



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

ÖKONOMISCHE BEWERTUNG VON LOW-INPUT-GENOTYPEN UNTER DER BERÜCKSICHTIGUNG VON KOSTENEINSPARUNGSEFFEKTEN FÜR FUNGIZIDE

J. Ryll, P. Wagner

johannes.ryll@landw.uni-halle.de

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und
Ernährungswissenschaften, Professur für Landwirtschaftliche Betriebslehre,
Karl-Freiherr-von-Fritsch-Str. 4, 06120 Halle (Saale)



2018

Vortrag anlässlich der 58. Jahrestagung der GEWISOLA
(Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.)

„Visionen für eine Agrar- und Ernährungspolitik nach 2020“
Kiel, 12. bis 14. September 2018

Copyright 2018 by authors. All rights reserved. Readers may make verbatim copies of this document for non-commercial purposes by any means, provided that this copyright notice appears on all such copies.

ÖKONOMISCHE BEWERTUNG VON LOW-INPUT-GENOTYPEN UNTER DER BERÜCKSICHTIGUNG VON KOSTENEINSPARUNGSEFFEKTEN FÜR FUNGIZIDE

Zusammenfassung

Durch die Betonung ökologischer Aspekte in der europäischen Agrarpolitik steigt die Bedeutung ressourceneffizienter Genotypen mit erhöhter Widerstandsfähigkeit gegen abiotische und biotische Stressfaktoren. Eine Möglichkeit zur Senkung negativer Externalitäten bietet die Resistenzzüchtung durch Erschließung neuer genetischer Ressourcen bislang ungenutzter Wildarten. Im Rahmen einer ökonomischen Bewertung der beiden Wildgerstenintrogressions-Population S42IL und HEB-25 des Forschungsprojektes BARLEY BIODIVERSITY, wird in diesem Beitrag das wirtschaftliche und ökologische Potenzial widerstandsfähiger Genotypen aufgezeigt. Anhand der fungizidkostenfreien Leistung konnten unter Verwendung des Prinzips der ökonomischen Schadschwelle aus den Testgenotypen züchterisch und wirtschaftlich wertvolle Low-Input-Genotypen identifiziert werden. Diese sind im Gegensatz zu den unter gleichen Versuchsbedingungen getesteten Standardanbausorten dadurch charakterisiert, dass die individuelle ökonomische Schadschwelle für den rentablen Einsatz von Fungiziden nicht überschritten wird. Aufgrund einer höheren Ertragsstabilität im Anbausystem ohne Fungizide kann bei diesen Neuzüchtungen auf eine Fungizid-Behandlung verzichtet werden, was zur Reduzierung der variablen Kosten führt. Der monetäre Erlösverlust, der gegenüber den Standardsorten als Folge der geringeren Anbauintensität entsteht, kann teilweise durch den Kosteneinsparungseffekt kompensiert werden, sodass Rentabilitätssteigerungen zwischen 22 und 77 €/ha nachgewiesen werden konnten. Landwirten und Pflanzenzüchtern wird durch die Ergebnisse dieser Untersuchung die betriebswirtschaftliche Bedeutung widerstandsfähiger Genotypen mit mittlerer Ertragsleistung im Vergleich zu ertragreicheren, aber anfälligeren Sorten vergegenwärtigt.

Keywords

Pflanzenzüchtung, Kosteneinsparungseffekte, ökonomische Schadschwelle, Fungizid, Risikoanalyse

1 Einleitung

Das wirtschaftliche Verlustpotenzial von mykotisch, bakteriell und viral bedingten Krankheiten sowie tierischen Schädlingen im Pflanzenbau ist beträchtlich (STRANGE & SCOTT 2005). Durch Wachstums- und Vitalitätsminderung würden die globalen Ertragsverluste der Gerstenproduktion ohne den vorbeugenden Einsatz von Pflanzenschutz bei ca. 50 % liegen (OERKE & DEHNE 2004: 278). Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln leistet einen präventiven Beitrag zur Reduktion dieser Ernteverluste. Diesbezüglich bescheinigen WITZKE & NOLEPPA (2011: 29) dem Pflanzenschutz „eine außerordentlich hohe gesamtwirtschaftliche Bedeutung“. Trotz dieser hohen wirtschaftlichen Bedeutung scheint das Potenzial des chemischen Pflanzenschutzes zur Ertragssicherung zumindest in Europa weitgehend ausgeschöpft. Die Intensivlandwirtschaft steht aufgrund der vielfältigen ökologischen Risiken chemischer Wirkstoffe einer wachsenden Kritik gegenüber. Dieser gesellschaftliche Stimmungswandel hat längst zu einem agrarpolitischen Umdenken beigetragen. Durch die verstärkte Betonung ökologischer Aspekte gilt es, die politischen Ziele Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit in einem multifunktionalen Konzept der Nachhaltigkeit zu vereinen. Vor diesem politischen Hintergrund und den hinlänglich bekannten Risiken des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft erschweren Reglementierungen die Neuzulassung und Anwendung chemischer Wirkstoffe. Mit diesen zunehmenden

regulatorischen Hürden steigen die Kosten für die Markteinführung neuer Pflanzenschutzwirkstoffe (McDOUGALL 2013). Die politische und gesellschaftliche Debatte zum Thema Pflanzenschutz und die damit verbundenen Folgen sind problematisch für die moderne europäische Landwirtschaft. Seit etlichen Jahren besteht aufgrund ökonomischer Überlegungen ein deutlicher Trend zu engeren Fruchtfolgen, zum Verzicht auf eine wendende Bodenbearbeitung und zu frühen Aussaatterminen. Diese Faktoren begünstigen die Entstehung hoher Konzentrationen von Schaderregern, sodass eine zunehmende Abhängigkeit der Agrarproduktion vom chemischen Pflanzenschutz besteht. Eine wesentliche Folgeproblematik für Umwelt und Landwirtschaft sind verstärkte Resistenzbildungen, sodass die Wirkstoffeffizienz sukzessive nachlässt. Diese Resistenzproblematik zieht wiederum steigende Pflanzenschutzmittel-Intensitäten bei den landwirtschaftlichen Anwendern nach sich, da die progressiv nachlassende Wirkung nur durch verstärkte Aufwandmengen zu kompensieren ist (LFULG 2014).

Die aufgezeigten Herausforderungen verdeutlichen, dass die Züchtung robuster und resistenter Sorten zur Verminderung des Fungizid-Einsatzes von zentraler Relevanz ist. Resistenzzüchtung stellt zukünftig einen „Eckpfeiler in der Ernährungssicherung dar“ (WEHLING 2004: 78) und ist „eine der wichtigsten, vorbeugenden Maßnahmen zur Herabsetzung der Schadenswahrscheinlichkeit“ (HEITEFUSS 2000: 103). Negative Umweltbelastungen und Resistenzbildungen können durch einen Verzicht von Pflanzenschutzanwendungen minimiert werden. Diesem Schwerpunkt widmet sich das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ geförderte Projekt BARLEY BIODIVERSITY. Durch die Einkreuzung widerstandsfähiger und bislang unkultivierter Wildarten mit hoher genetischer Diversität in bestehende Sorten wird sowohl eine Steigerung der Biodiversität als auch eine Verbesserung von Resistenzeigenschaften für die Kulturart Sommergerste beabsichtigt.

Ziel dieses Beitrages ist die monetäre Bewertung der Neuzüchtungen der beiden Populationen S42IL und HEB-25. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Quantifizierung von Effizienzverbesserungen unter extensiven Anbaubedingungen ohne Fungizid-Einsatz. Es soll der wirtschaftliche Vorzug widerstandsfähiger Genotypen mit mittlerer Ertragsleistung im Vergleich zu den ertragreicheren, aber anfälligeren Kultureltern aufgezeigt werden. Dazu wird zunächst anhand von Daten aus Feldversuchen geprüft, ob unter den Neuzüchtungen züchterisch wertvolle Low-Input-Genotypen detektiert werden können, deren ökonomische Schadschwelle für den rentablen Einsatz von Fungiziden nicht überschritten wird. Daran anschließend wird durch einen Vergleich mit Standardsorten demonstriert, welche betriebswirtschaftliche Bedeutung diese Kosteneinsparungseffekte haben. Die Ergebnisse aus BARLEY BIODIVERSITY sollen einen Beitrag für eine nachhaltige und zukunftsfähige Agrarproduktion leisten. Gleichzeitig soll Landwirten und Pflanzenzüchtern durch die wirtschaftliche Bewertung im Rahmen dieses Beitrages die Relevanz widerstandsfähiger Sorten mittlerer Ertragsleistung vergegenwärtigt werden.

2 Charakteristik und Defizite landwirtschaftlicher Sortenbewertung

Die Beschreibende Sortenliste (BSL) des Bundessortenamtes (BSA) dokumentiert objektiv die Ausprägung von Anbau-, Resistenz-, Qualitäts- und Ertragsseigenschaften von Kulturpflanzen (BSA 2016). In Deutschland sind diese neutralen Wertprüfungen zusammen mit den unter regionalen Standortbedingungen durchgeführten Landessortenversuchen (LSV) unerlässliche Grundlagen für die Sortenempfehlung durch die landwirtschaftlichen Beratungsstellen. Standardmäßig erfolgt die Bewertung aller leistungsrelevanten Eigenschaften durch das Sortenversuchswesen unter normierten Anbaubedingungen über die Boniturnotenvergabe von 1 bis 9. „Die ausschließliche Orientierung an den Landessortenversuchen [als Grundlage für die betriebliche Sortenwahl] hat jedoch wesentliche Schwächen, weil dort im Anbau für alle Sorten die gleiche Vorfrucht, die gleiche Saatzeit und das gleiche Fungizid-Programm gelten und die

Versuche überwiegend nach Blattfrucht stehen“ (MANN & BRINKMANN 2014: 3). Die standort-spezifische Sortenwahl stellt den landwirtschaftlichen Betrieb vor eine komplexe Entscheidung mit weitreichenden betriebswirtschaftlichen Konsequenzen. Aufgrund der Vielzahl wertbestimmender Eigenschaften und den genannten Schwächen in der Versuchsdurchführung kann aus den LSV oder Wertprüfungen nicht unmittelbar auf den Faktor Wirtschaftlichkeit geschlossen werden. Ordinalskalierte phänotypische Boniturnoten geben dem Landwirt bei der Sortenwahl lediglich eine Orientierung und sind nur bedingt zur Ableitung betriebswirtschaftlicher Sorteneffekte geeignet.

Im Interesse der Minimierung des Markt- und Witterungsrisikos gilt es für den Landwirt, bei der Sortenauswahl eine Balance zwischen ertragreichen, jedoch zumeist anfälligeren Sorten und widerstandsfähigen Genotypen zu finden. Aufgrund der Schwierigkeiten bei der betriebswirtschaftlichen Interpretation von Sortenversuchen folgt die Sortenwahl einer Kombination aus landwirtschaftlicher Intuition, Erfahrung und Beratungsempfehlung. In der Praxis wird landläufig das Einzelmerkmal eines hohen Kornertrages als oberste Prämisse für die Rentabilität einer Anbausorte interpretiert. Zweifellos ist der Ertrag die wichtigste Komponente für den Erlös des Landwirts. Jedoch vernachlässigt die starke Fokussierung auf das Merkmal Ertrag den spezifischen Produktionsmittel- sowie Arbeitszeitbedarf und die damit verbundenen variablen Kosten einer Sorte, die zur Erreichung des hohen Ertragsniveaus notwendig sind. Unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit ist die überdurchschnittliche Bewertung der Ertragseigenschaften durchaus zu beklagen, da ressourceneffizientere¹, aber im Maximalertrag schwächere Sorten aus ökologischen Gesichtspunkten zu präferieren sind. Jedoch fehlt es bislang an einem geeigneten Bewertungsindikator, um den Vorzug dieser Sorten in einer betriebswirtschaftlich interpretierbaren Kenngröße zu kommunizieren. Daher stellt sich die Frage, warum nicht der sortenspezifische Deckungsbeitrag als Bewertungskriterium für die Leistungsfähigkeit einer Sorte herangezogen werden kann, um dem Landwirt eine hilfreiche Entscheidungsunterstützung bei der Sortenwahl liefern zu können und gleichzeitig die betriebswirtschaftliche Bedeutung stresstoleranter bzw. widerstandsfähiger Sorten durch die Berücksichtigung variabler Kosten in den Fokus zu stellen. Der wesentliche Vorteil scheint zunächst offensichtlich zu sein: Alle ein- und auszahlungsrelevanten Eigenschaften einer Pflanzensorte sind in einer allgemeingültigen Kennziffer beschrieben.

Warum der ökonomische Ansatz einer monetären Bewertung zur Einschätzung des Leistungspotenzials von Kulturpflanzen im Sortenversuchswesen keine Anwendung findet, begründet sich vermutlich dadurch, dass bei einer monetären Sortenbewertung aufgrund der verzerrenden Wirkung von Preiseffekten die Gefahr von Fehleinschätzungen unter veränderten ökonomischen Rahmenbedingungen besteht. Damit wird das Ziel einer allgemeingültigen Sortenbeschreibung verfehlt. Eine hohe Preisvolatilität ist charakteristisch für landwirtschaftliche Faktor- und Produktmärkte, sodass sich im Rahmen einer monetären Sortenbewertung die entscheidende Frage stellt, welcher Preisansatz zu wählen ist. Die Bewertung mit gegenwärtigen Preisen stellt lediglich eine Momentaufnahme dar und auch die Berücksichtigung von Durchschnittspreisen ist mit einem gewissen Bewertungsrisiko verbunden, sodass auch ein monetärer Bewertungsindikator aufgrund unsicherer Preisentwicklung keine geeignete Entscheidungsgrundlage für die Sortenwahl darstellt. Darüber hinaus besteht infolge der verzerrenden Wirkung von Preiseffekten die Gefahr, dass landwirtschaftliche Produzenten durch einen monetären Bewertungsindikator zu falschen oder einseitigen Anbauentscheidungen verleitet werden. Dies ist nicht im Sinne einer objektiven Bewertung und verfehlt das Ziel zur Entscheidungsunterstützung der Landwirte bei der Sortenwahl.

¹ Der Begriff Ressourceneffizienz bezieht sich auf das Verwertungspotenzial landwirtschaftlicher Inputs (Nährstoffe, Wasser, Pflanzenschutzmittel) und wird allgemein als Verhältnis zwischen Input und Output definiert. Beispiel ist die Stickstoffeffizienz als Verhältnis von Korntrockengewicht zu pflanzenverfügbarem Stickstoff.

Die erläuterten Zusammenhänge deuten zunächst darauf hin, dass eine monetäre Bewertung von Genotypen im Vergleich zu herkömmlichen züchterischen Standardbewertungsverfahren keinen maßgeblichen Mehrwert generiert. In Bezug auf das Ziel einer objektiven Beschreibung von Sorteneigenschaften durch LSV bzw. Wertprüfungen ist dies zutreffend. Trotzdem besteht ein Informationsdefizit, die Fähigkeit eines Genotyps im Hinblick auf den Bedarf landwirtschaftlicher Betriebsmittel monetär einschätzen zu können. Anders ausgedrückt: Ein geeigneter Indikator für die Erfassung wirtschaftlicher Effekte resistenter und widerstandsfähiger Genotypen wäre wünschenswert. Die Verwendung eines monetären Bewertungsindikators für die Einschätzung der Produktionsleistung der im Projekt BARLEY BIODIVERSITY gezüchteten Genotypen begründet sich im Wesentlichen durch die folgenden Aspekte:

- Boniturnoten unterliegen teilweise einer subjektiven Einschätzung und sind ökonomisch schwer interpretierbar. Im Vergleich dazu liefern mengen- oder wertbasierte Kenngrößen ein höheres Maß an Objektivität und ermöglichen aus betriebswirtschaftlicher Perspektive Schlussfolgerungen hinsichtlich der Rentabilität der Testgenotypen.
- Im landwirtschaftlichen Produktionsprozess kommt eine Vielzahl an Produktionsfaktoren zum Einsatz. Aufgrund unterschiedlicher Maßeinheiten handelt es sich dabei um nicht addierbare Größen. Die Wirtschaftlichkeit eines Produktionsverfahrens lässt sich daher durch eine monetäre Bewertung über Faktor- und Produktpreise besser darstellen als über physische Einheiten.
- Ressourceneffiziente, jedoch unter üblichen High-Input-Anbausystemen ertragsschwächere Sorten sind angesichts der teilweise zu beklagenden Überbewertung physischer Ertragsleistung in der landwirtschaftlichen Praxis von untergeordneter Bedeutung. Um den Vorzug widerstandsfähiger Genotypen mit mittlerer Ertragsleistung herauszustellen und einer breiten Masse, sowohl Landwirten als auch Züchtern, zugänglich zu machen, bedarf es eines intuitiv verständlichen Bewertungsmaßstabs. Daher bietet sich die Bewertung über monetäre Größen an, da diese wesentlich leichter zu interpretieren sind. Quantifizierbare Kosteneinsparungen (z. B. durch verringerten Fungizid-Einsatz infolge verbesserter Resistenzeigenschaften) bieten ein starkes Argument zur weiteren züchterischen Verwendung sowie zum Anbau dieser Genotypen.
- Die Bewertung über Boniturnoten vernachlässigt die Rahmenbedingung des Marktes bei der Sortenbewertung zugunsten einer allgemeingültigen Aussagefähigkeit vollständig.

3 Methode

Wie das vorangegangene Kapitel zeigt, ist eine ökonomische Bewertung unterschiedlicher Testgenotypen auf monetärer Basis sowohl im praktischen Züchtungswesen als auch in der wissenschaftlichen Pflanzenzüchtung weitgehend unüblich und stellt ein gewisses Alleinstellungsmerkmal dar. Ökonomische Aussagen über die Vorteilhaftigkeit unterschiedlicher landwirtschaftlicher Produktionsverfahren - in diesem Beitrag die Bewertung verschiedener Genotypen von Sommergerste - erfolgen in der Regel auf Basis einer Teilkostenrechnung durch Gegenüberstellung von Erlösen mit variablen Kosten (Direktkosten und variable Arbeitserledigungskosten). Die Vorteilhaftigkeit einer neuen Sorte wird durch zwei Effekte bedingt: Outputeffekt (Erhöhung der Erträge und der Ertragssicherheit, Verbesserung der Qualitäten) und Kosteneinsparungseffekt (Reduktion des Betriebsmitteleinsatzes). Da moderne Hochleistungssorten über Jahrzehnte hinweg auf ertrags- und qualitätsorientierte Merkmale selektiert wurden, weisen nicht adaptierte Wildarten insgesamt ein deutlich geringeres Ertragspotenzial auf. In diesem Kontext wird vermutet, dass die Ertragsleistung der Kreuzungsprodukte (ökonomisch zu bewertende Testgenotypen aus BARLEY BIODIVERSITY), im Vergleich zu den beiden als Kultureltern verwendeten Sorten Scarlett und Barke, im Durchschnitt geringer sein wird. Im

Hinblick auf die größere genetische Variation der Wildarten besteht jedoch die Wahrscheinlichkeit einer verbesserten Widerstandsfähigkeit gegen abiotische und biotische Stressfaktoren. Diesbezüglich soll geprüft werden, ob unter den Neuzüchtungen Genotypen existieren, die unter extensiveren Anbaubedingungen (Low-Input-Bedingungen) ohne praxisüblichen Fungizid-Einsatz besser reagieren als etablierte Kontrollsorten.

3.1 Feldversuch

Um zu eruieren, ob die höhere Ertragsstabilität tatsächlich zu veritablen Kosteneinsparungseffekten führt, wurden auf der Datenbasis zweijähriger Feldversuche zwischen 2015 und 2016 jeweils 6 ertragsstarke Genotypen der beiden Wildgersten-Introgressionslinien² HEB-25 und S42IL selektiert (insgesamt 12 Testgenotypen). Im Jahr 2017 wurden diese Genotypen in einem Feldversuch hinsichtlich ihrer Ertragseigenschaften in differenzierten Anbausystemen untersucht. Als Anlagemethode wurde die zwei-faktorielle Spaltanlage mit 6-facher Wiederholung ausgewählt. Der Prüffaktor A beinhaltet die Intensität der Pflanzenschutzmittelbehandlung, wobei unter arbeitstechnischen Gesichtspunkten lediglich zwischen den beiden Faktorstufen mit und ohne Fungizid-Behandlung unterschieden wurde und nicht nach individueller Schadschwelle. Prüffaktor B stellten 16 Genotypen dar, wobei zu den 12 Introgressionslinien die beiden Kultureltern Barke und Scarlett sowie 2 aktuelle Standardelitesorten (Planet und Quench) hinzukamen. Die Parzellengröße wurde auf 7,5 m² festgelegt (1,5 x 5 m). Insgesamt beinhaltet das Versuchsschema 192 Parzellen (16x2x6).

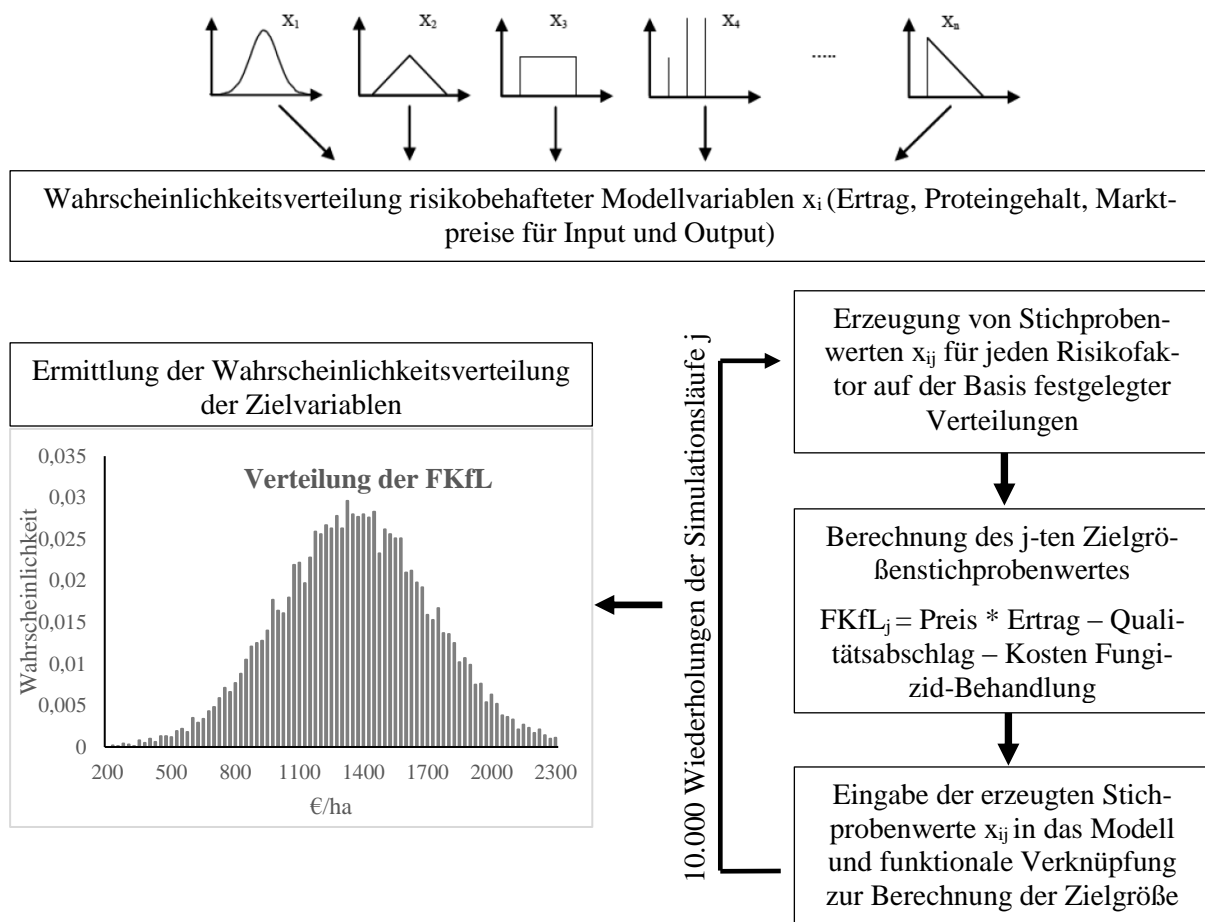
3.2 Ökonomische Bewertung

Dieser Feldversuch basiert auf der Annahme, dass widerstandsfähige Introgressionslinien in ihrem Ertrag in einer extensiveren Behandlungsvariante (ohne Fungizide) im Vergleich zur praxisüblichen Variante (mit Fungizid) weniger stark abfallen als die Standardsorten (höhere Ertragsstabilität der Introgressionslinien). Aus ökonomischer Perspektive ist der Einsatz von Fungiziden nur dann ratsam, wenn der befürchtete Erlösverlust größer ist als die Mehrkosten einer Bekämpfung (Prinzip der Schadschwelle). Auf Basis der fungizidkostenfreien Leistung (FKfL) wird geprüft, inwieweit sich bei der Über- bzw. Unterschreitung der ökonomischen Schadschwelle Unterschiede zwischen den Introgressionslinien (S42IL, HEB-25) und den Sorten ergeben. Ziel ist es, aus den Neuzüchtungen Genotypen zu identifizieren, deren Schadschwelle für eine wirtschaftlich rentable Fungizid-Behandlung nicht überschritten wird. Daran anknüpfend wird eruiert, ob diese möglichen Effekte der Kosteneinsparung ausreichen, um negative Ertragseffekte aufgrund geringerer Anbauintensität zu kompensieren. Als Referenz für die Ertragsleistung und den Faktor Wirtschaftlichkeit werden in diesem Zusammenhang Vergleiche mit den beiden Kulturelternsorten Scarlett und Barke herangezogen.

Der Faktor Unsicherheit stellt bei der monetären Bewertung der Genotypen einen maßgeblichen Einflussfaktor dar. Dies gilt nicht nur in Bezug auf die Ergebnisse der Feldversuche (z. B. Ertragsschwankungen), sondern insbesondere bei der Festlegung verrechnungsrelevanter Input- und Outputpreise. Eine zeitpunktbezogene Bewertung mit gegenwärtigen Marktpreisen bietet aufgrund der Volatilität von Agrarpreisen keine geeignete zukünftige Entscheidungsgrundlage. Um Fehlinterpretationen vorzubeugen, erscheint daher die Durchführung einer stochastischen Risikoanalyse unter Berücksichtigung von Marktunsicherheiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten sinnvoll. Ein verbreitetes mathematisch-analytisches Instrument des Risikomanagements stellt die Monte-Carlo-Simulation (MCS) dar, mit der eine repräsentative Anzahl zukünftiger risikobedingter Szenarien berechnet und analysiert werden kann. Die MCS ermöglicht es, stochastische Probleme zu simulieren, indem auf der Basis einer gewählten Wahrscheinlichkeitsverteilung zufällige Stichproben erzeugt werden.

² Introgressionslinien entstehen durch Kreuzung zwischen Kulturarten und verwandten Wildarten.

Abbildung 1: Prozessschritte der Monte-Carlo-Simulation



Quelle: In Anlehnung an SCHMALLOWSKY & REIMERS (2015).

Zur Durchführung der MCS wurde in dieser Arbeit das Microsoft Excel-Ergänzungstool @Risk verwendet. Abbildung 1 zeigt die wesentlichen Prozessschritte zur Bestimmung der Verteilungsfunktion der genotypspezifischen FKfL. Wesentliche Voraussetzung für die Validität der Ergebnisse ist eine bewusste Annahme der zugrunde liegenden Verteilungsfunktionen unsicherer Einflussfaktoren. Diesbezüglich lassen sich 1) Mengenrisiko (Erträge), 2) Qualitätsrisiko (Proteingehalt) und 3) Faktor- und Produktpreisrisiko für Sommergerste als risikobehaftete Modellvariablen identifizieren. Für das Mengen- und Qualitätsrisiko konnten Verteilungsfunktionen anhand der Feldversuche bestimmt werden. Die Spezifität der qualitätsbedingten Preisbildung von Braugerste in der monetären Bewertung wurde durch folgende Annahmen berücksichtigt³:

- Preisabschlag von 1,5 €/t bei Überschreitung des zulässigen Proteingehaltes um 0,1 % (zulässig ab einem Proteingehalt von 11 % bis maximal 12 %).
- Ab einem Proteingehalt von 12,1 % ist die Vermarktung als Braugerste unzulässig und es erfolgt die Verrechnung mit Preisen von Futtergerste.

Für die Berücksichtigung des Preisrisikos wurde auf historische Marktdaten für Braugerste bzw. Futtergerste⁴ zurückgegriffen. Tabelle 1 gibt einen groben Überblick über die Verteilungsparameter der Modellvariablen. Anhand dieser Verteilungsfunktionen lassen sich Stichprobenwerte generieren. Dabei gilt es, stochastische Abhängigkeiten (Korrelationen) zwischen dem

³ Nach den Richtlinien des Deutschen Raiffeisenverbandes (DRV) für den Vertragsanbau von Braugerste für das Erntejahr 2017.

⁴ Auf der Basis 10-jähriger Marktdaten der Agrarmarkt Informations-Gesellschaft (AMI).

Braugersten- und Futtergerstenpreis sowie den Erträgen in den beiden Anbauvarianten zu berücksichtigen. Die Berechnung der Zielgröße erfolgt durch die funktionale Verknüpfung aller unsicherheitsbehafteten Modellvariablen durch nachfolgende Gleichung (1).

$$(1) \text{FKfL} = \text{Preis [€/dt]} * \text{Menge [dt]} - \text{Qualitätsabschlag [€]} - \text{Kosten Fungizid-Behandlung [€]}$$

Durch 10.000 Simulationsdurchläufe lässt sich die Verteilungsfunktion der FKfL für jeden Genotyp und jede Anbaustufe modellieren. Das Ziel der Anwendung der MCS im Kontext der wirtschaftlichen Bewertung der Testgenotypen besteht darin, durch die Berücksichtigung aller identifizierten Eintrittswahrscheinlichkeiten für Risikofaktoren und die Generierung einer großen Anzahl von Einzelszenarien, die Wahrscheinlichkeitsverteilung für die FKfL der Genotypen zu ermitteln. Damit ist die MCS einer klassischen Betrachtung von Einzelszenarien mit Durchschnittswerten deutlich überlegen. Im Hinblick auf die abschließende wirtschaftliche Bewertung der Testgenotypen lässt sich daraus die Wahrscheinlichkeit ableiten, mit der ein Genotyp einem anderen wirtschaftlich über- oder unterlegen ist.

Tabelle 1: Statistische Parameter risikobehafteter Modellvariablen

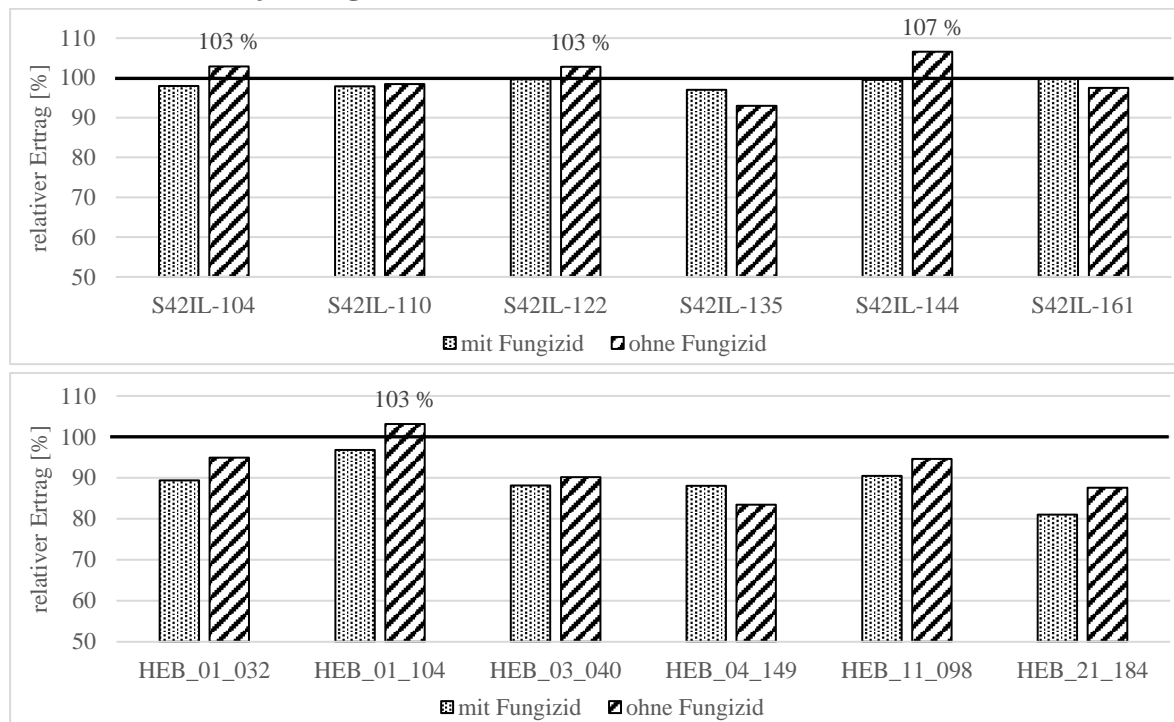
		Mittelwert		Standardabweichung	
		Min	Max	Min	Max
Ertrag [dt/ha]	FUN ₀	62,3	92,2	1,32	6,56
	FUN ₁	63,5	96,3	2,28	8,72
Protein [%]	FUN ₀	9,6	12,8	0,14	1,02
	FUN ₁	9,7	12,4	0,43	0,96
Preis Output [€/dt]	Braugerste	18,4		4,4	
	Futtergerste	15,3		3,8	
Preis Input [€/ha]	Fungizide	56,3		8,9	

Anmerkung: Für Erträge und Proteingehalte sind die Extremwerte aus allen 16 Genotypen angegeben. FUN₀ = Anbausystem ohne Fungizide; FUN₁ = Anbausystem mit praxisüblicher Fungizid-Behandlung.

4 Ergebnisse

Die im Vergleich zu den Kultureltern Scarlett (S42IL) und Barke (HEB-25) in Abbildung 2 dargestellten Relativerträge bestätigen die eingangs formulierte Hypothese, dass die Introgressionslinien unter Standardanbaubedingungen nicht das Ertragsniveau der Kultureltern überschreiten können. Unter praxisüblichen Anbaubedingungen konnten keine positiven Ertragseffekte beobachtet werden. Im Hinblick auf beabsichtigte Effizienzverbesserungen im Anbausystem ohne Fungizid zeigt sich jedoch, dass die Relativerträge in der unbehandelten Variante teilweise ansteigen (bei 9 von 12 Introgressionslinien). Es handelt sich bei den Neuzüchtungen der Populationen S42IL und HEB-25 also um durchschnittlich ertragsschwächere, jedoch gegenüber Schaderregern widerstandsfähigere Genotypen. Der Ertragsabfall infolge geringerer Anbauintensität ist kleiner als bei den Vergleichssorten. Dies wird insbesondere daran ersichtlich, dass 4 der getesteten Introgressionslinien (S42IL-104, S42IL-122, S42IL-144 sowie HEB_01_104) unter extensiven Anbaubedingungen das Ertragsniveau des jeweiligen Kultureltern überschreiten konnten, während dies unter Standardanbaubedingungen nicht erfolgte. In absoluten Werten liegen diese Ertragsverbesserungen im Anbausystem ohne Fungizid zwischen 2,2 und 5,1 dt/ha. Allerdings sind diese positiven Ertragseffekte nicht signifikant. Zur statistischen Absicherung dieser Ergebnisse werden in den nächsten Jahren weitere Versuche durchgeführt.

Abbildung 2: Relativerträge der Introgressionslinien S42IL und HEB-25 im Vergleich zu den jeweiligen Kultureltern Scarlett und Barke

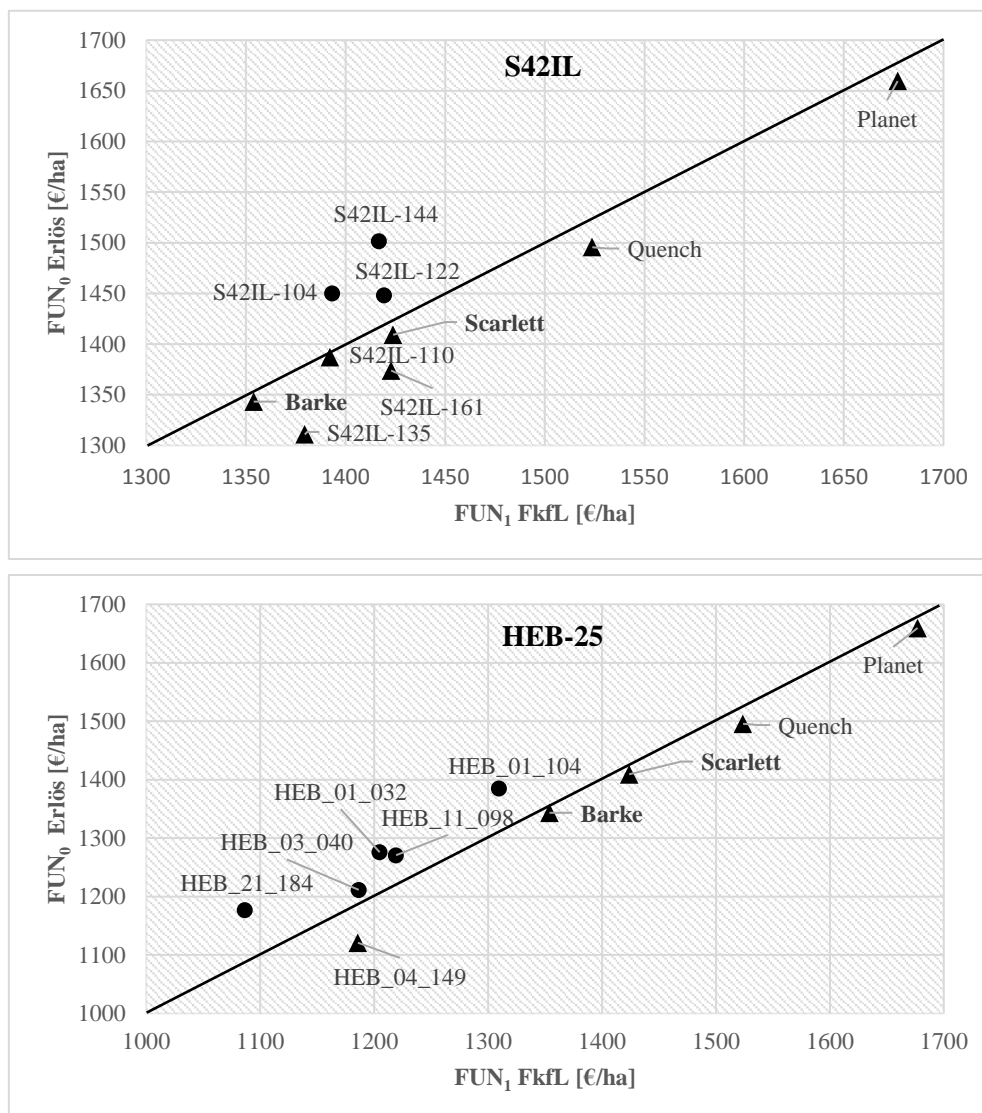


Anmerkung: Als Referenz (schwarze Linie) wurden die Durchschnittserträge der Kultureltern in der jeweiligen Anbauvariante gewählt. Grafik oben: Kulturelter Scarlett = 100 %, 82,2 dt/ha mit Fungizid, 78,3 dt/ha ohne Fungizid. Grafik unten: Kulturelter Barke = 100%, 78,3 dt/ha mit Fungizid, 74,6 dt/ha ohne Fungizid.

Quelle: Eigene Darstellung (2018).

Hinsichtlich des wirtschaftlichen Verzichtes auf den Fungizid-Einsatz gilt es, anhand der ökonomischen Schadschwelle zu validieren, ob diese erhöhte Widerstandsfähigkeit Behandlungskosten einspart und negative ökologische Folgeeffekte vermeiden kann. Abbildung 3 gibt Aufschluss über die Wirtschaftlichkeit des Fungizid-Einsatzes. Auf den beiden Achsen ist jeweils die monetäre Leistung der Versuchsglieder in beiden Anbausystemen abgetragen. Die ökonomische Schadschwelle für den rentablen Einsatz von Fungiziden wird anhand der diagonalen Linie dargestellt, sodass sich die Abbildung folgendermaßen interpretieren lässt: Genotypen, die sich unterhalb (rechts) der Diagonalen befinden erzielen bei einer praxisüblichen Fungizid-Behandlung eine höhere Rentabilität. Für alle Genotypen, die oberhalb (links) der Diagonalen liegen ist ein Behandlungsverzicht aufgrund höherer Widerstandsfähigkeit ökonomisch sinnvoll. Die grafische Darstellung verdeutlicht die Unterschiede zwischen den getesteten Sorten (Quench, Planet, Scarlett, Barke) und den Wildgersten-Introgressionslinien der S42IL und HEB-25. Bei allen vier Standardsorten wird die ökonomische Schadschwelle überschritten. Die mit Fungizid behandelte Variante ist im Durchschnitt besser als die Unbehandelte und der Fungizid-Einsatz ist demzufolge bei allen Sorten ökonomisch sinnvoll. Im Vergleich dazu ist ersichtlich, dass die Introgressionslinien unter extensiven Anbaubedingungen ohne Fungizid-Einsatz teilweise eine höhere Rentabilität aufweisen. Bei der S42IL konnten 3 und bei der HEB-25 sogar 5 besonders widerstandsfähige Linien identifiziert werden (liegen links der Diagonalen). Für diese Genotypen ist eine Fungizid-Applikation nicht sinnvoll, da in der unbehandelten Variante ein besseres wirtschaftliches Ergebnis erzielt wird. Die Mehrkosten für den Fungizid-Einsatz rentieren sich nicht und es besteht das Potenzial zur Kosteneinsparung.

Abbildung 3: Wirtschaftlichkeit des Fungizid-Einsatzes in Abhängigkeit der ökonomischen Schadschwelle



Anmerkung: FUN₀ = Anbausystem ohne Fungizide; FUN₁ = Anbausystem mit praxisüblicher Fungizid-Behandlung.

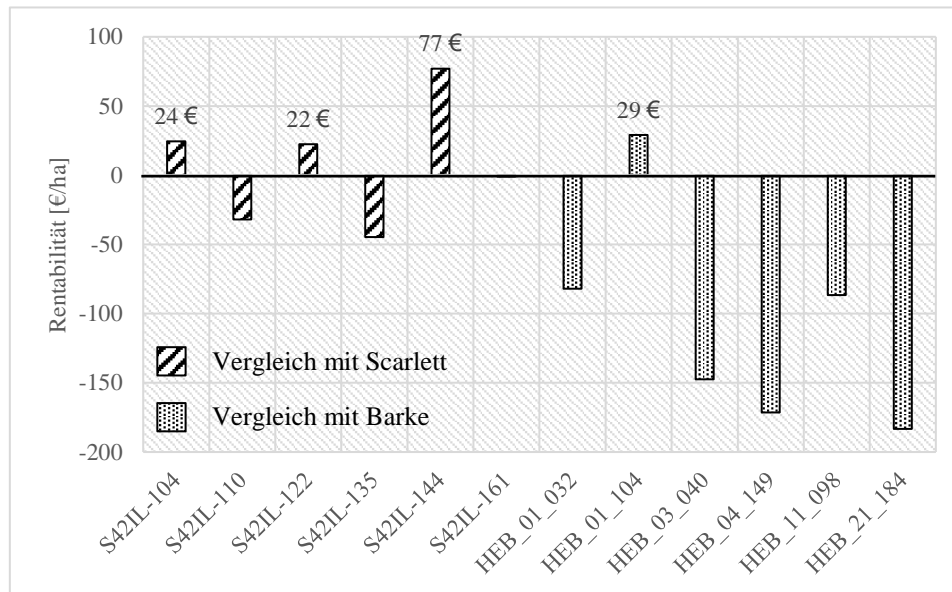
- ▲ Erreichen der wirtschaftlichen Schadschwelle → Fungizid-Applikation sinnvoll
- Nichterreichen der wirtschaftlichen Schadschwelle → Fungizid-Applikation nicht sinnvoll

Quelle: Eigene Darstellung (2018).

Im Vergleich zu den Standardsorten mit höherer Ertragsleistung besteht nicht nur das Potenzial von Kosteneinsparungen, sondern diese widerstandsfähigen Genotypen sind insbesondere unter ökologischen Aspekten der Nachhaltigkeit im Anbau zu präferieren. Da ökologische Folgekosten chemischer Wirkstoffe im betriebswirtschaftlichen Kalkül des Landwirtes jedoch keine Rolle spielen, werden sich resistente und widerstandsfähige Sorten nur dann im Anbau etablieren können, wenn für den Landwirt ein wirtschaftlicher Mehrwert zu erzielen ist. Im Hinblick auf die ökonomische Bewertung der Introgressionslinien stellt sich daher die Frage, ob der erläuterte Effekt der Kosteneinsparung ausreicht, um ein im Vergleich zu den Kultureltern geringeres Ertragsniveau zu kompensieren. Ein Rentabilitätsvergleich zwischen den Introgressionslinien und den Kultureltern wird in Abbildung 4 grafisch dargestellt. Dabei wurden jeweils effiziente Anbaubedingungen unterstellt. Für die drei Linien der S42IL, für die Kosteneinsparungseffekte ermittelt wurden, zeigt sich durchschnittlich eine positive monetäre Differenz. Das be-

deutet, dass der Anbau dieser Introgressionslinien ohne Fungizid im Vergleich zum praxisüblichen Anbau des Kulturelterns Scarlett zu Rentabilitätssteigerungen führt. Die monetäre Differenz variiert zwischen 22 und 77 €/ha. Bei der HEB-25 gleichen die Kosteneinsparungen das geringere Ertragsniveau nur in einer Variante aus. Nur die Linie HEB_01_104 führt zu Rentabilitätssteigerungen von durchschnittlich 29 €/ha. Bei allen genannten Linien führt die unbehandelte Anbauvariante zu einem besseren wirtschaftlichen Ergebnis als der Anbau der Kultureltern unter Standardbedingungen.

Abbildung 4: Rentabilitätsvergleich der Introgressionslinien mit den jeweiligen Kultureltern

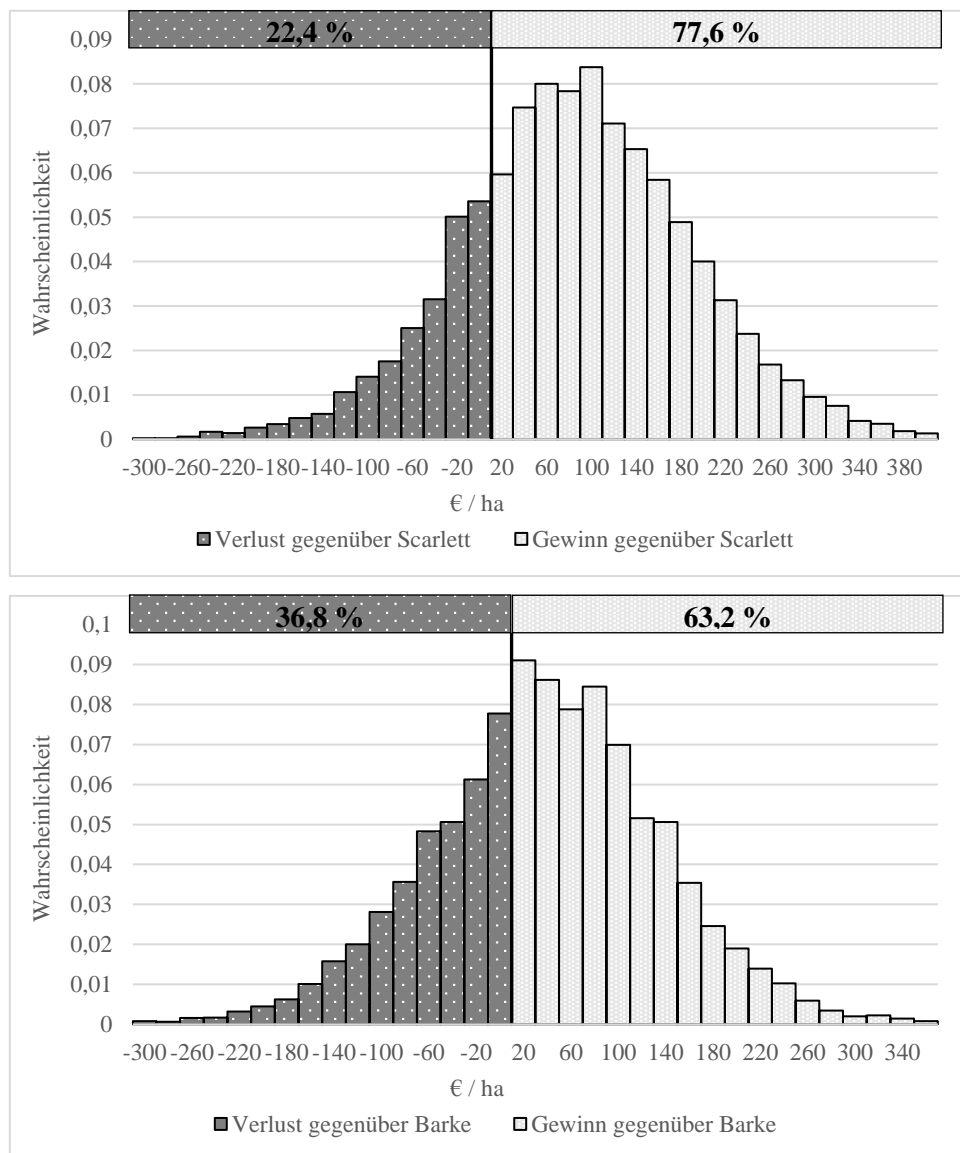


Anmerkung: Die Darstellung zeigt die Rentabilität der Introgressionslinien im Vergleich zu den jeweiligen Kultureltern (bei einem durchschnittlichen Braugerstenpreis von 18 €/dt).

Quelle: Eigene Darstellung (2018).

Die Differenzierung zwischen Output- und Kosteneinsparungseffekt verdeutlicht, in welchen Bereichen die Einkreuzung positiver Wildallele zu Effizienzsteigerungen führt. Wie bereits in den methodischen Vorüberlegungen vermutet, sind die positiven wirtschaftlichen Effekte nicht auf erhöhte Erträge oder verbesserte Qualitäten zurückzuführen (Outputeffekt), sondern auf Kosteneinsparungen infolge höherer Stresstoleranz gegenüber Schaderregern. Daher wird die Vorteilhaftigkeit der neuen Genotypen vor allem unter der Voraussetzung geringer Produktpreise (bzw. hoher Faktorpreise) offenbar. Positive Effekte stellen sich ein, wenn die Kosteneinsparung einer verringerten Anbauintensität (Reduktion des Betriebsmitteleinsatzes) größer ist als der Mehrertrag bei höherem Faktor-Einsatz. In Phasen hoher Agrarpreise genügt der Effekt der Kosteneinsparungen nicht immer, um geringere Erträge monetär zu kompensieren. Zur Berücksichtigung volatiler Agrarpreise wurde eine MCS durchgeführt, die Verteilungsparameter für Preise auf Grundlage 10-jähriger Marktdaten berücksichtigt. Wesentliche Ergebnisse sind in Abbildung 5 für den jeweils besten Genotypen der Populationen S42IL und HEB-25 dargestellt. Die Grafik zeigt für die Introgressionslinien S42IL-144 und HEB_01_104 die Wahrscheinlichkeitsverteilung für den Rentabilitätsvergleich mit den Sorten Scarlett bzw. Barke. Unter Berücksichtigung des Faktors Unsicherheit wird die Wahrscheinlichkeit für Rentabilitätssteigerungen der Linie S42IL-144 im Vergleich zum Kultureltern Scarlett mit 77,6 % ausgewiesen. Bei einem Vergleich mit Barke verifiziert auch der Anbau der Linie HEB_01_104 mit einer Wahrscheinlichkeit von 63,2 % einen positiven monetären Effekt.

Abbildung 5: Histogramm zur Visualisierung monetärer Effekte der Introgressionslinien S42IL-144 und HEB_01_104



Anmerkung: Abbildung oben: Wahrscheinlichkeitsverteilung der Rentabilität der Linie S42IL-144 im Vergleich zum Kulturelter Scarlett. Abbildung unten: Wahrscheinlichkeitsverteilung der Rentabilität der Linie HEB_01_104 im Vergleich zum Kulturelter Barke.

Quelle: Eigene Darstellung (2018).

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die aufbereiteten Ergebnisse der Risikosimulation dokumentieren, dass durch die Introgressionslinien im Vergleich zu den Kultureltern Scarlett und Barke teilweise Rentabilitätssteigerungen erzielt werden konnten. Dabei wurde die Unsicherheit der Bewertung anhand von Eintrittswahrscheinlichkeiten aus den Feldexperimenten sowie historischen Marktdaten berücksichtigt. Dies bestätigt die Hypothese, dass die Produktivität von Sommergerste durch Einkreuzung gebietsfremder Wildgersten gesteigert werden kann. Dass diese Leistungssteigerung lediglich in einigen Genotypen sichtbar wird, schränkt den Geltungsbereich dieser Aussage keinesfalls ein, da dies im Züchtungswesen aufgrund des großen Einflusses zufälliger Merkmalskombination bei der Kreuzung üblich ist. Positive genetische Eigenschaften der Wildgerste führen zu einer erhöhten Widerstandsfähigkeit gegen Schaderreger und können durch Verringerung des Schadpotenzials zur Kostensenkung beitragen.

Darüber hinaus sind die Ergebnisse insbesondere unter dem ökologischen Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit als relevant einzustufen. Unter der Voraussetzung weiterer Reglementierungen im Umgang mit Pflanzenschutzmitteln (z. B. Abgabe bzw. Steuer) könnte die wirtschaftliche Attraktivität von Low-Input-Genotypen weiter steigen.

Um im Hinblick auf die Wildgersten-Introgressionslinien von Sorteninnovationen sprechen zu können, besteht die Notwendigkeit, die Lücke zwischen genetischer Grundlagenforschung und dem Markt zu schließen. Es bedarf einer Markteinführung in Form von neuen Braugerstensorten, die kurze Chromosomenabschnitte mit positiven genetischen Eigenschaften der Wildgersten in sich tragen. Erst durch diese segmentale Einkreuzung identifizierter leistungsfördernder Chromosomenabschnitte bei aktuellen Elitesorten kommt es tatsächlich zu einer Erhöhung der genetischen Diversität im Genpool der Pflanzenzüchtung. Auch wenn in der praktischen Landwirtschaft aufgrund von Risikoaversion und witterungsbedingtem Starkbefall nicht komplett auf den Fungizid-Einsatz verzichtet werden kann, bietet die züchterische Verwertung der Wildgersten-Introgressionslinien ein großes Potenzial zur Herabsenkung chemischer Aufwandsmengen. Dadurch können positive ökologische und volkswirtschaftliche Effekte in der Praxis etabliert werden. Diese Arbeit kann einen Beitrag leisten, dass die als vorteilhaft identifizierten Genotypen von privatwirtschaftlichen Züchtungsunternehmen als Kreuzungspartner verwendet und die Nachkommen auf das in den Introgressionslinien vorhandene Wildgerstenallel selektiert werden.

Literaturverzeichnis

- BSA, Bundessortenamt (2016): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte 2016.
- HEITEFUSS, R. (2000): Pflanzenschutz - Grundlagen der praktischen Phytomedizin. 3. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- LfULG, Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2014): Resistenzen gegenüber Pflanzenschutzmitteln. In: *LfULG-Schriftenreihe* (5).
- MANN, K. H.; BRINKMANN, C. (2014): Einfluss der Sortenwahl auf den Unternehmenserfolg. In: *Praxisnah* 2014 (3): 2–4.
- MCDUGALL, P. (2013): R&D trends for chemical crop protection products and the position of the European Market. A consultancy consultancy study undertaken for ECPA.
- OERKE, E.-C.; DEHNE, H.-W. (2004): Safeguarding production - Losses in major crops and the role of crop protection. In: *Crop Protection* 23 (4): 275–285.
- SCHMALLOWSKY, K.; REIMERS, H.-E. (2015): Unternehmensbewertung mit Monte-Carlo-Simulationen. Wismar: Fakultät für Wirtschaftswissenschaften Wismar Business School (WDP - Wismarer Diskussionspapiere, 2015,02).
- STRANGE, R. N.; SCOTT, P. R. (2005): Plant Disease: A Threat to Global Food Security. In: *Annual Review of Phytopathology* 43 (1): 83–116.
- WEHLING, P. (2004): Wohin entwickelt sich die Pflanzenzüchtung bis zum Jahr 2025? In: Isermeyer, F. (Hrsg.): *Ackerbau 2025*. Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 274: 75–97.
- WITZKE, H. von; NOLEPPA, S. (2011): Der gesamtgesellschaftliche Nutzen von Pflanzenschutz in Deutschland. Darstellung des Projektansatzes und von Ergebnissen zu Modul 1: Ermittlung von Markteffekten und gesamtwirtschaftlicher Bedeutung. Berlin: agripol GbR und Humboldt-Universität zu Berlin.