



Universität für Bodenkultur Wien

Monetäre Stärken von Kompost

Amortisierung einer Kompostierungsanlage und der
Produktionskosten des Kompostes durch Verringerung des
Handelsdüngereinsatzes am Beispiel eines Modellbetriebes

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades Diplom-Ingenieur
an der Universität für Bodenkultur Wien

Verfasser

Jakob Erasmus, Bakk. techn.

Betreuer

Univ.Prof. DI Dr. Jochen Kantelhardt

Ass.Prof. DI Dr. Michael Eder

Wien, November 2016

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzen Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe.

Ort, Datum

Verfasser: Jakob Erasmus

“Der höchste Lohn für unsere Bemühungen ist nicht das,
was wir dafür bekommen, sondern das,
was wir dadurch werden”

John Ruskin
Schriftsteller, Maler, Sozialphilosoph
1819 – 1900

„Am Ende stellt sich die Frage: Was hast du aus deinem Leben gemacht?
Was du dann wünschst, getan zu haben, das tue jetzt.“

Erasmus von Rotterdam
Holländischer Theologe, Philologe und Humanist
1469 - 1536

Danksagung

Allem voran möchte ich mich ganz herzlich bei Univ.Prof. DI Dr. Jochen Kantelhardt und Ass.Prof. DI Dr. Michael Eder für die Betreuungsarbeit beim Erstellen dieser Masterarbeit bedanken.

Ein weiterer großer Dank gilt meiner Familie, die mir aufmunternd zur Seite stand und stets meine Bemühungen in dieser Arbeit unterstützte.

Ich bedanke mich sehr herzlich bei der Familie des Modellbetriebes, welche durch die Bereitstellung der Daten diese Masterarbeit erst ermöglichte.

Ein Dankeschön geht auch an Herrn Robert Tulnik von der Arge Kompost und Biogas für die Unterstützung mit zahlreichen fachspezifischen Informationen.

Auch allen weiteren Informationsquellen gebührt ein großes Dankeschön.

Ebenso bedanke ich mich bei allen Studienkollegen und Freunden, die mir mit Rat und Tat zur Seite standen.

Kurzfassung

Bei der Weiterverarbeitung von produzierten Produkten kommt es auf landwirtschaftlichen Gemüseanbaubetrieben aufgrund gegebener Qualitätskriterien zu Ausleseprodukten. Diese können durch den Vorgang der Kompostierung wieder dem Nährstoffkreislauf des Betriebes zurückgeführt werden. Dadurch wird der Einsatz von externen Mineraldüngern reduziert und die am Betrieb vorhandenen Nährstoffe werden erneut eingesetzt.

Anhand eines Modellbetriebes welcher real existiert wurde ein Modell mit drei unterschiedlichen Ausprägungen erstellt. Die Modellvarianten unterscheiden sich aufgrund der verwendeten Strukturmaterialien die bei der Kompostierung eingesetzt werden. In Variante Eins wird ausschließlich Weizenstroh verwendet. Dieses wird in der zweiten Variante nur zehn Monate genutzt und die restlichen zwei Monate kommt Maisstroh zur Verwendung. In der Dritten Variante teilt sich die Strukturmaterialmenge zu gleichen Teilen auf Weizenstroh und Strauchschnitt auf. Die Ergebnisse der einzelnen Modellvarianten dienen dem Modellbetrieb als Entscheidungsgrundlage für die Investition in eine Kompostierungsanlage.

Die in den Ausleseprodukten enthaltenen Nährstoffe werden zu Handelsdüngerpreisen bewertet und fungieren als Erlöse. Diese sollen die Baukosten einer Kompostierungsanlage und die Betriebskosten des Kompostierungsprozesses abdecken. Die jährlich anfallenden Kompostierungskosten übersteigen jedoch in allen drei Varianten die vorhandenen Erlöse. Es ergibt sich ein jährlicher Verlust von -15.429 € in Variante Eins, -18.933 € in Variante Zwei und -10.975 € in Variante Drei.

Eine durchgeführte Humusbilanzierung zeigt jedoch, dass die Ausbringung des Kompostes trotz Strohentnahme positive Auswirkungen auf die Humusbilanz hat. Aufgrund der negativen Endergebnisse in den einzelnen Modellvarianten wäre eine monetäre Bewertung der positiven Nebeneffekte des Kompostes eine Möglichkeit, den kalkulierten Wert dessen zu steigern.

Abstract

Current quality standards on agricultural products are the reason for a critical amount of vegetables that can't be sold or processed further. These products though could re-enter the nutrient cycle through the process of composting. This would reduce the use of external mineral fertilizers, and on the plant available nutrients could be used again.

A model with three different forms was created, based on an existing agricultural business. These models differ in the base materials used for composting which is wheat straw for the first version. Ten months of wheat straw and two months of corn stover are used in the second version. For the third variant, wheat straw and shrub cuttings are used equally. A possible investment in a composting plant will be evaluated upon the results of these three models.

Revenue is evaluated by rating the gained nutrients at commercial fertilizer prices. At best this should cover the cost of construction and operation of the composting plant. Unfortunately, the yearly costs exceed the available revenues in all three cases. The annual losses are € -15,429 in version one, € -18,933 in version two and € -10,975 in version three.

However, a conducted study on humus accounting shows that the application of compost in spite of straw removal has beneficial effects on the humus balance. Due to the negative end results in the three model variants, a monetary evaluation of such positive side effects, might be a possibility to raise the calculated compost value.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis.....	X
Abbildungsverzeichnis.....	XII
1 Einleitung.....	1
1.1 Einführung.....	1
1.2 Ziel der Arbeit.....	2
2 Kompostierung.....	3
2.1 Definitionen	3
2.2 Einleitung	3
2.3 Ausgangsmaterialien	4
2.4 Kohlenstoff/Stickstoff (C/N) Verhältnis.....	5
2.5 Wassergehalt	5
2.6 Sauerstoff.....	6
2.7 Materialaufbereitung und Aufsetzen der Miete	6
2.8 Kompostierungsprozess	7
2.9 Verwendete Geräte	10
2.10 Ausbringung	11
2.10.1 Technik	11
2.10.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen.....	12
2.10.3 Nährstoffverfügbarkeit	13
2.11 Bauliche und technische Anforderungen an den Kompostplatz	14
2.12 Emissionen beim Betreiben einer Kompostanlage.....	16
3 Betriebswirtschaftliche Aspekte	16
3.1 Maschinenkostenkalkulation.....	16
3.1.1 Methodische Grundlage	16
3.1.2 Fixe Kosten	17
3.1.3 Variable Kosten.....	19
3.2 Investitionsrechnung	19

4	Modell	21
4.1	Modellbetrieb.....	21
4.2	Modellvarianten.....	21
4.3	Modellkalkulation anhand der Modellvariante Eins	23
4.3.1	Abfall- und Strukturmaterial.....	24
4.3.2	Weitere Leistungen	28
4.3.3	Kompostanlage	28
4.3.4	Kompostierungsprozess.....	34
4.3.4.1	Verwendete Maschinen / Maschinenkosten	34
4.3.4.2	Strukturmaterial (Weizenstroh) Bergung.....	36
4.3.4.3	Strohverteilung im Vormischplatz.....	39
4.3.4.4	Kompostmieten aufsetzen	40
4.3.4.5	Kompostmieten wenden	43
4.3.4.6	Kompostmieten befeuchten	44
4.3.4.7	Kompostmieten entfernen.....	45
4.3.4.8	Kompostausbringung.....	47
4.3.5	Humusbilanzierung.....	48
4.3.6	Annahme des Kompostzukaufes	51
4.4	Modellvariante Zwei	53
4.4.1	Kalkulierung der Strukturmaterialmenge.....	53
4.4.2	Nährstoffe der Materialien und Nährstoffbewertung.....	54
4.4.3	Weitere Leistungen	56
4.4.4	Kostenposition Kompostanlage	56
4.4.5	Maschinenkosten	58
4.4.6	Kostenposition Strukturmaterial bergen.....	58
4.4.7	Kostenposition Strohverteilung im Vormischplatz	60
4.4.8	Kostenposition Kompostmiete aufsetzen.....	62
4.4.9	Kostenposition Kompostmiete wenden.....	62
4.4.10	Kostenposition Kompostmiete befeuchten.....	63
4.4.11	Kostenposition Kompostmiete entfernen	63
4.4.12	Kostenposition Kompost ausbringen	64

4.4.13	Humusbilanzierung.....	64
4.4.14	Annahme des Kompostzukaufes	66
4.5	Modellvariante Drei	67
4.5.1	Kalkulierung der Strukturmaterialmenge.....	67
4.5.2	Nährstoffe der Inputmaterialien und Nährstoffbewertung.....	68
4.5.3	Weitere Leistungen	69
4.5.4	Kostenposition Kompostanlage	69
4.5.5	Maschinenkosten	71
4.5.6	Kostenposition Strukturmaterial bergen.....	71
4.5.7	Kostenposition Strukturmaterialverteilung im Vormischplatz.....	72
4.5.8	Kostenposition Kompostmiete aufsetzen.....	73
4.5.9	Kostenposition Kompostmiete wenden.....	73
4.5.10	Kostenposition Kompostmiete befeuchten.....	74
4.5.11	Kostenposition Kompostmiete entfernen	75
4.5.12	Kostenposition Kompost ausbringen	75
4.5.13	Humusbilanzierung.....	75
4.5.14	Annahme des Kompostzukaufes	76
5	Ergebnisse.....	77
5.1	Ergebnisse der einzelnen Modellvarianten	77
5.2	Ansätze der kostendeckenden Produktion.....	79
5.3	Kostenvergleich Strukturmaterialien	81
5.4	Veränderung der Maschinenkosten durch Mehrauslastung	82
5.5	Vergleich der Modellvarianten im Detail	84
5.6	Vergleich der Endergebnisse der Modellvarianten mit dem Ansatz des Kompostzukaufes	88
6	Diskussion und Schlussfolgerung	90
7	Literaturverzeichnis.....	93
8	Anhang	98

Abkürzungsverzeichnis

abfr.	abfrostend
abh.	abhängen
anh.	anhängen
Aufsetzen	Das Übereinanderschichten von Ausgangsmaterialien zu einer Kompostmiete
Bew.	Bewässerung
BGBL	Bundesgesetzblatt
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
bzw.	beziehungsweise
CaO	Kalziumoxid
°C	Grad Celsius
C	Kohlenstoff
CO ₂	Kohlendioxid
dt	Dezitonne
FM	Frischmasse
ha	Hektar
J	Jahr
K	Kalium
K ₂ O	Kaliumoxid
kg	Kilogramm
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
K ₂ O	Kaliumoxid
lfm	Laufmeter
m	Meter
MA 48	Magistratsabteilung 48 – Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark
MgO	Magnesiumoxid
Miete	Abkürzung für Kompostmiete; aufgeschichtetes Material zum Kompostieren mit der Querschnittsform eines Dreieckes
min	Minuten
m ³	Kubikmeter
mm	Millimeter
N	Stickstoff
NH ₄	Ammonium
P	Phosphor
P ₂ O ₅	Diphosphorpentoxid

S	Schwefel
t	Tonne
TM	Trockenmasse
Tr.	Traktor
Umkehrzeit	Umfasst den Arbeitsvorgang in dem der Traktor seine Position um 180° wendet
Umsetzen	Das Mischen der Miete mittels Kompostwendemaschine
%	Prozent

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Benennung der einzelnen Abschnitte der Rotte mit Zeitraum und Temperaturbereich aus unterschiedlicher Literatur	7
Tabelle 2: Bandbreiten der Gehalte an Gesamt - P und Gesamt - K (% in TM) im Vergleich zu verfügbaren Gehalten.....	14
Tabelle 3: Jährlich anfallende Frischmenge der Abfallmaterialien des Modellbetriebes	21
Tabelle 4: Berechnung der Inputmaterialien in Tonnen.....	24
Tabelle 5: Umrechnung der Weizenstrohmenge von Tonnen in Kubikmeter	25
Tabelle 6: Nährstoffgehalte der Abfall- und Strukturmaterialien in kg pro kg Frischmasse.	25
Tabelle 7: Einzelnährstoffsummen abzüglich der Nährstoffverluste	26
Tabelle 8: Mineraldünger mit Preisen und Nährstoffgehalten.....	27
Tabelle 9: Kalkulierten Reinnährstoffpreise in €/kg	27
Tabelle 10: Berechnung der Nährstofferlöse pro Jahr.....	28
Tabelle 11: Kalkulierung der Niederschlags- und Sickerwassermenge in Kubikmeter pro Quadratmeter versiegelte Kompostplatzfläche	30
Tabelle 12: Berechnung der Sickergrubendimensionierung	30
Tabelle 13: Indexierung der Baurichtpreise von 2010 auf 2014 für die angeführten Baukomponenten	32
Tabelle 14: Berechnung der Investitionskosten der Kompostierungsanlage	33
Tabelle 15: Berechnung und Abzug des Investitionszuschusses	33
Tabelle 16: Berechnung der jährlichen Annuität	34
Tabelle 17: Verwendete Maschinen bei der Kostenkalkulation in Modellvariante Eins	34
Tabelle 18: Schema der Maschinenkalkulation am Beispiel Traktor 1	35
Tabelle 19: Erhobene An- und Abbauzeiten der verwendeten Maschinen	36
Tabelle 20: Kalkulierung der Ballenanzahl pro ha	37
Tabelle 21: An- und Abbaukosten bei der Strohbergung	37
Tabelle 22: Berechnung der Bergungskosten von Weizenstroh.....	38
Tabelle 23: Nährstoffkostenkalkulation des Weizenstrohes	39
Tabelle 24: An- und Abbaukosten bei der Strohbefüllung des Vormischplatzes.....	40
Tabelle 25: Berechnung der Strohbefüllungskosten des Vormischplatzes	40
Tabelle 26: An- und Abbaukosten und Transportkosten beim Aufsetzen der Kompostmieten	42
Tabelle 27: Kostenkalkulation Kompostmieten aufsetzen	42
Tabelle 28: An- und Abbaukosten des Kompostwenders.....	43
Tabelle 29: Kostenkalkulation Kompostmiete wenden	44

Tabelle 30: An- und Abbaukosten sowie Transportkosten des Güllefassens	45
Tabelle 31: Kostenkalkulation Kompostmiete befeuchten	45
Tabelle 32: Berechnete Gesamtarbeitszeit um Kompostmieten vom Kompostplatz zu entfernen	46
Tabelle 33: An- und Abbaukosten von Frontlader und Schaufel	46
Tabelle 34: Kostenkalkulation Kompostmieten entfernen	47
Tabelle 35: An- und Abbauzeiten sowie Transportzeiten bei der Kompostausbringung	47
Tabelle 36: Kostenkalkulation Kompostausbringung	48
Tabelle 37: Humusbilanzierung ohne Strohabfuhr und ohne Kompostgabe	50
Tabelle 38: Humusbilanzierung mit Strohabfuhr und mit einmaliger Kompostgabe	51
Tabelle 39 Kostenberechnung bei Kompostzukauf in der Modellvariante Eins	52
Tabelle 40: Nährstoffgehalte in Kilogramm pro Kilogramm Frischmasse des Maisstrohes bei 86 % Trockenmasse	54
Tabelle 41: Berechnung der jährlichen Nährstoffmenge im produzierten Kompost	55
Tabelle 42: Berechnung der Nährstofferlöse	56
Tabelle 43: Berechnung der Baukosten und der jährlichen Annuität	58
Tabelle 44: Berechnung der Bergungskosten von Maisstroh	59
Tabelle 45: Nährstoffkosten von Weizen- und Maisstroh	60
Tabelle 46: An- und Abbaukosten sowie Kostenkalkulation der Befüllung des Vormischplatzes mit Maisstroh	61
Tabelle 47: Gegenüberstellung der Humusbilanzierung des Bodentyps Lehm	65
Tabelle 48: Kostenberechnung bei Kompostzukauf in der Modellvariante Zwei	66
Tabelle 49: Berechnung der jährlichen Nährstoffmenge im produzierten Kompost	68
Tabelle 50: Berechnung der Nährstofferlöse pro Jahr	69
Tabelle 51: Berechnung der Baukosten und der jährlichen Annuität	70
Tabelle 52: Nährstoffkosten Weizenstroh	71
Tabelle 53: Berechnung der Zerkleinerungskosten für das Strauchmaterial	72
Tabelle 54: Zeitkalkulation der Arbeitszeit für die Kompostmietenbefeuchtung	74
Tabelle 55: Kostenberechnung bei Kompostzukauf in der Modellvariante Drei	76
Tabelle 56: Ergebnis der Modellvariante Eins	77
Tabelle 57: Ergebnis der Modellvariante Zwei	78
Tabelle 58: Ergebnis der Modellvariante Drei	78
Tabelle 59: Schrittweißer Abzug der unterteilten Kosten von den Leitungen in den drei Modellvarianten	80
Tabelle 60: Vergleich der Bergungs-, Nährstoff- und Befüllungskosten der einzelnen Strukturmaterialien	82
Tabelle 61: Veränderung der Stundenauslastung ausgewählter Maschinen	83

Tabelle 62: Nährstoffgehalte eines m ³ Kompostes in den drei Modellvarianten	85
Tabelle 63: Gegenüberstellung ausgewählter Ergebnisse der Modellvarianten	85
Tabelle 64: Gegenüberstellung der Endergebnisse (als Kosten) und der Kosten bei Zukauf des Kompostes	89
Tabelle 65: Einzelnährstoffpreise der angeführten Dünger von 2008 bis 2014, sowie die theoretische Nährstoffpreiserhöhung von N, P ₂ O ₅ und K ₂ O in den einzelnen Modellvarianten.....	91

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Temperaturverlauf und die einzelnen Phasen der Kompostierung	9
Abbildung 2: Einteilung der Modellvarianten aufgrund des verwendeten Strukturmaterials	22
Abbildung 3: Einfluss des Strukturmaterialwechsels auf die Einzelbereiche im Modell	23
Abbildung 4: Schematische Darstellung der Kompostierungsanlage mit den Abmessungen der Modellvariante Eins	31
Abbildung 5: Grafische Darstellung der Nährstoffpreiserhöhung der einzelnen Varianten	81
Abbildung 6: Gegenüberstellung der gesamten Ausgangsmaterialmenge und der produzierten Kompostmenge	84
Abbildung 7: Gegenüberstellung der Nährstoffgehalte eines m ³ Kompostes in den einzelnen Modellvarianten	85
Abbildung 8: Grafische Darstellung von Nährstofferlös/m ³ , Produktionskosten/m ³ und Gesamtkosten/m ³	86
Abbildung 9: Gegenüberstellung der benötigten Strukturmaterialfläche und jener Fläche auf der Kompost ausgebracht wird.	87
Abbildung 10: Humusbilanzierung von zwei Bodentypen des Modellbetriebes	88
Abbildung 11: Grafische Gegenüberstellung der Ergebnisse der Modellvarianten und der Kosten die bei einem Zukauf des Kompostes anfallen.	89

1 Einleitung

1.1 Einführung

Auf landwirtschaftlichen Gemüsebaubetrieben entstehen durch die Auslese von Ernteprodukten, die für den Verkauf/Verzehr aufgrund von gegebenen Qualitätskriterien nicht geeignet sind, organische Abfallstoffe. Diese können durch die Möglichkeit der Kompostierung, in Form des Kompostes, wieder in den betrieblichen Nährstoffkreislauf zurück geführt werden. Es stellt sich also die grundlegende Frage, ob die Investition und der Arbeitseinsatz in den Bau und das Betreiben einer Kompostierungslage in Relation zu den dadurch eingesparten (nicht zugekauften) Nährstoffen steht.

In Zusammenarbeit mit einem realen Gemüsebaubetrieb welcher Kartoffeln und Zwiebeln weiterveredelt, soll der beschriebene Nährstoffkreislauf auf seine Wirtschaftlichkeit geprüft werden. Der Bau einer eigenen Kompostierungsanlage wurde vom vorliegenden Betrieb schon des Öfteren angedacht. Umso mehr, soll die vorliegende Arbeit als Entscheidungsgrundlage für eine mögliche Investition zur Verfügung stehen.

Zusätzlich könnte Maisstroh als Strukturmaterial in der Kompostierung am Gemüsebaubetrieb, welcher in der vorliegenden Arbeit als Modellbetrieb bezeichnet wird, verwendet werden. Auch hierbei soll ein monetärer Vergleich zu anderen Strukturmaterialien Ergebnisse liefern.

Durch die Erstellung eines Modells in dem Programm Excel wird kalkuliert, ob die zu Handelsdüngerpreisen bewerteten Nährstoffe der Abfallmaterialien die Investitionskosten einer Kompostierungsanlage und die Produktionskosten des Kompostes abdecken können.

1.2 Ziel der Arbeit

Eingangs soll die Masterarbeit ein Grundwissen über die Kompostierung vermitteln. Wobei im Speziellen auf den Prozess der Kompostierung, dem daraus entstehenden Produkt Kompost und dessen Beeinflussung am Feld eingegangen wird. Des Weiteren wird ein kurzer Überblick über die verwendeten Methoden gegeben. Diese sind Maschinenkostenkalkulation und Investitionsrechnung. Aber auch jene Daten, die für die Erstellung des Modells benötigt werden, sind angeführt und werden beschrieben.

Der Hauptkern der Arbeit ist die Modellerstellung für einen Modellbetrieb. Die Investition in eine Kompostierungsanlage und deren laufender Betrieb werden kalkuliert. Ziel des Modells ist eine Amortisierung der anfallenden Kosten durch den geringeren Einsatz an Handelsdünger. Der reduzierte Handelsdüngereinsatz wird durch die im produzierten Kompost enthaltenen Nährstoffe erreicht.

Folgende Fragen sollen durch die Masterarbeit beantwortet werden:

Ist die Amortisierung der Investitionskosten sowie der Produktionskosten des Kompostes durch den geringeren Einsatz an Handelsdünger im Modellbetrieb möglich?

Bei einem negativen Ergebnis ergeben sich folgende Fragen:

Ist durch die Produktionsmengenerhöhung des Kompostes eine Amortisierung möglich?

Wie hoch müssten die Düngerkosten ansteigen, um ein positives Endergebnis zu erreichen?

Ist Maisstroh als Strukturmaterial bei der Kompostierung eine wirtschaftliche Alternative zu anderen Strukturmaterialien?

2 Kompostierung

Im folgenden Kapitel wird der Prozess der Kompostierung erklärt. Die einzelnen Unterpunkte führen systematisch von den Ausgangsmaterialien über die Parameter des Kompostaufsetzens und dem Kompostierungsprozess hin zum fertigen Produkt Kompost. Anschließend wird auf den Bau einer Kompostanlage und auf die gesetzlichen Rahmenbedingungen der Kompostausbringung eingegangen.

2.1 Definitionen

Zur Einführung sind nachstehend von verschiedenen Autoren unterschiedliche Begriffsdefinitionen zum Thema Kompostierung angeführt.

„Die Kompostierung ist der vom Mensch steuerbare Prozeß [sic] zusammenhängender Umbauvorgänge organischer Substanz unter Einwirkung von Bodenfauna und –flora, bei dem einerseits der Luftzufuhr entsprechende aerobe Abbauewege beschriftet und andererseits mit zunehmendem Rotteverlauf spezifische hochmolekulare Verbindungen aufgebaut werden“ (GOTTSCHALL, 1992, 60). Der Abbau der organischen Substanz und somit ein Teil der Kompostierung, kann durch Fäulnis (Prozess ohne Luft-Sauerstoff) oder durch Rotte (mit Luft-Sauerstoff) stattfinden (vgl. DUNST, 1997, 20). In der Masterarbeit wird nur jener Prozess betrachtet und behandelt, der mit Hilfe von Sauerstoff abläuft. In der Kompostverordnung wird die Kompostierung als „gesteuerte, exotherme biologische Umwandlung abbaubarer organischer Materialien in ein huminstoffreiches Material mit mindestens 20 Masseprozent organischer Substanz“ definiert (vgl. BMLFUW, 2005a, 7).

2.2 Einleitung

Durch die technische Kompostierung, die vorrangig in dieser Arbeit behandelt wird, kommt es primär nur zum Abbau der organischen Ausgangssubstanz. Der weitere Aufbauprozess sowie der Prozess des Humusaufbaues sind nur bedingt durch verfahrenstechnische Maßnahmen beeinflussbar. Der Begriff „technische Kompostierung“ bedeutet das Ermöglichen bzw. Optimieren des Rotteprozesses durch das Verwenden von Geräten und verfahrenstechnischen Hilfsmitteln (vgl. LUDWIG BOLTZMANN-INSTITUT, 1993, 92f).

Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Schritte der Kompostierung erklärt. Es wird auf die sogenannte Mietenkompostierung eingegangen. Diese stellt jene Kompostierungsform dar, mit der auch im Modell kalkuliert wird. In Österreich hat sich die Mietenkompostierung seit den 80-er Jahren als das überwiegend eingesetzte Verfahren etabliert (vgl. BMLFUW, 2005b, 20). Besonders die Dreiecksmiete weist eine einfache Anlagentechnik auf. Diese besteht aus einer Bodenplatte und einem Umsetzgerät. Das Umsetzgerät kann am Traktor angebracht sein oder als Selbstfahrer ausgeführt werden (vgl. HELM, 1995, 56f). Die technischen und baulichen Gegebenheiten einer Kompostierungsanlage werden in der Arbeit noch genauer behandelt. Bei der technischen Kompostierung wird zwischen offenen und geschlossenen, zwangsbelüfteten Systemen unterschieden. Die Einteilung erfolgt aufgrund der Luftbeimengung zum Kompost. In der Masterarbeit wird ein natürlich belüftetes, statisches System mit regelmäßigem bzw. systematischen Umsetzten beschrieben (vgl. LUDWIG BOLTZMANN-INSTITUT, 1993, 129f).

Dieses System ist charakterisiert durch eine einfache, bauliche und maschinelle Ausstattung. Bei der Anlagengröße kann es aufgrund von unvermeidlichen Emissionen zu Begrenzungen kommen, jedoch nicht durch das verwendete System. Im Rotteprozess kann durch Umsetzten mit Hilfe einer Wendemaschine in die Temperatursteuerung eingegriffen werden. Auch die Erhöhung des Wassergehaltes ist durch Wasserzufuhr regulierbar. Die geforderte Hygienisierung des Kompostes wird durch das System erfüllt (vgl. LUDWIG BOLTZMANN-INSTITUT, 1993, 131f). Das hier angeführte offene System der Kompostierung wird von der Gemeinde Wien (MA 48) angewendet. Es werden so 40.000 bis 50.000 t Kompost pro Jahr erzeugt (vgl. RATZ, 2014, s.p.).

2.3 Ausgangsmaterialien

Je vielfältiger die Materialzusammensetzung des Ausgangsmaterials ist, umso besser ist das Endprodukt (vgl. DUNST, 1997, 29). Die Mischung der organischen Reststoffe ist einerseits für das C/N-Verhältnis und andererseits für die Struktur in der Miete verantwortlich (vgl. HELM, 1995, 42). In der Kompostverordnung (BGBL. II Nr. 292/2001) ist genau geregelt, welche Materialien für die Herstellung der unterschiedlichen Kompostqualitäten geeignet sind. In Anlage 1 Teil 1 der Kompostverordnung sind alle Materialien für die Erzeugung von Qualitätskomposten angeführt. Darunter sind auch die für den Modellbetrieb anfallenden Abfallstoffe, Gemüseabfälle, Gemüse und Stroh aufgezählt (vgl. §4 ABS. 2 KOMPOSTVERORDNUNG, 2001, 10).

2.4 Kohlenstoff/Stickstoff (C/N) Verhältnis

Das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff ist für den Ablauf der Rotte entscheidend. Laut DUNST liegt das optimale Verhältnis bei 30:1. Das bedeutet, dass im Ausgangsmaterial 30-mal so viel Kohlenstoff wie Stickstoff vorhanden ist (vgl. DUNST, 1997, 30). Gottschall gibt ein C/N-Verhältnis von 22 bis 40:1 an (vgl. GOTTSCHALL, 1992, 62). Das C/N-Verhältnis ist für die Nährstoffversorgung der Mikroorganismen verantwortlich. „Bei C-Mangel (zu enges C/N-Verhältnis) können die Mikroben nicht genügend körpereigene Substanz bilden. Sie verbrauchen und fixieren demgemäß auch weniger Stickstoff, der so in hohem Maße gasförmig verlorengeht [sic]. Bei einem Überschuß [sic] an Kohlenstoff (C/N-Verhältnis über 40:1) stellt der verhältnismäßig im Minimum vorliegende Stickstoff einen limitierenden Wachstumsfaktor für die Mikroorganismen dar. Die Rotte kommt dadurch nicht richtig in Gang, und der überschüssige Kohlenstoff muß [sic] erst von den Mikroben „verheizt“ werden, d.h. er entweicht als CO_2 “ (GOTTSCHALL, 1992, 62). Zum Beispiel weisen Laub, Stroh oder Rinde ein weites C/N-Verhältnis von über 50:1 auf. Hingegen haben Küchenabfälle, Rasenschnitt aber auch Rindermist ein C/N-Verhältnis von unter 25:1 (vgl. DUNST, 1997, 30). Durch Vermengen der geeigneten Materialien wird das gewünschte C/N-Verhältnis hergestellt.

2.5 Wassergehalt

Der Wassergehalt im Rottematerial sollte zwischen 25 und 65 % liegen (vgl. FRICKE et al., 1990, 22). Bei einem Wassergehalt von 30 % ist die Mikrobentätigkeit verringert und wird bei 15 % Wasser eingestellt (vgl. GOTTSCHALL, 1992, 64). Durch ein Überschreiten des Wasseranteiles von 65 % ist die Sauerstoffversorgung verringert, da das Luftporenvolumen begrenzt wird. Hingegen ist bei stabilen Strukturbildnern wie Stroh oder Holzhäcksel auch ein Wassergehalt von 70 % tolerierbar (vgl. FRICKE et al., 1990, 22). Um die Feuchtigkeit in der Praxis feststellen zu können, beschreibt DUNST (1997) die sogenannte „Faustprobe“. Ein optimaler Wassergehalt ist dann erreicht, wenn aus dem Kompostmaterial beim Zusammenpressen in der Faust kein Wasser austritt. Nach dem Öffnen der Faust sollte das Material in Form eines Knödels bleiben (vgl. DUNST, 1997, 26).

Regen kann bei einer ungleichmäßigen Jahresverteilung zum Austrocknen sowie zum Durchnässen der Miete führen (vgl. GOTTSCHALL, 1992, 65). Es besteht die Möglichkeit, die Kompostmiete mit einer Vielzahl von Materialien ab zu decken. Das Kompostvlies stellt dabei eine gute Lösung dar, da es vor zu viel Niederschlag schützt. Weitere positive Vorteile sind die Luftdurchlässigkeit und der Schutz vor zu starker Austrocknung. Nachteile des Vlieses sind die hohen Anschaffungskosten und der Arbeitsaufwand (vgl. DUNST, 1997, 54).

Bei selbstfahrenden Umsetzmaschinen besteht die Möglichkeit, das Vlies automatisch auf und ab zu rollen, wodurch sich die Arbeit mit dem Vlies verringert. Gerade in niederschlagsreichen Gebieten ist die Überdachung der Kompostanlage eine weitere Möglichkeit, um vor Regen zu schützen (vgl. HELM, 1995, 57).

2.6 Sauerstoff

Gerade in der Anfangsphase der Rotte ist durch Bakterien und Pilze ein hoher Sauerstoffbedarf vorhanden. Die Sauerstoffversorgung kann nach DUNST (1997) in der Mietenkompostierung durch zwei Faktoren beeinflusst werden. Erstens durch Strukturmaterial wie feines Astwerk, Stroh und Rinde, die der Miete eine Struktur geben, wodurch eine Sauerstoffversorgung bis ins Mietenzentrum gewährleistet ist. Zweitens wird durch das Umsetzen der Miete mit Hilfe eines Kompostwenders die zusammengesackte Struktur wieder aufgelockert (vgl. DUNST, 1997, 28). Jedoch kann der Sauerstoffbedarf durch das Umsetzen langfristig nicht befriedigt werden, da nach kurzer Zeit wieder Sauerstoffmangel eintritt. KROGMANN (1994) geht daher bei unbelüfteten Kompostmieten davon aus, dass durch Konvektion und Diffusionsvorgänge eine Belüftung der Miete stattfindet. Diese beiden physikalischen Prozesse werden vom Wassergehalt, der Porosität, der Umgebungstemperatur und der Luftbewegung an der Mietenoberfläche beeinflusst (vgl. KROGMANN, 1994, 157). Des Weiteren ist die Sauerstoffverteilung im Rottekörper von der Geometrie der Miete, vom Abbauzustand des Materials, von der Zusammensetzung der organischen Substanz und vom Wassergehalt abhängig (vgl. BMLFUW, 2005b, 27f).

2.7 Materialaufbereitung und Aufsetzen der Miete

Die Materialaufbereitung dient der Anpassung der biologisch physikalischen Parameter. Neben der Aussortierung von Störstoffen werden großformatige, verholzte Ausgangsstoffe zerkleinert. Durch Mischen, Homogenisieren und Konditionieren dieser werden die Feuchtigkeit, das C/N-Verhältnis und das Luftporenvolumen sowie die Struktur des Materials für einen optimalen Rotteprozess eingestellt (vgl. BMLFUW, 2005b, 218).

Aufsetzen der Miete

DUNST (1997) schreibt dass sich im landwirtschaftlichen Bereich das Aufsetzen der Miete mit Hilfe eines Miststreuers anbietet. Es werden die unterschiedlichen Materialien schichtweise auf den Streuer geladen. Wobei die leichten Materialien wie Stroh unten und die schweren wie Stallmist oben beladen werden.

Beim Abladevorgang werden die einzelnen Schichten durchmischt und es wird eine lockere Miete aufgesetzt. Zu beachten ist, dass die gewünschte Breite und Höhe der Miete beim Aufsetzvorgang hergestellt werden (vgl. DUNST, 1997, 56f). Der Frontlader bietet eine weitere Möglichkeit, um Kompostmieten herzustellen. Nachteil dieses Verfahrens ist eine mangelnde Durchmischung der Miete beim Aufsetzen (vgl. GOTTSCHALL, 1992, 210). Jedoch kann durch anschließendes Fahren mit einer Umsetzmaschine eine entsprechende Durchmischung der Miete erreicht werden (vgl. DUNST, 1997, 62). Dieses System des schichtweisen Auftragens der einzelnen Komponenten mit anschließendem Umsetzen ist eine gängige Methode in der Mietenkompostierung (vgl. BMLFUW, 2005b, 231).

2.8 Kompostierungsprozess

In der Literatur wird der Rotteprozess der Kompostierung durch die unterschiedlichen Temperaturen eingeteilt. Es differenzieren jedoch die Benennungen der einzelnen Abschnitte und die damit verbundenen Zeiträume. Die folgende Tabelle 1 gibt einen Überblick aus den verschiedenen Literaturquellen

Tabelle 1: Benennung der einzelnen Abschnitte der Rotte mit Zeitraum und Temperaturbereich aus unterschiedlicher Literatur

Literatur	Rotteabschnitte / Zeitraum / Temperaturbereich		
DUNST (1997, 37 f)	Abbauphase	Umbauphase	Aufbauphase
Zeitraum	3 Wochen	4 Wochen	4 Wochen
Temperaturbereich	50 - 70°C	25 - 50°C	20°C
GOTTSCHALL (1992, 103 f)	thermophil	mesophil	Abkühlung und Reifephase
Zeitraum	2 - 5 Wochen	2 - 5 Wochen	4 Wochen, je nach Bedarf
Temperaturbereich	50-70°C	40°C	20 - 40°C
BMLFUW (2005b,233 f)	Hauptrotte	Nachrotte	Nachlager
Zeitraum	2 - 15 Wochen	5 - 15 Wochen	4 - 8 Wochen, je nach Bedarf
Temperaturbereich	über 40°C	30 - 40°C	30°C und darunter

Quelle: siehe Tabelle

a) Der Rotteprozess im Detail

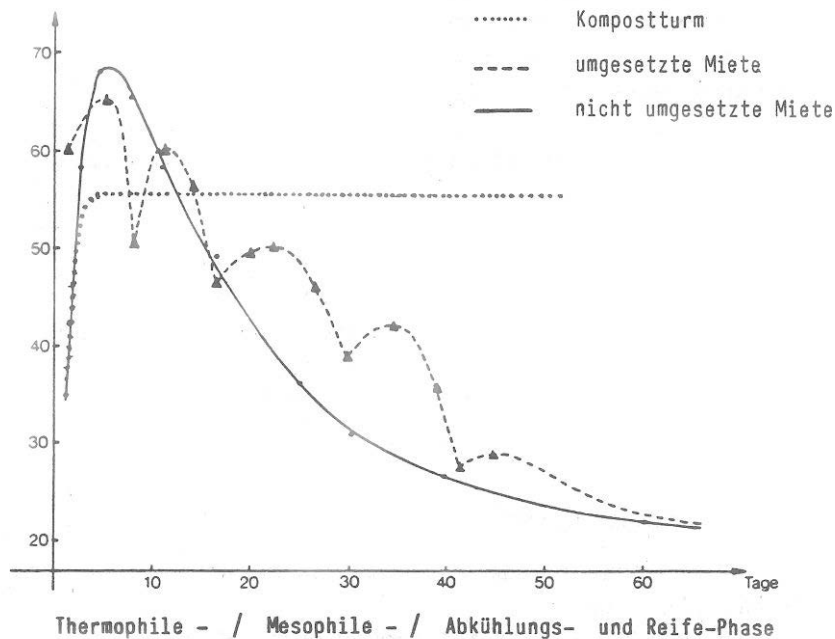
Im Grunde ist die Kompostierung ein kontinuierlicher Prozess, der aber gerne in Phasen eingeteilt wird (vgl. DUNST, 1997, 36). GOTTSCHALL (1992) kennzeichnet den Beginn der ersten Phase durch mesophile, nicht spezifische Mikroorganismen. Es werden hierbei leicht abbaubare Substanzen wie Eiweiß und einfache Kohlehydrate abgebaut. Durch den Temperaturanstieg werden nun thermophile Mikroorganismen gefördert. Es handelt sich dabei um Pilze, Actinomyceten und sporenbildende Bakterien.

In dieser Phase werden neben den leicht abbaubaren Substanzen auch Zellulose und Hemicellulose abgebaut. Bei diesem Abbau von organischem Material aus der Landwirtschaft wird ein Temperaturbereich von 50 bis 70 °C erreicht. Diese Temperatur wird bei nährstoffreichem Material bereits nach ein bis drei Tagen erreicht (vgl. GOTTSCHALL, 1992, 103f). Die beschriebene Phase wird auch Hauptrotte genannt und ist dann abgeschlossen, wenn die Temperatur in der Miete dauerhaft 40°C nicht mehr überschreitet (vgl. BMLFUW, 2005b, 233). Es folgt nun die Umbauphase (vgl. DUNST, 1997, 37), Nachrotte (vgl. BMLFUW, 2005b, 283) oder mesophile Phase (vgl. GOTTSCHALL, 1992, 106). In diesem Abschnitt, der ungefähr gleich lang wie der erste dauert (2 bis 5 Wochen), wird nun vor allem Zellulose von Bakterien und Pilzen abgebaut. Aber auch Lignin und Lignoprotein werden verwertet (vgl. GOTTSCHALL, 1992, 106). „Der Kompost bekommt eine gleichmäßig braune Farbe, krümelige Struktur und bereits einen leichten Geruch nach Walderde“ (DUNST, 1992, 38). Nach GOTTSCHALL (1992) sinkt die Temperatur in der Abkühlungs- bzw. Reifephase, und passt sich ungefähr der Umgebungstemperatur an. Im Sommer kann die Temperatur jedoch auch im Bereich der mesophilen Phase liegen. Es besiedelt nun die Makrofauna den Kompost. Besonders Würmer führen eine Vermengung von mineralischen und organischen Anteilen im Kompost durch. Während Huminstoffe bereits in der mesophilen Phase aufgebaut werden, kommt es nun in der Reifephase zum Aufbau von Huminsäuren (vgl. GOTTSCHALL, 1992, 107 f). Komposte, die für die Düngung bestimmt sind, können bereits nach der Nachrotte zur Anwendung kommen (vgl. DUNST, 1992, 78). Je länger der Kompost in der Reifephase ist, desto besser wird die Humuswirkung und umso geringer wird die Düngerwirkung (vgl. DUNST, 1992, 38).

b) Umsetzen der Miete während des Rotteprozesses

Durch das Umsetzen des Kompostes wird die Miete gelockert, dadurch Sauerstoff eingebracht und somit die Rotte wieder angeheizt (vgl. GOTTSCHALL, 1992, 225). Weiters wird trockenes mit feuchtem und feines mit grobem Material vermengt, da sich während des Rotteverlaufes unterschiedliche Zonen bilden. Es gibt laut DUNST (1992) zwei Grundregeln, die die Anzahl des Umsetzvorganges während des Rotteprozesses beeinflussen. Erstens, je öfter der Kompost umgesetzt wird, desto schneller ist er fertig und desto kontrollierter verläuft die Rotte. Zweites kann mit dem Umsetzen umso länger gewartet werden, je mehr Strukturmaterial in der Ausgangsmischung enthalten ist (vgl. DUNST, 1992, 33 f). Das Emissionspotential von Geruchsstoffen sowie gasförmigen Stickstoff, die Kompostqualität und auch die Verfahrensleistung bei der Kompostierung werden durch die Umsetzhäufigkeit beeinflusst (vgl. HELM, 1995, 104 f). Mit Hilfe eines Kompostwenders findet das Wenden und Durchmischen des Kompostes statt. Nähere Erläuterungen dazu werden unter dem Punkt 2.9 -verwendete Geräte- angeführt.

Die Abbildung 1 verdeutlicht, wie sich das Umsetzen der Miete auf die Aktivität der Mikroorganismen und somit auf die Temperatur auswirkt. So ist bei einer umgesetzten Miete die Temperatur über einen längeren Zeitraum höher als bei einer nicht umgesetzten Miete. Dies ist vor allem für den Hygienisierungsvorgang wichtig. Weiters sind auch die einzelnen Abschnitte der Kompostierung mit den entsprechenden Temperaturbereichen ersichtlich.



Quelle: Vorlesungsunterlagen Kompostierungstechnik SS 2012

Abbildung 1: Temperaturverlauf und die einzelnen Phasen der Kompostierung

c) Hygienisierung des Kompostes

Nach der Studie „Stand der Technik der Kompostierung - Grundlagenstudie“ (BMLFUW, 2005b) gibt es im Kompostierungsprozess zwei Phasen, die zur Inaktivierung von Krankheitserregern (auch thermoresistenter Formen) führen. Dieser Prozess wird als Hygienisierung bezeichnet. In der Heißrotte/thermophilen Phase (erste Phase) findet das Abtöten von pathogenen Keimen statt. Um eine ausreichende Hygienisierung zu erreichen, sind Temperaturen über 55°C über einige Tage zu gewährleisten. In der Stabilisierungsphase (zweite Phase) wird durch die biologische Stabilität des Endproduktes die Vermehrung von pathogenen Keimen minimiert (vgl. BMLFUW, 2005b, 122f). Hinzu kommen antibiotisch-antagonistische Faktoren durch die Förderung bodentypischer Mikroflora im Zuge des Humifizierungsprozesses (vgl. BMLFUW, 2005b, 122).

d) Feinaufbereitung des Kompostes

In der Feinaufbereitung wird der Kompost gesiebt und somit in gewünschte Fraktionen je nach Anwendung aufgeteilt. Es werden Verunreinigungen wie Kunststoffe oder Metalle entfernt und noch nicht humifiziertes Strukturmaterial abgesiebt (vgl. BMLFUW, 2005b, 287). Dieses Material kann wiederum einem neuen Kompostierungsprozess zugeführt werden.

e) Nachlagerung von Kompost

Wird der Kompost gelagert, da er nicht gleich nach der Rotte zur Anwendung kommt, ist dabei auf folgendes zu achten:

Der Kompost darf nicht vernässen oder austrocknen. Eine regelmäßige Bewegung bzw. Belüftung ist von Vorteil und auch ein Schutz gegen Verunreinigung von außen ist wichtig (vgl. BMLFUW, 2005b, 299). Nach dem Umschichten des Kompostes darf es zu keiner Erwärmung über 30 °C kommen, da sich sonst der Kompost noch in der Nachrotte befindet und noch nicht für eine Nachlagerung geeignet ist. Je nach Reifegrad wird ein Umsetzrhythmus von 3 bis 4 Wochen empfohlen (vgl. BMLFUW, 2005b, 301). Der Lagerkapazitätsbedarf des fertigen Kompostes ist zumindest ein Viertel der durchschnittlichen Jahresproduktionsmenge. Je nach klimatischen Bedingungen ist die Lagerung unter einem wasserabweisenden Vlies oder einem Dach vorzunehmen. Findet die Nachlagerung auf offenem Boden oder ohne Abdeckung statt, so gibt es zahlreiche Anforderungen, die erfüllt werden müssen (vgl. BMLFUW, 2005b, 300). Nähere Informationen dazu findet man in der Studie „Stand der Technik der Kompostierung – Grundlagenstudie“ auf Seite 300, die vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft heraus gegeben wurde.

2.9 Verwendete Geräte

Die in der Kompostierung eingesetzten Maschinen und deren Einsatzgebiet werden nun kurz angeführt. Für die Zerkleinerung von Ausgangsmaterialien gibt es zahlreiche Maschinen, die in der Broschüre „Stand der Technik der Kompostierung – Grundlagenstudie“ ab Seite 223 näher angeführt und beschrieben sind. Es handelt sich hierbei um transportable Ausführungen, wodurch ein überbetrieblicher Einsatz möglich ist. Das Aufsetzen der Kompostmiete kann mit einem Miststreuer oder einem am Traktor angebauten Frontlader stattfinden (vgl. DUNST, 1997, 56f). Aber auch bei der Arbeit mit dem Miststreuer wird ein Frontlader zum Beladen benötigt. In größeren Kompostierungsanlagen wird ein Radlader für das Aufsetzen verwendet.

Das Durchmischen der Miete findet mit Umsetzgeräten statt, die entweder am Heck des Traktors angebaut sind oder als Selbstfahrer ausgeführt werden. Beim Heckanbau ist jedoch eine höhere Rangierfläche notwendig, da die Maschine neben dem Traktor arbeitet. Das Umsetzen findet durch eine vom Traktor angetriebene Umsetzwalze mit darauf angebrachten Werkzeugen statt (vgl. HELM, 1995, 56). Die Arbeitsgeschwindigkeit beträgt 50 bis 100 m/Stunde. Durch die Maschine soll eine optimal durchmischte, lockere, gleichmäßig dreiecksförmige halbrunde Miete entstehen (vgl. DUNST, 1997, 62f). DUNST (1997) führt auch zahlreiche selbstfahrende Umsetzmaschinen an. Die Funktionsweise des Wendens ist den Heckanbau Umsetzmaschinen gleich zu setzen (vgl. DUNST, 1997, 128f). Der Vorteil im Vergleich zu angebauten Geräten ist, dass die selbstfahrende Umsetzmaschine für den Arbeitsvorgang nur den Platz der vorhandenen Miete benötigt. Schlussendlich wird der fertige Kompost mit Hilfe einer Siebanlage durchgesiebt. Diese kann unterschiedliche Fraktionen heraus sieben, wobei im landwirtschaftlichen Bereich eine Körnung von 10 bis 20 mm eingesetzt wird. Des Weiteren kann die Maschine mit Metallabscheider oder Windsichter ausgestattet sein. Es gibt stationäre und mobile Siebmaschinen, wodurch ein überbetrieblicher Einsatz gewährleistet ist. Die technische Lösung als Trommelsieb ist sehr weit verbreitet. (vgl. BMLFUW, 2005b, 287f).

2.10 Ausbringung

2.10.1 Technik

Ausgebracht wird der Kompost mit einem Kompoststreuer, der eine gleichmäßige Flächenverteilung gewährleistet. Durch den Kratzboden werden die horizontal arbeitenden Walzen gleichmäßig beschickt. Anschließend wird durch die Walzen der Kompost auf die Wurfscheiben transportiert. Durch eine kontinuierliche Beschickung der Wurfscheiben wird der Kompost breitflächig ausgestreut und somit kommt es zu einer guten Quer und Längsverteilung. Beladen wird der Streuer mit dem Frontlader bzw. mit einem Radlader. Mit dieser Streumethode kann eine Streubreite von acht bis 20 m bei einer exakten Verteilung und einer sehr genauen Dosierung durchgeführt werden (vgl. DUNST, 1997, 72).

2.10.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Beim Ausbringen von Kompost ist eine Reihe von gesetzlichen Anforderungen zu beachten. Nachfolgend sind die für den landwirtschaftlichen Bereich geltenden Regelungen angeführt.

a) Richtlinien Kompostverordnung

Im landwirtschaftlichen Bereich darf eine Ausbringmenge von 8 t Trockenmassekompost pro Hektar und Jahr im fünfjährigen Schnitt nicht überschritten werden. Des Weiteren darf im Zuge einer wasserrechtlichen Bewilligung für landwirtschaftliche Rekultivierungs- und Erosionsschutzmaßnahmen eine einmalige maximale Gabe von 160 t Trockenmasse pro Hektar ausgebracht werden (vgl. BUNDESGESETZBLATT II, 2001, 1754f).

b) Wasserrechtsgesetz

Auf landwirtschaftlichen Flächen gibt es bei der Ausbringung von Kompost im Zuge des Wasserrechtsgesetzes im Bezug auf die ausgebrachte Stickstoffmenge zwei Obergrenzen. Werden diese Obergrenzen überschritten, so handelt es sich um eine bewilligungspflichtige Maßnahme. Bei Nutzflächen ohne Gründecke sind 175 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr erlaubt. Bei Nutzflächen mit Gründeckung einschließlich Dauergrünland oder mit stickstoffzehrenden Fruchtfolgen sind 210 kg Stickstoff je Hektar und Jahr erlaubt (vgl. BUNDESKANZLERAMT, 2014, s.p.).

c) Richtlinien sachgerechte Düngung

Grundlegend weisen die Richtlinien der sachgerechten Düngung auf das oben genannte Wasserrechtsgesetz hin. Es wird noch zusätzlich auf die Lager- und Ausbringverluste hingewiesen, die für die ausgebrachte Stickstoffmenge am Feld entscheidend sind. Diese betragen bei Kompost 9 % (vgl. BMLFUW, 2006, 54). Somit können bei der auszubringenden Menge Kompost vom enthaltenen Stickstoffgehalt 9 % in Abzug gebracht werden.

d) Nitratrichtlinie (91/676/EWG)

In dieser Richtlinie wird darauf hingewiesen, dass die ausgebrachte Höchstmenge an Dung 170 kg N/ha entspricht. Diese Höchstmenge kann von den Mitgliedstaaten abgeändert werden, jedoch nur dann, wenn sie den vorgegebenen Zielen entsprechen (vgl. EWG, 2008, 10). Auch durch das Aktionsprogramm Nitrat wird die Höchstmenge von 170 kg N/ha im Betriebsdurchschnitt (nach Abzug der Stall und Lagerverluste für Wirtschaftsdünger; jedoch kein Abzug für Ausbringverluste) angegeben (vgl. FBBBLF, 2010, 21).

DUNST (2011) weist jedoch in seinem Buch „Humusaufbau“ darauf hin, dass es sich in der Verordnung um stickstoffhaltige Düngemittel handelt. Weiters wird erwähnt, dass Kompost nicht gemäß Düngemittelverordnung in Verkehr gebracht werden darf, und dadurch nicht als Düngemittel bezeichnet werden kann. Somit wird interpretiert, dass die Anwendung von Kompost nicht durch die Nitratrichtlinie geregelt ist. Weiters schreibt DUNST (2011) jedoch, dass die EWG Richtlinie die Stickstoffnachlieferung der Nettomineralisation begrenzt. Dies würde bei Kompost der jährlich verfügbaren Stickstoffmenge entsprechen und somit 10 % des Gesamtstickstoffes ausmachen (vgl. DUNST, 2011, 120f).

e) Cross Compliance

Cross Compliance schreibt vor Phosphordüngermengen (Summe aus Mineraldünger und Wirtschaftsdünger) über 100 kg P_2O_5 /ha betriebsbezogen zu dokumentieren und begründen. Ausgenommen davon sind Betriebe, die ausschließlich Wirtschaftsdünger verwenden. Des Weiteren gibt es P_2O_5 Obergrenzen, die kulturspezifisch sind und unter Berücksichtigung der Bodenuntersuchungen gelten (vgl. AMA, 2014, 37).

f) Aktionsprogramm Nitrat 2012

Das Aktionsprogramm Nitrat 2012 schreibt vor, dass auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zwischen 30. November und 15. Februar kein Kompost ausgebracht werden darf. Das Ausbringen ab 1 Februar ist auf Flächen erlaubt, auf denen Sommer- und Wintergerste, Durum, Raps so wie Feldgemüse angebaut ist. Eine Teilgabenausbringung bei mehr als 100 kg N/ha ist bei Kompost auf Flächen mit einer Hangneigung von 10 % Gefälle in Gewässernähe nicht vor zu nehmen (vgl. BMLFUW, 2012, 2).

2.10.3 Nährstoffverfügbarkeit

a) Stickstoff

Nach den Richtlinien der sachgerechten Düngung liegt der Stickstoff im Kompost zu 99 % in organischer Form und nur zu 1 % in Form von Ammonium (NH_4) vor (vgl. BMLFUW, 2006, 56). Weiters sind 10 % des feldfallenden Stickstoffes jahreswirksam. Findet ein regelmäßiger Einsatz von Wirtschaftsdüngern in Form einer Kreislaufwirtschaft statt, so kann je Anwendungsjahr mit einer Nachwirkung von 3 % bis 5 % pro Jahr gerechnet werden (vgl. BMLFUW, 2006, 63). Die Stickstoffwirkung im Anwendungsjahr, aber auch in den Folgejahren ist stark von der Mineralisierungsrate im Boden abhängig. (vgl. FBBBLF, 2010, 14). Krogmann gibt an, dass 10 % bis 25 % des Stickstoffes im Vegetationsjahr pflanzenverfügbar sind (vgl. KROGMANN, 1994, 220).

FRICKE et al. (1990) geben an, dass 5 % bis 25 % des Stickstoffes in der Vegetationsperiode verfügbar sind (vgl. FRICKE et al., 1990, 113). Aufgrund der unterschiedlichen Literaturquellen ist ersichtlich, dass der in einem Jahr verfügbare Stickstoff in einem sehr weiten Bereich liegt.

b) Phosphor / Kalium

Die in Tabelle 2 angegebene Verfügbarkeit von Phosphor und Kalium ist vom Aufbringungszeitpunkt, dem Witterungsverlauf und der biologischen Aktivität im Boden abhängig. Jedoch wird davon ausgegangen, dass die Gesamtmengen an enthaltenem Phosphor und Kalium mittelfristig der Pflanze zur Verfügung stehen (vgl. FBBBLF, 2010, 15). Bei Krogmann wird der pflanzenverfügbare Phosphor in einem Bereich von 20 % bis 100 % angegeben. Kalium wird mit 80 % bis 100 % Verfügbarkeit angeführt (vgl. KROGMANN, 1994, 221). FRICKE et al. (1990) führen Phosphor mit 30 % bis 50 % und Kalium mit 50 % bis 80 % Pflanzenverfügbarkeit in der Vegetationsperiode an (vgl. FRICKE et al., 1990, 113). Somit ist bei Phosphor und Kalium auch ein sehr weiter Bereich angegeben, in dem die Nährstoffe für die Pflanze verfügbar sind.

Tabelle 2: Bandbreiten der Gehalte an Gesamt - P und Gesamt - K (% in TM) im Vergleich zu verfügbaren Gehalten

Nährstoff	gesamt	verfügbar
P	0,13 - 0,52	0,09 - 0,22
P ₂ O ₅	0,3 - 1,9	0,2 - 0,5
K	0,6 - 1,5	0,6 - 1
K ₂ O	0,5 - 3	0,7 - 1,3

Quelle: FBBBLF (2010, 15)

2.11 Bauliche und technische Anforderungen an den Kompostplatz

a) Materialsammlung/ Lagerung

In der Studie „Stand der Technik der Kompostierung“ gibt das BMLFUW (2005b) folgende Angaben für Zwischenlager- oder auch Übernahmeflächen. Diese sind mit einer flüssigkeitsdichten Basisabdichtung und einer entsprechenden Abwassererfassung auszustatten. Bei verholztem Strukturmaterial ist dies nicht erforderlich. Liegt die Jahresdurchsatzmenge über 3000 t und der Jahresniederschlag über 1.300 mm und ist weiters eine von beiden Kriterien (Übernahmezeitraum 9 Monate und mehr; Anteil an feuchten N- reichen Materialien über 25 %) erfüllt, so ist eine Überdachung des Übernahmebereiches erforderlich. Ausgenommen davon sind verholzte Garten-, Parkabfälle sowie Häckselgut.

Weiters ist ausreichend Flächenkapazität zu schaffen, um das anfallende Material auch über einen längeren Zeitraum und in den getrennten Fraktionen (verholzt, nicht verholzt) lagern zu können. Eine Umhausung sowie das Anbringen einer Luftabsaugung mit Abluftbehandlung sind notwendig, wenn mehr als 3.000 t Material verarbeitet werden und dieses nicht vorbehandelt, aufbereitet oder abgemischt wird (vgl. BMLFUW, 2005b, 209f).

b) Hauptrotte

Die Hauptrottefläche ist mit einer flüssigkeitsdichten Basisabdichtung und der entsprechenden Abwassererfassung auszustatten (vgl. BMLFUW, 2005b, 239). Die Abdeckung der Mieten in der Hauptrotte mit Vlies ist bei einer Jahresniederschlagsmenge von 1.000 mm durchzuführen. Ist die Überdachung der Ausgangsmaterialien aufgrund der in Punkt 2.11.1 angeführten Kriterien durchzuführen, so gilt dies auch für die Mieten der Hauptrotte (vgl., BMLFUW, 2005b, 240). Die Hauptrotte kann auch auf dem Mutterboden stattfinden. Hierbei besteht die Möglichkeit, bis zu 300 m³ Material pro Jahr und Betrieb auf nicht befestigter Fläche zu kompostieren. Weiters dürfen dabei nicht mehr als 100 m³ organische Abfälle an einem Standort gelagert oder kompostiert werden. Eine Reihe weiterer Voraussetzungen müssen erfüllt sein, um die Kompostierung am Mutterboden durchzuführen. Die dabei erlaubten Materialien sowie die Voraussetzungen sind in der Richtlinie „Stand der Technik der Kompostierung“ unter dem Punkt 5.3.4 baulich technische Ausstattungen näher angeführt (vgl. BMLFUW, 2005a, 87f).

c) Nachlagerung

Die Nachlagerung des fertigen Kompostes kann auf offenem Mutterboden stattfinden. Hierbei ist eine Reihe von Anforderungen zu berücksichtigen, die erfüllt werden müssen (vgl. BMLFUW, 2005b, 284). Diese Parameter sind der Studie „Stand der Technik der Kompostierung – Grundlagenstudie“ auf Seite 284 zu entnehmen. Werden diese Punkte nicht erfüllt, so ist eine flüssigkeitsdichte Basisabdichtung oder Überdachung vorzunehmen (vgl. BMLFUW, 2005b, 285).

Eine Überdachung oder Abdeckung mit Vlies ist bei folgenden Kriterien durch zu führen:

- Mietenhöhe kleiner gleich 1,5 m, und ab einem Jahresniederschlag von mehr als 1.000 mm
- Mietenhöhe größer als 1,5 m, und ab einem Jahresniederschlag von mehr als 1.300 mm, oder einem Gesamtjahresdurchsatz von mehr als 3.000 t (vgl. BMLFUW, 2005b, 285)

d) Sickerwasser

Anfallendes Niederschlagswasser und aus den Kompostmieten austretendes Prozesswasser wird bei Kompostanlagen mit einer flüssigkeitsdichten Basisabdichtung in einem Sammelbehälter aufgefangen (vgl. BMLFUW, 2005b, 242). Das Sickerwasser kann zur Bewässerung der Kompostmieten (vor allem in der Heißrottephase) oder auch direkt auf das Feld ausgebracht werden. Es ist jedoch in beiden Fällen eine Wartefrist von vier Wochen nach dem Ausbringen einzuhalten (vgl. BMLFUW, 2005b, 111f).

2.12 Emissionen beim Betreiben einer Kompostanlage

Grundsätzlich entstehen beim Betreiben einer Kompostierungsanlage Emissionen, die die angrenzende Umwelt oder auch Personen belasten können. Ich möchte kurz erwähnen, dass es diese Belastungen gibt und dass diese beim Bau einer Anlage zu berücksichtigen sind. Es handelt sich dabei um stoffliche Austräge, die beim Behandlungsprozess über die flüssige Phase oder auch Luft entweichen. Folgende Emissionen sind bei der Kompostierung zu berücksichtigen:

Geruchsemissionen, flüssige Emissionen, Keimemissionen, Staubemissionen, organische und anorganische Luftschadstoffe (inklusive klimarelevanter Gase) und Lärmemissionen (vgl. BMLFUW, 2005b, 61).

3 Betriebswirtschaftliche Aspekte

3.1 Maschinenkostenkalkulation

Für die Kalkulation der im Modell verwendeten Maschinen wurde das Kalkulationschema des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) verwendet. Dies stellt eine gängige Methode dar, um Maschinen zu kalkulieren.

3.1.1 Methodische Grundlage

Bei Gebrauchsgütern, zu denen Maschinen zählen, entstehen sowohl variable als auch fixe Kosten. Variable Kosten entstehen direkt beim Gebrauch der Güter und umfassen nutzungsbedingten Verschleiß, Betriebsstoffverbrauch sowie Reparaturen (vgl. KTBL, 2012a, s.p.). Hingegen sind fixe Kosten nutzungsunabhängig. Dazu zählt der Wertverlust durch Überalterung (technischer Fortschritt), die Zinskosten für das im Gebrauchsgut gebundene Kapital sowie Versicherungsprämien (vgl. KTBL, 2012a, s.p.).

3.1.2 Fixe Kosten

a) Abschreibung

Durch die Abschreibung wird der Wertverlust des Gebrauchsgutes auf Nutzungseinheiten oder Nutzungsjahre verteilt. Nutzungseinheiten werden angewendet, wenn der nutzungsbedingte Verschleiß die Nutzungsdauer begrenzt. Diese Methode wird auch leistungsabhängige Abschreibung genannt.

Begrenzt hingegen die nutzungsunabhängige Überalterung die Nutzungsdauer, so wird der Wertverlust je Jahr kalkuliert. Aufgrund des jährlichen Einsatzumfanges und der Auslastungsschwelle wird eine leistungsabhängige oder zeitabhängige Abschreibung kalkuliert (vgl. KTBL, 2012a, s.p.). Durch die angeführte Formel 1 wird die Auslastungsschwelle berechnet.

(1)

$$\text{Auslastungsschwelle} = \frac{n}{N}$$

Quelle: KTBL (2012a, s.p.)

n = technisches Nutzungspotenzial

N = wirtschaftliches Nutzungspotenzial

Liegt der tatsächliche Einsatzumfang über der Auslastungsschwelle, so wird eine leistungsabhängige Abschreibung kalkuliert. Ist der Einsatzumfang jedoch unter oder gleich der Auslastungsschwelle, so wird die zeitabhängige Abschreibung verwendet (vgl. KTBL, 2012a, s.p.).

- Zeitabhängige Abschreibung

Bei der zeitabhängigen Abschreibung wird der Abschreibungswert (=Anschaffungswert minus Restwert) auf die einzelnen Nutzungsjahre verteilt und entspricht somit dem jährlichen Wertverlust. Formel 2 zeigt die entsprechende Berechnungsformel.

(2)

$$\text{Abschreibung nach Zeit} = \frac{A-R}{N}$$

Quelle: KTBL (2012a, s.p.)

A = Anschaffungswert

R = Restwert

N = wirtschaftliches Nutzungspotential

Bei einer Stückkostenkalkulation wird der jährliche Wertverlust auf die jährlich erbrachten Nutzungseinheiten aufgeteilt. Die so entstehenden Stückkosten pro Einheit sind umso größer, je geringer der Einsatzumfang pro Jahr war. Je näher der Einsatzumfang bei der Auslastungsschwelle ist, umso geringer sind die Stückkosten pro Einheit (vgl. KTBL, 2012a, s.p.).

- Leistungsabhängige Abschreibung

Da bei der leistungsabhängigen Abschreibung der jährliche Einsatzumfang höher ist als die Auslastungsschwelle, wird der Abschreibungswert auf das technische Nutzungspotential verteilt. Dadurch ist das Gebrauchsgut früher verschlissen, als es überaltern würde (vgl. KTBL, 2012a, s.p.). Zur Berechnung wird die angeführte Formel 3 verwendet.

(3)

$$\text{Abschreibung nach Leistung} = \frac{A-R}{n}$$

Quelle: KTBL (2012a, s.p.)

A = Anschaffungswert

R = Restwert

n = technisches Nutzungspotential

b) Zinskosten

Die Zinskosten setzen sich aus Zinsansatz und Zinsen zusammen. Der Zinsansatz entspricht dem in der Maschine gebundenen Kapital, das nicht für weitere Investitionen zu Verfügung steht (vgl. KTBL, 2012a, s.p.).

„Zinsen werden für gebundenes Fremdkapital gezahlt. Die Bewertung des Kapitals bei der Investitionsplanung ist notwendig, da sich das in der Maschine gebundene Kapital durch den Einsatz der Maschine verzinsen muss. Als Preis des Kapitals ist der Zinssatz anzusetzen, der bei einer alternativen Anlageoption zu erzielen wäre oder der für Fremdkapital gezahlt werden muss“ (KTBL, 2012a, s.p.).

Die Investitionssumme reduziert sich jährlich um den Abschreibungsbetrag. Somit ist am Ende der Nutzungszeit nur mehr der Restwert im Objekt gebunden. Daraus ergibt sich, dass der Restwert über die gesamte Nutzungsdauer und der abschreibbare Betrag nur zur Hälfte verzinst wird (vgl. KTBL, 2012a, s.p.). In Formel 4 ist die zugehörige Berechnungsformel angeführt.

$$\text{Zinsansatz} = \frac{A+R}{2} \cdot i$$

Quelle: KTBL (2012, s.p.)

A = Anschaffungswert

R = Restwert

i = Zinssatz

c) Versicherung

Die Kosten für die Haftpflichtversicherung von selbstfahrenden Maschinen entsteht unabhängig von der Auslastung und ist jährlich fällig (vgl. KTBL, 2012a, s.p.). Die im Modell verwendeten Versicherungskosten wurden von KTBL übernommen.

3.1.3 Variable Kosten

a) Betriebsstoffe

„Der Diesel- und Motorölbedarf ist von der Motorauslastung im jeweiligen Arbeitsverfahren abhängig“ (KTBL, 2012a, s.p.). Im Modell wurde der tatsächlich erhobene durchschnittliche Kraftstoff- und Ölverbrauch des Modellbetriebes verwendet.

b) Reparaturen

„Reparaturkosten entstehen durch den nutzungsabhängigen und planbaren Austausch von Verschleißteilen und die Behebung von Funktionsstörungen. Die ausgewiesenen Reparaturkosten entsprechen dem Durchschnitt über das gesamte Nutzungspotenzial in Jahren oder Nutzungseinheiten“ (KTBL, 2012a, s.p.).

3.2 Investitionsrechnung

Im Modell werden die Baukosten einer dem Inputmaterial entsprechend dimensionierten Kompostierungsanlage berücksichtigt. Um die anfallenden Kosten der Investition in das Modell ein zu gliedern, wurde die Annuitätenmethode als Investitionsrechnung gewählt.

a) Annuitätenfaktor

Durch den Annuitätenfaktor wird eine jährlich gleichbleibende Rate kalkuliert, die den investierten Kapitalbetrag und die entsprechenden Zinsen in der vorgegebenen Laufzeit zurück gewinnt (vgl. SCHEUERLEIN, 1997, 18). Die Berechnungsformel des Annuitätenfaktors ist in Formel 5 angeführt. „Mit dem Annuitätenfaktor wandelt man somit einen (barwertigen) Kapitalbetrag (K_0) in eine gleichwertige Rente um. Diese Rente, die auch als Annuität bezeichnet wird, ist deshalb »gleichwertig«, weil sie sowohl die Kosten der Kapitalbenutzung (=Zinsen) als auch die Kapitalrückgewinnung (=Tilgung oder Amortisation) des Ursprungsbetrages K_0 während der vorgegebenen Laufzeit abdeckt“ (SCHEUERLEIN, 1997, 18).

(5)

$$ANN = \frac{i \times (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Quelle: SCHEUERLEIN (1997, 18)

ANN = Annuitätenfaktor

i = Zinssatz in Dezimalschreibweise

n = Laufzeit in Jahren

b) Investitionszuschuss

Im Rahmen des österreichischen Programmes für ländliche Entwicklung (2014-2020) sind der Bau von Kompostaufbereitungsplatten und der Bau von Anlagen zur Lagerung von Jauche in Punkt 9.2.2 als Förderungsgegenstand angeführt (vgl. BMLFUW, 2014, 62). Daher wird aufgrund des Punktes 9.6.2.4 ein Investitionszuschuss von 20 % gewährt (vgl. BMLFUW, 2014, 69). Dieser Investitionszuschuss kann bei der Berechnung von den Baukosten in Abzug gebracht werden. Förderbare Kosten sind jedoch nur die Nettokosten, da Steuern nicht anrechenbare Kosten darstellen (vgl. BMLFUW, 2014, 19).

4 Modell

Um der Problemstellung und den Fragen der Masterarbeit Antworten zu liefern, wurden drei Modellvarianten erstellt. Im folgenden Kapitel wird Schritt für Schritt der Aufbau des Modells anhand eines Exemplars erläutert. Des Weiteren werden die Unterschiede der einzelnen Varianten dar gebracht.

4.1 Modellbetrieb

Wie in der Einleitung schon erwähnt, verarbeitet der Betrieb Kartoffel und Zwiebel. Neben diesen beiden Produkten fällt auch Erde bei der Reinigung der Kartoffel als Abfallprodukt für die Kompostierung an. Die Aufteilung der Abfallmengen ist in Tabelle 3 angeführt. Derzeit werden die Abfallmaterialien gegen eine Gebühr an eine Kompostierungsanlage geliefert. Pro Jahr wird mit einer Gebühr von 2.000 € gerechnet (vgl. MODELLBETRIEB, 2014).

Tabelle 3: Jährlich anfallende Frischmenge der Abfallmaterialien des Modellbetriebes

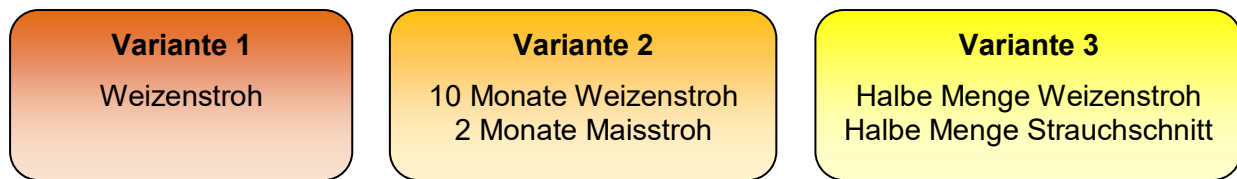
Inputmaterial	Volumen
Kartoffel	250 m ³
Zwiebel	500 m ³
Erde	250 m ³

Quelle: MODELLBETRIEB (2014, s.p.)

4.2 Modellvarianten

Am Beginn der Masterarbeit war geplant, Maisstroh als Strukturmaterial bei der Kompostierung zu verwenden. Aufgrund des hohen Feuchtigkeitsgehaltes bei der Ernte ist eine Lagerung über einen längeren Zeitraum ohne zusätzliche Kosten (zum Beispiel eine mechanische Trocknung des Strohs am Lager) nicht möglich. Dadurch wurden andere Strukturmaterialien in Betracht gezogen, deren Lagerung durchführbar ist.

Aufgrund der unterschiedlichen Strukturmaterialien sind nun drei Modellvarianten definiert und in der Abbildung 2 dargestellt.



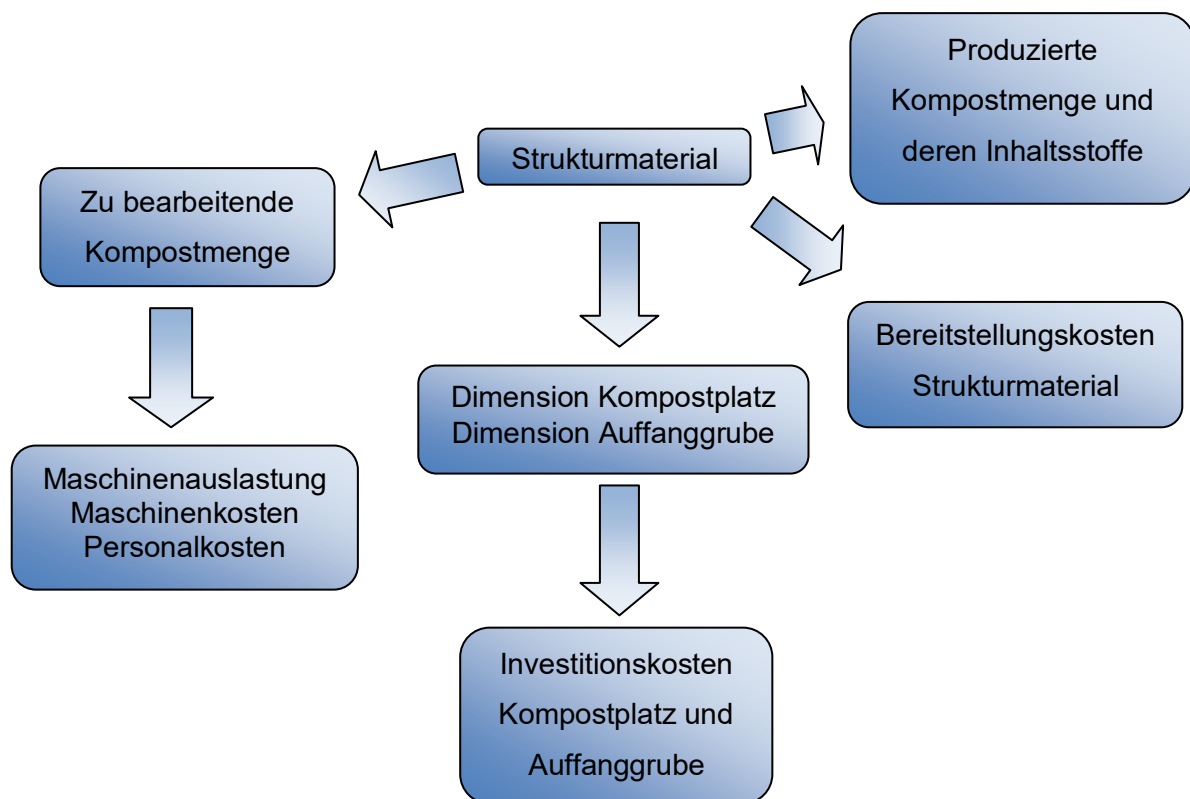
Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 2: Einteilung der Modellvarianten aufgrund des verwendeten Strukturmaterials

In der Variante Eins wird nur Weizenstroh als Strukturmaterial verwendet. Vorteile von Weizenstroh sind die gute Handhabung in Form von Quaderballen und die Lagerfähigkeit. Diese ist aufgrund der Trockenheit des Strohs optimal gegeben. In der zweiten Variante wurde das Weizenstroh zwei Monate durch Maisstroh ersetzt. Ergebnis hat sich diese Variante aufgrund des monatlichen Aufsetzens einer neuen Miete. Hierbei wird das frische Maisstroh vom Feld direkt der Kompostierung zugeführt und muss nicht lange gelagert werden. Da sich die Ernte des Körnermaises über zwei Monate erstreckt, ist eine kontinuierliche Nachlieferung mit Maisstroh möglich. In der dritten Variante besteht die Strukturmaterialmenge zur einen Hälfte aus Weizenstroh und zur anderen Hälfte aus Strauchschnitt. Strauchschnitt hat den Vorteil, dass es ein weiteres C/N-Verhältnis als Weizenstroh mit sich bringt. Dadurch benötigt man eine geringere Menge an Strauchschnitt, wodurch eine Verringerung der Kompostplatzgröße möglich ist.

Aufgrund des für die Kompostierung zu erreichenden C/N-Verhältnis wurde die optimale Menge an Strukturmaterial kalkuliert. Da es sich um unterschiedliche Strukturmaterialien mit verschiedenen C/N-Verhältnissen handelt, werden auch unterschiedliche Mengen dieser Materialien benötigt. Die Mengendifferenzen haben Auswirkungen auf die Kompostplatzgröße und das Sickergrubenvolumen. Wodurch Anlagekosten, Maschinenkosten, Personalkosten und Kosten für die Bereitstellung von Strukturmaterial beeinflusst werden. Auch die entstehende Kompostmenge pro Jahr differenziert bei den einzelnen Varianten.

Die Abbildung 3 stellt dar, auf welche Bereiche im Modell der Strukturmaterialwechsel einen Einfluss hat. Durch die Pfeile wird die Beeinflussungsrichtung veranschaulicht.



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 3: Einfluss des Strukturmaterialwechsels auf die Einzelbereiche im Modell

4.3 Modellkalkulation anhand der Modellvariante Eins

Im folgenden Kapitel werden der Aufbau der erstellten Modelle und die damit verbundenen Berechnungen erläutert. Da die drei Modellvarianten vom Aufbau ähnlich sind, wird die Strukturierung dieser anhand der Modellvariante Eins (Weizenstroh als Strukturmaterial) erklärt. Dabei wird auch auf die Berechnungen dieser Variante eingegangen. Die Berechnungen der beiden anderen Varianten werden im Anschluss angeführt.

Der produzierte Kompost kann in der ausgebrachten Menge von 18 m³/ha den Nährstoffbedarf der am Modellbetrieb angebauten Kulturen nicht decken. Dadurch wird eine Ergänzungsdüngung mit dem Mineraldüngerstreuer durchgeführt. Da dieser und die damit verbundenen Kosten nicht eingespart werden können, kann dies nicht als Kostenreduktion im Modell angesehen werden.

4.3.1 Abfall- und Strukturmaterial

Im folgenden Abschnitt werden die Ausgangsmaterialien des Modellbetriebs genauer erörtert. Als erstes wird die benötigte Menge an Strukturmaterial kalkuliert. Anschließend werden die Nährstoffe der Abfall- und Strukturmaterialien und deren Bewertung dargebracht.

a) Kalkulierung der Strukturmaterialmenge

Aufgrund der jährlich gegebenen Menge an Abfallmaterial und der entsprechenden C/N-Verhältnisse kann über eine Formel die entsprechende Menge an Strukturmaterial berechnet werden. Bei den Abfallmaterialien sind Zwiebel und Kartoffel für die Berechnung herangezogen worden. Ziel der angeführten Formel 6 ist auch ein optimales C/N-Verhältnis der Ausgangsmischung für einen entsprechenden Kompostierungsverlauf zu bekommen.

(6)

$$t_x = \frac{t_A(C/N_M - C/N_A)}{C/N_x - C/N_M}$$

Quelle: BMLFUW II (2005, 103)

t_x = Zumischung der benötigten Menge an Strukturmaterial in Tonnen mit bekanntem C/N-Verhältnis

t_A = vorliegende Masse in Tonnen der Mischung aus Kartoffel und Zwiebel

C/N_M = angestrebtes C/N-Verhältnis der resultierenden Mischung aus Kartoffel, Zwiebel und Strukturmaterial

C/N_A = C/N-Verhältnis der bestehenden Mischung von Kartoffel und Zwiebel

C/N_x = bekanntes C/N-Verhältnis des Strukturmaterials

Berechnung der für die Kompostierung benötigten Jahresmenge an Weizenstroh in Modellvariante Eins:

- Umrechnung von Kubikmetern auf Tonnen

Tabelle 4: Berechnung der Inputmaterialien in Tonnen

Inputmaterial	Volumen	Umrechnungsfaktor	Masse
Kartoffel	250 m ³	0,726 m ³ /t	181,5 t
Zwiebel	500 m ³	0,65 m ³ /t	325 t
Erde	250 m ³	1,44 m ³ /t	360 t

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus LRT GMBH THARANDTER BAUMASCHINENSERVICE (2015, 1), MODELLBETRIEB (2014, s.p.)

In Tabelle 4 wird die Umrechnung von Kubikmetern in Tonnen mit Hilfe von Umrechnungsfaktoren dargestellt. Als nächstes wird die benötigte Menge an Strukturmaterial berechnet. Die Menge an Erde wird bei dieser Berechnung nicht mit einbezogen.

- **Berechnung der Strukturmaterialmenge Weizenstroh:**

t_x = benötigte Menge Weizenstroh

$t_A = (181,5 + 325) = 506,5 \text{ t}$

$C/N_M = 25$

$C/N_A = 15$

$C/N_x = 100$

$$t_x = \frac{(506,5 \times (25 - 15))}{(100 - 25)}$$

$$t_x = 67,53 \text{ t}$$

Tabelle 5: Umrechnung der Weizenstrohmenge von Tonnen in Kubikmeter

Inputmaterial	Masse	Umrechnungsfaktor	Volumen
Weizenstroh	67,53 t	0,06 m³/t	1.125,56 m³

Quelle: Eigene Darstellung nach MASCHINENBAU GMBH MANFRED KAISER (2015, 1)

Die errechneten Daten werden sowohl für den Kompostierungsprozess als auch für die Dimensionierung der Kompostierungsanlage benötigt. Die Umrechnungsfaktoren sowie die C/N-Verhältnisse sind den Tabellen A 1 und A 2 im Anhang zu entnehmen.

b) Nährstoffe der Materialien

Tabelle 6: Nährstoffgehalte der Abfall- und Strukturmaterialien in kg pro kg Frischmasse.

Inputmaterial	Nährstoffgehalte in kg/kg Frischmasse		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Kartoffel	0,003264 kg	0,001146 kg	0,004953 kg
Zwiebel	0,002000 kg	0,000962 kg	0,001627 kg
Erde		0,003684 kg	0,002429 kg
Weizenstroh	0,005000 kg	0,003000 kg	0,014000 kg
	MgO	CaO	S
Kartoffel	0,000332 kg	0,000080 kg	0,00035 kg
Zwiebel	0,000182 kg	0,000415 kg	0,00051 kg
Erde	0,003541 kg		
Weizenstroh	0,002000 kg	0,004400 kg	

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus ABEL CONSULTING (2014a, s.p.), ABEL CONSULTING (2014b, s.p.), KTBL (1993, 127); POTTSMANN (2015, 1), SCHNEIDER (2011, 3)

In Tabelle 6 sind die Nährstoffe der Abfall- und Strukturmaterialien angeführt. Die Stickstoffwerte bei Kartoffel und Zwiebel wurden aus den Eiweißgehalten und mit einem Umrechnungsfaktor errechnet. Die Angaben der Erde sind Durchschnittswerte von Bodenproben des Modellbetriebes. Die Herkunft dieser können aus der im Anhang befindlichen Tabelle A 3 entnommen werden. Die Frischmasse entspricht bei Weizenstroh und Maisstroh einer Trockenmasse von 86 %. In Kombination mit den in Tabelle 4 und 5 angeführten Gewichten ist es nun möglich, die jährliche Gesamtmenge an Nährstoffen zu errechnen, die im Ausgangsmaterial vorhanden ist.

Tabelle 7 veranschaulicht die errechneten Jahressummen der einzelnen Nährstoffe. Während des Kompostierungsprozesses kann es zu Nährstoffverlusten kommen. Die Stickstoffverluste wurden mit 30 % angenommen (vgl. DUNST, 2015, 101). Bei den restlichen Nährstoffen kann es zu einem Nährstoffverlust durch Sickersaftbildung kommen. Diese werden zusammen mit dem Regenwasser in der Sickergarbe gespeichert. Im Modell ist eine Befeuchtung der Kompostmieten kalkuliert, wodurch die Sickersäfte wieder zu den Mieten zurückgeführt werden. Somit sind bei den restlichen Nährstoffen keine Verluste angenommen worden.

Tabelle 7: Einzelnährstoffsummen abzüglich der Nährstoffverluste

Berechnungsschritt	Masse der Nährstoffe in kg		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Nährstoffe gesamt	1580,08 kg	2049,61 kg	3247,59 kg
Nährstoffverluste	474,025 kg		
Differenz	1106,06 kg	2049,61 kg	3247,59 kg
	MgO	CaO	S
Nährstoffe gesamt	1529,4 kg	446,63 kg	229,28 kg
Nährstoffverluste			
Differenz	1529,4 kg	446,63 kg	229,28 kg

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Daten aus DUNST (2015, 101), Tabelle 4, 5 und 6

c) Nährstoffbewertung

Für die Bewertung der errechneten Nährstoffe der Abfall- und Strukturmaterialien wurden Mineraldüngerdaten des Modellbetriebes und der Agrarmarketing Austria verwendet. Zur Berechnung wurden Preise ohne Mehrwertsteuer aus dem Jahr 2014 herangezogen. Anhand eines Beispiels wird die Kalkulierung der Nährstoffpreise erklärt. Der Dünger Kalkammonsalpeter enthält 27 % Stickstoff. Bei einem Preis von 25,98 €/dt erhält man einen Stickstoffpreis von 0,97 €/kg (= 25,98 / 27).

Um nun Nährstoffpreise von einzelnen Düngern aus Mehrnährstoffdüngern zu erhalten, wurde wie folgt kalkuliert:

Der Dünger Ammonsulfatsalpeter enthält neben 26 % Stickstoff auch 13 % Schwefel. Es wird nun vom Düngerpreis des Ammonsulfatsalpeter (26,10 €/dt) die enthaltene Menge an Stickstoff (26 kg/dt) mit dem zuvor bewerteten Stickstoffpreis (0,97 €/kg) abgezogen ($26,10 - (26 \cdot 0,97)$). Der daraus entstandene Wert (1,08 €/dt) wird nun durch den Schwefelgehalt (13 kg/dt) dividiert. Somit erhält man den Kilogrammpreis von 0,08 € für Schwefel. Da am Modellbetrieb vermehrt Mehrnährstoffdünger verwendet werden, sind für die Kalkulation zusätzlich Daten von der Agrarmarketing Austria verwendet worden. In der folgenden Tabelle 8 sind die verwendeten Dünger und deren Datenherkunft ersichtlich. Die nachstehende Tabelle 9 zeigt die kalkulierten Einzelnährstoffpreise.

Tabelle 8: Mineraldünger mit Preisen und Nährstoffgehalten

Düngerbezeichnung	Preis in €/dt	Nährstoffgehalte in Prozent						Literatur
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	CaO	
Kalkammonsalpeter	25,98 €/dt	27						AGRARMARKT AUSTRIA (2014,1)
Ammonsulfatsalpeter	26,10 €/dt	26				13		Modellbetrieb (2014,s.p.)
Kali 60%	35,58 €/dt			60				AGRARMARKT AUSTRIA (2014,1)
Mischkalk 60% CaO	8,15 €/dt						60	AGRARMARKT AUSTRIA (2015,1)
Diammonphosphat 18/46	43,75 €/dt	18	46					Modellbetrieb (2014,s.p.)
Patentkali 30	37,5 €/dt			30	10	17		Modellbetrieb (2014,s.p.)

Quelle: Eigene Darstellung nach Literatur siehe Tabelle

Tabelle 9: Kalkulierten Reinnährstoffpreise in €/kg

Düngerbezeichnung	Preis pro kg Reinnährstoff in €/kg					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	CaO
Kalkammonsalpeter	0,96					
Ammonsulfatsalpeter	0,96				0,08	
Kali 60%			0,59			
Mischkalk 60% CaO						0,14
Diammonphosphat 18/46	0,96	0,57				
Patentkali 30			0,59	1,83	0,08	

Quelle: Eigene Berechnung nach Tabelle 8

Aus den Einzelnährstoffpreisen und den berechneten Nährstoffmengen in Abfall- und Strukturmaterial kann nun eine monetäre Bewertung des entstehenden Kompostes vorgenommen werden. Dieser kalkulierte Wert wird als jährliche Leistung angenommen, um die entstehenden Kosten der Kompostierung und des Kompostplatzes decken zu können. Aus Tabelle 10 sind die jährlichen Nährstoff Erlöse in der Höhe von 7.025,85 € ersichtlich.

Tabelle 10: Berechnung der Nährstoff Erlöse pro Jahr

Nährstoffe	Nährstoffmenge abzüglich Verluste	Nährstoffpreise	Nährstoff Erlöse
N	1.106,06 kg	0,96 €/kg	1.061,82 €
P ₂ O ₅	2.049,61 kg	0,57 €/kg	1.168,28 €
K ₂ O	3.247,59 kg	0,59 €/kg	1.916,08 €
MgO	1.529,40 kg	1,83 €/kg	2.798,80 €
CaO	446,63 kg	0,14 €/kg	62,53 €
S	229,28 kg	0,08 €/kg	18,34 €
		Summe	7.025,85 €

Quelle: Eigene Berechnung nach Tabelle 7 und Tabelle 9

4.3.2 Weitere Leistungen

Die derzeitigen Kosten für die Entsorgung der anfallenden Abfallmaterialien wurden ebenfalls als Leistungen angenommen. Dabei handelt es sich um 2.000 €/J (vgl. MODELLBETRIEB, 2014, s.p.). Eine weitere Leistung sind die geringeren Kosten beim Dreschen. Diese entstehen, da das Weizenstroh in Variante Eins lose abgelegt und nicht gehäckselt wird. In Summe werden so die Dreschkosten um 149,45 €/J verringert (vgl. HOLZINGER, 2015, s.p.). Somit stehen in der Modellvariante Eins in Summe 2.149,45 €/J weitere Leistungen zur Verfügung.

4.3.3 Kompostanlage

Die jährlich anfallende Abfallmenge des Modellbetriebes von 1.000 m³ übersteigt die Möglichkeit der Feldrandkompostierung, die mit 300 m³ Material begrenzt ist (vgl. ARGE KOMPOST UND BIOGAS, 2012, 2). Somit wurden im Modell eine geeignete Kompostierungsanlage und deren Investitionskosten berücksichtigt. Da für den Bau einer Kompostanlage am Modellbetrieb eine geeignete Fläche zur Verfügung steht, sind anfallende Grundstückskosten in der Kalkulation nicht berücksichtigt worden.

a) Dimensionierung Vormischplatz, Kompostplatz und Sickergube

- **Vormischplatz**

Aufgrund des monatlichen Aufsetzens der Miete wird ein Pufferplatz (Vormischplatz) benötigt, um die wöchentlich anfallenden Materialien lagern zu können. Da monatlich eine Kompostmiete aufgesetzt wird, wurde genau für diese Menge die Platzdimensionierung vorgenommen. Weiters ist eine Umrandungsmauer (=Vormischplatzmauer) kalkuliert, damit eine entsprechende Schütthöhe erreicht werden kann. Bei einer monatlichen Abfallmenge von $177,13 \text{ m}^3$ und einer angenommenen Lagerhöhe von $1,50 \text{ m}$ ergibt sich eine Fläche von $118,09 \text{ m}^2$. Es wurde eine fixe Lagerbreite von zehn Metern angenommen. Die resultierende Lagertiefe beträgt $11,81 \text{ m}$. Zusätzlich wurde ein Rangierplatz von 20 m^2 kalkuliert, der sich aus zwei Meter Tiefe und zehn Meter Breite ergibt.

- **Kompostplatz**

Durch den monatlichen Aufsetzrhythmus und einer Hauptrottezeit von acht Wochen (vgl. ARGE KOMPOST UND BIOGAS, 2012, 6) ist der Kompostplatz auf zwei Mieten ausgelegt. Die Mietenlänge ergibt sich aufgrund der Annahme von $3 \text{ m}^3/\text{lfm}$ (vgl. ARGE KOMPOST UND BIOGAS, 2012, 6). Dieser Wert impliziert eine Mietenhöhe von $1,5 \text{ m}$ und eine maximale Fußbreite von 3 m (vgl. ARGE KOMPOST UND BIOGAS, 2012, 6). Aufgrund der Lagerzeit am Vormischplatz findet ein Substanzverlust des Ausgangsmateriales statt, wodurch die aufgesetzte Mietenmenge reduziert wird. Die resultierende Aufsetzmenge beträgt $154,99 \text{ m}^3$, wodurch sich eine Mietenlänge von $51,66 \text{ m}$ ergibt. Diese Länge wird jeweils um vier Meter am Anfang und um vier Meter am Ende der Miete verlängert, um ein leichteres Rangieren zu ermöglichen. Die Mietenbreite wurde mit drei Meter angenommen. Daraus ergibt sich bei zwei Mieten eine Hauptrottefläche von $357,98 \text{ m}^2$. Zusätzlich wurde eine geschotterte Fahrfläche rechts und links neben den beiden Mieten berechnet, die $357,98 \text{ m}$ ausmacht.

- **Sickergube**

Die Sickergube befindet sich bautechnisch unter dem Vormischplatz und nimmt Regenwasser und Sickersäfte vom Vormischplatz und der Kompostierungsfläche auf. Die Dimensionierung richtet sich einerseits nach einem zweitägigen Dauerregenereignis innerhalb von fünf Jahren und andererseits nach der anfallenden Sickersaftmenge. Weiters wird ein 25% Sicherheitsfaktor hinzu gerechnet (vgl. BMLFUW I, 2005, 49). Die entsprechenden Zahlen sind der Tabelle 11 zu entnehmen.

Tabelle 11: Kalkulierung der Niederschlags- und Sickerwassermenge in Kubikmeter pro Quadratmeter versiegelte Kompostplatzfläche

Bezeichnung Faktor	Faktor	Einheit	Literatur
fünffähriges Niederschlagsereignis	0,090	m ³ /m ² Fläche	Amt der NÖ Landesregierung (2015, s.p.)
Sickersaftbildung	0,028	m ³ /m ² Fläche	BMLFUW, 2005, 49
25% Sicherheitsfaktor	0,030	m ³ /m ² Fläche	BMLFUW, 2005, 49
Summe	0,148	m ³ /m ² Fläche	

Quelle: Eigene Berechnung nach Literatur siehe Tabelle

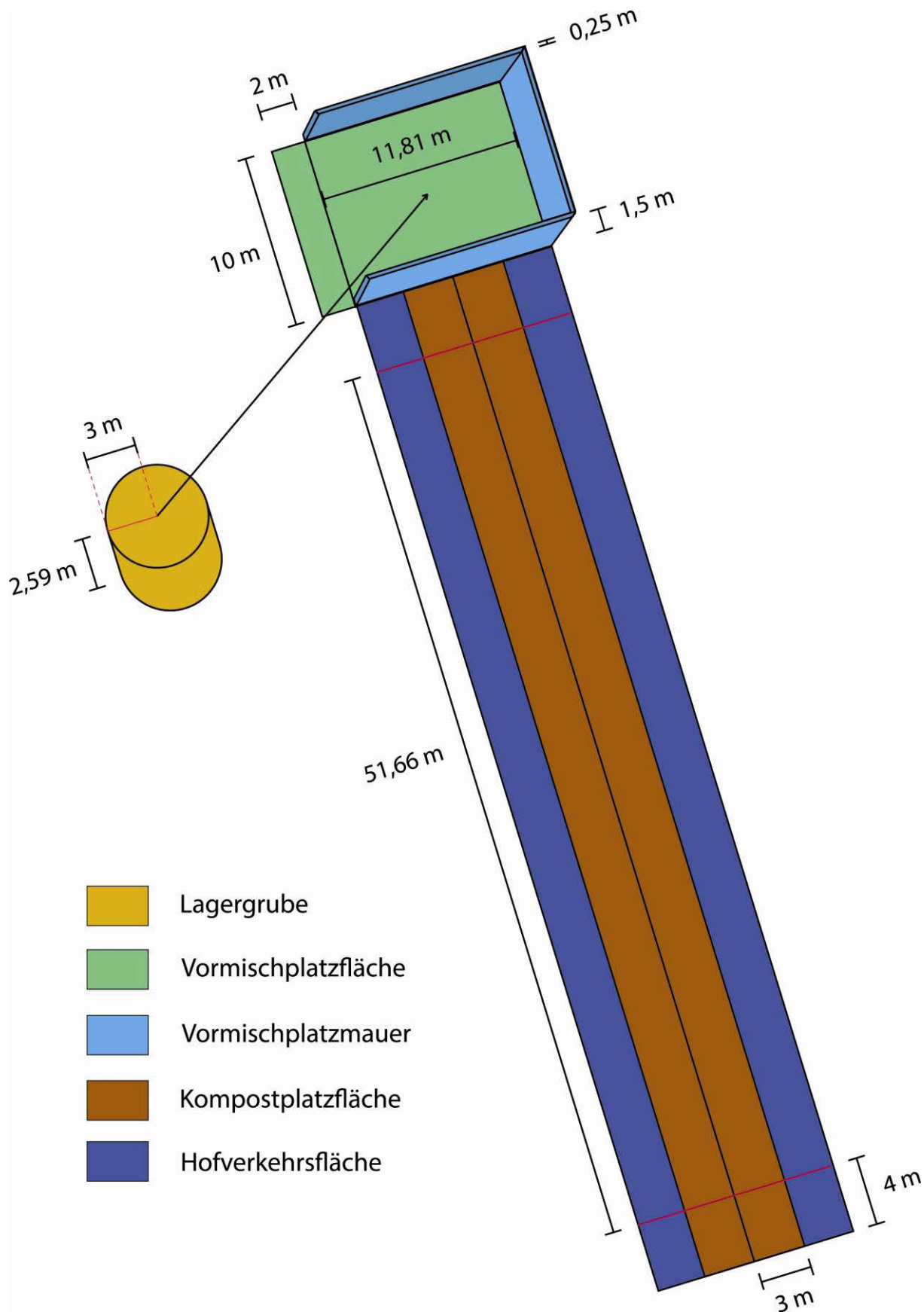
Der in Tabelle 11 kalkulierte Wert wird mit der Größendimensionierung des Vormischplatzes und der Größe des Kompostplatzes multipliziert. Anschließend werden die beiden Werte addiert, wodurch die Dimensionierung der Sickergrube (siehe Tabelle 12) entsteht.

Tabelle 12: Berechnung der Sickergrubendimensionierung

Berechnungsgrößen	Dimension	Einheit
Faktor Sicker und Niederschlagswasser	0,1475	m ³ /m ²
Vormischplatz	138,09	m ²
Kompostplatz	357,98	m ²
Ergebnis	Volumen	Einheit
Sickergrubendimensionierung	73,17	m ³

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf ARGE KOMPOST UND BIOGAS (2012, 6), eigene Annahmen, Tabelle 11

Um eine bessere Vorstellung des beschriebenen Kompostplatzes zu bekommen, wurde die Abbildung 4 erstellt, in der die beschriebene Kompostanlage mit den einzelnen Bauelementen und deren Abmessungen ersichtlich ist. In den beiden weiteren Modellvarianten ist die Kompostanlage von der Anordnung der Bauelemente gleich, jedoch unterscheiden sich die Abmessungen.



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 4: Schematische Darstellung der Kompostierungsanlage mit den Abmessungen der Modellvariante Eins

b) Kostenkalkulation und Amortisation

Die im vorigen Kapitel kalkulierten Dimensionen der Kompostanlage werden nun mit entsprechenden Baupreisen versehen. Dadurch wird eine wirtschaftliche Kalkulation möglich.

- **Erhebung der Preise**

Die Baurichtpreise für die einzelnen Bauelemente wurden aus dem Dokument Pauschalkostensätze (Baurichtpreise und pauschale Kostensätze für technische und andere Investitionen) entnommen. Dabei handelt es sich um die Ausgabe von 2010, welche von der Abteilung Land und Forstwirtschaft in Oberösterreich erstellt wurde. Aus der Tabelle A 4 (siehe Anhang) sind die Literaturhinweise der einzelnen Bauelemente ersichtlich.

Anschließend wurden die Preise mit Hilfe des Baupreisindex für Hoch- und Tiefbau auf das zweite Quartal 2014 indexiert (vgl. STATISTIK AUSTRIA, 2014, s.p.).

Aus Tabelle 13 sind die verwendeten Baupreise ersichtlich.

Tabelle 13: Indexierung der Baurichtpreise von 2010 auf 2014 für die angeführten Baukomponenten

Bauelement	Baurichtpreis 2010	Indexiert auf 2014
Asphaltfläche	47 €/m ²	51,14 €/m ²
Hofverkehrsfläche	37 €/m ²	40,26 €/m ²
Sickergrube mit befahrbarer Decke	116 €/m ³	126,21 €/m ³
Umfassungsmauer	103 €/m ²	112,06 €/m ²

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf GERSTMAYR und GERHARTINGER (2010, 7f), STATISTIK AUSTRIA (2014, s.p.)

- **Kalkulierung der Kosten Kompostplatz, Vormischplatte und Sickergrube**

Die kalkulierten Dimensionen der einzelnen Bauelemente (Punkt 4.3.3.a) werden nun mit den indexierten Baupreisen (siehe Tabelle 13) multipliziert. Dadurch kommt man zu den Baukosten der einzelnen Bauelemente und somit zur Investitionssumme der Kompostierungsanlage. Diese Rechenschritte sind der Tabelle 14 zu entnehmen.

Tabelle 14: Berechnung der Investitionskosten der Kompostierungsanlage

Bauelement	Kubatur	Preis/Einheit	Berechnungsergebnisse
Kompostplatz			
» Kompostierungsfläche	357,98 m ²	51,14 €/m ²	18.305,50 €
» Hofverkehrsfläche	357,98 m ²	40,26 €/m ²	14.412,15 €
Sickergrube	73,17 m ³	126,21 €/m ³	9.234,70 €
Vormischplatz			
» Lagerfläche	138,09 m ²	51,14 €/m ²	7.061,19 €
» Umfassungsmauer	56,43 m ²	112,06 €/m ²	6.323,31 €
Gesamtsumme			55.336,86 €

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Punkt 4.3.3.a, Tabelle 12, Tabelle 13

- **Amortisationsberechnung**

Von den kalkulierten Baukosten wird der Investitionszuschuss (IZ, siehe Kapitel 3.2.2) in Höhe von 20 % (der Baukosten) in Abzug gebracht. Die dadurch neu entstandenen Baukosten, welche aus Tabelle 15 ersichtlich sind, können nun für die Amortisationsberechnung verwendet werden.

Tabelle 15: Berechnung und Abzug des Investitionszuschusses

Berechnungselemente	Angabe in €
kalkulierte Baukosten	55.336,86 €
Investitionszuschuss (IZ)	11.067,37 €
	Ergebnis in €
Baukosten abzüglich IZ	44.269,48 €

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf BMLFUW (2014, 69), Tabelle 14

Bei der Amortisationsrechnung in Tabelle 16 wurden ein Zinssatz von 3 % und eine Amortisationszeit von 20 Jahren angenommen. Daraus entsteht ein Annuitätenfaktor von 0,067 und eine jährliche Annuität von 2.975,6 €. Der theoretische Teil für die Kalkulierung des Annuitätenfaktors kann dem Kapitel 3.2.1 entnommen werden.

Tabelle 16: Berechnung der jährlichen Annuität

Berechnungselemente	Angaben	Einheit
Baukosten abzüglich IZ	44.269,48	€
Zinssatz	3	%
Amortisationsdauer	20	Jahre
Annuitätenfaktor	0,067	€
Bezeichnung	Ergebnis in €	
jährliche Annuität	2.975,60	€

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf eigenen Annahmen, SCHEUERLEIN (1997, 18), Tabelle 15

4.3.4 Kompostierungsprozess

In diesem Kapitel geht es um die Erhebung der Kosten, die beim Prozess der Kompostierung entstehen. Die Dimension der in Kapitel 4.3.3 beschriebenen Kompostanlage, dient der Kostenkalkulation von jenen Tätigkeiten, die am Kompostplatz durchgeführt werden. Weiters wurde die Bergung des Weizenstrohs berechnet, welches als Strukturmaterial in Modellvariante Eins verwendet wird.

4.3.4.1 Verwendete Maschinen / Maschinenkosten

Die Daten für die verwendeten Maschinen wurden vom Modellbetrieb, von KTBL und vom Maschinenring herangezogen. Aus Tabelle 17 ist ersichtlich, welche Maschinen im Modell verwendet werden, wie hoch die einheitsbezogenen Kosten sind und woher die Anschaffungswerte stammen. Bei den Maschinenringdaten wurden die vom Maschinenring angegebenen Kosten/Einheit übernommen.

Tabelle 17: Verwendete Maschinen bei der Kostenkalkulation in Modellvariante Eins

Maschine	Kosten/Einheit	Herkunft der Anschaffungswerte Herkunft der Kosten/Einheit
Traktor 1	27,5 €/h	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Traktor 2	28,36 €/h	MODELLBETRIEB, (2015a,s.p.)
Frontlader	4,58 €/h	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Erdschaufel 0,8m³	0,07 €/t	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Greifschaukel 0,8m³	0,24 €/m³	KTBL (2012a,s.p.)
Palettengabel	0,36 €/t	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Kompostwender	27,23 €/h	KTBL (2012b, 118)
Plateauanhänger	11 €/h	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Güllefass	1,2 €/m³	MASCHINENRING (2014, s.p.)
Kompoststreuer	143,21 €/h	MASCHINENRING (2014, s.p.)
Strohpresse	8,5 €/Ballen	MASCHINENRING (2014, s.p.)

Quelle: Eigene Darstellung nach Literatur siehe Tabelle

Im Modell wurde versucht, so realitätsbezogen wie möglich zu kalkulieren. Sofern jedoch eine Maschine nicht am Modellbetrieb vorhanden war und auch nicht durch den Maschinenring zur Verfügung stand, wurde der Anschaffungswert von KTBL für die Kalkulation verwendet. Die entsprechende mathematische Grundlage der Maschinenkostenkalkulation kann dem Kapitel 3.1 entnommen werden. Da die Traktoren vom Modellbetrieb genommen wurden, stand auch der tatsächliche Diesel- und Motoröl-Verbrauch für die Berechnung zur Verfügung. Der Preis für einen Liter Diesel beträgt 1,05 €/l und der Preis für einen Liter Motoröl 3 €/l. Beide Preise stammen vom Modellbetrieb und stellen Durchschnittspreise ohne Mehrwertsteuer aus dem Jahr 2014 dar. Der Zinssatz wurde mit 3 % angesetzt und ist somit gleich wie bei der Kompostanlagenkalkulation in Punkt 4.3.3 Die angeführten Reparaturkosten und Versicherungskosten sowie der Nutzungsumfang wurden von äquivalenten Maschinen von KTBL übernommen. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Maschinen von KTBL mit jenen vom Modellbetrieb in der Ausstattung ident sind. Der jährliche Einsatzumfang ergibt sich aus den Leistungen, die am Modellbetrieb durchgeführt werden und jenen Leistungen, die durch die Kompostierung entstehen. Dadurch kann eine bessere Auslastung der Maschinen erreicht werden. In Tabelle 18 ist die Maschinenkostenkalkulation am Beispiel Traktor 1 angeführt. Der jährliche Einsatzumfang setzt sich aus dem bekannten Leistungsumfang am Modellbetrieb und aus dem zusätzlich kalkulierten Leistungsumfang durch die Kompostierungsanlage zusammen. Am Beispiel Traktor 1 teilt sich der jährliche Einsatzumfang von 638,94 h in 450 h vom Modellbetrieb und 188,94 zusätzliche Stunden von der Modellkalkulation auf.

Tabelle 18: Schema der Maschinenkalkulation am Beispiel Traktor 1

Traktor 1					
	Wert	Einheit	Kosten	€/Jahr	€/h
Anschaffungspreis	80.000	€	Abschreibung fix	6.666,58	10,43
Restwert	1	€	Abschreibung variabel		0,00
Zinssatz	3	%	Zinsansatz	1200,02	1,88
Versicherung/ sonstige Fixkosten	439	€/J	Weitere Fixkosten	439,00	0,69
Reparatur/ Instandsetzung	7,8	€/h	Summe Fixkosten	8.305,60	13,00
Betriebsstoffe:			Reparaturen	4.983,77	7,80
davon Diesel (1,05 €/l)	6,29	l/h	Betriebsstoffe	4.283,17	6,70
Öl/Betriebsstoff (3,00 €/l)	0,03	l/h	davon Diesel	4.219,91	6,60
Nutzungsumfang/ nach Zeit	12	Jahre	Öl	63,26	0,10
Nutzungsumfang/ nach Arbeit	10.000,00	h	Weitere variable Kosten	0,00	0,00
Auslastungsschwelle	833,33	h	Summe variable Kosten	9.266,93	14,50
Jährlicher Einsatzumfang	638,94	h	Gesamtkosten	17.572,53	27,50

Quelle: Eigene Darstellung

- **An-/Abbauzeit der Maschinen**

Es wurden im Modell auch die An- und Abbauzeiten der verwendeten Maschinen berücksichtigt. Die Zeiten wurden durch mehrere praktische Wiederholungen erhoben, wodurch ein gesicherter Wert entstand. Die in Tabelle 19 angeführten Werte beinhalten sowohl den An- als auch den Abbauvorgang der angeführten Maschine.

Tabelle 19: Erhobene An- und Abbauzeiten der verwendeten Maschinen

Maschine	Zeitbedarf in Stunden
Frontlader	0,08 h
Palettengabel	0,02 h
Schaufel	0,02 h
Greifschaukel	0,04 h
Kompoststreuer	0,11 h
Fass	0,11 h
Kompostwender	0,11 h
Plateauanhänger	0,06 h
Strohpresse	0,12 h

Quelle: Eigene Erhebungen

- **Personalkosten**

Die Personalkosten sind mit 15 €/h angesetzt. Berücksichtigt werden diese Kosten sowohl bei den An- und Abbauzeiten der Maschinen sowie bei jedem Einsatz eines Traktors.

4.3.4.2 Strukturmaterial (Weizenstroh) Bergung

Bei der Modellvariante Eins wird Weizenstroh als Strukturmaterial für die Kompostierung verwendet. Im Modell wird daher auch die Bergung des Strohes vom Feld als Kostenfaktor berücksichtigt. Da das Stroh beim Dreschen lose abgelegt wird, verringern sich die Dreschkosten um 9 €/ha (vgl. HOLZINGER, 2015, s.p.)

- **Berechnung der Bergungskosten**

Bei einem durchschnittlichen Weizenantrag des Modellbetriebes von 7 t/ha können 11,62 Quaderballen mit einem Gewicht von 350 kg geborgen werden. Aus der Tabelle 20 ist ersichtlich, wie man vom Weizenantrag über das Korn- /Strohverhältnis und der Bergungsmenge zu der Ballenanzahl pro Hektar kommt. Bei einem Strohantrag von 4,07 t/ha und einem gesamten Strohbedarf von 67,53 t wird eine Fläche von 16,61 ha Weizen für die Kompostierung benötigt.

Tabelle 20: Kalkulierung der Ballenanzahl pro ha

Parameter	Wert	Einheit	Datenherkunft
Weizenertrag	7	t/ha	MODELLBETRIEB (2015a, s.p.)
Korn Stroh Verhältnis	0,83		INCONA, (2009, s.p.)
Strohertrag	5,81	t/ha	Wert berechnet
Bergungsmenge	70	%	SCHNEIDER UND TULNIK (2011, 34)
Strohertrag nach Bergung	4,07	t/ha	Wert berechnet
Gewicht pro Ballen	350	kg	MASCHINENRING (2014, s.p.)
Anzahl Ballen /ha	11,62	Ballen/ha	Wert berechnet

Quelle: Eigene Berechnung nach Literatur siehe Tabelle

- Zeiterhebungen für die Strohbergung**

Der Zeitbedarf bei dem Arbeitsvorgang Strohpressen wurde mit Hilfe des KTBL Feldarbeitsrechners erhoben und beträgt 0,59 h/ha. In der Tabelle A 5 (siehe Anhang) ist ersichtlich, welche Parameter in den Feldarbeitsrechner eingegeben wurden, um diesen Wert zu erhalten. Im KTBL – Programm wird ein maximales Gewicht von 330 kg pro Ballen angegeben. Dieser Wert stimmt nicht mit jenem vom Maschinenring (350 kg/Ballen) überein. Da jedoch kein höherer Wert bei KTBL vorhanden war, wurde der Wert bei 330 kg/Ballen übernommen.

Die weitere Mengenkalkulation im Modell erfolgt jedoch mit den 350 kg/Ballen. Weiters wurden die Belade- und Entladezeit der Strohballen sowie die Transportzeit auf der Straße von einem Lohnunternehmen zur Verfügung gestellt (vgl. HOLZINGER, 2015, s.p.). Die Werte wurden auf die berechnete Ballenanzahl von 11,62 Ballen/ha umgerechnet und sind aus der im Anhang befindlichen Tabelle A 6 ersichtlich.

- Kostenberechnung der Strohbergung**

Tabelle 21: An- und Abbaukosten bei der Strohbergung

Maschinen	Kosten/Einheit	Zeitbedarf	Personalkosten	Gesamtkosten
Strohpresse Traktor 1	27,50 €/h	0,12 h/J	1,86 €/J	5,26 €/J
Traktor 2 Frontlader	28,36 €/h	0,08 h/J	1,23 €/J	3,56 €/J
Frontlader	4,58 €/h	0,08 h/J		0,38 €/J
Traktor 2 Palettengabel	28,36 €/h	0,04 h/J	0,66 €/J	1,91 €/J
Frontlader Palettengabel	4,58 €/h	0,04 h/J		0,20 €/J
Abfahren Traktor 1	27,50 €/h	0,06 h/J	0,96 €/J	2,71 €/J
Plateauanhänger	10,23 €/h	0,06 h/J		0,70 €/J
			Summe	14,71 €/J

Quelle: Eigene Berechnung nach Tabelle 17 und Tabelle 19

In Tabelle 21 sind die An- und Abbaukosten der Strohbergung angeführt. Es entstehen Kosten in der Höhe von 14,71 €/J. Die genaue Berechnung der Bergungskosten kann in der Tabelle 22 nachvollzogen werden. Die Berechnung beinhaltet neben den maschinellen Kosten auch die Personalkosten.

Die Zwischensumme von 2.777,84 € beinhaltet die Kosten der Beladung, des Transportes und der Fahrt des Beladungstraktors zwei zum Feld und wieder zurück. Die Gesamtsumme der beiden angeführten Tabellen 21 und 22 beträgt 2.792,55 €/J und stellt somit die gesamten maschinellen und personellen Bergungskosten des Strohes dar.

Tabelle 22: Berechnung der Bergungskosten von Weizenstroh

Arbeitsvorgang der Maschinen	Kosten/Einheit	Zeitbedarf/ha Mengenbedarf/ha	Personal- kosten	Gesamtkosten
Stroh pressen Traktor 1	27,50 €/h	0,59 h/ha	8,85 €/ha	25,08 €/ha
Stroh pressen Presse	8,50 €/Ballen	11,62 Stück/ha		98,77 €/ha
Abfahren beladen Traktor 2	28,36 €/h	0,24 h/ha	3,63 €/ha	10,50 €/ha
Abfahren beladen Frontlader	4,58 €/h	0,24 h/ha		1,11 €/ha
Abfahren beladen Palettengabel	0,36 €/t	4,07 t/ha		1,47 €/ha
Abfahren Traktor 1	27,50 €/h	0,48 h/ha	7,26 €/ha	13,32 €/ha
Abfahren Hänger	10,23 €/h	0,48 h/ha		5,33 €/ha
Abladen Traktor 2	28,36 €/h	0,19 h/ha	2,91 €/ha	8,40 €/ha
Abladen Frontlader	4,58 €/h	0,19 h/ha		0,89 €/ha
Abladen Palettengabel	0,36 €/t	4,07 t/ha		1,47 €/ha
			Summe	166,32 €/ha
			16,61 ha entsprechen	2.761,86 €/J
Arbeitsvorgang der Maschinen	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2 zu-und Abfahrt Feld	28,36 €/h	0,33 h/J	5 €/J	14,45 €/J
Frontlader zu und ab Feld	4,58 €/h	0,33 h/J		1,53 €/J
			Zwischensumme	2.777,84 €/J

Quelle: Eigene Berechnung

- Berechnung der Nährstoffkosten**

Da mit dem Weizenstroh auch Nährstoffe vom Acker entnommen werden, müssen auch diese bei der Kalkulation berücksichtigt werden. Bewertet werden die Nährstoffe mit den Düngemittelpreisen, die in Punkt 4.3.1 in Tabelle 9 angeführt wurden. Die Nährstoffgehalte des Weizenstrohs sind der Tabelle 6 unter Punkt 4.3.1 zu entnehmen. Aus Tabelle 23 ist die Nährstoffkostenkalkulation für die benötigten 16,61 ha Weizenstroh ersichtlich. Der kalkulierte Wert beträgt 1.286,24 €/J.

Tabelle 23: Nährstoffkostenkalkulation des Weizenstrohes

Nährstoffe	Masse/kg	Masse/ha	Preis	Kosten/ha
N	0,005 kg/kg	4.067 kg/ha	0,96 €/kg	19,52 €/ha
P ₂ O ₅	0,003 kg/kg	4.067 kg/ha	0,57 €/kg	6,95 €/ha
K ₂ O	0,014 kg/kg	4.067 kg/ha	0,59 €/kg	33,59 €/ha
MgO	0,002 kg/kg	4.067 kg/ha	1,83 €/kg	14,89 €/ha
CaO	0,0044 kg/kg	4.067 kg/ha	0,14 €/kg	2,51 €/ha
			Summe	77,46 €/ha
			16,61 ha entsprechen	1.286,24 €/J

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Daten aus KTBL (1993, 127),
MODELLBETRIEB (2014), SCHNEIDER (2011, 3), Tabelle 9

Bei der Bergung des Strukturmaterials Weizenstroh entstehen Kosten in der Höhe von 4.085,05 €/J. Dieser Betrag beinhaltet alle mit der Bergung verbundenen Kosten sowie die Nährstoffkosten.

4.3.4.3 Strohverteilung im Vormischplatz

Die Anlieferung der Abfallmaterialien des Modellbetriebes findet wöchentlich statt. Um die bei der Lagerung entstehenden Sickersäfte binden zu können, wird der Vormischplatz mit Stroh gefüllt. Es wird dabei jene Menge an Stroh verwendet, welche für das Aufsetzen von einer Kompostmiete benötigt wird. Im Modell handelt es sich dabei um 16 Ballen Stroh. Nach einer Lagerzeit von einem Monat kann das gesammelte Kompostmaterial dann zu einer Miete aufgesetzt werden. Im Modell wurde nun die Befüllungszeit des Vormischplatzes mit Stroh kalkuliert. Dabei sind folgende Annahmen getroffen worden:

Der Strohlagerplatz liegt direkt neben dem Vormischplatz. Die daraus entstehende Fahrtstrecke ist als „Längsfahrt“ bezeichnet und verringert sich nach jedem vierten Strohballen um 2,5 m. Dieser Wert ergibt sich aufgrund der Unterteilung des Vormischplatzes in vier Sektionen. Diese entstehen aufgrund der gleichmäßigen Verteilung der 16 Strohballen im Vormischplatz. Pro Sektion stehen somit vier Ballen zur Verfügung. Der als „Tiefe Vorplatz“ bezeichnete Wert setzt sich aus der Tiefe des Vorplatzes (vor dem Vormischplatz) und der Tiefe des Vormischplatzes zusammen. Der Wert verringert sich pro Ballen um 2,95 m (=11,81 m (Tiefe Vormischplatz)/4 (Ballenanzahl pro Sektion)). Weiters wurde eine konstante Tiefe von 5 m beim Strohplatz angenommen (= Tiefe Strohplatz). Die Fahrgeschwindigkeit des Traktors ist aufgrund praktischer Erfahrungen des Modellbetriebes mit 7 km/h fest gelegt. Die Wendezeit inklusive Be- und Entladezeit der Strohballen sowie die Zeit für die Strohballenverteilung wurden praktisch erhoben. Aus Tabelle A 7 (siehe Anhang) sind die beschriebenen Werte ersichtlich. Der kalkulierte Zeitbedarf für die monatliche Befüllung des Vormischplatzes mit Stroh beträgt 2,27 h.

In Tabelle 24 sind die jährlich anfallenden An- und Abbaukosten des Frontladers und der Greifschaukel ersichtlich. Sie betragen 72,58 €/J.

Tabelle 24: An- und Abbaukosten bei der Strohbefüllung des Vormischplatzes

An- Abbaukosten Strohbefüllung					
Maschinen	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamt- kosten
Traktor 2 Frontlader anh. abh.	28,36 €/h	0,08 h/J	12	14,79 €/J	42,76 €/J
Frontlader an ab	4,58 €/h	0,08 h/J	12		4,51 €/J
Traktor 2 Greifschaukel an ab	28,36 €/h	0,04 h/J	12	7,92 €/J	22,90 €/J
Frontlader Greifschaukel an ab	4,58 €/h	0,04 h/J	12		2,42 €/J
				Summe	72,58 €/J

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Daten aus Tabelle 17 und Tabelle 19

Die kalkulierte Arbeitszeit bei der Strohverteilung wird in Tabelle 25 mit den entsprechenden Maschinen multipliziert und auf das gesamte Jahr aufgerechnet. Die Personalkosten ergeben sich aus der Multiplikation des Zeitbedarfes mit dem Stundensatz von 15 €/h. Es entstehen somit Kosten in der Höhe von 1.574,76 €/J. In Summe betragen die Gesamtkosten der Kostenposition „Strohverteilung im Vormischplatz“ 1.647,34 €/J.

Tabelle 25: Berechnung der Strohbefüllungskosten des Vormischplatzes

Maschinen	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf bzw. Volumen	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamt- kosten
Traktor 2	28,36 €/h	2,27 h	12	409,30 €/J	1.183,23 €/J
Frontlader	4,58 €/h	2,27 h	12		124,92 €/J
Greifschaukel	0,24 €/m³	93,80 m³	12		266,61 €/J
				Summe	1.574,76 €/J

Quelle: Eigene Berechnung

4.3.4.4 Kompostmieten aufsetzen

Nachdem im Vormischplatz ein Monat lang die Abfallmaterialien des Modellbetriebes gesammelt und teilweise vorgerottet sind, wird eine Kompostmiete aufgesetzt. Das gelagerte Material hat sich aufgrund der Vorrotte um 22,14 m³ verringert. Somit stehen von den in Summe eingebrachten 177,13 m³ nur mehr 154,99 m³ Abfallmaterial zum Aufsetzen einer Miete zur Verfügung. Der Vorgang des Aufsetzens wird mit einem Kompoststreuer durchgeführt, wodurch eine gut durchgemischte Kompostmiete zu Stande kommt. Im Modell wurden Zeiten für diesen Arbeitsprozess kalkuliert.

- **Zeiterhebung der Fahrstrecke vom Vormischplatz zum Mietenplatz**

In Tabelle A 8 (siehe Anhang) wurde der Fahrzeitbedarf für das Aufsetzen der Kompostmieten kalkuliert. Die Fahrstrecke verläuft vom Vormischplatz zum Kompostplatz und wieder retour. Dabei ergibt sich bei der Hinfahrt eine Strecke von 64,66 m für die erste und 67,66 m für die zweite Miete. Die Rückfahrt ist um die aufgesetzte Mietenlänge von 5,33 m kürzer. Aufgrund des Streuvolumens von 16 m³, werden 9,69 Streuer für das Aufsetzen einer Kompostmiete benötigt. Der in der Kalkulation verwendete Wert wurde auf 10 aufgerundet, da jeder Streuer die gesamte Fahrstrecke fährt. Bei einer durchschnittlich angenommenen Fahrgeschwindigkeit von 7,5 km/h ergibt sich eine gesamte Fahrzeit von 9,92 min beim Aufsetzen der ersten Miete und 10,4 min bei der zweiten Miete. Die Wendezeiten mit dem Kompoststreuer wurden in der Praxis erhoben und betragen pro Aufsetzvorgang einer Miete 17,6 min. Die Entladezeit eines Streuers beträgt vier Minuten. Somit ergibt sich bei 9,69 Streuer pro Miete eine Gesamtentladezeit von 38,75 min. Die gesamte Fahrzeit für das Aufsetzen der Kompostmieten ergibt nach Zusammenführen der einzelnen Werte 13,3 h/J.

- **Zeitbedarf zum Beladen des Kompoststreuers**

Der Kompoststreuer wird mit Frontlader und Greifschaukel beladen. Aufgrund des Volumens von 0,8 m³/Greifschaukel und einer zu beladenen Menge von 154,99 m³ pro Miete ergeben sich 193,74 Greifschaukeln/Miete. Bei einer erhobenen Fahrzeit von 0,97 min pro Schaufel, benötigt man 187,28 min oder 3,12 h, um in Summe eine gesamte Miete zu beladen. Da jedes Monat eine Miete aufgesetzt wird, ergibt sich ein Stundenbedarf von 37,46 h/J. In Tabelle 26 sind die An- und Abbaukosten von Frontlader, Greifschaukel und Kompoststreuer ersichtlich. Weiters ist auch der Transport des Kompoststreuers vom Maschinenring zum Modellbetrieb angeführt. In Summe fallen Kosten in der Höhe von 490,04 €/J an.

Tabelle 26: An- und Abbaukosten und Transportkosten beim Aufsetzen der Kompostmieten

An- Abbaukosten Aufsetzen Kompostmiete					
Maschinen	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamt- kosten
Traktor 2 Frontlader an ab	28,36 €/h	0,08 h	12	14,79 €/J	42,76 €/J
Frontlader	4,58 €/h	0,08 h	12		4,51 €/J
Traktor 2 Greifschaukel an ab	28,36 €/h	0,04 h	12	7,92 €/J	22,90 €/J
Frontlader	4,58 €/h	0,04 h	12		2,42 €/J
Traktor 1 Kompoststreuer	27,50 €/h	0,11 h	12	18,93 €/J	53,64 €/J
Transport Kompoststreuer (Tr.1)	27,50 €/h	0,71 h	12	128,40 €/J	363,82 €/J
				Summe	490,04 €/J

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Daten aus Tabelle 17 und Tabelle 19

Aus der Tabelle 27 sind die Berechnungen für das Aufsetzen der Kompostmieten ersichtlich. Der angegebene Wert von 7,75 h/J beim Kompoststreuer bezieht sich nur auf die Kratzbodenstunden, die der Streuer im Einsatz ist. Deshalb ist dieser Wert im Vergleich zum Traktor 1, der den Streuer zieht, geringer. Der Preis der Kratzbodenstunde besteht aus dem Preis für die Kratzbodenstunde selbst und einem Preis pro gefahrenen Kilometer. Da der hier im Modell verwendete Kompoststreuer schon öfter am Modellbetrieb im Einsatz war, wurden die vom Maschinenring verrechneten Gesamtkosten auf die Kratzbodenstunde umgerechnet. Dadurch konnte der Wert von 143,21 €/Kratzbodenstunde errechnet werden. Die in der Tabelle 27 angeführten 1.859,86 m³/J entsprechen dem pro Jahr anfallenden Abfallmaterial abzüglich der Rotteverluste am Vormischplatz. Die Gesamtsumme der Kostenposition „Kompostmieten aufsetzen“ beträgt 4.401,43 €/J.

Tabelle 27: Kostenkalkulation Kompostmieten aufsetzen

Maschinen	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf bzw. Volumen	Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 2	28,36 €/h	37,46 h/J	561,83 €/J	1.624,20 €/J
Frontlader	4,58 €/h	37,46 h/J		171,48 €/J
Greifschaukel	0,24 €/m³	1.859,86 m³/J		440,54 €/J
Traktor 1	27,50 €/h	13,30 h/J	199,52 €/J	565,34 €/J
Kompoststreuer	143,21 €/h	7,75 h/J		1.109,83 €/J
			Summe	3.911,38 €/J

Quelle: Eigene Berechnung

4.3.4.5 Kompostmieten wenden

Um den Rottevorgang in der Kompostmiete gewährleisten zu können, wird Sauerstoff benötigt. Dieser wird durch den Wendevorgang in die Miete eingebracht. Zusätzlich wird das Material durchgemischt und teilweise zerkleinert. Die Häufigkeit des Wendevorganges wurde mit dreimal pro Woche in den ersten drei Wochen und anschließend mit zweimal pro Woche festgelegt (vgl. TULNIK, 2015, s.p.). Im Laufe des Rotte Prozesses, der mit 10 Wochen angenommen wurde, kommt es zu Substanzverlusten in der Höhe von 62,5 % (vgl. PRENNER, 2015, s.p.). Somit bleiben von 177,13 m³ Ausgangsmaterial am Ende des Rotte Prozesses nur mehr 66,42 m³ über. Aufgrund der angenommenen Rottedauer von 10 Wochen beträgt der Rotteverlust pro Woche 11,07 m³. Am Vormischplatz wurde mit dem Rotteverlust von zwei Wochen gerechnet. Somit sind zum Aufsetzen der Miete nur mehr 154,99 m³ Material vorhanden. Die restlichen acht Wochen Rottevorgang finden am Kompostplatz statt. Um eine gleichmäßige Jahresaufteilung zu bekommen, wurde mit 8,7 Wochen pro Miete gerechnet. Die Leistung für den Wendevorgang wurde von KTBL bei dem im Modell verwendeten Kompostwender mit 350 m³/h angegeben (vgl. KTBL, 2012b, 118). Aufgrund dieses Wertes und des Rotteverlustes konnte der Zeitbedarf des Wendevorganges in den einzelnen Wochen kalkuliert werden. Die Gesamtwendezeit für den Rotteverlauf einer Miete beträgt 6,92 h. Die Berechnung dieses Wertes ist aus Tabelle A 9 im Anhang ersichtlich.

In Tabelle 28 sind die An- und Abbaukosten des Kompostwenders kalkuliert worden. Die Anzahl des Ankoppelvorganges ist mit 126-mal pro Jahr angeführt. Dieser Wert entsteht, wenn alle pro Jahr durchgeführten Wendevorgänge summiert und anschließend halbiert werden. Der Wert wird halbiert, weil beide Mieten gewendet werden, wenn der Kompostwender einmal angehängt wird. In Summe entstehen so 564,09 € An- und Abbaukosten pro Jahr.

Tabelle 28: An- und Abbaukosten des Kompostwenders

An- Abbaukosten					
Maschine	Kosten/Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 1	27,50 €/h	0,11 h	126	199,08 €/J	564,09 €/J

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Daten aus Tabelle 17 und Tabelle 19

Der Zeitbedarf von 83,12 h/J in Tabelle 29 entsteht durch die Multiplikation des Wendezeitbedarfes einer Miete (6,92 h) mit dem Faktor 12 (Monate/Jahr), da in einem Monat alle Wendevorgänge durchgeführt werden, die bei einem Kompostmietendurchgang kalkuliert wurden. Die Gesamtkosten der Kostenposition „Kompostmiete wenden“ betragen 6.360,30 €/J.

Tabelle 29: Kostenkalkulation Kompostmiete wenden

Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 1	27,50 €/h	83,12 h/J	1.246,87 €/J	3.532,99 €/J
Kompostwender	27,23 €/h	83,12 h/J		2.263,22 €/J
			Summe	5.796,21 €/J

Quelle: Eigene Berechnung

4.3.4.6 Kompostmieten befeuchten

Die bei der Rotte entstehenden Sickersäfte sowie das gesammelte Niederschlagswasser des gesamten Kompostplatzes werden zur Befeuchtung der Kompostmieten verwendet. In den Jahren 2011 bis 2014 wurde ein Jahresniederschlag von 560 mm pro Jahr in der von dem Modellbetrieb drei Kilometer entfernten Messstelle vom hydrografischen Dienst gemessen (vgl. SALZER, 2015, s.p.). Diese Niederschlagsmenge wurde auf die Größe des Kompostplatzes hochgerechnet. Es stehen somit 277,8 m³ Regenwasser für die Befeuchtung der Kompostmieten zur Verfügung. Da jedes Jahr 12 Mieten aufgesetzt werden, sind 23,15 m³ Wasser pro Miete vorhanden. Diese Menge wird auf zwei Teilgaben zu je 11,57 m³ aufgeteilt.

Zeiterhebung Kompostmietenbefeuchtung

Die Mieten werden im Modell mit einem Güllefass, welches ein Volumen von 12,5 m³ hat, befeuchtet. Da die Kosten für das Fass vom Maschinenring zur Verfügung gestellt wurden, konnte auch die Arbeitszeit aus Tabelle A 10 (siehe Anhang) in der Praxis erhoben werden. Die Beladezeit (0,05 h) und Entladezeit (0,10 h) wurden beim vollgefüllten Güllefass gemessen und anschließend prozentual auf den Befüllungsgrad umgerechnet. Die angegebene Rangierzeit ist jene Zeit, die für Wendemanöver am Kompostplatz verwendet wird. Diese Zeit und die Zeit zum An- und Abkoppeln des Schlauches sind fixe Zeiten und sind vom Befüllungsgrad des Fasses unabhängig. Beide Zeiten wurden in der Praxis erhoben. Der in Tabelle 30 angeführte Zeitbedarf von 0,71 h für den Transport des Güllefasses beinhaltet jene Zeit die benötigt wird, um das Fass vom Maschinenring zum Modellbetrieb zu transportieren und wieder retour zu führen. Da beide Kompostmieten zugleich befeuchtet werden, wurde mit einem zwölfmaligen Transport des Fasses pro Jahr gerechnet. Die 0,11 h ist jener Zeitbedarf, der benötigt wird, um das Fass An- und auch wieder Ab zu hängen.

Tabelle 30: An- und Abbaukosten sowie Transportkosten des Güllefasses

Maschine	Kosten/ Einheit	Zeit- bedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamt- kosten
Traktor 1 Fass anhängen	27,50 €/h	0,11 h	12	19,74 €/J	55,93 €/J
Transport Fass (Tr. 1)	27,50 €/h	0,71 h	12	128,4 €/J	363,82 €/J
				Summe	419,75 €/J

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Daten aus Tabelle 17 und Tabelle 19

Tabelle 31 beinhaltet die Kalkulation der jährlich anfallenden Kosten für die Bewässerung der Kompostmieten. Der Betrag von 28,33 € bezieht sich auf die Kosten für die einmalige Bewässerung einer Miete. Der doppelte Betrag ergibt 56,48 € und bei zwölf Mieten pro Jahr kommt man auf eine Summe von 677,73 €/J. Die Gesamtkosten der Kostenposition „Kompostmiete befeuchten“ betragen 1.097,48 €/J.

Tabelle 31: Kostenkalkulation Kompostmiete befeuchten

Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/Bew. Volumen/Bew.	Personal- kosten/Bew.	Gesamtkosten
Traktor 1	27,50 €/h	0,34 h/Bew.	5,06 €/Bew.	14,35 €/Bew.
Fass Maschinenring	1,20 €/m³	11,57 m³/Bew.		13,89 €/Bew.
			Summe	28,24 €/Bew.
			Summe pro Miete	56,48 €/Miete
			Jahressumme	677,73 €/J

Quelle: Eigene Berechnung

4.3.4.7 Kompostmieten entfernen

Nach zweimonatiger Rotte wird der Kompost vom Kompostplatz auf den Lagerplatz transportiert. Pro Miete sind nach der Rotte nur mehr 66,42 m³ Kompost vorhanden. Da der fertige Kompost auf dem Mutterboden gelagert werden darf, wurde angenommen, dass sich der Lagerplatz direkt neben dem Kompostplatz befindet. Der Transport dort hin wird mit dem Traktor und Frontlader durchgeführt. Der Zeitbedarf der Arbeitsvorgänge Schaufel beladen und wenden sowie Schaufel entladen und wenden wurde in der Praxis erhoben. Der Vorgang des Beladens und Wendens benötigt 0,4 min und der Vorgang des Entladen und Wenden benötigt 0,28 min. Die zurückgelegte Fahrstrecke und damit verbundene Fahrzeit vom Kompostplatz zum Lagerplatz wurde rechnerisch kalkuliert. In Tabelle A 11 (siehe Anhang) ist die Berechnung der Fahrzeit für die Miete 1 angeführt.

Die angegebene Breite von 9,5 m setzt sich aus der halben Dammmietenbreite (1,5 m), der Breite der Hofverkehrsfläche (3 m) und der angenommenen Lagerflächenentfernung von 5 m zusammen. Unter dem Begriff Länge versteht man jene Fahrstrecke, die entlang des Kompostplatzes durchgeführt wird. Diese Strecke verlängert sich nach jeder Fahrt um 0,62 m.

Der Wert ergibt sich, bei der Division der Gesamtlänge der Kompostmiete (51,66 m) durch die Schaufelanzahl (83 Schaufeln). Die Schaufelanzahl berechnet sich wiederum aus der Division von der zu transportierenden Kompostmenge (66,42 m³) durch den Schaufelinhalt (0,8 m³). Zusammengefasst wird bei jeder Fahrt durch den von der Kompostmiete entnommenen Schaufelinhalt von 0,8 m³ die Fahrstrecke um 0,62 m länger. Durch eine angenommene Fahrgeschwindigkeit von 7 km/h ergibt sich dann die jeweilige Fahrzeit pro Schaufel. In Summe wurde eine Fahrzeit von 50,7 min kalkuliert, um die gesamte Kompostmiete auf den Lagerplatz zu transportieren. Die gleiche Kalkulation wurde auch für die Miete 2 durchgeführt. Der Unterschied zu Miete 1 ist, dass sich die Breitenfahrt um 3 m verlängert. Dies entspricht dem Abstand von erster zur zweiten Miete. In Tabelle 32 ist die jährlich anfallende Arbeitszeit zum Entfernen der Kompostmieten angeführt. Sie beträgt 21,91 h und setzt sich aus den oben beschriebenen Zeiten zusammen. Die Gesamtzeit pro Jahr ergibt sich aufgrund dessen, dass jede Miete sechsmal pro Jahr entfernt wird.

Tabelle 32: Berechnete Gesamtarbeitszeit um Kompostmieten vom Kompostplatz zu entfernen

Arbeitsvorgang	Arbeitszeit in Minuten	
	Miete 1	Miete 2
Beladezeit pro Miete	33,21 min	33,21 min
Entladezeit pro Miete	23,53 min	23,53 min
Fahrzeit pro Miete	50,7 min	54,97 min
Gesamtzeit pro Miete	107,44 min	111,71 min
Gesamtzeit pro Jahr	644,63 min	670,24 min
Gesamtzeit pro Jahr	10,74 h	11,17 h
Summe/Jahr	21,91 h	

Quelle: Eigene Berechnung

Zum Entfernen der Kompostmiete werden der Frontlader und die Erdgutschaufel mit einem Volumen von 0,8 m³ zwölfmal im Jahr an- und wieder abgebaut. Die dabei entstehenden Kosten von 59,36 €/J sind der Tabelle 33 zu entnehmen.

Tabelle 33: An- und Abbaukosten von Frontlader und Schaufel

Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2 Frontlader an; ab	28,36 €/h	0,08 h/J	12	14,79 €/J	42,76 €/J
Frontlader	4,58 €/h	0,08 h/J	12		4,51 €/J
Traktor 2 Schaufel an; ab	28,36 €/h	0,02 h/J	12	3,78 €/J	10,93 €/J
Frontlader	4,58 €/h	0,02 h/J	12		1,15 €/J
				Summe	59,35 €/J

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Daten aus Tabelle 17 und Tabelle 19

Da die Schaufel auf €/t kalkuliert ist, wurde die pro Jahr entstehende Kompostmenge von 797,08 m³ in Tonnen umgerechnet. Der Umrechnungsfaktor von 0,92 t/m³ wurde einer Kompostuntersuchung entnommen (vgl. MODELLBETRIEB, 2014, s.p.). Dabei handelt es sich um eine Untersuchung von externem Kompost, der vom Modellbetrieb verwendet wird. Der umgerechnete Wert von 733,32 t Kompost ist in der Tabelle 34 angeführt. Die Gesamtkosten der Kostenposition „Kompostmiete entfernen“ betragen 1.160,01 €/J.

Tabelle 34: Kostenkalkulation Kompostmieten entfernen

Maschine	Kosten/Einheit	Zeitbedarf/J Masse/J	Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 2	28,36 €/h	21,91 h/J	328,72 €/J	950,29 €/J
Frontlader	4,58 €/h	21,91 h/J		100,33 €/J
Schaufel	0,07 €/t	733,32 t/J		50,04 €/J
			Summe	1.100,66 €/J

Quelle: Eigene Berechnung

4.3.4.8 Kompostausbringung

Die Ausbringung des Kompostes wurde mit zweimal pro Jahr angenommen. Ein Teil wird nach der Ernte des Weizens ausgebracht und der zweite Teil nach der Maisernte. Da bei dem Modellbetrieb bereits zugekaufter Kompost ausgebracht wird, konnten die benötigten Daten direkt vor Ort erhoben werden. In Tabelle 35 sind die An- und Abbaukosten von Frontlader und Schaufel angeführt. Weiters ist auch der Transport des Kompoststreuers vom Maschinenringstandort zum Modellbetrieb aufgelistet. In Summe ergeben sich Kosten in der Höhe von 80,24 €/J.

Tabelle 35: An- und Abbauzeiten sowie Transportzeiten bei der Kompostausbringung

Maschine	Kosten/ Einheit	Zeit- bedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2 Frontlader anh.	28,36 €/h	0,08 h	2	3,23 €/J	7,89 €/J
Frontlader	4,58 €/h	0,08 h	2		0,75 €/J
Traktor 2 Schaufel anh.	28,36 €/h	0,02 h	2	0,63 €/J	1,82 €/J
Frontlader	4,58 €/h	0,02 h	2		0,19 €/J
Traktor 1	27,50 €/h	0,11 h	2	3,16 €/J	8,94 €/J
Transport Kompoststreuer (Tr. 1)	27,50 €/h	0,71 h	2	21,4 €/J	60,64 €/J
				Summe	80,24 €/J

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Daten aus Tabelle 17 und Tabelle 19

Pro Hektar werden 18 m³ Kompost ausgebracht. Bei einer jährlich angenommenen Kompostmenge von 797,08 m³ können 44,28 ha mit Kompost versorgt werden. Die kalkulierten Ausbringungskosten pro Hektar und Jahr werden in der Tabelle 36 angeführt.

Sie beinhalten das Beladen des Kompoststreuers mit dem Traktor 2 und dem Frontlader samt Schaufel. Das Ausbringen des Kompostes übernimmt Traktor 1 mit dem Kompoststreuer. Die geringe Arbeitszeit des Kompoststreuers bezieht sich rein auf jene Zeit, in der der Kratzboden und das Streuwerk angetrieben werden. Die Kosten des Streuers wurden auch pro Kratzbodenstunde kalkuliert. Die Arbeitszeit des Traktors 1 umfasst den Transport zum Feld, die Arbeitszeit am Feld und die Rückfahrt. Die Gesamtkosten der Kostenposition „Kompostausbringung“ betragen 2.883,74 €/J.

Tabelle 36: Kostenkalkulation Kompostausbringung

Maschine	Kosten/Einheit	Zeitbedarf/ha Masse/ha	Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 2	28,36 €/h	0,36 h/ha	5,44 €/J	15,72 €/ha
Frontlader	4,58 €/h	0,36 h/ha		1,66 €/ha
Schaufel	0,07 €/t	16,56 t/ha		1,13 €/ha
Traktor 1	27,50 €/h	0,68 h/ha	10,13 €/J	28,69 €/ha
Kompoststreuer	143,21 €/h	0,11 h/ha		16,11 €/ha
			Summe	63,31 €/ha
			Jahressumme bei 44,28 ha	2.803,50 €/J

Quelle: Eigene Berechnung

4.3.5 Humusbilanzierung

Um beurteilen zu können, ob der Kompost Auswirkungen auf den Kohlenstoffhaushalt hat, wurde eine Humusbilanzierung durchgeführt. Dabei wurde die Broschüre „Humusbilanzierung für die Praxis“ verwendet, welche von der Bio Forschung Austria herausgegeben wurde. Darin wird mit der standortangepassten Methode nach Kolbe eine Humusbilanzierung durchgeführt (vgl. ERHART et. al., 2013, 11). Durch die standortangepasste Berechnung ist das Ergebnis recht genau und für die Praxis gut einsetzbar (vgl. ERHART et. al., 2013, 8).

Folgende Daten werden für die Berechnung benötigt:

- Fruchtfolge (inkl. Begrünung, Zwischenfrüchte)
- Erträge
- Strohmenge
- Zufuhr von organischen Düngern
- Bodendaten
- Klima (Jahres- Durchschnittstemperatur und –Niederschlag) (vgl. ERHART et. al., 2013, 11)

Kurzbeschreibung der Humusbilanzierung nach Kolbe

Als erstes werden die Bodenart oder der Bodentyp sowie der Feinanteil des Bodens des zu beurteilenden Standortes ermittelt. Zur genaueren Einteilung werden teilweise auch das C/N-Verhältnis des Bodens, die Durchschnittstemperatur oder der Jahresniederschlag benötigt. Sind die angeführten Parameter bekannt, so wird der Boden des Beurteilungsstandortes in sogenannte Standortgruppen eingeteilt. Aufgrund dieser Standortgruppen können dann aus einer Tabelle die standortspezifischen Humifizierungskoeffizienten der einzelnen Fruchtarten abgelesen werden. Für jeden zugeführten organischen Dünger gibt es eigene Reproduktionskoeffizienten. Multipliziert man diesen Wert mit der entsprechend zugeführten Menge an organischer Masse, so errechnet man die Humuszufuhr. Gerechnet wird in kg Humus-C/ha und Jahr (vgl. ERHART et. al., 2013, 11ff).

Humusbilanzierung auf den Böden des Modellbetriebes

Für den Modellbetrieb wurde für zwei unterschiedliche Flächen (Bodentyp) eine Humusbilanzierung durchgeführt. Die hier angeführte Kalkulation ist für die Modellvariante Eins. Auch für die beiden anderen Modellvarianten wurden jeweils zwei Humusbilanzierungen für unterschiedliche Böden durchgeführt. Anhand des Bodentyps Lehm, welcher nach der Humusbilanzierung der Standortgruppe fünf zugeteilt ist, wird die Bilanzierung näher erläutert. In Tabelle 37 ist eine für den Modellbetrieb typische Fruchtfolge angeführt. Gerade die Hackfrüchte Zwiebel und Kartoffel haben einen sehr negativen Humifizierungskoeffizienten mit -760 kg Humus-C/ha. Dafür liefern die Zwischenfrüchte schon alleine durch ihren Anbau einen positiven Humifizierungskoeffizienten in der Höhe von 80 kg Humus-C/ha. Durch den Verbleib der organischen Reste dieser Zwischenfrüchte am Feld kann mit einer weiteren Humuszufuhr von 82,5 kg Humus-C/ha gerechnet werden. Dieser Wert entsteht wenn 15 t Frischmasse mit dem Reproduktionsfaktor 5,5 kg C/t FM multipliziert wird. Weiters kommt es beim Verbleib von Weizen- und Maisstroh am Feld zu einer weiteren Humuszufuhr. Die angeführten Mengen an Stroh richten sich nach Erträgen des Modellbetriebes und haben einen Trockenmassegehalt von 86 %.

In Summe werden über fünf Jahre 2.040 kg Humus-C/ha entnommen und 1.403,1 kg Humus-C/ha wieder zugeführt. Dadurch entsteht ein negativer Humussaldo von -636,9 kg Humus-C/ha.

Tabelle 37: Humusbilanzierung ohne Strohabfuhr und ohne Kompostgabe

Jahr	Frucht/ Zwischenfrucht	Humifizierungs- koeffizient in kg Humus-C/ha	Zufuhr an org. Material in t FM/ha	Reproduktions- koeffizient in kg C/t FM	Humuszufuhr in kg Humus- C/ha
1	Zwiebel	-760			
	abfr. Zwischenfrucht	80	15,0	5,5	82,5
2	Kartoffel	-760			
3	Sojabohne	160			
4	Weizen	-280	5,8	83,0	482,2
	abfr. Zwischenfrucht	80	15,0	5,5	82,5
5	Körnermais	-560	9,1	83,0	755,8
	Summe	-2.040			
	Humussaldo	-636,9	kg Humus-C/ha		

Quelle: Eigene Berechnung nach ERHART et all. (2013, 11ff)

In Tabelle 38 handelt es sich um die gleiche Bodenart und dieselbe Fruchtfolge wie in Tabelle 37. Der Unterschied ist jedoch die Abfuhr des Weizenstrohs, welches für die Kompostierung benötigt wird. In der Bilanzierung wurde angenommen, dass das gesamte Stroh vom Feld abgefahren wird. Die im Modell berücksichtigten Aufnahmeverluste wurden nicht berücksichtigt. Weiters ist die Zufuhr einer Kompostgabe in der Höhe von 18,8 t Frischmasse pro Hektar vermerkt. Da der Reproduktionsfaktor des Kompostes bei einem Trockenmassegehalt von 55 % gültig ist, wurde die im Modell angegebene Kompostgabe von 16,56 t/ha mit einer Trockenmasse von 62,4 % (laut angenommener Kompostuntersuchung) auf den gültigen Trockenmassegehalt (55 %) umgerechnet. Somit ergibt sich der Wert von 18,8 t Kompost/ha. Am Ende der Fruchtfolge werden dem Boden 2.040 kg Humus-C/ha entzogen und 2.649,3 kg Humus-C/ha zugeführt. Dadurch entsteht ein positiver Humussaldo von 609,3 kg Humus-C/ha. Die Zufuhr des Kompostes wirkt sich daher sehr positiv auf die Humusbilanz des Bodens aus.

Tabelle 38: Humusbilanzierung mit Strohabfuhr und mit einmaliger Kompostgabe

Jahr	Frucht/ Zwischenfrucht	Humifizierungs- koeffizient in kg Humus-C/ha	Zufuhr an org. Material in t FM/ha	Reproduktions- koeffizient in kg C/t FM	Humuszufuhr in kg Humus-C/ha	
1	Zwiebel	-760				
	abfr. Zwischenfrucht	80	15,0	5,5	82,5	
2	Kartoffel	-760				
3	Sojabohne	160				
4	Weizen	-280				
	abfr. Zwischenfrucht	80	15,0	5,5	82,5	
	Kompostgabe		18,8	92,0	1.728,5	
5	Körnermais	-560	9,1	83,00	755,8	
	Summe	-2.040				2.649,3
Humussaldo		609,3	kg Humus-C/ha			

Quelle: Eigene Berechnung nach ERHART et al. (2013, 11ff)

Die zweite Humusbilanzierung der Modellvariante Eins ist in der Tabelle A 12 im Anhang angeführt. Dabei geht es um die Standortgruppe eins mit dem Bodentyp Schwarzerde. Aufgrund des veränderten Bodentyps ist ersichtlich, wie sich die Humifizierungskoeffizienten im Vergleich zur Tabelle 37 und 38 ändern. Weiters ist die Auswirkung der Entnahme von Stroh und die Zuführung von Kompost ersichtlich, wenn die Salden der beiden Bilanzen miteinander verglichen werden.

4.3.6 Annahme des Kompostzukaufes

In diesem Kapitel wird kalkuliert, wie hoch die Kosten für den Modellbetrieb sind, wenn er die kalkulierte Kompostmenge der Variante Eins (797,08 m³) von einer externen Kompostierungsanlage bezieht. Dabei werden die Kosten für Anlieferung und Ausbringung des Kompostes sowie die Kompostkosten selbst berücksichtigt. Da der Modellbetrieb bereits zugekauften Kompost auf seinen Flächen ausgebracht hat, konnten die vorhandenen Kosten für die Berechnung verwendet werden. Des Weiteren sind die derzeitigen Entsorgungskosten (2.000 €/J) für die am Betrieb vorhandenen Abfallmaterialien ebenfalls hinzu zu rechnen.

In der Tabelle 39 ist die entsprechende Kostenkalkulation ersichtlich. Der jährliche Einsatzumfang der verwendeten Maschinen ist an die Situation des Kompostzukaufes angepasst worden. Dadurch kommt es zu einem geringeren Einsatzumfang bei den Maschinen, wodurch die Kosten pro Einheit im Vergleich zur Modellvariante Eins steigen.

Die angeführten Transport- und Kompostkosten wurden vom Modellbetrieb zur Verfügung gestellt (vgl. MODELLBETRIEB 2016). Aus der angeführten Tabelle 39 geht hervor, dass ein jährlicher Kompostzukauf und die damit verbundene Ausbringung, für den Modellbetrieb jährliche Kosten in der Höhe von 12.950,56 € verursachen würde.

Tabelle 39 Kostenberechnung bei Kompostzukauf in der Modellvariante Eins

An- und Abbaukosten Kompoststreuen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2 Frontlader anh.	31,58 €/h	0,08 h	2	3,23 €/J	8,42 €/J
Frontlader	7,12 €/h	0,08 h	2		1,17 €/J
Traktor 2 Schaufel anh.	31,58 €/h	0,02 h	2	0,63 €/J	1,96 €/J
Frontlader	7,12 €/h	0,02 h	2		0,30 €/J
Traktor 1	31,68 €/h	0,11 h	2	3,16 €/J	9,82 €/J
Transport Streuer (Tr. 1)	31,68 €/h	0,71 h	2	21,40 €/J	66,60 €/J
				Summe	88,27 €/J
Kosten Kompoststreuen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/ha Masse/ha	€/ha	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2	31,58 €/h	0,36 h/ha	11,45 €/ha	5,44 €/J	16,89 €/ha
Frontlader	7,12 €/h	0,36 h/ha	2,58 €/ha		2,58 €/ha
Schaufel	0,09 €/t	16,56 t/ha	1,54 €/ha		1,54 €/ha
Traktor 1	31,68 €/h	0,68 h/ha	21,39 €/ha	10,13 €/J	31,51 €/ha
Kompoststreuer	143,21 €/h	0,11 h/ha	16,11 €/ha		16,11 €/ha
			Summe		68,63 €/ha
			Jahressumme bei 44,28 ha		3.039,06 €/J
Kosten Kompostzukauf und derzeitige Entsorgungskosten					
Kostenfaktor	€/m³		Gesamt- kompostmenge		Gesamtkosten
Transportkosten	4,81 €/m³		797,08 m³		3.837,81 €/J
Kompostkosten	5,00 €/m³		797,08 m³		3.985,42 €/J
Entsorgungskosten					2.000,00 €/J
			Gesamtsumme		12.950,56 €/J

Quelle: Eigene Berechnung

4.4 Modellvariante Zwei

In der Modellvariante Zwei wird das Strukturmaterial Weizenstroh zwei Monate durch Maisstroh ersetzt. Die Dauer von zwei Monaten ergab sich aufgrund des Feuchtigkeitsgehaltes im Maisstroh und der daraus resultierenden geringeren Lagerfähigkeit. Deshalb wurde angenommen, dass in den Herbstmonaten Oktober und November Maisstroh für die Kompostierung zur Verfügung steht. Wenn Körnermais geerntet wird, kann das Maisstroh vom abgeernteten Feld mit geeigneter Technik zum Kompostplatz gebracht werden. Dort wird es dann sobald als möglich in den Kompostierungsprozess eingebunden. In den folgenden Punkten werden die einzelnen Kostenpositionen, aber auch Leistungen der Modellvariante Zwei angeführt. Aufgrund des teilweisen Austausches des Strukturmaterials gibt es im Vergleich zur Modellvariante Eins Veränderungen in der Berechnung.

4.4.1 Kalkulierung der Strukturmaterialmenge

Mit Hilfe der Formel 6 wird aufgrund des C/N-Verhältnisses die benötigte Strukturmaterialmenge (Maisstroh) berechnet. Der kalkulierte Wert von 16,9 t entspricht dem Strohbedarf für zwei Monate. Bei einem Schüttgewicht von 0,06 t/m³ entsprechen 16,9 t Maisstroh 281,39 m³. Die für die Berechnung benötigten Daten sind der Tabelle 4 sowie den Tabellen A 1 und A 2 im Anhang zu entnehmen.

Berechnung der Strukturmaterialmenge Maisstroh:

t_x = benötigte Menge Maisstroh

$t_A = (181,5 + 325) = 506,5 \text{ t}$

$C/N_M = 25$

$C/N_A = 15$

$C/N_x = 50$

$$t_x = \frac{(506,5 \times (25 - 15))}{(50 - 25)}$$

$$t_x = 202,6 \text{ t}$$

$$t_{x \text{ 2Monate}} = 16,9 \text{ t}$$

Für die restlichen zehn Monate werden 56,28 t Weizenstroh benötigt. Die Berechnung der Weizenstrohmenge entspricht der Berechnung in Punkt 4.3.1. Der Unterschied ist der unterschiedliche Mengenbedarf aufgrund der Beimischung des Maisstrohes in Modellvariante Zwei.

4.4.2 Nährstoffe der Materialien und Nährstoffbewertung

Zu den Abfallmaterialien Kartoffel, Zwiebel und Erde kommt nun neben Weizenstroh auch Maisstroh als Strukturmaterial hinzu. In Tabelle 40 sind die Nährstoffe in kg/kg Frischmasse des Maisstrohes bei einer Trockenmasse von 86 % angegeben. Die Herkunft dieser Daten kann der Tabelle A 3, welche sich im Anhang befindet, entnommen werden.

Tabelle 40: Nährstoffgehalte in Kilogramm pro Kilogramm Frischmasse des Maisstrohes bei 86 % Trockenmasse

Strukturmaterial	Nährstoffgehalte in kg/kg Frischmasse				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO
Maisstroh	0,010 kg	0,003 kg	0,020 kg	0,002 kg	0,004 kg

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus KTBL (1993, 127), RINTELEN (1971, 86)

Die jährlich anfallenden Abfall- und Strukturmaterialien wurden mit den entsprechenden Mengenangaben der Einzelnährstoffe multipliziert. Die daraus resultierenden Gesamtnährstoffmengen der einzelnen Nährstoffe sind im rechten Teil der Tabelle 41 angeführt. Links daneben ist der Mengenanfall der jährliche eingesetzten Materialien zu entnehmen. Die Menge an Kartoffel, Zwiebel und Erde ist bei allen Modellvarianten gleich und wurde der Tabelle 4 entnommen. Die Menge an Weizenstroh ist im Punkt 4.3.1 angegeben und die Kalkulierung der Maisstrohmenge ist im Anschluss an die Tabelle 41 angeführt. Die Nährstoffverluste bei Stickstoff betragen wie bei Modellvariante Eins 30 %. In der Zeile Differenz sind jene für die weitere Berechnung benötigten, jährlich anfallenden Einzelnährstoffmengen angeführt.

Tabelle 41: Berechnung der jährlichen Nährstoffmenge im produzierten Kompost

		Gesamtnährstoffmengen in den einzelnen Inputmaterialien		
Inputmaterial	Masse in kg	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Kartoffel	181.500,00 kg	592,42 kg	207,91 kg	898,89 kg
Zwiebel	325.000,00 kg	650,00 kg	312,72 kg	528,69 kg
Erde	360.000,00 kg	0,00 kg	1.326,38 kg	874,54 kg
Weizenstroh	56.277,78 kg	281,39 kg	168,83 kg	787,89 kg
Maisstroh	13.545,93 kg	135,46 kg	40,64 kg	270,92 kg
Gesamtmenge		1.659,26 kg	2.056,48 kg	3.360,93 kg
Nährstoffverluste		497,78 kg	0,00 kg	0,00 kg
Differenz		1.161,48 kg	2.056,48 kg	3.360,93 kg
		Gesamtnährstoffmengen in den einzelnen Inputmaterialien		
Inputmaterial	Masse in kg	MgO	CaO	S
Kartoffel	181.500,00 kg	60,19 kg	14,58 kg	63,53 kg
Zwiebel	325.000,00 kg	59,27 kg	134,90 kg	165,75 kg
Erde	360.000,00 kg	1.274,88 kg	0,00 kg	0,00 kg
Weizenstroh	56.277,78 kg	112,56 kg	247,62 kg	
Maisstroh	13.545,93 kg	27,09 kg	54,45 kg	
Gesamtmenge		1.533,98 kg	451,56 kg	229,28 kg
Nährstoffverluste		0,00 kg	0,00 kg	0,00 kg
Differenz		1.533,98 kg	451,56 kg	229,28 kg

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Daten aus ABEL CONSULTING (2014a, s.p.), ABEL CONSULTING (2014b, s.p.), KTBL (1993, 127), MODELLBETRIEB (2014), POTTSMANN (2015, 1), RINTELEN (1971, 86), SCHNEIDER (2011, 3)

Kalkulierung Maisstrohmenge:

Aus der Berechnung von Punkt 4.4.1 geht hervor, dass 16,9 t Maisstroh für die Kompostierung benötigt werden. Am Modellbetrieb wurde 2014 ein durchschnittlicher Kornmaisertrag in der Höhe von 11.350 kg bei einer Feuchtigkeit von 26 % geerntet (vgl. MODELLBETRIEB, 2015a). Bei einem Korn-/Strohverhältnis von 1 zu 1 ist der Strohertrag somit gleich hoch (vgl. MEYER KLAUS, 2015, s.p.). Die Feuchtigkeit des Maisstrohes ist aber im Vergleich zum Korn um 5 % höher (vgl. ADENSAM et al., 2005, 33). Dadurch ergibt sich eine Strohfeuchte von 31 %. Von der anfallenden Strohmenge werden 20 % Aufnahmeverluste abgezogen (vgl. STEINWENDNER, 2015). Es entstehen 9.080 kg Stroh/ha, die für die Kompostierung verwendet werden können. Bei einem jährlichen Bedarf von 16,9 t werden somit 1,86 ha (= 16,9 t : 9,08 t/ha) Maisstroh benötigt.

Da die Nährstoffe im Maisstroh bei einem Trockenmassegehalt von 86 % angegeben sind, wurde die geerntete Maisstrohmenge auf diese Trockenmasse umgerechnet. Dadurch entstehen 7.285,12 kg Stroh/ha mit einem Trockenmassegehalt von 86 %. Wird dieser Wert mit 1,86 ha multipliziert, so bekommt man den Wert 13.545,93 kg, welcher in der Tabelle 41 angegeben ist.

In Tabelle 42 wurden nun die berechneten Nährstoffmengen mit den entsprechenden Preisen multipliziert. Die Reinnährstoffpreise entsprechen den Werten der Tabelle 9 und sind in allen Modellvarianten gleich. In Summe können pro Jahr über die im produzierten Kompost enthaltenen Nährstoffe 7.158,92 € als Erlöse angenommen werden.

Tabelle 42: Berechnung der Nährstofferlöse

Nährstoffe	Nährstoffmengen abzüglich Verluste	Nährstoffpreise	Nährstofferlöse
N	1.161,48 kg	0,96 €/kg	1.115,03 €
P ₂ O ₅	2.056,48 kg	0,57 €/kg	1.172,19 €
K ₂ O	3.360,93 kg	0,59 €/kg	1.982,95 €
MgO	1.533,98 kg	1,83 €/kg	2.807,19 €
CaO	451,56 kg	0,14 €/kg	63,22 €
S	229,28 kg	0,08 €/kg	18,34 €
		Summe	7.158,92 €

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Daten aus Tabelle 9 und Tabelle 41

4.4.3 Weitere Leistungen

Wie in Modellvariante Eins zählen auch die derzeitigen Abtransport Kosten der Abfallmaterialien von 2.000 € zu den Leistungen (vgl. MODELLBETRIEB, 2014, s.p.). Weiters verringern sich die Dreschkosten beim Weizen in Summe um 124,54 €, da das Stroh nicht gehäckselt werden muss (vgl. HOLZINGER, 2015, s.p.). Auch beim Maisstroh können die Mulchkosten von insgesamt 130,16 € aufgrund des Strohabtransportes eingespart werden (vgl. MODELLBETRIEB, 2014, s.p.). Somit kann in Modellvariante Zwei mit weiteren Leistungen von 2.254,7 € gerechnet werden.

4.4.4 Kostenposition Kompostanlage

Aufgrund des geringeren C/N-Verhältnisses von Maisstroh wird im Vergleich zu Weizenstroh volumenmäßig mehr Maisstroh als Weizenstroh benötigt, um das gleiche C/N-Verhältnis in der Ausgangsmischung zu bekommen. Aufgrund der volumenmäßigen Vergrößerung der Ausgangsmischung kommt es zu einer größeren Dimensionierung der gesamten Kompostanlage als bei der Modellvariante Eins.

- **Vormischplatz**

Die Abfall – Maisstrohmischung verursacht einen Mengenanfall von 224,03 m³ pro Monat. Aufgrund der angenommenen Breite von 10 m und der Höhe von 1,5 m ergibt sich eine Tiefe von 14,94 m der Lagerfläche. Eine zusätzliche Tiefe von zwei Metern wird ebenfalls angenommen, wodurch man auf eine Gesamtlagerfläche von 169,35 m² kommt. Die Umfassungsmauer wird ohne die zusätzliche Tiefe von zwei Metern berechnet und ergibt eine Sichtfläche von 65,81 m².

- **Kompostplatz**

Durch den Rotteverlust am Vormischplatz stehen 196,02 m³ Ausgangsmaterial für das Aufsetzen einer Kompostmiete zur Verfügung. Aufgrund des Platzbedarfes von 3 m³ pro Laufmeter errechnet sich eine Mietenlänge von 65,34 m. Hinzu kommen noch jeweils vier Meter Rangierplatz am oberen und unteren Ende der Kompostmiete. Die Mietenbreite beträgt drei Meter, somit kommt man auf eine Kompostierungsfläche von 440,05 m² ($2 \cdot (3 \cdot (65,34 + 8))$). Rechts und links neben der Kompostierungsfläche befindet sich die Hofverkehrsfläche mit einer jeweiligen Breite von drei Metern. Multipliziert mit der Gesamtlänge des Kompostplatzes ergibt dies eine Fläche von 440,05 m².

- **Sickergrube**

Für die Größendimensionierung der Sickergrube gibt es einen Quadratmeterschlüssel, der in Tabelle 11 errechnet wurde. Multipliziert man diesen Faktor (0,148 m³/m²) mit der Fläche des Vormischplatzes und des Kompostplatzes (ohne Hofverkehrsfläche), so erhält man die Grubendimension von 89,89 m³. In Tabelle 43 werden die Kubaturen der einzelnen Bauelemente mit den entsprechend indexierten Preisen der Tabelle 13 multipliziert. Dadurch kommt man zu den einzelnen Baukosten und deren Gesamtsumme. Zieht man den Investitionszuschuss von 20 % ab, so ergibt sich eine Gesamtsumme von 54.078,14 €. Die errechnete jährliche Annuität von 3.634,9 € ergibt sich aufgrund der Annahmen (3 % Zinssatz, 20 Jahre Amortisationsdauer) aus der Tabelle 16.

Tabelle 43: Berechnung der Baukosten und der jährlichen Annuität

Bauelement	Kubatur	Preis/Einheit	Kosten
<u>Kompostplatz</u>			
» Kompostierungsfläche	440,05 m ²	51,14 €/m ²	22.502,33 €
» Hofverkehrsfläche	440,05 m ²	40,26 €/m ²	17.716,36 €
<u>Sickergrube</u>	89,89 m ³	126,21 €/m ³	11.344,58 €
<u>Vormischplatz</u>			
» Lagerfläche	169,35 m ²	51,14 €/m ²	8.659,980 €
» Umfassungsmauer	65,81 m ²	112,05 €/m ²	7.374,430 €
Gesamtsumme			67.597,68 €
Investitionszuschuss			13.519,54 €
Gesamtsumme abz. IZ			54.078,14 €
jährliche Annuität			3.634,90 €

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Daten aus BMLFUW (2014, 69),
eigenen Annahmen, Tabelle 13, SCHEUERLEIN (1997, 18)

4.4.5 Maschinenkosten

Die Maschinenkosten wurden nach dem gleichen Kalkulationsschema wie in der Modellvariante Eins kalkuliert. Auch bei den verwendeten Maschinen handelt es sich weitestgehend um dieselben. Die Kostendaten für den Abtransport des Maisstrohes wurden jedoch bei einem Lohnunternehmer bezogen. Aufgrund der Veränderung des Strukturmaterials im Vergleich zur Modellvariante Eins kommt es zu einer anderen Auslastung der Maschinen, wodurch sich der Preis pro Kosteneinheit verändert. Die Maschinenkosten pro Einheit können der Tabelle A 13 im Anhang entnommen werden.

4.4.6 Kostenposition Strukturmaterial bergen

a) Berechnung der Bergungskosten

Die Bergung des benötigten Weizenstrohes funktioniert maschinentechnisch wie in der Modellvariante Eins. Der Unterschied ist die geringere Bergungsmenge von 56,28 t Stroh. Dies entspricht einer Fläche von 13,84 ha. Dabei entstehenden Kosten in der Höhe von 2.319,75 €/J. Die dazugehörigen Berechnungen sind in der Tabelle A 14 im Anhang angeführt.

Für die errechnete Maisstrohmenge von 16,9 t werden 1,86 ha Körnermais benötigt (siehe Berechnung des Punktes Kalkulierung Maisstrohmenge in Kapitel 4.4.1). Das Lohnunternehmen STEINWENDNER (2015) bietet für die Bergung von Maisstroh ein spezielles Verfahren an. Im ersten Schritt wird das Maisstroh gemulcht und in einen Schwad abgelegt. Anschließend wird es von einem Ladewagen aufgenommen und zum Lagerplatz gebracht (vgl. STEINWENDNER, 2015).

Die Bergungskosten mit dem Ladewagen sind von einem Lohnunternehmen in der Nähe des Modellbetriebes angenommen worden, um zusätzlich hohe Anfahrtskosten zu verringern. Die Kosten des gesamten Verfahrens und dessen Kalkulation sind in Tabelle 44 ersichtlich. Die angeführten 6,66 h entsprechen der An- und Abfahrtszeit für das Lohnunternehmen Steinwendner. In Summe entstehen für die Bergung von Weizen- und Maisstroh Bergungskosten im Umfang von 2.870,95 €/J.

Tabelle 44: Berechnung der Bergungskosten von Maisstroh

Maschine	Kosten/Einheit	Zeitbedarf/ha	Gesamtkosten
Maisstroh mulchen/schwaden	130 €/h	0,25 h/ha	32,5 €/ha
Maisstroh abfahren	155 €/h	0,5 h/ha	77,5 €/ha
Summe			110 €/ha
Summe bei 1,86 ha			204,53 €/J
Maschine	Kosten/Einheit	Zeitbedarf/ha	Gesamtkosten
Anfahrtskosten Traktor + Mulcher	52 €/h	6,66 h	346,32 €/J
Gesamtsumme			550,85 €/J

Quelle: Eigene Berechnung nach STEINWENDNER (2015) und HOLZINGER (2015)

b) Berechnung der Nährstoffkosten

Mit der Abfuhr des Strohes vom Feld werden auch Nährstoffe abtransportiert. Die Bewertung dieser Nährstoffe mit den entsprechenden Düngemittelpreisen aus Tabelle 9, ist in der Tabelle 45 angeführt. In Summe entstehen Kosten von 1.442,11 €/J.

Die Gesamtkosten der Kostenposition „Strukturmaterial bergen“ setzt sich aus den Bergungskosten und den Nährstoffkosten zusammen und beträgt 4.313,06 €/J.

Tabelle 45: Nährstoffkosten von Weizen- und Maisstroh

Kalkulation Nährstoffkosten Weizenstroh				
Nährstoffe	Menge/kg	Menge/ha	Preis	Gesamtkosten
N	0,0050 kg/kg	4.067,00 kg/ha	0,96 €/kg	19,52 €/ha
P ₂ O ₅	0,0030 kg/kg	4.067,00 kg/ha	0,57 €/kg	6,95 €/ha
K ₂ O	0,0140 kg/kg	4.067,00 kg/ha	0,59 €/kg	33,59 €/ha
MgO	0,0020 kg/kg	4.067,00 kg/ha	1,83 €/kg	14,89 €/ha
CaO	0,0044 kg/kg	4.067,00 kg/ha	0,14 €/kg	2,51 €/ha
			Summe	77,46 €/ha
			13,84 ha entsprechen	1.071,87 €/J
Kalkulation Nährstoffkosten Maisstroh				
Nährstoffe	Menge/kg	Menge/ha	Preis	Gesamtkosten
N	0,0100 kg/kg	7.285,12 kg/ha	0,96 €/kg	69,94 €/ha
P ₂ O ₅	0,0030 kg/kg	7.285,12 kg/ha	0,57 €/kg	12,46 €/ha
K ₂ O	0,0200 kg/kg	7.285,12 kg/ha	0,59 €/kg	85,96 €/ha
MgO	0,0020 kg/kg	7.285,12 kg/ha	1,83 €/kg	26,66 €/ha
CaO	0,0040 kg/kg	7.285,12 kg/ha	0,14 €/kg	4,10 €/ha
			Summe	199,12 €/ha
			1,86 ha entsprechen	370,25 €/J
			Gesamtsumme	1.442,11 €/J

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Daten aus KTBL (1993, 127),
 MODELLBETRIEB (2014), RINTELEN (1971, 86), SCHNEIDER (2011, 3),
 Tabelle 9

4.4.7 Kostenposition Strohverteilung im Vormischplatz

- **Weizenstrohverteilung im Vormischplatz**

Die Kalkulierung für die Verteilung des Weizenstrohes im Vormischplatz wurde wie in Modellvariante Eins durchgeführt. Die dabei entstehenden Kosten betragen 1.569,97 €/J. In Tabelle A 15 (siehe Anhang) sind die dazugehörigen Berechnungen angeführt. Da die Kompostierungsanlage eine andere Dimension als in der Modellvariante Eins aufweist, verändern sich die Transportstrecke und somit auch der Zeitbedarf für die Befüllung des Vormischplatzes. Eine monatliche Auffüllung des Vormischplatzes mit Weizenstroh benötigt 2,28 h.

- **Maisstrohverteilung im Vormischplatz**

In der Modellvariante Zwei wurde angenommen, dass das Maisstroh mit Hilfe des Ladewagens lose neben dem Vormischplatz abgeladen wird. Wenn nun eine neue Befüllung stattfindet, wird das Stroh vom Lagerplatz in den Vormischplatz mit Greifschaukel und Traktor transportiert.

Der dafür benötigte Zeitbedarf wurde rechnerisch erhoben. In Tabelle A 16 (siehe Anhang) sind die entsprechenden Werte ersichtlich. Die angegebene Längsfahrt beschreibt den Weg vom Strohlagerplatz zum Vormischplatz. Der Vormischplatz wurde wie beim Weizenstroh in vier Sektoren unterteilt. Ist ein Sektor gefüllt, so verringert sich die Längsfahrt um 2,5 m. Die Tiefenfahrt im Vormischplatz verringert sich pro Greifschaukel um 0,34 m wodurch nach 44 Fahren ein Sektor gefüllt ist. Die Tiefenfahrt beim Strohlagerplatz wurde mit 5 m fix angenommen. Die Umkehrzeit setzt sich einerseits aus Beladen und Umkehren sowie andererseits aus Entladen und Umkehren zusammen. Um den Vormischplatz einmalig mit Maisstroh zu füllen, benötigt man 3,31 h. In Tabelle 46 ist die Kostenkalkulation für die Befüllung des Vormischplatzes mit Maisstroh angeführt. Das zweimalige Auffüllen verursacht Kosten in der Höhe von 393,60 €/J.

Die Gesamtkosten der Kostenposition „Strohverteilung im Vormischplatz“ betragen 1.963,58 €/J. Dies umfasst die Kosten der Weizenstrohverteilung und der Maisstrohverteilung im Vormischplatz.

Tabelle 46: An- und Abbaukosten sowie Kostenkalkulation der Befüllung des Vormischplatzes mit Maisstroh

Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2 Frontlader anh., abh.	28,10 €/h	0,08 h	2	2,47 €/J	7,08 €/J
Frontlader anh., abh.	4,56 €/h	0,08 h	2		0,75 €/J
Traktor 2 Greifschaukel anh., abh.	28,10 €/h	0,04 h	2	1,32 €/J	3,79 €/J
Frontlader Greifschaukel anh., abh.	4,56 €/h	0,04 h	2		0,40 €/J
				Summe	12,02 €/J
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf bzw. Volumen	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2	28,10 €/h	3,31 h	2	99,16 €/J	284,91 €/J
Frontlader	4,56 €/h	3,31 h	2		30,12 €/J
Greifschaukel	0,24 €/m ³	140,69 m ³	2		66,55 €/J
				Summe	381,58 €/J
				Gesamtsumme	393,60 €/J

Quelle: Eigene Berechnung nach Tabelle A 9 und Tabelle 19

4.4.8 Kostenposition Kompostmiete aufsetzen

Durch den einmonatigen Rotte-Vorgang im Vormischplatz verringert sich die Materialmenge zum Aufsetzen der Kompostmieten. Die monatliche Menge mit Weizenstroh verringert sich von 177,13 m³ auf 154,99 m³ und ist somit gleich wie in Modellvariante Eins. Die monatliche Menge mit Maisstroh verringert sich von 224,03 m³ auf 196,02 m³. Der Aufsetzvorgang findet technisch wie in der Modellvariante Eins statt. Der Kompoststreuer wird beim Vormischplatz beladen, fährt anschließend auf den Kompostplatz und setzt dort die Miete auf. Der Belade- und Entladevorgang und die damit verbundene Arbeitszeit entspricht jener in Modellvariante Eins. In den zwei Monaten, in denen Maisstroh zum Kompostieren verwendet wird, ergibt sich eine größere Menge zum Aufsetzen als mit Weizenstroh. Dadurch kommt es zu einer Verlängerung des Kompostplatzes. Der dadurch entstehende längere Fahrweg und auch die erhöhte Menge an Aufsetzmaterial wurden in der Berechnung berücksichtigt. In Tabelle A 17 (siehe Anhang) sind die An- und Abbaukosten sowie die Kostenkalkulation für das Aufsetzen der Kompostmieten angeführt. Die Gesamtkosten der Kostenposition „Kompostmieten aufsetzen“ betragen 6.169,44 €/J.

4.4.9 Kostenposition Kompostmiete wenden

Der Wendevorgang wird mit den gleichen Maschinen wie in Modellvariante Eins durchgeführt. Auch die Wendehäufigkeit der Kompostmieten ist gleich. Die Arbeitszeit beim Wenden der Kompostmieten mit Weizenstroh entspricht jener der Modellvariante Eins, da die Kompostmenge der Mieten gleich ist. Bei den Mieten, in denen Maisstroh verwendet wird, kommt es zu einer Erhöhung der Arbeitszeit aufgrund der größeren Kompostmenge. Im Vergleich beträgt die Zeit pro Mietendurchlauf bei der Variante mit Weizenstroh 6,93 h und bei der Variante Maisstroh 8,76 h. Der Wert der Weizenstrohmieten ist der Tabelle A 9 (siehe Anhang) zu entnehmen und der Wert der Maisstrohmieten ist in der Tabelle A 18 (siehe Anhang) angeführt. Der Begriff Mietendurchlauf bezeichnet die Zeitspanne vom Aufsetzen der Miete bis zum Entfernen. In Tabelle A 19 (siehe Anhang) sind die An- und Abbaukosten sowie die Kostenkalkulation für das Wenden der Kompostmieten angeführt. Die Gesamtkosten der Kostenposition „Kompostmiete wenden“ betragen 6.483,00 €/J.

4.4.10 Kostenposition Kompostmiete befeuchten

Da die Gesamtfläche der Kompostanlage aufgrund des verwendeten Maisstrohes im Vergleich zur Modellvariante Eins größer ist, kommt es auch zu einem höheren Anfall an Abwässern. In Summe fallen pro Jahr 371,26 m³ Abwasser an. Diese Menge wurde durch die jährlich aufgesetzte Gesamtabfallmenge von 1.941,93 m³ dividiert. Dadurch ist die Wassermenge gleichmäßig pro Kubikmeter aufgeteilt. Da die Mieten mit Maisstroh mehr Kubikmeter aufweisen als jene mit Weizenstroh, ist diese Aufteilung wichtig. So kann eine Maisstrohmiete bei zweimaliger Bewässerung mit 34,45 m³ Wasser versorgt werden. Hingegen benötigt eine Weizenstrohmiete nur 27,24 m³ Wasser. Die für die Bewässerung benötigten Zeiten wurden wie in Variante Eins berechnet. In Tabelle A 20 (siehe Anhang) sind die kalkulierten Kosten und die An- und Abbaukosten angeführt. Die Gesamtkosten der Kostenposition „Kompostmieten befeuchten“ betragen 1.609,12 €/J.

4.4.11 Kostenposition Kompostmiete entfernen

Die Entfernung der Kompostmieten vom Kompostplatz auf die angrenzende Lagerfläche findet technisch wie in Modellvariante Eins statt. Die Zeitkalkulation bei den Mieten mit Weizenstroh entspricht der Kalkulation in Modellvariante Eins. Die genaue Kalkulation ist in der im Anhang angeführten Tabelle A 21 ersichtlich. Jede Miete (1. und 2.) wird jeweils fünf Mal vom Kompostplatz entfernt. Die Kompostmieten mit Maisstroh weisen eine höhere Kompostmenge als jene mit Weizenstroh auf. Deshalb werden mehr Fahrten sowie Be- und Entlademanöver benötigt, um den Kompost vom Kompostplatz zu entfernen. Die entsprechenden Zeiten und die resultierende Gesamtarbeitszeit sind in der Tabelle A 22 (siehe Anhang) angeführt. Es wird pro Jahr jeweils eine erste Miete und eine zweite Miete abtransportiert. Bei den Mieten mit Weizenstroh bleibt von den aufgesetzten 154,99 m³ nur mehr 66,42 m³ über. Die 66,42 m³ entsprechen aufgrund des verwendeten Umrechnungsfaktors von 0,92 t/m³ 61,1 t. Somit entstehen bei zehn Mieten mit Weizenstroh 611,10 t Kompost pro Jahr. In jenen Mieten, in denen Maisstroh verwendet wird, verringert sich durch die Rotte das Material von 196,02 m³ auf 84,01 m³. Das entspricht 77,29 t. Da nur zwei Mieten mit Maisstroh aufgesetzt werden, entstehen pro Jahr 154,58 t Kompost. In Summe werden in der Modellvariante Zwei 765,68 t Kompost produziert. In Tabelle A 23 (siehe Anhang) sind die An- und Abbaukosten sowie die Kostenkalkulation für die Entfernung der Kompostmieten mit Weizenstroh und Maisstroh angeführt. Die Gesamtkosten der Kostenposition „Kompostmiete entfernen“ betragen 1.411,22 €/J.

4.4.12 Kostenposition Kompost ausbringen

Pro Jahr können 765,68 t Kompost produziert werden. Bei einer Ausbringmenge von 16,56 t (=18m³), können 46,24 ha mit Kompost versorgt werden. In Tabelle A 24 (siehe Anhang) sind die An- und Abbaukosten sowie die Kostenkalkulation ersichtlich. Der technische Ablauf findet wie in Modellvariante Eins statt. Die Gesamtkosten der Kostenposition „Kompost ausbringen“ betragen 2.953,29 €/J.

4.4.13 Humusbilanzierung

Die Humusbilanzierung, in der Weizenstroh durch Kompost ersetzt wird, entspricht jener Bilanzierung aus Modellvariante Eins. Somit wurde keine weitere für die Modellvariante Zwei angefertigt.

Da in der Modellvariante Zwei auch Maisstroh als Strukturmaterial verwendet wird, wurde eine Humusbilanzierung durchgeführt, in der Maisstroh durch Kompost ersetzt wird. Aus dem Modell geht hervor, dass es bei der Bergung des Maisstrohes zu Aufnahmeverlusten kommt. Somit bleibt ein gewisser Teil des Strohes am Feld zurück. In der Humusbilanzierung wurde dies nicht berücksichtigt. Es wurde angenommen, dass das gesamte Stroh abtransportiert wird. In der Tabelle 47 sind zwei Humusbilanzierungen der Standortgruppe 5 (Lehm) angeführt. Darin ist zu sehen, wie sich die Abfuhr des Maisstrohes und die Zufuhr des Kompostes auf die Bilanzierung auswirken. In der ersten Bilanz ergibt der Humussaldo – 636,94 kg Humus-C/ha. Wird das entzogene Maisstroh durch die Kompostzufuhr ersetzt, so ergibt der Humussaldo in der zweiten Bilanz 335,73 kg Humus-C/ha.

Tabelle 47: Gegenüberstellung der Humusbilanzierung des Bodentyps Lehm

Humusbilanzierung ohne Strohabfuhr und ohne Kompostgabe					
Jahr	Frucht/ Zwischenfrucht	Humifizierungs- koeffizient in kg Humus-C/ha	Zufuhr an org. Material in t FM/ha	Reproduktions- koeffizient in kg C/t FM	Humuszufuhr in kg Humus- C/ha
1	Zwiebel	-760			
	abfr. Zwischenfrucht	80	15	5,5	82,5
2	Kartoffel	-760			
3	Sojabohne	160			
4	Weizen	-280	5,81	83	482,23
	abfr. Zwischenfrucht	80	15	5,5	82,5
5	Körnermais	-560	9,11	83	755,83
	Summe	-2.040			
	Humussaldo	-636,94	kg Humus-C/ha		
Humusbilanzierung mit Maisstrohabfuhr und Zufuhr von Kompost					
Jahr	Frucht/ Zwischenfrucht	Humifizierungs- koeffizient in kg Humus-C/ha	Zufuhr an org. Material in t FM/ha	Reproduktions- koeffizient in kg C/t FM	Humuszufuhr in kg Humus- C/ha
1	Zwiebel	-760			
	abfr. Zwischenfrucht	80	15	5,5	82,5
2	Kartoffel	-760			
3	Sojabohne	160			
4	Weizen	-280	5,81	83	482,23
	abfr. Zwischenfrucht	80	15	5,5	82,5
5	Körnermais	-560			
	Kompostgabe		18,79	92	1.728,50
	Summe	-2.040			
	Humussaldo	335,73	kg Humus-C/ha		

Quelle: Eigene Berechnung nach ERHART et al. (2013, 11ff)

In der Tabelle A 25 (siehe Anhang) ist die Humusbilanzierung für die Standortgruppe 1 (Schwarzerde) angeführt. In der ersten Bilanzierung ist die Ausgangssituation zu sehen und in der zweiten wurde Maisstroh durch eine Kompostgabe ersetzt. Der Humussaldo verändert sich von 1.113,06 kg Humus-C/ha auf 2.085,73 kg Humus-C/ha.

4.4.14 Annahme des Kompostzukaufes

So wie in Variante Eins, wurden auch in der Variante Zwei die Kosten eines möglichen Zukaufes der kalkulierten Kompostmenge (832,26 m³) kalkuliert. In Tabelle 48 ist die Kalkulation angeführt. Die kalkulierten jährlichen Kosten für einen theoretischen Kompostzukauf betragen 13.426,21 €.

Tabelle 48: Kostenberechnung bei Kompostzukauf in der Modellvariante Zwei

An- und Abbaukosten Kompoststreuen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2 Frontlader anh.	31,55 €/h	0,08 h	2	2,47 €/J	7,65 €/J
Frontlader	7,08 €/h	0,08 h	2		1,16 €/J
Traktor 2 Schaufel anh.	0,09 €/h	0,02 h	2	0,63 €/J	0,63 €/J
Frontlader	7,08 €/h	0,02 h	2		0,30 €/J
Traktor 1	31,70 €/h	0,11 h	2	3,16 €/J	9,82 €/J
Transport Streuer (Tr. 1)	31,70 €/h	0,71 h	2	21,40 €/J	66,63 €/J
				Summe	86,20 €/J
Kosten Kompoststreuen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/ha Masse/ha	€/ha	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2	31,55 €/h	0,36 h/ha	11,44 €/ha	5,44 €/J	16,88 €/ha
Frontlader	7,08 €/h	0,36 h/ha	2,57 €/ha		2,57 €/ha
Schaufel	0,09 €/t	16,56 t/ha	1,51 €/ha		1,51 €/ha
Traktor 1	31,70 €/h	0,68 h/ha	21,40 €/ha	10,13 €/J	31,53 €/ha
Kompoststreuer	143,21 €/h	0,11 h/ha	16,11 €/ha		16,11 €/ha
			Summe		68,59 €/ha
			Jahressumme bei 46,24 ha		3.171,56 €/J
Kosten Kompostzukauf und derzeitige Entsorgungskosten					
Kostenfaktor	€/m³		Gesamt- kompostmenge		Gesamtkosten
Transportkosten	4,81 €/m³		832,26 m³		4.007,16 €/J
Kompostkosten	5,00 €/m³		832,26 m³		4.161,28 €/J
Entsorgungskosten					2.000,00 €/J
				Gesamtkosten	13.426,21 €/J

Quelle: Eigene Berechnung

4.5 Modellvariante Drei

In der Modellvariante Drei wird zur einen Hälfte Strauchschnitt und zur anderen Hälfte Weizenstroh als Strukturmaterial verwendet. Beim Strauchschnitt wurde angenommen, dass dieser kostenlos bezogen wird. Die im Strauchschnitt enthaltenen Nährstoffe wurden bei den angeführten Nährstoffkalkulationen nicht berücksichtigt. Im folgenden Abschnitt wird auf die einzelnen Berechnungen der Modellvariante Drei und die Unterschiede im Vergleich zur Modellvariante Eins eingegangen.

4.5.1 Kalkulierung der Strukturmaterialmenge

Die Berechnung der Menge an Strauchschnitt ist mit der Formel 6 durchgeführt worden. Die für die Berechnung benötigten C/N-Verhältnisse sind in Tabelle A 2 (siehe Anhang) angeführt. In Tabelle 4 sind die entsprechenden Gewichte für die Berechnung angeführt.

Berechnung der Strukturmaterialmenge Strauchschnitt:

$t_x =$ benötigte Menge Strauchschnitt

$t_A = (181,5 + 325) = 506,5 \text{ t}$

$C/N_M = 25$

$C/N_A = 15$

$C/N_x = 125$

$$t_x = \frac{(506,5 \times (25 - 15))}{(125 - 25)} \qquad t_x = 50,65 \text{ t}$$

$$t_{x \text{ Hälfte}} = 25,33 \text{ t}$$

Die berechnete Strauchschnittmenge von 25,33 t entspricht 101,3 m³ und stellt den benötigten Jahresbedarf dar. Zusätzlich wird Weizenstroh in der Menge von 33,77 t bzw. 562,78 m³ für den Kompostierungsprozess benötigt. Die berechnete Weizenstrohmenge entspricht der Hälfte der angeführten Jahresmenge aus Tabelle 5. Die Umrechnungsfaktoren von Tonnen in Kubikmeter sind der Tabelle A 1 (siehe Anhang) zu entnehmen.

4.5.2 Nährstoffe der Inputmaterialien und Nährstoffbewertung

Die Einzelnährstoffgehalte der Materialien Erde, Kartoffel, Zwiebel und Weizenstroh können der Tabelle 6 entnommen werden. Die anfallende Abfallmenge an Erde, Kartoffeln und Zwiebeln entspricht der angegebenen Menge in Modellvariante Eins und ist in der Tabelle 49 angeführt. Die verwendete Menge an Weizenstroh wurde in Punkt 4.3.1 ausgerechnet. Die Nährstoffe des Strauchschnittes wurden bei der Nährstoffberechnung nicht berücksichtigt. In Tabelle 49 ist die Summe der im produzierten Kompost enthaltenen Nährstoffe abzüglich der Nährstoffverluste angeführt.

Tabelle 49: Berechnung der jährlichen Nährstoffmenge im produzierten Kompost

Inputmaterial	Masse in kg	Gesamtnährstoffmengen in den einzelnen Inputmaterialien		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Kartoffel	181.500,00 kg	592,42 kg	207,91 kg	898,89 kg
Zwiebel	325.000,00 kg	650,00 kg	312,72 kg	528,69 kg
Erde	360.000,00 kg		1.326,38 kg	874,54 kg
Weizenstroh	33.766,67 kg	168,83 kg	101,30 kg	472,73 kg
Gesamtmenge		1.411,25 kg	1.948,31 kg	2.774,86 kg
Nährstoffverluste		423,37 kg		
Differenz		987,87 kg	1.948,31 kg	2.774,86 kg

Inputmaterial	Masse in kg	Gesamtnährstoffmengen in den einzelnen Inputmaterialien			
		MgO	CaO	Na	S
Kartoffel	181.500,00 kg	60,19 kg	14,58 kg	5,45 kg	63,53 kg
Zwiebel	325.000,00 kg	59,27 kg	134,90 kg	29,25 kg	165,75 kg
Erde	360.000,00 kg	1.274,88 kg			
Weizenstroh	33.766,67 kg	67,53 kg	148,57 kg		
Gesamtmenge		1.461,87 kg	298,06 kg	34,70 kg	229,28 kg
Nährstoffverluste					
Differenz		1.461,87 kg	298,06 kg	34,70 kg	229,28 kg

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Daten aus ABEL CONSULTING (2014a, s.p.), ABEL CONSULTING (2014b, s.p.), DUNST (2015, 101), KTBL (1993, 127), POTTMANN (2015, 1), SCHNEIDER (2011, 3), Tabelle 4, Tabelle 5

Tabelle 50 zeigt die Bewertung der in Tabelle 49 kalkulierten Nährstoffmengen mit den berechneten Nährstoffpreisen der Tabelle 9. In Summe kann in der Modellvariante Drei mit Nährstoferlösen von 6.431,35 €/J gerechnet werden.

Tabelle 50: Berechnung der Nährstofferlöse pro Jahr

Nährstoffe	Nährstoffmenge abzüglich Verluste	Nährstoffpreise	Nährstoff- erlöse
N	987,87 kg	0,96 €/kg	948,36 €
P ₂ O ₅	1.948,31 kg	0,57 €/kg	1.110,54 €
K ₂ O	2.774,86 kg	0,59 €/kg	1.637,16 €
MgO	1.461,87 kg	1,83 €/kg	2.675,22 €
CaO	298,06 kg	0,14 €/kg	41,73 €
S	229,28 kg	0,08 €/kg	18,34 €
		Summe	6.431,35 €

Quelle: Eigene Berechnung nach Tabelle 49 und Tabelle 9

4.5.3 Weitere Leistungen

Die derzeit anfallenden Abtransportkosten der Abfallmaterialien im Umfang von 2.000 € können eingespart werden und stehen als Leistungen im Modell zur Verfügung (vgl. MODELLBETRIEB, 2014, s.p.). Auch die geringeren Dreschkosten von 74,72 € beim Weizen durch das Nichteckeln des Stroh werden im Modell als Leistungen gesehen (vgl. HOLZINGER, 2015, s.p.). Somit stehen 2.074,72 € zusätzliche Leistungen zur Verfügung.

4.5.4 Kostenposition Kompostanlage

Im Vergleich zur Modellvariante Eins und Zwei sind die Dimensionen der Kompostanlage in der Modellvariante Drei am geringsten. Der Grund dafür ist das weite C/N-Verhältnis des Strauchschnittes. Es wird im Vergleich zu Weizenstroh weniger Strauchmaterial benötigt, um ein optimales C/N-Verhältnis in der Ausgangsmischung zu bekommen.

- **Vormischplatz**

Die monatlich anfallende Abfall-Stroh-Strauchmischung umfasst 138,67 m³. Bei einer fixen Lagerbreite von 10 m und einer Lagerhöhe von 1,5 m ergibt sich eine Lagertiefe von 9,24 m. Zusätzlich kommt zu der Tiefe noch die Vorplatztiefe von 2 m dazu. Daraus ergibt sich eine Gesamtfläche von 112,45 m² des Vormischplatzes. Die dazugehörige Umfassungsmauer umfasst eine Sichtfläche von 48,73 m².

- **Kompostplatz**

Nach der Vorrotte am Vormischplatz stehen 121,34 m³ Material zum Aufsetzen einer Miete zur Verfügung. Da pro Quadratmeter 3 m³ Material aufgesetzt werden, ergibt sich bei einer Mietenbreite von 3 m eine Länge von 40,45 m pro Miete.

Dazu wird jeweils noch am oberen und unteren Ende der Miete eine Umkehrlänge von 4 m dazu gezählt. Somit ergibt sich eine Gesamtlänge von 48,45 m. Bei zwei Mieten entsteht so eine Kompostierungsfläche von 290,68 m². Rechts und links neben der Kompostierungsfläche wird eine 3 m breite Hofverkehrsfläche angelegt. Diese Fläche ist genauso lang, wie die Kompostierungsfläche, wodurch die gesamte Hofverkehrsfläche eine Größe von 290,68 m² aufweist.

- **Sickergrube**

Jene Flächen der Kompostanlage, die Regenwasser und Sickersäfte ableiten, werden mit dem in Tabelle 11 errechneten Faktor (0,1475 m³/m² Fläche) multipliziert. Dadurch bekommt man die Dimension der Sickergrube. Es wird die Kompostierungsfläche und die Vormischplatzfläche mit dem Faktor multipliziert, wodurch eine Grubengröße von 59,46 m³ entsteht.

In Tabelle 51 sind die errechneten Kubaturen der einzelnen Bauelemente der Kompostierungsanlage angeführt. Durch Multiplikation mit den indexierten Preisen aus Tabelle 13 entstehen die einzelnen Baukosten. Von der Gesamtsumme (45.282,99 €) der Baukosten wurde der Investitionszuschuss von 20 % in Abzug gebracht. Anschließend ist die jährliche Annuität von 2.434,98 € mit den gleichen Annahmen (3 % Zinssatz, 20 Jahre Amortisationsdauer) der Tabelle 16 errechnet worden.

Tabelle 51: Berechnung der Baukosten und der jährlichen Annuität

Bauelement	Kubatur	Preis/Einheit	Gesamtkosten
<u>Kompostplatz</u>			
» Kompostierungsfläche	290,68 m ²	51,14 €/m ²	14.864,11 €
» Hofverkehrsfläche	290,68 m ²	40,26 €/m ²	11.702,70 €
<u>Sickergrube</u>	59,46 m ³	126,21 €/m ³	7.504,60 €
<u>Vormischplatz</u>			
» Lagerfläche	112,45 m ²	51,14 €/m ²	5.750,180 €
» Umfassungsmauer	48,73 m ²	112,05 €/m ²	5.461,400 €
Gesamtsumme			45.282,99 €
Investitionszuschuss			9.056,60 €
Gesamtsumme abz. IZ			36.226,39 €
jährliche Annuität			2.434,98 €

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Daten aus BMLFUW (2014, 69),
GERSTMAYR und GERHARTINGER (2010, 7f), SCHEUERLEIN (1997, 18),
STATISTIK AUSTRIA (2014, s.p.)

4.5.5 Maschinenkosten

Die Kosten der verwendeten Maschinen wurden wie in Modellvariante Eins nach dem gleichen Kostenkalkulationsschema kalkuliert und sind in Tabelle A 26 (siehe Anhang) angeführt. Aufgrund der abweichenden Auslastung der Maschinen verändern sich die Kosten pro Einheit im Vergleich zur Modellvariante Eins. Die Kosten für den Schredder, der bei der Zerkleinerung des Strauchschnittes eingesetzt wird, sind beim Unternehmen Seiringer Umwelttechnik erfragt worden.

4.5.6 Kostenposition Strukturmaterial bergen

Die Bergung des Weizenstrohes findet technisch wie in der Modellvariante Eins statt. Die benötigte Menge von 562,78 m³ entspricht 8,3 ha Weizenfläche. In Tabelle A 27 (siehe Anhang) sind die An- und Abbaukosten sowie die Kostenkalkulation für das Pressen des Strohes und der Abtransport zum Kompostplatz berechnet worden. Die benötigten Zeiten für die einzelnen Arbeitsschritte wurden wie bei der Weizenstrohbergung in Modellvariante Eins kalkuliert. In Summe fallen Bergungskosten in der Höhe 1.480,52 €/J an.

In Tabelle 52 sind die Nährstoffkosten des abtransportierten Weizenstrohes ersichtlich. Die Nährstoffgehalte in kg/kg sind in der Tabelle 6 angeführt. Die Strohbergungsmenge wurde in Tabelle 20 kalkuliert und die Einzelnährstoffpreise sind in Tabelle 9 angeführt. In Summe entstehen bei 8,3 ha abtransportierten Weizenstroh 643,12 € Nährstoffkosten.

Tabelle 52: Nährstoffkosten Weizenstroh

Nährstoffe	Menge/kg	Menge/ha	Preis	Kosten
N	0,0050 kg/kg	4.067 kg/ha	0,96 €/kg	19,52 €/ha
P ₂ O ₅	0,0030 kg/kg	4.067 kg/ha	0,57 €/kg	6,95 €/ha
K ₂ O	0,0140 kg/kg	4.067 kg/ha	0,59 €/kg	33,59 €/ha
MgO	0,0020 kg/kg	4.067 kg/ha	1,83 €/kg	14,89 €/ha
CaO	0,0044 kg/kg	4.067 kg/ha	0,14 €/kg	2,51 €/ha
			Summe	77,46 €/ha
			Summe bei 8,3 ha	643,12 €/J

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Daten aus KTBL (1993, 127),
MODELLBETRIEB (2014), SCHNEIDER (2011, 3)

Beim Strauchschnitt wurde angenommen, dass dieser kostenlos aus der Umgebung zum Kompostplatz angeliefert wird. Gerechnet wurde eine einmalige Zerkleinerung der 101,3 m³ mit einem Schredder. Die Kosten für den Schredder wurden bei dem Unternehmen Seiringer Umwelttechnik nachgefragt. Pro Stunde kostet die Maschine 345 € und hat eine Stundenleistung von 120 m³. Die Anfahrtkosten betragen 68 €/h (vgl. PRENNER, 2015, s.p.).

Die Fahrzeit vom Unternehmen Seiringer zum Modellbetrieb beträgt 1,25 h. Es wurden An- und Abfahrtskosten bei der Kalkulation in Tabelle 53 berücksichtigt. In Summe kostet die Zerkleinerung des Strauchschnittes 461,24 €/J. Die Gesamtkosten der Kostenposition Strukturmaterial betragen 2.584,88 €/J.

Tabelle 53: Berechnung der Zerkleinerungskosten für das Strauchmaterial

Maschine	Kosten/Einheit	Zeitbedarf	Anzahl	Gesamtkosten
Schredder	345,00 €/h	0,84 h		291,24 €/J
Anfahrt/Abfahrt	68 €/h	1,25 h	2	170 €/J
			Summe	461,24 €/J

Quelle: Eigene Berechnung nach PRENNER (2015)

4.5.7 Kostenposition Strukturmaterialverteilung im Vormischplatz

- **Verteilung Weizenstroh im Vormischplatz**

Die Verteilung des Weizenstrohes findet technisch wie in Modellvariante Eins statt. Da weniger Stroh zur Verfügung steht, verringert sich die Zeit der Strohverteilung. In Tabelle A 28 (siehe Anhang) ist die Zeitkalkulation für die monatliche Befüllung mit Weizenstroh angeführt. Der Vormischplatz wurde in vier Sektoren unterteilt, in welchen jeweils zwei Strohballen verteilt werden. Die Längsfahrt beschreibt die Strecke vom Strohplatz zum entsprechenden Sektor. Unter der angeführten Tiefe des Vorplatzes, versteht man die zurückgelegte Strecke im Vormischplatz. Die 11,24 m der ersten Fahrt entsprechen dabei der Tiefe des Vormischplatzes (9,24 m) und den zwei Metern des Vorplatzes. Bei der zweiten Tiefenfahrt (6,42 m) wurde die Hälfte des Vormischplatzes (4,62 m) zuzüglich der zwei Meter Vorplatzlänge angenommen. Die Tiefenfahrt am Strohplatz wurde mit fünf Meter fix angenommen. Um den Vormischplatz einmalig mit Stroh zu befüllen, ist 1,14 h Arbeitszeit nötig.

- **Verteilung Strauchschnitt im Vormischplatz**

Pro Monat stehen 8,44 m³ Strauchmaterial für die Verteilung zur Verfügung. Da der Vormischplatz in vier Sektoren unterteilt wird und die Greifschaukel ein Volumen von 0,8 m³ hat, werden pro Sektor 2,64 Schaufeln verteilt. Die Gesamttiefe im Vormischplatz von 11,24 m wurde durch die 2,64, geteilt wodurch der Wert 4,26 m entsteht. Nach der ersten Tiefenfahrt wird dieser Wert von der Gesamttiefe 11,24 m in Abzug gebracht, wodurch die nächste Tiefenfahrtstrecke von 6,98 m entsteht. Um auf die darauffolgende Tiefenfahrtstrecke zu kommen, zieht man von den 6,98 m nochmal die 4,26 m ab, wodurch der Wert 2,72 m entsteht.

Durch diese Berechnung kann gewährleistet werden, dass der Strauchschnitt gleichmäßig im Vormischplatz verteilt wird und die kalkulierte Fahrzeit angepasst ist. Die Längsfahrt beschreibt die Strecke vom Lagerplatz des Strauchmaterials zu den einzelnen Sektoren des Vormischplatzes. In der Tabelle A 29 (siehe Anhang) sind die beschriebenen Werte angeführt. Weiters wird die Gesamtzeit (0,23 h) für die monatliche Befüllung des Vormischplatzes mit Strauchschnitt errechnet. In Tabelle A 30 (siehe Anhang) ist die Kostenkalkulation für die Befüllung des Vormischplatzes mit Strauchschnitt und Weizenstroh angeführt. Auch die An- und Abbaukosten sind darin angeführt.

Die Gesamtkosten der Kostenposition „Strukturmaterialverteilung im Vormischplatz“ betragen 1.039,01 €/J. Diese umfassen die Verteilungskosten für Weizenstroh und Strauchschnitt.

4.5.8 Kostenposition Kompostmiete aufsetzen

Die Kompostmieten werden wie in der Modellvariante Eins mit dem Kompoststreuer aufgesetzt. Nach der Rotte im Vormischplatz bleiben von den 138,67 m³ nur mehr 121,34 m³ zum Aufsetzen einer Kompostmiete über. Bei zwölf Mieten pro Jahr werden so 1.456,07 m³ Material aufgesetzt. Insgesamt werden 7,58 Streuer benötigt, um eine ganze Kompostmiete aufzusetzen. Das entspricht einer Beladezeit von 2,44 h/Miete mit dem Traktor und Frontlader. Bei zwölf Mieten im Jahr ergibt das eine Beladezeit von 29,32 h. Fahr-, Umkehr- und Entladezeit des Streuers betragen in Summe bei der ersten Miete 0,85 h und bei der zweiten Miete 0,86 h. In Summe ergeben diese pro Jahr 10,22 h. Die jährliche Entladezeit beträgt 6,07 h und umfasst nur den Abladevorgang des Kompoststreuers am Kompostplatz. Dies ist für die Kostenkalkulation des Streuers wichtig, da die Streuerkosten pro Kratzbodenstunde gerechnet werden. In Tabelle A 31 (siehe Anhang) sind die An- und Abbaukosten sowie die Kostenkalkulation für das Aufsetzen der Kompostmieten mit den oben beschriebenen Werten angeführt. Die Gesamtkosten der Kostenposition „Kompostmiete aufsetzen“ betragen 3.682,20 €/J.

4.5.9 Kostenposition Kompostmiete wenden

Der technische Vorgang des Kompostwendens findet wie in Modellvariante Eins statt. Unterschied ist die geringere Materialmenge pro Kompostmiete. In der Tabelle A 32 (siehe Anhang) ist die Zeitkalkulation für alle Wendevorgänge eines Kompostmietendurchganges angeführt. Der Zeitbedarf beträgt 5,42 h pro Miete und 65,08 h pro Jahr.

Die Stundenleistung des Kompostwenders wurde wie in Modellvariante Eins mit 350 m³/h angenommen. Auch die Wendehäufigkeiten sind mit den anderen Modellvarianten ident. Der Gesamttrotteverlust (gleich wie in Modellvariante Eins) beträgt wie 62,5 % der Ausgangsmenge von 138,67 m³. Pro Woche findet beim Wendevorgang ein Substanzverlust von 8,67 m³ statt.

In Tabelle A 33 (siehe Anhang) sind die An- und Abbaukosten sowie die Kostenkalkulation für den jährlichen Wendevorgang angeführt. Die Gesamtkosten der Kostenposition „Kompostmiete wenden“ betragen 5.302,40 €/J.

4.5.10 Kostenposition Kompostmiete befeuchten

Aufgrund der Größe des Kompostplatzes und der angenommenen Jahresniederschlagsmenge kann mit einer jährlichen Wassermenge von 225,75 m³/J gerechnet werden. Diese Menge wurde auf die jährlichen zwölf Kompostmieten aufgeteilt. Da pro Miete zwei Teilmengen des zur Verfügung stehenden Wassers gegeben werden, beinhaltet eine Teilmenge 9,41 m³. In Tabelle 54 ist die kalkulierte Gesamtarbeitszeit von 0,31 h ersichtlich. Die Be- und Entladezeit ist vom Befüllungsgrad des Fasses abhängig.

Tabelle 54: Zeitkalkulation der Arbeitszeit für die Kompostmietenbefeuchtung

Parameter	Prozent bzw. Zeitbedarf
Befüllungsmenge vom Fass in %	75,25 %
Beladezeit	0,04 h
Entladezeit	0,07 h
Ankoppeln/Abkoppeln Schlauch	0,08 h
Rangierzeiten	0,12 h
Gesamtarbeitszeit	0,31 h

Quelle: Eigene Berechnung

In der Tabelle A 34 (siehe Anhang) befinden sich die An- und Abbaukosten sowie die Kostenkalkulation für den Arbeitsvorgang der Mietenbefeuchtung. Der technische Arbeitsvorgang findet wie in den beiden anderen Modellvarianten statt. Die Gesamtkosten der Kostenposition „Kompostmiete befeuchten“ betragen 1.220,04 €/J.

4.5.11 Kostenposition Kompostmiete entfernen

Der Abtransport des Kompostes vom Kompostplatz zur Lagerstätte findet mit dem Traktor und Frontlader statt. Die Berechnung der Transportzeit ist ident mit Modellvariante Eins. Belade- und Umkehrzeit sowie Entlade- und Umkehrzeit entsprechen den angeführten Zeiten in Punkt 4.3.4.g Pro Miete werden 65 Fahrten benötigt, um das gesamte Kompostmaterial zu entfernen. Die Fahrzeiterhebung entspricht den anderen Modellvarianten. In Tabelle A 35 (siehe Anhang) ist die Fahrzeitkalkulation der ersten und zweiten Kompostmiete angeführt. Die Fahrgeschwindigkeit wurde wie in den anderen Modellvarianten mit 7 km/h angenommen. Tabelle A 36 (siehe Anhang) zeigt die An- und Abbaukosten sowie die Kostenkalkulation für das jährliche Entfernen der Kompostmieten. Pro Miete werden 52 m³ Kompost entfernt. Bei zwölf Mieten pro Jahr ergibt das 624,03 m³ oder 574,11 t. Die Gesamtkosten der Kostenposition „Kompostmiete entfernen“ betragen 932,05 €/J.

4.5.12 Kostenposition Kompost ausbringen

Der technische Arbeitsvorgang findet wie in Modellvariante Eins statt. Bei einer jährlichen Kompostmenge von 624,03 m³ und der Ausbringmenge von 18 m³/ha (16,56 t/ha) können 34,67 ha Fläche mit Kompost versorgt werden. In Tabelle A 37 (siehe Anhang) sind die An- und Abbaukosten sowie die Kostenkalkulation für das Ausbringen des Kompostes angeführt. Die Gesamtkosten der Kostenposition „Kompost ausbringen“ betragen 2.285,76 €/J.

4.5.13 Humusbilanzierung

Da nur Weizenstroh von der Fläche entnommen wird, entspricht die Humusbilanzierung jener, die in Modellvariante Eins in Tabelle 37 und 38 angeführt ist. Auch die Humusbilanzierung in Tabelle A 12 (siehe Anhang) entspricht den Gegebenheiten der Modellvariante Drei.

4.5.14 Annahme des Kompostzukaufes

In der Tabelle 55 ist die Annahme des Kompostzukaufes für die Modellvariante Drei kalkuliert worden. Für die kalkulierte Kompostmenge von 624,03 m³ der Variante Drei würden jährliche Kosten in der Höhe von 10.606,72 € bei einem Zukauf anfallen.

Tabelle 55: Kostenberechnung bei Kompostzukauf in der Modellvariante Drei

An- und Abbaukosten Kompoststreuen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2 Frontlader anh.	31,73 €/h	0,08 h	2	2,47 €/J	7,68 €/J
Frontlader	7,30 €/h	0,08 h	2		1,20 €/J
Traktor 2 Schaufel anh.	0,10 €/h	0,02 h	2	0,63 €/J	0,63 €/J
Frontlader	7,30 €/h	0,02 h	2		0,31 €/J
Traktor 1	31,99 €/h	0,11 h	2	3,16 €/J	9,88 €/J
Transport Streuer (Tr. 1)	31,99 €/h	0,71 h	2	21,40 €/J	67,04 €/J
				Summe	86,74 €/J
Kosten Kompoststreuen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/ha Masse/ha	€/ha	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2	31,73 €/h	0,36 h/ha	11,50 €/ha	5,44 €/J	16,94 €/ha
Frontlader	7,30 €/h	0,36 h/ha	2,65 €/ha		2,65 €/ha
Schaufel	0,10 €/t	16,56 t/ha	1,68 €/ha		1,68 €/ha
Traktor 1	31,99 €/h	0,68 h/ha	21,59 €/ha	10,13 €/J	31,72 €/ha
Kompoststreuer	143,21 €/h	0,11 h/ha	16,11 €/ha		16,11 €/ha
			Summe		69,09 €/ha
			Jahressumme bei 34,67 ha		2.395,25 €/J
Kosten Kompostzukauf und derzeitige Entsorgungskosten					
Kostenfaktor	€/m³		Gesamt- kompostmenge		Gesamtkosten
Transportkosten	4,81 €/m³		624,03 m³		3.004,58 €/J
Kompostkosten	5,00 €/m³		624,03 m³		3.120,15 €/J
Entsorgungskosten					2.000,00 €/J
				Gesamtsumme	10.606,72 €/J

Quelle: Eigene Berechnung

5 Ergebnisse

Es werden in diesem Kapitel die Ergebnisse der einzelnen Modellvarianten dargebracht. Dabei werden zusätzlich einzelne Kostenpositionen gegenübergestellt, um Unterschiede der Varianten genauer herauszuarbeiten. Weiters werden die Forschungsfragen bearbeitet.

5.1 Ergebnisse der einzelnen Modellvarianten

- **Modellvariante Eins**

In Modellvariante Eins stehen 9.175,29 € jährliche Leistungen 24.604,69 € jährlichen Kosten gegenüber. Somit ergibt sich eine Differenz von -15.429,4 €/J. In Tabelle 56 sind die einzelnen Leistungen und Kosten aufgeschlüsselt und gegenübergestellt.

Tabelle 56: Ergebnis der Modellvariante Eins

Leistungen		Kosten	
Bezeichnung	Betrag in €/J	Bezeichnung	Betrag in €/J
Nährstofferlöse	7.025,85 €/J	jährliche Annuität	2.975,60 €/J
derzeitige Containerkosten	2.000,00 €/J	Strukturmateriäl	4.078,79 €/J
geringere Druschkosten	149,45 €/J	Vormischen	1.647,34 €/J
Summe	9.175,29 €/J	Aufsetzen	4.401,43 €/J
		Mieten Wenden	6.360,30 €/J
		Mieten befeuchten	1.097,48 €/J
		Mieten Entfernen	1.160,01 €/J
		Kompost streuen	2.883,74 €/J
		Summe	24.604,69 €/J
		Differenz	-15.429,40 €/J

Quelle: Eigene Berechnung

- **Modellvariante Zwei**

Die Modellvariante Zwei weist jährliche Leistungen von 9.413,61 €/J auf, denen 28.346,89 € Kosten/J gegenüber stehen. Die Differenz beträgt -18.933,28 €/J. In Tabelle 57 ist die genaue Aufschlüsselung der Leistungen und der Kosten angeführt.

Tabelle 57: Ergebnis der Modellvariante Zwei

Leistungen		Kosten	
Bezeichnung	Betrag in €/J	Bezeichnung	Betrag in €/J
Nährstofferlöse	7.158,92 €/J	jährliche Annuität	3.634,90 €/J
derzeitige Containerkosten	2.000,00 €/J	Strukturmateriale	4.313,06 €/J
geringere Druschkosten	124,54 €/J	Vormischen	1.963,58 €/J
Mulchkosten Maisstroh	130,16 €/J	Aufsetzen	6.169,44 €/J
Summe	9.413,61 €/J	Mieten Wenden	6.483,00 €/J
		Mieten befeuchten	1.609,12 €/J
		Mieten Entfernen	1.220,52 €/J
		Kompost streuen	2.953,29 €/J
		Summe	28.346,89 €/J
Differenz			-18.933,28 €/J

Quelle: Eigene Berechnung

- **Modellvariante Drei**

Auch in der Variante Drei sind die Leistungen (8.506,07 €/J) geringer als die Kosten (19.481,31 €/J). Es ergibt sich eine jährliche Differenz von -10.975,24 €/J. Die genauere Aufschlüsselung der Leistungen und Kosten sind in der Tabelle 58 angeführt.

Tabelle 58: Ergebnis der Modellvariante Drei

Leistungen		Kosten	
Bezeichnung	Betrag in €/J	Bezeichnung	Betrag in €/J
Nährstofferlöse	6.431,35 €/J	jährliche Annuität	2.434,98 €/J
derzeitige Containerkosten	2.000,00 €/J	Strukturmateriale	2.584,88 €/J
geringere Druschkosten	74,72 €/J	Vormischen	1.039,01 €/J
Summe	85.06,07 €/J	Aufsetzen	3.682,20 €/J
		Mieten Wenden	5.302,40 €/J
		Mieten befeuchten	1.220,04 €/J
		Mieten Entfernen	932,05 €/J
		Kompost streuen	2.285,76 €/J
		Summe	19.481,31 €/J
Differenz			-10.975,24 €/J

Quelle: Eigene Berechnung

In keiner der drei kalkulierten Modellvarianten konnten die zu Handelsdüngerpreisen bewerteten Nährstofferlöse die anfallenden Kosten decken. Auch die zusätzlich angenommenen Leistungen in Form der verringerten Dreschkosten und den derzeitigen Entsorgungskosten kann kein positives Ergebnis herbeiführen.

5.2 Ansätze der kostendeckenden Produktion

- **Erhöhung der Produktionsmenge**

Da die jährlichen Leistungen weit geringer sind als die jährlichen produktionsabhängigen Kosten, kann keine kostendeckende Produktion in allen drei Varianten stattfinden. Eine Erhöhung der Produktionsmenge steigert die Leistungen auf der einen Seite, hebt aber zugleich auch die produktionsabhängigen Kosten auf der anderen Seite an. Somit bleibt das Ungleichgewicht zwischen Leistungen und Kosten aufrecht.

Die Dimensionen und somit auch die Kosten der Kompostierungsanlage sind auf die Abfall- und Strukturmaterialmenge abgestimmt worden. Eine Erhöhung der Produktionsmenge würde somit auch die Vergrößerung der Kompostierungsanlage mit sich ziehen, wodurch es auch zur Erhöhung der Anlagekosten kommen würde.

In Tabelle 59 sind die jährlichen Leistungen und Kosten pro m³ produziertem Kompost gegenübergestellt. Die Leistungen umfassen sowohl die Nährstoff Erlöse als auch die sonstigen Leistungen (Containerkosten, geringere Dreschkosten, geringere Mulchkosten) in den jeweiligen Varianten. Die Produktionskosten umfassen folgende Maßnahmen: Strukturmaterial Bergung, Befüllung des Vormischplatzes, Aufsetzen der Kompostmieten, Wenden der Kompostmieten, Befeuchten der Kompostmieten und Entfernen der Kompostmieten.

Die Kosten für das Ausbringen des Kompostes sind extra angeführt, da sie mit dem direkten Prozess der Kompostproduktion nicht in Verbindung stehen. Als letzter Kostenfaktor stehen die Kosten für die Kompostierungsanlage.

Nach Abzug der Produktionskosten von den Leistungen ist das negative Zwischenergebnis Eins ersichtlich. Dieses wird durch weitere Kosten zu dem negativen Gesamtergebnis erhöht. Nur bei dem positiven Zwischenergebnis Zwei, welches die variablen Kosten abdeckt, kann durch die Erhöhung der Produktionsmenge ein positives Gesamtergebnis erbracht werden.

Tabelle 59: Schrittweiser Abzug der unterteilten Kosten von den Leitungen in den drei Modellvarianten

Berechnungsschritt	Betrag in €/m ³		
	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Leistungen /m ³ fertigen Kompost	11,51 €/m ³	11,31 €/m ³	13,63 €/m ³
Produktionskosten /m ³ fertigen Kompost	-23,52 €/m ³	-26,14 €/m ³	-23,65 €/m ³
Zwischenergebnis 1	-12,01 €/m ³	-14,83 €/m ³	-10,02 €/m ³
Anlagekosten /m ³ fertigem Kompost	-3,73 €/m ³	-4,37 €/m ³	-3,90 €/m ³
Zwischenergebnis 2	-15,74 €/m ³	-19,20 €/m ³	-13,92 €/m ³
Ausbringkosten /m ³ fertigem Kompost	-3,62 €/m ³	-3,55 €/m ³	-3,66 €/m ³
Gesamtergebnis	-19,36 €/m ³	-22,75 €/m ³	-17,59 €/m ³

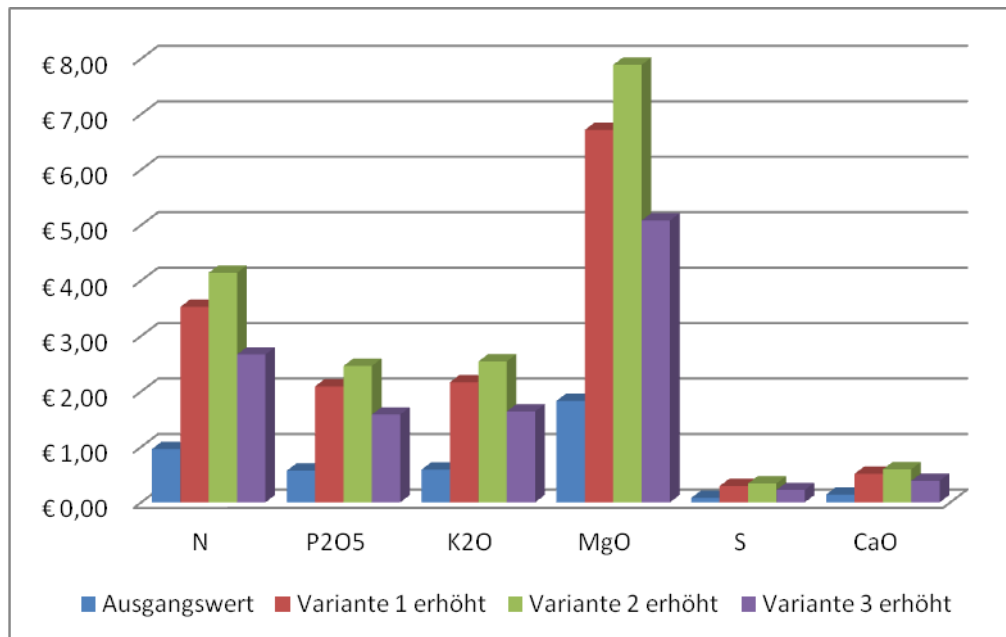
Quelle: Eigene Berechnung

- **Erhöhung der Nährstoffpreise**

Um eine kostendeckende Produktion des Kompostes herbeizuführen, wurden die Nährstoffpreise soweit angehoben, dass die Leistungen den Gesamtkosten entsprechen. In der Modellvariante Eins müssten die Preise um 369 %, in der Variante Zwei um 431 % und in der Variante Drei um 290 % steigen.

Zu beachten ist, dass auch die im Strukturmaterial enthaltenen Nährstoffpreise angehoben wurden. Somit ist der Punkt, an dem die gesamten Leistungen den Gesamtkosten entsprechen, zusätzlich erhöht und damit ist auch der Erhöhungsfaktor der Reinnährstoffpreise verändert.

In Tabelle A 38 (siehe Anhang) sind die ursprünglichen und die erhöhten Einzelnährstoffpreise der einzelnen Modellvarianten angeführt. Um die Preissteigerungen zu verdeutlichen, ist die Abbildung 5 erstellt worden. Darin sind die einzelnen Nährstoffe in der Ausgangspreissituation den Nährstoffpreiserhöhungen der einzelnen Modellvarianten gegenübergestellt. Zu erkennen ist, dass die Modellvariante Zwei die höchste Preiserhöhung hat und die Modellvariante Drei die geringste.



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 5: Grafische Darstellung der Nährstoffpreiserhöhung der einzelnen Varianten

5.3 Kostenvergleich Strukturmaterialien

Die drei erstellten Modellvarianten unterscheiden sich aufgrund der verwendeten Strukturmaterialien. In Tabelle 60 sind die anfallenden Kosten der einzelnen Materialien gegenüber gestellt worden. Um einen genauen Kostenvergleich durchführen zu können, wurde angenommen, dass nur jeweils ein Strukturmaterial die benötigte Materialjahresmenge abdeckt. Die hochgerechnete Jahresmenge ist aufgrund des C/N-Verhältnisses (siehe Formel 6) berechnet worden.

Im ersten Schritt sind die Kosten für die Bereitstellung der Materialien ersichtlich. Weizenstroh weist hier mit 2.792,55 €/J die höchsten und Strauchschnitt mit 752,48 €/J die geringsten Kosten auf. Weiters sind die Nährstoffkosten hinzu gerechnet worden. Auffallend sind die höheren Kosten von Maisstroh gegenüber dem Weizenstroh. Dies ist auf die größere benötigte Gesamtmenge und die teilweise höheren Nährstoffgehalte des Maisstrohs pro kg Substanz zurückzuführen. Trotz der hohen Nährstoffkosten von Maisstroh bleibt Weizenstroh in der Zwischensumme am teuersten. Abschließend wurden noch die jährlichen Kosten für die Befüllung des Vormischplatzes mit dem entsprechenden Strukturmaterial hinzugerechnet. Aufgrund der höheren Strukturmaterialmenge weist auch hier Maisstroh die höchsten Kosten auf. Die Kosten für die Befüllung wurden hinzugerechnet, da diese von der benötigten Menge des entsprechenden Strukturmaterials abhängig sind und somit vom verwendeten Strukturmaterial abhängen.

Die Gesamtsumme zeigt, dass die Strukturmaterialkosten von Mais- und Weizenstroh im Vergleich zu Strauchschnitt höher sind. Strauchschnitt ist aufgrund folgender Punkte günstiger als die anderen beiden Materialien:

- Geringe benötigte Jahresmenge → geringe Kosten bei der Befüllung des Vormischplatzes
- Wegfall der Bergungskosten
- Wegfall der Nährstoffkosten

Weiters sind auch die Kosten pro m³ Strukturmaterial in den einzelnen Berechnungsschritten angeführt. Zu beachten ist, dass dieser Betrag von der benötigten Strukturmaterialmenge abhängig ist. Maisstroh ist bei der Gesamtsumme pro m³ der Kosten mit 3,65 €/m³ am günstigsten und Strauchschnitt mit 5,66 €/m³ am teuersten.

Tabelle 60: Vergleich der Bergungs-, Nährstoff- und Befüllungskosten der einzelnen Strukturmaterialien

Bezeichnung	Weizenstroh	Maisstroh	Strauchschnitt
	Volumen in m ³		
hochgerechnete Jahresmenge	1125,56 m ³	1688,33 m ³	202,60 m ³
	Kosten in €/J bzw. Kosten in €/m ³		
Bergungskosten bzw. Schredderkosten	2792,55 €/J	1573,87 €/J	752,48 €/J
Bergungskosten / m ³	2,48 €/m ³	0,93 €/m ³	3,71 €/m ³
Nährstoffkosten	1286,24 €/J	2221,49 €/J	
Zwischensumme	4078,79 €/J	3795,36 €/J	752,48 €/J
Zwischensumme / m ³	3,62 €/m ³	2,25 €/m ³	3,71 €/m ³
Befüllungskosten Vormischplatz	1647,34 €/J	2361,63 €/J	394,42 €/J
Gesamtsumme	5726,13 €/J	6156,98 €/J	1146,90 €/J
Gesamtsumme / m ³	5,09 €/m ³	3,65 €/m ³	5,66 €/m ³

Quelle: Eigene Berechnung

5.4 Veränderung der Maschinenkosten durch Mehrauslastung

Da die bei der Kalkulation verwendeten Maschinen zum Teil vom Modellbetrieb stammen, kommt es durch den Einsatz in den Kompostierungsmodellen zu einer höheren Stundenauslastung. Der Vorteil dabei ist, dass sich durch die Mehrauslastung geringere Stundenkosten ergeben.

In der Tabelle 61 ist bei den Maschinen Traktor 1, Traktor 2 und Frontlader die Ausgangssituation (= Stundenauslastung und Maschinenkosten/h) den einzelnen Situationen in den Modellvarianten gegenüber gestellt.

Als erstes ist der unterschiedliche Stundenumfang dargestellt. Anschließend ist ersichtlich, um wie viele Stunden sich die Auslastung in den einzelnen Varianten erhöht. Weiters wird der jeweilige Stundenpreis angeführt, der sich aufgrund der höheren Stundenauslastung in den Varianten im Vergleich zum Ausgangswert verringert. Die Preisreduktion stellt die Differenz des Stundenpreises der einzelnen Varianten im Vergleich zum Ausgangswert dar. Um die Höhe der Preisreduktion besser zu verdeutlichen, wurde dieser Wert auch prozentuell angeführt.

Tabelle 61: Veränderung der Stundenauslastung ausgewählter Maschinen

Traktor 1				
Bezeichnung	Ausgangswert	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Stundenumfang in h	450 h	638,9 h	684,40 h	657,79 h
Stundenerhöhung in h		188,9 h	234,40 h	207,79 h
Stundenpreis in €/h	32,96 €/h	27,5 €/h	26,64 €/h	27,13 €/h
Preisreduktion absolut in €/h		5,46 €/h	6,32 €/h	5,83 €/h
Preisreduktion in %		16,57 %	19,17 %	17,69 %
Traktor 2				
Bezeichnung	Ausgangswert	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Stundenumfang in h	400 h	514,3 h	524,58 h	483,61 h
Stundenerhöhung in h		114,3 h	124,58 h	83,61 h
Stundenpreis in €/h	32,27 €/h	28,36 €/h	28,10 €/h	29,23 €/h
Preisreduktion absolut in €/h		3,91 €/h	4,17 €/h	3,04 €/h
Preisreduktion in %		12,12 %	12,92 %	9,42 %
Frontlader				
Bezeichnung	Ausgangswert	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Stundenumfang in h	100 h	214,4 h	224,60 h	183,61 h
Stundenerhöhung in h		114,4 h	124,60 h	83,61 h
Stundenpreis in €/h	8,08 €/h	4,58 €/h	4,56 €/h	4,95 €/h
Preisreduktion absolut in €/h		3,50 €/h	3,52 €/h	3,13 €/h
Preisreduktion in %		43,32 %	43,56 %	38,74 %

Quelle: Eigene Berechnung nach MODELLBETRIEB (2014)

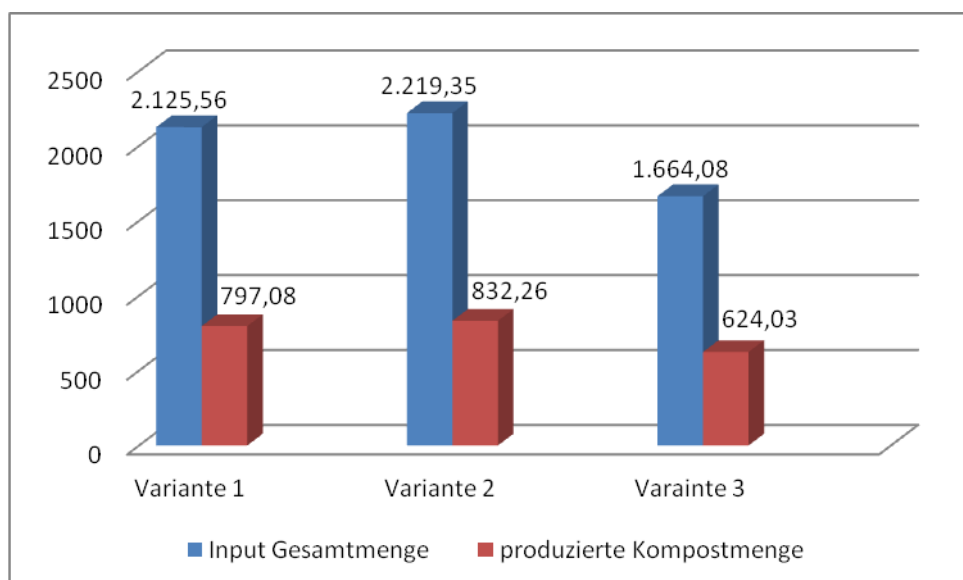
Die höchsten Stundenpreisreduktionen sind beim Frontlader ersichtlich. Der Preis reduziert sich um 38,74 % in der Variante Drei, um 43,32 % in der Variante Eins und um 43,56 % in der Variante Zwei. Beim Traktor 1 reduziert sich der Stundenpreis in Variante Eins um 5,46 €/h, in Variante Zwei um 6,32 €/h und in Variante Drei um 5,83 €/h.

Die geringsten Preisreduktionen finden beim Traktor 2 aufgrund der geringen zusätzlichen Stundenauslastung statt. Die Stundenkosten verringern sich dabei in Variante Eins um 3,91 €/h, in Variante Zwei um 4,17 €/h und in Variante Drei um 3,04 €/h.

5.5 Vergleich der Modellvarianten im Detail

- **Produzierte Kompostmenge und Inhaltsstoffe**

In Abbildung 6 ist die jährlich produzierte Kompostmenge der dafür benötigten Gesamtmenge an Ausgangsmaterial gegenüber gestellt. Die Variante Zwei liefert die größte Kompostmenge mit 832,26 m³ gefolgt von der Variante Eins mit 797,08 m³ und der Variante Drei mit 624,03 m³.



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 6: Gegenüberstellung der gesamten Ausgangsmaterialmenge und der produzierten Kompostmenge

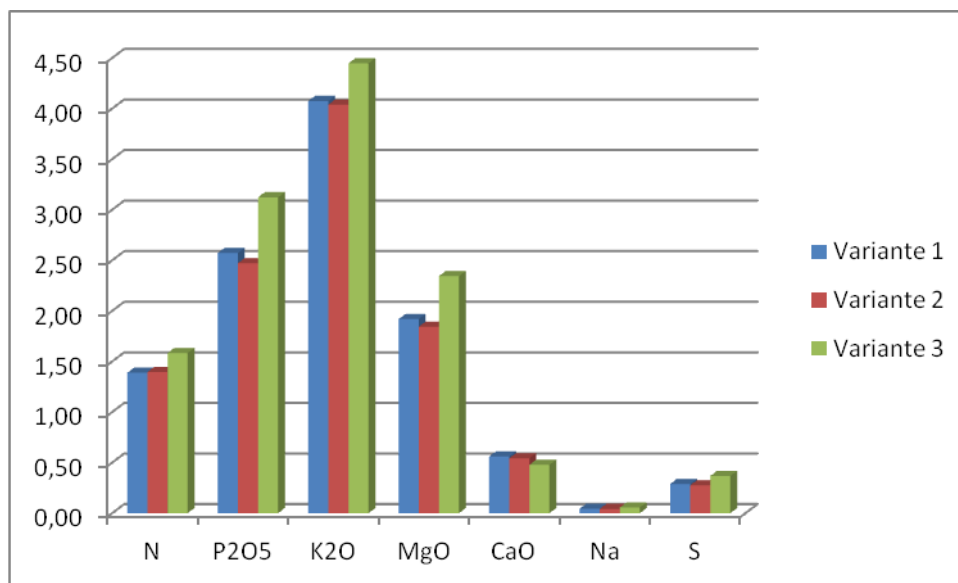
Die Nährstoffgehalte in einem m³ Kompost variieren in den Modellvarianten. Grund sind die verschiedenen Strukturmaterialien, deren Nährstoffgehalte und der unterschiedliche Mengenbedarf an Strukturmaterial. In Tabelle 62 sind die Nährstoffgehalte pro m³ produzierten Kompost ersichtlich.

Tabelle 62: Nährstoffgehalte eines m³ Kompostes in den drei Modellvarianten

		Nährstoffgehalte in kg/m ³ Kompost						
Modellvariante	Menge	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	Na	S
Variante 1	1 m ³	1,39 kg	2,57 kg	4,07 kg	1,92 kg	0,56 kg	0,04 kg	0,29 kg
Variante 2	1 m ³	1,40 kg	2,47 kg	4,04 kg	1,84 kg	0,54 kg	0,04 kg	0,28 kg
Variante 3	1 m ³	1,58 kg	3,12 kg	4,45 kg	2,34 kg	0,48 kg	0,06 kg	0,37 kg

Quelle: Eigene Berechnung

Um die Differenzen zwischen den Varianten grafisch darzustellen, ist in der Abbildung 7 ein Säulendiagramm erstellt worden. Der produzierte Kompost in Variante Drei weist, ausgenommen bei Kalziumoxid, die höchsten Nährstoffgehalte pro m³ auf.



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 7: Gegenüberstellung der Nährstoffgehalte eines m³ Kompostes in den einzelnen Modellvarianten

- Vergleich ausgewählter Ergebnisse**

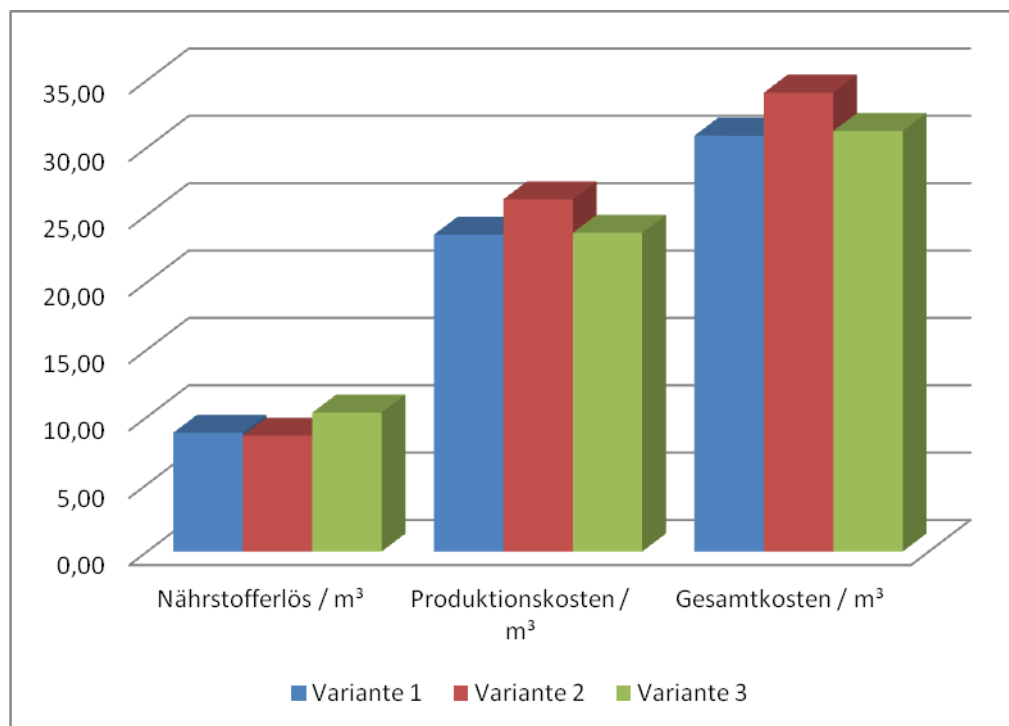
In den einzelnen Varianten sind die Nährstofferlöse, die Produktionskosten und die Gesamtkosten auf die Menge an produzierten Kompost umgerechnet worden. Die entstandenen Werte sind in Tabelle 63 angeführt.

Tabelle 63: Gegenüberstellung ausgewählter Ergebnisse der Modellvarianten

Bezeichnung	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Nährstofferlös/m ³	8,81 €/m ³	8,60 €/m ³	10,31 €/m ³
Produktionskosten /m ³	23,52 €/m ³	26,14 €/m ³	23,65 €/m ³
Gesamtkosten /m ³	30,87 €/m ³	34,06 €/m ³	31,22 €/m ³

Quelle: Eigene Darstellung nach eigener Berechnung

Die Nährstofferlöse beinhalten alle Nährstoffe der produzierten Kompostmenge und deren Bewertung zu den im Modell verwendeten Handelsdüngerpreisen. Bei den Produktionskosten handelt es sich um alle Kostenpositionen, die für die Produktion des Kompostes benötigt werden (siehe auch Punkt 5.2: Erhöhung der Produktionsmenge). Die Gesamtkosten umfassen alle jährlich anfallenden Kosten. Um die Unterschiede der drei angeführten Ergebnisse zu verdeutlichen, ist die Abbildung 8 erstellt worden. Darin sind die Ergebnisse der einzelnen Varianten gegenübergestellt.



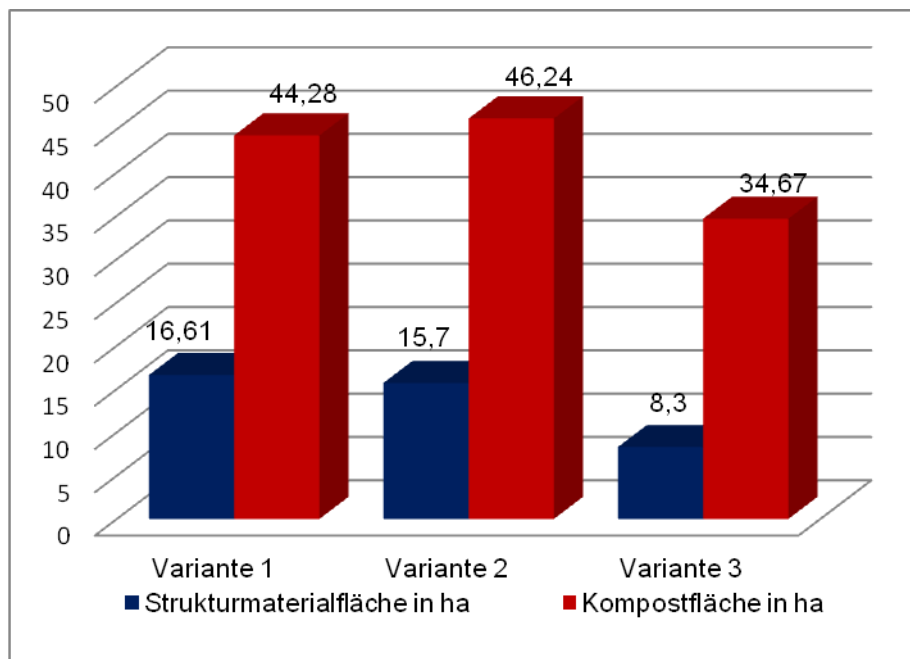
Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8: Grafische Darstellung von Nährstofferlös/m³, Produktionskosten/m³ und Gesamtkosten/m³

Die Variante Zwei weist den geringsten Nährstofferlös/m³ auf und hat zugleich die höchsten Produktionskosten sowie Gesamtkosten/m³. Auffallend ist auch der höhere Nährstofferlös/m³ der Variante Drei. Die Produktionskosten/m³ der Variante Eins und Drei haben nur einen geringen zahlenmäßigen Unterschied von 0,13 €/m³. Auch die Gesamtkosten/m³ weisen nur einen Unterschied von 0,35 €/m³ auf.

- **Vergleich Strukturmaterialfläche zu Kompostfläche**

Für die Kompostierung wird in allen drei Varianten Strukturmaterial von den Flächen des Modellbetriebes benötigt. Im Gegenzug wird der fertige Kompost in der Menge von 18 m³ wieder auf die Ackerflächen des Betriebes zurück gebracht. In Abbildung 9 ist die benötigte Strukturmaterialfläche der Kompoststreufläche gegenüber gestellt worden.

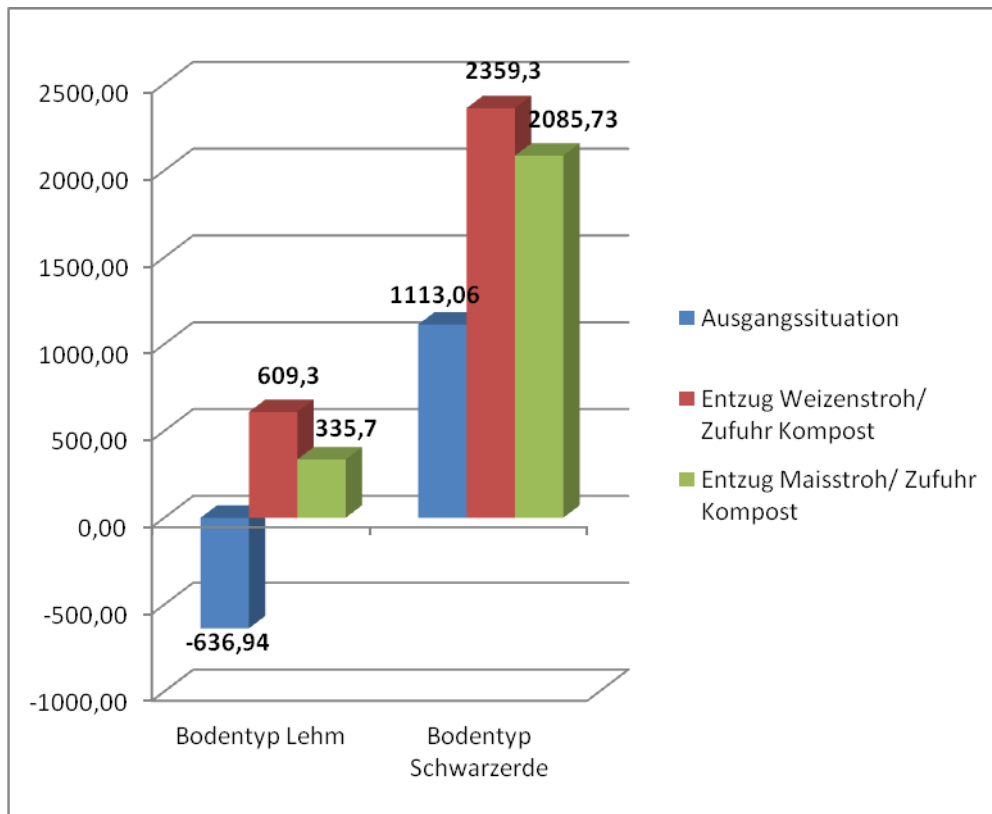


Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 9: Gegenüberstellung der benötigten Strukturmaterialfläche und jener Fläche auf der Kompost ausgebracht wird.

In allen Varianten kann mehr als die benötigte Strukturmaterialfläche mit Kompost versorgt werden. In Variante Eins wird die 2,6 fache Strukturmaterialfläche, in Variante Zwei die 2,9 fache Strukturmaterialfläche und in Variante Drei die 4,2 fache Strukturmaterialfläche mit Kompost versorgt.

Weiters ist eine Humusbilanzierung in den einzelnen Modellvarianten angefertigt worden, die im Kapitel 4.3.5 näher beschrieben wurde. In der Abbildung 10 sind die Ergebnisse der fünfjährigen Humusbilanzierung in kg Humus-C/ha angeführt. Die Bilanzierung ist für die beiden Bodentypen Lehm und Schwarzerde angefertigt worden. Bei den beiden Bodentypen wirken sich der Strohentzug und die Zuführung des Kompostes im Vergleich zur Ausgangssituation positiv auf den Humussaldo aus.



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 10: Humusbilanzierung von zwei Bodentypen des Modellbetriebes

5.6 Vergleich der Endergebnisse der Modellvarianten mit dem Ansatz des Kompostzukaufes

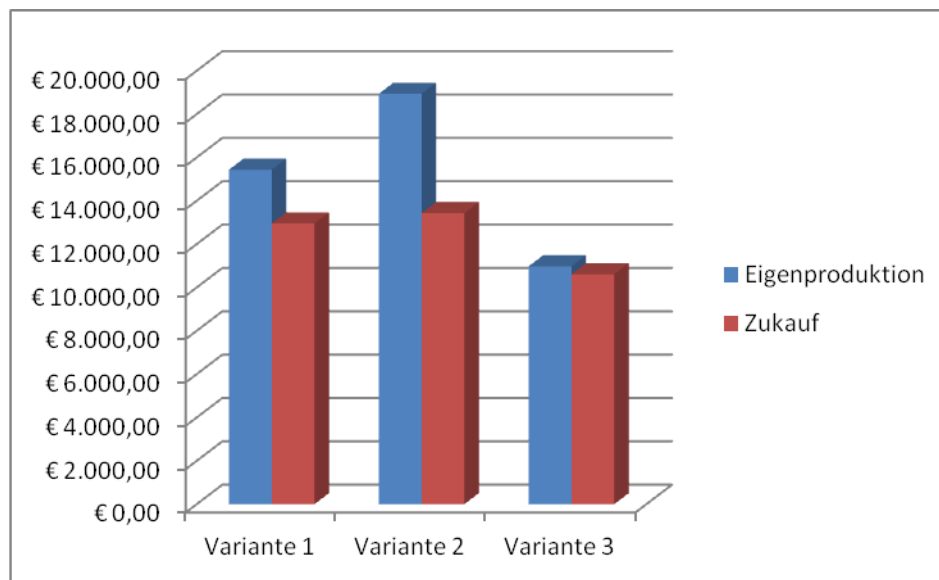
Da die Endergebnisse der drei Modellvarianten negativ ausfallen, ist eine kostendeckende Lösung nur dann gegeben, wenn der Modellbetrieb zusätzliches Geld investiert. Um beurteilen zu können, ob die Investition gerechtfertigt ist, wurden als Vergleich die Kosten für den Zukauf der jeweilig produzierten Kompostmenge in den einzelnen Modellvarianten erhoben. Die Kosten umfassen die Kompostkosten selbst, die Transportkosten, die Ausbringungskosten sowie die Entsorgungskosten für die am Betrieb vorhandenen Abfallmaterialien. In Tabelle 64 sind die Endergebnisse den erhobenen Zukaufs Kosten gegenüber gestellt. Die errechneten Endergebnisse stellen in diesem Fall Kosten für den Modellbetrieb dar.

Tabelle 64: Gegenüberstellung der Endergebnisse (als Kosten) und der Kosten bei Zukauf des Kompostes

Modellvarianten	Endergebnisse in €/J	
	Eigenproduktion	Zukauf
Variante 1	15.429,40 €/J	12.950,56 €/J
Variante 2	18.933,28 €/J	13.426,21 €/J
Variante 3	10.975,24 €/J	10.606,72 €/J

Quelle: Eigene Darstellung nach eigener Berechnung

Ersichtlich ist, dass die Investition in die Eigenproduktion höhere Kosten für den Modellbetrieb verursacht als die Kosten des Kompostzukaufes. In Abbildung 11 sind die Werte der Tabelle 64 grafisch dargestellt.



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 11: Grafische Gegenüberstellung der Ergebnisse der Modellvarianten und der Kosten die bei einem Zukauf des Kompostes anfallen.

6 Diskussion und Schlussfolgerung

In der vorliegenden Arbeit wurde durch das Erstellen eines Modells der Frage nachgegangen, ob die Verringerung des Handelsdüngereinsatzes die Amortisierung einer Kompostierungsanlage und der Produktionskosten von Kompost ermöglicht. Aus den dargestellten Ergebnissen ist ersichtlich, dass eine positive Kostendeckung in allen drei Modellvarianten nicht möglich ist.

Werden die Ergebnisse in 5.1 näher betrachtet, so ist ersichtlich, dass die jährlichen Produktionskosten die vorhandenen Leistungen übersteigen. Das geringste negative Ergebnis bringt die Modellvariante Drei mit -10.975,24 €/J.

Um ein positives Endergebnis zu erhalten, war ein erster Ansatz, die Produktionsmenge zu erhöhen. Da aber die Produktionskosten pro Kubikmeter höher sind als die Leistungen pro Kubikmeter Kompost, kann eine Erhöhung der Produktionsmenge kein positives Ergebnis erbringen. Dies würde nur dann funktionieren, wenn die Leistungen pro Kubikmeter höher als die Produktionskosten pro Kubikmeter Kompost wären und bei einer Erhöhung der Produktionsmenge die fixen Anlagekosten decken könnten.

Eine weitere Voraussetzung wäre aber eine zu groß dimensionierte Kompostanlage, deren Kapazitäten noch nicht ausgelastet sind, was aber in den Modellvarianten nicht der Fall ist.

Die Erhöhung der Nährstoffpreise ist eine Möglichkeit, um ein theoretisch positives Endergebnis zu bekommen. In der Tabelle 65 sind die Reinnährstoffpreise der auch im Modell verwendeten Dünger von 2008 bis 2014 angeführt. Die Düngerdaten sind vom Modellbetrieb zur Verfügung gestellt worden. Weiters ist die berechnete Preiserhöhung der Reinnährstoffe für eine kostendeckende Produktion des Kompostes in den einzelnen Modellvarianten angeführt. Vergleicht man nun die fiktiv erhöhten Nährstoffpreise, mit den tatsächlichen, so ist ersichtlich, dass nur der berechnete Kaliumpreis der Modellvariante Drei im Jahr 2009 vom tatsächlichen Wert überschritten wurde. Alle anderen Nährstoffpreiserhöhungen liegen unter den angeführten Einzelnährstoffwerten von 2008 bis 2014.

Aufgrund der vorliegenden Düngerdaten können die kalkulierten Einzelnährstoffpreiserhöhungen zur positiven Abdeckung der Kosten nur für Kalium in einer Modellvariante und einem Jahr bestätigt werden.

Tabelle 65: Einzelnährstoffpreise der angeführten Dünger von 2008 bis 2014, sowie die theoretische Nährstoffpreiserhöhung von N, P₂O₅ und K₂O in den einzelnen Modellvarianten

Jahr	Einzelnährstoffpreise in €/kg der angeführten Mineraldünger			theoretische Nährstoffpreiserhöhung		
	KAS	Diammonphosphat	Patentkali	Modellvariante Eins		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	369% Steigerung		
				erhöhte Nährstoffpreise in €/kg		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2014	1,00 €/kg	0,57 €/kg	0,59 €/kg	3,69 €/kg	2,12 €/kg	2,19 €/kg
2013	1,00 €/kg	1,21 €/kg	1,31 €/kg			
2012	0,99 €/kg	1,12 €/kg	1,07 €/kg	Modellvariante Zwei		
2011	0,91 €/kg	1,18 €/kg	1,16 €/kg	431% Steigerung		
2010	0,66 €/kg	0,85 €/kg	1,03 €/kg	erhöhte Nährstoffpreise in €/kg		
2009	1,10 €/kg	0,91 €/kg	1,81 €/kg	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2008	0,70 €/kg	0,82 €/kg	0,80 €/kg	4,31 €/kg	2,48 €/kg	2,56 €/kg
				Modellvariante Drei		
				290% Steigerung		
				erhöhte Nährstoffpreise in €/kg		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
				2,9 €/kg	1,67 €/kg	1,72 €/kg

Quelle: Eigene Darstellung nach MODELLBETRIEB (2014) und eigenen Berechnungen

Der monetäre Nährstoffwert der produzierten Komposte liegt in den kalkulierten Modellen bei 9,76 €/t FM (Variante Eins), 8,40 €/t FM (Variante Zwei) und 11,20 €/t FM (Variante Drei). In der Literatur wird ein durchschnittlicher Wert von 11,25 €/t Frischmasse angegeben (vgl. ZAPF et al., 2013, 46). Obwohl die angegebenen Preise vom verwendeten Düngerpreis und der Nährstoffkonzentration im Kompostmaterial abhängig sind, wird ersichtlich, dass die im Modell kalkulierten Werte mit dem Wert der Literatur vergleichbar sind. Auffallend ist der Wert aus Variante Drei, da dieser eine geringe Differenz zum Literaturwert aufweist.

Die Nährstoffwerte des Kompostes sind auch von den Nährstoffen der verwendeten Strukturmaterialien abhängig. Werden die Bereitstellungskosten und die Befüllungskosten des Vormischplatzes von den verwendeten Strukturmaterialien miteinander verglichen, so ist ersichtlich, dass Maisstroh mit 3,65 €/m³ am günstigsten ist. Da aber aufgrund des geringen C/N-Verhältnisses die größte hochgerechnete Jahresmaterialmenge (1.688,33 m³) benötigt wird, kommt es zu den höchsten jährlichen Gesamtkosten von 6.156,98 €/J. Im Vergleich dazu ist der Materialpreis von Strauchschnitt mit 5,66 €/m³ hoch. Dies relativiert sich jedoch durch die hochgerechnete geringe Materialmenge von 202,60 m³/J, wodurch jährliche Gesamtkosten von 1.146,90 €/J entstehen.

Die Kosten eines Strukturmaterials sind somit abhängig von der benötigten Materialmenge aufgrund des C/N-Verhältnisses, den mit dem Material verbundenen Bereitstellungs- und Bearbeitungskosten sowie den monetär bewerteten Nährstoffgehalten, sofern das Material von den eigenen Ackerflächen kommt.

Durch das teilweise Verwenden der eigenen Maschinen (vor allem der Traktoren) des Modellbetriebes in den erstellten Modellvarianten, kommt es zu einer Mehrauslastung und dadurch zu einer Reduktion der Kosten pro Bezugseinheit. Diese Kostenreduktion ist nicht nur für die Kosten in den Modellkalkulationen von Vorteil, sondern auch für den Modellbetrieb selbst. Die Kostensenkungen machen sich auch in den Deckungsbeiträgen der am Betrieb angebauten Kulturen bemerkbar (vgl. MODELLBETRIEB, 2015a, s.p.). Die genaue Aufschlüsselung der Mehrauslastung und der damit verbundenen Kostensenkungen ist in den Ergebnissen in 5.4 dargestellt.

Die Endergebnisse der einzelnen Modellkalkulationen zeigen, dass die Amortisierung der Anlagekosten und der Produktionskosten des Kompostes nicht durch die Verringerung des Handelsdüngereinsatzes durchführbar ist. Einerseits sind die Leistungen über die enthaltenen Nährstoffe zu gering, und andererseits sind die Produktionskosten des Kompostes zu hoch, um eine kostendeckende Produktion zu gewährleisten.

Auch wenn der Modellbetrieb die negativen Endergebnisse finanzieren würde, verursacht dies in allen Modellvarianten höhere Kosten für den Betrieb als wenn der fertige Kompost zugekauft und ausgebracht wird. Dies ist aus der Tabelle 64 und der Abbildung 11 in den Ergebnissen ersichtlich. Die geringsten höheren Kosten bei der Eigenproduktion weist die Modellvariante Drei mit 368,52 €/J auf.

Im Vergleich zu Handelsdünger ist Kompost mehr als nur ein Nährstofflieferant. Ein Beispiel für positive Nebeneffekte des Kompostes sind die erstellten Humusbilanzierungen. Diese zeigen, dass trotz der Strohentnahme durch die Zuführung des Kompostes eine deutliche Verbesserung des Humussaldos im Vergleich zur Ausgangssituation stattfindet. In der Broschüre „Kompost in der Landwirtschaft“ wird durch die Humusreproduktionsleistung von Stroh in Abhängigkeit von dessen Marktwert ein Humuswert für Kompost ermittelt. Es wird ein Wert von 0,06 €/kg Humus- C angegeben (vgl. ZAPF et.al., 2013, 47).

Da in der vorliegenden Masterarbeit in den einzelnen Modellvarianten jeweils negative Endergebnisse errechnet wurden, ist eine monetäre Beurteilung von „Zusatzfunktionen“ des Kompostes ein Ansatz, um den kalkulierten Wert dessen zu steigern.

7 Literaturverzeichnis

ABEL CONSULTING (2014a): nährwertrechner.de, Nährwert Kartoffel, at:

<http://www.naehrwertrechner.de/naehrwerte-details/K120111/Kartoffeln+ungesch%E4lt+frisch/> (10.8.2014).

ABEL CONSULTING (2014b): nährwertrechner.de, Nährwert Zwiebel, at:

<http://www.naehrwertrechner.de/naehrwerte-details/G483111/Gem%FCsezwiebel+frisch/> (10.8.2014).

ADENSAM, H.; BREINESBERGER, J.; FROSCH, V.; GANGLBERGER, E.; HEGEDYS, H.; HILLER, S.; SCHWARZMÜLLER, E.; STARIBACHER, M. UND UNFRIED, G. (2005): Stroh kompakt - Fabrik der Zukunft als regionales Produktionsnetzwerk auf Basis nachwachsender Rohstoffe anhand eines Pilotprojektes im Bereich Dämmstoffe. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien: Selbstverlag.

AGRARMARKT AUSTRIA (2014): Cross Compliance - Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen - MERKBLATT 2014. Wien: Selbstverlag.

AGRARMARKT AUSTRIA (2015): Düngemittel - Durchschnittspreise in EUR/100 kg lose im Bundesgebiet (exkl. Ust.) – quartalsweise at: https://www.ama.at/getattachment/dbb6d0c8-a94a-4f05-be35-03bbe3b541ce/280_Dungemittel_Endverbraucherpreise-2003-2014_quartalsweise.pdf (15.7.2015).

AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG (2015): Bemessungsniederschlag 48h-5jährlich at:

http://www.noel.gv.at/ExterneSeiten/Wasserstand/folder_n_lt/niederschlag/bemessung/bemessung_n_48h_5a.htm (20.10.2015).

ARGE KOMPOST UND BIOGAS (2012): Handzettel für Kompostanlagenbetreiber. Wien: Selbstverlag.

BUNDESGESETZBLATT II (2001): Nr. 292, Kompostverordnung, at:

https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/2001_292_2/2001_292_2.pdf (8.11.2014).

BUNDESKANZLERAMT (2014): Rechtsinformationssystem, Wasserrechtsgesetz at: <https://www.ris.bka.gv.at/Dokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Dokumentnummer=NOR40080276> (1.7.2014).

BUNDESMINISTERIUMS FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT – BMLFUW (2005a): Stand der Technik der Kompostierung - Richtlinie des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien: Selbstverlag.

BUNDESMINISTERIUMS FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT – BMLFUW (2005b): Stand der Technik der Kompostierung - Grundlagenstudie. Wien: Selbstverlag.

BUNDESMINISTERIUMS FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT – BMLFUW (2006): Richtlinien für die Sachgerechte Düngung - Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft. 6. Auflage, Wien: Selbstverlag.

BUNDESMINISTERIUMS FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT – BMLFUW (2014): Sonderrichtlinie des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft zur Umsetzung von Projektmaßnahmen im Rahmen des Österreichischen Programms für ländliche Entwicklung 2014 – 2020 - „LE-Projektförderungen“. Wien: Selbstverlag.

BUNDESMINISTERIUMS FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT – BMLFUW (2012): Aktionsprogramm Nitrat, at: https://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserrecht_national/recht_gewaesserschutz/APNitrat2012.html (24.1.2015).

DUNST, G. (2011): Humusaufbau – Chance für Landwirtschaft und Klima. 1. Auflage, Kaindorf: Verein Ökoregion Kaindorf.

DUNST, G. (1997): Kompostierung – Anleitung für: Hausgarten, Bäuerlichen und kommunalen Bereich. 3. Auflage, Graz: Leopold Stocker Verlag Graz – Stuttgart.

DUNST, G. (2015): Kompostierung und Erdenherstellung – Praxisbuch und Anleitung für: Hausgarten, Landwirtschaft Kommune und Profi. 1. Auflage, Riedlingsdorf: Sonnenerde – Gerald Dunst Kulturerden GmbH.

ERHART, E.; NEUNER, E.; SCHNEIDER, R. und HARTL, W. (2013): Humusbilanzierung für die Praxis – Leitfaden zur Humusbilanzierung für Ackerbaubetriebe ohne oder mit geringer Tierproduktion. Bio Forschung Austria. Wien: Eigenverlag.

FACHBEIRAT FÜR BODENFRUCHTBARKEIT UND BODENSCHUTZ BEIM BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (2010): Richtlinie für die Anwendung von Kompost aus biogenen Abfällen in der Landwirtschaft. Wien: Selbstverlag.

GERSTMAYR UND GERHARTINGER (2010): Pauschalkostensätze - Baurichtpreise und pauschale Kostensätze für technische und andere Investitionen. Oberösterreich – Abteilung Land- und Forstwirtschaft: Selbstverlag.

GOTTSCHALL, R. (1992): Kompostierung – Optimale Aufbereitung und Verwendung organischer Materialien im ökologischen Landbau. 5. Auflage, Karlsruhe: Müller GmbH.

HELM, M. (1995): Prozeßführung bei der Kompostierung von organischen Reststoffen aus Haushalten: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt: KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster Hiltrup.

HOLZINGER, F. (2015): Interview (5.6.2015).

INCONA (2009): Stroh richtig bewerten. at:
http://www.effizientduengen.de/download/Sondernewsletter_Jun09_web.pdf (5.6.2015).

KROGMANN, U. (1994): Kompostierung - Grundlagen zur Einsammlung und Behandlung von Bioabfällen unterschiedlicher Zusammensetzung. Bonn: Economica Verlag GmbH.

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2012a): at:
<http://daten.ktbl.de/makost/downloads/Kalkulationsmethode.pdf> (8.7.2015).

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2012b): KTBL-Datensammlung – Betriebsplanung Landwirtschaft 2012/13 – Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. 23. Auflage 2012, Darmstadt.

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.) (1993): Kompostierung und landwirtschaftliche Kompostverwertung. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.

LRT GMBH THARANDTER BAUMASCHINENSERVICE (2015): Schüttgüter und Ihre Gewichte, at: http://www.lrtgmbh.de/index_htm_files/LRT-Schuettgewichte.pdf (15.4.2015).

LUDWIG BOLTZMANN-INSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU UND ANGEWANDTE ÖKOLOGIE (1993): Handbuch der Kompostierung – Ein Leitfaden für Praxis – Verwaltung – Forschung. Wien: Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.

MASCHINENRING (2014): Maschinenring St. Pölten, E-Mail Kontakt (5.10.2014).

MASCHINENBAU GMBH MANFRED KAISER (2015): Raumgewichte von Ladegütern, at: <http://www.kaiser-vrees.de/downloads/Ra40gew5chte.pdf> (15.4.2015).

MEYER K. (2015): Korn Stroh Verhältnis Mais at: <http://www.nachwachsende-rohstoffe.biz/zucker-und-starke-liefernde-pflanzen/maisstroh/> (5.7.2015).

MODELLBETRIEB (2014): Interview; Mündliche Mitteilung (15.8.2014).

MODELLBETRIEB (2015a): Interview; Mündliche Mitteilung (4.3.2015).

MODELLBETRIEB (2015b): Interview; Mündliche Mitteilung (10.11.2015).

MODELLBETRIEB (2016): Interview; Mündliche Mitteilung (30.5.2016).

POTTMANN, B. (2015): E-Mail (24.2.2015).

PRENNER T. (2015): Seiringer Umwelttechnik GmbH, E-Mail Kontakt (10.06.2015).

RATZ, B. (2014): Kompostwerk Lobau at: <https://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/entsorgung/abfallbehandlungsanlagen/aba/kompostwerklobau.html> (20.5.2014).

RINTELEN, P. (1971): Mais – Ein Handbuch über Produktionstechnik und Ökonomik. München, Bern, Wien: BLV Verlagsgesellschaft.

SALZER, F. (2015): Amt der NÖ Landesregierung: Abt. BD3-Hydrologie und Geoinformation, Niederschlagsdaten, E-Mail Kontakt (5.3.2015).

SCHEUERLEIN, A. (1997): Finanzmanagement für Landwirte – Beispiele Anwendungen – Beurteilungen. München: BLV-Verl.-Ges., Frankfurt (Main): DLG-Verl., Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverl., Wien: Österr. Agrarverl., Wabern: Büchler Grafino, Verlagsunion Agrar.

SCHNEIDER, M. (2011): Doppelt gewinnen mit Kompost statt Stroh. Getreidemagazin – Fachzeitschrift für Spezialisten, Sonderdruck 3. Ausgabe, 2011 1-4.

SCHNEIDER, M. UND TULNIK, R. (2011): Kompost statt Stroh. Der Fortschrittliche Landwirt 13, 34-36. at: http://www.seiringer.at/allgemein/presse/2011/kompost_statt_stroh_landwirt.pdf (5.6.2015).

STADLER, C. (2006): Maisstrohdüngung mit oder ohne N- Ausgleichsdüngung?. at: <https://mediatum.ub.tum.de/?id=1304707> (20.10.2014).

STATISTIK AUSTRIA (2014): Baupreisindex für den Hoch- und Tiefbau gesamt, frühere Zeitreihen verkettet at: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/preise/baupreisindex/index.html (18.08.2014).

STEINWENDNER (2015): Steinwendner Agrar Service GmbH, Telefongespräch, mündliche Mitteilung (18.5.2015).

TULNIK, R. (2015): Arge Kompost und Biogas, persönliches Gespräch (20.07.2015).

ZAPF, R.; SCHULTHEISS, UTE.; HOFMANN M.; DÖHLER, H.; FRÖBA, N. und SCHNEIDER M. (2013): Kompost in der Landwirtschaft. 2., überarbeitete Auflage, aid infodienst: Bonn, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft: Darmstadt.

8 Anhang

Fachbegriffe

Thermophil: Thermophil bedeutet wärmeliebend. Es sind dies Mikroorganismen, die einen Temperaturbereich von 50°C bis 75°C bevorzugen (vgl. Gottschall, 1992, 104).

Mesophil: Es handelt sich um Mikroorganismen die in einem Temperaturbereich von 20°C bis 40°C leben (vgl. Gottschall, 1992, 104f).

Mietendurchlauf: Beschreibt den Zeitbedarf, den eine Kompostmiete vom Aufsetzen bis zum entfernen auf der Kompostierungsfläche benötigt.

Enges C/N-Verhältnis: Das Verhältnis zwischen Kohlenstoff und Stickstoff ist gering.
Bsp.: 10 : 1

Weites C/N-Verhältnis: Das Verhältnis zwischen Kohlenstoff und Stickstoff ist weit.
Bsp.: 100 : 1

Tabelle A 1: Schüttgewichte der Ausgangsmaterialien

Inputmaterial	Umrechnungs-faktoren	Literatur
Kartoffel	0,65 m³/t	MODELLBETRIEB (2014,s.p.)
Zwiebel	0,73 m³/t	MODELLBETRIEB (2014,s.p.)
Erde	1,44 m³/t	LRT GMBH THARANDTER BAUMASCHINENSERVICE (2015, 1)
Weizenstroh	0,06 m³/t	MASCHINENBAU GMBH MANFRED KAISER (2015, 1)
Maisstroh	0,06 m³/t	MASCHINENBAU GMBH MANFRED KAISER (2015, 1)
Strauchschnitt	0,25 m³/t	ARGE KOMPOST UND BIOGAS (2012, 5)

Tabelle A 2: C/N-Verhältnisse der Inputmaterialien

Inputmaterial	C/N Verhältnis	Literatur
Kartoffel	15	BMLFUW (2005b, 103)
Zwiebel	15	BMLFUW (2005b, 103)
Weizenstroh	100	BMLFUW (2005b, 103)
Maisstroh	50	STADLER, (2006, 4)
Strauchschnitt	125	BMLFUW (2005b, 103)

Tabelle A 3: Literaturhinweis für die Nährstoffgehalte der Abfall- und Strukturmaterialien

Inputmaterial	Literatur
Kartoffel	ABEL CONSULTING (2014a, s.p.)
Zwiebel	ABEL CONSULTING (2014b, s.p.)
Erde	POTTMANN (2015, 1)
Weizenstroh	KTBL (1993, 127)
Maisstroh	KTBL (1993, 127)
CaO Wert Weizenstroh	SCHNEIDER (2011, 3)
CaO Wert Maisstroh	RINTELEN (1971, 86)

Tabelle A 4: Literaturhinweis der Baupreise

Bauelement	Preis	Literatur
Asphaltfläche	47 €/m²	GERSTMAYR UND GERHARTINGER (2010, 7)
Hofverkehrsfläche	37 €/m²	GERSTMAYR UND GERHARTINGER (2010, 8)
Sickergrube mit befahrbarer Decke	116 €/m³	GERSTMAYR UND GERHARTINGER (2010, 8)
Umfassungsmauer	103 €/m²	GERSTMAYR UND GERHARTINGER (2010, 7)

Tabelle A 5: Parameter des KTBL-Feldarbeitsrechners für die Kalkulation des Zeitbedarfes beim Strohpressen

Quaderballen 120x90x220cm/330kg/120kW	
Feldgröße	2 ha
Hof Feld Entfernung	5 km
Arbeitsbreite	4,15 m
Strohmenge	4 t
kalk. Zeitbedarf	0,59 h/ha

Tabelle A 6: Zeitbedarf des Strohtransportes sowie Beladezeit und Entladezeit

Bezeichnung	Wert in h/ha
Beladezeit/ha	0,257 h/ha
Entladezeit/ha	0,205 h/ha
Transportzeit/ha	0,257 h/ha
Arbeitszeit Traktor mit Frontlader/ha	0,462 h/ha
Arbeitszeit Traktor mit Plateauhänger/ha	0,514 h/ha

Tabelle A 7: Zeitkalkulation für die Befüllung des Vormischplatzes

Sektion	Längs-fahrt	Tiefe Strohplatz	Tiefe Vorplatz	Strecke hin u. retour	Fahrzeit	Wende-zeiten	Ballen-zerkleinerung	ges. Zeit
1	18,75 m	5,00 m	13,81 m	75,12 m	0,64 min	0,68 min	7,34 min	8,67 min
1	18,75 m	5,00 m	10,86 m	69,21 m	0,59 min	0,68 min	7,34 min	8,62 min
1	18,75 m	5,00 m	7,90 m	63,31 m	0,54 min	0,68 min	7,34 min	8,57 min
1	18,75 m	5,00 m	4,95 m	57,40 m	0,49 min	0,68 min	7,34 min	8,52 min
2	16,25 m	5,00 m	13,81 m	70,12 m	0,60 min	0,68 min	7,34 min	8,62 min
2	16,25 m	5,00 m	10,86 m	64,21 m	0,55 min	0,68 min	7,34 min	8,57 min
2	16,25 m	5,00 m	7,90 m	58,31 m	0,50 min	0,68 min	7,34 min	8,52 min
2	16,25 m	5,00 m	4,95 m	52,40 m	0,45 min	0,68 min	7,34 min	8,47 min
3	13,75 m	5,00 m	13,81 m	65,12 m	0,56 min	0,68 min	7,34 min	8,58 min
3	13,75 m	5,00 m	10,86 m	59,21 m	0,51 min	0,68 min	7,34 min	8,53 min
3	13,75 m	5,00 m	7,90 m	53,31 m	0,46 min	0,68 min	7,34 min	8,48 min
3	13,75 m	5,00 m	4,95 m	47,40 m	0,41 min	0,68 min	7,34 min	8,43 min
4	11,25 m	5,00 m	13,81 m	60,12 m	0,52 min	0,68 min	7,34 min	8,54 min
4	11,25 m	5,00 m	10,86 m	54,21 m	0,46 min	0,68 min	7,34 min	8,49 min
4	11,25 m	5,00 m	7,90 m	48,31 m	0,41 min	0,68 min	7,34 min	8,44 min
4	11,25 m	5,00 m	4,95 m	42,40 m	0,36 min	0,68 min	7,34 min	8,39 min
							Summe:	136,43 min
								2,27 h

Tabelle A 8: Kalkulation der Fahrzeit des Kompoststreuer beim Aufsetzen der Kompostmieten

Menge/Miete	Menge/Streuer	Streuer/Miete
154,99 m³	16 m³	9,69 Streuer
Fahrstrecke und Zeitbedarf vom Vormischplatz zum Mietenplatz		
Bezeichnung	1.Miete	2. Miete
Hinfahrt	64,66 m	67,66 m
Rückfahrt	59,33 m	62,33 m
Summe	123,99 m	129,99 m
Fahrzeit/Streuer	0,99 min	1,04 min
Fahrzeit/Miete	9,61 min	10,07 min
Wendezeit des Kompoststreuers beim Aufsetzen		
Bezeichnung	1.Miete	2. Miete
Wendezeit/Streuer	1,76 min	1,76 min
Wendezeit/Miete	17,05 min	17,05 min
Entladezeit des Kompoststreuers		
Bezeichnung	1.Miete	2. Miete
Zeit/Streuer	4 min	4 min
Zeit/Miete	38,75 min	38,75 min
Summe Arbeitszeit		
Bezeichnung	1.Miete	2. Miete
Summe/Miete	65,40 min	65,87 min
Summe/Jahr	392,40 min	395,22 min
	6,54 h	6,59 h
Gesamtsumme	13,13 h/J	

Tabelle A 9: Kalkulierte Wendezeit einer Miete über die gesamte Rottedauer

Woche	Wendeanzahl/Woche	Material	Zeitbedarf
1	3	154,99 m³	79,71 min
2	3	143,92 m³	74,01 min
3	3	132,85 m³	68,32 min
4	2	121,78 m³	41,75 min
5	2	110,71 m³	37,96 min
6	2	99,64 m³	34,16 min
7	2	88,56 m³	30,37 min
8	2	77,49 m³	26,57 min
9	2	66,42 m³	22,77 min
		Summe	415,62 min
			6,93 h

Tabelle A 10: Erhobene Arbeitszeit beim befeuchten der Miete mit dem Güllefass

Bezeichnung	Wert	Einheit
Befüllungsgrad in % bei 11,57 m³	92,60	%
Beladezeit	0,04	h/Fass
Entladezeit	0,09	h/Fass
Ankoppeln/ Abkoppeln Schlauch	0,08	h/Fass
Rangierzeiten	0,12	h/Fass
Summe	0,34	h/Fass

Tabelle A 11: Kalkulierung der Fahrzeit beim Arbeitsvorgang Kompostmiete entfernen

Fahrt	Breite	Länge	gesamte Strecke + Rückfahrt	Zeit	Fahrt	Breite	Länge	gesamte Strecke + Rückfahrt	Zeit
1	9,5 m	0,62 m	20,24 m	0,17 min	43	9,5 m	26,76 m	72,51 m	0,62 min
2	9,5 m	1,24 m	21,49 m	0,18 min	44	9,5 m	27,38 m	73,76 m	0,63 min
3	9,5 m	1,87 m	22,73 m	0,19 min	45	9,5 m	28,00 m	75,00 m	0,64 min
4	9,5 m	2,49 m	23,98 m	0,21 min	46	9,5 m	28,62 m	76,24 m	0,65 min
5	9,5 m	3,11 m	25,22 m	0,22 min	47	9,5 m	29,24 m	77,49 m	0,66 min
6	9,5 m	3,73 m	26,47 m	0,23 min	48	9,5 m	29,87 m	78,73 m	0,67 min
7	9,5 m	4,36 m	27,71 m	0,24 min	49	9,5 m	30,49 m	79,98 m	0,69 min
8	9,5 m	4,98 m	28,96 m	0,25 min	50	9,5 m	31,11 m	81,22 m	0,70 min
9	9,5 m	5,60 m	30,20 m	0,26 min	51	9,5 m	31,73 m	82,47 m	0,71 min
10	9,5 m	6,22 m	31,44 m	0,27 min	52	9,5 m	32,36 m	83,71 m	0,72 min
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
30	9,5 m	18,67 m	56,33 m	0,48 min	72	9,5 m	44,80 m	108,60 m	0,93 min
31	9,5 m	19,29 m	57,58 m	0,49 min	73	9,5 m	45,42 m	109,84 m	0,94 min
32	9,5 m	19,91 m	58,82 m	0,50 min	74	9,5 m	46,04 m	111,09 m	0,95 min
33	9,5 m	20,53 m	60,07 m	0,51 min	75	9,5 m	46,67 m	112,33 m	0,96 min
34	9,5 m	21,16 m	61,31 m	0,53 min	76	9,5 m	47,29 m	113,58 m	0,97 min
35	9,5 m	21,78 m	62,56 m	0,54 min	77	9,5 m	47,91 m	114,82 m	0,98 min
36	9,5 m	22,40 m	63,80 m	0,55 min	78	9,5 m	48,53 m	116,07 m	0,99 min
37	9,5 m	23,02 m	65,04 m	0,56 min	79	9,5 m	49,16 m	117,31 m	1,01 min
38	9,5 m	23,64 m	66,29 m	0,57 min	80	9,5 m	49,78 m	118,56 m	1,02 min
39	9,5 m	24,27 m	67,53 m	0,58 min	81	9,5 m	50,40 m	119,80 m	1,03 min
40	9,5 m	24,89 m	68,78 m	0,59 min	82	9,5 m	51,02 m	121,04 m	1,04 min
41	9,5 m	25,51 m	70,02 m	0,60 min	83	9,5 m	51,64 m	122,29 m	1,05 min
42	9,5 m	26,13 m	71,27 m	0,61 min				Summe	27,89 min

Tabelle A 12: Gegenüberstellung der Humusbilanzierung des Bodentyps Schwarzerde in der Modellvariante Eins

Humusbilanzierung ohne Strohabfuhr und ohne Kompostgabe					
Jahr	Frucht/ Zwischenfrucht	Humifizierungs- koeffizient in kg Humus-C/ha	Zufuhr an org. Material in t FM/ha	Reproduktions- koeffizient in kg C/t FM	Humuszufuhr in kg Humus- C/ha
1	Zwiebel	-510			
	abfr. Zwischenfrucht	330	15	5,5	82,5
2	Kartoffel	-510			
3	Sojabohne	410			
4	Weizen	-30	5,81	83	482,2
	abfr. Zwischenfrucht	330	15	5,5	82,5
5	Körnermais	-310	9,11	83	755,8
	Summe	-290			
	Humussaldo	1.113,1	kg Humus-C/ha		

Humusbilanzierung mit Weizenstrohabfuhr und mit Kompostgabe					
Jahr	Frucht/ Zwischenfrucht	Humifizierungs- koeffizient in kg Humus-C/ha	Zufuhr an org. Material in t FM/ha	Reproduktions- koeffizient in kg C/t FM	Humuszufuhr in kg Humus- C/ha
1	Zwiebel	-510			
	abfr. Zwischenfrucht	330	15	5,5	82,5
2	Kartoffel	-510			
3	Sojabohne	410			
4	Weizen	-30			
	abfr. Zwischenfrucht	330	15	5,5	82,5
	Kompostgabe		18,8	92	1.728,5
5	Körnermais	-310	9,11	83	755,8
	Summe	-290			
	Humussaldo	2.359,3	kg Humus-C/ha		

Tabelle A 13: Maschinenkosten pro Einheit in der Modellvariante Zwei

Maschine	Kosten/Einheit	Herkunft der Anschaffungswerte Herkunft der Kosten/Einheit
Traktor 1	26,64 €/h	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Traktor 2	28,10 €/h	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Frontlader	4,56 €/h	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Erdschaufel 0,8m³	0,07 €/t	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Greifschaukel 0,8m³	0,24 €/m³	KTBL (2012a,s.p.)
Palettengabel	0,39 €/t	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Kompostwender	26,69 €/h	KTBL (2012b 118)
Plateauanhänger	11,12 €/h	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Güllefass	1,20 €/m³	MASCHINENRING (2014, s.p.)
Kompoststreuer	143,21 €/h	MASCHINENRING (2014, s.p.)
Strohpresse	8,50 €/Ballen	MASCHINENRING (2014, s.p.)
Maisstroh schwaden	130,00 €/h	STEINWENDNER (2015, s.p.)
Maisstroh Abtransport	155,00 €/h	STEINWENDNER (2015, s.p.)

Tabelle A 14: Kostenkalkulation der Weizenstrohbergung in der Modellvariante Zwei

An- Abbaukosten Weizenstrohbergung				
Maschine	Kosten/Einheit	Zeitbedarf	Personal- kosten	Gesamtkosten
Stroh pressen Traktor 1	26,64 €/h	0,12 h	1,86 €/J	5,15 €/J
Traktor 2 Frontlader anh., abh.	28,10 €/h	0,08 h	1,23 €/J	3,54 €/J
Frontlader	4,56 €/h	0,08 h		0,37 €/J
Traktor 2 Palettengabel anh.,abh.	28,10 €/h	0,02 h	0,32 €/J	0,91 €/J
Frontlader	4,56 €/h	0,02 h		0,10 €/J
Abfahren Traktor 1	26,64 €/h	0,06 h	0,96 €/J	2,65 €/J
			Summe	12,72 €/J
Kostenkalkulation Weizenstrohbergung				
Maschine	Kosten/Einheit	Zeitbedarf/ha bzw. Stück/ha bzw. Masse/ha	Personal- kosten	Gesamtkosten
Stroh pressen Traktor 1	26,64 €/h	0,59 h/ha	8,85 €/ha	24,57 €/ha
Stroh pressen Presse	8,50 €/Ballen	11,62 Stück/ha		98,77 €/ha
Abfahren beladen Traktor 2	28,10 €/h	0,24 h/ha	3,63 €/ha	10,43 €/ha
Abfahren beladen Frontlader	4,56 €/h	0,24 h/ha		1,10 €/ha
Abfahren beladen Ballengabel	0,39 €/t	4,07 t/ha		1,59 €/ha
Abfahren Traktor 1	26,64 €/h	0,48 h/ha	7,26 €/ha	12,90 €/ha
Abfahren Hänger	11,12 €/h	0,48 h/ha		5,38 €/ha
Abladen Traktor 2	28,10 €/h	0,19 h/ha	2,91 €/ha	8,35 €/ha
Abladen Frontlader	4,56 €/h	0,19 h/ha		0,88 €/ha
Abladen Ballengabel	0,39 €/t	4,07 t/ha		1,59 €/ha
			Summe	165,57 €/ha
			Summe bei 13,84 ha	2.291,15 €/J
Arbeitsvorgang der Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2 Fahrt zu und ab Feld	28,10 €/h	0,33 h	5 €/J	14,37 €/J
Frontlader zu und ab Feld	4,56 €/h	0,33 h		1,52 €/J
			Gesamtsumme	2.319,75 €/J

Tabelle A 15: Kostenkalkulation der Weizenstrohverteilung im Vormischplatz in der Modellvariante Zwei

An- Abbaukosten Weizenstrohverteilung					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamt- kosten
Traktor 2 Frontlader anh. abh.	28,10 €/h	0,08 h	43,30	53,37 €/J	153,33 €/J
Frontlader anh., abh.	4,56 €/h	0,08 h	43,30		16,21 €/J
Frontlader Greifschaukel anh., abh.	4,56 €/h	0,04 h	43,30		8,68 €/J
				Summe	260,33 €/J
Kostenkalkulation Weizenstrohverteilung					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf bzw. Volumen	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamt- kosten
Traktor 2	28,10 €/h	2,28 h	10	342,42 €/J	983,82 €/J
Frontlader	4,56 €/h	2,28 h	10		104,00 €/J
Greifschaukel	0,24 €/m ³	93,80 m ³	10		221,82 €/J
				Summe	1.309,64 €/J
				Gesamtsumme	1.569,97 €/J

Tabelle A 16: Zeitkalkulation für das Auffüllen des Vormischbehälters mit Maisstroh in der Modellvariante Zwei

	Längs- fahrt	Tiefe Strohplatz	Tiefe Vormischplatz	Strecke hin und retour	Fahrzeit	Wende- zeiten	Gesamte Zeit
1	18,75 m	5,00 m	16,94 m	81,37 m	0,70 min	0,68 min	1,38 min
2	18,75 m	5,00 m	16,60 m	80,69 m	0,69 min	0,68 min	1,37 min
3	18,75 m	5,00 m	16,26 m	80,01 m	0,69 min	0,68 min	1,37 min
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
42	18,75 m	5,00 m	3,01 m	53,52 m	0,46 min	0,68 min	1,14 min
43	18,75 m	5,00 m	2,67 m	52,84 m	0,45 min	0,68 min	1,14 min
44	18,75 m	5,00 m	2,33 m	52,16 m	0,45 min	0,68 min	1,13 min
1	16,25 m	5,00 m	16,94 m	76,37 m	0,65 min	0,68 min	1,34 min
2	16,25 m	5,00 m	16,60 m	75,69 m	0,65 min	0,68 min	1,33 min
3	16,25 m	5,00 m	16,26 m	75,01 m	0,64 min	0,68 min	1,33 min
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
42	16,25 m	5,00 m	3,01 m	48,52 m	0,42 min	0,68 min	1,10 min
43	16,25 m	5,00 m	2,67 m	47,84 m	0,41 min	0,68 min	1,09 min
44	16,25 m	5,00 m	2,33 m	47,16 m	0,40 min	0,68 min	1,09 min
1	13,75 m	5,00 m	16,94 m	71,37 m	0,61 min	0,68 min	1,30 min
2	13,75 m	5,00 m	16,60 m	70,69 m	0,61 min	0,68 min	1,29 min
3	13,75 m	5,00 m	16,26 m	70,01 m	0,60 min	0,68 min	1,28 min
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
42	13,75 m	5,00 m	3,01 m	43,52 m	0,37 min	0,68 min	1,06 min
43	13,75 m	5,00 m	2,67 m	42,84 m	0,37 min	0,68 min	1,05 min
44	13,75 m	5,00 m	2,33 m	42,16 m	0,36 min	0,68 min	1,04 min
1	11,25 m	5,00 m	16,94 m	66,37 m	0,57 min	0,68 min	1,25 min
2	11,25 m	5,00 m	16,60 m	65,69 m	0,56 min	0,68 min	1,25 min
3	11,25 m	5,00 m	16,26 m	65,01 m	0,56 min	0,68 min	1,24 min
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
42	11,25 m	5,00 m	3,01 m	38,52 m	0,33 min	0,68 min	1,01 min
43	11,25 m	5,00 m	2,67 m	37,84 m	0,32 min	0,68 min	1,01 min
44	11,25 m	5,00 m	2,33 m	37,16 m	0,32 min	0,68 min	1,00 min
						Summe	198,33 min
							3,31 h

Tabelle A 17: Kostenkalkulation Kompostmieten aufsetzen in der Modellvariante Zwei

Aufsetzkosten mit Weizenstroh					
An- Abbaukosten Kompostmiete aufsetzen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamt- kosten
Traktor 2 Frontlader anh., abh.	28,10 €/h	0,08 h	10	12,33 €/J	35,41 €/J
Frontlader	4,56 €/h	0,08 h	10		3,74 €/J
Traktor 2 Greifschaufel anh., abh.	28,10 €/h	0,04 h	10	6,60 €/J	18,96 €/J
Frontlader	4,56 €/h	0,04 h	10		2,00 €/J
Traktor 1 Kompoststreuer. anh., abh.	26,64 €/h	0,11 h	10	15,78 €/J	43,79 €/J
Transport Kompoststreuer	26,64 €/h	0,71 h	10	107,00 €/J	297,03 €/J
				Summe	400,94 €/J
Kostenkalkulation Kompostmiete aufsetzen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/Jahr bzw. Volumen/Jahr		Personal- kosten	Gesamt- kosten
Traktor 2	28,10 €/h	31,21 h/J		468,19 €/J	1.345,19 €/J
Frontlader	4,56 €/h	31,21 h/J			142,20 €/J
Greifschaufel	0,24 €/m³	1.549,88 m³/J			366,54 €/J
Traktor 1	26,64 €/h	50,12 h/J		751,77 €/J	2.086,88 €/J
Kompoststreuer	143,21 €/h	6,46 h/J			924,86 €/J
				Summe	4.865,66 €/J

Aufsetzkosten mit Maisstroh					
An- Abbaukosten Kompostmiete aufsetzen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamt- kosten
Traktor 2 Frontlader anh., abh.	28,10 €/h	0,08 h	2	2,47 €	7,08 €/J
Frontlader	4,56 €/h	0,08 h	2		0,75 €/J
Traktor 2 Greifschaufel anh., abh.	28,10 €/h	0,04 h	2	1,32 €	3,79 €/J
Frontlader	4,56 €/h	0,04 h	2		0,40 €/J
Traktor 1 Kompoststreuer	26,64 €/h	0,11 h	2	3,16 €	7,60 €/J
Transport Kompoststreuer	26,64 €/h	0,71 h	2	21,40 €	59,41 €/J
			Summe		79,03 €/J
Kostenkalkulation Kompostmiete aufsetzen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/Jahr bzw. Volumen/Jahr		Personal- kosten	Gesamt- kosten
Traktor 2	28,10 €/h	7,90 h/J		118,43 €/J	340,27 €/J
Frontlader	4,56 €/h	7,90 h/J			35,97 €/J
Greifschaufel	0,24 €/m³	392,05 m³/J			92,72 €/J
Traktor 1	26,64 €/h	2,90 h/J		43,55 €/J	120,90 €/J
Kompoststreuer	143,21 €/h	1,63 h/J			233,95 €/J
			Summe		823,81 €/J
			Gesamtkosten		6.169,44 €/J

Tabelle A 18 Kalkulierte Wendezeit für einen Mietendurchlauf einer Kompostmiete mit Maisstroh in der Modellvariante Zwei

Woche	Anzahl Wendungen	Volumen	Zeitbedarf
1	3	196,02 m³	100,81 min
2	3	182,02 m³	93,61 min
3	3	168,02 m³	86,41 min
4	2	154,02 m³	52,81 min
5	2	140,02 m³	48,01 min
6	2	126,02 m³	43,21 min
7	2	112,01 m³	38,40 min
8	2	98,01 m³	33,60 min
9	2	84,01 m³	28,80 min
		Summe	525,67 min
			8,76 h

Tabelle A 19 Kostenkalkulation Kompostmieten Wenden in der Modellvariante Zwei

Kosten Kompost wenden Weizenstroh					
An- Abbaukosten Kompostmiete wenden					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 1	26,64 €/h	0,11 h	105	165,9 €/h	460,53 €/J
Kostenkalkulation Kompostmiete wenden					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/Jahr		Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 1	26,64 €/h	69,27 h/J		1.039,06 €/J	2.884,35 €/J
Kompostwender	26,69 €/h	69,27 h/J			1.848,76 €/J
				Summe	4.733,11 €/J
Kosten Kompost wenden Maisstroh					
An- Abbaukosten Kompostmiete wenden					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 1	26,64 €/h	0,11 h	21	33,18 €/J	92,11 €/J
Kostenkalkulation Kompostmiete wenden					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/Jahr		Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 1	26,64 €/h	17,52 h/J		262,83 €/J	729,61 €/J
Kompostwender	26,69 €/h	17,52 h/J			467,65 €/J
				Summe	1.197,26 €/J
				Gesamtsumme	6.483,00 €/J

Tabelle A 20 Kostenkalkulation Mietenbefeuchtung in der Modellvariante Zwei

An- Abbaukosten Mietenbefeuchtung					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 1 Fass anh.	26,64 €/h	0,11 h	12	19,74 €/J	271,94 €/J
Transport Fass (Tr. 1)	26,64 €/h	0,71 h	12	128,4 €/J	356,43 €/J
				Summe	628,37 €/J
Kostenkalkulation Mietenbefeuchtung Weizenstroh					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/Bew. bzw. Volumen/Bew.		Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 1	26,64 €/h	0,56 h/Bew.		8,47 €/Bew.	23,51 €/Bew.
Fass Maschinenring	1,20 €/m³	13,62 m³/Bew.			16,34 €/Bew.
	Kosten pro Bewässerung				39,85 €/Bew.
	Kosten bei zweimaliger Bewässerung				79,71 €/Miete
	Kosten für 10 Mieten				797,06 €/J
Kostenkalkulation Mietenbefeuchtung Maisstroh					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/Bew. bzw. Volumen/Bew.		Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 1	26,64 €/h	0,61 h/Bew.		9,10 €/Bew.	25,25 €/Bew.
Fass Maschinenring	1,20 €/m³	17,22 m³/Bew.			20,67 €/Bew.
	Kosten pro Bewässerung				45,92 €/Bew.
	Kosten bei zweimaliger Bewässerung				91,84 €/Miete
	Kosten für 2 Mieten				183,69 €/J
				Gesamtsumme	1.609,12 €/J

Tabelle A 21 Zeit für die Entfernung der Kompostmieten in der Modellvariante Zwei

Kompostmieten mit Weizenstroh			Kompostmieten mit Maisstroh		
Bezeichnung	1. Miete	2. Miete	Bezeichnung	1. Miete	2. Miete
Beladezeit pro Miete	33,21 min	33,21 min	Beladezeit pro Miete	42,01 min	42,01 min
Entladezeit pro Miete	23,53 min	23,53 min	Entladezeit pro Miete	29,75 min	29,75 min
Fahrzeit pro Miete	50,7 min	54,97 min	Fahrzeit pro Miete	76,74 min	82,14 min
Gesamtzeit pro Miete	107,4 min	111,7 min	Gesamtzeit pro Miete	148,5 min	153,9 min
Gesamtzeit pro Jahr	537,2 min	558,6 min	Gesamtzeit pro Jahr	148,5 min	153,9 min
Gesamtzeit pro Jahr	8,95 h	9,31 h	Gesamtzeit pro Jahr	2,48 h	2,57 h
Summe/Jahr	18,26 h/J		Summe/Jahr	5,04 h/J	

Tabelle A 22 Kalkulation der Fahrzeit beim entfernen der Kompostmieten mit Maisstroh in der Modellvariante Zwei

1.Miete				
Fahrt	Breite	Länge	Strecke hin und retour	Zeitbedarf
1	9,50 m	0,78 m	20,56 m	0,18 min
2	9,50 m	1,40 m	21,80 m	0,19 min
3	9,50 m	2,02 m	23,04 m	0,20 min
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
103	9,50 m	64,24 m	147,49 m	1,26 min
104	9,50 m	64,87 m	148,73 m	1,27 min
105	9,50 m	65,49 m	149,98 m	1,29 min
			Summe	76,74 min
				1,28 h
2. Miete				
Fahrt	Breite	Länge	Strecke hin und retour	Zeitbedarf
1	12,50 m	0,78 m	26,56 m	0,23 min
2	12,50 m	1,40 m	27,80 m	0,24 min
3	12,50 m	2,02 m	29,04 m	0,25 min
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
103	12,50 m	64,24 m	153,49 m	1,32 min
104	12,50 m	64,87 m	154,73 m	1,33 min
105	12,50 m	65,49 m	155,98 m	1,34 min
			Summe	82,14 min
				1,37 h

Tabelle A 23 Kostenkalkulation der Kompostmieten Entfernung in der Modellvariante Zwei

An- Abbaukosten Kompostmiete entfernen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/ Jahr	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2 Frontlader anh., abh.	28,10 €/h	0,08 h/J	12	14,79 €/J	42,49 €/J
Frontlader	4,56 €/h	0,08 h/J	12		4,49 €/J
Traktor 2 Schaufel anh., abh.	28,10 €/h	0,02 h/J	12	3,78 €/J	10,86 €/J
Frontlader	4,56 €/h	0,02 h/J	12		1,15 €/J
				Summe	58,99 €/J
Entfernungskosten Weizenstroh					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/ Jahr		Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2	28,10 €/h	18,26 h/J		273,93 €/J	787,04 €/J
Frontlader	4,56 €/h	18,26 h/J			83,20 €/J
Schaufel	0,07 €/t	611,10 h/J			40,79 €/J
				Summe	911,03 €/J
Entfernungskosten Maisstroh					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/ Jahr		Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2	28,10 €/h	5,04 h/J		75,60 €/J	217,21 €/J
Frontlader	4,56 €/h	5,04 h/J			22,96 €/J
Schaufel	0,07 €/t	154,58 h/J			10,32 €/J
				Summe	250,49 €/J
				Gesamtsumme	1.220,52 €/J

Tabelle A 24 Kostenkalkulation Kompost streuen in der Modellvariante Zwei

An- Abbaukosten Kompost streuen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2 Frontlader anh., abh.	28,10 €/h	0,08 h/J	2	2,47 €/J	7,08 €/J
Frontlader	4,56 €/h	0,08 h/J	2		0,75 €/J
Traktor 2 Schaufel anh., abh.	28,10 €/h	0,02 h/J	2	0,63 €/J	1,81 €/J
Frontlader	4,56 €/h	0,02 h/J	2		0,19 €/J
Traktor 1	26,64 €/h	0,11 h/J	2	3,16 €/J	8,76 €/J
Transport Kompoststreuer (Tr1.)	26,64 €/h	0,71 h/J	2	21,40 €/J	40,40 €/J
				Summe	58,99 €/J
Kostenkalkulation Kompost streuen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/ha bzw. Masse/ha	Personal- kosten	Gesamtkosten	
Traktor 2	28,10 €/h	0,36 h/ha	5,44 €/ha	15,62 €/ha	
Frontlader	4,56 €/h	0,36 h/ha		1,65 €/ha	
Schaufel	0,07 €/t	16,56 t/ha		1,11 €/ha	
Traktor 1	26,64 €/h	0,68 h/ha	10,13 €/ha	28,11 €/ha	
Kompoststreuer	143,21 €/h	0,11 h/ha		16,11 €/ha	
			Summe	62,60 €/ha	
			Summe bei 46,24 ha	2.894,29 €/J	
			Gesamtsumme	2.953,29 €/J	

Tabelle A 25 Gegenüberstellung der Humusbilanzierung des Bodentyps Schwarzerde in der Modellvariante Zwei

Humusbilanzierung ohne Strohabfuhr und ohne Kompostgabe					
Jahr	Frucht/ Zwischenfrucht	Humifizierungs- koeffizient in kg Humus-C/ha	Zufuhr an org. Material in t FM/ha	Reproduktions- koeffizient in kg C/t FM	Humuszufuhr in kg Humus- C/ha
1	Zwiebel	-510			
	abfr. Zwischenfrucht	330	15	5,5	82,5
2	Kartoffel	-510			
3	Sojabohne	410			
4	Weizen	-30	5,81	83	482,2
	abfr. Zwischenfrucht	330	15	5,5	82,5
5	Körnermais	-310	9,11	83	755,8
	Summe	-290			
	Humussaldo	1.113,1	kg Humus-C/ha		
Humusbilanzierung mit Weizenstrohabfuhr und mit Kompostgabe					
Jahr	Frucht/ Zwischenfrucht	Humifizierungs- koeffizient in kg Humus-C/ha	Zufuhr an org. Material in t FM/ha	Reproduktions- koeffizient in kg C/t FM	Humuszufuhr in kg Humus- C/ha
1	Zwiebel	-510			
	abfr. Zwischenfrucht	330	15	5,5	82,5
2	Kartoffel	-510			
3	Sojabohne	410			
4	Weizen	-30	5,81	83	482,2
	abfr. Zwischenfrucht	330	15	5,5	82,5
5	Körnermais	-310			
	Kompostgabe		18,8	92	1.728,5
	Summe	-290			
	Humussaldo	2.085,7	kg Humus-C/ha		

Tabelle A 26 Maschinenkosten der Modellvariante Drei

Maschine	Kosten/Einheit	Herkunft der Anschaffungswerte Herkunft der Kosten/Einheit
Traktor 1	27,13 €/h	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Traktor 2	29,23 €/h	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Frontlader	4,95 €/h	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Erdschaufel 0,8m ³	0,08 €/t	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Greifschaukel 0,8m ³	0,24 €/m ³	KTBL (2012a,s.p.)
Palettengabel	0,47 €/t	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Kompostwender	28,99 €/h	KTBL (2012b, 118)
Plateauanhänger	11,38 €/h	MODELLBETRIEB (2015a,s.p.)
Güllefass	1,2 €/m ³	MASCHINENRING (2014, s.p.)
Kompoststreuer	143,21 €/h	MASCHINENRING (2014, s.p.)
Strohpresse	8,5 €/Ballen	MASCHINENRING (2014, s.p.)
Schredder	345 €/h	PRENNER T. (2015, s.p.)

Tabelle A 27 Kostenkalkulation der Weizenstrohbergung in Modellvariante Drei

An- Abbaukosten Weizenstrohbergung				
Maschine	Kosten/Einheit	Zeitbedarf	Personalkosten	Gesamtkosten
Stroh pressen Traktor	27,13 €/h	0,12 h	1,86 €/J	5,21 €/J
Traktor 2 Frontlader anh., abh.	29,23 €/h	0,08 h	1,23 €/J	3,63 €/J
Frontlader	4,95 €/h	0,08 h		0,41 €/J
Traktor 2 Palettengabel anh., abh.	29,23 €/h	0,02 h	0,32 €/J	0,93 €/J
Frontlader	4,95 €/h	0,02 h		0,10 €/J
Abfahren Traktor 1	27,13 €/h	0,06 h	0,96 €/J	2,68 €/J
			Summe	12,97 €/J
Kostenkalkulation Weizenstrohbergung				
Maschine	Kosten/Einheit	Zeitbedarf/ha bzw. Stück/ha bzw. Masse/ha	Personalkosten	Gesamtkosten
Stroh pressen Traktor	27,13 €/h	0,59 h/ha	8,85 €/ha	24,86 €/ha
Stroh pressen Presse	8,50 €/Ballen	11,62 Ballen/ha		98,77 €/ha
Abfahren beladen Traktor 2	29,23 €/h	0,24 h/ha	3,63 €/ha	10,71 €/ha
Abfahren beladen Frontlader	4,95 €/h	0,24 h/ha		1,20 €/ha
Abfahren beladen Palettengabel	0,47 €/t	4,07 t/ha		1,91 €/ha
Abfahren Traktor 1	27,13 €/h	0,48 h/ha	7,26 €/ha	20,40 €/ha
Abfahren Hänger	11,38 €/h	0,48 h/ha		5,51 €/ha
Abladen Traktor 2	29,23 €/h	0,19 h/ha	2,91 €/ha	8,57 €/ha
Abladen Frontlader	4,95 €/h	0,19 h/ha		0,96 €/ha
Abladen Palettengabel	0,47 €/t	4,07 t/ha		1,91 €/ha
			Summe	174,78 €/ha
			Summe bei 8,3 ha	1.451,16 €/J
Arbeitsvorgang der Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/Jahr	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 411 Fahrt zu und ab Feld	29,23 €/h	0,33 h/J	5 €/J	14,74 €/J
Frontlader zu und ab Feld	4,95 €/h	0,33 h/J		1,65 €/J
			Gesamtsumme	1.480,52 €/J

Tabelle A 28 Zeitkalkulation der Weizenstrohverteilung im Vormischplatz in der Modellvariante Drei

Fahrt	Längsfahrt	Tiefe Strohplatz	Tiefe Vorplatz	Strecke hin und retour	Fahrzeit	Wendezeiten	Ballenzerkleinerung	ges. Zeit
1	18,75 m	5 m	11,24 m	69,99 m	0,60 min	0,68 min	7,3 min	8,62 min
1	18,75 m	5 m	6,62 m	60,74 m	0,52 min	0,68 min	7,3 min	8,54 min
2	16,25 m	5 m	11,24 m	64,99 m	0,56 min	0,68 min	7,3 min	8,58 min
2	16,25 m	5 m	6,62 m	55,74 m	0,48 min	0,68 min	7,3 min	8,50 min
3	13,75 m	5 m	11,24 m	59,99 m	0,51 min	0,68 min	7,3 min	8,54 min
3	13,75 m	5 m	6,62 m	50,74 m	0,43 min	0,68 min	7,3 min	8,46 min
4	11,25 m	5 m	11,24 m	54,99 m	0,47 min	0,68 min	7,3 min	8,49 min
4	11,25 m	5 m	6,62 m	45,74 m	0,39 min	0,68 min	7,3 min	8,42 min
							Summe	68,15 min 1,14 h

Tabelle A 29 Zeitkalkulation der Strauchschnittverteilung im Vormischplatz in der Modellvariante Drei

Fahrt	Längsfahrt	Tiefe Strohplatz	Tiefe Vorplatz	Strecke hin und retour	Fahrzeit	Wendezeiten	ges. Zeit
1	18,75 m	5 m	11,24 m	69,99 m	0,60 min	0,68 min	1,28 min
1	18,75 m	5 m	6,98 m	61,46 m	0,53 min	0,68 min	1,21 min
1	18,75 m	5 m	2,72 m	52,94 m	0,45 min	0,68 min	1,14 min
2	16,25 m	5 m	11,24 m	64,99 m	0,56 min	0,68 min	1,24 min
2	16,25 m	5 m	6,98 m	56,46 m	0,48 min	0,68 min	1,17 min
2	16,25 m	5 m	2,72 m	47,94 m	0,41 min	0,68 min	1,09 min
3	13,75 m	5 m	11,24 m	59,99 m	0,51 min	0,68 min	1,20 min
3	13,75 m	5 m	6,98 m	51,46 m	0,44 min	0,68 min	1,12 min
3	13,75 m	5 m	2,72 m	42,94 m	0,37 min	0,68 min	1,05 min
4	11,25 m	5 m	11,24 m	54,99 m	0,47 min	0,68 min	1,15 min
4	11,25 m	5 m	6,98 m	46,46 m	0,40 min	0,68 min	1,08 min
4	11,25 m	5 m	2,72 m	37,94 m	0,33 min	0,68 min	1,01 min
						Summe	13,75 min 0,23 h

**Tabelle A 30 Kostenkalkulation der Befüllung des Vormischplatzes mit
Strukturmaterial in der Modellvariante Drei**

Befüllung des Vormischplatzes mit Weizenstroh					
An- Abbaukosten Befüllungsprozess					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 2 Frontlader anh., abh.	29,23 €/h	0,08 h	6	7,40 €/J	21,81 €/J
Frontlader anh., abh.	4,95 €/h	0,08 h	6		2,44 €/J
Traktor 2 Greifschaukel anh., abh.	29,23 €/h	0,04 h	6	3,96 €/J	11,68 €/J
Frontlader Greifschaukel anh., abh.	4,95 €/h	0,04 h	6		1,31 €/J
				Summe	37,23 €/J
Kostenkalkulation Befüllungsprozess					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf bzw. Volumen	Anzahl pro Jahr	Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 2	29,23 €/h	1,14 h	12	204,46 €/J	602,92 €/J
Frontlader	4,95 €/h	1,14 h	12		67,45 €/J
Greifschaukel	0,24 €/m ³	46,90 m ³	12		134,68 €/J
				Summe	805,06 €/J
Befüllung des Vormischplatzes mit Strauchschnitt					
An- Abbaukosten Befüllungsprozess					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 2 Frontlader anh., abh.	29,23 €/h	0,08 h	6	7,40 €/J	21,81 €/J
Frontlader anh., abh.	4,95 €/h	0,08 h	6		2,44 €/J
Traktor 2 Greifschaukel anh., abh.	29,23 €/h	0,04 h	6	3,96 €/J	11,68 €/J
Frontlader Greifschaukel anh., abh.	4,95 €/h	0,04 h	6		1,31 €/J
				Summe	37,23 €/J
Kostenkalkulation Befüllungsprozess					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf; Volumen	Anzahl pro Jahr	Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 2	29,23 €/h	0,23 h	12	41,25 €/J	121,64 €/J
Frontlader	4,95 €/h	0,23 h	12		13,61 €/J
Greifschaukel	0,24 €/m ³	8,44 m ³	12		24,24 €/J
				Summe	159,49 €/J
				Gesamtsumme	1.039,01 €/J

Tabelle A 31 Aufsetzkostenkalkulation der Kompostmieten in Modellvariante Drei

An- Abbaukosten Aufsetzen der Kompostmiete					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 2 Frontlader anh., abh.	29,23 €/h	0,08 h	12	14,79 €/J	43,61 €/J
Frontlader	4,95 €/h	0,08 h	12		4,88 €/J
Traktor 2 Greifschaukel anh., abh.	29,23 €/h	0,04 h	12	7,92 €/J	23,35 €/J
Frontlader	4,95 €/h	0,04 h	12		2,61 €/J
Traktor 1 Kompoststreuer	27,13 €/h	0,11 h	12	18,93 €/J	53,17 €/J
Transport Kompoststreuer (Tr.1)	27,13 €/h	0,71 h	12	232,23 €/J	464,47 €/J
				Summe	592,09 €/J
Kostenkalkulation Aufsetzen der Kompostmiete					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/Jahr; Volumen/Jahr		Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 2	29,23 €/h	29,32 h/J		439,85 €/J	1297,03 €/J
Frontlader	4,95 €/h	29,32 h/J			145,11 €/J
Greifschaukel	0,24 €/m³	1.456,07 m³/J			348,47 €/J
Traktor 1	27,13 €/h	10,22 h/J		153,32 €/J	430,62 €/J
Kompoststreuer	143,21 €/h	6,07 h/J			868,87 €/J
				Summe	3.090,10 €/J
				Gesamtsumme	3.682,20 €/J

Tabelle A 32 Zeitkalkulation des Kompostwendevorganges in der Modellvariante Drei

Wochen	Anzahl Wendungen	Materialmenge	Zeitbedarf
1	3	121,34 m³	62,40 min
2	3	112,67 m³	57,95 min
3	3	104,00 m³	53,49 min
4	2	95,34 m³	32,69 min
5	2	86,67 m³	29,72 min
6	2	78,00 m³	26,74 min
7	2	69,34 m³	23,77 min
8	2	60,67 m³	20,80 min
9	2	52,00 m³	17,83 min
		Summe	325,39 min
			5,42 h

Tabelle A 33 Wendekostenkalkulation in der Modellvariante Drei

An-Abbaukosten Wendevorgang					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 1	27,13 €/h	0,11 h/J	126	199,08 €/J	559,15 €/J
Kostenkalkulation Wendevorgang					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/ Jahr		Personalkosten	Gesamtkosten
Traktor 1	27,13 €/h	65,08 h/J		976,16 €/J	2.741,71 €/J
Kompostwender	30,76 €/h	65,08 h/J			2.001,54 €/J
				Summe	4.743,25 €/J
			Gesamtsumme	5.302,40 €/J	

Tabelle A 34 Kostenkalkulation Befeuchtung der Kompostmieten in der Modellvariante Drei

An- Abbaukosten Befeuchtung					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 1 Fass anhängen	27,13 €/h	0,11 h	12	19,70 €/J	272,58 €/J
Transport Fass (Tr. 1)	27,13 €/h	0,71 h	12	128,00 €/J	360,63 €/J
				Summe	633,22 €/J
Kostenkalkulation Befeuchtung					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/Bew. bzw. Volumen/Bew.		Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 1	27,13 €/h	0,31 h		4,69 €/Bew.	13,16 €/Bew.
Fass Maschinenring	1,20 €/m³	9,41 m³/Bew.			11,29 €/Bew.
			Summe		24,45 €/Bew.
			Summe pro Miete		48,90 €/Miete
			Summe pro Jahr		586,82 €/J
			Gesamtsumme		1.220,04 €/J

Tabelle A 35 Kalkulation der Fahrzeit beim entfernen der Kompostmieten in der Modellvariante Drei

1. Miete					2. Miete				
Fahrt	Breite	Länge	Strecke hin und retour	Zeitbedarf	Fahrt	Breite	Länge	Strecke hin und retour	Zeitbedarf
1	9,5 m	0,75 m	20,49 m	0,18 min	1	12,5 m	0,75 m	26,49 m	0,23 min
2	9,5 m	1,49 m	21,98 m	0,19 min	2	12,5 m	1,49 m	27,98 m	0,24 min
3	9,5 m	2,24 m	23,47 m	0,20 min	3	12,5 m	2,24 m	29,47 m	0,25 min
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
63	9,5 m	46,95 m	112,91 m	0,97 min	63	12,5 m	46,95 m	118,91 m	1,02 min
64	9,5 m	47,70 m	114,40 m	0,98 min	64	12,5 m	47,70 m	120,40 m	1,03 min
65	9,5 m	48,44 m	115,89 m	0,99 min	65	12,5 m	48,44 m	121,89 m	1,04 min
Summe				37,99 min 0,63 h	Summe				41,3 min 0,69 h

Tabelle A 36 Kostenkalkulation der Kostenposition Kompostmieten entfernen in der Modellvariante Drei

An- Abbaukosten Miete entfernen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/ Jahr	Anzahl pro Jahr	Personal-kosten	Gesamt-kosten
Traktor 2 Frontlader anh., abh.	29,23 €/h	0,08 h/J	12	14,79 €/J	43,61 €/J
Frontlader	4,95 €/h	0,08 h/J	12		4,88 €/J
Traktor 2 Schaufel anh., abh.	29,23 €/h	0,02 h/J	12	3,78 €/J	11,15 €/J
Frontlader	4,95 €/h	0,02 h/J	12		1,25 €/J
				Summe	60,88 €/J
Kostenkalkulation Miete entfernen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/Jahr bzw. Masse/Jahr	Personal-kosten	Gesamt-kosten	
Traktor 2	29,23 €/h	16,82 h/J	252,24 €/J	743,81 €/J	
Frontlader	4,95 €/h	16,82 h/J		83,21 €/J	
Schaufel	0,08 €/t	574,11 t/J		44,14 €/J	
			Summe	871,16 €/J	
			Gesamtsumme	932,05 €/J	

Tabelle A 37 Kostenkalkulation Kompost streuen in der Modellvariante Drei

An- Abbaukosten Kompost streuen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf	Anzahl pro Jahr	Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2 Frontlader anh., abh.	29,23 €/h	0,08 h/J	2	2,47 €/J	7,27 €/J
Frontlader	4,95 €/h	0,08 h/J	2		0,81 €/J
Traktor 2 Schaufel anh., abh.	29,23 €/h	0,02 h/J	2	0,63 €/J	1,86 €/J
Frontlader	4,95 €/h	0,02 h/J	2		0,21 €/J
Traktor 1	27,13 €/h	0,11 h/J	2	3,16 €/J	8,86 €/J
Transport Kompoststreuer (Tr.1)	27,13 €/h	0,71 h/J	2	21,40 €/J	60,11 €/J
				Summe	79,11 €/J
Kostenkalkulation Kompost streuen					
Maschine	Kosten/ Einheit	Zeitbedarf/ha Masse/ha		Personal- kosten	Gesamtkosten
Traktor 2	29,23 €/h	0,36 h/ha		5,44 €/ha	16,03 €/ha
Frontlader	4,95 €/h	0,36 h/ha			1,79 €/ha
Schaufel	0,08 €/t	16,56 t/ha			1,27 €/ha
Traktor 1	27,13 €/h	0,68 h/ha		10,13 €/ha	28,44 €/ha
Kompoststreuer	143,21 €/h	0,11 h/ha			16,11 €/ha
				Summe	63,65 €/ha
				Summe bei 34,67 ha	2.206,65 €/J
				Gesamtsumme	2.285,76 €/J

Tabelle A 38 Erhöhte Reinnährstoffpreise im Vergleich zum Ausgangswert in den einzelnen Modellvarianten

Modellvariante Eins						
Bezeichnung	Reinnährstoffpreise in €/kg					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	CaO
Ausgangswert	0,96 €/kg	0,57 €/kg	0,59 €/kg	1,83 €/kg	0,08 €/kg	0,14 €/kg
erhöhter Wert	3,52 €/kg	2,09 €/kg	2,17 €/kg	6,72 €/kg	0,29 €/kg	0,51 €/kg
Modellvariante Zwei						
Bezeichnung	Reinnährstoffpreise in €/kg					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	CaO
Ausgangswert	0,96 €/kg	0,57 €/kg	0,59 €/kg	1,83 €/kg	0,08 €/kg	0,14 €/kg
erhöhter Wert	4,14 €/kg	2,46 €/kg	2,51 €/kg	7,89 €/kg	0,34 €/kg	0,60 €/kg
Modellvariante Drei						
Bezeichnung	Reinnährstoffpreise in €/kg					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	CaO
Ausgangswert	0,96 €/kg	0,57 €/kg	0,59 €/kg	1,83 €/kg	0,08 €/kg	0,14 €/kg
erhöhter Wert	2,67 €/kg	1,58 €/kg	1,64 €/kg	5,08 €/kg	0,22 €/kg	0,39 €/kg