

Hochschule Anhalt (FH)

Fachbereich Landwirtschaft, Ökotropologie und Landschaftsentwicklung

Bachelorarbeit

Risikobewertung von Wintererbsen im Vergleich zu Sommererbsen - Eine Alternative für die Zukunft?

vorgelegt von: Michael Horrmann

geboren am: 11.12.1989

Matrikelnummer: 4052779

Studiengang: Bachelorstudiengang Landwirtschaft (Direktstudium)

1. Gutachter(in): Herr Dr. Michael Schenk

2. Gutachter(in): Frau Dr. Annette Deubel

Datum der Abgabe: 07.03.2018

Danksagung

Zuerst möchte ich an dieser Stelle allen danken, die diese Bachelorarbeit „Risikobewertung von Wintererbsen im Vergleich zu Sommererbsen – Eine Alternative für die Zukunft?“ durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung begleitet und zu ihrem Gelingen beigetragen haben.

Besonders möchte ich mich ganz herzlich bei Herrn Dr. Michael Schenk bedanken. Er übernahm die umfangreiche Erstbetreuung und unterstützte mich durch seine hilfreichen Anregungen und Ratschläge. Zudem gilt mein Dank auch Frau Dr. Annette Deubel, die mir als Zweibetreuung unterstützend zur Seite stand. Sie stellte mir vor allem die sehr umfassenden Ertragsdaten und historischen Wetteraufzeichnungen zur Verfügung.

Des Weiteren bin ich dem Agrarmeteorologen, Herrn Falk Böttcher für seine fachliche Einschätzung der zukünftigen Wetterentwicklung dankbar.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern und allen Familienangehörigen bedanken, die mir immer unterstützend zur Seite standen und jederzeit ein offenes Ohr für mich hatten. Zudem danke ich meinen Freunden, die mich während dieser Arbeit begleiteten und Verständnis für die fehlende Zeit meinerseits aufbrachten.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	I
Inhaltsverzeichnis	II
1. Einleitung	5
1.1 Problemstellung.....	5
1.2 Zielsetzung der Arbeit.....	6
2. Theoretische Grundlagen über die Botanik der Wintererbse	7
3. Risiko	10
3.1 Definition Risiko.....	10
3.2 Risikomanagement	13
3.2.1 Risikoidentifikation.....	14
3.2.2 Risikobewertung.....	17
3.2.3 Risikomonitoring.....	19
3.2.4 Risikobewältigung.....	20
4. Wetter und Klima	24
4.1 Definition Wetter	24
4.2 Wetterextreme	26
5. Rückblick auf Ertrags- und Wetterdaten	28
5.1 Ertrags- und Wetterdatenrückblick von 2012 bis 2016.....	28
5.1.1 Rückblick Erntejahr 2012	29
5.1.2 Rückblick Erntejahr 2013.....	32
5.1.3 Rückblick Erntejahr 2014.....	33
5.1.4 Rückblick Erntejahr 2015.....	35
5.1.5 Rückblick Erntejahr 2016.....	37

5.2 Auswertung der Erntejahre.....	38
6. Auswertung des Wetters von 1961 bis 2016.....	40
6.1 Allgemeine Aspekte.....	40
6.2 Wetterauswertungen.....	41
7. Risikobewertung der Zukunft.....	44
7.1 Allgemeine Zukunftsbetrachtung und Berechnung.....	44
7.2 Monte-Carlo-Simulation.....	46
7.3 Auswertung und Gegenüberstellung der Wintererbsen zu Sommererbsen.....	50
7.4 Ableitungen für den Entscheidungsträger.....	55
8. Schlussbetrachtung.....	58
Quellenverzeichnis.....	60
Bibliographie	60
Internetquellen.....	63
Quellen gesonderter Herkunft.....	67
Anlagenverzeichnis.....	68

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Seit je her prägen Leguminosen mit das Bild im Ackerbau und damit auch die Futtererbsen. Nachdem der Anbau von Körnerleguminosen jedoch über die vergangenen Jahre sukzessive zurückging, erlebt dieser jetzt eine Art Renaissance, auf Grund von agrarpolitischen Reformen durch die europäische Union. Speziell das sogenannte „Greening“ rückt die Erbse wieder in den Vordergrund und damit auch verschiedene Spezialformen, wie die Wintererbse. Wie bei allen Sonderformen der jeweiligen Kulturfrüchte, bieten diese immer eine gewisse Chance, allerdings geht damit gleichzeitig auch ein nicht unerhebliches Risiko einher.

In dieser Bachelorarbeit soll das Thema „Risikobewertung von Wintererbsen im Vergleich zu Sommererbsen“ eben jenes eingangs erwähnte Risiko näher betrachten. Dabei richtet sich der Fokus grundsätzlich auf die Risikobewertung, der die größte Bedeutung in dieser Arbeit zu Teil wird. Da die Landwirtschaft und natürlich auch der Anbau von Wintererbsen in der Regel immer unter freiem Himmel vonstattengehen, führen fast sprichwörtlich alle Wege zum Wetter als Hauptrisikofaktor. Auftretende Wetterextreme sorgen dabei für eine erhebliche Zunahme des Risikos, wobei sich die Frage stellt, ab wann eine Abweichung des Wetters vom Durchschnitt zum Extrem zählt. Daraus ergibt sich auch die Frage, wie viel Risiko von einem jeweiligen Extrem ausgeht und wie oft ein Wetterphänomen auftritt. Die in dieser Arbeit thematisierten Wintererbsen sollten vom Grundsatz her durch ihre längere Vegetationsperiode einem höherem Risiko ausgesetzt sein, als die Sommererbsen. Vor diesem Hintergrund stellt sich dabei die Herausforderung nach der Risikobewertung von Wintererbsen. Ein guter Ansatz hierfür beginnt dabei mit dem Vergleichen von historischen Wetterdaten mit den jeweiligen Erträgen aus den gleichen Jahren. Gerade bei Wintererbsen geht jährlich eine erhebliche Gefahr von Kahlfrösten im Winter aus, die mitunter zu Totalausfällen führen können. Die Idee dieser Arbeit ist, aus den bisherigen Wetterdaten eine Ableitung, beziehungsweise eine Prognose für die Zukunft zu erstellen, welche gerade diese riskanten Wetterextreme in einer Simulation miteinkalkuliert. Entscheidend dabei sind in erster Linie die Häufigkeit und das

Erreichen der grenzwertigen Intensität. Der Vergleich zu den Sommererbsen soll zeigen, ob Wintererbsen eine Alternative für die Zukunft darstellen.

1.2 Zielsetzung dieser Arbeit

Diese Bachelorarbeit orientiert sich stets an der Risikobewertung von Wintererbsen. Dabei sollen die Erkenntnisse und Ergebnisse aus dem theoretischen Teil auf die Bedeutung der Risikobewertung hinführen. Da das Wetter immer ein allgegenwärtiges Risiko darstellt und Wetterextreme in der Wahrnehmung der Menschen gefühlt zunehmen, stellt sich die Frage ob dies wirklich so ist. Im digitalen Zeitalter, in dem sich Informationen sehr schnell ausbreiten, auch über Wetterereignisse, wird dieser Eindruck zusätzlich verstärkt. Auf Grundlage historischer Wetterdaten und Ertragsdaten soll dahingehend der Frage nachgegangen werden, ob sich dieser Eindruck hinlänglich der extremen Kahlfröste bestätigt oder nicht. Eine Expertenmeinung soll darüber hinaus weiteren Aufschluss geben. Ziel ist es, mittels einer Monte-Carlo-Simulation und den historischen Daten ein Risikomodell zu erstellen, um eine Aussage für die Zukunft treffen zu können.

Das Thema dieser Bachelorarbeit lautet „Risikobewertung von Wintererbsen im Vergleich zu Sommererbsen – Eine Alternative für die Zukunft?“. Von diesem Titel ausgehend lässt sich die finale Zielsetzung ableiten: Sind Wintererbsen wirklich eine sinnvolle Alternative zu den soliden und relativ ertragsstabilen Sommererbsen? Wie hoch ist das Risiko möglicher Totalverluste durch Auswinterungsschäden bei der Winterform wirklich? Antworten dazu sollen am Ende dieser Arbeit vorgestellt werden.

2. Theoretische Grundlagen über die Botanik der Wintererbse

Bevor mit dem Thema Risiko begonnen werden kann, ist es wichtig sich mit der Botanik der Wintererbse auseinanderzusetzen. Was macht diese Kulturpflanze aus und welche Rolle spielt dabei das Risiko? Diese Frage soll nun im Folgenden betrachtet und erörtert werden.

Die Erbse (lateinisch: *Pisum sativum*) ist eine einjährige Körnerleguminose aus der Familie der Hülsenfrüchtler und gehört dabei zur Gattung der Schmetterlingsblütler. In Deutschland kommt die Erbse meist nur noch in kultivierter Form vor, die Wildform ist dabei noch kaum in der Natur zu finden. Ursprünglich stammt sie aus dem östlichen Mittelmeerraum. Heute sind die Wildformen neben dem Mittelmeerraum noch in Afghanistan und der Türkei zu finden (vgl.: Internetquelle 9, geb.uni-giessen.de).

Die Körnererbse ist eine einjährige krautige Pflanze mit einer durchschnittlichen Wuchshöhe von 50 Zentimetern. Dabei ist jedoch zwischen dem Anbau auf dem Feld und dem Anbau im Garten zu unterscheiden, da auf dem Acker Möglichkeiten zum längeren Ranken und Klettern fehlen. Lediglich die Nachbarpflanzen dienen als Stütze. Die Erbsenpflanzen geben sich dadurch gegenseitigen Halt und können so in die bereits erwähnte Höhe wachsen. Eine einzelne Pflanze würde auf dem Boden entlang kriechen. Im Gartenanbau ist der Einsatz von Kletter- und Rankmöglichkeiten meist kein Problem, da dort die Erbsen vor der Totreife geerntet und als Nahrungsmittel verwendet werden. Dadurch sind Wuchshöhen bis zu zwei Meter möglich. Die Farben der Erbsenpflanzen variieren dabei zwischen bläulich grün bis hellgrün, je nach Bodenart und Sonneneinstrahlung (vgl.: Internetquelle 9, geb.uni-giessen.de).

Die Wurzel der Erbse ist in der oberen Bodenschicht stark verzweigt und bildet feine Haarwurzeln, die bis zu einem Meter tief in den Boden reichen. Auf den hier verbreiteten Schwarzerdestandorten befindet sich das Hauptwurzelsystem somit im sogenannten Ap-Horizont (vgl.: Hege, Ulrich 1998, S.62). Wie fast alle Leguminosen geht auch die Erbse eine artspezifische Symbiose mit stickstoffbindenden Rhizobien ein, welche sich an den Seitenwurzeln des Hauptwurzelsystems befinden. Die Rhizobien, auch besser bekannt als Knöllchenbakterien, binden den Luftstickstoff und machen ihn pflanzenverfügbar. Die bei den Erbsen vorkommende arbuskuläre

Mykorrhiza, so die Bezeichnung der vorliegenden Symbiose (vgl.: Internetquelle 11, www.spektrum.de), verbessert die Phosphorversorgung der Erbsenpflanze. Dafür stellt die Erbse den Rhizobien Energie in Form von Assimilaten bereit, welche allerdings dann wieder bei der Bildung von vegetativen und generativen Organen fehlen. Dadurch wird bei der Erbse bzw. den Leguminosen allgemein die Ertragsfähigkeit eingeschränkt (vgl.: Dr. Bischoff, Joachim 2014, S.4).

Ausgehend von der Wurzel ist der Spross der Erbsenpflanzen einfach oder am Hypokotyl verzweigt und kann unter optimalen Bedingungen bis zu zwei Meter in die Länge wachsen. Der Stängel mit der blaugrünlichen Färbung ist kantig, hohl und kahl. Dabei unterscheidet man in drei Wuchstypen der Körnererbse. Zum einen der Blatttyp mit dem hohen Blattanteil und den vergleichsweise gering ausgebildeten Ranken, der halbblattlose Typ mit einem ausgeglichenen Verhältnis zwischen Blattanteil und Ranken, sowie der Rankentyp, welcher fast gänzlich ohne Blätter auskommt. Hierbei ist festzuhalten, dass sich bis heute der halbblattlose Typ im konventionellen Körnererbsenanbau, aufgrund der besseren Ertragsstabilität durchgesetzt hat (vgl.: Dr. Bischoff, Joachim 2014, S.5). Der Blattapparat der Erbse besteht aus einer Spindel mit ein bis drei paarweise angeordneten Laubblättern, welche meist in Ranke mit drei oder fünf Ästen ausläuft. Die Blattformen variieren je nach Sorte zwischen keilförmig, eiförmig oder breitoval mit abgerundetem Rand, der auch schwach gezahnt sein kann. Die Laubblätter, auch Fiederblätter genannt, unterscheiden sich vor allem in Form und Größe von den Nebenblättern, welche breitherzförmig in Erscheinung treten und mit bis zu zehn Zentimeter Länge, sowie vier Zentimeter Breite im Schnitt drei Zentimeter größer sind.

Da die Erbse eine Pflanzenart aus der Unterfamilie der Schmetterlingsblütler innerhalb der Familie der Hülsenfrüchtler ist, gehört diese zur Ordnung der Schmetterlingsblütenartigen. Daher sind Erbsen immer diploid und obligat selbstbefruchtend. Die Erbsenblüte selbst steht in bis zu dreiblütigen, traubenartigen Blütenständen, welche in den Blattachseln an abstehenden Stielen enden. Die Größe schwankt zwischen 15 und 36 Millimetern. Der mit länglichen eiförmigen Zähnen versehene Kelch ist glockig. Die verkehrt eiförmige Fahne kann weißgrünlich oder rosa bis lila geädert sein, dagegen sind die Flügel mit einer violetten oder weißen ovalen Platte versehen. Das Schiffchen ist kurz, gekrümmt, gekielt und farblich der Fahne ähnlich. Hieraus wird ersichtlich, dass die fünfzählige mit doppelter Blütenhülle

versehene Erbsenblüte zygomorph ist. Da zumeist Selbstbefruchtung vorherrscht steht der bärtige Griffel fast rechtwinklig zum Fruchtknoten. Durch die Verzahnung von Flügel und Schiffchen treten durch landende Insekten, der Griffel und die Staubgefäße zur Bestäubung heraus. Die Blühdauer der Erbsenpflanze beträgt bis zu drei Wochen, wobei die Einzelblüte circa drei Tage geöffnet ist. Im Gegensatz zur Selbstbefruchtung macht die Fremdbefruchtung durch Insekten nur einen geringen Anteil bei der Erbse aus. Durch die Befruchtung entstehend Hülsen, welche bis zu zwölf Zentimeter Länge erreichen können und meist gerade bis schwach gekrümmt sind. Die darin enthaltenen Samen variieren je nach Sorte zwischen runden bis hin zu fast quadratischen Formen mit glatter oder rauer Oberfläche. Abhängig von der Sorte und der Versorgung der Pflanze unterscheidet sich auch die Größe der Erbsensamen, mit Maximalgrößen von zehn Millimeter, was dementsprechend auch eine Schwankung des Tausendkorngewichtes zur Folge hat. Durch den deutschlandweit stetigen Züchtungsfortschritt ist es gelungen, den Ertrag von Körnererbsen in den letzten 85 Jahren fast zu verdoppeln (Internetquelle 8, geb.uni-giessen.de). Die Erträge der erbsenanbauenden Betriebe liegen heute bei durchschnittlich 45 Dezitonnen je Hektar, in verschiedenen Landessortenversuchen wurden auch schon Erträge über 60 Dezitonnen erzielt. Mit einem durchschnittlichen Nährstoffgehalt von 23,4 Prozent Rohprotein bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 14 Prozent der trockenen Körnererbsen, liegt der Eiweißgehalt knapp unter dem der Ackerbohne (vgl.: Internetquelle 3, www.tll.de).

Die Botanik der Wintererbsen unterscheidet sich kaum von den Sommererbsen, da diese lediglich deutlich robuster und frostunempfindlicher sind. Allerdings ist gerade dieser Punkt für den weiteren Verlauf dieser Bachelorarbeit entscheidend, da diese Frostunempfindlichkeit nicht unendlich ist und starke Kahlfröste im zweistelligen Minusbereich der Winterform der Erbse erheblich zusetzen können. Somit erschließt sich auch der Übergang zur Korrelation zwischen Risiko und Extremen des Wetters.

3. Risiko

3.1 Definition Risiko

Das Risiko ist einer der Hauptschwerpunkte dieser Arbeit und bildet zusammen mit dem Wetter als zweiten Schwerpunkt das Grundgerüst jener Bachelorarbeit. Dabei muss zunächst einmal erläutert werden, in welcher Form der Begriff „Risiko“ in dieser wissenschaftlichen Arbeit verstanden wird.

Das Wort Risiko ist eines der geläufigsten Wörter im täglichen Sprachgebrauch der Menschheit. Dabei nutzen viele das Fremdwort indirekt und nicht bewusst, vor allem in der Verbform. Doch woher rührt dieser Begriff? Schlägt man das Fremdwörterbuch auf, dann ist zu erfahren, dass der Ausdruck Risiko aus dem italienischen Sprachgebrauch stammt und bereits im 16. Jahrhundert Erwähnung fand. Zu dieser Zeit verstanden Kaufmänner unter dem italienischen Wort „risico“ eine gewisse Wagnis oder auch Gefahr beim Abschluss von Geschäften (vgl.: Internetquelle 10, www.wissen.de). Hierbei ist die Wortherkunft jedoch nicht zweifelsfrei geklärt, da verschiedene literarische Werke und Lexikographen unterschiedliche Auffassungen teilen. So leiten Konrad Duden und Gerhard Wahrig in ihren deutschen Großwörterbüchern das italienische Wort über den altgriechischen Begriff „rhiza“ her, welches für Wurzel oder auch Klippe steht. Dabei steckt diese Bezeichnung in dem vulgärlateinischen „risicare“ oder auch „resecare“, was übersetzt so viel wie „Gefahr laufen“ oder auch „etwas wagen“ bedeutet, so die Ableitung der beiden Lexikographen (vgl.: Kraif, Ursula 2007, S. 276). Da Vulgärlatein das gesprochene Latein bezeichnet und sich dieses auch vom literarischen Latein unterscheidet, gibt es wenige Schriften, die eine genaue Wortherkunft belegen können. Diese Sprache lebte vom Sprechen und weniger vom Schreiben. So sind auch die Ausführungen Dudens und Wahrigs nicht eindeutig belegbar, allerdings kann bereits hier ein Zusammenhang vermutet werden, da von einer Klippe immer eine gewisse Gefahr ausgeht und so von Risiko gesprochen werden kann. Dem gegenüber stehen verschiedene etymologische Wörterbücher. Das von Friedrich Kluge bearbeitete „Etymologische Wörterbuch der deutschen Sprache“, welches 1894 erstmals das Wort „Risiko“ beinhaltet und eine Ableitung aus dem unter Einfluss der italienischen Geschäftssprache verwendeten

Wort „agio“, welches für einen Begriff im Finanzwesen steht, aufführt, hält sich auf die Wortherkunft mehr allgemein (vgl.: Kluge, Friedrich 1894, S. 303). Dagegen geht das etymologische Wörterbuch von Wolfgang Pfeifer auf die vulgärlateinischen Wörter „resecum“ und „resecare“ ein. Ersteres ist ein lateinisches Verbalsubstantiv, also ein Substantiv, das aus einem Verb gebildet wurde. Dieses steht gleichbedeutend für „Felsklippe“ und wird in übertragenem Sinne mit Gefahr für verschifft Handelswaren gebracht. „Resecare“ als Ausgangsverb steht frei übersetzt für „abschneiden“, woraus sich die Verbindung als „vom Festland abgeschnittene Felsklippe“ interpretieren lässt, die zur Gefahr von Handelsschiffen werden kann (vgl.: Pfeifer, Wolfgang 1997, S. 1124).

Der Begriff „Risiko“ beschreibt im heutigen Sprachgebrauch eine vom Zufall abhängende Gefahr oder Wagnis, dabei wird Risiko oft mit Gefahr gleichgestellt und synonym verwendet (vgl.: Rausch, Gereon 2010, S. 157). Allerdings sind beide Begriffe exakt definiert. Eine Gefahr geht immer von einer Sachlage aus, die eine schädigende Wirkung haben kann. Damit von der Gefahr jedoch ein Risiko ausgeht, ist ein dritter Faktor, die Exposition zur Bewertung der Sachlage unabdingbar. Dieser Punkt drückt aus, wie sehr eine Person oder ein Objekt der Betrachtung einer Gefahr ausgesetzt ist (vgl.: Internetquelle 12, www.bfr.bund.de). Um den Zusammenhang genauer zu erklären, bedarf es einem Beispiel. So bezeichnet die Gefahr beispielsweise die Schädlichkeit eines Pflanzenschutzmittels für den Menschen, ob dieses giftig, reizend oder ätzend ist. Ein Risiko entsteht jedoch erst dann, wenn der Mensch mit dem Mittel überhaupt in direkten Kontakt kommt. Hierbei spricht die Wissenschaft von der Exposition. Darin spielt auch die Art des Kontaktes, sowie die Menge des Mittels eine entscheidende Rolle. Das Risiko ist somit das Produkt aus den Faktoren Gefahr und Exposition. Tritt einer dieser Faktoren nicht auf, ist auch kein Risiko zu erwarten. Eine Person, die nicht in der Nähe des Pflanzenschutzmittels steht, ist zwar weiter der Gefahr ausgesetzt, da die Gefahr an die Existenz des Mittels geknüpft ist, jedoch besteht für diesen Menschen kein Risiko. Genauso verhält sich der entgegengesetzte Fall, wenn eine Person sich im Lagerraum für Pflanzenschutzmittel aufhält, aber gerade keine Mittel im Raum gelagert sind. Somit ist die Exposition gegeben, jedoch fehlt es schlichtweg an der Gefahr, um ein Risiko für diese Person zu erzeugen. Während in der Wissenschaft diese Begriffe genau getrennt werden, verschwimmt in der Gesellschaft die genaue Trennung des Öfteren. Gerade gesellschaftliche Akteure, wie Wirtschaft, Organisationen oder Laien, die auf

wissenschaftliche Risikobewertungen zurückgreifen und diese weiter kommunizieren, treffen diese Unterscheidung nicht und verwenden die Begriffe nach eigenen Kriterien (vgl.: Internetquelle 12, www.bfr.bund.de). Weiter wird ein Risiko gemeinhin als Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses und dessen Konsequenz, also der Schwere des Schadens angesehen und muss bei der Risikobewertung in der Einheit der Zielgröße bewertet werden.

Neben dem Begriff „Risiko“ müssen auch einige Nebenbegriffe und Ergänzungen erwähnt werden, die im Allgemeinen mit dem Risiko in Verbindung gebracht werden. So fällt im Zusammenhang mit Risiko oft auch der Begriff Wagnis, dabei wird dieser Terminus meist mit der Ethik verknüpft und findet als solcher vorrangig in den Geisteswissenschaften Verwendung (vgl.: Krause, Michael 2007, S. 5). Ein weiterer Begriff, der des Öfteren in Politik und Medien zu vernehmen ist, ist das Restrisiko. Damit sind die Gefahren eines Systems gemeint, die trotz durchgeführter Maßnahmen zur Verringerung des Risikos bestehen bleiben. Es besteht aus einem abschätzbaren und einem nicht bekannten Anteil. In Zusammenhang mit der in Kernkraftwerken erzeugten Atomenergie fällt oft der Begriff Restrisiko, da beispielsweise alle Kernkraftwerke in Deutschland zu einem überregionalen System gezählt werden können. Das Restrisiko besteht in diesem Fall aus einer möglichen Kernschmelze in einem Reaktor oder anderweitige sicherheitsrelevante Störungen eines Kraftwerkes, dabei wird dieser Risikoanteil stets aktuell bewertet und für den Rest des Systems neu berechnet. Würde in einem Kernkraftwerk innerhalb dieses Systems ein Mangel oder Problem auftreten, so würden sich auch die individuellen Sicherheitsberechnungen für alle anderen Kraftwerke ändern, auch wenn an den restlichen Kernkraftwerken noch keine Mängel aufgetreten sind. Dass besagte Systeme auch teilweise weltumfassende Züge aufweisen können, wenn auch politisch motiviert, konnte gut im Jahr 2011 nach der Reaktorkatastrophe im japanischen Fukushima beobachtet werden. Damals zog die Bundesregierung das Restrisiko als Begründung für einen Aufschub bei der Laufzeitverlängerung deutscher Kernkraftwerke heran (vgl.: Deutscher Bundestag 2011, S. 1). Als letzte Ergänzung ist der Zufall zu nennen, der sich unweigerlich entscheidend auf das Risiko auswirkt. Hierbei drücken sich die Auswirkungen des Zufalls in den Vorgängen des Risikos aus. Die Mathematik spricht von Stochastik, welche durch Untersuchungen der Vergangenheit vergleichbare Vorgänge filtert und so das Risiko beschreibt. Dies soll auch in der Bachelorarbeit zum Tragen kommen,

in dem historische Wetterdaten zur Ermittlung des zukünftigen Risikos zum Anbau von Wintererbsen herangezogen werden.

3.2 Risikomanagement

„Wer jedes Risiko ausschalten will, der zerstört auch alle Chancen“, so lautet das mündliche Zitat des deutschen Topmanagers, Publizisten und Politikers Hans-Olaf Henkel (1940). Dieser Satz bringt es auf den Punkt, denn ein Risiko ist immer die kalkulierte Prognose eines möglichen Schadens. In allen Unternehmen sind daher Entscheidungen stets mit Risiken verbunden, da die Konsequenzen dieser Maßnahmen in der Regel nicht vorhergesagt werden können. Um allerdings Chancen wahrzunehmen und Erfolge zu erzielen, müssen Risiken akzeptiert werden (vgl.: Borens, David 2009, S. 180), denn wie mit dem eingangs erwähnten Zitat beschrieben, besteht keine Chance ohne Risiko. Genau an diesen Punkt knüpft das Risikomanagement an, das die Chancen mit dem planvollen Umgang der Risiken wahrnimmt. Um das Thema Risikomanagement anfangs ein wenig zu verdeutlichen, empfiehlt sich ein kleines Beispiel aus dem alltäglichen Leben, da wie erwähnt in allen Risiken auch Chancen stecken. So ist beispielsweise nachts das Befahren einer Landstraße mit dem Fahrrad ohne Licht sehr riskant, ja schon lebensgefährlich. Kann der Radfahrer jedoch das Risiko identifizieren und schaltet sein Licht ein, so hat er das Risiko minimiert und damit gemanagt. Trüge der Fahrradfahrer zusätzlich noch eine Warnweste und einen Helm, dann würde dies seine Chancen steigern, die Fahrt unbeschadet zu überstehen und gleichzeitig weiter die Unfallrisiken senken. Der Radfahrer hätte damit sein Risikomanagement optimiert. Das Risikomanagement im Allgemeinen ist ein mehrstufiger Prozess, der aus Risikoidentifikation, Risikobewertung, Risikomonitoring und Risikobewältigung besteht. Für Unternehmen empfiehlt sich diese Schritte in die Entwicklung von Strategien und Geschäftsprozesse einzubinden, um zukunftsfähig zu bleiben. Nur Geschäftsführungen, die sich bewusst zielorientiert und strukturiert mit Risiken sowie den daraus resultierenden Chancen auseinandersetzen, können ein erfolgreiches und wertorientiertes Unternehmen aufstellen. In den nächsten Abschnitten sollen die vier Prozesse des Risikomanagements genauer dargestellt werden.

3.2.1 Risikoidentifikation

Die Risikoidentifikation bildet den ersten Schritt im mehrstufigen Prozess des Risikomanagements und ist damit die größte Herausforderung für Unternehmen, da erst einmal erkannt werden muss, ob überhaupt ein Risiko vorliegt. Dabei werden alle Risiken systematisch erhoben, die auf ein Unternehmen zukommen können. Entscheidend bei diesem Prozess ist das frühe Erkennen möglicher Risiken, die das Fortbestehen eines Betriebes erheblich gefährden würden. Geschäftsführenden Personen ermöglicht die Risikoidentifikation ein frühzeitiges Eingreifen und Gegensteuern in interne, sowie externe Risiken. Dabei wird von Frühwarnsystemen gesprochen, die auf bestimmte Bereiche eines Unternehmens oder auf das gesamte Unternehmen angewendet werden und sich operativ oder auch strategisch ausrichten. Je nach Branche der Unternehmen sehen sich die Frühwarnsysteme unterschiedlichen Risikobereichen in Art und Anzahl konfrontiert (vgl.: Internetquelle 2, www.risknet.de). In der Landwirtschaft stehen dem Landwirt daher unterschiedliche Risikobereiche in den verschiedensten Formen gegenüber, die er zu identifizieren hat. Im Folgenden sollen die Risikobereiche der Landwirtschaft Erwähnung finden, welche zur Identifikation der verschiedenen Risikoquellen herangezogen werden.

Der wichtigste Risikobereich ist der des landwirtschaftlichen Produktionsprozesses, bei dem im Grunde alles vom Ertragsrisiko abhängt. Jegliche Faktoren, die auf Kulturpflanzen und Nutztiere einwirken, zeigen sich unmittelbar im Ertrag, dazu zählen die Witterung, Krankheiten, Schädlinge, Verluste in der Lagerung und Schäden durch Feuer. Witterungsbedingte Risiken nehmen dabei den maßgeblichsten Anteil ein, da Landwirtschaft fast ausschließlich unter freiem Himmel stattfindet. Auf das Wetter und seinen Risiken, allen voran durch Wetterextreme soll im Verlauf dieser Arbeit noch deutlich näheren Bezug genommen werden, denn Wintererbsen sind wie alle Winterkulturen den Witterungseinflüssen mehr ausgesetzt, als die Sommerungen.

Nach dem Produktionsrisiko folgt gleich das Marktrisiko, welches sich vor allem schnell durch Preisschwankungen am Markt bemerkbar zeigt. Hierbei gilt nach wie vor das Prinzip Angebot und Nachfrage, wobei das Thema teilweise global betrachtet werden muss. Eine schlechte Getreideernte in Frankreich beispielweise sorgt für keine großen Preissprünge in Deutschland, anders sieht dies auf kontinentaler Ebene aus. Bei der

Milchproduktion scheint genau das Gegenteil der Fall zu sein. Gerade die Milch ist aktuell ein gutes Beispiel für den Bereich Marktrisiko, da es 2015 nach dem Wegfall der marktregulierenden Milchquote langsam zur Milchkrise mit ruinösen Preisen kam. Wie sich das ähnliche Verfahren mit dem Wegfall der Zuckerquote anno 2017 verhält, bleibt indes abzuwarten. Das Marktrisiko hängt allerdings nicht alleine von der Preiselastizität des Angebotes sowie der Nachfrage ab, sondern auch von den Preisschwankungen der Produktionsmittel und deren Verfügbarkeit. Während steigende Preise für Produktionsmittel nicht zu unterschätzende Ausgabeschwankungen mit sich bringen und durchaus zu Engpässen in der Liquidität führen können, so ist die Verfügbarkeit von beispielweise Dünger oder Pflanzenschutzmitteln hierzulande ein geringeres Risiko. Allerdings zeigt sich die Nichtverfügbarkeit von Produktionsmitteln, wie vom Autor schon selbst erlebt, deutlich schnell entweder im Produktionsrisiko oder im Marktrisiko. Tritt beispielsweise deutschlandweit im Frühjahr unerwartet eine Pilzerkrankung im Getreide auf und die Landwirte haben keine Fungizide vorrätig, so werden zuerst die günstigen Mittel nachgefragt. Diese sind jedoch schnell vergriffen und es kommt zu Engpässen in der Verfügbarkeit, worauf auf teurere Produkte ausgewichen werden muss oder auf eine Behandlung der Getreidebestände verzichtet wird. Dabei bedeutet der Verzicht Ertragseinbußen oder im anderen Fall steigende Ausgaben bei den Produktionsmitteln. Das Marktrisiko beinhaltet zusätzlich noch Risiken bei Investitionen und der Ausrichtung von strategischen Vorhaben durch Zinssatzentwicklungen, Inflationsraten und dem relativen Preis, also dem Verhältnis zweier Preise jeweiliger Güter zueinander.

Das Technologierisiko ist in der Landwirtschaft nicht so extrem ausgeprägt, wie in anderen Branchen. In den meisten Fällen ist dieses Risiko mit den gesetzlichen Risiken verknüpft, da neue Vorgaben von Seiten der EU oder Deutschland, insbesondere in der Tierhaltung, aber auch im Ackerbau gegenwärtige Entscheidungen zukünftiger technischer Verbesserungen hinfällig werden lassen. In Branchen fern ab der Landwirtschaft unterliegt das Technologierisiko vorrangig den Veränderungen der Technologie. In landwirtschaftlichen Unternehmen sind vor allem das bauliche Inventar der Ställe und Maschinen dem Risiko der Technologieveränderung unterlegen. Im übertragenen Sinne sind auch Tiere vom Technologierisiko betroffen, da veraltete Genetik die Erlöse mindern kann.

Wie im vorherigen Abschnitt schon erwähnt stellen auch gesetzliche Risiken einen Risikobereich in der Landwirtschaft dar. So führen Veränderungen in der Agrarpolitik, der Sozialpolitik und der Umweltpolitik für unvorhergesehene Risiken in landwirtschaftlichen Betrieben. In der Sauenhaltung beispielsweise sorgt das aktuelle Urteil über die Neuausrichtung der Größe von Kastenständen für Unmut bei den Schweinehaltern, da dies mit erheblichen Kosten verbunden wäre (vgl.: Internetquelle 6, www.agrarheute.com). Hier ist gut das Zusammenspiel mit dem Technologierisiko zu sehen, da einige Halter vor circa fünf Jahren ihre Ställe umgebaut hatten und sich jetzt einem erneuten Umbau konfrontiert sehen. In der Regel ist das Stallinventar auf mindestens zehn Jahre ausgelegt. Im Ackerbau war 2015 die Einführung des „Greenings“ nicht ganz ohne gesetzliches Risiko verbunden, da gewisse Umstellungen in der Produktion oder Veränderungen beziehungsweise Ergänzungen an den Maschinen vorgenommen werden mussten.

Der letzte Risikobereich ist der Mensch. Menschliche Risiken kommen dann zum Tragen, wenn Betriebsleiter oder wichtige Arbeitskräfte krankheitsbedingt ausfallen. Folglich ist es dann schwierig bestimmte Produktionsprozesse qualitativ weiterzuführen. Daneben können auch das Verlassen qualitativer Arbeitskräfte oder Veränderungen der Zielvorstellungen einzelner Personen für ein erhebliches Risiko des Fortbestandes eines Unternehmens sorgen. Auf geschäftsführender Ebene können sich unterlassene Risikovorsorgen durch fehlende Testamente oder entsprechenden Eheverträgen bei einer Scheidung negativ auswirken. Deutlich wird aktuell auch gerade die Nachwuchsproblematik in der landwirtschaftlichen Führungsebene, der sich viele ältere Betriebsleiter gegenüberstehen. Ein vom Autor beobachteter Trend, welcher sich mittlerweile auf der Suche nach potenziellen qualitativen Mitarbeitern fortsetzt.

Insgesamt ist eine genaue Risikoidentifikation aller Risikobereiche unabdingbar, da sonst keine genaue oder gar eine falsche Risikobewertung vorgenommen werden kann. Meist zeichnet sich bereits in diesem ersten Schritt eine einfache Bewertung des Risikos ab.

3.2.2 Risikobewertung

Die Risikobewertung versucht das identifizierte Risiko mittels qualitativer oder quantitativer Methoden zu analysieren. In zahlreichen Methoden der Risikoanalyse geschieht dies in zwei Schritten und soll den Entscheidungsträgern helfen zu verstehen, welche Risiken möglicherweise die Ergebnisse bestimmter Entscheidungen aufweisen könnten.

Der erste Schritt ist das qualitative Verfahren, in dem durch eine Risikomatrix, auch Risikograph genannt, die Eintrittswahrscheinlichkeit und das Schadensausmaß bei Eintritt des Schadens bestimmt werden. Da nicht immer alle Risiken genau quantifiziert werden können, ist in der Regel eine qualitative Bewertung nötig. Meist ist das dann der Fall, wenn die ermittelten Daten lediglich fragmentarisch vorliegen und mögliche Auswirkungen nur grob geschätzt werden können (vgl.: Braun, Jürgen; Dabbert, Stephan 2006, S. 20 ff). Mit Hilfe des eingangs erwähnten Risikographen kann für jedes einzelne Risiko, welches durch den fortlaufenden Prozess des Risikomanagements überwacht, bewertet sowie identifiziert wird, eine Einstufung erfolgen. Der Risikograph, beziehungsweise die Risikomatrix selbst ist in die drei Bereiche, inakzeptabler Bereich, ALARP-Bereich und akzeptabler Bereich unterteilt (siehe Anlage 1). Dabei müssen Risiken, die im inakzeptablen Bereich liegen mittels risikosenkender Schritte in den ALARP-Bereich gebracht werden. Das englische Kurzwort „ALARP“ steht dabei für „as low as reasonably practicable“, das übersetzt so viel heißt wie „so niedrig, wie vernünftigerweise praktikabel“. Im Grunde handelt es sich beim ALARP-Prinzip um eine Form der Risikoreduzierung im Risikomanagementprozess, in dem Risiken auf ein Maß reduziert werden sollen, welches die meiste Sicherheit garantiert und gleichzeitig praktikabel ist. Dabei soll die maximale Schadenserwartung soweit es geht begrenzt werden. Im Ackerbau beispielsweise müssen in Unternehmen innerhalb einer vorsommertrockenen Region nur dann Beregnungsmaßnahmen implementiert werden, wenn sie auch vernünftigerweise praktikabel sind, also finanziell und/oder technisch mit entsprechend vertretbarem Aufwand realisiert werden können. Risiken, die nicht vom inakzeptablen Bereich in den ALARP-Bereich gebracht werden können, müssen mit Hilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse überprüft werden. Entscheidend hierbei ist, ob der zu erwartende Nutzen die Risiken überwiegt. Die Einstufung von Risiken in der

Risikomatrix erfolgt vorwiegend projektspezifisch und geht davon aus, dass die beiden Faktoren Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß definiert sind (vgl.: Internetquelle 13, www.hmc2.de).

Im zweiten Schritt, dem quantitativen Verfahren findet die Risikobewertung unter der Annahme statt, dass beide Parameter nicht eindeutig bestimmt sind. Dazu stehen verschiedene Techniken zur Verfügung, mit denen sich Risikomodelle aufstellen lassen. Dabei beschränkt sich der Autor auf das am häufigsten verwendete Modell, der Monte Carlo Simulation. Im weiteren Verlauf dieser Bachelorarbeit kommt dieser Methode noch eine tragende Rolle zu, da damit das Risiko zur Bestimmung der Häufigkeit zum Auftreten von extremen Kahlfrösten entwickelt werden soll. Szenario-Methoden geben hierbei dem Risikomanager unterschiedliche Sicht- und Denkweisen zur Risikoquantifizierung an die Hand, welche allerdings ein hohes Maß an Können erfordern (vgl.: König, Manfred 1988, S. 279). Die auf der Monte-Carlo-Methode aufbauende Risikoanalyse selbst, stellt ein quantitatives Verfahren dar, welche versucht, nicht oder nur aufwendig zu lösende Probleme mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitstheorie numerisch zu ermitteln. Dabei wird das Ergebnis einer Entscheidung mittels Wahrscheinlichkeitsverteilungen berechnet (vgl. Wieske, Diana 2005, S. 1). Dazu sind drei Schritte nötig. Im ersten Schritt, der Modellentwicklung, wird eine Kalkulationstabelle erstellt, die die gegebene Situation nach Möglichkeit genau darstellt. Ein ökonomisches Grundmodell, beispielweise einer Investition, definiert die Problemsituation, welche faktisch grenzenlos sein kann. Allerdings müssen die Ergebnisse und Zielgrößen beim Bau des Modelles bestimmt werden. Ist dies erfolgt, kann mit dem zweiten Schritt, der Unbestimmtheitsidentifizierung begonnen werden, bei der unbestimmte Eingaben festgelegt werden. Darin werden Schwankungsbereiche für die Eingaben und die Funktion der Wahrscheinlichkeitsverteilung der späteren Simulation bestimmt, wodurch Unbestimmtheiten berücksichtigt werden können. Während für den praktischen Einsatz die Normalverteilungen, Dreiecksverteilungen und Gleichverteilungen völlig ausreichen, so müssen für spezielle Fälle abweichende Verteilungen eingegeben werden. Das Tabellenkalkulationsprogramm EXCEL von Microsoft bietet mit verschachtelten „Wenn-Funktionen“ und dem Zufallszahlengenerator ein sehr nützliches Hilfsmittel für die Lösung von Spezialfällen. Im Funktionsassistenten von EXCEL finden sich daneben noch weitere entsprechend hilfreiche Funktionen (vgl.: Wieske, Diana 2005, S. 63). Wurde die Simulation aufgestellt, so wird diese im letzten

Schritt, der Risikomessung durchgeführt. Dabei werden die Bereiche und Wahrscheinlichkeiten für die identifizierten Zielgrößen analysiert. Hierbei müssen für die Simulationsdurchführung die Anzahl der Lösungsannäherungen im Wiederholungsprozess angegeben werden, die festlegen, wie oft das Modell der Tabellenkalkulation neu berechnet werden soll. Mittels eines Makros nimmt EXCEL je nach Komplexität der Kalkulationstabelle Hunderte oder auch mal Tausende Neuberechnungen vor. Bei jeder Neuberechnung werden Zufallswerte aus den eingangs definierten Wahrscheinlichkeitsfunktionen gewählt. Die sich ergebenden Werte der Zielgrößen werden anschließend durch das Kalkulationsprogramm aufgezeichnet. Dabei werden jegliche Szenarien, also möglichen Kombinationen unbestimmter Werte durchgespielt und als Zahlenreihe für die Zielgrößen dargestellt. Unter Verwendung statistischer Messgrößen kann dann festgestellt werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit bestimmte Ereignisse eintreten. Aus diesen Wahrscheinlichkeitsverteilungen kann dann beispielsweise das Risikomaß „Value at Risk“ als ein Höchstschaden abgeleitet werden, der zum Beispiel mit 95 prozentiger Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird oder in fünf Prozent der Fälle eintritt (vgl.: Wieske, Diana 2005, S. 45 - 46).

Bei allen Möglichkeiten dieser Simulationstechnik sind stets zwei Grundsätze zu beachten, die schnell aus den Augen verloren werden. Quantitative Methoden der Risikomessung können die Zukunft nicht vorhersagen, allerdings geben sie Führungskräften Entscheidungsmethoden zur Hand, die auf Basis verbesserter Informationsgrundlage Unternehmen wertorientierter weiterführen. Dazu gehört auch, dass Entscheidungen unter Ungewissheit nicht in Simulationen zu lernen sind, sondern nur in realen Situationen. Der Grund dafür liegt in dem Fehlen negativer Konsequenzen von Fehlentscheidungen.

3.2.3 Risikomonitoring

Das Risikomonitoring, in Fachkreisen auch Risikocontrolling genannt, kommt im Risikomanagementprozess als dritter Schritt zum Tragen. Ziel ist die Beobachtung aller in der Risikoidentifikation festgestellten und in der Risikobewertung als wichtig eingestuften Risiken. Die Praxis sieht dafür in den Unternehmen die Einrichtung von

Risikoberichtssystemen vor, welche in der Regel von professionellen Controllern betrieben und überwacht werden. In der Landwirtschaft unterliegt dieser Bereich meist den Entscheidungsträgern, da sich landwirtschaftliche Betriebe schlichtweg von Unternehmen anderer Branchen in der Größe unterscheiden. Die Berichtswesen dienen der konstanten Überwachung identifizierter Risiken. In der Regel werden dabei regelmäßige Reporte oder Abweichungsberichte über vordefinierte Risikomerkmale erstellt, wenn diese vorher festgelegte Toleranzschwellen überschreiten. In der Praxis dient das Risikomonitoring daher der Beobachtung von einzelnen Kenngrößen, die für die auftretenden Risiken verantwortlich erscheinen (vgl.: Krause, Michael 2007, S. 17 ff). Die zukünftige neue Düngeverordnung zum Beispiel könnte zu einem steigenden Anbaurisiko für Qualitätsweizen werden, da diese die maximale Stickstoffdüngung begrenzt. So müssen Düngestrategien neu angepasst und stetig kontrolliert werden, um die erforderlichen Erträge und Qualitäten zu erreichen. Auch können Veränderungen im Klima durch stärkere Winter oder trockenere Frühjahre bisher kalkulierte Ertragsschwankungen ändern und eine Neuausrichtung der Anbaustrategie verlangen. Hierbei zeigt sich, dass das Risikomonitoring ein wiederholender Prozess und kein einmaliger Vorgang ist. Gerade landwirtschaftliche Unternehmen müssen ständig untersuchen, inwieweit beobachtete Risiken noch den aktuellen Situationen entsprechen. Auch die Risiken selbst unterliegen einem stetigen Veränderungsprozess. Dazu können jederzeit neue Risiken, etwa durch die Agrarpolitik, Fortschritte in Züchtung und Technik oder Klimaänderungen auftreten. Um die neuen Risiken rechtzeitig zu identifizieren und überprüfbar zu machen, ist es wichtig, dass Risikomonitoring zusammen mit der Risikoidentifikation auf die sich kontinuierlich verändernden Umweltsituationen anzupassen. Nur so lässt sich Risiko effektiv bewältigen (vgl.: Borens, David 2009, S. 227 – 231).

3.2.4 Risikobewältigung

Der vierte und letzte Schritt ist die Risikobewältigung, welche sich in vier verschiedene Strategien aufteilt. Dabei wird in der Landwirtschaft zwischen außerbetrieblichen und innerbetrieblichen Alternativen, sogenannten Off-Farm und On-Farm Instrumenten unterschieden, um mögliche Risiken zu bewältigen. Unter Off-Farm Strategien versteht

man die Risikoübertragung auf Dritte, dagegen verbleibt bei den On-Farm Strategien das Risiko im Unternehmen (vgl.: Babatunde, Raphael O. 2012, S. 2 ff). Im weiteren Verlauf sollen dazu jeweils zwei der beiden entsprechenden Strategien näher betrachtet werden. Wie Risiken bewältigt werden, entscheidet sich in jedem Unternehmen individuell nach der Risikoneigung des Entscheidungsträgers. Dabei reichen die Einstellungen von risikoscheu über risikoneutral bis hin zu risikofreudig und legen damit meist schon den Grundstein für die Entscheidungsfindung in den Betrieben.

Eines dieser Off-Farm Instrumente ist die Risikoübertragung, unter der alle möglichen Versicherungen und Absicherungen fallen. Hierbei sind betriebliche Risikoversicherungen in Form von herkömmlichen Sachversicherungen für Gebäude und Maschinen oder auch Haftpflichtversicherungen in allen Unternehmen zu finden. Dazu zählen ebenso sämtliche Sozialversicherungen der Entscheidungsträger. In landwirtschaftlichen Unternehmen zählen zu den Risikoversicherungen noch Ertragsausfallversicherungen dazu, die hauptsächlich bestehendes Feldinventar vor Wetterextremen absichern. Die populärste Form ist die Hagelversicherung, allerdings bieten Versicherer bereits Versicherungen für längere Trockenzeiten oder schwere Frosteinbrüche an. Eingangs erwähnte Absicherungen dienen vorrangig dem Schutz vor Preisrisiken. Europaweit wächst dabei der Bedarf für Kontrakte an Warenterminbörsen, welche sowohl Preisschwankungen von Produktionsgütern als auch landwirtschaftlich erzeugter Produkte abfedern. An den Warenterminbörsen werden landwirtschaftliche Erzeugnisse zu bestimmten in der Zukunft liegenden Terminen in Form von Kontrakten gehandelt. Die Teilnehmer sind dabei mit der komplett computergesteuerten Börse elektronisch verbunden. Für Landwirte bieten sich zur Absicherung ihrer Produkte daher Terminkontrakte, in der Börsensprache auch als „Futures“ bezeichnet an. Diese dienen lediglich zur vorausschauenden und flexiblen Risikoabsicherung, nicht jedoch um den Erlös zu steigern (vgl.: Internetquelle 15, www.day-trading.de). Auf kurze oder lange Sicht sind damit Preisschwankungen steuerbar. Eine besondere Stellung nehmen in diesem Punkt „Wetterfutures“, besser bekannt als Wetterderivate ein. Da weltweit etwa vier Fünftel aller wirtschaftlichen Aktivitäten und Erfolge direkt oder indirekt vom Wetter beeinflusst sind, bieten diese eine interessante Möglichkeit zur Absicherung von Risiken. Dies liegt vorrangig daran, dass die bei Wetterderivaten verwendeten Basisdaten von Wetterdaten entstammen und völlig unabhängig von den klassischen Finanzmärkten sind. Gleichzeitig ist dies

auch das wichtigste Unterscheidungsmerkmal zu den derzeitigen Basiswerten von Aktien, Zinssätzen oder Rohstoffen. Da Wetterderivate ein nützliches Instrument am Finanzmarkt darstellen, ist in Zukunft weiter mit einer Zunahme dieser Art von Derivaten am Weltmarkt zu rechnen (vgl.: Internetquelle 16, www.handelsblatt.com).

Ein weiteres Off-Farm Instrument ist die Risikoakzeptanz, bei der der Entscheidungsträger bewusst finanziell negative Auswirkungen in Kauf nimmt. Dabei muss vorab zwischen unbewusster und bewusster Form unterschieden werden (vgl.: Krause, Michael 2007, S. 33). Erstere Form ist die riskantere Variante, da sie in der Regel auf Unwissenheit basiert. Ein bewusst akzeptiertes Risiko wird vom Entscheider planmäßig gewählt, auf Grund nahezu unwahrscheinlich auftretender Schäden oder verhältnismäßig geringen Verlusten, die im Prozess des Risikomanagements akzeptabel erscheinen. Innerhalb der Risikobewältigung werden für diese Fälle durchaus Rücklagen gebildet. In einigen Unternehmen wird die Risikoakzeptanz auch als Chance gesehen, wenn beispielsweise der Schadensfall ausbleibt und keine finanziellen Mittel in die Risikovorsorge gesteckt wurden.

Im Gegensatz zu den außerbetrieblichen Alternativen der Risikobewältigung verbleibt bei den On-Farm Instrumenten das Risiko im Unternehmen. Dazu zählt auch die Risikovermeidung, bei der der Eintritt eines Risikos auf ein Maß gen Faktor Null herabgesenkt wird. Mittels durchdachter Lösungen werden diese Risiken komplett ausgemerzt oder so in innerbetriebliche Abläufe integriert, dass auftretende Störungen nicht weiter ins Gewicht fallen, beziehungsweise schnell effizient behoben werden können. Grundsätzlich sind hierbei die kalkulierten Risiken den Unternehmensverlusten zuzuschreiben. Ein optimal aufgestelltes Risikomanagement umgeht potenzielle Verluste, bevor sie entstehen und minimiert negative Folgen im Schadensfall (vgl.: Krause, Michael 2007, S. 15). In der Landwirtschaft wird beispielsweise durch regelmäßige Wartung und den Austausch stark abgenutzter Verschleißteile an den Maschinen das Risiko des Stillstandes während des Einsatzes auf dem Feld oder im Stall vermieden. Gleiches gilt für protektive Pflanzenschutzmaßnahmen oder Impfungen von Nutztieren, die das Risiko aufgrund einer Krankheit oder eines insektiziden Schaderregers von vornherein ausschalten. Die in der Lagerhaltung aufgebauten Reserven von Futtermitteln, Düngemitteln oder Pflanzenschutzmitteln zählen ebenso zur Risikovermeidung.

Eng verbunden mit der Risikovermeidung ist die Risikoverminderung, bei der die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Risikos auf ein akzeptables Maß gesenkt wird. Ähnlich der Vermeidung erfolgt die mindernde Maßnahme ebenfalls vor Eintritt des zu erwartenden Risikos. Der Unterschied liegt jedoch darin, dass ausgehend vom Ausgangsrisiko immer ein gewisses Restrisiko verbleibt, wie bereits beim Thema Kernenergie erwähnt. So mindert beispielsweise die Installation von Feuerlöschern auf brandgefährdeten Maschinen, wie Mähdreschern oder Strohpressen das Risiko. Darunter zählen auch kurative Maßnahmen im Pflanzenschutz. Ziel ist es, das Ausgangsrisiko zu senken, um das Schadensausmaß so gering wie möglich zu halten und Totalverluste auf ein Minimum zu reduzieren.

Ein weiteres On-Farm Instrument ist die Risikodiversifikation, dass das Risiko auf mehrere Bereiche streut. Dabei wird ein einheitliches Gesamtrisiko, auch Risikoportfolio genannt, in mehrere, nach Möglichkeit nicht positiv miteinander korrelierende Einzelrisiken aufgespalten (vgl.: Wieske, Diana 2005, S. 54). Sinn und Zweck ist die Minderung des Schadensumfangs, da eine Streuung die Wahrscheinlichkeitsverteilung verbessert und ein synchrones Eintreten aller Einzelrisiken ausgeschlossen werden kann. Die Eintrittswahrscheinlichkeit der einzelnen Risiken bleibt dagegen unberührt. Dadurch wird auch der Diversifikationseffekt sichtbar, der dafür sorgt, dass das Gesamtportfolio aller Risiken kleiner ist als die Summe aller Einzelrisiken innerhalb dieses Portfolios, sofern der Korrelationskoeffizient des Portfolios unter eins liegt (vgl.: Wieske, Diana 2005, S. 55 ff). Unternehmen erreichen eine Diversifizierung des Risiko durch regionale oder objektbezogene Streuung, wie beispielsweise der Produktion gleicher Güter an verschiedenen Standorten oder der Errichtung mehrerer gleichartiger Produktionsanlagen. Dazu zählt ebenfalls die personenbezogene Diversifikation, bei der zum Beispiel Mitglieder des Vorstandes eines Unternehmens auf unterschiedlichen Wegen zum selben Geschäftsreiseziel gelangen. Für landwirtschaftliche Betriebe stellt die Wahl der Fruchtfolge oder Rasse in der Tierhaltung eine gewisse Diversifizierung dar. Zu beachten ist dabei allerdings, dass viele Kulturen eines Anbauprogramms, also dem Portfolio in Ertrag und Marktpreis untereinander korrelieren und nicht unabhängig sind. So können diese dem Diversifikationsprozess durchaus widersprechen.

4. Wetter und Klima

4.1 Definition Wetter

„People always talk about the weather“, zu Deutsch „die Leute sprechen immer über das Wetter“ heißt es in einem Musikstück des Interpreten Yonderboi. In der Tat hat dieser Mann damit völlig Recht, da auf der ganzen Welt das Gesprächsthema Wetter in vielen Konversationen direkt oder auch indirekt vorkommt. Dabei nutzen es viele ganz unbewusst durch einfache Floskeln, wie dem aktuellen Befinden von warm und kalt oder den Bezug auf einen schönen sonnigen Tag. Der Grund darin liegt in der Neutralität des Wetters. In der Regel fühlt sich keiner durch dieses Thema angegriffen, dazu erscheint den Leuten das Wetter zeitlos, da es sich ständig ändert. Letzteres trifft es auf den Punkt, denn das Wetter ist dauerhaft in Bewegung.

Doch warum ist das so? Um diese Frage zu beantworten, muss zunächst einmal der Unterschied zwischen Wetter und Klima dargestellt werden. Dieser findet sich in der zeitlichen Abgrenzung beider Begriffe. Während man beim Wetter von wenigen Stunden bis ein paar Wochen spricht, so bezieht sich beim Klima der Zeitraum der Beobachtung von über einem Jahr bis hin zu mehreren Jahrzehnten. Gerade dieser Unterschied ist ein wichtiges Merkmal für die Unterscheidung von Wetterextremen und Klimaextremen im nächsten Kapitel (vgl.: Prof. Dr. Hutter, Hans-Peter 2013, S 12). Parallel zum Wetter wird ebenso oft von Witterung gesprochen, dabei zielt dieser Begriff auf einige Tage bis maximal zu einem Jahr hin (vgl.: Schirmer, Karl-Heinz 1989, S. 10 ff). Im alltäglichen Sprachgebrauch verschwimmen dagegen die Begriffe teilweise.

Zurück zur eingangs erwähnten Frage, was ist Wetter und warum unterliegt es ständiger Veränderung. Als Wetter werden alle kurzfristigen Zustände der Atmosphäre an bestimmten Orten der Erdoberfläche bezeichnet, welche der Mensch wahrnehmen kann. Diese messbaren Zustände der Troposphäre, also der untersten Schicht der Erdatmosphäre, zeigen sich in vielfältigen Formen, wie Sonnenschein, Regen, Hitze oder Kälte. Der Verlauf des Wetters wird dabei durch Prozesse der mittleren und höheren Erdatmosphäre unter Wechselwirkung der einzelnen Zirkulationssysteme

untereinander beeinflusst. Dazu kommen noch die Wechselwirkungen von Atmosphären anderer Erdsphärenbereiche, wie beispielsweise den Ozeanen oder Gebirgen, welche die Wetterdynamik gestalten. All diese Wechselwirkungen zählen zu den atmosphärischen Zirkulationssystemen, die wiederum zum Sammelbegriff der planetarischen Zirkulation gehören (vgl.: Prof. Dr. Malberg, Horst 2007, S. 265 - 270). Physikalisch lässt sich dahingehend die Wetterdynamik durch thermodynamische Zustandsgrößen wie zum Beispiel Luftdruck, Temperatur oder Dichte beschreiben. Erhebliche Schwankungen dieser Größen führen zu regional extremen Veränderungen des Wetters und damit zu Wetterextremen, auf die im Laufe dieser Arbeit noch genauer Bezug genommen werden soll. Mit diesen und weiteren Zustandsgrößen befasst sich die Meteorologie um möglichst präzise Wettervorhersagen zu erstellen. Zusätzlich sind für das aktuelle Wettergeschehen noch eine ganze Reihe lokaler, regionaler und überregionaler Faktoren verantwortlich. Dazu zählt die Strahlungsenergie der Sonne und deren Abstrahlung zu den Wolken, welche zum Wettermotor Nummer eins gehört. Ein weiterer wichtiger Faktor für den Wetterverlauf ist das Verhältnis der Strömung in der Atmosphäre. Abhängig von den globalen Windsystemen und der wechselnden Luftfeuchtigkeit sind diese Strömungen unterschiedlich stark ausgeprägt. Hinzu kommt noch der Druckausgleich zwischen Hochdruck- und Tiefdruckgebieten in der Troposphäre (vgl.: Prof. Dr. Hutter, Hans-Peter 2013, S.14 ff).

Wie im zweiten Abschnitt erwähnt fällt im allgemeinen Sprachgebrauch in Zusammenhang mit dem Wetter des Öfteren auch der Begriff Witterung. Dabei stehen die fühlbaren Elemente des Wetters, wie Niederschlag, Wind, Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Vordergrund. Hierdurch wird deutlich, dass die Witterung den allgemein vorherrschenden Wettercharakter an einem Ort über einen bestimmten Zeitraum in Betracht zieht (vgl.: Schirmer, Karl-Heinz 1989, S. 10 ff). In der Landwirtschaft wird dabei oft von feuchter, trockener oder wechselhafter Witterung gesprochen. Feuchte Witterung zum Beispiel begünstigt die Bedingungen fungizider Krankheitserreger, trockene Witterung hingegen wird in der Regel mit der Ernte in Verbindung gebracht. Für Wintererbsen sind die Intensitäten der Frostperioden entscheidend, welche oftmals als frostige Witterung bezeichnet werden. Welche Witterung gerade vorliegt, hängt in der Regel von der aktuellen Wetterlage und dem vorherrschenden Wetter ab.

4.2 Wetterextreme

Seit Menschengedenken begleiten Extreme des Wetters das Leben von Mensch und Natur. Hierbei liegt es immer im Auge des Betrachters, welche Wetteranomalien er den Extremen zugeordnet. Allerdings stellt sich die Frage, ab wann zählt ein Wetterereignis zu den Wetterextremen und wann zu den Klimaextremen?

Eine eindeutige Antwort auf diese Frage lässt sich nicht geben, da keine einheitlichen Definitionen existieren. In der Regel geht man bei dieser Problemstellung von zwei Ansätzen aus. Der erste Ansatz bezieht sich auf die Wahrscheinlichkeit, wann ein Ereignis eintritt. Dabei wird die statistische Häufigkeit von definierten Werten innerhalb eines bestimmten Zeitraumes ermittelt oder mit Hilfe der Standardabweichung eine längere Zeitspanne beobachtet (vgl.: Internetquelle 5, wiki.bildungsserver.de). Bezugnehmend auf das Thema Wintererbsen kann so das Auftreten besonders kritischer Kahlfröste unter Beobachtung der Temperatur definiert werden, dass es beispielsweise einmal in zehn Jahren auftritt. Der zweite Ansatz bezieht sich auf die Über- oder Unterschreitung eines definierten absoluten Grenzwertes, zum Beispiel wenn die Minimumtemperatur bezüglich Wintererbsen bei Nachtfrösten ohne Schnee zehn Grad minus unterschreiten. Dieser Ansatz ist recht leicht zu handhaben, allerdings birgt es den Nachteil, dass der Grenzwert für jede Region und Kultur neu definiert werden muss. Im Gegensatz dazu arbeitet die Eintrittswahrscheinlichkeit mit relativen Werten und passt sich so den entsprechenden klimatischen Gegebenheiten an (vgl.: Internetquelle 5, wiki.bildungsserver.de).

Allgemein werden Wetterextreme meist nach ihrer Intensität und den daraus resultierenden Schäden definiert. Oftmals bringen die Menschen allerdings auch Wetterereignisse in Diskussionen ein, wenn diese theoretisch nicht als extrem gelten, aber dennoch hohe Sachschäden, regionale Katastrophen oder lebensgefährliche Situationen anrichten. In der Meteorologie gelten Wetterereignisse dann als extrem, wenn bestimmte Wetterelemente signifikant vom Durchschnitt abweichen (vgl.: Internetquelle 5, wiki.bildungsserver.de). Die Basis wird dabei aus einer Klimanormwertperiode und dem geographischen Bezug zu einer Klimaklassifikation gebildet. Tritt ein extremes Wetterereignis auf, so ist dies meist von großer wirtschaftlicher und geschichtlicher Bedeutung. Dabei verhält sich ein Wetterextrem

ähnlich dem Risiko, denn dies wird erst dann bedeutsam, wenn Gefahr und Exposition zusammentreffen (vgl.: Prof. Dr. Malberg, Horst 2007, S. 273 ff). Ein Taifun auf hoher See im Pazifik richtet beispielsweise weniger Schäden an, als an Land eines südostasiatischen Festlandes.

Um eine Unterscheidung zwischen den eingangs erwähnten Wetterextremen und den Klimaextremen zu treffen, empfiehlt sich ein Blick auf die Dauer des extremen Ereignisses. Ein extremes Wetterereignis dauert in der Regel weniger als einen Tag bis hin zu wenigen Wochen. Beispiele dafür sind heftige Niederschläge oder sehr kalte Wintertage mit starken Nachfrösten. Im Gegensatz dazu ereignen sich Klimaextreme auf eine deutlich längere Zeit, wie beispielsweise lang anhaltende Trockenzeiten im Frühjahr. Zudem können mehrere aufeinanderfolgende Wetterextreme ebenfalls zu extremen Klimaereignissen führen (vgl.: Internetquelle 5, wiki.bildungsserver.de). So kam es zum Beispiel im Frühjahr und Frühsommer 2016 in der Region Schönebeck durch langanhaltende Trockenheit und den darauffolgenden starken Niederschlägen zu massiven Ertragseinbußen bis hin zu Totalausfällen im Gewürzanbau, infolge geringem Feldaufgang und verlustreicher Verschlämmung. Beide Extremarten zu trennen ist in der Regel nicht immer ganz einfach und wird in der Praxis von verschiedenen Organisationen unterschiedlich gehandhabt.

5. Rückblick auf Ertrags- und Wetterdaten

5.1 Ertrags- und Wetterdatenrückblick von 2012 bis 2016

Für jede Ableitung der Zukunft ist ein Rückblick auf vergangene Daten notwendig. Die in diesem Thema über den Vergleich von Wintererbsen zu Sommererbsen titulierte Frage: „Eine Alternative für die Zukunft?“ kann nur mit dem Blick auf das Wetter vergangener Jahre beantwortet werden. Entscheidend hierbei sind nicht die normalen Jahre, sondern die Häufigkeit und Intensität der Extreme. Dabei sind die für Wintererbsen relevanten Wetterextreme, wie Kahlfröste im Winter oder Trockenperioden im Frühjahr, aber auch die im Gegensatz dazu stehenden milden Winter von Bedeutung. Um später eine sinnvolle Ableitung mittels Monte-Carlo Simulation durchzuführen, ist eine genaue Analyse historischer Wetterdaten notwendig. Bedeutsam dafür sind ebenfalls die Erträge vergangener Jahre, beziehungsweise die Jahre in denen Totalausfälle zu beklagen waren.

Für den Rückblick auf Ertragsdaten und den dazugehörigen Wetterdaten fällt die Beobachtung auf die Wintererbsenversuchsflächen in Bernburg/Strenzfeld. Gelegen am südöstlichen Rand der Magdeburger Börde und mit durchschnittlich 80 Meter über Normalnull, befindet sich Strenzfeld, wie nahezu die gesamte Börde im Regenschatten des Harzes. Das 30-jährige Niederschlagsmittel lag dabei von 1981 bis 2010 bei 511 Millimeter, die Temperaturen im gleichen Zeitraum bei durchschnittlich 9,7 °C. Der Boden nördlich von Bernburg ist ein schluffiger Lehm mit der typischen regionalen Lössschwarzerde. Daher reichen die Bodenpunkte auch von 86 bis 100 bei einer nutzbaren Feldkapazität von 220 Millimeter und ein Meter Tiefe. Mit einem pH-Wert von 7,5 ist der Boden für Wintererbsen weder zu sauer noch zu alkalisch (vgl.: Dr. Deubel, Annette; u. a. 2012, S. 6 – 7). Auf dem Standort in Strenzfeld dienen zur Untersuchung der Ertragsdaten hierbei die Wintererbsensorten „James“, „RLH/Gangster“ und „Dexter“.

Die in den nachfolgenden Kapiteln 5.1.1 bis 5.1.5 zitierten Wetter- und Ertragsdaten entstammen dem Deutschen Wetterdienst, Station Bernburg/Strenzfeld, beziehungsweise dem Prof. Hellriegel Institut e.V. der Hochschule Anhalt unter der

verantwortlichen Bearbeitung von Frau Dr. Deubel, Herrn Prof. Dr. Kratzsch und Herrn Prof. Dr. Orzessek, sowie weiteren Bearbeitern. Um im weiteren Verlauf dieser Arbeit in den nachfolgenden bereits erwähnten Kapiteln nicht ständig neu zu zitieren, wird an diesem Punkt vom Autor diesbezüglich auf die zitierfähigen Quellen im vorherigen Satz verwiesen.

5.1.1 Rückblick Erntejahr 2012

Der Vergleich der einzelnen Jahre beginnt in dieser Arbeit mit dem Erntejahr 2012. Da der Autor möglichst praxisnahe Ergebnisse untersuchen möchte, fiel die Wahl auf die beiden Wintererbsensorten „James“ und „RLH“ ohne Bakterienpräparat und Düngung. Grund dafür ist, dass in dieser Region in der Praxis keine Knöllchenbakterienpräparate zum Einsatz kommen, da in der Regel deren Vorkommen im Boden ausreichend ist. Aufgrund der Luftstickstoffbindung von Körnerleguminosen, wie den Erbsen oder Ackerbohnen, ist auch eine Stickstoffdüngung nicht erforderlich. In Strenzfeld wurden allerdings die Versuche der Wintererbsensorten in Bereiche eingeteilt, die das Bakterienpräparat und die Düngungsvarianten enthielten. Somit existiert keine Nullvariante. Um sinnvolle Aussagen über das Erntejahr 2012 zu tätigen, muss das Wetter bereits ab der Aussaat in 2011 untersucht werden. Die Aussaat der Wintererbsen erfolgte am 30. September 2011, der Feldaufgang war zwei Wochen später am 14. Oktober zu verzeichnen. In dieser Zeit fielen 20,5 mm Niederschlag, was den Aufgang der Saat begünstigte. Ab diesem Zeitpunkt fiel in den nächsten knapp sieben Wochen so gut wie kein Regen. Dies wird zusätzlich deutlich, da der November 2011 als trockenster November seit Beginn der Wetteraufzeichnungen von 1881 in die Geschichte einging. Trotz ausbleibender Niederschläge und leichter Frosttage zur Monatsmitte entstanden keine Schäden an den Wintererbsen. Im Gegensatz dazu stand der milde Dezember, in dem auch der Regen wiederkehrte. Dieses Wetter setzte sich zu Beginn des Jahres 2012 fort und wurde zum Monatsende von Frost abgelöst. Eine weiter andauernde milde Witterung im Winter wäre vor allem für die Winterleguminosen als kritisch zu betrachten gewesen, da die Vernalisation für Wintererbsen ebenso von Bedeutung ist, wie beim Wintergetreide. Der Frost setzte

sich im Februar weiter durch und erreichte in den ersten zwei Wochen teils kräftige Nachtfröste mit bis zu knapp minus 24 °C. Da am Anfang des Monats Niederschläge in Schnee übergingen und eine leichte Schneedecke bildeten, war eine kleine Isolationsschicht gegeben, die die Wintererbsen vor Schäden schützte. Kahlfröste bei diesen tiefen, fast schon sibirischen Temperaturen ohne schützende Schneedecke hätten in den Winterungen der Körnerleguminosen zu sehr hoher Wahrscheinlichkeit wirtschaftliche Totalausfälle verursacht. Ab Mitte März endete allmählich die Vegetationsruhe, da die Tagesmitteltemperaturen sich der 10 °C Marke annäherten. In Fachkreisen wird bis zu kleiner gleich besagter Temperatur von der Vegetationsruhe gesprochen. Im Gegensatz zum März gestaltete sich der April wieder kühler mit teils leichten Nachtfrösten. Was bei beiden Monaten auffällt ist die geringe Menge an Niederschlägen, die zusammen lediglich 22,5 mm ergeben. Dieser Trend der Frühjahrstrockenheiten konnte in den letzten Jahren häufig beobachtet werden und wird in dieser Region zusätzlich durch den Regenschatten des Harzes begünstigt, beziehungsweise hervorgerufen. Oftmals werden die westlichen Tiefausläufer der Atlantiktiefs nördlich und südlich der Harzregion vorbeigeleitet, wodurch es zum Effekt der Abschattung kommt. Der Salzlandkreis mit dem Wintererbsenversuchsstandort Bernburg/Strenzfeld ist dabei regelmäßig betroffen. Unterhält man sich mit Leuten aus der Region, so ist der aktuelle Tenor, dass die Frühjahrstrockenheit die Frühsommertrockenheit in den letzten Jahren mehr und mehr abgelöst hat. Treten beide Phänomene in einem Jahr auf, so leiden die Wintererbsen auch auf guten Standorten mit hohem Wasserhaltevermögen unter extremen Trockenstress, was zu erheblichen Ertragseinbußen führen kann. Der Mai und der Juni waren insgesamt warm und ohne Nachtfröste versehen, jedoch konnte der Effekt der Frühsommertrockenheit nicht beobachtet werden. Die Niederschläge waren in beiden Monaten gegeben und dazu im Juni noch gleichmäßiger verteilt, als im Mai. Wie bei allen Kulturen, so kommt auch den Temperaturen und Niederschlagsverteilungen eine entscheidende Rolle zur Ertragsbildung der Leguminosen zu Teil. Während Spätfröste in der Blüte für erhebliche Schäden bis hin zum Totalausfall der Ernte führen können, so kann bei ungleicher Verteilung der Regenmengen die Schotenausbildung durch Trockenheit empfindlich beeinträchtigt werden. Der Juli zeigte sich recht durchwachsen mit teils hohen Niederschlagsmengen an einzelnen Tagen. Je nach Erntetermin der Wintererbsen im Juli oder August sind Starkregenereignisse mit Hagel zur Totreife eine hohe Gefahr, in einigen Fällen sind Schäden bis hin zum Totalausfall

der Ernte möglich. Auch windiges Wetter kann zum Ausfallen der reifen Körnererbsen führen, wenn die trockenen Schoten durch die starken Bewegungen aufplatzen. Mittels der Wassertabelle vom Deutschen Wetterdienst lassen sich solche Gewitter, auch mit geringen Niederschlagsmengen, aber nicht minderer Intensität gut durch typische Faktoren ableiten. In der Regel werden Gewitter durch aufsteigende feuchtwarme Luftmassen infolge hoher Temperaturen in einem begrenzten Gebiet hervorgerufen (vgl.: Prof. Dr. Malberg, Horst 2007, S. 101). Für eine Ableitung eines Gewitters anhand einer Wassertabelle sind zur Interpretation drei typische Faktoren interessant. Dazu zählen Maximaltemperatur, Sonnenstunden und Regenmenge, die zusammen eine Einschätzung zulassen. Am Beispiel des 27.07.2012 kann sehr gut ein Gewitter interpretiert werden, da an diesem Tag eine Maximaltemperatur von 34,3 °C gemessen wurde. Zusätzlich wurden 12,4 Sonnenstunden und 5,5 mm Niederschlag erreicht, was für ein Gewitter in den Abendstunden spricht. Weitere Gewitterereignisse zur Ernte im Juli oder August sind der Tabelle nicht oder nur sehr schwierig zu entnehmen. Die Ernte erfolgte recht spät am 2. August, allerdings scheinen durch die vorherigen Gewitter keine Ertragsverluste eingetreten zu sein.

Die Erträge im Erntejahr 2012 fallen bei beiden Wintererbsensorten ähnlich aus. So schwanken diese bei der Sorte „James“ von durchschnittlich 37,6 dt/ha mit Bakterienpräparat bis hin zu 43,2 dt/ha bei 40 kg Stickstoff je Hektar zu Vegetationsbeginn, beziehungsweise 42,7 dt/ha bei 40 kg Stickstoff je Hektar zur Blüte. Die Wintererbsensorte „RLH“ fällt insgesamt ertraglich leicht höher aus, bedingt durch die schlechten Ergebnisse der Wiederholung „d“ in den Parzellen. Mit Herausnahme dieser schlechten Werte, wäre der Ertrag insgesamt deutlich höher ausgefallen. So erreicht diese Sorte mit Bakterienpräparat durchschnittlich 40,1 dt/ha, ohne die vierte Wiederholung liegt dieser Wert bei 46,1 dt/ha. Die Düngungsvariante zu Vegetationsbeginn kommt auf durchschnittlich 34,6 dt/ha, beziehungsweise 39,8 dt/ha. Bei der Variante mit der Stickstoffdüngung zur Blüte wurden im Schnitt 51,6 dt/ha, sowie respektive 56,5 dt/ha ohne vierte Wiederholung erzielt.

5.1.2 Rückblick Erntejahr 2013

Für das Erntejahr 2013 erfolgte die Aussaat der beiden Wintererbsensorten „James“ und „RLH“ am 02. Oktober 2012, zu diesem Zeitpunkt sorgte ein Hoch für spätsommerliche Temperaturen über 20 °C und damit für beste Aussaatbedingungen. Der Feldaufgang war am 20. Oktober zu verzeichnen. In dieser Zeit fielen 20,3 mm Niederschlag, was den Aufgang der Saat entscheidend begünstigte. In den anschließenden Wochen fielen nur spärliche Niederschläge, welche oftmals unter einem Millimeter Regen blieben. Ab Mitte November gesellten sich dazu noch leichte Nachtfröste, welche aber keinen Schaden an den Wintererbsen verursachen sollten. Nennenswerte Niederschläge kehrten erst wieder zum Monatsende zurück, welcher vergleichsweise mild ausfiel. Mit der Adventszeit kehrte auch langsam der Frost zurück, welcher ab dem 7. Dezember auch tagsüber unter null Grad lag. Die Temperaturen sanken dabei nachts bis auf knapp minus 12 °C. Aufgrund der geringen Niederschläge in den vorherigen Tagen, welche durchaus als Schnee gefallen sein dürften, konnte der Frost durch die isolierende Wirkung des Schnees keinen Schaden verursachen, zumal die Wintererbsen durch den bisherigen Verlauf der Witterung nicht zu groß in die Winterruhe gehen konnten. Auf den recht milden Jahreswechsel folgte ab dem 11. Januar 2013 eine ausgesprochen lange Kältephase mit nahezu durchgängigen Nachtfrösten bis in den April hinein, welche bis hin zu minus 14 °C reichten. Die in diesem Winter gleichmäßig verteilten Niederschläge, meist in Form von Schneefall sorgten zudem für ausreichenden Schutz. Da die Tagesmitteltemperaturen sich erst Mitte April der 10 °C Marke annäherten, war dementsprechend auch die Vernalisation gut einen Monat länger, als noch ein Jahr zuvor. Dies hatte zur Folge, dass die generative Phase der Wintererbsen recht spät einsetzte. Allerdings sind viele Kulturpflanzen, so auch die Erbsen, in der Lage lange Winter in der Folgezeit bis zur Ernte ohne Ertragsverluste gut zu kompensieren. Mit dem Anstieg der Temperaturen folgte jedoch auch die für den Salzlandkreis typische Frühjahrstrockenheit, welche sich bis Mitte Mai hielt. Nachtfröste waren ab Mitte April nicht mehr zu verzeichnen. Die wie im vorherigen Erntejahr beschriebene immer öfter auftuende Frühsommertrockenheit stellt sich auch 2013 nicht ein, so blieb es bei der Trockenphase im Frühjahr. Ab dem 22. Mai folgten ergiebige Niederschläge zur Blüte, welche sich äußerst positiv auf die folgende Ertragsgestaltung der Wintererbsen

auswirkten. Der Juni gestaltete sich warm mit gut verteilten Niederschlägen und hochsommerlichen Temperaturen über 30 °C ab dem 18. Tag. In der Folge lässt sich ein erstes Gewitter für den 20. Juni ableiten, da alle wie im vorherigen Kapitel erwähnten Faktoren zutreffen und auf ein Gewitterereignis schließen lassen. Da dieses Gewitter zeitig im Juni erfolgte, kann von keiner schwer schädigenden Wirkung ausgegangen werden, sofern keine Extreme in Form von Hagel eintraten. Ein Ausfall von Erbsen durch Aufplatzen von Schoten ist durch den noch nicht vollständigen Reifeprozess im Juni sehr selten zu erwarten. Lediglich Ernteerschwerungen können durch Starkregenereignisse, aufgrund von Lagern der Erbsenbestände in dieser Zeit auftreten. In der Regel sind allerdings solche Phänomene eher in großgewachsenen Getreidebeständen, die nicht ausreichend mit Wachstumsregulatoren behandelt wurden, zu beobachten. In der Folge konnten keine weiteren Gewitter im Juni und Juli bis zur Ernte analysiert werden. Ab dem 5. Juli begann eine Trockenperiode mit teils hochsommerlichen Temperaturen und vielen Sonnenstunden. Diese sorgte für eine rasche Abreife der Wintererbsen, sodass die Ernte am 17. Juli erfolgte, rechtzeitig vor weiteren Gewitterereignissen Ende Juli.

Die Erträge im Erntejahr 2013 fallen bei beiden Wintererbsensorten, begünstigt durch den positiven Witterungsverlauf, fast identisch hoch aus. So pendeln diese bei der Sorte „James“ von durchschnittlich 61,5 dt/ha mit Bakterienpräparat bis 61 dt/ha bei 40 kg Stickstoff je Hektar zu Vegetationsbeginn, beziehungsweise 62,3 dt/ha bei 40 kg Stickstoff je Hektar zur Blüte nur leicht. Die Wintererbsensorte „RLH“ fällt insgesamt ertraglich geringfügig höher aus. Zwar erreicht diese Sorte mit Bakterienpräparat durchschnittlich erstaunliche 70,3 dt/ha, jedoch kommt die Düngungsvariante zu Vegetationsbeginn „nur“ auf durchschnittliche 62,2 dt/ha, was allerdings immer noch einen ausgezeichneten Wert darstellt. Die Variante mit der Stickstoffdüngung zur Blüte erzielte 61,6 dt/ha.

5.1.3 Rückblick Erntejahr 2014

Im Erntejahr 2014 wurde neben der in dieser Arbeit bereits bekannten Wintererbsensorte „James“, erstmalig auch die Sorte „Gangster“ für die bisherige Sorte „RLH“ in den Versuchen verwendet. Trotz ergiebiger Niederschläge Anfang

September, erfolgte die Aussaat am 1. Oktober 2013 unter trockenen Umständen, da bis zum Oktober keine nennenswerten Regenmengen mehr zu verzeichnen waren. Dennoch dürfte ein für Wintererbsenverhältnisse rascher Feldaufgang festzustellen gewesen sein. In den nach der Aussaat folgenden zwei Wochen fielen reichlich ausfallende Niederschläge, die in ihrer Summe weit über 45 mm lagen. Dazu befanden sich die Temperaturen im für einen Oktober durchschnittlichen Bereich ohne warme und frostige Spitzen. Der November sparte ebenfalls nicht mit Niederschlägen und hielt die ersten schwachen Nachtfröste bereit, was die Wintererbsen vor keine großen Aufgaben stellen sollte. Im Gegensatz dazu gestaltete sich der Dezember trockener, aber nicht sonderlich kühler. Mit dem Jahr 2014 kehrte auch der Winter ein, welcher ab Mitte Januar reichlich Schnee hervorbrachte, rechtzeitig vor einer stärkeren Kälteperiode. Wie schon in den vorherigen Jahren sorgte auch diesmal der Schneefall für eine ausreichende Isolationsschicht vor Kahlfrösten. In der Folge sanken die Temperaturen unter minus 11 °C, die ohne negative Auswirkungen blieben. Während im Februar die Temperaturen wieder anstiegen, sanken die Niederschlagsmengen hingegen drastisch. Bis Ende März fielen keine 15 mm Niederschlag, so stellte sich 2014 die Frühjahrstrockenheit deutlich früher ein. Da ab Mitte März langsam die Vernalisation endete, wären durch den trockenen Jahresstart Regenfälle für die Wintererbsen von Bedeutung gewesen. Diese erreichten ab dem 3. April wieder langsam nennenswerte Mengen. Die für fast alle Kulturen gefährlichen Spätfröste waren mit minus 0,5 °C nur einmalig am 17. April zu verzeichnen, danach nicht mehr. Wie schon in den Vorjahren stellte sich die landläufige Meinung zur Frühsommertrockenheit nicht ein, April und Mai hielten ausreichend gleichverteilte Niederschläge bereit, was für die Ertragsbildung zur Blüte als positiv zu bewerten gilt. Der Juni fiel trockener als die beiden Vormonate aus, ohne jedoch dramatische Ertragseinbußen zu verursachen. Der erste Hochsommertag mit Temperaturen über 30 °C war am 8. Juni festzustellen, so lässt die Einschätzung, in Herannahme aller in den vorherigen Kapiteln erläuterten Faktoren, zwei Tage später auf ein Gewitterereignis schließen. So zeitig im Juni dürften allerdings keine nennenswerten Schäden an den Wintererbsen entstanden sein, sofern kein Hagelschlag auftrat. Ein weiteres Gewitter am 8. Juli könnte schon für mehr Schaden durch Aufplatzen von Schoten gesorgt haben. Allerdings passen nicht alle Faktoren so genau zusammen, wie bei den vorherigen Ereignissen der Vorjahre. Zwar sprechen Temperaturen am Vortag über 26 °C und knapp 33 mm Niederschlag einen Tag später für ein heftiges

Gewitter in den Nachtstunden, allerdings klart es in der Regel im Laufe des nächsten Tages auf. Da am 8. und 9. Juli die Sonnenstunden gen null lagen und in der Summe an beiden Tagen über 46 mm Niederschlag fielen, ist in diesem Fall von einem massiven Atlantiktief auszugehen, die im Juni oder Juli nicht unüblich sind. Da die Ernte der Wintererbsen 2014, wie von den Winterformen üblich recht zeitig am 2. Juli stattfand, war deren Bergung nicht mehr von dem massiven Regenerereignis ein Woche später betroffen.

Die Erträge im Erntejahr 2014 fallen bei beiden Wintererbsensorten sehr differenziert aus. So schwanken diese bei der Sorte „James“ von durchschnittlich 42,9 dt/ha mit Bakterienpräparat bis hin zu 48,1 dt/ha bei 40 kg Stickstoff je Hektar zu Vegetationsbeginn, beziehungsweise 50,6 dt/ha bei 40 kg Stickstoff je Hektar zur Blüte recht stark. Die Wintererbsensorte „Gangster“ fällt insgesamt deutlich schwächer aus. So erreicht diese Sorte mit Bakterienpräparat durchschnittlich 31,2 dt/ha, die Varianten mit der Düngung fallen hingegen niedriger aus. Bei 40 kg Stickstoff zu Vegetationsbeginn wurden 30,8 dt/ha erzielt, die Düngungsvariante zur Blüte erreichte nur 27 dt/ha.

5.1.4 Rückblick Erntejahr 2015

Für das Erntejahr 2015 erfolgte die Aussaat der beiden Wintererbsensorten „James“ und „Gangster“ am 2. Oktober 2014 unter optimalen Bedingungen. Eine Woche zuvor fiel über 20 mm Niederschlag bei spätsommerlichen Temperaturen, sodass zur Aussaat ausreichend Bodenfeuchtigkeit gegeben war. In der Folge gestaltete sich der Oktober durchwachsen mit kleineren Regenmengen, was sich durchaus positiv auf den Feldaufgang auswirken sollte. Der November und Dezember warteten mit sehr wenigen Niederschlagsmengen und leichtem Frost ab dem ersten Advent auf. In der Summe fielen beide Monate deutlich zu trocken aus. Dieses Wetter führte sich im Januar 2015 mit häufigen Nachtfrösten fort, die Anfang Februar auch knapp minus 9 °C erreichten, aber durch den leichten Schneefall in den Tagen zuvor wiederum keinen Schaden anrichten sollten. Mit dem Februar stellte sich auch eine äußerst lange Trockenperiode ein, die bis weit in den Juni anhalten sollte. In dieser Zeit fielen gerade mal ein wenig über 80 mm Niederschlag, was erneut das hier regional auftretende

Phänomen der Frühjahrstrockenheit und gleichzeitig auch, die in den vorherigen Kapiteln bereits erwähnte Besonderheit der Frühsommertrockenheit aufzeigt. Das beide Ereignisse zusammen auftraten, ist ungewöhnlich und sorgte in fast allen Kulturen für extremen Trockenstress. Nichtsdestotrotz konnten die Wintererbsen auch dieses Extremereignis kompensieren. Wie im Vorjahr endete wieder Mitte März die Vernalisation, allerdings stiegen die Temperaturen nur langsam an. Der letzte Nachtfrost wurde am 29. April mit minus 0,7 °C dokumentiert. Tiefere Temperaturen zu dieser Zeit könnten durchaus erste Blüten schädigen und für Ertragseinbußen sorgen. Wie erwähnt blieb der Mai zu trocken und gipfelte am 5. Juni in den ersten Hochsommertag mit einer Temperatur über 30 °C. Die teils hohen Temperaturen hielten sich bis zur Mitte des Monats und wurden vom langersehnten Regen abgelöst. Für ein erstes Gewitter spricht ein Regenereignis Anfang Juli mit über 21 mm Niederschlag und rekordverdächtigen 38,6 °C Höchsttemperatur. Je nach Intensität und Auftreten von Hagel sind zu diesem Zeitpunkt erhebliche Verluste oder zumindest Ernteerschwerungen im totreifen Wintererbsenbestand möglich.

Die Erträge im Erntejahr 2015 fielen trotz eingetretener Wildschäden und der extremen Trockenperiode erstaunlicherweise gut aus. Durch die Wildschäden konnten nicht alle Parzellen ausgewertet werden, daher fehlen die Düngungsvarianten der Sorte „Gangster“. In den restlichen Parzellen entstanden teils vierzigprozentige Schäden. So lag der durchschnittliche Ertrag der Sorte „James“ mit Bakterienpräparat dennoch bei 43 dt/ha mit Wildschaden, prozentual aufgerechnet ohne Schäden bei respektive 57,2 dt/ha. Die Variante mit 40 kg Stickstoff je Hektar zu Vegetationsbeginn erzielte 38 dt/ha, beziehungsweise aufgerechnet 57,6 dt/ha. Die zweite Düngungsvariante mit 40 kg Stickstoff je Hektar zur Blüte erreichte 42,2 dt/ha, lag allerdings aufgerechnet mit 55,6 dt/ha unter der ersten Düngungsvariante, resultierend aus den geringeren Wildschäden. Im Gegensatz zur Sorte „James“ konnte nur das Ergebnis mit dem Bakterienpräparat der Wintererbsensorte „Gangster“ ausgewertet werden. Diese erzielte 56,9 dt/ha, prozentual aufgerechnet ohne Wildschäden respektive 59 dt/ha, was ebenfalls für ein solches Jahr ein ordentliches Ergebnis darstellt. Die beiden Düngungsvarianten konnten, wie zuvor beschrieben, bedingt durch den erheblichen Wildschaden nicht ausgewertet werden.

5.1.5 Rückblick Erntejahr 2016

Im Erntejahr 2016 wurde neben der in dieser Arbeit bereits bekannten Wintererbsensorte „James“ erstmalig auch die Sorte „Dexter“ für die bisherige Sorte „Gangster“ in dieser letzten Versuchsbetrachtung verwendet. Die Aussaat erfolgte Anfang Oktober 2015 unter trockenen Umständen, da den gesamten September über keine nennenswerten Regenmengen fielen. Dennoch dürfte ein verhältnismäßig rascher Feldaufgang zu verzeichnen gewesen sein, da in den Wochen nach der Aussaat gut 45 mm Niederschlag fielen, trotz erster leichter Nachtfröste ab dem 11. Oktober. Auch der November zeigte sich typisch kühl mit immer wiederkehrenden Nachtfrösten und fast täglichen kleineren Regenmengen. Im Gegensatz zum November fiel der Dezember wiederum milder und trockener aus. Das neue Jahr 2016 startete mit starken Nachtfrösten, die zur Monatsmitte deutlich zunahmen und teilweise unter minus 12 °C lagen. Durch den immer wiederkehrenden Schneefall waren allerdings keine Auswinterungsschäden an den Wintererbsen entstanden. Der Frost hielt sich nahezu den kompletten Februar bis in den März hinein, ohne jedoch die Intensität vom Januar zu erreichen. Ab Ende März stiegen die Temperaturen allmählich wieder an, sodass zu Beginn des Aprils sich die Tagesmitteltemperaturen der 10 °C Marke annäherten. Die letzten leichten Nachtfröste erreichten den Standort Strenzfeld am 25. April. Mit dem Beginn des Frühjahrs stellte sich wieder die für den Salzlandkreis typische Frühjahrstrockenheit ein. Diese Trockenphase sollte ähnlich, wie im vorherigen Jahr erneut zusammen mit der Frühsommertrockenheit auftreten und noch deutlich länger anhalten als 2015. Insgesamt betrachtet hielt sich diese extrem lange Trockenperiode bis zum September. Nichtsdestotrotz konnten die Wintererbsen auch dieses Extremereignis durch das Ausnutzen der Winterfeuchtigkeit gut kompensieren. Zwar fielen Mitte Mai durch ein massives Tiefdruckgebiet in einer Nacht 29 mm Niederschlag, jedoch lagen im Wonnemonat fast täglich die Tageshöchsttemperaturen über 20 °C, was eine hohe Verdunstung zur Folge hatte. Dieses Wetter setzte sich im Juni fort und hielt pünktlich zum Sommeranfang den ersten Hochsommertag mit knapp 33 °C parat. Bis zur Ernte im Juli konnten auch keine Gewitterereignisse ausgemacht werden, sodass von keinen Verlusten durch Starkregenereignisse oder Hagel ausgegangen werden konnte.

Die Erträge im Erntejahr 2016 fielen trotz der extremen Trockenheit erstaunlicherweise gut aus. So lag der durchschnittliche Ertrag der Sorte „Dexter“ mit Bakterienpräparat bei 55,8 dt/ha. Die Variante mit 40 kg Stickstoff je Hektar zu Vegetationsbeginn erzielte 53,3 dt/ha, beziehungsweise 54,4 dt/ha mit 40 kg Stickstoff je Hektar zur Blüte. Die langjährig in allen Varianten angebaute Wintererbsensorte „James“ wurde erstmalig nur in einer Variante ohne Bakterienpräparat und Düngung angelegt und erzielte dabei 43,6 dt/ha.

5.2 Auswertung der Erntejahre

Betrachtet man rückblickend alle fünf Erntejahre, so fällt zuallererst auf, dass in keinem Jahr ein Totalausfall aufgrund von Wetterereignissen in den Wintererbsenversuchen zu verzeichnen war. Nur 2015 konnten zwei Versuche nicht ausgewertet werden, was allerdings zweifelsfrei durch Wildschäden hervorgerufen wurde. Zwar gab es über den Beobachtungszeitraum teilweise hohe Schwankungen der Erträge innerhalb der Sorten, jedoch keinen Totalausfall. In den fünf Jahren traten nahezu alle für Wintererbsen gefährliche Wetterextreme ein, allerdings wurden diese durch andere Faktoren abgeschwächt oder entschärft. Diese sorgten auch für die Ertragsschwankungen zwischen den einzelnen Jahren. Chronologisch den Jahresverlauf von der Aussaat bis zur Ernte betrachtet, kam es in keinem Jahr im Herbst zu Auflaufschwierigkeiten, da immer nach der Aussaat ausreichend Niederschläge fielen und in der Folgezeit keine starken Spätherbstfröste die jungen Keimlinge schädigten. Auch konnten die teils starken Frostperioden im Januar 2012 keinen Schaden anrichten, da Schneefälle für eine ausreichende Isolationsschicht sorgten. Selbst Kahlfröste mit minus 8 °C steckten die Wintererbsen gut weg, während die Winterackerbohnen bereits die Segel streichen mussten. Im Gegensatz dazu sorgte der milde Winter 2013/14 für eine Unterbrechung der Vernalisation und damit für einen hohen Krankheitsdruck durch Pilzerreger. Zwar schwankten die Erträge in diesem Erntejahr sehr stark, jedoch kam es auch hierbei zu keinen Totalausfällen. Die vielen, teils extrem langen Trockenperioden konnten die Wintererbsen aufgrund der besseren Ausnutzung der Winterfeuchtigkeit relativ gut kompensieren und ihre Vorteile gegenüber den Sommerungen ausspielen. Im Betrachtungszeitraum traten zudem

auch keine extremen Spätfröste im April oder Mai auf, wie sie beispielsweise 2017 beobachtet werden konnten. Im Jahr 2017 traten vor allem im Winterraps und im Obstbau erhebliche wirtschaftliche Schäden durch geschädigte Blüten auf, was durchaus auch in früher blühenden Wintererbsenbeständen zu Totalausfällen führen könnte. Schwerwiegende Gewitterereignisse mit Starkregen, Wind und Hagel traten in den fünf Jahren ebenfalls nicht alle Jahre in sehr hoher Intensität vor der Ernte auf, wodurch keine Schäden zu verzeichnen waren. Gerade Hagelschlag hat regional schon häufig Totalverluste kurz vor der Ernte verursacht. Dass das Jahr 2017, welches außerhalb des Betrachtungszeitraumes liegt, ein Jahr der Extreme war, ist neben dem starken Spätfrost und dem schwerwiegendem Orkan im Herbst auch gut an dem schweren Unwetter vom 22. Juni zu erkennen. Dort wurden regional ganze Landstriche durch orkanartige Böen und Hagelschlag verwüstet. Im Raum Zerbst konnte sich der Autor selbst ein Bild vom Ausmaß des Unwetters in Erbsenbeständen machen. In dieser Region konnte deutlich von Totalausfällen gesprochen werden. Da es in den Jahren der Betrachtung zu keinen Totalausfällen kam, ist eine aussagekräftige Wahrscheinlichkeitssimulation mittels Monte-Carlo-Methode schwierig. Daher ist es für eine sinnvolle Simulation nötig, die Wetteraufzeichnungen des Standortes Bernburg/Strenzfeld weiter zurückzuverfolgen und nach Indikatoren für Extremereignisse zu suchen, welche dann für die Untersuchung der Wahrscheinlichkeit herangezogen werden können.

6. Auswertung des Wetters von 1961 bis 2016

6.1 Allgemeine Aspekte

Nachdem im vorherigen Kapitel keine Wetterextreme in den fünf Jahren der Beobachtung auftraten, die zu Totalausfällen in den Wintererbsen führten, muss nun in der Wettergeschichte weiter zurückgegangen werden, um eine Simulation für die Zukunft zu erstellen. Die historischen Wetteraufzeichnungen des Deutschen Wetterdienstes vom Standort Bernburg/Strenzfeld reichen bis in das Jahr 1961. Dies ermöglicht im weiteren Verlauf jener Arbeit eine Beobachtung über einen definierten Zeitraum, wie zum Beispiel die Häufigkeit des Auftretens eines Ereignisses innerhalb von 50 Jahren. Für noch weiter zurückliegende Wetterereignisse müsste auf andere Wetterstationen zurückgegriffen werden. Dies soll allerdings hier nicht vorgenommen werden, um mögliche Ergebnisse nicht zu verfälschen. Aus Erfahrung des vorherigen Kapitels und dem praxisnahen Bezug dieser Arbeit, legt sich der Autor bei der Betrachtung des Wetters nur auf das Extrem der Kahlfröste fest. Dieses Extrem ist beim Anbau von Wintererbsen im Vergleich zu den Sommererbsen das entscheidendste Wetterereignis mit Hinblick auf alle anderen Extreme. Zwar sorgen sehr milde Winter in Wintererbsenbeständen für einen hohen Krankheitsdruck durch Pilzinfektionen, allerdings besteht aber eine deutlich geringere Gefahr vor Totalausfällen, als bei Kahlfrösten. Ähnlich den milden Wintern, sorgen auch Winter mit langer Schneebedeckung für erhebliche Schäden. Auch sehr trockene Frühjahre oder Frühsommer sorgten für keine totalen Ausfälle, wie es in den fünf Betrachtungsjahren gut zu beobachten war. Dies liegt vorrangig an der sehr guten Ausnutzung der Winterfeuchtigkeit durch die Winterungen. Von daher macht es aus ackerbaulicher Sicht nur Sinn, sich auf die extremen Kahlfröste mit der Folge von Totalausfällen zu konzentrieren. Eine Betrachtung von Mindererträgen durch Kahlfröste ist insofern schwierig, da alle anderen möglichen Ereignisse, wie Trockenperioden oder Krankheiten mit in den ermittelten Ertrag fließen, was die Ergebnisse deutlich verfälschen würde. Zudem wird in dieser Arbeit auch aus Gründen der Überschaubarkeit auf diesen Schritt verzichtet. In einer möglichen Masterarbeit könnte dieser Aspekt durchaus beleuchtet und ermittelt werden.

Für die Betrachtung von historischen Kahlfrösten extremen Ausmaßes muss in erster Linie eine Definition geschaffen werden, in der steht, ab wann von Totalausfällen in Wintererbsen ganz sicher ausgegangen werden kann. Wie die Bezeichnung Kahlfröste schon sagt, muss Frost auftreten, der die Pflanzen direkt trifft. Das heißt, es darf zum Auftreten dieser Fröste keine isolierende Schneedecke in ausreichender Dicke vorhanden sein. Diese würde die Wintererbsen auch vor sehr tiefen Temperaturen schützen. Wie im vorherigen Kapitel erwähnt, ist dies gut an Niederschlägen zu sehen, die vor den extremen Tieftemperaturphasen gefallen sind. Bezüglich dieser Niederschläge ist von Schneefall auszugehen, wenn zu diesem Zeitpunkt Temperaturen um den Gefrierpunkt herrschten. Die Niederschlagsmenge wiederum gibt Aufschluss über die Schneehöhe, hierbei wird von akkumuliertem Niederschlag gesprochen. In der Regel heißt das für diese Region, dass ein Millimeter Niederschlag gleich ein Zentimeter Neuschnee bedeuten. Abhängig von Temperatur, Sonneneinstrahlung und Standort kann ein Millimeter Niederschlag auch mehr oder weniger Schnee geben (vgl.: Internetquelle 18, wetterkanal.kachelmannwetter.com). Ein weiterer wichtiger Punkt für die Definition ist die mindestens zu erreichende Tiefsttemperatur, die die Wintererbsen nicht mehr überstehen. Diese liegt beim Erreichen von mindestens minus 15 °C in Erdbodennähe. Ab dieser Temperatur ist sehr sicher von einem Totalausfall auszugehen, wenn keine Schneedecke vorherrscht (vgl.: Internetquelle 4, www.praxisnah.de). Im weiteren Verlauf soll dies in den historischen Wetterdaten von 1961 bis 2016 untersucht und ermittelt werden.

6.2 Wetterauswertungen

Die Auswertung historischer Wetterdaten am Standort Bernburg/Strenzfeld vom 01.01.1961 bis zum 31.12.2016 belegt, dass über diesen Zeitraum 58 separat einzuordnende Frostperioden mit Minimumtemperaturen unter minus 15 °C auftraten (vgl.: DWD, Station Bernburg/Strenzfeld). In diesen Perioden reichte die Dauer besagter Tiefsttemperatur von einem Tag bis hin zu fast zwei Wochen mit einigen Tagen Unterbrechung, in denen die Minimumtemperaturen über minus 15 °C lagen. Hierbei wurde die Minimumtemperatur in Erdbodennähe angenommen, allerdings war dies erst ab dem Jahre 1975 möglich. Die Jahre davor konnten nur die normalen

Minimumtemperaturen verglichen werden, da die Wetterstation von 1961 bis 1974 nicht über die Ausstattung der Aufzeichnung von Temperaturen in Erdbodennähe verfügte. Unter den einzelnen Frostperioden selbst befanden sich zudem teils strenge Fröste mit einer maximalen Tiefsttemperatur von minus 32,1 °C am 14.01.1987. Entscheidend für einen Kahlfrost mit totalen Verlustfolgen sind neben den tiefen Temperaturen unter minus 15 °C auch die Niederschlagsmengen vor, beziehungsweise während dieser Frostphasen. Diese Niederschläge können in aller Regel bei entsprechend tiefer Temperatur als Schneefall angenommen werden. So hätten nicht alle 58 Frostperioden aufgrund dieser Tatsachen Totalausfälle verursacht. Daher ist auch innerhalb dieser Perioden von fünf Ereignissen auszugehen, bei denen die starken Fröste als extreme Kahlfröste auftraten.

Der erste Kahlfrost, der zu Totalausfällen geführt haben dürfte, da er den Grenzwert von minus 15 °C unterschritten hatte, trat ab dem 22.12.1962 auf. Zwar fielen in den Tagen zuvor Niederschläge, allerdings lagen die Maximaltemperaturen an diesen Tagen über 4 °C. Ab diesem Punkt ist im deutschen Flachland erst Schneefall möglich, da für Schnee über vier Grad sehr wenig Luftfeuchtigkeit benötigt wird und dies in Deutschland äußerst selten auftritt. Zudem lagen die Minimumtemperaturen nur um die null Grad. Von daher kann auf Niederschlag in Form von Regen geschlossen und eine isolierende Schneeschicht ausgeschlossen werden (vgl.: Internetquelle 18, wetterkanal.kachelmannwetter.com). Drei Frosttage mit Temperaturen unter den besagten minus 15 °C dürfte zu diesem Zeitpunkt jeder Wintererbsen den Garaus gemacht haben.

Das zweite extreme Kahlfrostergebnis ereignete sich ab dem 14.12.1963. Zwei Tage lang lagen die Minimumtemperaturen unter minus 15 °C. Dazu fielen Anfang Dezember keine Niederschläge, welche im vorherigen November als Regen zu Boden gingen, da die Maximaltemperaturen teilweise zweistellige Werte erreichten. Auch in diesem Fall kann von einem Totalausfall in einem möglichen Wintererbsenbestand ausgegangen werden.

Ein dritter Kahlfrost erreichte den Standort Bernburg/Strenzfeld am 08.01.1967. Zwar lag der Minimumwert nur einen Tag ganz knapp unter minus 15 °C, jedoch wurde damit der Grenzwert für die Analyse in dieser Arbeit erreicht. Der vorausgegangene Dezember und der Januarbeginn waren recht mild mit Niederschlägen, die allerhöchstens als Schneeregen fielen. Durch die milden Temperaturen im Voraus

hätten Wintererbsen noch keine richtige Frosthärte aufgebaut. Der schnelle Abfall der Temperaturen hin zum 08.01. hätte also bereits für Totalausfälle bei der Unterschreitung des Grenzwertes gesorgt.

Der vierte Kahlfrost im Untersuchungszeitraum trat erst 24 Jahre später ab dem 03.02.1991 auf. Innerhalb einer Woche wurde der Grenzwert viermal unterschritten. Der Vormonat hielt nur geringe Niederschlagsmengen vor, die an den entsprechenden Tagen unter milden Temperaturen fielen, was auf Regen schließen lässt. Unter diesen Umständen kann von vollständigen Auswinterungsschäden ausgegangen werden.

Ein fünftes Kahlfrostergebnis ereignete sich ab dem 10.12.2002 mit insgesamt drei Tagen, an dem die Grenze von minus 15 °C unterschritten wurde. Zwar fielen zwei Wochen zuvor über 40 mm Niederschlag, jedoch lagen die Temperaturen zu diesem Zeitpunkt im deutlichen Plusbereich. Somit kann eine Schneedecke ausgeschlossen und von Totalverlusten in möglichen Wintererbsenbeständen ausgegangen werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass im Betrachtungszeitraum von 1961 bis 2016, wie eingangs erwähnt, von fünf sicheren Kahlfrösten ausgegangen werden kann. Einige Frostperioden wiesen Merkmale für Kahlfröste auf, jedoch konnte nicht zweifelsfrei eine fehlende Schneedecke interpretiert werden. Der Autor entschied sich hierbei immer im Zweifel für eine schützende Schneedecke, da laut Agrarmeteorologe Falk Böttcher bereits wenige Zentimeter Schnee isolierend wirken. Bei 55 Betrachtungsjahren fällt auf, dass rein statistisch gesehen alle elf Jahre ein sicheres Kahlfrostergebnis eintritt, welches für hundertprozentige Auswinterungsschäden in Wintererbsenbeständen sorgt. Somit ergibt sich eine absolute Häufigkeit (H) vom Wert fünf, der für die Anzahl der Kahlfröste mit Totalverlusten steht. Entscheidend für die Wahrscheinlichkeit, mit der extreme Kahlfröste entstehen ist die relative Häufigkeit (h_n). Diese wird ermittelt, indem die absolute Häufigkeit (H), in diesem Fall fünf, durch die Anzahl der Betrachtungsjahre (n), also 55, geteilt wird (vgl.: Internetquelle 7, de.serlo.org). Dadurch errechnet sich ein gerundeter Wert von 0,091, der 9,1 Prozent entspricht. Für die Vergangenheit bedeutet dies, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 9,1 % extreme Kahlfröste mit zu erwartenden Totalverlusten auftraten. Dieser Wert bildet die Grundlage für die Ableitung der Zukunft im abschließenden Kapitel.

7. Risikobewertung der Zukunft

7.1 Allgemeine Zukunftsbetrachtung und Berechnung

Nachdem die Wahrscheinlichkeit in der Vergangenheit errechnet wurde, lässt sich dieser Wert folglich auch auf die Zukunft übertragen. Somit werden auch in den nächsten 55 Jahren Kahlfröste extremen Ausmaßes mit einer Wahrscheinlichkeit von 9,1 % auftreten, da das Wetter ein eigenständiges System ist und keiner Logik folgt. Es gibt keine belegbaren Zusammenhänge, wann ein Kahlfrost auftritt und wann nicht. Zwar gibt es immer wieder auffallende Kälteanomalien, die bei der Betrachtung der historischen Wetterdaten gefühlt im Zehnjahresrhythmus wiederkehren, allerdings ist auch hier kein deutliches Muster erkennbar. Entscheidend für einen sehr kalten Winter mit schädigender Wirkung sind die Niederschlagsmengen. Nur die 60er Jahre waren verhältnismäßig schneearm, da es dort zu drei der insgesamt fünf Kahlfröste kam. Die Kälteanomalien in Deutschland werden in aller Regel durch ein Hoch in der Stratosphäre, dem sogenannten „Major Warming“ verursacht. Meist sorgt ein Polartief in 80 km Höhe für den Verlauf der Hoch- und Tiefdruckgebiete von Westen nach Osten, jedoch wird alle paar Jahre dieses Polartief zu einem Hoch und dreht die Strömung von Osten nach Westen. Dies hat zur Folge, dass durch den östlichen Wind sibirische Kaltluft nach Europa und damit auch nach Deutschland geschaufelt wird und extreme Kälte entsteht (vgl.: Internetquelle 8, www.wetteronline.de). Auch Zukunft sind solche Kälteanomalien mit oder ohne Schnee immer wieder möglich.

Entscheidend für eine genaue Wahrscheinlichkeit ist auch der Betrachtungszeitraum. In dieser Arbeit konnte bedingt durch die vorhandenen Wetterdaten nur 55 Jahre in die Vergangenheit geschaut werden. Je mehr Untersuchungsjahre es wären, umso genauer würde auch die Wahrscheinlichkeit werden. Oftmals wird bei der Untersuchung von Wetterdaten auch von langjährigen Mittelwerten über einen bestimmten Zeitraum gesprochen. So ist das 30-jährige Mittel ohne Überschneidung eine gängige Praxis in der Meteorologie, da so Klimaschwankungen besser zu sehen sind. Aktuell gilt also noch das Klimamittel von 1961 bis 1990 (vgl.: Prof. Dr. Malberg, Horst 2007, S. 252), erst 2021 und somit 30 Jahre später gilt das nächste Klimamittel. Neben diesem 30-jährigen Mittel gibt es noch weitere Betrachtungszeiträume, wie 500

oder 100 Jahre. Für diese Arbeit ist allerdings nicht entscheidend, welche Sprünge das Klima macht, sondern mit welcher Wahrscheinlichkeit ein extremes Ereignis eintritt. Wie eingangs erwähnt wurde das Wetter in 55 Jahren beobachtet. Dies ist keine gerade Zahl, worauf man eher zu einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren tendieren würde, so Böttcher. Dies ist nötig, um beispielsweise in Zukunft die Betrachtung des 50-jährigen Mittels zu erhalten. Mit 50 Jahren werden allerdings fünf Jahre nicht betrachtet, wodurch die Wahrscheinlichkeit von Kahlfrösten entweder steigt oder fällt, je nach dem welcher Zeitraum gewählt wird. Von 1961 bis 2011 würden alle fünf Ereignisse in diese Zeitspanne fallen und die Wahrscheinlichkeit anheben. Diese würde nun bei 10 % liegen. Auf der anderen Seite würde die Wahrscheinlichkeit bei der Betrachtung von 1966 bis 2016 auf 6 % sinken, weil die Kahlfrostergebnisse von 1962 und 1963 entfallen. Eine weitere Möglichkeit wäre auch das wahllose Ziehen von 50 der 55 Betrachtungsjahre, wobei hierbei die Wahrscheinlichkeit zwischen 0 % und 10 % liegen würde. Dies wäre möglich, wenn beim Ziehen alle fünf Extremereignisse außen vorblieben oder alle gezogen würden. Anders verhält sich das Ziehen mit Zurücklegen. Im Gegensatz zum Ziehen ohne Zurücklegen bleibt die Chance eine bestimmte Kugel zu ziehen gleich (vgl.: Internetquelle 17, www.frustfrei-lernen.de). Dadurch ergibt sich ein maximaler Schwankungsbereich zwischen null und 100 %. Dies zeigt, dass jede Wahrscheinlichkeit möglich ist, aber bei der Betrachtung des 50-jährigen Mittels für die Zukunft eine Wahrscheinlichkeit für extreme Kahlfröste zwischen 6 % und 10 % realistischer erscheint.

Jede Methode im vorherigen Absatz bringt unterschiedliche Szenarien hervor. Lässt man die abstrakte Variante „Ziehen mit Zurücklegen“ außen vor, in der sich nahezu unendlich viele Kombinationen ergeben, dann erhält man auf den ersten Blick sechs Szenarien. Diese sind die extremen Kahlfrostergebnisse in 50 Jahren, welche gar nicht oder einmal bis fünfmal eintreten können. Der in der Kombinatorik geläufige Binomialkoeffizient fasst hierbei alle möglichen Kombinationen zusammen, wenn aus der Gesamtmenge (n) 55 Jahre wahllos die Teilmenge (k) 50 Jahre ohne Zurücklegen gezogen wird. Dabei wird von „n über k“ gesprochen. Der Binomialkoeffizient ist in diesem Fall 55 über 50 und kann mit dem Taschenrechner ausgerechnet werden. In diesem Fall beträgt dieser 3.478.761 und gibt damit gleichzeitig die Anzahl der möglichen Kombinationen preis (vgl.: Martin, Karlheinz; u. a. 1998, S. 31). Die Simulationstechnik mit der Monte-Carlo-Methode ermöglicht dabei die Simulation der verschiedenen Szenarien im Zusammenhang mit den Erträgen der Wintererbsen. So

ist in den Jahren ohne extreme Kahlfröste auch eine schlechte Ernte möglich, auf der anderen Seite können auch sehr gute Erträge erzielt werden. In den Jahren mit extremen Kahlfrostergebnissen ist kein Ertrag zu erwarten.

7.2 Monte-Carlo-Simulation

Unter Simulation versteht man die Analyse eines Prozesses mit Hilfe eines Ersatzsystems (vgl.: Bouncken, Ricarda B.; u. a. 2013, S. 135). Um die verschiedensten Szenarien dieser Arbeit zu simulieren bietet sich die Monte-Carlo-Methode an. Damit können nicht nur randomisierte Deckungsbeiträge, sondern auch die Anzahl der extremen Kahlfröste aller 50 Jahre erzeugt werden. Dies ermöglicht auch eine Aussage darüber, welche Deckungsbeiträge mit welcher Wahrscheinlichkeit erwartet werden dürfen. Die Monte-Carlo-Simulation selbst ist eine zufallsbedingte Simulation mit der gewisse Größen zufällig ausgewählt und keinem mathematischen Modell untergeordnet werden können (vgl.: Hager, Peter; Romeike, Frank 2013, S. 339 ff.). Die Monte-Carlo-Methoden werden schon seit Jahrhunderten verwendet, allerdings erlangte die Technik erst in den letzten Jahrzehnten den Status einer vollwertigen numerischen Methode, die in der Lage ist, die komplexesten Anwendungen zu bewältigen. Der Name „Monte Carlo“ wurde von Nicholas Metropolis und Stanislaw Ulam während der Entwicklung der Atombombe im Zweiten Weltkrieg geprägt. Durch die Ähnlichkeit der statistischen Simulation mit Glücksspielen und weil die Hauptstadt Monacos ein Zentrum für Glücksspiele war, bildete diese Stadt die Namensgrundlage. Neben der in dieser Arbeit behandelten Analyse eines komplexen Prozesses, wird die Monte-Carlo-Methode vor allem auch in der Kerntechnik und Nachrichtentechnik verwendet (vgl.: Internetquelle 14, www.britannica.com). Die Monte-Carlo-Simulation soll in der Landwirtschaft vor allem Entscheidungssituationen simulieren und den Entscheidungsträgern Lösungen präsentieren um das Risiko abzuwägen.

Für die Simulation der Deckungsbeiträge und der Jahre mit extremen Kahlfrösten in dieser Arbeit müssen Zufallsvariablen in einem bestimmten Intervall mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogrammes EXCEL erzeugt werden. Hierbei wird zwischen diskreten Zufallsvariablen, die nur abzählbar viele Werte annehmen können und

stetigen Zufallsvariablen, welche innerhalb eines definierten Intervalls beliebige Werte annehmen können unterschieden. Das beste Beispiel für diskrete Zufallsvariablen ist die Anzahl der Augen beim Würfeln, dabei stehen nur sechs ganzzahlige Werte zur Simulation (vgl.: Helmig, Bernd; Tscheulin, Dieter K. 2004, S. 564 – 565). In dieser Arbeit entsprechen die diskreten Zufallsvariablen den Jahren mit extremen Kahlfrösten, die innerhalb von 50 Jahren auftreten können. Das Intervall liegt hierbei zwischen null und fünf Jahren, wobei die Fünf als maximaler Wert aufgrund der historischen Auswertung angenommen wurde. Stetige Zufallsvariablen sind in diesem Falle die sämtlichen Eingaben zur Ermittlung der Deckungsbeiträge, da sie innerhalb ihres bestimmten Intervalls beliebige Werte annehmen können. Diese werden mit der Gleichverteilung, Normalverteilung und der Histogrammverteilung ziemlich genau abgebildet (vgl.: Internetquelle 19, particle.uni-wuppertal.de). Gleichverteilt sind in der Regel die Faktorpreise und die variablen Kosten, während die Erträge normalverteilt sind. Histogrammverteilungen ermöglichen die Annäherung und werden verwendet, wenn mehrere Kulturfrüchte in einer Simulation miteinander korrelieren. Das wichtigste Mittel in EXCEL zur Erzeugung von Zufallsvariablen ist der Zufallszahlengenerator ZUFALLSZAHL(). Dieser erzeugt mit gleichbleibender Wahrscheinlichkeit eine Zahl zwischen null und eins. Hierbei handelt es sich, wie schon erwähnt, um Ziehen mit Zurücklegen, das heißt Werte können sich durchaus wiederholen. Für die Erzeugung von Gleichverteilungen mit definiertem Wertebereich müssen die Obergrenze und die Untergrenze bekannt sein, aus deren Differenz kann somit die Schwankungsbreite ermittelt werden. Für die gleichverteilte Zufallsvariable Faktorpreis muss die Untergrenze mit der Zufallszahl addiert und der errechneten Schwankungsbreite multipliziert werden (vgl.: Internetquelle 19, particle.uni-wuppertal.de). Bei der Simulation ergibt sich eine gleichverteilte Linie mit 50 Produktpreisen für Futtererbsen zwischen 12 €/dt und 26 €/dt. Das Gleiche wird auch mit den variablen Kosten simuliert, sodass diese zwischen 550 €/ha und 1000 €/ha ebenfalls gleichverteilt sind (vgl.: Internetquelle 1, www.stmelf.bayern.de). Bei der Erzeugung von zufälligen Erträgen wird die definierte Normalverteilung verwendet, da ein annähernd normalverteilter Intervall angenommen wird, das heißt die Erträge der Sorte „James“ zwischen 42,9 dt/ha und 62,3 dt/ha werden sich dem Mittelwert, also 52,6 dt/ha annähern. Dadurch ergibt sich keine lineare Gerade, sondern eine Gaußsche Glockenkurve. Entscheidend für die Normalverteilung ist neben dem Mittelwert aus dem Intervall null und eins auch die Standardabweichung (s). Die standardisierte

Normalverteilung geht vom Wert 0,167 aus, dieser entspricht einem Sechstel vom Ganzen. In der Praxis ist dem Entscheidungsträger die Standardabweichung meist nicht bekannt, jedoch kann dieser Aussagen zu den Minimal- und Maximalerträgen machen. Durch solch eine Vorgehensweise ist eine näherungsweise Lösung für die Praxis möglich, allerdings tauchen die Extremwerte verhältnismäßig selten auf. Soll eine stärkere Streuung der Werte erfolgen, so muss die Standardabweichung auf 0,2 angehoben werden (vgl.: Internetquelle 19, particle.uni-wuppertal.de). Der Faktor für das EXCEL-Programm lautet somit $\text{NORMINV}(\text{ZUFALLSZAHL}();0,5;0,167)$. Für 50 normalverteilte Wintererbsenerträge muss daher die Untergrenze von 42,9 dt/ha mit der Schwankungsbreite, also 19,4 dt/ha addiert und mit dem im vorherigen Satz genannten Faktor multipliziert werden. Der Produktpreis, der Ertrag und die variablen Kosten sind alle voneinander unabhängig und erzeugen so 50 randomisierte Deckungsbeiträge, daher wird auch von einer mehrdimensionalen Verteilung gesprochen. Kennt ein Landwirt seine prozentuale Ertragsverteilung, so kann dieser auf die Histogrammverteilung zurückgreifen. Damit ist die Erzeugung von beliebig definierten Verteilungen möglich und gibt dem Entscheider die Chance, Werten links und rechts des Mittelwertes unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten zukommen zu lassen. Betrachtet man in der Monte-Carlo-Simulation mehrere Kulturfrüchte, so müssen Korrelationen untereinander beachtet werden (vgl.: Internetquelle 19, particle.uni-wuppertal.de). In der Regel korrelieren Getreidepreise beispielweise sehr stark miteinander. Im Falle dieser Arbeit muss die Ertragskorrelation zwischen Wintererbsen und Sommererbsen beachtet werden, da alle Witterungseinflüsse ab dem Frühjahr beide Kulturen in gewissem Maße beeinflussen und dadurch eine Verbindung gegeben ist. Eine Frühjahrstrockenheit beispielsweise hat Einfluss auf die Sommerung, als auch auf die Winterung. Dadurch, dass Wintererbsen jedoch die Winterfeuchtigkeit besser nutzen können, ist ein Unterschied gegeben. Das hat zur Ursache, dass die zufälligen Erträge nicht eins zu eins übereinstimmen, aber miteinander in die jeweilige Richtung korrelieren. Nichtsdestotrotz bleibt in der Simulation allerdings immer noch eine gewisse Zufallsschwankung erhalten. Entscheidend für die Stärke der Korrelation ist der Korrelationskoeffizient, welcher zwischen 0,53 und 0,93 liegen kann. Umso höher dieser Wert gewählt wird, desto stärker ist die Korrelation (vgl.: Internetquelle 19, particle.uni-wuppertal.de).

Bei dem Aufbau eines Simulationsmodells in dieser Arbeit muss neben der Dichtefunktion für die Wahrscheinlichkeit der Deckungsbeiträge auch ein

Zufallsgenerator für die extremen Kahlfrostergebnisse eingebaut werden. Hierbei verwendet der Autor einen eigens entwickelten ganzzahligen Zufallszahlengenerator, der im Intervall von null und fünf Jahren für alle 50 Jahre eine Zahl zwischen null und fünf herausgibt. Dazu kommt ein zweiter Zufallszahlengenerator, der Zahlen zwischen eins und 50 ohne Zurücklegen erzeugt. Diese stehen symbolisch für die Jahre eins bis 50 eines 50-jährigen Intervalls. Wichtig hierbei ist das Ziehen ohne Zurücklegen, da beispielsweise das sechste Jahr innerhalb der 50 Jahre nicht nochmal gezogen werden kann. In EXCEL sind alle Zufallszahlengeneratoren auf einer Seite, die unabhängig voneinander Zufallszahlen generieren. Neben den Deckungsbeiträgen werden also auch die Anzahl an extremen Kahlfrösten und deren Auftreten simuliert. Dazu geht der Autor wie folgt vor. Soll ein Zeitraum von 50 Jahren simuliert werden, so werden im EXCEL-Programm mit drücken der F9-Taste alle Zufallszahlengeneratoren unabhängig voneinander gestartet. Neben den 50 randomisierten Deckungsbeiträgen erscheint auch eine zufällige Zahl aus dem Kahlfrostergebnisgenerator und eine willkürliche Ordnung der 50 Jahre als Zahlen ausgedrückt. Zeigt der Kahlfrostergebnisgenerator beispielsweise eine 3 an, so müssen von den 50 Deckungsbeiträgen drei Ergebnisse gestrichen werden. Damit beispielsweise nicht die schlechtesten oder ersten drei Deckungsbeiträge durch den Autor gestrichen werden, existiert der Zufallszahlengenerator, welcher die Zahlen 1 bis 50 willkürlich ordnet. Bei drei Kahlfrostergebnissen können jetzt einfach die ersten drei Zahlen als symbolisches Jahr gewählt und danach die entsprechenden Deckungsbeiträge gestrichen werden, so ist ein völliger Zufall gegeben. Für die gestrichenen Deckungsbeiträge werden 310 €/ha variable Kosten und kein Ertrag veranschlagt, da ja bereits Arbeiten wie zum Beispiel die Saatgutbeschaffung oder Bestellung erfolgten (vgl.: Internetquelle 1, www.stmelf.bayern.de). Mit der Summenfunktion in EXCEL können alle Deckungsbeiträge zusammengerechnet werden. Anschließend müssen die jeweils gestrichenen Ergebnisse von der Gesamtsumme abgezogen werden, wenn diese positiv ausgefallen wären, beziehungsweise addiert werden, wenn diese negativ ausgefallen wären. Zusätzlich müssen diese genullten Deckungsbeiträge mit 310 €/ha belastet werden. So ergibt sich eine Gesamtdeckungsbeitragssumme von Wintererbsen über 50 Jahre, welche mit der Gesamtdeckungsbeitragssumme der Sommererbsen verglichen werden kann. Die Erträge der Sommererbsen in dieser Simulation korrelieren dabei verhältnismäßig stark mit denen der Wintererbsen. Hierbei wurde ein Korrelationskoeffizient von 0,8

gewählt. Die in dieser Arbeit zugrunde liegenden Produktpreise korrelieren vollständig, da es sich bei der Vermarktung im Endeffekt um das gleiche Produkt handelt. Im Gegensatz dazu korrelieren die variablen Kosten überhaupt nicht miteinander. Insgesamt kann somit simuliert werden mit welcher Wahrscheinlichkeit die Gesamtdeckungsbeitragssumme von Wintererbsen über der von Sommererbsen liegt. Zudem gibt das Simulationsmodell Entscheidungsträgern die Möglichkeit das Risiko abzuschätzen, ob Wintererbsen eine Alternative für ihren Betrieb wären. Alle Ergebnisse der Schritte dieser Monte-Carlo-Simulation sind in der Anlage 2 und 3 zu sehen.

7.3 Auswertung und Gegenüberstellung der Wintererbsen zu Sommererbsen

Die gleichzeitige Monte-Carlo-Simulation der Gesamtdeckungsbeiträge von Wintererbsen und Sommererbsen im vorherigen Kapitel ergab einige interessante Ergebnisse zur Risikobewertung von Wintererbsen. Dazu stellten sich im Vorfeld einige Fragen, die erst eine Interpretation des Simulationsergebnisses zuließen. Die eigentlich erste Frage stellte sich dem Autor bereits im Kapitel 7.1 und konnte schnell geklärt werden. Diese erkundigte sich nach der Wahrscheinlichkeit, mit der extreme Kahlfröste innerhalb von 50 Jahren auftreten können. Anhand der Auswertung der Vergangenheit ergaben sich so ein Maximalwert von fünf und ein Minimalwert von null Extremfrösten innerhalb von 50 Jahren. Die Wahrscheinlichkeit für deren Auftreten in der Zukunft liegt demnach in 50 Jahren auch zwischen null und zehn Prozent, da das Wetter keiner Logik folgt. Die entscheidende und nicht gleich ersichtliche Wahrscheinlichkeit für die Simulation ist die, dass alle 50 Jahre ganz sicher zwischen null und fünf Kahlfröstextreme auftreten. Diese Wahrscheinlichkeit ist bei allen Simulationsläufen gleich und folgt dem Intervall zwischen Minimal- und Maximalwert.

Das Wetter selbst ist ein chaotisches System und lässt keine langfristige Vorhersage zu. So ist auch keine Aussage darüber möglich, ob in Zukunft ein Ereignis häufiger oder seltener auftritt. Darüber hinaus traten in der Vergangenheit immer wieder extreme Kälteanomalien außerhalb einer Kaltzeit auf. Diese zeigten sich unter anderem auch in den Höhepunkten der Warmzeiten, welche im stetigen Wechsel mit

den Kaltzeiten stehen. Dieser Rhythmus besteht seit dem Beginn des Känozoischen Eiszeitalters vor etwa 2,7 Millionen Jahren, in dem die Vergletscherung der Arktis und Antarktis begann. Auch wenn die momentane Warmzeit, unter anderem bedingt durch das industrielle Zeitalter, deutlich wärmer ausfällt, als die vorangegangenen Warmzeiten, so ist in mehreren tausend Jahren auch wieder eine Kaltzeit gewiss. Die letzte Kaltzeit endete vor gut 10.000 Jahren und wurde durch die Warmzeit, dem sogenannten Holozän abgelöst, welches bis heute Bestand hat. Diese Warmzeit wird vor allem seit Beginn des industriellen Zeitalters in der Zunahme der Jahrestemperaturen beschleunigt (vgl.: Internetquelle 20, www.biologie-seite.de).

In dieser Arbeit kann die Simulation unter anderem als abstrakte Abbildung der Zukunft über mehrere tausend Jahre betrachtet werden. Dadurch, dass ein Simulationsdurchgang für einen Zeitraum von 50 Jahren steht, ergibt sich bei 100 Wiederholungen ein Abschnitt von 5000 Jahren. Die 100 Durchgänge sind nötig, um ein gewisses Maß an Streuung zu erhalten und damit ein verhältnismäßig realistisches Bild der Zukunft zu erzeugen. Würde man 1000 Durchläufe starten, ergäbe sich schon ein Zeitraum von 50.000 Jahren mit noch feiner abgestuften Ergebnissen. Nachdem im ersten Abschnitt die Frage nach der Wahrscheinlichkeit, mit der extreme Kahlfröste aller 50 Jahre auftreten geklärt wurde, stellt sich die zweite Frage bereits nach dem Deckungsbeitrag. Dieser ist für den Landwirt als Entscheidungsträger sehr von Bedeutung, zeigt er doch die Rentabilität einer Kultur. Die Frage ist also: Kann der Gesamtdeckungsbeitrag der Wintererbsen in einem Zeitraum von 50 Jahren mit fünf extremen Kahlfrösten noch immer höher als der Gesamtdeckungsbeitrag von Sommererbsen über 50 Jahre liegen, welche ja nicht von extremen Kahlfrostergebnissen betroffen sind? Ein sehr risikoaversiver Entscheidungsträger geht immer vom am schlimmsten einzutreffenden Fall, dem „Worst Case Szenario“ aus und fragt deshalb nach dem negativen Maximalwert, also den fünf extremen Kahlfrösten. Er entscheidet also nach der Minimax-Regel. Im Gegensatz dazu stünde ein risikofreudiger Landwirt, der vom besten Fall ausginge und nach dem maximal zu erreichenden Wert entscheiden würde. Eine Auswahl bezüglich diesem Kriterium wäre das Entscheiden nach der Maximax-Regel. Der Entscheidungsträger in diesem Fall blendet somit jegliche Extremereignisse aus (vgl.: Borsch, Dietmar; Schaper, Axel; u. a. 2017, S. 8 – 10). In dieser Arbeit wurden für die Wintererbsen die Ertragsannahmen aus den Versuchen der Hochschule Anhalt herangezogen und mit den Marktpreisspannen der Vergangenheit, sowie den KTBL-Daten verrechnet. Dabei liegt

der Ertragsintervall von Wintererbsen zwischen 42,9 dt/ha und 62,3 dt/ha zu Produktpreisen zwischen 12 €/dt und 26 €/dt. Die variablen Kosten schwanken zwischen 550 €/ha und 1.000 €/ha. Für Jahre, in denen ein Totalausfall aufgrund eines extremen Kahlfrosterignisses entstand, werden die Deckungsbeiträge genullt und 310 €/ha variable Kosten für vor dem Winter erfolgte Arbeiten veranschlagt (vgl.: Internetquelle 1, www.stmelf.bayern.de). Die Sommererbsen besitzen einen größeren Ertragsintervall, welcher zwischen 35,2 dt/ha und 65 dt/ha liegt. Diese korrelieren, wie bereits erwähnt, ziemlich stark mit den Erträgen der Wintererbsen, da beispielsweise die Winterungen in gewissem Maße ähnlich der Sommererbsen auch unter der Frühsommertrockenheit leiden können. Der Produktpreis schwankt ebenfalls, wie im vorherigen Kapitel beschrieben gleich. Die variablen Kosten liegen bei Sommererbsen geringfügig niedriger, da einige wenige Arbeitsschritte bei Sommerungen nicht anfallen, allerdings bleibt die Schwankungsbreite gleich. So schwanken deren variable Kosten zwischen 500 €/ha und 950 €/ha (vgl.: Internetquelle 1, www.stmelf.bayern.de). Erzeugt man nun Deckungsbeiträge nach beiden Regeln und kreuzt diese, da ein optimales Wintererbsenjahr, sowie ein völlig schlechtes Sommererbsenjahr theoretisch gesehen jedes Jahr auftreten kann und multipliziert die jeweiligen Deckungsbeiträge auf 50, beziehungsweise 45 Jahre, abzüglich der fünf Jahre mit jeweils 310 €/ha, dann erhält man einen deutlich höheren Gesamtdeckungsbeitrag bei Wintererbsen, als bei Sommererbsen. Beide Verfahren zeigen, dass es theoretisch gesehen möglich ist, Jahre zu erschaffen, die mit fünf Kahlfrösten immer noch höher liegen, als 50 Jahre Sommererbsen, die nicht davon betroffen sind. Folgt man der Laplace-Regel, die auf der Annahme beruht, dass kein Ereignis wahrscheinlicher sei als das Andere, so wird der maximale Mittelwert gewählt. Sämtliche Umwelteinflüsse werden, wie schon bei den vorherigen Regeln außer Acht gelassen. Für den praktischen Bezug ist dies jedoch suboptimal, da die Umweltzustände maßgeblichen Anteil an den einzutreffenden Wahrscheinlichkeiten haben (vgl.: Borsch, Dietmar; Schaper, Axel; u. a. 2017, S. 14). Ein interessantes Detail dieser Arbeit ist die Betrachtung des Mittelwertes aus zwei Blickwinkeln. Wird nur der Ertragsmittelwert betrachtet, so fällt auf, dass die Wintererbsen mit 52,6 dt/ha aufgrund ihrer geringeren Streuung über dem der Sommererbsen mit 50,1 dt/ha liegen. Bei gleicher Annahme der variablen Kosten ergäbe sich ein niedriger Gesamtdeckungsbeitrag der Sommerung gegenüber der Winterung. Theoretisch gesehen müsste demzufolge bei einer Simulation der Gesamtdeckungsbeitrag der Wintererbsen öfter über dem der

Sommererbsen liegen. Den Sommererbsen müssen allerdings geringere variable Kosten unterstellt werden, da einige wenige Arbeitsschritte entfallen, welche bei den Winterungen zusätzlich noch im Spätherbst erfolgen würden. Daher ergeben sich bei den Sommererbsen variable Kosten von 500 €/ha bis 950 €/ha. Die Schwankungsbreite bleibt in diesem Fall gleich den der Wintererbsen, jedoch sinkt der Mittelwert von 775 €/ha auf 725 €/ha. Dies hat zur Folge, dass der mittlere Deckungsbeitrag der Wintererbsen unverändert bei 224,40 €/ha bleibt und der mittlere Deckungsbeitrag der Sommererbsen auf 226,90 €/ha ansteigt. Diese Differenz hat zur Folge, dass theoretisch gesehen die Gesamtdeckungsbeiträge der Sommerung öfter über den der Winterung liegen müssten. Dieser Eindruck bestätigte sich auch nach der Durchführung von 100 Simulationsläufen im eigenen Simulationsmodell, bei dem in 43 Fällen der Gesamtdeckungsbeitrag der Wintererbsen über den der Sommererbsen lag. Um die eingangs erwähnte zweite Frage zu beantworten, welche nach dem Gesamtdeckungsbeitrag der Wintererbsen, die in einem Zeitraum von 50 Jahren mit fünf extremen Kahlfrösten noch immer höher als der Gesamtdeckungsbeitrag von Sommererbsen über 50 Jahre liegen fragt, ist ein zweiter Durchlauf von 100 Simulationsläufen nötig gewesen. Bei diesem musste immer dann der Gesamtdeckungsbeitrag der Wintererbsen per Hand neu berechnet werden, wenn dieser über dem der Sommererbsen lag und der Kahlfrostergebnisgenerator auch fünf Kahlfröste anzeigte. Da zusätzlich nebenbei der Zahlengenerator bei jedem Simulationslauf die Jahre eins bis 50 willkürlich anordnete, konnten immer die ersten fünf Zahlen gewählt werden, welche symbolisch für die Jahre mit extremen Kahlfrösten standen. Je nach Deckungsbeitrag des jeweiligen Jahres musste dieser bei einem positiven Wert subtrahiert und bei einem negativen Wert addiert, also genullt werden. Zusätzlich mussten fünfmal 310 €/ha, also insgesamt 1550 €/ha bereits erfolgte variable Kosten abgezogen werden. In 100 Simulationsläufen war dies nach der Berechnung der fünf Kahlfröste in keinem Durchgang der Fall. So kann die Frage dahingehend beantwortet werden, dass, wenn fünf Kahlfröste in 50 Jahren auftreten, in null Prozent aller Fälle der Gesamtdeckungsbeitrag der Wintererbsen über dem der Sommererbsen liegt. Da allerdings theoretisch gesehen es doch möglich ist, dass der Gesamtdeckungsbeitrag nach Berücksichtigung der Kahlfröste über den der Sommerung liegen kann, ist von einem Wert von 0,1 % auszugehen.

Mit dem Ergebnis aus dem vorherigen Abschnitt stellt sich allerdings die dritte und damit letzte Frage: Wie viele Gesamtdeckungsbeiträge der Wintererbsen, die über den

der Sommererbsen lagen, lagen nach Berücksichtigung der extremen Kahlfrostergebnisse überhaupt noch über den Gesamtdeckungsbeiträgen der Sommererbsen? Dazu ergibt sich auch die Nebenfrage nach der prozentualen Verteilung der höher liegenden Gesamtdeckungsbeiträge der Wintererbsen nach Berücksichtigung der einzelnen Kahlfrostergebnisse. Das heißt, wie oft lag beispielsweise der Gesamtdeckungsbeitrag der Wintererbsen über dem der Sommererbsen, wenn statt der fünf Kahlfröste nur vier innerhalb von 50 Jahren auftraten. Beim bereits erwähnten zweiten Durchlauf von 100 Simulationsläufen wurden hierbei nicht nur die Konstellationen mit fünf Kahlfrostergebnissen neu berechnet, sondern alle weiteren Konstellationen bei denen die Gesamtdeckungsbeiträge der Wintererbsen die über den der Sommererbsen lagen. Insgesamt lagen somit 44 Gesamtdeckungsbeiträge der Winterform über denen der Sommerform. Nach Berücksichtigung der extremen Kahlfrostergebnisse sank deren Anzahl auf 20. Das heißt, dass nur 45,45 % aller Gesamtdeckungsbeiträge der Wintererbsen, die vorher über denen der Sommererbsen lagen, nach Berücksichtigung der Kahlfrostergebnisse noch über den Gesamtdeckungsbeiträgen der Sommererbsen lagen. Insgesamt auf die 100 Durchläufe gesehen tritt dies sogar nur in 20 % aller Fälle auf. Bei der Betrachtung der einzelnen prozentualen Verteilungen des Simulationsprozesses fällt auf, dass die Anzahl der Gesamtdeckungsbeiträge nach Berücksichtigung der Kahlfrostergebnisse kontinuierlich abnimmt, umso höher die Anzahl an extremen Kahlfrösten innerhalb der 50 Jahre wird. So traten in den 100 Durchläufen sieben Gesamtdeckungsbeiträge der Wintererbsen mit null Kahlfrostergebnissen auf, die über denen der Sommererbsen lagen. In diesem Fall braucht der Gesamtdeckungsbeitrag nicht neu berechnet werden, da ja keine extremen Kahlfröste auftraten. Ein Kahlfrostergebnis innerhalb der 50 Jahre trat sechsmal auf, von denen noch vier nach der Berechnung über den Sommererbsen lagen. Daraus ergibt sich ein Wert von 66,67 %. Zwei Kahlfrostergebnisse innerhalb der 50 Jahre traten elfmal auf, von denen noch fünf nach der Berechnung über den Sommererbsen lagen. Folglich ergibt sich dadurch ein Wert von 45,45 %. Drei Kahlfrostergebnisse innerhalb der 50 Jahre traten siebenmal auf, von denen nur noch zwei nach der Berechnung über den Sommererbsen lagen. Daraus ergibt sich ein Wert von 28,57 %. Vier Kahlfrostergebnisse innerhalb der 50 Jahre traten achtmal auf, von denen immerhin noch zwei nach der Berechnung über den Sommererbsen lagen, was respektablen 25 % entspricht. Dies zeigt, dass

beispielsweise bei vier statt fünf Kahlfrostergebnissen innerhalb der 50 Jahre in 25 % aller Fälle noch ein Gesamtdeckungsbeitrag der Wintererbsen über den der Sommererbsen erzielt werden kann. Die Eintreffenswahrscheinlichkeit dafür lag allerdings bezogen auf die 44 höher erzielten Gesamtdeckungsbeiträge nur noch bei 4,55 %. Gleiches gilt auch für drei Kahlfröste innerhalb von 50 Jahren. Während die Untersuchungen mit einem und zwei Kahlfrösten bei jeweils 9,09 % und 11,36 % auf einem ähnlichen Niveau lagen, so fielen die gegenüber den Gesamtdeckungsbeiträgen der Sommererbsen höheren Gesamtdeckungsbeiträge der Wintererbsen ohne Kahlfröste erwartungsgemäß in einer größeren Anzahl aus. Mit 15,91 % dürfte dieser Wert, wie in diesem Fall, generell über den der Anderen liegen.

7.4 Ableitungen für den Entscheidungsträger

Für die Zukunft und die Risikobewertung der Wintererbsen lassen sich anhand der Wahrscheinlichkeitsberechnung, sowie der Monte-Carlo-Simulation durchaus einige Aussagen treffen. So besteht nach Auswertung der historischen Daten die Möglichkeit, dass innerhalb von 50 Jahren auch in Zukunft zwischen null und fünf extreme Kahlfrostergebnisse eintreten können, was einer Wahrscheinlichkeit zwischen 0 % und 10 % entspricht. Da diese Extremkahlfröste keiner Logik folgen, können diese als gleichverteilt angenommen und somit auch für Aussagen über das zukünftige Auftreten herangezogen werden. Anhand dieser Grundlage baut sich die Risikobewertung der Wintererbsen auf. Dabei kann bereits die simulierte Erzeugung von Deckungsbeiträgen über 50 Jahre anhand praktischer Annahmen ein mögliches Entscheidungskriterium für Landwirtschaftsbetriebe darstellen, ohne überhaupt den Gesamtdeckungsbeitrag, geschweige die Extremereignisse zu beachten. Eine bestimmte Anzahl an negativen Deckungsbeiträgen der Wintererbsen kann beispielsweise Entscheidungsträger bereits dazu bewegen, sich nicht für deren Anbau zu entscheiden, wie der Anlage 4 zu entnehmen ist. Sie sehen schon hier ein nicht zu überwindendes Risiko für sich und ihren Betrieb. Erst nach dieser Entscheidung kann eine weitere Risikoabschätzung bezüglich der extremen Kahlfröste und des Gesamtdeckungsbeitrages getroffen werden. Hierbei ist die Wahrscheinlichkeit für null bis fünf Kahlfröste innerhalb der 50 Jahre gleich, jedoch nicht die Anzahl der

Gesamtdeckungsbeiträge der Wintererbsen gegenüber den der Sommererbsen. Da der Mittelwert des Gesamtdeckungsbeitrages der Sommerform über dem der Winterform liegt, bestätigte sich dieser Eindruck auch in den 100 Simulationsläufen. So lag der Gesamtdeckungsbeitrag der Wintererbsen nur 44-mal über dem der Sommererbsen, was 44 % entspricht. Nach Abzug der generierten Kahlfrostergebnisse sank dieser Wert auf 20 % ab. Für den Entscheidungsträger stellt sich somit die Frage, welchen Wert er für die Risikobewertung der Wintererbsen heranzieht. Er kann sich zum einen gewiss sein, dass in 20 % aller Fälle ein höherer Gesamtdeckungsbeitrag der Wintererbsen unter der Berücksichtigung aller möglichen Kahlfrostergebnisse zu erwarten ist. Auf der anderen Seite sind ohne deren Berücksichtigung immerhin 44 % möglich. Da das Eintreffen von null extremen Kahlfrösten innerhalb von 50 Jahren gleich dem fünfmaligen Auftreten ist, können Entscheidungsträger auch dazu neigen, den größeren Wert zur Risikobewertung anzunehmen. Wie sich eine geschäftsführende Person entscheidet, hängt letztendlich von seiner Risikobereitschaft ab. Eine sehr risikoaversive Person würde sich unter den gegebenen Annahmen immer gegen die Wintererbsen entscheiden, da deren Gesamtdeckungsbeiträge in über 50 %, bei zusätzlicher Betrachtung der Kahlfrostergebnisse sogar in 80 % aller Fälle unter dem der Sommererbsen lagen. Im Gegensatz dazu stünde die risikofreudige Person, welche die Wintererbsen als eine Alternative betrachten und jegliche negative Möglichkeiten als gering einstufen würde. Bei abstrakterer Interpretation würden zudem für den optimistischen Entscheidungsträger die Wahrscheinlichkeiten für das Eintreffen positiver Ergebnisse zugunsten der Wintererbsen ansteigen. Dagegen könnten die Wahrscheinlichkeiten der risikoscheuen Person noch weiter herabsinken. Für einen risikoaversiven Entscheidungsträger würden sich im Falle dieser Arbeit erst dann Chancen ergeben, wenn das Ertragsniveau durch bestimmte Faktoren ansteigen würde oder aber in Zukunft das Risiko für extreme Kahlfröste im 50-jährigen Mittel zurückginge. Letzteres erscheint sogar nicht allzu unrealistisch, da laut Diplommeteorologe Falk Böttcher vom Deutschen Wetterdienst, zukünftig von einer geringeren Gefahr durch extreme Kahlfröste ausgegangen werden kann. Nach seiner Aussage besteht zwar weiterhin die Gefahr, dass Kahlfröste in ihrer Intensität auftreten, also den Wert von minus 15 °C unterschreiten können, jedoch in ihrer Häufigkeit abnehmen. Dies deckt sich auch mit den Auswertungen der historischen Wetterdaten, welche einen Rückgang der Kahlfröste ab 1968 aufzeigen. Damit ergäbe sich für Wintererbsen in Zukunft auf

diesen Breitengraden ein völlig neues Risiko, was anhand dieses Modells an zukünftige Berechnungen angepasst werden könnte. Für eine risikoscheue Person würden sich damit auch die ausgehenden Wahrscheinlichkeiten ändern und ihr Chancen ermöglichen. Eine Änderung der Haltung hin zum Anbau von Wintererbsen wäre hierbei durchaus denkbar und somit, neben der risikofreudigen Person, auch eine Alternative für den risikoaversiven Entscheidungsträger.

8. Schlussbetrachtung

In der Einleitung dieser Bachelorarbeit wurde darauf hingewiesen, aus welchen Gründen die Attraktivität des Körnererbsenanbaus, speziell die der Winterform, gegenwärtig wieder steigen könnte. Damit verbunden ist dementsprechend auch die Frage, welche Chancen und Risiken der Anbau von Wintererbsen im Vergleich zu Sommererbsen birgt.

Das Ziel dieser Arbeit bestand darin, einen theoretischen Überblick zum Thema Risikobewertung zu geben, sowie diese Thematik in Bezug auf Wintererbsen anzuwenden und mit Hilfe historischer Daten ein Simulationsmodell zu erstellen, um jenes Risiko für die Zukunft zu ermitteln. Dazu erfolgte zuerst die Einführung in die Botanik der Wintererbsenpflanze an sich. Weiterführend wurde der Begriff Risiko ausführlich definiert, um in das Thema Risikomanagement einzuleiten, welches in vier Schritte aufgeteilt und detailliert beschrieben wurde. Im Folgenden musste neben dem Risiko auch das Wetter und Klima definiert werden. Ergänzend dazu wurde vor allem der Begriff des Wetterextrems konkretisiert. Um die Zielsetzung der Risikobewertung von Wintererbsen umzusetzen, musste im weiteren Verlauf dieser Bachelorarbeit ein Rückblick auf Ertrags- und Wetterdaten geschaffen werden. Nur dadurch war die Grundlage für eine Risikobewertung der Zukunft gegeben und eine Monte-Carlo-Simulation möglich. Erst dieses Simulationsmodell ließ abschließend eine Auswertung und Gegenüberstellung der Wintererbsen im Vergleich zu Sommererbsen zu und ermöglichte eine Ableitung für den Entscheidungsträger.

Agrarpolitische Reformen, wie dem „Greening“ waren für den Autor unter anderem der ausschlaggebende Punkt, das Risiko von Wintererbsen näher zu beleuchten und in dieser Bachelorarbeit zu thematisieren. Da allerdings politische Reformen so „zukunftsstabil“ sind, wie die Regierungskonstellationen nach jeder Wahl selbst, änderte sich auch die Ausgangslage für Körnerleguminosen in der Zeit der Erstellung dieser Bachelorarbeit. Während zu Beginn dieser Arbeit das „Greening“ zu einem rapiden Anstieg der Fläche von Körnerleguminosen führte, was natürlich auch die Chancen der Wintererbsen erhöhte, so dürfte dieser Anstieg in Zukunft ebenso schnell wieder absinken. Ein zusätzlicher agrarpolitischer Passus besagt seit Mitte 2017, dass zukünftig auf Flächen mit Körnerleguminosen, die den ökologischen Vorrangflächen

angerechnet werden sollen, jeglicher Pflanzenschutz entfällt. Da in der Regel Erbsenbestände ohne Herbizid- und Insektizidmaßnahmen nicht kostendeckend zu etablieren sind, ist mit einem deutlichen Rückgang der Anbaufläche zu rechnen. Für den Erhalt des heimischen Leguminosenanbaus mit den jeweiligen vor- und nachgelagerten Bereichen ist diese Regelung sehr von Nachteil. Besonders kritisch ist dieser Fakt aus der Perspektive der Fruchtfolge und dem Resistenzmanagement zu sehen, da Körnerleguminosen als Gesundungsfrucht gesehen werden und getreidelastige Fruchtfolgen aufbrechen. Gerade in Zeiten mit steigenden Resistenzen bei Ungräsern, sowie den tierischen Schaderregern und gleichzeitigem Rückgang zulassungsfähiger Wirkstoffgruppen kann die Erbse nicht mehr ihr volles Fruchtfolgepotenzial ausspielen. Damit nicht genug, werden agrarpolitische Entscheidungen immer öfter ideologisch getätigt und nicht mehr sachlich geführt, dies führt tragischer Weise dazu, dass die Landwirtschaft, allen voran der chemische Pflanzenschutz von der Gesellschaft kritischer gesehen wird. Alles in allem auch zum Leid des Wintererbsenanbaus.

Der Autor selbst erachtet die Wintererbsen als eine wirkliche Alternative zu den Sommererbsen, da deren Anbauchance trotz aller möglichen Schwierigkeiten immer noch 20 % beträgt. Zudem ist eine Erhöhung der Wahrscheinlichkeiten zugunsten der Winterform, bedingt durch die schnellere Klimaerwärmung, den daraus vorstellbaren abnehmenden Kahlfrostergebnissen und nicht zuletzt dem potenziellen Zuchtfortschritt zukünftig möglich. Die simulationsgestützte objektive Betrachtung zeigt dabei die komplette Bandbreite möglicher Faktoren und deren Eintreffen, sowohl gleichverteilt, als auch normalverteilt auf. Subjektiv betrachtet treten beispielsweise bestimmte Faktorpreise oder variable Kosten über mehrere Jahre durchaus weniger gleichverteilt auf als angenommen. Dadurch können sich gegebenenfalls bessere Chancen für Wintererbsen ergeben. In einer Monte-Carlo-Simulation können zwar zusätzliche Eintreffenswahrscheinlichkeiten für bestimmte Preisintervalle oder variable Kosten eingebaut werden, jedoch sind zuverlässige Vorhersagen für diese Faktoren aufgrund von unterschiedlichsten Marktpreisschwankungen nicht eindeutig definierbar. Niemand kann in die Zukunft sehen und die äußerst volatilen Märkte vorhersagen, selbst Marktexperten ist es allenfalls möglich eine Prognose für das folgende Jahr abzugeben. Eine Vorhersage sehr viel weiter in die Zukunft ist auch diesen Personen nicht möglich.

Quellenverzeichnis

Bibliographie

Babatunde, Raphael O.: **On-farm and Off-farm works: Complements or Substitutes? Evidence from Rural Nigeria.** Ilorin (Nigeria): Department of Agricultural Economics and Farm Management – University of Ilorin, 2012.

Dr. Bischoff, Joachim; Dr. von Wulffen, Ulrich; u.a.: **Körnererbsen – Anbauempfehlung.** Bernburg: Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLFG), 2014.

Borens, David; Krause, Lars: **Das strategische Risikomanagement der ISO 31000 – zweiteilig.** Berlin: Zeitschrift für Risk, Fraud & Compliance (ZRFC), 2009.

Borsch, Dietmar; Schaper, Axel; u. a.: **Grundlagen der Entscheidungslehre für Techniker und Ingenieure.** Bad Harzburg: afw Wirtschaftsakademie Bad Harzburg GmbH, 2017.

Bouncken, Ricarda B.; u. a.: **Dienstleistungsmanagement im Krankenhaus I: Prozesse, Produktivität und Diversität.** Wiesbaden: Springer Gabler, 2013.

Braun, Jürgen; Dabbert, Stephan: **Landwirtschaftliche Betriebslehre – Grundwissen Bachelor.** Stuttgart: UTB GmbH, 2006.

Dr. Deubel, Annette; Prof. Dr. Kratzsch, Georg; Prof. Dr. Orzessek, Dieter: **Versuchsfeldführer 2012.** Bernburg/Strenzfeld: Hochschule Anhalt, Prof. Hellriegel Institut e.V., 2012.

Deutscher Bundestag, 17. Wahlperiode: **Gesetzentwurf der Fraktionen der CDU/CSU und FDP – Entwurf eines Dreizehnten Gesetzes zur Änderung des Atomgesetzes.** Köln: Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, 2011.

Hager, Peter; Romeike, Frank: **Erfolgsfaktor Risiko-Management 3.0.** Wiesbaden: Springer Gabler, 2013.

Hege, Ulrich; u.a.: **Pflanzliche Erzeugung – Grundlagen des Acker- und Pflanzenbaus, Grundlagen des Integrierten Landbaus, Produktionstechnik der Kulturpflanzen, Dauergrünland, Nachwachsende Rohstoffe, Ökologischer Landbau, Naturschutz, Landschaftspflege.** München: BLV Verlagsgesellschaft mbH, 1998.

Helmig, Bernd; Tscheulin, Dieter K.: **Gabler Lexikon Marktforschung.** Wiesbaden: Springer Gabler, 2004.

Prof. Dr. Hutter, Hans-Peter; u. a.: **Klima & Gesundheit.** Klagenfurt: Amt der Kärntner Landesregierung, 2013.

Kluge, Friedrich: **Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache – Fünfte verbesserte Auflage.** Straßburg: Verlag Karl J. Trübner, 1894.

König, Manfred: **Szenariotechnik. Unterrichtsgegenstand und Unterrichtsmethode in kaufmännischen Schulen.** In: Manfred Becker und Ulrich Pleiss (Hrsg.): **Wirtschaftspädagogik im Spektrum ihrer Problemstellung.** Baltmannsweiler: Schneider Verlag, 1988.

Kraif, Ursula: **Duden – Das Fremdwörterbuch.** Mannheim: Dudenverlag, 2007.

Krause, Michael: **Integration von Risikomanagement in Planungs-, Steuerungs- und Kontrollsystemen.** Innsbruck: Diplomarbeit, 2007.

Prof. Dr. Malberg, Horst: **Meteorologie und Klimatologie: Eine Einführung.** Berlin: Springer Verlag, 2007.

Martin, Karlheinz; u. a.: **Das neue Tafelwerk.** Berlin: Volk und Wissen Verlag GmbH & Co., 1998.

Pfeifer, Wolfgang: **Etymologisches Wörterbuch des Deutschen.** München: Deutscher Taschenbuch Verlag, 1997.

Rausch, Gereon: **2010 – Nach der Krise ist vor der Krise.** Bochum: CoPaKoGe Research & Medien UG, 2010.

Schirmer, Karl-Heinz: **Wie funktioniert das? Wetter und Klima.** Mannheim: Meyers Lexikonverlag, 1989.

Wieske, Diana: **Risikoanalyse in Industrieunternehmen – Unter besonderer Berücksichtigung der Problematik der Risikoaggregation anhand der Monte Carlo Simulation.** Leipzig: Diplomica Verlag GmbH, 2005.

Internetquellen

Internetquelle 1

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: **LfL-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten – Futtererbsen.**

<https://www.stmelf.bayern.de/idb/koernererbsen.html>

Zugriffsdatum: 12.02.2018

Internetquelle 2

Dr. Fuser, Karsten; Dr. Gleißner, Werner: **Moderne Frühwarn- und Prognosesysteme für Unternehmensplanung und Risikomanagement.**

<http://www.risknet.de/fileadmin/eLibrary/Gleissner-Fruehwarn-Prognosesysteme.pdf>

Zugriffsdatum: 19.01.2017

Internetquelle 3

Guddat, Christian; Schreiber, Evelin: **Maßnahmen im Pflanzenbau zur Anpassung an den Klimawandel – Sortenprüfung Wintererbse – Versuchsbericht 2013.**

http://www.tll.de/ainfo/pdf/lv_werb.pdf

Zugriffsdatum: 18.11.2016

Internetquelle 4

Hadenfeldt, Silke; Dr. Sass, Olaf: **Eine interessante Alternative zur Sommerkörnererbse.**

<https://www.praxisnah.de/index.cfm/article/8618.html>

Zugriffsdatum: 30.01.2018

Internetquelle 5

Kasang, Dieter: **Wetter- und Klimaextreme.**

http://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Wetter-_und_Klimaextreme

Zugriffsdatum: 22.02.2017

Internetquelle 6

Krenn, Katharina: **„Straathof“-Klage abgewiesen: Kastenstand-Urteil ist rechtskräftig.**

<https://www.agrarheute.com/tier/schwein/straathof-klage-abgewiesen-kastenstand-urteil-rechtskraeftig-529175>

Zugriffsdatum: 22.01.2016

Internetquelle 7

o. A.: **Absolute Häufigkeit.**

<https://de.serlo.org/mathe/stochastik/relative-haeufigkeit-wahrscheinlichkeit/absolute-haeufigkeit>

Zugriffsdatum: 13.02.2018

Internetquelle 8

o. A.: **Der Polarwirbel bricht zusammen – Endet der Winter eiskalt?**

<https://www.wetteronline.de/wetternews/2018-02-08-mw>

Zugriffsdatum: 09.02.2018

Internetquelle 9

o. A.: **Erbse (Pisum sativum L.).**

<http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/320/original/erbse.htm#TopOfPage>

Zugriffsdatum: 18.11.2016

Internetquelle 10

o. A.: **Großes Wörterbuch der deutschen Sprache – Risiko.**

<http://www.wissen.de/rechtschreibung/risiko>

Zugriffsdatum: 19.12.2016

Internetquelle 11

o. A.: **Mykorrhiza.**

<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/mykorrhiza/7904>

Zugriffsdatum: 18.11.2016

Internetquelle 12

o. A.: **„Risiko“ oder „Gefahr“? Experten trennen nicht einheitlich.**

http://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2010/04/_risiko__oder__gefahr___experten_trennen_nicht_einheitlich-48560.html

Zugriffsdatum: 08.01.2017

Internetquelle 13

o. A.: **Risikomanagement.**

<https://www.hmc2.de/page5/>

Zugriffsdatum: 20.01.2017

Internetquelle 14

o. A.: **Stanislaw Marcin Ulam.**

<https://www.britannica.com/biography/Stanislaw-Marcin-Ulam>

Zugriffsdatum: 15.02.2018

Internetquelle 15

o. A.: **Was sind Futures und Optionen?**

<http://www.day-trading.de/fortgeschrittene/was-sind-futures.html>

Zugriffsdatum: 15.01.2017

Internetquelle 16

Rettmann, Udo: **Wetterderivate – Wenn das Wetter verrücktspielt.**

<http://www.handelsblatt.com/finanzen/anlagestrategie/zertifikate/nachrichten/wetterderivate-wenn-das-klima-verrueckt-spielt/3561662-all.html>

Zugriffsdatum: 16.02.2017

Internetquelle 17

Rudolph, Dennis: **Urnenmodell.**

<https://www.frustfrei-lernen.de/mathematik/urnenmodell.html>

Zugriffsdatum: 13.02.2018

Internetquelle 18

Ruhnau, Fabian: **Akkumulierter Niederschlag (Schnee) – wie viel Millimeter Niederschlag wie viel Zentimeter Neuschnee ergeben.**

<http://wetterkanal.kachelmannwetter.com/akkumulierter-niederschlag-schnee-wie-viel-millimeter-niederschlag-wie-viel-zentimeter-neuschnee-ergeben/>

Zugriffsdatum: 17.01.2018

Internetquelle 19

von der Twer, T.: **Brückenkurs Mathematik.**

<http://particle.uni-wuppertal.de/vorkurse/TassiloS/swscript.pdf>

Zugriffsdatum: 15.02.2018

Internetquelle 20

weitreichende Autorensammlung: **Känozoisches Eiszeitalter.**

https://www.biologie-seite.de/Biologie/Känozoisches_Eiszeitalter

Zugriffsdatum: 18.02.2018

Quellen gesonderter Herkunft

Ertragsdaten

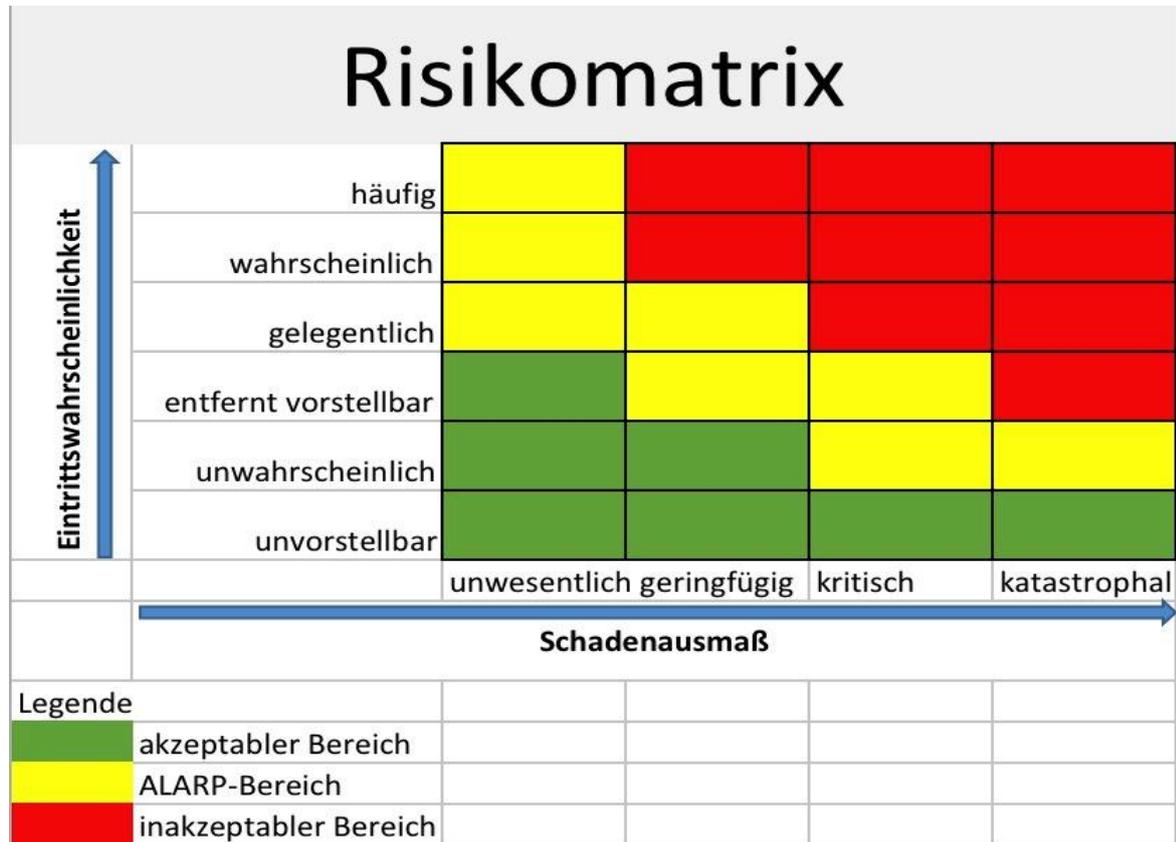
Hochschule Anhalt; Prof. Hellriegel Institut e.V.; Dr. Deubel, Annette; Prof. Dr. Kratzsch, Georg; Prof. Dr. Orzessek, Dieter: **Erntelisten 2012 bis 2016.**
Bernburg/Strenzfeld

Wetterdaten

DWD; Station Bernburg/Strenzfeld: **Wetterdaten von 1961 – 2016**

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Darstellung der Risikomatrix (vgl.: Internetquelle 13, www.hmc2.de)



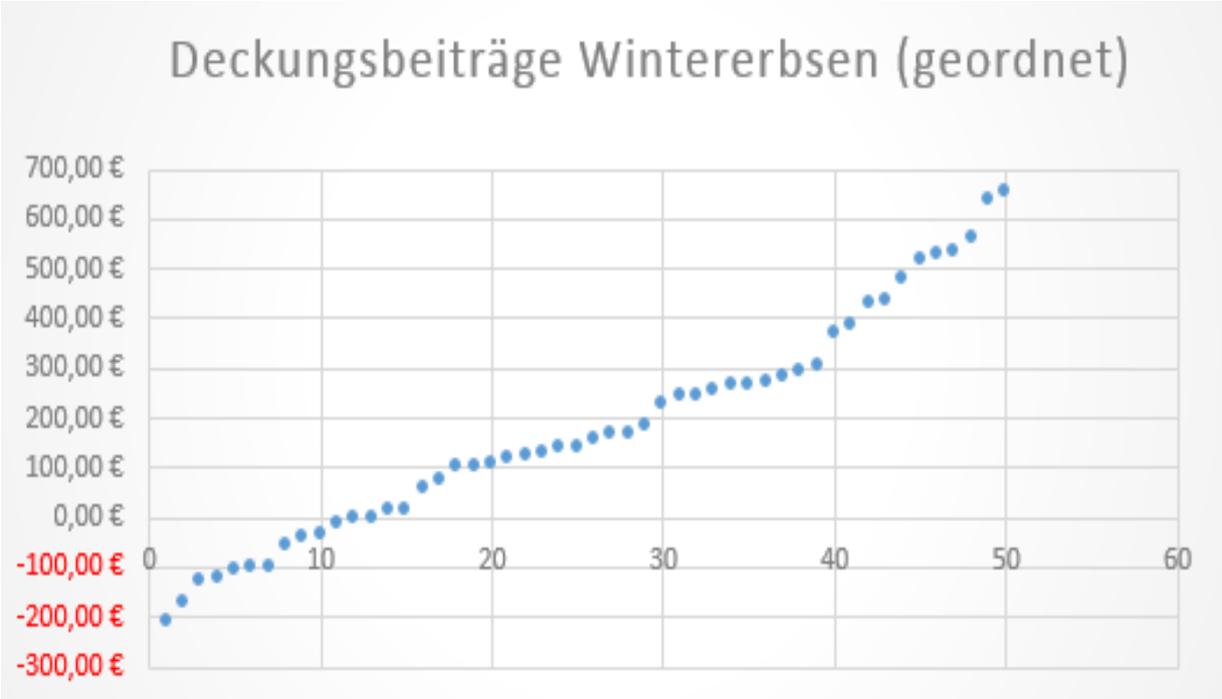
Anlage 2: Aufbau der Monte-Carlo-Simulation für Wintererbsen in EXCEL mit Kahlfrostergebnisgenerator, einem Teilausschnitt erzeugter Deckungsbeiträge und den gegenübergestellten Gesamtdeckungsbeiträgen

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	DB Simulator für Wintererbsen mit	Obergr. WE	Untergr. WE	Schwankungsb. WE	Anzahl Kahlfrostergebnis		Obergr. SE	Untergr. SE	Sb SE
2	Kahlfrostergebnisgenerator	5	0	5	5				
3	Preis €/dt	26,00 €	12,00 €	14,00 €			26,00 €	12,00 €	14,00 €
4	variable Kosten €/ha	1.000,00 €	550,00 €	450,00 €			950,00 €	500,00 €	450,00 €
5	Ertrag dt/ha	62,30	42,90	19,40			65,00	35,20	29,80
6					Kahlfrostergebnisgenerator				
7	normalverteilte Zufallszahl Ertrag WE	0,590763243	0,655123367	0,583856608	0,696659637	0,58372845	0,68916309	0,0791465	0,63344002
8	definierte Normalverteilung Ertrag WE	54,36	55,61	54,23	56,42	54,22	56,27	44,44	55,19
9	Preis Futtererbse	17,29	25,02	16,27	14,27	13,74	22,64	21,02	20,14
10	variable Kosten Wintererbsen	925,81	912,28	638,38	841,28	579,15	846,60	767,07	582,50
11	Deckungsbeitrag Wintererbsen	14,15 €	478,86 €	243,66 €	-36,31 €	166,11 €	427,61 €	167,04 €	529,06 €
12									
13	normalverteilte Zufallszahl Ertrag SE	0,580498415	0,570495953	0,169355782	0,470363808	0,51564861	0,45722521	0,25697746	0,56592881
14	definierte Normalverteilung Ertrag SE	52,68	53,71	47,66	53,26	51,78	52,97	39,68	53,27
15	variable Kosten Sommererbsen	571,42 €	652,55 €	944,04 €	836,51 €	766,43 €	859,21 €	833,84 €	701,84 €
16	Deckungsbeitrag Sommererbsen	339,51 €	691,18 €	-168,85 €	-76,52 €	-54,72 €	340,33 €	0,26 €	371,11 €
17									
18	Gesamtdeckungsbeitrag WE je 50 Jahre	8.896,50 €							
19	Gesamtdeckungsbeitrag SE je 50 Jahre	8.800,83 €							
20									

Anlage 3: Ausschnitt aus dem Aufbau des Zufallszahlengenerators, welcher simultan die willkürliche Zahlenfolge der 50 Jahre in die Monte-Carlo-Simulation für Wintererbsen in EXCEL mit einpflegt

34			
35	50 Jahre Zufallszahlgenerator	0,689048415	15
36		0,062782936	49
37		0,876862802	7
38		0,372952306	32
39		0,471591694	30
40		0,467509533	31
41		0,315442946	36
42		0,053321153	50
43		0,476713246	29
44		0,688727419	16
45		0,692586403	13
46		0,286060403	38
47		0,692094823	14
48		0,832766751	8
49		0,919122429	2
50		0,771757706	11
51		0,894873327	4
52		0,163796732	40
53		0,187740023	39
54		0,565523701	25
55		0,115580096	44
56		0,61356708	21
57		0,881758561	6
58		0,889241816	5
59		0,539775407	28
60		0,578910884	24
61		0,077214484	47
62		0,158808831	41
63		0,103935753	46

Anlage 4: Alle 50 vom Simulationsmodell erzeugten Wintererbsendeckungsbeiträge, aufsteigend geordnet zur besseren Identifizierung der negativen Deckungsbeiträge



Selbstständigkeitserklärung

Erklärung

Hiermit versichere ich, Michael Horrmann, diese vorliegende Bachelorarbeit

Risikobewertung von Wintererbsen im Vergleich zu Sommererbsen - Eine Alternative für die Zukunft?

selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt zu haben. Ich habe dabei nur die in der Arbeit angegebenen Quellen und Hilfsmittel, einschließlich der abgegebenen oder beschriebenen Software benutzt. Die aus den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen wurden als solche kenntlich gemacht.

Diese Bachelorarbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Ich bin mir des Weiteren bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben kann.

Bernburg/Strenzfeld, den 07.03.2018

Michael Horrmann