

Schlussbericht zum Thema

Bewertung und Akzeptanz
heterogener Weizenpopulationen
in ökologischen
Wertschöpfungsketten

FKZ: 2819OE033, 2819OE099

Projektnehmer: Universität Kassel,
Landwirtschaftliches Technologiezentrum
Augustenberg

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung
und Landwirtschaft auf Grund eines Beschlusses des
Deutschen Bundestages im Rahmen des
Bundesprogramms Ökologischer Landbau.

Das Bundesprogramm Ökologischer Landbau Landwirtschaft (BÖL) hat sich zum Ziel gesetzt, die Rahmenbedingungen für die ökologische und nachhaltige Land- und Lebensmittelwirtschaft in Deutschland zu verbessern. Es wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) finanziert und in der BÖL-Geschäftsstelle in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) in Bonn in die Praxis umgesetzt. Das Programm untergliedert sich in zwei ineinandergreifende Aktionsfelder, den Forschungs- und den Informationsbereich.

Detaillierte Informationen und aktuelle Entwicklungen finden Sie unter www.bundesprogramm.de

Wenn Sie weitere Fragen haben, wenden Sie sich bitte an:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel: 0228-6845-3280
E-Mail: boel@ble.de

Schlussbericht

BAKWERT – Bewertung und Akzeptanz heterogener Weizenpopulationen in ökologischen Wertschöpfungsketten

Förderkennzeichen: 2819OE033

Zuwendungsempfänger: Universität Kassel & LTZ Augustenberg

Projektlaufzeit: 15.05.2020 – 15.10.2023

Projektleitung: Prof. Dr. Detlev Möller (Fachgebietsleitung BWL)

Projektkoordinator: Dr. Torsten Siegmeier (BWL)

Universität Kassel, FB Ökol. Agrarwissenschaften, FG
Betriebswirtschaft, Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen, Tel.
05542 981327, siegmeier@uni-kassel.de

Projektpartner: Dr. Odette Weedon (FÖP)

Prof. Dr. Maria R. Finckh (Fachgebietsleitung FÖP)

Universität Kassel, FB Ökol. Agrarwissenschaften, FG
Ökologischer Pflanzenschutz, Nordbahnhofstr. 1a, 37213
Witzenhausen, Tel. 05542 981572, odetteweedon@uni-
kassel.de

Verbundpartner: Annette Haak (KÖLBW-LTZ)

Dr. Andreas Butz (Referatsleitung KÖLBW-LTZ)

Kompetenzzentrum Ökologischer Landbau am LTZ
Augustenberg, Hochburg 1, 79312 Emmendingen, Tel.
07641 957890-11, andreas.butz@ltz.bwl.de

in Kooperation mit: Anke Kähler (DFB)

Die Freien Bäcker e.V., Bergstr. 50, 30890 Barsinghausen,
a.kaehler@die-baecker.org

Zitationshinweis

Bitte zitieren Sie diesen Bericht wie folgt:

Siegmeier, Torsten; Weedon, Odette; Haak, Annette; Kähler, Anke; Plaumann, Peter; Finckh, Maria; Möller, Detlev (2023): BAKWERT – Bewertung und Akzeptanz heterogener Weizenpopulationen in ökologischen Wertschöpfungsketten. Schlussbericht, Bundesprogramm Ökologischer Landbau (FKZ 2819OE033).

Kurzfassung

BAKWERT – Bewertung und Akzeptanz heterogener Weizenpopulationen in ökologischen Wertschöpfungsketten (FKZ2819OE033)

Torsten Siegmeier, Odette Weedon, Annette Haak, Anke Kähler

BAKWERT war konzeptionell auf die **Stärkung der gesamten ökologischen Wertschöpfungskette** und die Verbreitung von Innovationen zur ökologischen Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion ausgerichtet. Am Beispiel heterogener Weizenpopulationen wurde eine gemeinsame Dynamik der Innovation in Landwirtschaft, Verarbeitung und Vermarktung hergestellt. Das Gesamtziel von BAKWERT war es, zur Weiterentwicklung und Verbreitung des innovativen agrarökologischen Züchtungsansatzes heterogener Populationen beizutragen.

Erstes Arbeitsziel war die **Etablierung und Organisation von drei regionalen ökologischen Wertschöpfungsketten** für den Anbau, die Verarbeitung und Vermarktung heterogener Weizenpopulationen. Diese regionalen Wertschöpfungsketten mit insgesamt 10 Landwirtschafts-, 3 Mühlen- und 14 Bäckereibetrieben wurden kontinuierlich mit Ergebnissen aus den Analysen versorgt, um laufend Anpassungen und Verbesserungen zu ermöglichen und die Optimierung von Prozessen und Produkten sicherzustellen.

Hauptaugenmerk lag auf der **Identifizierung von Anpassungsbedarfen** beim Anbau bzw. der Verarbeitung von heterogenem Weizen. Hierzu wurden die Praxisprozesse eng begleitet und die Erfahrungen dokumentiert. Die laufenden **Datenerhebungen und Analysen** (Feldbonituren, Ernteanalysen, Mahl- und Backtests, etc.) wurden ergänzt durch strukturierte qualitative Datenerhebungen (Interviews, Gruppendiskussionen, etc.).

Erträge und Qualitäten der zwei untersuchten Populationen waren vergleichbar mit der Liniensorte ‚Aristaro‘. Insbesondere bei der Backqualität wies das heterogene Material dabei eine **höhere Stabilität** auf. Im BAKWERT-Projekt hat sich gezeigt, dass heterogene Populationen auch in der Praxis eine erfolgreiche Strategie für ökologische Qualitätsweizenerzeugung im Klimawandel sind. Der Populationsweizen kann ohne Schwierigkeiten oder Anpassungsbedarf in den regulären Warenfluss der Mühlen und Bäckereien integriert werden. Für Bäckereien mit engem Kundenkontakt und starker Nachhaltigkeitskommunikation bieten spezielle Populationsprodukte zusätzlich Möglichkeiten zur Produktdifferenzierung und Profilbildung im Bereich Nachhaltigkeit und Regionalität.

www.weizenvielfalt.de

Abstract

BAKWERT – Evaluation and acceptance of heterogeneous populations of winter wheat in organic value chains (FKZ2819OE033)

Torsten Siegmeier, Odette Weedon, Annette Haak, Anke Kähler

BAKWERT was conceptually focused on strengthening the entire organic value chain and disseminating innovations from ecological intensification of agricultural production. Using the case of *heterogeneous wheat populations*, a joint dynamic of innovation in agriculture, processing and marketing was established. The overall objective of BAKWERT was to contribute to the further development and dissemination of the innovative agroecological breeding approach of heterogeneous populations.

The first objective was to establish and organize three regional organic value chains for the cultivation, processing and marketing of heterogeneous wheat populations. These regional value chains, with a total of 10 farms, 3 mills and 14 bakeries, were continuously fed with results from the analyses to enable ongoing adjustments and improvements and to ensure optimization of processes and products.

The main goal was to identify adaptation needs in the cultivation and processing of heterogeneous wheat populations. For this purpose, the production processes were closely monitored and the experiences documented. Ongoing data collection and analyses (field trials, harvest analyses, milling and baking tests, etc.) were supplemented by structured qualitative data collection (interviews, group discussions, etc.).

Yields and qualities of the two populations investigated were comparable with the line variety 'Aristaro'. In particular, the baking quality showed a higher stability. The BAKWERT project has shown that heterogeneous populations are a successful strategy in practice for organic wheat production in light of climate change. Heterogeneous wheat populations can be integrated into the regular flow of goods to mills and bakeries without any difficulties or need for adaptation. For bakeries with close customer contact and strong communication on sustainability issues, novel population products offer additional opportunities for product differentiation and profile building in the area of sustainability and regionality.

www.weizenvielfalt.de

Inhalt

1. Einführung	1
Gegenstand des durchgeführten Vorhabens	1
Projektziele	1
Projekttablauf	1
2. Ausgangssituation: Stand des Wissens	2
Potenziale heterogener Weizenpopulationen	2
Akzeptanz heterogener Populationen in der Praxis	3
Förderung von Innovationsprozess und Transfer	4
3. Material und Methoden	5
4. Ergebnisse und Diskussion	6
Backkampagnen 2022 und 2023 (AP1)	6
Anbauversuche <i>on-farm</i> (AP1) und Getreideanalysen (AP3)	8
<i>Forschungsziele und Versuchsmethodik</i>	8
<i>Agronomische Leistung</i>	13
<i>Mahl- und Backqualität</i>	23
<i>Backtests und Backverhalten</i>	32
Inhaltstoffliche Zusammensetzung und Unverträglichkeit	35
Sortenwahlverhalten ökologischer Weizenerzeuger (AP2)	36
Dokumentation und qualitative Begleitung (AP4)	38
Kommunikation und Transfer der Ergebnisse (AP5)	41
5. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	42
Wirtschaftliche Erfolgsaussichten	42
Wissenschaftliche Erfolgsaussichten	43
6. Zielabgleich	43
7. Zusammenfassung	44
8. Veröffentlichungen und Dissemination	45
Filme und Podcasts	45
Praxishandbuch	45
Veranstaltungen zum Wissenstransfer	45

Wissenschaftliche Veröffentlichungen	49
Praxisjournale und Fachpresse	50
Präsentationen und Vorträge	52
Tageszeitungen (Auswahl)	53
9. Literaturverzeichnis.....	54

Abkürzungen

AP	Arbeitspaket
ALGL	Albumin/Globulin
ATI	Amylase-Trypsin-Inhibitor
BBCH	Entwicklungsstadium der Pflanze
BÖL	Bundesprogramm Ökologischer Landbau
BSA	Bundessortenamt
BWL	Universität Kassel, Fachgebiet Betriebswirtschaft
CCP	<i>composite cross</i> Population
DFB	Die Freien Bäcker e.V.
EU	Europäische Union
EV _i	Umweltvarianz
FAO	Food and Agriculture Organisation (Vereinte Nationen)
FÖP	Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz
GGE	<i>genotype by genotype by environment</i> Interaktion
GPS	<i>global positioning system</i>
GT	<i>genotype by trait</i> Interaktion
ha	Hektar
HFN	Hagberg-Fallzahl
HI	<i>harvest index</i> (Ernteindex)
HLG	Hektolitergewicht
IGV	Institut für Getreideverarbeitung GmbH
KÖLBW	Kompetenzzentrum Ökologischer Landbau Baden-Württemberg
LSV	Landessortenversuch
LTZ	Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg
MW	Mittelwert
NGBF	nichtgrüne Blattfläche
NIRS	Nahinfrarotspektroskopie
ÖHM	Ökologisches heterogenes Material
RMT	Rapid-Mix-Test
SD	Standardabweichung
SE	Standardfehler
TKG	Tausendkorngewicht
UN	Vereinte Nationen
W ₂	Ökovalenz

Abbildungen

Abbildung 1: Übersichtsschema der BAKWERT-Arbeitspakete	6
Abbildung 2: Beispiele von POP.Krusten (Brot) aus der Backkampagne 2022	7
Abbildung 3: Beispiel der Vorder- und Rückseite einer der 12 Informationskarten („POP.Karten“)	8
Abbildung 4: Frequenz der Blattkrankheitserreger für jede Herkunft und jeden Betrieb in der Anbausaison 2020/21	14
Abbildung 5: Frequenz der Blattkrankheitserreger für jede Herkunft und jeden Betrieb in der Anbausaison 2021/22	15
Abbildung 6: Ertrag (t/ha) für jede Weizenherkunft pro Standort	17
Abbildung 7: "Which-won-where View" des GGE-Biplots für die Jahre 2020/21 und 2021/22	18
Abbildung 8: Der Genotype-by-Trait Biplot (GT Biplot) für Ertrag und Ertragsparameter.....	22
Abbildung 9: Pflanzenhöhe (cm) für jede Weizenherkunft über alle Betriebe für die Jahre 2020/21 und 2021/22	23
Abbildung 10: Anteil der Mahlqualitätsklassen je Weizenherkunft in beiden Versuchsjahren (2020/21 und 2021/22)	24
Abbildung 11: Anteil der Backverhaltensklassen pro Weizenherkunft in beiden Versuchsjahren (2020/21 und 2021/22).....	34
Abbildung 12: Anteil der Backleistungs-klassen pro Weizenherkunft in beiden Versuchsjahren (2020/21 und 2021/22)	34
Abbildung 13: Sortenwahlverhalten ökologischer Landwirte als sozialer Prozess	36
Abbildung 14: Dokumentation des Praxis-Workshops.....	40
Abbildung 15: BAKWERT-Videoworkshop in Witzenhausen am 19./20.5.22	41
Abbildung 16: BAKWERT-Stand auf den Ökofeldtagen 2022	46
Abbildung 17: Einladung zur Veranstaltung „Heterogene Weizenpopulationen in Anbau und Verarbeitung“ am 5.7.2023	46
Abbildung 18: Programm zur Veranstaltung „Heterogene Weizenpopulationen in Anbau und Verarbeitung“ am 5.7.2023	47
Abbildung 19: Weizenpopulationen in der Ausstellung „Wissensspeicher“ im Rahmen der „documenta“	47

Tabellen

Tabelle 1: Teilnehmende Partnerbetriebe der Backkampagne.....	6
Tabelle 2: Zeitlicher Ablauf der Backkampagnen	7
Tabelle 3: Cluster, Kodierung und Gemeinde für die 9 Biobetriebe und Standorte.....	9
Tabelle 4: Aussaattermin, Reihenabstand, Aussaatdichte und Feldaufgangs- Bonitur pro Weizenherkunft und Betrieb für die Vegetationsperioden 2020/21 und 2021/2.....	11
Tabelle 5: Durchschnittliche Jahrestemperaturen (°C) und Gesamtniederschläge (mm).....	12
Tabelle 6: Nicht-grüne Blattfläche (NGBF %) und Krankheitserregerhäufigkeit für die drei Weizenherkünfte über alle Betriebe in den Jahren 2021 und 2022.....	16
Tabelle 7: Ertragsschätzungen der Landwirte (t/ha) für jede Weizenherkunft und jeden Betrieb in den Jahren 2021 und 2022.....	19
Tabelle 8: Mittlere Korntrträge (t/ha) und die Stabilitätsparameter Umweltvarianz (EV_i) und Ökovalenz (W_2) für die drei Weizenherkünfte	20
Tabelle 9: Ertrag (t/ha), Ähren pro m^2 , TKG (g), Körner pro Ähre und HI (Ernte Index) für alle drei Herkünfte über alle Standorte	21
Tabelle 10: Mehlausbeute.....	23
Tabelle 11: Backqualitätsparameter (NIRS) für Kornfeuchte (%), Proteingehalt und Feuchtklebergehalt (%), Sedimentationswert (ml) und Fallzahl (Sek.) für jede Weizenherkunft pro Betrieb und Versuchsjahr	25
Tabelle 12: Mittlerer Protein- und Feuchtklebergehalt (%), Sedimentationswert (ml) und Fallzahl für die drei Weizenherkünfte (NIRS).....	26
Tabelle 13: Durchschnittliche Backqualitätswerte einschließlich der Stabilitätsparameter Umweltvarianz (EV_i) und Ökovalenz (W_2) für die drei Weizenherkünfte.....	28
Tabelle 14: Varianzrangsumme, mittlere Rangsumme und Rangsummenstandardfehler (SE) der einzelnen Betriebe für jedes Versuchsjahr für Kornfeuchte (%), Kornprotein- und Feuchtklebergehalt (%), Sedimentationswert (ml) und Fallzahl (sek.).....	29
Tabelle 15: Mittlere Kornfeuchte (%), Hektolitergewicht (HLG), Kornprotein- und Feuchtklebergehalt (%), Kleberindex, Sedimentationswert (ml) und Hagberg-Fallzahl für die drei Weizenherkünfte in jeder Versuchssaison	30
Tabelle 16: Kornprotein- und Feuchtklebergehalt (%), Kleberindex, Sedimentationswert (ml) und Hagberg-Fallzahl der endgültigen Mehlmischungen (Mischung aus den Erträgen aller Landwirte)	32
Tabelle 17: Backvolumen aus den Standard-Backversuchen (SB) und den praxisbezogenen Backversuchen (PB).....	33
Tabelle 18: Kategoriensystem der qualitativen Inhaltsanalyse I	37
Tabelle 19: Kategoriensystem der qualitativen Inhaltsanalyse II	38

1. Einführung

Gegenstand des durchgeführten Vorhabens

Im Hinblick auf die Herausforderungen der nachhaltigen Rohstoff-, Energie- und Ernährungssicherung kommt der ökologischen Landwirtschaft eine besondere Rolle zu. Der **Ökolandbau** wirtschaftet besonders ressourcenschonend mit positiven Auswirkungen für Umwelt und Gesellschaft.

Immer stärkere, aber weniger vorhersehbare klimatische Schwankungen und damit einhergehende wachsende biotische und abiotische Belastungen erfordern selbstregulierende und **resiliente Agrarsysteme**, um i) die Nahrungsmittelproduktion zu sichern und wo möglich zu steigern, ii) die biologische Vielfalt zu erhalten und gleichzeitig iii) externe Inputs zu reduzieren. Um stochastischen Effekten zu begegnen, die im ökologischen Anbausystem nicht durch externe Inputs, wie z.B. chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel, bewältigt werden können, haben genetisch heterogene und anpassungsfähige Populationen vermehrt Aufmerksamkeit bekommen – insbesondere in der Forschung.

Trotz nachgewiesener guter Backeigenschaften hatten **heterogene Weizenpopulationen** praktisch noch keinen Eingang in den Nahrungsmittelsektor gefunden. Gegenstand des Vorhabens war deshalb die Evaluation heterogener Weizenpopulationen in der Praxis (Landwirtschaft, Mühle und Bäckerei) und die Verbesserung der Akzeptanz dieser agrarökologischen **Innovation entlang der Wertschöpfungskette**.

Projektziele

BAKWERT war konzeptionell auf die Stärkung der gesamten ökologischen Wertschöpfungskette und die Verbreitung von Innovationen zur ökologischen Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion ausgerichtet.

Mit BAKWERT sollten Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Gestaltung gekoppelter Innovationen („coupled innovations“) geschaffen werden. Am Beispiel heterogener Weizenpopulationen wurde eine gemeinsame Dynamik der Innovation in Landwirtschaft, Verarbeitung und Vermarktung hergestellt. Das Gesamtziel von BAKWERT war es, zur Weiterentwicklung und Verbreitung des innovativen agrarökologischen Züchtungsansatzes heterogener Populationen beizutragen.

Projektablauf

Erstes Arbeitsziel war die **Etablierung und Organisation von drei regionalen ökologischen Wertschöpfungsketten** für den Anbau, die Verarbeitung und Vermarktung heterogener Weizenpopulationen. Diese regionalen Wertschöpfungsketten wurden kontinuierlich mit Ergebnissen aus den Analysen

versorgt, um laufend Anpassungen und Verbesserungen zu ermöglichen und die Optimierung von Prozessen und Produkten sicherzustellen.

Ein wichtiges Arbeitsziel war die **Identifizierung von Anpassungsbedarfen** beim Anbau bzw. der Verarbeitung von heterogenem Weizen. Hierzu wurden die Praxisprozesse eng begleitet und die Erfahrungen dokumentiert. Die laufenden **Datenerhebungen und Analysen** (Feldbonituren, Ernteanalysen, Mahl- und Backtests, etc.) wurden ergänzt durch strukturierte qualitative Datenerhebungen (Interviews, Gruppendiskussionen, etc.).

Die anfänglichen Unsicherheiten in der Praxis gegenüber heterogenem Populationsmaterial konnten durch **strukturierten Erfahrungsaustausch** der Akteure abgebaut werden. Das Projekt hat durch die Erstellung von zahlreichen **Materialien und Veröffentlichungen** (Internetseiten, Fachartikeln, Praxishandbuch, Populationsfilm, kurze Videos, Info-Karten, Instagram, etc.) sowie vielen **Veranstaltungen** (Workshops, Panel-Diskussionen, Vorträge, Feldtage, Online-Treffen, etc.) den kontinuierlichen Transfer der Projektergebnisse in die Praxis erreicht.

Das BAKWERT-Projekt konnte einen **proof-of-concept** liefern und die Hypothese belegen, dass heterogene Weizenpopulationen Umweltunterschiede und -stress puffern und auf lange Sicht stabilere und insgesamt weniger variable Rohstoffe liefern können. Außerdem konnte gezeigt werden, dass dies ohne größere Anpassungen bzw. Schwierigkeiten bei den gewohnten Produktionsprozessen möglich ist.

2. Ausgangssituation: Stand des Wissens

Potenziale heterogener Weizenpopulationen

Europäische Weizensorten verzeichnen einen Rückgang der Reaktionsvielfalt gegenüber aktuellen Umweltbedingungen (Kahiluoto et al., 2019), was zu einer begrenzten Sortenresistenz und Resilienz gegenüber Klimaschwankungen führt. Die positiven Zusammenhänge zwischen Vielfalt, Stabilität und Produktivität fördern derzeit innovative evolutionäre Züchtungsmethoden für Vielfalt auf der Grundlage von heterogenen Populationen (Döring et al., 2011; Murphy et al., 2013). Als Reaktion auf die Notwendigkeit einer ökologischen Intensivierung der Landwirtschaft (Tittonell et al., 2016) hat die EU gemäß der Richtlinie 2014/150/EU den Anbau und die Vermarktung heterogener Getreidepopulationen zeitlich befristet bis 28.02.2021 ermöglicht (EU, 2014, 2018). Für den Ökolandbau ist durch die ab 01.01.2021 in Kraft tretende neue EU Öko-Verordnung eine dauerhafte Zulassung von heterogenem Material bei allen Kulturen möglich.

Heterogene Weizenpopulationen weisen eine höhere Ertragsstabilität im Vergleich zu Liniensorten auf (Döring et al. 2015, Weedon und Finckh, 2018, Simon et al. 2019, Weedon und Finckh, 2019) – ein Hinweis auf erhöhte Pufferkapazität gegenüber variablen Umweltbedingungen (Döring et al. 2011). Dies wird durch on-farm

Untersuchungen von Simon et al. (2019) unterstützt, die zeigen, dass eine heterogene Weizenpopulation unter unterschiedlichen Umweltbedingungen ähnliche Erträge wie die Liniensorte ‚Florian‘ erzielte. Erste Ergebnisse belegen, dass Winterweizenpopulationen mit modernen Qualitätsweizensorten hinsichtlich der Backqualität vergleichbar sind (Brumlop et al., 2017, Weedon et al., 2019, Winkler et al., 2013a). Auch bei Mikronährstoffgehalten (Winkler et al., 2013b) und zur Verträglichkeit bei Verbrauchern mit Glutenunverträglichkeiten (Rahmanian et al., 2014) gibt es erste positive Ergebnisse.

Im ökologischen Anbau wurden über die Jahre unterschiedliche Anpassungen der heterogenen Populationen v.a. in Bezug auf das Wurzelsystem und die Fähigkeit der Nährstoffaufnahme nachgewiesen (Bertholdsson et al., 2016, Vijaya Bhaskar et al., 2019). Dies könnte die gute Backqualität heterogener Weizenpopulationen im Ökolandbau (Brumlop et al., 2017) erklären.

Akzeptanz heterogener Populationen in der Praxis

Um erfolgreich zu sein, dürfen Populationen keine singulären Innovationen auf Ebene der Züchtung und des Anbausystems bleiben. Vielmehr muss für einen Erfolg dieser neuen Technologie die Nutzung in der gesamten Wertschöpfungskette gekoppelt und auf allen Ebenen entwickelt werden (Meynard et al., 2017). Um Faktoren für die Entwicklung und Akzeptanz einer solchen Innovation zu untersuchen, muss die gesamte Kette gezielt angesprochen werden. Verwaltung, Zuchtbetriebe, Beratungsdienste, Landwirte, Händler, Müller, Verarbeitungsunternehmen, Großhändler, Einzelhändler und Verbraucher wurden als relevante Stakeholder identifiziert (Burwitz et al., 2019).

Die Anpassung der Pflanzenproduktion an den Klimawandel ist ein breites und komplexes Thema. Verschiedene Studien haben ergeben, dass Landwirte je nach Standortbedingungen unterschiedliche Strategien anwenden. Die Sortenwahl ist allerdings eine Hauptkomponente, um die Pflanzenproduktion an sich ändernde klimatische Bedingungen anzupassen (Macholdt und Honermeier, 2017). Die Entscheidungsfindung anhand eindeutiger Informationen gestaltet sich jedoch häufig schwierig. Einerseits wünschen Landwirte und Berater, dass bestimmte zusätzliche und relevante Sorteneigenschaften, wie z.B. Ertragsstabilität oder Dürre- und Hitzetoleranz in Pflanzenzuchtprogrammen, Analysesystemen und offiziellen Sortenempfehlungen umgesetzt werden (Macholdt und Honermeier, 2016). Andererseits ist aus Untersuchungen bekannt, dass vorhandene Alternativen in der Praxis häufig nur geringe Anwendung erfahren (Magrini et al., 2018).

Dies liegt nur zum Teil an externen institutionellen Barrieren, sondern auch an mangelnder Akzeptanz bzw. Bekanntheit entlang der Wertschöpfungskette. Obwohl z.B. Müller routinemäßig Getreidechargen mischen, um die gewünschte Qualität für die Bäcker zu erreichen, besteht Skepsis seitens der Müller gegenüber der Homogenität des Erntegutes aus heterogenen Populationen. Folglich waren auch die

Verarbeiter entlang der Wertschöpfungskette bisher nicht mit populationsbasierten Produkten konfrontiert.

Das Bäckerhandwerk zeigt da geringere Vorbehalte. Innovative Rohstoffe bieten die Möglichkeit der Produktdifferenzierung, um sich von Einheitsprodukten der Konkurrenz abzuheben. Für den Verkauf von Backwaren, die aus heterogenen Weizenpopulationen hergestellt wurden, kann bei der Kommunikation sowohl der individuelle (hedonistische) Nutzen als auch der gesellschaftliche Nutzen für den Verbraucher angesprochen werden (Hamm et al., 2016). Einen individuellen Nutzen kann der besondere Geschmack dieser Backwaren darstellen, wie Vindras-Fouillet et al. (2014) mit sensorischen Tests nachweisen konnten. Beispiele für den gesellschaftlichen Nutzen heterogener Weizenpopulationen sind die Förderung von genetischer Vielfalt, der ökologische Nutzen der Resistenz gegenüber Pflanzenkrankheiten, die Anpassungsfähigkeit der Populationen an den Klimawandel und die Unterstützung einer partizipativen Züchtung (Li et al., 2014, Döring et al., 2011).

Einzelne Initiativen von Bäckern stellen bereits einen Bezug zur Getreidezüchtung beim Verkauf von Backwaren her. Das Schweizer Label Bioverita kennzeichnet Sorten, die für den Ökolandbau gezüchtet wurden (Bioverita, 2019). In Zusammenarbeit mit dem Keyserlingk-Institut wird in der Bodenseeregion ein „Saatgut-Brot“ produziert und verkauft. Ein zusätzlicher Erlös kommt dem Regionalsortenprojekt des Keyserlingk-Institut zugute. In diesem Projekt werden gemeinsam mit landwirtschaftlichen Betrieben Regionalsorten für die biologisch-dynamische Landwirtschaft gezüchtet (Keyserlingk-Institut, 2019). Ebenso wurde von den Freien Bäckern e.V. in Aktionswochen ein „Saatgut-Brot“ verkauft, um mit dieser Aktion eine Spende für den Saatgutfond der "Zukunftsstiftung Landwirtschaft" zu finanzieren. Dieser Fond unterstützt verschiedene Züchtungsinitiativen, die Züchtungsarbeit für die Ökologische Landwirtschaft leisten (Zukunftsstiftung Landwirtschaft, 2014).

Förderung von Innovationsprozess und Transfer

Der Transfer von Ergebnissen und Ideen der Agrarforschung in die Praxis wurde in den letzten Jahrzehnten immer wieder kritisch hinterfragt (Van Mele, 2006). Die erfolgreiche Anwendung und Aneignung von Innovationen kann durch die von Wever et al. (2008) vorgeschlagene "nutzerzentrierte Innovation" oder "Ko-Kreation" unterstützt werden. Um die Transferlücke zwischen Wissenschaft und Praxis zu schließen, wurde eine Reihe von Strategien entwickelt. Hauptziel ist dabei, die Kommunikation mit den Praktikern zu verbessern. Partizipatives Lernen ist eine Grundlage dieser Strategie (Van Mele, 2006).

Joseph und Andrew (2008) diskutieren, wie partizipative Methoden die Befähigung von Akteuren (empowerment) fördern und die "Entscheidungsfindung" in die Praxis zurückbringen. In der Forschung wird das partizipative Video als Beispiel für einen *multi-actor* Lernprozess beschrieben und als Lernwerkzeug diskutiert, das die

Akzeptanz landwirtschaftlichen Innovationen und nachhaltigen Technologien verbessern kann (Van Mele, 2006, Chowdbury und Hauser, 2010, Long et al. 2016).

Nach Chowdbury und Hauser (2010) ermöglicht der partizipative Videoansatz die Schaffung eines "sicheren Raums", in dem die Akteure ihre Wahrnehmung einer Innovation zum Ausdruck bringen können. Dadurch wird ein "wechselseitiger Lernprozess" ermöglicht, der die Reflexion für jeden Akteur und zwischen den verschiedenen Wertschöpfungsstufen fördert. Zusätzlich ermöglicht das partizipative Video einer bestimmten Akteursgruppe, eine Innovation zu erklären und zu diskutieren, wodurch die Akzeptanz bei den anderen Akteuren verbessert werden kann.

Während eines Stakeholder-Workshops im November 2018 an der Universität Kassel, Witzenhausen war eines der Haupthindernisse für die Akzeptanz heterogener Populationen durch Landwirte die Skepsis, ob die wissenschaftlichen Ergebnisse auf den Praxisbetrieb übertragen werden können. Ähnliche Aussagen von Praktikern wurden auch von Burwitz et al. (2019) beschrieben. Die Einbeziehung von partizipativen Videos in das BAKWERT-Projekt ermöglicht es den Beteiligten, ihre eigenen Erfahrungen und Meinungen zu heterogenen Weizenpopulationen zu teilen und auszudrücken. Damit wird ein *actor-back-to-actor*-Ansatz gewährleistet (FAO, 2007), der die Akzeptanz heterogener Weizenpopulationen in der gesamten Wertschöpfungskette verbessern soll.

3. Material und Methoden

Der methodische Fokus in BAKWERT lag einerseits auf den Unsicherheiten bezüglich des Einflusses der Heterogenität auf die Verarbeitungsqualität und andererseits auf Aspekten, die eine erfolgreiche Einführung heterogener Weizenpopulationen am Markt unterstützen können. Zwei für ihre agronomische Vorzüglichkeit bekannte Weizenpopulationen – EQuality (vormals OYQII) und Brandex – wurden im Vergleich zu einer Liniensorte (Aristaro) *on-farm* in drei Regionen von insgesamt 10 Landwirten ökologisch angebaut (AP1,3). So konnte eine größtmögliche Breite an Umweltvariation abgebildet und deren Auswirkungen auf die Qualität dargestellt werden. Müller und Bäcker in den Regionen testeten die Rohstoffe in der praktischen Verarbeitung (AP1). Das detaillierte Vorgehen und die Methodik werden in den jeweiligen Abschnitten des Ergebnisteils erläutert.

Die agronomische Leistung über die Standorte wurde von FÖP und LTZ gemeinsam mit den Landwirten bewertet (AP3), während die Qualitätsuntersuchungen zentral im Institut für Getreideverarbeitung GmbH (IGV) in Nuthetal bei Potsdam durchgeführt wurden (AP3). Die Projektpartner wurden qualitativ befragt (AP2). Entlang der Wertschöpfungskette wurden die Partnerlandwirte, -müller und -bäcker (AP4) partizipativ eingebunden und Vermarktungsmaterialien in Absprache mit Bäckern für die Backkampagnen bereitgestellt (AP4,5). Der gesamte Prozess wurde qualitativ

begleitet (AP4) und mit Transfer- und Disseminationsaktivitäten (AP5) komplettiert (**Abbildung 1**).

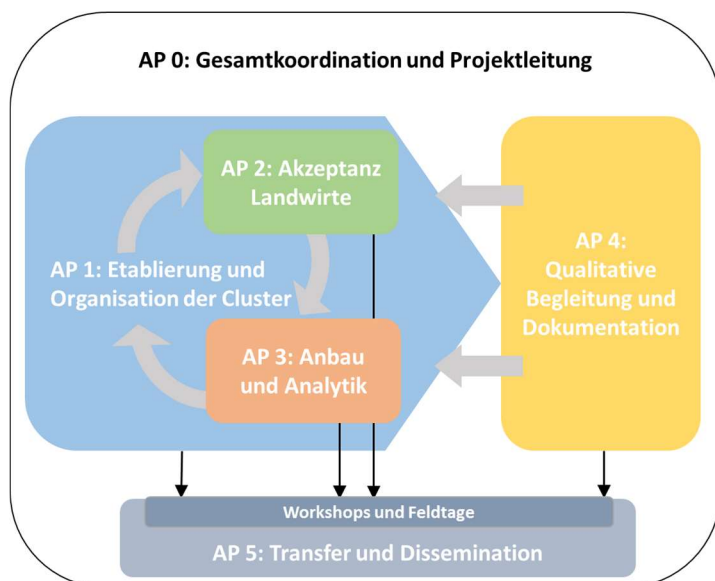


Abbildung 1: Übersichtsschema der BAKWERT-Arbeitspakete

4. Ergebnisse und Diskussion

Backkampagnen 2022 und 2023 (AP1)

Die heterogenen Weizenpopulationen wurden Ende 2021 und 2022 jeweils clusterintern vermahlen und den regionalen Bäckereien nach individueller Absprache in den gewünschten Mengen und Qualitäten (Vollkorn, Auszug 550, Ruchmehl 1030) geliefert. Zwei Backkampagnen mit Mehl aus den heterogenen Populationen wurden unter dem Motto „POP.Kruste“ in 14 Partnerbäckereien (**Tabelle 1**) durchgeführt. Einen exemplarischen Überblick über den Ablauf der Backkampagnen gibt **Tabelle 2**.

Tabelle 1: Teilnehmende Partnerbetriebe der Backkampagne

Betrieb	Standort
Das Backhaus	37130 Klein Lengden
Hennerbrot	37216 Witzhausen
Bäckerei Schill	37297 Berkatal-Frankershausen
Brothof Waake	37136 Waake
Bäckerei Fink	36396 Steinau an der Straße
Lokalbäckerei Brotzeit	82031 Grünwald b. München
Freibäcker Arnd Erbel	91462 Dachsbach
Buck's Backparadies	30855 Langenhagen
Backwerk Demeter-Bäckerei	30173 Hannover
Biobäckerei Meffert	32657 Lemgo
Bäckerei Weber	71364 Winnenden
Vollkornbäckerei Köhler	97084 Würzburg
Königsbäck	70186 Stuttgart
Vollkornbäckerei Berger	72764 Reutlingen

Tabelle 2: Zeitlicher Ablauf der Backkampagne 2022

Zeitpunkt	Task	Beteiligung	Abschluss
Nov 21	Design Marketingmaterial	DFB, BWL, FÖP, LTZ	Dez 21
Dez 21	Druck Infokarten/Poster	FÖP, BWL	Dez 21
Dez 21	Erstellung Info-Video für Backkampagne	DFB, FÖP, BWL	Jan 22
Dez 22	Design/Umsetzung Homepage www.pop-kruste.de	DFB, FÖP, BWL	Jan 22
Jan 22	Versand Marketingmaterial	BWL, FÖP	Jan 22
Jan 22	Logistik/Versand Populationsmehl	FÖP, LTZ	Feb 22
Jan 22	Vorbereitung/Bäckertreffen	DFB, BWL, FÖP, LTZ	
Jan 22	Schulungen Verkaufspersonal	DFB	Feb 22
Feb 22	Start der Backkampagne "POP.Kruste"	DFB, BWL, FÖP, LTZ	Apr 22
Mrz 22	Gruppendiskussion/Feedback der Bäckereien	DFB, BWL, FÖP, LTZ	

Jede Bäckerei konnte frei entscheiden, welche Produkte aus dem Populationsmehl hergestellt werden sollten (**Abbildung 2**). Vorgabe war lediglich, dass das gewählte Produkt bzw. die gewählten Produkte für einen Zeitraum von mindestens 8 Wochen angeboten werden sollte(n). Im Laufe der Backkampagnen stellte sich heraus, dass die Mehlnachfrage im Projekt größer war als das Angebot. Auch konnten wegen der begrenzten Mengen keine weiteren Interessenten außerhalb des Projektes bedient werden.



Abbildung 2: Beispiele von POP.Krusten aus der Backkampagne 2022 – Ciabatta (Köhler, Würzburg) und Walnuss/Schwarzkümmel-Brot (Backwerk, Hannover)

Projektübergreifend wurde einheitliches Infomaterial zu heterogenen Weizenpopulationen für die Bäckereien zur Verfügung gestellt. Die Informationskampagne war mehrstufig konzipiert: i) **Poster** in den Bäckereien haben auf die Aktionsbrote aufmerksam gemacht, ii) beim Kauf einer „POP-Kruste“ wurde dem Produkt eine von zwölf vielfältigen **Infokarten** beigelegt (**Abbildung 3**). Neben zugänglich aufbereiteten Informationen auf den Karten wurde auch ein QR-Code bzw.

Link zur **Homepage** der Backkampagne bereitgestellt (www.pop-kruste.de), iv) die Homepage stellt ein kurzes und „poppiges“ **Erklärvideo** zur Verfügung. Die teilnehmenden Bäckereien waren insgesamt sehr zufrieden mit dem Mehl, mit dem Ablauf wie auch mit dem Erfolg der Kampagne.



Abbildung 3: Beispiel der Vorder- und Rückseite einer der 12 Informationskarten („POP.Karten“) zu den Themen „Natürlichkeit“, „Unabhängigkeit“, „Ertragssicherheit“ und „Handwerk“

Anbauversuche *on-farm* (AP1) und Getreideanalysen (AP3)

Forschungsziele und Versuchsmethodik

Zwei heterogene Winterweizenpopulationen Brandex (FZ Dottenfelderhof) und EQuality (Universität Kassel, OpenSourceSeeds) wurden im Vergleich zur Liniensorte Aristaro (FZ Dottenfelderhof) *on-farm* getestet. Sowohl in der ersten (2020/21) als auch in der zweiten Anbausaison (2021/22) säten neun Biolandwirte jede Weizenherkunft in benachbarten Streifen (min. 0,4 ha/Herkunft) innerhalb desselben Feldes aus (**Tabelle 3**). Ein zehnter Biobetrieb nahm ebenfalls an den beiden Anbausaisons teil, aber aufgrund einer sehr schlechten Ernte in der ersten Saison und unvollständiger Felddaten, die für die zweite Saison zur Verfügung standen, wurde dieser zehnte Betrieb nicht in diese Analysen einbezogen. Das Ziel des Versuchs ist es, sowohl die

agronomische Leistung als auch die Backqualität der beiden heterogenen Populationen im Vergleich zur Referenzsorte Aristaro zu testen.

Tabelle 3: Cluster, Kodierung und Gemeinde für die 9 Biobetriebe und Standorte

	Cluster	Betriebsbezeichnung	Gemeinde
		Betrieb A	Kneitlingen-Eilum
Nord		Betrieb B	Schellerten-Wendhausen
		Betrieb C	Dörentrup
		Betrieb D	Bad Sooden-Allendorf
Mittel		Betrieb E	Etzenborn/Ebergötzen
		Betrieb F	Weikersheim
Süd		Betrieb G	Crailsheim-Beuerlbach
		Betrieb H	Hemmersheim
		Betrieb I	Schrozberg

Die Weizenherkünfte wurden in betriebsüblicher Bewirtschaftung der einzelnen Betriebe angebaut und die Anbaugeschichte einschließlich des Aussaat- und Erntedatums, der Aussaatdichte, der Anbaupraktiken und der zugehörigen Daten wie Reihenabstand, Düngeranwendung und Bodenprobenergebnisse (falls zutreffend) für jeden Betrieb aufgezeichnet. Zusätzlich ermittelten alle Landwirte den Feldaufgang (BBCH 12) (**Tabelle 4**), das Datum des Ährenschiebens (BBCH 50) und den geschätzten Kornertrag nach der Ernte.

Eine Vielzahl zusätzlicher Feldbonituren wurde während der Saison von FÖP und LTZ durchgeführt, darunter die Bonitur von Blattkrankheiten, die Untersuchung des Bodentyps und des N_{\min} -Gehalts zum Zeitpunkt der Blüte, die Pflanzenhöhe sowie Biomasseschnitte für den Kornertrag und die Ertragskomponenten (Tausendkorngewicht (TKG), Ernteindex (HI), Ähren pro m^2 , Körner pro Ähre). Die Blattkrankheitsbonituren wurden einmal pro Betrieb zwischen dem 22.06. und 24.06.2021 (BBCH 72-77) und zwischen dem 13.06. und 15.06.2022 (BBCH 65-75) durchgeführt. Für jeden Betrieb wurde die nicht-grüne Blattfläche (NGBF %) auf einer Fläche von ca. 25 cm Länge entlang der Pflanzenreihe 12 Mal pro Weizenherkunft bonitiert. Zusätzlich wurden pro Betrachtung die am häufigsten auftretenden Blattpathogene notiert. Die Pflanzenhöhe wurde gleichzeitig mit der Bonitur der Blattpathogene gemessen, ebenfalls zwölf Mal je Weizenherkunft und Betrieb. Die Biomasseschnitte wurden am 21. und 22.07.2021 sowie am 13.07. und 15.07.2022 im nördlichen und mittleren Cluster durchgeführt, während die Biomasseschnitte am 26. und 27.07.2021 sowie am 19. und 20.07.2022 im südlichen Cluster abgeschlossen wurden (BBCH 85-90).

Vor den Biomassenschnitten wurden Satellitenbilder der Felder betrachtet, um repräsentative Feldbedingungen für alle drei Weizenherkünfte zu selektieren. Im ersten Versuchsjahr wurden für jede Weizenherkunft in jedem Betrieb im nördlichen und mittleren Cluster sechs Biomassenschnitte ($0,75\text{m}^2$) in Bodennähe durchgeführt, während im südlichen Cluster sechs Biomassenschnitte ($0,6\text{m}^2$) pro Weizenherkunft und Betrieb vorgenommen wurden, was bedeutet, dass insgesamt $4,5\text{m}^2$ (nördliches und mittleres Cluster) und $3,6\text{m}^2$ (südliches Cluster) pro Herkunft und Betrieb geschnitten wurden, um den Kornertrag und die Ertragskomponenten zu berechnen.

In der zweiten Versuchssaison wurden für jede Weizenherkunft sechs Biomassenschnitte ($0,75\text{m}^2$) pro Betrieb im nördlichen und mittleren Cluster durchgeführt, während im südlichen Cluster sechs Biomassenschnitte ($0,67\text{m}^2$) pro Weizenherkunft und Betrieb vorgenommen wurden, was bedeutet, dass insgesamt $4,5\text{m}^2$ (nördliches und mittleres Cluster) und 4m^2 (südliches Cluster) geschnitten wurden. Die Ertragsparameter aus den Biomassenschnitten wurden gegebenenfalls auf 1m^2 extrapoliert (Anzahl der Ähren pro m^2). Jeder Schnittpunkt der Biomassenschnitte wurde in jedem Jahr mit Hilfe der SWMaps App mit GPS-Koordinaten markiert.

Darüber hinaus wurde eine Reihe von Backqualitätsparametern wie Proteingehalt, Sedimentationswert, Hagberg-Fallzahl (HFN), Feuchtklebergehalt und Kleberindex mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) an 9×1 kg Proben pro Weizenherkunft und Betrieb (insgesamt 243 Proben pro Jahr) analysiert, um auf differentielle Varianzen für diese Parameter zu testen. Darüber hinaus wurden chemische Analysen der oben genannten Parameter mit Auszugsmehl T550 sowie Backtests (sowohl Standard- als auch praxisnahe) sowohl mit Vollweizen als auch mit Auszugsmehl (Type 550) an 10 kg Proben pro Weizenherkunft und Betrieb (insgesamt 27 Proben pro Saison) durchgeführt. Alle diese Analysen und Tests wurden vom IGV (Institut für Getreide Verarbeitung GmbH) durchgeführt und vom Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz ausgewertet.

Tabelle 4: Aussaattermin, Reihenabstand, Aussaatdichte und Feldaufgangs- Bonitur pro Weizenherkunft und Betrieb für die Anbaujahre 2020/21 und 2021/2

		Betrieb A	Betrieb B	Betrieb C	Betrieb D	Betrieb E	Betrieb F	Betrieb G	Betrieb H	Betrieb I
2020/21										
Aussaat Datum		13.11.20	10.11.20	30.09.20	25.10.20	11.11.20	18.10.20	20.10.20	28.10.20	13.10.20
Reihenabstand (cm)		12,5	11	25	12,5	25	17	15	14	18,5
Aristaro	Körner/m ²	406	230	240	350	400	380	400	380	380
	Feldaufgang (Pflz./m ²)	-	275	260	346	244	320	372	414	342
Brandex	Körner/m ²	436	237	240	350	400	380	400	380	380
	Feldaufgang (Pflz./m ²)	-	282	210	285	210	366	290	314	334
EQuality	Körner/m ²	416	246	240	350	400	380	400	380	380
	Feldaufgang (Pflz./m ²)	-	253	228	336	209	354	319	354	334
2021/22										
Aussaat Datum		16.11.21	05.11.21	20.10.21	17.10.21	12.11.21	12.11.21	29.10.21	12.11.21	23.10.21
Reihenabstand (cm)		12,5	11	12,5	12,5	25	17	15	14	18,5
Aristaro	Körner/m ²	410	368	420	350	400	380	420	400	380
	Feldaufgang (Pflz./m ²)	307	478	531	403	360	319	260	309	342
Brandex	Körner/m ²	410	286	400	350	400	380	420	400	380
	Feldaufgang (Pflz./m ²)	307	262	456	293	328	304	229	190	342
EQuality	Körner/m ²	410	296	400	350	400	380	420	400	380
	Feldaufgang (Pflz./m ²)	320	267	443	347	336	304	266	266	335

Tabelle 5: Durchschnittliche Jahrestemperaturen (°C) und Gesamtniederschläge (mm) für jeden Betrieb und jede Saison (September bis August). Die langfristigen Durchschnittswerte für Temperatur und Gesamtniederschlag von 1971-2000 und von 1991-2020 wurden für jeden Betrieb mit einbezogen (Januar bis Dezember)

Betrieb	Temperatur (°C)				Niederschlag (mm)			
	2020/2 1	2021/2 2	1971- 2000*	1991- 2020	2020/2 1	2021/2 2	1971- 2000	1991- 2020
Betrieb A	10,3	11,2	9,2	9,9	637	430	560	618
Betrieb B	10,1	11,1	9,2	10,0	660	416	645	631
Betrieb C	10,0	11,0	9,5	10,1	719	435	738	734
Betrieb D	9,5	10,7	8,9	9,5	581	364	660	595
Betrieb E	9,4	10,5	8,8	9,4	611	408	630	624
Betrieb F	9,4	11,5	9,3	10,2	664	537	656	649
Betrieb G	9,0	10,4	8,2	9,2	893	687	814	783
Betrieb H	9,1	10,5	9,6	10,4	701	408	602	610
Betrieb I	9,4	10,8	8,4	9,3	885	624	679	672
MW	9,6	10,9	9,0	9,8	706	479	665	657

*Langfristige Durchschnittswerte wurden vom Deutschen Wetter Dienst (www.dwd.de) für die folgenden Stationen zur Verfügung gestellt: Betrieb A - Braunschweig, Betrieb B - Hannover, Betrieb C - Hameln-Hastenbeck, Betrieb D - Eschwege, Betrieb E - Göttingen, Betrieb F - Lauda-Königshofen, Betrieb G - Crailsheim, Betrieb H - Würzburg, Betrieb I - Rothenburg ob der Tauber.

Die wärmsten durchschnittlichen Temperaturen während der Saison 2020/21 wurden im nördlichen Cluster auf den Betrieben A (10,3°C), B (10,1°C) und C (10,0°C) festgestellt. In der zweiten Versuchssaison wurden die wärmsten Durchschnittstemperaturen ebenfalls auf diesen drei Betrieben im nördlichen Cluster festgestellt (11,2°C, 11,1°C bzw. 11,0°C) (**Tabelle 5**). Betrieb G verzeichnete die niedrigste Durchschnittstemperatur sowohl in der ersten (9,0°C) als auch in der zweiten Saison (10,4°C). Allerdings lag die Durchschnittstemperatur in der Saison 2021/22 um 1,3°C höher als in der vorangegangenen Saison 2020/21 und um 1,1°C

höher als der langfristige Durchschnitt (1991-2020). Zusätzlich zu den wärmeren Temperaturen in der Saison 2021/22 war es mit 227 mm weniger Regen im Vergleich zur ersten Versuchssaison auch deutlich trockener (**Tabelle 5**).

Agronomische Leistung

Das Auftreten von Blattkrankheiten wurde in beiden Versuchsperioden kurz nach der Blüte visuell als nicht grüne Blattfläche (NGBF%) pro Herkunft und Betrieb erfasst. Der Vergleich der drei Weizenherkünfte hinsichtlich des Auftretens von Blattkrankheiten wurde aufgrund des unterschiedlichen Krankheitsdrucks für jede Versuchssaison separat durchgeführt und die NGBF-Prozentsätze für die Analyse transformiert, indem sie durch 100 geteilt wurden, um Werte zwischen 0 und 1 zu gewährleisten. Anschließend wurde ein generalisiertes lineares gemischtes Effektsmodell mit einer Beta-Regressionsverteilung durchgeführt, um die Unterschiede zwischen den Weizenherkünften zu analysieren.

Da es im Versuchsplan keine randomisierten Wiederholungen für jede Weizenherkunft pro Betrieb gab, wird das für die Analysen verwendete Modell wie folgt beschrieben: $NGBF \sim \text{Herkunft} + \text{Betrieb} + (1|\text{Betrieb:Sorte})$, wobei sowohl die Weizenherkunft als auch der Betrieb als additive Haupteffekte und die Interaktion zwischen Herkunft und Betrieb als zufälliger Effekt enthalten sind. Die wichtigsten Krankheitserreger wurden auch während der Bonitur der Blattkrankheiten identifiziert und die Häufigkeit der Pathogene für DTR oder Septoria Blattdürre, Gelbrost, Getreidekäfer und Mehltau konnte daher pro Bonitur und Betrieb bewertet werden. Aufgrund des großen Anteils von Nullwerten im Datensatz zur Pathogenhäufigkeit wurde für die statistische Analyse ein generalisiertes lineares Modell mit Nullwerten, einer Gauß-Verteilung und einer "Identitäts" Link-Funktion verwendet. Das Modell umfasste die additiven Haupteffekte von Herkunft, Betrieb und Pathogen sowie die Interaktion zwischen Pathogen und Herkunft und Pathogen und Betrieb sowie die Interaktion zwischen Betrieb und Herkunft als zufälligen Effekt aufgrund des Mangels an echten Replikaten (Modell: $\text{Pathogenhäufigkeit} \sim \text{Herkunft} + \text{Betrieb} + \text{Pathogen} + \text{Pathogen} * \text{Herkunft} + \text{Pathogen} * \text{Betrieb} + (1|\text{Betrieb:Herkunft})$).

Sowohl in 2020/21 als auch in 2021/22 waren die häufigsten Krankheitserreger, die über alle Standorte hinweg gefunden wurden, Drechslera tritici-repentis und Septoria sp., gefolgt von Gelbrost (Puccinia striiformis) (**Abbildung 4**, **Abbildung 5**). Im Jahr 2021 wurde im südlichen Cluster (Betrieb F-I) kein Gelbrost gefunden und Mehltau (Blumeria graminis) wurde nur minimal in den Betrieben C, D und E gefunden (**Abbildung 4**). Im Jahr 2022 wurde Gelbrost ebenfalls hauptsächlich in den nördlichen und mittleren Clustern gefunden, aber auch in den Betrieben G, H und I im südlichen Cluster. Aufgrund der trockenen Bedingungen im Jahr 2022 wurde im

Vergleich zur vorherigen Saison weniger Mehltau gefunden und nur in den Betrieben E und H nachgewiesen (**Abbildung 5**). Der Getreidehähnchenkäfer (*Oulema sp.*) wurde in beiden Saisons an den meisten Standorten gefunden, sein Einfluss auf den Ertrag ist jedoch zu vernachlässigen.

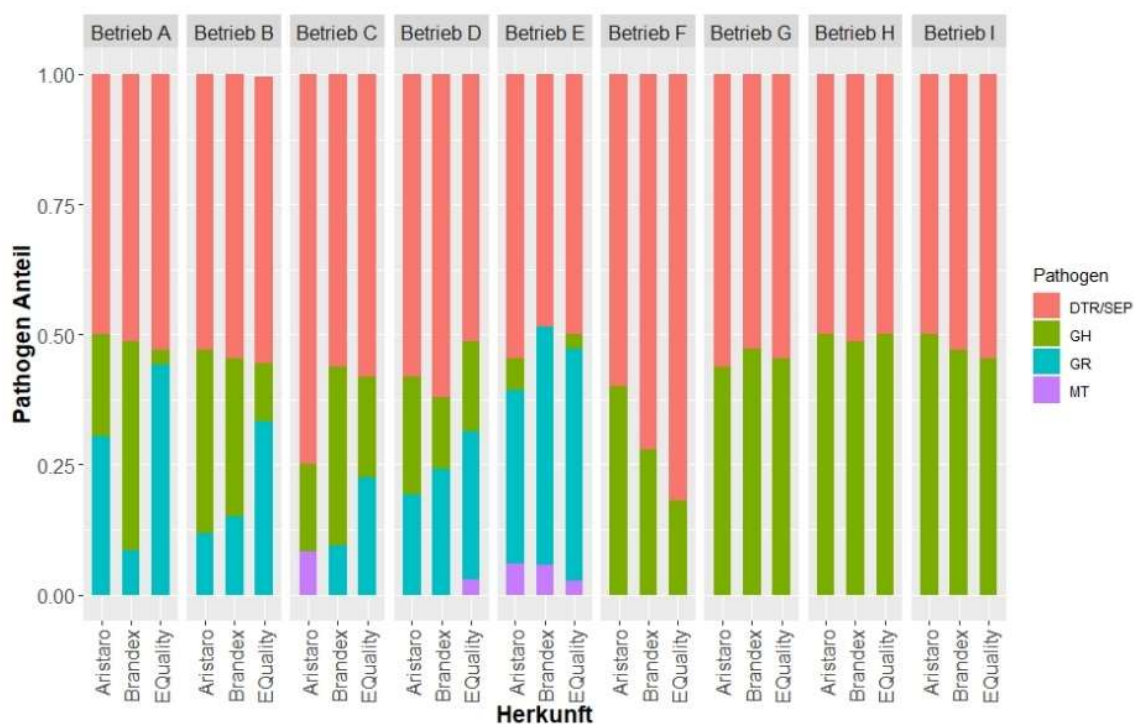


Abbildung 4: Frequenz der Blattkrankheitserreger für jede Herkunft und jeden Betrieb in der Anbausaison 2020/21. DTR/SEP - *Drechslera tritici-repentis/Septoria sp.*, GH - Getreidehähnchen (*Oulema sp.*), GR - Gelbrost (*Puccinia striiformis*) und MT - Mehltau (*Blumeria graminis*)

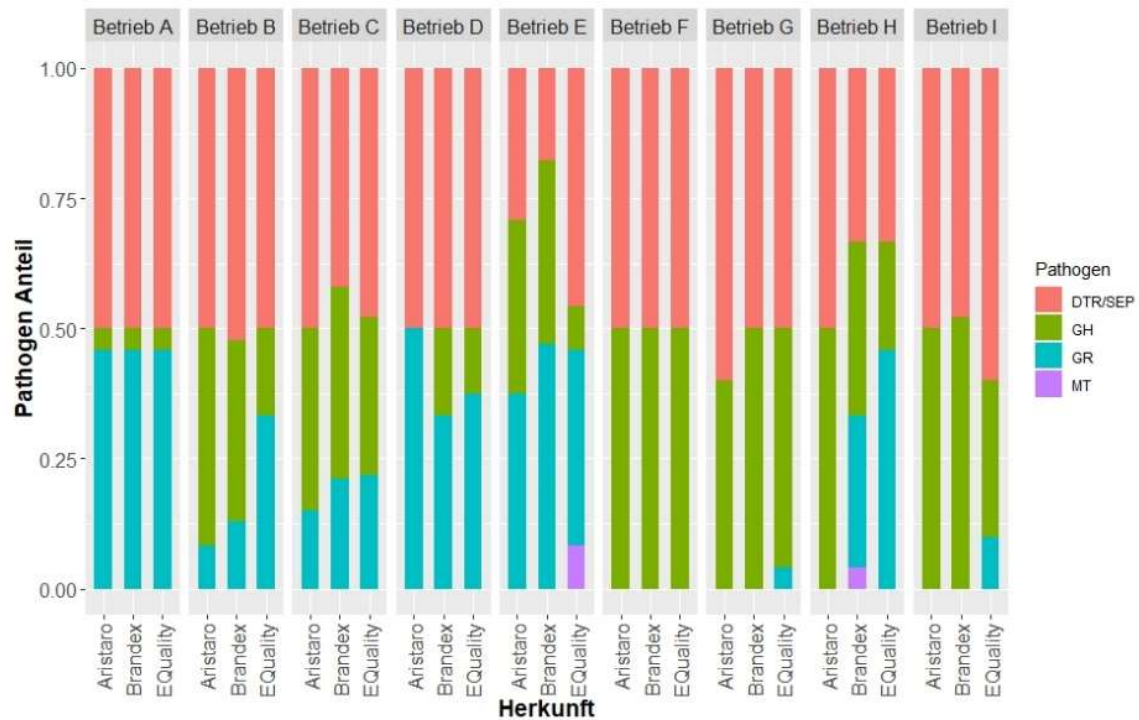


Abbildung 5: Frequenz der Blattkrankheitserreger für jede Herkunft und jeden Betrieb in der Anbausaison 2021/22. DTR/SEP - *Drechslera tritici-repentis/Septoria sp.*, GH - *Getreidehähnchen (Oulema sp.)*, GR - *Gelbrost (Puccinia striiformis)* und MT - *Mehltau (Blumeria graminis)*

Generell war der Krankheitsdruck über alle Standorte hinweg und in beiden Jahren gering (**Tabelle 6**). In 2021, zeigte die Population Brandex (MW 8%) im Vergleich zu Aristaro (MW 11%) und EQuality (MW 13%) einen niedrigeren Krankheitsbefall ($F_2=59.5$, $p\text{-Wert}<0.001$). Im Jahr 2022 war der Krankheitsdruck generell geringer als in der vorangegangenen Anbausaison (7 bzw. 11%), wobei die Sorte Aristaro (6%) im Vergleich zu Brandex und EQuality (7%) die niedrigsten NGBF-Werte aufwies (**Tabelle 6**). Die Erregerhäufigkeiten für DTR/SEP und MT waren bei allen drei Weizenherkünften in beiden Anbaujahren ähnlich, während EQuality in beiden Anbaujahren tendenziell geringere Häufigkeiten von Getreidehähnchen aufwies, dafür aber höhere Häufigkeiten von Gelbrost, was im Jahr 2021 signifikant war (**Tabelle 6**). Die höhere Häufigkeit von Gelbrost lässt sich durch die vielfältigere und ältere elterliche Genetik (1934-2000) der EQuality-Population und ihre unterschiedlichen Resistenzen erklären, wie von Weedon und Finckh (2021) diskutiert, sowie durch den Zusammenbruch älterer Resistenzen aufgrund des Auftretens neuerer Rostrassen in Europa seit 2011 (Hovmøller et al., 2016). Sowohl Aristaro als auch Brandex haben den Vorteil einer moderneren Eltern-genetik und weisen eine gute Resistenz gegen Blattkrankheiten auf.

Tabelle 6: Nicht-grüne Blattfläche (NGBF %) und Krankheitserregerhäufigkeit für die drei Weizenherkünfte über alle Betriebe in den Jahren 2021 und 2022. Die Mittelwerte (MW) sind ebenfalls angegeben. DTR/SEP - Drechslera tritici-repentis/Septoria sp., GH - Getreidehähnchen (Oulema sp.), GR - Gelbrost (Puccinia striiformis) und MT - Mehltau (Blumeria graminis). Unterschiedliche Großbuchstaben weisen auf signifikante Unterschiede der mittleren Erregerhäufigkeiten pro Saison hin und kleine Buchstaben auf signifikante Unterschiede zwischen den Weizenherkünften sowohl für NGBF (%) als auch für Erregerhäufigkeiten innerhalb eines Erregers (adjustierte Mittelwerte und Tukey-Test, $p < 0,05$)

Herkunft	NGBF (%)		Pathogen Anteil							
	2021	2022	2021				2022			
			DTR/SEP	GH	GR	MT	DTR/SEP	GH	GR	MT
Aristaro	11 b	6 a	0,56	0,32 b	0,11 a	0,01	0,49	0,36 b	0,21	0,00
Brandex	8 a	7 b	0,56	0,32 b	0,11 a	0,01	0,44	0,35 b	0,21	0,00
EQuality	13 c	7 b	0,56	0,24 a	0,19 b	0,02	0,49	0,24 a	0,26	0,01
MW	11	7	0,46 D	0,29 C	0,14 B	0,01 A	0,47 D	0,32 C	0,23 B	0,00 A

Um die Unterschiede zwischen den Weizenherkünften bei den agronomischen Parametern wie Kornertrag und anderen Parametern wie Ährenanzahl pro m², Ernteindex (HI), TKG (g) und Körneranzahl pro Ähre zu untersuchen, wurden Modelle mit linearen gemischten Effekten oder generalisierten linearen gemischten Effekten mit entweder Beta-Regression (für den Ernteindex) oder Poisson-Verteilung (für Zählraten) verwendet. Die Modelle enthielten die Herkunft, den Betrieb und das Jahr als additive Haupteffekte und die Wechselwirkungen zwischen Jahr und Betrieb sowie Jahr, Betrieb und Herkunft als zufällige Effekte.

Im Jahr 2021 reichten die Kornerträge (geschätzt aus den Biomasseschnitten) von 4,4t/ha bei Aristaro bis 5,1t/ha bei EQuality, wobei sowohl Brandex als auch EQuality signifikant höhere Erträge als Aristaro erzielten ($F_2=7,44$, $p < 0,01$) (Tabelle 6). Signifikante Unterschiede wurden auch beim mittleren Kornertrag der Weizenherkünfte über alle 9 Betriebe hinweg festgestellt ($F_8=5,53$, $p\text{-Wert} < 0,05$), wobei die Erträge von 3,2t/ha (Betrieb F) bis 6,0t/ha (Betrieb B) reichten (**Abbildung 6, Tabelle 9**). Im Jahr 2022 erzielten sowohl Brandex (6,3t/ha) als auch EQuality (6,5t/ha) erneut deutlich höhere Erträge als Aristaro (5,8t/ha), wobei die mittleren Erträge im Jahr 2022 (6,2t/ha) trotz der trockenen und warmen Bedingungen deutlich höher waren als 2021 (4,8t/ha) ($F_1=23,0$, $p < 0,01$). Die Durchschnittserträge aller drei Herkünfte pro Betrieb reichten 2022 von 4,6t/ha (Betrieb F) bis 7,4t/ha (Betrieb B). Der niedrigste mittlere Ertrag für alle drei Weizenherkünfte über beide Vegetationsperioden hinweg wurde auf Betrieb F (3,9t/ha) festgestellt, der höchste auf Betrieb B (6,7t/ha) (**Abbildung 6, Tabelle 9**). In beiden Versuchsperioden erzielten EQuality (5,8t/ha) und Brandex (5,6t/ha) deutlich höhere Erträge als Aristaro (5,1t/ha) (**Tabelle 7**).

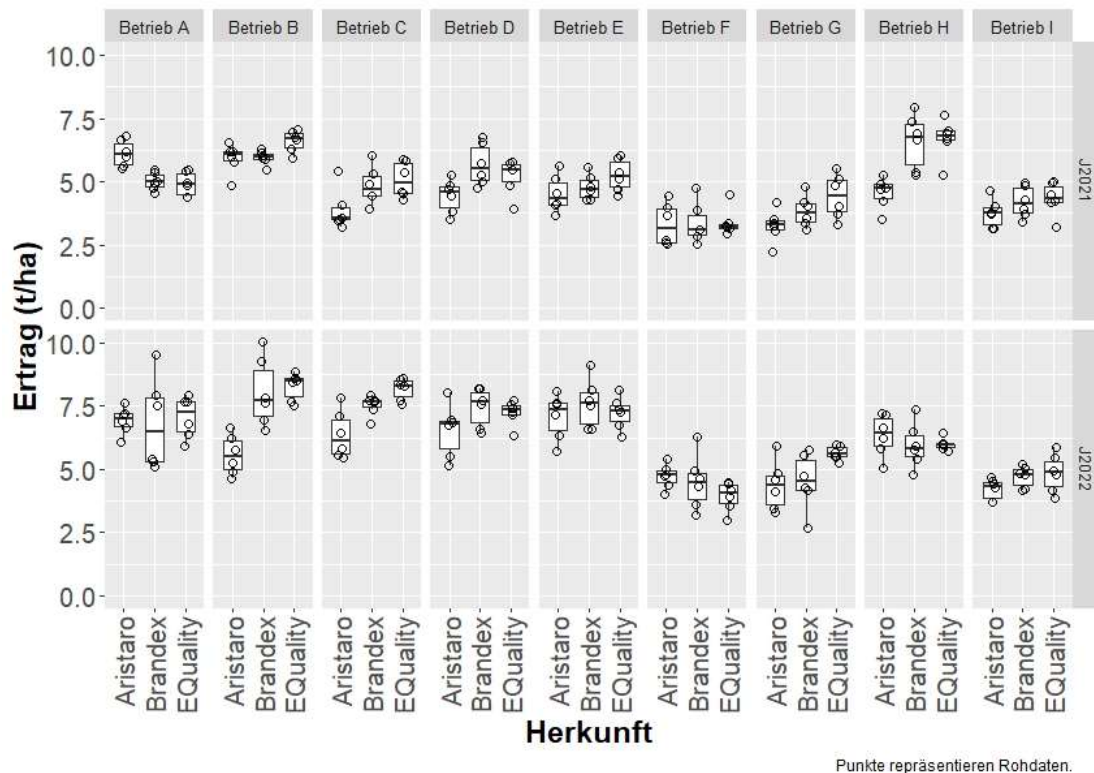


Abbildung 6: Ertrag (t/ha) für jede Weizenherkunft pro Standort des Betriebs sowohl für die Saison 2020/21 als auch für die Saison 2021/22

Betrachtet man die "which-won-where view" des GGE biplot (Yan, 2014), so erzielte die Population EQuality in 12 der 18 Umwelten (9 Betriebe*2 Jahre) die höchsten Erträge, gefolgt von Aristaro (Betrieb A in 2021, Betriebe F und H in 2022) und Brandex (Betrieb D in 2021 und Betriebe D und E in 2022) mit jeweils 3 Umwelten (**Abbildung 7**). Die "which-won-where view" des GGE-Biplots zeigt eine geringe Ertragsvariation zwischen den drei Weizenherkünften für Betrieb F im Jahr 2021, Betrieb I sowohl im Jahr 2021 als auch im Jahr 2022 und den Betrieben A und H im Jahr 2022 aufgrund ihrer unmittelbaren Nähe zum Ursprung des Biplots (**Abbildung 6, Abbildung 7**). Umwelten, die in der Nähe der Grenzen der Ertragssektoren gefunden wurden (zwischen den Herkünften durch die blau gestrichelte Linie gekennzeichnet), zeigen an, welche Herkünfte in einer bestimmten Umwelt ähnlich abschnitten. Sowohl Brandex als auch EQuality schnitten in Bezug auf den Ertrag in den Umwelten des Betriebs H im Jahr 2021, des Betriebs I sowohl 2021 als auch 2022 und des Betriebs D im Jahr 2022 ähnlich ab, während sich der Betrieb F im Jahr 2022 sowohl für Aristaro als auch für Brandex als ähnlich vorteilhaft erwies, wobei sowohl Aristaro als auch EQuality im Jahr 2022 auf Betrieb A ähnlich abschnitten (**Abbildung 6, Abbildung 7**).

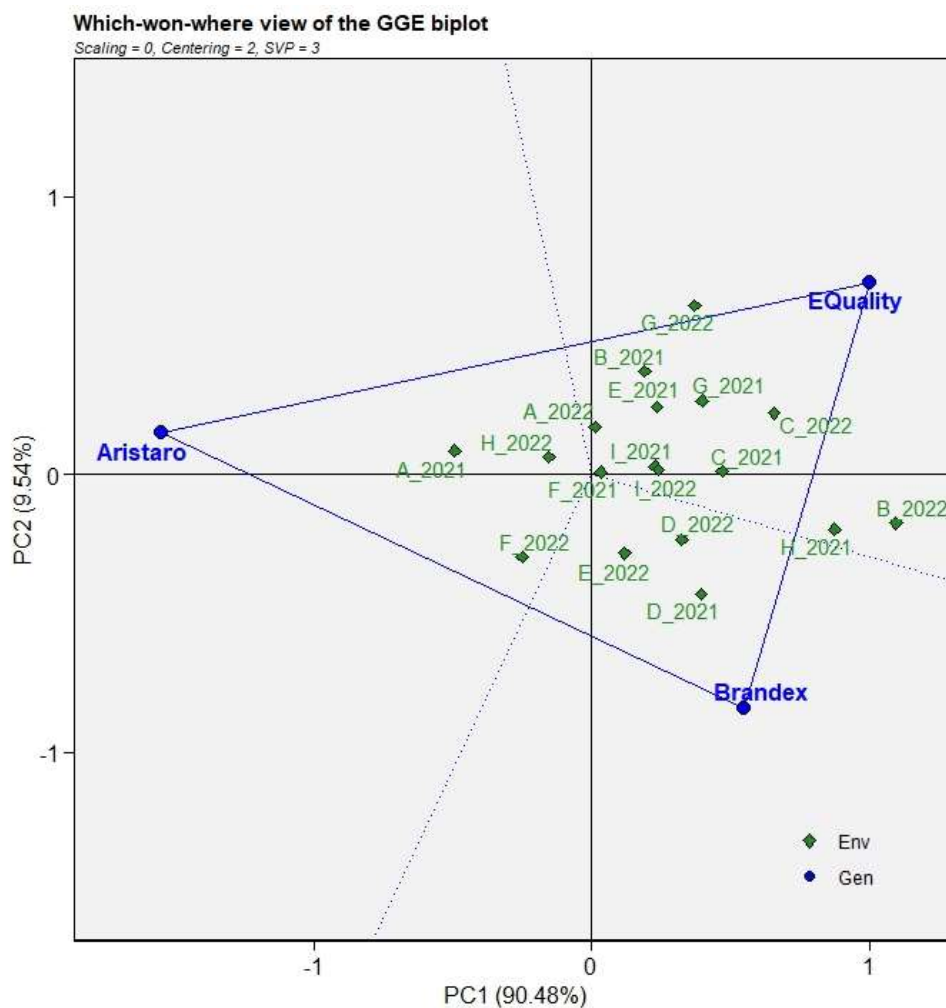


Abbildung 7: "Which-won-where View" des GGE-Biplots zeigt den am besten geeigneten Genotyp pro Umwelt (Betrieb_Jahr, A_2021 = Betrieb A im Jahr 2021) sowohl für die Saison 2020/21 als auch 2021/22. Die blau gestrichelten Linien zeigen die Ertragssektoren für die Weizenherkünfte an

Die Schätzung der Kornerträge durch die Landwirte war zwar im Allgemeinen niedriger (2021: 20% und 2022: 15%) als die Schätzung der von Hand geernteten Kornerträge aus den Biomasseschnitten, folgte aber in beiden Versuchssaisons einem ähnlichen Muster mit einer signifikanten positiven Korrelation auf der Grundlage von Spearman's $\rho=0,69$, was darauf hindeutet, dass die Handernte die auf dem Betrieb erzielten Erträge gut repräsentiert. Im Jahr 2021 war der Kornertrag von Brandex nach Schätzungen der Landwirte tendenziell höher (3,8t/ha) als der von EQuality (3,6t/ha) und Aristaro (3,5t/ha), während im Jahr 2022 EQuality einen höheren Ertrag (5,4t/ha) erzielte, gefolgt von Aristaro (5,2t/ha) und Brandex (5,1t/ha) (**Tabelle 7**). Die Betriebe F und G erzielten in beiden Saisons den niedrigsten Gesamtertrag, wobei Betrieb C nach den Ertragsschätzungen der Landwirte einen ähnlich niedrigen Gesamtertrag in 2021/22 erzielte.

Tabelle 7: Ertragsschätzungen der Landwirte (t/ha) für jede Weizenherkunft und jeden Betrieb in den Jahren 2021 und 2022

Betrieb	2020/21			2021/22		
	Aristaro	Brandex	EQuality	Aristaro	Brandex	EQuality
Betrieb A	4,6	4,1	4,3	5,2	5,4	5,3
Betrieb B	3,8	4,4	4,3	5,2	4,9	4,8
Betrieb C	2,9	3,8	3,2	3,1	4,3	5,7
Betrieb D	3,6	4,4	3,7	7,0	6,3	6,6
Betrieb E	4,3	4,7	4,3	5,3	5,3	5,7
Betrieb F	3,0	3,2	3,2	4,9	4,5	3,9
Betrieb G	3,1	3,2	3,5	4,1	4,2	4,8
Betrieb H	3,8	4,9	4,3	6,8	5,7	7,1
Betrieb I	3,7	3,7	3,7	5,2	5,0	5,0
MW	3,5	3,8	3,6	5,2	5,1	5,4

Unter Verwendung der 18 Umwelten (9 Betriebe*2 Jahre) für die Analysen der Ertragsstabilität unter Verwendung der Stabilitätsparameter Umweltvarianz (EV_i) (Roemer, 1917) und Ökovalenz (W_2) (Wricke, 1962) zeigte die Sorte Aristaro eine überlegene Stabilität für EV_i (statische Stabilität), während die Population Brandex, gefolgt von EQuality, eine größere Stabilität auf der Grundlage des dynamischen Stabilitätsmaßes der Ökovalenz zeigte (**Tabelle 8**). Der niedrigste Wert für den Stabilitätsparameter Umweltvarianz in beiden Anbaujahren getrennt (9 Umwelten pro Saison) und insgesamt (18 Umwelten) deutet darauf hin, dass Aristaro über alle Umwelten hinweg zu ähnlichen Erträgen neigt (geringe Ertragsvariation im Vergleich zum Durchschnittsertrag von Aristaro über alle Umwelten hinweg). Die Populationen Brandex und EQuality zeigten eine größere Stabilität auf der Grundlage des dynamischen Stabilitätsmaßes (W_2), was bedeutet, dass die Populationen eine geringe Ertragsvariation im Vergleich zum mittleren Standortertrag (mittlerer Ertrag aller drei Sorten für jede Umwelt) aufweisen. Dies deutet darauf hin, dass die Populationen ähnliche Erträge liefern wie das Ertragspotenzial einer Umwelt (unter Berücksichtigung aller Weizenherkünfte einer bestimmten Umwelt) und deutet somit auf eine Ertragsanpassung an unterschiedliche Umwelten hin, die insbesondere in ertragreicheren Umwelten von Vorteil ist.

Tabelle 8: Mittlere Kornerträge (t/ha) und die Stabilitätsparameter Umweltvarianz (EV_i) und Ökovalenz (W_2) für die drei Weizenherkünfte für die einzelnen Versuchsjahre (9 Umwelten pro Jahr) und über beide Versuchsjahre (18 Umwelten). Der stabilste Genotyp für jeden Parameter ist in Fettdruck markiert. Zusätzlich sind die mittleren Kornerträge (t/ha) der Backqualitätssorten (E-Sorten) aus den ökologisch bewirtschafteten LSV-Versuchen für Niedersachsen (Lehmstandorte Hilligsfeld und Wiebrechtshausen und Moorstandort Schoonorth), Hessen (Lehmstandorte Alsfeld, Frankenhausen und Gladbacherhof) und Baden Württemberg (alle Standorte) zum Vergleich aufgeführt. Kleine Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Weizenherkünften für den Kornertrag innerhalb jeder Saison oder Periode (adjustierte Mittelwerte und Tukey-Test, $p < 0,05$)

	2020/21			2021/22			2020-2022		
	Ertrag (t/ha)	EV_i	W^2	Ertrag (t/ha)	EV_i	W^2	Ertrag (t/ha)	EV_i	W^2
Aristaro	4,4 a	1,06	2,7	5,8 a	1,23	3,3	5,1 a	1,58	6,0
Brandex	4,9 b	1,07	0,9	6,3 b	2,11	0,8	5,6 b	2,04	1,7
EQuality	5,1 b	1,10	1,0	6,5 b	2,22	1,9	5,8 b	2,07	2,9
Niedersachsen	4,2			5,2			4,7		
Hessen	4,9			6,4			5,7		
Baden-Württemberg	4,8			5,2			5,0		

Die Kornerträge der drei Weizenherkünfte, insbesondere der Populationen Brandex und EQuality, waren ähnlich hoch wie die mittleren Kornerträge der Backqualitätssorten (E-Sorten) in den ökologisch bewirtschafteten LSV-Versuchen in Niedersachsen, Hessen (Mücke and Graß, 2022) und Baden-Württemberg (Schwittek et al., 2022) (**Tabelle 8**). Sowohl in der Saison 2021/22 als auch über beide Saisons (2020-2022) waren die Kornerträge der Populationen höher als die mittleren Erträge der LSV-Versuche in Niedersachsen und Baden-Württemberg, was auf das gute Ertragspotenzial der Populationen im Vergleich zu anderen E-Sorten hinweist.

Bei den anderen Ertragsparametern wies die Population Brandex eine größere Anzahl von Körnern pro Ähre und ein signifikant höheres TKG in jeder Saison und über beide Saisons hinweg auf (**Tabelle 9**). Der Ernteindex war bei beiden Populationen tendenziell ähnlich, aber bei der Sorte Aristaro signifikant niedriger. Sowohl Aristaro als auch EQuality tendierten zu einer höheren Ährenzahl pro m^2 , die in jeder Saison und über beide Saisons hinweg signifikant höher war als bei der Population Brandex (**Tabelle 9**).

Die unterschiedlichen Eigenschaftsprofile für die drei Weizenherkünfte in beiden Wachstumsperioden konnten durch den GT Biplot (Genotype-by-Trait Biplot) weiter visualisiert werden, wobei die Eigenschaften TKG und Anzahl Körner pro Ähre innerhalb des Biplots näher bei Brandex angesiedelt waren (**Abbildung 8**). Der Ertrag lag näher an EQuality, was auf das höhere Ertragspotenzial dieser Population

hinweist, gefolgt von der Population Brandex. Der HI-Wert wurde in der Nähe („akuter Winkel“) zu Brandex und E-Quality gefunden, was darauf hindeutet, dass höhere HI-Werte mit diesen beiden Herkünften assoziiert wurden, nicht aber mit Aristaro. EQuality hatte die höchste Ährenanzahl pro m² im Vergleich zu den anderen beiden Herkünften (447), was sich im GT-Biplot durch den akuten Winkel zwischen dieser Eigenschaft und EQuality zeigte. Aristaro, der ebenfalls einen akuten Winkel zur Ährenanzahl pro m² aufwies, erreichte 428 Ähren pro m², gefolgt von Brandex (375) (**Abbildung 8**). Bei den beschriebenen Parametern wurden ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den 9 Betrieben festgestellt (**Tabelle 9**).

Tabelle 9: Ertrag (t/ha), Ähren pro m², TKG (g), Körner pro Ähre und HI (Ernte Index) für alle drei Herkünfte über alle Standorte und der kombinierte Mittelwert aller Herkünfte für jeden Standort. Unterschiedliche Großbuchstaben weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Anbausaisonen für jeden agronomischen Parameter hin. Unterschiedliche Kleinbuchstaben weisen auf signifikante Unterschiede entweder zwischen den einzelnen Herkünften über alle Standorte oder zwischen den kombinierten Mittelwerten der Herkünfte pro Betrieb für jeden Parameter in jeder Saison und über beide Saisons hin (adjustierte Mittelwerte und Tukey-Test, p<0,05)

	2020/21					2021/22					2020-2022				
	Yield (t/ha)	Ähren/m ²	TKG (g)	Körner/Ähre	HI	Yield (t/ha)	Ähren/m ²	TKG (g)	Körner/Ähre	HI	Yield (t/ha)	Ähren/m ²	TKG (g)	Körner/Ähre	HI
Aristaro	4,4 a	446 b	37,0 a	28	0,35 a	5,8 a	409 b	47,7 a	31	0,40 a	5,1 a	428 b	42,3 a	30	0,37 a
Brandex	4,9 b	394 a	40,9 c	30	0,37 b	6,3 b	357 a	51,6 c	33	0,42 b	5,6 b	375 a	46,2 c	31	0,40 b
EQuality	5,1 b	466 b	38,7 b	28	0,37 b	6,5 b	428 b	49,4 b	30	0,42 b	5,8 b	447 b	44,0 b	30	0,39 b
Betrieb A	5,5 ab	472 cd	39,6	29	0,39 de	6,8 ab	435 cd	50,3	32	0,44 de	6,2 ab	453 cd	45,0	31	0,41 de
Betrieb B	6,0 b	484 cd	40,4	30	0,39 de	7,4 b	446 cd	51,1	33	0,43 de	6,7 b	465 cd	45,8	32	0,41 de
Betrieb C	5,3 ab	415 abc	40,7	31	0,38 cde	6,7 ab	377 abc	51,4	34	0,43 cde	6,0 ab	396 abc	46,0	33	0,40 cde
Betrieb D	5,4 ab	538 d	35,7	27	0,33 a	6,8 ab	501 d	46,5	30	0,38 a	6,1 ab	519 d	41,1	29	0,35 a
Betrieb E	5,4 ab	376 a	42,0	35	0,40 e	6,8 ab	338 a	52,8	38	0,45 e	6,1 ab	357 a	47,4	36	0,42 e
Betrieb F	3,2 a	363 a	39,5	26	0,35 abc	4,6 a	325 a	50,2	29	0,40 abc	3,9 a	344 a	44,8	27	0,38 abc
Betrieb G	3,7 ab	382 abc	38,5	28	0,35 ab	5,1 ab	344 ab	49,2	31	0,39 ab	4,4 ab	363 ab	43,9	30	0,37 ab
Betrieb H	5,3 ab	465 bcd	38,0	27	0,36 bcd	6,7 ab	427 bcd	48,7	30	0,41 bcd	6,0 ab	446 bcd	43,3	29	0,39 bcd
Betrieb I	3,7 ab	424 abc	35,1	25	0,35 ab	5,0 ab	387 abc	45,8	28	0,39 ab	4,4 ab	406 abc	40,5	26	0,37 ab
MW	4,8 A	435 B	38,8 A	29	0,37 A	6,2 B	398 A	49,6 B	32	0,41 B					

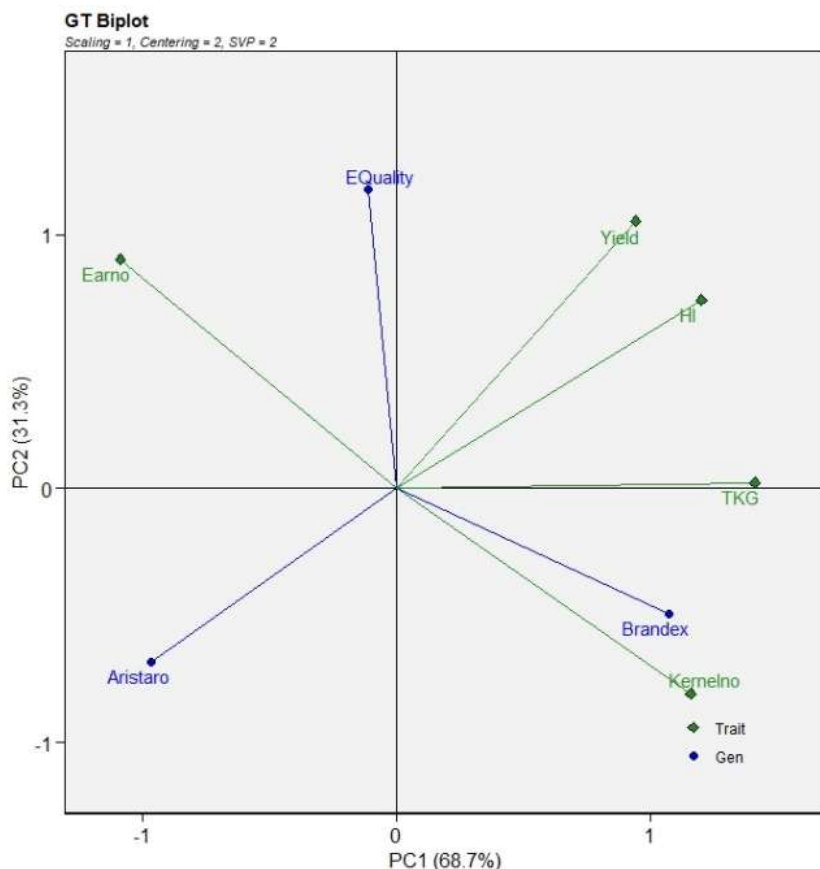


Abbildung 8: Der Genotype-by-Trait Biplot (GT Biplot) für Ertrag und Ertragsparameter über beide Anbaujahre (2020-2022). Die Genotypen sind in blau und die Ertragsparameter in grün markiert. Die Abkürzungen lauten HI - Ernte Index, TKG - Tausendkorngewicht, Yield - Ertrag, Earno - Ähren pro m², Kernelno - Körner pro Ähre

Die mittlere Pflanzenhöhe aller drei Herkünfte war in beiden Anbausaisons mit 119 cm im Jahr 2021 und 117 cm im Jahr 2022 ähnlich ($F_1=0,61$, $p\text{-Wert}=0,46$). In beiden Anbausaisons war die Sorte Aristaro signifikant höher als die Population EQuality ($F_2=7,67$, $p\text{-Wert}=0,002$) (**Abbildung 9**), wobei die kürzeste mittlere Pflanzenhöhe aller drei Herkünfte im Betrieb F (2021: 109cm und 2022: 106cm) und die höchste im Betrieb D (2021: 132cm und 2022: 129cm) gefunden wurde.

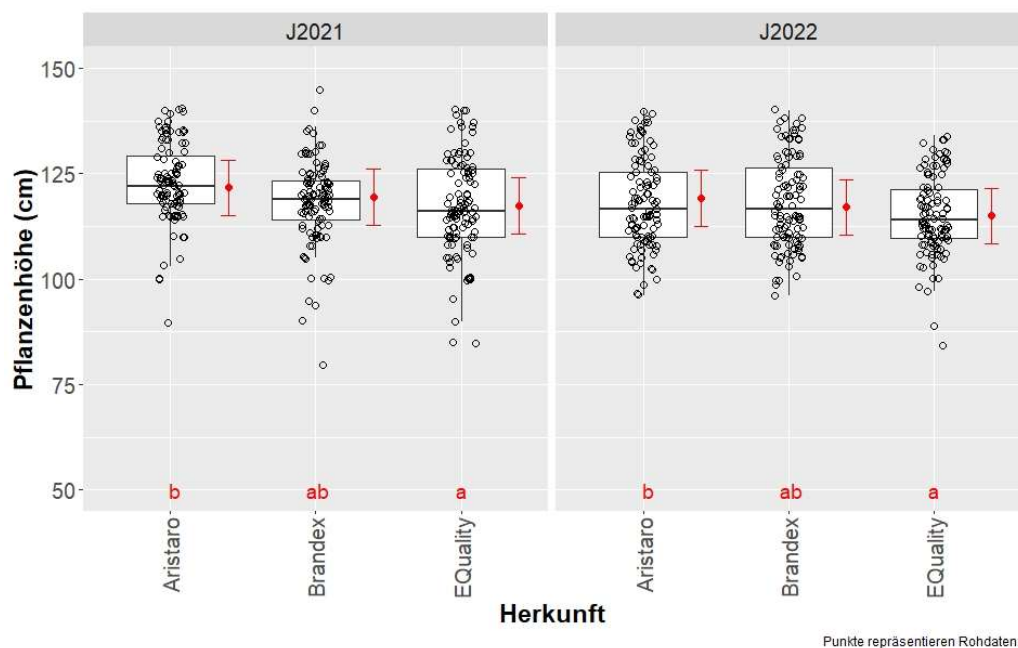


Abbildung 9: Pflanzenhöhe (cm) für jede Weizenherkunft über alle Betriebe für die Jahre 2020/21 (J2021) und 2021/22 (J2022). Unterschiedliche Kleinbuchstaben weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Weizenherkünften innerhalb jeder Saison hin (adjustierte Mittelwerte und Tukey-Test, $p < 0,05$)

Mahl- und Backqualität

Trotz des großen Niederschlagsunterschieds zwischen 2020/21 und 2021/22 waren beide Anbausaisons eine Herausforderung in Bezug auf das Erzielen einer guten Backqualität, und die Ergebnisse waren je nach Betrieb sehr unterschiedlich. In Bezug auf die Mehlausbeute (Prozentsatz des nach dem Mahlen erhaltenen Mehls (Type 550) waren alle drei Herkünfte in jeder Versuchssaison und über beide Saisons hinweg vergleichbar, wodurch keine signifikanten Unterschiede festgestellt wurden (**Tabelle 10**).

Tabelle 10: Mehlausbeute basierend auf den Erträgen, die beim Mahlen von Mehl der Type 550 von allen drei Herkünften pro Versuchsjahr und über beide Jahre erzielt wurden

	Mehlausbeute (%)		
	2021	2022	2021 + 2022
Aristaro	78	80	79
Brandex	79	80	79
EQuality	77	79	78

Ein vom IGV (Institut für Getreide Verarbeitung GmbH) verwendeter Index zur Bewertung der Mahlqualität oder Mahlbarkeit von Mehl (Type 550) kombiniert die Rangfolge der folgenden Mahlmerkmale Hektolitergewicht, Tausendkorngewicht, Kornhärte, Kornbildung, Aschegehalt und Mehlextraktionsrate, um die Mahlqualität in die folgenden Klassen einzuteilen: "niedrig", "mittel", "gut" und "sehr gut". Generell war die Mahlqualität in der Saison 2020/21 weniger gut als in der Saison 2021/22, wobei die Mahlqualitätsklasse "niedrig" nur in der ersten Versuchssaison und zu einem größeren Anteil in der Herkunft Aristaro im Vergleich zu den beiden Populationen Brandex und EQuality zu finden war (**Abbildung 10**). Die Population Brandex hatte den höchsten Anteil an Proben mit "guter" Mahlqualität. Im Jahr 2021/22 wiesen sowohl EQuality als auch Aristaro den größten Anteil an Proben mit "guter" Mahlqualität auf, während die Population Brandex wiederum den höchsten Anteil an Proben in der besten Mahlqualitätsklasse "sehr gut" aufwies, gefolgt von der Sorte Aristaro (**Abbildung 10**).

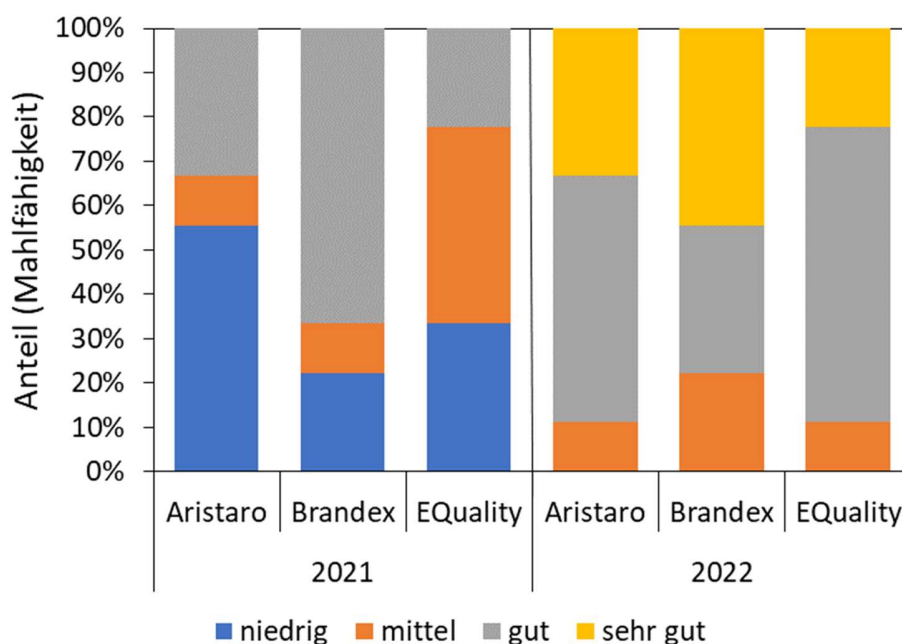


Abbildung 10: Anteil der Mahlqualitätsklassen je Weizenherkunft in beiden Versuchsjahren (2020/21 und 2021/22)

Basierend auf den Ergebnissen der NIRS (Nahinfrarotspektroskopie) variierten die Backqualitätsparameter je nach Standort und Versuchsjahr stark, wobei einige Betriebe (z.B. die Betriebe D, F und H) überdurchschnittliche Werte für den Protein- und Feuchtklebergehalt erzielten und andere wie die Betriebe C, G und I niedrigere Werte für die verschiedenen Backparameter (**Tabelle 11**). In der zweiten Versuchssaison waren die Mittelwerte für alle Backqualitätsparameter über alle

Standorte hinweg tendenziell niedriger, was die trockenen und schwierigen Wetterbedingungen widerspiegelt. Allerdings waren die Mittelwerte für die Fallzahl in der ersten Versuchssaison tendenziell niedriger, was auf die niedrigeren Werte in der Population EQuality zurückzuführen ist, die teilweise durch das Auftreten von Lager in den Betrieben E und H verursacht wurden.

Tabelle 11: Backqualitätsparameter (NIRS) für Kornfeuchte (%), Proteingehalt und Feuchtklebergehalt (%), Sedimentationswert (ml) und Fallzahl (Sek.) für jede Weizenherkunft pro Betrieb und Versuchsjahr

Betrieb	Herkunft	Kornfeuchte (%)		Proteingehalt (%)		Klebergehalt (%)		Sedimentationswert (ml)		Fallzahl (sek.)	
		2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Betrieb A	Aristaro	14,94	12,30	12,55	12,67	26,16	29,69	53,15	43,41	351,67	323,85
	Brandex	14,54	12,68	12,60	12,61	25,35	27,48	46,82	44,63	301,56	331,02
	EQuality	14,79	12,80	12,22	11,45	23,84	24,01	41,86	33,13	225,67	304,64
Betrieb B	Aristaro	15,60	12,46	11,48	11,51	22,60	25,81	42,97	42,03	351,11	309,67
	Brandex	14,55	12,03	12,24	12,84	24,10	27,33	45,37	45,38	294,22	311,19
	EQuality	13,97	13,98	11,47	11,53	24,61	23,59	38,22	31,75	248,78	283,87
Betrieb C	Aristaro	14,27	13,19	10,53	10,90	25,08	21,63	42,33	33,07	352,56	288,10
	Brandex	12,64	13,49	9,36	11,24	23,42	22,09	44,67	30,11	319,22	289,06
	EQuality	16,30	13,88	9,36	10,58	22,09	20,99	31,00	18,69	283,78	262,65
Betrieb D	Aristaro	16,58	10,72	15,77	13,08	36,15	29,07	73,31	47,06	314,33	311,69
	Brandex	14,52	11,34	13,07	12,02	27,71	24,82	60,36	40,37	278,00	315,30
	EQuality	16,53	11,14	14,21	11,45	31,03	23,39	66,17	28,84	237,33	303,71
Betrieb E	Aristaro	17,39	10,76	13,48	11,77	30,34	25,21	68,43	37,61	370,89	318,87
	Brandex	17,07	11,61	13,68	11,93	29,15	25,15	60,92	37,22	311,33	283,30
	EQuality	17,44	11,36	12,91	11,36	27,92	23,91	57,50	33,77	255,44	278,56
Betrieb F	Aristaro	15,54	8,73	14,78	12,10	33,83	25,54	66,28	44,26	334,11	320,06
	Brandex	15,10	10,17	15,03	12,72	34,11	29,98	66,09	46,44	279,78	281,71
	EQuality	16,84	10,73	14,70	11,11	33,10	23,34	66,46	26,70	248,44	267,19
Betrieb G	Aristaro	16,70	11,59	11,96	12,25	24,80	26,81	46,72	37,50	359,89	298,71
	Brandex	17,55	11,86	11,91	11,94	22,92	24,02	42,98	41,64	298,78	289,99
	EQuality	17,40	11,86	12,07	11,43	23,91	23,05	42,23	35,19	275,56	275,52
Betrieb H	Aristaro	13,51	10,40	15,00	12,76	33,22	31,18	53,41	41,67	295,56	352,56
	Brandex	14,66	10,99	14,09	12,79	31,15	33,14	58,27	42,56	219,22	357,44
	EQuality	13,93	10,83	14,31	12,21	30,74	31,67	51,53	34,56	191,00	298,89
Betrieb I	Aristaro	15,34	9,98	11,75	12,26	24,33	26,94	49,25	45,56	361,11	329,56
	Brandex	15,31	11,03	10,94	11,30	20,70	22,53	35,76	26,17	264,11	262,65
	EQuality	15,36	11,05	11,71	11,14	23,29	22,19	40,86	19,18	252,78	258,54
Mittelwert		15,50	11,59	12,71	11,89	27,25	25,72	51,59	36,61	291,71	300,31

Die Ergebnisse der Backqualität (NIRS) aus den ökologisch bewirtschafteten Landessortenversuchen (LSV) waren je nach Bundesland ebenfalls sehr unterschiedlich. In den LSV in Baden-Württemberg lag in den Jahren 2021 und 2022 der durchschnittliche Proteingehalt der E-Weizensorten bei 12,5% bzw. 12,3%

(Schwittek et al. 2022) (**Tabelle 12**). Der mittlere Proteingehalt der Weizenherkünfte Aristaro und Brandex war in den BAKWERT-Versuchen während beider Versuchsperioden mit dem der Baden-Württemberger LSV vergleichbar, insbesondere im Jahr 2021, während EQuality in beiden Versuchsperioden zu niedrigeren Werten tendierte. Die Ergebnisse für den Feuchtklebergehalt waren tendenziell ähnlich, wobei sowohl Aristaro als auch Brandex im Jahr 2021 höhere Werte für den Feuchtklebergehalt erreichten als der Durchschnitt der E-Sorten der Baden-Württemberger LSV. Die LSV-Ergebnisse für die Backqualität der E-Sorten sowohl aus Niedersachsen als auch aus Hessen lagen tendenziell unter den Werten, die von den Herkünften im BAKWERT-Projekt erzielt wurden (Mücke und Graß, 2022), was auf das Backqualitätspotenzial nicht nur der beiden heterogenen Populationen, sondern auch der Sorte Aristaro unter Praxisbedingungen hinweist (**Tabelle 12**).

Tabelle 12: Mittlerer Protein- und Feuchtklebergehalt (%), Sedimentationswert (ml) und Fallzahl für die drei Weizenherkünfte in jedem Versuchsjahr (NIRS). Zusätzlich wurden die Backqualitätsparameter Protein- und Feuchtklebergehalt (%) der Backqualitätssorten (nur E-Sorten) aus den ökologisch bewirtschafteten LSV-Versuchen für Niedersachsen (Lehmstandorte: Hilligsfeld und Wiebrechtshausen und Moorstandort: Schoonorth), Hessen (Lehmstandorte: Alsfeld, Frankenhausen und Gladbacherhof) und Baden Württemberg (alle Standorte) zum Vergleich herangezogen. Kleine Buchstaben weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Weizenherkünften bei den Backqualitätsparametern innerhalb der einzelnen Saisons oder Zeiträume hin (adjustierte Mittelwerte und Tukey-Test, $p < 0,05$). Sedimentationswert und Fallzahl aus den LSV-Versuchen konnten nur für Baden-Württemberg berücksichtigt werden

	Proteingehalt (%)		Klebergehalt (%)		Sedimentationswert (ml)		Fallzahl (sec.)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Aristaro	13,0 _b	12,1 _b	28,3 _b	26,8 _b	55,7 _b	40,7 _b	326 _c	335 _c
Brandex	12,7 _b	11,9 _b	27,0 _a	25,5 _a	52,8 _b	37,8 _b	289 _b	298 _b
EQuality	12,3 _a	11,5 _a	26,1 _a	24,5 _a	46,2 _a	31,3 _a	260 _a	268 _a
Niedersachsen	11,3	9,8	20,5	18,8	-	-	-	-
Hessen	10,5	10,6	23,4	20,9	-	-	-	-
Baden-Württemberg	12,5	12,3	26,9	26,3	43,0	40,0	320	400

Die Mittelwerte für die Backqualitätsparameter aus den NIRS-Analysen über beide Versuchssaisons hinweg zeigen, dass sowohl Aristaro als auch Brandex in Bezug auf den Kornproteingehalt und den Sedimentationswert ähnlich abschneiden, wobei EQuality deutlich niedrigere Werte für diese Backqualitätsparameter zeigt. Beim Feuchtklebergehalt hatte Aristaro im Vergleich zu den beiden heterogenen Populationen einen deutlich höheren Wert (27,6%), der von Brandex erreichte Wert von 26,3% wird jedoch noch als gut angesehen. Bei der Hagberg-Fallzahl unterschieden sich alle drei Herkünfte signifikant voneinander, wobei nur die beiden Populationen Werte innerhalb eines guten Bereichs (264-294 Sekunden) aufwiesen. Die Fallzahl für Aristaro von 330 wird als zu hoch eingestuft und deutet auf eine geringe enzymatische Aktivität hin, die möglicherweise den Gärungsprozess

verzögert und das Backvolumen beeinträchtigt (Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen, 2005) (**Tabelle 13**).

Wie bei der Berechnung des Kornertrags wurden die Stabilitätsparameter Umweltvarianz (EV_i) (Roemer, 1917) und Ökovalenz (W_2) (Wricke, 1962) verwendet, um die Stabilität für die verschiedenen Backqualitätsparameter auf der Grundlage der Mittelwerte aus den NIRS-Analysen für jede Anbausaison separat (9 Umwelten) sowie über beide Anbausaisons (18 Umwelten) zu berechnen (**Tabelle 13**). Obwohl es Unterschiede in der Rangfolge der beiden Stabilitätsparameter in Abhängigkeit von der Versuchssaison gab, zeigten die beiden heterogenen Populationen Brandex und EQuality die größte Stabilität (sowohl für EV_i als auch für W_2) für die meisten Backqualitätsparameter.

Die Sorte Aristaro zeigte die größte statische Stabilität (EV_i) für den Feuchtklebergehalt im Jahr 2021/2022 und für Fallzahl im Jahr 2020/2021. Beim Vergleich der Backqualitätsstabilität über alle 18 Umwelten hinweg wiesen beide heterogene Populationen die größte Stabilität (sowohl statisch als auch dynamisch) für alle Backqualitätsparameter auf, mit Ausnahme der Fallzahl, bei der Aristaro eine höhere Stabilität der EV_i (statische Stabilität) aufwies (**Tabelle 13**). Da die Fallzahl von einer Vielzahl von Umweltfaktoren beeinflusst wird, wie z.B. Stickstoffverfügbarkeit, Temperaturschwankungen und Niederschlag in bestimmten Wachstumsstadien, insbesondere während der Reifung und des Reifeprozesses (Wang et al. 2007), wird die Fähigkeit, einen stabilen Fallzahlwert aufrechtzuerhalten, durch starke Interaktionen zwischen Genotyp und Umwelt (Gooding, 2010) sowie zwischen Genotyp und Agronomie (Kindred et al. 2005) noch komplexer.

Da heterogene Populationen viele genetisch unterschiedliche Genotypen enthalten, kann die Reaktion jedes einzelnen Individuums innerhalb einer bestimmten Population und Umwelt zu einer größeren Variation bei ausgewählten Parametern führen, die stark von den Interaktionen zwischen Genotyp und Umwelt beeinflusst werden, wie dies bei der Fallzahl der Fall ist. Obwohl innerhalb der untersuchten Populationen Brandex und EQuality keine agronomischen Herausforderungen oder Unterschiede in Bezug auf unterschiedliche Kornreifezeiten festgestellt wurden, könnten kleine Unterschiede in den Reifezeiten zwischen Genotypen innerhalb einer Population in Verbindung mit Interaktionen innerhalb einer Umwelt zu der größeren Variation bei der Fallzahl beigetragen haben. In Bezug auf die dynamische Stabilität, gemessen durch die Ökovalenz, war die Population Brandex jedoch am stabilsten, was auf ihr Potenzial hinweist, sich an die verschiedenen Umwelten anzupassen und Fallzahlwerte zu erreichen, die dem Standortpotenzial oder dem Mittelwert am nächsten kommen. Außerdem erreichten beide heterogenen Populationen eine gute Fallzahl im Vergleich zu Aristaro, die als zu hoch eingestuft wurde (**Tabelle 13**).

Tabelle 13: Durchschnittliche Backqualitätswerte einschließlich der Stabilitätsparameter Umweltvarianz (EV_i) und Ökovalenz (W_2) für die drei Weizenherkünfte für beide Versuchssaisons (9 Umwelten pro Saison) und über beide Saisons (18 Umwelten) aus den NIRS-Analysen. Der stabilste Genotyp für jeden Parameter ist in Fettdruck markiert. Kleine Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Weizenherkünften für die durchschnittlichen Backqualitätswerte innerhalb jeder Saison oder Periode an (adjustierte Mittelwerte und Tukey-Test, $p < 0,05$), während unterschiedliche Großbuchstaben signifikante Unterschiede für den EV_i -Stabilitätsparameter zwischen den Weizenherkünften innerhalb einer Saison oder Periode (2020-22) bei $p < 0,05$ basierend auf Ekbohms Test (1981) anzeigen

Jahr	Herkunft	Proteingehalt (%)			Feuchtklebergehalt (%)			Sedimentationswert			Fallzahl (sec.)		
		MW	EV_i	W^2	MW	EV_i	W^2	MW	EV_i	W^2	MW	EV_i	W^2
2021	Aristaro	13,0 b	3,3	2,1	28,3 b	24,5	18,1	55,7 b	132	78	326 c	597	991
	Brandex	12,7 b	2,9	2,4	27,0 a	18,9	16,4	52,8 b	106	133	289 b	907	994
	EQuality	12,3 a	2,9	0,4	26,1 a	16,3	5,4	46,2 a	160	60	260 a	745	947
2022	Aristaro	12,1 b	0,5	1,3	26,8 b	8,1	21,6	40,7 b	20	180	335 c	342 AB	1696
	Brandex	11,9 b	0,4	1,1	25,5 a	12,9	18,9	37,8 b	49	84	298 b	850 B	1344
	EQuality	11,5 a	0,2	0,4	24,5 a	9,1	7,8	31,3 a	41	98	268 a	309 A	619
2021 + 2022	Aristaro	12,5 b	2,0	3,4	27,6 b	16,0	39,8	48,2 b	122 A	265	330 c	627	8217
	Brandex	12,3 b	1,6	4,4	26,3 a	15,0	42,8	45,3 b	111 A	261	294 b	905	2677
	EQuality	11,9 a	1,8	1,3	25,3 a	13,9	19,4	38,8 a	193 B	243	264 a	820	4698

Eine der größten Bedenken und potenziellen Herausforderungen, die von den Mühlen genannt wurden, war die Unsicherheit darüber, wie viele Proben benötigt werden, um die Durchschnittswerte für die verschiedenen Backqualitätsparameter einer von einem Landwirt gelieferten Partie zu ermitteln. Aus diesem Grund wurden von den 9 x 1 kg Proben pro Betrieb die Backqualitätsparameter mit NIRS analysiert und daraus die Varianzen für die verschiedenen Backqualitätsparameter pro Weizenherkunft und Saison ermittelt, um die Variation innerhalb der Umwelt zu untersuchen. Sowohl 2020/21 als auch 2021/22 wiesen die Populationen Brandex und EQuality die niedrigste Rangsumme ((Gesamtsumme der Rangfolge der Weizenherkünfte pro Betrieb, geordnet von 1 (geringste Varianz) bis 3 (höchste Varianz)) und den niedrigsten mittleren Rang für die Backqualitätsparameter Kornfeuchte, Kornprotein- und Feuchtklebergehalt auf, während die Sorte Aristaro sowohl für den Sedimentationswert als auch die Hagberg-Fallzahl die niedrigsten Werte aufwies (**Tabelle 14**).

Die geringe Schwankung der Kornfeuchte bei beiden Populationen ist ein wichtiges Ergebnis, da die Landwirte Bedenken hatten, dass möglicherweise unterschiedliche Reifezeiten der Genotypen innerhalb der Populationen zu einer großen Variation der Kornfeuchte führen könnten, was im Fall einer zu hohen Kornfeuchte für die Lagerung nach der Ernte problematisch wäre. Wie aus **Tabelle 14** hervorgeht, ist dies nicht der Fall. Die Ergebnisse der direkten Analysen (**Tabelle 15**) zeigen außerdem, dass es keinen signifikanten Unterschied in der Kornfeuchte zwischen der Sorte Aristaro und den beiden Populationen gibt (die NIRS-Ergebnisse bestätigen dies, wurden hier aber nicht angegeben). Trotz der höheren Rangsummen und des durchschnittlichen Rangs der beiden heterogenen Populationen sowohl für den Sedimentationswert als auch für die Hagberg-Fallzahl wurden keine signifikanten

Unterschiede der Varianzen zwischen den Weizenherkünften auf Betriebsebene in 2020/21 und nur für jeweils einen Betrieb und 2 Parameter in 2021/22 (Betrieb F für den Sedimentationswert und Betrieb E für die Fallzahl) festgestellt.

Tabelle 14: Varianzrangsumme, mittlere Rangsumme und Rangsummenstandardfehler (SE) der einzelnen Betriebe für jede Versuchssaison für Kornfeuchte (%), Kornprotein- und Feuchtklebergehalt (%), Sedimentationswert (ml) und Fallzahl (sek.). Niedrigster durchschnittlicher Rang, Rangsumme und SE sind fett markiert. Unterschiedliche Kleinbuchstaben weisen auf signifikante Unterschiede der Varianzen zwischen den Weizenherkünften auf Betriebsebene hin (F-Test, $p < 0,05$)

2021	Kornfeuchte (%)			Proteingehalt (%)			Klebergehalt (%)			Sedimentationswert (ml)			Fallzahl (sec.)		
	Aristaro	Brandex	EQuality	Aristaro	Brandex	EQuality	Aristaro	Brandex	EQuality	Aristaro	Brandex	EQuality	Aristaro	Brandex	EQuality
Betrieb A	0,07	0,04	0,06	0,08	0,16	0,25	1,13	2,42	3,39	10,38	19,09	27,90	88,8	46,5	38,0
Betrieb B	0,96 a	0,05 b	0,16 b	0,38	0,17	0,09	7,38 a	1,57 b	0,16 c	6,81	13,30	6,44	29,4	21,4	29,2
Betrieb C	0,05	0,03	0,11	0,05	0,15	0,05	0,04	0,07	0,05	2,25	3,00	8,75	4,8	21,2	20,2
Betrieb D	0,06	0,06	0,05	0,12	0,35	0,16	2,56	4,65	2,77	16,11	36,64	51,53	132,5	39,0	50,3
Betrieb E	0,07	0,09	0,08	0,17	0,15	0,10	3,67	2,39	3,88	25,30	36,23	8,13	24,4	52,3	24,5
Betrieb F	0,24 ab	0,09 b	0,63 a	0,14	0,08	0,34	1,48	1,10	2,44	21,28	25,85	62,15	22,9	79,7	24,3
Betrieb G	0,06	0,06	0,06	0,50 a	0,09 ab	0,03 b	6,72 a	1,63 ab	0,84 b	13,36	8,55	8,18	70,4	25,4	16,5
Betrieb H	0,04	0,08	0,08	0,12	0,26	0,04	1,35	1,12	0,22	68,04	42,92	94,85	17,0	18,9	34,8
Betrieb I	0,07	0,05	0,02	0,36 a	0,03 b	0,12 ab	4,96 a	0,57 b	1,68 ab	24,89	6,50	29,75	33,6	43,1	64,4
Rangsumme	18	17	17	19	19	16	19	17	18	15	18	21	17	19	18
Rank (MW)	2,00	1,89	1,89	2,11	2,11	1,78	2,11	1,89	2,00	1,67	2,00	2,33	1,89	2,11	2,00
SE	0,29	0,31	0,26	0,31	0,26	0,28	0,31	0,26	0,29	0,24	0,24	0,33	0,35	0,26	0,24

2022	Kornfeuchte (%)			Proteingehalt (%)			Klebergehalt (%)			Sedimentationswert (ml)			Fallzahl (sec.)		
	Aristaro	Brandex	EQuality	Aristaro	Brandex	EQuality	Aristaro	Brandex	EQuality	Aristaro	Brandex	EQuality	Aristaro	Brandex	EQuality
Betrieb A	0,10	0,03	0,04	0,46	0,08	0,14	1,84	0,51	1,17	9,90	20,92	11,19	300,0	142,5	385,0
Betrieb B	0,15	0,06	0,04	0,21 a	0,09 ab	0,02 b	1,77	0,95	0,61	21,86	26,30	71,15	167,7	71,8	596,0
Betrieb C	0,06	0,05	0,01	0,05	0,03	0,03	1,04	0,84	0,97	5,89	7,63	22,58	110,3	131,4	138,4
Betrieb D	0,06	0,03	0,05	0,09	0,16	0,07	0,76	2,47	2,39	20,38	45,76	11,56	166,6	289,4	236,2
Betrieb E	0,09	0,09	0,09	0,03	0,03	0,06	0,14	0,28	0,58	6,82	18,83	11,95	480,7 a	60,9 b	531,5 a
Betrieb F	0,58	0,09	0,12	0,18	0,08	0,07	1,56	0,97	3,05	134,19 a	18,78 b	15,36 b	257,1	298,9	275,5
Betrieb G	0,04	0,02	0,02	0,07	0,03	0,10	0,07 b	0,57 a	1,14 a	29,32	22,86	38,78	237,0	362,8	507,3
Betrieb H	0,07	0,04	0,08	0,10	0,05	0,23	0,22 b	0,11 b	1,18 a	9,75	14,03	11,03	148,0	112,0	200,1
Betrieb I	0,13 a	0,02 b	0,04 ab	0,13 a	0,06 ab	0,02 b	1,06	0,73	0,41	37,72	20,96	37,62	91,1	404,0	302,2
Rangsumme	25	12	17	23	15	16	19	15	20	15	20	19	13	17	24
Rank (MW)	2,78	1,33	1,89	2,56	1,67	1,78	2,11	1,67	2,22	1,67	2,22	2,11	1,44	1,89	2,67
SE	0,15	0,17	0,26	0,18	0,24	0,32	0,31	0,24	0,28	0,29	0,28	0,26	0,18	0,31	0,17

Die Ergebnisse, die die Varianz der Backqualitätsparameter innerhalb des Standorts zwischen den drei Weizenherkünften auf Betriebsebene beschreiben, deuten darauf hin, dass es keine inhärenten Herausforderungen im Zusammenhang mit heterogenen Populationen in Bezug auf ihre genetische Vielfalt gibt und dass heterogene Populationen auf der Verarbeitungsebene mit Sorten vergleichbar sind und als solche gehandhabt werden können, ohne dass eine zusätzliche Optimierung oder Anpassung von Protokollen oder der Verarbeitungstechnik erforderlich ist. Darüber hinaus zeigen die Analysen zur Stabilität der Backqualität sowohl durch ein statisches (EV_i) als auch ein dynamisches (W_2) Stabilitätsmaß das Potenzial heterogener Populationen, die Stabilität der Backqualitätsparameter nicht nur über mehrere Betriebe in einem bestimmten Jahr, sondern auch über mehrere Jahre hinweg zu erhalten. Dies hat große Auswirkungen auf die Herausforderungen, vor denen nicht nur Landwirte, sondern auch Müller und Bäcker angesichts des Klimawandels und strengerer Umweltvorschriften wie der EU-Düngemittelverordnung stehen, die zusammen nicht nur zu einem allgemeinen Rückgang der Backqualität im Laufe der Jahre, sondern auch zu einer größeren

Variabilität dieser Parameter zwischen den Jahren geführt haben. Obwohl die Stabilität ein wichtiger Faktor ist, ist eine gute Backqualität von entscheidender Bedeutung. Die Ergebnisse zeigen, dass die Population Brandex in Bezug auf die Backqualität eine bessere Population ist als die Population EQuality, die Elternsorten enthält, die nicht nur eine gute Backqualität, sondern auch einen hohen Ertrag aufweisen. Dies hat zu allgemein niedrigeren Backqualitätswerten für eine Reihe von Parametern wie Feuchtklebergehalt und Sedimentationswert geführt. Zukünftige Empfehlungen für Landwirte, die Winterweizenpopulationen für Backqualität anbauen möchten, sollten sich auf die moderneren Populationen wie Brandex und Liocharls konzentrieren, die mit Sicherheit eine vergleichbare Backqualität wie verfügbare Handelsorten erreichen. Es muss erwähnt werden, dass die von der EQuality-Population erzielten Backqualitätswerte zwar niedriger waren, aber immer noch als akzeptabel eingestuft werden können, trotz des Alters der elterlichen Genetik (1931-2000) und der Populationen selbst (erstellt im Jahr 2001). Dies bestätigt und unterstreicht erneut das Potenzial heterogener Populationen, insbesondere wenn die elterlichen Sorten sorgfältig ausgewählt werden (Murphy et al., 2005; Merrick et al., 2020).

Die Ergebnisse der chemischen Analysen, die mit dem Mehl der Type 550 durchgeführt wurden, ähneln denen der NIRS-Analysen, wobei die chemisch ermittelten Werte für den Proteingehalt und den Sedimentationswert im Allgemeinen auf einem niedrigeren Niveau lagen (**Tabelle 13, Tabelle 15**). Unabhängig von der Analysemethode bestätigen die Ergebnisse die gute Backqualität sowohl von Aristaro als auch der Population Brandex, insbesondere beim Feuchtklebergehalt.

Tabelle 15: Mittlere Kornfeuchte (%), Hektolitergewicht (HLG), Kornprotein- und Feuchtklebergehalt (%), Kleberindex, Sedimentationswert (ml) und Hagberg-Fallzahl für die drei Weizenherkünfte in jedem Versuchsjahr auf der Grundlage der chemischen Analysen mit Mehl Type 550. Kleine Buchstaben weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Weizenherkünften bei den Backqualitätsparametern innerhalb jeder Saison oder Periode hin (adjustierte Mittelwerte und Tukey-Test, $p < 0,05$)

Jahr	Herkunft	Kornfeuchte (%)	HLG	Protein-gehalt (%)	Kleber-gehalt (%)	Kleber-index	Sedi-Wert (ml)	Fallzahl (sec.)
2021	Aristaro	13,1	77,5 a	11,5 a	28,4 a	94 a	44 a	335 a
	Brandex	13,1	76,6 a	11,1 b	26,8 b	95 a	45 a	293 b
	EQuality	13,2	74,7 b	10,4 c	25,1 c	90 b	34 b	251 c
2022	Aristaro	13,3	82,4 a	11,6 a	29,6 a	89 a	41 a	332 a
	Brandex	13,4	81,5 a	11,2 b	27,9 b	91 a	42 a	290 b
	EQuality	13,4	79,6 b	10,4 c	26,2 c	82 b	32 b	248 c
2020 + 2022	Aristaro	13,2	80,0 a	11,6 a	29,0 a	92 a	42 a	334 a
	Brandex	13,3	79,1 a	11,2 b	27,3 b	94 a	44 a	292 b
	EQuality	13,3	77,1 b	10,5 c	25,7 c	86 b	33 b	249 c

Zusätzlich zu den chemischen Analysen, die an den Proben pro Weizenherkunft, Betrieb und Saison durchgeführt wurden, wurden die Müller gebeten, Proben ihrer endgültigen Populationsmischungen vor dem Mahlen einzureichen (Mischungen der Weizenpopulationen aus jedem Betrieb in einem Cluster). Zum Vergleich wurde eine repräsentative ökologische Weizenmischung aus Sorten von jedem Müller verwendet und alle Proben wurden mit Mehl Type 550 chemisch analysiert (**Tabelle 16**). Die Ergebnisse und der Vergleich der „Müllermischungen“ waren wichtig, da es sich bei den Populationsmehl-Mischungen um diejenigen handelte, die an die verschiedenen Bäcker geliefert und bei den POP-Kruste-Backkampagnen verwendet wurden.

Im Jahr 2020/21 waren die Populationsmischungen der Esmühle und der OBEG (beide Populationen wurden getrennt aufbewahrt und gemahlen) in Bezug auf die Werte für den Protein- und den Feuchtklebergehalt ähnlich wie das repräsentative Bio-Weizenmehl der jeweiligen Mühle (**Tabelle 16**). Die EQuality-Mischung von OBEG hatte jedoch niedrigere Sedimentationswerte als die Brandex-Mischung und wurde daher in der Backkampagne im südlichen Cluster zur Herstellung von Vollkornbackwaren verwendet. Die Backqualität der Populationsmischung der Sackmühle im Jahr 2020/21 war im Vergleich zu einer repräsentativen Bio-Mischung aus der Sackmühle generell niedriger, wenn auch für das Backen noch akzeptabel und das Mehl wurde in der Backkampagne von den Bäckern im nördlichen Cluster ohne technische oder Verarbeitungsprobleme verwendet.

In der zweiten Versuchssaison war die Backqualität der Populationsmischung der OBEG mit deren repräsentativen Mischung vergleichbar und sogar viel besser als die repräsentative Mischung der Esmühle, insbesondere beim Feuchtklebergehalt mit 26 bzw. 22%. Die Sackmühle war nicht in der Lage, die Populationen getrennt zu mahlen, und eine repräsentative Bio-Mischung, die sowohl eine Reihe von Sorten als auch Populationen enthält (eine zusätzliche Population Liocharls wurde im Rahmen des goslowkal-Projekts einbezogen: <http://atelier-ernaehrungswende.org/gslwkl/>), wurde mit sehr guter Backqualität hergestellt. Dies zeigt, dass heterogene Populationen nicht nur für sich oder gemischt mit anderen Populationen, sondern auch in einer Bulk-Mischung zusammen mit anderen Sorten verarbeitet werden können, was bedeutet, dass sie nicht als eigenständiges oder einzigartiges Produkt angesehen werden müssen, sondern wie Sorten verarbeitet und verkauft werden können, sofern die Backqualität akzeptabel ist.

Tabelle 16: Kornprotein- und Feuchtklebergehalt (%), Kleberindex, Sedimentationswert (ml) und Hagberg-Fallzahl der endgültigen Mehlmischungen (Mischung aus den Erträgen aller Landwirte) pro Müller und Cluster in jedem Versuchsjahr auf der Grundlage der chemischen Analysen mit Mehl Type 550. Die Müller wurden gebeten, zusätzlich eine repräsentative Bio-Weizenmischung einzureichen, die sie aus Sorten zum Vergleich hergestellt hatten (Bio-Mischung)

Jahr	Cluster	Mühle	Mischungen	Protein- gehalt (%)	Kleber- gehalt (%)	Kleber- index	Sedimen- tationswert (ml)	Fallzahl (sek.)
2020/21	Nord	Sackmühle	Bio-Mischung	12,0	28,7	96	49	342
			Brandex + EQuality Mischung	10,2	25,1	94	38	283
	Mittel	Esmühle	Bio-Mischung	10,6	23,9	98	41	272
			Brandex + EQuality Mischung	11,4	28,4	94	47	272
	Süd	OBEG	Bio-Mischung	11,0	27,0	91	42	365
			Brandex Mischung	11,3	27,6	93	44	276
			EQuality Mischung	11,0	26,9	77	34	240
2021/22	Nord	Sackmühle	Bio-Mischung + Populationen*	10,9	26,9	92	42	305
	Mittel	Esmühle	Bio-Mischung	10,2	22,9	96	37	316
			Brandex + EQuality Mischung	10,7	26,2	93	40	300
	Süd	OBEG	Bio-Mischung	12,0	28,4	97	51	357
			Brandex + EQuality Mischung	11,8	29,8	81	43	299

*Im Jahr 2022 war die Sackmühle leider nicht in der Lage, die heterogenen Populationen, die von den Landwirten des nördlichen Clusters angebaut wurden, separat zu mahlen und produzierte stattdessen eine endgültige Mehlmischung, die alle angelieferten Sorten und Populationen enthielt (Bio-Mischung + Populationen).

Backtests und Backverhalten

Wie erwartet war das Backvolumen bei den Standard-Backversuchen (Rapid Mix Test) sowohl für Vollkornmehl als auch für Mehl der Type 550 geringer als bei den praxisbezogenen Backversuchen. Die Standard-Backversuche wurden unter Verwendung eines standardisierten Rezepts durchgeführt, das auch die genaue Wassermenge und Verarbeitungszeit für jede Probe vorgab, während beim praxisbezogenen Test zwar das Rezept für jede Probe standardisiert ist, die Wassermenge und die Verarbeitungszeit aber je nach den Bedürfnissen des Mehls angepasst werden können, um ein optimales Produktergebnis zu erzielen (vergleichbar mit einem optimierten Backtest). Wie von Linnemann (2010, 2011) erläutert, ermöglichen optimierte Backtests die Herstellung guter Backprodukte trotz geringerer Backqualität und die Ergebnisse sind mit denen von Praktikern vergleichbar. Sowohl bei den standardisierten als auch bei den praxisbezogenen Backtests für Kleingebäck mit Mehl Type 550 war das Backvolumen bei Aristaro und Brandex ähnlich, aber im Vergleich zu EQuality deutlich höher (**Tabelle 17**). Dies wurde auch für den praxisbezogenen Backtest für Vollkornmehl festgestellt, was die Ergebnisse der Backqualitätsanalysen widerspiegelt. Allerdings wurden bei den standardisierten Backtests mit Vollkornmehl keine signifikanten Unterschiede zwischen den Weizenherkünften festgestellt.

Tabelle 17: Backvolumen aus den Standard-Backversuchen (SB) und den praxisbezogenen Backversuchen (PB) sowohl für Kleingebäck mit Mehl Type 550 als auch für Vollkornkastenbrote pro Weizenherkunft und Jahr und über beide Versuchsjahre. Kleine Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Weizenherkünften für das Backvolumen innerhalb jeder Saison oder Periode (adjustierte Mittelwerte und Tukey-Test, $p < 0,05$)

Jahr	Herkunft	T550_SB	T550_PB	Vollkorn_ SB	Vollkorn_ PB
2021	Aristaro	630 a	695 a	366	419 a
	Brandex	612 a	686 a	375	418 a
	EQuality	580 b	640 b	361	394 b
2022	Aristaro	620 a	691 a	372	453 a
	Brandex	602 a	683 a	381	452 a
	EQuality	569 b	636 b	368	428 b
2020-2022	Aristaro	625 a	693 a	369	436 a
	Brandex	607 a	684 a	378	435 a
	EQuality	575 b	638 b	365	411 b

Ein vom IGV (Institut für Getreideverarbeitung GmbH) verwendeter Index zur Bewertung der Backverhalten kombiniert die Rangfolge der folgenden Backeigenschaften Backvolumen und Prozentsatz der ausgebundenen Kleingebäcke für Mehl Type 550 und Backvolumen und Krumenelastizität für Vollkornkastenbrote, um das Backverhalten in die folgenden Klassen einzuteilen: "mangelhaft", "nicht zufriedenstellend", "zufriedenstellend", "gut" und "sehr gut".

Wie bei den Ergebnissen für das Backvolumen zeigte sich auch bei den Backergebnissen für die Rapid Mix Tests (standardisierte Backtests) ein deutlich höherer Prozentsatz an Proben, die entweder mit "mangelhaft", "nicht zufriedenstellend" oder "zufriedenstellend" bewertet wurden (**Abbildung 11** und **Abbildung 12**). Bei den Backergebnissen der praxisbezogenen Tests gab es tendenziell einen größeren Anteil an Proben, die mit "gut" und "sehr gut" bewertet wurden. Im Allgemeinen wurde das Backverhalten sowohl für Type 550 als auch für Vollkornmehl im Jahr 2021 schlechter bewertet als im Jahr 2022, was die besseren Backqualitätswerte widerspiegelt, die in der zweiten Versuchssaison erzielt wurden. Sowohl Aristaro als auch Brandex wurden in Bezug auf die Backleistung für beide Arten von Backtests und Mehltypen ähnlich bewertet, während EQuality tendenziell weniger gut abschnitt und einen höheren Anteil an Bewertungen am unteren Ende der Skala aufwies (**Abbildung 11** und **Abbildung 12**).

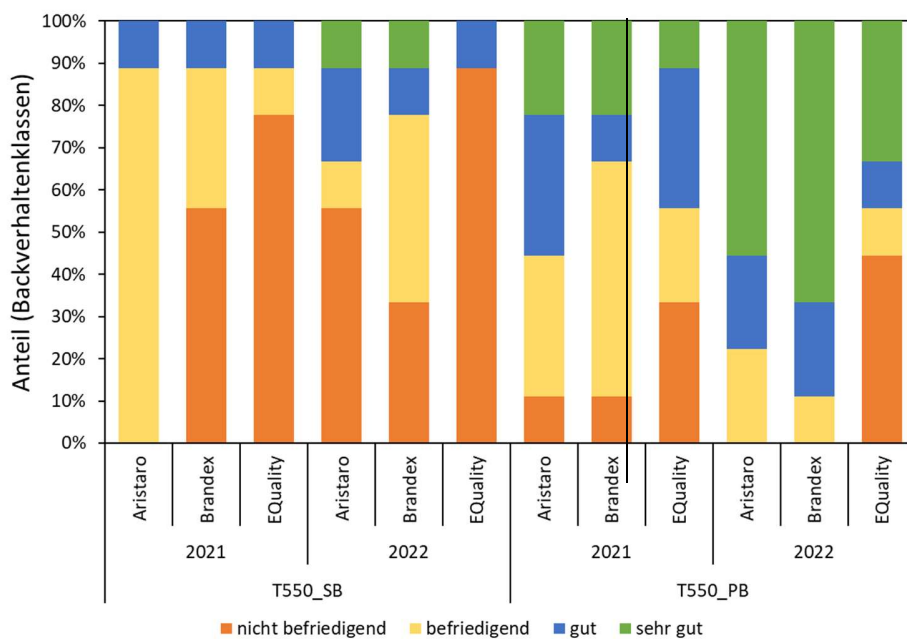


Abbildung 11: Anteil der Backverhaltenklassen pro Weizenherkunft in beiden Versuchsjahre (2020/21 und 2021/22) für den standardisierten Backtest (SB) und den praxisbezogenen Backtest (PB) für mit Mehl Typ 550 hergestelltes Kleingebäck

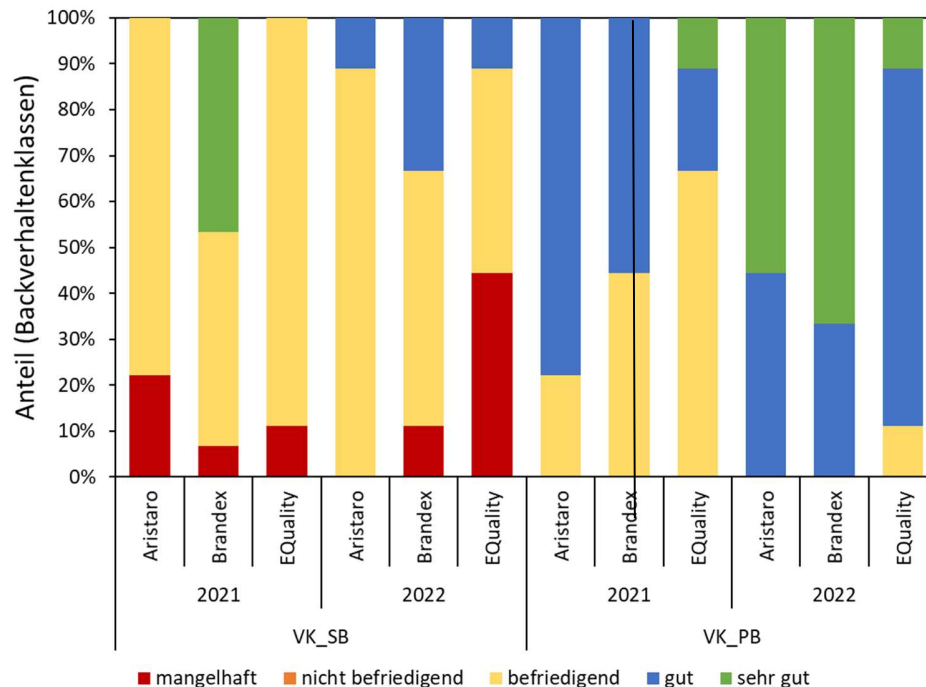


Abbildung 12: Anteil der Backleistungsklasse pro Weizenherkunft in beiden Versuchsjahre (2020/21 und 2021/22) für den standardisierten Backtest (SB) und den praxisorientierten Backtest (PB) für mit Vollkornmehl hergestelltes Kastenbrot

Inhaltstoffliche Zusammensetzung und Unverträglichkeit

Während der Projektlaufzeit erfolgte ein Austausch mit dem ReBIOscoper-Projekt. Die Arbeitsthese dieses Projektes lautet, dass moderne Getreidesorten sich durch ihre Züchtung und/oder der Verarbeitungsweise vom Korn zu den Produkten im Vergleich zu ursprünglichen Landsorten in ihrer inhaltsstofflichen Zusammensetzung unterscheiden. Das bedeutet, dass regionale Landsorten weniger Unverträglichkeiten bei Verbrauchern auslösen und dabei mehr wertvolle Inhaltsstoffe enthalten könnten.

Die beiden BAKWERT-Proben „GK2213808“ (Brandex) und „GK22113809“ (EQuality) wurden zusammen mit den Weichweizenproben des ReBIOscoper-Projektes (15 Landsorten und 6 moderne Linienarten) aus dem Erntejahr 2022 analysiert. Untersucht wurden der **Gesamtproteingehalt** nach der DUMAS Methode (ICC-Standard Nr. 167), die Protein- sowie die **Gliadin- und Glutenin-zusammensetzung** mittels Umkehrphasen-Hochleistungsflüssigkeitschromatographie, sowie der Gehalt und die Zusammensetzung der **Amylase-Trypsin-Inhibitoren (ATI)** mittels einer Flüssigkeitschromatographie-Tandem-Massenspektrometrie Methode mit Stabilisotopenverdünnungsanalyse.

Die gemessenen Gesamtproteingehalte lagen mit 9,8 % (Brandex) und 8,9 % (EQuality) in einem ähnlichen Bereich wie die modernen Linienarten (9,3 – 13,1 %) und die Landsorten (9,8 – 13,6 %). Die Gliadinegehalte lagen mit 51,1 und 48,5 mg/g weit unter dem Durchschnitt der Landsorten (75,6 mg/g) und dem der modernen Sorten (73,0 mg/g). Der Gluteningehalt der Probe „Brandex“ (28,5 mg/g) glich eher dem der modernen Sorten (29,8 mg/g), während der Gehalt der Probe „E-Quality“ (23,3 mg/g) eher dem der Landsorten ähnelte (23,5 mg/g). Die Gliadin/Glutenin-Verhältnisse waren mit 1,8 und 2,1 niedriger als die der Weizenlandsorten (3,5) aber auch als die der modernen Sorten (2,6). Die Albumin/Globulin (ALGL)-Gehalte der Proben lagen mit 21,4 und 21,7 mg/g zwischen den Landsorten (20,3 mg/g) und den modernen Sorten (23,1 mg/g). Die Gehalte der in den ALGL vorkommenden ATIs lagen mit 5,9 und 6,3 mg/g deutlich unter den Mittelwerten der Landsorten (7,8 mg/g) und modernen Sorten (8,4 mg/g).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Ergebnisse der BAKWERT-Proben trotz den unterschiedlichen Anbauorten den Ergebnissen der ReBIOscoper Proben ähnlich sind. Trotz einem nahezu identischen Proteingehalt weicht die Zusammensetzung ab. So weisen die BAKWERT Proben insgesamt niedrigere Gliadinegehalte, niedrigere Gliadin/Glutenin-Verhältnisse sowie niedrigere ATI-Gehalte auf. Die genauen Gehalte und detaillierte Ergebnisse können der angehängten Excel-Tabelle entnommen werden.

Sortenwahlverhalten ökologischer Weizenerzeuger (AP2)

Eine strukturierte Literaturrecherche zum Thema Sortenwahlverhalten ergab ein umfassendes Bild zum Stand der Forschung. Die Interviews mit den im Projekt beteiligten Weizenerzeugern (AP4) ließen allerdings erkennen, dass kaum Wissen zu heterogenen Populationen und v.a. kein tieferes Verständnis für die Mechanismen der genetischen Diversität innerhalb des Weizenbestandes existierten. Dies lies eine quantitative Befragung zum Thema „Heterogene Populationen und Sortenwahlverhalten“ als nicht zielführend erscheinen. Die strukturierte Abfrage von Einstellungen und Einflussfaktoren wäre in Bezug auf heterogene Weizenpopulationen beliebig ausgefallen.

Vor diesem Hintergrund wurde ein qualitatives Vorgehen und eine vertiefte Analyse der leitfadengestützten Interviews gewählt, das hier verkürzt vorgestellt wird. Aus der Forschungsliteratur zur Sortenwahl wurde ein qualitatives Modell abgeleitet um die Sortenwahl als sozialen Prozess abzubilden (**Abbildung 13**). Die Ergebnisse der leitfadengestützten Interviews mit den Projektpartnern wurden dann mit dem Modell abgeglichen. Besonderheiten und Unterschiede zwischen gängigem Sortenwahlverhalten und Erwartungen bezüglich der Weizenpopulationen konnten so identifiziert werden.

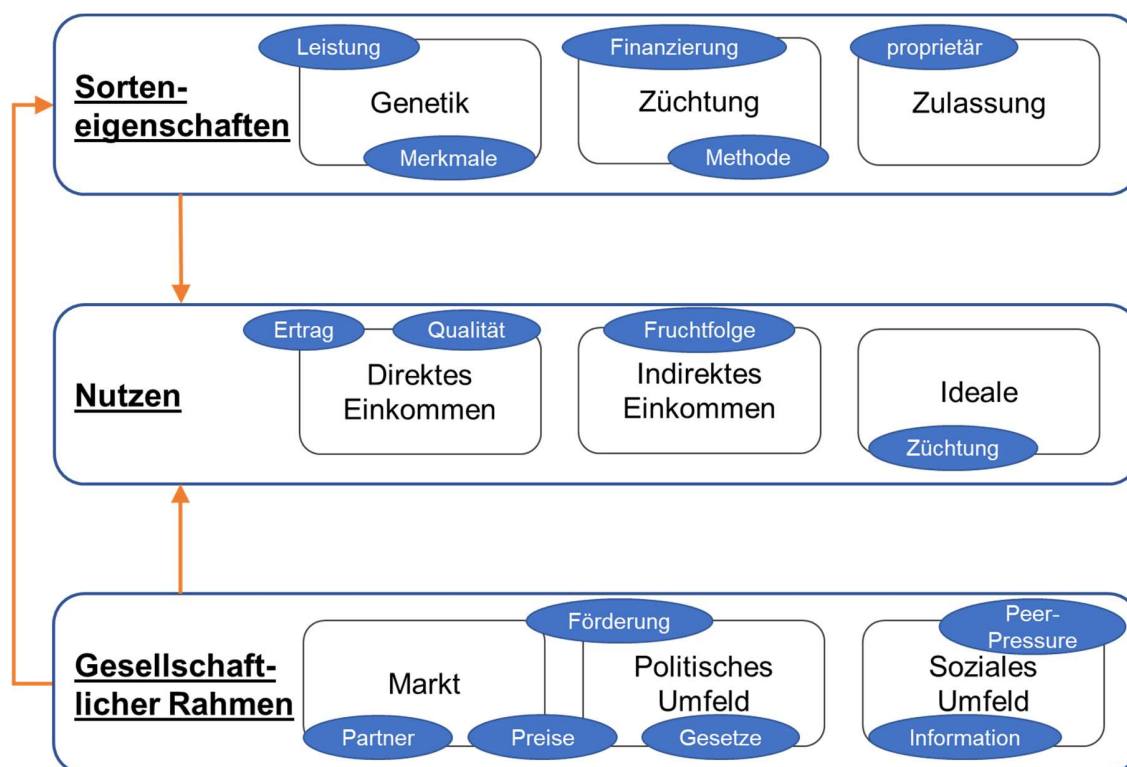


Abbildung 13: Sortenwahlverhalten ökologischer Landwirte als sozialer Prozess (Pfeile stellen kausale Einflüsse dar; Ovale sind ausgewählte Beispiele für Schlüsselfaktoren in den einzelnen Dimensionen); eigene Darstellung

Das Sortenwahlverhalten dient im Allgemeinen der Nutzenmaximierung des Entscheiders. Der Nutzen einer gezielten Sortenwahl besteht i.d.R. primär in der Sicherung bzw. Maximierung des Deckungsbeitrags der Kultur, wird aber zu unterschiedlichem Grad erweitert durch indirekten Nutzen (z.B. Fruchtfolgewirkungen) und persönlichen, nicht-monetären Nutzen (Ideale).

Eine „Sorte“ repräsentiert hierbei eine komplexe Kombination von Sorteneigenschaften. Dies sind zum einen genetische Merkmale bzgl. Sortenleistungen, Resistenzen oder Phänotyp. Zum anderen gehören auch der Züchtungshintergrund und die Sortenrechte bzw. -zulassung zu den Sorteneigenschaften. Diese Sorteneigenschaften bilden die Grundlage für die Sortenentscheidung und interagieren in teils sehr komplexen Wechselwirkungen miteinander. Um hier zu einer optimalen Entscheidung zu gelangen, sind sehr hohe Transaktionskosten zu erwarten (z.B. Informationsbeschaffung, -verarbeitung und -bewertung). Zusätzlich werden die Sorteneigenschaften mittel- bis langfristig durch gesellschaftliche Rahmenbedingungen beeinflusst. Gesellschaftliche Rahmenbedingungen fließen bei der Sortenwahl ebenfalls in die Abwägungen des Entscheiders ein (z.B. Sortenverfügbarkeit am Markt; Wünsche und Vorgaben von Abnehmern; sozialer Druck).

Tabelle 18: Kategoriensystem der qualitativen Inhaltsanalyse I

Was bedeutet für Sie Erfolg beim Weizenanbau?	
Hauptkategorie	Subkategorie
1 Ertrag	1.1 Tonne/Hektar
	1.2 Gesamtbiomasse
2 Qualität	2.1 Rohprotein
	2.2 Feuchtkleber
	2.3 sonstige Parameter
3 Schöner Bestand	3.1 geschlossener Bestand
	3.2 Homogenität (+/-)
	3.3 subjektives Empfinden (Ästhetik)
4 Vorfruchtwirkung	4.1 Boden
	4.2 Beikräuter
5 Kulturführung	5.1 Arbeitsaufwand
	5.2 Management
6 Geschäftsbeziehung	6.1 Qualitätserwartungen
	6.2 Mengenbedarfe
	6.3 Liefersicherheit/Zuverlässigkeit
7 Umsetzung ideeller Werte	verschiedene

Tabelle 19: Kategoriensystem der qualitativen Inhaltsanalyse II

Wo spielt die Sorte eine besondere Rolle beim Erfolg des Weizenanbaus? Wo machen sich Sortenunterschiede bei Ihnen besonders bemerkbar?	
Hauptkategorie	Subkategorie
1 Ertrag	1.1 Ertragsstabilität
	1.2 Standorteignung
2 Qualität	2.1 Feuchtkleber
	2.2 Rohprotein
3 Zufriedenheit d. Partner	3.1 Sortenvorgaben durch Abnehmer
	3.2 Lieferverträge
4 ideelle Werte	verschiedene
5 betrieblicher Stellenwert	verschiedene

Um die Sortenwahl als sozialen Prozess zu rekonstruieren, wurde in den leitfadengestützten Interviews mit den BAKWERT-Partnern zuerst ein grundsätzliches Verständnis des individuellen Nutzens etabliert. Hierzu wurde auf verschiedenen Ebenen die Frage behandelt „Was ist für Sie persönlich Erfolg im Weizenanbau?“ um anschließend zu klären, welchen Einfluss die Sorte auf diesen Erfolg hat und wie die Sortenwahl ansonsten beeinflusst wird.

Die Interviews mit den neun Weizenerzeugern im Forschungsvorhaben wurden aufgenommen und wörtlich transkribiert. Die qualitativen Daten wurden inhaltsanalytisch mithilfe der Software MaxQDA ausgewertet. Einen Überblick über die Ergebniskategorien liefern die **Tabelle 18** und **Tabelle 19**.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Verwendung von Populationen die Transaktionskosten der Sortenwahl insbesondere in den Punkten Informationsbeschaffung und -vergleich erheblich reduzieren kann und die Entscheidung aus Sicht der Teilnehmer stark vereinfachen kann.

Dokumentation und qualitative Begleitung (AP4)

Sämtliche Akteure wurden 2020 bzw. 2021 interviewt und die Interviews inhaltsanalytisch ausgewertet. Hierbei konnten Wissen, Erwartungen und Motivation für die einzelnen Akteursgruppen spezifisch analysiert und diese auch miteinander verglichen werden. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass alle Akteure ihre Hauptmotivation zur Projektteilnahme in einer aktiven Begegnung des Klimawandels sehen und nach Strategien suchen, ihre Betriebe unter schwierigen ökonomischen Bedingungen zukunftsfähig aufzustellen. Hierbei ist der Klimawandel

nicht für alle Interviewpartner konkret spürbar, wird aber von allen als große Herausforderung wahrgenommen. In vielen Fällen überlagern allerdings konkrete betriebliche Sorgen (z.B. Fachkräftemangel, Preise, Konzentrationsprozesse, etc.) das Streben nach Klimaresilienz. Teilweise nehmen die Interviewten ihre Situation als komplexe und diffuse betriebliche Krise wahr. In dieser Lage werden von den Beteiligten Innovation und neue Herangehensweisen als Lösungsstrategien genannt und so wird auch die Teilnahme am BAKWERT-Projekt verortet.

Im Voraus des 2-tägigen Projektworkshops im Mai 2021 konnten erste Praxiserfahrungen mit Populationsmehl in ausgewählten Backstuben gemacht werden. Wegen der Pandemie konnte der „Entwicklungsworkshop für Musterrezepturen“ zwar nicht wie geplant stattfinden, aber 4 Bäcker haben sich jeweils 2 Tage Zeit genommen, um betriebsübliche Rezepturen mit dem neuen Rohstoff zu testen, anzupassen und zu vergleichen. Die Dokumentation der Praxisversuche fand durch die Bäckereien statt. Alle Mehle (Vollkorn und Typen) ließen sich hervorragend verarbeiten und es konnten sehr gute Backergebnisse erzielt werden. Die aufbereiteten Ergebnisse wurden während des Projektworkshops präsentiert und mit allen Akteuren diskutiert. Dies war ein Schlüssel für die erfolgreiche Durchführung der Backkampagnen 2022 und 2023 (AP1).

Im Mai 2021 fand ein 2-tägiger Projektworkshop mit den Praktikern statt. Während des BAKWERT-Workshops haben sich alle beteiligten Partner kennengelernt und wichtige Fragen rund um das Projekt diskutiert. Es wurden Unklarheiten zum Ablauf und zur Durchführung der Praxisaktivitäten entlang der Wertschöpfungskette beseitigt. Dabei sind aber auch ganz neue Herausforderungen aufgetaucht und Klärungsbedarf ist entstanden. Erfahrungen und Einschätzungen aus der Praxis wurden geteilt und intensiv diskutiert. Erste Einschätzungen aus dem Anbau, der Vermahlung und der Bäckerei wurden dokumentiert. Außerdem wurden gemeinsam mit allen Partnern aus der Praxis Ideen entwickelt, wie heterogene Weizenpopulationen vermarktet werden können.

Die Dokumentation erfolgte einerseits mithilfe des „graphic recording“, um die Ergebnisse des Workshops für alle Praxispartner aufzubereiten und zu teilen (siehe z.B. **Abbildung 14**)

Andererseits wurden die Diskussionen und verschiedenen Formate während des Workshops in Bild und Ton aufgezeichnet und zur wissenschaftlichen Auswertung aufbereitet, d.h. teilweise paraphrasiert und teilweise transkribiert. Die qualitativen Daten werden mit Aussagen, Meinungen und Erfahrungen der Praxisakteure zum Ende des Projektes verglichen und so die Akzeptanz bewertet.

Die Ergebnisse des Workshops flossen in die Gestaltung der Info- bzw. Kommunikationsmaterialien zur ersten Backkampagne Anfang 2022 ein. Zwölf

verschiedenen Postkartenmotiven und ein Plakat mit allen Motiven der Karten legten den Fokus auf die Vielfalt der heterogenen Populationen und die Effekte, die diese Vielfalt bewirkt. Das Design und die Umsetzung wurden in enger Zusammenarbeit mit einer Mediengestalterin realisiert, die ebenfalls ein Info-Video für die Backkampagne erstellt hat (zu sehen unter www.pop-kruste.de). Das Filmmaterial entstand partizipativ gemeinsam mit ausgewählten Projektbeteiligten.

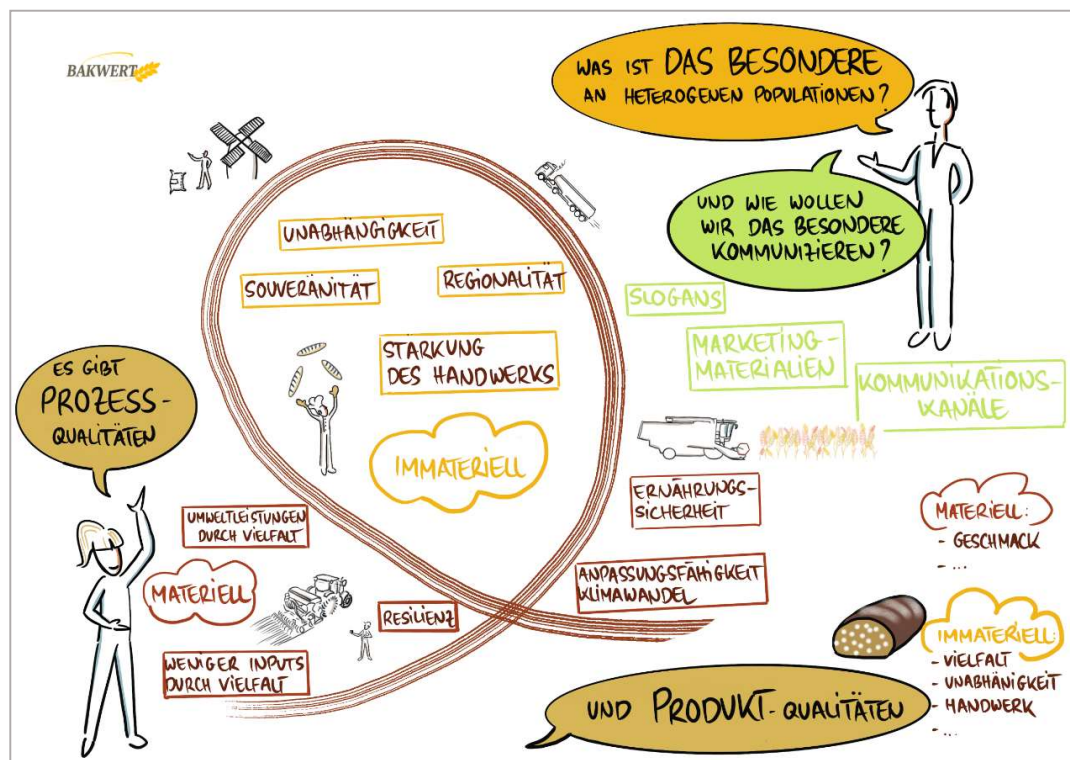


Abbildung 14: Ausschnitt aus der Dokumentation des Praxis-Workshops mit der Methode des „graphic recordings“

Die Dokumentation der **Erfahrungen in der Bäckerei** während der Backkampagne wurden im Rahmen einer **Gruppendiskussion** am 15.3.22 dokumentiert. Das Feedback war sehr positiv (Mehlqualität, Backverhalten, Absatzzahlen, Organisation und Logistik seitens des Projekts). Kritik wurde ebenfalls geäußert. So fanden einzelne Betriebe das Marketingmaterial nicht ansprechend gestaltet. Anmerkungen gab es auch bzgl. der lieferbaren Mehlmengen. Hier hätten einige Bäckereien die Backkampagne gerne ausgeweitet, was durch die limitierten Mehlmengen im Projekt nicht möglich war. Für die Backkampagne 2023 wurde dies in der Planung berücksichtigt. Skepsis herrschte bei einigen Bäckereien, ob das komplexe Thema „heterogene Weizenpopulationen“ die Mehrheit der Kundschaft nicht überfordert. In Einzelfällen wurde aber auch die Besonderheit des Populationsweizens als

Alleinstellungsmerkmal herausgestellt. Detaillierte Handlungsempfehlungen wurden für das Praxishandbuch zusammengestellt.

Nachdem der erste komplette Wertschöpfungszyklus im Projekt mit der Backkampagne abgeschlossen war, war das Ziel, die Erfahrungen und Meinungen über alle Wertschöpfungsstufen hinweg in einem Video zu dokumentieren. Zur Erstellung des Videos wurden Praxispartner*innen partizipativ eingebunden (Landwirtschaft, Mühle, Bäckerei).

Am 19./20.5.2022 fand ein **partizipativer Videoworkshop** in Witzenhausen statt. Hier wurden von den Praktiker*innen unter Leitung der Dokumentarfilmerin und Landwirtin Ines Reinisch die Storylines und Inhalte entwickelt, die Technik von Video- und Tonaufnahmen erläutert und erprobt und der Dreh- und Ablaufplan der gemeinsamen Videoerstellung erarbeitet. Nach dem Workshop gab es weitere **Online-Treffen** mit den Beteiligten, die in ihren jeweiligen Betrieben Filmmaterial aufgenommen haben. Dieses Filmmaterial wurde dann von Ines Reinisch bearbeitet und entsprechend der erarbeiteten Storylines geschnitten. Der Rohschnitt des Films beinhaltete zusätzliches Filmmaterial, das unter Mitwirkung des Projektteams und weiterer Praxisbetriebe erstellt wurde.



Abbildung 15: Eindrücke vom partizipativen BAKWERT-Videoworkshop in Witzenhausen am 19./20.5.22

Der Rohschnitt wurde den beteiligten Praxispartner*innen bei einem **Online-Screening** vorgeführt und gemeinsam diskutiert, um Feedback aus der Praxis zu berücksichtigen. Der fertige Film ist im Internet unter <https://www.youtube.com/watch?v=B4yP3lFiKsl> zu sehen.

Kommunikation und Transfer der Ergebnisse (AP5)

Durch umfangreiche **Vernetzung mit anderen Projekten** konnten die Ziele des BAKWERT-Vorhabens noch breiter kommuniziert werden als ursprünglich geplant (z.B. BÖL-BIOSpitzenköche, BÖL-ReBIOscover). Präsentationen bei verschiedenen **Veranstaltungen** sowie der BAKWERT-Tag des offenen Projektes haben das Vorhaben und die ersten Ergebnisse einem externen Publikum zugänglich gemacht.

Die **BAKWERT-Homepage** (www.bakwert.de) wurde kontinuierlich erweitert und aktualisiert. Ergänzend dazu wurde die Homepage www.pop-kruste.de erstellt, die **Informationen für das fachfremde Publikum** und die Verbraucher während der Backkampagnen zur Verfügung stellt. Für diese Webseite wurde auch ein Info-Video produziert um das komplexe Thema der heterogenen Weizenpopulationen für Laien zeitgemäß aufzubereiten.

Zahlreiche **Publikationen** konnten sowohl in wissenschaftlichen Journalen als auch der Fach- und Tagespresse eingereicht werden. In Kapitel 8 (Veröffentlichungen und Dissemination) werden alle Veröffentlichungen (**Print, Video, Online**) und Veranstaltungen zum Wissenstransfer im Detail aufgeführt. Zusätzlich zu den üblichen Transferaktivitäten wurde im BAKWERT-Projekt ein **Instagram**-Account betrieben mit über 200 Followern (Stand: September 2023). Instagram erlaubte auch eine öffentlichkeitswirksame Kommunikation und Interaktion mit den Praxispartnern (insbesondere den Bäckereibetrieben).

5. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Während der Laufzeit konnten drei zusätzliche Bäckereibetriebe ins Projekt integriert werden. Mindestens fünf der 14 beteiligten Bäckereien haben mit Partnerlandwirten für die Zukunft den Anbau und die Lieferung von heterogenen Weizenpopulationen über die Projektmengen hinaus verabredet. Zahlreiche Anfragen zu Mehllieferungen konnten aufgrund der limitierten Mengen im Projekt nicht berücksichtigt werden. Die Backkampagne hat gezeigt, dass heterogene Weizenpopulationen unter Realbedingungen erfolgreich sind. Das „Praxishandbuch Heterogene Populationen“ stellt umfassend die Erfahrungen und Praxisergebnisse vor und kann so zu einer breiteren Anwendung heterogener Weizenpopulationen beitragen.

Durch BAKWERT wurde ein weiteres Projekt angeregt (<http://atelier-ernaehrungswende.org/gslwkl/>; gefördert durch die Region Hannover und koordiniert von Die Freien Bäcker e.V.), in dem lokale Akteure eine regionale Bio-Wertschöpfungskette aufbauen. Im Rahmen des Projektes Goslowkal werden seit 2021 ca. 80 ha mit heterogenen Weizenpopulationen bestellt. In der Region Hannover hat sich damit die Verwendung heterogener Weizenpopulationen schon etabliert.

Die drei Partnermühlen im Projekt kommunizieren momentan an ihre landwirtschaftlichen Zulieferer die BAKWERT-Ergebnisse und drücken ihre Offenheit

gegenüber Anlieferungen heterogener Weizenpartien aus. Dies soll auf weitere (ökologische) Mühlenbetriebe ausgedehnt werden, da hier einer der größten Hebel für die Verbreitung des Anbaus von heterogenen Weizenpopulationen zu sehen ist.

Die BAKWERT-Verantwortlichen sind weiterhin in engem Austausch mit Züchtern und Vermehrern von heterogenen Weizenpopulationen (z.B. F&Z Dottenfelderhof, ÖkoSaat Hessen GmbH, Getreidezüchtung Peter Kunz), um sicherzustellen, dass ausreichend Saatgut zur weiteren Marktentwicklung zur Verfügung steht.

Auf Initiative des BAKWERT-Teams gründete sich ein loses „Netzwerk Ökologisches Heterogenes Material“ als Initiative für transdisziplinären Austausch und Vernetzung aller Akteure. Im Rahmen der BAKWERT-Veranstaltungen und Präsentationen wurde immer wieder die Verfügbarkeit von Dinkelpopulationen nachgefragt. BAKWERT hat hier mit dem „Netzwerk Ökologisches Heterogenes Material“ bereits den Bedarf und die Nachfrage nach heterogenem Material weiterer Kulturarten eruiert. Ein marktreifes Angebot wird aber ausgehend von den Züchtungsprozessen noch etwas Zeit brauchen. Aber auch hier liefert das „Praxishandbuch Heterogene Populationen“ Hilfestellung und Anregung zur Entwicklung heterogenen Materials für andere Kulturen und in anderen Kontexten (z.B. partizipative Züchtung).

Wissenschaftliche Erfolgsaussichten

Der Ansatz transdisziplinärer Praxisforschung im BAKWERT-Vorhaben stößt weiterhin auf großes Interesse in der Forschungscommunity des Ökolandbaus. Hier entstehen im BAKWERT-Projekt momentan wertvolle theoretische Beiträge zur Forschungsliteratur.

Der partizipative Ansatz des BAKWERT-Projekts wird momentan von den Partnern genutzt, um ein Reallabor zur Entwicklung und Anwendung agrarökologischer Innovationen innerhalb der Wertschöpfungskette zu etablieren. Die Erfahrungen aus BAKWERT fließen direkt in das Projekt VORWERTS (Verwendung Ökologischer Rohstoffe aus Mischkultur in regionalen Wertschöpfungsketten als Reallabor, FKZ 2822OE090) ein.

BAKWERT dient aktuell als Blaupause und Beispiel-Projekt transdisziplinärer Systemforschung bei der Konzeption und Implementation des neuen **Innovationszentrum für Agrarsystemtransformation (IAT)** (Koch et al. 2022).

6. Zielabgleich

Die Projektziele sind vollumfänglich erreicht und teilweise übertroffen worden. (Vgl. Erfolgskontrollbericht)

7. Zusammenfassung

BAKWERT war konzeptionell auf die **Stärkung der gesamten ökologischen Wertschöpfungskette** und die Verbreitung von Innovationen zur ökologischen Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion ausgerichtet. Am Beispiel heterogener Weizenpopulationen wurde eine gemeinsame Dynamik der Innovation in Landwirtschaft, Verarbeitung und Vermarktung hergestellt. Das Gesamtziel von BAKWERT war es, zur Weiterentwicklung und Verbreitung des innovativen agrarökologischen Züchtungsansatzes heterogener Populationen beizutragen.

Erstes Arbeitsziel war die **Etablierung und Organisation von drei regionalen ökologischen Wertschöpfungsketten** für den Anbau, die Verarbeitung und Vermarktung heterogener Weizenpopulationen. Diese regionalen Wertschöpfungsketten mit insgesamt 10 Landwirtschafts-, 3 Mühlen- und 14 Bäckereibetrieben wurden kontinuierlich mit Ergebnissen aus den Analysen versorgt, um laufende Anpassungen und Verbesserungen zu ermöglichen und die Optimierung von Prozessen und Produkten sicherzustellen.

Hauptaugenmerk lag auf der **Identifizierung von Anpassungsbedarfen** beim Anbau bzw. der Verarbeitung von heterogenem Weizen. Hierzu wurden die Praxisprozesse eng begleitet und die Erfahrungen dokumentiert. Die laufenden **Datenerhebungen und Analysen** (Feldbonituren, Ernteanalysen, Mahl- und Backtests, etc.) wurden ergänzt durch strukturierte qualitative Datenerhebungen (Interviews, Gruppendiskussionen, etc.).

Erträge und Qualitäten der zwei untersuchten Populationen waren vergleichbar mit der Liniensorte ‚Aristaro‘. Insbesondere bei der Backqualität wies das heterogene Material dabei eine **höhere Stabilität** auf. Anpassungsbedarfe in Anbau, Vermahlung oder beim Backen gab es im Allgemeinen nicht. Im BAKWERT-Projekt hat sich gezeigt, dass heterogene Populationen auch in der Praxis eine erfolgreiche Strategie für ökologische Qualitätsweizenerzeugung im Klimawandel sind. Der Populationsweizen kann ohne Schwierigkeiten oder Anpassungsbedarf in den regulären Warenfluss der Mühlen und Bäckereien integriert werden. Für Bäckereien mit engem Kundenkontakt und starker Nachhaltigkeitskommunikation bieten spezielle Populationsprodukte zusätzlich Möglichkeiten zur Produktdifferenzierung und Profilbildung im Bereich Nachhaltigkeit und Regionalität.

8. Veröffentlichungen und Dissemination

Filme und Podcasts

Im Rahmen der Backkampagnen wurde ein kurzes Video (2:38 min.) zum Thema „POP.Kruste – Brot aus Populationsweizen“ erstellt. Der Film ist Teil der Homepage www.pop-kruste.de zur Backkampagne und ist dauerhaft via *youtube* abrufbar.

Der **BAKWERT-Projektfilm** (23:39 min.) ist partizipativ unter Anleitung einer Dokumentarfilmerin gemeinsam mit den Praxispartnern konzipiert und realisiert worden. Zusätzlich sind aus dieser Produktion drei kurze Praxisporträts entstanden (2-3 min.). Alle Videos sind über den Kanal www.youtube.com/@weizenvielfalt dauerhaft verfügbar.

Podcast „Plan C“: Im Rahmen des Podcasts „Plan C“, der vom renommierten Dokumentarfilmer Valentin Thurn produziert wird, erschien ein Interview mit dem BAKWERT Koordinator zum Thema „Heterogene Weizenpopulationen“ (ca. 40min.). Abrufbar ist die Folge z.B. unter www.podcast.de/episode/599742963/22-der-weizen-ist-auch-nur-ein-mensch.

Praxishandbuch

Das **Praxishandbuch Heterogene Populationen** (78 S.) gibt einen umfassenden Überblick für die Praxis über die Projektergebnisse. Es ist zum Projektende in einer Auflage von 200 Stück gedruckt worden und wird nach Projektende online über www.bakwert.de als Download frei zur Verfügung stehen.

Veranstaltungen zum Wissenstransfer

Online-Veranstaltung 2021 (17.9.2021): „BAKWERT - Tag des offenen Projekts“ für Praxis und Forschung. Ca. 20 externe Teilnehmer nahmen den Termin wahr um sich zu informieren.

Öko-Feldtage 2022 (28.-30.6.2022): Das BAKWERT-Projekt war mit mehreren **Postern** und **Demoparzellen** mit heterogenen Weizenpopulationen präsent. Interessierte erhielten Einblicke und konnten Fragen stellen. Während der **BÖL-Feldrundgänge** wurde das Projekt täglich dem Publikum vorgestellt. Während der gesamten Dauer der Feldtage gab es **Brot** (POP.Kruste) von der Biobäckerei Backwerk aus Hannover zu kosten und gegen Spende zum Mitnehmen. **Flyer und Infomaterialien** zu BAKWERT wurden viel nachgefragt. Die BAKWERT-Partnerbetriebe wurden zum Besuch und Austausch auf die Ökofeldtage eingeladen.

Fast die Hälfte der landwirtschaftlichen Betriebe nahm diese Gelegenheit wahr und hat auch ihre Mitarbeiter*innen mitgebracht.



Abbildung 16: Eindrücke vom BAKWERT-Stand auf den Ökofeldtagen 2022

Feldtag 2022 (5.7.2022): Im Rahmen der Infoveranstaltung „Heterogene Weizenpopulationen in Anbau und Verarbeitung“ von LTZ Augustenberg, OBEG Hohenlohe und BAKWERT auf Hof Faure in Beuerlbach informierten sich 25 Teilnehmer*innen aus der Region Hohenlohe/Westfranken über den Anbau und die Verarbeitung von heterogenen Weizenpopulationen (**Abbildung 17, Abbildung 18**).

Veranstalter	Anreise	Seminar
<p>Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ)</p>  <p>OBEG Hohenlohe</p>  <p>BÖLN Projekt BAKWERT</p>  <p><small>Gefördert durch:</small>   </p>	<p>ANFAHRT Von der A 6 kommend die Ausfahrt Crailsheim nehmen. Auf der B260 Richtung Crailsheim fahren. Nach 2 km bei der Ampel links abbiegen. Nach 500 m rechts abbiegen nach Beuerlbach. Am Ortsseingang direkt den ersten Weg links nehmen. Nach 50 m liegt die Scheune auf der rechten Seite.</p>  <p><small>Karte erstellt aus OpenStreetMap.org</small></p> <p>Koordinaten: 49.15804, 10.09107</p>	<p>Heterogene Weizenpopulationen in Anbau und Verarbeitung</p>  <p>Dienstag, 5. Juli 2022 16:30–19:00 Uhr</p> <p>Hof Faure Crailsheim-Beuerlbach</p>
<p>VERANSTALTUNGSORT Hof Faure Beuerlbacher Hauptstr. 58 74564 Crailsheim-Beuerlbach</p> <p>WEITERE INFORMATIONEN Annette Haak, Tel. 07641/957890-17, Poststelle-KOELBW@ltz.bwl.de</p>	<p><small>Herausgeber: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Nollentstr. 25, 90227 Kofelruhe, Tel. 072191466-0, poststelle@ltz.bwl.de, www.ltz-augustenberg.de Redaktion: Annette Haak; Foto: Annette Haak/LTZ, Caroline Schumann/LTZ, Ernst Köhler, Thomas Segesser; Layout: Gabriele Klieger 09/2022</small></p>	 

Abbildung 17: Einladung zur Veranstaltung „Heterogene Weizenpopulationen in Anbau und Verarbeitung“ am 5.7.2023

Einladung	Programm	Hinweise
<p>Heterogene Populationen zeichnen sich durch eine große Vielfalt in ihren genetischen Eigenschaften und ihrem Erscheinungsbild aus. Dadurch sind sie in der Lage schwierige Umweltbedingungen abzuf puffern und im Nachbau auf sich verändernde Bedingungen flexibel zu reagieren. Sie sind eine vielversprechende Ergänzung zu den üblichen homogenen Liniensorten.</p> <p>Im BÖLN-Projekt BAKWERT „Bewertung und Akzeptanz heterogener Weizenpopulationen in ökologischen Wertschöpfungsketten“ haben sich die Universität Kassel, das Kompetenzzentrum Ökologischer Landbau Baden-Württemberg (KÖLBW) sowie der Berufsverband Die Freien Bäcker e.V. mit Landwirtinnen und Landwirten, Mühlen und Bäckereien zusammengeschlossen. Ziel ist es, in regionalen Bio-Wertschöpfungsketten gemeinsam die Chancen sowie mögliche Schwächen bei Anbau, Verarbeitung und Vermarktung heterogener Weizenpopulationen zu untersuchen.</p> <p>Im Seminar werden die ersten Erfahrungen aus dem Projekt BAKWERT präsentiert: Ergebnisse zu Anbaueigenschaften, Erträgen und Qualitäten sowie Einschätzungen aus Mühle und Bäckerei.</p>	<p>16:30 Begrüßung und Vorstellung <i>Johanna Faure, Hof Faure</i> <i>Michael Kummerer, Mühlhof GbR</i> <i>Annette Haak, LTZ Augustenberg/KÖLBW</i></p> <p>16:45 Überblick zu heterogenen Populationen <i>Carl Vallemweider, Forschung und Züchtung Dottenfelderhof</i></p> <p>17:05 Versuchsergebnisse Weizenpopulationen: LTZ und Projekt BAKWERT <i>Annette Haak, LTZ Augustenberg/KÖLBW</i></p> <p>17:25 Erfahrungen aus Mühle und Bäckerei <i>Anna Schmig, OBEG Hohenlohe</i> <i>Franz Schmid, OBEG Hohenlohe</i></p> <p>17:45 Imbiss (mit Gebäck aus Populationsgetreide)</p> <p>18:15 Feldbesichtigung <i>Johanna Faure, Hof Faure</i> <i>Michael Kummerer, Mühlhof GbR</i> <i>Annette Haak, LTZ Augustenberg/KÖLBW</i></p> <p>19:00 Ende der Veranstaltung</p>	<p>KOSTEN Die Teilnahme am Seminar ist kostenlos.</p> <p>ANMELDUNG Eine Anmeldung ist nicht notwendig aber erwünscht, bis zum 03.07.2022 unter: www.koel-bw.de.</p> <p>CORONA-REGELN Die Veranstaltung findet vorbehaltlich möglicher Einschränkungen aufgrund der Covid-19 Pandemie statt. Hygienevorschriften und Abstandsregeln sind einzuhalten.</p> <p>Bitte beachten Sie unsere Hinweise vor Ort.</p> <p>Verzichten Sie auf eine Teilnahme, falls Sie Erkältungssymptome haben.</p>

Abbildung 18: Programm zur Veranstaltung „Heterogene Weizenpopulationen in Anbau und Verarbeitung“ am 5.7.2023

Documenta 2022: Im Rahmen der bedeutenden zeitgenössischen Kunstschau war BAKWERT an dem Projekt „Wissenspeicher“ beteiligt. Insgesamt 100 Ideen und Projekte für eine nachhaltige Zukunft waren vom 21.7.-20.8.2022 in einer interaktiven Ausstellung in der Kasseler Innenstadt vertreten (<https://www.uni-kassel.de/einrichtung/ukt/wissenschaftsdialog/wissenspeicher>). BAKWERT wurde prominent platziert und beteiligte sich mit Exponaten (Weizengarben, -körner und mehl), dem POP.Kruste-Video, sowie mit Vorträgen an der Ausstellung. Insgesamt 1700 Menschen besuchten den Wissenspeicher sowie die Diskussionsrunden und Vortragsveranstaltungen (Abbildung 19).



Abbildung 19: Weizenpopulationen in der Ausstellung „Wissenspeicher“ im Rahmen der „documenta“

Biofach 2023 (16.2.2023): Im Rahmen der Biofach-Messe in Nürnberg organisierte das BAKWERT-Team eine Podiumsdiskussion zum Thema Ökologisches heterogenes Material, um gemeinsam mit Experten aus Züchtung, Beratung, Forschung und Praxis eine Zwischenbilanz nach einem Jahr ÖHM zu ziehen. Ca. 40 Personen nahmen an der Veranstaltung teil und diskutierten mit dem Panel.

Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau (2023): Im Rahmen der Wissenschaftstagung am FIBL in Frick, CH wurde gemeinsam mit Akteuren der Züchtung und Beratung (Naturland-Beratung, F&Z Dottenfelderhof, LfL) ein Workshop zum Thema „Heterogene Populationen“ angeboten. Ca. 20 Personen nahmen an den Diskussionen teil.

Öko-Feldtage 2023 (14./15.6.2023): Das BAKWERT-Projekt war mit Demoparzellen und Veranstaltungen an den Ständen der Universität Kassel, des LTZ Augustenberg und dem Gemeinschaftsstand der ökologischen Pflanzenzüchtung auf den Ökofeldtagen in Ditzingen vertreten. Neben Vorträgen, BÖL-Feldrundgängen, Populationsbrotverkostungen und allgemeinem Austausch mit Praktiker*innen fand auch eine BAKWERT-Abschlussveranstaltung statt. Ca. 50 Personen waren interessiert und beteiligten sich rege an den Diskussionen als BAKWERT-Praxispartner Bilanz zogen. Neben den Partnerbetrieben aus dem Projekt konnten für die Veranstaltung auch Vertreter der Züchtung (F&Z Dottenfelderhof) und Saatgutvermehrung- und vertrieb (Öko-Saat Hessen) gewonnen werden.

Feldtag 2023 (22.6.2023): Im Rahmen des Feldtages der Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften auf dem Versuchsbetrieb Neu-Eichenberg informierten sich ca. 150 Teilnehmer über die Projekte des Fachgebietes Ökologischer Pflanzenschutz (u.a. BAKWERT)

TdoT der Bundesregierung 2023 (18./19.8.2023): In der Geschäftsstelle des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) in Berlin hatte BAKWERT einen Informationsstand im Rahmen des „Tag der offenen Tür der Bundesregierung“. Ca. 3000 Besucher informierten sich über nachhaltige Landwirtschaft und handwerkliche Brotherstellung. Ca. 480 Brote aus

Populationsmehl wurden an den zwei Tagen verkostet bzw. als *give-away* an das Publikum verschenkt.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen

Vollenweider, C., **Haak**, A., Buhmann, K., Locher, M., Weyermann, V., Schwittek, G., **Finckh**, M.R., **Weedon**, O.D. (2021): Stability of yield and baking quality parameters of heterogeneous wheat populations. Vereinigung der Pflanzzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs (Ed.), 71. Jahrestagung 2020, 23./24. November, Raumberg-Gumpenstein, pp 3-6. BOKU Wien, Austria. (http://www.saatgut-austria.at/MEDIA/2020_71%20Tagungsband.pdf)

Finckh, M.R., Junge, S.M., Schmidt, J.H., Šisic, A., **Weedon**, O.D. (2021). Intra-and interspecific diversity: the cornerstones of agroecological crop health management. *Aspects of Applied Biology*, 146, 193-206.

Timaeus, J., **Weedon**, O.D., **Finckh**, M.R. (2021). Combining Genetic Gain and Diversity in Plant Breeding: Heritability of Root Selection in Wheat Populations. *Sustainability*, 13(22), 12778.

Siegmeier, T., Kluth, J., **Weedon**, O.D., **Finckh**, M.F., **Möller**, D. (2021). Heterogeneous Populations Vs. Pure Line Varieties for Organic Winter Wheat Production in Germany – Production Risk. *Organic World Congress*, Science Forum: 6th ISOFAR Conference.

Siegmeier, T., Kluth, J., **Weedon**, O.D., **Finckh**, M.F., **Möller**, D. (2021). Heterogeneous Populations Vs. Pure Line Varieties for Organic Winter Wheat Production in Germany – Economic Performance. *Organic World Congress*, Science Forum: 6th ISOFAR Conference.

Weedon, O.D., **Finckh**, M.R. (2021). Response of Wheat Composite Cross Populations to Disease and Climate Variation over 13 Generations. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 8(3), 400-415.

Weedon, O.D., Kilian, L., **Haak**, A., **Siegmeier**, T., **Möller**, D., **Finckh**, M.R. (2021). Bewertung und Akzeptanz heterogener Weizenpopulationen in ökologischen Wertschöpfungsketten (BAKWERT): Blattkrankheitsbefall aus dem Versuchsjahr 2020/21. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* Bd. 32: 193-194.

Kiær, L.P., **Weedon**, O.D., Bedoussac, L., Bickler, C., **Finckh**, M.R. et al. (2022). Supply Chain Perspectives on Breeding for Legume-Cereal Intercrops. *Frontiers of Plant Science* 13.

Weedon, O.D., **Siegmeier**, T., **Möller**, D., **Haak**, A., **Finckh**, M.R. (2022). Evaluation and acceptance of heterogeneous wheat populations in organic value chains- Agronomic performance and baking quality results from the first experimental season 2020/21. *European Society of Agronomy XVII Conference*, Potsdam, 29 August- 2 September, 2022.

Timaeus, J., Ruigrok, T., **Siegmeier**, T., **Finckh**, M.R. (2022). Adoption of food species mixtures from farmers' perspectives in Germany: managing complexity and harnessing advantages. *Agriculture* 12, 697.

Timaeus, J., **Weedon**, O.D., **Finckh**, M.R. (2022). Harnessing the Potential of Wheat-Pea Species Mixtures: Evaluation of Multifunctional Performance and Wheat Diversity. *Frontiers of Plant Science* 13.

Baresel, J.P., Bülow, L., **Finckh**, M.R., Frese, L., Knapp, S., Schmidhalter, U., **Weedon**, O.D. (2022). Performance and evolutionary adaptation of heterogeneous wheat populations. *Euphytica*, 218(10), 137.

Weedon, O.D., **Haak**, A., **Siegmeier**, T., **Kähler**, A., **Möller**, D. und **Finckh**, M.R. (2023). Bewertung und Akzeptanz heterogener Weizenpopulationen in ökologischen Wertschöpfungsketten - Ergebnisse des BAKWERT-Projekts zur agronomischen Leistung und Backqualität (2020/21 und 2021/22). 16. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Frick (CH), 7-10 März, 2023.

Siegmeier, T., Saathoff, G.N., Timaeus, J., **Möller**, D. und **Finckh**, M.R. (2023). Trennung von Weizen-Erbsen-Gemengen zur Erzeugung von ökologischem Backgetreide. 16. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Frick (CH), 7.-10. März, 2023.

Weedon, O.D., Brumlop, S., **Haak**, A., Baresel, J. P., Borgen, A., Döring, T., **Finckh**, M. R. (2023). High Buffering Potential of Winter Wheat Composite Cross Populations to Rapidly Changing Environmental Conditions. *Agronomy*, 13(6), 1662.

Praxisjournale und Fachpresse

Ökologie & Landbau (2021). Pflanzengesundheit richtig managen. Ausgabe 3/2021.

WebBaecker (2021). BÖLN – Backen mit heterogenen Weizenpopulationen. 15.12.2021 (www.webbaecker.de/boeln-backen-mit-heterogenen-weizenpopulationen/)

Mühlenpost (2021) (Hrsg. Drax-Mühle, Rechtmehring). Was wächst in 100 Jahren auf den Äckern...? Ausgabe 11/2021.

Bioland Magazin (2022): Backen mit heterogenen Weizenpopulationen. Ausgabe Januar 2022. (<https://www.bioland.de/fachinfos/news-1/detail/backen-mit-heterogenen-weizenpopulationen/>)

back.intern (2022): Die neue Biodiversität: Heterogene Weizenpopulationen. Ausgabe 2/2022.

Gäa Rundbrief (2022): Mehr Weizenvielfalt - vom Acker bis zur Ladentheke. Ausgabe 1/2022.

BACK.BUSINESS (2022): Check Up - Populationsweizen: widerstandsfähiger & top Backergebnisse. Ausgabe 04/2022 (<https://back.business/titelarchiv/>)

Bioland Magazin (2022): Bäcker und Kunden begeistert – Populationsweizen überzeugt im Ofen. Ausgabe Mai 2022.

Bioland Magazin (2022): Neue Strategien im Weizenanbau – Populationen sorgen für mehr Stabilität. Ausgabe Juni 2022.

Bauernzeitung – Ratgeber Ökolandbau (2022): Mit genetischer Vielfalt dem Klimawandel trotzen. Sonderheft Juni 2022.

Oekolandbau.de (2022): Populationsweizen ist reif für die Praxis. Online am 9.9.2022 (<https://www.oekolandbau.de/bio-im-alltag/bio-fuer-die-umwelt/vielfalt/pflanzen/populationsweizen-ist-reif-fuer-die-praxis/>)

Lebendige Erde (2022): Mehl aus heterogenen Weizenpopulationen – Erfahrungen in der Backstube sind vielversprechend. Ausgabe 6/2022. (https://www.lebendigeerde.de/index.php?id=heft_2022_6)

Forschungsfelder (2022): Viel kann mehr. Ausgabe 2, November 2022. (www.forschungsfelder.de)

Bioland Magazin (2023): POP-Kruste startet wieder durch – Bio-Backwaren aus Populationsweizen. Ausgabe 2/2023.

Oekolandbau.de (2023): Die Kampagne "POP.Kruste" startet wieder durch. Online am 6.2.2023.

WebBaecker (2023). Weizenanbau: Bäckereien als Innovationstreiber. Online am 20.2.2023.

BW agrar (2023). Populationen aus dem Ökolandbau. Online am 19.6.2023.

Slow Food (2023): Heterogene Populationen – Die Mischung macht's. Ausgabe Juli/August/September 2023.

BROTpro (2023): Heterogener Weizen – Stabilität durch genetische Vielfalt. Ausgabe 3/2023.

Allgemeine Bäcker Zeitung (2023): Heterogener Weizen ist so gut wie die Elite. Nr.14, 8.Juli 2023.

Ökologie & Landbau (2023): Stabilität durch Vielfalt. Ausgabe 4/2023.

agrarheute (2023): Klimawandel und Öko-Saatgut: Rettet mehr Vielfalt den Bio-Getreidebau? Ausgabe 9/2023.

agrarheute (2023): Retter in der Klimakrise? Interview mit BAKWERT-Landwirt Daniel Gärttling. Online am 25.8.2023.

Präsentationen und Vorträge

BioagrarMesse Offenburg (20.10.2021): Vorstellung BAKWERT. **Online-Präsentation.**

GPW-Tagung Rostock (29.9.2021): Projektvorstellung BAKWERT. **Posterpräsentation** auf der Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften.

BAKWERT: Tag des offenen Projektes (17.9.2021): Vorstellung und Diskussion des BAKWERT-Projekts. **Online-Präsentation.**

Bioland Regionalgruppe Hohenlohe (10.7.2021): **Präsentation** des BAKWERT-Projekts.

BIO-Spitzenköche (9.2.2022): Vorstellung des BAKWERT-Projektes. **Online-Präsentation.**

KunstSozialesKommerz – KuSoKo (18.8.2022): Vielfalt gewinnt! **Vortrag** im Wissensspeicher, Kassel.

16. Symposium des Dachverbands Kulturpflanzen- und Nutztiervielfalt e.V. (20.11.2022): **Vortrag** zu Heterogenen Populationen und dem BAKWERT-Projekt. <https://kulturpflanzen-nutztiervielfalt.org/>

Tagung Mitteldeutscher Müllerbund (Juli 2023): **Vortrag** zur Backqualität und Stabilität heterogener Weizenpopulationen.

Öko-Herz Thüringen (September 2023): **Vortrag** zur Backqualität und Stabilität heterogener Weizenpopulationen.

Tageszeitungen (Auswahl)

Hessisch-Niedersächsische Allgemeine (2021). Sichere Ernte trotz Wetterextremen: Witzenhäuser Forschungsprojekt BAKWERT präsentiert erste Ergebnisse. Meldung vom 11.8.2021.

Eichsfelder Tageblatt (2022). Selbstangebauter Pop-Weizen – Erprobungsphase läuft. Meldung vom 2.2.2022

Hessisch-Niedersächsische Allgemeine (2022). Bäcker Gädtke testet für Uni Weizen. Meldung vom 7.2.2022.

9. Literaturverzeichnis

- Bioverita 2019. Bioverita – ein Qualitätslabel für biologische Züchtung. Online verfügbar unter: <https://bioverita.ch/info-fuer-verbraucher/>, abgerufen am 05.02.2020.
- Bertholdsson, N. O., Weedon, O., Brumlop, S., and Finckh, M. R. 2016. Evolutionary changes of weed competitive traits in winter wheat composite cross populations in organic and conventional farming systems. *Eur. J. Agronomy*. 79: 23–30.
- Brumlop, S., Pfeiffer, T., and Finckh, M. 2017. Evolutionary Effects on Morphology and Agronomic Performance of Three Winter Wheat Composite Cross Populations Maintained for Six Years under Organic and Conventional Conditions. *Org. Farming*. 3: 34–50.
- Burwitz, L., Siegmeier, T., Weedon, O.D., Finckh, M.R. und Möller, D. 2019. Winterweizen Composite Cross Populationen im Ökolandbau – Stärken und Schwächen aus Sicht von Supply Chain Akteuren. In: Mühlrath, D., Albrecht, J., Finckh, M.R., Hamm, U., Heß, J., Knierim, U. und Möller, D. (Hrsg.) *Innovatives Denken für eine nachhaltige Land- und Ernährungswirtschaft. Beiträge zur 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 5. bis 8. März 2019*, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Chowdhury, A.H. and Hauser, M. 2010. The potential of moving pictures: Does participatory video enable learning for local innovation? ISDA, June 2010, Montpellier, France. p.23: hal-00522002
- Döring, T., Annicchiarico, P., Clarke, S., Haigh, Z., Jones, H. E., Pearce, H., et al. 2015. Comparative analysis of performance and stability among composite cross populations, variety mixtures and pure lines of winter wheat in organic and conventional cropping systems. *F. Crop. Res.* 183: 235–245.
- Döring, T. F., Knapp, S., Kovacs, G., Murphy, K., and Wolfe, M. S. 2011. Evolutionary plant breeding in cereals-into a new era. *Sustainability*. 3: 1944–1971.
- Ekbohm, G. 1981. A Test for the Equality of Variances in the Paired Case with Incomplete Data. *Biometrical J.* 23(3): 261–265. doi: 10.1002/BIMJ.4710230306.
- European Commission. 2014. Commission implementing decision of 18 March 2014 on the organisation of a temporary experiment providing for certain derogations for the marketing of plant populations of the plant species wheat, barley, oats and maize pursuant to Council Directive 66/40. *Off. J. Eur. Union*. L: 82/29-82/36.
- FAO. 2007. Alternative research and extension systems technology transfer model. Online verfügbar unter: <http://www.fao.org/docrep/W7508E/w7508e0d.htm>, abgerufen am 05.02.2020.
- Gooding, M.J. 2010. The effects of growth environment and agronomy on grain quality. *Cereal Grains Assess. Manag. Qual.*: 393–412. doi: 10.1533/9781845699529.4.393.
- Hamm, U., Feindt, P., Wätzold, F., Wolters, V. Backes, G., Bahr, E. et al. 2016. Verbraucher für die Erhaltung der biologischen Vielfalt in der Landwirtschaft aktivieren! Wissenschaftlicher Beirat für Biodiversität und Genetische Ressourcen (BMEL).

- Hovmøller, M.S., S. Walter, R.A. Bayles, A. Hubbard, K. Flath, et al. 2016. Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region. *Plant Pathol.* 65(3): 402–411. doi: 10.1111/ppa.12433.
- Joseph, M.K. and Andrew, T.N. 2008. Participatory approaches for the development and use of Information and Communication Technologies (ICTS) for rural farmers. *IEEE International Symposium on Technology and Society*, Fredericton, NB, p. 1-13. doi: 10.1109/ISTAS.2008.4559774
- Kahiluoto, H., Kaseva, J., Balek, J., Olesen, J. E., Ruiz-Ramos, M., Gobin, A., et al. 2019. Decline in climate resilience of European wheat. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 116: 123–128.
- Keyserlingk-Institut 2019. Regionalsorten-Projekt. Online verfügbar unter: <https://www.saatgut-forschung.de/regionalsorten-projekt/>, abgerufen am 05.02.2020.
- Kindred, D.R., M.J. Gooding, and R.H. Ellis. 2005. Nitrogen fertilizer and seed rate effects on Hagberg falling number of hybrid wheats and their parents are associated with α -amylase activity, grain cavity size and dormancy. *J. Sci. Food Agric.* 85(5): 727–742. doi: 10.1002/JSFA.2025.
- Koch, L., Weith, T., Ewert, F., Matzdorf, B., Helming, K. et al. 2022. Reallabore in Agrarlandschaften: Gemeinsam mit Praxis, Wissenschaft und Politik zu Lösungen für die Transformation des Agrarsystems. Policy Paper 03/22, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF).
- Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen. 2005. Qualitätsoptimierung ökologischer Backwaren. Behr's Verlag, Hamburg.
- Li, J.; Lammerts van Bueren, E.T.; Leeuwis, C. and Jiggins, J. 2014. Expressing the public value of plant genetic resources by organising novel relationships: The contribution of selected participatory plant breeding and market-based arrangements. *Journal of Rural Studies* 36: 182–196.
- Linnemann, L. 2010. Entwicklung einer prozessnahen Diagnostik der Mehlqualität und Teigbereitung zur optimierten Herstellung von Backwaren aus Öko-Weizensorten. <http://orgprints.org/18758/>.
- Linnemann, L. 2011. Optimierter Backtest für praxisrelevante Mehlbeurteilung–am Beispiel von Ökoweizen. *Mühle+ Mischfutter* 148(17): 577–580. <http://orgprints.org/id/eprint/19420>.
- Long, T., Blok, V. and Coninx, I. 2016. Barriers to the adoption and diffusion of technological innovations for climate-smart agriculture in Europe: evidence from the Netherlands, France, Switzerland and Italy. *Journal of Cleaner Production* 112: 9-21.
- Macholdt, J. and Honermeier, B., 2016. Impact of Climate Change on Cultivar Choice: Adaptation Strategies of Farmers and Advisors in German Cereal Production. *Agronomy* 6(3): 40.
- Macholdt, J. and Honermeier, B., 2017. Importance of variety choice: Adapting to climate change in organic and conventional farming systems in Germany. *Outlook Agric* 46: 178–184.
- Magrini, M.-B., Anton, M., Chardigny, J.-M., Duc, G., Duru, M., Jeuffroy, M.-H., Meynard, J.-M., Micard, V. and Walrand, S., 2018. Pulses for Sustainability: Breaking Agriculture and Food Sectors Out of Lock-In. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 2: 64.

- Merrick, L.F., S.R. Lyon, K.A. Balow, K.M. Murphy, S.S. Jones, et al. 2020. Utilization of evolutionary plant breeding increases stability and adaptation of winter wheat across diverse precipitation zones. *Sustainability* 12(22): 1–23. doi: 10.3390/su12229728.
- Meynard, J.-M., Jeuffroy, M.-H., Le Bail, M., Lefèvre, A., Magrini, M.-B. and Michon, C., 2017. Designing coupled innovations for the sustainability transition of agrifood systems. *Agricultural Systems* 157: 330–339.
- Mücke, M., and V. Groß. 2022. Ergebnisse der Landessortenversuche Öko-Winterweizen 2022 zusammengefasst aus Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Hessen und Nordrhein-Westfalen. Landwirtschaftskammer Niedersachsen. https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/39638_Ergebnisse_der_Landessortenversuche_Öko-Winterweizen_2022.
- Murphy, K., D. Lammer, S. Lyon, B. Carter, and S.S. Jones. 2005. Breeding for organic and low-input farming systems: An evolutionary–participatory breeding method for inbred cereal grains. *Renew. Agric. Food Syst.* 20(01): 48–55. doi: 10.1079/RAF200486.
- Murphy, K. M., Carter, A. H., and Jones, S. S. 2013. Evolutionary Breeding and Climate Change. In *Genomics and Breeding for Climate-Resilient Crops: Vol. 1 Concepts and Strategies*, ed. C. Cole. Berlin, Germany: Springer, p. 377–389.
- Rahmanian, M., Razavi, K., Haghparast, R., Salimi, M., and Ceccarelli, S. 2014. Evolutionary populations: Living gene banks in farmers' fields. *Farming Matters*: 12–15.
- Roemer, T. 1917. Sind die ertragreichen Sorten ertragssicherer? *Mitt. DLG* 32: 87–89.
- Schwittek, G., A. Butz, K. Bechtold, V. Preußner, and G. Krieger. 2022. Versuchsbericht Landessortenversuche Winterweizen 2022 Ökologisches Sortiment. *Landwirtsch. Technol. Augustenb. - Augustenberger Beratungshilfe*. <https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Arbeitsfelder/Oeko-Landessortenversuche>.
- Simon, R., and Reents, H. J. 2019. Yield variability and stability of wheat populations vs. cultivars: Three-year results of on-farm field trials. In *Conference Documents Plant 2030 Status Seminar, 13-15 March 2019, Potsdam, Germany*.
- Tittonell, P., Klerkx, L., Baudron, F., Félix, G.F., Ruggia, A., van Apeldoorn, D., Dogliotti, S., Mapfumo, P. and Rossing, W.A.H., 2016. Ecological Intensification: Local Innovation to Address Global Challenges, In: Lichtfouse, E. (Ed.), *Sustainable Agriculture Reviews: Volume 19*. Springer International Publishing, Cham, p. 1–34.
- Van Mele, P. 2006. Zooming-in zooming-out: a novel method to scale up local innovations and sustainable technologies. *International Journal of Agricultural Sustainability* 4(2): 131-142.
- Vijaya Bhaskar, A. V., Baresel, J. P., Weedon, O. D., and Finckh, M. R. 2019. Effects of ten years organic and conventional farming on early seedling traits of evolving winter wheat composite cross populations. *Scientific Reports* 9, 9053. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45300-1>.
- Vindras-Fouillet, C., Ranke, O., Anglade, J.-P., Taupier-Letage, B., and Goldringer, I. 2014. Sensory Analyses and Nutritional Qualities of Hand-Made Breads with Organic Grown Wheat Bread Populations. *Food Nutr. Sci.* 5:1860–1874.
- Wang, J., E. Pawelzik, J. Weinert, Q. Zhao, and G.A. Wolf. 2008. Factors influencing falling

- number in winter wheat. *Eur. Food Res. Technol.* 226(6): 1365–1371. doi: 10.1007/S00217-007-0666-0/FIGURES/4.
- Weedon, O. D., and Finckh, M. R. 2018. Yield Stability and Agronomic Performance of Heterogeneous Winter Wheat Populations (CCPs) Under Organic and Conventional Management. In XV European Society for Agronomy Congress: Innovative Cropping and Farming Systems for High Quality Food Production Systems. 27-31 August 2018., Geneva, Switzerland, p. 146.
- Weedon, O. D., and Finckh, M. R. 2019. Heterogeneous Winter Wheat Populations Differ in Yield Stability Depending on their Genetic Background and Management System. *Sustainability* 11(21): 6172.
- Weedon, O. D., Schmidt, J. H., Holtmann, M., und Finckh, M. R. 2019. Heterogene Weizenpopulationen als Alternative zu kommerziellen Sorten unter ökologischem Management. In: Mühlrath, D., Albrecht, J., Finckh, M.R., Hamm, U., Heß, J., Knierim, U. und Möller, D. (Hrsg.) *Innovatives Denken für eine nachhaltige Land- und Ernährungswirtschaft. Beiträge zur 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*, Kassel, 5. bis 8. März 2019, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Weedon, O.D., and M.R. Finckh. 2021. Response of Wheat Composite Cross Populations to Disease and Climate Variation Over 13 Generations. *Front. Agric. Sci. Eng.* 8(3): 400–415. doi: 10.15302/j-fase-2021394.
- Wever, R., van Kuijk, J. and Boks, C. 2008. User-centred design for sustainable behaviour. *Int. J. Sustain. Eng.* 1: 9-20.
- Winkler, L. R., Döring, T. F., Howlett, S. A., and Wolfe, M. S. 2013a. Food value of winter wheat Composite Cross Populations: baking quality and micronutrients. In *International Symposium on Evolutionary Breeding in Cereals*, eds. Thomas F Döring, Sally A Howlett, Louisa R Winkler, and Martin S Wolfe. Birmingham, UK: The Organic Research Centre, Hamstead Marshall, UK.
- Wricke, G. 1962. On a method of understanding the biological diversity in field research. *Z. Pflanzenzücht* 47: 92–96.
- Yan, W. 2014. *Crop Variety Trials: Data Management and Analysis*. Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex, UK.
- Zukunftsstiftung Landwirtschaft 2014. *Bäckereien stärken ökologische Saatgutzüchtung*. Online verfügbar unter: <https://www.zukunftsstiftung-landwirtschaft.de/zukunftsstiftung-landwirtschaft/aktuelles/neuigkeiten/baekereien-staerken-oekologische-saatgutzuechtung/>, abgerufen am 05.02.2020.