errechnen sich Gesamtkosten von 10,19 €/t für die Entladung und kombinierte Anlieferung mit Bahn und LKW [22].

5.3.2.3.2 Kosten Förderung von POS Flakes mittels Schlauchgurtförderer

In der Tabelle 5.65 werden die Förderkosten sowie auch weitere Kosten für Wartung, Versicherung, Strom und Betriebskosten dargestellt. Zusätzlich gibt es Kosten für Fundamentierung und Montage, die in den Investitionskosten nicht enthalten sind. Diese werden mit 20 % beaufschlagt. Zusätzlich gibt es noch Kosten für den zusätzlichen Gurtförderer, der das Material von der LKW- Entladestation zum Schlauchgurtförderer transportiert. Der Schlauchgurtförderer wird bei der Anlieferung mit der Bahn als auch bei der Anlieferung mit dem LKW betrieben. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh. Am Ende ergibt sich für die Förderung der POS Flakes mittels Schlauchgurtförderer ein Preis von 15,75 €/t.

Investitionskosten Schlauchgurtförderer

| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
|-------------------------------|---------------|------------------|---------------|--------------|
| Schlauchgurtf. & Gurtförderer | 15 Jahre | - | 13.367.840 € | 4,46 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 2.673.568 € | 0,89 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 8,02 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Strompreis | spez.Kosten |
| Schlauchgurtf. | 468 kW x 0,75 | 5346 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 2,35 €/t |
| Gurtförderer | 8 kW x 0,75 | 4000 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,03 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 15,75 €/t | | |

Tabelle 5.65: Kosten Förderung POS- Flakes mittels Schlauchgurtförderer

5.3.2.3.3 Kosten Förderung POS-Flakes Rail Running Conveyor

Die Berechnung erfolgt in Tabelle 5.66 genau gleich wie die des Rail Running Conveyors, nur mit angepassten Werten und ergibt somit 10,97 €/t für den Transport der Flakes mittels Rail Running Conveyor. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh.

Investitionskosten Rail Running Conveyor

| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
|----------------------|---------------|------------------|---------------|--------------|
| Rail Running Con. | 15 Jahre | - | 10.320.000 € | 3,44 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 2.064.000 € | 0,69 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 6,19 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Strompreis | spez.Kosten |
| Rail Running Con. | 123 kW x 0,75 | 5346 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,62 €/t |
| Gurtförderer | 8 kW x 0,75 | 4000 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,03 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 10,97 €/t | | |

Tabelle 5.66: Kosten Förderung POS-Flakes Rail Running Conveyor

5.3.2.3.4 Summe der Kosten für die Entladung, Förderung und Lagerung Förderstrecke 3, Szenario 2

In den Tabellen 5.67, 5.68, ist eine Übersicht der Kosten für die Entladung und Lagerung, sowie die Förderung von Vierkantballen mittels unterschiedlicher Fördersysteme dargestellt.

| Beschreibung | Vierkantballen/ Flakes €/t |
|---|----------------------------|
| Innofreight Container | 1,22 |
| Entladung | 10,19 |
| Förderung Schlauchgurtförderer und Gurtförderer | 15,75 |
| Lagerung | 6,01 |
| Gesamt | 33,17 |

Tabelle 5.67: Gesamtkosten Förderstrecke 3, Szenario 2, Schlauchgurtförderer

| Beschreibung | Vierkantballen/ Flakes €/t |
|--|----------------------------|
| Innofreight Container | 1,22 |
| Entladung | 10,19 |
| Förderung Railrunningconveyor und Gurtförderer | 10,97 |
| Lagerung | 6,01 |
| Gesamt | 28,39 |

Tabelle 5.68: Gesamtkosten Förderstrecke 3, Szenario 2, Railrunning Conveyor

5.3.3 Szenario 3: Kombinierte Bahn- und LKW-Anlieferung von POS-Pellets

Dieses Szenario ist vollkommen ident zu Szenario 2. Der Einzige unterschied besteht darin, dass statt Vierkantballen nur POS-Pellets verwendet werden.

5.3.3.1 Entladung Eisenbahn und LKW sowie Lagerung der Kunststofffraktionen

Auch hier werden beim Transport auf der Schiene wieder Schüttgutcontainer der Fa. Innofreight verwendet. Ein Zug kann 1000 t an Material transportieren. Für dieses Szenario werden auch Silos mit einer Größe von 2400 m³ verwendet. Weiters werden Übergabebunker der Firma NKF am Ölhafen Lobau, welche zur Entladung der Pellets vom Schubboden-LKW benötigt werden, verbaut. Kosten und Leistungen für den Bunker mit Austragseinrichtungen können der Tabelle 5.69 entnommen werden.

| Beschreibung | POS-Pellets |
|-----------------------|-------------|
| Leistung Schwingrinne | 12 kW |
| Investitionskosten | 335.000 € |

Tabelle 5.69: Eckdaten Bunker und Entladeplatz Förderstrecke 3 [14] [12]

5.3.3.2 Förderung der POS-Pellets

Die Situation ist ident zu der in Kapitel 5.3.2.2 jedoch wird hier nur die Anlieferung von POS-Pellets betrachtet. Damit ergibt sich ein Volumenstrom von 900 m³/h aus Tabelle 5.1. Die Leistungen und Investitionskosten für Schlauchgurtförderer und Rail-Running-Conveyor sind in Kapitel 5.3.1.2 einsehbar. Für die kurze Förderstrecke wurde wieder ein offener Gurtförderer gewählt. Die Leistung wurde auf den dementsprechenden Volumenstrom angepasst und ist in Tabelle 5.70 sichtbar.

| Beschreibung | POS-Pellets |
|--------------------------|-------------|
| Kosten/Meter | 3.470 € |
| Motorleistung im Betrieb | 28 kW |
| Investitionskosten | 138.800 € |

Tabelle 5.70: Eckdaten Gurtförderer bei Förderung von POS-Pellets Förderstrecke 3 [1] [17]

5.3.3.3 Zusammenfassung und Kosten

Hier werden wieder die jährlichen Investitions- und Betriebskosten für Entladung, Lagerung und Förderung der POS-Pellets berücksichtigt. Dies beinhaltet Entladebunker für die LKW Entladung, die stationäre Entladeeinrichtung für die Bahnanlieferung und das dazugehörige Bedienpersonal. Weiters werden die Fördersysteme für die Zug- und LKW

Entladung benötigt sowie deren Überwachungspersonal. Für die Lagerung werden Lager-silos, Dosierbunker und Überwachungspersonal benötigt.

5.3.3.3.1 Kosten Entladung POS Pellets

Hier werden die Investitionskosten für den Entladebunker, dessen Wartung, Versicherung und Finanzierung sowie die Investitionskosten für die stationäre Entladeeinrichtung berücksichtigt. Weiters werden Energiekosten für den Verschubroboter und die Schwingrinnen im Bunker, sowie die Personalkosten berechnet. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh. Die Gesamtkosten für die Entladung der POS-Pellets ergibt hiermit 4,04€/t [22].

5.3.3.3.2 Kosten Förderung von POS Pellets mittels Schlauchgurtförderer

In der Tabelle 5.71 werden die Förderkosten sowie auch weitere Kosten für Wartung, Versicherung, Strom und Betriebskosten dargestellt. Zusätzlich gibt es Kosten für Fundamentierung und Montage, die in den Investitionskosten nicht enthalten sind. Diese werden mit 20 % beaufschlagt. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh. Am Ende ergibt sich für die Förderung der POS Pellets mittels Schlauchgurtförderer ein Preis von 14,34 €/t.

| Investitionskosten Schlauchgurtförderer | | | | |
|--|---------------|------------------|---------------|--------------|
| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
| Schlauchgurtförderer | 15 Jahre | - | 11.936.800 € | 3,98 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 2.387.360 € | 0,80 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 7,16 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Stromkosten | spez.Kosten |
| Schlauchgurtförderer | 578 kW x 0,75 | 4235 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 2,29 €/t |
| Gurtförderer | 28 kW x 0,75 | 4000 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,11 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 14,34 €/t | | |

Tabelle 5.71: Kosten Förderung POS- Pellets mittels Schlauchgurtförderer und Gurtförderer in kombinierter Anwendung

5.3.3.3.3 Kosten Förderung POS-Pellets Rail Running Conveyor

Die Berechnung erfolgt in Tabelle 5.72 genau gleich wie die des Schlauchgurtförderers, nur mit angepassten Werten und ergibt somit 11,09 €/t für den Transport der Pellets mittels Rail Running Conveyor. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh.

| Investitionskosten Rail Running Conveyor | | | | |
|---|---------------|------------------|---------------|--------------|
| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
| Rail Running Conv. | 15 Jahre | - | 10.338.800 € | 3,45 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 2.067.7600 € | 0,69 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 6,22 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Stromkosten | spez.Kosten |
| Rail Running Conv. | 161 kW x 0,75 | 4235 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,64 €/t |
| Gurtförderer | 28 kW x 0,75 | 4000 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,11 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 11,09 €/t | | |

Tabelle 5.72: Kosten Förderung POS-Pellets Rail Running Conveyor in Kombination mit Gurtförderer

5.3.3.3.4 Summe der Kosten für die Entladung, Förderung und Lagerung Förderstrecke 3, Szenario 3

In den Tabellen 5.73, 5.74, ist eine Übersicht der Kosten für die Entladung und Lagerung, sowie die Förderung von POS Pellets mittels unterschiedlicher Fördersysteme dargestellt.

| Beschreibung | POS-Pellets €/t |
|---|-----------------|
| Innofreight Container | 1,46 |
| Entladung | 4,04 |
| Förderung Schlauchgurtförderer und Gurtförderer | 14,34 |
| Lagerung | 2,74 |
| Gesamt | 22,58 |

Tabelle 5.73: Gesamtkosten Förderstrecke 3, Szenario 3, Schlauchgurtförderer

| Beschreibung | POS-Pellets €/t |
|--|-----------------|
| Innofreight Container | 1,46 |
| Entladung | 4,04 |
| Förderung Railrunningconveyor und Gurtförderer | 11,09 |
| Lagerung | 2,74 |
| Gesamt | 19,33 |

Tabelle 5.74: Gesamtkosten Förderstrecke 3, Szenario 3, Railrunning Conveyor

5.4 Betrachtung der Förderstrecke 4: Alberner Hafen

Am Alberner Hafen ist es grundsätzlich möglich, das Kunststoffmaterial per Schiff, LKW oder mit der Bahn anzuliefern. Die Anlieferung auf dem Wasserweg wird jedoch in dieser Arbeit nicht betrachtet. Die Anlieferung und Zwischenspeicherung des Materials beim Hafen wäre unmöglich, da dort keine Freiflächen vorhanden sind. Wie in Abbildung 5.17 ersichtlich, sind die Platzverhältnisse beim Hafengebiet sehr begrenzt. Die Anlieferung der



Abbildung 5.17: Momentane Situation am Alberner Hafen [21]

Kunststofffraktionen mit der Eisenbahn in Kombination mit der Entladeeinrichtung der Fa. Innofreight wäre denkbar. Es muss jedoch sowohl vor als auch hinter der Entladeeinrichtung eine gesamte Zuglänge platz haben. Die Zuglänge liegt bei 320 bzw. 380 m je nach dem zu transportierenden Material. Bei der Entladung soll keine Straße gekreuzt werden.

Daher wurde im gesamten Hafbereich keine geeignete Position für die stationäre Entladeeinrichtung gefunden. Es würde auch noch die Möglichkeit bestehen, den Zug aufzuteilen. Dies erfordert jedoch einen erhöhten Zeitaufwand und ist somit nicht anzustreben. Aufgrund der engen Bebauung, ist es dort genauso schwer, einen geeigneten Ort für die LKW-Entladung zu finden. Durch das hohe Verkehrsaufkommen das unter anderem auch durch andere Unternehmen auftritt, würde es hier auch zu Komplikationen kommen. Abschließend kann gesagt werden, dass aufgrund der schlechten Platzverhältnisse an diesem Ort sowohl eine Anlieferung per Bahn als auch per LKW nicht ideal gestaltet werden kann. Der Vorteil, an dieser Stelle die Anlieferung per Schiff zu nutzen, kann beim Ölhafen Lobau genauso gut ausgenutzt werden. Dort ist aufgrund der besseren Platzverhältnisse auch eine ideale Anlieferung mit Bahn und LKW möglich. Aus diesen Gründen wird der Alberner Hafen als Anlieferposition in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet.

5.5 Betrachtung der Förderstrecke 5: Zementwerk Mannersdorf

Diese Strecke ist mit etwa 20 km Luftlinie die längste in dieser Betrachtung und in Abbildung 5.18 ersichtlich. Dabei wird das Material beim Zementwerk in Mannersdorf aufge-

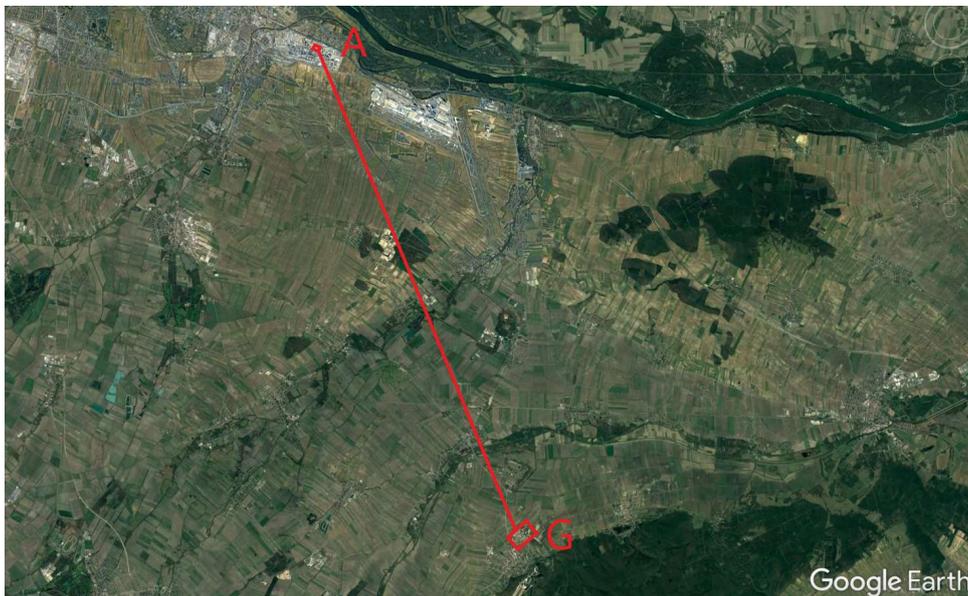


Abbildung 5.18: Förderstrecke 5 [21]

geben und mit einem Strömungsförderer zur Lagerhalle transportiert. Bei der Lagerhalle muss das Material aus dem Fördermedium entnommen werden. Außerdem muss noch eine Trocknung durchgeführt werden, da das Material maximal 10 % Feuchtigkeit beinhalten darf, um in der Konversionsanlage weiter verarbeitet werden zu können. Grundsätzlich muss die Flüssigkeit immer auf 60 °C gehalten werden, um den Aufbau von organischem Material zu vermeiden. Um alle Bakterien abzutöten, soll das Fördermedium kurzzeitig immer wieder auf 85 °C aufgeheizt werden. Das Aufheizen der Flüssigkeit benötigt am meisten Energie. Dies kann jedoch mit Dampf erfolgen, der in Raffinerien gewöhnlicher Weise als Abwärme anfällt. Ansprechpartner ist hierbei die Firma Zeppelin Systems GMBH in Friedrichshafen. Weltweit haben nur sehr wenige Unternehmen das Know-How hydraulische Förderanlagen zu entwickeln. Bisherige Förderanlagen, die von Zeppelin ausgelegt wurden, hatten eine Länge von weniger als 3 km und waren auf ein Fördervolumen von maximal 100 m³/h begrenzt. Solche Dimensionen sind noch nicht erforscht und stellen ein zu hohes Risiko für ein solches Einmalgeschäft dar. Der Ressourcenverbrauch wäre für solch eine Angebotsdarstellung viel zu hoch. Es kann daher kein Angebot in diesem Sinne gemacht

werden. Auf Wunsch kann jedoch im Sinne einer bezahlten Machbarkeitsstudie/ einem Entwicklungsprojekt daran geforscht und diese Anlage verwirklicht werden. Das Unternehmen wird ohnehin vor allem im Bereich chemisches Recycling stark ausgebaut und ist an einer Zusammenarbeit mit OMV sehr interessiert. Die Kontaktdaten sind im Anhang [24] zu finden. In dieser Arbeit wird die 20 km –Strecke vom Zementwerk Mannersdorf nicht weiter betrachtet.

5.6 Betrachtung der Förderstrecke 6: Pre-Treatment- Anlage Simmering

In der Pre-Treatment-Anlage wird das Kunststoffmaterial aus Wien und Umgebung gereinigt und aufbereitet. Zur Anlieferung sowie der Lagerung des Kunststoffmaterials an der Pre-Treatment-Anlage kann leider keine Auskunft gegeben werden bzw. liegen keine Informationen vor. Aus diesem Grund wird in diesem Fall die Entladung von LKW/ Bahn als auch die Lagerung nicht berücksichtigt. Es wird lediglich die Förderung des Kunststoffmaterials analysiert.

5.6.1 Szenario 1: Förderung der POS- Flakes ohne Entladung

Wie bereits beschrieben wurde, kann die Anlieferung hier nicht berücksichtigt werden. Es wird nur davon ausgegangen, POS- Flakes zu transportieren. Dies ist somit auch das einzige Szenario für die Förderstrecke 6.

5.6.1.1 Förderung der Kunststofffraktionen

Die Streckenführung ist in Abbildung 5.19 ersichtlich und für alle Fördersysteme ident. Das Material wird in der Pre-Treatment-Anlage aufbereitet und auf das Fördersystem aufgegeben. Danach wird das Material mit einem Fördersystem zum Dosierbunker transportiert. Die Routenführung ist für alle Förderstrecken ident. Zu Beginn wird die Straße vor der Pre-Treatment-Anlage gekreuzt. Danach führt die Strecke entlang der Donau, parallel zu Fahrradweg. Es werden mehrere Brücken für Straßen und die Eisenbahn unterfahren, wobei ausreichend Platz herrscht, um auch noch ein Fördersystem darunter durchzuführen. Die Strecke verläuft weiter entlang der Donau bis der Alberner Hafen erreicht wird. Hier muss der Fluss mit einer ausreichenden Höhe überwunden werden, um die Durchfahrt für Schiffe zu gewährleisten. Die Strecke führt dann auf dem Damm entlang, bis die Leitungen erreicht werden, die zum Ölhafen Lobau führen. Danach wird diesen Leitungen in Richtung Raffinerie gefolgt. Entlang der Leitungen liegt ein Servitutsrecht vor. Die weitere Streckenführung ist nun ident zu der vom Ölhafen Lobau. Es muss noch eine Straße und eine Autobahn überwunden werden, bis danach in einer geständerten Bauweise innerhalb des Betriebsgeländes der Dosierbunker erreicht wird. Das Material wird in der Pre-Treatment-Anlage gelagert. Die POS-Flakes vor dem Fördersystem zu pelletieren ist hier nicht sinnvoll. Die geringeren Transportkosten für diese Transportstrecke haben kaum Auswirkung verglichen zu den hohen Zusatzkosten für die Pelletierung. Daher beziehen sich die folgenden Betrachtungen nur auf die Förderung von Flakes. Es wird mit einem Massenstrom von 25 t/h bzw. einem Volumenstrom von etwa 500 m³/h ausgegangen. Die Länge der Strecke beläuft sich auf 6,3 km.

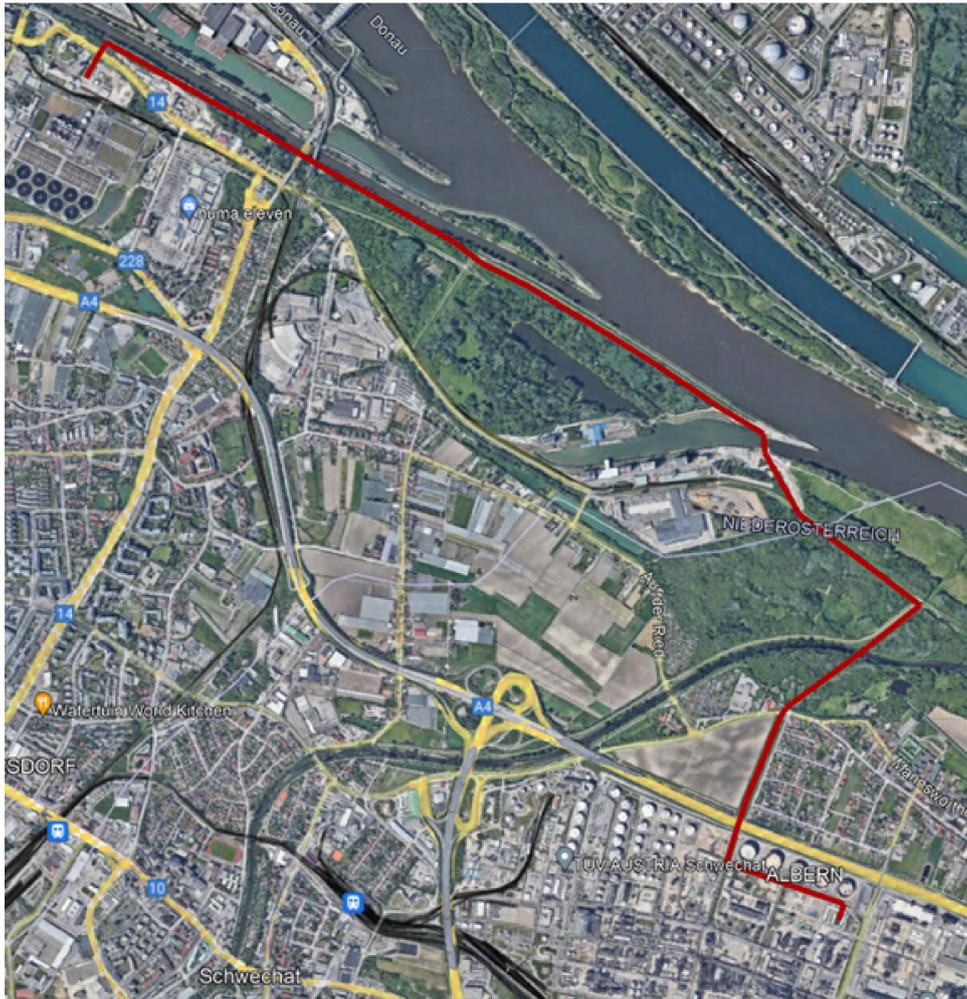


Abbildung 5.19: Streckenführung Simmering [21]

5.6.1.1.1 Förderung mittels Schlauchgurtförderer

Das Material wird von einem Schlauchgurtförderer der Firma Beumer aufgenommen und entlang der dargestellten Förderstrecke in der zuvor gezeigten Abbildung transportiert. Diese wurde bereits im Überkapitel genauer beschrieben. Dabei ist die Strecke so zu wählen, dass diese durchgehend, also ohne Übergabestellen, bis zur Lagerhalle geführt wird. Der minimale Kurvenradius ist abhängig vom Gurtdurchmesser und ist bei Projektdurchführung im Detail direkt mit Beumer zu besprechen. Der minimal mögliche Kurvenradius kann in Kapitel 4.6 gefunden werden. Innerhalb des Betriebsgeländes wird die Strecke auf Stützen geführt. Dies dient zur Überbrückung von Anlagenteilen und zur Gewährleistung der Durchfahrtshöhen der Verkehrswege. Die Länge der Förderstrecke beläuft sich auf 6300 m. Diese Ausführung hat einen Meterpreis von 3095 €. Damit ergeben sich die Investitionskosten aus Tabelle 5.75 [1]. Position und Größe ist in Tabelle 5.76 ersichtlich.

| Beschreibung | POS Flakes |
|--------------------------|--------------|
| Motorleistung im Betrieb | 302 kW |
| Investitionskosten | 19.498.500 € |

Tabelle 5.75: Eckdaten Beumer Förderstrecke 6 Flakes [1]

Im Preis inbegriffen sind Engineering, Projektleitung, Dokumentation, Qualitätssicherung, Lieferung mechanischer Bauteile und die Lieferung der Stahlkonstruktion. Im Investitionspreis nicht inbegriffen sind Baugrunduntersuchungen, Genehmigungen, Aushub & Betonarbeiten, Montage, etc. [1]. Für die Montage, Betonarbeiten, etc. werden pauschal 20 %

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Beladestelle Schlauchgurtförderer | 48°10'26.10"N 16°28'1.35Ö | 5 x 10 m |
| Entladestelle bzw. Dosierbunker | 48° 8'35.47"N 16°30'24.24Ö | 5 x 10 m |

Tabelle 5.76: Be- und Entladestelle Beumer Förderstrecke Simmering

der Investitionskosten berechnet.

5.6.1.1.2 Förderung mittels Rail-Running Conveyor

Der Rail-Running Conveyor der Firma Thyssenkrupp würde sich für diese Wegstrecke durch seine geringen Widerstände und die geschlossene Bauweise gut anbieten. Es sollte möglich sein, die gesamte Strecke ohne Übergabestellen durchzuführen. Dies müsste jedoch in der Projektphase nochmals genauer betrachtet werden. Die Streckenführung ist, wie in Abbildung 5.20 ersichtlich, ident zu der des Schlauchgurtförderers. Auch innerhalb des Be-

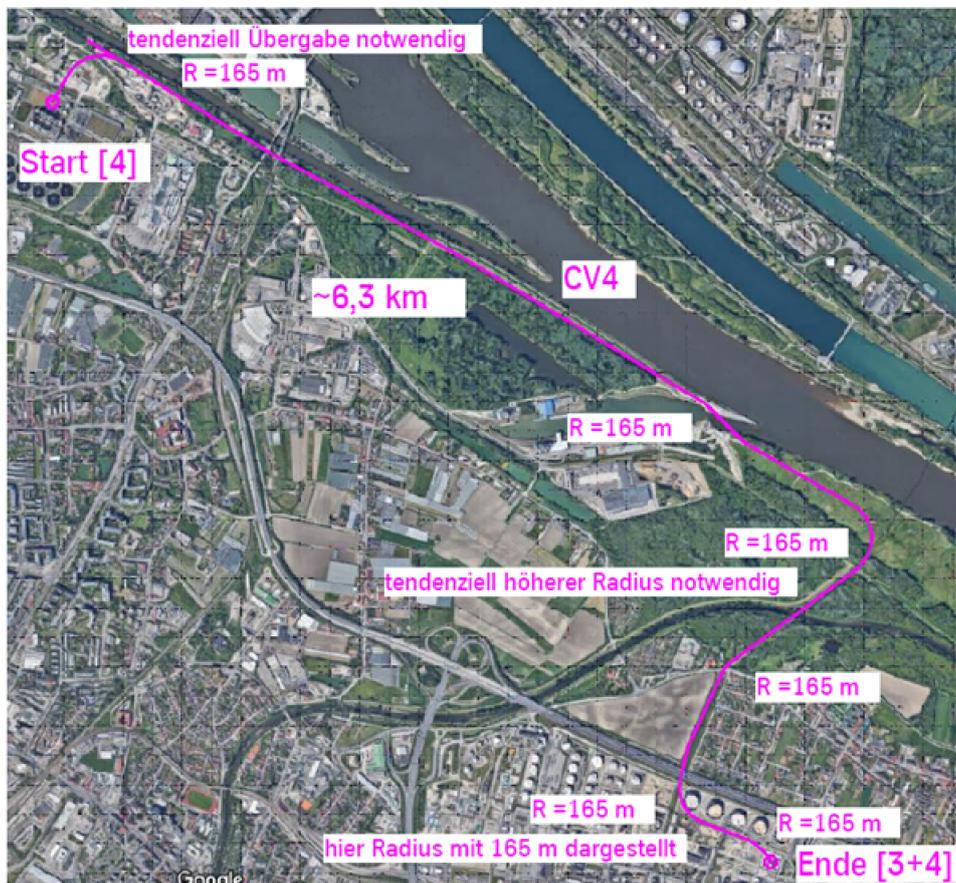


Abbildung 5.20: Streckenführung Simmering Thyssenkrupp [4]

triebsgeländes soll die Strecke wieder auf Stützen geführt werden, um Durchfahrtshöhen zu gewährleisten. Bei der Abgabe wird das Material, direkt der Konversionsanlage zugeführt. Die Länge der Strecke beläuft sich auf 6300 m und mit einem Preis von 3000 €/Meter ergeben sich Investitionskosten in Höhe von 18.900.000 €. Die Förderanlage läuft auch durchgehend und beliefert die Konversionsanlage mit 25 t/h. Die Übergabe erfolgt direkt in den Dosierbunker der Konversionsanlage. Die Investitionskosten aus Tabelle 5.77 wurden von der Firma Thyssenkrupp zur Verfügung gestellt und sind in der Broschüre im Anhang ersichtlich [4]. Die Positionen der Be- und Entladestellen sind in Tabelle 5.78 ersichtlich. Im Preis inbegriffen sind Engineering, Projektleitung, Dokumentation, Qualitätssicherung,

Lieferung mechanischer Bauteile und die Lieferung der Stahlkonstruktion. Im Investitionspreis nicht inbegriffen sind Baugrunduntersuchungen, Genehmigungen, Aushub & Betonarbeiten, Montage, etc. Die genaue Aufschlüsselung ist im Angebot von Thyssenkrupp enthalten das sich im Anhang befindet [4]. Für die Montage, Betonarbeiten, etc. werden pauschalweise 20 % der Investitionskosten berechnet.

| Beschreibung | POS Flakes |
|--------------------------|--------------|
| Motorleistung im Betrieb | 196 kW |
| Investitionskosten | 18.900.000 € |

Tabelle 5.77: Eckdaten Thyssenkrupp Förderstrecke 6 Flakes [4]

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Beladestelle Rail-Running- Conveyor | 48°10'26.10"N 16°28'1.35"Ö | 25 x 50 m |
| Entladestelle bzw. Dosierbunker | 48° 8'35.47"N 16°30'24.24"Ö | 25 x 50 m |

Tabelle 5.78: Be- und Entladestelle Thyssenkrupp Förderstrecke 6 [4]

5.6.1.1.3 Förderung mittels Strömungsförderer

Die Streckenführung ist ident zu den beiden anderen Förderern und wird daher nicht mehr genauer beschrieben. Für eine Länge von 6,3 km ergeben sich laut der Fa. Zeppelin folgende Investitionskosten. Genauere Details sind im Anhang aus dem Angebot von Zeppelin zu entnehmen [5]. In Tabelle 5.79 sind die Investitionskosten und in Tabelle 5.80 die Positionen für die Be- und Entladung ersichtlich. Im Preis inbegriffen sind Equipment, Engineering, und Steuerung. Im Investitionspreis nicht inbegriffen sind Stahlbau, Rohrbrücken, elektrische und mechanische Montage, Kabelmaterial, Utilitys, Isolierung sowie die Systemzuführung und -abförderung [5]. Die Investitionskosten werden sich gegenüber den in der Tabelle 5.79 angegebenen Kosten noch deutlich erhöhen. Genauere Aussagen sind jedoch nicht möglich. Für die Montage und Betonarbeiten werden pauschalweise 20 % der Investitionskosten berechnet.

| Beschreibung | POS Flakes |
|--------------------------|--------------|
| Motorleistung im Betrieb | 1482 kW |
| Investitionskosten | 10.500.000 € |

Tabelle 5.79: Eckdaten Zeppelin Förderstrecke 6 Flakes

| Beschreibung | Ungefähre Position | Abgeschätzter Platzbedarf |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Beladestelle Strömungsförderer | 48°10'26.10"N 16°28'1.35"Ö | 20 x 20 m |
| Entladestelle bzw. Dosierbunker | 48° 8'35.47"N 16°30'24.24"Ö | 20 x 20 m |

Tabelle 5.80: Be- und Entladestelle des Strömungsförderers Förderstrecke Simmering

5.6.1.2 Zusammenfassung und Kosten

Auf den folgenden Seiten sind die Ermittlung und Aufstellung der Kosten für die Förderung der Flakes ersichtlich. Dabei wird in diesem Szenario davon ausgegangen, dass die

POS-Flakes bereits in der Pre-Treatment-Anlage vorliegen und auf die betrachteten Fördersysteme aufgegeben werden. Eine Betrachtung der Kosten für Entladung und Lagerung erfolgt somit nicht. Daraus erfolgt schlussendlich die Kalkulation der spezifischen Kosten (€/t), wobei die ermittelten Kosten durch die Jahresmenge von 200.000 t geteilt werden. Im Folgenden ist dazu die Zusammenfassung der jeweils benötigten Anlagen/ Bauwerke ersichtlich.

Equipment-Förderung:

- Fördersystem mit optionalen Übergabestellen
- Dosierbunker
- Überwachungspersonal

5.6.1.2.1 Kosten Entladung

Es wird angenommen, dass das Material an der Pretreatmentanlage bereits bearbeitet wurde. Kosten für die Entladung und Lagerung werden deshalb hier nicht berücksichtigt.

5.6.1.2.2 Kosten Förderung von POS Flakes mittels Schlauchgurtförderer

In der Tabelle 5.81 werden die Förderkosten sowie weitere Kosten für Wartung, Versicherung, Stromkosten und Betriebskosten aufgelistet. Zusätzlich gibt es Fundamentierungsarbeiten und Montage, die in den Investitionskosten nicht enthalten sind. diese werden mit 20 % beaufschlagt. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh. Am Ende ergibt sich für die Förderung der POS Flakes mittels Schlauchgurtförderer ein Preis von 21,75 €/t.

| Investitionskosten Schlauchgurtförderer | | | | |
|--|------------------|------------------|---------------|--------------|
| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
| Schlauchgurtf. | 15 Jahre | - | 19.498.500 € | 6,50 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 3.899.700 € | 1,30 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 9,75 €/t |
| Dosierbunker | 25 Jahre | - | 115.000 € | 0,02 €/t |
| Wartung & Co. | - | 6 % | - | 0,03 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Stromkosten | spez.Kosten |
| Schlauchgurtf. | 302 kW x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 2,48 €/t |
| Schwingrinne | 4 kW x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,03 €/t |
| Personalkosten | | | | |
| Anzahl | Stunden pro Jahr | Kosten je h | | spez.Kosten |
| 5 | 1752 | 37,50 €/h | | 1,64 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 21,75 €/t | | |

Tabelle 5.81: Kosten Förderung POS- Flakes mittels Schlauchgurtförderer

5.6.1.2.3 Kosten Förderung von POS Flakes mittels Rail Running Conveyor

In der Tabelle 5.82 werden die Förderkosten sowie weitere Kosten für Wartung, Versicherung, Stromkosten und Betriebskosten dargestellt. Zusätzlich gibt es Fundamentierungsarbeiten und Montage, die in den Investitionskosten nicht enthalten sind. diese werden mit 20 % beaufschlagt. Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh. Am Ende ergibt sich für die Förderung der POS Flakes mittels Rail Running Conveyor ein Preis von 20,34 €/t.

Investitionskosten Rail Running Conveyor

| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
|-------------------|------------------|------------------|---------------|--------------|
| Rail Running Con. | 15 Jahre | - | 18.900.000 € | 6,30 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 3.780.000 € | 1,26 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 9,45 €/t |
| Dosierbunker | 25 Jahre | - | 115.000 € | 0,02 €/t |
| Wartung & Co. | - | 6 % | - | 0,03 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Stromkosten | spez.Kosten |
| Rail Running Con. | 196 kW x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 1,16 €/t |
| Schwingrinne | 4 kW x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,03 €/t |
| Personalkosten | | | | |
| Anzahl | Stunden pro Jahr | Kosten je h | | spez.Kosten |
| 5 | 1752 | 37,50 €/h | | 1,64 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 20,34 €/t | | |

Tabelle 5.82: Kosten Förderung POS- Flakes mittels Rail Running Conveyor

5.6.1.2.4 Kosten Förderung von POS Flakes mittels Strömungsförderer

In der Tabelle 5.83 werden die Förderkosten sowie weitere Kosten für Wartung, Versicherung, Stromkosten und Betriebskosten dargestellt. Zusätzlich gibt es Fundamentierungsarbeiten und Montage, die in den Investitionskosten nicht enthalten sind. diese werden mit 20 % beaufschlagt. **Im Unterschied zu den anderen Fördermitteln sind hier die Kosten für den Stahlbau, sowie die Systemzuführung und- abförderung nicht berücksichtigt. Annahme: Unter der Abschätzung, dass die gesamten Investitionskosten (also inklusive Stahlbau, Systemzuführung und -abführung) ähnlich zu denen der beiden anderen Fördermittel dieses Szenarios (18- 20 Mio. €) sind, würden sich Gesamtkosten von über 30 €/t ergeben.** Der Strompreis beträgt 0,25 €/kWh. Am Ende ergibt sich für die Förderung der POS- Flakes mittels Strömungsförderer ein berechneter Preis von 23,90 €/t.

Investitionskosten Strömungsförderer

| Beschreibung | Abschreibung | Zuschlag | Invest.Kosten | spez. Kosten |
|-----------------|------------------|------------------|---------------|--------------|
| Strömungsf. | 15 Jahre | - | 10.500.000 € | 3,50 €/t |
| Fundament & Co. | 15 Jahre | 20 % | 2.100.000 € | 1,26 €/t |
| Wartung & Co. | - | 10 % | - | 5,25 €/t |
| Dosierbunker | 25 Jahre | - | 115.000 | 0,02 €/t |
| Wartung & Co. | - | 6 % | - | 0,03 €/t |
| Energiekosten | | | | |
| Beschreibung | Leistung | Betriebsstunden | Strompreis | spez.Kosten |
| Strömungsf. | 1482 kW x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 12,17 €/t |
| Schwingrinne | 4 kW x 0,75 | 8760 h/Jahr | 0,25 €/kWh | 0,03 €/t |
| Personalkosten | | | | |
| Anzahl | Stunden pro Jahr | Kosten je h | | spez.Kosten |
| 5 | 1752 | 37,50 €/h | | 1,64 €/t |
| Gesamtkosten | | | | |
| | | 23,90 €/t | | |

Tabelle 5.83: Kosten Förderung POS- Flakes mittels Strömungsförderer

6 Zusammenfassung/ Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es, Förderanlagen und Kunststoffmaterialien für verschiedene Förderstrecken unter umwelttechnischen, logistischen und finanziellen Aspekten zu vergleichen. Dabei wurde wie folgt vorgegangen. Die Kunststoffmaterialien wurden analysiert und die Kosten der Herstellung dieser berechnet. Weiters wurden die Fördermittel miteinander verglichen um dieses spezielle Material zu transportieren. Es wurden die unterschiedlichen Förderstrecken analysiert. All diese Aspekte wurden in Kapitel 5 zusammengeführt und die Kosten pro Tonne berechnet. Als Übersicht dieser Ergebnisse dienen Tabelle 6.1 (POS-Pellets) und 6.2 (Vierkantballen).

6.1 Gesammelte Ergebnisse

In Tabelle 6.1 (POS-Pellets) und Tabelle 6.2 (Vierkantballen) ist eine Zusammenfassung der Gesamtkosten für Entladung, Förderung und Lagerung für sämtliche Szenarien/ Förderstrecken aufgelistet. Dabei wurden die Bezeichnungen aus Tabelle 6.3 als Abkürzungen

| Strecke | Szenario | POS-Pellets | | | | | Grad der Automatisierung |
|---------|----------|-------------|-------|-------|-------|----|--------------------------|
| | | RC | SGF | RRC | SB | SF | |
| 1 | 1 | 18,70 | 15,95 | 19,00 | - | - | 3 |
| 1 | 2 | - | - | - | 17,40 | - | 3 |
| 2 | 1 | - | - | - | 16,25 | - | 2 |
| 2 | 2 | - | - | - | - | - | 1 |
| 2 | 3 | 10,32 | 7,76 | 9,18 | - | - | 4 |
| 3 | 1 | - | 21,73 | 19,93 | - | - | 3 |
| 3 | 2 | - | - | - | - | - | 1-2 |
| 3 | 3 | - | 22,60 | 19,33 | - | - | 3 |
| 4 | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 1 | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 1 | - | - | - | - | - | - |

Tabelle 6.1: Gesamtkosten bei Lieferung von POS-Pellets Entladung, Lagerung und Förderung in €/t

der Fördermittel verwendet. Bei der Förderstrecke 4 (Alberner Hafen) wurde aufgrund von Platzverhältnissen eine Kunststoffanlieferung ausgeschlossen. Falls in Zukunft Kunststoffmaterial per Schiff angeliefert werden soll, stellt der Ölhafen Lobau eine ideale Anlieferposition dar, bei der auch noch zusätzlich per Bahn oder LKW angeliefert werden kann. Für die Anlieferung bei der Strecke 5 (Zementwerk) wurde nur von einer Hydraulischen Förderung ausgegangen. Nur wenige Unternehmen haben weltweit das Know-How solche Anlagen auszulegen. Unter anderem bietet sich hierbei die Firma Zeppelin an. Die bisher gebauten Anlagen dieser Firma waren aber eher in der Größenordnung von 3 km Länge und einem Volumenstrom von 100 m³/h. Da die Förderstrecke mit rund 20 km doch eine ganz andere Größenordnung besitzt, kann die Firma Zeppelin hierzu kein Angebot machen. Zeppelin ist aber bereit eine Zusammenarbeit mit der OMV einzugehen, und dieses Thema im Sinne einer bezahlten Machbarkeitsstudie gemeinsam zu erforschen.

| Strecke | Szenario | Vierkantballen | | | | | Grad der Automatisierung |
|---------|----------|----------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| | | RC | SGF | RRC | SB | SF | |
| 1 | 1 | 26,94 | 23,48 | 25,71 | - | - | 3 |
| 1 | 2 | - | - | - | 19,25 | - | 3 |
| 2 | 1 | - | - | - | 18,28 | - | 2 |
| 2 | 2 | 15,86 | 14,02 | 13,74 | - | - | 1 |
| 2 | 3 | - | - | - | - | - | 4 |
| 3 | 1 | - | 30,62 | 26,74 | - | - | 3 |
| 3 | 2 | - | 33,17 | 28,39 | - | - | 1-2 |
| 3 | 3 | - | - | - | - | - | 3 |
| 4 | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 1 | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 1 | - | 21,75 | 20,34 | - | 23,90 | - |

Tabelle 6.2: Gesamtkosten bei Lieferung von Vierkantballen für Entladung, Lagerung und Förderung in €/t

| Abkürzung | Bedeutung |
|-----------|-----------------------|
| RC | RopeCon-System |
| SGF | Schlauchgurtförderer |
| RRC | Rail-Running Conveyor |
| SB | Seilbahn |
| SF | Strömungsförderer |

Tabelle 6.3: Bedeutung der Abkürzungen

6.2 Material

Beim Vergleichen der Kosten in Tabelle 6.1 und 6.2 ist erkennbar, dass die Anlieferung der POS Pellets immer die günstigere Alternative zu den Vierkantballen in Bezug auf Entladung, Lagerung und Förderung sind. Die Differenzen liegen je nach Förderstrecke hier bei 3-9 €/t. Bei den Pellets sind jedoch auch die zusätzlichen Energiekosten von ca. 50 €/t pro Jahr für die Herstellung gegenüber den folierten Ballen zu berücksichtigen. Die Transportkosten sind für Pellets und folierte Ballen aber nahezu ident. Aus ökonomischer Sicht ist von einer Pelletierung der POS Flakes abzuraten. Aus technischer Sicht haben die Pellets einige Vorteile. Durch ihre Homogenität und gut anzunehmenden Fließfähigkeiten können die Pellets einfach gelagert und gefördert werden. Die Vierkantballen müssen vor der Aufgabe auf das Fördersystem mit einem Schredder aufgetrennt werden und liegen dann wieder als Flakes vor. Diese sind aufgrund ihrer geringen Dichte und der schlechten Fließigenschaften wieder schwieriger auf dem Fördermittel zu transportieren. Die Fördermittel müssen durch die großen Volumenströme der Flakes wiederum größer dimensioniert werden, wodurch die Investitionskosten wieder steigen. Trotzdem rechtfertigen die Kosteneinsparung von 3-9€/t und die bessere Handhabung der POS Pellets nicht die Mehrkosten von 50 €/t. Somit wird von den POS-Pellets als Transportform abgeraten und im weiteren Verlauf nicht mehr weiter betrachtet. Bei der Analyse der Transportkosten wurde die LKW-/ Bahnanlieferung von POS-Flakes durch Unwirtschaftlichkeit ausgeschlossen. Die Erzeugungskosten für die POS-Flakes sind zwar sehr gering, doch das Material hat eine sehr geringe Schüttdichte von 100 kg/m³ beim Transport mit der Bahn/ dem LKW, wodurch der Transport zu unwirtschaftlich wird. POS-Pellets und Vierkantballen sind in Bezug auf die Schüttdichte viel effizienter. In Tabelle 3.5 ist erkennbar, dass für Transport und Erzeugung die Pellets um 8 €/t und die Vierkantballen sogar um 60 €/t günstiger als die POS-Flakes sind. Bei Anlieferposition 3 ist jeweils das 1. Szenario mit der Bahnanlieferung angedacht. Hierzu müssen die Vierkantballen vor der Übergabe an das Fördersystem

mit einem Schredder aufgetrennt werden. Dadurch ergeben sich Zusatzkosten bei der Entladung, Lagerung und Förderung für die Vierkantballen von 8€/t im Vergleich zu den POS-Pellets. Bei den POS-Flakes werden durch die geringere Schüttdichte mehr Schüttgutcontainer benötigt. Dies äußert sich bei den POS-Flakes in zusätzlichen Kosten in Höhe von ca. 16 €/t im Vergleich zu den POS-Pellets. Die zusätzlichen Kosten für die erforderlichen Anlagen wie Plastkompaktor und Verdichterstation wurden nicht berücksichtigt. Es wird angenommen, dass sich das Ergebnis dabei nicht wesentlich ändert. Weiters treten für die Flakes im Vergleich zu Pellets/ Ballen logistisch noch zusätzliche Probleme auf, da durch die geringe Schüttdichte (von 100 kg/m³ auf Bahn/ LKW und 50 kg/m³ auf Förderanlagen) weit aus mehr LKW- Verkehr/ Waggons abgefertigt werden müssen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Wahl POS-Flakes auszuschließen, sich sowohl in technischer als auch wirtschaftlicher Hinsicht bestätigt. Bei den Förderstrecken 1 bis 3 wird ein Automatisierungsgrad angegeben. 1 steht dabei für einen geringen und 4 für einen hohen Automatisierungsgrad. Für die letzte Anlieferposition (Pretreatment Anlage) wird kein Automatisierungsgrad angegeben, da das Material hier schon vorliegt und nur noch gefördert wird. Die Entladung wurde an dieser Stelle nicht berücksichtigt.

6.3 Bahnentladung

An der Anlieferposition 1 und 2 wurde aufgrund der geringen Besiedelung auch die Förderung mittels Seilbahn und RopeCon- System berücksichtigt. Der Transport der Vierkantballen in Containern mit der Seilbahn von der Bahnentladestelle (Szenario 2) zur ReOil-Anlage ist die wirtschaftlich günstigste Alternative für die Förderstrecke 1 und sollte aus wirtschaftlicher Sicht bevorzugt werden. Die geringen Gesamtkosten kommen besonders durch die kostengünstige Lagerung zustande. Weiters ist von einem geringen Brandrisiko auszugehen, da die Ballen in den Innofreight Containern gelagert werden. Weiters ergibt sich der Vorteil, dass die Ballen erst unmittelbar vor der Konversionsanlage aufgetrennt werden müssen, und somit mit einer hohen Schüttdichte gefördert werden können. Weiters ist die Gefahr der Verschmutzung der Umwelt durch verloren gegangenes Material hier wohl am geringsten. Zur Be- und Entladung der Bahn mittels Portalkran wird nur ein Arbeiter benötigt. Der Automatisierungsgrad wird hier mit 3 definiert. Der gleiche Automatisierungsgrad gilt hier für Szenario 1 dieser Förderstrecke. Die Gesamtkosten für die Anlieferung der Vierkantballen ist jedoch um 4 bis 7 €/t höher als die beschriebene Seilbahnförderung. Zusätzlich müssen bei Szenario 1 auch die Verschmutzung des Gurtes und der Anlage mit Kunststoffmaterial berücksichtigt werden. Zusammenfassend kann hier eine Empfehlung für das Szenario 2, also die Förderung mittels Seilbahn als die geeignetste und effizienteste Lösung empfohlen werden.

6.4 Logistikzentrum

Bei Position 2 (Logistikzentrum) treten die geringsten Kosten und der höchste Automatisierungsgrad in Kombination mit der Anlieferung von POS-Pellets auf (Szenario 3). Doch durch die hohen Kosten der Herstellung und wirtschaftlichen Nachteile der Pellets wird dieses Szenario nicht empfohlen und damit ausgeschlossen. Bei der Anlieferung der Vierkantballen stellt dieses Szenario (Szenario 2) die günstigste Alternative dar, wobei aus ökonomischer Sicht die Förderung mittels Schlauchgurtförderer bzw. Rail Running Conveyor zu bevorzugen ist. Der Automatisierungsgrad ist aufgrund des Personals, das aufgrund der Manipulation der LKW 24/7 anwesend sein muss sehr gering. Ökonomisch gesehen stellt das zweite Szenario (Ballenlager mit Gurtfördersystem) die bessere Alternative dar. Wie bereits beschrieben stellt der geringe Automatisierungsgrad und die technischen Nachteile des Gurtförderers die größeren Probleme dar. Somit wird auch für diese Strecke die Seilbahnlösung als geeignetste Variante vorgeschlagen.

6.5 Ölhafen Lobau

Beim Ölhafen Lobau sind die Kosten für Förderung, Lagerung und Entladung um gut 10 €/t höher als die der ersten Anlieferposition. Dies ist auf die längere Förderstrecke zurückzuführen. Die kombinierte Anlieferung benötigt mehr Geräte und verursacht somit um 3 €/t erhöhte Kosten und einen geringeren Automatisierungsgrad. Aus ökonomischer Sicht wird hier ein Railrunning Conveyor bevorzugt. Die Anlieferung am Ölhafen Lobau ist dann sinnvoll, wenn die Anlieferung auf dem Wasserweg ausdrücklich erwünscht ist, da dies die einzige sinnvolle Anlieferposition für den Wasserweg ist. Sonst bietet der Ölhafen keine nennenswerten Vorteile zu den ersten beiden Anlieferpositionen.

6.6 Pretreatment-Anlage

Bei der Anlieferposition 6 (Pretreatment-Anlage) wurde nur die Förderung der POS-Flakes zum Dosierbunker vor der Koverersionsanlage berücksichtigt. Somit sind die Kosten in Tabelle 6.1 und Tabelle 6.2 nicht direkt mit denen der anderen Anlieferpositionen vergleichbar, da hier nur die Kosten für die Förderung des Kunststoffmaterials berücksichtigt sind. Schlauchgurtt Förderer und Railrunning Conveyor befinden sich preislich in einem ähnlichen Bereich. Die Kosten des Strömungsförderers sind wesentlich höher als die des Gurtt Förderers. Die Kosten in der Tabelle sind aufgrund von unterschiedlichen Angebotsumfängen nicht direkt vergleichbar. Die Kosten des Strömungsförderers werden pro Tonne noch stark ansteigen, wenn alle Kostenstellen eingerechnet werden. Die Kosten für diese Anlieferposition sind aufgrund der Länge der Strecke am höchsten. Ein Vergleich mit den anderen Anlieferpositionen ist nicht sinnvoll, da die Strecke von Simmering zur Pretreatmentanlage nur die Förderung berücksichtigt. Die Pre-Treatment Anlage wird zur Anlieferung von Kunststoffabfällen vom Großraum Wien benötigt und steht außer Konkurrenz zu den anderen Anlieferpositionen.

6.7 Empfehlung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Kosten bezüglich Entladung, Förderung und Lagerung für Vierkantballen für die ersten beiden Anlieferpositionen am geringsten sind. Weiters bieten diese Anlieferpositionen die Möglichkeit das Material in den Transportbehältern sehr gut zu lagern und effizient und mit geringen Umwelteinflüssen mit der Seilbahn zu transportieren. Es ist in Zukunft mit einer verstärkten Anlieferung per Bahn zu rechnen, wodurch die Anlieferung an Position 1 (Bahmentladung Borealis) sowie anschließende Förderung der Container mit der Seilbahn und darin befindliche Vierkantballen die beste Option darstellt und somit empfohlen wird. Sollte die Anlieferung per LKW gewünscht sein, bietet sich die 2. Anlieferposition per LKW und Transport per Seilbahn an.

7 Berechnung Gurtförderer

Um die Leistungsangaben der Förderanlagen der Zulieferer auf Plausibilität prüfen zu können, wurde für jede Förderstrecke eine Berechnung durchgeführt. Als Annahme diente dabei ein offener Gurtförderer. Die Daten der jeweiligen Förderstrecken wurden immer in Hinsicht auf Fördermenge/-volumen, Streckenlänge sowie die Topologie und das zu transportierende Material angepasst. Zum einen dienen die Ergebnisse aus der eigenen Berechnung dazu, eine richtige Größenordnung der Leistungen zu erarbeiten. Zum anderen war es aus Zeitgründen nicht möglich, dass jeder Hersteller für jedes Material und jede Förderstrecke ein eigenes Angebot erstellt. Daher wurden die Hersteller beauftragt ihre Daten für eine standardisierte Förderstrecke zu übermitteln. Anhand der eigenen Berechnungen konnte ein Umrechnungsfaktor zwischen der standardisierten Förderstrecke und der gewählten Förderstrecke ermittelt werden. Mit Hilfe dieses Umrechnungsfaktors konnten geeignete Leistungswerte für die einzelnen Förderstrecken ermittelt werden. Diese Leistungswerte wurden für die Berechnung der Stromkosten verwendet. Die Berechnung wurde durch das Handbuch von Continental zur Auslegung von Förderanlagen unterstützt [18]. Eine durchgeführte Berechnung für Förderstrecke 1 ist im Anschluss ersichtlich. Die Berechnung aller Förderstrecken liegt als Anhang bei [17].

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|------|---|----|
| 2.1 | Förderstrecke 1 [21] | 5 |
| 2.2 | Förderstrecke 2 [21] | 6 |
| 2.3 | Förderstrecke 3 [21] | 6 |
| 2.4 | Förderstrecke 4 [21] | 7 |
| 2.5 | Förderstrecke 5 [21] | 7 |
| 2.6 | Förderstrecke 6 [21] | 8 |
| 3.1 | POS-Flakes | 9 |
| 3.2 | POS-Flakes unter dem Lichtmikroskop | 10 |
| 3.3 | Ballenwickelmaschine für folierte und gepresste Ballen [28] | 11 |
| 3.4 | POS-Pellets | 11 |
| 4.1 | Strömungsförderer [15] | 17 |
| 4.2 | pneumatischer Förderer [25] | 19 |
| 4.3 | Gurtförderer [25] | 20 |
| 4.4 | Sandwichconveyor [25] | 21 |
| 4.5 | Ropecon [19] | 22 |
| 4.6 | Schlauchgurtförderer Ober- und Untertrum [25] | 23 |
| 4.7 | Gurtöffnungszone Schlauchgurtförderer [25] | 24 |
| 4.8 | Rail-Running Conveyor als offener Gurt [4] | 25 |
| 4.9 | Kopf- und Heckstationen sowie Wagen des Railrunningconveyors [4] | 25 |
| 4.10 | SICON Taschengurtförderer von Continental [18] | 27 |
| 4.11 | Materialseilbahn [25] | 28 |
| 4.12 | Bahn auf Schienen [25] | 29 |
| 4.13 | Becherwerk [25] | 30 |
| 4.14 | Schneckenförderer [25] | 31 |
| 4.15 | Trogkettenförderer [25] | 32 |
| 4.16 | Kratzeförderer [25] | 33 |
| 4.17 | Schüttelrutsche [25] | 34 |
| 4.18 | Stauscheibeförderer [25] | 35 |
| 4.19 | Übersicht der Fördermittel | 36 |
| 5.1 | Förderstrecke 1 - Bahnentladung Borealis [21] | 37 |
| 5.2 | Förderstrecke 1 RopeCon Doppelmayr [21] | 39 |
| 5.3 | Streckenverlauf Schlauchgurtförderer [1] | 40 |
| 5.4 | Streckenverlauf Rail- Running- Conveyor [4] | 41 |
| 5.5 | Förderstrecke 1 konventionelle Seilbahn (rot) und Standseilbahn (blau) [21] | 47 |
| 5.6 | Förderstrecke 1 konventionelle Seilbahn Seik [21] | 48 |
| 5.7 | Förderstrecke 2 Logistikzentrum (D) [21] | 51 |
| 5.8 | Förderstrecke 2 - Streckenführung Seilbahn Seik [21] | 53 |
| 5.9 | Förderstrecke 2 - Streckenführung Ropecon Doppelmayr [21] | 56 |
| 5.10 | Förderstrecke 2 - Streckenführung Schlauchgurtförderer Beumer [21] | 57 |
| 5.11 | Routenführung Rail- Running- Conveyor Förderstrecke 2 [4] | 59 |
| 5.12 | Streckenführung Ölhafen Lobau zur ReOil- Anlage [21] | 67 |
| 5.13 | Position der Stationären Entaldeeinrichtung [21] | 68 |
| 5.14 | Routenführung für die Zug-Entladung am Ölhafen-Lobau [21] | 69 |
| 5.15 | Routenführung Rail-Running-Conveyor Thyssenkrupp F3 [4] | 70 |
| 5.16 | Positionierung der Entladestationen [21] | 73 |

| | |
|---|----|
| 5.17 Momentane Situation am Alberner Hafen [21] | 78 |
| 5.18 Förderstrecke 5 [21] | 79 |
| 5.19 Streckenführung Simmering [21] | 81 |
| 5.20 Streckenführung Simmering Thyssenkrupp [4] | 82 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|------|--|----|
| 3.1 | Kostenaufstellung POS-Flakes auf LKW | 13 |
| 3.2 | Kosten POS-Pellets auf LKW | 13 |
| 3.3 | Kosten Vierkantballen auf LKW | 13 |
| 3.4 | Kostenübersicht zu den unterschiedlichen Transportformen mit der Eisenbahn | 14 |
| 3.5 | Kosten für Erzeugung und Transport unterschiedlicher Transportformen . . | 14 |
| | | |
| 5.1 | Förderströme bei Entladung der Container mit stationärer Einrichtung . . . | 38 |
| 5.2 | Eckdaten Doppelmayr Ropecon Förderstrecke 1 | 39 |
| 5.3 | Auf- und Abgabestelle Doppelmayr Ropecon Förderstrecke 1 | 40 |
| 5.4 | Eckdaten Beumer Schlauchgurtförderer Förderstrecke 1 [1] | 40 |
| 5.5 | Auf- und Abgabestelle Schlauchgurtförderer Beumer Förderstrecke 1 | 41 |
| 5.6 | Eckdaten Thyssenkrupp Railrunning- Conveyor Förderstrecke 1 | 42 |
| 5.7 | Auf- und Abgabestelle Thyssenkrupp Förderstrecke 1 | 42 |
| 5.8 | Kosten Förderung POS-Pellets RopeCon-System | 43 |
| 5.9 | Kosten Förderung POS-Pellets Schlauchgurtförderer | 43 |
| 5.10 | Kosten Förderung POS-Pellets Rail Running Conveyor | 44 |
| 5.11 | Kosten Förderung POS-Flakes RopeCon-System | 44 |
| 5.12 | Kosten Förderung POS-Flakes Schlauchgurtförderer | 45 |
| 5.13 | Kosten Förderung POS-Flakes Rail Running Conveyor | 45 |
| 5.14 | Gesamtkosten bei Förderung mittels RopeCon- System | 46 |
| 5.15 | Gesamtkosten bei Förderung mittels Schlauchgurtförderer | 46 |
| 5.16 | Gesamtkosten bei Förderung mittels Rail-Running-Conveyor | 46 |
| 5.17 | Eckdaten Bahnentladung Künze Förderstrecke 1 | 48 |
| 5.18 | Eckdaten Seik Materialeilbahn Förderstrecke 1 | 48 |
| 5.19 | Auf- und Abgabestelle Seik Förderstrecke 1 | 49 |
| 5.20 | Kosten Förderung von Containern mit POS-Pellets Seilbahn | 50 |
| 5.21 | Kosten Förderung von Containern mit Ballen mittels Seilbahn | 50 |
| 5.22 | Gesamtkosten bei Förderung mittels Seilbahn | 51 |
| 5.23 | Eckdaten Lagersystem Kronecranes Förderstrecke 2 | 52 |
| 5.24 | Eckdaten Materialeilbahn Seik Förderstrecke 2 | 52 |
| 5.25 | Auf- und Abgabestelle Seik Förderstrecke 2 | 53 |
| 5.26 | Kosten Förderung von Containern mit POS-Pellets Seilbahn | 54 |
| 5.27 | Kosten Förderung von Containern mit Ballen mittels Seilbahn | 55 |
| 5.28 | Gesamtkosten Förderung mittels Seilbahn | 55 |
| 5.29 | Eckdaten RopeCon Doppelmayr Förderstrecke 2 | 56 |
| 5.30 | Auf- und Abgabestelle RopeCon Doppelmayr Förderstrecke 2 | 57 |
| 5.31 | Eckdaten Schlauchgurtförderer Beumer Förderstrecke 2 | 57 |
| 5.32 | Auf- und Abgabestelle Schlauchgurtförderer Beumer Förderstrecke 2 | 58 |
| 5.33 | Eckdaten Railrunning- Conveyor Thyssenkrupp Förderstrecke 2 [4] | 58 |
| 5.34 | Auf- und Abgabestelle Railrunning Conveyor Thyssenkrupp Förderstrecke 2 | 58 |
| 5.35 | Kosten Förderung mittels RopeCon System | 60 |
| 5.36 | Kosten Förderung mittels Schlauchgurtförderer | 61 |
| 5.37 | Kosten Förderung mittels Railrunning Conveyor | 61 |
| 5.38 | Gesamtkosten Förderstrecke 2, Szenario 2, RopeCon | 62 |
| 5.39 | Gesamtkosten Förderstrecke 2, Szenario 2, Schlauchgurtförderer | 62 |
| 5.40 | Gesamtkosten Förderstrecke 2, Szenario 2, Rail Running Conveyor | 62 |
| 5.41 | Eckdaten Bunker NKF-Fördertechnik Förderstrecke 2 | 62 |

| | | |
|------|---|----|
| 5.42 | Eckdaten RopeCon- System Doppelmayr Förderstrecke 2 | 63 |
| 5.43 | Auf- und Abgabestelle RopeCon Doppelmayr Förderstrecke 2 | 63 |
| 5.44 | Eckdaten Schlauchgurtförderer Beumer Förderstrecke 2 | 63 |
| 5.45 | Auf- und Abgabestelle Schlauchgurtförderer Beumer Förderstrecke 2 | 63 |
| 5.46 | Eckdaten Rail-Running- Conveyor Thyssenkrupp Förderstrecke 2 | 64 |
| 5.47 | Auf- und Abgabestelle Rail-Running-Conveyor Thyssenkrupp F2 | 64 |
| 5.48 | Kosten Förderung mittels RopeCon System | 65 |
| 5.49 | Kosten Förderung mittels Schlauchgurtförderer | 65 |
| 5.50 | Kosten Förderung mittels Railrunning Conveyor | 66 |
| 5.51 | Gesamtkosten Förderstrecke 2, Szenario 2, RopeCon | 66 |
| 5.52 | Gesamtkosten Förderstrecke 2, Szenario 2, Schlauchgurtförderer | 66 |
| 5.53 | Gesamtkosten Förderstrecke 2, Szenario 2, Rail Running Conveyor | 66 |
| 5.54 | Eckdaten Schlauchgurtförderer Beumer Förderstrecke 3 [1] | 68 |
| 5.55 | Auf- und Abgabestelle Schlauchgurtförderer Beumer Förderstrecke 3 [1] | 69 |
| 5.56 | Eckdaten Rail-Running-Conveyor Thyssenkrupp Förderstrecke 3 [4] | 69 |
| 5.57 | Auf- und Abgabestelle Rail-Running-Conveyor Thyssenkrupp F3 | 70 |
| 5.58 | Kosten Förderung POS- Pellets mittels Schlauchgurtförderer | 70 |
| 5.59 | Kosten Förderung POS-Pellets Rail Running Conveyor | 71 |
| 5.60 | Kosten Förderung POS- Flakes mittels Schlauchgurtförderer | 71 |
| 5.61 | Kosten Förderung POS-Flakes Rail Running Conveyor | 72 |
| 5.62 | Gesamtkosten Förderstrecke 3, Szenario 1, Schlauchgurtförderer | 72 |
| 5.63 | Gesamtkosten Förderstrecke 3, Szenario 1, Rail Running Conveyor | 72 |
| 5.64 | Eckdaten Gurtförderer bei Förderung von POS-Flakes Förderstrecke 3 [1] [17] | 74 |
| 5.65 | Kosten Förderung POS- Flakes mittels Schlauchgurtförderer | 75 |
| 5.66 | Kosten Förderung POS-Flakes Rail Running Conveyor | 75 |
| 5.67 | Gesamtkosten Förderstrecke 3, Szenario 2, Schlauchgurtförderer | 75 |
| 5.68 | Gesamtkosten Förderstrecke 3, Szenario 2, Railrunning Conveyor | 76 |
| 5.69 | Eckdaten Bunker und Entladeplatz Förderstrecke 3 [14] [12] | 76 |
| 5.70 | Eckdaten Gurtförderer bei Förderung von POS-Pellets Förderstrecke 3 [1] [17] | 76 |
| 5.71 | Kosten Förderung POS- Pellets mittels Schlauchgurtförderer und Gurtförderer in kombinierter Anwendung | 77 |
| 5.72 | Kosten Förderung POS-Pellets Rail Running Conveyor in Kombination mit Gurtförderer | 77 |
| 5.73 | Gesamtkosten Förderstrecke 3, Szenario 3, Schlauchgurtförderer | 78 |
| 5.74 | Gesamtkosten Förderstrecke 3, Szenario 3, Railrunning Conveyor | 78 |
| 5.75 | Eckdaten Beumer Förderstrecke 6 Flakes [1] | 81 |
| 5.76 | Be- und Entladestelle Beumer Förderstrecke Simmering | 82 |
| 5.77 | Eckdaten Thyssenkrupp Förderstrecke 6 Flakes [4] | 83 |
| 5.78 | Be- und Entladestelle Thyssenkrupp Förderstrecke 6 [4] | 83 |
| 5.79 | Eckdaten Zeppelin Förderstrecke 6 Flakes | 83 |
| 5.80 | Be- und Entladestelle des Strömungsförderers Förderstrecke Simmering | 83 |
| 5.81 | Kosten Förderung POS- Flakes mittels Schlauchgurtförderer | 84 |
| 5.82 | Kosten Förderung POS- Flakes mittels Rail Running Conveyor | 85 |
| 5.83 | Kosten Förderung POS- Flakes mittels Strömungsförderer | 85 |
| 6.1 | Gesamtkosten bei Lieferung von POS-Pellets Entladung, Lagerung und Förderung in €/t | 86 |
| 6.2 | Gesamtkosten bei Lieferung von Vierkantballen für Entladung, Lagerung und Förderung in €/t | 87 |
| 6.3 | Bedeutung der Abkürzungen | 87 |

Literatur

- [1] *Angebot Fa. Beumer- siehe Anhang.*
- [2] *Anhang Fa. Beumer.* 2022.
- [3] *Anhang- Angebot Künze.* 2022.
- [4] *Anhang- Angebot Thyssenkrupp.* 2022.
- [5] *Anhang- Angebot Zeppelin.* 2022.
- [6] *Auskunft Fa Eurec Environmental Technology GmbH.* Accessed: 2022-03-28.
- [7] *Auskunft Fa. Continental.* Accessed: 2022-05-31.
- [8] *Auskunft Fa. Doppelmayr.* Accessed: 2022-06-09.
- [9] *Auskunft Fa. Erema.* Accessed: 2022-05-3.
- [10] *Auskunft Fa. Innofreight.* Accessed: 2022-03-16.
- [11] *Auskunft Fa. KoneCrane.* Accessed: 2022-05-15.
- [12] *Auskunft Fa. NKF-Fördertechnik.* Accessed: 2022-06-02.
- [13] *Auskunft Fa. Seik.* Accessed: 2022-06-07.
- [14] *Auskunft Fa. Strabag.* Accessed: 2022-06-03.
- [15] *Auskunft Fa. Zeppelin.* Accessed: 2022-06-22.
- [16] *Ballenwickelmaschine CW 2200- Cross Wrap.* <https://crosswrap.com/de/ballenwickelmaschine-cw-2200/>. Accessed: 2022-05-18.
- [17] *Berechnung Gurtförderer, siehe Anhang.* 2022.
- [18] *Continental Broschüre.* <https://www.continental-industry.com/getmedia/ceea3769-6b32-4853-917d-bd7c8f1fbce7/CBG6238-En-Sicon.pdf>. Accessed: 2023-03-28.
- [19] *Fa. Doppelmayr.* <https://www.doppelmayr-mts.com/solutions/ropeconr/>. Accessed: 2023-03-28.
- [20] *Gewerbe Tarifkalkulator.* <https://www.e-control.at/industrie/service-beratung/gewerbe-tarifkalkulator#/>. Accessed: 2022-05-25, Bezirk Schwechat, Jahresverbrauch: 100.000kWh.
- [21] *GoogeEarth.* <https://www.google.com/intl/de/earth/>. Accessed: 2022-12-13.
- [22] Christoph Gschwandtner. *Masterarbeit.* 2023.
- [23] Peter Kogler. *Bachelorarbeit Stroemungsfoererer.* 2020.
- [24] Kontaktliste. *Kontaktdaten siehe Anhang.*
- [25] Dipl.-Ing. Dr.mont. Michael Prenner. *Skript Vorlesung Stetige Fördersysteme.* 2022.
- [26] *ReOil- OMV.* <https://www.omv.com/de/innovationen/kreislaufwirtschaftsloesungen/recyclingtechnologien>. Accessed: 2022-12-13.
- [27] *Statistik Austria.* <https://www.statistik.at/statistiken/arbeitsmarkt/arbeitskosten-und-tariflohnindex/arbeitskosten/arbeitskosten>. Accessed: 2022-06-08.
- [28] *WMS- Kanalbellenpressen von Paal.* <https://www.et-z.at/produkte/presstationen/schuettgutverdichter/>. Accessed: 2022-05-18.

- [29] Marlis Zöhler. *Masterarbeit: Logistik und Lagerhaltung für eine polyolefin- und polystyrolreiche Kunststofffraktion für den Einsatz in einer thermisch-chemischen Konversionsanlage im Verbund mit einer Raffinerie*. 2014.

| | | |
|----------------------|---------------------------|---|
| Strecke | Bahnentladung- Lagerhalle | |
| Länge | 1840 m | |
| Materialschüttdichte | 480 kg/m ³ | Pellets |
| Maximale körngröße | 20 mm | |
| Menge pro Jahr | 200000 t | |
| Förderstrom | 25 t/h | |
| Förderhöhe | 18 m | |
| Förderzeit | 24 h/day | |
| Anzahl d.Tage | 365,25 day/year | 250 Arbeitstage oder 365,25 tage pro Jahr |

Berechnung Gurtförderer

Zur Berechnung wurde das Taschenbuch von Continental-Berechnungen zu Hilfe gezogen. Diese Excel Mappe dient als Vorlage für einen gemuldeten Gurt.

Eingabe

Berechnungsergebnis

Notiz

| Benennung | Formelzeich | Wert | Einheit | Infos |
|-------------------------|------------------------|------------|-------------------|--|
| Schüttdichte | ρ | 480,000 | kg/m ³ | (Grobes Agglomerat) |
| | ρ | 0,480 | t/m ³ | |
| Maximale Korngröße | k | 20,000 | mm | (Pellets =20mm, Flakes=60mm) |
| Maximale Entladedauer | $t_{\text{Entladung}}$ | 24,000 | h | Entladedauer durch das Entladesystem vorgegeben. Diese sollte so kurz als möglich gehalten werden. |
| Arbeitstage | | 250,000 | Tage /Jahr | |
| Menge | m_{Jahr} | 200000,000 | t/jahr | |
| Arbeitsstunden pro Tag | | 24,000 | h/Tag | (2-Schichtbetrieb) |
| Länge der Förderstrecke | | 1840,000 | m | Grob abgeschätzte Länge |
| Jahre in Betrieb | | 50,000 | Jahre | (nur Wichtig für die Gurtdickenberechnung) |

Berechnung Zug

| | | | | |
|----------------------------|-----------------------------|--------|----------------|---------------------------|
| Volumen Container | $V_{\text{container}}$ | 37,000 | m ³ | 20 ft-Container High Cube |
| Container pro Doppelwaggon | $n_{\text{Container/Wagg}}$ | 4,000 | Stk | |
| Anzahl der Waggons | n_{Waggone} | 14,000 | Stk | |
| Eigengewicht Container | | 3,000 | t | |

$$V_{Zug} = V_{Container} * \frac{n_{Container}}{n_{Waggon}} * n_{Waggon}$$

| | | | |
|-----------------------|-----------|----------|----------------|
| Gesamtvolumen pro Zug | V_{Zug} | 2072,000 | m ³ |
|-----------------------|-----------|----------|----------------|

$$m_{Zug} = V_{Zug} * \rho$$

| | | | |
|---------------------|-----------|------------|----|
| Gesamtmasse pro Zug | m_{Zug} | 994560,000 | kg |
|---------------------|-----------|------------|----|

Massen-/ Volumenstrom

$$Q_m = \frac{m_{Zug}}{1000 * t_{Entladung}}$$

| | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------|---|
| Massenstrom | Q_m | 25,000 t/h | Der Bunker bei der Zugentladestation sollte möglichst klein gehalten werden. |
| | $Q_v = \frac{Q_m * 1000}{\rho}$ | | |
| benötigter Volumenstrom | Q_v | 52,083 m ³ /h | Das gesamte Material soll direkt abtransportiert werden. |
| Möglicher Volumenstrom mit gewähltem Gurt | Q_{v-max} | 54,475 m ³ /h | Berechnung von Q_{v-max} erfolgt im Abschnitt "Förderkapazität" und muss mit dem benötigten Volumenstrom Q_v abgeglichen werden |

| Richtwerte für maximale Fördergutströme: | Q_v [m ³ /h] | Q_m [t/h] | |
|--|---------------------------|-------------|---|
| Gurtförderer: | 25000 | 40000,000 | Durch die geringe Schüttdichte werden die Grenzwerte nicht erreicht |
| Schlauchgurtförderer | 2500 | 2500,000 | |

Gurtberechnung

| | | | | |
|------------|---|---------|----|---|
| Gurtbreite | B | 400,000 | mm | max. 6400mm (Stahlseilgurt) 400 bis 2000 mm (Textilgurt) |
|------------|---|---------|----|---|

Fördergeschwindigkeit

v

1,500 m/s

gewählt (normale Einsatzbedingungen und Fördergüter)(feine, leichte Schüttgüter sollten eher mit niedrigeren Fördergeschwindigkeiten transportiert werden) (siehe S.23-Foto- nicht höher als 1,5 für Hausmüll)

Verwendung eines gemuldeten Gurtes

Tragrollen-
mantelfläche

l

160,000 mm

3- Teileige Muldungsform siehe Tabelle "Übliche Tragrollen-
Mantellängen in mm"
(abhängig von Gurtbreite)

Tragrollendurchmesser

D_R

0,089 m
0,156 m
0,180 m

Pufferring- Rollendurchmesser
Stützringrollendurchmesser

Tabelle "Übliche
Tragrollendurchmesser
abgelesen werden"

$$n_R = \frac{v * 60}{\pi * D_R}$$

Tragrollendrehzahl

n_R

322,309 min-1

600-700 U/min dürfen nicht überschritten werden

$$l_0 = 5 * (k * \rho)^{-0,2}$$

Tragrollenabstand
Obertrum

l_0

3,181

$l_{ogewählt}$

1,000 m

ρ in t/m^3 , k in mm

$$l_u = 3 * l_0$$

Tragrollenabstand
Untertrum

l_u

3,000 m

Förderkapazität

$$b = 0,9 * B - 50mm$$

für Gurte <2000mm

| | | | |
|---------------------------------------|-----------|----------------------|--|
| nutzbare Gurtbreite | b | 310,000 mm | |
| Muldungswinkel | λ | 40,000 ° | |
| Neigungswinkel des Förderers | δ | 8,000 ° | |
| Füllungsgrad durch geneigte Förderung | ϕ_1 | 0,970 [1] | für eine geneigte Förderung bei gegebenem δ |
| | | | von Seite 32 (Foto/Tabelle) |
| | | | - abhängig von Muldungswinkel, Schüttwinkel und Gurtbreite |
| Füllquerschnittsfläche | A | 0,010 m ² | |

$$Q_V = A * \phi * v * 3600$$

| | | | |
|---|-------------|--------------------------|--|
| Möglicher Volumenstrom durch gewählten Gurt | Q_{V-max} | 54,475 m ³ /h | Möglicher Volumenstrom bei gewähltem Phi |
| zum Vergleich: der benötigte Volum | Q_V | 52,083 m ³ /h | $Q_V < Q_{V-max}$ muss gelten, damit der Gurt nicht überfüllt ist. Q_V finden Sie im Abschnitt Volumenstrom. |

| | | | |
|--|-------------|----------------|---|
| Möglicher Massenstrom bei gewähltem Gurt | Q_{m-max} | 26148,096 kg/h | Dieser Wert soll in weitere Berechnungen einfließen |
| | Q_{m-max} | 26,148 t/h | |

Berechnung des Gurtförderers

$$m_L' = \frac{Q_m}{3,6 * v} \text{ in kg/m}$$

| | | | |
|---------------------------------|----------|------------|--|
| Masse des Fördergutes pro Meter | m_L' | 4,842 kg/m | |
| | m_{ro} | 7,300 kg | Diese Werte findet man in der Tabelle "Richtwerte von Massen der drehenden Teile von Tragrollen (Muldensätze)" |
| | m_{ru} | 7,300 kg | |

$$m_R' = \frac{m_{RO}}{l_o} + \frac{m_{Ru}}{l_u} \text{ in kg/m}$$

Bewegte Massen
der Tragrollen

m_R' **9,733** kg/m

Abhängig von Gurtbreite
und Rollendurchmesser

$$m'_{R,red} = 0,9 * m_R'$$

Auf die
Gurtgeschwindigkeit
reduzierte Masse

$m'_{R,red}$ **8,760** kg/m

der Rollen pro Meter

Auf die Gurtgeschwindigkeit
reduzierte Masse der Rollen für
den gesamten Förderer

$m_{R,red}$ **16118,400** kg

Masse des Fördergurtes

| | | | |
|---|----------|-----------------------------------|---|
| Dichte der Deckschichten | ρ_D | 1100,000 kg/m ³ | Bei Änderung des Gurtes sind diese Werte aus der Tabelle von Seite 97 abzulesen normal & Klasse1 (Seite 109) gewählt EP 400/3 laut S 108 |
| Richtwert für Abrieb | s_w | 0,800 mm | |
| Dicke des Zugträgers (Gurtkern) | s_z | 3,200 mm | |
| Masse des Zugträgers (ohne Deckplatte) | m_z' | 3,600 kg/m ² | |
| Mindestplattendicke | | 2,000 mm | |

$$s_2 \geq \text{Mindestplattendicke} + \frac{3,6 * v * s_w * t}{200 * L}$$

Deckplattendicke auf
Tragseite

s_2 **5,522** mm

Siehe Seite 109

s_3 **2,000** mm

Nennfestigkeit der
Verbindung

k_{NV} **250,000** N/mm

müsste sich bei Änderung des
Gurtes
auch mitändern (Seite 97)

Zugfestigkeit des
Gurtes

$\sigma_{Gurt-max}$ **100000,000** N

Gurtbreite

B **0,400** m

$$m_D'' = \rho_D * (s_2 + s_3)$$

| | | | |
|---|---------|--------|-------------------|
| Masse des Gurtzug-trägers (Deckschichten) | m_D'' | 8,274 | kg/m ² |
| Masse des Gesamten Gurtes | m_g'' | 11,874 | kg/m ² |
| Masse des gesamten Gurtes pro Meter | mg' | 4,750 | kg/m |

| | | | |
|-----------------------------|---|-------|-----|
| fiktiver Widerstandsbeiwert | f | 0,014 | [1] |
|-----------------------------|---|-------|-----|

Werte aus Tabelle auf S.42
"Richtwerte für f*"

f ist abhängig von der Fördergeschwindigkeit

da, geringe Anlagensteigung $\delta < 18^\circ$

Siehe Seite 44

| | | | |
|------------------------|---------------|-------|-----|
| Anlagensteigungsfaktor | $\cos \delta$ | 1,000 | [1] |
|------------------------|---------------|-------|-----|

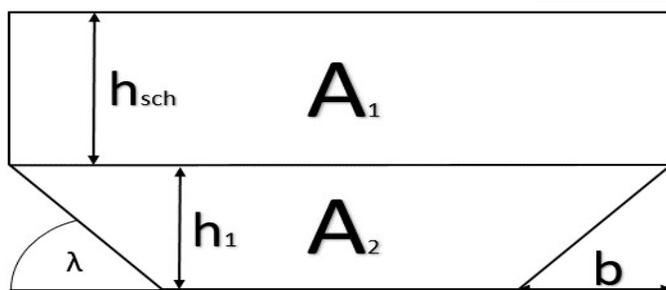
$$F_H = f * L * [m'_R + (2 * m'_R + m'_L) * \cos \delta] * g$$

| | | | |
|-----------------|-------|----------|---|
| Hauptwiderstand | F_H | 8602,665 | N |
|-----------------|-------|----------|---|

| | | | |
|--|-------|-------|-----|
| Relativgeschwindigkeit des Fördergutes bei der Aufgabe | v_0 | 0,000 | m/s |
|--|-------|-------|-----|

$$F_{Na} = \frac{Q_m}{3,6} * (v - v_0) \text{ in N}$$

| | | | |
|---------------------------|----------|--------|---|
| Beschleunigungswiderstand | F_{Na} | 10,895 | N |
|---------------------------|----------|--------|---|



| | | | |
|---------------------------|---|-------|----|
| Breite des schrägen Teils | b | 2,553 | mm |
|---------------------------|---|-------|----|

| | | | |
|---------------------------|-------|-------|----|
| Höhe des gemuldeten Teils | h_1 | 2,143 | mm |
|---------------------------|-------|-------|----|

| | | | |
|---------------------------|-------|---------|-----------------|
| Untere Querschnittsfläche | A_1 | 291,155 | mm ² |
|---------------------------|-------|---------|-----------------|

| | | | |
|--------------------|-----------|--------|----|
| Förderaufschüttung | h_{sch} | 61,226 | mm |
|--------------------|-----------|--------|----|

Fördergutaufschüttung
zwischen den seitlichen
Schüttleisten

h_{sch}

| | |
|--------------|---|
| 0,061 | m |
|--------------|---|

$$F_{NSch} = 2000 * v^2 * h_{Sch}^2 * \rho$$

Reibungswiderstand

F_{NSch}

| | |
|--------------|---|
| 8,097 | N |
|--------------|---|

$$F_{Nr} = 1500 * B \text{ in } N$$

B in m

Reibungswiderstand von
Gurtreinigungseinrichtungen

F_{Nr}

| | |
|----------------|---|
| 600,000 | N |
|----------------|---|

$$F_N = F_{Na} + F_{NSch} + F_{Nr}$$

Nebenwiderstand

F_N

| | |
|----------------|---|
| 618,992 | N |
|----------------|---|

$$C = \frac{F_H + F_N}{F_H}$$

Längenbeiwert

C

| | |
|--------------|-----|
| 1,072 | [1] |
|--------------|-----|

Förderhöhe

H

| | |
|---------------|---|
| 18,000 | m |
|---------------|---|

$$F_{St} = H * m'_L * g$$

Steigungswiderstand

F_{St}

| | |
|----------------|---|
| 855,043 | N |
|----------------|---|

Sturzstellung

F_{gSturz}

5,055 N

F_1

1,618

$F_{widerstand \text{ pro } s}$

0,001 N

Anzahl der Stühle
mit Sturz entlang
der gesamten Strecke

i

1226,667 [1]

jeder 3. Tragstuhl hat Sturz

Sonderwiderstände

F_S

| | | |
|-------|---|---|
| 1,209 | N | z.B. durch auf Sturz gestellte Tragrollen, Fördergutführungsleisten, Abstreifer |
|-------|---|---|

$$F = F_H + F_N + F_{St} + F_S$$

Bewegungswiderstand

des Gurtförderers

F

10077,908 N

Sicherheit

S

9,923 [1]

Antriebsleistung

$$P_{TR} = \frac{F}{1000} * v$$

Abtriebsleistung

P_{TR}

| | | |
|--------|----|------------|
| 15,117 | kW | laut S. 49 |
|--------|----|------------|

mechanischer Wirkungsgrad

η

| | | |
|-------|-----|--|
| 0,940 | [1] | Wert aus Tabelle "Richtwerte mechanischer Wirkungsgrad" auf S.49- gewählt für Motoren mit Zwischengetriebe |
|-------|-----|--|

$$P_M = \frac{P_{TR}}{\eta}$$

Installierte

Antriebsleistung

P_M

16,082 kW

Strompreis

K_{kWh}

| | | |
|--------|----------|---------------------------|
| 25,000 | cent/kWh | laut (bdew.de 25.05.2022) |
|--------|----------|---------------------------|

$$K_{Gesamtzug} = P_M * K_{kWh} * \frac{t_{Entladung}}{100c/€}$$

Stromkosten pro Zugentladung

K_{Gesamtzug}

| | |
|--------|---|
| 96,491 | € |
|--------|---|

$$K_{Tonne} = \frac{K_{Gesamtzug}}{m_{Zug}}$$

| | | |
|-----------------------|--------------------|---------|
| Stromkosten pro Tonne | K_{Tonne} | 0,097 € |
|-----------------------|--------------------|---------|

$$K_{\text{Jahr}} = K_{\text{Tonne}} * m_{\text{Jahr}}$$

Gesamtstromkosten pro Jahr

| | |
|-------------------|---------|
| K_{Jahr} | 19404 € |
|-------------------|---------|

$$i_{\text{Züge/Jahr}} = \frac{m_{\text{Jahr}}}{m_{\text{Zug}}}$$

| | | |
|----------------------|-------------------|--------------|
| Anzahl Züge pro Jahr | $i_{\text{Züge}}$ | 201,094 Züge |
|----------------------|-------------------|--------------|

$$t_{\text{Betrieb}} = i_{\text{Züge/Jahr}} * t_{\text{Entladung}}$$

| | | |
|--------------------------|----------------------|------------|
| Betriebsstunden pro Jahr | t_{Betrieb} | 4826,255 h |
|--------------------------|----------------------|------------|

Mindestgurtzugkraft und Durchhang

$$T_{\text{min}} = \frac{(m_L' + m_G') * g * l_0}{8 * h_{\text{rel}}} \text{ in N}$$

h_{rel} darf den Wert 0,01 nicht übersteigen, da sonst mit einem erhöhten Bewegungswiderstand gerechnet werden muss.

| | | |
|---------------------|------------------|------------|
| Durchhangverhältnis | h_{rel} | 0,010 [1] |
| Mindestgurtzugkraft | T_{min} | 1176,195 N |

$$T_2 = T_{\text{min}}$$

| | | |
|-----------------------|------------------|-------------|
| Gurtvorspannkraft | T_2 | 1176,195 N |
| Maximale Gurtzugkraft | T_{max} | 11254,103 N |

| | | |
|---------------------------------------|--|-----------|
| Sicherheit bei maximaler Gurtzugkraft | | 8,886 [1] |
|---------------------------------------|--|-----------|

$$k_{\text{max}} = \frac{T_{\text{max}}}{B} \text{ in N/mm}$$

| | | |
|---|------------------|-------------|
| Maximal benötigte Verbindungsfestigkeit | k_{max} | 28,135 N/mm |
|---|------------------|-------------|

$$k_{NV} = k_{max} * S \text{ in N/mm}$$

Sicherheit

S

10,000 [1]

statische
Verbindungsfestigkeit

k_{NV}

| | | |
|---------|------|--|
| 281,353 | N/mm | Vergleichswert für die Gurtauswahl für die Nennfestigkeit der Verbindung |
|---------|------|--|