



# QUALITÄTSSICHERUNG IM BROTWEIZENANBAU

## VERFAHRENTWICKLUNG ZUR VERBESSERUNG UND STABILISIERUNG VON BACKQUALITÄT UND ERTRAG IN HESSISCHEN SORTENMISCHUNGEN UND WEIZEN- POPULATIONEN

Abschlussbericht

Dr. Ludger Linnemann

28.2.2021



Europäischer Landwirtschaftsfonds für  
die Entwicklung des ländlichen Raums:  
Hier investiert Europa  
in die ländlichen Gebiete.



Hessen nimmt an der  
Europäischen Innovations-  
partnerschaft (EIP) teil.



## **Impressum**

### **Hauptverantwortlicher der OG**

Justus-Liebig-Universität Gießen  
Ansprechpartner: Dr. Ludger Linnemann  
Karl-Glöckner Str. 21C  
35390 Gießen  
Tel.: 0641-99-37731  
E-Mail: [ludger.linnemann@agrar.uni-giessen.de](mailto:ludger.linnemann@agrar.uni-giessen.de)

### **Für die Förderung zuständige ELER-Verwaltungsbehörde:**

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
- ELER-Verwaltungsbehörde -  
Referat VII 6  
Mainzer Straße 80  
65189 Wiesbaden  
E-Mail: [eler@umwelt.hessen.de](mailto:eler@umwelt.hessen.de)  
Internet: [www.eler.hessen.de](http://www.eler.hessen.de)

### **Bildnachweise Titelseite:**

Dr. L. Linnemann

## Inhalt

1	Vorhabenplanung .....	1
1.1	Erläuterung der Situation zu Vorhabenbeginn .....	1
1.2	Aufgabenstellung und Zielformulierung des Vorhabens .....	2
1.3	Arbeitsplan .....	2
2	Verlauf des Vorhabens .....	3
3	Ergebnisse und Zielerreichung .....	5
3.1	Haupt- und Nebenergebnisse des Vorhabens .....	5
3.2	Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen .....	15
3.3	Erreichung der Ziele des Vorhabens .....	15
4	Ergebnisverwertung, Kommunikation und Verstetigung .....	16
4.1	Nutzen der Ergebnisse für die Praxis .....	16
4.2	(Geplante) Verwertung/Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse .....	16
4.3	Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit .....	16
5	Zusammenarbeit in der Operationellen Gruppe (OG) .....	17
5.1	Gestaltung der Zusammenarbeit .....	17
5.2	Mehrwert des Formats einer OG .....	18
5.3	Weitere Zusammenarbeit .....	18
6	Verwendung der Zuwendung .....	18
7	Schlussfolgerungen und Ausblick .....	19
8	Literaturverzeichnis .....	20

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Einfluss der N-Düngung auf die Höhe der Korn-Proteinkonzentrationen im Mittel von 14 Sorten (JLU-Versuchsstation Rauschholzhausen) .....	6
Abbildung 2: Honeycomb-Selektionsdesign zur Selektion unter Ausschluss von Konkurrenz. Population Liocharls – Einzelpflanze im 2-Blatt Stadium und zur Reife mit 26 Ähren. Aussaat im Dreieckverband mit 75 cm Pflanzenabstand, LLH Öko-Versuchsfeld Ober-Erlenbach 2019 .....	9
Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung im Selektionsmerkmal Ertrag/Pflanze in einer qualitätsbetonten Öko-Population im Vergleich mit einem konventionell gezüchteten Futterweizen (Ober-Erlenbach 2019).....	10
Abbildung 4: Abhängigkeit des Ertragspotenzials der Öko-Population Liocharls von der Entfaltung der Ertragsorgane (Ährenzahl/Pflanze, Kornzahl/Ähre) als Ausdruck von Vitalität und Ressourceneffizienz einer Pflanze (Ober-Erlenbach 2019) .....	11
Abbildung 5: Einfluss einer Selektion auf Ertragspotenzial bei der Öko-Population Liocharls (POP-1) auf den Kornertrag im Vergleich zum Ausgangssaatgut (POP-0) und einer Qualitätssorte mit geringem Ertragsniveau unter Praxisbedingungen (12,5 cm Reihenweite, 200 Körner/m <sup>2</sup> ).....	12
Abbildung 6: Einfluss der Abstände (lückig bis eng) zwischen Pflanzen in der Reihe auf die Ährenausbildung bei der Öko-Weizensorte Heliaro unter Praxisbedingungen (12,5 cm Reihenweite, 200 Körner/m <sup>2</sup> ): mittlere Korn-Proteinwerte 10,6 % (TM) nach Parzellendrusch (36 m <sup>2</sup> ). Exaktversuch randomisierte Blockanlage, 4 Wiederholungen, Aussaat in Ober-Erlenbach, September 2019. ....	13
Abbildung 7: Theoretische flächenbezogenen Ertragskurve (dt/ha) für Öko-Weizen zur Bestimmung der optimalen Standraumverteilung im Ökolandbau als Ableitung aus dem EIP-Projekt.....	14
Tabelle 1: Zeitlicher Aufgabenverlauf und Arbeitsverteilung in den Arbeitspaketen 1-3 .....	5
Tabelle 2: NIR-Charakteristika von Körnern verschiedener Weizensorten mit mittlerer (B) und höherer (A) Qualitätseinstufung mit (170 kg) und ohne N-Düngung, JLU-Versuchsstation Rauschholzhausen, Mehlqualität sehr gut ab 660 ml Brotvolumen/100 g Mehl (Optimierter Backtest, Linnemann 2010) .....	7
Tabelle 3: Glutenin-Makropolymer-Konzentrationen (NIRS) verschiedener Weizensorten mit mittlerer (B) und höherer (A) Qualitätseinstufung bei verschiedenen N-Düngungsstufen (0-230 kg), JLU-Versuchsstation Rauschholzhausen .....	7
Tabelle 4: Korn Protein-Konzentrationen (NIRS) verschiedener Weizensorten mit mittlerer (-B) und höherer (A) Qualitätseinstufung bei verschiedenen N-Düngungsstufen (0-230 kg), JLU-Versuchsstation Rauschholzhausen.....	8
Tabelle 5: Ertragspotentiale von Einzelpflanzen vor und nach Bereinigung ertragsschwacher Pflanzen (Selektion) bei verschiedenen Weizen-Sorten (Ober-Erlenbach 2019).....	10

## Zusammenfassung

Im EIP-Projekt wurde im Arbeitspaket 1 ein Nah-Infrarot- (NIR-) Schnelltest zur Prüfung der Kornqualität für Handel und Verarbeiter entwickelt. Der Schnelltest direkt am Korn ermöglicht die Messung des Qualitätsparameters Glutenin-Makropolymer (GMP), welcher eng mit dem Brotvolumen korreliert ist. Die von der JLU erfolgreich entwickelte Kalibrierung wurde zudem auf einem NIRS-Gerät beim OG-Partner Dottenfelderhof bzw. in Zusammenarbeit mit der Forschung & Züchtung Dottenfelderhof kalibriert. Die NIR basierte Weizen-Qualitätsmessung kann nicht nur in der Landwirtschaft, sondern auch in der Züchtung angewendet werden. Parallel wurden an der JLU nach Auswahl durch OG-Partner praxisrelevante Winterweizensorten mit differenzierter N-Düngung angebaut. So konnten Sorten identifiziert werden, die auch bei reduzierter N-Düngung mit nur 170 kg N/ha eine hohe Verarbeitungsqualität ermöglichen.

Im Arbeitspaket 2 wurde ein innovativer Ansatz zur Steigerung des Kornertrages im Öko-Weizenanbau (honeycomb-breeding) durch Einzelpflanzen-Selektion unter Ausschluss von Konkurrenz zwischen Pflanzen auf Ertrag mit einer Öko-Weizen-Population des OG-Partners Forschung & Züchtung Dottenfelderhof etabliert. Damit konnte erstmalig für Öko-Weizen ein sehr hoher Einzelpflanzen-Kornertrag von > 100 g (Ertragspotenzial: Kornertrag ohne abiotischen und biotischen Stress) nachgewiesen werden. In Kombination mit der Selektion besonders vitaler Pflanzen konnte der Selektionserfolg im Folgejahr anhand eines Praxisanbaus mit Drillsaat nachgewiesen werden. Die selektierte Population erbrachte im Mittel etwa 30 % höhere Kornerträge gegenüber der unselektierten Ausgangs-Population, womit erstmalig ein erfolgreicher Beitrag zur nachhaltigen Ertragssteigerung im Ökolandbau am Beispiel von Brotweizen demonstriert werden konnte.

## Abstract

In the work package 1 of the EIP project, a near-infrared (NIR) rapid test for testing grain quality was developed for retailers and processors. The rapid test directly on the grain enables the measurement of the quality parameter glutenin macropolymer (GMP), which is closely correlated with bread volume. The calibration successfully developed by JLU was also calibrated on an NIRS device at the OG partner Dottenfelderhof e.g. in cooperation with the Research & Breeding Dottenfelderhof. The NIR based wheat-quality testing can be used not only in agriculture but also in breeding. In parallel, practice-relevant winter wheat varieties chosen by OG partners were cultivated at JLU with differentiated N fertilisation and examined after completion of the NIR rapid method for identifying varieties with high protein quality. In this way, varieties could be identified that enable high processing quality even with reduced N fertilisation with only 170 kg N/ha.

In work package 2, an innovative approach to increase grain yield in organic wheat cultivation (honeycomb-breeding) by single plant selection excluding competition between plants on yield was established with an organic wheat population of the OG partner Forschung & Züchtung Dottenfelderhof. Thus, for the first time, a very high individual plant grain yield of > 100 g (yield potential: grain yield without abiotic and biotic stress) could be demonstrated for organic wheat. In combination with the selection of particularly vital plants, the selection success could be proven in the following year by means of a practical cultivation with drill sowing. The selected population yielded on average about 30 % higher grain yields than the unselected initial population, thus demonstrating for the first time a successful contribution to sustainable yield increase in organic farming using bread wheat as an example.

# 1 Vorhabenplanung

## 1.1 Erläuterung der Situation zu Vorhabenbeginn

In der Landwirtschaft wird allgemein eine schrittweise Anpassung des Weizenanbaus in den verschiedenen Weizen-Anbausystemen (konventionell, ökologisch) an den Klimawandel mit unterschiedlichen Schwerpunkten benötigt. Ein konkreter Ausgangspunkt für die teilnehmenden Betriebe des konventionellen Landbaus war zu Projektbeginn durch hohe Anforderungen an die Qualitätssicherung gegeben, bei der eine Schnellmethode zur Erfassung der Backqualität am Erntegut (Weizenkörner) fehlte. Eine konkrete Notwendigkeit zur Reduzierung der Stickstoff-(N-) Düngung von  $\geq 200$  kg N auf etwa 170 kg N/ha führt zu geringen Korn-Proteingehalten, die aber durch höhere Kleberqualitäten ausgeglichen werden können. Um nicht für jede Probe einen Backtest durchführen zu müssen, wird an dieser Stelle eine Methode zur Schnellbestimmung der Kleberqualität direkt an Körnern benötigt. Ferner wurden Sorten mit hoher Kleberqualität für den Anbau und die Verarbeitung benötigt. Gesucht werden sollten Sorten mit hoher Kleberqualität, die bei 1-2 % weniger Protein trotzdem über eine hohe Backfähigkeit verfügen. Im vorangegangenen EIP-Projekt (OG ENU-Weizen) war mit Landwirten innerhalb einer Wertschöpfungskette (Landwirte, Mühle, Bäcker) festgestellt worden, dass die Backqualität trotz geringerer Proteingehalte sehr hoch ausfiel, dies aber sortenabhängig variabel war. Parallel dazu ist es notwendig einen Schnelltest zur Bestimmung der Kleberqualität zu haben, mit dem alternativ zum Korn-Proteingehalt die erzielte Kleberqualität vorhergesagt werden kann. Damit wird es im Handel und in Mühlen möglich, vom quantitativen Parameter Proteingehalt zum qualitativen Parameter Kleberqualität zu kommen. Die hierfür notwendigen Voraussetzungen sind gegeben mit einer Labormethode zur Bestimmung der Kleberqualität als Glutenin-Makropolymer (GMP) mit einer hohen Vorhersagekraft für das in Handel und Verarbeitung wichtige Merkmal Brotvolumen. Ohne einen Wechsel von Proteingehalt zur Backqualität ist eine Reduzierung der N-Düngung für alle Beteiligten nicht aussichtsreich. Sobald eine Schnellmethode zur Bestimmung der Backqualität an Korn und Mehl vorliegt, kann im nächsten Schritt die systematische Reduzierung der N-Düngung angegangen werden, ohne dass es zu Qualitätseinbußen kommen muss. Dafür fehlte aber bisher die Kenntnis geeigneter Sorten mit hohen GMP-Werten bei geringen Korn-Proteingehalten.

Im Anbausystem des Ökolandbaus lag eine völlig andere Ausgangssituation vor. Vor allem das aktuell mittlere Ertragsniveau von Öko-Weizen in Deutschland mit ca. 37 dt/ha liegt auf einem niedrigen Niveau und zeigt Handlungsbedarf an. Der Klimawandel erfordert speziell im Ökolandbau unter stickstoff-limitierten Bedingungen eine verbesserte Anpassung der Weizenpflanzen an die unbeständigen Bedingungen, damit zukünftig Ertrag und Qualität durch eine verbesserte Standraumverteilung stabilisiert werden können. Am Ausgangspunkt des EIP-Projektes war klar, dass die Einzelpflanzen im Ökolandbau in ihrer Ertragsbildung aktuell aufgrund von starkem Stress durch Lichtmangel (Beschattung durch Nachbarpflanzen) und Nährstoffmangel bei wenig durchwurzelbarem Bodenraum limitiert werden. Klar war ferner, dass die Öko-Sorten lediglich klimabedingte Ertrags- und Qualitätsschwankungen widerspiegeln, die aber nicht systemimmanent determiniert sind. Sie hängen vielmehr direkt mit dem Anbausystem und konkret mit zu dichten Beständen und damit mit Konkurrenz um Licht und Nährstoffe und nicht an den Klimawandel bzw. optimierter Standraumverteilung angepassten Sorten zusammen. Vor diesem Hintergrund fehlten bisher innovative Ansätze zur Ermittlung des Ertragspotenzials von Weizensorten aus der Öko-Züchtung, um schrittweise ertragsverbessernde Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu entwickeln.

## 1.2 Aufgabenstellung und Zielformulierung des Vorhabens

Das Innovationsprojekt zielte darauf ab, innovative Methoden und Erkenntnisse für Landwirtschaft und Ökozüchtung (Forschung & Züchtung Dottenfelderhof FZD), Müllerei und Landhandel (Raiffeisen-Warenzentrale Friedberg) einzuführen und deren Bedeutung zu demonstrieren. Übergeordnetes Ziel war eine schrittweise und beispielhafte Anpassung in beiden Weizen-Anbausystemen (ökologisch/konventionell) an den Klimawandel zu demonstrieren. Darüber hinaus sollte konkret gezeigt werden, dass Sorten mit hoher Kleberqualität weniger N-Düngung für hohe Backqualitäten benötigen. Hierfür sollte eine bisher nicht vorhandene Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) Schnellmethode zur Bestimmung der GMP-Konzentration im Korn (NIR-GMP) als Maßstab zur Schätzung der Backqualität kalibriert werden. Nach Fertigstellung der Kalibrierung sollte die Übereinstimmung von NIR-GMP Werten mit Ergebnissen aus dem Backtest an Weizenproben aus einem N-Düngungsversuch (JLU-Versuchsgut Rauschholzhausen) mit praxisrelevanten Sorten an der JLU demonstriert werden. Auf diese Weise können Sorten mit hoher Kleberqualität und geringem Bedarf an N-Düngung empfohlen werden für Anbau und Handel.

## 1.3 Arbeitsplan

In drei getrennt voneinander bearbeiteten Arbeitspaketen (AP) erfolgten folgende Arbeiten:

AP1: Kalibrierung einer Schnellmethode zur Bestimmung der Backqualität an Weizenkörnern auf Basis von Nah-Infrarotmessungen (NIR). Prüfung auf Proteinqualität von praxisrelevanten Sorten im konventionellen Landbau bei unterschiedlicher N-Düngung (Professur für Pflanzenbau). Gesucht wurden Sorten, die bei geringer N-Düngung von 170 kg N/ha eine hohe Kleberqualität aufweisen, um den OG-Partnern Sortenempfehlungen geben zu können. Die im Antrag vorgesehenen Sortenmischungen wurden vor Projektbeginn von den Landwirten begrüßt. Im Rahmen eines OG-Treffens aller Partner vom OG-Partner RWZ stellte sich jedoch heraus, dass das Interesse an reinen Sorten im Vordergrund steht, da Mischungen weder praxisreif noch kontrollierbar seien. Sortenmischungen wurden daher auf Wunsch der OG-Partner nicht weiterverfolgt, dafür aber konkrete Sorten mit Bedeutung für die Praxis durch die OG-Partner bestimmt.

AP2: Manuelle Aussaat von Weizen und Selektion von Einzelpflanzen im Honeycomb-breeding Design zur erstmaligen Bestimmung des Ertragspotentials unter den Bedingungen des Ökolandbaus. Ansätze zur nachhaltigen Ertragssteigerung anhand von Sorten aus der Ökozüchtung am Dottenfelderhof prüfen und für die Praxisanwendung vorbereiten (Professur für Ökolandbau).

AP3: Untersuchung des Brotvolumens (Optimierter-Backtest) von gesammelten Weizenproben aus Landessortenversuchen zur Auswahl geeigneter Proben im Rahmen der NIR-Kalibrierung. Untersuchung von Proben ausgewählter Sorten aus dem extra angelegten N-Düngungsversuch.

In den Projektteilen 1 & 2 waren von Anfang Akteure der Landwirtschaft wie Landwirte, Raiffeisen-Genossenschaft, Beratung bzw. Landesanstalt für Landwirtschaft Hessen (LLH) integriert, um die Ergebnisse einem möglichst breiten Kreis zukommen zu lassen.

In enger Kooperation zwischen der JLU-Gießen mit dem LLLH bestand die Aufgabe insbesondere darin, die neuen Ansätze so aufzuarbeiten, dass die Vorteile erkennbar sind und verstetigt werden können.

Zu den Aufgabenstellungen gehörten:

- ❖ Klimaanpassung bzw. Qualitäts-Steigerung durch Wahl von Sorten mit hoher Proteinqualität bei reduzierter N-Düngung von 170 kg N/ha (konventionell)
- ❖ Einführung von Sorten getrennt nach A- bzw. E-Qualität bzw. mit hoher Proteinqualität und anschließender Prüfung auf Praxisbetrieben (konv.)
- ❖ Entwicklung einer NIR-Schnellmethode zur Bestimmung der Proteinqualität für Getreidehandel, Müllerei und Züchtung
- ❖ Prüfung der Proteinqualität von Sortenmischungen (konventionell)
- ❖ Entwicklung von Ansätzen zur Klimaanpassung bzw. Ertrags-Steigerung von Weizen-Populationen bzw. Ökosorten
- ❖ Honeycomb-Selektion auf Ertragstypen innerhalb einer ökologisch gezüchteten Weizen-Population (FZD)
- ❖ Prüfung des Selektionserfolges und Maßnahmen zur Verstetigung der Ergebnisse für Landwirte und die Öko-Züchtung
- ❖ Öffentlichkeitsarbeit und wissenschaftliche Veröffentlichung (in Vorbereitung)

## 2 Verlauf des Vorhabens

Im ersten Jahr (2018) ging es schwerpunktmäßig um die Vorbereitungen (Versuchsanlage, Aussaat, Pflege) für die Etablierung einer Methode zur systematischen Ertragsverbesserung bei Ökosorten im Klimawandel. Daneben erfolgten alle notwendigen Arbeiten zur Kalibrierung einer Nah-Infrarot- (NIR-) -Schnellmethode zur Bestimmung der Proteinqualität von Weizenkörnern an der JLU (Pflanzenbau). Der Sortenanbau mit variiertem N-Düngung und die Sortenwahl wurden mit den OG-Partnern vereinbart und von der JLU am Versuchsgut Rauschholzhausen durchgeführt, um bekannte und differenzierte Proben für die NIR-Kalibrierung verwenden zu können. Die Kalibrierung der NIRS durch Christine Hesse erwies sich unter anderem wegen Hitze- bzw. Trocknungsschäden an den Proben (erkennbar im Backtest) als schwierig, arbeits- und zeitaufwändig, konnte jedoch bis 2019 erfolgreich abgeschlossen werden.

Die Arbeitsgruppe Pflanzenbau (Prof. Honermeier, Ms. Christine Hesse) arbeitete eng verzahnt mit der Arbeitsgruppe Ökolandbau zusammen, da die Arbeiten durch die Anforderungen an die Kalibrierung der NIRS, die Sortenbeschaffung und Auswertungen sowie die Aussaat des Selektionsdesigns nicht von einer Person allein bewältigt werden konnten.

Die OG-Partner wurden getrennt nach Anbausystem zu Auftakttreffen besucht und kontaktiert. Gemeinsam erfolgten auch die Einführungen in Ziele, Arbeitsweise, Aufgaben der Arbeitspakete. In diesem Zusammenhang sprachen sich die OG-Partner Landwirte und die RWZ auf einem Arbeitstreffen gegen die Untersuchung von Sorten-Mischungen zugunsten von reinen Sorten mit aktueller Bedeutung für Anbau und Handel aus. Die meisten Absprachen und Entscheidungen wurden auch in der Folgezeit im Rahmen von gemeinsamen Arbeitstreffen und bei Besuchen getroffen, was mit Beginn der Corona-Pandemie (wenn überhaupt noch) dann nur noch telefonisch gelang.

Für die OG-Partner wurden zudem in 2018-2019 Arbeitstreffen und Gespräche angeboten, um den sicheren Ablauf und Austausch zu gewähren. Durch die Umstellung der RWZ-Friedberg auf BIO und die Schließung der Thylmann-Mühle (beides Ende 2019) als Handelspartner für die Abnahme von Weizen aus umweltgerechtem Anbau mit auf 170 kg N/ha reduzierter Düngung, trat ab 2020 eine unvorhergesehene Änderung ein. Die geplanten Anbauversuche bei OG Praxis-Partnern (Timm, Albrecht GbR) mit Sorten, die über eine im EIP-Projekt ermittelte hohe Proteinqualität verfügen, konnten nicht mehr durchgeführt werden.

Beim OG-Partner Forschungsring e.V. Darmstadt wurden Backtests anhand konventioneller Sorten durchgeführt, die zur Vorauswahl bei der NIR-Kalibrierung dienten. Die Proben stammten aus Landessortenversuchen zur Ertragerhebung. Durch das Auftreten hitzegeschädigter Proben mit untypischen Backverhalten (starker Trockenstress im Feld) wurden letztlich weniger verwendbare Proben für die NIR-Kalibration gefunden als vorgesehen. Später fanden auch Öko-Proben der FZD aus Bad Vilbel Verwendung. Insgesamt wurden die Backtests wegen Schwierigkeiten in der Übereinstimmung mit Laborwerten und der NIR-Kalibrierung stark reduziert.

Anhand von Vorarbeiten des OG-Partners Ökolandbau zeigte sich im Frühjahr 2018, dass die Bedingungen beim OG-Partner Hofgut Oberfeld (Maschinensaat mit anschließender Vereinzlung, Wildverbiss) undurchführbar sind, während durch eine arbeitsaufwändige Handaussaat am Gladbacherhof erstmalig das „Honeycomb-Breeding Design“ etabliert werden konnte. Das Prinzip des Honeycomb-Designs beruht darauf, dass Einzelpflanzen unter Ausschluss von Konkurrenz zwischen Pflanzen um Licht, Wasser und Boden-Nährstoffe im Dreieckverband mit 75 cm Abstand zwischen den Pflanzen angebaut werden. Nur auf diese Weise können phänotypisch die Pflanzen-Idiotypen innerhalb einer Sorte oder Population mit einer speziellen Auswertungs-Methode selektiert werden, welche über ein hohes Ertragspotential verfügen. Die Innovation liegt darin, innerhalb einer genetisch homogenen Sorte die durch Epistasie auftretenden ertragsstarken Idiotypen von den ertragsschwachen, kranken zu trennen. Auf diese Weise wird das Saatgut in Bezug auf das Merkmal Ertrag homogener, was zu einer Ertragsverbesserung in der Fläche führt.

Am Selektions-Standort Gladbacherhof trat jedoch unerwartet ein so starker Drahtwurmbefall an den Pflanzen auf (ca. 70% Befall), dass die Pflanzen im Mai sichtbar nicht mehr wuchsen und der Versuchsfeldleiter den Versuch unterpflügen ließ. Später wurde deutlich, dass am Gladbacherhof ein Drahtwurmbefall durch intensiven Zwischenfruchtbau bekannt war. Dies zeigte, dass eine Honeycomb-Selektion nicht auf derartigen Standorten durchführbar ist.

Bei der Suche nach einem neuen Standort mit Zaun bzw. ohne Gefahr von Drahtwürmern für die Aussaat im Herbst 2018 konnte durch ein Angebot des OG-Partners Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) die Honeycomb-Breeding Versuchsanlage erfolgreich auf dem Öko-Versuchsfeld des LLH in Ober-Erlenbach bei Bad-Vilbel in der Wetterau etabliert werden. Die Versuchsfläche ist mit einem Zaun geschützt und liegt in einem regenarmen Gebiet mit wasserhaltefähigen Böden, was sich für die Versuchsdurchführung bzw. die Selektion als ideal herausstellte, da in den Jahren 2018-2020 starke Fröhsommer- und Sommer-Trockenheiten den Weizenbeständen in der Wetterau sichtbar stark zusetzten (z.B. gelbe Blätter, Notreife).

In 2019 erfolgte die erste Einzelpflanzen-Selektion und die Aussaat der selektierten Weizen-Population cv Liocharls (POP) und der ertragsschwachen aber qualitätsstarken Sorte cv. Heliaro aus der Öko-Züchtung am Dottenfelderhof in Bad-Vilbel.

Aufgrund der unerwartet hohen Ertragspotentiale (> 100 g Kornertrag/Pflanze) trotz Trockenheit wurden in Kooperation mit dem LLH in 2019 die selektierte POP in einer randomisierten Blockanlage mit vier Wiederholungen gegen die unselektierte POP getestet

(im Aktionsplan nicht vorgesehen), um den Selektionserfolg praxisnah zu überprüfen. Da die Praxisdrille mehr Saatgut benötigte als Pflanzen mit Ertrag > 100 g vorhanden waren, konnten die Pflanzen mit > 90 g Kornertrag hinzugenommen werden.

Ab 2020 wurden alle geplanten Arbeiten im Arbeitspaket 2 (Ökolandbau) so weitergeführt, dass eine Verstetigung der aussichtsreichen Ergebnisse gewährleistet werden konnte. Dazu gehörte der Anbau von 3 ökologisch gezüchteten Weizensorten im Honeycomb-Design zur Erweiterung Selektion auf Ertrag. Um die Ergebnisse einer größeren Öffentlichkeit zugänglich zu machen, konnte eine wissenschaftliche Veröffentlichung vorbereitet werden, von der ausgehend praxisnahe Veröffentlichungen folgen sollen. Damit auch die Ertragsvorteile der selektierten Sorten in der Landwirtschaft zukünftig genutzt werden können, wurde darüber hinaus ein über den Ökoaktionsplan Hessen finanziertes Projekt zur Anbau- und Ertragsoptimierung von Öko-Weizensorten in 2021 beantragt, das im April mit der ersten Aussaat die im EIP-Projekt vorbereiteten Themen weiterführt.

Tabelle 1: Zeitlicher Aufgabenverlauf und Arbeitsverteilung in den Arbeitspaketen 1-3

Verfahrensentwicklung zur Verbesserung und Stabilisierung von Backqualität und Ertrag in Weizensorten und Ökoweizen-Populationen	2018				2019				2020				2021															
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
<b>AP1 - Pflanzenbau</b>																												
NIR-Kalibrierung, Feldversuche und NIR-Anwendung & NIR-Auswertung																												
<b>AP2: Ökolandbau</b>																												
Honeycomb-Selektion Gladbacherhof, Hofgut Oberfeld																												
Honeycomb-Selektion, Auswertung LLH Öko-Versuchsfeld Ober-Erlenbach																												
Überprüfung des Selektionserfolges unter Praxisbedingungen, Veröffentlichungen																												
NIR-Anwendung																												
<b>AP3: Forschungsring (Optimierter-Backtest)</b>																												
Weizensorten aus Landessortenversuchen 2017-2019, Rauschholzhausen 2019																												

### 3 Ergebnisse und Zielerreichung

#### 3.1 Haupt- und Nebenergebnisse des Vorhabens

Im Projekt wurde in zwei Arbeitspaketen jeweils eine Innovation generiert:

AP1 Entwicklung einer NIR-Schnellmethode GMP-Kleberqualität bei Weizensorten:

Entwicklung einer Nah-Infrarot-Spektroskop (NIRS)-Kalibrierung zur schnellen Vorhersage der Backqualität durch Quantifizierung von Glutenin-Makropolymer (GMP) in Weizenkörnern. Das NIR-Spektroskop kann jetzt zur gleichzeitigen Erfassung der Konzentrationen an Protein, Wasser und GMP verwendet werden, was eine schnelle Qualitätsbeurteilung von Erntegut, Saatgut oder Handelsware erlaubt. Entwickelt wurde die NIR-Kalibrierung anhand von Laboranalysen an der JLU-Gießen (Pflanzenbau). Mit einem geeigneten Probenstet konnte dann auch ein zweites NIRS beim OG-Partner Dottenfelderhof im Applikationslabor der Forschung & Züchtung Dottenfelderhof kalibriert werden. NIR-Kalibrierungen benötigen mehrjährige Datensätze, um als stabil zu gelten. Im vorliegenden Fall standen nur zwei Jahre zur Entwicklung der Kalibrierung zur Verfügung, die durch Hitzestress bzw. extreme Trockenheit und damit einer Vielzahl an ungeeigneten Proben gekennzeichnet war. Die Datengrundlage war deutlich geringer als geplant und sollte erweitert werden, um über verschiedene Jahre und Klimaeinflüsse hinweg eine schwankungsarme Stabilität zu erhalten. Insbesondere sehr hohe und sehr geringe Werte weisen aktuell noch höhere Schwankungen auf, was die GMP-Vorhersage in den genannten Bereichen weniger sicher macht. Die

Weizenerträge lagen in beiden Jahren bei nur 170 Kg N/ha dennoch auf einem sehr hohen Niveau von ca. 100 dt/ha (Tab.1). Eine Betrachtung der Backqualität ist allein wegen der Wechselwirkungen zwischen Ertrag\*Protein\*Sorte kompliziert, sodass die aktuelle Vorhersage der Backqualität anhand der Proteinwerte kontraproduktiv wirkt, was die nachfolgenden Ergebnisse belegen.

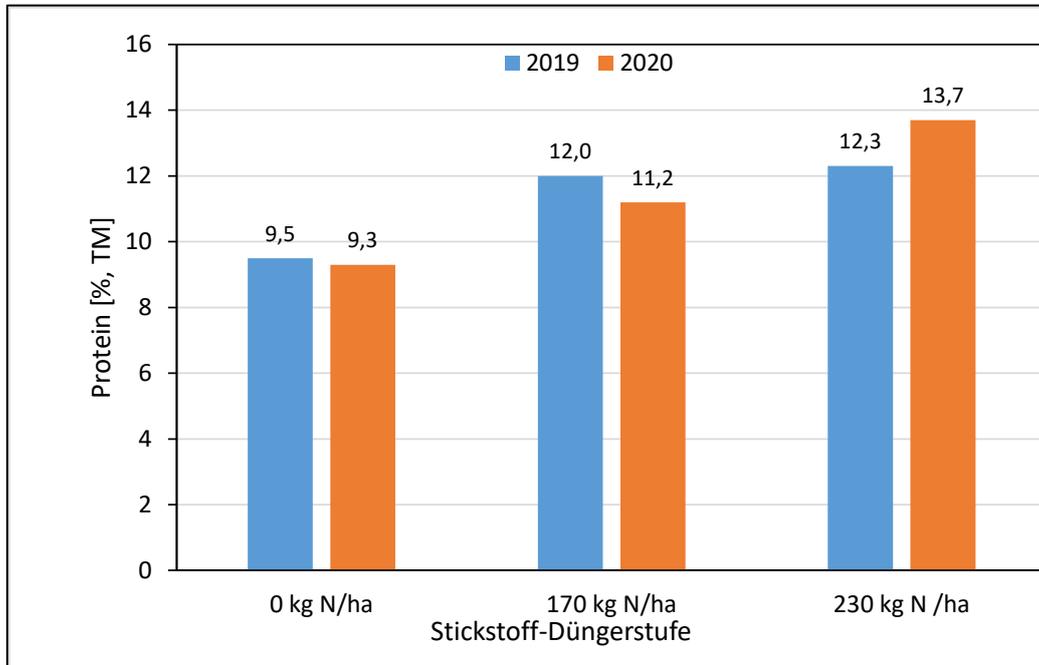


Abbildung 1: Einfluss der N-Düngung auf die Höhe der Korn-Proteinkonzentrationen im Mittel von 14 Sorten (JLU-Versuchsstation Rauischholzhausen)

Die Ergebnisse in Abb.1 verdeutlichen, dass die vom Handel verlangten Mindestwerte für A-Weizen von ca. 13 % Protein nur in einem Jahr und nur bei höchster N-Düngung erreicht wurden. Hohe Anforderungen an Proteinwerte gehen von der Annahme aus, dass damit zugleich auch sehr hohe Brotvolumina (ab 660 ml) einhergehen. Die Ergebnisse aus dem Jahr 2019 belegen, dass Sorten mit hoher Proteinqualität dadurch auch bei geringeren Proteinwerten sehr hohe Backqualitäten aufweisen (Tab. 1). Ab ca. 1,8 % GMP im Korn konnten mit A-Sorten sehr gute Mehlqualitäten > 660 ml Brotvolumen erzielt werden, die auch für die anspruchsvolle Brötchenproduktion geeignet sind. Lediglich für B-Sorten und noch anspruchsvollere Backwaren werden ca. 2 % GMP und ca. 11,5% Protein benötigt, wofür 170 kg N/ha an Düngung völlig ausreichend waren.

*Tabelle 2: NIR-Charakteristika von Körnern verschiedener Weizensorten mit mittlerer (B) und höherer (A) Qualitätseinstufung mit (170 kg) und ohne N-Düngung, JLU-Versuchsstation Rauschholzhausen, Mehlmqualität sehr gut ab 660 ml Brotvolumen/100 g Mehl (Optimierter Backtest, Linnemann 2010)*

2019	0 kg N/ha				170 kg N/ha			
Sorte-Qualitätsklasse	Ertrag (dt/ha)	Protein [%]	GMP (%)	Brotvolumen (ml)	Ertrag (dt/ha)	Protein [%]	GMP (%)	Brotvolumen (ml)
LG Imposanto-B	71	9,0	1,5	610	112	11,2	1,9	692
Opal-A	63	9,9	1,8	754	109	12,1	2,1	797
Asory-A	67	9,2	1,9	723	115	12,5	2,3	789
Nordkap-A	63	9,4	2,0	734	109	11,9	2,3	787
Apostel-A	46	10,4	2,0	731	102	12,5	2,5	775

*Tabelle 3: Glutenin-Makropolymer-Konzentrationen (NIRS) verschiedener Weizensorten mit mittlerer (B) und höherer (A) Qualitätseinstufung bei verschiedenen N-Düngungsstufen (0-230 kg), JLU-Versuchsstation Rauschholzhausen*

2019	GMP (% , TM)			2020	GMP (% , TM)		
	0 kg N	170 kg N	230 kg N		0 kg N	170 kg N	230 kg N
Sorte							
Faustus-B	1,8	2,1	2,3	1,4	1,9	3,1	
Kamerad-B	1,3	1,4	1,5	1,4	2,2	3,6	
Tobak-B	1,5	1,5	1,8	1,4	2,2	3,3	
Alfons-B	1,6	1,9	2,1	1,9	2,4	3,8	
Alexander-B	1,4	1,1	1,4	1,2	1,9	3,0	
LG Imposanto-B	1,5	1,9	2,0	1,6	2,3	3,4	
Asory-A	1,9	2,3	2,3	1,5	2,4	3,2	
Leandrus-A	1,6	2,1	2,1	1,5	2,6	3,7	
Nordkap-A	2,0	2,5	2,7	1,6	2,6	3,5	
Opal-A	1,8	2,3	2,4	2,3	2,7	4,1	
Apostel-A	2,0	2,1	2,2	1,8	2,2	3,2	
Kometus-A	2,3	2,9	3,0	1,8	2,6	3,2	
Rubisko-A	0,0	0,0	0,0	1,3	2,3	3,0	
RGT Aktion-A	1,8	2,1	2,2	1,5	2,8	3,5	

*Tabelle 4: Korn Protein-Konzentrationen (NIRS) verschiedener Weizensorten mit mittlerer (-B) und höherer (A) Qualitätseinstufung bei verschiedenen N-Düngungsstufen (0-230 kg), JLU-Versuchsstation Rauschholzhausen*

2019	Rohprotein (% , TM)			2020	Rohprotein (% , TM)		
	0 kg N	170 kg N	230 kg N		0 kg N	170 kg N	230 kg N
Faustus-B	9,4	11,9	12,3	8,6	10,8	12,7	
Kamerad-B	9,0	11,8	11,9	8,6	10,7	13,3	
Tobak-B	8,9	11,4	12,0	8,5	11,0	13,4	
Alfons-B	9,6	11,7	12,5	9,5	11,3	14,1	
Alexander-B	8,6	11,2	11,7	9,9	11,5	13,1	
LG Imposanto-B	9,0	11,2	11,5	8,6	10,5	13,2	
Asory-A	9,2	11,9	12,1	8,6	11,3	13,6	
Leandrus-A	9,3	12,0	12,2	9,1	11,8	14,3	
Nordkap-A	9,4	12,5	12,8	9,3	11,0	14,0	
Opal-A	9,9	12,5	12,7	10,0	11,7	15,1	
Apostel-A	10,4	12,1	12,4	10,3	11,0	13,7	
Kometus-A	10,0	12,5	12,8	9,1	10,8	13,6	
Rubisko-A	9,8	12,5	12,6	10,2	11,9	13,4	
RGT Aktion-A	10,0	12,3	12,7	9,7	11,3	14,0	

Die Ergebnisse in Tabelle 2 bis 4 belegen, dass mit 7 A-Sorten und 3 B-Sorten in beiden Anbaujahren bei einem Mittelwert von 2,2 % GMP (1,9 bis 2,9 %) mit 170 kg N/ha und Proteinwerten um ca. 12 % (11,2 bis 12,5%) hohe Korn-Qualitäten erbracht wurden. Damit kann gezeigt werden, dass die aktuellen Anforderungen an Weizensorten sowohl an die Höhe der N-Düngung als auch an die Höhe der Proteinwerte ohne Qualitätsverlust auf mindestens 11,5 % Protein bei mindestens 1,8 % GMP reduziert werden können. Tatsächlich sind über mehrere Jahre hinweg einzelne Sorten ohne N-Düngung in der Lage gewesen, eine Qualitätssicherung (Tab. 1) mit nur ca. 10 % Protein zu gewährleisten. Diese Sorten eignen sich demnach besonders für eine Reduzierung der N-Düngung. Speziell alle untersuchten A-Sorten zeigten eine besondere Eignung für eine Reduzierung der N-Düngung.

AP2 Verfahrensentwicklung zur Ertragssteigerung bei Öko-Weizensorten im Klimawandel: Erstmals wurde eine systematische Ertragssteigerung in zwei Schritten demonstriert, mit der zukünftig auch eine Anpassung an den Klimawandel im Öko-Weizenanbau mit ökologisch gezüchteten Weizensorten möglich sein wird. Um diese Ziele zu erreichen, haben wir im Projekt den Fokus im ersten Schritt auf eine Ertragssteigerung durch Selektion gelegt. Aktuell wird Ökoweizen bei hoher Saatedichte (300-400 Körner/m<sup>2</sup>) und damit bei starker Konkurrenz in der Reihe selektiert. Unter Konkurrenz treten jedoch stresstolerante, konkurrenzstarke Typen auf, die unter konkurrenzarmen Bedingungen generell ertragsschwach sind.

Soll eine Selektion auf Ertrag erfolgen, geschieht dies auf Basis von Einzelpflanzenenerträgen unter Ausschluss von Konkurrenz zwischen Pflanzen im „Honeycomb-Breeding Design“ (Fasoula & Fasoula 2000, 2002, Fasoula 2013) wie in Abbildung 2 im linken Bild sichtbar wird. Unter optimalen Wachstumsbedingungen ohne Konkurrenz um Licht, Wasser & Boden-Nährstoffe entfalten Pflanzen ihr Ertragspotential in Form zahlreicher großer Ähren (Abbildung 2, rechtes Bild). Die Phänotypisierung auf Basis von Einzelpflanzen erst ermöglicht eine Selektion auf ertragsstarke Idiotypen innerhalb von Sorten und damit auch auf Idiotypen, die nicht nur vital (Ährenzahl, Kornzahl/Ähre in Abbildung 4), sondern auch besonders gut an den Klimawandel angepasst sind (Abb.3).



*Abbildung 2: Honeycomb-Selektionsdesign zur Selektion unter Ausschluss von Konkurrenz. Population Liocharls – Einzelpflanze im 2-Blatt Stadium und zur Reife mit 26 Ähren. Aussaat im Dreieckverband mit 75 cm Pflanzenabstand, LLH Öko-Versuchsfeld Ober-Erlenbach 2019*

Die Innovation beinhaltet insgesamt 3 Schritte. Diese sind 1. die aufwändige Aussaat zur Selektion auf hohe Ertragspotenziale je Pflanze von Hand, 2. die Auswertung von möglichst vielen Einzelpflanzen innerhalb einer Sorte durch Ährendrusch und 3. die Anpassung des Anbausystems zur Ausschöpfung des Ertragspotenzials unter praxisnahen Bedingungen. Im

zweiten Schritt wurden im Projekt nach starker Trockenheit vitale und produktive Pflanzen durch Selektion von weniger produktiven Pflanzen getrennt (siehe Abbildung 3).

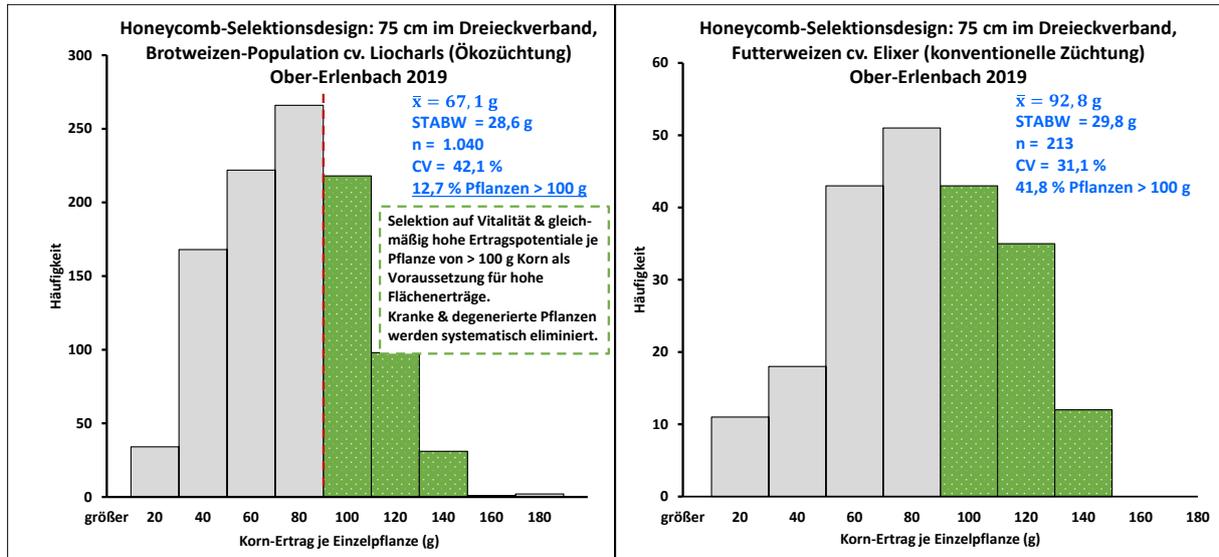


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung im Selektionsmerkmal Ertrag/Pflanze in einer qualitätsbetonten Öko-Population im Vergleich mit einem konventionell gezüchteten Futterweizen (Ober-Erlenbach 2019)

Aus Abbildung 3 wird ersichtlich, dass in der Öko-Population nur 12,7 % aller Einzelpflanzen Kornerträge  $\geq 100 \text{ g}$  aufwiesen. Bei der Futterweizensorte lag dieser Anteil jedoch bei 41,8 %, was das höhere Ertragspotential teilweise erklärt (Tab. 5). Vor Anwendung der neuen Selektionsmethode konnte dadurch der ertragsbetonte Futterweizen ein um ca. 27% höheres Ertragspotential aufweisen, das allein durch Selektion rechnerisch auf 5,5 reduziert wurde.

Tabelle 5: Ertragspotentiale von Einzelpflanzen vor und nach Bereinigung ertragschwacher Pflanzen (Selektion) bei verschiedenen Weizen-Sorten (Ober-Erlenbach 2019)

	Futterweizen cv. Elixer *		Brotweizen Population Liocharls **	
	Ertrag/Pflanze [g]	Relativ (%)	Ertrag/Pflanze [g]	Relativ (%)
<b>Mittel unbereinigt total</b>	92,8	100	67,1	72,3
<b>Mittel nach Bereinigung &gt;100 g Ertrag</b>	121,1	100	114,5 #	<b>94,5</b>

Öko-Saatgut vom Gladbacherhof (Bioland), \*\* Öko-Saatgut vom Dottenfelderhof (Demeter) # Sehr hohes Ertragspotenzial von 18 dt/ha bei 1,57 Pflanzen/m<sup>2</sup>

Die Selektion auf vitale Pflanzen bedeutet einen Selektionsfortschritt beim Merkmal Ertragspotential, das vor allem durch den Ertragsparameter Ähren/Pflanze und Kornzahl/Ähre ausgeschöpft wird, wie aus Abb. 4 hervorgeht. In aktuellen Öko-Anbausystemen findet wegen Lichtmangel bzw. Beschattung und Konkurrenz um Nährstoffe nahezu keine produktive Bestockung statt und zudem begrenzen geringe Kornzahlen/Ähren von ca. 30-40 die Erträge, die im Mittel bei 36,5 dt/ha in Deutschland liegen (Oekolandbau, 2021).

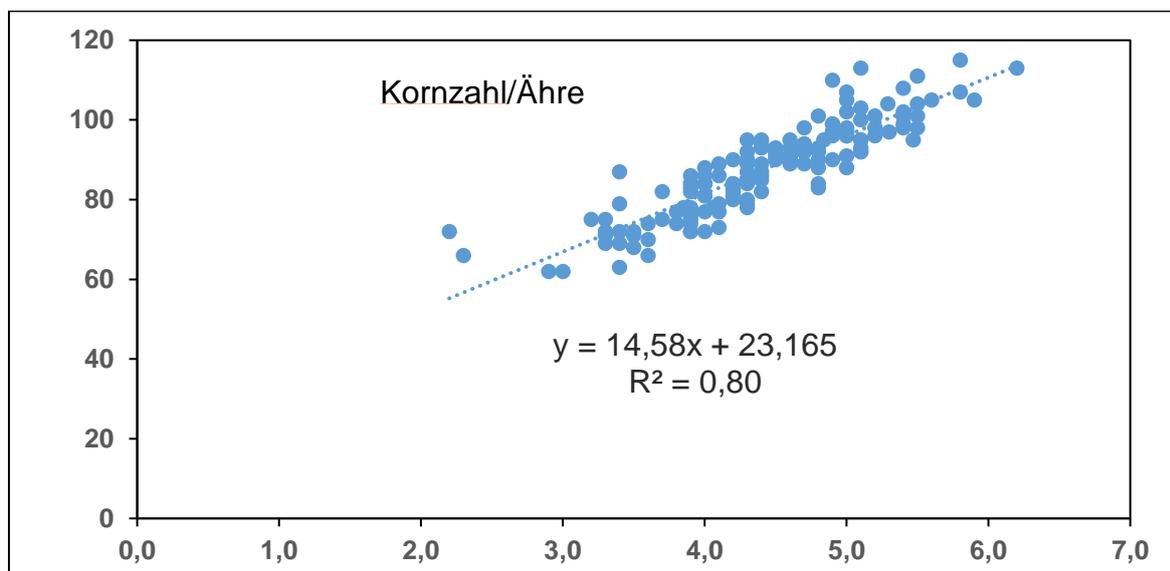
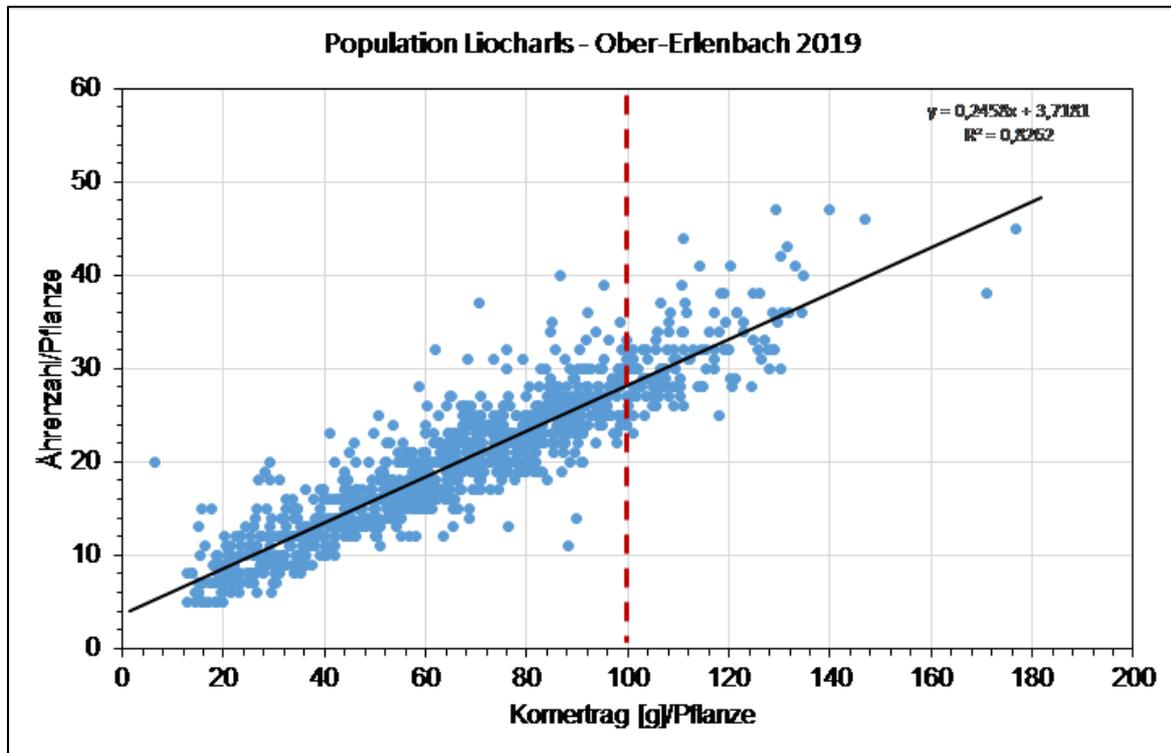


Abbildung 4: Abhängigkeit des Ertragspotenzials der Öko-Population Liocharls von der Entfaltung der Ertragsorgane (Ährenzahl/Pflanze, Kornzahl/Ähre) als Ausdruck von Vitalität und Ressourceneffizienz einer Pflanze (Ober-Erlenbach 2019)

Vor diesem Hintergrund musste im nächsten Schritt geklärt werden, ob der Selektionsfortschritt unter Praxisbedingungen reproduzierbar ist. Hierzu wurde die unselektierte Population gegen die selektierte Population im Exaktversuch (Blockanlage, 4 Wiederholungen) getestet. Als Vergleich wurde die Qualitätssorte cv. Heliaro (FZD, Bad Vilbel) mit geringer Ertragserwartung einbezogen. Um genügend Saatgut für die Drillmaschine zu bekommen, wurden Pflanzen mit > 90 g Kornertrag (21,3%) verwendet. Die 12 m langen und 3 m breiten Streifen wurden mit halber Saatstärke (200 Körner/m<sup>2</sup>) bei 12,5 cm Reihenweite ausgesät, um die Konkurrenz zu reduzieren.

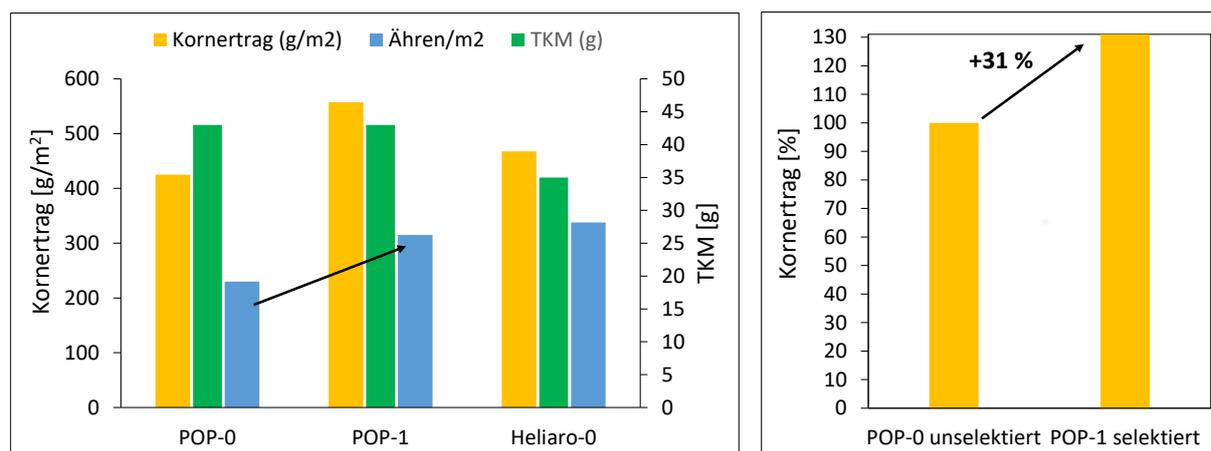


Abbildung 5: Einfluss einer Selektion auf Ertragspotenzial bei der Öko-Population Liocharis (POP-1) auf den Kornertrag im Vergleich zum Ausgangssaatgut (POP-0) und einer Qualitätssorte mit geringem Ertragsniveau unter Praxisbedingungen (12,5 cm Reihenweite, 200 Körner/m<sup>2</sup>)

Die selektierte Population konnte im Exaktversuch 31 % höhere Kornerträge realisieren, die vor allem auf eine höhere Ährenzahl zurückgeführt werden konnte. Gleichzeitig fiel bei der als sehr ertragsschwach angegebenen Sorte Heliaro auf, dass der unerwartet hohe Ertrag auch durch eine hohe Ährenzahl gekennzeichnet war. Bei näherer Betrachtung der Ährenschnitte vor der Ernte fiel auf, dass erstens höhere Kornerträge auch ein Ergebnis der um 50% reduzierten Saatstärke sein dürften und zweitens die Aussaat mit der Drillmaschine sehr ungleichmäßig in der Reihe ausfällt.

Es ist aus der Überschau der im Projekt erarbeiteten Ergebnisse und der aktuellen Literatur (z.B. Fischer 2020, Kottmann et al. 2019) evident, dass die ungleichmäßige Verteilung der Körner in der Reihe und der geringe Standraum (cm<sup>2</sup>) je Pflanze die Erträge im Ökolandbau stärker limitieren als bisher angenommen. Insbesondere das nachweisbar hohe Ertragspotenzial kann nur unter Ausschluss von Konkurrenz zwischen Pflanzen um Licht und Nährstoffe ausgeschöpft werden. Dafür spricht auch die leicht verbesserte Vitalität bei reduzierter Saatstärke im lückigen Bestand (siehe Abb. 6).



Abbildung 6: Einfluss der Abstände (lückig bis eng) zwischen Pflanzen in der Reihe auf die Ährenausbildung bei der Öko-Weizensorte Heliaro unter Praxisbedingungen (12,5 cm Reihenweite, 200 Körner/m<sup>2</sup>): mittlere Korn-Proteinwerte 10,6 % (TM) nach Parzellendrusch (36 m<sup>2</sup>). Exaktversuch randomisierte Blockanlage, 4 Wiederholungen, Aussaat in Ober-Erlenbach, September 2019.

Einfluss der Abstände (lückig bis eng) zwischen Pflanzen in der Reihe auf die Ährenausbildung bei der Öko-Weizensorte Heliaro unter Praxisbedingungen (12,5 cm Reihenweite, 200 Körner/m<sup>2</sup>): mittlere Korn-Proteinwerte 10,6 % (TM) nach Parzellendrusch (36 m<sup>2</sup>). Exaktversuch randomisierte Blockanlage, 4 Wiederholungen, Aussaat in Ober-Erlenbach, September 2019.

Dass das Ziel einer systematischen Ertragssteigerung und Stabilisierung von Erträgen im Klimawandel erreicht wurde, trat dadurch hervor, dass die Pflanzen mit hohen Erträgen erst nach einer langen Wachstumsphase in die Schossphase übergingen und auch deutlich später reiften. Das bedeutet, dass bei ausreichend Standraum mit ausreichend durchwurzelbarem Boden die Einzelpflanzen erstens sehr dicke Stängel mit Photosynthese-Assimilaten bildeten, Zweitens triggerte die verbesserte Lichtaufnahme darüber hinaus die Bestockung und trotz unerwartet zahlreicher Ähren wurden zudem sehr viele Körner/Ähre ausgebildet. Aus Abb.6 geht weiter hervor, dass sowohl bei den Kornerträgen als auch in der Qualitätssicherung durch weitere Pflanzenabstände in der Reihe bzw. Reihenabstände bis hin zur Gleichstandsamt bisher ungenutzte Vorteile zu erwarten sind.

Gleichzeitig verlängerte sich die Wachstumsphase bis zur Reife im Vergleich zum Weizen in Drillsaat am gleichen Standort um 1 Woche, da ohne Konkurrenz um Licht und Nährstoffe die Blätter später seneszent wurden, was auf eine verbesserte Wasser und Lichtaufnahme schließen lässt.

Mit Hilfe der im EIP-Projekt gewonnenen Erkenntnisse kann der Öko-Weizenanbau zeitnah optimiert werden im Hinblick auf nachhaltig höhere Weizenerträge durch Einführung gleichmäßig weitere Abstände zwischen Pflanzen, sodass mit mehr Licht und Boden je Pflanze das Ertragspotenzial besser ausgeschöpft wird. Die beteiligten Landwirte können die Ergebnisse bisher nicht umsetzen, da die technischen Voraussetzungen hierzu fehlen. Wir arbeiten jedoch an der praktischen Umsetzung der Ergebnisse im Rahmen eines Folgeprojektes, in dem die optimalen Pflanzenabstände ermittelt werden sollen (siehe Abb.7).

Ausgehend von den im Honeycomb-Breeding angewendeten 75 cm Pflanzenabstand (1,57 Pflanzen/m<sup>2</sup>) sollen daher die im Projekt erzielten Ergebnisse im Rahmen des Ökoaktionsplan Hessen in 2021-2024 mit Hilfe einer Einzelkornsämaschine für Weizen systematisch soweit verringert werden, bis ein Grenzertrag erreicht wird, ab dem die Kornerträge/ha steigen.

Grafisch beschrieben (vgl. Abb. 7) benötigen die Pflanzen für höhere Erträge unseren Ergebnissen folgend vor allem mehr Standraum je Einzelpflanze und damit weniger Konkurrenz um Licht und Nährstoffe, um die Ausbildung der Ertragsorgane zu fördern. Bei dem unter den Bedingungen des Ökolandbaus gemessenem Ertragspotenzial von 100 g/Pflanze würden theoretisch nur 10 Pflanzen/m<sup>2</sup> für 100 dt/ha Ertrag ausreichen bzw. 20 Pflanzen mit 50 g/Pflanze. Im linken Teil der Kurve steigt mit Zunahme der Pflanzenzahl der Flächenertrag bei gleichzeitiger Abnahme des Kornertrages/Pflanze und damit wird ab einer bisher unbekanntem Pflanzenzahl bei gleichmäßig weiten Abständen zwischen Pflanzen durch verringerte Konkurrenz und verbesserte Ressourcennutzung der Einzelpflanzen das Ertragspotential optimal ausgeschöpft. Aktuell wird Öko-Weizen kontraproduktiv (zu hohe Saatkichte, zu enge und ungleichmäßige Pflanzenabstände) angebaut, sodass der Kornertrag im rechten Abschnitt der Kurve angesiedelt ist.

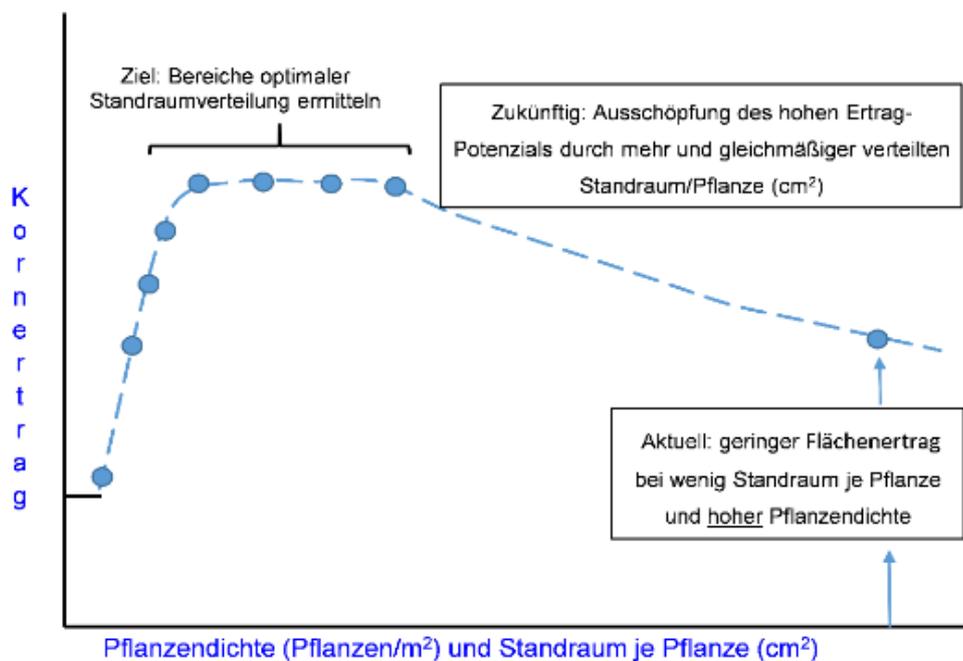


Abbildung 7: Theoretische flächenbezogenen Ertragskurve (dt/ha) für Öko-Weizen zur Bestimmung der optimalen Standraumverteilung im Ökolandbau als Ableitung aus dem EIP-Projekt

### 3.2 Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen

Die Ergebnisse im konventionellen Landbau ermöglichen die Verwendung niedrigerer Korn-Proteinwerte (10-12%) als bisher üblich in Handel und Verarbeitung unter der Voraussetzung von mindestens 1,8-2% GMP im Korn. Dadurch können Landwirte die N-Düngung auf 170 kg N/ha nachhaltig und ohne Qualitätsverluste senken, sodass die Düngeverordnung der Bundesregierung im Weizenanbau erfüllt werden kann.

Die Ergebnisse im Ökolandbau zeigen mehrere Ansätze für eine systematische Ertragssteigerung ohne Qualitätsverlust, durch die der Ökolandbau mindestens 30 % nachhaltig höhere Erträge im Klimawandel bei hoher Backqualität erzeugen kann. Dadurch wird die angestrebte Erweiterung des Ökolandbaus gefördert.

### 3.3 Erreichung der Ziele des Vorhabens

Die im Aktionsplan formulierten Ziele wurden überwiegend erreicht. Verschiedene Randbedingungen im konventionellen Landbau verhindern jedoch aktuell die Umsetzung der Innovationen. Sie sind nur politisch (EU- oder Landesebene) z.B. durch reduzierte Grenzwerte in Müllerei & Handel (aktuell 13-14 % Korn-Protein) zu verändern, um die umzusetzenden Innovationen nicht zum wirtschaftlichen Nachteil der Landwirte werden zu lassen. Insofern sich Handel und Müllerei am Standard-Backtest RMT (verantwortlich: Max-Rubner-Institut, Detmold) orientieren, wirken die in Detmold veröffentlichten und überhöhten Proteinwerte zur Erreichung sehr guter Mehlqualitäten (660 ml Brotvolumen) irreführend und kontraproduktiv im Vergleich mit den tatsächlich erreichbaren Backqualitäten unter Einbeziehung der Proteinqualität (GMP) wie im Optimierten-Backtest (Linnemann 2010) dokumentiert.

Im EIP-Projekt waren Handel (RWZ-Friedberg) und Landwirte beteiligt, die an den Innovationen bzw. Sorten mit hoher Proteinqualität interessiert sind. Der Verkauf sollte über die regionale Mühle (Thylmann) erfolgen, die bereits positive Erfahrungen mit Mehlen aus reduzierter N-Düngung im vorigen EIP-Projekt „ENU-Weizen“ und über eine Abnahme von Mehl durch Bäckern verfügten:

- Die RWZ-Friedberg wurde Ende 2019 vollständig auf BIO umgestellt und war dadurch in der Region nicht mehr ansprechbar als Partner.
- Die Thylmann-Mühle wurde Ende 2019 verkauft und stand als Handelspartner der Landwirte für Weizen aus umweltgerechterem Anbau (170 kg N/ha) nicht mehr zur Verfügung. Der geplante Sortenanbau konnte daher in 2020 nicht realisiert werden.
- 

Im Ökolandbau waren zwei Landwirtschaften als OG-Partner beteiligt. Im Laufe der Untersuchungen (näheres dazu in Kapitel 2) stellte sich jedoch heraus, dass die besten Voraussetzungen beim OG-Partner LLH auf dem Versuchsfeld in Ober-Erlenbach gegeben waren. Das war erstens unvorhersehbar und zweitens konnte die iterative Vorgehensweise (Anbau-Selektion-Exaktversuch) nur auf dem Öko-Versuchsfeld des LLH durchgeführt werden, da auf den Praxisbetrieben die hierfür notwendigen Flächen, Maschinen und anfangs auch das Verständnis fehlten. Durch die enge Kooperation mit dem OG-Partner LLH, die aber im Aktionsplan so erst nicht berücksichtigt bzw. eingeplant war, kam es zu Abänderungen der Ausführungen, die aber wesentlich zur erfolgreichen Demonstration der Innovationen beigetragen haben.

## 4 Ergebnisverwertung, Kommunikation und Verstetigung

### 4.1 Nutzen der Ergebnisse für die Praxis

Im Projekt wurden mehrere Verfahren entwickelt und daraus Empfehlungen für die Praxis abgeleitet:

1. Mit Entwicklung einer NIR-Schnellmethode zur Bestimmung der Kleberqualität direkt am Korn konnten den Landwirten und der RWZ Weizen-Sorten empfohlen werden, die bei nur 170 kg N-Düngung eine hohe Proteinqualität ermöglichen.
2. Zur systematischen Steigerung der Weizerträge im Klimawandel unter den Bedingungen des Ökolandbaus wurde ein Selektionsverfahren entwickelt, welches Saatgut mit höherem Ertragspotenzial und damit höheren Flächenerträgen als bisher produziert. Es wurden Ansätze entwickelt das vorhandene Ertragspotenzial durch Anpassung des Anbausystems an verbesserte Wachstumsbedingungen auszuschöpfen.
3. Das Projekt bestätigt, dass bei höheren Erträgen die Backqualität zwar sinkt, aber als Projekt-Ergebnis im Weizenanbausystem mittels Einzelkornsaat, weiteren Reihenabständen und Pflanzendichten  $< 100$  Pflanzen/m<sup>2</sup> bis hin zur Gleichstandsaaat auch eine Qualitätssicherung möglich ist.
4. Für die Öko-Züchtung am Dottenfelderhof wurde eine NIR-Schnellmethode (Zeiss-NIR) mit Ökosorten entwickelt, die eine Schätzung von Proteinqualität und Proteinkonzentration direkt am Korn erlaubt, was Selektionen und Sortenvergleiche zukünftig erleichtert.

### 4.2 (Geplante) Verwertung/Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse

Die aussichtsreichen Ergebnisse konnten wegen der fehlenden Einzelkorntechnik und der fehlenden Anbau-Optimierung zwar demonstriert, aber nicht direkt in die Landwirtschaft überführt werden. Mit einer in Vorbereitung befindlichen wissenschaftlichen Veröffentlichung (z.B. Journal für Kulturpflanzen) und einer Vertiefung des EIP-Projektes in Form einer Ergebnispräsentation im Internet (Professur) sollen die bisher für Landwirte nur schwer verständliche, zukunftsfähige Dimension des EIP-Agri-Vorhabens deutlicher gemacht werden. Die Einzelkornsätechnik für Getreide bzw. Maschinen zur Aussaat mit gleichmäßigen Abständen in der Reihe sind bei verschiedenen Landtechnik-Herstellern bereits vorhanden, es fehlen aber Spezifikationen für einen ertragswirksamen Einsatz. Am Gladbacherhof wurde im Herbst 2020 ein Demonstrationsversuch in Zusammenarbeit mit der Firma Horsch (Sämaschine mit Kornvereinzelnung) angelegt, der auf dem Ökofeldtag 2021 zusammen mit den EIP-Ergebnissen dargestellt werden sollte. Der Feldtag wurde coronabedingt abgesagt, weshalb online-Veröffentlichungen Mittel der Wahl sind, um die Ergebnisse breit zu streuen – für Landwirte und Forscher. Das wird zur Verstetigung der Ergebnisse auch in Zusammenhang mit einem Folgeantrag (Ökoaktionsplan Hessen, HMUKLV) realisiert.

### 4.3 Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Wichtige wissenschaftliche Fragen zur Optimierung und technischen Umsetzung der Ertragssteigerung im Ökolandbau mit Hilfe von Sorten mit hohem Ertragspotenzial sollen im Rahmen des Ökoaktionsplan Hessen (HMUKLV) als Forschungs- & Entwicklungsprojekt (F&E) nach Ende des EIP-Projektes begonnen werden. Mit dem F&E-Projekt soll die Anbau-

Optimierung mit Einzelkornsäegeräten am Standort Ober-Erlenbach (siehe Abb. 7) konkret am Beispiel von drei Soja- und Weizensorten durchgeführt und damit Impulse zur zeitnahen Ertragssteigerung im Ökolandbau initiiert werden.

## 5 Zusammenarbeit in der Operationellen Gruppe (OG)

### 5.1 Gestaltung der Zusammenarbeit

#### OG-Partner

Justus-Liebig-Universität Gießen Professur für Ökologischen Landbau Dr. Ludger Linnemann	Karl-Glückner Strasse 21 C D-35394 Giessen Tel.: 0641 99 37731 ludger.linnemann@agrار.uni-giessen.de	Leadpartner
Justus-Liebig-Universität Gießen Professur für Pflanzenbaubau Prof. Dr. Bernd Honermeier	Schubertstr. 81 D-35392 Gießen Tel.: 0641 99 37441 Bernd.Honermeier@agrار.uni-giessen.de	Projektpartner
Forschungsring e.V. Optimierter-Backtest - Backversuche	Brandschneise 5 D-64295 Darmstadt Tel: 06155 - 8421-10 sosath@forschungsring.de	Projektpartner
Ansgar Vortmann LWG Dottenfelderhof KG Landwirt Ökolandbau	Dottenfelderhof D-61118 Bad Vilbel Tel.: 06101 5296-20 Fax: 06101 5296-22 info@dottenfelderhof.de	Projektpartner
Hofgut Oberfeld Landwirtschaft AG Thomas Goebel  Landwirt Ökolandbau	Erbacher Straße 125 D-64287 Darmstadt Telefon: 06151-950486-0 th.goebel@landwirtschaft-oberfeld.de	Projektpartner
Alexander Albrecht Albrecht GbR  Landwirt	Hof Entenpfuhl D-61191 Rosbach Fon: 06007-2301 Mobil: 0160-91338019 brig-albrecht@web.de	Projektpartner
Helge Timm  Landwirt	Arnsburger Str. 9 D-35423 Lich-Eberstadt Fon: 06004-484 oder Mobil: 0171-2286155 <a href="mailto:kartoffelbau.timm@t-online.de">kartoffelbau.timm@t-online.de</a>	Projektpartner
Frank Luckhardt RWZ Friedberg  Landhandel	Raiffeisenstraße 30 D-61169 Friedberg Fon: 06031 / 165-203 frank.luckhardt@rwz.de	Projektpartner
Assoziierter Partner: Gabriele Käufler, LLH	Landwirtschaftszentrum Eichhof, Schlossstraße 1, D-36251 Bad Hersfeld <a href="mailto:gabriele.kaeufler@llh.hessen.de">gabriele.kaeufler@llh.hessen.de</a>	

Am Anfang des Projektes wurden gemeinsame Einführungs- und Beratungstreffen durchgeführt. Die Sortenwahl wurde von Landwirten und der RWZ bestimmt. Die OG-Partner im Ökolandbau wurden auch von Anfang an eingeführt und unterrichtet über den Verlauf des Projektes. In beiden Arbeitspaketen wurden in den ersten zwei Jahren Vorleistungen (NIR-Kalibrierung, Honeycomb-Breeding etc.) gebracht, die ab Januar 2020 den OG-Mitgliedern vorgestellt und auf Feldtagen präsentiert werden sollten. Durch Ausbruch der Corona-Pandemie musste eine Umstellung in der Kommunikation erfolgen.

Gleichzeitig schieden die OG-Partner RWZ-Frieberg (Umstellung auf BIO) und die beiden Landwirte als deren Handelspartner aus. Zudem wurde der Handelspartner Thylmann-Mühle verkauft, sodass die Kommunikation an dieser Stelle abbrach.

Die Ökolandwirte wurden aufgrund der veränderten Bedingungen anfangs im Auftakttreffen und später bei Ergebnispräsentationen informiert. Aber auch hier brach der Kontakt mit Beginn der Corona-Pandemie ab. Landwirte wurden allgemein nicht mehr besucht und der Kontakt telefonisch gesucht. Die Ergebnis-Präsentation erfolgte am Ende als Video-Konferenz.

## 5.2 Mehrwert des Formats einer OG

Die praktische Zusammenarbeit verschiedener Akteure hat sich im vorliegenden EIP-Projekt bewährt. Das war im Fall der Phänotypisierung sehr wichtig, da den Beteiligten Partnern nicht gleich die zugrundeliegende Idee einleuchtend erschien und die komplexen Innovationen nicht ohne Beteiligung der OG-Partner und deren Gesichtspunkte, Diskussionsbeiträge und kritische Anmerkungen umzusetzen gewesen wären. Insbesondere die tatkräftige Hilfe des LLH-Teams in Ober-Erlenbach hat zum Erfolg des Projektes beigetragen.

## 5.3 Weitere Zusammenarbeit

Die Zusammenarbeit mit der Forschung & Züchtung Dottenfelderhof ist durch das nachfolgende Projekt im Rahmen des Ökoaktionsplan Hessen verstetigt, bei dem die FZD beteiligt wurde. Durch den Kauf einer Einzelkornsämaschine und die räumliche Nähe sind Honeycomb-Breeding Selektionen wie im EIP-Projekt geplant.

# 6 Verwendung der Zuwendung

Das EIP-Projekt wurde aufgrund des Ausfalls der OG-Partner Landwirte und Handel und der unvorhersehbar geringen Beteiligungsmöglichkeiten der Ökolandwirte zum 31.1.2021 vorzeitig beendet.

Bewilligungszeitraum: 21.12.2017 bis 31.12.2022

Durchführungszeitraum: 21.12. 2017 bis 31.1.2021

Laut Zuwendungsbescheid wurde eine Gesamtzuwendung von 269.292 € gewährt. Davon entfielen:

- 69.292 € auf Ausgaben für die laufende Zusammenarbeit
- 200.000 € auf Ausgaben für das Innovationsvorhaben

## 7 Schlussfolgerungen und Ausblick

### *Grundsätzliche Schlussfolgerungen:*

- Die zugrundeliegenden Ideen gingen von realistischen und gesellschaftlich relevanten Themen (N-Düngerreduzierung, Ertragssteigerung, Anpassungen an den Klimawandel, Qualitätssicherung) aus.
- Die GMP-Kalibrierung mit Hilfe der NIR-Spektroskopie als Schnellmethode zur direkten Erfassung von Qualität und Protein-Konzentration am Korn in Kombination mit der Sortenwahl dauerte sehr viel länger als geplant, da die Proben sich oftmals nicht so verhielten wie gedacht, was auch erklärt, warum es diese Methode noch nicht gab. Die zwei kalibrierten NIR-Geräte konnten dennoch mit geringen Einschränkungen angewendet werden. Es fehlen noch mehr Proben aus mehreren Jahren und von mehreren Standorten, um eine 100% stabile Kalibrierung zu erhalten. Durch Einbeziehung des Optimierten-Backtests konnte die Validität der Methode dennoch gezeigt werden.
- Die Honeycomb-Breeding Methode hat anfangs große Schwierigkeiten bereitet, da deren Etablierung beim OG-Partner Hofgut Oberfeld und am Gladbacherhof misslangen. Die Etablierung der Methode auf dem LLH-Ökoversuchsfeld hingegen war im Antrag nicht vorgesehen, erwies sich aber als wesentlich für die erfolgreiche Bearbeitung. Im zweiten Selektionsjahr bemerkten wir erst während der Frühsommerdürre, dass die in Quickpots vorgezogenen und im 2-Blattstadium in die Erde gesetzten Pflanzen teilweise nicht tief genug gesetzt waren, sodass eine gleichmäßige Entwicklung zwischen den Pflanzen nicht abgesichert war und zahlreiche Pflanzen eine geringere Bestockung erbrachten als zu erwarten war. Es wurden daher nur Pflanzen mit Erträgen >90 g/Pflanze gesammelt.
- Das AP1 mit der RWZ-Friedberg und den Landwirten begann für die Landwirte erst nach der NIR-Kalibrierung und den ausgewerteten Sortenversuchen an, interessant zu werden. Durch den Wegfall der RWZ und der Thylmann-Mühle als Handelspartner, auf die für den anschließenden Praxisanbau von Sorten nach Empfehlung durch die neue NIR-Schnellbestimmung gerechnet wurde, konnte der für 2020 geplante Anbau von Sorten mit hoher Proteinqualität nicht mehr durchgeführt werden.

### *Fazit zur Eignung von EIP-Förderung zur Generierung von Innovation und Schließung von Lücken zwischen Praxis und Wissenschaft und eventuelle Vorschläge zur Weiterentwicklung der EIP-Agri:*

- Durch die EIP-Förderung war es erst möglich, Innovationen für die Landwirtschaft zu entwickeln, auch wenn diese nicht sofort Eingang in die Landwirtschaft finden. Das Potential der im Projekt generierten Innovationen ist hoch und wurde daher verstetigt: (<https://www.uni-giessen.de/fbz/fb09/institute/pflbz2/oekolandbau/forschung/EIKSA>).
- Die tatsächlich vorhandenen Lücken zwischen Praxis und Wissenschaft wurden im vorliegenden Projekt aufgezeigt, geschlossen, wobei die Umsetzung in die Praxis sich als schwer erwies, da das Öko-Anbausystem einerseits und die Rahmenbedingungen im Handel mit den politischen Zielen der Düngeverordnung nicht kompatibel sind. Hier müsste EIP-Agri Möglichkeiten einer Vernetzung zu politischen Entscheidungsgremien aufbauen, damit die Lücken zwischen Praxis und Wissenschaft auch in der Politik bzw. mit der Politik verhandelt werden kann.
- Speziell im Fall der absolut kontraproduktiven Bezahlung nach Proteingehalten (13-14%) im Handel bedarf es einer europäischen Lösung zur Einführung neuer Mindestwerte oder einer verbindlich niedrigen N-Düngung wie in Dänemark. Nachdem Dänemark die N-Düngung auf 160 kg N/ha einheitlich für dänische Landwirte geregelt hat, gilt dänischer Weizen wegen der geringen Proteinwerte als Futterweizen und hochgedüngte

Weizenpartien mit hohen Proteinwerten werden aus Deutschland bzw. der EU nach Dänemark importiert. Dadurch ist das EU-Programm zur Verhinderung des Nitrateintrags ins Trinkwasser durch Verringerung der N-Düngung ad absurdum geführt –zumindest in Teilen der Landwirtschaft. Dem gegenüber haben dieses EIP-Projekt und das Vorläufer-Projekt (ENU-Weizen) wiederholt gezeigt, dass bei entsprechender Sortenwahl (B-, A-Sorten) und der Verwendung des Optimierten-Backtests auch mit 11-12% Protein die Bäckereine sehr zufrieden mit den Mehlen waren. Die geringeren Proteinwerte wurden wegen der höheren Proteinqualität (GMP > 1,8%) gar nicht bemerkt. Ohne verbindliche Richtwerte werden die Innovationen keine Wirkung zeigen können.

- Die Aufteilung der Finanzierung in den Arbeiten als Leadpartner und in der Bearbeitung im Arbeitspaket wird im vorliegenden EIP-Projekt mit 25% bei der laufenden Zusammenarbeit + 75% im AP formal eingefordert. Das konnte praktisch nicht eingehalten werden und führt jetzt dazu, dass die JLU-Gießen trotz geleisteter Arbeit mit Streichung von geplanten Mittelzuwendungen rechnen muss, weil die 25 % überschritten wurden. Seit ca. 2019 wurde das im Rahmen der EIP-Projekte abgeschafft. Es wird gebeten, die Anwendung der 25/75 Regel im vorliegenden EIP-Projekt fallen zu lassen, da ohnehin mehr als auf dem Papier steht gearbeitet wurde und weder ein Verschulden vorliegt noch der bewilligte Finanzrahmen überschritten wurde.

## 8 Literaturverzeichnis

- Fasoula, V.A., Fasoula D.A. 2000. Honeycomb breeding: principles and applications. *Plant Breed. Rev.* 18, 177-250
- Fasoula V.A., Fasoula D.A., 2002. Principles underlying genetic improvement for high and stable crop yield potential. *Field Crops Res.* 75, 191-205
- Fasoula V., 2013. Prognostic breeding: A new paradigm for crop improvement. *Plant Breeding Reviews* 37, 297 - 347
- Linnemann, L. Abschlussbericht: Entwicklung einer prozessnahen Diagnostik der Mehlqualität und Teigbereitung zur Optimierten Herstellung von Backwaren aus Öko-Weizensorten; BÖLN Projekt 06OE296; BÖLN: Darmstadt, Germany, 2010
- Oekolandbau 2021: <https://www.oekolandbau.de/handel/marktinformationen/der-biomarkt/marktberichte/ertraege-im-biologischen-und-konventionellen-landbau/>
- Fischer R.A. (2020): Breeding wheat for increased potential yield: contrasting ideas from Donald and Fasoulas, and the case for early generation selection under nil competition. *Field Crops Research*, Nr. 252; <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107782>
- Kottmann, L. et al. 2019: Standraumoptimierung im Getreideanbau durch Gleichstandsamt. *Journal für Kulturpflanzen*, 71 (4). S. 90–94, DOI: 10.5073/JfK.2019.04.03