



Universität für Bodenkultur Wien

# Beurteilung von Investitionsmöglichkeiten in Heutrocknungsanlagen mittels Monte-Carlo-gestütztem vollständigem Finanzplan unter besonderer Berücksichtigung von Wetterrisiken

## Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades: Diplom-Ingenieur

im Rahmen des Studiums: Agrar- und Ernährungswirtschaft

Eingereicht von: Benedikt Fritz

Matrikelnummer:01140078

Betreut durch:

Univ. Prof. Dr. Jochen Kantelhardt

Dr. Martin Kapfer

Wien, Oktober 2018



## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

19.10.2018

---

Datum



---

Unterschrift

## Statutory Declaration

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

19.10.2018

---

Datum



---

Unterschrift

## **Vorwort**

Zu Beginn möchte ich allen danken, die zum Gelingen dieser Masterarbeit und zum Abschluss meines Studiums beigetragen haben. Zum einen meinen Betreuern, Herrn Dr. Martin Kapfer und Herrn Prof. Dr. Jochen Kantelhardt vom Institut für Agrar- und Forstökonomie, die mir das Verfassen dieser Arbeit ermöglicht haben und sie wissenschaftlich begleitet haben. Zum anderen bei all jenen, die mir mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind und mir Ideen für weitere Denkansätze geliefert haben, dabei insbesondere Ludwig Gerner und Andreas Klingler.

Ein großer Dank gebührt all meinen Kolleginnen und -kollegen für die unvergessliche Zeit in Wien und deren Unterstützung in sämtlichen Belangen:

Andreas, Ludwig, Stefan, Christian, Bernhard, Phillip, Michael, Matthias, Martin, Vera, Barbara, Christiane, Vera, Hans, Paul, Felix, Wolfgang, Peter, Jörg, Julia, Regine und viele mehr.

Zu guter Letzt gilt mein allergrößter Dank meinen Eltern Josef und Annemarie, die mich während des Studiums immer unterstützt haben und mir dieses überhaupt erst ermöglicht haben.

Danke dafür!

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Eidesstattliche Erklärung .....</b>	<b>II</b>
<b>Vorwort .....</b>	<b>III</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>IX</b>
<b>Formelverzeichnis.....</b>	<b>XI</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>XIV</b>
<b>Kurzfassung .....</b>	<b>XVI</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>XVII</b>
<b>1. Einführung, Problemstellung und Forschungsfragen .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Stand des Wissens .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Produktionsverfahren von silofreier Milch.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1. Bodentrocknung .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2. Verfahren der Unterdachtrocknung .....</b>	<b>5</b>
2.1.2.1. Kaltbelüftung .....	6
2.1.2.2. Warmbelüftung mittels Sonnenkollektor .....	7
2.1.2.3. Luftentfeuchtung und Warmbelüftung mittels Wärmepumpe und Sonnenkollektor .....	7
<b>2.2. Ökonomische Aspekte .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3. Risikoanalyse: Monte Carlo Simulation mit Vollständigen         Finanzplänen .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Datengrundlage und Methode .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. Datengrundlagen .....</b>	<b>12</b>
<b>3.2. Betrieb und Betriebsentwicklung .....</b>	<b>12</b>
3.2.1. Fallbeispiel .....	12

3.2.2.	<b>Ermittlung und Beschreibung von Planszenarien .....</b>	<b>14</b>
3.2.3.	<b>Produktionsplanung .....</b>	<b>16</b>
3.2.3.1.	Grundfutterproduktion.....	18
3.2.3.2.	Milchproduktion .....	34
3.2.3.3.	Produktionsplan Grundfutter Lager .....	51
3.2.3.4.	Ermittlung von notwendigen neuen Anlagegütern und Kühen.....	57
3.3.	<b>Statische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....</b>	<b>62</b>
3.3.1.	<b>Übersicht zur Berechnung der Zielgröße.....</b>	<b>62</b>
3.3.2.	<b>Ermittlung der Zahlungsfolge der Investition.....</b>	<b>65</b>
3.3.2.1.	Ermittlung des Cash-Flows aus operationeller Tätigkeit.....	67
3.3.2.2.	Ermittlung der Investitionssummen und des Restwertes .....	75
3.3.2.3.	Steuer- und Abgabenplanung.....	79
3.3.3.	<b>Vorgaben zur Finanzanlage und Kreditplanung.....</b>	<b>81</b>
3.4.	<b>Dynamische Betrachtung unter der Berücksichtigung von Risikoaspekten.....</b>	<b>83</b>
3.4.1.	Identifizierung von möglichen – mit Risiko behafteten – Einflussfaktoren .....	84
3.4.2.	Abschätzung der Wirkung von risikobehafteten Einflussfaktoren auf die Schadenshöhe - Sensitivitätsanalyse.....	86
3.4.3.	Ableitung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen der ausgewählten Risikofaktoren und Bestimmung von Korrelationen .....	88
3.4.4.	Simulation.....	90
4.	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>91</b>
4.1.	<b>Ausgewählte Zwischenergebnisse der Prod.planung Grundfutter und Milchproduktion .....</b>	<b>91</b>
4.2.	<b>Ausgewählte Zwischenergebnisse der statischen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....</b>	<b>96</b>
4.3.	<b>Endwerte bei statischer Betrachtung .....</b>	<b>102</b>

4.4. Verteilungen der Endwerte bei dynamischer Betrachtung .	103
<b>5. Diskussion .....</b>	<b>107</b>
5.1. Beantwortung der Forschungsfragen .....	107
5.2. Diskussion der Datengrundlagen und der Methoden .....	109
5.2.1. Diskussion des Produktionsplanes Grundfutterproduktion .....	109
5.2.2. Diskussion des Produktionsplanes der Milchproduktion .....	111
5.2.3. Diskussion der Cash-Flows Grundfutter- und Milchproduktion...	112
5.2.4. Diskussion der Ermittlung der Investitionen und des Restwertes	113
5.2.5. Finanzanlage – und Kreditplan sowie Steuer – und Abgabeplan .	114
5.3. Abschließende Bewertung der Ergebnisse.....	114
<b>6. Literatur- und Quellenverzeichnis .....</b>	<b>116</b>
<b>7. Anhang .....</b>	<b>125</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gütesiegel g.t.S. ....	2
Abbildung 2: Sorptionsisotherme von Heu.....	6
Abbildung 3: Übersicht über die Methode .....	11
Abbildung 4: Vorgehensweise zur Ermittlung von Planungsvarianten.....	14
Abbildung 5: Gewählte Planszenarien i nach Maßgabe des Beispielsbetrieb und verwendete Abkürzungen in der weiteren Arbeit.....	15
Abbildung 6: Zusammenhänge Produktionspläne und Cash-Flows der verschiedenen Bereiche + Ermittlung der Investitionssummen .....	17
Abbildung 7: Unterscheidung Planszenario, Produktionsverfahren, Grundfuttermittel.....	18
Abbildung 8: Übersicht Produktionsplanung Grundfutter .....	19
Abbildung 9: Erntemöglichkeiten/Verfahren des Jahres 2004.....	21
Abbildung 10: Verzögerung der Nutzungszeitpunkte beim ersten Schnitt .....	21
Abbildung 11: Übersicht Ablauf Produktionsplanung Milchproduktion.....	34
Abbildung 12: Annahmen zur Berechnung der Grundfutteraufnahmekapazität.....	41
Abbildung 13: Berechnung relative Anteile Laktations- und Trockenstehzeit an Zwischenkalbezeit. ....	42
Abbildung 14: Produktionsplan Grundfutter-Lager .....	51
Abbildung 15: Vorgehensweise zur Ermittlung notwendiger neuer Anlagegüter sowie Veränderungen im Tierbestand.....	57
Abbildung 16: Benötigte bauliche und technische Anlagen zur Futterkonservierung und – lagerung je Produktionsverfahren .....	58
Abbildung 17: Parameter zur Dimensionierung von techn. Anlagen zur Heutrocknung. ....	59
Abbildung 18: Schnittpunkte zwischen den Kapitel der vorliegenden Arbeit und den für den VOFI notwendigen originären Zahlungen und derivaten Daten. ....	63
Abbildung 19: Standardschema Vollständiger Finanzplan .....	64
Abbildung 20: Berechnung Höhe Ausgleichszulage .....	74
Abbildung 21: Allgemeiner Aufbau Monte-Carlo-Simulation.....	83

Abbildung 22: Darstellung Risikomatrix .....	85
Abbildung 23: Verteilungsfunktion der Netto-Erträge Heu je Produktionsverfahren .....	92
Abbildung 24: Verteilung der Nettoenergiegehalte des Heues je Produktionsverfahren.....	93
Abbildung 25: Milchleistung und Krafffuttereinsatzmengen je Kuh der Planszenarien .....	95
Abbildung 26: Zahlungsströme der Szenarien BT25 und KB25 .....	98
Abbildung 27: Zahlungsströme der Szenarien WB25 und ET25 .....	99
Abbildung 28: Zahlungsströme der Szenarien BT15 und KB15 .....	100
Abbildung 29: Zahlungsströme der Szenarien WB15 und ET15 .....	101
Abbildung 30: Endwerte der Planszenarien bei statischer Betrachtung .....	102
Abbildung 31: Verteilungsfunktion der Endwerte der Szenarien BT25, KB25, WB25 und ET25.....	104
Abbildung 32: Verteilungsfunktion der Endwerte der Szenarien BT15, KB15, WB15 und ET15.....	104
Abbildung 33: Vergleich der Endwerte bei statischer Betrachtung mit den Mittelwerten der Verteilung der Endwerte bei dynamischer Betrachtung .....	105
Abbildung 34: Standardabweichung und Variationskoeffizienten der Endwerte der Planszenarien.....	106

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Annahmen zu optimalen Nutzungszeitpunkten des Grünlandes.....	20
Tabelle 2: Annahmen zu benötigten niederschlagsfreien Tagen zur Ernte .....	20
Tabelle 3: Ø Tage verzögerte Nutzung des ersten Aufwuchses je Produktionsverfahren .....	22
Tabelle 4: Annahmen zu Brutto-TM-Erträgen und Brutto-Energiegehalten zum optimalen Nutzungszeitpunkt .....	23
Tabelle 5: Modellannahmen zu spezifischen TM-Zuwachs- und Energie-Abnahmeraten je Tag verzögerter Nutzung nach dem optimalen Nutzungszeitpunkt je Aufwuchs...24	24
Tabelle 6: Verfahrensspezifische Verlustraten von Trockenmasse und Energie .....	24
Tabelle 7: Angenommene Ertragsminderung beim 4. Aufwuchs infolge der Nutzungsverzögerungen der vorhergehenden Aufwüchse .....	26
Tabelle 8: Berechnete TM-Erträge und Energiegehalte je Produktionsverfahren unter Anwendung der getroffenen Modellannahmen .....	29
Tabelle 9: Modellannahmen zur Berechnung des Energiebedarfs der Trocknung .....	32
Tabelle 10: Eingesetzte Futtermittel zur Rationsplanung. ....	36
Tabelle 11: Futteraufnahme-Schätzgleichungen.....	40
Tabelle 12: Beispielhafte Darstellung einer Rationsmatrix für die Simulation.....	47
Tabelle 13: Annahmen zur Bestimmung der Lagerzugänge .....	54
Tabelle 14: Annahmen zu variablen Kosten der Feldarbeit und der Trocknung je ha .....	69
Tabelle 15: Annahmen zu Produkt-, Betriebsmittel- und Tierpreisen sowie sonstigen Auszahlungen zur Berechnung des CF der Milchproduktion .....	71
Tabelle 16: Investitionssummen für Anlagegüter und deren Zuordnung zu den Produktionsverfahren .....	77
Tabelle 17: Einflussfaktoren und deren Variation sowie daraus folgende Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse in den Szenarien BT25, KB25, WB25 und ET25 .....	87
Tabelle 18: gewählte Risikofaktoren und zugehörige Verteilungen .....	89
Tabelle 19: x und p Werte der diskreten Verteilung der Nutzungsverzögerung.....	89

Tabelle 20: Ausgewählte Zwischenergebnisse der Produktionspläne Grundfutter und Milchproduktion bei statischer Betrachtung .....	94
Tabelle 21: Vergleichende Darstellung des CF aus operationeller Tätigkeit sowie aller in diesen CF einfließenden Bereichs-Cash-Flows eines Jahres. ....	96
Tabelle 22: Gegenüberstellung von Energiegehalten aus Literatur und durch Simulation resultierende Energiegehalte.....	111

## Formelverzeichnis

Formel 1: Berechnung effektiver Nutzungszeitpunkt eines Aufwuchses .....	22
Formel 2: Berechnung Netto-Trockenmasseerträge Heu.....	25
Formel 3: Berechnung durchschnittliche Netto-Energiegehalte Heu je Produktionsverfahren .....	27
Formel 4: Berechnung Netto-Trockenmasseerträge Grünfutter .....	28
Formel 5: Berechnung Netto-Energiegehalte Grünfutter.....	28
Formel 6: Berechnung notwendige Flächen je Produktionsverfahren je Kuh .....	30
Formel 7: Berechnung mögliche Anzahl an Kühen in den Szenarien.....	30
Formel 8: Bestimmung Gesamtfläche je Produktionsverfahren in den Szenarien .....	31
Formel 9: Bestimmung Gesamt-Erntemengen an Grundfutter je Szenario .....	31
Formel 10: Berechnung abzutrocknende Wassermenge je ha.....	32
Formel 11: Berechnung Energieverbrauch der Trocknung .....	33
Formel 12: Erhaltungsbedarf einer Milchkuh .....	36
Formel 13: Leistungsbedarf pro kg Milch.....	37
Formel 14: Berechnung Nährstoffbedarf Trockenstehzeit.....	38
Formel 15: Gleichungen zur Nährstoffaufnahme .....	39
Formel 16: Berechnung mögliche Milchleistung aus Energie und nXP .....	42
Formel 17: Berechnung Ø Tage je Fütterungsart.....	43
Formel 18: Berechnung mögliche Jahresmilchleistung .....	43
Formel 19: Berechnung Jahresbedarf je Futtermittel und Kuh .....	44
Formel 20: Nebenbedingung 1: Begrenzung Kraffuttermenge.....	45
Formel 21: Nebenbedingungen 2, 3 und 4: Begrenzung der Grundfutteraufnahme durch die Grundfutteraufnahmekapazität .....	45
Formel 22: Nebenbedingung 5: Nährstoffrestriktionen während der Trockenstehzeit .....	46
Formel 23: Nebenbedingung 6: Konstante Menge Heu bei Sommerfütterung .....	46
Formel 24: Nebenbedingung 7: Nichtnegativitätsbedingung .....	46
Formel 25: Berechnung verkaufsfähige Jahresmilchmenge.....	48

Formel 26: Berechnung Anzahl Kälber .....	49
Formel 27: Anzahl Altkühe zum Verkauf sowie notwendiger Kalbinnen zur Bestandesergänzung .....	49
Formel 28: Berechnung benötigte Menge an Kraftfuttermitteln .....	49
Formel 29: Berechnung benötigte Menge an Weizenstroh .....	50
Formel 30: Berechnung Energieverbrauch der Milchproduktion .....	50
Formel 31: notwendige Lagerkapazität.....	52
Formel 32: Ermittlung Lagerbestand September .....	52
Formel 33: Ermittlung täglicher Heubedarf .....	53
Formel 34: vorläufiger Lagerbestand pro Monat .....	54
Formel 35: Bestimmung Lagerzugänge aus Ernte je Monat .....	55
Formel 36: Bestimmung Zukaufsmenge Heu.....	55
Formel 37: Bestimmung Verkaufsmenge Heu .....	56
Formel 38: Bestimmung endgültiger Lagerbestand je Monat .....	56
Formel 39: Ermittlung Größe Gebäudehülle .....	59
Formel 40: Ermittlung notwendige neue Stallplätze .....	60
Formel 41: Berechnung Veränderungen im Tierbestand je Szenario.....	61
Formel 42: Ermittlung der Zahlungsfolge der Investition je Periode und Szenario .....	66
Formel 43: Berechnung des Cash-Flows aus operationeller Tätigkeit .....	67
Formel 44: Cash-Flow Grundfutter .....	68
Formel 45: Cash-Flow Milchproduktion je Szenario i .....	69
Formel 46: Erlöse der Milchproduktion je Szenario i.....	70
Formel 47: variable Kosten der Milchproduktion je Szenario i.....	70
Formel 48: Berechnung Cash-Flow Grundfutter-Lager .....	72
Formel 49: Ermittlung der Gesamtinvestition zum Zeitpunkt t=0 .....	76
Formel 50: Ermittlung der Investitionen in Gebäude je Szenario i.....	76
Formel 51: Berechnung Pausch.kostensatz je m <sup>3</sup> umbauter Raum für Wirtschaftsgebäude .	77
Formel 52: Berechnung Restwert je Szenario .....	78

Formel 53: Berechnung der Steuer- und Abgabenzahlung zum Zeitpunkt $t=m$ .....	79
Formel 54: Berechnung der Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft.....	80
Formel 55: Berechnung Einfluss Sensitivitätsanalyse.....	86

## Abkürzungsverzeichnis

$\emptyset$ ...	Durchschnitt
<i>A</i> ...	Fläche (Area)
<i>AZ</i> ...	Ausgleichszulage
<i>BT</i> ...	Bodentrocknung
<i>BW</i> ...	Barwert
<i>CC</i> ...	Cross-Compliance
<i>CF</i> ...	Cash-Flow
<i>CFP</i> ...	Cash-Flow-Plan
<i>EB</i> ...	Erhaltungsbedarf
<i>EKR</i> ...	Eigenkapitalrentabilität
<i>EP</i> ...	Erschwernispunkte
<i>ESt.</i>	Einkommensteuer
<i>ET</i> ...	Entfeuchterrocknung
<i>FA<sub>L</sub></i> ...	Fütterungsart während der Laktation
<i>FA<sub>T</sub></i> ...	Fütterungsart in der Trockenstehzeit
<i>FA</i> ...	Fütterungsart
<i>fK</i> ...	fixe Kosten
<i>GB</i> ...	Gesamtbedarf
<i>gE<sup>opt.NZ</sup></i> ...	Brutto-Energiegehalt (gross Energy) zum optimalen Nutzungszeitpunkt
<i>GF</i> ...	Grundfutter
<i>GKR</i> ...	Gesamtkapitalrentabilität
<i>gY<sup>opt.NZ</sup></i> ...	Bruttoertrag (gross yield) zum optimalen Nutzungszeitpunkt
<i>I</i> ...	Investitionssumme
<i>IR</i> ...	Inflationsrate
<i>KB</i> ...	Kaltbelüftung
<i>KF</i> ...	Krafffutter
<i>kW</i> ...	Kilowatt
<i>kWh</i> ...	Kilowattstunde
<i>LB</i> ...	Leistungsbedarf
<i>MC – Simulation...</i>	Monte-Carlo-Simulation
<i>MJ NEL</i> ...	Megajoule Nettoenergielaktation
<i>mt</i> ...	Metertonnen
<i>ND</i> ...	Nutzungsdauer
<i>n</i> ...	Anzahl
<i>nE</i> ...	Netto-Energiegehalt
<i>nXP</i>	nutzbares Rohprotein
<i>nY</i> ...	Nettoertrag

<i>ÖPUL ...</i>	Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft
<i>PKS ...</i>	Pauschalkostensatz
<i>PV ...</i>	Produktionsverfahren
<i>p...</i>	Preis
<i>Q ...</i>	Menge (Quantity)
<i>RMZ ...</i>	Regelmäßige Zahlung
<i>SVB ...</i>	Sozialversicherungsanstalt der Bauern
<i>SZ ...</i>	Planszenario
<i>sonst. Anlagen FKL ...</i>	sonstige Anlagen zur Futterkonservierung und Lagerung
<i>Stabw ....</i>	Standardabweichung
<i>spez. AR Energie ...</i>	spezifische Abnahmerate Energie
<i>spez. Energiebedarf ...</i>	spezifischer Energiebedarf
<i>spez. ZRTM ...</i>	spezifische Zuwachsrate an Trockenmasse
<i>TD ...</i>	Trockenstehdauer
<i>TM ...</i>	Trockenmasse
<i>t ...</i>	Zeitpunkt
<i>VEnergie ...</i>	Verlustrate an Energie
<i>VOFI ...</i>	vollständiger Finanzplan
<i>VR BPI ...</i>	Veränderungsrate Baupreisindex
<i>VTM ...</i>	Verlustrate Trockenmasse
<i>vK ...</i>	variable Kosten
<i>verz. Nutzung ...</i>	verzögerte Nutzung
<i>vorl. Lagerbestand ...</i>	vorläufiger Lagerbestand
<i>WB ...</i>	Warmbelüftung
<i>XP ...</i>	Rohprotein
<i>ZA ...</i>	Zahlungsansprüche
<i>ZKZ ...</i>	Zwischenkalbezeit

## Kurzfassung

In der vorliegenden Masterarbeit werden verschiedene Verfahren zur Produktion von silofreier, biologischer Milch im Hinblick auf ihre Wirtschaftlichkeit betrachtet. Dabei werden in acht Szenarien die zu erwartenden monetären Konsequenzen verschiedener Investitionsvarianten mittels vollständigem Finanzplan (VOFI) analysiert.

Die Szenarien unterscheiden sich in der Art der Heutrocknung (Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Warmbelüftung und durch Trocknung mittels entfeuchteter Luft). Diese Produktionsverfahren erfordern verschiedene Investitionen in Gebäude und Technik zur Heutrocknung. Ein weiterer wesentlicher Unterschied der Verfahren ist die notwendige Länge einer niederschlagsfreien Periode zur Ernte. So wird für die Produktion von Heu mittels Bodentrocknung eine längere Schönwetterperiode als für die Produktion von Heu mittels Luftentfeuchtertrocknung benötigt. Die Ernte bei Verfahren, die kürzere Schönwetterperioden erfordern kann demnach tendenziell eher zum optimalen Nutzungszeitpunkt des Grünlandes erfolgen. Der Erntezeitpunkt hat signifikante Auswirkungen auf Ertrags- und Qualitätsparameter des Erntegutes und in weiterer Folge das ökonomische Betriebsergebnis und ist somit von wesentlicher Bedeutung. Ausgehend vom durchschnittlichen Erntezeitpunkt wird auf die Qualität des Grundfutters geschlossen und die mögliche Milchleistung abgeleitet. Aufbauend darauf wird – unter Berücksichtigung von Investitionskosten und weiteren Parametern der Endwert der verschiedenen Varianten berechnet und miteinander verglichen.

Um Wetterrisiken in das Modell zu implementieren, wird der VOFI im Anschluss um eine Monte-Carlo-Simulation (MC-Simulation) erweitert. Dafür werden mittels Sensitivitätsanalyse Faktoren identifiziert, die einen erheblichen Einfluss auf das Betriebsergebnis haben. Für diese Faktoren werden Verteilungen festgelegt. Das Ergebnis dieser Simulation sind Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Zielgröße, woraus auf das Risiko der verschiedenen Planszenarien geschlossen werden kann. Unter Anwendung des Konzepts der stochastischen Dominanz zeigt sich, dass unter den getroffenen Modellannahmen die Szenarien mit Bodentrocknung und Warmbelüftung am wirtschaftlichsten sind. Darüber hinaus weist Warmbelüftung ein geringeres Risiko auf als Bodentrocknung. Ein risikoaverser Entscheider wählt das Verfahren der Warmbelüftung, ein risikofreudiger Entscheider bevorzugt Bodentrocknung.

Das in dieser Masterarbeit entwickelte Modell kann bei der Anwendung auf andere Betriebe bei diesen ebenfalls zur Entscheidungsunterstützung für Investitionen in Heutrocknungsanlagen dienen.

## Abstract

In this thesis, different methods for the production of silage-free, organic milk are compared. For this purpose, the economic consequences are calculated in eight different scenarios with the aid of the *Visualisation of Financial Implications* - method (VOFI).

The scenarios differ in their way of hay drying, either by field-drying or by ventilation using cold, warm or dehumidified air. All methods require different investments in buildings and technical equipment. Another difference is the required length of a rainless period for harvesting. For example, the production of field-dried hay requires a longer rainless period than ventilated hay. In processes that require a shorter rainless period the harvest can therefore be performed closer to the optimal point of use of the grassland. The time of harvest has a significant impact on yield- and quality parameters and hence economic outcome, thus representing an important factor. The average time of harvest allows conclusions to be drawn regarding the quality and quantity of staple feed. Based on these parameters, diets are formulated and the milk yield is derived. In the following step, one calculates the economic target indicator of the VOFI (*compound value*, which is the amount of stock cash at the end of the planning period), including costs for investments, harvesting and other.

In order to implement weather risks in the model, the VOFI is extended using a Monte-Carlo-Simulation model (MC-Simulation). Factors, which have a significant economic influence are identified through a sensitivity analysis. These are then represented by probability distributions. The results of the MC-Simulation are probability distributions for the economic target indicator (compound value), which allows conclusions regarding the profitability and the risk of the scenarios. Applying the concept of stochastic dominance shows the scenarios involving field - drying and ventilation with warm air to be the most economic. Furthermore, field-drying represents a higher risk than warm air ventilation. Therefore a risk-averse decision maker may choose the latter, whereas as risk-affine one the former.

The model developed in this thesis could also be used for other farmers as a decision support system for planning investments in hay-drying technique.

# 1. Einführung, Problemstellung und Forschungsfragen

Durch die zunehmende Liberalisierung der Agrarmärkte, den daraus resultierenden volatilen Produktpreisen sowie zunehmender Komplexität von landwirtschaftlichen Betrieben gewinnt die strategische Unternehmensplanung in der Landwirtschaft immer mehr an Bedeutung. Darüber hinaus bringen Kostendruck sowie hohe gesellschaftliche Ansprüche an die Landwirtschaft die Notwendigkeit zur laufenden Anpassung und Wandlung mit sich (vgl. BMLFUW, 2016, 24). Bei der strategischen Unternehmensplanung müssen Betriebsleiter dabei oft verschiedene Entwicklungs- und Investitionsalternativen vergleichen. Investitionen haben dabei in der Regel entweder eine Gewinnsteigerung oder eine Gewinnerhaltung zum Ziel (vgl. SCHNEEBERGER & PEYERL, 2011, 262), jedoch ist eine Investitionsentscheidung stets eine Entscheidung unter Ungewissheit, da es zum Investitionszeitpunkt nicht möglich ist, zukünftige Entwicklungen abzuschätzen. Für die strategische Unternehmensplanung ist daher zu fordern, Entscheidungssituationen möglichst transparent zu gestalten (vgl. GROB, 2006, 5), was nur durch eine detaillierte Planung möglich ist. Dafür ist der Vollständige Finanzplan (kurz VOFI) eine geeignete Methode. Dieser ist eine Methode der dynamischen Investitionsrechenverfahren (vgl. SLABY & KRASSELT, 1998, 10) und bietet die Möglichkeit, neben dem betriebswirtschaftlichen Aspekt auch Finanzierungsaspekte in die Planung mit einfließen zu lassen (vgl. BETGE, 2000, 123ff). Durch die Kombination mit einer Monte-Carlo Simulation können zudem unsichere Parameter planbarer gemacht werden.

Eine Form der Anpassung eines Betriebes an niedrige Produktpreise ist die Ausweitung der Produktion, um Skaleneffekte auszunützen. Da jedoch durch topographische Gegebenheiten dem Größenwachstum von landwirtschaftlichen Betrieben vor allem im Berggebiet Grenzen gesetzt sind, besteht für manche Betriebe die Möglichkeit, Nischenprodukte zu produzieren um einen höheren Preis zu erzielen. Dabei spielt die Produktion von Milch aus silagefreier Fütterung („Heumilch“) in einigen Regionen Österreichs eine immer bedeutendere Rolle. Während die Produktion von Heumilch im ÖPUL 2007 ausschließlich in den traditionellen Silosperrgebieten gefördert wurde (vgl. BMLFUW, 2007, 59), wurde mit dem ÖPUL 2015 die Förderungsmöglichkeit auf ganz Österreich ausgeweitet (vgl. AMA, 2017c, 42) und ein zusätzlicher Anreiz für den Einstieg in diese Produktion geschaffen.

Heumilch und im speziellen biologische Heumilch wird am österreichischen Markt - nicht zuletzt durch die Bündelung von Marketingaktivitäten durch die ARGE Heumilch - sehr stark nachgefragt (vgl. RESCH, 2014, s.p). Laut Grünem Bericht (BMLFUW, 2016, 39) belief sich die Anlieferung von Heumilch an die Molkereien im Jahr 2015 auf 327.977 t, was einem Anstieg im Vergleich zum Vorjahr von 26 % entspricht. Der Anteil an der gesamten

Anlieferungsmenge betrug 2015 immerhin 13 %. Der vergleichsweise hohe Anteil von Heumilch in Österreich ist laut DORFNER (2004, 73) vor allem auf die traditionellen Silosperrgebiete in Österreich zurückzuführen. Während der Preiszuschlag für konventionelle Heumilch im Jahr 2008 im Mittel 2,2 Cent/kg Milch betrug, erreichte er in den ersten 10 Monaten des Jahres 2016 bereits 5,7 Cent/kg (jeweils exkl. USt.) (vgl. RESL & GAHLEITNER, 2017, 1).

Heumilch wird laut GINZINGER (2010, s.p.) vor allem zur Hartkäseerzeugung und Trinkmilchproduktion verwendet. Diese Milch weist im Vergleich zu Silomilch einen deutlich geringeren Gehalt an Clostridien-Sporen auf. Diese Sporen sind vor allem für die Schnitt – und Hartkäseerzeugung ein Problem, können sie doch während des Reifungsprozesses Fehlgärungen verursachen und so den Käse ungenießbar machen. Die Verunreinigung der Milch erfolgt dabei hauptsächlich über Futter, Kot und Verschmutzung des Euters. Durch eine optimale Silagequalität (keine Buttersäuregärung) sowie optimale Melkhygiene könnte auch mit Silomilch Hartkäse erzeugt werden, das Risiko einer Verunreinigung mit Clostridien sporen ist jedoch um ein Vielfaches höher (vgl. GINZINGER ET AL., 2001, s.p.). Auch durch die Verwendung der Zentrifugalentkeimung und den Zusatz von Nitrat wäre es möglich, mit Clostridien verunreinigte Milch für die Hartkäseerzeugung aufzubereiten (vgl. FARKYE, 2009, s.p.), jedoch entspricht dies laut GINZINGER (2010, 6) nicht den Wünschen der Konsumenten nach möglichst naturreinen Lebensmitteln. Außerdem ist für die Produktion von gewissen Käsesorten die Verwendung von Heumilch zwingend vorgeschrieben (vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT, 2016, 18). Bei der Verwendung zur Butter -, Frischkäse - oder Trinkmilchproduktion besteht der Vorteil darin, dass Heumilch keinen Futtergeschmack aufweist, wobei dieser Effekt sehr gering ist (vgl. GINZINGER, 2010, 7).

Im Jahr 2016 wurde die Wirtschaftsweise der Heuwirtschaft auf Antrag der ARGE-Heumilch von der EU-Kommission mit dem Gütesiegel „garantiert traditionelle Spezialität“ (g.t.S.) ausgezeichnet (siehe Abbildung 1). Als Heumilch darf demnach nur mehr Milch bezeichnet werden, die nach den Kriterien der ÖPUL-Maßnahme „Silageverzicht“ sowie des „Heumilchregulativs“ (nachzulesen in der Durchführungsverordnung (EU) 2016/304) produziert wird (vgl. ARGE HEUMILCH, 2017a, s.p.).



**Abbildung 1: Gütesiegel g.t.S. Quelle: ARGE Heumilch (2017a)**

### **Problemstellung**

Die Produktion von Heumilch bedeutet für einen Betrieb grundsätzlich nur die Umstellung der Futtergrundlage, eine Änderung der Haltungform ist in der Regel nicht erforderlich. Die

Änderung der Produktionsweise bedingt somit keine Investitionen in Stallgebäude, sondern lediglich Investitionen in Gebäude und Anlagen für die Futterproduktion. Durch technische Innovationen wie verschiedene Belüftungstechniken ist mittlerweile eine schlagkräftige Heuernte möglich. Für Betriebe ergeben sich aus dem reichhaltigen technischen Angebot verschiedenste Fragestellungen, insbesondere nach dem Mehrgewinn an Futterqualität (vgl. PÖLLINGER, 2014, 3). Landwirte, die bereits seit einigen Jahren verschiedene Trocknungstechniken einsetzen, führen als Argument für hohe Investitionen vielfach eine geringere Wetterabhängigkeit, demzufolge eine höhere Wahrscheinlichkeit der Mahd zum optimalen Erntetermin und daraus resultierenden besseren Futterqualitäten an (vgl. u.A. LETTNER, 2017, s.p.). Nichtsdestotrotz ergibt sich daraus die Fragestellung, inwieweit dieser Mehrgewinn an Futterqualität um ein Vielfaches höhere Investitionskosten – im Vergleich zur Bodenheubereitung - in Belüftungsanlagen rechtfertigt. Eine nicht getätigte Investition in Belüftungstechnik erschwert zwar in regenreichen Jahren die Heuernte erheblich, dies hat erwiesenermaßen geringere Futterqualitäten zur Folge (RESCH 2013, 8). Inwieweit sich dieser Sachverhalt jedoch auf das langfristige ökonomische Betriebsergebnis auswirkt, ist nicht geklärt.

Es ergeben sich somit folgende Forschungsfragen:

- Welche der Alternativen der Heugewinnung für die Produktion von silofreier Milch weist die höchste Wirtschaftlichkeit auf, welche das geringste Risiko?
- Welche grundfutterproduktionsspezifischen<sup>1</sup> Einflussgrößen haben den größten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit?
- Welche der grundfutterproduktionsspezifischen Einflussgrößen auf das Betriebsergebnis sind mit Risiko behaftet, welches sind wichtige Risiken<sup>2</sup>, welche unwichtig?
- Ist der Vollständige Finanzplan in Kombination mit einer Monte-Carlo-Simulation eine geeignete Methode zur Analyse der Wirtschaftlichkeit verschiedener Entwicklungsszenarien in einem landwirtschaftlichen Betrieb?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden die zu erwartenden Auswirkungen verschiedener Investitionsalternativen an einem landwirtschaftlichen Modellbetrieb geprüft. Aktuell produziert der biologisch wirtschaftende Betrieb Milch, Futtergrundlage ist Silage, die auf eigenen Flächen erzeugt wird. Der Betrieb ist Mitglied der „Milchgenossenschaft Wipptal – Stubai“, die wiederum Mitglied bei der genossenschaftlichen Molkerei „Milchhof Sterzing“

---

<sup>1</sup>Die grundfutterproduktionsspezifischen Einflussgrößen sind in Abbildung 8 sowie Kapitel 3.3.2.1.1 ersichtlich.

<sup>2</sup> Die Unterscheidung von wichtigen und unwichtigen Risiken findet sich auf Seite 94.

ist. Diese Molkerei ist derzeit auf der Suche nach Lieferanten für silagefreie, biologisch erzeugte Milch und bietet dafür einen deutlich höheren Preis. Es soll deshalb anhand des Fallbeispiels geklärt werden, welche Variante zur Produktion von silagefrei erzeugter biologischer Milch das ökonomisch beste Ergebnis für den Betrieb erwarten lässt.

## **2. Stand des Wissens**

### **2.1. Produktionsverfahren von silofreier Milch**

Die Produktion von silofreier Milch kann prinzipiell durch eine Ganzjahresfütterung von Heu erfolgen, in der Regel wird das Jahr jedoch in zwei Fütterungsperioden unterteilt. Es ist dies die Winterperiode, in der Heu als alleiniges Grundfutter angeboten wird sowie die Sommerperiode, in der der Grundfutterbedarf entweder durch Weidegang oder Eingrasen gedeckt wird. Dadurch lassen sich die Futterkosten erheblich reduzieren, weil sich der notwendige Lagerraum und somit die Investitionskosten deutlich verringern (vgl. BIEDERMANN, 2016, s.p.). Darüber hinaus kann durch höhere Energie – und Eiweißgehalte von frischem Gras im Vergleich zu Heu ein nicht unerheblicher Teil an Kraftfutter eingespart werden (vgl. STEINWIDDER, 2016, 2). Zur Produktion von Heu für die Winterfütterungsperiode gibt es verschiedene Verfahren<sup>1</sup>, von welchen die Futterqualität signifikant abhängt (vgl. RESCH, 2013, 8).

#### **2.1.1. Bodentrocknung**

Bei der Bodentrocknung wird das Heu bis auf einen – für die Lagerung notwendigen - Trockenmassegehalt von 87 % am Feld getrocknet. Dies kann nur durch sehr lange Feldliegezeiten erreicht werden, in denen das Heu mind. 4 mal gezettet bzw. gewendet wird (vgl. KTBL, 2017, 6). Durch die häufigen Wendevorgänge sind die Bröckelverluste deutlich höher als bei anderen Verfahren. Die Nährstoffanfordernisse für Milchkühe können mit Bodenheu in der Regel nicht erfüllt werden, außerdem gibt es für den ersten Schritt wetterbedingt meist nur wenige Erntegelegenheiten (vgl. PÖLLINGER, 2014, 3). Der Vorteil beim Verfahren der Bodentrocknung liegt in den geringeren Investitionskosten, da keine Belüftungstechnik benötigt wird.

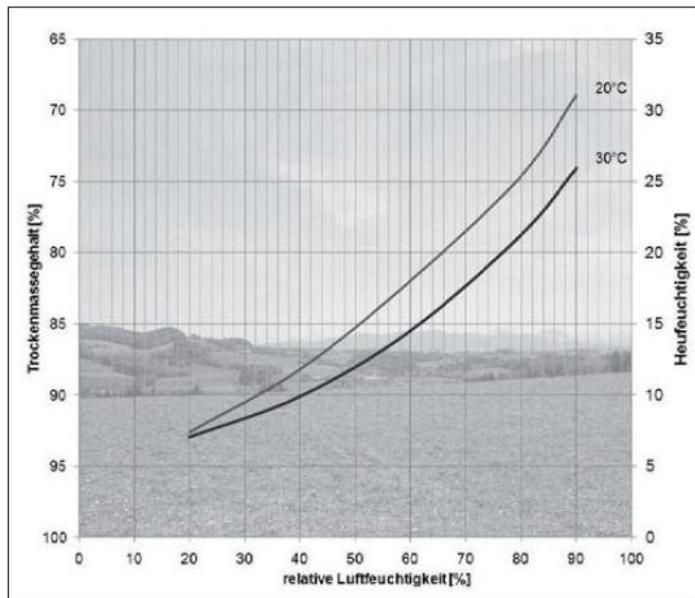
#### **2.1.2. Verfahren der Unterdachrocknung**

Bei der Unterdachrocknung wird Luft durch das Erntegut geblasen, die vorbeiströmende Luft nimmt dadurch die Feuchtigkeit aus dem Heu auf. Die Dauer des Trocknungsvorgangs wird dabei von der Wasseraufnahmekapazität der Luft (abhängig von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit) sowie der vorbeiströmenden Luftmenge bestimmt. Eine Trocknung durch Belüften erfolgt dabei nur, solange sich die relative Luftfeuchtigkeit der Trocknungsluft unter der Gleichgewichtskurve (siehe Abbildung 2) befindet. Demzufolge kann Heu mit Außenluft

---

<sup>1</sup> Die Literaturrecherche bringt auch einige „historische“ Verfahren zur Heutrocknung hervor (u.a. Gerüstrocknung), jedoch werden diese in modernen Landwirtschaftsbetrieben nicht mehr angewendet und werden deshalb in dieser Arbeit nicht betrachtet.

unter gewissen Umständen nicht bis zur Lagerfeuchtigkeit getrocknet werden (vgl. WIRLEITNER, 2010, 73).



**Abbildung 2: Sorptionsisotherme von Heu. Quelle: WIRLEITNER (2010, 73) mit Daten nach Segler.**

Durch eine Unterdachtrocknung kann das Heu mit geringeren TM-Gehalten eingefahren werden. Der anzustrebende TM-Gehalt ist je Verfahren unterschiedlich, die Schwankungsbreite liegt bei 45 – 70 %. Bei geringeren Gehalten erhöhen sich einerseits die Trocknungskosten enorm, andererseits kann das Erntegut nicht innerhalb der geforderten 60 - 80 Stunden abgetrocknet werden (vgl. KTBL, 2017, 23–25 und ÖKL, 2017, 13). Bei höheren TM-Gehalten erhöhen sich hingegen die Bröckelverluste. Im Vergleich zur Bodentrocknung verringern sich diese jedoch durch geringere Feldliegezeiten sowie eine geringere Bearbeitungsintensität des Futters am Feld auf jeden Fall.

Verfahren zur Unterdachtrocknung unterscheiden sich einerseits durch die Art des Trocknungsguts (lose – in einer Trocknungsbox oder in Ballen gepresst) und andererseits durch die Art der Trocknungsluft (Außenluft, erwärmt und entfeuchtet). In dieser Arbeit werden lediglich drei verschiedene Trocknungsverfahren für loses Heu betrachtet, welche nachfolgend beschrieben werden:

### **2.1.2.1. Kaltbelüftung**

Bei der Kaltbelüftung wird die Außenluft über einen Luftkanal angesaugt und in die Trocknungsbox eingeblasen. Notwendige Investitionen sind die Belüftungsbox samt Gitterrost, Gebläse sowie eine Krananlage zur Beschickung. Der Vorteil dieses Verfahrens sind verhältnismäßig geringe Investitionskosten, die Nachteile eine langsame Trocknung und die Wetterabhängigkeit, da bei Regenwetter wegen der hohen Luftfeuchte der Außenluft nicht getrocknet werden kann. Dennoch muss bei Regenwetter in Intervallen Luft durch das

Erntegut geblasen werden, um eine Nacherwärmung und damit Qualitätseinbußen zu verhindern.

### **2.1.2.2. Warmbelüftung mittels Sonnenkollektor**

Eine Warmbelüftung verfolgt das Prinzip einer erhöhten Wasseraufnahmekapazität von erwärmter Luft (vgl. WIRLEITNER, 2010, 75). Zur Lufterwärmung gibt es verschiedene Möglichkeiten, Sonnenkollektoren sind das in der Praxis am meisten verbreitete Verfahren. Die Heuernte fällt Großteils in die Zeit des höchsten Strahlungsangebotes der Sonne, wodurch dieses zumindest bei Schönwetter effektiv genutzt werden kann (vgl. SATTLER, 2012, 16). Dafür wird der Dachaufbau so gewählt, dass darunter ein Kanal entsteht, aus dem die durch Sonneneinstrahlung erwärmte Luft abgesaugt wird. Bei bestehenden Anlagen kann durch Umbaumaßnahmen (luftdichte Verschalung der Pfetten) eine Dachabsaugung nachträglich kostengünstig errichtet werden. Einflussfaktoren auf die Heizleistung sind Dacheindeckung, Ausrichtung sowie die Fläche des Dachkollektors. Der Vorteil einer Dachabsaugung ist der verhältnismäßig geringe zusätzliche Investitionsbedarf, der Nachteil ebenfalls die bei Schlechtwetter nicht mögliche Endtrocknung des Heus (vgl. ÖKL, 2017, 13).

### **2.1.2.3. Luftentfeuchtung und Warmbelüftung mittels Wärmepumpe und Sonnenkollektor**

Bei diesem Verfahren wird die Lufterwärmung mittels Sonnenkollektor mit einer Wärmepumpe zur Luftentfeuchtung kombiniert. Durch eine Luftentfeuchtung wird (im Gegensatz zu einer Lufterwärmung) der absolute Wassergehalt der angesaugten Trocknungsluft verringert (vgl. ÖKL, 2017, 47). Der Luft wird dabei im Verdampfer Wärme entzogen, wodurch sich bei einer Abkühlung bis unter den Taupunkt Wasser abscheidet. Im Anschluss wird derselben Luft im Kondensator wieder Wärme zugeführt. Für den Einsatz eines Entfeuchters gibt es prinzipiell zwei Betriebsmöglichkeiten. Einerseits kann Außenluft entfeuchtet werden, andererseits kann die Luft im Umluftbetrieb geführt werden. Dabei wird bei gutem Wetter die Außenluftvariante, bei schlechtem Wetter die Umluftvariante gewählt. Bei hohen Außentemperaturen und niedriger Luftfeuchtigkeit kann die Anlage auch im Teilbetrieb betrieben werden, bei der lediglich ein Teil der Luft über den Entfeuchter geführt wird (vgl. SATTLER, 2012, 20). Der größte Vorteil dieses Verfahrens liegt in der Wetterunabhängigkeit, dem stehen allerdings hohe Investitionskosten gegenüber.

## 2.2. Ökonomische Aspekte

HILFIKER (1989, 5ff) berechnet an einem Modellbetrieb mit 25 Kühen die Unterschiede zwischen Bodentrocknung und Belüftungstrocknung, allerdings unterscheidet er dabei nicht zwischen verschiedenen Belüftungsverfahren. Er trifft lediglich die Annahme, dass die Rauhfutterqualität von belüftetem Heu im Vergleich zu Bodenheu um 0,3 MJ NEL/kg TM besser sei. Dadurch ergibt sich eine geringere Krafftterergänzung, was zu geringeren Futterkosten bei einer gegebenen zu erreichenden Milchleistung führt. Diese Umstände führen bei seinen Berechnungen zu einem geringen wirtschaftlichen Vorteil der Belüftungsvariante.

LAVILLE-STUDER (1990, 8ff) vergleicht in Ihrer Arbeit das Verfahren der Bodentrocknung mit verschiedenen Verfahren der Unterdachrocknung bei schlechten bzw. idealen Witterungsbedingungen. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Kaltbelüftung in etwa gleich wirtschaftlich ist wie eine Bodentrocknung unter der Voraussetzung, dass gutes Bodenheu (5,2 MJ NEL) sowie sehr gutes Belüftungsheu (5,7 MJ NEL) erzeugt wird. Dabei werden jedoch bei allen Belüftungsverfahren (Kaltbelüftung, mit Sonnenkollektor sowie mit Entfeuchter) dieselben Heuqualitäten angenommen, es unterscheiden sich lediglich die Trocknungskosten. Es stellt sich somit die Frage, welche Berechtigung höhere Investitionen in bessere Trocknungstechnik bei nur gleichbleibender Qualität des Endprodukts haben.

NEUHOFER (2010, 2) versucht eine ökonomische Bewertung des Futtersystems Heu. Dabei weist er darauf hin, dass ein überwiegender Anteil der Heumilch mit Weidewirtschaft und Eingrasen erzeugt wird, außerdem sei dies „noch immer die kostengünstigste Form der Milchproduktion“. Im Jahresschnitt sei dieses System durchaus „konkurrenzfähig mit anderen Betrieben.“ Der Autor definiert weder welche Art der Heutrocknung „dieses System“ ist, noch was mit „anderen Betrieben“ gemeint ist.

Laut einer von FASCHING ET AL. (2015) durchgeführten Studie, in der verschiedene Varianten der Grundfutterproduktion (Heu sowie Silage) auf ihren Milchproduktionswert untersucht wurden, ist das Verfahren der Kaltbelüftung unter günstigen Voraussetzungen kaum zu überbieten. Die Vorteile des Verfahrens Luftentfeuchtung kommen demnach nur bei ungünstigen Wetterbedingungen zur Geltung. Inwieweit ein monetärer Vorteil aus diesem Verfahren entsteht, konnte in dieser Studie nicht geklärt werden, dazu müsste die betriebswirtschaftliche Situation eines Einzelbetriebes betrachtet werden. Außerdem wurde für diese Studie lediglich der Zeitraum eines Jahres betrachtet, woraus sich keine gesicherte Aussage für eine längerfristige Investition tätigen lässt

### **2.3. Risikoanalyse: Monte Carlo Simulation mit Vollständigen Finanzplänen**

Die *Monte Carlo Simulation* ist ein stochastisches Verfahren der quantitativen Risikoanalyse. Dabei werden relevanten Einflussfaktoren entsprechende Wahrscheinlichkeitsverteilungen sowie Abhängigkeiten zugrunde gelegt. Bei der Simulation werden im Anschluss beliebig viele Stichproben aus der gewählten Verteilung gezogen. Das Ziel besteht darin, Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die interessierende Zielgröße zu erzeugen und somit ein Risikoprofil dafür zu erhalten (vgl. SCHÖN, 2011, 18).

Eine *Monte-Carlo-Simulation* kann prinzipiell mit den verschiedensten betriebswirtschaftlichen Methoden kombiniert werden, häufig angewendet wird sie in Kombination mit der *Deckungsbeitragsrechnung* (siehe dazu SINN (2015), MAYRHOFER (2011), SCHÖN (2011), BESSER (2010) und KIEFER (2016)). Im Gegensatz zur Deckungsbeitragsrechnung betrachtet ein vollständiger Finanzplan einen längeren Planungshorizont und ist deshalb vor allem dazu geeignet, konkurrierende Investitionsobjekte miteinander zu vergleichen. Er ist durch einen einfachen, nachvollziehbaren Aufbau geprägt, durch die Kombination mit der MC-Simulation ist er besonders geeignet, die Wirkungen von volatilen Preisentwicklungen besser einschätzen zu können (vgl. PRUNNER, 2016, 63). KERBL ET AL. (2006, 87f) attestieren dem MC-gestützten VOFI deshalb eine besondere Eignung für die landwirtschaftliche Betriebsplanung.

### **3. Datengrundlage und Methode**

In Abbildung 3 ist der gewählte methodische Aufbau und Ablauf der Analysen dargestellt. Die einzelnen Rechtecke stellen jeweils einzelne Kapitel dar, in denen die gewählte Vorgehensweise im Detail erläutert wird. Die grundsätzliche Vorgehensweise gliedert sich in folgende drei Kapitel:

- 3.2.: Betrieb und Betriebsentwicklung
- 3.3.: Statische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- 3.4.: Dynamische Betrachtung unter der Berücksichtigung von Risikoaspekten

Im Abschnitt 3.2. wird der Prozess der Ermittlung des Beispielsbetriebes sowie der Planungsvarianten erklärt, außerdem wird dort die Produktionsplanung für den Betrieb durchgeführt.

In Abschnitt 3.3. wird im Anschluss die betriebswirtschaftliche Betrachtung unter statischen Gesichtspunkten erläutert, während im darauffolgenden Abschnitt (3.4.) darauf aufbauend eine dynamische Betrachtung erfolgt.

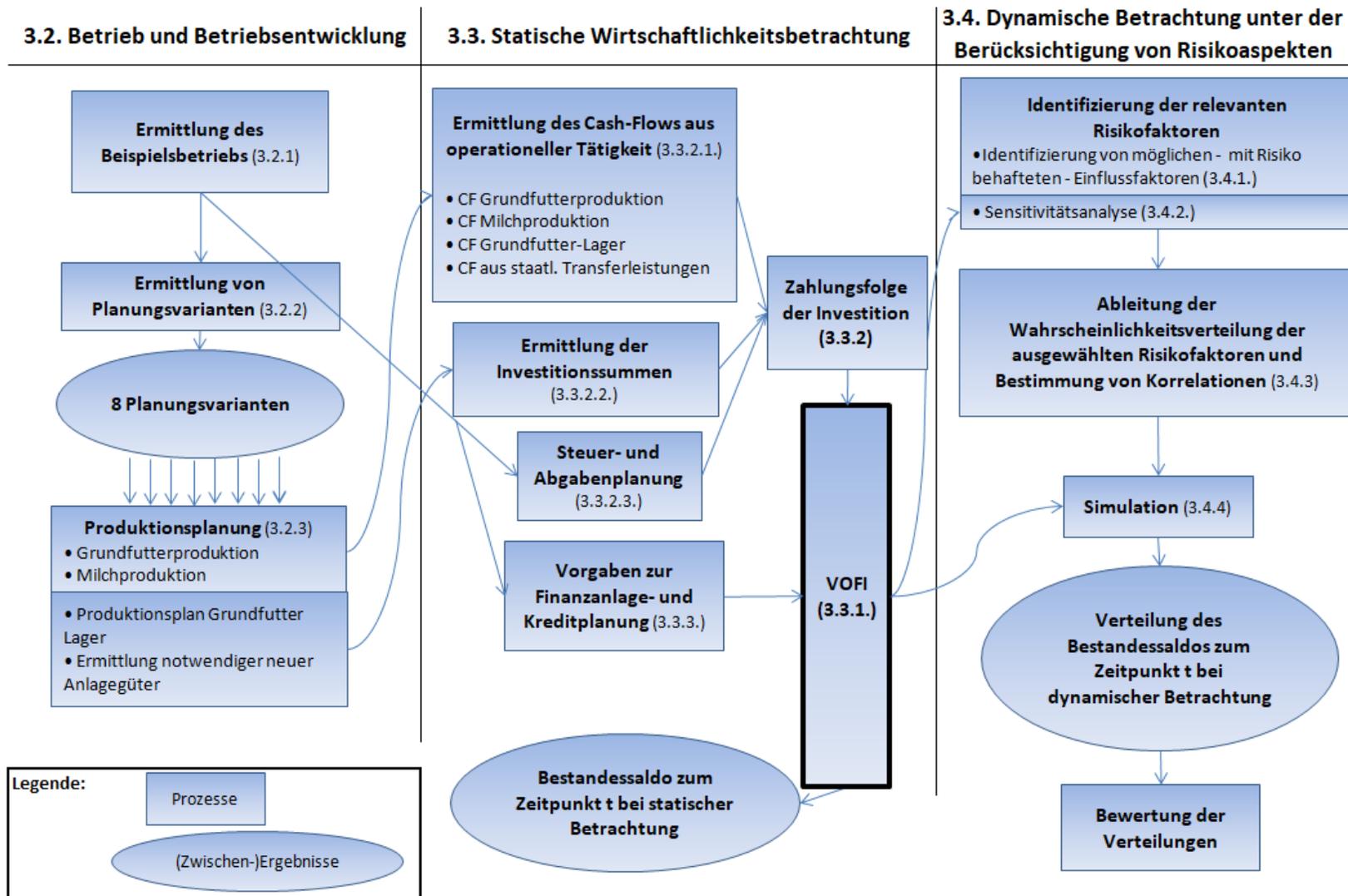


Abbildung 3: Übersicht über die Methode

### **3.1. Datengrundlagen**

Die Datengrundlage zu dieser Arbeit liefert ein realer landwirtschaftlicher Betrieb. Die Vorgehensweise zur Ermittlung dieses Betriebes wird in Kapitel 3.2.1 genauer erläutert.

Weitere Daten werden aus der Literatur, wie dem Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), der Schweizerischen Forschungsanstalt Agroscope, dem Österreichischen Kuratorium für Landtechnik, der Forschungsanstalt Raumberg - Gumpenstein, der ARGE Heumilch, der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, der Statistik Austria sowie der Zentralen Arbeitsgemeinschaft für Rinderzucht (ZAR) entnommen. Nachfolgend wird in jedem Kapitel der Methode darauf hingewiesen, welche Daten in den jeweiligen Bereichen verwendet werden.

### **3.2. Betrieb und Betriebsentwicklung**

#### **3.2.1. Fallbeispiel**

Um die Eignung des gewählten Beispielsbetriebes für die Beantwortung der Forschungsfragen zu gewährleisten, werden folgende – vom Betrieb zu erfüllende - Kriterien festgelegt:

- Lage im Einzugsgebiet eines Abnehmers von silofreier biologischer Milch
- Interesse des Betriebsleiters an einer Produktion von Heu als Grundfuttermittel
- Betriebsfortbestand für mindestens 10 Jahre gesichert (um einen ausreichend langen Planungshorizont für Investitionen zu gewährleisten)

Der für diese Arbeit herangezogene Modellbetrieb befindet sich im Großraum Innsbruck und liegt auf einer Seehöhe von 830 m. Dieser Betrieb erfüllt die festgelegten Kriterien für die Betriebsauswahl wie folgt:

- Die Molkerei „Milchhof Sterzing“ nimmt biologisch erzeugte silofreie Milch abgeben, außerdem wird sich diese Molkerei in Zukunft verstärkt in Richtung der Verarbeitung von silofreier biologischer Milch orientieren und garantiert nur für diese Milchqualität eine längerfristige Abnahme (STEIXNER, 2017, s.p.),
- der Betriebsführer hat schon seit längerem Interesse an der Produktion von silofreier Milch und erwägt eine Betriebsumstellung,
- der Pensionsantritt des Betriebsführers wird in ca. 10 Jahren sein, deshalb kann auch der Planungshorizont 10 Jahre betragen.

Die bewirtschaftete Fläche dieses Betriebes beträgt 18 ha, wobei lediglich 0,5 ha davon arrondiert sind. Eine Ausweitung der Produktion durch eine Zupacht von Flächen wird vom

Betriebsführer nicht angedacht, die Fläche ist ein begrenzender Produktionsfaktor. Es sind Stallplätze für 33 Milchkühe vorhanden, wobei derzeit lediglich 25 gehalten werden und überschüssiges Futter verkauft wird. Die Jungviehaufzucht wird an einen Partnerbetrieb ausgelagert, d.h. anfallende Kälber werden nach drei Wochen verkauft und die benötigten Kalbinnen einige Tage vor der Abkalbung wieder zurückgekauft. Futtergrundlage des bereits biologisch wirtschaftenden Betriebes ist derzeit Heu aus Bodentrocknung sowie Grassilage, beides in Rundballen.

Eine Umstellung der Produktion auf silofreie biologische Milchproduktion bedingt Investitionen in Heulagerraum und Trocknungstechnik, Investitionen in Stallgebäude sind innerhalb der nächsten Jahre nicht notwendig.

Der Betriebsführer verfügt über 20.000,- € an liquiden Mitteln, die in die Investition eingebracht werden. Laut seinen Angaben beträgt der aktuelle Privatverbrauch 25.000,- €/Jahr.

Einkommenssteuer und Sozialversicherungsabgaben werden seit geraumer Zeit mittels einheitswertabhängiger Ermittlung bestimmt, wobei der maßgebliche Einheitswert 9.873,- € beträgt. Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Höhe dieser Beiträge findet sich in Kapitel 3.3.2.3 (Steuer- und Abgabenplanung).

Der Betrieb erhält auch öffentliche Fördergelder der AMA, die Datengrundlage sowie die Vorgehensweise zur Ermittlung der Höhe dieser Gelder ist in Kapitel 3.3.2.1.4 (Cash-Flow aus staatlichen Transferleistungen) detailliert beschrieben.

Zu beachten ist, dass es sich beim Beispielbetrieb um einen nichtbuchführungspflichtigen Betrieb nach § 125 Bundesabgabenordnung (BAO) handelt. Bei nichtbuchführungspflichtigen Betrieben ist laut JILCH (2007, 35) keine Verrechnung von Umsatzsteuer und Vorsteuer mit dem Finanzamt erforderlich. Ein nichtbuchführungspflichtiger Landwirt kann demnach die in Verkaufserlösen enthaltene Umsatzsteuer behalten, darf allerdings bei Einkäufen keine Vorsteuer geltend machen. Sämtliche in der vorliegenden Arbeit erwähnten Beträge sind deshalb inklusive Umsatzsteuer und Vorsteuer zu verstehen (Brutto-Beträge).

### 3.2.2. Ermittlung und Beschreibung von Planszenarien

Die Ermittlung von Planszenarien stellt die Grundlage für das Erstellen des Betriebsmodelles dar und erfolgt in zwei Schritten:

1. Ermittlung möglicher Produktionsverfahren mittels Literaturrecherche
  - a) Ermittlung prinzipiell möglicher Produktionsverfahren von Heu
  - b) Festlegung der Art der Sommerfütterung
  - c) Festlegung des Leistungsniveaus
2. Festlegung von in dieser Arbeit zu betrachtenden Produktionsverfahren in Abhängigkeit der Möglichkeiten am Beispielsbetrieb

#### Ermittlung möglicher Produktionsverfahren mittels Literaturrecherche

Abbildung 4 zeigt die Vorgehensweise bei der Literaturrecherche zur Ermittlung möglicher Produktionsverfahren. Mögliche bzw. übliche Produktionsverfahren werden bereits bei „Stand des Wissens“ im Kapitel 2.1. (Produktionsverfahren von silofreier Milch) beschrieben.

a) mögliche Verfahren laut Literatur	b) Art der Sommerfütterung			
	Weidehaltung (W)		Grünfütterung (G)	
	c) Kraftfutteranteil in der Jahresration			
	15%	25%	15%	25%
Bodentrocknung (BT)	BT 15 W	BT 25 W	BT 15 G	BT 25 G
Kaltbelüftung (KB)	KB 15 W	KB 25 W	KB 15 G	KB 25 G
Warmbelüftung (WB)	WB 15 W	WB 25 W	WB 15 G	WB 25 G
Entfeuchterrocknung (ET)	ET 15 W	ET 25 W	ET 15 G	ET 25 G

**Abbildung 4: Vorgehensweise zur Ermittlung von Planungsvarianten. Quelle: Eigene Darstellung. Gelbe Markierung:** Siehe Kapitel „Festlegung von in dieser Arbeit zu betrachtenden Produktionsverfahren in Abhängigkeit der Möglichkeiten am Beispielsbetrieb“ (folgende Seite).

Zu Punkt a): Es ergeben sich also folgende prinzipiell möglichen Produktionsverfahren für die Grundfutterproduktion:

- Bodentrocknung (BT)
- Kaltbelüftung (KB)
- Warmbelüftung (mittels Dachabsaugung bzw. Fremdheizung) (WB)
- Luftentfeuchterrocknung (ET)

Zu Punkt b):Die Produktion von silofreier Milch kann laut BIEDERMANN (2016, s.p.) entweder durch eine Ganzjahresfütterung von Heu erfolgen, jedoch lassen sich die Kosten mit einer in Sommer- und Winterperiode geteilten Fütterung erheblich reduzieren. Die Winterfütterung erfolgt in allen Fällen mit Heu, die Sommerfütterung kann dabei wahlweise durch

Grünfütterung bzw. Weidehaltung erfolgen. Aufgrund der laut BIEDERMANN (2016, s.p.) ökonomischen Nachteile einer Ganzjahresfütterung mit Heu werden keine Varianten mit diesem Fütterungssystem betrachtet. Die genannten vier Varianten können dann noch entweder mit Weidehaltung oder Grünfütterung kombiniert werden, es ergeben sich also insgesamt acht mögliche Varianten.

Zu Punkt c): Die bedarfsgerechte Fütterung von Milchkühen erfordert eine Ergänzung des Grundfutters durch Krafftutter (vgl. SPIEKERS & POTTHAST, 2004, 68). Grenzen für den Krafftuttereinsatz ergeben sich durch verschiedene tierphysiologische Faktoren, bei der Produktion von Heumilch jedoch vor allem durch das Heumilchregulativ der ARGE HEUMILCH (2017b, 1). Dieses schreibt einen maximalen Krafftuttereinsatz in der Höhe von 25 % der Jahresration vor, deshalb wird diese Grenze auch als Grundlage für die krafftutterintensiven Planszenarien angenommen. Um die verschiedenen Heutrocknungsverfahren bei einem niedrigeren Leistungsniveau ebenfalls beurteilen zu können, werden alle Varianten ebenfalls mit einem Krafftutteranteil in der Jahresration von 15 % berechnet, dies entspricht dem momentanen Krafftuttereinsatz des Beispielsbetriebes.

### **Festlegung und Beschreibung der gewählten Planszenarien in Abhängigkeit der Möglichkeiten am Beispielsbetrieb**

Schlussendlich werden die in Abbildung 4 gelb markierten Szenarien gewählt. Bei den Varianten „Warmbelüftung“ wird – weil vom Betriebsleiter nicht gewünscht – die Lufterwärmung mittels Fremdenergie ausgeschlossen, es bleibt also lediglich die Lufterwärmung mittels Dachabsaugung.

Die Varianten mit Weidehaltung scheiden aus, da für Weidehaltung eine entsprechend arrondierte Grünlandfläche in Betriebsnähe notwendig ist. Am Beispielsbetrieb ist dies nicht der Fall, es bleiben daher lediglich acht Szenarien. Da die Varianten mit Weidehaltung wegfallen, können die in Abbildung 4 vergebenen Abkürzungen etwas vereinfacht werden. Abbildung 5 zeigt die Abkürzungen, die in der weiteren Arbeit Verwendung finden:

Krafftutterintensität [% der Jahresration]		Planszenarien i	
		25	15
Produktionsverfahren k	Bodentrocknung	BT25	BT15
	Kaltbelüftung	KB25	KB15
	Warmbel. (Sonnenkollektor)	WB25	WB15
	Luftentfeuchtung	LE25	LE15

**Abbildung 5: Gewählte Planszenarien i nach Maßgabe des Beispielsbetrieb und verwendete Abkürzungen in der weiteren Arbeit**

Die Planszenarien unterscheiden sich also in der Art des Produktionsverfahrens zur Heuproduktion sowie dem Leistungsniveau. Allen Szenarien gleich ist die unterschiedliche Fütterung der Milchkühe im Sommer und im Winter. Die Länge der Sommerfutterperiode wird durch die klimatischen Gegebenheiten des Standortes bestimmt. Laut Beispielsbetrieb ist die Grünfüttererzeugung von Anfang Mai bis Ende September möglich, daher werden diese fünf Monate als Zeitraum angenommen.

### **3.2.3. Produktionsplanung**

Bei der Produktionsplanung werden sämtliche Produktionsvorgänge des Betriebes erfasst, Zusammenhänge formuliert und daraus ein Modell erstellt. Im darauffolgenden Schritt wird auf Basis dieser Planung die betriebswirtschaftliche Betrachtung durchgeführt (Details dazu siehe Kapitel 3.3.1 „Übersicht zur Berechnung der Zielgröße“).

In Abbildung 6 sind die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Produktionsplänen schematisch dargestellt, außerdem ist daraus die Verbindung der einzelnen Produktionspläne mit den Cash-Flow-Plänen ersichtlich. In den Unterkapiteln (3.2.3.1 bis 3.2.3.4) wird das methodische Vorgehen innerhalb der einzelnen Produktionspläne dann detailliert erläutert.

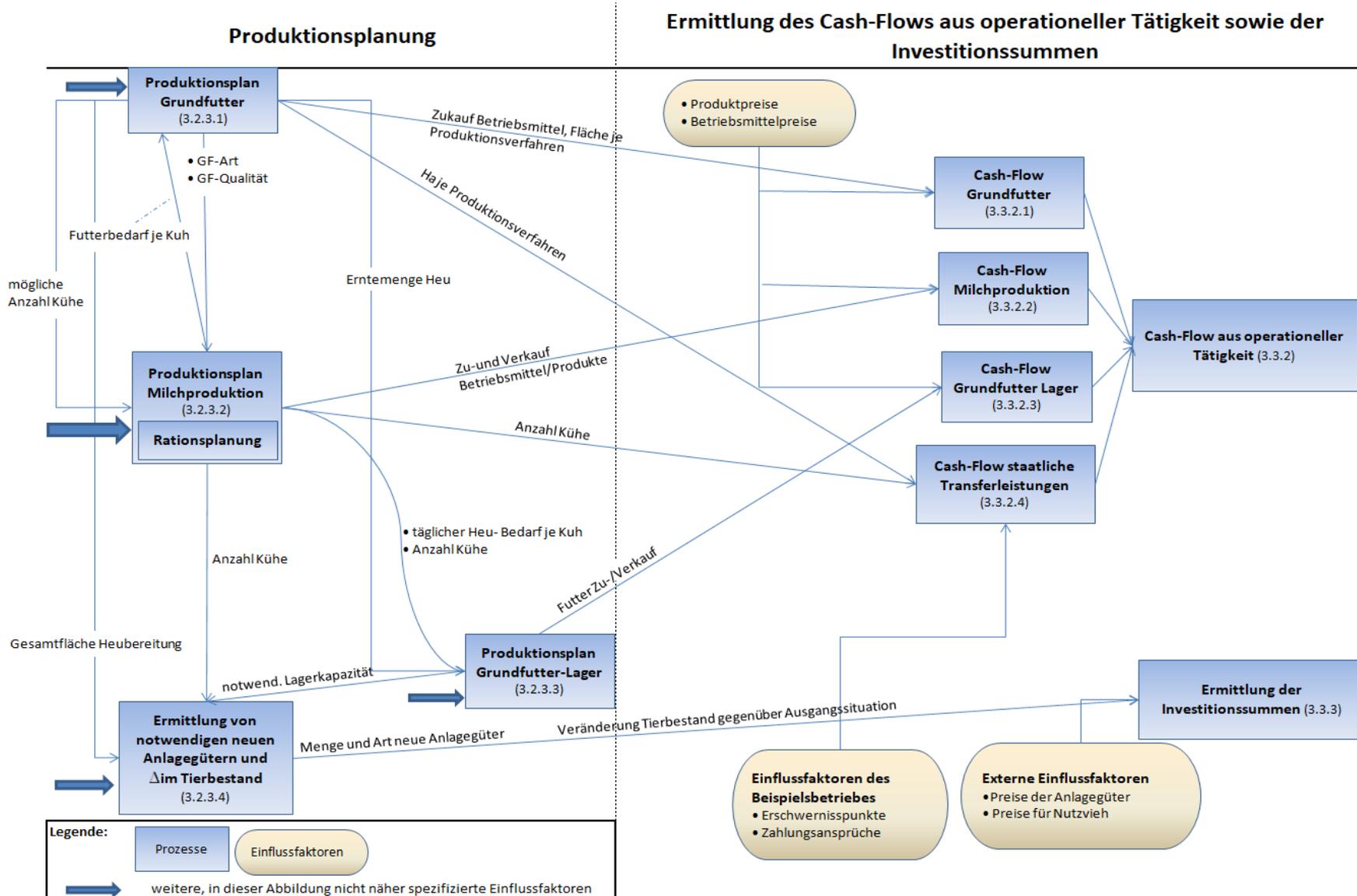


Abbildung 6: Zusammenhänge Produktionspläne und Cash-Flows der verschiedenen Bereiche + Ermittlung der Investitionssummen

### 3.2.3.1. Grundfutterproduktion

Im Produktionsplan Grundfutter werden sämtliche Vorgänge der Grundfutterproduktion erfasst. Entscheidend für das Verständnis ist die Unterscheidung zwischen Planszenario, Produktionsverfahren und Grundfuttermittel, ersichtlich in Abbildung 7:

Planszenarien	i	BT15 BT25	KB15 KB25	WB15 WB25	ET15 ET25	für alle Planszenarien	
Produktions- verfahren	k	$k_{\text{Heu}}$ $k_{\text{Eingrasen}}$	Bodentrocknung	Kaltbelüftung	Warmbelüftung	Entfeuchtertrocknung	Eingrasen
Grundfutter- mittel	j	$j_{\text{Heu}}$ $j_{\text{Grünfutter}}$	Bodenheu	Heu aus KB	Heu aus WB	Heu aus ET	Grünfutter

verwendete Indizes in Formeln

Abbildung 7: Unterscheidung Planszenario, Produktionsverfahren, Grundfuttermittel

Den Planszenarien  $i$  ( $i = \{BT15, BT25, WB15, \text{ usw.}\}$ ) werden Produktionsverfahren  $k$  ( $k = \{\text{Eingrasen sowie die verschiedenen Verfahren der Heubereitung: Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Warmbelüftung, Entfeuchtertrocknung}\}$ ) zugeordnet, das Produkt aus den Produktionsverfahren  $k$  sind schließlich die selbsterzeugten Grundfuttermittel  $j$  ( $j = \{\text{Bodenheu, Heu aus KB/WB/ET sowie Grünfutter}\}$ ). Die Zuordnung der einzelnen Produktionsverfahren zu den Planszenarien ergibt sich einerseits aus Abbildung 7 und andererseits aus der gewählten Bezeichnung (so erfolgt im Planszenario BT25 die Heuproduktion selbstverständlich mittels des Produktionsverfahrens Bodentrocknung).

Die Vorgehensweise im Produktionsplan Grundfutter ist nun in Abbildung 8 visualisiert. Die rote Linie kennzeichnet dabei den Übergang von den Produktionsverfahren  $k$  auf die Planszenarien  $i$ . In den ersten beiden Schritten werden für die fünf verschiedenen Verfahren die durchschnittlichen Nutzungszeitpunkte und darauf aufbauend die Nettoerträge an Energie und Trockenmasse bestimmt. Die Netto-Energiegehalte sind Grundlage zur Optimierung von Rationen, die Vorgehensweise dafür wird im Kapitel Rationsplanung beschrieben. Diese liefert den Bedarf an Grundfuttermitteln pro Kuh und Jahr im jeweiligen Planszenario, daraus wird zusammen mit den Netto-Trockenmasseerträgen die notwendige Fläche pro Kuh bestimmt. Darauf basierend werden die mögliche Anzahl an Kühen sowie die Fläche je Produktionsverfahren in den Planszenarien berechnet. Die Bestimmung der Gesamterntemenge an Heu sowie des Energiebedarfes zur Trocknung stellen die letzten Schritte dar, diese liefern Daten an den Produktionsplan Grundfutter-Lager sowie den Cash-Flow – Plan Grundfutter.

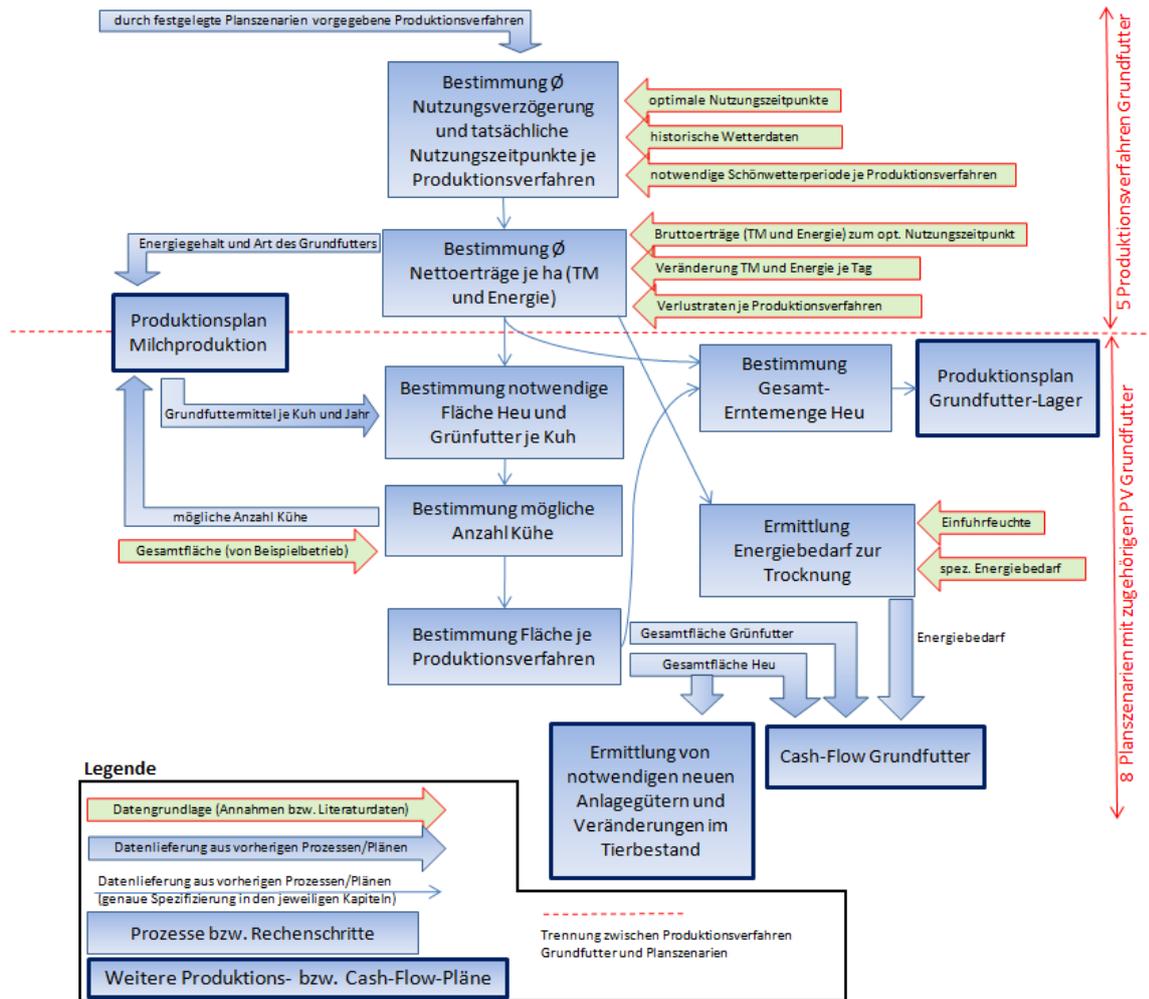


Abbildung 8: Übersicht Produktionsplanung Grundfutter

### Bestimmung Ø Nutzungsverzögerung und tatsächliche Nutzungszeitpunkte je Produktionsverfahren:

Befinden sich die Leitgräser eines Grünlandbestandes am Beginn des Ähren-Rispenschiebens, sollte die Nutzung erfolgen, es wird dann vom optimalen Nutzungszeitpunkt gesprochen (vgl. BUCHGRABER & GINDL, 2004, 60). Der Zeitpunkt des Erreichens dieses Vegetationsstadiums hängt von zahlreichen Faktoren ab (Standort, Wetterentwicklung im Frühjahr, Düngung, Pflanzenbestand, etc.) (vgl. GALLER ET AL. 2017, 9). Für die Modellbetrachtung müssen Annahmen zu optimalen Nutzungszeitpunkten getroffen werden, diese sind in Tabelle 1 ersichtlich. Diese Annahmen entsprechen den durchschnittlichen optimalen Nutzungszeitpunkten der vergangenen fünf Jahre und stammen aus Aufzeichnungen des Beispielsbetriebes.

**Tabelle 1: Annahmen zu optimalen Nutzungszeitpunkten des Grünlandes**

<b>Aufwuchs</b>	<b>optimaler Nutzungszeitpunkt</b>
1	5. Mai
2	15. Juni
3	28. Juli
4	12. September

Quelle: Annahmen in Anlehnung an den Beispielsbetrieb

Zur Produktion von Heu wird eine niederschlagsfreie Periode benötigt, deren Länge sich je nach Produktionsverfahren unterscheidet. Die dazu getroffenen Annahmen sind in Tabelle 2 ersichtlich. Die Ernte von Grünfutter erfolgt täglich und wird bei jedem Wetter durchgeführt, benötigt also keine niederschlagsfreien Tage.

**Tabelle 2: Annahmen zu benötigten niederschlagsfreien Tagen zur Ernte**

<b>Verfahren</b>	<b>Benötigte zusammenhängende niederschlagsfreie Tage zur Ernte</b>
Bodentrocknung	3
Kaltbelüftung	2
Warmbelüftung	1,5
Entfeuchterrocknung	1

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an GALLER ET AL. (2017, p.32)

Durch diesen Umstand kann eine Nutzung nicht immer zum Zeitpunkt des optimalen Nutzungszeitpunktes erfolgen. In diesem Fall wird versucht, die Ernte sobald als möglich, d.h. bei der ersten ausreichend langen, niederschlagsfreien Periode danach durchzuführen. Der Zeitpunkt des Auftretens dieser wird mittels Daten zu stündlichen Niederschlagssummen einer Wetterstation der Universität Innsbruck seit dem Jahr 1986 (ausgenommen der Jahre 1996, 1999, 2002, 2008 und 2009) (vgl. UNIVERSITÄT INNSBRUCK, 2017, s.p.) bestimmt. Dafür werden die stündlichen Niederschlagssummen für jeden Halbtage summiert. Als regenfrei gilt ein Halbtage dann, wenn die Niederschlagssumme per  $12\text{ h} \leq 1\text{ mm}$  beträgt. Im Anschluss wird für jedes Jahr und Verfahren die Differenz der Tage zwischen erstmöglichem Erntetermin und optimalem Nutzungszeitpunkt berechnet. In Abbildung 9 ist die Ermittlung der Erntegelegenheiten für das Jahr 2004 beispielhaft dargestellt, des Weiteren ist in Abbildung 10 ein etwas umfassenderer Überblick über die jeweils frühesten Erntegelegenheiten einiger ausgewählter Jahre abgebildet.

Niederschlagssumme [mm/12 h] 0:00 - 12:00 12:00 - 24:00	Früheste Erntemöglichkeit je Verfahren			
	Bodentrocknung	Kaltbelüftung	Warmbelüftung	Luftentfeuchter
05.Mai	0			
06.Mai	6,5			
07.Mai	0			
08.Mai	0			x
09.Mai	0,3			
10.Mai	0,4		x	
11.Mai	0			
12.Mai	0,3			
13.Mai	1,8		x	
14.Mai	0			
15.Mai	0			
16.Mai	10,5			
17.Mai	0	0		
18.Mai	0			
19.Mai	0			
20.Mai	0			
Differenz zum optimalen Nutzungszeitpunkt [Tage]	12	8	5	3

Abbildung 9: Erntemöglichkeiten/Verfahren des Jahres 2004. Quelle: Eigene Berechnung mit Wetterdaten der Universität Innsbruck.

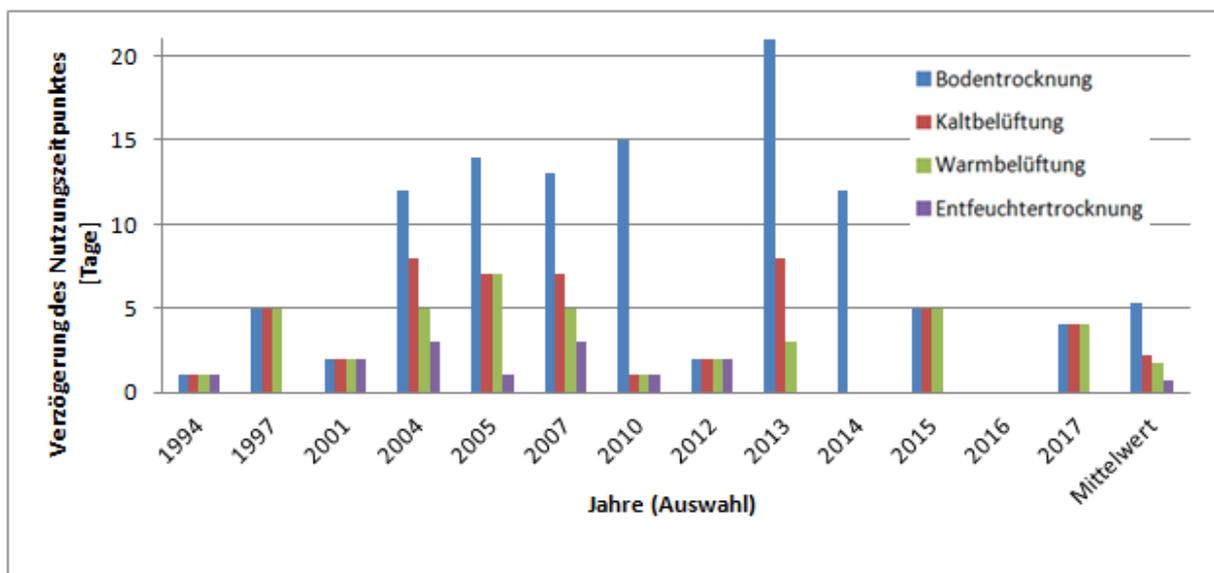


Abbildung 10: Verzögerung der Nutzungszeitpunkte beim ersten Schnitt (Tage nach dem optimalen Nutzungszeitpunkt (Annahme: 5. Mai)) je Produktionsverfahren, Auswahl an Jahren. Mittelwert aus der gesamten Datenbasis. Quelle: Eigene Darstellung mit den getroffenen Modellannahmen sowie Wetterdaten der UNIVERSITÄT INNSBRUCK (2017) der Jahre 1987-2017.

Das Ergebnis dieser Berechnungen sind die Ø Tage der verzögerten Nutzung des ersten Aufwuchses der Jahre 1987-2017 je Produktionsverfahren (siehe Tabelle 3). Diese Vergangenheitswerte werden für dieses Modell übernommen. Außerdem wird für alle weiteren Aufwüchse die Nutzungsverzögerung in derselben Höhe angenommen<sup>1</sup>.

**Tabelle 3: Ø Tage verzögerte Nutzung des ersten Aufwuchses je Produktionsverfahren**

<b>Verfahren</b>	<b>Ø Tage verzögerte Nutzung des 1. Aufwuchses, 1987-2017</b>
Bodentrocknung	5,3
Kaltbelüftung	2,2
Warmbelüftung	1,7
Entfeuchtertrocknung	0,7

**Quelle: Eigene Berechnung mit den getroffenen Modellannahmen sowie Wetterdaten der UNIVERSITÄT INNSBRUCK (2017) der Jahre 1987-2017**

Eine Verzögerung der Nutzung eines Aufwuchses hat zur Folge, dass der optimale Nutzungszeitpunkt der Folgeaufwüchse ebenfalls nach hinten verschoben wird. Bei dynamischer Betrachtung, bei der für die Tage der verzögerten Nutzung Verteilungen festgelegt werden (siehe Kapitel 3.4.3), kann folgende Situation eintreten: Durch eine Verzögerung der Nutzung bei mehreren Aufwüchsen wird der optimale Nutzungszeitpunkt des letzten Aufwuchses in den Spätherbst – und somit außerhalb der Vegetationsperiode - verschoben. Die Berücksichtigung dieses Effekts im Modell erfolgt durch eine Reduktion des Trockenmasseertrags des 4. Aufwuchses (siehe dazu Tabelle 7 auf Seite 26). Zur Berechnung dieser Reduktion ist die Ermittlung des „effektiven Nutzungszeitpunktes des 3. Aufwuchses“ ( $NZP_{Aufwuchs_n}^{effektiv}$ ) erforderlich. Die allgemeine Formulierung des  $NZP_{Aufwuchs_n}^{effektiv}$  ist in Formel 1 dargestellt:

**Formel 1: Berechnung effektiver Nutzungszeitpunkt eines Aufwuchses**

$$NZP_{Aufwuchs_n}^{effektiv} = NZP_{Aufwuchs_n}^{opt.} + \sum_{Aufwuchs=1}^n \text{Tage verzögerte Nutzung}_{Aufwuchs_n}$$

$NZP_{Aufwuchs_n}^{effektiv}$ ...	Effektiver Nutzungszeitpunkt des Aufwuchses n [Datum]
$NZP_{Aufwuchs_n}^{opt.}$	Optimaler Nutzungszeitpunkt des Aufwuchses n [Datum]
n ...	# Aufwuchs, n={1, 2, 3, 4}
$\text{Tage verzögerte Nutzung}_{Aufwuchs_n}$ ...	Tage verzögerte Nutzung je Aufwuchs (siehe Tabelle 3)

<sup>1</sup> Die Ermittlung von Erntegelegenheiten für die weiteren Schnitte wäre mit erheblichem Kostenaufwand für weitere Niederschlagsdaten verbunden.

### Bestimmung durchschnittlicher Nettoerträge/ha an Trockenmasse und Energie

Mit fortschreitendem Vegetationsstadium ändern sich im Grünland Ertrags- sowie Qualitätsparameter (vgl. BUCHGRABER & GINDL, 2004, 60). Für die Fütterung einer Milchkuh relevante Qualitätsparameter sind vor allem Energie- und Eiweißgehalte (vgl. BUCHGRABER & GINDL, 2004, 60ff). Die Erntemenge (TM-Ertrag) ist entscheidend für die mögliche Anzahl an Kühen und deshalb für ein ökonomisches Betriebsmodell ebenfalls von Bedeutung.

Für die Berechnung von Energiegehalt und Ertrag in Abhängigkeit vom Nutzungszeitpunkt sind zunächst Annahmen zur Höhe dieser Werte zum optimalen Nutzungszeitpunkt erforderlich. Die Gehalts- und Ertragswerte sind – neben dem Zeitpunkt an sich – von zahlreichen weiteren Faktoren<sup>1</sup> abhängig. Es werden deshalb folgende - in Tabelle 4 ersichtlichen – Annahmen getroffen:

**Tabelle 4: Annahmen zu Brutto-TM-Erträgen und Brutto-Energiegehalten zum optimalen Nutzungszeitpunkt**

Parameter	Wert	Quelle
Brutto-TM-Jahres-Ertrag zum optimalen Nutzungszeitpunkt [kg TM/(ha*Jahr)]	8.130	1)
Bruttoenergiegehalt zum optimalen Nutzungszeitpunkt [MJ NEL/kg TM]	6,5	2)

Quelle: 1) Resch et al. (2009, p.42) sowie 2) Beispielsbetrieb

Der angenommene Brutto-TM-Jahresertrag entspricht dem durchschnittlichen österreichischen Brutto-Ertrag für Grünland mit vier Nutzungen (vgl. RESCH ET AL., 2009, 42). Der angenommene Brutto-Energiegehalt zum optimalen Nutzungszeitpunkt entspricht einer Vorgabe des Beispielsbetriebes. Der Eiweißgehalt wird nicht in Abhängigkeit des Nutzungszeitpunktes betrachtet<sup>2</sup>, dieser wird stattdessen über eine Regressionsgleichung als abhängiger Wert des Energiegehaltes formuliert (siehe dazu Kapitel Produktionsplanung Milchvieh - Rationsplanung).

DIEPOLDER & RASCHBACHER (2008, 18), BOHNER (2003, 3) sowie BUCHGRABER & GINDL (2004, 60) quantifizieren die Änderungen von Energie und TM in den genannten Publikationen.

Da sich die Qualitäts- und Ertragsparameter in verschiedener Höhe je Aufwuchs verändern (vgl. BOHNER, 2003, 3), muss zwischen den einzelnen Aufwüchsen differenziert werden

---

<sup>1</sup> Laut BUCHGRABER & GINDL (2004, s.p.) sind – neben dem Nutzungszeitpunkt - insbesondere die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, die Wetterentwicklung und die Düngungsintensität für Ertrags- und Qualitätsparameter von Bedeutung.

<sup>2</sup> Eine Erweiterung des Modells wäre die Ermittlung des Eiweißgehaltes in Abhängigkeit des Nutzungszeitpunktes. Die gewählte Vorgangsweise wurde jedoch aus Vereinfachungsgründen gewählt und hat, wie Abschätzungen der Auswirkungen ergeben haben, keinen ausschlaggebenden Einfluss auf die Ergebnisse dieser Arbeit.

(siehe dazu Tabelle 5). Dazu ist der Anteil der einzelnen Aufwüchse am Jahresertrag notwendig, die getroffenen Annahmen stammen von KTBL (2017, 42). Die Brutto-Erntemenge zum optimalen Nutzungszeitpunkt je ha und Aufwuchs ( $gY_{Aufwuchsn}^{opt.NZ}$ ) wird also mittels Multiplikation des Jahresertrages mit dem Ertragsanteil je Aufwuchs berechnet (Tabelle 5).

**Tabelle 5: Modellannahmen zu spezifischen TM-Zuwachs- und Energie-Abnahmeraten je Tag verzögerter Nutzung nach dem optimalen Nutzungszeitpunkt je Aufwuchs**

	Trockenmasse [kg TM/(ha*Tag)]		Energie [MJ NEL/(kg TM*Tag)]		Anteil am Jahresertrag <sup>d</sup> [%]	Brutto-Ertrag je ha und Aufwuchs bei Nutzung zum optimalen Nutzungszeitpunkt <sup>e</sup> [kg TM/(ha*Schnitt)]
	Tag ≤ 10	Tag > 10	Tag ≤ 10	Tag > 10		
1. Aufwuchs	+90 <sup>a</sup>	+70 <sup>a</sup>	-0,044 <sup>b</sup>	-0,02 <sup>b</sup>	30	2.439
2. Aufwuchs	+50 <sup>a</sup>	+40 <sup>a</sup>	-0,03 <sup>c</sup>	-0,02 <sup>c</sup>	25	2.033
3. Aufwuchs	+50 <sup>a</sup>	+50 <sup>a</sup>	-0,03 <sup>c</sup>	-0,02 <sup>c</sup>	25	2.033
4. Aufwuchs	+55 <sup>a</sup>	+40 <sup>a</sup>	-0,03 <sup>c</sup>	-0,02 <sup>c</sup>	20	1.626

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten von a) BOHNER (2003, 3) b) DIEPOLDER & RASCHBACHER (2008, 18), c) in Anlehnung an BUCHGRABER & GINDL (2004, 60), d) nach KTBL (2017, p.42) sowie e) eigene Berechnung (Jahresertrag\*Anteil je Aufwuchs am Jahresertrag)

Die Differenz zwischen Brutto- und Nettoerträgen/-gehalten besteht aus der Summe der Feld- und Lagerverluste. Diese unterscheidet sich in jedem der betrachteten Grundfutter-Produktionsverfahren. Die gewählten Werte sind in Tabelle 6 ersichtlich und stammen aus den angegebenen Publikationen.

**Tabelle 6: Verfahrensspezifische Verlustraten von Trockenmasse und Energie**

Produktionsverfahren	Verluste (Feld- und Lagerverluste)	
	Trockenmasse	Energie (in der verbleibenden TM)
Bodentrocknung (BT) <sup>1</sup>	20%	16%
Kaltbelüftung (KB) <sup>1</sup>	18%	12%
Warmbelüftung (WB) <sup>1</sup>	17%	10%
Entfeuchterrocknung (ET) <sup>2</sup>	10%	10%
Grünfütterung <sup>1</sup>	5%	1%

Quellen: 1) DILGER & FAULHABER (2006, 9); 2) PÖLLINGER (2014, 8)

Der Netto-TM-Ertrag/ha ergibt sich aus der Summe der Erträge je Aufwuchs. Der Ertrag je Aufwuchs wird mittels Addition des Zuwachses aufgrund verzögerter Nutzung ( $spez. ZRTM_{Aufwuchs_n} * verz. Nutzung_{Aufwuchs_n, PV_{k_{Heu}}}$ ) zum Bruttoertrag beim optimalen Nutzungszeitpunkt des Aufwuchses ( $gY_{Aufwuchs_n}^{opt.NZ}$ ) und anschließendem Abzug der Verluste ( $VTM_{PV_{k_{Heu}}}$ ) berechnet. Beim vierten Aufwuchs erfolgt zusätzlich eine Ertragsminderung im Falle einer zu späten Nutzung des vorhergehenden Aufwuchses (siehe dazu detaillierte Beschreibung im Anschluss an die Formel). In

Formel 2 ist die mathematische Formulierung der soeben beschriebenen Berechnung dargestellt:

**Formel 2: Berechnung Netto-Trockenmasseerträge Heu**

$$nY_{GF, j_{Heu}; PV_{k_{Heu}}} = \sum_{Aufwuchs_n=1}^4 nY_{GF, j_{Heu}; PV_{k_{Heu}}, Aufwuchs_n}$$

mit **Nettoertrag der Aufwüchse n mit n = {1, 2, 3}**:

$$nY_{GF, j_{Heu}; PV_{k_{Heu}}, Aufwuchs_n} = \left( gY_{Aufwuchs_n}^{opt.NZ} + spez. ZRTM_{Aufwuchs_n} * verz. Nutzung_{Aufwuchs_n, PV_{k_{Heu}}} \right) * (1 - VTM_{PV_{k_{Heu}}})$$

sowie **Nettoertrag des vierten Aufwuchses**:

$$nY_{GF, j_{Heu}; PV_{k_{Heu}}, Aufwuchs_4} = \left( gY_{Aufwuchs_4}^{opt.NZ} + spez. ZRTM_{Aufwuchs_4} * verz. Nutzung_{Aufwuchs_4, PV_{k_{Heu}}} \right) * (1 - VTM_{PV_{k_{Heu}}}) * Ertragsminderung_{Aufwuchs_4}^{NZP_{Aufwuchs_3}^{eff}}$$

$nY_{GF, j_{Heu}; PV_{k_{Heu}}}$ ...	Nettoertrag des Grundfuttermittels $j_{Heu}$ je Produktionsverfahren $k_{Heu}$ . $j_{Heu} = \{Bodenheu, Heu \text{ aus KB/WB/ET}\}$ ; $k_{Heu} = \{BT, KB, WB, ET\}$ [kg TM/(ha*Jahr)]
$nY_{GF, j_{Heu}; PV_{k_{Heu}}, Aufwuchs_n}$ ...	Nettoertrag eines Aufwuchses n des Grundfuttermittels $j_{Heu}$ je Produktionsverfahren $k_{Heu}$ . [kg TM/(ha*Jahr)]
$gY_{Aufwuchs_n}^{opt.NZ}$ ...	Bruttoertrag (gross Yield) zum optimalen Nutzungszeitpunkt je Aufwuchs n [kg TM/(ha*Jahr)]
$spez. ZRTM_{Aufwuchs_n}$ ...	spez. tägliche Zuwachsrate an TM je Aufwuchs n, $n = \{1,2,3,4\}$ [kg TM/(ha/Tag)]
$verz. Nutzung_{Aufwuchs_n; PV_{k_{Heu}}}$ ...	verzögerte Nutzung je Aufwuchs und Produktionsverfahren $k_{Heu}$ [Tage]
$Ertragsminderung_{Aufwuchs_4}^{NZP_{Aufwuchs_3}^{eff}}$ ...	Ertragsminderung des 4. Aufwuchses in Abhängigkeit vom effektiven Nutzungszeitpunkt des 3. Aufwuchses (siehe Tabelle 7)
$VTM_{PV_{k_{Heu}}}$ ...	spez. TM-Verluste je Produktionsverfahren $k_{Heu}$ [%] (aus Tabelle 6)

Bei dynamischer Betrachtung treten Situationen auf, in denen der vierte Aufwuchs aufgrund einer verzögerten Nutzung der vorhergehenden Aufwüchse nicht mehr den vollen Ertrag bringen kann. Im Modell wird dies durch eine stufenweise Reduktion des Ertrages des vierten Aufwuchses in Abhängigkeit des effektiven Nutzungszeitpunktes des vorhergehenden (dritten) Aufwuchses berücksichtigt (siehe Formel 2). Die Berechnung des effektiven Nutzungszeitpunktes des dritten Aufwuchses wurde bereits in Formel 1 beschrieben.

Laut Aussagen des Beispielsbetriebes wurde der erwartete Ertrag des vierten Aufwuchses in den vergangenen Jahren nur erreicht, wenn die Mahd des dritten Aufwuchses vor dem 20. August erfolgte. Außerdem war bei einer Mahd des dritten Aufwuchses nach dem 7. September keine vierte Mahd mehr möglich. Daraus ergeben sich die in Tabelle 7 dargestellten Prozentsätze der Ertragsminderung des vierten Aufwuchses in Abhängigkeit des effektiven Nutzungszeitpunktes des dritten Aufwuchses:

**Tabelle 7: Angenommene Ertragsminderung beim 4. Aufwuchs infolge der Nutzungsverzögerungen der vorhergehenden Aufwüchse**

<b>3. Schnitt nach [Datum]</b>	<b>Ertragsminderung 4. Aufwuchs</b>
20.Aug	10%
22.Aug	20%
24.Aug	30%
26.Aug	40%
28.Aug	50%
30.Aug	60%
01.Sep	70%
03.Sep	80%
05.Sep	90%
07.Sep	100%

Der effektive Energiegehalt von Heu ergibt sich aus dem gewichteten Mittelwert des Brutto-Energiegehaltes der einzelnen Aufwüchse mit anschließendem Abzug der verfahrensspezifischen Energieverluste. In Formel 3 ist der Berechnungsweg dargestellt:

**Formel 3: Berechnung durchschnittliche Netto-Energiegehalte Heu je Produktionsverfahren**

$$nE_{GF\ j_{Heu};\ PV_{k_{Heu}}} = \frac{\sum_{Aufwuchs_n=1}^4 \left( gE^{opt.NZ} + spez. AR\ Energie_{Aufwuchs_n} * verz. Nutzung_{Aufwuchs_n, PV_{k_{Heu}}} \right) * nY_{GF\ j_{Heu};\ PV_{k_{Heu}}\ Aufwuchs_n}}{nY_{GF\ j_{Heu};\ PV_{k_{Heu}}} * (1 - VEnergie_{PV_{k_{Heu}}})}$$

$nE_{GF\ j_{Heu};\ PV_{k_{Heu}}}$ ...	durchschnittlicher Nettoenergiegehalt (net energy) des Grundfuttermittels $j_{Heu}$ aus dem Produktionsverfahren $k_{Heu}$ . $j_{Heu}=\{\text{Bodenheu, Heu aus KB/WB/ET}\}$ ; $k_{Heu} = \{\text{BT, KB, WB, ET}\}$ [MJ NEL/kg TM]
$gE^{opt.NZ}$ ...	Bruttoenergiegehalt (gross energy) zum optimalen Nutzungszeitpunkt [MJ NEL/kg TM]
$spez. AR\ Energie_{Aufwuchs}$ ...	spez. tägliche Abnahmerate an Energie je Aufwuchs $n$ , $n= \{1,2,3,4\}$ [MJ NEL/(kg TM*Tag)]
$verz. Nutzung_{Aufwuchs_n; PV_{k_{Heu}}}$ ...	verzögerte Nutzung je Aufwuchs und Produktionsverfahren $k_{Heu}$ [Tage]
$nY_{GF\ j_{Heu};\ PV_{k_{Heu}}\ Aufwuchs_n}$ ...	Nettoertrag eines Aufwuchses $n$ des Grundfuttermittels $j_{Heu}$ je Produktionsverfahren $k_{Heu}$ . [kg TM/(ha* Jahr)]
$VEnergie_{PV_{k_{Heu}}}$ ...	spezifische Energieverluste je Produktionsverfahren $k_{Heu}$ [%](aus Tabelle 6)

Bei der Kalkulation des Ertrages und des Energiegehaltes von Grünfutter werden keine Zuschläge bzw. Abzüge für eine verspätete Nutzung angesetzt, da dieses ohnehin - witterungsunabhängig - täglich geerntet wird. Ein Teil des Grünfutters wird also vor dem optimalen Nutzungszeitpunkt geerntet, ein Teil danach. Es wird deshalb die Annahme getroffen, dass im Schnitt der Durchschnittsertrag und –gehalt erreicht wird, die Kalkulation dazu ist in Formel 4 und Formel 5 ersichtlich.

**Formel 4: Berechnung Netto-Trockenmasseerträge Grünfutter**

$$nY_{GFj_{Grünfutter};PV_{kEingrasen}} = gY^{opt.NZ} * (1 - VTM_{PV_{kEingrasen}})$$

$nY_{GFj_{Grünfutter};PV_{kEingrasen}}$  ... Nettoertrag des Grundfuttermittels Grünfutter aus dem Produktionsverfahren Eingrasen [kg TM/(ha\*Jahr)]  
 $gY^{opt.NZ}$  ... Bruttoertrag zum optimalen Nutzungszeitpunkt [kg TM/(ha\*Jahr)]  
 $VTM_{PV_{kEingrasen}}$  ... spezifische Trockenmasseverluste beim Produktionsverfahren Eingrasen [%] (Tabelle 6)

**Formel 5: Berechnung Netto-Energiegehalte Grünfutter**

$$nE_{GFj_{Grünfutter};PV_{kEingrasen}} = gE^{opt.NZ} * (1 - VEnergie_{PV_{kEingrasen}})$$

$nE_{GFj_{Grünfutter};PV_{kEingrasen}}$  ... Nettoenergiegehalt des Grundfuttermittels Grünfutter aus dem Produktionsverfahren Eingrasen [MJ NEL/kg TM]  
 $gE^{opt.NZ}$  ... Bruttoenergiegehalt zum optimalen Nutzungszeitpunkt [kg TM/(ha\*Jahr)]  
 $VEnergie_{PV_{kEingrasen}}$  ... spezifische Energieverluste des Produktionsverfahrens Eingrasen [%] (Tabelle 6)

In Tabelle 8 sind die durch die gewählte Vorgangsweise ermittelten TM-Netto-Erträge sowie die Netto-Energiegehalte dargestellt. Mit den Energiegehaltswerten wird die Rationsoptimierung durchgeführt, die Erträge dienen als Grundlage für die weiteren Berechnungen in diesem Produktionsplan.

**Tabelle 8: Berechnete TM-Erträge und Energiegehalte je Produktionsverfahren unter Anwendung der getroffenen Modellannahmen**

<b>Verfahren</b>	<b>Netto-TM-Ertrag [kg/(ha*Jahr)]</b>	<b>Netto - Energiegehalte [MJ NEL/kg TM]</b>
Bodentrocknung	7.542	5,3
Kaltbelüftung	7.109	5,6
Warmbelüftung	7.093	5,8
Entfeuchertrocknung	7.471	5,8
Grünfutter	7.724	6,4

### Bestimmung notwendige Fläche je Kuh

Ab diesem Schritt ist erstmalig im Produktionsplan Grundfutter die Ermittlung der Werte für alle acht Planszenarien notwendig. Dazu werden Bedarfswerte an Grundfuttermitteln pro Kuh im jeweiligen Szenario verwendet, diese stammen aus dem Produktionsplan Milchproduktion (Kapitel 3.2.3.2). Die Nettoerträge an Grundfuttermitteln stammen aus dem vorigen Prozess. Der notwendige Flächenanspruch einer Kuh wird wie in Formel 6 dargestellt ermittelt:

**Formel 6: Berechnung notwendige Flächen je Produktionsverfahren je Kuh in den Szenarien**

$$A_{SZ_i}^{Kuh} = \sum_{GF_j; PV_k} \frac{Q_{SZ_i; GF_j}^{Jahr}}{nY_{PV_k; GF_j}}$$

$A_{SZ_i}^{Kuh} \dots$	Beanspruchte Fläche pro Kuh im Szenario i [ha/Kuh]
$Q_{SZ_i; GF_j}^{Jahr} *$	Jahresbedarf je Grundfuttermittel j im Szenario i pro Kuh [kg TM/(Kuh*Jahr)]
$nY_{PV_k; GF_j} \dots$	Jahres-Nettoertrag des Grundfuttermittels j im Produktionsverfahren k [kg TM/(ha*Jahr)]
$SZ_i \dots$	Planungs-Szenarien (i= BT25, KB25, WB25, ET25, BT15, KB15, WB15, ET15)
$GF_j \dots$	Grundfuttermittel (j= Heu aus BT/KB/WB/ET; Grünfutter)
$PV_k \dots$	Produktionsverfahren (k= BT, KB, WB, ET, Eingrasen)

\*aus Produktionsplan Milchvieh (Rationsplanung)

### Bestimmung mögliche Anzahl Kühe

Die mögliche Anzahl an Kühen je Planszenario ergibt sich mittels Division der Gesamtfläche durch den Flächenanspruch einer Kuh je Szenario. Die Gesamtfläche ist dabei in allen Szenarien gleich und wird vom Beispielsbetrieb vorgegeben.

**Formel 7: Berechnung mögliche Anzahl an Kühen in den Szenarien**

$$n_{SZ_i}^{Kuh} = \frac{A^{ges}}{A_{SZ_i}^{Kuh}}$$

$n_{SZ_i}^{Kuh} \dots$	mögliche Anzahl an Kühen im Szenario i
$A^{ges} \dots$	Gesamtfläche (vom Beispielsbetrieb=18 ha) [ha]
$A_{SZ_i}^{Kuh} \dots$	Beanspruchte Fläche pro Kuh im Szenario i [ha/Kuh]

### Bestimmung Fläche je Produktionsverfahren

Die Fläche je Produktionsverfahren im Szenario i wird mittels Formel 8 bestimmt:

**Formel 8: Bestimmung Gesamtfläche je Produktionsverfahren in den Szenarien**

$$A_{PV_k;SZ_i} = n_{SZ_i}^{Kuh} * A_{PV_k;SZ_i}^{Kuh}$$

$A_{PV_k;SZ_i} \dots$	Gesamtfläche eines Produktionsverfahrens im Szenario i [ha]
$n_{SZ_i}^{Kuh} \dots$	Anzahl an Kühen im Szenario i
$A_{PV_k;SZ_i}^{Kuh} \dots$	Beanspruchte Fläche je Produktionsverfahren k pro Kuh im Szenario i [ha/Kuh]

### Bestimmung Gesamterntemenge Grundfuttermittel

Die Gesamterntemenge muss für die verschiedenen Arten von Heu bestimmt werden, da diese für den Produktionsplan Grundfutter-Lager sowie für die Berechnung des Energiebedarfes zur Trocknung benötigt wird. Bei Grünfutter erfolgt weder eine Einlagerung noch eine Trocknung, deshalb ist dieser Berechnungsschritt nicht erforderlich.

**Formel 9: Bestimmung Gesamt-Erntemengen an Grundfutter je Szenario**

$$nY_{SZ_i;GFj_{Heu}}^{ges} = nY_{GFj;PV_k_{Heu}} * A_{PV_k_{Heu};SZ_i}$$

$nY_{SZ_i;GFj_{Heu}}^{ges} \dots$	Nettoertrag TM gesamtbetrieblich des Grundfuttermittels $j_{Heu}$ im Szenario i
$nY_{GFj_{Heu};PV_k} \dots$	Nettoertrag TM je ha des Grundfuttermittels $j_{Heu}$ beim Produktionsverfahren k [kg TM/(ha*Jahr)]
$A_{PV_k;SZ_i} \dots$	Gesamtfläche eines Produktionsverfahrens k im Szenario i [ha]

### Berechnung Energiebedarf Trocknung:

Bei der technischen Heutrocknung wird Fremdenergie zum Betrieb des Lüfters und des Luftentfeuchter benötigt. Der spezifische Energieverbrauch der Produktionsverfahren wird dabei in kWh je kg abzutrocknendem Wasser angegeben. Die abzutrocknende Wassermenge hängt vom Wassergehalt bei der Einfuhr sowie des gewünschten Zielwassergehaltes des zu trocknenden Materials ab (vgl. ZIMMERMANN & WERN, 2004, 26). Der gewünschte Zielwassergehalt von Heu beträgt in allen Produktionsverfahren 13 % und ist als Restwassergehalt, ab dem die Lagerfähigkeit des Heus gegeben ist, definiert (vgl. GALLER ET AL., 2017, 23). Der Wassergehalt bei der Einfuhr hingegen unterscheidet sich in jedem Produktionsverfahren. Beim Produktionsverfahren Bodentrocknung erfolgt keine technische Nachtrocknung des Heues, der Wassergehalt sollte daher bereits bei der Einfuhr 13 % betragen. Die abzutrocknende Wassermenge sowie der Gesamtenergiebedarf je Szenario<sup>1</sup> werden mittels Formel 10 und Formel 11 berechnet. Die dafür erforderlichen Annahmen sind in Tabelle 9 dargestellt.

**Tabelle 9: Modellannahmen zur Berechnung des Energiebedarfs der Trocknung**

Verfahren	spezifischer Energiebedarf <sup>1</sup> [kWh/kg Wasser]	TM-Gehalt bei Einfuhr <sup>2</sup> [%]
Kaltbelüftung	0,25	70
Warmbelüftung	0,18	65
Luftentfeuchtung	0,24	53

Quellen: 1) WIRLEITNER (2010, p.79) sowie 2) in Anlehnung an GALLER ET AL. (2017, p.24)

#### Formel 10: Berechnung abzutrocknende Wassermenge je ha

$$Q_{PV_{k_{Heu}}}^{Wasser} = nY_{PV_{k_{Heu};GF}j_{Heu}} * \frac{\% TM_{Lager} - \% TM_{Einfuhr;PV_{k_{Heu}}}}{\% TM_{Lager} * \% TM_{Einfuhr;PV_{k_{Heu}}}}$$

$Q_{PV_{k_{Heu}}}^{Wasser}$  ... abzutrocknende Wassermenge je ha beim Produktionsverfahren  $k_{Heu}$  [kg/Jahr]  
 $nY_{PV_{k_{Heu};GF}j_{Heu}}$  ... Nettoertrag in kg TM des Grundfuttermittels  $j_{Heu}$  beim Produktionsverfahren  $k_{Heu}$  [kg TM/(ha\*Jahr)]  
 $\% TM_{Lagerung}$  ... TM - Gehalt bei Einlagerung (= 87 % TM)  
 $\% TM_{Einfuhr;PV_{k_{Heu}}}$  ... TM - Gehalt bei der Einfuhr in die Trocknungsbox beim Produktionsverfahren  $k_{Heu}$

Quelle: Eigene Darstellung nach ZIMMERMANN & WERN (2004, p.26)

<sup>1</sup> Um eine Verwechslung mit Energie in Form von MJ NEL zu vermeiden, wird für den Gesamtenergiebedarf zu Trocknung die Bezeichnung Strom verwendet.

**Formel 11: Berechnung Energieverbrauch der Trocknung**

$$Q_{Strom; PV_{k_{Heu}}}^{Trocknung} = Q_{PV_{k_{Heu}}}^{Wasser} * spez. Energiebedarf_{PV_{k_{Heu}}}$$

$Q_{Strom; PV_{k_{Heu}}}^{Trocknung}$  ...

Jahresstromverbrauch zur Trocknung je ha bei Produktionsverfahren  $k_{Heu}$

$Q_{PV_{k_{Heu}}}^{Wasser}$

abzutrocknende Wassermenge beim Produktionsverfahren  $k_{Heu}$  [kg/Jahr]

$spez. Energiebedarf_{PV_{k_{Heu}}}$  ...

spezifischer Energiebedarf zur Heutrocknung des Produktionsverfahrens  $k_{Heu}$

### 3.2.3.2. Milchproduktion

Im Produktionsplan Milchproduktion werden sämtliche den Produktionsbereich der Milchviehhaltung betreffenden Vorgänge geplant. Der überwiegende Anteil entfällt dabei auf die Rationsplanung, daher wird diese im ersten Teil dieses Kapitels in einem eigenen Unterkapitel beschrieben. Im Anschluss an die Rationsplanung erfolgt die Berechnung der jährlichen Verkaufsmengen an Erzeugnissen sowie der Zukaufsmengen an Betriebsmitteln. In Abbildung 11 sind die Vorgangsweise sowie die Verbindungen des Produktionsplanes Milchvieh zu weiteren Plänen visualisiert. Die rote Linie kennzeichnet darin einen iterativen Prozess bei der Rationsplanung, dieser wird in den nächsten Seiten im Detail beschrieben.

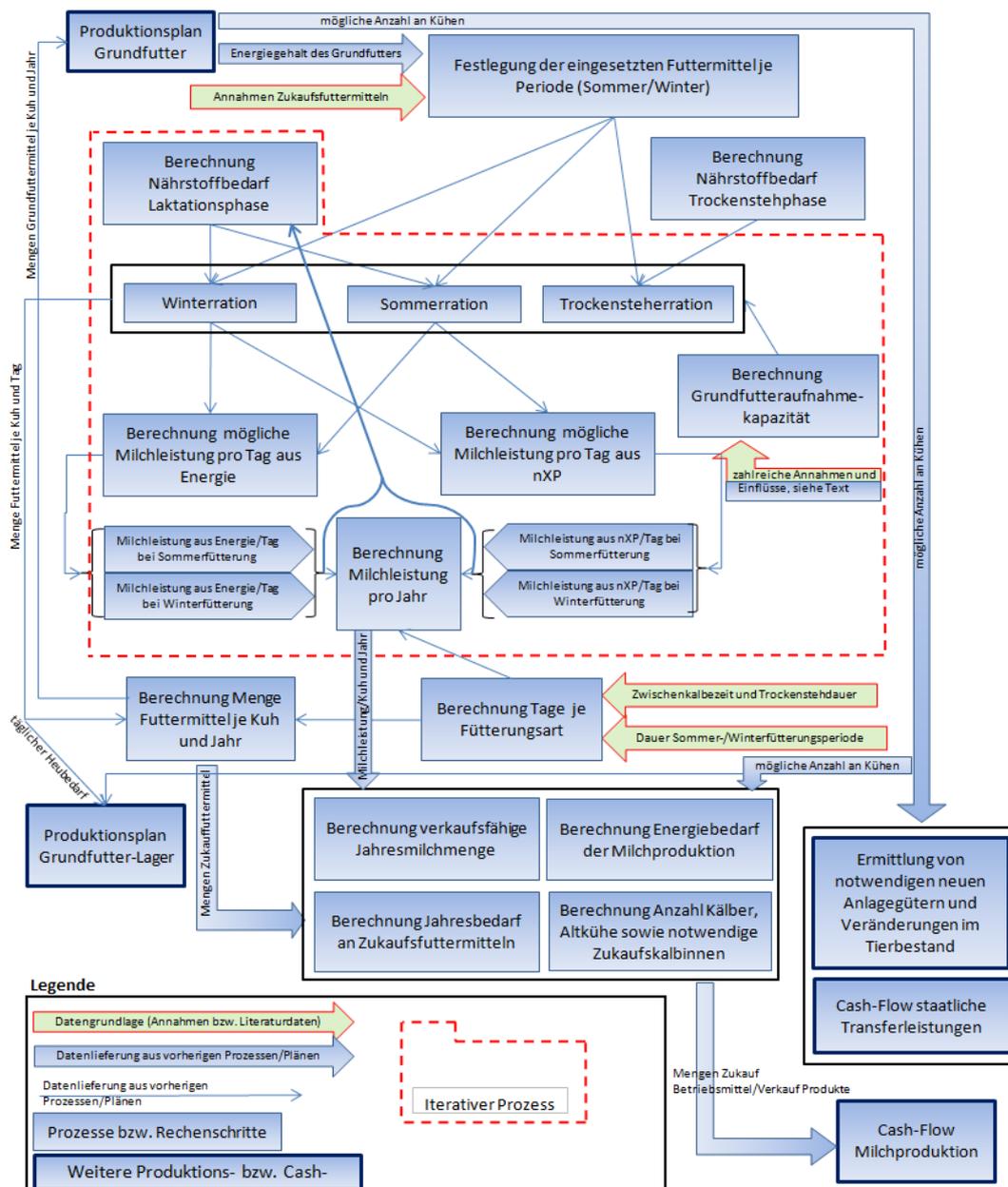


Abbildung 11: Übersicht Ablauf Produktionsplanung Milchproduktion

### Rationsplanung<sup>1</sup>:

Bei einer Rationsberechnung wird versucht, den Energie – und Nährstoffgehalt der eingesetzten Futtermengen mit dem Energie – und Nährstoffbedarf für Erhaltung und Leistung in Einklang zu bringen (vgl. KIRCHGEßNER ET AL., 2014, 394). In dieser Arbeit wird dieser Vorgang umgekehrt, also die Milchleistung in Abhängigkeit der aufgenommenen bzw. verfügbaren Nährstoffe berechnet. Dabei wird die mögliche Jahresmilchleistung in einem iterativen Prozess maximiert. In Abbildung 11 ist die Vorgehensweise zur Berechnung der Rationen sowie die Verbindungen zu weiteren Produktionsplänen dargestellt.

### Festlegung der eingesetzten Futtermittel je Periode:

Die Fütterung der Kühe erfolgt überwiegend mit eigenem Grundfutter, dessen Produktion im Produktionsplan Grundfutter beschrieben ist. Eine bedarfsgerechte Versorgung von Milchkühen erfordert jedoch neben dem Grundfutter eine entsprechende Krafftterergänzung (vgl. KIRCHGEßNER ET AL., 2014, 120 - 230). Trockenstehende Kühe hingegen haben geringe Ansprüche, deshalb wird deren Nährstoffbedarf bei der Fütterung von hochwertigem Grundfutter bereits übererfüllt (vgl. SPIEKERS & POTTHAST, 2004, 63 - 120). Es werden daher in die Rationsplanung zusätzliche Futtermittel mit einbezogen. Auf Anregung des Beispielsbetriebes wird als Kraffttermittel Triticale und als nährstoffarmes Grundfutter Weizenstroh gewählt.

Als einheitliche Bezeichnungen in den Formeln dieses Kapitels werden folgende Variablen gewählt:

- GF: Grundfuttermittel  $j = \{j_{Heu}, j_{Grünfutter}, j_{Weizenstroh}\}$
- KF: Krafftter =  $\{j_{Triticale}\}$
- Futtermittel: Alle Futtermittel =  $\{j_{Heu}, j_{Grünfutter}, j_{Weizenstroh}, j_{Triticale}\}$
- $j_{Heu}$  = Heu der verschiedenen Produktionsverfahren aus dem Produktionsplan Grundfutter. Heu={BT/KB/WB/ET}

Die eingesetzten Futtermittel werden samt ihren Inhaltsstoffen in Tabelle 10 dargestellt. Bei der Fütterung der laktierenden Kühe wird dabei zwischen einer Sommerration und einer Winterration unterschieden. Die trockenstehenden Kühe erhalten das gesamte Jahr dieselbe Ration. Die Energiegehalte des Heus und des Grünfutters werden vom Produktionsplan

---

<sup>1</sup> Sämtliche Schritte sind bei der Erstellung des Modelles zur Rationsplanung in allen Planszenarien ident. Es unterscheiden sich lediglich die Energiegehalte des Grundfuttermittels Heu. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die Anführung des Indexes  $SZ_i$  ( $i=\{BT15, BT25, WB15, WB25, \text{etc.}\}$ ) in allen Formeln, Tabellen und Abbildungen dieses einen Kapitels verzichtet (nur im Kapitel Rationsplanung). Der/die Leser/in muss sich darüber im Klaren sein, dass dieses Kapitel auf alle Planszenarien angewandt wird.

Grundfutter bereitgestellt, für Triticale und Weizenstroh beruhen sie auf Literaturwerten. Die Gehalte an nXP für Heu werden wie in der Tabelle dargestellt berechnet, die nXP-Gehalte der übrigen Futtermittel werden ebenfalls aus Literatur übernommen.

verwendete Futtermittel	Netto- Energiegehalt [MJ NEL/kg TM]	nXP-Gehalt [g nXP/kg TM]	Ration Laktationsphase		Trockensteherration
			Winter	Sommer	Winter und Sommer
Heu <sup>1</sup>	in Abhängigkeit vom Produktionsverfahren, siehe Produktionsplan Grundfutter	$= 18,409 * n_{E_{GF\ Heu}} + 22,371$ (3)	X	X (2,5 kg TM/Tag) <sup>4</sup>	X
Grünfutter <sup>1,2</sup>	6,4 <sup>(1)</sup>	140 <sup>(2)</sup>		X	
Triticale <sup>2</sup>	8,37	162	X	X	
Weizenstroh <sup>2</sup>	3,42	74			X

**Tabelle 10: Eingesetzte Futtermittel zur Rationsplanung. Quellen: Eigene Darstellung mit Daten aus 1) Produktionsplanung Grundfutter; 2) LfL (2015); 3) nXP Gehalt in Abhängigkeit des Netto-Energiegehaltes des Heus: Ermittlung mittels linearer Regression aus Daten von Resch (2013) und Resch (2014). R<sup>2</sup> = 0,6722 sowie 4) Annahme nach Spiekers & Potthast (2004).**

### Berechnung Nährstoffbedarf Laktationsphase:

Die Grundlage jeder Rationsberechnung ist die Ermittlung des täglichen<sup>1</sup> Nährstoffbedarfs einer Milchkuh. Dieser gliedert sich in den Erhaltungsbedarf sowie den Leistungsbedarf (vgl. STEINWIDDER & WURM, 2005, 29). Aus Einfachheitsgründen wird die Ration lediglich auf Basis des Energiebedarfs und des Bedarfes an nutzbarem Rohprotein (nXP) berechnet, auf die Berechnung sämtlicher weiterer Parameter wird verzichtet. Der Erhaltungsbedarf an Energie und nXP einer Milchkuh wird laut KIRCHGEßNER ET AL. (2014, 362ff) wie folgt ermittelt:

#### Formel 12: Erhaltungsbedarf einer Milchkuh

$EB\ Energie = 0,293 * LM^{0,75}$	
$EB\ nXP = 0,4 * LM + 190$	
<i>EB Energie ...</i>	Erhaltungsbedarf an Energie [MJ NEL/(Kuh*Tag)]
<i>EB nXP ...</i>	Erhaltungsbedarf an nXP [g nXP/(Kuh*Tag)]
<i>LM...</i>	Lebendmasse [kg]

**Quelle: Eigene Darstellung nach KIRCHGEßNER ET AL. (2014, 366 und 426ff).**

<sup>1</sup> Alle Nährstoffbedarfswerte werden pro Tag berechnet, deshalb wird bei diesen Berechnungen auf den Index „Tag“ verzichtet. Die Mengen an Futtermittel ( $Q_{Futtermittel}$ , siehe weiterer Verlauf der Arbeit) erfordern hingegen eine Indexierung mit Tag, Jahr, etc..

Die Formel für den Erhaltungsbedarf an nXP wurde aus vorhandenen Daten aus KIRCHGEßNER ET AL. (2014, 366) mittels linearer Regression bestimmt und versteht sich lediglich als Näherungsformel für einen Bereich von 450 – 700 kg Lebendmasse.

Der Leistungsbedarf während der Laktationsphase ist abhängig von der Höhe der Milchleistung sowie den Milch Inhaltsstoffen und wird mit folgenden Formeln errechnet (vgl. KIRCHGEßNER ET AL., 2014, 362):

**Formel 13: Leistungsbedarf pro kg Milch.**

$$LB \text{ Energie} = 0,38 * \% \text{ Fett} + 0,21 * \% \text{ Protein}$$

$$LB \text{ nXP} = 20 * \% \text{ Protein} + 17$$

*LB Energie...* Leistungsbedarf an Energie [MJ NEL/kg Milch]

*LB nXP...* Leistungsbedarf an nXP [g nXP/kg Milch]

**Quelle: LB Energie: Eigene Darstellung nach KIRCHGEßNER ET AL. (2014, p.362). LB nXP: Formel wurde mittels linearer Regression mit Daten aus KIRCHGEßNER ET AL. (2014, p.362) ermittelt**

Die Milch Inhaltsstoffe werden in der Höhe mit 4,2 % Fett sowie 3,4 % Eiweiß angenommen und sind die Durchschnittswerte der angelieferten biologischen silofreien Milch des Jahres 2016 des Milchhofes Sterzing (vgl. MILCHHOF STERZING, 2017, s.p.).

### Berechnung Nährstoffbedarf Trockenstehzeit:

In der Trockenstehphase, in der keine Milchleistung sondern die Reproduktionsleistung gefordert ist wird der Gesamtbedarf je Kuh und Tag mittels fixen Zuschlägen zum Erhaltungsbedarf berechnet. KIRCHGEBNER ET AL. (2014, 426ff) definieren dafür verschiedene Werte je Phase der Trockenstehzeit. In diesem Modell wird der Mittelwert der Zuschläge verwendet:

#### Formel 14: Berechnung Nährstoffbedarf Trockenstehzeit

$$GB\ Energie_{Trockenstehzeit} = EB\ Energie + 15$$

$$GB\ nXP_{Trockenstehzeit} = EB\ Protein + 617$$

$GB\ Energie_{Trockenstehzeit}$  ... täglicher Gesamtbedarf an Energie während der Trockenstehzeit [MJ NEL/(Kuh\*Tag)]

$GB\ nXP_{Trockenstehzeit}$  ... täglicher Gesamtbedarf an nXP während der Trockenstehzeit [g nXP/(Kuh\*Tag)]

Quelle: Eigene Darstellung nach KIRCHGEBNER ET AL. (2014, 426ff)

**Berechnung Winterration, Sommerration und Trockensteherration:**

Zentraler Punkt der Rationsberechnung ist die Formulierung der Gleichungen zur Nährstoffaufnahme der Milchkühe. Die Mengen der vorab definierten Futtermittel je Fütterungsperiode werden mit den zugehörigen Nährstoff-Gehaltswerten multipliziert. Die Summe der aufgenommenen Nährstoffe je Futtermittel ergibt dann die Gesamtaufnahme an Nährstoffen. Diese in Formel 15 abgebildeten Gleichungen werden für jede Fütterungsart  $FA = \{Sommerfütterung, Winterfütterung \text{ sowie } Trockensteherfütterung\}$  formuliert. Die Mengen an eingesetzten Futtermitteln ( $Q_{Futtermittel; FA}^{Tag}$ ) werden dabei durch einen iterativen Prozess ermittelt (dargestellt in Abbildung 11, mathematische Formulierung ab Seite 44 ).

**Formel 15: Gleichungen zur Nährstoffaufnahme**

$$Aufnahme\ Energie_{FA} = \sum_{Futtermittel} (Q_{Futtermittel; FA}^{Tag} * nE_{Futtermittel})$$

$$Aufnahme\ nXP_{FA} = \sum_{Futtermittel} (Q_{Futtermittel; FA}^{Tag} * nXP\ Gehalt_{Futtermittel})$$

$Aufnahme\ Energie_{FA} \dots$	tägliche Gesamtaufnahme an Energie einer Kuh je Fütterungsart [MJ NEL/(Kuh*Tag)]	
$Aufnahme\ nXP_{FA} \dots$	tägliche Gesamtaufnahme an nXP einer Kuh je Fütterungsart FA [MJ NEL/(Kuh*Tag)]	
$Q_{Futtermittel; FA}^{Tag} \dots$	tägliche Aufnahme je Futtermittel je Fütterungsart [kg TM/(Kuh*Tag)]	
$nE_{Futtermittel} \dots$	Netto-Energiegehalt der Futtermittels [MJ NEL/kg TM] } Werte aus Tabelle 10	
$nXP\ Gehalt_{Futtermittel} \dots$		
$Futtermittel \dots$	= {Heu, Grünfutter, Triticale, Weizenstroh} (Einsatz je Fütterungsperiode wie in Tabelle 10 definiert)	
$FA \dots$	= {Sommerfütterung, Winterfütterung, Trockensteherfütterung}	

**Berechnung Grundfutteraufnahme Kapazität:**

Der begrenzende Faktor für die Aufnahme von Grundfuttermitteln ist die Grundfutteraufnahme Kapazität. Zu deren Berechnung wird die Regressionsgleichung Nr. 2 von GRUBER ET AL. (2006, 12) herangezogen, in welche zahlreiche Parameter Einfluss nehmen (siehe Tabelle 11).

**Tabelle 11: Futteraufnahme-Schätzgleichung (Gesamtfutteraufnahme [IT], kg TM je Tag); fixe Faktoren und Koeffizienten in Abhängigkeit vom Laktationstag.**

Anwendungsbereich			getrennte Vorlage
Futtersituation			Heu etc.
Parameter	Einheit	Gleichung	Nr. 2
Intercept			-0,557
Effekt Land x Rasse		HFh [D+A]	-1,573
Effekt der Laktationszahl	n	1 2 - 3 ≥ 4	-0,767 0,261 0,000
Effekt des Laktationstages	Tag	a b c	-4,224 4,088 0,01583
<i>Modell: <math>a + b * (1 - \exp(-c * \text{Laktag}))</math></i>			
Regressionskoeffizient für Lebendmasse	kg	a b <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0,0142 -0,0000431 0,0000000763
<i>Modell: <math>a + b_1 * (\text{Laktag}) + b_2 * (\text{Laktag})^2</math></i>			
Regressionskoeffizient für Milchleistung	kg	a b <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0,0723 0,0008151 -0,000001065
<i>Modell: <math>a + b_1 * (\text{Laktag}) + b_2 * (\text{Laktag})^2</math></i>			
Regressionskoeffizient für Kraftfutter-Menge	kg TM	a b <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0,6856 -0,0021353 0,0000038023
<i>Modell: <math>a + b_1 * (\text{Laktag}) + b_2 * (\text{Laktag})^2</math></i>			
Regressionskoeffizient für Kraftfutter-Anteil	% IT	a b <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	- - -
<i>Modell: <math>a + b_1 * (\text{Laktag}) + b_2 * (\text{Laktag})^2</math></i>			
Reg.koeffizient NEL <sub>GF</sub>	MJ/kg TM	-	0,9830
Reg.koeffizient Heu	% GF	-	0,01154
Reg.koeffizient Maissilage	% GF	-	0,00699
Reg.koeffizient Grünfutter	% GF	-	0,00558
Regressionskoeffizient XP/NEL-Verhältnis	g/MJ	XP/NEL (XP/NEL) <sup>2</sup>	0,2053 -0,002266
R <sup>2</sup>	%	-	87,0
RSD	kg TM	-	1,30
CV	%	-	7,0
Korrekturfaktor	$IT_{\text{korr}} = a + b * IT_{\text{predicted}}$		$0,38 + 0,932 * IT_p$

Quelle: verändert nach GRUBER ET AL. (2006, 12)

Für die Anwendung dieser Gleichung werden folgende Annahmen getroffen:

Parameter		Angenommener Wert	Quelle
Lebendmasse [kg]		650 kg	Beispielsbetrieb
Laktationstag		mittlerer Laktationstag = Laktationsdauer/2	Beispielsbetrieb
Laktationszahl		2-3	Beispielsbetrieb
Land x Rasse		Holstein Frisian, hohes Managementniveau (HFh [D+A])	Beispielsbetrieb
XP -Gehalte (y) [g/kg TM] in	Heu	$y=2,3037*x-166,32$	Ermittelt durch lineare Regression aus Daten von Resch (2013, 3ff). $R^2= 0,6811$
Abhängigkeit vom nXP (x) [g/kg TM]	Grünfutter	$y=3,4334*x-297,19$	Ermittelt durch lineare Regression aus Daten von LfL (2015, 63). $R^2= 0,8845$
XP-Gehalte konstant [g/kg TM]	Triticale	120	laut LfL (2015, 74)
	Weizenstroh	40	laut LfL (2015, 71)
Milchleistung während Laktation		berechneter Wert	Rationsplanung
angenommene Milchleistung während Trockenstehzeit		5 kg/Tag	laut Spiekers und Potthast (2004, s.p.)

**Abbildung 12: Getroffene Annahmen zur Berechnung der Grundfutteraufnahmekapazität. Quelle: Eigene Darstellung nach den in der Abbildung angegebenen Quellen.**

### Berechnung der möglichen Milchleistung aus Energie und nXP

Die mögliche Milchleistung aus Energie bzw. nXP wird mittels Formel 16 berechnet. Diese muss auf beide Fütterungsarten während der Laktation (Sommer-/Winterfütterung) angewendet werden. Es ergeben sich somit die folgenden vier Milchleistungen nach Energie bzw. nXP sowie nach Sommer- und Winterfütterung:

- mögliche Milchleistung aus Energie bei Sommerfütterung
- mögliche Milchleistung aus nXP bei Sommerfütterung
- mögliche Milchleistung aus Energie bei Winterfütterung
- mögliche Milchleistung aus nXP bei Winterfütterung

Diese Werte fließen in einem iterativen Prozess in die Ermittlung der Nährstoff-Bedarfswerte sowie in die Grundfutteraufnahmekapazität während der Laktationsphase ein.

**Formel 16: Berechnung mögliche Milchleistung aus Energie und nXP**

$$\text{mögliche Milchleistung aus Energie}_{FA_L} = \frac{\text{Aufnahme Energie}_{FA_L} - EB \text{ Energie}}{LB \text{ Energie}}$$

$$\text{mögliche Milchleistung aus nXP}_{FA_L} = \frac{\text{Aufnahme nXP}_{FA_L} - EB \text{ nXP}}{LB \text{ nXP}}$$

$FA_L$ ...	Fütterungsart während Laktation L= {Sommerfütterung, Winterfütterung}
mögliche Milchleistung aus Energie ...	tägliche mögliche Milchleistung aus Energie [kg Milch/(Kuh*Tag)]
Aufnahme Energie...	tägliche Gesamtaufnahme an Energie aus Futtermitteln [MJ NEL/(Kuh*Tag)]
EB Energie...	täglicher Erhaltungsbedarf an Energie [MJ NEL/(Kuh*Tag)]
LB Energie...	Leistungsbedarf an Energie pro kg Milch [MJ NEL/kg Milch]
mögliche Milchleistung aus nXP ...	tägliche mögliche Milchleistung aus nXP [kg Milch/(Kuh*Tag)]
Aufnahme nXP...	tägliche Gesamtaufnahme an nXP aus Futtermitteln [g nXP/(Kuh*Tag)]
EB nXP...	täglicher Erhaltungsbedarf an nXP [g nXP/(Kuh*Tag)]
LB nXP...	Leistungsbedarf an nXP pro kg Milch [g nXP/kg Milch]

**Berechnung Tage je Fütterungsart:**

Da der Jahreszyklus einer Milchkuh nicht mit dem Kalenderjahr übereinstimmt, muss die tatsächliche Zeit je Kalenderjahr und Fütterungsperiode berechnet werden. Dazu werden in einem ersten Schritt die relativen Anteile von Laktations- und Trockenstehzeit an der Zwischenkalbezeit bestimmt (Abbildung 13):

	Laktation		Trockenstehzeit
Anteil an Zwischenkalbezeit	$\text{Anteil Laktationszeit} = \frac{ZKZ - TD}{ZKZ}$		$\text{Anteil Trockenstehzeit} = 1 - \frac{ZKZ - TD}{ZKZ}$
Fütterungsart <sup>1</sup> (FA) <small>verwendete Abk. in Formeln</small>	"Sommerfütterung"	"Winterfütterung"	"Trockensteherfütterung"
	Fütterungsart Laktation (FA <sub>L</sub> )		Fütterungsart Trockenstehzeit (FA <sub>T</sub> )
Zeitraum <sup>1</sup>	1.Mai-31.September	1.Oktober-30.April	gesamtes Jahr
Tage pro Jahr	153	212	365

ZKZ ... Zwischenkalbezeit<sup>2</sup>

TD .....Trockenstehdauer = 42Tage<sup>1</sup>

**Abbildung 13: Berechnung relative Anteile Laktations- und Trockenstehzeit an Zwischenkalbezeit. Quelle: Eigene Darstellung mit Annahmen und Daten von: 1) Beispielbetrieb sowie 2) ZUCHTDATA (2017, s.p.).**

Daraus ergeben sich unter Anwendung der Formel 17 mit den in Abbildung 13 getroffenen Annahmen die  $\emptyset$  Tage je Fütterungsperiode:

**Formel 17: Berechnung  $\emptyset$  Tage je Fütterungsart.**

$$\emptyset \text{ Tage}_{FA} = \text{Tage pro Jahr}_{FA} * \text{Anteil}_{ZKZ}$$

FA... Fütterungsart (Sommer/Winter/Trockenstehzeit)

ZKZ... Zwischenkalbezeit [Tage]

### Berechnung Milchleistung pro Jahr

Die Milchleistung einer Kuh wird in diesem Modell durch den erstlimitierenden Nährstoff (Energie oder nXP) begrenzt. Durch Multiplikation der limitierenden Leistung (siehe Formel 16) mit den Tagen je Fütterungsart ergibt sich die mögliche Leistung je Futterperiode, woraus dann durch Summation der Leistung in den Futterperioden die mögliche Jahresmilchleistung berechnet wird:

**Formel 18: Berechnung mögliche Jahresmilchleistung**

$$\text{Jahresmilchleistung} = \sum_{FA_L} \min \left( \begin{array}{l} \text{mögliche Milchleistung aus Energie}_{FA_L} \\ \text{mögliche Milchleistung aus nXP}_{FA_L} \end{array} \right) * \emptyset \text{ Tage}_{FA_L}$$

$FA_L$  ... Fütterungsart während Laktation (Sommer-/Winterration)

$\text{Tage}_{FA_L}$  ... Tage je Fütterungsart während der Laktation

### Berechnung Menge Futtermittel pro Kuh und Jahr:

Der Jahresbedarf je Futtermittel und Kuh berechnet sich mit Formel 19. Die Mengen an notwendigen Zukauffuttermitteln fließen in den Produktionsplan Milchvieh ein. Der Bedarf an selbsterzeugten Futtermitteln bildet die Grundlage zur Bestimmung der Flächenausmaße je Produktionsverfahren im Produktionsplan Grundfutter.

**Formel 19: Berechnung Jahresbedarf je Futtermittel und Kuh**

$$Q_{Futtermittel}^{Jahr} = \sum_{FA} Q_{Futtermittel;FA}^{Tag} * \emptyset Tage_{FA}$$

$Q_{Futtermittel}^{Jahr}$ ...	Jahresbedarf einer Kuh je Futtermittel [kg TM/(Kuh*Jahr)]
$Q_{Futtermittel;FA}^{Tag}$ ...	Tagesbedarf einer Kuh je Futtermittel je Fütterungsart
$FA$ ...	Fütterungsart $FA = \{\text{Sommer/Winter/Trockenstehzeit}\}$
$Futtermittel$ ...	$=\{\text{GF (Heu, Grünfutter und Weizenstroh), KF (Triticale)}\}$

**Quelle: Eigene Darstellung**

**Optimierung der Rationen mittels Solver:**

Zur Optimierung der Rationen wird das Excel Add-in *Solver* verwendet. Mit diesem Tool können Berechnungen mit mehreren Variablen und Nebenbedingungen durchgeführt werden. Dafür ist die Festlegung einer Zielzelle sowie von veränderbaren Zellen notwendig. Durch die Formulierung von Nebenbedingungen werden Beschränkungen definiert (vgl. MÜßHOFF & HIRSCHAUER, 2016, 206f). Die konkret erforderlichen Eingaben sind hier nachfolgend dargestellt:

**Zielfunktion:**

Zur Formulierung eines Entscheidungsproblems muss der Zielwert, der minimiert oder maximiert werden soll festgelegt werden (vgl. MÜßHOFF & HIRSCHAUER, 2016, p.188). Im vorliegenden Modell wird dabei die Jahresmilchleistung (Formel 18) maximiert.

**Veränderbare Inputvariablen:**

Als nächstes sind die Entscheidungsvariablen zu bestimmen (vgl. MÜßHOFF & HIRSCHAUER, 2016, 188). Im Solver werden diese als veränderbare Zellen bezeichnet. Beim hier betrachteten Entscheidungsproblem sind dies die Mengen an eingesetzten Futtermitteln (Heu, Grünfutter, Triticale, Weizenstroh) in allen Rationen (Sommer/Winter/Trockenstehzeit) (siehe Formel 15).

**Nebenbedingungen:**

Aufgrund betrieblicher Gegebenheiten, ..., natürlichen Sachverhalten sowie gesetzlichen Rahmenbedingungen werden Nebenbedingungen formuliert, die die Lösungsmöglichkeiten beschränken (vgl. MÜßHOFF & HIRSCHAUER, 2016, 188). Im vorliegenden Fall sind dies folgende:

- Begrenzung der Gesamt-Krafftuttermenge in der Jahresration (*Formel 20*)
- Begrenzung der Grundfutteraufnahme durch die Grundfutteraufnahmekapazität während jeder Fütterungsart (Sommer/Winter/Trockensteherfütterung (*Formel 21*))

- Nährstoffrestriktionen während der Trockenstehzeit (Formel 22) (während der Laktationszeit gibt es im vorliegenden Modell keine Nährstoffrestriktionen, da die Milchleistung in Abhängigkeit der aufgenommenen Nährstoffe berechnet wird)
- Fixe Menge Heu in Sommerration (Formel 23), (vgl. Spiekers & Potthast, 2004)
- Nichtnegativitätsbedingung (Formel 24)

Nachfolgend findet sich die mathematische Formulierung der Nebenbedingungen:

**Formel 20: Nebenbedingung 1: Begrenzung Kraftfuttermenge.**

$$\sum_{KF} Q_{KF}^{Jahr} - \sum_{Futtermittel} Q_{Futtermittel}^{Jahr} * Grenze\ Kraftfuttoreinsatz \leq 0$$

$\sum_{KF} Q_{KF}^{Jahr} \dots$	Kraftfuttermenge pro Kuh und Jahr [kg TM/(Kuh*Jahr)]
$\sum_{Futtermittel} Q_{Futtermittel}^{Jahr} \dots$	Gesamtfuttermenge pro Kuh und Jahr [kg TM/(Kuh*Jahr)]
<i>KF ...</i>	Kraftfutter = {Triticale}
<i>Futtermittel...</i>	={GF (Heu, Grünfutter, Weizenstroh) und KF (Triticale)}
<i>Grenze Kraftfuttoreinsatz pro Jahr ...</i>	Anteil an der Gesamtfuttermenge. Annahmen: 0,25 und 0,15 (in Abhängigkeit der festgelegten Planungsvarianten)

Die folgende Formel (Nebenbedingung zur Begrenzung der Futtermenge durch die Grundfuturaufnahmekapazität) muss für jede Fütterungsart (Sommer/Winter/Trockensteherfütterung) formuliert werden:

**Formel 21: Nebenbedingungen 2, 3 und 4: Begrenzung der Grundfuturaufnahme durch die Grundfuturaufnahmekapazität**

$$\sum_{GF} Q_{GF; FA}^{Tag} - Grundfuturaufnahmekapazität_{FA} = 0$$

$Q_{GF; FA}^{Tag} \dots$	tägliche Aufnahme Grundfutter GF je Fütterungsart FA [kg TM/Tag]
<i>Grundfuturaufnahmekapazität ...</i>	tägliche Grundfuturaufnahmekapazität [kg TM/Tag]
<i>GF...</i>	Grundfutterarten = {Heu, Grünfutter, Weizenstroh}
<i>FA...</i>	Fütterungsart = {Sommer-, Winter-, Trockensteherfütterung}

**Formel 22: Nebenbedingung 5: Nährstoffrestriktionen während der Trockenstezeit**

$$GB\ nXP_{Trockenstezeit} - Aufnahme\ nXP_{Trockenstezeit} \leq 0$$

$$GB\ Energie_{Trockenstezeit} - Aufnahme\ Energie_{Trockenstezeit} \leq 0$$

<i>GB nXP...</i>	täglicher Gesamtbedarf an nXP je Kuh [g nXP]
<i>GB Energie...</i>	täglicher Gesamtbedarf an Energie je Kuh [MJ NEL]
<i>Aufnahme nXP...</i>	tägliche Aufnahme an nXP je Kuh [g nXP]
<i>Aufnahme Energie...</i>	tägliche Aufnahme an Energie je Kuh [MJ NEL]

**Formel 23: Nebenbedingung 6: Konstante Menge Heu bei Sommerfütterung**

$$Q_{GF_{jHeu}; Sommerfütterung}^{Tag} = 2,5$$

$Q_{GF_{jHeu}; Sommerfütterung}^{Tag}$  ... Menge des Grundfutters  $GF_{jHeu}$  Heu={Heu aus BT/KB/WB/ET} in der Sommerration

Quelle: Eigene Darstellung nach SPIEKERS & POTTHAST (2004, 63)

**Formel 24: Nebenbedingung 7: Nichtnegativitätsbedingung**

$$Q_{Futtermittel; FA}^{Tag} \geq 0$$

*Futtermittel ...* Heu, Grünfütter, Triticale, Weizenstroh

**Notwendige Anpassungen für die Simulation:**

Der Energiegehalt von Heu je Produktionsverfahren ( $nEnergie_{PV_{jHeu}}$ ) wird - wie im Produktionsplan Grundfutter beschrieben - in Abhängigkeit des Nutzungszeitpunktes ermittelt. Im Rahmen der Simulation (bei der für den Nutzungszeitpunkt Wahrscheinlichkeitsverteilungen festgelegt werden, siehe dazu Kapitel 3.4.3) ändert sich der Nutzungszeitpunkt und demzufolge auch der Energiegehalt von Heu. Diese Änderung hat Auswirkungen auf die Rationszusammensetzung sowie die Milchleistung (durch eine sich ändernde Grundfutteraufnahme und Gesamtenergieaufnahme). Um bei der Simulation für jeden auftretenden Energiegehalt entsprechende Rationen in das Modell einfließen lassen zu können, wird folgender Weg gewählt:

Die Ration wird – wie beschrieben - für den berechneten Energiegehalt des Grundfuttersmittels  $GF_{J_{Heu}}$  je nach Planszenario  $SZ_i$  optimiert. Im Anschluss wird der Energiegehalt im Bereich von 4 bis 7 MJ NEL in Schritten von 0,1 MJ NEL verändert und die sich dadurch verändernden relevanten Werte in einer Matrix abgespeichert. Die sich ändernden relevanten Werte sind die Mengen an aufgenommenen Grundfuttersmitteln sowie die Milchleistung je Tag. Die Krafftuttermenge hingegen wird unter der Annahme, dass die für den berechneten Energiegehalt des Heues vorgesehene Krafftuttermenge immer gefüttert wird, konstant gehalten.

Bei der Simulation des Modells werden für jeden auftretenden Energiegehalt die zugehörigen Werte zur Grundfuttersaufnahme und zur Milchleistung ausgewählt und in den weiteren Berechnungen verwendet (mittels Excel-Funktion „SVERWEIS“). In Tabelle 12 ist eine Ergebnismatrix der Rationsgestaltung für das Planszenario KB25 beispielhaft dargestellt:

**Tabelle 12: Beispielhafte Darstellung einer Rationsmatrix für die Simulation**

Optimiert für berechneten Energiegehalt Heu 5,6 MJ NEL. Winterfütterung Heu ad lib. + 6,3 kg Triticale, Sommerfütterung Grünfütter ad lib., 2,5 kg Heu + 2,9 kg Triticale, Trockenstezeit Heu und Stroh ad lib. im Verhältnis 63:37						
Jahresanteil Krafftutter 25%; Jahresmilchleistung 8156 kg bei berechnetem Energiegehalt Heu.						
Energiegehalt Heu	Ration Laktation Winter		Ration Laktations Sommer		Trockenstezeit	
	Aufnahme Heu	Milchleistung	Aufnahme Grünfütter	Milchleistung	Aufnahme Heu	Aufnahme Stroh
[MJ NEL/kg TM]	[kg TM/Tag]	[kg/Tag]	[kg TM/Tag]	[kg/Tag]	[kg TM/Tag]	[kg TM/Tag]
4	9,2	15,9	12,3	22,7	5,8	3,5
4,1	9,4	16,4	12,4	22,8	5,9	3,5
4,2	9,6	17,0	12,4	22,9	5,9	3,5
4,3	9,8	17,5	12,4	23,1	6,0	3,6
4,4	10,0	18,1	12,5	23,2	6,1	3,6
4,5	10,1	18,7	12,5	23,4	6,2	3,7
4,6	10,3	19,3	12,5	23,5	6,2	3,7
4,7	10,5	19,9	12,5	23,6	6,3	3,8
4,8	10,7	20,5	12,6	23,8	6,4	3,8
4,9	10,9	21,1	12,6	23,9	6,4	3,8
5	11,1	21,7	12,6	24,0	6,5	3,9
5,1	11,2	22,1	12,7	24,2	6,5	3,9
5,2	11,4	22,6	12,7	24,3	6,6	3,9
5,3	11,6	23,1	12,7	24,5	6,7	4,0
5,4	11,7	23,6	12,8	24,6	6,7	4,0
5,5	11,9	24,1	12,8	24,7	6,8	4,1
5,6	12,1	24,6	12,8	24,9	6,8	4,1
5,7	12,2	25,1	12,9	25,0	6,9	4,1
5,8	12,4	25,6	12,9	25,1	7,0	4,2
5,9	12,6	26,1	12,9	25,2	7,0	4,2
6	12,7	26,7	12,9	25,3	7,1	4,2
6,1	12,9	27,2	13,0	25,4	7,1	4,2
6,2	13,1	27,7	13,0	25,5	7,2	4,3
6,3	13,2	28,3	13,0	25,6	7,2	4,3
6,4	13,4	28,8	13,1	25,7	7,3	4,3
6,5	13,5	29,4	13,1	25,8	7,3	4,4
6,6	13,7	29,9	13,1	25,9	7,4	4,4
6,7	13,8	30,5	13,1	26,0	7,4	4,4
6,8	14,0	31,1	13,2	26,1	7,5	4,5
6,9	14,2	31,7	13,2	26,2	7,5	4,5
7	14,3	32,2	13,2	26,3	7,6	4,5

## Berechnung der jährlichen Verkaufsmengen an Erzeugnissen sowie der Zukaufsmengen an Betriebsmitteln

In diesem Teil des Produktionsplanes Milchproduktion werden die Gesamt-Milchmenge sowie die Anzahl der Kälber und der Altkühe für den Verkauf berechnet. Außerdem erfolgt die Ermittlung der Mengen für notwendige Zukäufe an Futtermitteln, Kalbinnen sowie Energie. Zu- und Verkaufspositionen, die sich in den Planszenarien nicht unterscheiden werden hier nicht dargestellt, diese finden sich im Cash-Flow-Plan Milchproduktion.

Die verkaufsfähige Jahresmilchmenge einer Kuh je Szenario ergibt sich aus der Differenz der Jahresmilchleistung und der zur Verfütterung an Kälber benötigten Milch sowie sonstige nicht verkaufsfähige Milch (BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT, 2017, s.p.), dargestellt in Formel 25:

### Formel 25: Berechnung verkaufsfähige Jahresmilchmenge

$$\begin{aligned} & \text{verkaufsfähige Jahresmilchmenge}_{SZ_i} \\ &= \left( \text{Jahresmilchleistung}_{SZ_i} - \left( \text{Kälbermilch} - (\text{Kälbermilch} * \text{Kälberverluste}) \right) * \frac{365}{ZKZ} \right. \\ & \quad \left. - \text{sonstige nicht verkaufsfähige Milch} \right) * n_{SZ_i}^{Kuh} \end{aligned}$$

<i>verkaufsfähige Milchmenge</i> <sub>SZ<sub>i</sub></sub> ...	verkaufsfähige Milchmenge pro Jahr im Szenario i [kg/Jahr]
<i>Jahresmilchleistung</i> <sub>SZ<sub>i</sub></sub> ... <sup>1</sup>	Milchleistung einer Kuh im Szenario i [kg/(Kuh*Jahr)]
<i>Kälbermilch</i> ...	notwendige Milch für die Kälberaufzucht, Annahme: 21 Tage á 7 kg = 147 kg [kg/Kalb]
<i>Kälberverluste</i> ...	Anteil Kälberverluste während der ersten drei Lebenswochen [%]
<i>ZKZ</i> ...	Zwischenkalbezeit [Tage]
$\frac{365}{ZKZ}$ ...	Ø Anzahl Kälber je Kuh und Jahr [Kalb/(Kuh*Jahr)]
<i>sonstige nicht verkaufsfähige Milch</i> ...	Annahme: 100 kg [kg/(Kuh*Jahr)]
$n_{SZ_i}^{Kuh}$ ... <sup>2</sup>	Anzahl Kühe im Szenario i [Anzahl]

<sup>1</sup> aus Rationsplanung

<sup>2</sup> aus Produktionsplan Grundfutter

Alle Kälber beider Geschlechter werden im Alter von drei Wochen verkauft Die Berechnung der Anzahl der Kälber eines Geschlechtes erfolgt mittels Formel 26. Die Unterscheidung je Geschlecht ist notwendig, da sich die jeweiligen Preise unterscheiden (siehe dazu Cash-Flow-Plan Milchproduktion).

**Formel 26: Berechnung Anzahl Kälber**

$$n_{\text{Geschlecht};SZ_i}^{\text{Kalb}} = n_{SZ_i}^{\text{Kuh}} * \frac{365}{ZKZ} * (1 - \text{Kälberverluste}) * \text{Anteil}_{\text{Geschlecht}}$$

<i>Anzahl Kälber ...</i>	verkaufsfähige Kälber pro Jahr [Stück/Jahr]
<i>Geschlecht ...</i>	männlich, weiblich
<i>Kälberverluste ...</i>	Anteil Kälberverluste während der ersten drei Lebenswochen (Annahme: 5 %)
<i>Anteil<sub>Geschlecht</sub> ...</i>	Anteil männlich, Anteil weiblich (Annahme: 50% männlich, 50 % weiblich)

**Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Bundesanstalt für Agrarwirtschaft (2017)**

Die zur Bestandesergänzung notwendige Anzahl an Kalbinnen sowie die Anzahl der abgehenden Altkühe ist abhängig von der Nutzungsdauer der Milchkühe und wird mit Formel 27 berechnet:

**Formel 27: Anzahl Altkühe zum Verkauf sowie notwendiger Kalbinnen zur Bestandesergänzung**

$$n_{SZ_i}^{\text{Altkuh; Kalbin}} = \frac{n_{SZ_i}^{\text{Kuh}}}{ND^{\text{Kuh}}}$$

<i>n<sub>SZ<sub>i</sub></sub><sup>Altkuh; Kalbin</sup> ...</i>	Anzahl der abgehenden Altkühe bzw. Anzahl an benötigten Kalbinnen zur Bestandesergänzung im Szenario i
<i>ND<sup>Kuh</sup> ...</i>	durchschnittlich Nutzungsdauer der Milchkühe [Jahre]

**Quelle: Eigene Darstellung nach BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT (2017, s.p.)**

Benötigte Gesamtmengen an Zukaufsfuttermitteln werden in Formel 28 und Formel 29 berechnet:

**Formel 28: Berechnung benötigte Menge an Kraftfuttermitteln**

$$Q_{KF;SZ_i}^{\text{Jahr gesamt}} = n_{SZ_i}^{\text{Kuh}} * Q_{KF;SZ_i}^{\text{Jahr}}$$

<i>Q<sub>KF;SZ<sub>i</sub></sub><sup>Jahr gesamt</sup> ...</i>	Gesamt-Jahresbedarf an Kraftfutter (Triticale) im Szenario i
<i>Q<sub>KF;SZ<sub>i</sub></sub><sup>Jahr</sup> ...</i>	Jahresbedarf einer Kuh an Kraftfutter im Szenario i

**Formel 29: Berechnung benötigte Menge an Weizenstroh**

$$Q_{\text{Weizenstroh};SZ_i}^{\text{Jahr gesamt}} = n_{SZ_i}^{\text{Kuh}} * (Q_{\text{Weizenstroh};SZ_i}^{\text{Jahr}} + Q_{\text{Stroh zur Einstreu}}^{\text{Jahr}})$$

$Q_{\text{Weizenstroh};SZ_i}^{\text{Jahr gesamt}}$ ...	Gesamtjahresbedarf [kg TM/Jahr]
$Q_{\text{Weizenstroh};SZ_i}^{\text{Jahr}}$ ...	Jahresstrohbedarf zur Fütterung (aus Rationsplanung) [kg TM/(Kuh*Jahr)]
$Q_{\text{Stroh zur Einstreu}}^{\text{Jahr}}$ ...	Jahresstrohbedarf zur Einstreu, Annahme = 550 kg TM/(Kuh*Jahr) (Bundesanstalt für Agrarwirtschaft 2018)

Der Bedarf an elektrischem Strom der Milchproduktion umfasst laut KTBL (2014, 32) den Energiebedarf für die Kühlung der Milch sowie für den Melkvorgang und wird mittels spezifischem Energiebedarf in kWh/kg Milch angegeben. Der Gesamtstromverbrauch der Milchproduktion je Szenario i wird mittels Formel 30 bestimmt:

**Formel 30: Berechnung Energieverbrauch der Milchproduktion**

$$Q_{\text{Strom};SZ_i}^{\text{Milchproduktion}} = n_{SZ_i}^{\text{Kuh}} * \text{Jahresmilchleistung}_{SZ_i} * \text{spez. Energiebedarf}_{\text{Milchproduktion}}$$

*spez. Energiebedarf*<sub>Milchproduktion</sub> ... Annahme: 0,4 kWh/kg Milch (vgl. KTBL, 2014, 32)

Quelle: Eigene Darstellung nach KTBL (2014, 32)

### 3.2.3.3. Produktionsplan Grundfutter Lager

Für die Bereitstellung von Heu während des gesamten Jahres muss dieses nach der Ernte eingelagert werden. Hierzu ist ein Lager in entsprechender Größe erforderlich. Im ersten Abschnitt des Produktionsplanes Grundfutter-Lager werden daher die Berechnungsschritte zur Bestimmung der notwendigen Lagerkapazität je Planszenario dargestellt.

Der zweite Abschnitt dient der Darstellung von notwendigen Anpassungen des Produktionsplanes für die Monte-Carlo-Simulation. Dafür werden sämtliche Ein- und Auslagerungsvorgänge im Zeitverlauf erfasst.

In Abbildung 14 sind die durchgeführten Berechnungsschritte dargestellt:

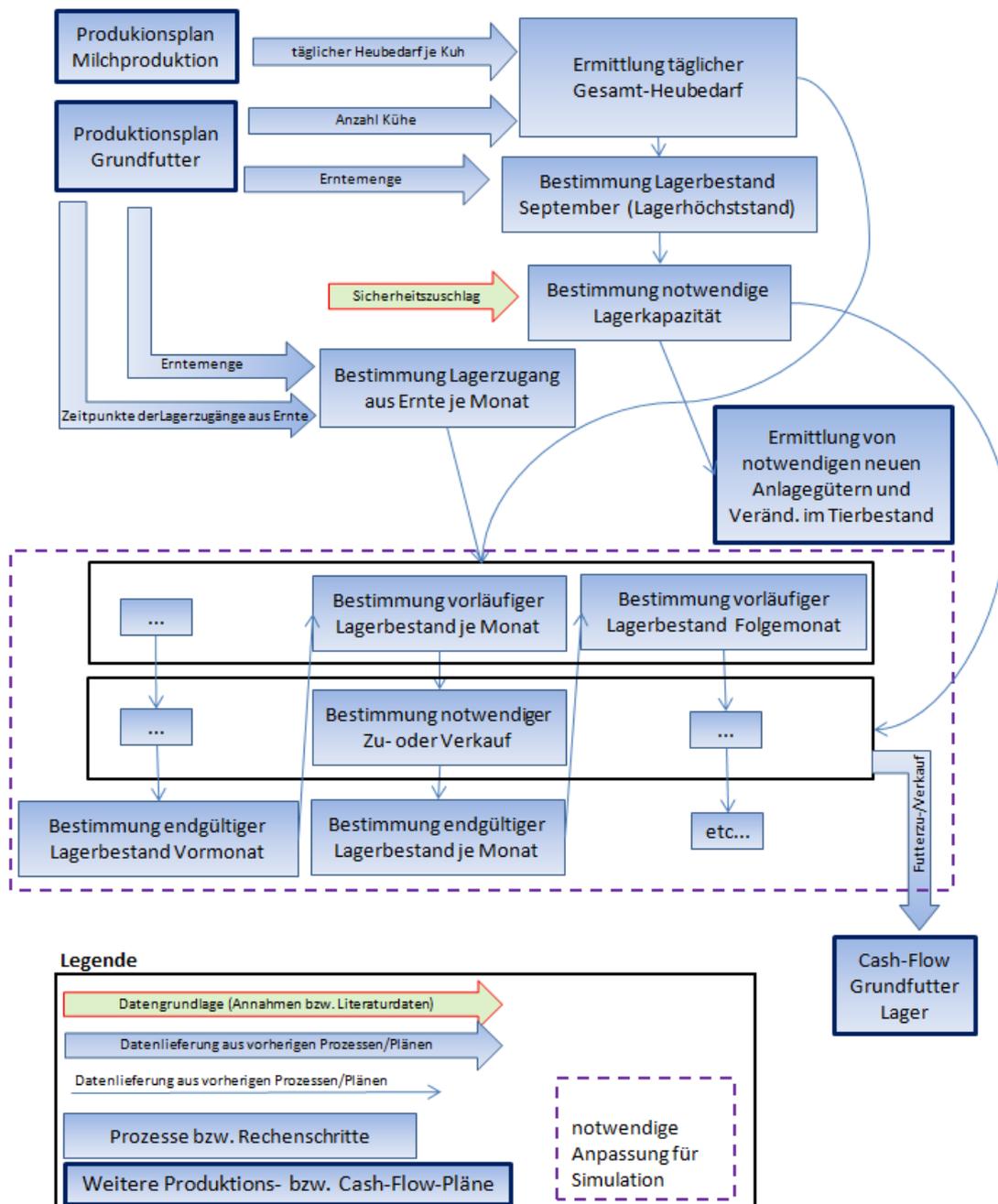


Abbildung 14: Produktionsplan Grundfutter-Lager

### Bestimmung der notwendigen Lagerkapazität je Szenario

Die Größe des Lagerraumes muss stets für den Zeitpunkt des höchsten Lagerbestandes dimensioniert werden, dieser wird in rinderhaltenden Betrieben zum Zeitpunkt der letzten Ernte erreicht. Für dieses Modell wird der Höchststand mit Ende September festgesetzt, des Weiteren wird angenommen, dass das Lager zum Zeitpunkt der ersten Ernte wieder komplett leer ist. Um Ertragsschwankungen etwas ausgleichen zu können wird ein Sicherheitszuschlag in der Höhe von 10 % kalkuliert. Die erforderliche Lagerkapazität ermittelt sich somit folgendermaßen:

#### Formel 31: notwendige Lagerkapazität

$$\text{notwendige Lagerkapazität}_{SZ_i} = \text{Lagerbestand}_{\text{September}; GF_{j_{Heu}}; SZ_i} * 1,1$$

$\text{notwendige Lagerkapazität}_{SZ_i} \dots$  notwendige Lagerkapazität im Szenario i [kg TM]

$\text{Lagerbestand}_{\text{September}; GF_{j_{Heu}}; SZ_i} \dots$  Lagerbestand an Grundfutter  $j_{Heu}$  Ende September (=Zeitpunkt des höchsten Lagerbestandes) im Szenario i [kg TM]

Der dafür notwendige Lagerbestand im September wird mittels Formel 32 bestimmt:

#### Formel 32: Ermittlung Lagerbestand September

$$\text{Lagerbestand}_{\text{September}; GF_{j_{Heu}}; SZ_i} = \sum_{\text{Monat}=\text{Mai}}^{\text{September}} (Q_{GF_{j_{Heu}}; \text{Monat}; SZ_i}^{\text{Tag}} * \text{Tage}_{\text{Monat}})$$

$\text{Lagerbestand}_{\text{September}; GF_{j_{Heu}}; SZ_i} \dots$  Lagerbestand an Grundfutter  $j_{Heu}$  im September im Szenario i

$\text{Lagerbestand}_{\text{April}; GF_{j_{Heu}}; SZ_i} \dots$  Lagerbestand an Grundfutter  $j_{Heu}$  im April im Szenario i  
Annahme: = 0

$nY_{SZ_i; GF_{j_{Heu}}}^{ges} \dots$  jährlicher Nettoertrag des Grundfuttermittels  $j_{Heu}$  im Szenario i  
[kg TM/Jahr] \*

$Q_{GF_{j_{Heu}}; \text{Monat}; SZ_i}^{\text{Tag}} \dots$  täglicher Gesamtbedarf (=täglicher Lagerabgang) des Grundfuttermittels  $j_{Heu}$  im entsprechenden Monat im Planszenario i [kg TM/Tag] -> siehe Formel 33

$\text{Tage}_{\text{Monat}} \dots$  Anzahl Tage je Monat

\*aus Produktionsplan Grundfutter

Quelle: Eigene Darstellung nach NYHUIS & WIENDAHL (1999, 232f)

Während der Monate Mai bis September erfolgt die Fütterung der laktierenden Kühe mittels Sommerration (siehe dazu Produktionsplanung Grundfutter). Der tägliche Heubedarf (=täglicher Lagerabgang) in den Sommermonaten (Mai-September) wird also aus dem Bedarf der laktierenden Kühe während der Sommerfütterung plus dem Bedarf der trockenstehenden Kühe berechnet:

**Formel 33: Ermittlung täglicher Heubedarf**

$$Q_{GFj_{Heu};MonatMai-September;SZ_i}^{Tag} = n_{SZ_i}^{Kuh} * (Q_{GFj_{Heu};Sommerfütterung;SZ_i}^{Tag} * \frac{ZKZ - TD}{ZKZ} + Q_{GFj_{Heu};Trockensteherfütterung;SZ_i}^{Tag} * (1 - \frac{ZKZ - TD}{ZKZ}))$$

$Q_{GFj_{Heu};MonatMai-September;SZ_i}^{Tag}$ ...	täglicher Gesamtbedarf (=täglicher Lagerabgang) des Grundfuttermittels $j_{Heu}$ in den Monaten Mai-September im Planszenario i [kg TM/Tag]
$n_{SZ_i}^{Kuh}$ ...	Anzahl Kühe im Szenario i
$Q_{GFj_{Heu};Sommerfütterung;SZ_i}^{Tag}$ ... *	täglicher Bedarf des Grundfuttermittels $j_{Heu}$ bei Sommerfütterung im Planszenario i [kg TM/(Kuh*Tag)]
$Q_{GFj_{Heu};Trockensteherfütterung;SZ_i}^{Tag}$ ... *	täglicher Bedarf des Grundfuttermittels $j_{Heu}$ bei Trockensteherfütterung im Planszenario i [kg TM/(Kuh*Tag)]
$ZKZ$ ...	Zwischenkalbezeit
$TD$ ...	Trockenstehdauer (42 Tage)
$\frac{ZKZ-TD}{ZKZ}$ ...	Anteil Kühe in Laktation
$1 - \frac{ZKZ-TD}{ZKZ}$ ...	Anteil Kühe in Trockenstehzeit

\* aus Produktionsplan Grundfutter

Quelle: Eigene Darstellung

Für die Monate Oktober – April wird der tägliche Heubedarf je Szenario durch dieselbe Formel berechnet, es muss lediglich  $Q_{GFj_{Heu};Sommerfütterung;SZ_i}^{Tag}$  durch  $Q_{GFj_{Heu};Winterfütterung;SZ_i}^{Tag}$  ersetzt werden. Diese Formel wird in den folgenden Schritten (notwendige Anpassung für die Simulation) noch benötigt.

### Notwendige Anpassung für die Simulation

Der Jahresertrag von Heu wird - wie im Produktionsplan Grundfutter beschrieben - in Abhängigkeit des Wetters ermittelt. Im Rahmen der Simulation (bei der Jahre mit unterschiedlichem Wetter simuliert werden, siehe dazu Kapitel 3.4.3) treten Situationen auf, in denen aufgrund von Ertragsschwankungen der Lagerbestand die Lagerkapazität übersteigt bzw. der Lagerbestand zur Deckung des Heubedarfes zur Verfütterung nicht ausreicht. In diesen Situationen wird ein Futterzukauf bzw. -verkauf getätigt. Zur Ermittlung der Mengen wird zuerst mittels Formel 34 der Lagerbestand je Monat ohne Zukaufs- bzw. Verkaufsaktivität bestimmt.

#### Formel 34: vorläufiger Lagerbestand pro Monat

$\begin{aligned} \text{vorl. Lagerbestand}_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i} \\ = \text{Lagerbestand}_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}-1; SZ_i} + \text{Lagerzugang aus Ernte}_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i} \\ - Q_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i}^{\text{Tag}} * \text{Tage}_{\text{Monat}} \end{aligned}$	
$\text{vorl. Lagerbestand}_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i} \dots$	vorläufiger Lagerbestand an Heu im Szenario i am Monatsende [kg TM]
$\text{Lagerbestand}_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}-1; SZ_i} \dots$	Lagerbestand an Heu im Szenario i am Monatsende des Vormonats [kg TM]
$\text{Lagerzugang aus Ernte}_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i} \dots$	Lagerzugang aus Ernte an Grundfutter $j_{\text{Heu}}$ im jeweiligen Monat im Szenario i -> siehe Formel 35 [kg TM]
$Q_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i}^{\text{Tag}} \dots$	täglicher Gesamtbedarf (=tägliches Lagerabgang) des Grundfutters $j_{\text{Heu}}$ im jeweiligen Monate im Szenario i [kg TM/Tag]
$\text{Tage}_{\text{Monat}} \dots$	Anzahl Tage im jeweiligen Monat

Um die Lagerzugänge aus Ernte ermitteln zu können, werden folgende Annahmen zu den Schnittzeitpunkten getroffen:

Tabelle 13: Annahmen zur Bestimmung der Lagerzugänge

Schnitt	Monat <sup>1</sup>	Anteil am Jahresertrag <sup>2</sup>
1	Mai	30%
2	Juni	25%
3	August	25%
4	September	20%

Quelle: Eigene Darstellung mit 1) Annahmen laut Beispielbetrieb sowie 2) KTBL (2017, 42)

Daraus ergibt sich der Lagerzugang aus Ernte im jeweiligen Monat:

**Formel 35: Bestimmung Lagerzugänge aus Ernte je Monat**

$\text{Lagerzugang aus Ernte}_{\text{Monat};GF_{j_{\text{Heu}}};SZ_i} = nY_{GF_{j_{\text{Heu}}};SZ_i}^{\text{ges}} * \text{Anteil am Jahresertrag}_{\text{Monat}}$	
$\text{Lagerzugang aus Ernte}_{GF_{j_{\text{Heu}}};\text{Monat};SZ_i} \dots$  $nY_{GF_{j_{\text{Heu}}};SZ_i}^{\text{ges}} \dots$  $\text{Anteil am Jahresertrag}_{\text{Monat}} \dots$	Lagerzugang aus Ernte an Grundfutter $j_{\text{Heu}}$ im jeweiligen Monat im Szenario $i$ [kg TM]  Nettoertrag TM gesamtbetrieblich des Grundfuttermittels $j_{\text{Heu}}$ im Szenario $i$ [kg TM/Jahr]  Anteil der Lagerzugänge am Jahresertrag im jeweiligen Monat (siehe Tabelle 13)

**Bestimmung Zu- und Verkaufsmengen Heu**

Beträgt der vorläufige Lagerbestand weniger als 0, wird ein Zukauf in der Höhe des zusätzlichen Bedarfes getätigt. Dabei wird aus Gründen der Vereinfachung die Annahme getroffen, dass das zugekaufte Heu die exakt selben Nährstoffgehalte wie das selbst produzierte aufweist:

**Formel 36: Bestimmung Zukaufsmenge Heu**

Wenn: $\text{vorl. Lagerbestand}_{GF_{j_{\text{Heu}}};\text{Monat};SZ_i} \leq 0 \rightarrow \text{Zukauf:}$	
$Q_{GF_{j_{\text{Heu}}};\text{Monat};SZ_i}^{\text{Zukauf}} = \left  \text{vorl. Lagerbestand}_{GF_{j_{\text{Heu}}};\text{Monat};SZ_i} \right $	
$\text{vorl. Lagerbestand}_{GF_{j_{\text{Heu}}};\text{Monat};SZ_i} \dots$  $Q_{GF_{j_{\text{Heu}}};\text{Monat};SZ_i}^{\text{Zukauf}} \dots$	vorläufiger Lagerbestand des Grundfuttermittels $j_{\text{Heu}}$ im Szenario $i$ am Monatsende [kg TM]  Menge an Zukauf des Grundfuttermittels $j_{\text{Heu}}$ im jeweiligen Monat im Szenario $i$ [kg TM]

Übersteigt der vorläufige Lagerbestand die Lagerkapazität, wird ein Verkauf der die Lagerkapazität übersteigenden Menge kalkuliert:

**Formel 37: Bestimmung Verkaufsmenge Heu**

Wenn:  $\text{vorl. Lagerbestand}_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i} > \text{Lagerkapazität}_{SZ_i} \rightarrow \text{Verkauf}$

$$Q_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i}^{\text{Verkauf}} = \text{vorl. Lagerbestand}_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i} - \text{Lagerkapazität}_{SZ_i}$$

$\text{Lagerkapazität}_{SZ_i} \dots$  Lagerkapazität im Szenario i

$Q_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i}^{\text{Verkauf}} \dots$  Menge an Verkauf des Grundfuttermittels  $j_{\text{Heu}}$  im jeweiligen Monat im Szenario i [kg TM]

Der endgültige Lagerbestand eines Monats berechnet sich schlussendlich mittels Formel 38:

**Formel 38: Bestimmung endgültiger Lagerbestand je Monat**

$\text{Lagerbestand}_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i}$

$$= \text{vorl. Lagerbestand}_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i} + Q_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i}^{\text{Zukauf}} - Q_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i}^{\text{Verkauf}}$$

Im Anschluss werden die Summen aus Zukauf sowie Verkauf aller Monate eines Jahres bestimmt, diese werden im Cash-Flow Plan Grundfutter-Lager für weitere Berechnungen benötigt:

$$Q_{GF_{j_{\text{Heu}}}; SZ_i}^{\text{Zukauf}} = \sum_{\text{Monat}} Q_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i}^{\text{Zukauf}}$$

$$Q_{GF_{j_{\text{Heu}}}; SZ_i}^{\text{Verkauf}} = \sum_{\text{Monat}} Q_{GF_{j_{\text{Heu}}}; \text{Monat}; SZ_i}^{\text{Verkauf}}$$

### 3.2.3.4. Ermittlung von notwendigen neuen Anlagegütern und Kühen

Für die in den Planszenarien definierten Produktionsverfahren sind unterschiedliche Investitionen in Anlagegüter notwendig. Einerseits werden bauliche und technische Anlagen zur Futterkonservierung und Lagerung benötigt, andererseits - nach Maßgabe der vorhandenen Stallplatzkapazität - eventuell zusätzliche Stallplätze. Außerdem bringt die unterschiedliche Anzahl an Kühen je Szenario Veränderungen im Tierbestand mit sich. In Abbildung 15 sind die durchgeführten Schritte samt deren Verbindung zu den übrigen Plänen dargestellt:

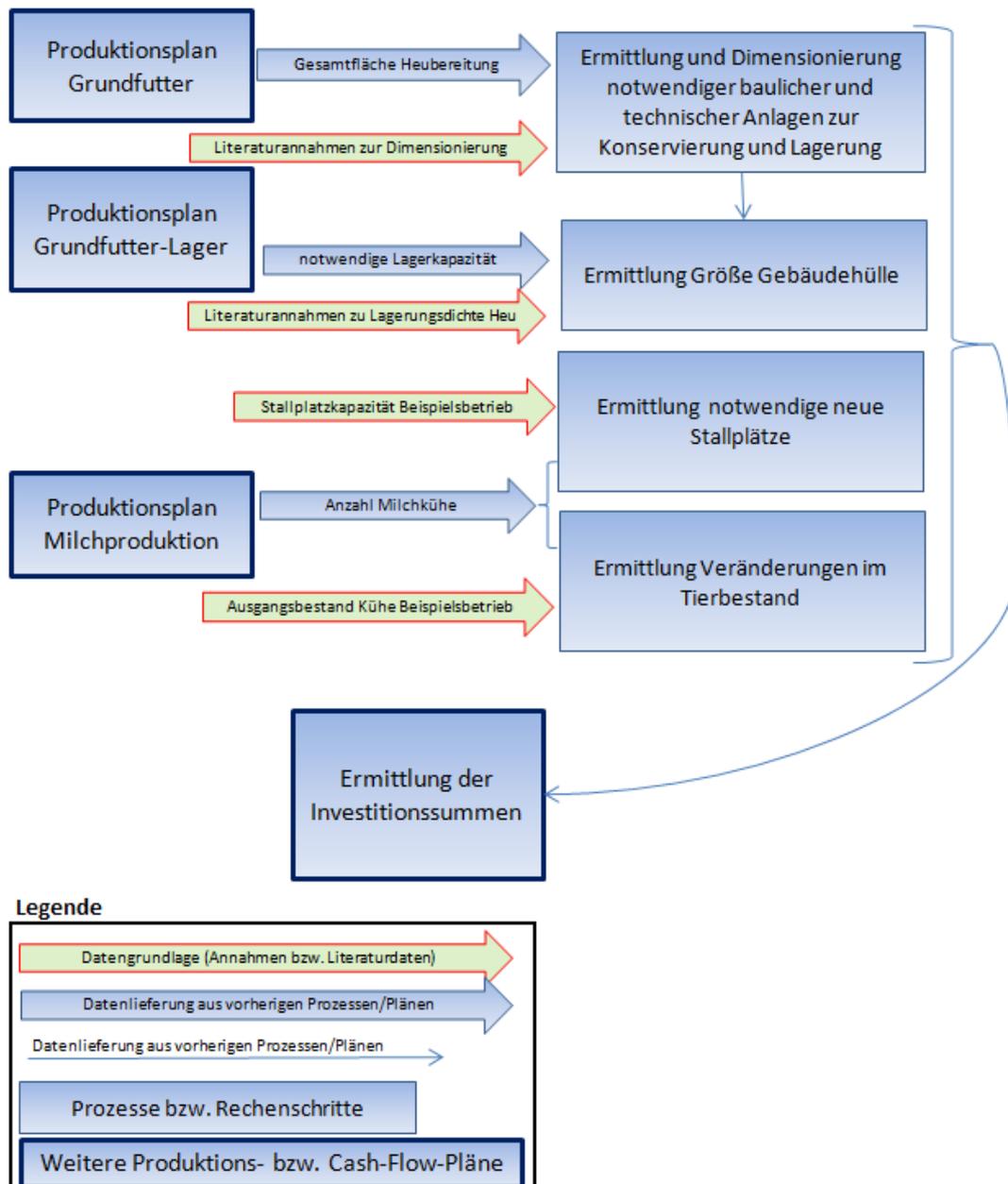


Abbildung 15: Vorgehensweise zur Ermittlung notwendiger neuer Anlagegüter sowie Veränderungen im Tierbestand

**Ermittlung und Dimensionierung notwendiger baulicher und technischer Anlagen zur Futterkonservierung und -lagerung:**

Diese Anlagen umfassen Investitionen in Gebäudehülle, Förderungstechnik, Belüftungstechnik (Gebläse), Trocknungsbox, Dachabsaugung, Luftentfeuchtungstechnik sowie Steuerungstechnik. Die Zusammensetzung unterscheidet sich je nach Produktionsverfahren Heu (und daraus in weiterer Folge je Planszenario) (siehe dazu Abbildung 16).

Anlagegüter	Produktionsverfahren Heu			
	Bodentrocknung	Kaltbelüftung	Warmbelüftung	Entfeuchtertrocknung
Gebäudehülle	x	x	x	x
Heukran	x	x	x	x
Gebläse		x	x	x
Trocknungsbox		x	x	x
Dachabsaugung			x	x
Entfeuchter				x
Steuerung		x	x	x

**Abbildung 16: Benötigte bauliche und technische Anlagen zur Futterkonservierung und – Lagerung je Produktionsverfahren**

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an KTBL (2017, 30ff)

Allen Produktionsverfahren gemeinsam ist demnach der Bedarf einer Gebäudehülle sowie eines Heukranes. Die Größe der Gebäudehülle wird in einem weiteren Schritt ermittelt und unterscheidet sich je Planszenario. Alle übrigen Anlagen werden nach den in Abbildung 17 dargestellten Daten von KTBL (2017, s.p.) näherungsweise dimensioniert und in allen Planszenarien in derselben Größe angenommen. Die Szenarien unterscheiden sich nur in der Zusammensetzung der Anlagen (laut Abbildung 16). Der Grund für diese Vorgehensweise ist wie folgt: Es finden sich in der Literatur zahlreiche verschiedene und teils widersprüchliche Angaben zur Dimensionierung von Trocknungsanlagen mit unterschiedlichsten Preisen. Außerdem unterscheiden sich laut LETTNER (2017, s.p.) Firmenangebote für Trocknungsanlagen für dieselbe Erntemenge erheblich voneinander, sowohl in der Dimensionierung der Geräte als auch in den Preisen. Unter diesen Umständen kann keine exakte Aussage zu tatsächlich benötigten Gerätegrößen und den Preisen dafür getätigt werden. Es wird deshalb auf Daten eines konkreten Beispielbetriebes einer Kalkulation in KTBL (2017, 43f) zurückgegriffen. Dieser Betrieb verfügt annähernd über dieselbe Erntemenge und -fläche wie der Beispielbetrieb in der vorliegenden Arbeit, weshalb diese Daten übernommen werden. Bei KTBL (2017, 43f) erfolgte die Dimensionierung mit den in Abbildung 17 dargestellten Parametern:

Merkmale	Einheit	Wert
Fläche Belüftungsbox je ha Erntefläche	[m <sup>2</sup> ]	10
Fläche Dachabsaugung je m <sup>2</sup> Belüftungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	3
Gebälseleistung je m <sup>2</sup> Belüftungsfläche	[kW]	0,1
Entfeuchterleistung : Gebälseleistung	[kW]	2:1

Abbildung 17: Parameter zur Dimensionierung von technischen Anlagen zur Heutrocknung. Quelle: Eigene Darstellung nach KTBL (2017, 27–50)

Die gewählten Geräte samt ihren Anschaffungspreisen sind im Plan „Ermittlung der Investitionssummen“ ersichtlich.

### Ermittlung Größe Gebäudehülle

Zur Ermittlung der Größe der Gebäudehülle wird das entsprechende Volumen der einzulagernden Menge Heu wie in Formel 39 dargestellt, berechnet. Die Belüftungsbox, die ebenfalls unter der Gebäudehülle Platz findet, dient gleichzeitig auch als Endlagerplatz. Da unter der Gebäudehülle auch technische Geräte (Gebälse, Luftentfeuchter, Heukran, Steuerung) untergebracht werden müssen, wird dafür ein Zuschlag kalkuliert.

#### Formel 39: Ermittlung Größe Gebäudehülle

$$\text{Größe Gebäudehülle}_{SZ_i} = \text{notwendige Lagerkapazität}_{SZ_i} * \frac{1}{\rho_{Heu}} * (1 + ZF)$$

*Größe Gebäudehülle*<sub>SZ<sub>i</sub></sub> ... notwendige Größe der Gebäudehülle im Szenario i [m<sup>3</sup>]

*notwendige Lagerkapazität*<sub>SZ<sub>i</sub></sub> ...\* notwendige Lagerkapazität im Szenario i [kg TM]

*ρ<sub>Heu</sub>*... Dichte von Heu. Annahme: 77,5 kg TM/m<sup>3</sup>. = Mittelwert der Dichte von loseem Heu (52 kg TM/m<sup>3</sup>) sowie etwas verdichtetem Heu (103 kg TM/m<sup>3</sup>). Quelle: DILGER & FAULHABER (2006, p.16)

*ZF*... Zuschlag für Platzbedarf von technischen Geräten (Annahme: 20%)

\* aus Produktionsplan Grundfutter-Lager

### Investitionen in zusätzliche Stallplätze:

Übersteigt die Anzahl an Kühen die vorhandene Stallkapazität, sind Investitionen in zusätzliche Stallplätze notwendig. Die erforderliche Anzahl an neuen Plätzen beträgt dabei die die vorhandenen Stallplätze übersteigende Anzahl von Kühen je Planszenario  $i$  (Formel 40). Da diese nicht zwingend ganzzahlig ist, wird die Anzahl an notwendigen zusätzlichen Stallplätzen auf die nächste ganzzahlige Zahl aufgerundet<sup>1</sup>.

#### Formel 40: Ermittlung notwendige neue Stallplätze

$$\text{Wenn: } n_{SZ_i}^{Kuh} > n^{\text{vorhandene Stallplätze}}$$
$$\rightarrow n_{SZ_i}^{\text{zusätzliche Stallplätze}} = \lceil n_{SZ_i}^{Kuh} \rceil - n^{\text{vorhandene Stallplätze}}$$

$n_{SZ_i}^{Kuh} \dots$	Anzahl Kühe je Szenario $i$
$n^{\text{vorhandene Stallplätze}} \dots$	Anzahl vorhandene Stallplätze (vom Beispielsbetrieb, = 33)
$n_{SZ_i}^{\text{zusätzliche Stallplätze}} \dots$	Anzahl notwendiger zusätzlicher Stallplätze im Szenario $i$

---

<sup>1</sup>Die Anzahl der Kühe ist nicht zwingend ganzzahlig, da Kühe unterjährig verkauft bzw. zugekauft werden können. Stallplätze können jedoch nur in ganzzahliger Anzahl errichtet werden.

### Veränderungen im Tierbestand gegenüber der Ausgangssituation<sup>1</sup>:

Die Veränderung des Tierbestandes gegenüber der Ausgangssituation je Szenario ergibt sich aus der Differenz der möglichen Anzahl von Kühen je Szenario und des Ausgangsbestandes an Kühen. Bei positiven Werten von  $n_{SZ_i}^{\Delta Kuh}$  erfolgt ein Zukauf von Kalbinnen in dieser Anzahl, bei negativen Werten ein Verkauf von Altkühen.

#### Formel 41: Berechnung Veränderungen im Tierbestand je Szenario

$$n_{SZ_i}^{\Delta Kuh} = n_{SZ_i}^{Kuh} - n^{Kuh \text{ Ausgangsbestand}}$$

Wenn:  $n_{SZ_i}^{\Delta Kuh} > 0 \rightarrow \text{Zukauf Kalbinnen} = n_{SZ_i}^{\text{Zukauf Kalbin } t_0} = n_{SZ_i}^{\Delta Kuh}$

Wenn:  $n_{SZ_i}^{\Delta Kuh} < 0 \rightarrow \text{Verkauf Altkühe} = n_{SZ_i}^{\text{Verkauf Altkuh } t_0} = |n_{SZ_i}^{\Delta Kuh}|$

$n_{SZ_i}^{\Delta Kuh} \dots$	Veränderung im Kuhbestand im Szenario i
$n_{SZ_i}^{Kuh} \dots$	Anzahl der Kühe im Szenario i
$n^{Kuh \text{ Ausgangsbestand}} \dots$	Anzahl der Kühe im Ausgangsbestand (=25 lt. Beispielsbetrieb)
$n_{SZ_i}^{\text{Zukauf Kalbin } t_0} \dots$	Anzahl an notwendigen Zukaufskalbinnen zur Aufstockung des Tierbestandes am Beginn des Planungszeitraumes (t=0) im Szenario i
$n_{SZ_i}^{\text{Verkauf Altkuh } t_0} \dots$	Anzahl an Altkühen für den Verkauf zur Reduktion des Tierbestandes am Beginn des Planungszeitraumes (t=0) im Szenario i

<sup>1</sup> Die Veränderung des Tierbestandes gegenüber der Ausgangssituation bezieht sich auf eine einmalige Veränderung zu Beginn des Planungszeitraumes. Davon sind jährliche Zu- und Abgänge an Tieren (Kalbinnen sowie Altkühe) zu unterscheiden, diese sind dem Produktionsplan Milch zugeordnet.

### **3.3. Statische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**

In diesem Kapitel erfolgt nun auf Basis der vorangegangenen Produktionsplanung die statische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die verschiedenen Planszenarien. Nach einer Übersicht über die Berechnung der interessierenden Zielgröße wird die Ermittlung der Zahlungsfolge der Investition beschrieben (Kapitel 3.3.2 Unterkapitel). Im Anschluss daran erfolgt die Finanzanlage – und Kreditplanung (Kapitel 3.3.3).

#### **3.3.1. Übersicht zur Berechnung der Zielgröße**

Kernstück der Methode bildet der Vollständige Finanzplan (VOFI). Im Gegensatz zu den klassischen Investitionsrechnungsverfahren ist der VOFI nicht formel-, sondern tabellenorientiert. Das bedeutet, dass ein VOFI die einem Investitionsobjekt zurechenbaren Zahlungen einschließlich der monetären Konsequenzen finanzieller Dispositionen in Tabellenform abbildet (vgl. GÖTZE, 2008, 119f).

Innerhalb der Investitionsrechnungsverfahren ordnet sich der VOFI zu den dynamischen Modellen mit einer Zielgröße ein (vgl. KERBL (2011, 8ff) sowie KOLLNIG, (2013, 32)).

Im VOFI werden originäre und derivate Daten unterschieden. Originäre Daten stellen die der Investition unmittelbar zurechenbaren Zahlungen dar. Dazu zählen neben der Zahlungsfolge der Investition auch der Einsatz und die Entnahme eigener Mittel. Weitere Finanzierungs- und Steuerzahlungen<sup>1</sup> stellen grundsätzlich derivate Daten dar – diese werden im Gegensatz zu den originären Zahlungen nicht exogen vorgegeben, sondern aus der Datenbasis abgeleitet. Zur Berechnung der derivaten Zahlungen müssen Werte von Parametern (z.B. Zins- und Steuersätze) exogen vorgegeben werden. Aus der Verknüpfung der originären Daten mit den Parametern der derivaten Zahlungen resultiert die Modellstruktur des VOFI's (vgl. GROB, 2006, 104f).

---

<sup>1</sup> Im Grundkonzept des VOFI's stellen Ertragssteuerzahlungen derivate Daten dar. In der vorliegenden Arbeit werden diese jedoch ebenfalls exogen vorgegeben. Damit zählen sie zu den originären Daten und werden in der Zahlungsfolge der Investition berücksichtigt. Der Grund dafür wird im Kapitel Ermittlung der Steuer- und Abgabenbelastung beschrieben.

Das Grundkonzept eines VOFI's kann in drei Schichten gegliedert werden. Diese sind die **Eingabeschicht**, die **Modellschicht** sowie die **Präsentationsschicht** (vgl. GROB, 2006, 108–115).

In der **Eingabeschicht** werden die originären Zahlungen fixiert sowie die Parameter, die für die Berechnung der derivaten Zahlungen nötig sind vorgegeben (vgl. GROB, 2006, 108). In Abbildung 18 ist der Schnittpunkt der Kapitel der vorliegenden Arbeit mit den – für den VOFI benötigten – originären Zahlungen sowie derivaten Daten ersichtlich.

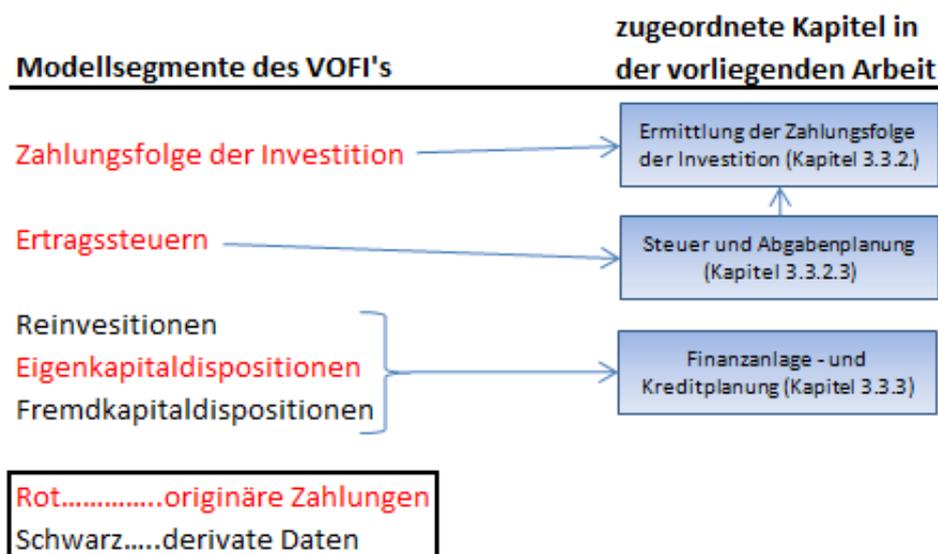


Abbildung 18: Schnittpunkt zwischen den Kapitel der vorliegenden Arbeit und den für den VOFI notwendigen originären Zahlungen und derivaten Daten. Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an GROB (2006, p.108)

In der **Modellschicht** werden diese Daten mathematisch verknüpft, um daraus die interessierende Zielgröße (= „Endwert“) zu berechnen. Folgende Schritte laufen dafür im VOFI ab (vgl. GROB. 2006, 112):

1. Übernahme der in einer Nebenrechnung detailliert ermittelten Zahlungsfolge der Investition.
2. Vorgabe des Einsatzes der zur Verfügung stehenden Eigenen Mittel.
3. Berechnung des zur Finanzierung der Anschaffungsauszahlung aufzunehmenden Kreditbetrages bzw. der Anlage überschüssiger liquider Mittel, um in  $t=0$  einen Finanzierungssaldo von null zu erreichen.
4. Notieren des Kreditbestandes bzw. des Finanzbestandes im unteren Teil des VOFI als Bestandesgröße.
5. Berechnen der Zinsen für  $t=1$  vom Bestand in  $t=0$ .

6. Ermitteln der Ertragssteuerzahlung.

7. Disponieren,

- ob der Kredit getilgt werden kann oder erweitert werden muss und/oder
- ob die Reinvestition durchgeführt werden kann und/oder
- ob der Finanzbestand aufzulösen ist.

Bei dieser finanziellen Disposition ist darauf abzielen, dass in  $t=1$  ein Finanzierungssaldo von null erreicht wird.

Dieser Prozess wird periodisch-sukzessiv bis zum Ende des Planungszeitraumes durchgeführt (vgl. GROB, 2006, 113).

Die **Präsentationsschicht** dient schließlich der Darstellung der Beweggrößen des VOFI's (siehe Abbildung 19). Während oberhalb des Finanzierungssaldos sämtliche Zahlungsströme dargestellt werden, befinden sich darunter die Bestandsgrößen (Kredit - und Finanzbestand) sowie der Bestandssaldo (Finanz - minus Kreditbestand) (vgl. GROB, 2006, 122).

**Standardschema Vollständiger Finanzplan**

Zeitpunkt $t_m, m = \{1, 2, 3, \dots, \}$	0	1	...	m
<b>Zahlungsfolge der Investition</b>				
<b>Eigene Mittel</b>				
+ Einsatz				
- Entnahmen				
<b>Annuitätenkredit</b>				
+ Aufnahme				
- Tilgung				
- Sollzinsen				
<b>Reinvestition</b>				
- Anlage				
+ Rückfluss				
+ Ertrag				
<b>Ertragssteuern</b>				
- Zahlung				
+ Erstattung				
<b>Kontokorrentkredit</b>				
+ Aufnahme				
- Tilgung				
- Sollzinsen				
<b>Finanzierungssaldo</b>	0	0	0	0
<b>Bestandsgrößen</b>				
Finanzbestand				
Kreditbestand				
Annuitätenkredit				
Kontokorrentkredit				
<b>Bestandssaldo bzw. Finanzvermögen (Finanzbestand-Kreditbestand)</b>				Endwert

Abbildung 19: Standardschema Vollständiger Finanzplan. Quelle: Eigene Darstellung nach GROB (2006, 124ff) und KERBL ET AL. (2006, 86)

Der **Bestandessaldo am Ende des Planungszeitraumes**<sup>1</sup> wird als „**Endwert**“ bezeichnet. Dies ist die gebräuchlichste Zielgröße des VOFI's (vgl. KERBL et al., 2006, 87). Laut GROB (2006, 117) ist der **Endwert** für die Formulierung einer Entscheidungsempfehlung relevant und somit der Wert, mit dem verschiedene Investitionsalternativen verglichen werden können. Im Grundkonzept eines VOFI's ist dabei stets das Ziel der Maximierung dieses Endwertes vorgesehen (vgl. GROB, 2006, 106).

Der **Endwert** ist auch die Basis für viele weitere Kennzahlen wie beispielsweise Eigenkapitalrentabilität (EKR) oder Gesamtkapitalrentabilität (GKR) (vgl. GÖTZE, 2008, 122f). Außerdem ist er auch für Betriebsleiter ohne tiefgehendes theoretisches Wissen eine gut verständliche Größe (vgl. KERBL et al., 2006, s.p.). Aufgrund der genannten Vorteile wird er als Zielwert gewählt.

### 3.3.2. Ermittlung der Zahlungsfolge der Investition

Die Höhe der Zahlungsfolge der Investition wird auf drei Arten für unterschiedliche Zeitpunkte ermittelt. Diese sind ...

- der Zeitpunkt der Investition ( $t=0$ ),
- die Jahre des laufenden Betriebs mit Ausnahme des letzten Jahres ( $t=m$ ,  $m=\{1, 2, \dots, 9\}$ ) sowie
- das letzte Jahr, in dem die Investition genutzt wird ( $t=10$ ).

Die mathematische Formulierung findet sich in den folgenden Formeln:

---

<sup>1</sup> Das Ende des Planungszeitraumes wird mit dem Pensionsantritt des Betriebsführers erreicht, dieser ist in 10 Jahren.

**Formel 42: Ermittlung der Zahlungsfolge der Investition je Periode und Szenario**

$$\text{Zahlungsfolge der Investition}_{SZ_i}^{t_0} = -I_{SZ_i}^{t_0}$$

$$\text{Zahlungsfolge der Investition}_{SZ_i}^{t_m} = CF_{SZ_i}^{\text{operationeller Tätigkeit}; t_m} - I_{SZ_i}^{t_m} - \text{Steuer und Abgabenzahlung}^{t_m}$$

$$\text{Zahlungsfolge der Investition}_{SZ_i}^{t_{10}} =$$

$$CF_{SZ_i}^{\text{operationeller Tätigkeit}; t_{10}} - I_{SZ_i}^{t_{10}} - \text{Steuer und Abgabenzahlung}^{t_{10}} + RW_{SZ_i}^{t_{10}}$$

$\text{Zahlungsfolge der Investition}_{SZ_i}^{t_0} \dots$	Zahlungsfolge der Investition je Szenario zum Zeitpunkt $t = 0$
$\text{Zahlungsfolge der Investition}_{SZ_i}^{t_m} \dots$	Zahlungsfolge der Investition je Szenario zum Zeitpunkt $t = m$
$\text{Zahlungsfolge der Investition}_{SZ_i}^{t_{10}} \dots$	Zahlungsfolge der Investition je Szenario zum Zeitpunkt $t = 10$
$t_m \dots$	Zeitpunkt $t = m$ mit $m = \{1, 2, \dots, 9\}$
$I_{SZ_i}^{t_0} \dots$	Investitionssumme zum Zeitpunkt $t_0$ im Szenario $i$
$CF_{SZ_i}^{\text{operationeller Tätigkeit}; t_m} \dots$	Cash Flow aus operationeller Tätigkeit der Periode $t = m$ im Szenario $i$
$\text{Steuer – und Abgabenzahlung}^{t_m} \dots$	Steuer- und Abgabenzahlung zum Zeitpunkt $t = m$
$RW_{SZ_i}^{t_{10}} \dots$	voraussichtlicher Restwert von Anlage- und Umlaufvermögen zum Zeitpunkt $t=10$ (Details zur Ermittlung siehe Kapitel 3.3.2.2)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an GROB (2006, 120f)

Die Details zur Berechnung des Cash-Flows aus operationeller Tätigkeit finden sich im folgenden Kapitel. Daraufhin wird die Ermittlung der Investitionssummen sowie des Restwertes im Kapitel (3.3.2.2) beschrieben. Die Höhe der Steuer –und Abgabenzahlung wird im gleichlautenden Kapitel mit der Nummer 3.3.2.3 berechnet.

### 3.3.2.1. Ermittlung des Cash-Flows aus operationeller Tätigkeit

Der Cash-Flow aus operationeller Tätigkeit je Szenario  $i$  berechnet sich aus der Summe der Cash-Flows der Bereiche Grundfutterproduktion, Milchproduktion, Grundfutter-Lager sowie staatlichen Transferleistungen abzüglich der Produktion zuzuordnenden zahlungswirksamen Fixkosten (siehe Formel 43). BUCHHOLZ & GERHARDS (2016, 32) nehmen aus Einfachheitsgründen als zahlungswirksame Fixkosten sämtliche Fixkosten außer Abschreibungen an, daher wird dieselbe Vorgehensweise gewählt. Laut Aufzeichnungen des Beispielsbetriebes betragen diese 3.207 Euro pro Jahr<sup>1</sup>.

#### Formel 43: Berechnung des Cash-Flows aus operationeller Tätigkeit

$$CF_{SZ_i}^{operationeller\ Tätigkeit;t_m} = \sum_{CFP_d} CF_{CFP_d;SZ_i}^{t_m} - zahlungswirksame\ fK^{t_m}$$

$CF_{SZ_i}^{operationeller\ Tätigkeit;t_m}$ ...	Cash Flow aus operationeller Tätigkeit der Periode (t) m im Szenario i
$t_m$ ...	Zeitpunkt m, $m=\{1, 2, 3, \dots, 10\}$
$CFP_d$ ...	Cash-Flow-Plan, $d = \{\text{Grundfutter, Milchproduktion, Grundfutter-Lager, staatl. Transferleistungen}\}$
$zahlungswirksame\ fK^{t_m}$ ...	der Produktion zuzuordnende zahlungswirksame Fixkosten des Betriebes (=3.207 Euro laut Beispielsbetrieb, in jeder Periode m)

Der Berechnungsweg in den folgenden vier Cash-Flow-Plänen ist in allen Perioden ( $t_m$ ) derselbe<sup>2</sup>. Es wird deshalb aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die Anführung des Indexes  $t_m$  verzichtet.

<sup>1</sup> Zahlungswirksame Fixkosten umfassen in diesem Fall sämtliche Versicherungen für Maschinen und Geräte, Gebäude, etc.

<sup>2</sup> In der Realität ändert sich zwar nicht der Berechnungsweg, die Betriebsmittel und Produktpreise (und somit die Datengrundlage) werden sich jedoch ändern und wahrscheinlich tendenziell steigen. Eine Vorhersage dieser Änderung ist jedoch äußerst unsicher, deshalb ist sie nicht im Modell implementiert.

### 3.3.2.1.1. Cash-Flow der Grundfutterbereitung

Zur Ermittlung des Cash-Flows der Grundfutterproduktion wird die Annahme getroffen, dass Auszahlungen je Produktionsverfahren in der Höhe der variablen Kosten des Produktionsverfahrens anfallen. Die Tatsache, dass variable Kosten nicht zwangsläufig im selben Zeitraum zu Auszahlungen führen, wird vernachlässigt<sup>1</sup>. In Formel 44 ist die Berechnung des Cash-Flows Grundfutter je Szenarios i ersichtlich.

**Formel 44: Cash-Flow Grundfutter**

$$CF_{SZ_i}^{Grundfutter} = \sum_{PV_k} (-(vK_{PV_k}^{Feld} + vK_{PV_k}^{Trocknung}) * A_{PV_k;SZ_i})$$

$CF_{SZ_i}^{Grundfutter}$ ...	Cash-Flow der Grundfutterbereitung im Szenario i
$vK_{PV_k}^{Feld}$ ...	variable Kosten des Produktionsverfahrens k am Feld
$vK_{PV_k}^{Trocknung}$ ...	variable Kosten der Trocknung des Produktionsverfahrens k
$A_{PV_k;SZ_i}$ ...	Fläche je Produktionsverfahren k im Szenario i (aus Produktionsplan Grundfutter)

Die angenommenen variablen Kosten der Feldarbeit stammen von der BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT (2018, s.p.), die Kalkulation wurde in der Anwendung „Internetdeckungsbeiträge“ durchgeführt (Annahmen siehe Tabelle 14). Unterschiede je Produktionsverfahren Heu resultieren aus der unterschiedlichen Anzahl an Zett- bzw. Wendevorgängen je Produktionsverfahren. Während beim Verfahren der Bodentrocknung vier Durchgänge je Schnitt angenommen werden, reduzieren sich diese auf drei bei Kaltbelüftung, zwei bei Warmbelüftung sowie einem bei Entfeuchtertrocknung (vgl. GALLER ET AL., 2017, s.p.). Die variablen Kosten des Produktionsverfahrens Eingrasen hingegen stammen von LFL (2018, s.p.). Die detaillierte Kalkulation der Höhe der variablen Kosten ist im Anhang ersichtlich. Die variablen Kosten der Trocknung werden laut - ebenfalls in Tabelle 14 - dargestellter Formel berechnet. Der Energieverbrauch für die Trocknung je Produktionsverfahren  $k_{Heu}$  ( $Q_{Strom;PV_{k_{Heu}}}^{Trocknung}$ ) stammt dabei aus dem Produktionsplan Grundfutter, der Energiepreis ( $p_{Strom}$ ) wird mit 0,18 €/kWh angenommen und entspricht dem aktuellen Stromtarif des Beispielsbetriebes.

<sup>1</sup> Der Großteil der variablen Kosten eines Jahres führt im selben Jahr zu Auszahlungen. Ein Beispiel für variable Kosten, die zu keinen unmittelbaren Auszahlungen führen sind Reparaturkosten von Maschinen und Geräten.

Tabelle 14: Annahmen zu variablen Kosten der Feldarbeit und der Trocknung je ha

Produktionsverfahren	Anzahl der Zettvorgänge je Schnitt <sup>1</sup>	variable Kosten Feldarbeit <sup>2,3</sup>	variable Kosten Trocknung <sup>4</sup>
Bodentrocknung	4	360 <sup>2</sup>	-
Kaltbelüftung	3	320 <sup>2</sup>	$Q_{Strom;PV_{k_{Heu}}}^{Trocknung} * p_{Strom}$
Warmbelüftung	2	280 <sup>2</sup>	
Entfeuchtertrocknung	1	240 <sup>2</sup>	
Eingrasen	-	256 <sup>3</sup>	-

Quellen: Eigene Darstellung mit Daten aus 1) GALLER ET AL. (2017, s.p.); 2) BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT (2018, s.p.); 3) LFL (2018, s.p.) sowie 4) eigene Darstellung

### 3.3.2.1.2. Cash-Flow Milchproduktion

Der Cash-Flow der Milchproduktion je Szenario wird mit Formel 45 berechnet. Auch hier werden als Auszahlungen die variablen Kosten der Milchproduktion angenommen.

Formel 45: Cash-Flow Milchproduktion je Szenario i

$$CF_{SZ_i}^{Milchproduktion} = Erlöse_{SZ_i}^{Milchproduktion} - vK_{SZ_i}^{Milchproduktion}$$

$CF_{SZ_i}^{Milchproduktion}$ ...	Cash-Flow der Milchproduktion im Szenario i
$Erlöse_{SZ_i}^{Milchproduktion}$ ...	Erlöse der Milchproduktion im Szenario i
$vK_{SZ_i}^{Milchproduktion}$ ...	variable Kosten der Milchproduktion im Szenario i

Die Erlöse (=Einzahlungen) der Milchproduktion umfassen Erlöse aus Milchverkauf, Kälberverkauf sowie dem Verkauf von Altkühen (vgl. BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT, 2018, s.p.). Deren Höhe wird in Formel 46 ermittelt. Als variable Kosten (=Auszahlungen) werden Kosten für Krafftutter, Stroh, Kalbinnen zu Bestandesergänzung, Energie sowie sonstige variable Kosten veranschlagt, diese sind in Formel 47 dargestellt. In Tabelle 15 finden sich schlussendlich die angenommenen Produkt- sowie Betriebsmittelpreise.

**Formel 46: Erlöse der Milchproduktion je Szenario i**

$$\begin{aligned}
 \text{Erlöse}_{SZ_i}^{\text{Milchproduktion}} &= \text{verkaufsfähige Jahresmilchmenge}_{SZ_i} * p_{\text{Milch}} + n_{SZ_i}^{\text{Altkuh}} * p_{\text{Altkuh}} \\
 &+ \sum_{\text{Geschlecht}} n_{\text{Geschlecht};SZ_i}^{\text{Kalb}} * p_{\text{Kalb}; \text{Geschlecht}}
 \end{aligned}$$

$\text{Erlöse}_{SZ_i}^{\text{Milchproduktion}}$ ...	Erlöse aus Milchproduktion im Szenario i
$\text{verkaufsfähige Jahresmilchmenge}_{SZ_i}$ ...	verkaufsfähige Jahresmilchmenge im Szenario i
$n_{SZ_i}^{\text{Altkuh}}$ ...	Anzahl an verkaufsfähigen Altkühen im Szenario i
$n_{\text{Geschlecht};SZ_i}^{\text{Kalb}}$ ...	Anzahl an verkaufsfähigen Kälbern je Geschlecht im Szenario i
$p_{\text{Milch}}$ ...	Milchpreis
$p_{\text{Altkuh}}$ ...	Altkuhpreis
$p_{\text{Kalb}; \text{Geschlecht}}$ ...	Kälberpreis je Geschlecht

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT (2018, s.p.)

**Formel 47: variable Kosten der Milchproduktion je Szenario i**

$$\begin{aligned}
 vK_{SZ_i}^{\text{Milchproduktion}} &= Q_{KF;SZ_i}^{\text{Jahr gesamt}} * p_{KF} + Q_{\text{Weizenstroh};SZ_i}^{\text{Jahr gesamt}} * p_{\text{Weizenstroh}} + Q_{\text{Energie};SZ_i}^{\text{Milchproduktion}} * p_{\text{Strom}} + n_{SZ_i}^{\text{Kalbinnen}} \\
 &* p_{\text{Kalbin}} + n_{SZ_i}^{\text{Kuh}} * (AZ^{\text{AusbringungWirtschaftsdünger}} + \text{sonst. } vK)
 \end{aligned}$$

$vK_{SZ_i}^{\text{Milchproduktion}}$ ...	variable Kosten der Milchproduktion im Szenario i
$Q_{KF;SZ_i}^{\text{Jahr gesamt}}$ ...	Bedarf an Kraftfutter im Szenario i
$Q_{\text{Weizenstroh};SZ_i}^{\text{Jahr gesamt}}$ ...	Bedarf an Weizenstroh im Szenario i
$Q_{\text{Energie};SZ_i}^{\text{Milchproduktion}}$ ...	Bedarf an Energie für die Milchproduktion im Szenario i
$n_{SZ_i}^{\text{Kalbinnen}}$ ...	Anzahl an notwendigen Kalbinnen für die Bestandesergänzung im Szenario i
$n_{SZ_i}^{\text{Kuh}}$ ...	Anzahl an Kühen im Szenario i
$p_{KF}$ ...	Kraftfutterpreis
$p_{\text{Weizenstroh}}$ ...	Strohpreis
$p_{\text{Strom}}$ ...	Energie (Strom-)preis
$p_{\text{Kalbin}}$ ...	Preis für Zukaufkalbinnen
$AZ^{\text{AusbringungWirtsch}}$	Auszahlungen für die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern
$\text{sonst. } vK$ ...	sonstige variable Kosten je Kuh und Jahr

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Bundesanstalt für Agrarwirtschaft (2018, s.p.)

**Tabelle 15: Annahmen zu Produkt-, Betriebsmittel- und Tierpreisen sowie sonstigen Auszahlungen zur Berechnung des CF der Milchproduktion**

Art	€/...	Preis (p)
Milch <sup>1</sup>	kg	0,571
Kalb männlich <sup>2</sup>	Stück	100
Kalb weiblich <sup>2</sup>	Stück	226
Altkuh <sup>2</sup>	Stück	801
Kalbin <sup>2</sup>	Stück	1.430
Triticale <sup>3</sup>	kg	0,324
Weizenstroh <sup>4</sup>	kg	0,18
Energie (Strom) <sup>4</sup>	kWh	0,18
Wirtschaftsdüngerausbringung <sup>2</sup>	Kuh*Jahr	50
sonstige variable Kosten <sup>2</sup>	Kuh*Jahr	247

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten nach 1) AMA (2018, s.p.) und ARGE Heumilch (2017, s.p.); 2) Bundesanstalt für Agrarwirtschaft (2018, s.p.); 3) AMA (2017a, s.p.) und TISCHLER (2017, s.p.) sowie 4) BEISPIELSBETRIEB

Als Datengrundlage der Milchauszahlungspreise dient eine öffentlich zugängliche Datenbank der Agrarmarkt Austria (vgl. AMA, 2018, s.p.). Da dort keine Aufzeichnungen über Preise für silofrei produzierte biologische Milch, sondern nur für biologisch produzierte Milch vorhanden sind, wird zum Preis laut Datenbank der durchschnittliche Heumilchzuschlag in Österreich in der Höhe von 7 Cent/kg Milch addiert (vgl. ARGE HEUMILCH, 2017, s.p.). Für die statische Betrachtung wird der durchschnittliche Milchauszahlungspreis der Jahre 2015 – 2017 in der Höhe von 57,1 Cent je kg Milch mit 4,2 % Fett und 3,4 % Eiweiß gewählt<sup>1</sup>.

Kälberpreise sowie Preise für Kalbinnen und Altkühe werden von der BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT (2018, s.p.) übernommen und verstehen sich als Durchschnittspreise im Zeitraum 07/2012 bis 06/2017.

Als Kraftfutterpreis  $p_{Triticale}$  wird der durchschnittliche österreichische Erzeugerpreis von biologischer Triticale des Getreidewirtschaftsjahres 2016/17 in der Höhe von 252,4 €/t (inkl. 13 % USt.) gewählt (vgl. AMA, 2017a, s.p.). Da es sich dabei um Preise „ab Hof“ handelt, werden zusätzlich noch Transportkosten sowie Kosten für die Getreideaufbereitung (Quetschen) in der Höhe von 50 €/t unterstellt (vgl. TISCHLER, 2017, s.p.). Da Erzeugerpreise für biologisches Getreide von der AMA erst seit 2016 erhoben werden (HERZ, 2017, s.p.) konnte kein mehrjähriger Durchschnittspreis berechnet werden.

---

<sup>1</sup> Durch eine Regressionsanalyse konnte ein steigender Trend der Preise für biologisch erzeugte Milch ermittelt werden. Dieser Trend wird jedoch im Modell nicht berücksichtigt. Eine derartige Vorgangsweise würde die Berücksichtigung von Trends für alle Preise notwendig machen, dafür stehen nicht ausreichend Daten zur Verfügung.

Preise für Weizenstroh und Energie in Form von Strom werden nach Auskunft des Beispielbetriebes angenommen. Die Preise je kWh Strom betragen aktuell 0,18 €, Stroh wird um 0,18 €/kg zugekauft.

Auszahlungen für die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern werden pauschal mit 50 € je Kuh und Jahr veranschlagt (Annahmen: 25 m³ Anfall je Kuh, Auszahlungen je m³ = 2 €, siehe dazu BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT (2018, s.p.)).

Unter sonstigen variablen Kosten sind Auszahlungen für Wasser; Besamung; Tierarzt und Medikamente; variable Maschinenkosten im Stall (Entmistung, Aufstallung, etc.) sowie Gebühren und Beiträge (LKV-Mitgliedschaft, etc.) zusammengefasst und werden in der Höhe von 247 €/(Kuh\*Jahr) angenommen (vgl. BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT, 2018, s.p.).

### 3.3.2.1.3. Cash-Flow Grundfutter-Lager

Der Cash-Flow des Bereiches Grundfutter-Lager besteht aus dem Produkt der jährlichen Verkaufs- bzw. Zukaufsmengen von Heu und den angenommenen Preisen. Bei statischer Betrachtung erfolgt – wie im Produktionsplan Grundfutter-Lager beschrieben – kein Zu- und Verkauf von Heu, der CF Grundfutter-Lager beträgt also 0. Die Relevanz dieses Cash-Flow-Planes ergibt sich erst durch die Simulation des Modelles. Bei dieser schwanken die jährlichen Erträge, dies wird durch Zu- und Verkaufsaktivitäten von Grundfutter ausgeglichen werden.

#### Formel 48: Berechnung Cash-Flow Grundfutter-Lager

$$CF_{SZ_i}^{Grundfutter-Lager} = Q_{GF_{j_{Heu};SZ_i}}^{Verkauf} * p_{Heu Verkauf} - Q_{GF_{j_{Heu};SZ_i}}^{Zukauf} * p_{Heu Zukauf}$$

$CF_{SZ_i}^{Grundfutter-Lager}$ ...	Cash-Flow Grundfutter-Lager im Szenario i
$Q_{GF_{j_{Heu};SZ_i}}^{Verkauf}$ ...	Jahresmenge Heu zum Verkauf im Szenario i
$Q_{GF_{j_{Heu};SZ_i}}^{Zukauf}$ ...	Jahresmenge Heuzukauf im Szenario i
$p_{Heu Verkauf}$ ...	Verkaufspreis Heu
$p_{Heu Zukauf}$ ...	Zukaufspreis Heu

Laut BRODBECK (2018, s.p.) werden beim Verkauf von Heu ab Hof durchschnittlich 150 € je Tonne FM Erlöst. Beim Zukauf von Heu ist mit 180 € je Tonne FM frei Hof zu rechnen. Dies entspricht 0,17 €/kg TM bei Verkauf und 0,21 €/kg TM bei Zukauf (bei einem angenommenen Wassergehalt von 13 %).

#### **3.3.2.1.4. Cash-Flow aus staatlichen Transferleistungen**

Der Cash-Flow aus staatlichen Transferleistungen setzt sich aus *Direktzahlungen, Zahlungen für aus naturbedingten oder anderen spezifischen Gründen benachteiligte Gebiete (Ausgleichszulage = AZ)* sowie Zahlungen im Rahmen des *Österreichischen Programmes zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL 2015)* zusammen.

##### **Direktzahlungen**

Laut (AMA, 2016, s.p.) werden Direktzahlungen dann gewährt, wenn...

- von einem aktiven Betriebsinhaber ein Mehrfachantrag Flächen fristgerecht eingereicht wurde,
- die beihilfefähige Fläche des Betriebs mindestens 1,5 Hektar beträgt,
- Zahlungsansprüche (ZA) zur Verfügung stehen und
- die Mindestvorgaben zur Flächenbewirtschaftung sowie die CC- inkl. GLÖZ-Bestimmungen eingehalten werden.

Außerdem müssen Betriebsinhaber, die Anrecht auf eine Zahlung im Rahmen der Basisprämienregelung haben, auf allen ihren beihilfefähigen Hektarflächen Greeningauflagen einhalten (vgl. AMA, 2016, s.p.).

Der Beispielsbetrieb erfüllt all diese Voraussetzungen, er verfügt über 18 Zahlungsansprüche in der Höhe von je 285 €, die beihilfefähige Fläche beträgt 18 ha. Die Höhe der Direktzahlungen wird nun wie folgt berechnet : (nach AMA (2016, s.p.))

$$\text{Direktzahlungen} = \text{Wert ZA} * \min(\text{beihilfefähige Fläche}, \text{Anzahl Zahlungsansprüche})$$

##### **Ausgleichszulage**

Ein Landwirt erhält Zahlungen im Rahmen der Ausgleichszulage, wenn....

- die Fläche im benachteiligten Gebiet mindestens 2 ha beträgt,
- ganzjährige Bewirtschaftung im eigenen Namen auf eigene Rechnung und Gefahr erfolgt,
- anderweitige Verpflichtungen (Cross Compliance<sup>1</sup>) eingehalten werden,
- und es sich beim Antragssteller um einen aktiven Betriebsinhaber<sup>2</sup> handelt (AMA 2017b, 6).

---

<sup>1</sup> Details siehe Merkblatt Cross Compliance (AMA, 2015, s.p.).

<sup>2</sup> Aktive Betriebsinhaber sind natürliche oder juristische Personen oder Vereinigungen natürlicher oder juristischer Personen, die eine landwirtschaftliche Tätigkeit ausüben (AMA, 2017b, 3).

Bei der Berechnung der Höhe der Prämie wird zwischen tierhaltenden und nicht-tierhaltenden Betrieben<sup>1</sup> unterschieden. Außerdem unterscheidet sich die Berechnungsart zwischen Heimbetrieb und Alm/Gemeinschaftsweide (AMA, 2017b, 5).

Alle der genannten Fördervoraussetzungen werden vom Beispielsbetrieb erfüllt. Es handelt sich außerdem um einen tierhaltenden Betrieb, bei dem alle Rinder ganzjährig im Stall gehalten werden. Es erfolgt somit kein Almaftrieb, die Berechnung der AZ für anteilige Almfutterflächen ist somit nicht notwendig.

Die Höhe der Zahlungen für den Heimbetrieb wird nach Abbildung 20 berechnet. Die dafür notwendigen Erschwernispunkte des Betriebes betragen 88,2, die Fläche beträgt 18 ha.

Fläche	Tierhalter Prämie/ha	Nicht-Tierhalter Prämie/ha
0 bis 10 ha	2,10 € * EP + 65 €	0,70 € * EP + 40 €
> 10 bis 30 ha	0,38 € * EP + 50 €	0,30 € * EP + 35 €
> 30 bis 40 ha	0,30 € * EP + 35 €	0,25 € * EP + 25 €
> 40 bis 50 ha	0,24 € * EP + 25 €	0,20 € * EP + 20 €
> 50 bis 60 ha	0,20 € * EP + 20 €	0,16 € * EP + 15 €
> 60 bis 70 ha	0,16 € * EP + 16 €	0,12 € * EP + 10 €
> 70 ha	keine Prämie	keine Prämie
Im Durchschnitt jedoch mindestens 25 €/ha in Bezug auf die ersten 70 ha.		

Abbildung 20: Berechnung Höhe Ausgleichszulage. Quelle: AMA (2017b, 6)

## ÖPUL

Im Rahmen des ÖPULs 2015 können Betriebe aus zahlreichen Maßnahmen wählen. Bei einer Teilnahme sind *Allgemeinen Bestimmungen des ÖPUL 2015*<sup>2</sup> sowie maßnahmenspezifische Auflagen<sup>3</sup> einzuhalten. Der Beispielsbetrieb nimmt an den Maßnahmen *Biologische Wirtschaftsweise* sowie *Silageverzicht* teil. Bei *biologischer Wirtschaftsweise* wird zwischen Tierhaltern und Nichttierhaltern unterschieden. Außerdem unterscheidet sich die Prämienhöhe zwischen den Nutzungsarten Grünland und Ackerland. Bei der Maßnahme *Silageverzicht* wird zwischen Nicht-Tierhaltern, Tierhaltern sowie Milchviehaltern unterschieden. Beim Beispielsbetrieb handelt es sich um einen Tier- sowie Milchviehalter mit ausschließlich Grünlandflächen. Die Prämienhöhe bei *Biologischer Wirtschaftsweise* beträgt dafür 225 €/ha, für die Teilnahme am Silageverzicht werden 150 €/ha bezahlt.

<sup>1</sup> Als tierhaltend gilt ein Betrieb dann, wenn durchschnittlich zumindest 0,3 raufutterverzehrende Großvieheinheiten (RGVE)/ha landwirtschaftlich genutzte Fläche gehalten werden. Eine Einstufung als Nicht-Tierhalter erfolgt bei Unterschreitung dieser Grenze (AMA, 2017b, 4)

<sup>2</sup> Die Allgemeinen Bestimmungen können in (AMA, 2017c, 4–21) nachgelesen werden.

<sup>3</sup> Die maßnahmenspezifischen Auflagen können in (AMA, 2017c, 21-24 und 42-43) nachgelesen werden.

### 3.3.2.2. Ermittlung der Investitionssummen und des Restwertes

Investitionsauszahlungen sowie der Restwert der Investitionen am Ende des Planungszeitraumes sind im VOFI Teil der Zahlungsfolge der Investition (vgl. GROB, 2006, 236) (siehe dazu Kapitel 3.3.2). Es wird nun zu Beginn dieses Kapitels die Ermittlung der Investitionssummen beschrieben, während am Ende des Kapitels die Bestimmung des Restwertes erfolgt:

#### 3.3.2.2.1. Ermittlung der Investitionssummen

Bei der Ermittlung der Investitionssummen für den VOFI muss zwischen der Anschaffungsauszahlung zum Zeitpunkt  $t=0$  und Ersatz- bzw. Ergänzungsinvestitionen während des Planungszeitraumes unterschieden werden (vgl. GROB, 2006, 123). Im vorliegenden Modell wird kein Bedarf für Ersatz- und Ergänzungsinvestitionen in Anlagegüter oder andere Maschinen und Geräte angenommen, es wird deshalb lediglich die Höhe der Anschaffungsauszahlung berechnet. Diese umfasst Auszahlungen für Investitionen in Gebäudehülle, sonstige notwendige Anlagegüter zur Grundfutterkonservierung und Lagerung, zusätzliche Stallplätze sowie Investition in Kalbinnen zur Aufstockung des Bestandes. Sollte in einem Szenario eine Reduktion des Bestandes erforderlich sein, werden Altkühe verkauft. Die daraus erzielten Erlöse reduzieren die Investitionssumme des Szenarios<sup>1</sup>. Der Berechnungsweg ist in Formel 49 dargestellt.

---

<sup>1</sup> Die Zuordnung der Erlöse aus dem Verkauf von überschüssigen Altkühen zum Investitionsplan erscheint unlogisch. Da die Position „Verkauf von Altkühen“ ( $n_{SZ_i}^{Verkauf\ Altkuh\ t_0}$ ) jedoch unter dem Überbegriff „Veränderungen im Tierbestand“ im Kapitel 3.2.3.4 (Ermittlung von notwendigen neuen Anlagegütern und Kühen) simultan zur Position „Zukauf von Kalbinnen“ ( $n_{SZ_i}^{Zukauf\ Kalbinnen\ t_0}$ ) verwendet wird, wird sie aus Gründen der Übersichtlichkeit ebenfalls dem vorliegenden Kapitel zugeordnet.

**Formel 49: Ermittlung der Gesamtinvestition zum Zeitpunkt t=0**

$I_{SZ_i}^{t_0} = I_{SZ_i}^{Gebäude} + I_{SZ_i}^{sonst. Anlagen FKL} + I_{SZ_i}^{zusätzliche Stallplätze} + n_{SZ_i}^{Zukauf Kalbinnen t_0} * p_{Kalbin} - n_{SZ_i}^{Verkauf Altkuh t_0} * p_{Altkuh}$	
$I_{SZ_i}^{t_0}$ ...	Gesamtinvestitionssumme zum Zeitpunkt t=0 im Szenario i
$I_{SZ_i}^{Gebäude}$ ...	Investitionssumme in Gebäudehülle im Szenario i
$I_{SZ_i}^{sonst. Anlagen FKL}$ ..	Investitionen in sonstige Anlagen zur Futterkonservierung und –lagerung (außer Gebäudehülle) je Szenario i
$I_{SZ_i}^{zusätzliche Stallplätze}$ ...	Investitionssumme in zusätzliche Stallplätze im Szenario i
$n_{SZ_i}^{Zukauf Kalbinnen t_0}$ ...	Anzahl an notwendigen Zukaufskalbinnen zur Aufstockung des Tierbestandes am Beginn des Planungszeitraumes (t=0) im Szenario i
$n_{SZ_i}^{Verkauf Altkuh t_0}$ ...	Anzahl an Altkühen für den Verkauf zur Reduktion des Tierbestandes am Beginn des Planungszeitraumes (t=0) im Szenario i
$p_{Kalbin}$ ...	Zukaufspreis einer Kalbin (=1.430 €, siehe Tabelle 15 auf Seite 71)
$p_{Altkuh}$ ...	Altkuhpreis (= 801 €, siehe Tabelle 15 auf Seite 71)

Die Investitionssumme in die Gebäudehülle je Szenario wird wie folgt ermittelt:

**Formel 50: Ermittlung der Investitionen in Gebäude je Szenario i**

$I_{SZ_i}^{Gebäude} = Größe\ Gebäudehülle_{SZ_i} * PKS^{Wirtschaftsgebäude}$	
$I_{SZ_i}^{Gebäude}$ ...	Investitionssumme in Gebäude im Szenario i
$Größe\ Gebäudehülle_{SZ_i}$ ...	notwendige Größe der Gebäudehülle im Szenario i
$PKS^{Wirtschaftsgebäude}$ ...	Pauschalkostensatz je m <sup>3</sup> umbauter Raum

**Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an BMLFUW (2008, 42)**

Der Pauschalkostensatz in der Höhe von 153,6 € (inkl. USt.) je m<sup>3</sup> umbautem Raum für Wirtschaftsgebäude<sup>1</sup> wird von BMLFUW (2008, 42) übernommen. Da dieser Wert aus dem Jahr 2007 stammt und die Baupreise seitdem erheblich gestiegen sind (vgl. WKÖ, 2018, s.p.), ist eine Anpassung an den geplanten Investitionszeitpunkt notwendig. Dafür wird die

<sup>1</sup> Der Pauschalkostensatz für Wirtschaftsgebäude setzt sich aus dem Kostensatz für einen erdlastigen Bergeraum (62 €/m<sup>3</sup>) plus den Kosten für den Dachstuhl über Wirtschaftsbauten (66 €/m<sup>3</sup>) zusammen (BMLFUW 2008, p.42). Da es sich dabei um Nettopreise handelt, müssen noch 20 % USt. addiert werden.

Veränderungsrate des Baupreisindex<sup>1</sup> (BPI) der WKÖ (2018, s.p.) verwendet. Diese beträgt 23,1 % (im Zeitraum 4. Quartal 2007 -1. Quartal 2018).

**Formel 51: Berechnung Pauschalkostensatz je m<sup>3</sup> umbauter Raum für Wirtschaftsgebäude**

$$PKS^{Wirtschaftsgebäude} = (PKS^{Wirtschaftsgebäude\ 2007}) * (1 + VR\ BPI^{2007-2018})$$

*PKS<sup>Wirtschaftsgebäude 2007</sup> ...* Pauschalkostensatz für die Errichtung von Wirtschaftsgebäuden des Jahres 2007

*VR BPI<sup>2007-2018</sup> ...* Veränderungsrate Baupreisindex von 2007-2018

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an BMLFUW (2008, 42) sowie WKÖ (2018, s.p.)

Tabelle 16 zeigt die gewählten Anlagen zur Futterkonservierung und Lagerung, deren Investitionsauszahlungen sowie die Zuordnung zu den Produktionsverfahren der Heuproduktion. Wie bereits erwähnt, wird in jedem Szenario dieselbe Auszahlung pro Anlagegut (mit Ausnahme der Gebäudehülle) angenommen. Die Szenarien unterscheiden sich lediglich durch die Kombination der Anlagen. Investitionen in zusätzliche Stallplätze sind laut durchgeführten Berechnungen in Kapitel 3.2.3.4 in keinem Szenario erforderlich, deshalb werden dafür keine Daten angeführt.

**Tabelle 16: Investitionssummen für Anlagegüter und deren Zuordnung zu den Produktionsverfahren**

Anlagegut	genauere Definition	Investitionssumme in Euro, inkl. 20		Zuordnung zum Produktionsverfahren Heu			
		% Ust.	Quelle	BT	KB	WB	ET
Gebäudehülle	nach Berechnung, siehe Formeln 50 und 51			x	x	x	x
Heukran	10 m, 4 mt	26.400 <sup>1</sup>		x	x	x	x
Gebläse	14 kW	6.840 <sup>2</sup>			x	x	x
Trocknungsbox	140 m <sup>2</sup>	18.000 <sup>2</sup>			x	x	x
Dachabsaugung	420 m <sup>2</sup>	12.600 <sup>2</sup>				x	x
Luftentfeuchter	28 kW	39.124 <sup>2</sup>					x
Steuerung		8.392 <sup>2</sup>			x	x	x

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus 1) ÖKL (2017, s.p.) sowie 2) KTBL (2017, 43)

<sup>1</sup>Der Baupreisindex der WKÖ wird nochmals in verschiedene Kategorien unterteilt. Die hier beschriebenen Werte stammen aus der Kategorie „Baumeisterarbeiten im sonstigen Hochbau“ (WKÖ, 2018, s.p.).

### 3.3.2.2.2. Ermittlung des Restwertes

Laut KERBL ET AL. (2006, 88) sieht ein VOFI bei Investitionen, deren Nutzungsdauer über den Planungszeitraum hinausgeht, die Berücksichtigung eines Residualwertes (Restwertes) vor. Dieser kann entweder als Barwert einer Rente oder als Liquidationswert angenommen werden (KERBL ET AL., 2006, 88).

Im vorliegenden Fall erfolgt am Ende des Planungszeitraumes die Einstellung der Milchproduktion<sup>1</sup>. Es werden jedoch weder Liquidationserlöse aus dem Verkauf von Anlagen und Gebäude sowie kein Barwert einer Rente (z.B. aus einer möglichen Vermietung der Gebäude) angenommen<sup>2</sup>. Liquidationserlöse ergeben sich lediglich aus dem Verkauf der vorhandenen Milchkühe. Der Restwert je Szenario berechnet sich somit mit folgender Formel:

#### Formel 52: Berechnung Restwert je Szenario

$$RW_{SZ_i}^{t_{10}} = n_{SZ_i}^{Kuh} * p_{Altkuh}$$

$n_{SZ_i}^{Kuh}$  ... Anzahl Kühe je Szenario i

$p_{Altkuh}$  ... Altkuhpreis (siehe dazu Tabelle 15)

Quelle: Eigene Darstellung

---

<sup>1</sup> Die Einstellung der Milchproduktion erfolgt – wie bereits erwähnt – aufgrund des Pensionsantritts des Betriebsführers.

<sup>2</sup> Der Grund für diese Annahmen wird noch ausreichend in der Diskussion behandelt.

### 3.3.2.3. Steuer- und Abgabenplanung

Im Rahmen der Steuer- und Abgabenplanung werden Auszahlungen für Ertragssteuern und Sozialversicherungsbeiträge berechnet. Die Höhe der jährlichen Zahlung berechnet sich mit Formel 53:

**Formel 53: Berechnung der Steuer- und Abgabenzahlung zum Zeitpunkt  $t=m$**

$$\text{Steuer – und Abgabenzahlung}^{t_m} = ESt. + SV\text{Beiträge}$$

<i>Steuer – und Abgabenzahlung</i> <sup><math>t_m</math></sup> ...	Steuer- und Abgabenzahlung zum Zeitpunkt $t=m$ .
$t_m$ ...	Zeitpunkt $t = m$ mit $m = \{1, 2, \dots, 10\}$
<i>ESt</i> ...	Einkommensteuer
<i>SVBeiträge</i> ...	Sozialversicherungsbeiträge

Bei Ertragssteuerzahlungen handelt es sich – wie bereits in Kapitel 3.3.1 (Übersicht zur Berechnung der Zielgröße) erwähnt - grundsätzlich um derivate Daten. Das heißt, dass für den VOFI die Höhe der Zahlungen nicht exogen vorgegeben wird, sondern aus der Datenbasis abgeleitet wird und nur die dafür notwendigen Berechnungsvorschriften vorgegeben werden (GROB, 2006, 105f). In der vorliegenden Arbeit werden die Ertragssteuer- und Sozialversicherungszahlungen jedoch wie originäre Daten behandelt. Dies hat folgenden Grund:

Die Ertragsbesteuerung landwirtschaftlicher Unternehmen erfolgt in Österreich – da sie mehrheitlich als Einzelunternehmen oder Personengesellschaft geführt werden - vorwiegend durch die Einkommenssteuer (vgl. PEYERL, 2006, 9). Die erzielten Einkünfte zählen zu den Einkünften aus Land – und Forstwirtschaft (§ 21 EStG). Der steuerliche Gewinn wäre dabei grundsätzlich durch doppelte Buchführung zu ermitteln, § 17 (5a) EStG erlaubt jedoch unter gewissen Umständen die pauschale Ermittlung des Gewinnes aus Land – und Forstwirtschaft. Im vorliegenden Modell werden die Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft im Rahmen der Vollpauschalierung ermittelt (§ 2 der „Verordnung der Bundesministerin für Finanzen über die Aufstellung von Durchschnittssätzen für die Ermittlung des Gewinnes aus Land- und Forstwirtschaft 2015“ (LuF-PauschVO 2015)). Als Berechnungsbasis für die Einkünfte dient dabei der Einheitswert. Dieser ist der steuerliche Wert des land- und forstwirtschaftlichen Vermögens (BUNDESMINISTERIUM FÜR FINANZEN, 2018, s.p.) und somit unabhängig von der Höhe der tatsächlichen Einkünfte. Demzufolge können alle in Abhängigkeit vom Einheitswert berechneten Zahlungen nicht wie Ertragssteuern behandelt werden. Vielmehr verhalten sich diese Zahlungen wie Substanzsteuern, die Höhe dieser ist laut GROB (2006, 295) exogen vorzugeben.

Zur Berechnung der Höhe der zu zahlenden Einkommenssteuer werden die Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft bestimmt. Dabei wird der sogenannte Gewinngrundbetrag (*maßgeblicher Einheitswert \* 0,42*) um gewinnmindernde bzw. gewinnerhöhende Beiträge korrigiert (§ 15 LuF-PauschVO 2015) (siehe Formel 54). Aus dieser Korrektur darf sich jedoch kein negatives Einkommen ergeben, die Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft betragen also im niedrigsten Falle 0:

**Formel 54: Berechnung der Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft**

<i>Einkünfte aus Land – und Forstwirtschaft</i>	
$= (\text{maßgeblicher Einheitswert} * 0,42) - \text{gewinnmindernde Beiträge}$	
$+ \text{gewinnerhöhende Beiträge}$	
<i>maßgeblicher Einheitswert ...</i>	9.873 € (laut Beispielsbetrieb)
<i>gewinnmindernde Beiträge ...</i>	Sozialversicherungsbeiträge + Schuldzinsen
<i>gewinnerhöhende Beiträge ...</i>	in diesem Modell keine

**Quelle: Eigene Darstellung nach LuF-PAUSCHVO (2015, s.p.)**

Die laut Formel 54 ermittelten Einkünfte sind dann die Grundlage zur Ermittlung der Höhe der Einkommenssteuer nach Einkommenssteuergesetz<sup>1</sup> (vgl. PEYERL, 2015, 108ff).

Die Sozialversicherungsbeiträge werden – sofern nicht die Beitragsgrundlagenoption in der Sozialversicherung gewählt wird – ebenfalls direkt vom Einheitswert der selbstbewirtschafteten Flächen berechnet (SOZIALVERSICHERUNGSANSTALT DER BAUERN, 2018a, 13f). In diesem Fall sind diese Zahlungen ebenfalls als originäre Zahlungen zu behandeln. Am Beispielsbetrieb erfolgt die einheitswertabhängige Ermittlung, die Höhe der Beiträge beträgt 6351,12 €/Jahr und wurde mit dem online-Beitragsrechner der SOZIALVERSICHERUNGSANSTALT DER BAUERN (2018b, s.p.) berechnet<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Die Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Höhe der Einkommensteuer können im Einkommensteuergesetz 1988 (EStG 1988) nachgelesen werden.

<sup>2</sup> Die genauen Berechnungsschritte können in SOZIALVERSICHERUNGSANSTALT DER BAUERN (2018a, s.p.) nachgelesen werden.

### 3.3.3. Vorgaben zur Finanzanlage und Kreditplanung

Die Finanzanlage – und Kreditplanung umfasst sowohl die Planung von originären Zahlungen als auch die Bereitstellung von Daten zur Berechnung von derivaten Zahlungen.

Originäre Zahlungen umfassen dabei die ...

- Summe der zur Verfügung stehenden eigenen Mittel zum Zeitpunkt  $t=0$  sowie
- die Höhe der Entnahme von eigenen Mitteln je Periode (vgl. GROB, 2006, 104 + 127f).

Als Parameter zur Generierung derivater Zahlungen müssen...

- der Zinssatz für Reinvestitionen in Form von Finanzanlagen sowie
- das Kreditangebot samt den Konditionen, auf das zur Finanzierung der Investition zurückgegriffen werden kann...

...festgelegt werden (vgl. GROB, 2006, 104 + 127f).

Die Summe der zur Verfügung stehenden eigenen Mittel zum Zeitpunkt  $t=0$  beträgt 20.000 €, entnahmen erfolgen jährlich in der Höhe von 25.000 € (laut Beispielbetrieb).

Als Zinssatz für die Reinvestition von freien Mitteln wird 0,5 % gewählt, die entspricht dem aktuellen Zinssatz für die kurzfristige Anlage liquider Mittel des örtlichen Geldinstitutes (vgl. FALSCHLUNGER, 2018, s.p.).

Zur Finanzierung der Anschaffungsauszahlung kann auf einen Annuitätenkredit mit einem Höchstbetrag<sup>1</sup> von 350.000 €, 6 Jahren Laufzeit sowie einem Effektivzinssatz in der Höhe von 3 % p.a. zurückgegriffen werden. Diese Konditionen entsprechen ebenfalls jenen des örtlichen Geldinstitutes. Ein Annuitätendarlehen ist durch dieselbe Höhe des Kapitaldienstes in jeder Periode gekennzeichnet (vgl. MUßHOFF & HIRSCHAUER, 2016, 302), somit erfolgt – im Gegensatz zu anderen Tilgungsformen - eine gleichmäßige finanzielle Belastung des Betriebes. Aufgrund dieses Vorteils wird ein Annuitätendarlehen gewählt.

Im VOFI wird im Falle des Auftretens von zusätzlichem Finanzbedarf<sup>2</sup> einem Kontokorrentkredit aufgrund seiner Flexibilität stets die Rolle zugewiesen, liquide Mittel bereitzustellen (vgl. GROB, 2006, 109). Der Effektivzinssatz des für diese Zwecke zur Verfügung stehenden Kontokorrentkredites beträgt 8 % p.a. (vgl. FALSCHLUNGER, 2018, s.p.).

---

<sup>1</sup> Dieser Höchstbetrag muss nicht ausgeschöpft werden, darunter ist jeder beliebige Wert möglich.

<sup>2</sup> Zusätzlicher Finanzbedarf entsteht, wenn keine liquiden Mittel mehr für die Bezahlung des laufenden Betriebes zur Verfügung stehen (Bezahlen von Rechnung, Kapitaldienst für Kredite, etc.). In der vorliegenden Arbeit werden bei statischer Betrachtung keine zusätzlichen liquiden Mittel benötigt. Durch die Simulation können diese in Jahren mit geringen Einzahlungen jedoch erforderlich sein.

Durch das im Grundkonzept des VOFI's vorgesehene Ziel der Endwertmaximierung wird stets die günstigere der beiden Finanzierungsquellen gewählt (vgl. GROB, 2006, 106f). Demnach wird der – durch den höheren Zinssatz - teurere Kontokorrentkredit natürlich nur in Anspruch genommen, wenn keine eigenen Mittel mehr zur Verfügung stehen.

### 3.4. Dynamische Betrachtung unter der Berücksichtigung von Risikoaspekten

Investitionsentscheidungen sind stets Entscheidungen unter Unsicherheit, weil in der Realität sämtliche zukunftsbezogenen Daten unsicher sind (vgl. GROB (2006, 427) und SCHNEEBERGER & PEYERL (2011, 318)). Um diese Entscheidungssituation für den Entscheidungsträger transparenter zu gestalten, wird eine stochastische Risikoanalyse (auch genannt Monte-Carlo-Simulation, MC-Simulation) durchgeführt. Der grundlegende Aufbau dieser Methode ist in Abbildung 21 dargestellt. Die MC-Simulation leitet die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Outputgröße einer Investitionsrechnung<sup>1</sup> aus den zugrunde liegenden sicheren und den durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen beschriebenen unsicheren (mit Risiko behafteten) Inputgrößen ab (vgl. KRUSCHWITZ, 2014, 322ff). Sie stellt dem Entscheidungsträger dadurch Informationen über die Risikostruktur seiner Handlungsalternativen zur Verfügung (vgl. KEHREL & SCHMITTING, 2008, 66). Sichere Inputgrößen werden im weiteren Verlauf als fixe Inputgrößen, unsichere als Zufallsvariablen bezeichnet.

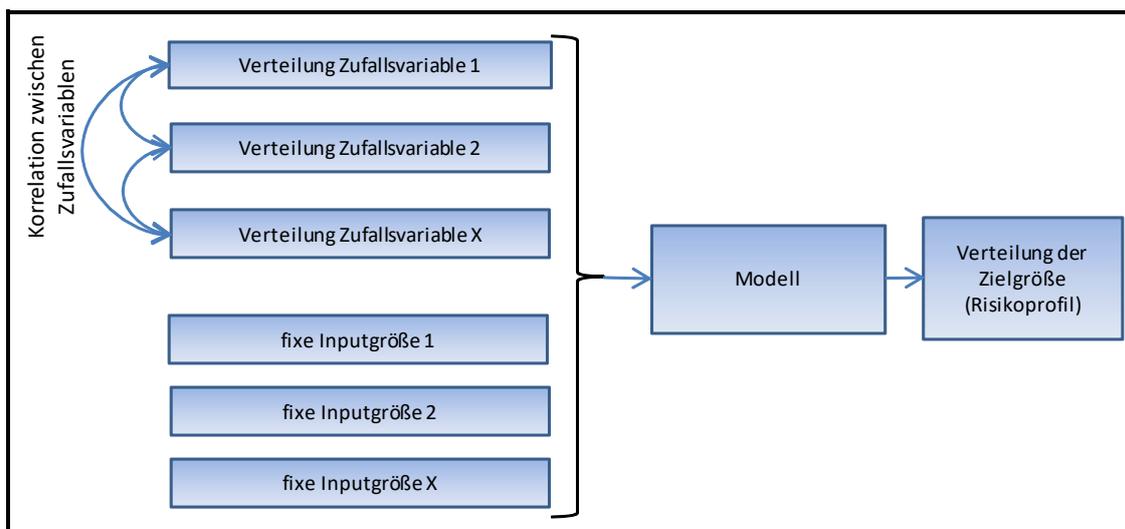


Abbildung 21: Allgemeiner Aufbau Monte-Carlo-Simulation. Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an MAYRHOFER (2011, 39).

<sup>1</sup> Die „Outputgröße der Investitionsrechnung“ ist beim VOFI und somit in der vorliegenden Arbeit wie bereits in Kapitel 3.3.1 erwähnt der Endwert, also der Bestandessaldo am Ende des Planungszeitraumes.

Die allgemeinen Schritte einer stochastischen Risikoanalyse sind laut MUßHOFF & HIRSCHAUER (2016, 419) folgende:

1. Identifizierung der mit Risiko behafteten Komponenten eines Modells
2. Beschaffung geeigneter Daten (Zeitreihen, Literaturdaten, etc.) für die im ersten Schritt identifizierten – mit Risiko behafteten – Komponenten. Schätzung der am besten zu den Daten passenden parametrischen Verteilungen für die Zufallsvariablen sowie Berechnung der Korrelationen
3. Computergestützte Ziehung einer Zufallszahl für jede Zufallsvariable gemäß der in Punkt 2 geschätzten Verteilungen und unter Beachtung der Korrelationen
4. Berechnung der Zielgröße anhand der gezogenen (simulierten) Werte der Zufallsvariablen
5. sehr häufige Wiederholung der Schritte 3 und 4 (mindestens 10.000 Simulationsläufe)
6. Erstellung des Risikoprofils des Portfolios in Form einer kumulierten relativen Häufigkeitsverteilung der Zielgröße

Die Vorgehensweise zur Identifizierung risikobehafteter Einflussfaktoren (erster Schritt in der Aufzählung) wird im nun folgenden Kapitel beschrieben. Die Erläuterung von Schritt 2 erfolgt in den Kapiteln 3.4.2 und 3.4.3. Schritte 3 - 6 sind in Kapitel 3.4.4 zusammengefasst.

### **3.4.1. Identifizierung von möglichen – mit Risiko behafteten – Einflussfaktoren**

Bei einer MC-Simulation bestünde prinzipiell die Möglichkeit, für alle Einflussgrößen Verteilungen festzulegen und diese in das Modell einfließen zu lassen. Grenzen werden jedoch durch den mit zunehmender Komplexität extrem steigenden Entwicklungsaufwand und daraus resultierender hoher Kosten (Arbeitszeit) bei nur geringem zusätzlichen Erkenntnisgewinn gezogen (vgl. KEHREL & SCHMITTING, 2008, 68). Es sollen deshalb laut SCHÖN (2011, 20) nur jene Variablen ausgewählt werden, die entscheidend für die Verwirklichung eines Projekts sind. Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens ist deshalb die Ermittlung relevanter Inputfaktoren (Einflussvariablen) (vgl. KEHREL & SCHMITTING, 2008, 68). Die mit einem Inputfaktor einhergehenden Risiken werden dafür in „wichtige“ und „unwichtige“ Risiken unterteilt. Die Einstufung ist dabei abhängig von der Schadenshöhe und der Schadenswahrscheinlichkeit (siehe Abbildung 22) (vgl. MUßHOFF & HIRSCHAUER, 2016, 371). Inputfaktoren, deren Veränderung einen großen Schaden hervorruft und diese Veränderung außerdem häufig eintritt, werden als relevante Inputfaktoren eingestuft.

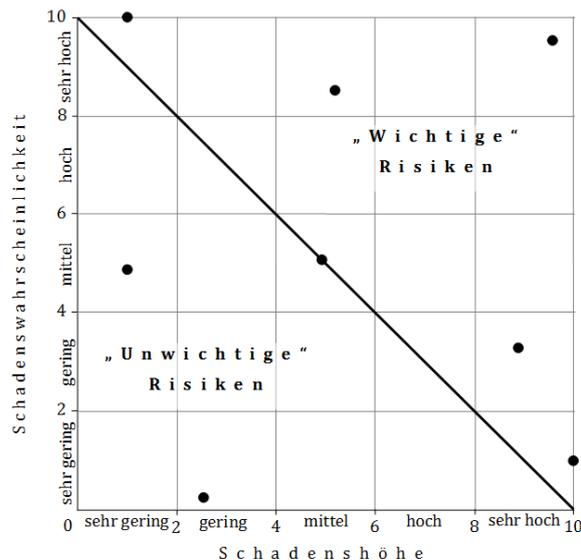


Abbildung 22: Darstellung Risikomatrix. Quelle: MUßHOFF & HIRSCHAUER (2016, 371)

Das Risiko, dem Unternehmen im Zuge ihrer Geschäftstätigkeit ausgesetzt sind ergibt sich, aus einer Vielzahl an Geschäftsrisiken sowie dem Finanzrisiko (vgl. Mußhoff & HIRSCHAUER, 2016, 341). Als Geschäftsrisiken werden dabei Preisrisiken, Verhaltensrisiken, Innovationsrisiken sowie Mengenrisiken genannt (vgl. MUßHOFF & HIRSCHAUER, 2016, 342). Ursachen für Mengenrisiken ergeben sich für landwirtschaftliche Betriebe hauptsächlich aus wetterbedingten Schwankungen (vgl. MUßHOFF & HIRSCHAUER, 2016, 342).

In der vorliegenden Arbeit werden nun folgende – der Grundfutterproduktion zuzuordnende - Faktoren als einem Wetterrisiko ausgesetzte Faktoren definiert:

- Bruttoertrag zum optimalen Nutzungszeitpunkt
- Energiegehalt zum optimalen Nutzungszeitpunkt
- wetterbedingte Verzögerung der Nutzung
- TM-Gehalt bei der Einfuhr
- Verluste Ertrag Heu
- Verluste Energie Heu
- variable Kosten der Heubereitung am Feld<sup>1</sup>

<sup>1</sup> durch eine höhere notwendige Anzahl an Wendevorgängen des Futters

### 3.4.2. Abschätzung der Wirkung von risikobehafteten Einflussfaktoren auf die Schadenshöhe - Sensitivitätsanalyse

Laut BETGE (2000, 80) ist die Sensitivitätsanalyse eine geeignete Methode um die mögliche Einflusshöhe eines Risikofaktors auf den Zielwert zu ermitteln. In der in Abbildung 22 dargestellten Risikomatrix entspricht dies der Schadenshöhe. Auch ERMSCHEL ET AL. (2016, 83) bezeichnen die Sensitivitätsanalyse als ein in der Praxis sehr beliebtes und einfach anzuwendendes Verfahren. Diese Analyse gibt Auskunft, wie sich der Zielwert bei einer vorgegebenen Variation einer oder mehrerer Einflussvariablen ändert. Es wird dabei jede Variable in einem jeweils für sie typischen bzw. möglichen Bereich variiert. Ein Problem beim Einsatz einer Sensitivitätsanalyse ist, dass die Höhe der Variation der einzelnen Variablen unsicher ist (vgl. SAVVIDES, 1994, 5), dies ist jedoch - wie bei allen Zukunftsprognosen - ein prinzipielles Problem. Die Analyse erfolgt durch das Verändern eines Wertes im Modell unter Konstanthaltung aller anderen Werte (*ceteris – paribus* - Bedingungen). In Tabelle 17 sind die Parameter der durchgeführten Sensitivitätsanalyse und die Höhe der gewählten Variation je Parameter und Planszenario dargestellt. Die jeweils gewählte Höhe der Variation der einzelnen Parameter wird im Anschluss erläutert. Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse sind ebenfalls in Tabelle 17 ersichtlich, die Berechnung der Höhe des Einflusses erfolgt mit Formel 55:

**Formel 55: Berechnung Einfluss Sensitivitätsanalyse**

$Einfluss_{SZ_i; Parameter_x} = (EW_{SZ_i; best\ case\ Parameter_x} - EW_{SZ_i; worst\ case\ Parameter_x}) / EW_{SZ_i; statischer\ Wert\ Parameter_x}$	
$Einfluss_{SZ_i; Parameter_x} \dots$	Höhe des Einflusses des Parameters x im Szenario i. Parameter x nach Tabelle 17
$EW_{SZ_i; best\ case\ Parameter_x} \dots$	Endwert des Szenarios i bei Verwendung des best - case Wertes des Parameters x
$EW_{SZ_i; worst\ case\ Parameter_x} \dots$	Endwert des Szenarios i bei Verwendung des worst - case Wertes des Parameters x
$EW_{SZ_i; statischer\ Wert\ Parameter_x} \dots$	Endwert des Szenarios i bei Verwendung des statischen Wertes des Parameters x

**Tabelle 17: Einflussfaktoren und deren Variation sowie daraus folgende Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse in den Szenarien BT25, KB25, WB25 und ET25**

Parameter x	statischer Wert	best case (BC)	worst case (WC)	Höhe des Einflusses auf den Endwert (EW) (Endwert best case-Endwert worst case)/Endwert statisch			
				BT25	KB25	WB25	ET25
<b>Bruttoertrag zum optimalen Nutzungszeitpunkt</b> [kg TM/(ha*Jahr)]	8.130	11.470	4.790	43%	36%	37%	37%
<b>Energiegehalt zum optimalen Nutzungszeitpunkt</b> [MJ NEL/kg TM]	6,5	6,8	6,2	18%	18%	15%	16%
<b>Wetterbedingte Verzögerung der Nutzung</b> [Anzahl Tage]	5,7 / 2,2 / 1,7 / 0,7 (BT / KB / WB / ET)	0	23 / 7 / 6 / 3 (BT / KB / WB / ET)	11%	1%	1%	1%
<b>TM-Gehalt bei der Einfuhr [%]</b>	87 / 70 / 65 / 53 (BT / KB / WB / ET)	87 / 75 / 70 / 60 % (BT / KB / WB / ET)	87 / 65 / 60 / 45 (BT / KB / WB / ET)		1%	1%	4%
<b>Verluste Ertrag Heu [%]</b>	20 / 18 / 17 / 10 (BT / KB / WB / ET)	-15%	+15%	2%	2%	2%	1%
<b>Verluste Energie Heu [%]</b>	16 / 12 / 10 / 10 (BT / KB / WB / ET)	-15%	+15%	11%	6%	3%	7%
<b>Variable Kosten je Produktionsverfahren Heu am Feld</b> [€/ha*Jahr]	360 / 320 / 280 / 240 (BT / KB / WB / ET)	-10%	+10%	1,5%	1,7%	1,2%	1,2%

Quelle: Eigene Darstellung nach in den folgenden Seiten beschriebenen Autoren

### Bruttoertrag und Energiegehalt zum optimalen Nutzungszeitpunkt:

Die Werte für den worst-case sowie den best-case des Grünlandertrages und des Energiegehaltes zum optimalen Nutzungszeitpunkt ergeben sich aus folgenden Überlegungen: Laut SCHAUMBERGER & KOWARIK (2009, 64) sind Grünlanderträge (sowohl Trockenmasse – als auch Qualitätsertrag) normalverteilt. Die statischen Werte entsprechen daher dem Erwartungswert einer Normalverteilung, als Standardabweichungen werden 1.670 kg TM sowie 0,15 MJ NEL/kg TM angenommen. Die Stabw. des Ertrages stammt von RESCH ET AL. (2009, 42) und entspricht einem Durchschnittswert aus verschiedenen Grünland - Ertragsaufzeichnung. Jene des Energiegehaltes entspricht ebenfalls einem Durchschnittswert aus einer Publikation von LFL (2014, p.31). Durch Addition/Subtraktion der zweifachen Stabw. werden laut SCHMID & HUBER (2014, s.p.) 95% der Streuung einer Normalverteilung erfasst. Diese Werte entsprechen den gewählten Werten für die Sensitivitätsanalyse.

### Wetterbedingte Verzögerung der Nutzung je $PV_{k_{Heu}}$ :

Wie im Produktionsplan Grundfutter beschrieben, unterscheidet sich die wetterbedingte Verzögerung je Ernte in jedem Produktionsverfahren. Als best-case kann die Ernte am optimalen Nutzungszeitpunkt erfolgen, der worst-case beträgt bei Bodentrocknung 23, bei Kaltbelüftung 7, bei Warmbelüftung 6 und bei Entfeuchtertrocknung 3 Tage. Diese Werte stammen aus eigenen Berechnungen (vgl. Kapitel 3.2.3.1).

### TM-Gehalt bei der Einfuhr je $PV_{k_{Heu}}$ :

Die gewählten Werte des TM-Gehaltes bei der Einfuhr stammen von GALLER ET AL. (2017, 24). Die worst- und best-case Werte entsprechen den in der Publikation angegebenen Minimal- und Maximalwerten, der statische Wert entspricht dem Mittelwert daraus.

### **Verlustrate TM und Energie je $PV_{k_{Heu}}$ :**

Von DILGER & FAULHABER (2006, 9) werden die statischen Werte der verfahrensspezifischen Verlustraten von Trockenmasse und Energie übernommen. Unter gewissen Voraussetzungen erhöhen bzw. verringern sich die Verlustraten um bis zu 15% (PÖLLINGER, 2014, 8), daher werden die statischen Werte für die Sensitivitätsanalyse um diesen Faktor erhöht bzw. verringert.

### **variable Kosten je Produktionsverfahren $PV_{k_{Heu}}$ am Feld:**

Die variablen Kosten je Produktionsverfahren  $PV_{k_{Heu}}$  am Feld stammen von der BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT (2018, s.p.). Die Erhöhung/Verringerung um jeweils 10% entspricht einer vereinfachten Annahme nach Vorschlag des Beispielsbetriebes<sup>1</sup>.

### **3.4.3. Ableitung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen der ausgewählten Risikofaktoren und Bestimmung von Korrelationen**

Nach Durchführung der Sensitivitätsanalyse werden für Risikofaktoren, die einen erheblichen Einfluss auf den Endwert haben Wahrscheinlichkeitsverteilungen festgelegt. Als erheblicher Einfluss wird dabei ein Einfluss > 10 % definiert (siehe dazu Formel 55).

Laut den in Tabelle 17 ersichtlichen Ergebnissen der Sensitivitätsanalyse ergeben sich beim Planszenario BT25 vier Risikofaktoren, während bei KB25, WB25 sowie ET25 lediglich zwei Faktoren ausgewählt werden würden. Um jedoch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, werden für alle Planszenarien dieselben Risikofaktoren definiert, es sind dies jene des Planszenarios BT25.

Neben der Definition der Risikovariablen ist Schätzung adäquater Verteilungen für diese eine zentrale Voraussetzung für eine stochastische Simulation. Zur Simulation wird das Risikoanalyse- und Simulations-Add-In „@Risk“, das für Microsoft® Excel erhältlich ist, verwendet. Dieses erlaubt die Eingabe verschiedener Verteilungen (vgl. PALISADE CORPORATION, 2010, vi).

Im vorliegenden Fall werden zur Simulation **Dreiecksverteilungen**, **Normalverteilungen** sowie **diskrete Verteilungen** verwendet. Eine **Dreiecksverteilung** erfordert die Eingabe eines Minimal-, Modal- und Maximalwertes (vgl. PALISADE CORPORATION, 2010, 619) und ist die am leichtesten verständliche Verteilung für grundlegende Simulationsmodelle. Die **Normalverteilung** ist durch den Mittelwert sowie die Standardabweichung definiert (vgl. PALISADE CORPORATION, 2010, 592). Bei einer **geometrischen Verteilung** als Form

---

<sup>1</sup> Die etwas willkürlich gewählte Annahme zur Kostensteigerung/-senkung in der Höhe von jeweils 10% ist nicht üblich. Da jedoch – selbst bei einer Änderung in der Höhe von jeweils 50 % - kein erheblicher Einfluss auf den Endwert festgestellt wird, handelt es sich um keine relevante Risikovariable.

einer diskreten Verteilung ist die Angabe des Wahrscheinlichkeitswertes  $p$  erforderlich. (vgl. PALISADE CORPORATION, 2010, 557). In Tabelle 18 sind die Risikofaktoren für die Monte-Carlo-Simulation, die jeweils gewählten Wahrscheinlichkeitsverteilungen und deren Parameter ersichtlich.

**Tabelle 18: gewählte Risikofaktoren und zugehörige Verteilungen**

Risikofaktor	Verteilung	Parameter der Verteilung
Bruttoertrag zum optimalen Nutzungszeitpunkt	Normalverteilung	$\bar{x}$ 8.130 kg TM/(ha*Jahr) Stabw. 1.640
Energiegehalt zum optimalen Nutzungszeitpunkt	Normalverteilung	$\bar{x}$ 6,5 MJ NEL/kg TM Stabw. 0,15
Wetterbedingte Verzögerung der Nutzung	diskrete Verteilung	siehe Tabelle 19
Verlustrate Energie	Dreiecksverteilung	Minimum: Modalwert * 0,85 Modalwert: BT: 16 %; KB: 12 %; WB: 10 %; ET: 10 % Maximum: Modalwert * 1,15

Die Daten der Wahrscheinlichkeitsverteilungen des Bruttoertrages und des Energiegehaltes zum optimalen Nutzungszeitpunkt sowie der Verlustrate Energie entsprechen denselben, mit denen bereits die Sensitivitätsanalyse durchgeführt wurde (vgl. Seite 87).

Für die Ermittlung der wetterbedingten Verzögerung der Nutzung wird eine geometrische Verteilung mit den in Tabelle 19 dargestellten Werten je Produktionsverfahren gewählt. Die  $p$ -Werte entsprechen dabei der Wahrscheinlichkeit für eine Ernte am betreffenden Tag, abgeleitet aus Wetterdaten der Jahre 1987 – 2017 (Details zur Ermittlung siehe Kapitel Produktionsplanung – Grundfutterproduktion (3.2.3.1) ab Seite 18).

**Tabelle 19:  $x$  und  $p$  Werte der diskreten Verteilung der Nutzungsverzögerung**

Wert $x$ Tage Verzögerung	Auftrittswahrscheinlichkeit $p$			
	Bodentrocknung	Kaltbelüftung	Warmbelüftung	Entfeuchterrocknung
0	0,38	0,46	0,50	0,65
1	0,04	0,08	0,08	0,12
2	0,15	0,15	0,12	0,12
3		0,04	0,08	0,12
4	0,08	0,04	0,04	
5	0,08	0,08	0,15	
6				
7		0,08	0,04	
8		0,08		
9				
10				
11				
12	0,08			
13	0,04			
14	0,04			
15	0,04			
16				
17				
18				
19				
20				
21	0,04			
22				
23	0,04			

Quelle: Eigene Darstellung nach eigenen Berechnungen, siehe dazu Kapitel 3.2.3.1 (Produktionsplanung Grundfutter)

Im vorliegenden Modell werden keine Korrelationen zwischen den Zufallsvariablen berücksichtigt. Die Berechnung von Korrelationen war aufgrund nicht ausreichend vorhandener Daten nicht möglich.

### **3.4.4. Simulation**

Die Simulation umfasst die Schritte 3 – 6 des auf Seite 84 dargestellten allgemeinen Ablaufs einer stochastischen Simulation laut MUßHOFF & HIRSCHAUER (2016, 419). Diese werden mittels des Risikoanalyse- und Simulations – Add-Ins für Microsoft® Excel „@Risk“ durchgeführt, die Anzahl der Simulationsdurchläufe wird mit 10.000 festgesetzt. Das Ergebnis daraus sind Häufigkeitsverteilungen der Zielgröße (Bestandessaldo am Ende des Planungszeitraumes je Szenario i). Deren Darstellung und Interpretation erfolgt im Kapitel Ergebnisse.

## 4. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden ausgewählte Zwischenergebnisse<sup>1</sup> der Produktions - und Cash - Flow-Planung dargestellt. Im Anschluss werden die Endergebnisse (= Endwerte des VOFI's, vgl. Seite 64) bei statischer sowie dynamischer Betrachtung veranschaulicht und erläutert.

### 4.1. Ausgewählte Zwischenergebnisse der Produktionspläne Grundfutter und Milchproduktion bei dynamischer Betrachtung

Ein wesentlicher Teil des Produktionsplanes Grundfutter ist die Ermittlung der Netto-TM-Erträge sowie der Netto-Energiegehalte des Heues je Produktionsverfahren (vgl. Kapitel 3.2.3.1). Die Ergebnisse bei statischer Betrachtung wurden bereits im Methodenteil dargestellt (vgl. Tabelle 8 auf Seite 29). Bei der Simulation werden die in Abbildung 23 ersichtlichen Verteilungen der Netto-TM-Erträge an Heu je Produktionsverfahren ( $nY_{GF j_{Heu}; PV_{k_{Heu}}}$ ) realisiert. Die Erträge folgen bei allen Verfahren annähernd einer Normalverteilung und werden durch die Parameter Mittelwert (=Erwartungswert) und Standardabweichung charakterisiert<sup>2</sup>. Bei den Produktionsverfahren KB und WB sind diese Parameter annähernd dieselben (Mittelwert ~ 7.100 kg TM/(ha\*Jahr), Stabw. ~ 1.380 kg TM/(ha\*Jahr)). Bei BT und ET liegen die Mittelwerte etwas darüber (~7.290 kg TM/(ha\*Jahr) bei BT sowie ~7.470 kg TM/(ha\*Jahr) bei ET). Bei BT kann dies durch die tendenziell spätere Nutzung der Aufwüchse und den daraus resultierenden Ertragszuwachs erklärt werden (vgl. Tabelle 5 auf Seite 24). Bei ET wird der höhere Mittelwert durch geringere TM-Verluste dieses Verfahrens im Vergleich zu den anderen Verfahren erreicht (vgl. dazu die Modellannahmen in Tabelle 6 auf Seite 24).

---

<sup>1</sup> Die Darstellung von Zwischenergebnissen ist für die Beantwortung der Forschungsfragen irrelevant. Um für den Leser/die Leserin eine bessere Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten werden jedoch ausgewählte Zwischenergebnisse dargestellt.

<sup>2</sup> Zur Interpretation der Ergebnisse sind zusätzlich noch die Minimal - und Maximalwerte sowie die 5 % und 95 % Quantile dargestellt. Die Minimal- und Maximalwerte sind die Extremwerte bei der Simulation und treten jeweils nur 1/10.000-mal auf. Aus diesem Grund sind diese nicht wirklich aussagekräftig. Die 5 % und 95 % Quantile schließen 5 % der niedrigsten Werte und 5 % der höchsten Werte aus. Die dazwischenliegenden Werte werden also mit einer 90 %igen Wahrscheinlichkeit erreicht.

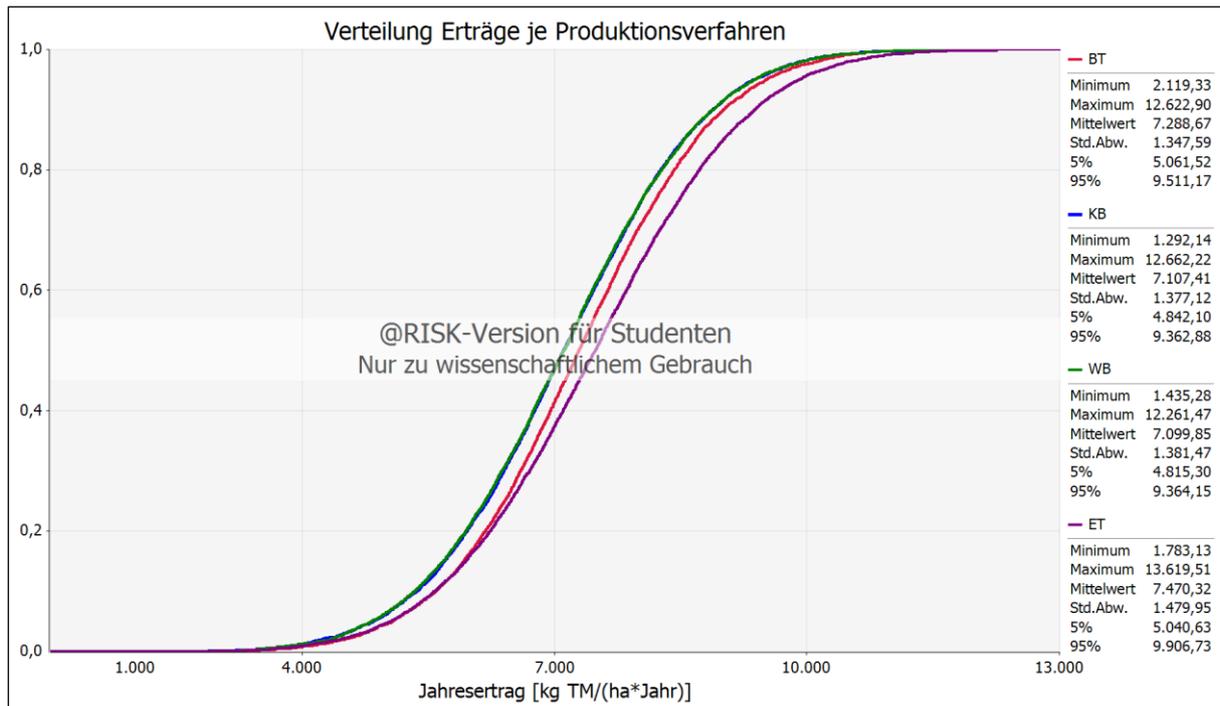


Abbildung 23: Verteilungsfunktion der Netto-Erträge Heu je Produktionsverfahren

Die bei der Simulation realisierten Netto-Energiegehalte des Heues je Produktionsverfahren ( $nE_{GF}^{j_{Heu}; PV_{k_{Heu}}}$ ) folgen ebenfalls einer Normalverteilung, die Verteilungsfunktionen sind in Abbildung 24 dargestellt. Die Mittelwerte reichen dabei von 5,33 MJ NEL/kg TM bei Bodentrocknung (BT) bis hin zu 5,83 MJ NEL/kg TM bei Entfeuchtertrocknung (ET). Die Standardabweichung beträgt 0,16 MJ NEL/kg TM bei BT, 0,15 MJ NEL/kg TM bei KB und WB sowie 0,14 MJ NEL/kg TM bei ET. Es wird darin die unterschiedliche Verzögerung der Nutzung der Aufwüchse und daraus folgend die höhere Streuung der Energiegehalte wiedergespiegelt, diese ist bei BT am höchsten und bei ET am geringsten (vgl. Tabelle 19 auf Seite 89).

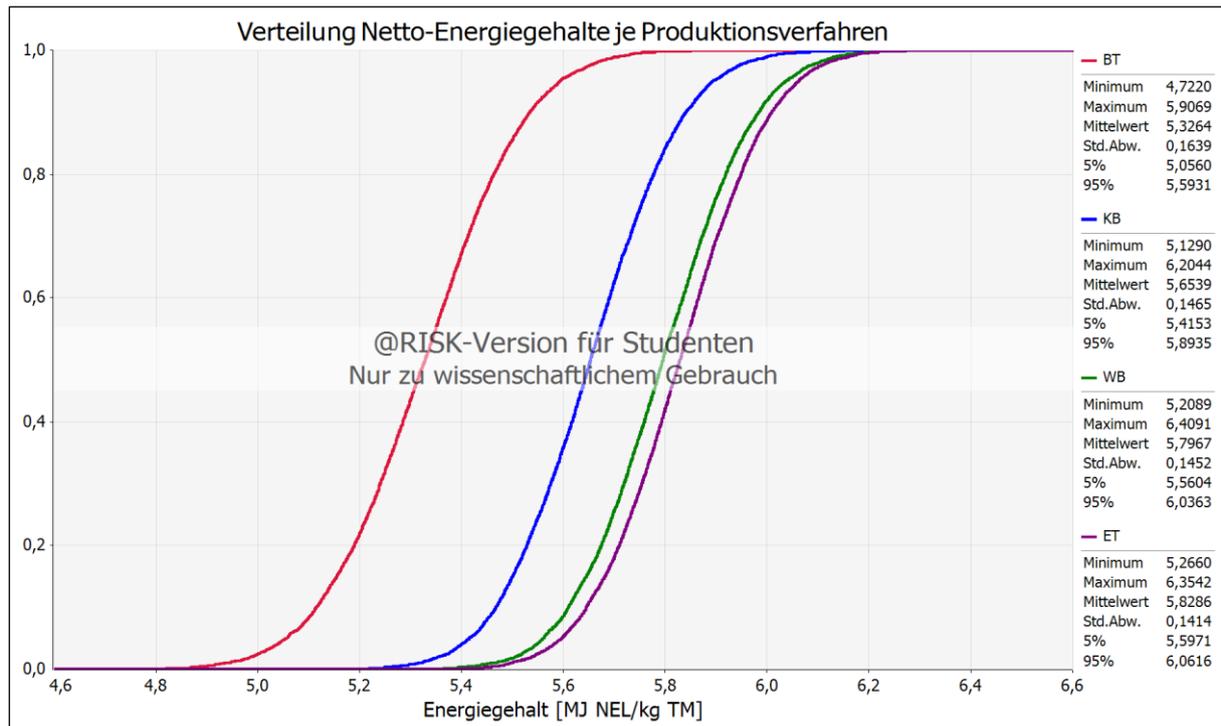


Abbildung 24: Verteilung der Nettoenergiegehalte des Heues je Produktionsverfahren

In Tabelle 20 sind weitere ausgewählte Zwischenergebnisse der Produktionsplanung Grundfutter- und Milchproduktion dargestellt. Wie darin ersichtlich, liegt der wesentliche Unterschied der Planszenarien in der möglichen Anzahl an Kühen, der Höhe der Milchleistung, der verkaufsfähigen Jahresmilchmenge sowie des Bedarfes an Triticale.

Tabelle 20: Ausgewählte Zwischenergebnisse der Produktionspläne Grundfutter und Milchproduktion bei statischer Betrachtung

Planszenario		BT25	KB25	WB25	ET25	BT15	KB15	WB15	ET15
<b>Parameter</b>									
Flächenanspruch je Kuh	[ha/Kuh]	0,59	0,63	0,64	0,62	0,63	0,67	0,68	0,66
mögliche Anzahl Kühe	[Anzahl]	30,3	28,5	28,2	29,1	28,8	26,9	26,6	27,4
Fläche Heubereitung	[ha]	11,4	11,7	11,7	11,5	11,2	11,5	11,7	11,5
Fläche Eingrasen	[ha]	6,6	6,3	6,3	6,5	6,8	6,5	6,3	6,5
Erntemenge Heu	[kg TM/Jahr]	85.974	82.981	83.162	86.225	84.166	82.043	83.009	86.215
Milchleistung pro Jahr	[kg/(Kuh*Jahr)]	7.667	8.156	8.351	8.410	6.342	7.013	7.274	7.357
Milch für Verkauf	[kg/Jahr]	225.051	225.625	228.732	237.755	175.753	182.204	187.114	195.004
Kälber für Verkauf (m+w)	[Anzahl/Jahr]	25,2	23,7	23,4	24,2	23,9	22,4	22,1	22,8
Altkühe für Verkauf	[Anzahl/Jahr]	8,2	7,7	7,6	7,9	7,8	7,3	7,2	7,4
Bedarf Triticale	[kg/(Kuh*Jahr)]	1.563	1.606	1.625	1.630	867	897	910	914
	[kg/Jahr]	47.366	45.776	45.817	47.444	24.980	24.126	24.201	25.041
Bedarf Stroh	[kg/(Kuh*Jahr)]	659	701	715	719	659	701	715	719
	[kg/Jahr]	19.982	19.969	20.164	20.927	18.993	18.848	19.020	19.704

Zur Verdeutlichung dieser Unterschiede sind in Abbildung 25 die jährliche Milchleistung sowie die Krafftuttereinsatzmenge je Kuh und Planszenario dargestellt. Außerdem ist die Höhe der Krafftuttereinsatzmenge je kg produzierter Milch dargestellt<sup>1</sup>. Dieser Parameter ist laut DORFNER & HOFMANN (2008, 1f) speziell dazu geeignet, eine Ration auf deren ökonomische und physiologische Nachhaltigkeit zu beurteilen. Laut den Autoren sind dabei Werte unter 0,25 kg KF/kg Milch anzustreben. In den betrachteten Planszenarien betragen diese zwischen 0,21 kg KF/kg Milch beim Szenario BT25 und 0,14 kg KF/kg Milch beim Szenario ET15 und liegen somit unter der genannten Schwelle.

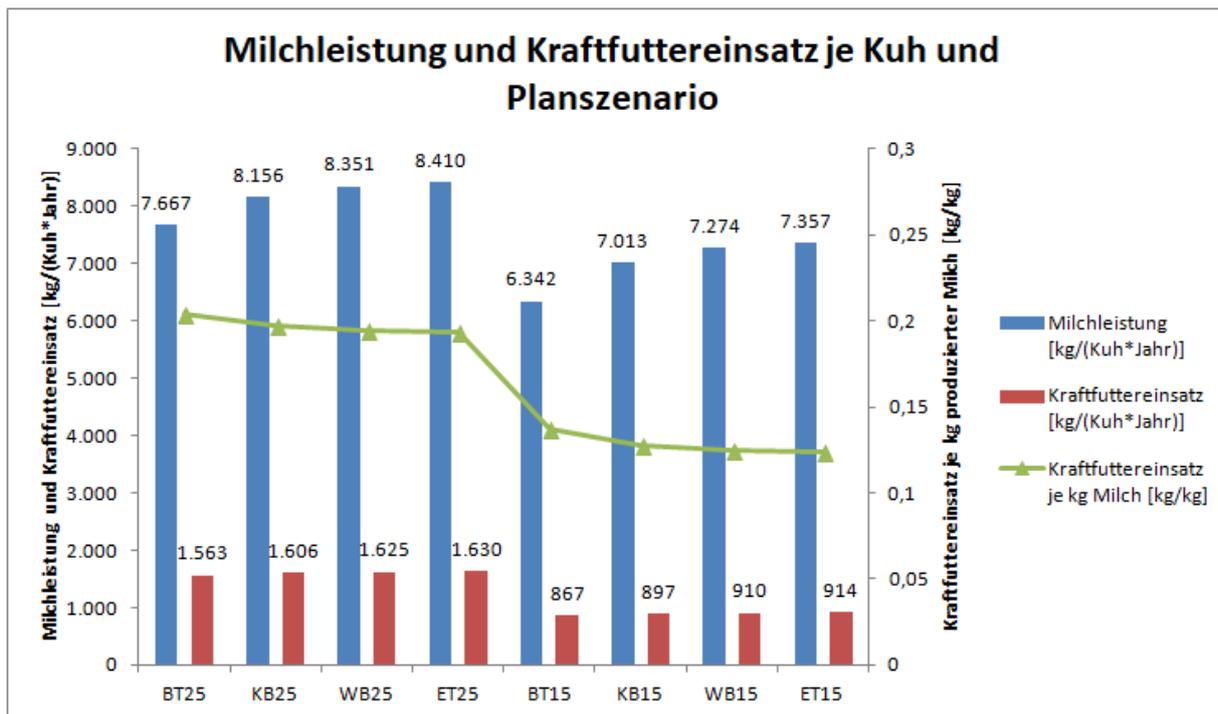


Abbildung 25: Milchleistung und Krafftuttereinsatzmengen je Kuh der verschiedenen Planszenarien

Sämtliche weiteren Zwischenergebnisse der Produktionsplanung sind im Anhang dargestellt.

<sup>1</sup> Die Krafftuttereinsatzmenge je kg produzierter Milch ergibt sich durch Division der verfütterten Krafftuttermenge ( $Q_{Krafftutter}^{Jahr}$ ) je Kuh durch die Jahresmilchleistung einer Kuh.

## 4.2. Ausgewählte Zwischenergebnisse der statischen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Planszenarien ist der Cash-Flow aus operationeller Tätigkeit. Dieser ist neben den Investitionsauszahlungen<sup>1</sup>, der Steuer – und Abgabenzahlung<sup>2</sup> sowie des veranschlagten Restwertes<sup>3</sup> Teil der Zahlungsfolge der Investition (vgl. Kapitel 3.3.2).

In Tabelle 21 sind die Cash-Flows aus operationeller Tätigkeit sowie die in diesen Wert einfließenden Bereichs–Cash-Flows für alle Planszenarien für ein Jahr dargestellt. Die Vergleichbarkeit der Szenarien ist nur innerhalb eines Produktionsniveaus (= Höhe des Kraftfuttereinsatzes, 25 % bzw. 15 %) gegeben. In den Szenarien mit Entfeuchtertrocknung werden also stets die höchsten und in den Szenarien mit Bodentrocknung stets die niedrigsten CFs aus operationeller Tätigkeit erreicht.

**Tabelle 21: Vergleichende Darstellung des CF aus operationeller Tätigkeit<sup>4</sup> sowie aller in diesen CF einfließenden Bereichs-Cash-Flows (CF Grundfutterbereitung, CF Milchproduktion, CF GF-Lager, CF aus staatlichen Transferleistungen sowie zahlungswirksame Fixkosten) eines Jahres der Planszenarien.**

Planszenarien	BT25	KB25	WB25	ET25
<b>Bereich</b>				
CF Milchproduktion	100.197	101.571	103.376	107.523
CF Grundfutterproduktion	-5.793	-6.397	-5.938	-7.169
CF Grundfutter-Lager	0	0	0	0
CF staatliche Transferleistungen	15.050	15.050	15.050	15.050
zahlungswirksame Fixkosten	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207
<b>CF aus operationeller Tätigkeit</b>	<b>106.247</b>	<b>107.017</b>	<b>109.282</b>	<b>112.197</b>

Planszenarien	BT15	KB15	WB15	ET15
<b>Bereich</b>				
CF Milchproduktion	79.859	84.435	87.045	90.896
CF Grundfutterproduktion	-5.768	-6.376	-5.935	-7.169
CF Grundfutter-Lager	0	0	0	0
CF staatliche Transferleistungen	15.050	15.050	15.050	15.050
zahlungswirksame Fixkosten	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207
<b>CF aus operationeller Tätigkeit</b>	<b>85.934</b>	<b>89.902</b>	<b>92.953</b>	<b>95.571</b>

Bemerkenswert in Tabelle 21 ist, dass sich der CF des Bereiches Milchproduktion zwischen den kraftfutterintensiven Szenarien weniger stark unterscheidet als zwischen den

<sup>1</sup>vgl. Kapitel 3.3.2.2.1

<sup>2</sup>vgl. Kapitel 3.3.2.3

<sup>3</sup>vgl. Kapitel 3.3.2.2.2

<sup>4</sup> In Tabelle 21 entspricht der CF aus operationeller Tätigkeit in manchen Szenarien nicht exakt der Summe der Bereichs-Cash-Flows. Dies ist durch Rundungsdifferenzen begründet.

kräftfutterextensiven Szenarien, sowohl in absoluten als auch in relativen Zahlen. Wie in Tabelle 20 ersichtlich ist, unterscheidet sich auch die Milchleistung zwischen den intensiven Szenarien weniger deutlicher als zwischen den extensiven Szenarien. So beträgt der Leistungsanstieg von BT25 auf ET25 etwa 600 kg Milch/Jahr ( $\Delta \sim + 8 \%$ ), zwischen BT15 und ET15 beträgt der Anstieg hingegen nur rund 1.000 kg Milch/Jahr ( $\Delta \sim + 16 \%$ ). Dies kann durch folgende Tatsache begründet werden: Bei geringerem Kräftfutareinsatz wird ein größerer Anteil der Milch aus dem Grundfutter produziert. Eine sich ändernde Grundfutterqualität bewirkt also eine stärkere Änderung der Milchleistung, als dies bei einem höheren Kräftfutteranteil der Fall wäre. Die Grundfutterqualität hat also bei geringerem Kräftfutareinsatz eine stärkere Bedeutung als bei einem höheren Kräftfutareinsatz.

Zum besseren Verständnis der unterschiedlichen Höhe der Zahlungsströme in den Planszenarien sind auf den folgenden Seiten in den Abbildung 26 - Abbildung 29 alle Zahlungsströme sowie die Entwicklung der Bestandessalden dargestellt<sup>1</sup>. Als Einzahlungen scheinen darin die Einlage eigener Mittel, die Aufnahme des Annuitätenkredites, der Cash-Flow aus operationeller Tätigkeit, Zinsen aus der Anlage von überschüssigen Mitteln sowie der Restwert auf. Auszahlungen sind die Investitionsauszahlung, die Entnahme eigener Mittel, die Steuer- und Abgabenzahlung sowie Tilgung und Zinszahlungen des aufgenommenen Kredites (vgl. Kapitel 3.3.1). Die dargestellten jährlichen Überschüsse entsprechen der Differenz aus Einzahlungen – Auszahlungen und sind jene Summe, die im VOFI unter dem Begriff Reinvestition jährlich angelegt werden (vgl. Seite 63 sowie Abbildung 19 auf Seite 64). Die Summe aller jährlichen Überschüsse ergibt den Bestandssaldo am Ende des Planungszeitraumes (=Endwert) und somit die interessierende Zielgröße. In diesen Abbildungen wird deutlich, dass der wesentliche Unterschied der Planszenarien in der Höhe der Anfangsinvestition liegt. So werden in den Szenarien ET25 und ET15 etwa 350.000 Euro investiert, in den Szenarien BT25 und BT15 hingegen nur rund 260.000 Euro. Höhere Investition haben höhere CF's aus operationaler Tätigkeit zur Folge (vgl. Tabelle 21 sowie Abbildung 26 - Abbildung 29). Bei den Szenarien mit 25 % Kräftfutareinsatz beispielsweise können diese höheren CF's aus operationeller Tätigkeit die höhere Anfangsinvestition in keinem Szenario kompensieren. Bei 15 % Kräftfutareinsatz sind höhere Investitionen im Vergleich zur Bodentrocknung hingegen in allen Szenarien gerechtfertigt.

---

<sup>1</sup> Sämtliche Werte zu den Abbildungen können in den VOFI-Plänen im Anhang nachgelesen werden.

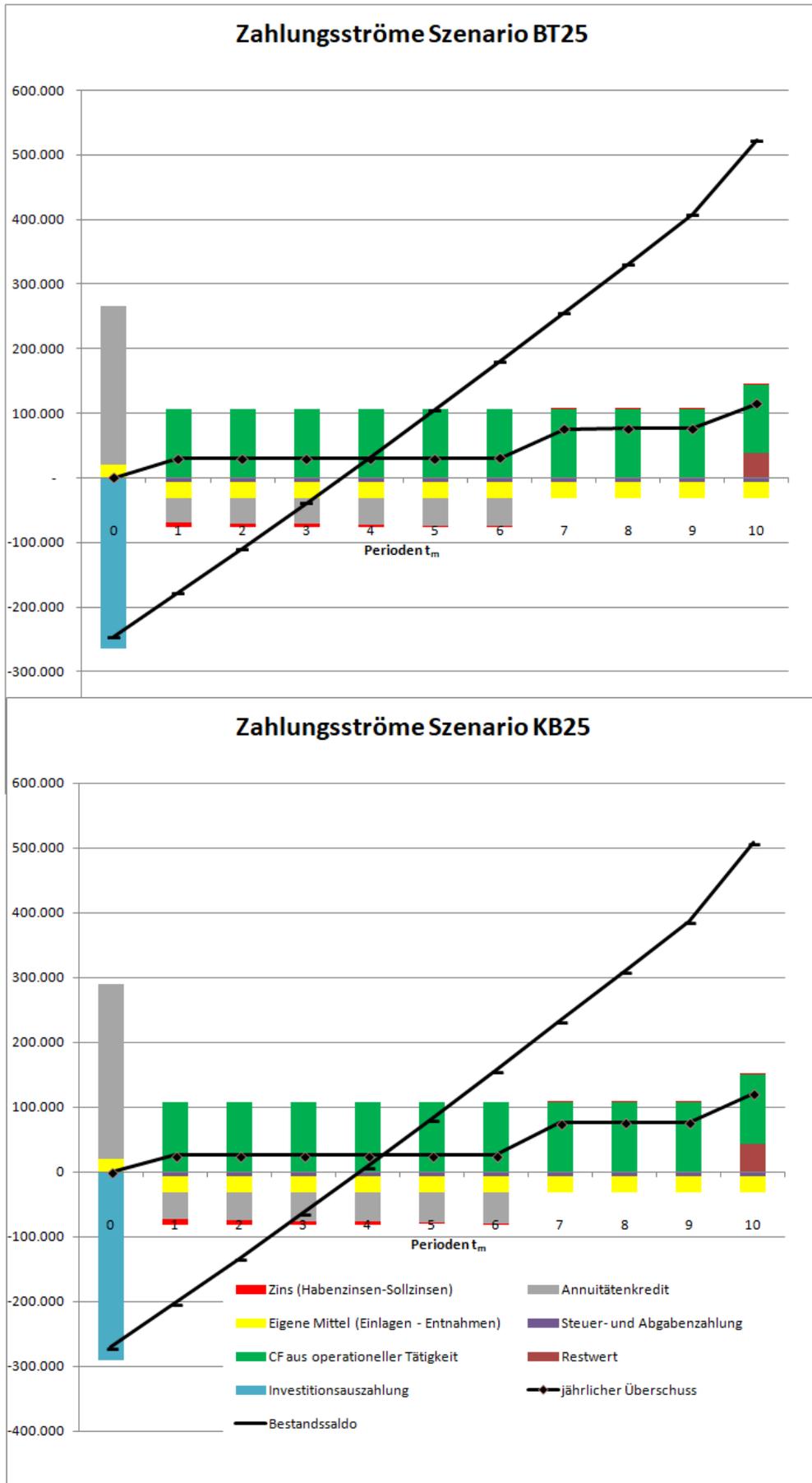


Abbildung 26: Zahlungsströme der Szenarien BT25 und KB25

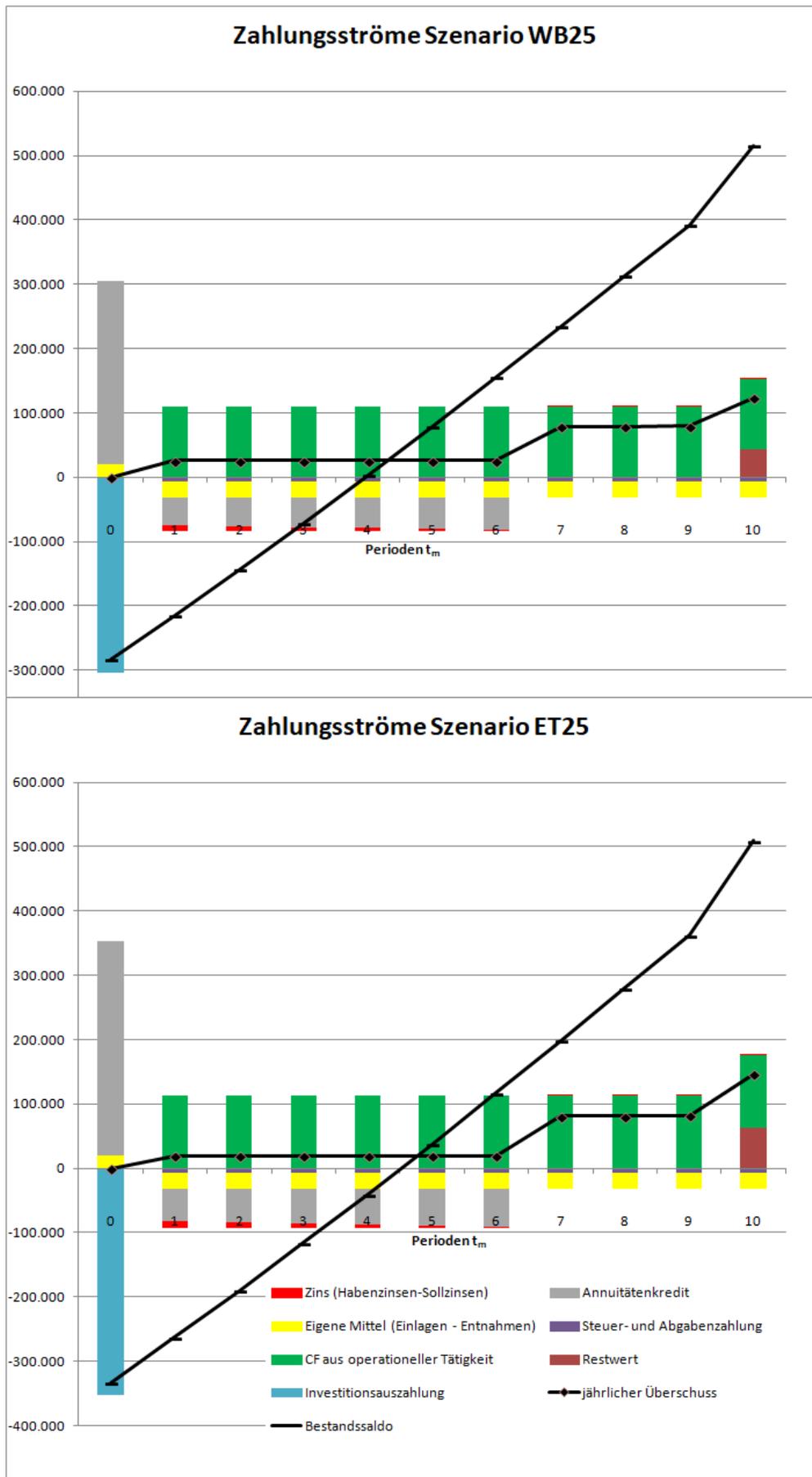


Abbildung 27: Zahlungsströme der Szenarien WB25 und ET25

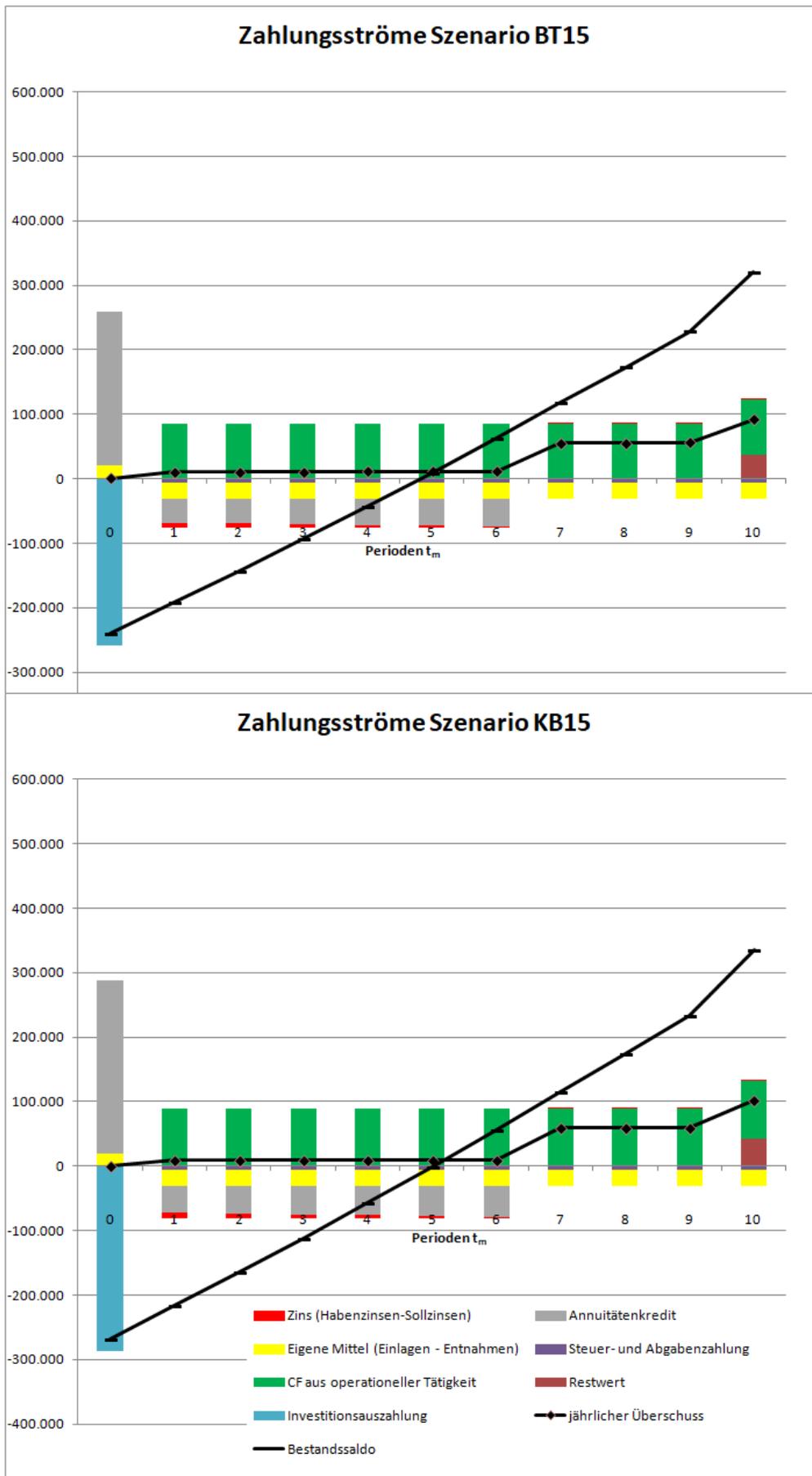


Abbildung 28: Zahlungsströme der Szenarien BT15 und KB15

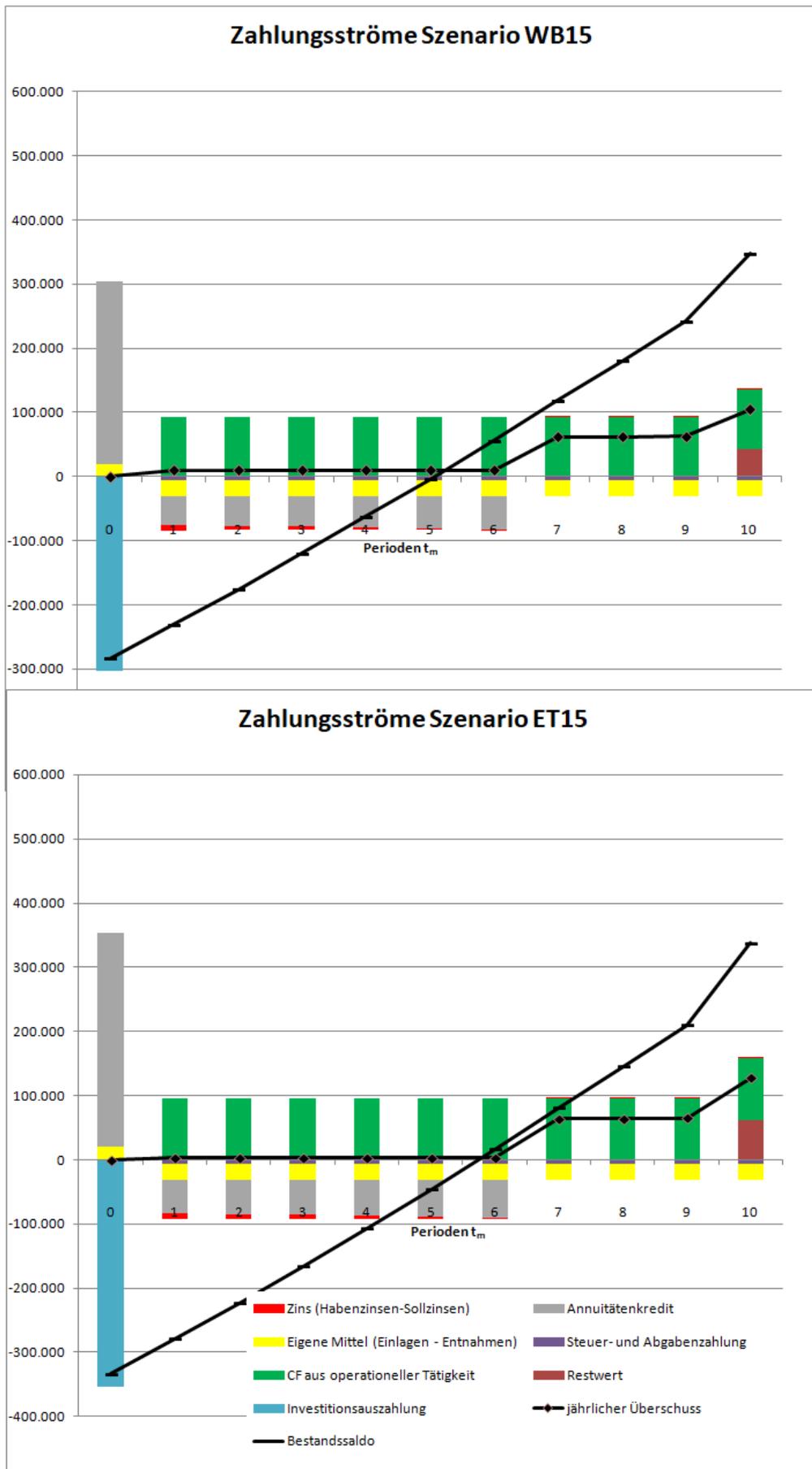


Abbildung 29: Zahlungsströme der Szenarien WB15 und ET15

### 4.3. Endwerte bei statischer Betrachtung

Ausgehend von den Abbildungen des vorhergehenden Kapitels werden nun in Abbildung 30 die Endwerte aller Planszenarien bei statischer Betrachtung vergleichend dargestellt. Bei den Szenarien mit 25 % Krafftuttereinsatz wird bei Bodentrocknung (BT25) der höchste Wert (~ 523.000 €) erreicht. In diesem Szenario werden zwar die geringsten CF's aus operationeller Tätigkeit erzielt, durch die niedrige Anfangsinvestitionssumme kann jedoch der hohe Endwert begründet werden (vgl. Kapitel 4.2).

Bei den krafftutterextensiveren Szenarien (BT15 - ET15) stellt sich das Szenario mit Warmbelüftung mit ~ 347.000 € Endwert als das Wirtschaftlichste heraus. Hier wird also durch höhere CF's aus operationeller Tätigkeit eine höhere Investitionssumme (im Vergleich zu BT15 und KB15) gerechtfertigt. Nicht gerechtfertigt wird die Investitionshöhe des Szenarios ET15.

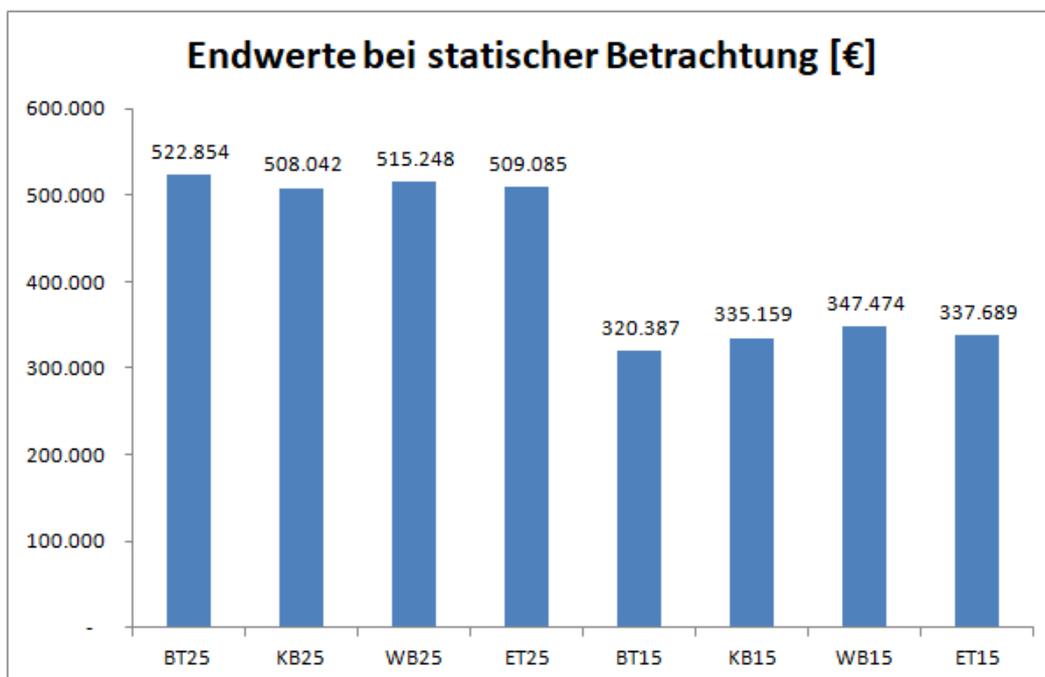


Abbildung 30: Endwerte der Planszenarien bei statischer Betrachtung

#### 4.4. Verteilungen der Endwerte bei dynamischer Betrachtung

Bei dynamischer Betrachtung der kraftfutterintensiven Szenarien weißt das Szenario KB25 mit rund 498.000 € den geringsten Mittelwert auf, jener des Szenarios ET25 liegt mit rund 499.500 € knapp darüber. Wie in Abbildung 31 ersichtlich, liegt die Kurve des Szenarios KB25 vollständig links<sup>1</sup> von jener des Szenarios ET25. Laut MUßHOFF & HIRSCHAUER (2016, 436ff) liegt stochastische Dominanz 1. Grades vor. Bei der Entscheidung zwischen den Szenarien KB25 und ET25 wählt ein Entscheider unabhängig von seiner Risikopräferenz<sup>2</sup> das Szenario ET25.

Der höchste Mittelwert mit rund 508.000 € wird im Szenario WB25 erreicht. Im Szenario BT25 liegt dieser mit rund 507.500 € nur knapp darunter, diese beiden Szenarien unterscheiden sich also hinsichtlich ihres Mittelwertes kaum. Wie in Abbildung 31 ersichtlich ist, schneiden sich die Kurven jedoch recht deutlich. Bei der Anwendung des Konzeptes der stochastischen Dominanz 2. Grades (siehe dazu MUßHOFF & HIRSCHAUER (2016, 436ff)) bevorzugt ein risikoaverser Entscheider die Variante WB25, ein risikofreudiger Entscheider hingegen die Variante BT25. Die Unterschiede der Szenarien WB25 und BT25 sind allerdings so marginal, dass keine eindeutige Handlungsempfehlung gegeben werden kann.

---

<sup>1</sup> Bei der Betrachtung der Legende fällt auf, dass sich die Kurven im unteren und oberen Bereich schneiden müssen, was in der Grafik nicht eindeutig ersichtlich ist (ET25 weist einen geringeren Min- und einen höheren Max-Wert als KB25 auf. Würden anstatt den Min- und Max - Werten die 5 und 95 % Quantilswerte verwendet und die darunter/darüber liegenden Beobachtungen ausgeschlossen werden, liegt stochastische Dominanz 1. Grades vor.

<sup>2</sup> Grundlagen zur Definition der Risikopräferenz eines Entscheiders können in MUßHOFF & HIRSCHAUER (2016, 440ff) nachgelesen werden.

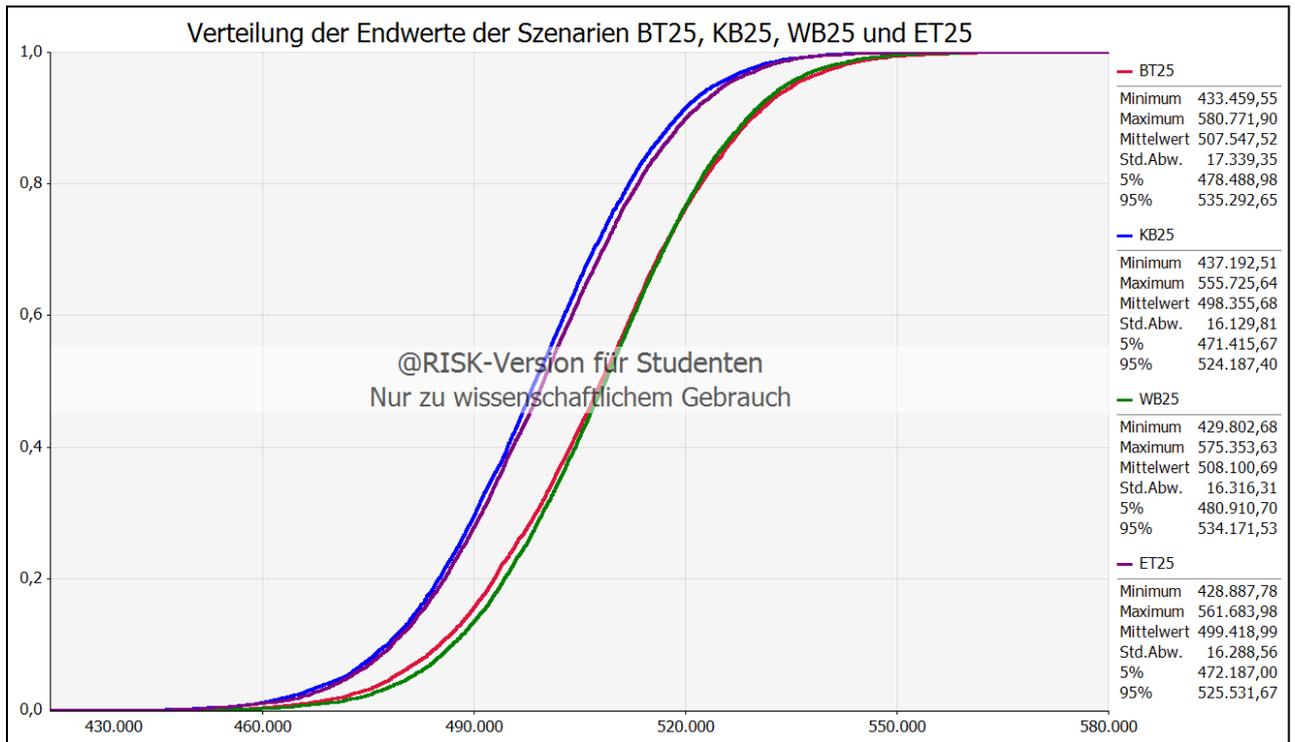


Abbildung 31: Verteilungsfunktion der Endwerte der Szenarien BT25, KB25, WB25 und ET25

Bei den krafftutterextensiveren Szenarien kann eine eindeutige Handlungsempfehlung für das Szenario WB15 gegeben werden. Gegenüber allen anderen Alternativen liegt stochastische Dominanz 1. Grades vor (siehe Abbildung 32).

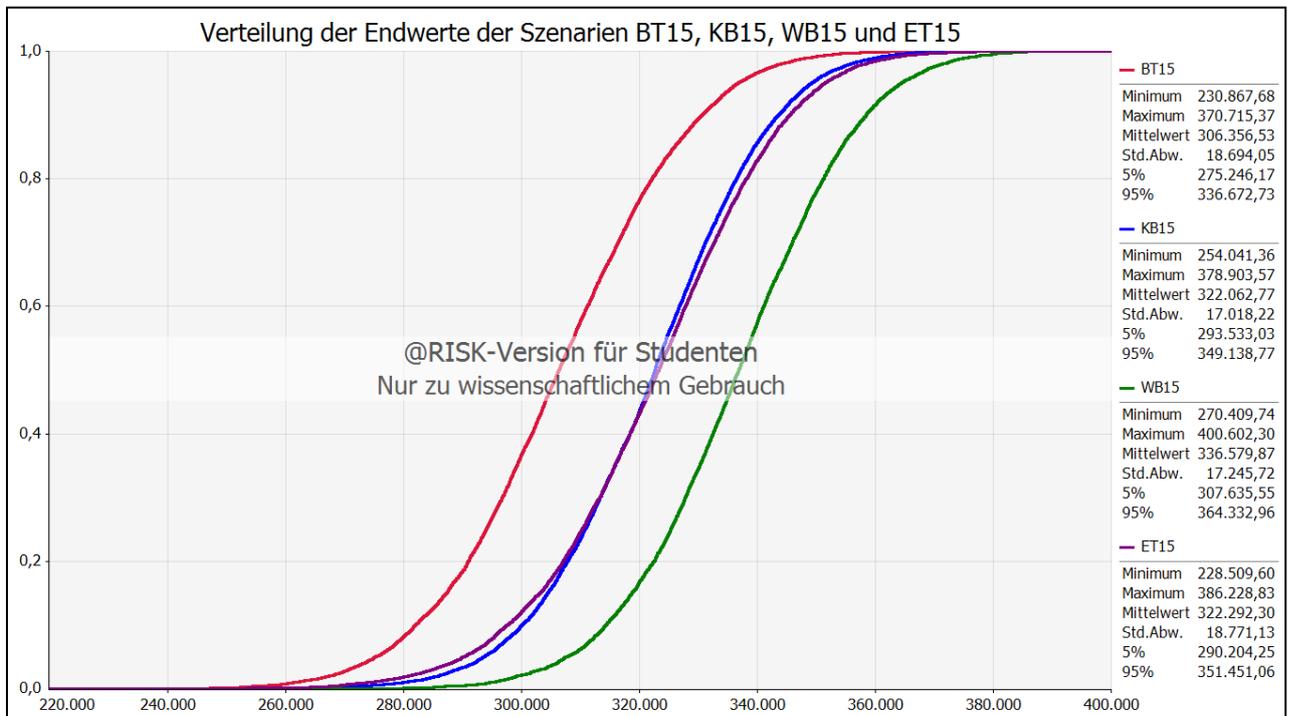


Abbildung 32: Verteilungsfunktion der Endwerte der Szenarien BT15, KB15, WB15 und ET15

Werden alle Planszenarien miteinander verglichen, so kann festgestellt werden, dass absolut stochastische Dominanz<sup>1</sup> aller intensiven Szenarien (BT25, KB25, WB25 und ET25) gegenüber den extensiven Szenarien vorliegt. Bei rationaler Entscheidung ist somit in jedem Fall eines der kraftfutterintensiven Szenarien zu wählen (und dabei je nach Risikopräferenz entweder BT25 oder WB25 – wie auf der vorigen Seite beschrieben).

Um die Höhe der Unterschiede zwischen den Endwerten aller Planszenarien zu verdeutlichen, sind in Abbildung 33 zusammenfassend die Endwerte bei statischer Betrachtung sowie die Mittelwerte der Verteilung der Endwerte bei dynamischer Betrachtung dargestellt. Darin wird der beträchtliche Unterschied zwischen den Produktionsniveaus ersichtlich.

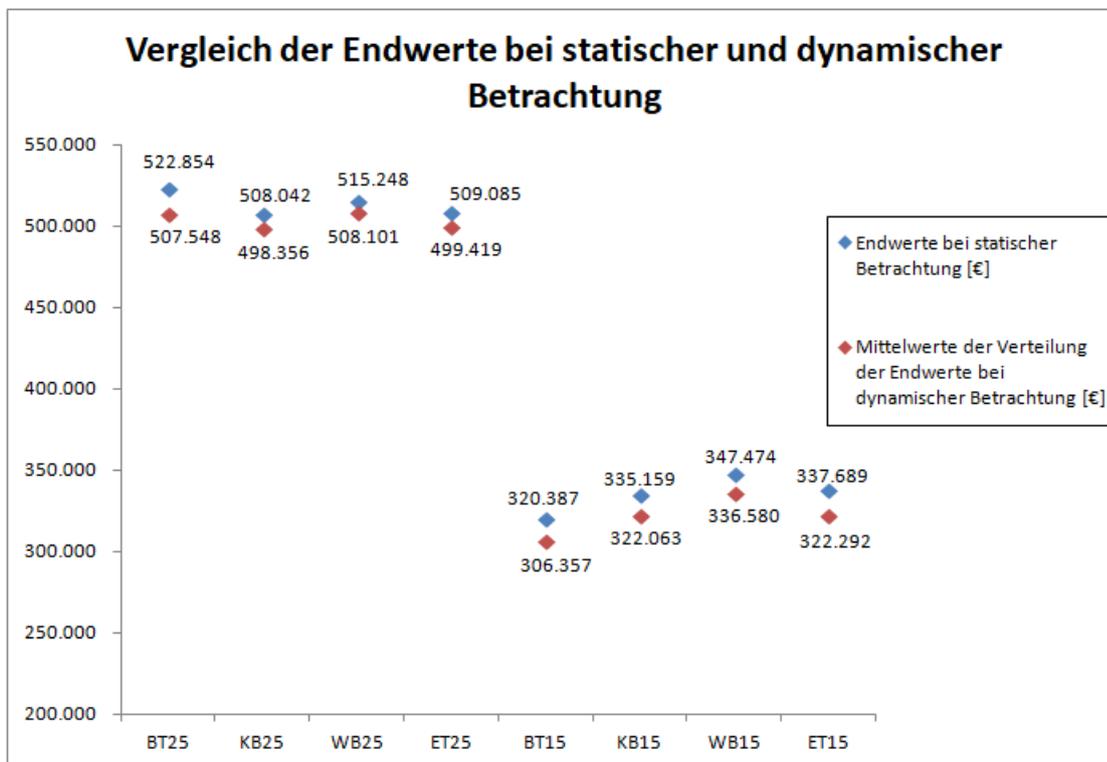


Abbildung 33: Vergleich der Endwerte bei statischer Betrachtung mit den Mittelwerten der Verteilung der Endwerte bei dynamischer Betrachtung

Die Verteilung der Endwerte folgt in allen Szenarien einer Normalverteilung. Laut MÜßHOFF & HIRSCHAUER (2016, 436ff) kann das Risiko dabei mittels Standardabweichung interpretiert werden. Eine Zufallsvariable mit hohem Erwartungswert weist jedoch im Allgemeinen eine höhere Standardabweichung als eine mit niedrigerem Erwartungswert auf, somit sind die

<sup>1</sup> Absolut stochastische Dominanz des Szenarios ET25 gegenüber dem Szenario ET15 bedeutet, dass die Min-Werte des Szenarios ET25 höher sind als die Max-Werte des Szenarios ET15. Im Szenario ET25 wird also im schlechtesten Fall immer noch ein höherer Endwert erreicht als im Szenario ET15 im besten Fall.

Standardabweichungen bei deutlich unterschiedlichen Erwartungswerten nicht unmittelbar vergleichbar. Um diesem Problem Rechnung zu tragen, wird das Risiko mit der Kennzahl Variationskoeffizient dargestellt. Diese wird mittels Division der Standardabweichung durch den Erwartungswert berechnet und berücksichtigt somit die unterschiedliche Höhe der Erwartungswerte (vgl. ERMSCHEL ET AL., 2016, 91). In Abbildung 34 sind die Standardabweichungen sowie die Variationskoeffizienten aller Planszenarien dargestellt. Wie darin ersichtlich ist, unterscheidet sich die Reihung der Variationskoeffizienten deutlich von jener der Standardabweichungen. Das geringste Risiko weisen die Varianten mit dem niedrigsten Variationskoeffizienten auf. Bei 25 % Kraftfuttereinsatz werden in allen Szenarien ähnlich niedrige Werte erreicht. Die beiden aufgrund des höchsten Mittelwertes ausgewählten Szenarien erreichen 3,42 % (BT25) und 3,21 % (WB25). Dies bestätigt die bereits getätigte Aussage, dass ein risikofreudiger Entscheider BT25, ein risikoaverser Entscheider WB25 wählt.

Die Szenarien des niedrigen Produktionsniveaus weisen ein deutlich höheres Risiko<sup>1</sup> und - wie bereits beschrieben - um einiges niedrigere Mittelwerte auf und werden somit von einem rational denkenden Entscheider nicht gewählt.

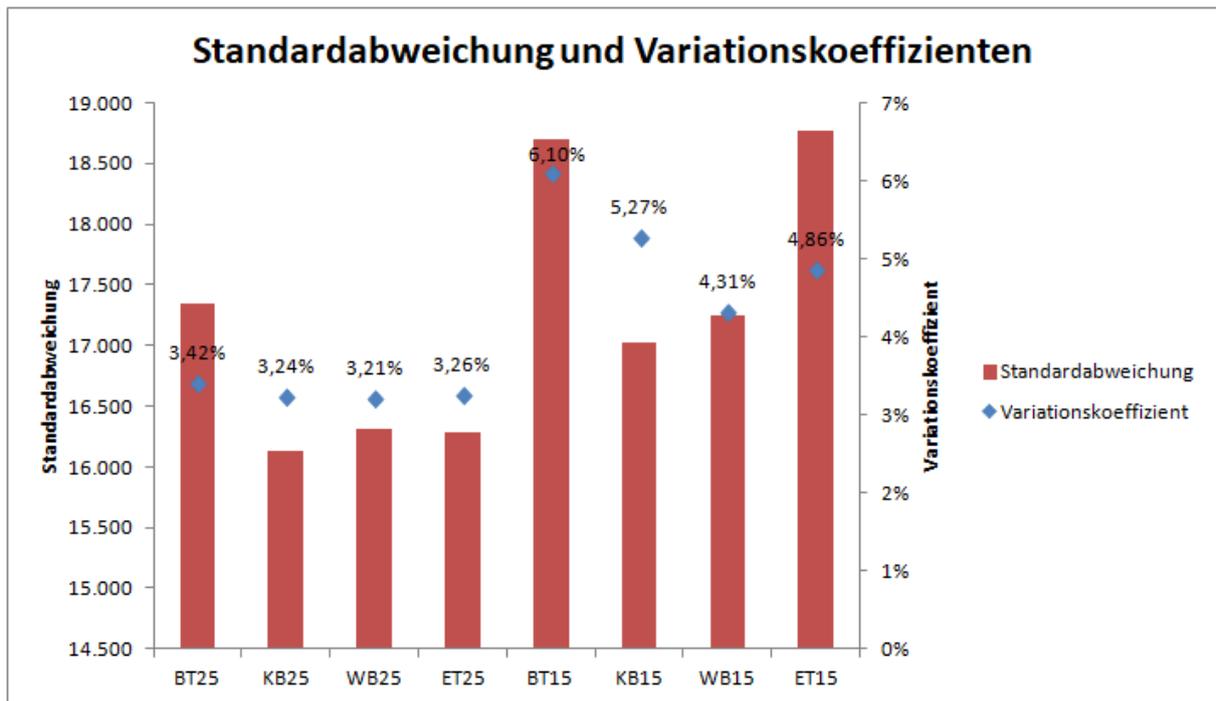


Abbildung 34: Standardabweichung und Variationskoeffizienten der Endwerte der Planszenarien

<sup>1</sup> Das höhere Risiko kann wiederum mit dem höheren relativen Anteil des Grundfutters in der Ration begründet werden (vgl. Seite 96): Bei einem höheren relativen Anteil von Grundfutter in der Ration wirken sich Änderungen von Qualität und Quantität im Zuge der Simulation stärker aus als bei einem geringeren relativen Anteil.

## 5. Diskussion

In diesem Kapitel wird zunächst konkret auf die Forschungsfragen Bezug genommen und diese beantwortet. Im Anschluss werden die Datengrundlage und die verwendeten Methoden diskutiert. Dabei werden Schwachstellen und mögliche Fehlerquellen im Modell aufgezeigt sowie Ansatzpunkte für weitergehende Analysen gegeben.

### 5.1. Beantwortung der Forschungsfragen

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden diese zunächst nochmals dargestellt. Diese sind:

- a) Welche der Alternativen der Heugewinnung für die Produktion von silofreier Milch weist die höchste Wirtschaftlichkeit auf, welche das geringste Risiko?
- b) Welche grundfutterproduktionsspezifischen Einflussgrößen haben den größten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit?
- c) Welche der grundfutterproduktionsspezifischen Einflussgrößen auf das Betriebsergebnis sind mit Risiko behaftet, welche sind wichtige Risiken, welche unwichtig?
- d) Ist der Vollständige Finanzplan in Kombination mit einer Monte-Carlo-Simulation eine geeignete Methode zur Analyse der Wirtschaftlichkeit verschiedener Entwicklungsszenarien in einem landwirtschaftlichen Betrieb?

Folgende Antworten auf die Forschungsfragen können aus den Ergebnissen abgeleitet werden:

- ad. a) Als Kennzahl zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit wurde der Endwert des VOFIs ausgewählt. Bei dynamischer Betrachtung weist das Szenario WB25 den höchsten Erwartungswert des Endwertes und das geringste Risiko auf. Bei statischer Betrachtung wird der höchste Endwert im Szenario BT25 erreicht.
- ad. b) Folgende grundfutterproduktionsspezifischen Einflussgrößen haben laut Sensitivitätsanalyse den größten Einfluss auf den Endwert (Reihung von größtem Einfluss nach kleinerem Einfluss) (vgl. Tabelle 17 auf Seite 87):
  - Bruttoertrag zum optimalen Nutzungszeitpunkt
  - Energiegehalt zum optimalen Nutzungszeitpunkt
  - Wetterbedingte Verzögerung der Nutzung

- Verluste Energie Heu
- Verluste Ertrag Heu
- TM-Gehalt bei der Einfuhr
- variable Kosten am Feld je Produktionsverfahren Heu

- ad. c) Alle genannten grundfutterproduktionsspezifischen Einflussgrößen sind einem Wetterrisiko ausgesetzt. Als wichtige Risiken wurden die vier erstgenannten definiert (siehe dazu Seite 87 und im Speziellen Tabelle 17 auf der genannten Seite).
- ad. d) Die gewählte Methode des Vollständigen Finanzplans in Kombination mit der Monte Carlo Simulation erlaubt eine quantitative Risikoanalyse ausgewählter Szenarien zur Produktion von silofreier, biologischer Milch. Als zahlungsstromorientiertes Planungsinstrument betrachtet der VOFI mithilfe von Nebenrechnungen die betriebswirtschaftliche Situation des Betriebes, Finanzierungsaspekte sowie Zahlungsströme zwischen Betrieb und privatem Haushalt (vgl. KERBL ET AL, 2011, 87f). Zur Beantwortung der Forschungsfragen wären andere Methoden in gleicher Weise geeignet und mit weniger Aufwand verbunden (z.B. Vergleichsdeckungsbeitrag, o.Ä.). Durch einen VOFI werden jedoch nahezu alle – mit den unterschiedlichen Investitionen einhergehenden - Aspekte betrachtet. Um für den Beispielsbetrieb ein umfassendes Bild über die ökonomische Situation der folgenden Jahre geben zu können, wird die gewählte Methode als angemessen und geeignet betrachtet.

## 5.2. Diskussion der Datengrundlagen und der Methoden

### 5.2.1. Diskussion des Produktionsplanes Grundfutterproduktion

Die Berechnung der Energiegehalte des Grundfutters beruht auf zahlreichen Annahmen und Vereinfachungen, die Ungenauigkeiten im Modell verursachen können. So werden etwa die Wetterverhältnisse zur Zeit der Nutzung der Aufwüchse zwei bis vier nicht berücksichtigt. Es wird hingegen angenommen, dass die Wetterverhältnisse, die zur Zeit der Nutzung des ersten Aufwuchses vorherrschen bei allen weiteren Aufwüchsen ebenfalls vorzufinden sind. Daraus könnte sich natürlich eine Ungenauigkeit im Modell ergeben, da sich die Wetterverhältnisse zur Zeit der Nutzung der verschiedenen Aufwüchse erfahrungsgemäß doch recht deutlich unterscheiden können.

Die Ermittlung von Erntegelegenheiten erfolgt lediglich auf Basis des Parameters der Niederschlagssumme. Als mögliche Erntetage zählen also Halbtage (bzw. Reihen von Halbtagen) ohne Niederschlag. Zur Heutrocknung ist dies nicht gänzlich korrekt, hängt doch der Abtrocknungsverlauf des Erntegutes von der sog. Sättigungsdefizitsumme der Luft ab<sup>1</sup> und nicht allein vom Zustand der Niederschlagsfreiheit. LUDER (1982) sowie FORMAYER (2001) beschreiben in ihren Dissertationen Möglichkeiten zur Ermittlung von Erntegelegenheiten auf Basis von Sättigungsdefizitsummen. Da jedoch entsprechende Daten für die vorliegende Arbeit nicht zur Verfügung standen, musste mit dem Parameter der Niederschlagssumme das Auslangen gefunden werden.

Es ergibt sich auch das Problem, inwieweit historische Wetterdaten für eine Ermittlung von zukünftigen Erntegelegenheiten geeignet sind. In Anbetracht der fortschreitenden Klimaerwärmung können sich lokale Wetterverhältnisse teils dramatisch ändern (vgl. STEININGER ET AL., 2015, 31ff). Die Ermittlung von Erntegelegenheiten auf Basis von Vergangenheitsdaten ist jedoch gängige Praxis (vgl. dazu u.A. JACKSCHITZ-WILD (2016, 8) sowie FORMAYER ET AL. (2000, 21)).

Eine Änderung der lokalen Wetterverhältnisse bewirkt auch eine Verschiebung des optimalen Schnittzeitpunktes des Grünlandes. Außerdem wird dieser - unabhängig von der Klimaerwärmung - nur in den seltensten Fällen exakt an den für das Modell angenommenen Tagen liegen. Eine genaue Ermittlung des optimalen Nutzungszeitpunktes für jedes Jahr würde ein komplexes Grünlandertragsmodell erfordern, in das neben zahlreichen anderen Einflüssen die Wetterentwicklung (Temperatur und Niederschlag) im Frühjahr einfließen müsste. Aus diesem Ertragsmodell könnte dann der optimale Zeitpunkt bestimmt werden und die erstmögliche Schönwetterperiode danach genutzt werden. Da jedoch für diese

---

<sup>1</sup> In die Sättigungsdefizitsumme der Luft fließen u.a. unter anderem die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit ein (vgl. Luder, 1982, s.p.).

Masterarbeit keine entsprechenden Daten zur Verfügung standen, konnte solch ein Modell nicht entwickelt werden<sup>1</sup>.

Die Verwendung von Vergangenheitsdaten bringt noch ein weiteres Problem mit sich. Die theoretisch möglichen Erntegelegenheiten der vergangenen Jahre werden wie auf Seite 20 beschrieben, ermittelt. In der Realität muss vom Landwirt auf Grundlage einer Wetterprognose für die kommenden Tage eine Entscheidung über eine Mahd getroffen werden. Dabei kann es - aufgrund unsicherer Wetterprognosen und subjektiven Empfindens des Landwirtes - passieren, dass mögliche Erntefenster nicht genutzt werden. Im vorliegenden Modell erfolgt bei einer Schönwetterperiode jedoch in jedem Fall eine Nutzung, unabhängig davon, ob in einer Realsituation tatsächlich eine Nutzung erfolgt wäre. Die tatsächlich erreichten Nutzungszeitpunkte werden also tendenziell etwas nach den im Modell angenommenen Zeitpunkten liegen.

Ebenfalls keine Betrachtung findet die Tatsache dass passieren kann, dass das Erntegut angeregt wird. Dabei verschlechtert sich dessen Qualität erheblich, außerdem sind weitere Wende - bzw. Zettvorgänge notwendig. Im schlimmsten Fall kann das Erntegut nicht mehr zur Fütterung eingesetzt werden, dies hat verschiedene Auswirkungen auf das ökonomische Betriebsergebnis<sup>2</sup>.

Die theoretischen Nutzungszeitpunkte der vergangenen Jahre bilden die Grundlage für die auf Seite 89 beschriebene diskrete Verteilung. Dieser Verteilungstyp spiegelt natürlich nicht die Realität wieder, in der prinzipiell jeder Tag für eine Nutzung möglich sein könnte. Da jedoch keine andere in „@ - Risk“ mögliche Verteilung eine zufriedenstellende Anpassungsgüte lieferte, wird dieser Kompromiss gewählt.

Aufgrund der zahlreichen genannten Probleme und vereinfachenden Annahmen erscheinen die gewählten Methoden als nicht sehr geeignet. Ein anderer Ansatz zur Ermittlung von Verteilungen des Energiegehaltes im Heu wäre folgender:

Im Jahr 2010 wurde unter Federführung des LFZ Raumbergs das Projekt „Praxisheu – Raufutterqualität auf österreichischen Betrieben“ durchgeführt. Dabei wurden von über 500 Landwirten Futtermittelproben gezogen und nasschemisch analysiert (vgl. RESCH ET AL., 2011, 24). Im Abschlussbericht dieses Projektes sind Mittelwerte sowie Standardabweichung von über 800 Heuproben, unter anderem getrennt nach den Produktionsverfahren Bodentrocknung, Kaltbelüftung und Warmbelüftung angegeben. Daten für das Verfahren der Entfeuchtertrocknung wären aus GRUBER ET AL. (2015, 62) verfügbar. In Tabelle 22 sind

---

<sup>1</sup> Neben den vorhandenen Wetterdaten würden noch standortspezifische Grünlanddaten zu Ertrag und Inhaltsstoffen benötigt werden.

<sup>2</sup> Mögliche Auswirkungen wären u.a. ein notwendiger Futterzukauf sowie eine geringere Milchleistung.

diese Literaturdaten sowie die in der vorliegenden Arbeit durch die Simulation resultierenden Energiegehalte zu Vergleichszwecken gegenübergestellt:

**Tabelle 22: Gegenüberstellung von Energiegehalten aus Literatur und durch Simulation resultierende Energiegehalte**

Produktionsverfahren	Daten aus Publikationen <sup>1,2</sup>		Daten aus Simulation <sup>3</sup>	
	Mittelwert [MJ NEL/kg TM]	Stabw	Mittelwert	Stabw
Bodenheu <sup>1</sup>	5,48	0,38	5,31	0,16
Kaltbelüftung <sup>1</sup>	5,59	0,27	5,66	0,15
Warmbelüftung <sup>1</sup>	5,70	0,36	5,8	0,15
Luftentfeuchter <sup>2</sup>	5,72	0,34	5,83	0,14

Quellen: 1) RESCH ET AL. (2011, 24), 2) GRUBER ET AL. (2015, 62), 3) Eigene Berechnungen

Es zeigt sich, dass sich die Mittelwerte der mittels Simulation erzeugten Energiegehalte je Produktionsverfahren wesentlich deutlicher unterscheiden als zwischen den empirisch erhobenen Versuchsdaten. Dies hat den Grund, dass bei der Simulation viele verschiedene mögliche Jahre zur Datengenerierung herangezogen werden, wohingegen die Literaturdaten lediglich eine Verteilung für ein bestimmtes Jahr (in diesem Fall 2010) kennzeichnen. Es kann somit festgehalten werden, dass die gewählte Methode zur Bestimmung der Energiegehalte - trotz der genannten Kritikpunkte – als die der Realität besser entsprechende erscheint, da damit unterschiedliche Wetterverhältnisse der verschiedenen Jahre abgebildet werden.

### 5.2.2. Diskussion des Produktionsplanes der Milchproduktion

Ein Teil des Produktionsplanes Milchproduktion ist die Gestaltung von Futterrationen. Aus tierphysiologischen -, umweltethischen - sowie ökonomischen Gründen sollte versucht werden, Nährstoffüberschüsse möglichst gering zu halten (vgl. KIRCHGEßNER ET AL., 2014, 394f). In diesem Modell wird dies nicht erreicht, dafür wäre der Einsatz verschiedener Kraftfuttermittel mit unterschiedlichen Nährstoffgehalten erforderlich<sup>1</sup>. Bei einer Rationsberechnung sollten außerdem zahlreiche weitere Parameter beachtet werden<sup>2</sup> (vgl. KIRCHGEßNER ET AL. 2014, 394ff). Für eine ökonomische Betrachtung wird die gewählte Herangehensweise jedoch als ausreichend erachtet.

---

<sup>1</sup> Durch den Einsatz eines energiebetonten und eines eiweißbetonten Kraftfuttermittels könnte schon eine erhebliche Verbesserung erreicht werden.

<sup>2</sup> Weitere Parameter wären z.B. die ruminale Stickstoffbilanz-Bilanz (RNB) sowie der Rohfasergehalt, wobei zweiteres bei diesen grundfutterbasierten Rationen auf keinen Fall zu einem Problem führt.

Eine Fehlerquelle im Modell könnte sein, dass für die Laktation lediglich eine Durchschnittsration gebildet wird. Dabei wird der mittlere Laktationstag als bestimmender Tag für die Berechnung der Grundfutteraufnahmekapazität verwendet (vgl. Abbildung 12 auf Seite 41). Diese steigt zu Beginn der Laktation mit zunehmendem Laktationstag an und sinkt gegen Ende der Laktation wieder ab. Da diese Änderungen jedoch nicht linear mit fortschreitendem Laktationsverlauf verlaufen (vgl. GRUBER ET AL., 2006, 6), könnten sich bei einer genaueren Bestimmung der Grundfutteraufnahmekapazität Unterschiede in deren Höhe ergeben. Hierfür müsste für jeden Laktationstag eine Ration gebildet werden, um im Anschluss den Jahresdurchschnittsbedarf an Futtermitteln sowie die Jahresmilchleistung der Kühe zu bestimmen. Da jedoch gerade zu Beginn der Laktation andere - nicht unmittelbar der aufgenommenen Energie – und Nährstoffmenge aus dem Futter zuzurechnenden - Einflüsse auf die Milchleistung vorliegen (z.B. Mobilisierung von Körperreserven, Management, Stoffwechselkrankheiten, etc.), kann aus der Futteraufnahme in diesem Stadium ohnehin nicht direkt auf die Milchleistung geschlossen werden (vgl. GRUBER ET AL. 2006, 14). Es wird deshalb von dieser Vorgehensweise Abstand genommen und lediglich eine Durchschnittsration für die Laktationszeit in das Modell implementiert.

GRUBER ET AL. (2006, 12) beschreiben in ihrer Publikation auch den Einfluss des Herdenmanagementniveaus auf die Gesamtfutteraufnahmekapazität. Dabei unterscheiden die Autoren Betriebe mit hohem und mittlerem Managementniveau. Der Unterschied in der Futteraufnahmekapazität beträgt zwischen diesen Niveaus für HF-Kühe 1,03 kg TM/Tag. In dieser Arbeit wird in allen Varianten von einem hohen Niveau ausgegangen. Fraglich ist, ob dieses vom Beispielsbetrieb auch erreicht wird, hängt es doch von zahlreichen, in der genannten Publikation beschriebenen Faktoren ab.

### **5.2.3. Diskussion der Cash-Flows Grundfutter- und Milchproduktion**

Eine Ungenauigkeit ergibt sich bei der Betrachtung der variablen Maschinenkosten, die als Auszahlungen der Grundfutterproduktion angenommen werden (vgl. Seite 69). Teil dieser Kosten sind die durchschnittlichen Reparaturkosten je Betriebsstunde (vgl. ÖKL, 2017b, s.p.). Dabei handelt es sich um Kosten, die nicht unmittelbar mit einer Auszahlung verbunden sind. Diese Durchschnittskosten verursachen bei neueren Maschinen in der Regel Auszahlungen von 0 Euro<sup>1</sup>, bei älteren Maschinen werden die Auszahlungen die Durchschnittskosten übersteigen. Da bei einem VOFI prinzipiell nur Zahlungsströme (und nicht Kosten) erfasst werden, ergibt sich daraus eine Ungenauigkeit. Diese bewirkt jedoch

---

<sup>1</sup> In einem Schadensfall werden die Auszahlungen für Reparaturen auch bei Neumaschinen höher als 0 sein, dies ist jedoch in diesem Modell nicht berücksichtigt.

nur eine sehr geringe Änderung der Endergebnisse, deshalb kann die Annahme „Ø - Auszahlungen für Reparaturen = Ø – Reparaturkosten“ getroffen werden.

Ein Teil der Auszahlungen der Grundfutterproduktion entfällt auf die Auszahlungen für Strom, der zur Trocknung benötigt wird (vgl. Seite 69). Weitere, der Trocknung zuzurechnende Auszahlungen wären noch Auszahlungen für regelmäßig auftretende Reparaturen bzw. Wartungen der Geräte. Diese sind im vorliegenden Modell nicht berücksichtigt, da keine entsprechenden Daten dafür zur Verfügung stehen.

Die Berechnung der im Modell verwendeten Milchauszahlungspreise ist äußerst unsicher. Es wird zu den Ø österreichischen Auszahlungspreisen für biologische Milch der Jahre 2015 - 2017 laut AMA (2018, s.p.) der durchschnittliche österreichische Heumilchzuschlag laut ARGE HEUMILCH (2017c, s.p.) addiert. Diese Vorgangsweise wird gewählt, da lediglich Zeitreihen für Preise von biologisch produzierter Milch zur Verfügung stehen, jedoch (noch) nicht von biologisch produzierter, silofreier Milch.

Ein Problem besteht auch darin, dass der Beispielsbetrieb Milch ins benachbarte Italien liefert und somit österreichische Milchpreise für eine Analyse wenig aussagekräftig sein könnten. Nachdem zahlreiche Versuche, von dortigen Molkereien Daten zu deren durchschnittlichen Milchauszahlungspreisen zu erhalten, fehlschlagen sowie auch das Ministerium für Landwirtschafts-, Ernährungs- und Forstpolitik (*Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali*) und das staatliche italienische Statistikamt (*Istituto Nazionale di Statistica*) keine Daten zu Auszahlungspreisen für silofreie Heumilch führen, muss mit der gewählten Vorgehensweise das Auslangen gefunden werden.

### **5.2.4. Diskussion der Ermittlung der Investitionen und des Restwertes**

Im Investitionsplan wird die Höhe der für das jeweilige Verfahren jeweils notwendigen Investitionen berechnet. Dabei wird die Annahme getroffen, dass die Investitionen zum Zeitpunkt  $t=0$  erfolgen und während des Planungszeitraumes keine weiteren Investitionen getätigt werden. Es muss außerdem die Überlegung angestellt werden, dass bei Varianten, die eine höhere Beanspruchung an die verwendete Technik stellen eine schneller wiederkehrende Ersatzinvestition getätigt werden müsste (z.B. wird bei den Varianten der Bodentrocknung der Kreiselzettwender dreimal so stark beansprucht wie bei den Varianten mit Entfeuchtertrocknung). Aufgrund des relativ kurzen Planungszeitraumes und dem Umstand, dass die leistungsbezogene Nutzungsdauer bei diesen Geräten über der zeitbezogenen Nutzungsdauer liegen wird (vgl. MÜBHOFF & HIRSCHAUER, 2016, 257), wäre eine Ersatzinvestition in allen Varianten zum gleichen Zeitpunkt vorzunehmen und würde lediglich eine Parallelverschiebung des Endwerts bedeuten.

Ein zentrales Problem bei der Beurteilung langfristiger Investitionsobjekte mittels VOFI ist das Festlegen der Nutzungsdauer und eines Residualwertes (vgl. KERBL ET AL., 2011, 87f). Der gewählte Planungshorizont von 10 Jahren entspricht lediglich einem Teil der möglichen Nutzungsdauer der errichteten Gebäude und der Trocknungstechnik. Da jedoch das errichtete Gebäude in allen Planszenarien in etwa in derselben Größe besteht, würden angenommene Liquidationserlöse bzw. Nachnutzungen lediglich eine Parallelverschiebung des Endwerts bedeuten. Außerdem ist die Möglichkeit für einen Verkauf der vorhandenen Trocknungstechnik äußerst unsicher.

Um Nachnutzungseffekte obsolet zu machen, würde sich die Berechnung für einen längerfristigen Planungshorizont anbieten. In Anbetracht der Tatsache, dass in 10 Jahren der Pensionsantritt des Betriebsführers anstehen wird und eine Weiterführung des Betriebes unklar ist, wurde von dieser Vorgehensweise Abstand genommen. Außerdem bräuchte ein längerer Planungshorizont aufgrund von Prognoseschwierigkeiten (vor allem hinsichtlich Betriebsmittel – und Produktpreisen, aber auch hinsichtlich notwendiger Ersatz- und Ergänzungsinvestitionen) erhebliche Ungenauigkeiten mit sich.

### **5.2.5. Finanzanlage – und Kreditplan sowie Steuer – und Abgabepan**

Bei der Finanzanlage – und Kreditplanung könnte ein VOFI theoretisch aus einer Vielzahl an Anlagemöglichkeiten auswählen. Das Risiko jeder Anlagemöglichkeit könnte durch das Festlegen von Verteilungen für Zinserträge abgebildet werden. Auch am Kapitalbeschaffungsmarkt könnten die Stärken eines VOFI's zum Einsatz kommen. Eine derartige Betrachtung wäre jedoch für die Beantwortung der Forschungsfragen nicht hilfreich, und würde das Modell unnötig verkomplizieren. Es werden deshalb lediglich eine Anlagemöglichkeit sowie drei verschiedene Finanzierungsmöglichkeiten betrachtet.

Im Steuer – und Abgabenplan wird zur Ermittlung der Einkommenssteuer und der Sozialversicherungsbeiträge ebenfalls die einfachste Ermittlungsart – in Abhängigkeit des Einheitswertes – gewählt. Im Hinblick auf den Planungshorizont könnten sich durch eine Änderung in der Gesetzgebung Änderungen für den Beispielsbetrieb ergeben. Da eine derartige Entwicklung nicht abgeschätzt werden kann, ist die gewählte Ermittlungsart als ausreichend zu betrachten.

### **5.3. Abschließende Bewertung der Ergebnisse**

Die dynamische Betrachtung zeigt deutlich, dass die Szenarien des hohen Produktionsniveaus (25 % Krafffutter) vorzüglicher im Vergleich zu den Szenarien des niedrigen Produktionsniveaus sind. Ein rationaler Entscheider wählt deshalb auf jeden Fall ein Szenario des hohen Produktionsniveaus. Unter diesen Szenarien sind WB25 und BT25

deutlich wirtschaftlicher als KB25 und ET25. WB25 weist erwartungsgemäß ein etwas geringeres Risiko auf als BT25. Ein risikoaverser rationaler Entscheider wählt also WB25, ein risikoaffiner rationaler Entscheider BT25.

Ein Vorteil des Szenarios WB25 gegenüber BT25 ist der geringere Arbeitszeitbedarf. Dieser ergibt sich aus der geringeren notwendigen Anzahl an Zett- bzw. Wendevorgängen (vgl. Seite 68). Da die Arbeitszeit von familieneigenen Arbeitskräften aufgebracht wird und keine Zahlung fließt, wird diese im VOFI nicht erfasst. Bei der Wahl eines Investitionsszenarios sollte die aufzuwendende Arbeitszeit jedoch auf jeden Fall in die Entscheidungsfindung mit einfließen.

Eine, das Ergebnis wesentlich beeinflussende Annahme ist der Planungszeitraum, dieser beträgt 10 Jahre. Da die Lebensdauer der getätigten Investitionen deutlich länger sein wird, könnten diese über den Zeitraum hinaus genutzt werden. Würde der Planungszeitraum bspw. 15 Jahre betragen, so wäre das Szenario ET25 das Wirtschaftlichste, gefolgt von WB25, BT25 und KB25<sup>1</sup>. Eine über den Planungshorizont hinausgehende Nutzung ist jedoch nach derzeitigem Stand nicht vorgesehen.

Bei der Investitionsentscheidung werden - abseits rationaler Argumente - auch persönliche Vorlieben und Sichtweisen des Betriebsleiters eine Rolle spielen. So wird ein innovativer Betriebsleiter möglicherweise höhere Investitionen in Belüftungstechnik tätigen, auch wenn dies unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht zu rechtfertigen ist.

Abschließend wird festgehalten, dass in der vorliegenden Arbeit lediglich die Wirtschaftlichkeit verschiedener Szenarien zur Produktion von silagefreier biologischer Milch geprüft wird. Nicht beurteilt werden Szenarien, in denen der Betrieb verpachtet oder die bisherige Wirtschaftsweise<sup>2</sup> fortgeführt wird. Für eine Investitionsentscheidung wäre eine ökonomische Betrachtung dieser beiden Szenarien unbedingt erforderlich. Eine Investition sollte dann nur getätigt werden, wenn das gewählte Szenario vorzüglicher als eine Verpachtung des Betriebes oder die Fortführung der bisherigen Wirtschaftsweise ist.

Trotz aller genannten Probleme – vor allem in der Phase der Datenquantifizierung - kann abschließend festgehalten werden, dass allfällige Fehler oder Ungenauigkeiten bei einer stochastischen Simulation weit weniger schwer wiegen als bei deterministischen Modellen, bei denen für risikobehaftete Inputgrößen jeweils nur ein einziger Wert festgelegt wird (vgl. KEHREL & SCHMITTING, 2008, 68).

---

<sup>1</sup> Unter der Annahme, dass sämtliche Preise gleich bleiben und keine Ersatz- oder Ergänzungsinvestitionen getätigt werden müssen.

<sup>2</sup> Die aktuelle Wirtschaftsweise ist biologische Milchproduktion, das Grundfutter wird in Form von Rundballensilage konserviert.

## 6. Literatur- und Quellenverzeichnis

- AMA (2015): Merkblatt Cross Compliance 2015. Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen. Stand April 2015, Available at: [https://www.ama.at/getattachment/58f6cda5-3f25-4e19-a31f-a5ca66015232/CC\\_Merkblatt\\_2015\\_20150512.pdf](https://www.ama.at/getattachment/58f6cda5-3f25-4e19-a31f-a5ca66015232/CC_Merkblatt_2015_20150512.pdf) (18.5.2017).
- AMA (2016): Merkblatt Direktzahlungen (mit Ausfüllanleitung), Wien: Selbstverlag. Available at: [https://www.ama.at/getattachment/c7ec5252-f1bc-4a00-a097-29c8119064d1/Merkblatt\\_DIZA\\_20160808\\_online.pdf](https://www.ama.at/getattachment/c7ec5252-f1bc-4a00-a097-29c8119064d1/Merkblatt_DIZA_20160808_online.pdf) (18.5.2017).
- AMA (2017a): Bio-Erzeugerpreise endgültig, Österreich, Getreidewirtschaftsjahr 2016/17. Available at: [https://www.ama.at/getattachment/cc664e59-0761-4585-a35a-b0ff1b5d9926/Bio\\_Erzeugerpreise\\_2016\\_2017.pdf](https://www.ama.at/getattachment/cc664e59-0761-4585-a35a-b0ff1b5d9926/Bio_Erzeugerpreise_2016_2017.pdf) (28.11.2017).
- AMA (2017b): MERKBLATT (und Ausfüllanleitung) Zahlungen für aus naturbedingten oder anderen spezifischen Gründen benachteiligte Gebiete (AZ), Wien: Selbstverlag. Available at: [https://www.ama.at/getattachment/4b457ad8-2a09-4bcd-b748-ea304c36665c/Merkblatt\\_AZ\\_2017\\_novelliert.pdf](https://www.ama.at/getattachment/4b457ad8-2a09-4bcd-b748-ea304c36665c/Merkblatt_AZ_2017_novelliert.pdf). (18.5.2017).
- AMA (2017c): Merkblatt zum Österreichischen Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft, Wien. Available at: [https://www.ama.at/getattachment/276f41b3-0689-4e86-9e65-f1b318acd59c/Merkblatt\\_OEPUL\\_2015\\_Stand\\_Jaenner\\_2017.pdf](https://www.ama.at/getattachment/276f41b3-0689-4e86-9e65-f1b318acd59c/Merkblatt_OEPUL_2015_Stand_Jaenner_2017.pdf) (18.5.2017).
- AMA (2018): Marktinformation - Marktdaten visualisiert: Applikation. Available at: <https://www.ama.at/Marktinformationen/Marktdaten-visualisiert>. (18.5. 2017).
- ARGE HEUMILCH (2017a): Internetauftritt der ARGE Heumilch. Available at: <https://www.heumilch.at/heumilch/eu-guetesiegel-g-t-s/> (20.5.2017).
- ARGE HEUMILCH (2017b): Österreichisches Heumilchregulativ - Vorschriften für silofreie Milch, Available at: [https://www.heumilch.at/wp-content/uploads/2017/05/Heumilchregulativ\\_01\\_2018.pdf](https://www.heumilch.at/wp-content/uploads/2017/05/Heumilchregulativ_01_2018.pdf) (20.5.2017).
- ARGE HEUMILCH (2017c): Schriftliche Mitteilung über die Höhe des durchschnittlichen Heumilchzuschlages, Innsbruck. (21.5.2017).
- BESSER, S. (2010): Anwendung der Monte Carlo Simulation in der landwirtschaftlichen Betriebsplanungs am Beispiel des Weinbaus. Wien: Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur.
- BETGE, P. (2000): Investitionsplanung, Methoden-Modelle-Anwendungen. München: Vahlen.
- BIEDERMANN, G. (2016): Trocknen oder Vergären? Qualitätsheu kann beinahe mit Silage mithalten. Available at: <https://noe.lko.at/trocknen-oder-vergaeren-qualitaetsheu-kann-beinahe-mit-silage-mithalten+2500+2546861> (13.Juni 2017).

- BMLFUW (2007): Öpul 2007. Available at [https://www.bmnt.gv.at/dam/jcr:08bfde10-41fe-4ef4-b88e.../SRL\\_OEPUL\\_2007.pdf](https://www.bmnt.gv.at/dam/jcr:08bfde10-41fe-4ef4-b88e.../SRL_OEPUL_2007.pdf) (13. Juni 2017)
- BMLFUW (2008): Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008, Wien: Selbstverlag.
- BMLFUW (2016): Grüner Bericht 2016: Bericht über die Situation der Österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Wien: Selbstverlag.
- BOHNER, A. (2003): Floristische Diversität im Spannungsfeld zwischen Landwirtschaft und Naturschutz. 9. Alpenländisches Expertenforum. Available at <https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/viewdownload/48-expertenforum-2003/400-floristische-diversitaet-bohner.html> (27. Mai 2017).
- BRODBECK F. (2018): Brodbeck Heu und Strohhandel: Telefonische Auskunft über durchschnittliche Zukauf- und Verkaufspreise von Heu, (28.6.2018).
- BUCHGRABER, K. & GINDL, G. (2004): Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung. 2., völlig neu bearbeitete Auflage, Graz: Leopold Stocker Verlag.
- BUCHHOLZ, L. & GERHARDS, R. (2016): Internes Rechnungswesen Kosten- und Leistungsrechnung, Betriebsstatistik und Planungsrechnung 3. Auflage., Heidelberg: Springer-Verlag.
- BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT (2018): IDB Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. Available at: <http://www.awi.bmlfuw.gv.at/idb/default.html;jsessionid=37A99AA220290C9E38E161CD F22FEE6F> (28.7.2018)
- BUNDESMINISTERIUM FÜR FINANZEN (2018): Land- und Forstwirtschaftliches Vermögen/Bodenschätzung. Available at: [https://www.bmf.gv.at/steuern/immobilien-grundstuecke/einheitsbewertung/land-und-forstwirtschaftliches-vermoegen-bodenschaetzung.html#Land\\_und\\_forstwirtschaftliches\\_Verm\\_gen](https://www.bmf.gv.at/steuern/immobilien-grundstuecke/einheitsbewertung/land-und-forstwirtschaftliches-vermoegen-bodenschaetzung.html#Land_und_forstwirtschaftliches_Verm_gen) (7.7.2018).
- BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT (2016): Österreichisches Lebensmittelbuch, IV. Auflage. Codexkapitel/B32/Milch und Milchprodukte, Wien: Selbstverlag. Available at: [https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/lebensmittel/buch/codex/B\\_32\\_Milch\\_und\\_Milchprodukte.pdf?5jp067](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/lebensmittel/buch/codex/B_32_Milch_und_Milchprodukte.pdf?5jp067) (7.6.2017)
- DIEPOLDER, M. & RASCHBACHER, S. (2008): Leistungsfähiges Grünland und Verzicht auf mineralische Düngung - Sind nachhaltig hohe Erträge und Futterqualitäten möglich? Available at: [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/verzicht\\_mineralische\\_duengung.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/verzicht_mineralische_duengung.pdf) (31.5.2017).
- DILGER, M. & FAULHABER, I. (2006): Materialsammlung Futterwirtschaft. Daten, Fakten und Berechnungsgrundlagen zu den Kosten der Grundfuttererzeugung und der Futterwirtschaft 4. Auflage. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, München: Selbstverlag.

- DORFNER, G. & HOFMANN, G. (2008): Hohe Grundfutterleistung - ein Schlüssel für den erfolgreichen Milchviehhalter, München. Available at: [http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iba/dateien/hohe\\_grundfutterleistung\\_ein\\_schlussel\\_fuer\\_den\\_erfolgreichen\\_milchviehhalter.pdf](http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iba/dateien/hohe_grundfutterleistung_ein_schlussel_fuer_den_erfolgreichen_milchviehhalter.pdf). (17.4.2017)
- DORFNER, G. (2004): Perspektiven der bayerischen Milchwirtschaft aus Sicht der Betriebswirtschaft. In LfL-Jahrestagung 2015, pp.63–75. Available at: [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/lfl-jahrestagung\\_bay-milchwirtschaft-im-freien-wettbewerb\\_lfl-schriftenreihe.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/lfl-jahrestagung_bay-milchwirtschaft-im-freien-wettbewerb_lfl-schriftenreihe.pdf) (22.4.2018).
- ERMSCHEL, U., MÖBIUS, C. & WENGERT, H. (2016): Investition und Finanzierung. 4. Auflage, Berlin-Heidelberg: Springer Verlag.
- FALSCHLUNGER, A., (2018): Telefonische Auskunft über die Höhe der Kreditzinsen bei Aufnahme eines Annuitätendarlehens im ersten Quartal 2018., Mutters: Raiffeisenkasse Mutters. (5.4.2018).
- FARKYE, Y.N. (2009): Cheese technology. International Journal of Dairy Technology, Volume 57, pp.91–98.
- FASCHING, C.; GRUBER, L.; MIETSCHNIG, B.; SCHAUER, A.; HÄUSLER, J. & ADELWÖHRER, A. (2015): Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf Futteraufnahme und Milchproduktion im Vergleich zu Grassilage. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2015, pp.67–74. Available at: <https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/viewdownload/2734-viehwirtschaftstagung-2015/27144-einfluss-verschiedener-heutrocknungsverfahren-auf-futteraufnahme-und-milchproduktion-im-vergleich-zu-grassilage.html> (5.4.2018).
- FORMAYER, H., (2001): Metereologische Aspekte bei der Berechnung der verfügbaren Feldarbeitstage für die Rauhfutterernte und explizite Anwendung auf Österreich. Universität für Bodenkultur Wien.
- FORMAYER, H.; WEBER, A.; FROSCHAUER, R.; BOXBERGER, J. & KROMP-KOLB, H. (2000): Endbericht zum Projekt: Ermittlung der verfügbaren Feldarbeitstage für die Landwirtschaft in Österreich. Universität für Bodenkultur Wien.
- GALLER, J., WIRLEITNER, G. & KITTL, M., (2017): Heutrocknung von A bis Z, Pflanzenbau - Trocknungssysteme – Kenngrößen. Gutenberg, Linz. Available at: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-531-93431-0\\_1](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-531-93431-0_1) (22.7.2017).
- GINZINGER, W. (2010): Vorteile der Heumilch. Available at: [https://www.heumilch.at/wp-content/uploads/2014/05/Vorteile\\_Heumilch.pdf](https://www.heumilch.at/wp-content/uploads/2014/05/Vorteile_Heumilch.pdf) (18.7.2017).

- GINZINGER, W., OSL, F. & ELISKASES-LECHNER, F. (2001): Einfluss der Silage auf die Milch. Bundesanstalt für alpenländische Milchwirtschaft. Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten, Jahrestagung 2001 in Wolfpassing. Available at: [http://www.heumilch.at/wp-content/uploads/2014/05/Clostridien\\_Ginzinger\\_2001.pdf](http://www.heumilch.at/wp-content/uploads/2014/05/Clostridien_Ginzinger_2001.pdf) (24.7.2017).
- GÖTZE, U. (2008): Investitionsrechnung - Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben, Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.
- GROB, H.L. (2006): Einführung in die Investitionsrechnung : eine Fallstudiengeschichte, München: Vahlen.
- GRUBER, L.; PRIES, M; SCHWARZ, F-J.; SPIEKERS, H.; STAUDACHER, W. (2006): Schätzung der Futteraufnahme bei der Milchkuh. DLG-Information 1/2006, pp.1–29. Available at: [http://www.raumberg-gumpenstein.at/filearchive/fodok\\_1\\_2389\\_DLG\\_Information\\_1-2005\\_Futteraufnahme\\_Gruber.pdf](http://www.raumberg-gumpenstein.at/filearchive/fodok_1_2389_DLG_Information_1-2005_Futteraufnahme_Gruber.pdf) (22.2.2018).
- GRUBER, L.; RESCH, R.; SCHAUER, A.; STEINER, B.; FASCHING, C. (2015): Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf den Futterwert von Wiesenfutter im Vergleich zur Silierung. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2015, pp.57–66. Available at: <https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/viewdownload/1795-2931-vegetationsverlauf/28058-einfluss-verschiedener-heutrocknungsverfahren-auf-den-futterwert-von-wiesenfutter-im-vergleich-zur-silierung.html> (18.4.2018).
- HERZ, P. (2017): Mündliche Mitteilung über die Verfügbarkeit biologischer Erzeugerpreise für Getreide bei Herz P. (Mitarbeiter der AMA) am 3.10.2017, Wien.
- HILFIKER, J. (1989): Betriebswirtschaftlicher Vergleich zwischen Bodentrocknung und Heubelüftung. FAT-Bericht 371. Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik. Selbstverlag.
- JACKSCHITZ-WILD, S. (2016): Bericht über bayerische Betriebe mit hofeigenen Heubelüftungsanlagen. LfL-Information. Selbstverlag.
- JILCH, M. (2007): Die Besteuerung pauschalierter Land- und Forstwirte. 3., aktualisierte Auflage, Wien, Graz: NWV - neuer wissenschaftlicher Verlag.
- KEHREL, U. & SCHMITTING, W. (2008): Jenseits der Grenzen der klassischen Investitionsrechnung: Integration von Vollständigen Finanzplänen, flexibler Planung und Simulation. Zeitschrift für Planung & Unternehmenssteuerung (2008) 19: pp. 59-83. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00187-008-0045-4> (15.4.2017).

- KERBL, B. (2011): Der Monte Carlo gestützte Vollständige Finanzplan in der landwirtschaftlichen Unternehmensplanung. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.
- KERBL, B., PEYERL, H.; KANTELHARDT, J. & KAPFER, M. (2011): Betriebsplanung auf Grundlage eines Monte- Carlo gestützten vollständigen Finanzplanes – ein Modellkonzept. Beitrag zur 22. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie (ÖGA), 20.-21. September 2012 in Wien Available at: [https://www.wiso.boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H73000/H73300/pub/2012/44\\_Kerbl\\_et\\_al.\\_TB\\_2012.pdf](https://www.wiso.boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H73000/H73300/pub/2012/44_Kerbl_et_al._TB_2012.pdf) (27. Mai 2017).
- KIEFER, J., (2016): Vergleich der Wirtschaftlichkeit des Anbaues von Ölkürbis zu anderen wichtigen Ackerkulturen in der Südsteiermark auf Basis historischer Preis- und Ertragsdaten. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.
- KIRCHGEßNER, M.; STANGL, G.; SCHWARZ, F.; ROTH, F.; SÜDEKUM, K-H.; EDER, K. (2014): Tierernährung. 14., aktualisierte Auflage. Frankfurt am Main: DLG-Verlags-GmbH.
- KOLLNIG, M. (2013): Wirtschaftlichkeit der Überschusseinspeisung von elektrischem Strom aus Photovoltaikanlagen auf landwirtschaftlichen Betrieben. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT - KTBL (2017): Belüftungsheu Qualität - Verfahren - Kosten, Darmstadt: Druck und Verlagshaus Zarbock.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT - KTBL, (2014): Energiebedarf in der Milchviehhaltung, Darmstadt.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH (2016): Beispielhafte Liste für USt-Steuersätze, Available at: <https://www.lko.at/umsatzsteuersätze-ab-2016+2500+2431292> (28.5.2018).
- LAVILLE-STUDER, K. (1990): Wie wirtschaftlich sind künstliche Heutrocknungsverfahren? FAT-Bericht 384. Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik. Tänikon TG.
- LETTNER, J. (2017): mündliche Mitteilung über Erfahrungen zum Einsatz von Luftentfeuchtern am 12.5.2017, Salzburg.
- LFL – BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2015): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe und Ziegen. 39. Auflage, Freising-Weihenstephan. Available at: <http://www.lfl.bayern.de/cms07/publikationen/informationen/040183/index.php> (12.3.2018).

- LFL – BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2018): LfL-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten - Wiesengras.  
Available at: <https://www.stmelf.bayern.de/idb/default.html> (27. Mai 2017).
- LUDER, W., (1982): Ermittlung der Erntegelegenheiten und des Verlustrisikos aufgrund von Klimadaten. Dissertation an der ETH Zürich.
- MAYRHOFER, H. (2011): Risikoanalyse im Zuckerrübenanbau mit der Monte Carlo Simulation am Beispiel einer Mehrgefahrenversicherung. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien. Available at:  
[http://www.wiso.boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H73000/H73300/pub/DA\\_Diss/2011\\_Masterarbeit\\_Mayrhofer.pdf](http://www.wiso.boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H73000/H73300/pub/DA_Diss/2011_Masterarbeit_Mayrhofer.pdf) (8.4.2017).
- MILCHHOF STERZING (2017): Telefonische Mitteilung über die durchschnittlichen Milchinhaltstoffe der angelieferten Bio-Heumilch im Jahr 2016. (22.6.2017).
- MUßHOFF, O. & HIRSCHAUER, N. (2016): Modernes Agrarmanagement - Betriebswirtschaftliche Analyse - und Planungsverfahren. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage, München: Verlag Franz Vahlen.
- NEUHOFER, K. (2010): Heumilch-Produktion – Eine echte Chance? 37.37. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2010, pp.69–70.  
Available at: <https://www.heutrocknung.com/de/heublog/items/heumilch-produktion-eine-echte-chance> (5.5.2017).
- NYHUIS, P. & WIENDAHL, H. (1999): Logistische Kennlinien. Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen, Berlin-Heidelberg: Springer Verlag.
- ÖSTERREICHISCHES KURATORIUM FÜR LANDTECHNIK - ÖKL (2017a): Heutrocknung - Technische Grundlagen für die Bauplanung, Wien: Selbstverlag.
- ÖSTERREICHISCHES KURATORIUM FÜR LANDTECHNIK - ÖKL (2017b). ÖKL Richtwerte online.  
Available at: <http://oekl.at/richtwerte-online/> (10.Juni 2017).
- PALISADE CORPORATION (2010): Benutzerhandbuch für @RISK. Risikoanalysen- und Simulations- Add-In für Microsoft ® Excel. Available at: [www.palisade.com](http://www.palisade.com) (5.4.2017).
- Peyerl, H. (2006): Unternehmensplanung und Steuern in der österreichischen Landwirtschaft - Business Planning and Taxes in Austrian Agriculture. Dissertation: Universität für Bodenkultur Wien.
- PEYERL, H. (2015): Rechnungswesen und Steuerrecht, Einführung mit Beispielen. 2. Auflage, Wien: Linde Verlag.
- PÖLLINGER, A. (2014): Heutrocknungsverfahren im Vergleich. 19. Alpenländisches Expertenforum, pp.1–10. Available at: <https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/finish/91-bautagung-2003/332-vergleich-unterschiedlicher-heutrocknungsverfahren-poellinger.html> (27. Mai 2017).

- PRUNNER, B. (2016): Vollständiger Finanzplan mit einer Monte Carlo Simulation bei Investitionsentscheidungen. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.
- RESCH, R. (2013): Einfluss des Konservierungsmanagements auf die Qualität von Raufutter österreichischer Rinderbetriebe – Ergebnisse aus LK-Heuprojekten. 40. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2013., pp.1–16. Available at: [http://www.raumberg-gumpenstein.at/filearchive/fodok\\_2\\_12416\\_13\\_04\\_19\\_heuqualit\\_t\\_vs\\_management\\_re sch.pdf](http://www.raumberg-gumpenstein.at/filearchive/fodok_2_12416_13_04_19_heuqualit_t_vs_management_re sch.pdf) (28.3.2018).
- RESCH, R. (2014): Auswirkungen unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Raufutterqualität. 19. Alpenländisches Expertenforum 2014, pp. 45 – 54 Available at: <https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/finish/1907-expertenforum-2014/16596-auswirkungen-unterschiedlicher-trocknungsverfahren-auf-die-raufutterqualitaet.html> (28.3.2018).
- RESCH, R., SCHWAB, E. & SCHWAIGER, E. (2009): Standortabhängige Auswirkungen differenzierter Grünlandbewirtschaftung auf Trockenmasse- und Qualitätsertrag. 4. Klimaseminar 2009, pp.35–50. Available at: <https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/component/jdownloads/finish/860-umweltressourcen-im-gruenland/12314-standortabhaengige-auswirkungen-differenzierter-gruenlandbewirtschaftung-auf-trockenmasse-und-qualitaetsertrag.html?Itemid=0> (28.3.2018).
- Resch, R.; Buchgraber, K.; Wiedner, G.; Frank, P.; Meusburger, C.; Pichler, M.; Stromberger, W.; Tiefenthaller, F.; Wurm, K. (2011): Abschlussbericht Praxisheu. Raufutterqualität auf österreichischen Betrieben. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Raumberg Gumpenstein. Available at: [http://www.raumberg-gumpenstein.at/filearchive/fodok\\_2\\_9602\\_abschlussbericht\\_praxisheu.pdf](http://www.raumberg-gumpenstein.at/filearchive/fodok_2_9602_abschlussbericht_praxisheu.pdf) (8.7.2017).
- RESL, T. & GAHLEITNER, G. (2017): Wirtschaftlichkeit in der differenzierten Milchwirtschaft. Bericht über die 23. Wintertagung, pp.1–4. Available at: <https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/finish/3186-wintertagung-2017/29463-wirtschaftlichkeit-in-der-differenzierten-milchwirtschaft.html> (5.5.2017).
- SATTLER, E. (2012): Untersuchung der Funktion einer Luftentfeuchter-Wärmepumpe in der Heutrocknung. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.
- SAVVIDES, S.C. (1994): Risk Analysis in Investment Appraisal. Published in Project Appraisal Volume 9, Number 1, pp.3–18. Available at: [https://mpra.ub.uni-muenchen.de/10035/1/Risk\\_Analysis\\_in\\_Investment\\_Appraisal.pdf](https://mpra.ub.uni-muenchen.de/10035/1/Risk_Analysis_in_Investment_Appraisal.pdf) (3.5.2017).

- SCHAUMBERGER, A. & KOWARIK, A. (2009): Räumliche Modellierung von Grünlanderträgen unter dem Einfluss von Wasserstress. 4. Klimaseminar 2009, pp.51–67. Available at: [http://www.raumberg-gumpenstein.at/filearchive/fodok\\_2\\_6740\\_38.\\_klimaseminar\\_schaumberger.pdf](http://www.raumberg-gumpenstein.at/filearchive/fodok_2_6740_38._klimaseminar_schaumberger.pdf) (15.4.2017).
- SCHICK, M. & HARTMANN, W. (2005): Arbeitszeitbedarfswerte in der Milchviehhaltung. Fachzeitschrift für Agrartechnik und ländliches Bauen., Ausgabe 4/2005, pp.226–227. Available at: <https://www.landtechnik-online.eu/ojs-2.4.5/index.php/landtechnik/article/download/2005-4-226-227/2123> (14.5.2017).
- SCHMID, H. & HUBER, A. (2014): Measuring a small number of samples, and the  $3\sigma$  fallacy: Shedding light on confidence and error intervals. IEEE Solid-State Circuits Magazine, 6(2), pp.52–58.
- SCHNEEBERGER, W. & PEYERL, H., (2011): Betriebswirtschaftslehre für Agrarökonomien, Wien: Facultas Verlag.
- SCHÖN, T. (2011): Risikoanalyse in der Pflanzkartoffelproduktion mit der Monte Carlo-Simulation. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.
- SINN, R. (2015): Rentabilitätsvergleich der Saatgutvermehrung gegenüber der Konsumproduktion unter Berücksichtigung des Produktionsrisikos mit Monte Carlo Simulation. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.
- SLABY, D. & KRASSELT, R. (1998): Industriebetriebslehre: Investitionen, München: Oldenbourg Verlag.
- SOZIALVERSICHERUNGSANSTALT DER BAUERN – SVB (2018a): Bäuerliches Beitragswesen im Überblick. Available at: <https://www.svb.at/cdscontent/?portal=svbportal&viewmode=content&contentid=10007.719046> (22.6.2017).
- SOZIALVERSICHERUNGSANSTALT DER BAUERN - SVB (2018b): SVB-Beitragsrechner. Available at: <https://www.svb.at/portal27/svbportal/content?contentid=10007.756735&viewmode=content> (22. Mai 2018).
- SPIEKERS, H. & POTTHAST, V. (2004): Erfolgreiche Milchviehfütterung. 4., völlig neuüberarbeitete Auflage, Frankfurt am Main: DLG-Verlags-GmbH.
- STADLER, M. GREIMEL, M.; HANDLER, F.; BLUMAUER, E. (2005): Standardisierter Arbeitszeitbedarf in der österreichischen Landwirtschaft. Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie., Band 12, pp.217–228. Available at: [http://oega.boku.ac.at/fileadmin/user\\_upload/Tagung/2002/02\\_Stadler.pdf](http://oega.boku.ac.at/fileadmin/user_upload/Tagung/2002/02_Stadler.pdf). (27. Mai 2017).

- STEININGER, K.; HAAS, W.; König, M.; Pech, M.; Pretenthaler, F.; Prutsch, A.; Themessl, M.; Wagner, G.; Wolf, A. (2015): Die Folgeschäden des Klimawandels in Österreich. Sonderheft des Klima - und Energiefonds. Available at: <http://coin.ccca.ac.at/sites/coin.ccca.ac.at/files/COIN-Broschuere.pdf> (22.8.2017)
- STEINWIDDER, A. & WURM, K. (2005): Milchviehfütterung Tier - und leistungsgerecht, Graz: Leopold Stocker Verlag.
- STEINWIDDER, A. (2016): 8 Tipps zum Eingrasen. Erschienen im Fortschrittlichen Landwirt 2/2016, pp.20–21. Available at: [http://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/jdownloads/FODOK/3969-landw-res-moarhof/fodok\\_4\\_17260\\_8\\_tipps\\_zum\\_eingrasen\\_biolandwirt.pdf](http://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/jdownloads/FODOK/3969-landw-res-moarhof/fodok_4_17260_8_tipps_zum_eingrasen_biolandwirt.pdf) (14.3.2017).
- STEIXNER, A. (2017): Mündliche Mitteilung anlässlich der Jahreshauptversammlung der Milchgenossenschaft Wipptal-Stubai am 5.5.2017,
- TISCHLER, F. (2017). Mündliche Mitteilung über die durchschnittliche Höhe von Transport - bzw. Mahl - und Mischkosten von Getreide.
- UNIVERSITÄT INNSBRUCK (2017): Stündliche Niederschlagssummen der Wetterstation des Institutes für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften der Universität Innsbruck seit 1986. Übermittlung per Mail 19.7.2018.
- WIRLEITNER, G. (2010): Qualitätsheu durch energieeffiziente Technik. 37. Viehwirtschaftliche Fachtagung, pp.71–80. Available at: <https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/finish/426-viehwirtschaftstagung-2010/3723-qualitaetsheu-durch-energieeffi-ziente-technik.html> (18.4.2018).
- WKÖ – WIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH (2018): Baupreisindex Österreich. Available at: [https://www.wko.at/service/zahlen-daten-fakten/Baukosten-\\_und\\_Baupreisindex.html](https://www.wko.at/service/zahlen-daten-fakten/Baukosten-_und_Baupreisindex.html) (15.5.2018).
- ZIMMERMANN, E. & WERN, B. (2004): Machbarkeitsstudie und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verschiedener Trocknungsvarianten für Holzhackschnitzel in einem rheinland-pfälzischen Sägewerk unter Berücksichtigung der Steigerung des Energiegehalts der Hackschnitzel. Insitut für angewandtes Stoffstrommanagement des Umwelt-Campus Birkenfeld. Available at: <http://www.fawf.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/downloads/Projekte/Seeg/HHSTrocknung.pdf> (15.5.2018).
- ZUCHTDATA (2017): Daten zur Nutzungsdauer von HF-Kühen in Österreich. Übermittlung per Mail am 6.6.2017.

## 7. Anhang

### Schema Cash-Flows Grundfutterproduktion

 BUNDESANSTALT für Agrarwirtschaft FEDERAL INSTITUTE of Agricultural Economics			
Marxergasse 2 4.Stock   A-1030 Wien Tel.: (+43 1) 877 36 51/ 7435, E-Mail: office@awi.bmfuw.gv.at			
Ausdruck vom 18.05.2018			
<b>AWI-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten - Bodenheu</b>			
<b>Grundlegende Angaben</b>			
Erzeugung	für eigenen Betrieb	Verwertungsform	Futter (MJ NEL)
Produkt	Heu ab Lager		
Ernteverfahren	Ladewagen	Schnittzeitpunkt	Rispenschieben
Standort	günstig	Schnitthäufigkeit	4
Düngung	ausgeglichen		
Betrachtungszeitraum	Fünf Jahre (2012-2016)	Schlaggröße	2 ha
Feldarbeitsbedarf	12.95 AKh/ha	MwSt.-System	mit MwSt. (inkl. MwSt.)
<b>Erträge und Preise</b>			
Trockenmasseertrag Heu ab Lager	dt TM/ha		73,9
Frischmasseertrag Heu ab Lager	dt FM/ha		86
Energieertrag Heu ab Lager	MJ NEL/ha		39167,0
<b>Leistungen</b>			
Sonstige marktfähige Leistungen	€/ha		0,0
<b>Summe Leistungen</b>	<b>€/ha</b>		<b>0,0</b>
<b>Variable Kosten</b>			
Saatgut	€/ha		28,7
Dünger	€/ha		0,0
Pflanzenschutz	€/ha		0,0
Variable Maschinenkosten	€/ha		331,3
Lohnkosten für Saison-Arbeitskräfte	€/ha		0,0
Sonstige variable Kosten	€/ha		0,0
<b>Summe variable Kosten</b>	<b>€/ha</b>		<b>360,0</b>
Variable Kosten je dt Frischmasse Heu frei Lager	€/dt FM		4,19
Variable Kosten je dt Trockenmasse Heu frei Lager	€/dt TM		4,87
Variable Kosten je Energieeinheit	€/1000 MJ NEL		9,19
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>€/ha</b>		<b>-360,0</b>
Sonstige Leistungen/Prämien	€/ha		0,0
<b>Deckungsbeitrag inkl. sonstiger Leistungen/Prämien</b>	<b>€/ha</b>		<b>-360,0</b>

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Institut für Agrarökonomie Menzinger Str. 54, 80638 München Tel.: 089/17800-111, E-Mail: Agraroeconomie@LfL.bayern.de			
		Ausdruck vom 18.05.2018	
<b>LfL-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten - Wiesengras</b>			
<b>Grundlegende Angaben</b>			
Erzeugung	für eigenen Betrieb	Verwertungsform	Futter (MJ NEL)
Produkt	Mähgut		
Ernteverfahren	Eingrasen	Schnittzeitpunkt	Rispenschieben
Standort	günstig	Schnitthäufigkeit	4
Düngung ausgeglichen			
Betrachtungszeitraum	Fünf Jahre (2012-2016)	Schlaggröße	2 ha
Feldarbeitszeitbedarf	13.3 AKh/ha	MwSt.-System	mit. MwSt. (inkl. MwSt.)
<b>Erträge und Preise</b>			
Trockenmasseertrag Wiesengras	dt TM/ha	77,2	
Frischmasseertrag Wiesengras	dt FM/ha	428,9	
Energieertrag Wiesengras	MJ NEL/ha	46320	
<b>Leistungen</b>			
Sonstige marktfähige Leistungen	€/ha	0,0	
<b>Summe Leistungen</b>	<b>€/ha</b>	<b>0,0</b>	
<b>Variable Kosten</b>			
Saatgut	€/ha	28,7	
Dünger	€/ha	0,0	
Pflanzenschutz	€/ha	0,0	
Variable Maschinenkosten	€/ha	227,3	
Lohnkosten für Saison-Arbeitskräfte	€/ha	0,0	
Sonstige variable Kosten	€/ha	0,0	
<b>Summe variable Kosten</b>	<b>€/ha</b>	<b>256,0</b>	
Variable Kosten je dt Frischmasse Wiesengras	€/dt FM	0,6	
Variable Kosten je dt Trockenmasse Wiesengras	€/dt TM	3,31	
Variable Kosten je Energieeinheit	€/1000 MJ NEL	5,52	
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>€/ha</b>	<b>-256,0</b>	
Sonstige Leistungen/Prämien	€/ha	0,0	
<b>Deckungsbeitrag inkl. sonstiger Leistungen/Prämien</b>	<b>€/ha</b>	<b>-256,0</b>	

## Produktionspläne je Planszenario (bei statischer Betrachtung)

		Planszenario	BT25	KB25	WB25	ET25	BT15	KB15	WB15	ET15
Produktionsbereich	Parameter	[Einheit]								
	notwendige Fläche je Kuh	[ha/Kuh]	0,59	0,63	0,64	0,62	0,63	0,67	0,68	0,66
Grundfutter- produktion	mögliche Anzahl Kühe	[Anzahl]	30,3	28,5	28,2	29,1	28,8	26,9	26,6	27,4
	Fläche je Produktionsverfahren									
	- Heubereitung	[ha]	11,4	11,7	11,7	11,5	11,2	11,5	11,7	11,5
	- Eingrasen	[ha]	6,6	6,3	6,3	6,5	6,8	6,5	6,3	6,5
	Gesamterntemenge Heu	[kg TM/Jahr]	85.974	82.981	83.162	86.225	84.166	82.043	83.009	86.215
	Energiebedarf Trocknung	[kWh/ha]		496	497	1.322		496	497	1.322
	Milchleistung pro Jahr	[kg/(Kuh*Jahr)]	7.667	8.156	8.351	8.410	6.342	7.013	7.274	7.357
Milch- produktion	Menge Futtermittel je Kuh									
	- Heu	[kg/(Kuh*Jahr)]	2.839	2.911	2.948	2.964	2.922	3.045	3.123	3.148
	- Grünfutter	[kg/(Kuh*Jahr)]	1.736	1.767	1.772	1.768	1.891	1.912	1.887	1.879
	- Triticale	[kg/(Kuh*Jahr)]	1.563	1.606	1.625	1.630	867	897	910	914
	- Stroh	[kg/(Kuh*Jahr)]	659	701	715	719	659	701	715	719
	verkaufsfähige Jahresmilchmenge	[kg/Jahr]	225.051	225.625	228.732	237.755	175.753	182.204	187.114	195.004
	Kälber für Verkauf (m+w)	[Anzahl/Jahr]	25,2	23,7	23,4	24,2	23,9	22,4	22,1	22,8
	Altkühe für Verkauf	[Anzahl/Jahr]	8,2	7,7	7,6	7,9	7,8	7,3	7,2	7,4
	notwendige Kalbinnen zur Bestandesergänzung	[Anzahl/Jahr]	8,2	7,7	7,6	7,9	7,8	7,3	7,2	7,4
	Menge Zukaufsfuttermittel gesamt									
- Triticale	[kg/Jahr]	47.366	45.776	45.817	47.444	24.980	24.126	24.201	25.041	
- Stroh	[kg/Jahr]	19.982	19.969	20.164	20.927	18.993	18.848	19.020	19.704	
Energieverbrauch der Milchproduktion	[kWh/Jahr]	307	326	334	336	254	281	291	294	
Grundfutter-Lager	notwendige Lagerkapazität	[kg TM]	79.037	77.175	77.708	80.694	77.811	76.869	78.321	81.506
notwendige neue Anlagegüter	Größe Gebäudehülle	[m³]	1.223	1.195	1.203	1.249	1.205	1.190	1.212	1.262
	Investitionen in zusätzliche Stallplätze	[Anzahl]	0	0	0	0	0	0	0	0
	Veränd. im Tierbestand: Zukauf von Kalbinnen	[Anzahl]	5,3	3,5	3,2	4,1	3,8	1,9	1,6	2,4

## VOFI's aller Planszenarien (bei statischer Betrachtung)

VOFI Planszenario BT25

Perioden tm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ermittlung der Zahlungsfolge der Investition</b>											
Investitionsauszahlung	-265.299										
Residualwert (Restwert am Ende des Planungszeitraumes)											37.459
Cash-Flow Milchproduktion		100.197	100.199	100.199	100.199	100.199	100.199	100.199	100.199	100.199	100.199
Cash-Flow Grundfutterproduktion		-5.793	-5.793	-5.793	-5.793	-5.793	-5.793	-5.793	-5.793	-5.793	-5.793
Cash-Flow Grundfutter-Lager		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash-Flow staatliche Transferleistungen		15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050
Zahlungswirksame Fixkosten		-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207
Steuer und Abgabenzahlung		-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351
<b>Zahlungsfolge der Investition</b>	<b>-265.299</b>	<b>99.895</b>	<b>99.897</b>	<b>99.898</b>	<b>99.898</b>	<b>99.898</b>	<b>99.898</b>	<b>99.898</b>	<b>99.898</b>	<b>99.898</b>	<b>137.356</b>
<b>Eigene Mittel</b>											
+ Einsatz	20.000										
- Entnahmen		25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
+ Einlage											
<b>Annuitätenkredit</b>											
+ Aufnahme	245.299										
- Tilgung		37.923	39.060	40.232	41.439	42.682	43.963	0	0	0	0
- Sollzinsen		7.359	6.221	5.049	3.843	2.599	1.319	0	0	0	0
<b>Kontokorrentkredit</b>											
+ Aufnahme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Tilgung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Sollzinsen		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Reinvestition</b>											
- Anlage	0	29.614	29.764	29.913	30.062	30.213	30.364	75.797	76.176	76.557	114.399
+ Rückfluss		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+ Ertrag		0	148	297	446	597	748	900	1.279	1.660	2.042
<b>Finanzierungssaldo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Bestandsgrößen</b>											
Finanzbestand	0	29.614	59.378	89.290	119.353	149.566	179.929	255.727	331.903	408.460	522.854
Kreditbestand Kontokorrentkredit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annuitätenkredit	245.299	207.376	168.316	128.084	86.645	43.963	0	0	0	0	0
<b>Bestandssaldo bzw. Finanzvermögen(Finanzbestand-Kreditbestand)</b>	<b>-245.299</b>	<b>-177.763</b>	<b>-108.938</b>	<b>-38.793</b>	<b>32.708</b>	<b>105.603</b>	<b>179.929</b>	<b>255.727</b>	<b>331.903</b>	<b>408.460</b>	<b>522.854</b>

## VOFI Planszenario KB25

Perioden tm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ermittlung der Zahlungsfolge der Investition</b>											
Investitionsauszahlung	-290.527										
Residualwert (Restwert am Ende des Planungszeitraumes)											43.644
Cash-Flow aus operationeller Tätigkeit		101.571	101.571	101.571	101.571	101.571	101.571	101.571	101.571	101.571	101.571
Cash-Flow Milchproduktion											
Cash-Flow Grundfutterproduktion		-6.397	-6.397	-6.397	-6.397	-6.397	-6.397	-6.397	-6.397	-6.397	-6.397
Cash-Flow Grundfutter-Lager		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash-Flow staatliche Transferleistungen		15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050
Zahlungswirksame Fixkosten		-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207
Steuer und Abgabenzahlung		-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351
<b>Zahlungsfolge der Investition</b>	<b>-290.527</b>	<b>100.666</b>	<b>100.666</b>	<b>100.666</b>	<b>100.666</b>	<b>100.666</b>	<b>100.666</b>	<b>100.666</b>	<b>100.666</b>	<b>100.666</b>	<b>144.310</b>
<b>Eigene Mittel</b>											
+ Einsatz	20.000										
- Entnahmen		25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
+ Einlage											
<b>Annuitätenkredit</b>											
+ Aufnahme	270.527										
- Tilgung		41.823	43.077	44.370	45.701	47.072	48.484	0	0	0	0
- Sollzinsen		8.116	6.861	5.569	4.238	2.867	1.455	0	0	0	0
<b>Kontokorrentkredit</b>											
+ Aufnahme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Tilgung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Sollzinsen		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Reinvestition</b>											
- Anlage	0	25.727	25.856	25.985	26.115	26.246	26.377	76.447	76.830	77.214	121.244
+ Rückfluss		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+ Ertrag		0	129	258	388	518	650	782	1.164	1.548	1.934
<b>Finanzierungssaldo</b>											
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Bestandsgrößen</b>											
Finanzbestand	0	25.727	51.583	77.569	103.684	129.930	156.307	232.754	309.584	386.798	508.042
Kreditbestand Kontokorrentkredit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annuitätenkredit	270.527	228.704	185.626	141.257	95.556	48.484	0	0	0	0	0
<b>Bestandssaldo bzw. Finanzvermögen(Finanzbestand-Kreditbestand)</b>	<b>-270.527</b>	<b>-202.976</b>	<b>-134.043</b>	<b>-63.688</b>	<b>8.128</b>	<b>81.446</b>	<b>156.307</b>	<b>232.754</b>	<b>309.584</b>	<b>386.798</b>	<b>508.042</b>

## VOFI Planszenario WB25

Perioden tm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ermittlung der Zahlungsfolge der Investition</b>											
Investitionsauszahlung	-304.265										
Residualwert (Restwert am Ende des Planungszeitraumes)											43.407
Cash-Flow aus operationeller Tätigkeit		103.376	103.376	103.376	103.376	103.376	103.376	103.376	103.376	103.376	103.376
Cash-Flow Milchproduktion		103.376	103.376	103.376	103.376	103.376	103.376	103.376	103.376	103.376	103.376
Cash-Flow Grundfutterproduktion		-5.938	-5.938	-5.938	-5.938	-5.938	-5.938	-5.938	-5.938	-5.938	-5.938
Cash-Flow Grundfutter-Lager		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash-Flow staatliche Transferleistungen		15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050
Zahlungswirksame Fixkosten		-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207
Steuer und Abgabenzahlung		-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351
<b>Zahlungsfolge der Investition</b>	<b>-304.265</b>	<b>102.930</b>	<b>102.930</b>	<b>102.930</b>	<b>102.930</b>	<b>102.930</b>	<b>102.930</b>	<b>102.930</b>	<b>102.930</b>	<b>102.930</b>	<b>146.338</b>
<b>Eigene Mittel</b>											
+ Einsatz	20.000										
- Entnahmen		25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
+ Einlage											
<b>Annuitätenkredit</b>											
+ Aufnahme	284.265										
- Tilgung		43.947	45.265	46.623	48.022	49.462	50.946	0	0	0	0
- Sollzinsen		8.528	7.210	5.852	4.453	3.012	1.528	0	0	0	0
<b>Kontokorrentkredit</b>											
+ Aufnahme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Tilgung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Sollzinsen		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Reinvestition</b>											
- Anlage	0	25.456	25.583	25.711	25.840	25.969	26.099	78.704	79.097	79.493	123.297
+ Rückfluss		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+ Ertrag		0	127	255	384	513	643	773	1.167	1.562	1.960
<b>Finanzierungssaldo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Bestandsgrößen</b>											
Finanzbestand	0	25.456	51.039	76.750	102.590	128.559	154.657	233.361	312.458	391.951	515.248
Kreditbestand Kontokorrentkredit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annuitätenkredit	284.265	240.318	195.053	148.430	100.408	50.946	0	0	0	0	0
<b>Bestandssaldo bzw. Finanzvermögen(Finanzbestand-Kreditbestand)</b>	<b>-284.265</b>	<b>-214.862</b>	<b>-144.014</b>	<b>-71.680</b>	<b>2.181</b>	<b>77.612</b>	<b>154.657</b>	<b>233.361</b>	<b>312.458</b>	<b>391.951</b>	<b>515.248</b>

## VOFI Planszenario ET25

Perioden tm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ermittlung der Zahlungsfolge der Investition</b>											
Investitionsauszahlung	-353.394										
Residualwert (Restwert am Ende des Planungszeitraumes)											63.679
Cash-Flow Milchproduktion		107.523	107.523	107.523	107.523	107.523	107.523	107.523	107.523	107.523	107.523
Cash-Flow Grundfutterproduktion		-7.169	-7.169	-7.169	-7.169	-7.169	-7.169	-7.169	-7.169	-7.169	-7.169
Cash-Flow Grundfutter-Lager		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash-Flow staatliche Transferleistungen		15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050
Zahlungswirksame Fixkosten		-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207
Steuer und Abgabenzahlung		-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351
<b>Zahlungsfolge der Investition</b>	<b>-353.394</b>	<b>105.842</b>	<b>105.842</b>	<b>105.842</b>	<b>105.842</b>	<b>105.842</b>	<b>105.842</b>	<b>105.842</b>	<b>105.842</b>	<b>105.842</b>	<b>169.521</b>
<b>Eigene Mittel</b>											
+ Einsatz	20.000										
- Entnahmen		25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
+ Einlage											
<b>Annuitätenkredit</b>											
+ Aufnahme	333.394										
- Tilgung		51.542	53.088	54.681	56.321	58.011	59.751	0	0	0	0
- Sollzinsen		10.002	8.456	6.863	5.222	3.533	1.793	0	0	0	0
<b>Kontokorrentkredit</b>											
+ Aufnahme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Tilgung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Sollzinsen		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Reinvestition</b>											
- Anlage	0	19.298	19.394	19.491	19.589	19.687	19.785	81.428	81.835	82.244	146.334
+ Rückfluss		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+ Ertrag		0	96	193	291	389	487	586	993	1.403	1.814
<b>Finanzierungssaldo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Bestandsgrößen</b>											
Finanzbestand	0	19.298	38.692	58.184	77.772	97.459	117.244	198.672	280.507	362.751	509.085
Kreditbestand Kontokorrentkredit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annuitätenkredit	333.394	281.852	228.764	174.083	117.762	59.751	0	0	0	0	0
<b>Bestandssaldo bzw. Finanzvermögen(Finanzbestand-Kreditbestand)</b>	<b>-333.394</b>	<b>-262.554</b>	<b>-190.072</b>	<b>-115.900</b>	<b>-39.990</b>	<b>37.708</b>	<b>117.244</b>	<b>198.672</b>	<b>280.507</b>	<b>362.751</b>	<b>509.085</b>

## VOFI Planszenario BT15

Perioden tm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ermittlung der Zahlungsfolge der Investition</b>											
Investitionsauszahlung	-259.599										
Residualwert (Restwert am Ende des Planungszeitraumes)											36.277
Cash-Flow aus		79.859	79.859	79.859	79.859	79.859	79.859	79.859	79.859	79.859	79.859
operationeller		-5.768	-5.768	-5.768	-5.768	-5.768	-5.768	-5.768	-5.768	-5.768	-5.768
Tätigkeit		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash-Flow staatliche Transferleistungen		15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050
Zahlungswirksame Fixkosten		-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207
Steuer und Abgabenzahlung		-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351
Zahlungsfolge der Investition	-259.599	79.579	79.579	79.579	79.579	79.579	79.579	79.579	79.579	79.579	115.856
<b>Eigene Mittel</b>											
+ Einsatz	20.000										
- Entnahmen		25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
+ Einlage											
<b>Annuitätenkredit</b>											
+ Aufnahme	239.599										
- Tilgung		37.041	38.153	39.297	40.476	41.690	42.941	0	0	0	0
- Sollzinsen		7.188	6.077	4.932	3.753	2.539	1.288	0	0	0	0
<b>Kontokorrentkredit</b>											
+ Aufnahme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Tilgung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Sollzinsen		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Reinvestition</b>											
- Anlage	0	10.350	10.402	10.454	10.506	10.559	10.611	54.894	55.168	55.444	91.998
+ Rückfluss		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+ Ertrag		0	52	104	156	209	261	314	589	865	1.142
<b>Finanzierungssaldo</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Bestandsgrößen</b>											
Finanzbestand	0	10.350	20.752	31.206	41.712	52.271	62.882	117.776	172.944	228.389	320.387
Kreditbestand	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kontokorrentkredit											
Annuitätenkredit	239.599	202.557	164.405	125.108	84.632	42.941	0	0	0	0	0
<b>Bestandssaldo bzw. Finanzvermögen(Finanzbestand-Kreditbestand)</b>	-239.599	-192.207	-143.653	-93.902	-42.920	9.330	62.882	117.776	172.944	228.389	320.387

## VOFI Planszenario KB15

Perioden tm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ermittlung der Zahlungsfolge der Investition</b>											
Investitionsauszahlung	-287.405										
Residualwert (Restwert am Ende des Planungszeitraumes)											42.397
Cash-Flow aus operationeller Tätigkeit		84.435	84.435	84.435	84.435	84.435	84.435	84.435	84.435	84.435	84.435
Cash-Flow Milchproduktion		84.435	84.435	84.435	84.435	84.435	84.435	84.435	84.435	84.435	84.435
Cash-Flow Grundfutterproduktion		-6.376	-6.376	-6.376	-6.376	-6.376	-6.376	-6.376	-6.376	-6.376	-6.376
Cash-Flow Grundfutter-Lager		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash-Flow staatliche Transferleistungen		15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050
Zahlungswirksame Fixkosten		-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207
Steuer und Abgabenzahlung		-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351
<b>Zahlungsfolge der Investition</b>	<b>-287.405</b>	<b>83.536</b>	<b>83.536</b>	<b>83.536</b>	<b>83.536</b>	<b>83.536</b>	<b>83.536</b>	<b>83.536</b>	<b>83.536</b>	<b>83.536</b>	<b>125.933</b>
<b>Eigene Mittel</b>											
+ Einsatz	20.000										
- Entnahmen		25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
+ Einlage											
<b>Annuitätenkredit</b>											
+ Aufnahme	267.405										
- Tilgung		41.340	42.580	43.858	45.174	46.529	47.925	0	0	0	0
- Sollzinsen		8.022	6.782	5.505	4.189	2.834	1.438	0	0	0	0
<b>Kontokorrentkredit</b>											
+ Aufnahme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Tilgung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Sollzinsen		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Reinvestition</b>											
- Anlage	0	9.173	9.219	9.265	9.312	9.358	9.405	58.814	59.108	59.404	102.099
+ Rückfluss		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+ Ertrag		0	46	92	138	185	232	279	573	868	1.165
<b>Finanzierungssaldo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Bestandsgrößen</b>											
Finanzbestand	0	9.173	18.393	27.658	36.970	46.328	55.733	114.548	173.656	233.060	335.159
Kreditbestand Kontokorrentkredit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annuitätenkredit	267.405	226.065	183.485	139.627	94.453	47.925	0	0	0	0	0
<b>Bestandssaldo bzw. Finanzvermögen(Finanzbestand-Kreditbestand)</b>	<b>-267.405</b>	<b>-216.892</b>	<b>-165.092</b>	<b>-111.969</b>	<b>-57.484</b>	<b>-1.597</b>	<b>55.733</b>	<b>114.548</b>	<b>173.656</b>	<b>233.060</b>	<b>335.159</b>

## VOFI Planszenario WB15

Perioden tm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ermittlung der Zahlungsfolge der Investition</b>											
Investitionsauszahlung	-303.740										
Residualwert (Restwert am Ende des Planungszeitraumes)											42.109
Cash-Flow aus		87.045	87.045	87.045	87.045	87.045	87.045	87.045	87.045	87.045	87.045
operationeller		-5.935	-5.935	-5.935	-5.935	-5.935	-5.935	-5.935	-5.935	-5.935	-5.935
Tätigkeit		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash-Flow staatliche Transferleistungen		15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050
Zahlungswirksame Fixkosten		-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207
Steuer und Abgabenzahlung		-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351
<b>Zahlungsfolge der Investition</b>	<b>-303.740</b>	<b>86.595</b>	<b>86.595</b>	<b>86.595</b>	<b>86.595</b>	<b>86.595</b>	<b>86.595</b>	<b>86.595</b>	<b>86.595</b>	<b>86.595</b>	<b>128.704</b>
<b>Eigene Mittel</b>											
+ Einsatz	20.000										
- Entnahmen		25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
+ Einlage											
<b>Annuitätenkredit</b>											
+ Aufnahme	283.740										
- Tilgung		43.866	45.181	46.537	47.933	49.371	50.852	0	0	0	0
- Sollzinsen		8.512	7.196	5.841	4.445	3.007	1.526	0	0	0	0
<b>Kontokorrentkredit</b>											
+ Aufnahme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Tilgung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Sollzinsen		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Reinvestition</b>											
- Anlage	0	9.218	9.264	9.310	9.356	9.403	9.450	61.875	62.185	62.496	104.917
+ Rückfluss		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+ Ertrag		0	46	92	139	186	233	280	589	900	1.213
<b>Finanzierungssaldo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Bestandsgrößen</b>											
Finanzbestand	0	9.218	18.481	27.791	37.148	46.551	56.001	117.876	180.061	242.557	347.474
Kreditbestand	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kontokorrentkredit		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annuitätenkredit	283.740	239.875	194.693	148.156	100.223	50.852	0	0	0	0	0
<b>Bestandssaldo bzw. Finanzvermögen(Finanzbestand-Kreditbestand)</b>	<b>-283.740</b>	<b>-230.657</b>	<b>-176.212</b>	<b>-120.365</b>	<b>-63.076</b>	<b>-4.301</b>	<b>56.001</b>	<b>117.876</b>	<b>180.061</b>	<b>242.557</b>	<b>347.474</b>

## VOFI Planszenario ET15

Perioden tm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ermittlung der Zahlungsfolge der Investition</b>											
Investitionsauszahlung	-353.334										
Residualwert (Restwert am Ende des Planungszeitraumes)											62.315
Cash-Flow aus operationeller Tätigkeit											
Cash-Flow Milchproduktion		90.896	90.896	90.896	90.896	90.896	90.896	90.896	90.896	90.896	90.896
Cash-Flow Grundfutterproduktion		-7.169	-7.169	-7.169	-7.169	-7.169	-7.169	-7.169	-7.169	-7.169	-7.169
Cash-Flow Grundfutter-Lager		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash-Flow staatliche Transferleistungen		15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050	15.050
Zahlungswirksame Fixkosten		-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207	-3.207
Steuer und Abgabenzahlung		-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351	-6.351
<b>Zahlungsfolge der Investition</b>	<b>-353.334</b>	<b>89.220</b>	<b>89.220</b>	<b>89.214</b>	<b>89.213</b>	<b>89.213</b>	<b>89.213</b>	<b>89.213</b>	<b>89.213</b>	<b>89.213</b>	<b>151.528</b>
<b>Eigene Mittel</b>											
+ Einsatz	20.000										
- Entnahmen		25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
+ Einlage											
<b>Annuitätenkredit</b>											
+ Aufnahme	333.334										
- Tilgung		51.533	53.079	54.671	56.311	58.000	59.740	0	0	0	0
- Sollzinsen		10.000	8.454	6.862	5.222	3.532	1.792	0	0	0	0
<b>Kontokorrentkredit</b>											
+ Aufnahme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Tilgung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Sollzinsen		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Reinvestition</b>											
- Anlage	0	2.651	2.700	2.708	2.721	2.734	2.748	64.294	64.616	64.939	127.578
+ Rückfluss		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+ Ertrag		0	13	27	40	54	68	81	403	726	1.051
<b>Finanzierungssaldo</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Bestandsgrößen</b>											
Finanzbestand	0	2.651	5.351	8.059	10.779	13.514	16.262	80.556	145.172	210.111	337.689
Kreditbestand Kontokorrentkredit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annuitätenkredit	333.334	281.801	228.723	174.052	117.741	59.740	0	0	0	0	0
<b>Bestandssaldo bzw. Finanzvermögen(Finanzbestand-Kreditbestand)</b>	<b>-333.334</b>	<b>-279.151</b>	<b>-223.372</b>	<b>-165.993</b>	<b>-106.961</b>	<b>-46.227</b>	<b>16.262</b>	<b>80.556</b>	<b>145.172</b>	<b>210.111</b>	<b>337.689</b>