

Hochschule Weihenstephan - Triesdorf
Fakultät Landwirtschaft, Lebensmittel und Ernährung
Studiengang Landwirtschaft
(Fachgebiet Pflanzliche Erzeugung)

Bachelorarbeit

**Potential und Grenzen von mehrjährigem Weizen im
ökologischen Landbau**

eingereicht von: Christin Hummel
Betreuer/in: Prof. Dr. Klaus-Peter Wilbois
Tag der Abgabe: 07.02.2024

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis.....	vii
1 Einleitung.....	1
2 Literaturübersicht.....	2
2.1 Darstellung von mehrjährigem Weizen	2
2.1.1 Definition von mehrjährigem Weizen	2
2.1.2 Abstammung mehrjähriger gezüchteter Pflanzen.....	2
2.1.3 Taxonomie der mehrjährigen Pflanzen	3
2.1.4 Ursprüngliche Zielverwendung und Herausforderungen der Zucht5	
2.1.5 Charakteristik von mehrjährigem Weizen	7
2.2 Ökologische Auswirkungen von mehrjährigem Weizen.....	14
2.3 Anbaueigenschaften von mehrjährigem Weizen	16
2.4 Mehrjähriger Weizen im ökologischen Landbau.....	18
2.5 Förderrechtliche Grundlagen	20
3 Material und Methodik	21
3.1 Betrieb Machwart.....	21
3.2 Betrieb Henninger	23
3.3 Betrieb Fischer.....	24
4 Ergebnisse.....	25
4.1 Ökologische Betrachtung	25
4.1.1 Bestandsbild der Anbauflächen	25
4.1.2 Unkrautbesatz der Anbauflächen.....	28
4.1.3 Betrachtung des Wurzelraums.....	30
4.2 Ökonomische Betrachtung.....	31
5 Diskussion	33

6	Schlussfolgerung	37
7	Literaturverzeichnis	38
8	Anlagen	47
8.1	Anlage 1	47
8.2	Anlage 2	48
8.3	Anlage 3	49
8.4	Anlage 4	50

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Chromosomensätze von ein- und mehrjährigen Arten (Kantar et al., 2016).....	3
Abbildung 2 Übersicht der Fähigkeiten von mehrjährigen Gras- gegenüber einjährigen Weizenproduktionssystemen (Glover et al., 2009)	8
Abbildung 3 vergleichende Darstellung des Wurzelbildes einer Standardweizensorte (links) und einer trockenheitstoleranten Weizensorte (rechts) (Manschadi et al., 2006).....	9
Abbildung 4 vergleichende Darstellung von einjährigem Winterweizen (links) und mehrjährigem Weizengras (rechts) über die Vegetationsperiode (Glover et al., 2007).....	10
Abbildung 5 Inhaltsstoffe von Mehl des intermediären Grases im Vergleich zu Inhaltsstoffen von Vollkornmehl (Kantar et al., 2016)	12
Abbildung 6 häufige Weizenkrankheiten und Erregermerkmale für das Krankheitspotential in den Great Plains in einem mehrjährigen Weizenanbausystem (Cox et al., 2005)	13
Abbildung 7 Lage der Versuchsstandorte unter monatlicher Angabe des Wetters (Hayes et al., 2018).....	16
Abbildung 8 Energieaufwand auf dem Feld für die Produktion von mehrjährigem Gras und Winterweizen in Direktsaat (Glover et al., 2010)	18
Abbildung 9 Humifizierungskoeffizienten der Fruchtarten (Kolbe, 2013).....	19
Abbildung 10 Übersicht der Monatsmittelwerte des Jahres 2022 der Wetterstation Steinfeld (Agrarmeteorologie Bayern, 2023)	22
Abbildung 11 Übersicht der Monatsmittelwerte des Jahres 2023 der Wetterstation Steinfeld (Agrarmeteorologie Bayern, 2024)	22
Abbildung 12 einjähriger Bestand des Betriebs Fischer am 30.07.2023 (eigene Darstellung).....	25
Abbildung 13 ausgelöste Körner des einjährigen Bestands von Betrieb Fischer (eigene Darstellung).....	25

Abbildung 14 zweijähriger Bestand des Betriebs Fischer am 30.07.2023 (eigene Darstellung).....	26
Abbildung 15 ausgelöste Körner des zweijährigen Bestandes von Betrieb Fischer (eigene Darstellung).....	26
Abbildung 16 zweijähriger, dünner Bestand von Betrieb Henninger mit einer Meterskala (eigene Darstellung)	26
Abbildung 17 zweijähriger Bestand von Betrieb Henninger mit einer Meterskala (eigene Darstellung).....	26
Abbildung 18 Versuchsparzelle von Werner Vogt-Kaute vom 28.04.2023 (eigene Darstellung).....	28
Abbildung 19 einjähriger Aufwuchs des Betriebs Fischer vom 30.07.2023 (eigene Darstellung).....	28
Abbildung 20 Bestand von Betrieb Henninger in der Vegetationspause zwischen dem ersten und zweiten Aufwuchsjahr am 21.12.2022 (eigene Darstellung)...	29
Abbildung 21 zweijähriger Bestand von Betrieb Henninger am 28.04.2023 (eigene Darstellung).....	29
Abbildung 22 zweijähriger Bestand des Betriebs Fischer vom 30.07.2023 (eigene Darstellung).....	30
Abbildung 23 ökonomische Betrachtung des mehrjährigen Weizens von Betrieb Henninger in den Anbaujahren 2022 und 2023 (Quelle Vorlage Schuh (2023), Inhaltvorgabe Henninger (2023)).....	31
Abbildung 24 Versuchsplan der Anlage der Versuchsflächen von Werner Vogt-Kaute (eigene Darstellung)	47
Abbildung 25 Angaben von Werner Vogt-Kaute zur Pachtfläche der Versuchsanlage zum Betrieb von Martina Machwart (eigene Darstellung, Vogt-Kaute (2023))	48
Abbildung 26 Angaben von Jan Henninger zum teilnehmenden Betrieb (eigene Darstellung, Henninger (2023)).....	49
Abbildung 27 Angaben von Thomas Fischer zum teilnehmenden Betrieb (eigene Darstellung, Fischer (2024)).....	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 einzeln aufgeführte Zählungen auf einem Quadratmeter in Wiederholung (eigene Darstellung).....	27
Tabelle 2 Aufführung der Erträge über den betrachteten Zeitraum in dt/ha (eigene Darstellung).....	28

1 Einleitung

Die Bevölkerung wird bis 2100 n. Chr. von heute 7,9 Milliarden Menschen auf 10,4 Milliarden Menschen global anwachsen (Statista GmbH, 2024a, 2024b). Dabei ist die weltweite landwirtschaftliche Nutzfläche leicht rückläufig (Statista GmbH, 2024c), die ein Bevölkerungswachstum von 32 % in den nächsten knapp 80 Jahren ernähren muss. Die drei wichtigsten Kulturarten der Welt, Mais, Reis und Weizen, dienen der Ernährung von Mensch und Tier (Statista GmbH, 2024d). Dabei handelt es sich ausschließlich um die vorherrschende einjährige Pflanzenform (Clark et al., 2019). Einjährige Getreidearten zeigen einen Mehrertrag gegenüber mehrjährigen, was jedoch durch die Anbaueigenschaften negative Auswirkungen auf die Umwelt haben kann (Cox et al., 2010; Glover et al., 2007).

Mehrjährige Pflanzen bieten die Möglichkeit, die Grundnahrungsmittel unter Berücksichtigung der Umwelt und Ökologie zu erzeugen. Sie sind die vorherrschende Grasart in den humiden Regionen (Lafarge et al., 2005).

„The key to our collective success is transforming the major grain crops into perennials, which can live for many years“ (Glover et al., 2007).

So eignen sich mehrjährige Kulturen für den Anbau von Grenzflächen und Flächen, die für eine intensive Bewirtschaftung nicht nutzbar erscheinen. Kernza als bestehende Sorte und Artverwandte des mehrjährigen Weizengrases verspricht eine Verbesserung der Ökosystemleistung des Bodens in Kombination mit einer Bewältigung der Herausforderung um die Nahrungsmittelproduktion, hat jedoch auch einen geringeren Ertrag gegenüber einjährigem Weizen (Culman et al., 2013). Über mehrjährigen Weizen gibt es noch keine ausreichende Nachweise des großflächigen Anbaus, um repräsentative Aussagen treffen zu können, weshalb in verschiedenen Versuchen das Ertragspotential weiter untersucht werden muss. Das Ziel dieser Arbeit ist es, herauszufinden, ob mehrjähriger Weizen ökologisches und ökonomisches Potential für den Anbau in der biologischen Landwirtschaft bietet und wo dessen Grenzen liegen. Dafür werden in dieser Arbeit die verschiedenen Einflussfaktoren des mehrjährigen Weizens auf ökologische und ökonomische Betrachtungsweise des Anbaus erarbeitet und verglichen, um eine aussagekräftige These des Potentials und Grenzen von mehrjährigem Weizen im ökologischen Landbau erstellen zu können.

2 Literaturübersicht

2.1 Darstellung von mehrjährigem Weizen

2.1.1 Definition von mehrjährigem Weizen

Der Bedeutung des Begriffs „mehrjähriger Weizen“ unterstehen vielfältige Definitionen.

„The designator “perennial wheat” represents a functional grouping of potentially disparate organisms connected only by a shared breeding objective“ (Curwen-McAdams et al., 2017).

„“Perennial wheat” is the term commonly used to refer to these [fertile and stable] hybrids when the traits of interest are the perennial growth habit and grain yield, regardless of parentage“ (Curwen-McAdams et al., 2017).

Der Begriff umfasst ebenfalls lose mehrjähriges Material aus Hybriden der Kreuzung Weizen und mehrjährigen Verwandten (Hayes et al., 2018).

Nach Vogt-Kaute und Vogt (2017) arbeiten sie in ihrem Versuch mit mehrjährigem Weizen aus einer Kreuzung von Weichweizen *Triticum aestivum* und der Queckenart *Thinopyrum intermedium*.

2.1.2 Abstammung mehrjähriger gezüchteter Pflanzen

Erste Versuche zur Entwicklung von mehrjährigem Weizen starteten bereits in den 1920er-Jahren in Omsk, Russland, als einheimische Forscher begannen, Weizen mit Queckenarten oder Weizengras-Hybriden zu kreuzen (Hayes et al., 2018). Wissenschaftler weltweit forschen am sogenannten mehrjährigen Weizen, wie etwa in den USA, Kanada, Schweden oder Australien. 1930 entstanden durch N. V. Tsitin erste gelungene Kreuzungen (Hayes et al., 2018; Vogt-Kaute & Vogt, 2020).

Erfolgsversprechende Kreuzungen entstanden aus Weizen (*Triticum aestivum* L.) und mehrjährigen Triticeae-Verwandten (*Thinopyrum* spp.), aufgrund des nahen Verwandtschaftsverhältnisses und den spezifischen Eigenschaften von *Thinopyrum* spp., wie der Mehrjährigkeit, großen Samengröße oder des ausgedehnten Wurzelsystems (Cui et al., 2018).

Dabei gibt es mehrere Kreuzungspartner, wie *Thinopyrum elongatum*, *Thinopyrum intermedium*, *Microlaena stipoides* oder *Distichlis palmeri*, die als mehrjährige Getreidepflanzen domestiziert wurden (Cui et al., 2018). Bei *Thinopyrum intermedium* (intermediäres Weizenras) handelt es sich um einen mehrjährigen, engen Artverwandten von Weizen (DeHaan et al., 2020).

2.1.3 Taxonomie der mehrjährigen Pflanzen

Die Besonderheit von mehrjährigen Pflanzen liegt in der Unterscheidung der Samenbildung. Einjährige Pflanzen benötigen die Dormanz für die Ausbildung einer neuen Generation. Zweijährige Pflanzen bedürfen zwei Vegetationsperioden bis zur Bildung neuer Samen, wobei erst in der zweiten Vegetationsperiode die Samenbildung beginnt. Mehrjährige, auch perennierende Pflanzen genannt, können über Jahre durch die vegetativen Pflanzenteile überleben und sich neu ausbilden (Raven et al., 2006).

Mehrjähriger Weizen (*Triticum aestivum* x *Thinopyrum intermedium*) besitzt einen amphiploiden Chromosomensatz von 56, wie *Abbildung 1* entnommen werden kann (Kantar et al., 2016).

Species	Common name	Mating system	Haploid genome size	Chromosome number	Ploidy	Length of time bred	Strategy	Nearest crop/model relative
<i>Helianthus annuus</i> × <i>Helianthus tuberosus</i>	Perennial sunflower	Outcrossing	9.5 pg	$2n = 4x = 68$	Tetraploid	10 years	Modified domestication	<i>Helianthus annuus</i>
<i>Thinopyrum intermedium</i>	Intermediate wheatgrass	Outcrossing	13.1 pg	$2n = 6x = 42$	Hexaploid	30 years	Direct domestication	<i>Triticum aestivum</i>
<i>Helianthus maximiliani</i>	Maximilian sunflower	Outcrossing	Unknown	$2n = 2x = 34$	Diploid	15 years	Direct domestication	<i>Helianthus annuus</i>
<i>Helianthus divaricatus</i> × <i>Helianthus annuus</i>	Diploid perennial sunflower	Outcrossing	Unknown	$2n = 2x = 34$	Diploid	1 year	Modified domestication	<i>Helianthus annuus</i>
<i>Helianthus divaricatus</i>	Woodland sunflower	Outcrossing	8.45 pg	$2n = 2x = 34$	Diploid	1 year	Direct domestication	<i>Helianthus annuus</i>
<i>Triticum aestivum</i> × <i>Thinopyrum intermedium</i>	Perennial wheat	Selfing	Unknown	$2n = 6x = 42-56$	Amphiploid	90 years	Interspecific hybridization	<i>Triticum aestivum</i>
<i>Oryza sativa</i> × <i>Oryza longistaminata</i>	Perennial rice	Selfing	Unknown	$2n = 2x = 24$	Diploid	25 years	Interspecific hybridization	<i>Oryza sativa</i>
<i>Cajanus cajan</i>	Pigeon pea	Outcrossing	0.88 pg	$2n = 2x = 22$	Diploid	90 years	Perennial grown as an annual, with the goal of changing agricultural systems to perennial cultivation	<i>Cajanus cajan</i>
<i>Secale cereale</i> × <i>Secale montanum</i>	Perennial rye	Outcrossing	9.45 pg	$2n = 2x = 14$	Diploid	40 years	Interspecific hybridization	<i>Secale cereale</i>

Abbildung 1 Chromosomensätze von ein- und mehrjährigen Arten (Kantar et al., 2016)

Triticeae gilt als mehrjährige Urform der Gräser. Kreuzungen zwischen *Triticum* und *Thinopyrum*arten weisen in der Regel durch den Verlust von Chromosomen bei der Meiose von *Thinopyrum* einen Chromosomensatz von $42 + 14$ aus *Triticum* + *Thinopyrum* auf. Aus diesem Grund können sie sowohl mit tetraploiden, als auch hexaploiden Weizenpflanzen gekreuzt werden. Beobachtungen zeigen, dass Genotypen mit 56 Chromosomen vergleichsweise stabil sind (Banks et al., 1993; Cox et al., 2010). Die Kreuzung zwischen *Thinopyrum elongatum* und der Weizensorte „Chinese Spring“ weist ebenso einen amphiploiden Chromosomensatz von 56 auf (Chapman & Chapman, 1996). Dabei kann davon ausgegangen werden, dass der maximale Chromosomensatz zwischen Amphiploiden von Weizen und *Thinopyrum* bei 56 liegt (Cox et al., 2022).

Aufgrund der gezielt durchgeführten Kreuzung von einjährigen und mehrjährigen Eltern der gleichen Gattung, sogenannter interspezifischer Hybridisierung, kann die Züchtung schneller voranschreiten und eine mehrjährige Wuchsform direkt mit der Kornqualität verbunden werden (Cui et al., 2018; Hanke & Flachowsky, 2017). Bei Kreuzungsformen von *Hordeum vulgare* und mehrjährigen *Hordeum*-Arten ist die Mehrjährigkeit in allen Fällen dominant gegenüber der Einjährigkeit (Bothmer et al., 2008).

Durch die eingelagerten Kohlenhydrate und Proteine stehen der Pflanze für die Kälteakklimatisierung und den Wiederaustrieb im Frühjahr stickstoff- und energiereiche Stoffe zum Nachwachsen nach der Ernte und zu Vegetationsende zur Verfügung. Dabei ist es erforderlich, dass genügend der Kohlenhydrate gebildet werden, um den zweiten und folgende Winter zu überleben (Ergon, 2017; Greco, 2004). In der amphiploiden Linie konnte durch das Genom von *Thinopyrum elongatum* der sogenannte Post-Sexual Cycle Regrowth definiert werden. Dadurch ist es der Pflanze möglich, lebensfähige Achselmeristeme über die Abreife des Aufwuchses hinaus zu erhalten und eine zweite Periode des Pollenwachstums einzuleiten (Lammer, 2004).

Die Mehrjährigkeit des Wurzelsystems ist darauf angewiesen, dass das Gewebe zwischen Seiten- und Hauptwurzel erhalten bleibt (Jackson, 1986). Im Gegensatz zu einjährigen Kulturen waren mehrjährige Kulturen durch den Wiederaustrieb nicht der Selektion unterworfen (Glover et al., 2007).

Aus diesem Grund wurde keine gezielte Selektion zu heutigen Zuchtzielen, wie hohem Ertrag, großen Körnern oder dem Ausfall der Körner mit Trennung von Samen und Schale, vorgenommen (Glover et al., 2007).

2.1.4 Ursprüngliche Zielverwendung und Herausforderungen der Zucht

Die ursprüngliche Motivation der Forscher bezog sich auf das Finden einer Art mit den ökologischen Vorteilen und der Ausdauer einer mehrjährigen Pflanze, gekreuzt mit den agronomischen Eigenschaften des einjährigen Weizens. Dabei stand die Pflanze für die Getreide- und Futtererzeugung im Fokus (Curwen-McAdams et al., 2017; Hayes et al., 2018).

Herausfordernd ist die Züchtung von mehrjährigen Arten (Cox et al., 2005). Dabei gibt es noch Potential bei der Zucht von hohen Kornerträgen mit entsprechender Kornqualität und Korngrößen. Weiterhin ist es wichtig, langlebigeres Material zu züchten, das an die erbrachten Ökosystemleistungen agronomisch angepasst ist (Hayes et al., 2018). Wünschenswerte Eigenschaften von *Thinopyrum intermedium*, wie die mehrjährige Wuchsform, eine Trocken- und Kältetoleranz, sowie Krankheitsresistenz, konnte durch die fortgeschrittene Technik zur Übertragung von Genen auf Weizen weiter gegeben werden (Banks et al., 1993). Dazu zählen im Genauen die Resistenz gegen Weizenrost und Weizenmosaikvirus (Wang et al., 1977). Je höher der Anteil des Weizens bei der Einkreuzung liegt, desto höher kann der Ertrag ausfallen, jedoch verringert sich die ausdauernde Eigenschaft (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2020).

Weiterhin besteht nach Clark et al. (2019) eine Herausforderung bei der Überlebensrate des zweiten Winters und damit der Etablierung des Bestandes für das folgende Aufwuchsjahr. Um den Anbau im zweiten Jahr zu ermöglichen, ist eine Behandlung im Herbst, um das Gras auf den Winter vorzubereiten und das Wachstum im Frühjahr zu unterstützen, möglich. Dabei besteht die Option der Mahd im Herbst, der Verbrennung oder keine Maßnahme anzuwenden. Die Variante der Verbrennung zeigt den geringsten Erfolg. Der Wiederaufwuchs bei Mahd liegt bei 43 % und 63 % und damit deutlich über den beiden anderen Möglichkeiten mit einer Überlebensrate von 3 - 4 %. Eine mögliche Erklärung wird in den vermehrt gespeicherten Fotosyntheseprodukten in der Krone gesucht, die beim Mähen erhalten bleibt (Clark et al., 2019).

Dabei zählen die Schnitthäufigkeit und Mähhöhe als wichtige Einflussfaktoren auf die Futter- und Samenproduktion (Dickeduisberg et al., 2017). Der gemähte Aufwuchs, sowie die Vegetation nach der Samenernte, ist als Futter verwertbar (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2020; Glover et al., 2007).

Eine frühe Pflanzung im ersten Anbaujahr führt beim artverwandten Kernza-Weizengras zu einem frühen Blühbeginn, was in höheren Erträgen resultiert (Culman et al., 2013). Untersuchungen von Hayes et al. (2018) zeigen auf, dass kein Zusammenhang zwischen dem Biomasse- und Kornertrag im ersten Aufwuchsjahr und dem des zweiten Aufwuchsjahres, sondern lediglich mit der Winterüberlebensrate, besteht. Ebenso wurde bei verminderten Niederschlägen im zweiten Aufwuchsjahr ein höherer Ertrag erzielt. Die Erklärung wird in Wechselwirkungen zwischen der Biomasseproduktion und der Verlagerung der Ressourcen für die Kornerzeugung gesehen. Außerdem stand die Korngröße in keinem Zusammenhang mit dem Ertrag. Neben der Korngröße als Ertragsfaktor bestand bei der Anzahl der Triebe eine Korrelation zum Kornertrag. Dabei kann bei mehrjährigem Getreide durch die Sterilität der Blüten, aus der Unfruchtbarkeit der F1-Kreuzungen aufgrund der mangelhaften Chromosomenpaarung bei der Meiose, nur schwer ein Rückschluss auf die Ertragskomponenten gezogen werden. Die Anzahl der Triebe wird jedoch als vorherrschende Komponente genannt. Die Studie zeigt ebenfalls auf, dass die eingesetzten Elternlinien entscheidend für den Erfolg der Kreuzung sind. Der Einfluss kann besonders bei der Hybridisierung, sowie einer besseren Leistung der Nachkommen in einer erprobten Umgebung, geltend gemacht werden (Hayes et al., 2018).

Wie schon Versuche aus den 1970er-Jahren zeigen, reagiert Weizen auf eine zu enge Fruchtfolge mit Ertragsdepressionen. Dabei werden im vorliegenden Versuch, je nach Standort und Anbaujahr, durchschnittlich bis zu 19 dt weniger Ertrag erzielt. Weizen besitzt als Vorfrucht einen gemäßigten Vorfruchtwert mit möglichen Ertragsdepressionen und möglicher Krankheits- und Schädlingsübertragung (Jeangros & Courvoisier, 2019). Dabei bestehen vor allem für Getreidekulturen als Nachfrucht hohe Gefahren der Übertragung von Fußkrankheiten, hohe Durchwuchsgefahr mit schlechter Bekämpfbarkeit des Ausfallgetreides oder Mindererträgen (Reiner & Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, 1981).

In der Literatur wird von einem „decline effekt“ gesprochen, der die Weizenerträge nach einigen Anbaujahren wieder ansteigen lässt, nachdem der Boden sogenanntes antiphytopathogenes Potential aufgebaut hat (Reiner & Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, 1981).

Heute wird die Entwicklung mehrjähriger Pflanzen dazu verwendet, die Ernährungssituation der Welt zu verbessern und die Weizenproduktion ökologisch nachhaltiger zu gestalten (Cui et al., 2018; Hayes et al., 2018).

2.1.5 Charakteristik von mehrjährigem Weizen

2.1.5.1 Positive Aspekte des Anbaus

Mit zunehmender Anbaufläche einjähriger Kulturen nahm die Abnahme des Bodens zu (Cox et al., 2010), ebenso werden bis zu 45 % der Bodennährstoffe ausgewaschen (Glover et al., 2007). Mehrjähriger Getreideanbau gilt dahingehend durch das Vorhandensein von großen Teilen lebender Wurzeln als möglicher Schutz vor Bodenerosion, durch Wind und Wasser verursacht, Erhalt der Wasserressource und von Nährstoffen, Speicherung von mehr Bodenkohlenstoff, sowie einer besseren Schädlingstoleranz (Nelson et al., 2006). Wind- und Wassererosionen können aufgrund der erhaltenden Bodenbedeckung erheblich vermindert werden (Scheinost et al., 2001). Mehrjährige Sträucher können die Entwässerung verringern, da diese über tiefere Wurzelsysteme verfügen (Wallace, 2000). Nach Wade et al. (2008) kann die Entwässerung unterhalb der Wurzelzone bis zu 90 % durch mehrjährige Kulturen reduziert werden. Mehrjährige Pflanzen neigen aufgrund ihrer erhöhten Wurzelmasse dazu, höhere Kohlenstoffvorräte in den Boden zu leiten als einjährige Pflanzen (Marshall et al., 2016). Gräser im Allgemeinen tragen erheblich zum Eintrag von Kohlenstoff in den Boden bei. Dieser wirkt sich vorteilhaft auf die Infiltrationsfähigkeit des Bodens aus, ebenso wie der verbesserten Ableitung des Oberflächenwassers (Schultz et al., 2004).

Weitere Vorteile liegen im reduzierten fossilen Energieverbrauch durch die eingesparten Arbeitsgänge und die Einsparung industrieller Düngeherstellung im konventionellen Landbau (Glover et al., 2010).

Aus diesem Grund können ökologische Vorteile hervorgehoben werden, wie der verminderte Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden, was sich positiv auf die Wasserreinheit und die vorhandene Tierwelt auswirkt (Glover et al., 2010). Aus einem geringeren Düngeinsatz begrenzen sich ebenfalls die ausgestoßenen Treibhausgasemissionen (Sanderson & Adler, 2008). Neben dem reduzierten Düngeinsatz kann nach Glover et al. (2007) bei mehrjährig bewirtschafteten Schlägen ebenso auf Pflanzenschutzmittel zur Schädlings- und Krankheitsabwehr verzichtet werden. Weiterhin können nach Glover et al. (2007) auf konventionell bewirtschaftenden Betrieben die Herbizidkosten bei mehrjährig angebauten Kulturen um das vier- bis 8,5-fache gegenüber einjährigen Kulturen reduziert werden. Der Vorteil eines verminderten chemischen Pflanzenschutzaufwandes ergibt sich durch die verminderten Kosten durch die Mehrjährigkeit der Kultur, dem Schutz von Wildtieren und einer verbesserten Oberflächen- und Grundwasserqualität (Duchene et al., 2019; Glover & Reganold, 2010; Nelson et al., 2006; Wade et al., 2008). Auch reduziert sich anhand der eingesparten Überfahrten, durch die einmalige Aussaat auf mehrere Anbaujahre relativiert, die von den Maschinen ausgestoßene Kohlendioxidmenge in der Luft (Glover et al., 2007).

Eine übersichtliche Darstellung der aufgeführten Fähigkeiten von mehrjährigem Gras befindet sich in *Abbildung 2*.

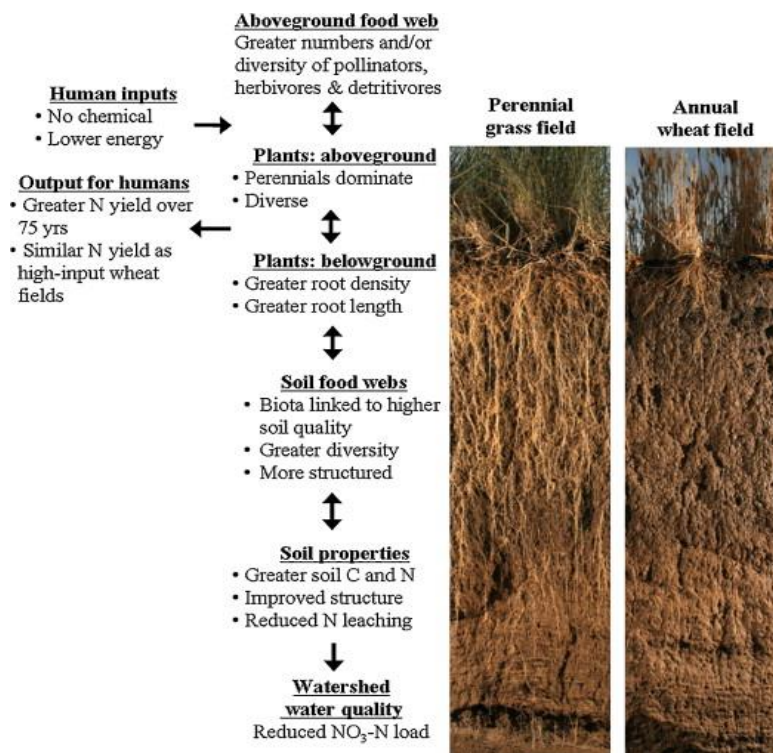


Abbildung 2 Übersicht der Fähigkeiten von mehrjährigem Gras- gegenüber einjährigen Weizenproduktionssystemen (Glover et al., 2009)

Weiterhin verglich eine Untersuchung die Standardweizensorte Hartog und eine Sorte, die lediglich 45 cm in die Breite, aber dichter und tiefer wurzelt. Bei dieser Sorte handelt es sich um SeriM82, eine Sorte mit trockenheitstoleranten Eigenschaften. *Abbildung 3* verdeutlicht die gleichmäßige Wurzelverteilung in sogenannten Wurzelkammern zum Zeitpunkt der Erntereife. Dabei handelt es sich um die 3,8-mal vermehrt auftretende Wurzelmasse von SeriM82 in der Tiefe von 90 bis 112,5 cm gegenüber der Weizensorte Hartog. Die Untersuchung zeigte auf, dass die Wurzelstruktur den Wasserverbrauch während des Vegetationsbeginns verringert und während der Kornfüllungsphase Wasser aus tieferen Bodenschichten zieht (Manschadi et al., 2006).

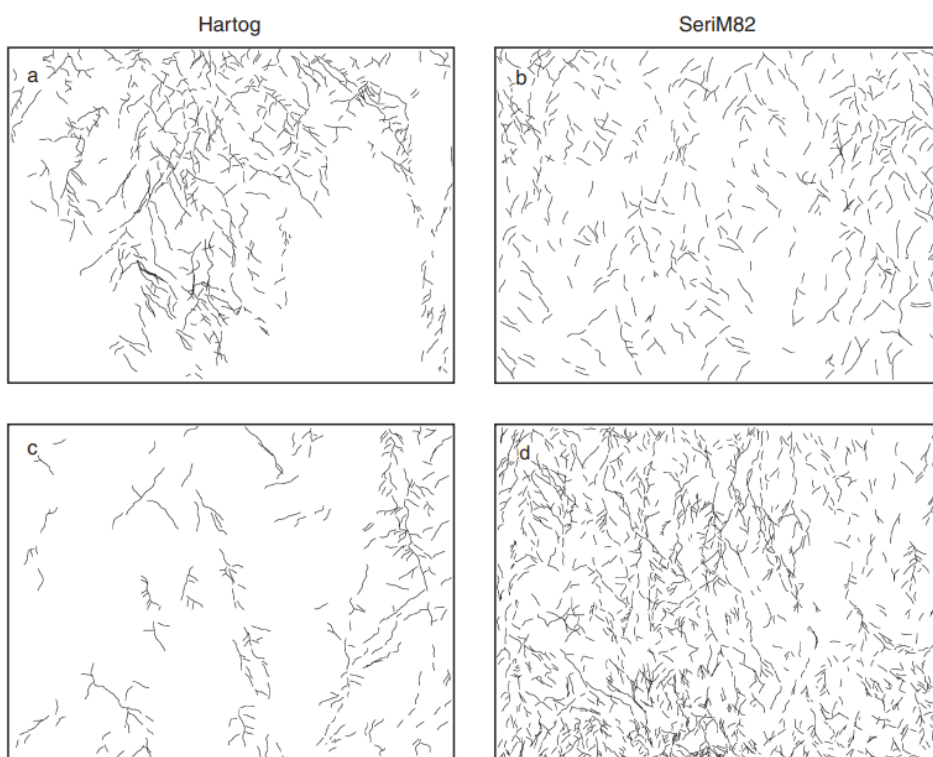


Abbildung 3 vergleichende Darstellung des Wurzelbildes einer Standardweizensorte (links) und einer trockenheitstoleranten Weizensorte (rechts) (Manschadi et al., 2006)

Bei einjährigen Pflanzen befinden sich 62 % - 90 % der Wurzeln in den obersten 30 cm des Bodens (Cox et al., 2005), weshalb vermehrt Bodenerosion, Nährstoff- und Wasserauswaschung gegenüber mehrjährig bewirtschafteten Schlägen auftreten. Die Wurzeln von mehrjährigen Kulturen können mehr als zwei Meter in die Tiefe reichen, wie *Abbildung 4* aufzeigt. So beeinflussen sie den Kohlenstoff- und Stickstoffeintrag in der Tiefe (Glover et al., 2007).

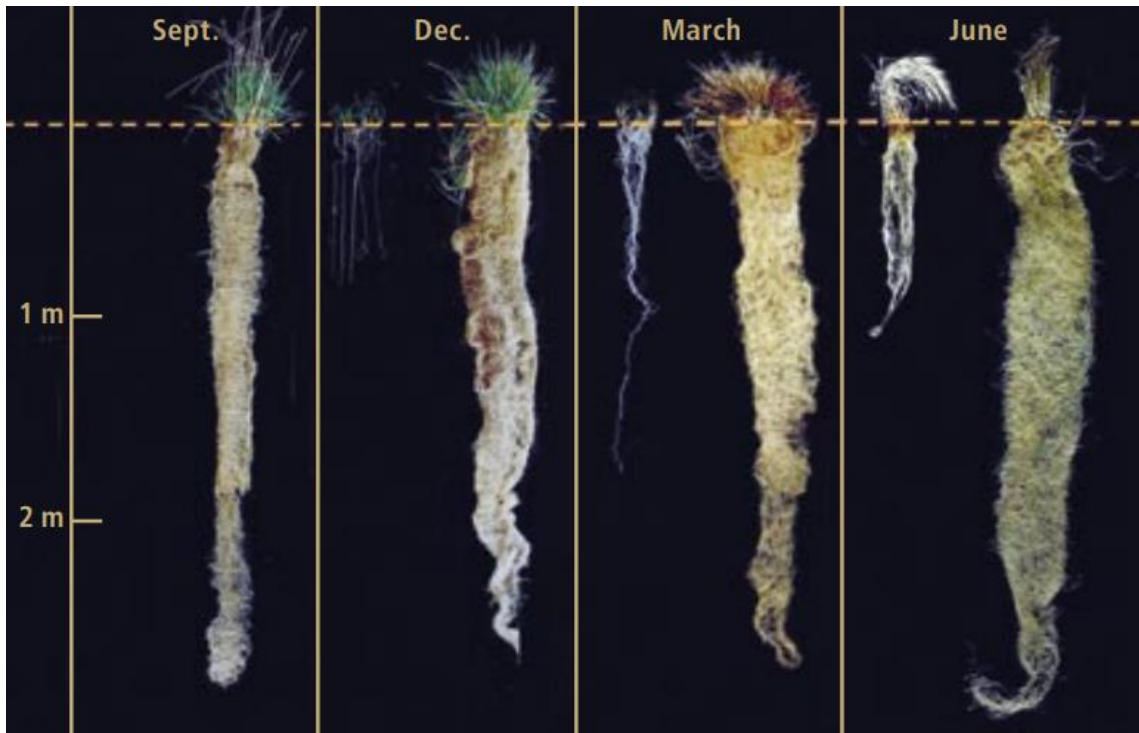


Abbildung 4 vergleichende Darstellung von einjährigem Winterweizen (links) und mehrjährigem Weizengras (rechts) über die Vegetationsperiode (Glover et al., 2007)

Weiterhin konnte in Untersuchungen eine fünffache Verringerung des Wasserverlustes und 35-fache Verringerung der Nitratauswaschung von mehrjährig bestellten Schlägen gegenüber einjährig angebauten festgestellt werden. Längere Wurzeln und längere Vegetationsperioden von perennierenden Kulturen erhöhen den Eintrag von Kohlenstoff im Boden in größere Tiefen um bis zu 50 % im Vergleich zu einjährigen Kulturen. Dadurch können sich Mikroorganismen durch den kohlenstoffreichen Pflanzenzucker ernähren. In mehrjährigen Mischkulturen angebaute Pflanzen erschließen und ergänzen den Wurzelraum auf unterschiedlichen Bodenniveaus (Glover et al., 2007).

Durch die höhere Blattmasse und der dadurch möglichen höheren Fotosyntheserate im zweiten Aufwuchsjahr, steigt die Effizienz des Lichtabfangens, die wiederum die Produktivität steigert (Dohleman & Long, 2009). Zusätzlich kann anhand der vermehrten Blattmasse mehr atmosphärischer Kohlenstoff über die Fotosynthese aufgenommen werden (Glover et al., 2007). Weiterhin ergibt sich durch den Anbau von Gräsern ein verlangsamter Oberflächenabfluss anhand einer erhöhten Reibungsfläche durch die Blattstellung (Schultz et al., 2004).

Durch den vielfältigen Einsatz von Nutzpflanzen und Anbausystemen ergibt sich gegenüber Klima- und Umwelteinflüssen eine größere Stabilität, Resistenz und Anpassungsfähigkeit. In natürlich vorkommenden Ökosystemen finden sich anhand der vielfältigen Pflanzenpopulationen ebenso vielfältige Erregerpopulationen (Mundt, 2002). Durch komplexe Kronenwurzelsysteme kann eine Barriere für bodenbürtige Krankheitserreger entstehen, sodass sich Pathogene langsamer durch das Wurzelsystem bewegen. Mit zunehmendem Alter der Wurzeln sinkt die Anfälligkeit für Infektionen. Dabei ist dies von der Pflanzenart, den auftretenden Krankheiten und den Bodeneigenschaften abhängig (Cox et al., 2005). *Thinopyrum* spp. zeigen nach Untersuchungen von Cox et al. (2005) ein hohes Maß an Resistenzen gegenüber vielen herkömmlich auftretenden Weizenkrankheiten wie Weizenstreifenmosaikvirus, Braunrost oder *Cephalosporium gramineum*. Mehrjährige Weizenkulturen weisen, ähnlich wie Wildpflanzen, geringere Wachstumsraten auf, weshalb verstärkt Energie in die Abwehr von Pflanzenkrankheiten investiert werden kann (Frietsch, 2020). Veränderungen im Mikroklima können sich durch die Anwendung einer Fruchtfolge positiv auf die Bekämpfung von Krankheiten auswirken (Bockus & Shroyer, 1998).

Eine erhöhte Anzahl von Insektenarten korreliert ebenso mit einer erhöhten Anzahl von Pflanzenarten in einer Gemeinschaft (Armbrecht et al., 2004; Murdoch et al., 1972). Bodenbrütende Bienen profitieren über den Winter von aussetzender Bodenbearbeitung zur Stabilisierung der Bestände (Shuler et al., 2005). Nach Glover et al. (2007) befinden sich bis zu siebenfach höhere Vogelpopulationen auf mehrjährig bewirtschafteten Schlägen.

2.1.5.2 Negative Aspekte des Anbaus

Als weiterer Aspekt des Anbaus von mehrjährigem Weizen wird der Wiederaufwuchs angeführt. Dieser wird nach dem ersten Jahr, durch eine fehlerhafte Chromosomenpaarung während der Meiose, in hohem Maße steril, was die Ausbildung der Körner in den Ähren vermindert (Hayes et al., 2018). Die Sterilität lässt sich teilweise auf die chromosomalen Unterschiede zwischen den Eltern zurück führen (Cui et al., 2018).

Durch die fehlenden Zuchtfortschritte bei mehrjährigem Weizen, und wenig repräsentativen Studien, führt das aktuell genutzte Keimplasma zu geringerem Ertrag und kleineren Körnern gegenüber einjährigem Weizen. Dennoch zeigen Studien auf, dass die genutzten Stämme dauerhaft wiederaufwachsen können (Clark et al., 2019; Jaikumar et al., 2012). Um die Mehrjährigkeit zu stärken, wurden zunehmend Kreuzungen mit vermehrter Rhizombildung gezüchtet. Dabei kann dies negative Folgen auf die Unkrautbildung haben, jedoch bieten Rhizome ein Potential zur Verbesserung der mehrjährigen Gräser (Paterson et al., 1995; Sacks et al., 2006).

Durch die kleineren Körner von mehrjährigem Weizen, besitzen sie ein vergleichsweise kleines Endosperm, was den Stärkeanteil zusätzlich herabsetzt. So enthält intermediäres Weizengras, wie in *Abbildung 5* ersichtlich, weniger glutenbildende Proteine, was dem Teig eine geringere Elastizität verleiht, und einen geringeren Stärkegehalt von unter 50 %. Bei herkömmlichem einjährigem Weizen liegt der Gehalt im Vergleich zwischen 55 % - 65 % (Kantar et al., 2016).

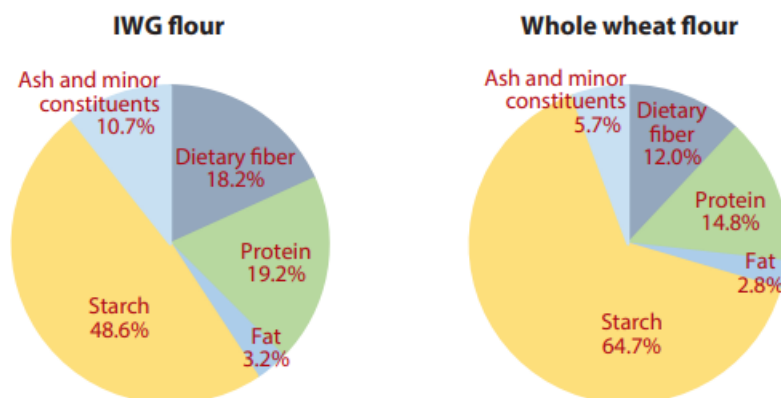


Abbildung 5 Inhaltsstoffe von Mehl des intermediären Grases im Vergleich zu Inhaltsstoffen von Vollkornmehl (Kantar et al., 2016)

Ebenfalls nachteilig fallen bei Weizen Ertragsdepressionen besonders aufgrund der Halmbasierkrankungen stärker aus, verglichen mit dem Gerstenanbau. Ebenso reagiert Weizen im Daueranbau als Monokultur mit deutlicheren Ertragsminderungen als Winterweizen mit Fruchtfolge. So zeigen Versuchsergebnisse, dass der Winterweizenanbau in einer Fruchtfolge im Schnitt 50,1 dt/ha drischt, im Anbau als intensive Monokultur 43,6 dt/ha (Zoschke & Claupein, 1987).

Sowohl eine unterstützende Fungizidbehandlung, als auch eine Strohdüngung, die den Ertragsrückgang kompensieren können, erbringen keinen deutlichen Mehrertrag. Der Decline-Effekt konnte bis in das zwölfte Anbaujahr beobachtet werden. Anschließend stiegen die Ertragsunterschiede wieder deutlich an (Zoschke & Claupein, 1987). In einer dreijährigen Untersuchung fiel im zweiten Anbaujahr der Ertrag von Weichweizen eingekreuzt mit Weizengras drastisch ab, im dritten Anbaujahr konnte kein Ertrag mehr erzielt werden (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2020).

Disease	Characteristic ¹					
	Survives between crops in host residue or soil?	Competes well on residue or in soil?	Affects older roots?	Survives between crops in live tissue?	Increased with early fall planting date?	Worse with reduced tillage?
Wind-borne, leaf-infecting						
Leaf rust	-	N/A	-	+	-	-
Stripe rust	-	N/A	-	+	-	-
Stem rust	-	N/A	-	+	-	-
Powdery mildew	+	+/-	-	-	-	+
Flower-infecting						
Scab	+	+/-	-	-	-	+
Bunt and loose smut	- ²	-	-	- ³	+	-
Viruses						
Wheat streak mosaic	-	N/A	-	+	+	+
Barley yellow dwarf	-	N/A	-	+	+	- ⁴
Soilborne mosaic	+	+	-	-	-	-
Soil- or residue-borne						
Tan spot	+	+/-	-	-	-	+
Septoria	+	+/-	-	-	-	+
Take-all	+	-	+	+	+	+
Cephalosporium stripe	+	+/-	-	+	+	+
Common root rot, dryland foot rot	+	+/-	+	-	+	- ⁴
Strawbreaker foot rot	+	+/-	-	-	+	- ⁴
Pythium root rot	+	+	- ⁵	-	-	+

¹ +, Pathogen or disease has the characteristic, so increased disease potential is more likely with conversion from an annual to a perennial wheat cropping system assuming limited resistance. -, Pathogen or disease does not have the characteristic, so increased disease potential is less likely with conversion from an annual to a perennial wheat cropping system. +/- refers to an intermediate response. N/A = characteristic not applicable to the disease.

² Sometimes survives in soil as spores.

³ Spores or mycelium associated with dormant seed.

⁴ Disease decreases in reduced tillage.

⁵ Infects young roots.

Abbildung 6 häufige Weizenkrankheiten und Erregermerkmale für das Krankheitspotential in den Great Plains in einem mehrjährigen Weizenanbausystem (Cox et al., 2005)

Zusammenhängend mit der Erzeugung von Biokraftstoffen durch mehrjährige Pflanzen, steigt die Krankheitsanfälligkeit durch das langfristige Potential, Krankheitserregern zu stauen (Schrotenboer et al., 2011). Aufgrund der verlängerten Vegetationsperiode gegenüber einjährigen Kulturen, besteht ein erhöhtes Potential für Pathogene im Bestand und mit Pflanzen in der Umgebung. Durch die ausbleibende Bodenbearbeitung verbleiben die Ernterückstände auf der Oberfläche, was die Krankheitserreger überdauern lässt. Den Vorteil durch die jährliche Bodenbearbeitung und die angewendeten Anbaupraktiken Krankheiten verringern zu können, besteht besonders bei bodenbürtigen Erregern nicht (Cox et al., 2005). *Abbildung 6* zeigt beispielhaft häufige Weizenkrankheiten und deren Erregerpotential bei einem mehrjährigen Weizenanbausystem.

2.2 Ökologische Auswirkungen von mehrjährigem Weizen

Mehrjähriger Weizen steht im Zusammenhang mit einem positiven Einfluss auf Ökosysteme anhand der tiefen Durchwurzelung (Glover et al., 2007). Darunter zählt auch die Entwicklung der organischen Bodensubstanz (Müller-Beblavy, 2009).

Entscheidend für die Reproduktion von Humus ist die Menge an organischer Substanz, die nach der Ernte hinterlassen wird und die Stabilität der organischen Verbindungen. Je schneller die Wurzeln abgebaut werden können, desto weniger Lignin ist enthalten (Körschens, 2020). Ein hoher Lignin-Gehalt kommt mit einem hohen C/N-Verhältnis und schwerer abbaubarer organischer Substanz einher (Jäckel, 2024). Dies verlangsamt, durch den nur gering vorhandenen Stickstoff, die Mineralisierung (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2022). Aus diesem Grund ist das C/N-Verhältnis nicht ausschlaggebend für die Umsetzung der organischen Substanz im Boden, sondern die Stabilität der organischen Verbindungen (Körschens, 2020).

Humus dient als Nahrungsquelle für Bodenlebewesen, bindet Nährstoffe und verbessert die Gefügestabilität. Wesentlichen Einfluss auf den Humusgehalt und dessen Qualität haben der Standort mit entsprechender Bewirtschaftung inklusive der Nutzungsgeschichte der Fläche und Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung und den jeweiligen Bodeneigenschaften (Kolbe, 2013).

Die Witterung hat Einfluss von meist über 50 % am standorttypischen Humusgehalt, während den Bodeneigenschaften 20 % bis 30 % und der Bewirtschaftung 5 % bis 30 % zukommen (Kolbe, 2013). Daraus abgeleitet ergeben sich anhand der Bodenart standorttypische Humusgehalte (Brock, 2009; Kolbe, 2013; Yoo & Wander, 2008).

Mit 58 % Anteil ist Kohlenstoff das mengenmäßig relevanteste Element im Humus. Näherungsweise kann Folgendes angenommen werden (Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, 2019):

$$\text{Humus (Masse-\%)} = 1,724 \times \text{organischer Bodenkohlenstoff (Masse-\%)}$$

Anhand der in den Jahren 2012 bis 2018 durchgeführten „Bodenzustandserhebung Landwirtschaft“ konnten durch mehr als 120.000 durchgeführten Bodenproben und -analysen, die organischen Kohlenstoffvorräte der landwirtschaftlich genutzten Böden aufgezeigt werden. So weisen Ackerstandorte durch die größte Flächennutzung in Deutschland rund die Hälfte des gespeicherten organischen Kohlenstoffs mit etwa 2,4 Milliarden Tonnen Kohlenstoff auf. Jedoch haben Ackerböden 31 % weniger organischen Kohlenstoffvorrat im Oberboden gegenüber Grünland, bezogen auf einen Hektar und einer Bodentiefe von 0 - 90 cm. So haben sie mit 95 Tonnen den geringsten Bodenkohlenstoffvorrat, nach Waldböden mit 100 Tonnen und Dauergrünland mit 181 Tonnen (Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, 2019).

Mit der Umwandlung von Wald oder Grünland in Ackerland gehen in den ersten Jahren unter gleichen klimatischen Bedingungen hohe Verluste von Kohlenstoff und Stickstoff einher. Durchschnittlich bedeutet dies in der vorliegenden Untersuchung einen Verlust von etwa 30 % des Bodenkohlenstoffs. Dabei spielen unter anderem die Fruchtfolge, einheimische Vegetation und Bewirtschaftungsmethode eine große Rolle (Murty et al., 2002).

Pflanzenwurzeln liefern einen Großteil des Kohlenstoffeintrags in das Bodenökosystem. Dabei entstehen Unterschiede im Kohlenstoffpool des Bodens durch verschiedene Wurzeleigenschaften (Buyanovsky et al., 1987; Crews, 2005). Glover et al. (2009) erklärt darin die signifikanten Unterschiede des Bodenkohlenstoffgehalts von mehrjährigen Schlägen gegenüber den Vergleichsflächen der einjährigen Schläge in einem Meter Tiefe.

Mehrjährige Gräser beginnen bei einer kürzeren Tagesperiode mehr Kohlenstoff unter der Erde zu speichern (Kuzyakov, 2002). Der Kohlenstoffeintrag in den Boden ist durch den Verzicht der Bodenbearbeitung höher als gegenüber intensiv bewirtschafteten Getreideflächen (Müller-Beblavy, 2009). Mit dem Eintrag von Kohlenstoff wird ein Teil davon in das Wurzelgewebe aufgenommen und veratmet. Ein weiterer Teil wird an Tonmineralien oder organischer Bodensubstanz gebunden (Kuzyakov & Domanski, 2000). Je nach vorliegendem Bodentyp schwankt das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff von 10 - 50:1 bei Schwarzerden, 20:1 bei Podsolböden oder etwa 10:1 bei Braunerden. Böden mit landwirtschaftlicher Nutzung unterliegen einer Schwankung von 10 - 20:1. Anhand des Verhältnisses der gebundenen Elemente kann über den Humusgehalt Rückschluss auf den Stickstoffgehalt im Boden gezogen werden. Mittels der Zersetzungsbedingungen, sowie deren Zusammensetzung und Humusform, kann die Stickstoffdynamik des Bodens betrachtet werden. Die Stickstoffversorgung der Bodenorganismen ist bei einem C/N-Verhältnis von 10 - 20:1 gewährleistet (Scheffer, 1958).

2.3 Anbaueigenschaften von mehrjährigem Weizen

Untersuchungen der Studie von Hayes et al. (2018) wurden in Russland, den USA, Australien, Schweden, Kanada, Türkei, Nepal, Usbekistan und Italien in verschiedenen Anbauebenen durchgeführt, wie in *Abbildung 7* dargestellt. Weitere Versuche fanden in Slowenien statt (Vogt-Kaute & Vogt, 2017).



Abbildung 7 Lage der Versuchsstandorte unter monatlicher Angabe des Wetters (Hayes et al., 2018)

Die Untersuchungen zeigen auf, dass die Anpassung der mehrjährigen Linien besonders von der regionalen Abstammung abhängt. So sind die Klimazonen entscheidend für die Entwicklung und den Wiederaustrieb. Die Studie zeigt weiterhin auf, dass mehrjährige Kulturen in milden Klimazonen einen höheren Korn-ertrag aufzeigen. Eine Erklärung dafür wird in einem besseren Überleben, durch Ausbleiben von Frost, Austrocknung, Staunässe oder Schnee gesehen (Hayes et al., 2018).

Anhand der bodenschonenden und -erhaltenden Eigenschaften des mehrjährigen Weizens empfiehlt die Öko-BeratungsGesellschaft mbH den Anbau auf Grenzertragsstandorten, Naturschutzflächen, benachteiligten und erosionsgefährdeten Gebieten oder Flächen mit schwieriger Bewirtschaftung aufgrund ihrer Form, Erosionsschutzstreifen oder von Permakultursystemen (Vogt-Kaute & Vogt, 2017).

Die Aussaat von mehrjährigem Weizen erfolgt im Herbst mit der Möglichkeit zur Untersaataussaat von Klee oder Leguminosen im Frühjahr (Cox et al., 2005; Hayes et al., 2017; Vogt-Kaute & Vogt, 2017). Die Aussaatstärke lag im Versuch von Vogt-Kaute & Vogt (2017) bei 300 keimfähigen Körnern pro Quadratmeter. Die genutzte Anbautechnik kann sowohl als Breitsaat, mit Kleeuntersaat oder als weite Reihe durchgeführt werden. Dennoch erwies sich die Kleeuntersaat mit Erdklee auf Grenzertragsstandorten als nicht optimal. Ebenso wie die Variante der Breitsaat, da dort eine hohe Unkrautkonkurrenz auftrat. Bei der Untersaat mit Weißklee erfolgte im vorliegenden Versuch eine starke Wüchsigkeit, was zu Konkurrenzeffekten geführt haben könnte. Die verschiedenen Versuchsstandorte wiesen jedoch erhebliche Unterschiede in Bodenart und Trockenheit auf (Vogt-Kaute & Vogt, 2017). Mehrjähriger Weizen erfährt in vielen Untersuchungen keine Düngung, um die Anpassungsfähigkeit an die Standorte aufzeigen zu können und das endogene Nährstoffangebot zu nutzen (Audu et al., 2022; Glover et al., 2010). Dabei entzieht perennierender Weizen in einer vorliegenden Studie ähnlich viel Stickstoff, wie zugedüngte Nachbarparzellen mit einjährigem Weizen (Glover et al., 2010). Bei Versuchen zum Düngeeinfluss auf das Pflanzenwachstum, wurde die mineralische Düngung nach vorangegangenen Bodenuntersuchungen im Sinne der jeweiligen Forschungsfrage durchgeführt (Culman et al., 2013; Dickeduisberg et al., 2017).

So macht der Einsatz von Stickstoffdüngern in der unter *Abbildung 8* genannten Aufführung knapp 63 % der aufgewendeten Energie auf (Glover et al., 2010).

Inputs	Units	MJ unit ⁻¹	Perennial grass		No-till annual wheat	
			Amount	MJ ha ⁻¹	Amount	MJ ha ⁻¹
Equipment MTR ^a				186 ^b		360 ^c
Diesel	L	36.6	11.1	408	27.1	992
Nitrogen	kg	57.5	0	0	77	4424
Phosphorus	kg	7	0	0	25.0	176
Seeds	kg	5.6	0	0	134.4	749
Herbicides	kg	267	0	0	0.9	240
Insecticides	kg	285	0	0	0.1	14
Fungicides	kg	289	0	0	0.1	29
				594		6984

^a Manufacturing, transportation and repair.

^b MTR energy values are from Table 7, West & Marland (2002) for harvest operations.

^c Embodied energy values for equipment manufacturing, transportation and repair are from Table 7, West and Marland (2002) and include equipment for planting, harvest, fertilizer, and herbicide application operations.

Abbildung 8 Energieaufwand auf dem Feld für die Produktion von mehrjährigem Gras und Winterweizen in Direktsaat (Glover et al., 2010)

Die Bodenverdichtung nimmt bei konservierender Bodenbearbeitung im Gegensatz zum Pflugverfahren besonders zwischen 15 - 30 cm zu. Die konservierende Bodenbearbeitung umfasst verschiedene positive und negative Aspekte für den ökologischen Landbau (Peigné et al., 2018). Da im ökologischen Landbau der Pflug unter anderem zur Unkrautbekämpfung eingesetzt wird (Peigné et al., 2018), erscheint intermediäres Weizengras als taktische Übergangskultur und als sinnvolle Anbaumöglichkeit, in der Umstellungszeit von konventioneller auf ökologischer Bewirtschaftung, das Unkraut zu regulieren. Ebenso wie auf Feldern in der Übergangszeit von intensiver auf reduzierte Bodenbearbeitung, um die tiefe Durchwurzelung strategisch nutzen zu können (Duchene et al., 2019).

2.4 Mehrjähriger Weizen im ökologischen Landbau

Neben den in *2.1.5.1 Positive Aspekte des Anbaus* genannten Vorteilen zählen für den ökologischen Landbau besonders die bodenkonservierenden und ökologischen Eigenschaften des mehrjährigen Weizens. Dabei zeigte der Ertrag im vorliegenden Versuch von *Triticum aestivum* x *Thinopyrum intermedium* gegenüber den einjährigen Weizensorten unterschiedliche Ergebnisse. Die Erträge schwankten zwischen 0,0 dt/ha im zweiten und auch dritten Anbaujahr von mehrjährigem Weizen und einem Spitzenertrag von 19,8 dt/ha im ersten Anbaujahr. Die Höchsterträge der einjährigen Weizen erbrachten zwischen 5,3 dt/ha und 22,5 dt/ha im gleichen Versuchszeitraum. Der Versuch sieht mehrjährigen Weizen als „eine ökologisch interessante Option für marginale Standorte“ (Vogt-Kaute & Vogt, 2017).

Die Ertragsfähigkeit eines Standorts im ökologischen Landbau ist weitgehend vom im Boden befindlichen Humus abhängig. Dabei wird der Fruchtfolge anhand der entstehenden Humusbilanzierung durch die angebauten Fruchtarten einem Humusäquivalent zugeordnet, in *Abbildung 9* dargestellt (Kolbe, 2013).

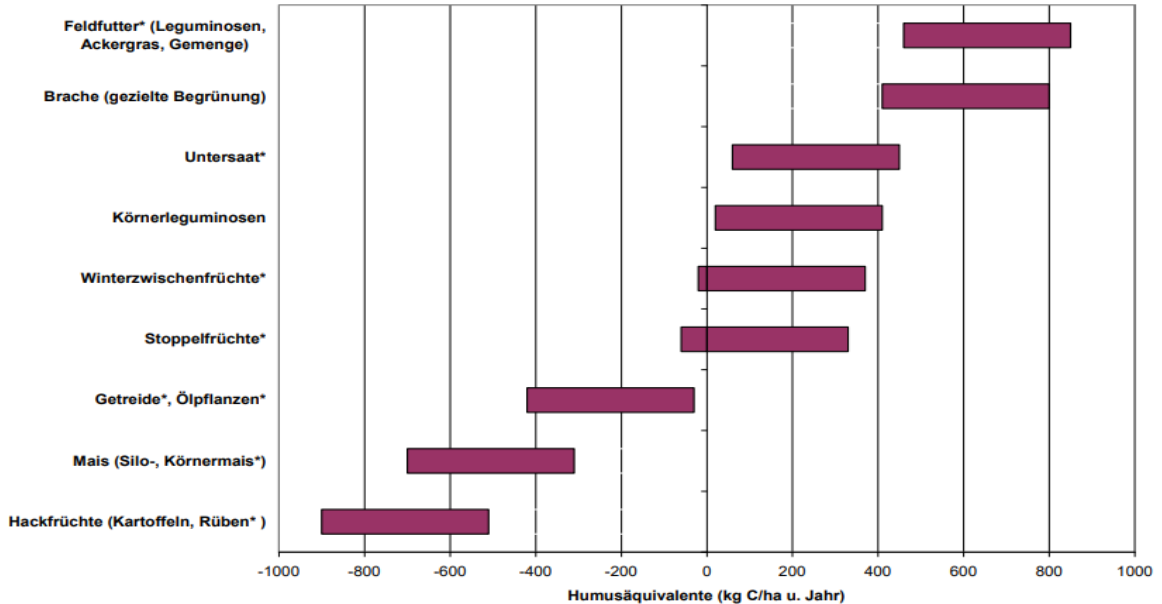


Abbildung 9 Humifizierungskoeffizienten der Fruchtarten (Kolbe, 2013)

Mehrjährig angebaute Kulturen besitzen, wie abgebildet, eine positive Bilanz in Kilogramm Kohlenstoff pro Hektar und Jahr. Dabei müssen Humusbilanzen immer über die gesamte Fruchtfolge angesehen werden. Bei einem ausgeglichenen Saldo kann die Einhaltung eines standort- und bewirtschaftungstypischen Humusgehaltes des Bodens erhalten werden (Kolbe, 2013). Im Sinne einer Fruchtfolge ist es möglich, Getreide nach Getreide anzubauen. Jedoch wird im Falle des einjährigen Weizens davon abgeraten, diesen, bezüglich des Ertragsverlusts und der gleichbleibenden Verarmung des Bodens, als Vorfrucht Weizen - Nachfrucht Weizen anzubauen. Die Monokultur wird in Folge als selbstunverträglich bezeichnet. Eine Anbaupause von drei Jahren wird empfohlen (Rübensam & Rauhe, 1968). Mehrjähriger Weizen kann durch ein verändertes Aussaatdatum, der Aussaatmenge oder den Reihenabstand zur aktiven Unkrautunterdrückung oder -verminderung im ökologischen Landbau beitragen. Durch die mögliche Doppelnutzung des intermediären Weizengrases aus Marktfrucht und Futtergewinnung können ebenso natürliche klimatische Jahresschwankungen ausgeglichen werden und die ökonomischen Vorteile steigen (Duchene et al., 2019).

2.5 Förderrechtliche Grundlagen

Das sogenannte Carbon Farming ist Teil der GAP 2023 und deren Strategie „Farm to Fork“. Dabei handelt es sich um das Anwerben einer kohlenstofforientierten Landwirtschaft durch kohlenstoffarme Bewirtschaftungspraktiken. Im Bezug auf den mehrjährigen Weizen als mögliche Kultur für die „Erhaltung und Verbesserung des organischen Kohlenstoffs (SOC) im Boden auf mineralischen Böden“, könnte dieser zu einer Belohnung für die Bindung von Kohlenstoff führen (Europäische Kommission, 2023).

Besonders Absatz 2 Nr. 7 des § 17 gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft aus dem Bundes-Bodenschutzgesetz kann im Sinne des mehrjährigen Weizens intensiver betrachtet werden. Dabei handelt es sich um einen Unterpunkt der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft als Teil Vier des Bundes-Bodenschutzgesetzes und fordert (Bundesministerium für Justiz, 1998):

„[Dass] Der standorttypische Humusgehalt des Bodens, insbesondere durch eine ausreichende Zufuhr an organischer Substanz oder durch Reduzierung der Bearbeitungsintensität erhalten wird.“

Im Rahmen der 2005 eingeführten GLÖZ (guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand der Flächen) der gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) gab es keine Berücksichtigung von mehrjährigen Getreidesorten (Duchene et al., 2019). In der aktuell geltenden GAP für den Zeitraum 2023 - 2027 mit den neu eingeführten Zahlungen für Konditionalitäten und Ökoregelungen (ÖR) gibt es weiterhin keine eigene Förderung von mehrjährigen Getreidekulturen (Megner, 2024).

3 Material und Methodik

Zur Erhebung der Daten wurde ab Frühjahr 2022 Naturlandberater Werner Vogt-Kaute kontaktiert. Die Kontakt- und Datenaufnahme mit den Betrieben Henninger und Fischer startete ab Winter 2022.

Eine der sich im einjährigen Aufwuchs befindlichen Flächen stellt sich als Kleinparzelle von 15 m² innerhalb eines Versuchsgartens (*Anlage 1*) dar. Dabei handelt es sich um die Fläche von Martina Machwart (*Anlage 2*). Im gleichen Landkreis befindet sich der im zweiten Aufwuchsjahr angebaute Bestand von Jan Henninger aus 97799 Detter (*Anlage 3*). Die jeweiligen Vergleichsflächen im ersten und zweiten Aufwuchsjahr befinden sich in 01594 Hirschstein (*Anlage 4*).

Das verteilte Saatgut wurde von Werner Vogt-Kaute zur Verfügung gestellt. Bei dem Zuchtmaterial von *Triticum aestivum* x *Thinopyrum intermedium* handelt es sich um eine Mischung mit fünf Linien, sogenannten P 1 - 5 von Stephen Jones, Washington State University (USA). Dabei handelt es sich um fünf weizenähnliche, hochvermehrte Linien aus den Jahren 2012 - 2015.

Am 21.12.2022 und 28.04.2023 wurde auf den Betrieben Vogt-Kaute/Machwart und Henninger der Feldaufgang vor und nach Winter bonitiert, sowie am 25.07.2023 die Bestandeshöhe, welche keine Beachtung in der Arbeit findet. Zusätzlich wurde am 28.04.2023 die Unkrautvegetation ermittelt. Am 30.07.2023 wurde auf dem Betrieb Fischer im ersten und zweiten Aufwuchsjahr die Bestandsdichte und Unkrautvegetation bonitiert.

3.1 Betrieb Machwart

Die Versuchsflächen des Naturland-Verbands für ökologischen Landbau e.V. liegen auf den Flächen von Martina Machwart in der Gemeinde 97797 Wartmannsroth, Ortsteil Dittlofsroda. Dabei handelt es sich um Böden auf Buntsandstein (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2023). Naturlandberater und Versuchsbetreuer Werner Vogt-Kaute gibt die Bodentypen als Braunerde und Pseudogley an. Bei den Bodenarten des Betriebs handelt es sich um lehmigen Sand bis schluffig, tonigen Lehm.

Der Betrieb bewirtschaftet auf etwa 300 m über Normalnull insgesamt 15 ha. Seit 1987 erfolgt die Bewirtschaftung ökologisch. Die Düngung erfolgt in der Regel über Rindermist als Tausch für sechs Hektar Klee gras mit einem benachbarten Öko-Milchviehhalter.

Das Flurstück „Starmich“ der Versuchsfläche umfasst 1,86 ha, 50 Bodenpunkte und besteht nach Angaben von Werner Vogt-Kaute aus schluffigem Lehm mit Bodentyp Parabraunerde. Die Gegend prägt eine Frühjahrs- und Sommertrockenheit mit einem Gesamtniederschlag von 605 mm im Jahr 2022 und 721,8 mm im Jahr 2023, wie in *Abbildung 10* und *Abbildung 11* einsehbar. Die Umstellung von konventionellen auf ökologischen Anbau erfolgte bei dieser Fläche im Jahr 2020. Bei der Vorfrucht handelt es sich um Dinkel mit Vorvorfrucht Triticale. Die durchgeführte Bodenprobe ergab einen pH-Wert von 6,3, sowie 4 mg P₂O₅, 9 mg K₂O, 9 mg Mg je pro 100g Boden und einen Humusgehalt von 3,1 %.

Monatsmittelwerte Steinfeld (300 m) : 2022										
Monat	Temp. (2 m) Ø	Wind Ø	Niederschlag Σ	Wasserbilanz Σ	Luftfeuchte Ø	Blattnässe Ø	Strahlung Σ	Sonnenstunden Σ	Vegetationstage Σ	Monat
	[°C]	[m/s]	[mm]	[mm]	[%]	[%]	[kWh/m²]	[h]	(T Ø >= 5 °C)	
Jan	2.7	1.7	75.5	63.9	92	95	19	28	4	Jan
Feb	4.6	2.7	85.8	61.0	83	74	43	86	15	Feb
Mrz	5.5	1.1	10.8	-38.6	63	27	107	222	17	Mrz
Apr	8.4	1.5	72.6	6.0	72	40	120	188	23	Apr
Mai	15.8	1.1	25.2	-89.8	67	31	178	264	31	Mai
Jun	19.4	1.0	22.4	-108.6	64	30	191	274	30	Jun
Jul	20.5	1.1	18.7	-119.6	57	18	189	282	31	Jul
Aug	21.9	0.9	31.3	-89.5	55	13	163	268	31	Aug
Sep	13.8	1.1	103.1	44.8	80	55	98	162	30	Sep
Okt	12.1	0.7	47.5	19.4	92	84	61	120	31	Okt
Nov	6.2	0.8	50.8	40.0	95	95	28	69	18	Nov
Dez	1.9	1.3	61.3	52.5	93	99	19	60	10	Dez
Ø	11.1	1.3	50.4	-	76	55	-	168	-	Ø
Min.	1.9	-	10.8	-	-	-	-	28	-	Min.
Max.	21.9	-	103.1	-	-	-	-	282	-	Max.
Σ	-	-	605.0	-158.5	-	-	1221	2023	271	Σ

Abbildung 10 Übersicht der Monatsmittelwerte des Jahres 2022 der Wetterstation Steinfeld (Agrarmeteorologie Bayern, 2023)

Monatsmittelwerte Steinfeld (300 m) : 2023										
Monat	Temp. (2 m) Ø	Wind Ø	Niederschlag Σ	Wasserbilanz Σ	Luftfeuchte Ø	Blattnässe Ø	Strahlung Σ	Sonnenstunden Σ	Vegetationstage Σ	Monat
	[°C]	[m/s]	[mm]	[mm]	[%]	[%]	[kWh/m²]	[h]	(T Ø >= 5 °C)	
Jan	3.6	1.9	57.7	43.6	90	96	18	20	13	Jan
Feb	3.2	1.5	19.7	1.4	87	79	39	70	11	Feb
Mrz	6.4	2.0	81.2	40.6	80	53	71	100	17	Mrz
Apr	8.1	1.3	63.9	6.8	78	47	107	144	27	Apr
Mai	14.5	1.0	24.3	-81.0	69	27	170	240	31	Mai
Jun	20.1	1.0	24.8	-112.7	59	19	198	294	30	Jun
Jul	19.8	1.4	63.4	-65.6	66	28	171	242	31	Jul
Aug	19.0	1.0	100.3	8.4	81	54	133	185	31	Aug
Sep	17.6	0.7	13.3	-58.0	78	50	123	235	30	Sep
Okt	12.0	1.2	90.3	55.3	86	67	58	111	29	Okt
Nov	5.8	1.9	89.2	73.0	91	90	23	45	18	Nov
Dez	3.8	2.0	93.7	81.5	93	98	15	27	14	Dez
Ø	11.2	1.4	60.2	-	79	59	-	142	-	Ø
Min.	3.2	-	13.3	-	-	-	-	20	-	Min.
Max.	20.1	-	100.3	-	-	-	-	294	-	Max.
Σ	-	-	721.8	-6.7	-	-	1131	1713	282	Σ

Abbildung 11 Übersicht der Monatsmittelwerte des Jahres 2023 der Wetterstation Steinfeld (Agrarmeteorologie Bayern, 2024)

Die Bestellung für den Aufwuchs im ersten Jahr erfolgte am 31.10.2022 per Parzellensämaschine von Wintersteiger mit einer Aussaatstärke von 200 Körnern pro Quadratmeter. Die Umbruch- und Saatbettbereitung erfolgte per Grubber, Pflug und Kreiseleggen-Sämaschinen-Kombination. Es wurden keine Dünge- oder Pflegemaßnahmen über das Anbaujahr durchgeführt. Weiterhin sind keine schlagtypischen Unkräuter bekannt, lediglich Kornrade trat vermehrt auf. Als weitere Besonderheit des Anbaujahres führte Werner Vogt-Kaute hohe Niederschlagsmengen im März und April auf und ausgefallene Körner zur Ernte. Die Ernte am 16.08.2023 erbrachte 8,7 dt/ha.

3.2 Betrieb Henninger

Der Betrieb von Jan Henninger liegt auf 510 m über Normalnull in 97799 Zeitlofs, Ortsteil Detter, in der Nachbargemeinde des unter *3.1 Betrieb Machwart* genannten Betriebs. Die Niederschlagsverteilung gibt Herr Henninger mit durchschnittlich 560 mm Niederschlag an, vergleichbar in *Abbildung 10* und *Abbildung 11*, mit verstärkter Feuchte im Frühjahr und dem späten Herbst in den letzten Jahren. Der Betrieb bewirtschaftet seit 2002 ökologisch mit 2,3 AK und einer durchschnittlichen Schlaggröße von 2,3 ha. Der vorherrschende Bodentyp ist Bundsandstein.

Insgesamt umfasst der Betrieb 293 ha, wovon 12 ha Grünland sind. Die Fruchtfolge setzt sich wie folgt zusammen:

1. Klee
2. Klee
3. Konsumroggen + Untersaat Weißklee
4. Hafer oder Sommergerste
5. Wintererbsen mit Roggen als Stützfrucht
6. Konsumroggen
7. Konsumvermehrung

Zwischen dem fünften und sechsten Fruchtfolgeglied wird Senf als Zwischenfrucht eingesät. Die Düngung in Form von Wirtschaftsdüngern geschieht meist zur Zwischenfrucht oder im Frühjahr in den Hafer- oder Gerstenbestand.

Auf der für den Versuch zur Verfügung gestellten Fläche „läufiger Sand“ mit Bodenart sandiger Lehm, 31 Bodenpunkten und einer Schlaggröße von 0,9 ha, stand im betrachtenden Versuchszeitraum eine Fläche im zweiten Aufwuchsjahr. Der mehrjährige Weizen steht an dritter und vierter Position der Fruchtfolge, gefolgt auf den Doppelfruchtanbau Klee. Die Aussaat erfolgte am 15.10.2021 mit 105 kg Saatgut per Lemken Solitär 6 m nach der Bodenbearbeitung per Pflug Pöttinger Servo 5-Schar. Über das Anbaujahr erfolgte eine Pflegemaßnahme in Form von Hacken am 10.04.2022. Die Ernte des ersten Aufwuchsjahres am 28.08.2022 brachte 25 dt/ha. Im zweiten Aufwuchsjahr waren fast ausschließlich die schlagtypischen Unkräuter Ampfer und Wiesenschwingel aufzufinden, weshalb 2023 keine weitere Ernte erfolgte.

3.3 Betrieb Fischer

Der Großteil der in die Arbeit einbezogenen Flächen liegen in der Gemeinde 01594 Hirschstein. Dabei wurden Versuchsflächen im ersten und zweiten Jahr angebaut. Die Angaben von Herrn Fischer beziehen sich auf einen bereits abgeschlossenen Versuchszeitraum der Jahre 2021 und 2022.

Der Betrieb liegt auf etwa 140 m über Normalnull, mit einer durchschnittlichen Schlaggröße von 7 ha. Der durchschnittliche Jahresniederschlag liegt nach Angaben der nächstgelegenen Wetterstation im Jahr 2021 bei 671,8 l/qm, im Jahr 2022 bei 415,8 l/qm (WetterKontor GmbH, 2024). Die Umstellung auf biologische Bewirtschaftung erfolgte im Jahr 2005.

Der mehrjährige Weizen wurde nach Vorfrucht Raps am 15.10.2021 mit 100 kg/ha auf dem Schlag „513-1“ gesät. Der Schlag umfasst 1,0 ha. Herr Fischer beschreibt den Boden als sandig mit 30 Bodenpunkten. Die Saatbettbereitung erfolgte nach Grubber- und Pflugmaßnahmen per Scheibenegge. Im März wurde der Bestand gestriegelt. Die Ernte im ersten Anbaujahr erfolgte Mitte Juli mit einem Ertrag von 50 dt/ha. Im November zwischen den Aufwüchsen wurde der Bestand gemulcht. Die Ernte des zweiten Aufwuchsjahres erfolgte am 10.08.2022 mit einem Ertrag von 30 dt/ha. Während des gesamten Anbaus wurde keine Düngemaßnahme durchgeführt. Es sind keine Krankheiten aufgetreten, als schlagtypisches Unkraut benannte Herr Fischer Kamille.

4 Ergebnisse

4.1 Ökologische Betrachtung

4.1.1 Bestandsbild der Anbauflächen

Im ersten Anbaujahr ist das Bestandsbild des mehrjährigen Weizens gleichmäßig mit Ähren, die an Weizenähren erinnern, wie in *Abbildung 12* zu sehen. *Abbildung 13* zeigt die gedroschenen Körner, die denen des Weizens ähneln. Die Körner wurden aus verschiedenen Halmen, die über den gesamten Bestand hinweg gesammelt wurden, händisch ausgelöst.



Abbildung 12 einjähriger Bestand des Betriebs Fischer am 30.07.2023 (eigene Darstellung)



Abbildung 13 ausgelöste Körner des einjährigen Bestands von Betrieb Fischer (eigene Darstellung)

Im zweiten Jahr wandeln sich Pflanze und Körner im äußeren Erscheinungsbild zu roggenähnlichen Ähren und Körnern, wie in *Abbildung 14* und *Abbildung 15* zu sehen.



Abbildung 14 zweijähriger Bestand des Betriebs Fischer am 30.07.2023 (eigene Darstellung)



Abbildung 15 ausgelöste Körner des zweijährigen Bestandes von Betrieb Fischer (eigene Darstellung)

Der Wiederaufwuchs des mehrjährigen Weizens war verschieden stark ausgeprägt. *Abbildung 16* und *Abbildung 17* stammen beide vom 28.04.2023, von unterschiedlichen Stellen des Schlags von Betrieb Henninger.



Abbildung 16 zweijähriger, dünner Bestand von Betrieb Henninger mit einer Meterskala (eigene Darstellung)



Abbildung 17 zweijähriger Bestand von Betrieb Henninger mit einer Meterskala (eigene Darstellung)

Die Bestandesdichte betrug bei den Versuchsfläche von Herrn Vogt-Kaute bei der Erstbonitur am 21.12.2022 durchschnittlich 35 Pflanzen pro Quadratmeter, am 28.04.2023 durchschnittlich 37 Pflanzen pro Quadratmeter und bei der Abschlussbonitur am 15.07.2023 durchschnittlich 30 Pflanzen pro Quadratmeter. Die Pflanzen bei Betrieb Henninger hatten eine durchschnittliche Bestandesdichte von 18 Pflanzen pro Quadratmeter bei der Bonitur am 21.12.2022 und durchschnittlich drei Pflanzen pro Quadratmeter am 28.04.2023. Im einjährigen Bestand von Betrieb Fischer standen bei der Bonitur am 30.07.2023 durchschnittlich 36 Pflanzen pro Quadratmeter, im zweijährigen Bestand durchschnittlich zwei bis drei Pflanzen pro Quadratmeter. Die Einzelergebnisse sind in *Tabelle 1* dargestellt.

Tabelle 1 einzeln aufgeführte Zählungen auf einem Quadratmeter in Wiederholung (eigene Darstellung)

Bestandesdichte	Pflanzen pro Quadratmeter				
				einjährig	zweijährig
	21.12.2022	28.04.2023	15.07.2023	30.07.2023	
Betrieb Vogt-Kaute/ Machwart	25	29	34		
	35	35	41		
	46	41	28		
	32	43	17		
Betrieb Henninger	24	3	/		
	15	2	/		
	14	5	/		
Betrieb Fischer				40	3
				27	1
				38	2
				37	4

Tabelle 2 zeigt die Erträge der Betriebe über die entsprechenden Anbaujahre. Die Betriebe können einen Ertrag des einjährigen Aufwuchses mit 8,7 dt/ha - 50 dt/ha ausweisen. Betrieb Fischer und Betrieb Henninger bauten mehrjährigen Weizen im zweiten Jahr an, wohingegen Betrieb Henninger keinen Ertrag erzielen konnte. Betrieb Fischer konnte im Jahr 2022 30 dt/ha ernten.

Tabelle 2 Aufführung der Erträge über den betrachteten Zeitraum in dt/ha (eigene Darstellung)

Ertrag in dt/ha	2021		2022		2023	
	Einjährig	Zweijährig	Einjährig	Zweijährig	Einjährig	Zweijährig
Betrieb Vogt-Kaute/ Machwart					8,7	
Betrieb Henninger			25,0			/
Betrieb Fischer	50,0			30,0		

4.1.2 Unkrautbesatz der Anbauflächen

Im ersten Aufwuchsjahr war nur ein geringer Besatz an Beikräuter festzustellen, sowohl auf den Versuchsfeldern von Werner Vogt-Kaute (siehe *Abbildung 18*) als auch den Flächen des Betriebs Fischer (siehe *Abbildung 19*). Vereinzelt traten auf den Versuchsfeldern Flohknöterich, Kornblume, Echte Kamille und Kornrade auf, während Betrieb Fischer überwiegend Echte Kamille, Melde, Weißer Gänsefuß, Kornblume und Kornrade aufwies. Es wurde jeweils keine genaue Zählung des Unkrautbestandes durchgeführt.



Abbildung 18 Versuchspartie von Werner Vogt-Kaute vom 28.04.2023 (eigene Darstellung)



Abbildung 19 einjähriger Aufwuchs des Betriebs Fischer vom 30.07.2023 (eigene Darstellung)



Abbildung 20 Bestand von Betrieb Henninger in der Vegetationspause zwischen dem ersten und zweiten Aufwuchsjahr am 21.12.2022 (eigene Darstellung)



Abbildung 21 zweijähriger Bestand von Betrieb Henninger am 28.04.2023 (eigene Darstellung)

Im zweiten Aufwuchsjahr war, wie bereits unter 3.2 *Betrieb Henninger* aufgeführt, die Verunkrautung der Fläche stark fortgeschritten, bis zum großflächigen Ertragsausfall. Am 21.12.2022 waren die ausgesäten und abgeernteten Reihen noch deutlich zu erkennen (siehe *Abbildung 20*), während bei der Bonitur am 28.04.2023 kaum noch ein Wiederaufwuchs zu sehen war (siehe *Abbildung 21*).

Speziell bei Betrieb Henninger waren am 28.04.2023 folgende Kräuter auf einer Fläche von 4 m² zu finden:

- Ackerkratzdistel
- Ackerschmalwand
- Echte Kamille
- Flughäfer
- Gewöhnlicher Löwenzahn
- Knäulhornkraut
- Kriechender Hahnenfuß
- Quellenhornkraut
- Rauhaarige Wicke
- Rote Taubnessel
- Rundblättriger
Storchschnabel
- Sauerampfer
- Weißklee

Die Fläche im zweiten Anbaujahr des Betriebs Fischer (*Abbildung 22*) zeigt ein geringeres Bild der Verunkrautung. Die häufigsten Kräuter auf 4 m² waren folgende:

- Deutsches Weidelgras
- Kamille
- Kanadisches Berufskraut
- Kornrade
- Vogelknöterich
- Wehrlose Trespe



Abbildung 22 zweijähriger Bestand des Betriebs Fischer vom 30.07.2023 (eigene Darstellung)

4.1.3 Betrachtung des Wurzelraums

Es wurden keine Untersuchungen des Wurzelraums vorgenommen und es können keine vergleichbaren Untersuchungen aufgezeigt werden. Aus diesem Grund endet die Betrachtung an der Bodenoberfläche. Weiterhin kann kein repräsentatives Ergebnis des Humusgehalts aufgeführt werden, da die Versuche mit maximal zwei Anbaujahren keinen ausreichenden Einfluss auf die organische Substanz haben.

4.2 Ökonomische Betrachtung

Deckungsbeitragsrechnung für: **Mehrfähriger Weizen Betrieb Henninger**
 Nutzflächenkategorie: **Ackerland**

Einheit: 1 ha				Mehrfähriger Weizen 1. Jahr			Mehrfähriger Weizen 2. Jahr			
Marktleistung				Einh.	Umfang	€/Einh.	€	Umfang	€/Einh.	€
Gesamtertrag				dt	25,0					
Hauptl.:	Korn			dt	25	40,00	1.000,00		40,00	
Nebenleistung										
Direktzahl.:										
Marktleistung gesamt							1.000,00			
Proportional variable Spezialkosten										
Saatgut				Einh.	Umfang	€/Einh.	€	Umfang	€/Einh.	€
P 1-5				dt	1,05	150,00	157,50		150,00	
Saatgut gesamt							157,50			
Düngung				kg NS / 1 dt	Bed. fakt.	Ausn. Rückl.	Korn : Stroh = 1 : 0,8		Korn : Stroh = 1 : 0,8	
Nährstoff	Korn	Stroh					kg	€/kg	kg	€/kg
N	1,81	0,50	1,2	40%			62,3	5,26	327,91	5,26
P ₂ O ₅	0,80	0,30	1	100%			20,0	1,31	26,24	1,31
K ₂ O	0,55	1,40	1	100%			13,8	0,20	2,73	0,20
MgO	0,20	0,20	1	100%			5,0	0,46	2,28	0,46
CaO			1	100%						
Düngung ges.				(1 dt = 1 dt)						359,16
Pflanzenschutz				Einh./ha	Umfang	€/Einh.	€	Umfang	€/Einh.	€
Pflanzenschutz gesamt										
Dienstleistungen				Einh.	Umfang	€/Einh.	€	Umfang	€/Einh.	€
Dienstleistungen gesamt										
Variable Kosten der Eigenmech.							101,67			
Sonstige Kosten				Erläuterung	Umfang	€/Einh.	€	Umfang	€/Einh.	€
Trocknung				20% Ertrag (dt)	5,0					
Versicherung				% der ML (ohne Pr.)	1.000,00					
Probennahme Erntegut										
Sonstige Kosten gesamt										
Variable Kosten insgesamt							618,33			
Deckungsbeitrag							381,67			
Umlaufvermögen im Durchschnitt							60% der v.Ko.		60% der v.Ko.	371,00

Variable Kosten (v.K) der Eigenmechanisierung und Arbeitszeitbedarf (AKh)

Einh.	Verfahren	ZSp	HalbMo	Umfang	AKh	v.K. (€)	Umfang	AKh	v.K. (€)
ha	Bodenprobe ziehen	HE	09a	1	0,34	4,03			
ha	Pflügen	HE	09b	1	1,39	25,88			
ha	Aussaat	HE	10a	1	0,81	18,10			
ha	Bodenprobe Nmin ziehen	FB	02a	1	2,24	12,22			
ha	Bestandsbonitur	FB	02b	2	0,42	3,05			
ha	Dreschen	GE	08b	1	1,44	12,41			
ha	Korntransport	GE	08b	1	0,50	7,82			
h	Lagern und Trocknen	GE	08b	1	0,10	2,52			
ha	Stoppelbearbeitung flach	GE	10a	1	0,70	15,64			
Gesamt				-	7,94	101,67	-		

Abbildung 23 ökonomische Betrachtung des mehrjährigen Weizens von Betrieb Henninger in den Anbaujahren 2022 und 2023 (Quelle Vorlage Schuh (2023), Inhaltsvorgabe Henninger (2023))

Abbildung 23 zeigt eine angenommene Marktleistung von 40 €/ha im ersten Anbaujahr nach Angaben von Werner Vogt-Kaute als Ansprechpartner und Betreuer des EcoBreed-Projekts. Der tatsächliche Aufwuchs wurde verfüttert. Der Ertrag bezieht sich auf den Aufwuchs des ersten Anbaujahres im Jahr 2022 und dem ausfallenden Ertrag im zweiten Anbaujahr. Die Angaben zu den Saatgutkosten stammen ebenfalls von Werner Vogt-Kaute. Der Nährstoffentzug der Vorfrucht und Vorvorfrucht Klee wurde einem monetären Wert zugeordnet nach angefragten Düngerpreisen von Leist (2024) und unter der Annahme eines annähernd gleichen Nährstoffentzugs von einjährigem und mehrjährigem Weizen nach Glover et al. (2010). Es fanden keine Pflanzenschutz- oder Düngemaßnahmen und Dienstleistungen statt. Ebenso wurden weiterhin keine Zahlungen für sonstige Kosten getätigt. Die variablen Kosten ermitteln sich aus den durchgeführten Arbeiten nach KTBL unter Angabe der eingesetzten Maschinen von Jan Henninger in Umfang und Arbeitszeitaufwand. Das Umlaufvermögen stellt sich als Winterkultur durch 60 % der variablen Kosten dar. Im zweiten Anbaujahr konnte kein Ertrag erzielt werden, was das Rechenprogramm mit keinen erfolgten Entzügen von Nährstoffen darstellt. Es fanden keine Arbeitsmaßnahmen statt. Der Bestand wurde im Herbst nicht umgebrochen.

Im ersten Anbaujahr kann so ein positiver Deckungsbeitrag von 381,67 € erzielt werden, während im zweiten Jahr der Deckungsbeitrag in dieser Darstellung mit 0,00 € neutral ausfällt.

5 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurden die Eigenschaften des mehrjährigen Weizens im ökologischen Anbau aufgeführt und Ergebnisse der teilnehmenden Betriebe ersichtlich gemacht.

Im ersten Erntejahr konnte der mehrjährige Weizen 8,0 dt/ha, 25,0 dt/ha und 50,0 dt/ha erzielen, wie unter *4.1.1 Bestandsbild der Anbauflächen* aufgeführt. Keinen Ertrag erbrachte die Anbaufläche im betrachteten zweiten Jahr bei Betrieb Henninger, Betrieb Fischer konnte 30 dt/ha ernten. Nach Angaben von Vogt-Kaute (2024) wurden auf der Fläche von Jan Henninger viele Ähren durch Wild abgefressen. Bei den Angaben der Erntemengen muss zunächst berücksichtigt werden, dass die Darstellung der Mengen jeweils aus den Jahren 2021, 2022 und 2023 und unterschiedlichen Anbauorten stammen und so verschiedenen Aufwuchseinflüssen unterlagen. Im mengenmäßigen Vergleich liegt der erwirtschaftete Ertrag von einjährigem Bio-Weizen im Durchschnitt der Jahre 2012 bis 2020 bei 36,5 dt/ha, im konventionellen Landbau bei 77,1 dt/ha (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2024). *Thinopyrum intermedium* erbringt je nach vorliegender Untersuchung als Reinkultur zwischen 0,7 dt/ha und 3,91 dt/ha (Bergquist et al., 2022). Vogt-Kaute & Vogt (2017) konnte 11,3 dt/ha - 16,3 dt/ha der Mischung P 1-5 erzielen, die die teilnehmenden Betriebe auch als Saatgut erhielten.

Die Bestätigung der Beobachtung des ausgebliebenen oder verminderten Ertrags im zweiten Anbaujahr liegt nach Hayes et al. (2018), und in *2.1.4 Ursprüngliche Zielverwendung und Herausforderungen der Zucht* dargelegt, in der Vererbung der angebauten Elterngeneration auf die F1. Neben der bekannten Tatsache, dass die Nachkommen von mehrjährigem Weizen teilweise aufgrund eines Fehlers der Chromosomenpaarung bei der Meiose in Teilen der Blütchen Unfruchtbarkeiten aufweisen, kann auch anhand der Wiederaufwuchsrate keine sichere Aussage zum Ertrag getätigt werden. Zudem kann es bei Selbstbefruchtern, wie mehrjährigem Weizen, durch Witterungs- und Sorteneinflüsse in 1 - 3 % der Fälle zu einer Fremdbefruchtung führen (Miedaner, 2010). Dies können die Beobachtungen von Vogt-Kaute (2024) bestätigen.

So kommt es nach seinen Aussagen bei mehrjährigem Weizen zu leicht höheren Abweichungen in der Befruchtung als einjährigem Weizen. Darin resultieren eine schwer abschätzbare Ertragsermittlung und geerntete durchmischte Kornmasse, wie bei *Abbildung 15* ersichtlich.

Im vorliegenden Beispielbetrieb von Jan Henninger erfolgte im Frühjahr des ersten Anbaujahrs ein Hackdurchgang, zwischen dem ersten und zweiten Anbaujahr wurden jedoch keine Pflegemaßnahmen des Bestandes hinsichtlich der in *2.1.4 Ursprüngliche Zielverwendung und Herausforderungen der Zucht* aufgezeigten Möglichkeiten der Mahd oder des Abbrennens durchgeführt. Der Bestand zeigte eine hohe Verunkrautung im Sommer 2023 und wurde nach Absprache mit Betreuer und Naturlandfachberater Werner Vogt-Kaute nicht abgeerntet. Eine mögliche Erklärung für die hohe Verunkrautung kann in den fehlenden Pflegemaßnahmen liegen, jedoch auch in der geringen Wiederaufwuchsrate von durchschnittlich drei Pflanzen pro Quadratmeter im Frühjahr im zweijährigen Aufwuchs und dem so fehlenden Konkurrenzverhalten der Kultur. Bergquist et al. (2022) geben die Vorteile des Verbrennens als effektives Instrument zur Verbesserung des Lichteinfalls der Pflanzenkronen sowie der Mineralisation von Pflanzengewebe an. Das Mähen führte dazu im Vergleich zu einer Zunahme der Unkräuter in der Reihe und verringerte die Kornerträge. Die mechanische Ausdünnung des Feldes zwischen den Anbaureihen erhöht den Anteil an reproduktiven Trieben (Law et al., 2021; Pinto et al., 2021). Law et al. (2021) stellt daraufhin eine Verbesserung des Kornertrags im Folgejahr fest. Jedoch müssten die verbliebenen Triebe ihren Kornertrag um mehr als 25 % steigern, um einen vergleichbaren Ertrag zu erzielen (Bergquist et al., 2022). Dem widerspricht, unter Berücksichtigung der verschiedenen Anbauorte und -jahre, die durchgeführte Pflegemaße des Betriebs Fischer. So konnte nach einer Mulchmahd im November 30 dt/ha im zweiten Anbaujahr erzielt werden. Ebenso konnte subjektiv eine geringere Verunkrautung auf der Fläche des zweiten Anbaujahres festgestellt werden, was für eine Behandlung im Spätherbst spricht.

Mögliche Verbesserungsvorschläge für einen stabilen Wiederaufwuchs lieferte Werner Vogt-Kaute. Dabei handelt es sich um einen verfrühten Aussattermin bereits im Juni des ersten Anbaujahres, um damit eine höhere Wurzelmasse bis zur ersten Vegetationspause zu generieren und die Auswinterung zu vermindern.

Diese sind noch weiter zu untersuchen. Weiterhin sind die Stoppeln nach der ersten Ernte ein guter Richtwert, um die mechanische Unkrautbekämpfung im Rahmen der ökologischen Bewirtschaftung durchführen zu können. Eventuell besteht die Möglichkeit, den Bestand in der Vegetationspause des zweiten Anbaujahres anzuwalzen, um die Bestockung zu steigern.

Weiterhin kann das erste Anbaujahr mit 381,67 € einen um den etwa 2,25-fachen geringeren Deckungsbeitrag, als der durchschnittliche Standarddeckungsbeitrag von Weichweizen für die Region Unterfranken für die Anbaujahre 2018 - 2021 von 862,25 €, aufweisen (KTBL, 2019). Das zweite Anbaujahr weist aufgrund des monetär nicht erzielten Ertrags einen neutralen Deckungsbeitrag von 0,00 € auf. *4.2 Ökonomische Betrachtung* verdeutlicht dies. Bergquist et al. (2022) bestätigen diesen Verlauf mit einer verminderten Rentabilität mit zunehmenden Alter der Bestände von *Thinopyrum intermedium*. Je nach Möglichkeit kann die Futtermwertung in der Ermittlung des Deckungsbeitrags gegengerechnet werden und verbessert den schlussendlichen Deckungsbeitragswert bei Bergquist et al. (2022) auf zwischen 188 und 474 US-Dollar pro Hektar und Jahr. Speziell der ausgebliebene Wert des zweiten Anbaujahres kann lediglich anhand des Deckungsbeitrages nicht ausreichend dargestellt werden. So werden im ersten und zweiten Jahr beispielsweise keine anfallenden Kosten in Form von Pacht, Zeit der Buchführung oder Opportunitätskosten für eine rentablere Nutzung der Fläche berücksichtigt. Weiterhin können die positiven ökologischen Einflüsse über das Anbaujahr nicht auf die Umwelt geltend gemacht werden, ebenso wie ein möglicher Futternutzen des Ertrags.

Dies bestätigt Dirk Lühr der Hochschule Trier: „Besser keinen Wert für Umweltgüter angeben, als einen, der in die Irre führt“. Herr Lühr führt dabei die unkalkulierbaren globalen Auswirkungen auf, die eine Kosten-Nutzen-Abwägung nicht möglich machen. Beispielhaft nennt er hier den nicht messbaren Schaden durch den Verlust der Honigbiene auf zukünftige Generationen. Der Ansicht gegenüber steht das Projekt „Naturkapital Deutschland - TEEB DE“.

Dies ordnet als Teil der internationalen TEEB-Studie „The Economics of Ecosystems and Biodiversity“ den Leistungen der Natur einen ökonomischen Wert zu, um unter anderem die Wirkungen und Entscheidungen der Gesellschaft auf den Wasserhaushalt, die biologische Vielfalt oder die Lebensqualität aufzuzeigen (Hansjürgens & Löhr, 2016). Es sind Ansätze vorhanden, die Umweltkosten über die Wirkungskategorie geltend zu machen. Dabei handelt es sich jedoch beispielsweise um Ertragsverluste oder Produktionsausfälle durch eine verringerte Bodenproduktivität oder einer verschlechterten Grundwasserqualität. Die dadurch messbaren Substitutionskosten werden so als entstandene Umweltkosten angenommen (Umweltbundesamt, 2012).

6 Schlussfolgerung

Um das Potential und die dazugehörigen Grenzen von mehrjährigem Weizen speziell im biologischen Landbau aufzeigen zu können, ist es relevant sowohl die Vor-, als auch Nachteile mit dazugehörigen Einflüssen und Auswirkungen zu kennen. So besticht mehrjähriger Weizen eindeutig mit Vorteilen in den ökologischen Eigenschaften, wenngleich diese auch noch genauer untersucht werden sollten. Die Grenzen stellen sich offenkundig im Ertrag dar, stark beeinflusst vom Aufwuchsverhalten, der Pflege und den Körnern pro Ähre im zweiten Aufwuchsjahr. So bietet sich bei der Züchtung noch Potential, um den Wiederaufwuchs und die Langlebigkeit über das erste Anbaujahr hinaus zu stabilisieren.

Die Arbeit beleuchtet relevante Aspekte, um sowohl eine ökologische, als auch ökonomische Betrachtung in kleinem Umfang durchführen zu können. So bietet mehrjähriger Weizen einen ökonomischen Anreiz im ersten Jahr, der sich auch auf das zweite Anbaujahr ausdehnen kann. Dabei weisen die Ergebnisse auch aufgrund des geringen Stichprobenumfangs Grenzen und Prioritäten auf, die in einer umfangreicheren Studie zu neuen Erkenntnissen hinsichtlich des Ertrags, des Wiederaufwuchses und der Anpassungsfähigkeit in mehreren Anbauregionen mit klimatischen Einflüssen von Niederschlag, Höhe und Temperatur führen können.

So stellt sich mehrjähriger Weizen im ökologischen Landbau als eine interessante, zukunftssträchtige Kultur dar, die sich ebenfalls für Betriebe eignet, die konventionell bewirtschaften. Einen besonderen Einsatz könnte die Kultur aufgrund der eingesparten Arbeitsschritte speziell für Düngung, unter anderem aber auch Aussaat oder Bodenbearbeitung, für Regionen sein, die sich noch im landwirtschaftlichen Fortschritt befinden. In Bayern gibt es bisher keine spezifische Förderung für mehrjährige Kulturen. Dabei ist nicht auszuschließen, dass diese, bei gesteigerter Relevanz der Kultur, in den Förderrichtlinien Einzug findet.

7 Literaturverzeichnis

- Agrarmeteorologie Bayern. (2023, Oktober 9). Wetterstation Steinfeld (LfL). Zugriff am 5.1.2024. Verfügbar unter: <https://www.wetter-by.de/Internet/AM/NotesBAM.nsf/bamweb/3ac1dcb9813ce15fc12582a30028bcb9?OpenDocument&TableRow=3.5#3>.
- Agrarmeteorologie Bayern. (2024, Januar 3). Wetterstation Steinfeld (LfL). Zugriff am 5.1.2024. Verfügbar unter: <https://www.wetter-by.de/Internet/AM/NotesBAM.nsf/bamweb/3ac1dcb9813ce15fc12582a30028bcb9?OpenDocument&TableRow=3.5#3>.
- Armbrecht, I., Perfecto, I. & Vandermeer, J. (2004). Enigmatic Biodiversity Correlations: Ant Diversity Responds to Diverse Resources. *Science*, 304 (5668), 284–286. doi:10.1126/science.1094981
- Audu, V., Ruf, T., Vogt-Kaute, W. & Emmerling, C. (2022). Changes in microbial biomass and activity support ecological intensification of marginal land through cultivation of perennial wheat in organic agriculture. *Biological Agriculture & Horticulture*, 38 (3), 202–215. doi:10.1080/01448765.2022.2040589
- Banks, P. M., Xu, S. J., Wang, R. C. & Larkin, P. J. (1993). Varying chromosome composition of 56-chromosome wheat x *Thinopyrum* intermedium partial amphiploids. *Genome*, 2 (36), 207–215.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt. (2023). Geologische Karte 1:500.000 (Geologische Karte). Zugriff am 21.10.2023. Verfügbar unter: https://www.lfu.bayern.de/geologie/geo_karten_schriften/gk500/index.htm
- Bergquist, G., Gutknecht, J., Sheaffer, C. & Jungers, J. M. (2022). Plant Suppression and Termination Methods to Maintain Intermediate Wheatgrass (*Thinopyrum* intermedium) Grain Yield. *Agriculture*, 12 (10), 1638. doi:10.3390/agriculture12101638
- Bockus, W. W. & Shroyer, J. P. (1998). THE IMPACT OF REDUCED TILLAGE ON SOILBORNE PLANT PATHOGENS. *Annual Review of Phytopathology*, 36 (1), 485–500. doi:10.1146/annurev.phyto.36.1.485
- Bothmer, R. V., Flink, J., Jacobsen, N., Kotimäki, M. & Landström, T. A. (2008). Interspecific hybridization with cultivated barley (*Hordeum vulgare* L.). *Hereditas*, 99 (2), 219–244. doi:10.1111/j.1601-5223.1983.tb00895.x
- Brock, C. (2009). *Humusdynamik und Humusreproduktion in Ackerbausystemen und deren Bewertung mit Hilfe von Humusindikatoren und Humusbilanzmethoden* (Giessener Schriften zum ökologischen Landbau) (1. Aufl.). Berlin: Köster.

- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2020). Welches Potential hat mehrjähriges Getreide? *ökolandbau.de*. Verfügbar unter: <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/anbausysteme/welches-potenzial-hat-mehrjaehriges-getreide/>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2022, November 14). Boden verbessern und düngen - Nutzen von Kompost. Verfügbar unter: <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/grundlagen-pflanzenbau/boden-verbessern-und-duengen-nutzen-von-kompost/>
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft. (2024). Erträge im Ökologischen Landbau. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Verfügbar unter: <https://www.bzl-datenzentrum.de/umwelt-und-klima/oekolandbau#:~:text=Bei%20Weizen%2C%20dem%20Biogetreide%20mit,Dezitonnen%20je%20Hektar%20konventionell%20geerntet.>
- Bundesministerium für Justiz, B. für J. (1998, März 17). *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten*.
- Buyanovsky, G. A., Kucera, C. L. & Wagner, G. H. (1987). Comparative Analyses of Carbon Dynamics in Native and Cultivated Ecosystems. *Ecology*, 68 (6), 2023–2031. doi:10.2307/1939893
- Chapman, G. P. & Chapman, G. (1996). *The biology of grasses*. Wallingford: CAB International.
- Clark, I., Jones, S. S., Reganold, J. P., Sanguinet, K. A. & Murphy, K. M. (2019). Agronomic Performance of Perennial Grain Genotypes in the Palouse Region of the Pacific Northwest, USA. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 39. doi:10.3389/fsufs.2019.00039
- Cox, C. M., Garrett, K. A. & Bockus, W. W. (2005). Meeting the challenge of disease management in perennial grain cropping systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 20 (1), 15–24. doi:10.1079/RAF200495
- Cox, T. S., Bender, M., Picone, C., Van Tassel, D. L., Holland, J. B., Brummer, E. C. et al. (2022). Breeding Perennial Grain Crops (CRC Press LLC). *Critical Reviews in Plant Sciences*, 21 (2), 59–91.
- Cox, T. S., Van Tassel, D. L., Cox, C. M. & DeHaan, L. R. (2010). Progress in breeding perennial grains. *Crop and Pasture Science*, 61 (7), 513. doi:10.1071/CP09201
- Crews, T. E. (2005). Perennial crops and endogenous nutrient supplies. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 20 (1), 25–37. doi:10.1079/RAF200497

- Cui, L., Ren, Y., Murray, T. D., Yan, W., Guo, Q., Niu, Y. et al. (2018). Development of Perennial Wheat Through Hybridization Between Wheat and Wheat-grasses: A Review. *Engineering*, 4 (4), 507–513. doi:10.1016/j.eng.2018.07.003
- Culman, S. W., Snapp, S. S., Ollenburger, M., Basso, B. & DeHaan, L. R. (2013). Soil and Water Quality Rapidly Responds to the Perennial Grain Kernza Wheatgrass. *Agronomy Journal*, 105 (3), 735–744. doi:10.2134/agronj2012.0273
- Curwen-McAdams, C., Arterburn, M., Murphy, K., Cai, X. & Jones, S. S. (2017). Toward a taxonomic definition of perennial wheat: a new species *×Tripsipyrum aaseae* described. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64 (7), 1651–1659. doi:10.1007/s10722-016-0463-3
- DeHaan, L., Larson, S., López-Marqués, R. L., Wenkel, S., Gao, C. & Palmgren, M. (2020). Roadmap for Accelerated Domestication of an Emerging Perennial Grain Crop. *Trends in Plant Science*, 25 (6), 525–537. doi:10.1016/j.tplants.2020.02.004
- Dickeduisberg, M., Laser, H., Tonn, B. & Isselstein, J. (2017). Tall wheatgrass (*Agropyron elongatum*) for biogas production: Crop management more important for biomass and methane yield than grass provenance. *Industrial Crops and Products*, 97, 653–663. doi:10.1016/j.indcrop.2016.12.055
- Dohleman, F. G. & Long, S. P. (2009). More Productive Than Maize in the Midwest: How Does Miscanthus Do It? *Plant Physiology*, 150 (4), 2104–2115. doi:10.1104/pp.109.139162
- Duchene, O., Celette, F., Ryan, M. R., DeHaan, L. R., Crews, T. E. & David, C. (2019). Integrating multipurpose perennial grains crops in Western European farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 284, 106591. doi:10.1016/j.agee.2019.106591
- Ergon, Å. (2017). Optimal Regulation of the Balance between Productivity and Overwintering of Perennial Grasses in a Warmer Climate. *Agronomy*, 7 (1), 19. doi:10.3390/agronomy7010019
- Europäische Kommission. (2023). Carbon Farming. Zugriff am 24.10.2024. Verfügbar unter: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/sustainable-carbon-cycles/carbon-farming_en
- Fischer, J. (2024). Betriebsdatensatz.
- Frietsch, S. (2020). *Beitrag von mehrjährigem Weizen zur Förderung von Bodenfunktionen auf Grenzertragsstandorten*. Fachbereich IV - Raum- und Umweltwissenschaften. Trier: Universität Trier.

- Glover, J. D., Cox, C. M. & Reganold, J. P. (2007). Future Farming: A Return to Roots? *Scientific American*, 297 (2), 82–89. doi:10.1038/scientificamerican0807-82
- Glover, J. D. & Reganold, J. P. (2010). *Perennial Grains Food Security for the Future*. No. Nr. 2. Issues in Science and Technology 26: Winter 2010.
- Glover, J. D., Reganold, J. P., Bell, L. W., Borevitz, J., Brummer, E. C., Buckler, E. S. et al. (2010). Increased Food and Ecosystem Security via Perennial Grains. *Science*, 328 (5986), 1638–1639. doi:10.1126/science.1188761
- Greco, A. C. (2004). *Botanical characterization of hybrid perennial wheat and parent lines (M.S. thesis)*. Doctoral dissertation. Washington State University, Pullman, WA, United States.
- Hanke, M.-V. & Flachowsky, H. (2017). *Obstzüchtung und wissenschaftliche Grundlagen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-662-54085-5
- Hansjürgens, B. & Löhr, D. (2016, September 5). Lässt sich der Wert der Natur in Euro messen? *Helmholtz-Gemeinschaft*. Verfügbar unter: <https://www.helmholtz.de/newsroom/artikel/laesst-sich-der-wert-der-natur-in-euro-messen/>
- Hayes, R. C., Newell, M. T., Crews, T. E. & Peoples, M. B. (2017). Perennial cereal crops: An initial evaluation of wheat derivatives grown in mixtures with a regenerating annual legume. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 32 (3), 276–290. doi:10.1017/S1742170516000260
- Hayes, R., Wang, S., Newell, M., Turner, K., Larsen, J., Gazza, L. et al. (2018). The Performance of Early-Generation Perennial Winter Cereals at 21 Sites across Four Continents. *Sustainability*, 10 (4), 1124. doi:10.3390/su10041124
- Henninger, J. (2023). Betriebsdatensatz.
- Jäckel, U. (2024). *Grundlagen Was ist Humus?*. Referat 79. Dresden: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.
- Jackson, M. B. (Hrsg.). (1986). *New root formation in plants and cuttings* (Developments in plant and soil sciences). Dordrecht ; Boston : Hingham, MA: M. Nijhoff ; Distributors for the U.S. and Canada, Kluwer Academic Publishers.
- Jaikumar, N. S., Snapp, S. S., Murphy, K. & Jones, S. S. (2012). Agronomic Assessment of Perennial Wheat and Perennial Rye as Cereal Crops. *Agronomy Journal*, 104 (6), 1716–1726. doi:10.2134/agronj2012.0291

- Jeangros, B. & Courvoisier, N. (2019). *Optimale Fruchtfolgen im Feldbau*. No. 10. (S. 1–4). Agrarforschung Schweiz.
- Kantar, M. B., Tyl, C. E., Dorn, K. M., Zhang, X., Jungers, J. M., Kaser, J. M. et al. (2016). Perennial Grain and Oilseed Crops. *Annual Review of Plant Biology*, 67 (1), 703–729. doi:10.1146/annurev-arplant-043015-112311
- Kolbe, H. (2013). *Standortangepasste Humusbilanzierung im ökologischen Landbau*. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.
- Körschens, M. (2020). *Die Bedeutung der Wurzel für den Humushaushalt*. Bad Lauchstädt: Förderverband Humus e.V.
- KTBL. (2019). SDB - Standarddeckungsbeiträge. Zugriff am 20.1.2024. Verfügbar unter: <https://daten.ktbl.de/sdb/sourceResult.do?selectedAction=det-ergebnis&x=40&y=16>
- Kuzyakov, Y. (2002). Review: Factors affecting rhizosphere priming effects. *Journal of plant nutrition and soil science, Institut of Soil Science and Land Evaluation, University of Hohenheim* (165), 382–396.
- Kuzyakov, Y. & Domanski, G. (2000). Carbon input by plants into the soil. Review. *Journal of plant nutrition and soil science, Institut of Soil Science and Land Evaluation, University of Hohenheim* (163), 421–431.
- Lafarge, M., Mazel, C. & Hill, D. R. C. (2005). A modelling of the tillering capable of reproducing the fine-scale horizontal heterogeneity of a pure grass sward and its dynamics. *Ecological Modelling*, 183 (1), 125–141. doi:10.1016/j.ecolmodel.2004.08.003
- Lammer, D. (2004). A single chromosome addition from *Thinopyrum elongatum* confers a polycarpic, perennial habit to annual wheat. *Journal of Experimental Botany*, 55 (403), 1715–1720. doi:10.1093/jxb/erh209
- Law, E. P., Pelzer, C. J., Wayman, S., DiTommaso, A. & Ryan, M. R. (2021). Strip-tillage renovation of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) for maintaining grain yield in mature stands. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 36 (4), 321–327. doi:10.1017/S1742170520000368
- Leist, S. (2024, Januar 17). Düngerpreise 17.01.2024.
- Manschadi, A. M., Christopher, J., deVoil, P. & Hammer, G. L. (2006). The role of root architectural traits in adaptation of wheat to water-limited environments. *Functional Plant Biology*, 33 (9), 823. doi:10.1071/FP06055
- Marshall, A. H., Collins, R. P., Humphreys, M. W. & Scullion, J. (2016). A new emphasis on root traits for perennial grass and legume varieties with environmental and ecological benefits. *Food and Energy Security*, 5 (1), 26–39. doi:10.1002/fes3.78

- Megner, J. (2024, Januar 9). Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- Miedaner, T. (2010). *Grundlagen der Pflanzenzüchtung*. Frankfurt am Main: DLG-Verlag.
- Müller-Beblavy, C. (2009). *Die Bedeutung von Böden und Humus im Kohlenstoffkreislauf*. Verfügbar unter: http://dasgolddererde.de/fileadmin/Documents/Downloads/TP_Artikel_Kohlenstoffkreislauf_05_01.pdf
- Mundt, C. C. (2002). Use of Multiline Cultivars and Cultivar Mixtures for Disease Management. *Annual Review of Phytopathology*, 40 (1), 381–410. doi:10.1146/annurev.phyto.40.011402.113723
- Murdoch, W. W., Evans, F. C. & Peterson, C. H. (1972). Diversity and Pattern in Plants and Insects. *Ecology*, 53 (5), 819–829. doi:10.2307/1934297
- Murty, D., Kirschbaum, M. U. F., McMurtrie, R. E. & McGilvray, H. (2002). Does conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen? a review of the literature. *Global Change Biology*, (8), 105–123.
- Nelson, R. G., Ascough, J. C. & Langemeier, M. R. (2006). Environmental and economic analysis of switchgrass production for water quality improvement in northeast Kansas. *Journal of Environmental Management*, 79 (4), 336–347. doi:10.1016/j.jenvman.2005.07.013
- Paterson, A. H., Schertz, K. F., Lin, Y.-R., Liu, S.-C. & Chang, Y.-L. (1995). The weediness of wild plants: Molecular analysis of genes influencing dispersal and persistence of johnsongrass, *Sorghum halepense* (L.) Pers. *Agricultural Sciences*, (92), 6127–6131.
- Peigné, J., Vian, J.-F., Payet, V. & Saby, N. P. A. (2018). Soil fertility after 10 years of conservation tillage in organic farming. *Soil and Tillage Research*, 175, 194–204. doi:10.1016/j.still.2017.09.008
- Pinto, P., De Haan, L. & Picasso, V. (2021). Post-Harvest Management Practices Impact on Light Penetration and Kernza Intermediate Wheatgrass Yield Components. *Agronomy*, 11 (3), 442. doi:10.3390/agronomy11030442
- Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, S. E. & Raven, P. H. (2006). *Biologie der Pflanzen*. (T. Friedl, Hrsg., B. Biskup, Übers.) (4. Aufl.). Berlin New York: Walter de Gruyter.
- Reiner, L. & Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (Hrsg.). (1981). *Weizen aktuell*. Frankfurt am Main: DLG-Verl.
- Rübensam, E. & Rauhe, K. (1968). *Ackerbau* (2., überarbeitete Auflage.). Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin; Karl-Marx-Universität Leipzig: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.

- Sacks, E. J., Dhanapala, M. P., Tao, D. Y., Cruz, M. T. Sta. & Sallan, R. (2006). Breeding for perennial growth and fertility in an *Oryza sativa/O. longistaminata* population. *Field Crops Research*, 95 (1), 39–48. doi:10.1016/j.fcr.2005.01.021
- Sanderson, M. & Adler, P. (2008). Perennial Forages as Second Generation Bioenergy Crops. *International Journal of Molecular Sciences*, 9 (5), 768–788. doi:10.3390/ijms9050768
- Scheffer, F. (1958). *Handbuch der Pflanzenphysiologie* (Bände 1-Der Stickstoffumsatz, Band VIII). Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- Scheinost, P. L., Lammer, D. L., Cai, T., Murray, T. D. & Jones, S. S. (2001). *Perennial wheat: The development of a sustainable cropping system for the U.S., Pacific Northwest*. No. 4. (S. 147–151). American Journal of Alternative Agriculture.
- Schrotenboer, A. C., Allen, M. S. & Malmstrom, C. M. (2011). Modification of native grasses for biofuel production may increase virus susceptibility: VIRUS SUSCEPTIBILITY IN BIOFUEL GRASSES. *GCB Bioenergy*, 3 (5), 360–374. doi:10.1111/j.1757-1707.2011.01093.x
- Schuh, C. (2023). MAX Deckungsbeitragsrechnung, Vollkostenplanung, Betriebsplanung und mehr.
- Schultz, R. C., Isenhardt, T. M., Simpkins, W. W. & Colleti, J. P. (2004). Riparian forest buffers in agroecosystems - lessons learned from the Bear Creek Watershed, central Iowa, USA (Agroforestry Systems). *Kluwer Academic Publishers*, (61), 35–50.
- Shuler, R. E., Roulston, T. H. & Farris, G. E. (2005). Farming Practices Influence Wild Pollinator Populations on Squash and Pumpkin. *Journal of Economic Entomology*, 98 (3), 790–795. doi:10.1603/0022-0493-98.3.790
- Statista GmbH. (2024a, Januar 2). Prognose zur Entwicklung der Weltbevölkerung von 2010 bis 2100 (in Milliarden). Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1717/umfrage/prognose-zur-entwicklung-der-weltbevoelkerung/>
- Statista GmbH. (2024b, Januar 3). Entwicklung der Weltbevölkerung von Christi Geburt bis zum Jahre 2021 (in Milliarden). Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1694/umfrage/entwicklung-der-weltbevoelkerungszahl/>
- Statista GmbH. (2024c, Januar 3). Entwicklung der globalen Ackerfläche und Weidelandfläche in den Jahren 1961 bis 2021 (in 1.000 ha). Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1196555/umfrage/anbauflaechen-und-weideflaechen-weltweit/>

- Statista GmbH. (2024d, Januar 2). Anbaufläche der wichtigsten Getreidearten weltweit in den Jahren 2010/2011 bis 2022/2023. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/28883/umfrage/anbauflaeche-von-getreide-weltweit/>
- Thünen-Institut für Agrarklimaschutz. (2019). *Humus in landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands*. (S. 48). Thünen-Institut für Agrarklimaschutz. Zugriff am 24.10.2023. Verfügbar unter: https://www.thuenen.de/media/institute/ak/Allgemein/news/Bodenzustandserhebung_Landwirtschaft_Kurzfassung.pdf
- Umweltbundesamt. (2012). *Ökonomische Bewertung von Umweltschäden - Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten (inklusive Anhang A und B)*. No. Fachgebiet I 1.4. (S. 148). Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Umweltfragen, nachhaltiger Konsum. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/uba_methodenkonvention_2.0_-_2012_gesamt.pdf
- Vogt-Kaute, W. (2023). Betriebsdatensatz.
- Vogt-Kaute, W. (2024, Januar 15). Fremdbefruchtungsrate mehrjähriger Weizen.
- Vogt-Kaute, W. & Vogt, L. (2017). *Erforschung des Potentials, das perennierender Weizen in Deutschland bietet*. Schlussbericht No. FKZ 2815OE065. (S. 36). Öko-BeratungsGesellschaft mbH, Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.
- Vogt-Kaute, W. & Vogt, L. (2020). Ausdauernder Weizen im Versuch.
- Wade, L. J., Bell, L. W., Byrne (Nee Flugge), F. & Ewing, M. A. (2008). A preliminary whole-farm economic analysis of perennial wheat in an Australian dryland farming system. *Agricultural Systems*, 96 (1–3), 166–174. doi:10.1016/j.agsy.2007.07.007
- Wallace, J. S. (2000). *Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production*. Agriculture Ecosystems & Environment No. 82. (S. 105–119). Wallingford, Oxon, UK: Centre for Ecology and Hydrology.
- Wang, R. C., Liang, G. H. & Heyne, E. G. (1977). *Effectiveness of ph Gene in Inducing Homoeologous Chromosome Pairing in *Agroticum**. Theoretical and Applied Genetics No. 51. (S. 139–142). Department of Agronomy, Kansas State University, Manhattan.
- WetterKontor GmbH. (2024). Wetterrückblick Oschatz (Nordsachsen). Zugriff am 15.1.2024. Verfügbar unter: <https://www.wetterkontor.de/de/wetter/deutschland/rueckblick.asp?id=129>

- Yoo, G. & Wander, M. M. (2008). Tillage Effects on Aggregate Turnover and Sequestration of Particulate and Humified Soil Organic Carbon. *Soil Science Society of America Journal*, 72 (3), 670–676. doi:10.2136/sssaj2007.0110
- Zoschke, M. & Claupein, W. (1987). *Einfluß langjähriger Winterweizen-Monokultur auf Ertragsbildung, Krankheitsbefall und Nematodenbesatz im Vergleich zum Winterweizenanbau in der Fruchtfolge*. Journal Agronomy & Crop Science No. 158. (S. 227–235). Paul Parey Scientific Publishers, Berlin and Hamburg: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Justus-Liebig-Universität Gießen.

8 Anlagen

8.1 Anlage 1

Aussaat 31.10.2022

Parzellengröße: 10*1,5 m, 9-reihig

Aussaatstärke: 300 Kö/m²

Aussaatstärke EF kurzstrohig: 80 Kö/m²

Böden: Lösslehm auf Buntsandstein

Ackerzahl: etwa 50

Behandlungen: keine Herbstbehandlung

START Weg	Weg				RW					EF				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
	19	Calcit		20	Bendix		39	Mraz		58	Pandora		77	Undine
	18	Alvaro		21	Dodo		40	Fresnel		59	Pandora		78	Undine
	17	Turkus		22	Hacado		41	Casini		60	Pandora		79	Undine
	16	Skand		23	Reflektor		42	E.F.B. 33		61	Pandora		80	Undine
	15	Kanter		24	Aventino		43	Icicle		62	Specter neu		81	Undine
	14	Hadron		25	Dragon		44	Mraz		63	Specter neu		82	Undine kurz
	13	Dragon		26	Hadron		45	Fresnel		64	Specter neu		83	Undine kurz
	12	Aventino		27	Kanter		46	Casini		65	Specter neu		84	Undine kurz
	11	Reflektor		28	Skand		47	E.F.B. 33		66	Specter neu		85	Undine kurz
	10	Hacada		29	Turkus		48	Icicle		67	Specter neu		86	Undine kurz
	9	Dodo		30	Alvaro		49	Mraz		68	Specter neu		87	Specter alt
	8	Bendix		31	Calcit		50	Fresnel		69	Specter neu		88	Specter alt
	7	Calcit		32	Bendix		51	Casini		70	Specter neu		89	Specter alt
	6	Alvaro		33	Dodo		52	Pandora		71	Specter neu		90	Tsp lang
	5	Turkus		34	Hacado		53	Pandora		72	Undine		91	Tsp kurz
	4	Skand		35	Reflektor		54	Pandora		73	Undine		92	P 1-5
	3	Kanter		36	Aventino		55	Pandora		74	Undine		93	Existo
	2	Hadron		37	E.F.B. 33		56	Pandora		75	Undine		94	Existo
	1	Dragon		38	Icicle		57	Pandora		76	Undine		95	Existo

Abbildung 24 Versuchsplan der Anlage der Versuchsfächen von Werner Vogt-Kaute (eigene Darstellung)

8.2 Anlage 2

Betrieb	
durchschnittliche Schlaggröße	1,0 ha
eingesetzte AK	1
Bodentypen des Betriebs (von-bis)	Braunerde - Pseudogley
Bodenarten des Betriebs (von-bis)	IS - utL
Jahresdurchschnittstemperatur letzten Jahre	Steinfeld
Umstellung auf Bio im Jahr	1987, diese Fläche 2020
Höhe üNN alle Flächen	300
Verteilung Jahresniederschlag	Frühjahrs-/Sommertrockenheit
Flurstück mehrjähriger Weizen	
Schlaggröße	1,86
Schlagbezeichnung	Starmich
Bodenpunkte	50
Bodentyp des Stücks	Parabraunerde
Bodenart des Stücks	utL
Inhaltsstoffe im Boden (Bodenanalyse) des Stücks	
	Die Fläche gehört einem anderen Landwirt, Bodenuntersuchungen noch nicht vorhanden
Vorfrucht und Vorvorfrucht des Stücks	Triticale, Dinkel
Aufwuchs 1. Jahr	
Jahr: 2023	
Erntedatum Vorfrucht	Aug 22
Schritte Umbruch - und Saatbettbereitung	Grubber - Pflug - Kreiselegge/Sämaschine
Bodenbearbeitungsgeräte (Hersteller + Typ)	
Düngungsmaßnahmen	keine
Sämaschine (Hersteller + Typ)	hier: Parzellensämaschine Wintersteiger für Versuche
Aussaatdatum	31.10.2022
Aussaatstärke	200 Kö/m ²
Sämaschine (Hersteller + Typ)	
Pflegemaßnahmen übers Jahr	keine
Aufwuchs 2. Jahr	
Jahr: 20XX	nicht geplant in diesem Versuch, der zur Saatguterzeugung diene.
Pflegemaßnahmen nach Ernte 1. Jahr	
Erntedatum mehrjähriger Weizen	
Ertrag (dt/ha)	8,7
aufgetretene Krankheiten	
bekannte schlagtypische Unkräuter	sehr geringe Verunkrautung
aufgetretene Unkräuter	Kornrade vermutlich aus Saatgut
weitere Besonderheiten	Körner zur Ernte ausgefallen?
Jahresniederschlag (+ Verteilung)	
Jahresdurchschnittstemperatur	
Jahreshöchsttemperatur	
jahresniedrigste Temperatur	
Erntedatum mehrjähriger Weizen	
Ertrag (dt/ha)	
aufgetretene Krankheiten	
aufgetretene Unkräuter	
weitere Besonderheiten	
Jahresniederschlag (+ Verteilung)	
Jahresdurchschnittstemperatur	
Jahreshöchsttemperatur	
jahresniedrigste Temperatur	

Abbildung 25 Angaben von Werner Vogt-Kaute zur Pachtfläche der Versuchsanlage zum Betrieb von Martina Machwart (eigene Darstellung, Vogt-Kaute (2023))

8.3 Anlage 3

Betrieb	
durchschnittliche Schlaggröße	2,3
eingesetzte AK	2,3
Bodentypen des Betriebs (von-bis)	19-38
Bodenarten des Betriebs (von-bis)	L-sL
Jahresdurchschnittstemperatur letzten Jahre	/
Umstellung auf Bio im Jahr	2002
Höhe üNN alle Flächen	510
Verteilung Jahresniederschlag	durchschnitt 560mm in den letzten Jahren verstärkt im Frühjahr und spät Herbst
Flurstück mehrjähriger Weizen	
Schlaggröße	0,9
Schlagbezeichnung	langer säufig
Bodenpunkte	31
Bodentyp des Stücks	
Bodenart des Stücks	sL
Inhaltsstoffe im Boden (Bodenanalyse) des Stücks	
Vorfrucht und Vorvorfrucht des Stücks	Klee, Klee
Aufwuchs 1. Jahr	
Jahr: 2022	
Erntedatum Vorfrucht	
Schritte Umbruch -und Saatbettbreitung	Pflug
Bodenbearbeitungsgeräte (Hersteller + Typ)	Pöttinger servo 5 Schaar
Düngungsmaßnahmen	/
Sämaschine (Hersteller + Typ)	Lemken Solitär 6 m
Aussaatumdatum	15.10.2021
Aussaatzstärke	105 kg (war nicht mehr an Saatgut Verfügbar)
Sämaschine (Hersteller + Typ)	
Pflegemaßnahmen übers Jahr	1 mal Hacken 10.04.2022
Erntedatum mehrjähriger Weizen	
	28.08.2022
Ertrag (dt/ha)	25
aufgetretene Krankheiten	
bekannte schlagtypische Unkräuter	Ampfer, Wiesenschwingel
aufgetretene Unkräuter	
weitere Besonderheiten	
Jahresniederschlag (+ Verteilung)	580 mm
Jahresdurchschnittstemperatur	/
Jahreshöchsttemperatur	/
jahresniedrigste Temperatur	/
Aufwuchs 2. Jahr	
Jahr: 2023	
Pflegemaßnahmen nach Ernte 1. Jahr	/
	nach absprache mit Werner haben wir nichts gemacht da keine Saatreihen mehr zu erkennen waren
Erntedatum mehrjähriger Weizen	Kultur war vor der Ernte nicht mehr zu erkennen bzw es war kein Weizen mehr aufzufinden.
Ertrag (dt/ha)	Ich geh davon aus, dass die Kultur durch den hohen Gras druck zu stark geschwächt worden ist und kein Wasser bekommen hat wie sie es gebraucht hätte.
aufgetretene Krankheiten	
aufgetretene Unkräuter	
weitere Besonderheiten	
Jahresniederschlag (+ Verteilung)	
Jahresdurchschnittstemperatur	
Jahreshöchsttemperatur	
jahresniedrigste Temperatur	

Abbildung 26 Angaben von Jan Henninger zum teilnehmenden Betrieb (eigene Darstellung, Henninger (2023))

8.4 Anlage 4

Betrieb	
durchschnittliche Schlaggröße	7 ha
eingesetzte AK	
Bodentypen des Betriebs (von-bis)	
Bodenarten des Betriebs (von-bis)	
Jahresdurchschnittstemperatur letzten Jahre	Wetterstation Riesa, Meissen schauen
Umstellung auf Bio im Jahr	2005
Höhe üNN alle Flächen	wir befinden uns an der Elbe also 0 bis 100ünn
Verteilung Jahresniederschlag	siehe Temperatur
Flurstück mehrjähriger Weizen	
Schlaggröße	1 ha
Schlagbezeichnung	513-1
Bodenpunkte	30
Bodentyp des Stücks	sandig
Bodenart des Stücks	
Inhaltsstoffe im Boden (Bodenanalyse) des Stücks	
Vorfrucht und Vorvorfrucht des Stücks	Raps
Aufwuchs 1. Jahr	
Jahr: 20XX	
Erntedatum Vorfrucht	2021 Juli
Schritte Umbruch -und Saatbettbreitung	Grubbern, Ackern, Scheibenegge, Drillen
Bodenbearbeitungsgeräte (Hersteller + Typ)	Lemken opal
Düngungsmaßnahmen	keine
Sämaschine (Hersteller + Typ)	Lemken solitär 6m
Aussaatdatum	15.10.
Aussaatstärke	100kg/ha
Sämaschine (Hersteller + Typ)	Lemken solitär 6m
Pflegemaßnahmen übers Jahr	Striegelstrich nach Auflauf im März , Mulchmahd im November
Erntedatum mehrjähriger Weizen	Mitte Juli
Ertrag (dt/ha)	5t/ha
aufgetretene Krankheiten	keine
bekanntes schlagtypische Unkräuter	Kamille
aufgetretene Unkräuter	Kamille, Distel, Kornblume
weitere Besonderheiten	
Jahresniederschlag (+ Verteilung)	siehe oben
Jahresdurchschnittstemperatur	
Jahreshöchsttemperatur	
jahresniedrigste Temperatur	
Aufwuchs 2. Jahr	
Jahr: 20XX	
Pflegemaßnahmen nach Ernte 1. Jahr	Mulchmahd November
Erntedatum mehrjähriger Weizen	10. Aug
Ertrag (dt/ha)	3t/ha
aufgetretene Krankheiten	-
aufgetretene Unkräuter	s.o.
weitere Besonderheiten	-
Jahresniederschlag (+ Verteilung)	
Jahresdurchschnittstemperatur	
Jahreshöchsttemperatur	
jahresniedrigste Temperatur	

Abbildung 27 Angaben von Thomas Fischer zum teilnehmenden Betrieb (eigene Darstellung, Fischer (2024))

Danksagung

Ich bedanke mich sehr herzlich bei Herrn Prof. Dr. Klaus-Peter Wilbois von der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf für die Bereitstellung des Themas und die konstruktive Betreuung der Arbeit.

Mein besonderer Dank geht an Naturland Fachberater Werner Vogt-Kaute für deine Unterstützung, deine Hilfe und dein unermüdliches Engagement. Die Zusammenarbeit erfolgte im Namen des EcoBreed-Projekts des Naturlandverbands für ökologischen Landbau e.V.

Ebenso möchte ich Werner Vogt-Kaute, sowie Jan Henninger und Thomas Fischer für die Bereitstellung der Daten und die gute Zusammenarbeit danken.

Weidenbach, 07.02.2024

Erklärung der Selbstständigkeit

Verfasser/in (Name, Vorname):

Hummel Christin


Betreuer/in (Name, Vorname):

Wilbois, Prof. Dr. Klaus-Peter

Thema der Arbeit:

Potential und Grenzen von mehrjährigem Weizen im ökologischen Landbau

Ich erkläre hiermit, dass ich die Arbeit gemäß § 35 Abs. 7 RaPO (Rahmenprüfungsordnung für die Hochschulen für angewandte Wissenschaften in Bayern) selbstständig verfasst, noch nicht anderweitig zu Prüfungszwecken vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Weidenbach	07.02.2024	
Ort	Datum	Unterschrift Verfasser/in

Erklärung bzgl. der Zugänglichkeit von Bachelor-/Masterarbeiten

Verfasser/in (Name, Vorname): Hummel Christin


Betreuer/in (Name, Vorname): Wilbois, Prof. Dr. Klaus-Peter

Thema der Arbeit: Potential und Grenzen von mehrjährigem Weizen im ökologischen Landbau

Ich bin damit einverstanden, dass die von mir angefertigte Arbeit mit o.g. Titel innerhalb des Bibliotheks-systems der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf aufgestellt und damit einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird. Die Arbeit darf im Bibliothekskatalog der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (und zugeordneten Verbundkatalogen) nachgewiesen werden und steht allen Interessierten entsprechend der jeweils gültigen Nutzungsmodalitäten der Hochschulbibliothek der HSWT zur Verfügung. Ich bin mir auch darüber im klaren, dass die Arbeit damit von Dritten ohne mein Wissen kopiert werden kann.

Die Veröffentlichung der Arbeit habe ich mit meiner Betreuerin bzw. meinem Betreuer und falls zutreffend, mit der Firma/ Institution abgesprochen, die eine Mitbetreuung übernommen hatte.

- Ja
- Ja, nach Ablauf einer Sperrfrist von ____ Jahren
- Nein

Weidenbach	07.02.2024	
Ort	Datum	Unterschrift Verfasser/in

Fachgebiet:

Umweltsicherung

- Abfall
- Boden
- Wasser
- Analytik, Mikrobiologie
- Ökologie & Naturschutz
- Umwelttechnik, EDV
- Verwaltung, Recht, Wirtschaft
- Umweltmanagement
- Erneuerbare Energien

Ernährung und Versorgungsmanagement

Agrartechnik

Master:

- Energiemanagement und Energietechnik
- MBA Agrarmanagement
- MBA Regionalmanagement

Landwirtschaft

- Pflanzliche Erzeugung
- Tierische Erzeugung
- Agrarökonomie
- Landtechnik
- Erneuerbare Energien
- Agrarökologie
- Ökologische Landwirtschaft

Lebensmittelmanagement

Als Betreuer/in bin ich mit der Aufnahme in das Bibliothekssystem der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf einverstanden.

Ort	Datum	Unterschrift Betreuer/in
-----	-------	--------------------------