



Schlussbericht zum Thema

Entwicklung und
Praxiserprobung eines neuen
Züchtungskonzeptes für einen
stabilen ökologischen Salatbau

FKZ: 2815OE048, 2819OE100

**Projektnehmer: Julius Kühn-Institut
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
(JKI), KULTURSAAT e.V.**

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

Entwicklung und Praxiserprobung eines neuen Züchtungskonzeptes für einen stabilen ökologischen Salatanbau

Laufzeit: 01.03.2017 – 31.07.2022

Erstellung des Berichtes: Juli 2022



Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Forschungsvorhaben: Entwicklung und Praxiserprobung eines neuen Züchtungskonzeptes für einen stabilen ökologischen Salatanbau

Gesamte Laufzeit: 01.03.2017 – 31.07.2022

Laufzeit: 01.03.2017 – 29.02.2020

FKZ 2815OE048

Projektleitung: Dr. Ute Gärber

Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst, Außenstelle Kleinmachnow (JKI/GF-KM)

Stahnsdorfer Damm 81,
14532 Kleinmachnow

Projektpartner: Kultursaat e. V., Dipl. Ing. Ulrike Behrendt

Oldendorfer Landstr. 10
277729 Holste

Laufzeit: 01.03.2020 - 31.07.2022

Zuwendungsempfänger: Julius Kühn-Institut (JKI)

FKZ 2815OE048

Projektleitung: Dr. Monika Götz

JKI, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst (JKI/GF-BS)

ab 06/2022 Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und urbanem Grün

Messeweg 11/12,
38104 Braunschweig

Tel.: 0394647 7705

Fax: 0394647 7702

E-Mail: monika.goetz@julius-kuehn.de

Zuwendungsempfänger: Kultursaat e. V.

FKZ 2819OE110

Projektleitung und -bearbeitung: Dipl. Ing. Ulrike Behrendt

Oldendorfer Landstr. 10
27729 Holste

Tel.: 04748 3237

E-Mail: ubeh@posteo.de

Kurzfassung

Entwicklung und Praxiserprobung eines neuen Züchtungskonzeptes für einen stabilen ökologischen Salatanbau

Am Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst (ab 06/2022 Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und urbanem Grün; Julius Kühn-Institut) wurde gemeinsam mit Kultursaat e. V. ein neues Züchtungskonzept für den ökologischen Salatanbau entwickelt, unter regional unterschiedlichen Bedingungen erprobt und auf Akzeptanz seitens des Handels und der Verbraucher geprüft. Das Konzept beinhaltet zwei Lösungswege: die Herstellung von Liniengemischen und die Arbeit mit Kreuzungspopulationen. Ziel des Konzeptes ist es, eine breite genetische Basis und damit eine variabelere Reaktion der Pflanzen auf abiotische und biotische Stressfaktoren zu erhalten. Im Salatanbau ist der Falsche Mehltau, verursacht durch *Bremia lactucae* ein stark ertragsgefährdender Faktor, da die monogenen Resistenzen bei Salat immer schneller überwunden werden. Die Anbauwürdigkeit der Liniengemische wurde an drei Züchterstandorten und von vier Erwerbsbetrieben in unterschiedlichen Anbauregionen Deutschlands geprüft. Die Ergebnisse waren hinsichtlich Ertragsstabilität und Produktqualität sehr positiv. Die Liniengemische erwiesen sich im Vergleich zum Mittelwert ihrer Einzelkomponenten deutlich weniger anfällig für *B. lactucae*. Es zeigte sich, dass mit dem Auftreten neuer Erregerassen die Liniengemische in ihren Einzelkomponenten neu anzupassen sind, um die Stabilität langfristig zu sichern. Gegenüber einer Sortenentwicklung kann jedoch mit einem partiellen Linien austausch in der Mischung variabler auf die Änderungen im Erregerspektrum reagiert werden. Die Entscheidung über den Linien austausch kann durch Ergebnisse aus Feldversuchen und Virulenzanalysen unterstützt werden. Ein erstes Feedback zur Vermarktung der Salatmischungen über den Großhandel war überwiegend positiv und es bestand der Wunsch auf weitere Zusammenarbeit. Die Kopfsalatmischungen waren phänotypisch weitgehend einheitlich, bei den Bataviasalaten wurde als Vermarktungsstrategie eine bunte Kiste angeboten, was vom Verbraucher gut angenommen wurde. Bei der Methode der Kreuzungspopulationen erwies sich das Auswahlverfahren der Individualauslese gegenüber der Ramschzüchtung überlegen. Die Wiederholbarkeit der Kreuzungen war nicht bei allen Versuchsvarianten gegeben. Da eine erhöhte Resilienz der Kreuzungspopulationen gegen *B. lactucae* nicht durchgängig gefunden werden konnte, ist die Zuchtmethode bei Salat in reiner Form nur bedingt zu empfehlen. Aufgrund der kürzeren Gestehungszeit bis zur F4-Generation können Kreuzungspopulationen als Bestandteil von Liniengemischen wirkungsvoll eingesetzt werden. Durch die Kombination beider Verfahren können die Liniengemische zeitnah und variabel den sich rasch wandelnden Umweltbedingungen wie einem verändertem Virulenzspektrum von *B. lactucae* angepasst werden und somit einen wertvollen Beitrag gegen die Folgen des Klimawandels leisten sowie zur Reduktion von Pflanzenschutzmaßnahmen beitragen. Mit dem neuen Züchtungskonzept wird ein praktikabler Weg gezeigt, um den ökologischen Anbau von Salat zu stabilisieren und den ökologischen Gemüseanbau in Deutschland zu stärken.

Abstract

Development and field testing of a new breeding concept for stable lettuce production in organic farming

Together with the breeding association Kultursaat e. V., the Institute for Plant Protection in Horticulture and Forests (since 06/2022 Institute for Plant Protection in Horticulture and Urban Green; Julius Kühn-Institute) has developed a new breeding concept for stable lettuce production in organic farming, tested under regionally different conditions and checked for acceptance by wholesalers' and consumers. The concept includes two approaches, i. e. composing line mixtures and use of crossbred populations. The aim of the concept is to get a broad genetic base and thus a more variable response of the plants to abiotic and biotic stress factors. Downy mildew caused by *Bremia lactucae* is a high risk factor to yield as the monogenic plant resistance is overcome ever faster. The suitability for cultivation of the line mixtures and crossbred populations was tested at three breeder sites and by four commercial farms in different cultivation regions in Germany. The results were very positive in terms of yield stability and produce quality. The line mixtures proved to be less susceptible to *B. lactucae* compared to the mean value of their individual components. It was shown that with the appearance of new pathogen races, the line mixtures have to be readjusted in their individual components in order to ensure long-term stability. A partial exchange of a line in the mixture would allow a more flexible reaction to variations in the pathogen spectrum compared to a variety development. The decision on line replacement can be supported by the results

from field trials and virulence analyses. Initial feedback on the marketing of the lettuce mixtures via wholesalers was predominantly positive and there was a desire for further cooperation. Mixtures of butterhead lettuce were phenotypically largely homogeneous, the marketing strategy of Batavia lettuce involved mixtures what is called „coloured box“, which met nicely the customers' approval. For the crossbred populations, the selection strategy of individual selection proved to be superior to the ramsch breeding method. The repeatability of the crosses was not given for all experimental variants. Since an increased resilience of the crossbred populations against *B. lactucae* could not be found consistently, the breeding method is only recommended to a limited extend for lettuce in pure form. Due to the shorter production period until the F4 generation, crossbred populations can be used efficiently as a component of line mixtures. By combining both methods, the mixtures can be adapted promptly and flexibly to rapidly changing environmental conditions, such as a changed virulence spectrum of *B. lactucae*, and thus make a valuable contribution to combating the consequences of climate change for reducing plant protection measures. The new breeding concept shows a practicable approach to stabilise the organic cultivation of lettuce and to strengthen organic vegetable production in Germany.

Autorinnen

Dr. Ute Gärber

Ehem. Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst
Julius Kühn-Institut
Stahnsdorfer Damm 81
14532 Kleinmachnow

Dr. Monika Götz

Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst; seit 06/2022 Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und urbanem Grün
Julius Kühn-Institut
Messeweg 11/12
Tel.: 0394647 7705
E-Mail: monika.goetz@julius-kuehn.de

Dipl. Ing. Ulrike Behrendt

Oldendorfer Landstr. 10
277729 Holste
Tel.: 04748 3237
E-Mail: ubeh@posteo.de

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	8
1. Einführung	9
1.1. Gegenstand des Vorhabens	9
1.2. Ziele und Aufgaben	9
1.3. Planung und Ablauf	9
2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	13
3. Material und Methoden	13
3.1. Liniengemische und Kreuzungspopulationen	13
3.2. Standorte.....	15
3.3. Feldversuche.....	16
3.4. Prüfmerkmale	18
3.5. Screening von Salatlinien gegenüber ausgewählten <i>B. lactucae</i> -Rassen unter standardisierten Bedingungen	18
3.6. Virulenzuntersuchungen	18
4. Wichtigste Ergebnisse	19
4.1. Liniengemische	19
4.1.1. Prüfung an den Züchterstandorten	19
4.1.2. Anbau ausgewählter Liniengemische in den Erwerbsbetrieben	26
4.1.3. Meldung über Großhandelsvermarktung	28
4.2. Screening der Linien gegenüber definierten <i>B. lactucae</i> -Rassen.....	28
4.3. Kreuzungspopulationen	31
4.3.1. Vergleichsanbau der F4-Generation in Holste und in den Erwerbsbetrieben 2017	31
4.3.2. Anbau und Selektion von Kreuzungspopulationen (F2 bis F4) an den Züchterstandorten	32
4.3.3. Abschließender Versuchsanbau der Kreuzungspopulationen an den Züchterstandorten	34
4.4. Virulenzanalysen zu <i>B. lactucae</i> an Salat.....	38
5. Diskussion der Ergebnisse	43

5.1.	Liniengemische - Optimierung und Praxiserprobung im Erwerbsanbau.....	43
5.2.	Screening der Linien gegenüber definierten <i>B. lactucae</i> -Rassen.....	43
5.3.	Kreuzungspopulationen - Weiterentwicklung und erste Praxiserprobung im Erwerbsanbau ...	44
5.4.	Virulenzspektrum und Auswirkungen auf die Sortenanfälligkeit	44
6.	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse; Möglichkeiten der Umsetzung oder Anwendung der Ergebnisse für die Praxis und Beratung	45
7.	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen	46
8.	Zusammenfassung	47
9.	Literaturverzeichnis.....	48
10.	Veröffentlichungen zum Projekt, bisherige und geplante Aktivitäten zu Verbreitung der Ergebnisse.....	49

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Arbeitspakete (AP) zur Entwicklung eines Züchtungskonzeptes und deren Verknüpfungen in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Praxis und Vermarktung	9
Abb. 2	Übersicht über die geplanten Aufgaben in Forschung und Praxis zur Evaluierung der Methoden Liniengemische und Kreuzungspopulationen	10
Abb. 3	Lage der Versuchsstandorte	15
Abb. 4	Prozentualer Ausfall durch <i>Bremia lactucae</i> in den Liniengemischen im Vergleich zum Mittelwert der Einzelkomponenten. Holste Herbst 2019	23
Abb. 5	Erntefähigkeit in Prozent der Liniengemische im Vergleich zum Mittelwert der Einzelkomponenten. Holste Herbst 2019	23
Abb. 6	Prozentualer Ausfall durch <i>Bremia lactucae</i> in den Liniengemischen im Vergleich zum Mittelwert der Einzelkomponenten. Herbst 2021	24
Abb. 7	Erntefähigkeit in Prozent der Liniengemische im Vergleich zum Mittelwert der Einzelkomponenten. Alle Standorte Herbst 2021	24
Abb. 8	Prozentualer Ausfall durch <i>Bremia lactucae</i> im Liniengemisch LG3 im Vergleich zum Mittelwert der Linien und den Einzellinien der Mischung. Holste Sommer und Herbst 2019	25
Abb. 9	Prozentualer Ausfall durch <i>Bremia lactucae</i> im Liniengemisch LG3 im Vergleich zum Mittelwert der Linien und den Einzellinien der Mischung an den vier Standorten. Herbst 2021	25
Abb. 10	Prozentualer Ausfall durch <i>Bremia lactucae</i> im Liniengemisch LG6n im Vergleich zum Mittelwert der Linien und den Einzellinien der Mischung an den vier Standorten. Herbst 2021	26
Abb. 11	Erntefähigkeit von Kreuzungspopulationen: Vergleich von Einzelpflanzen- und Gesamtpflanzenernte der Herkünfte Holste, Überlingen und Kreßberg sowie der Ursprungskreuzung aus 2014. Standort Holste, Herbst 2021	34
Abb. 12	Populationen aus wiederholter Kreuzung im Herbst 2021. Erntefähigkeit in %, Holster Herkünfte an drei Standorten, Vergleich von Einzelpflanzen und Ramschernte	35
Abb. 13	Kopfsalatlinie wp10 aus wiederholter Kreuzungspopulation im Herbst 2021, Erntefähigkeit, alle Herkünfte an allen Standorten	35
Abb. 14	Kopfsalatlinie wp13 aus wiederholter Kreuzungspopulation im Herbst 2021, Erntefähigkeit in %, alle Herkünfte an allen Standorten	36
Abb. 15	Bataviasalatlinie wp26 aus wiederholter Kreuzungspopulation im Herbst 2021, Erntefähigkeit in %, alle Herkünfte an allen Standorten	36
Abb. 16	Wiederholte Kreuzungspopulation wp26, Gesamternte, Herkunft Kreßberg (wp26gesKb) in Holste, Herbst 2021	37
Abb. 17	Virulenzhäufigkeit von <i>Bremia lactucae</i> 2017 bis 2021 ermittelt am EU-C Testpflanzen-sortiment	41
Abb. 18	Virulenzhäufigkeit von <i>Bremia lactucae</i> -Isolaten 2017 bis 2021 ermittelt am Testpflanzen-sortiment EU-C	41
Abb. 19	Prozentualer Anteil an <i>Bremia lactucae</i> -Isolaten mit niedriger (0-6) mittlerer (7-10) und hoher (11-15) Virulenzkomplexität 2017 bis 2021	42
Abb. 20	Virulenzkomplexität der <i>Bremia lactucae</i> -Isolate aus Holste und Überlingen im Vergleich zum Mittelwert der Isolate der übrigen Standorte	42

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Liniengemische der Oldendorfer Saatzucht	14
Tab. 2	Kreuzungspopulationen und Nachbau aus wiederholter Kreuzung	14
Tab. 3	Überblick über die 2017 bis 2021 durchgeführten Salat-Anbauversuche an den Züchterstandorten und in den Erwerbsbetrieben sowie Anbau für Großhandel	17
Tab. 4	Testpflanzenset EU-C des IBEB zur Identifizierung der Virulenzen von <i>Bremia lactucae</i>	19
Tab. 5	Befallsdruck mit <i>Bremia lactucae</i> an den Prüfstandorten	20
Tab. 6	Erntefähigkeit (% Anteil marktfähiger Köpfe) der LG an den Züchterstandorten im Herbstsatz 2017 bis 2021	21
Tab. 7	Ausfälle durch <i>Bremia lactucae</i> im Herbstanbau an den Züchterstandorten (2017 bis 2021)	22
Tab. 8	Erntefähigkeit der Liniengemische in den Erwerbsbetrieben 2017 bis 2019 (Herbstsatz)	27
Tab. 9	Ausfälle durch <i>Bremia lactucae</i> im Herbstanbau in den Erwerbsbetrieben (2017 bis 2019)	27
Tab. 10	Anfälligkeit/Resistenz von 48 Linien gegenüber den <i>Bremia lactucae</i> -Rassen BI: 33EU, BI: 34EU und BI: 36EU	29
Tab. 11	Anfälligkeit/Resistenz von 40 Linien gegenüber den <i>Bremia lactucae</i> -Rassen BI: 33EU, BI: 34EU, BI: 35EU, BI: 36EU und BI: 37EU	30
Tab. 12	Erntefähigkeit der Kreuzungspopulation (F4-Generation der Kreuzung 2011) an fünf Standorten beim Anbau 2017 in drei Sätzen	31
Tab. 13	Ausfall durch <i>Bremia lactucae</i> in den Kreuzungspopulationen (F4-Generation der Kreuzung 2011) an fünf Standorten beim Anbau 2017 in drei Sätzen	31
Tab. 14	Erntefähigkeit der wiederholten Kreuzungen (wp) 2019 (F3) an den Züchterstandorten beim Anbau in zwei Sätzen	32
Tab. 15	Prozentualer Ausfall durch <i>Bremia lactucae</i> in den wiederholten Kreuzungen 2019 (F3) an den Züchterstandorten beim Anbau in zwei Sätzen	33
Tab. 16	Einschätzung der phänotypischen Ähnlichkeit der Nachkommen aus wiederholter Kreuzung mit den Nachkommen der Ursprungskreuzung in Klassen, Anbau Holste, Herbst 2022	38
Tab. 17	Anzahl nachgewiesener Erregerformen von <i>Bremia lactucae</i> von 2017 bis 2021 in Deutschland	39
Tab. 18	Anzahl nachgewiesener Erregerformen von <i>Bremia lactucae</i> bzw. Virulenzfaktoren an den Standorten von 2017 bis 2021	39
Tab. 19	Häufigkeit der Virulenzfaktoren in den geprüften Isolaten von <i>Bremia lactucae</i> der verschiedenen Standorten 2017 bis 2021	40
Tab. 20	Geplante und erreichte Ziele	46

1. Einführung

1.1. Gegenstand des Vorhabens

Salate haben in Deutschland eine hohe Marktbedeutung. Nach Tomate, Möhre und Zwiebel belegen sie mit einem jährlichen Pro-Kopf-Verbrauch von 6,8 kg Platz 4 (Bundeszentrum für Ernährung 2019). Im Jahr 2020/21 wurden insgesamt rund 199.000 Tonnen Kopf- und Eisbergsalat konsumiert (Statista 2022). Besonders stark ist die Nachfrage nach ökologisch erzeugten Produkten. Der Bedarf in Deutschland wird bei Salat vielfach aus anderen europäischen Ländern, vorrangig aus Spanien gedeckt. Die Marktchancen für Salat im Bio-Sektor aus deutschem Anbau sind jedoch bei weitem nicht ausgeschöpft. Am Markt fehlen Sorten verschiedener Salatformen, die eine große Anbausicherheit im ökologischen Anbau mit einer guten Produktqualität vereinen. Salat wird auch im ökologischen Anbau häufig in großen Sätzen und mit unzureichendem Fruchtwechsel angebaut. Zudem sind die Pflanzen durch schwankende Klimabedingungen mit zunehmend extremen Witterungsbedingungen einem hohen abiotischen Stress ausgesetzt. Das führt dazu, dass häufig ganze Sätze unter dem wachsenden Druck von Pflanzenkrankheiten wie Falschem Mehltau (Erreger *Bremia lactucae*) zusammenbrechen. In dem Projekt sollen die Arbeiten zu den neuen Züchtungsmethoden aus den Vorgängerprojekten 2810OE064 und 2810OE069 fortgeführt werden. Die Verwendung von Liniengemischen und Kreuzungspopulationen zeigte erfolgsversprechende Lösungswege, um den Ertrag bei guter Produktqualität zu sichern und Krankheiten zu minimieren.

1.2. Ziele und Aufgaben

In dem Projekt wurde an die positiven Ergebnisse der neuen Züchtungsmethoden, die im Rahmen der BÖLN-Projekte 2810OE064 und 2810OE069 in Zusammenarbeit des Instituts für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst (Julius Kühn-Institut) und Kultursaat e. V. entwickelt wurden (Gärber, Behrendt 2015a, 2015b), angeknüpft. Ziel beider Projekte war es, mit einer breiteren genetischen Basis und der folglich variableren Reaktion von Liniengemischen und Kreuzungspopulationen auf verschiedene biotische und abiotische Stressfaktoren die Ertragssicherheit bei guter Produktqualität zu erhöhen. Im vorliegenden Projekt wurden auf vorliegenden Erkenntnissen aufbautend beide Lösungswege weiterhin verfolgt, d. h. zum einen wurde die Strategie der Kreuzungspopulation weiterentwickelt, zum anderen die Liniengemische optimiert und deren Anbauwürdigkeit in ökologisch produzierenden Betrieben erprobt. Für eine erfolgreiche Vermarktung der Produkte wurde erstmals die Akzeptanz von Salatmischungen durch den Handel und Verbraucher geprüft.

1.3. Planung und Ablauf

Für die Entwicklung des Konzeptes zur Ertragsstabilisierung im ökologischen Salatanbau auf Basis der neuen Züchtungsstrategien wurden fünf Arbeitspakete (AP) bearbeitet (Abb. 1).

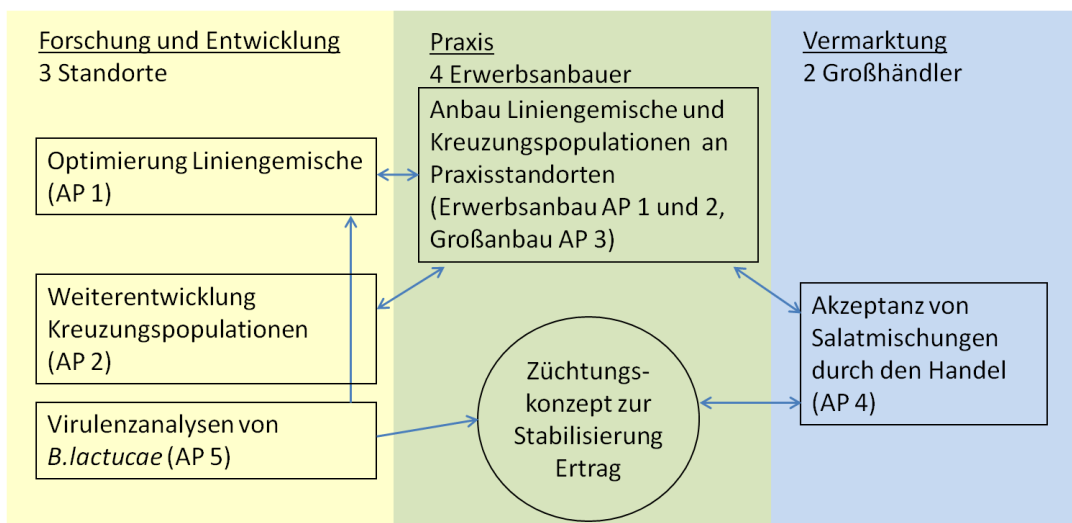


Abb. 1: Arbeitspakete (AP) zur Entwicklung eines Züchtungskonzeptes und deren Verknüpfungen in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Praxis und Vermarktung.

Ausgehend von Forschung und Entwicklung wurde der Schwerpunkt in dem Projekt auf die Erprobung in der Praxis gelegt. Da der Anbau von Liniengemischen bzw. Kreuzungspopulationen bei Salat neu ist, wurde in der Wertschöpfungskette auch die Vermarktung in die Untersuchungen einbezogen. Im Bereich Forschung und Entwicklung wurden drei Standorte (Nord-, Mittel-, Süddeutschland), in der Praxiserprobung vier Erwerbsanbauer und im Bereich der Vermarktung zwei Großhändler einbezogen. Das Projekt war somit hinsichtlich der Erprobung der neuen Züchtungsstrategie breit aufgestellt mit dem Ziel, neben der Optimierung der Verfahren auch deren Akzeptanz in Anbau und Handel sowie der Verbraucher zu erfassen.

Die Arbeiten zu den Züchtungsstrategien, von der Optimierung der Liniengemische und der Untersuchung strategisch wichtiger wissenschaftlicher Ansätze bei den Kreuzungspopulationen bis hin zur Evaluierung der Methoden über Praxisanbau und Vermarktung über den Großhandel, sind im Ablaufplan in Abbildung 2 dargestellt.

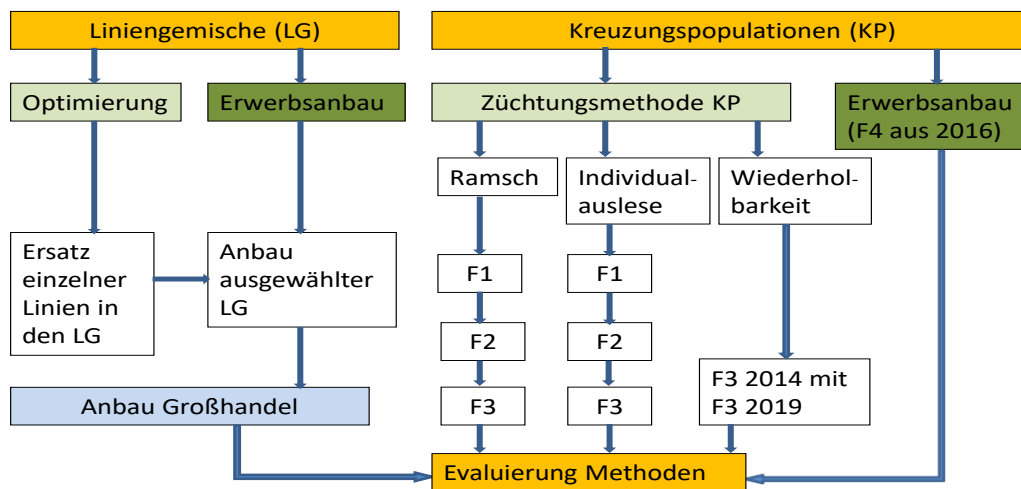


Abb. 2: Übersicht über die ursprünglich geplanten Aufgaben in Forschung und Praxis zur Evaluierung der Methoden Liniengemische und Kreuzungspopulationen.

Bei den Liniengemischen, bei denen die Forschung fortgeschrittener ist, wurde neben der Optimierung der Gemische hinsichtlich ihrer Zusammensetzung durch Ersatz einzelner Linien der Schwerpunkt hauptsächlich auf der Erprobung in der Praxis gelegt, wobei auch der Großhandel einbezogen wurde. Für die Methode der Kreuzungspopulationen mussten noch Untersuchungen zu den verschiedenen methodischen Ansätzen durchgeführt werden, bevor hier eine breite Erprobung in der Praxis erfolgen kann. Daher wurde bei dieser Züchtungsmethode zunächst „nur“ der Erwerbsanbau mit dem Anbau von Kreuzungspopulationen in der F4-Generation geplant. Die wissenschaftlichen Ansätze, die im Rahmen des Projektes untersucht werden sollten, betrafen zum einen die Züchtungsmethodik (Ramsch im Vergleich zur Individualauslese) und die Reproduzierbarkeit. Die Erkenntnisse aus Wissenschaft und Praxis dienen letztendlich dazu, die Methoden (Liniengemische und Kreuzungspopulationen) hinsichtlich ihrer Eignung umfassend bewerten und Praxisempfehlungen geben zu können.

Aufgrund der vielversprechenden Ergebnisse wurde das Projekt um zwei Jahre (+ dreimonatige Corona-bedingte Verlängerung bei JKI/GF) verlängert. Ab dem 1. April 2020 wurden die Arbeiten des JKI/GF von Kleinmachnow (JKI/GF-KM) nach Braunschweig (JKI/GF-BS) verlegt. Zudem wechselten die Projektleitende sowie -mitarbeitenden. Auf Grund der guten Kommunikation im Vorfeld verlief dieser Wechsel problemlos. Nur Corona-bedingt gab es geringfügige Verzögerungen der Arbeiten. Für die Projektverlängerung wurden in einem weiteren Arbeitspaket Resistenzuntersuchungen der Einzellinien durchgeführt.

Zudem konnten in der zweijährigen Verlängerung die Kreuzungspopulationen 2020 an drei Standorten bis in die F4-Generation weitergeführt werden. Der abschließende Vergleich der verschiedenen Herkünfte, Ramschernte und Individualauslese fand 2021 an drei Standorten statt. Nur am Stammstandort Holste wurde die Reproduzierbarkeit durch die Gegenüberstellung der ersten und wiederholten Kreuzung untersucht.

Inhaltliche Darstellung der einzelnen Arbeitspakete

AP 1: Liniengemische - Optimierung und Praxiserprobung im Erwerbsanbau

Im Projekt 2810OE069 wurde aufgezeigt, dass die Ertragssicherheit im Kopfsalatsbereich durch den Anbau von Liniengemischen wesentlich erhöht wird. Das Risiko von Totalausfällen durch Befall mit *B. lactucae* ist deutlich minimiert. Die Homogenität in der Frühzeitigkeit und im Habitus kann bei Kopfsalat durch die Zusammensetzung der Gemische vergleichbar mit reinen Linien erreicht werden. Aufbauend auf den Erkenntnissen aus den Vorprojekten sollten verschiedene Sorten in den Gemischen ersetzt und den lokalen Gegebenheiten besser angepasst werden. Bei den Bataviasalaten ist es schwierig genügend Sorten zu finden, um phänotypisch einheitliche Gemische zu erhalten. Daher sollten im Bereich der Bataviasalate sehr vielfältige Gemische zusammengestellt werden, die als „bunte Kisten“ an den Endverbraucher gelangen. Hierfür wurden auf den Vorerfahrungen basierend alte und neue Linien aus den genannten Projekten zusammengestellt und an verschiedenen Standorten erprobt. Mit der Optimierung der Liniengemische sollte erreicht werden, dass lokal eine breite Palette geeigneter Liniengemische aus dem Bereich Kopfsalat und Batavia bereitgestellt werden kann. Ein erster Anbau von Liniengemischen in der Praxis wurde in den Vorprojekten grundsätzlich als interessant und für die Praxis tauglich eingeschätzt. Um die Anbauwürdigkeit der optimierten Liniengemische bewerten zu können, sollten diese unter Praxisbedingungen im breiteren Umfang lokal geprüft werden. In den Verlängerungsjahren 2020 und 2021 wurde an den drei Züchterstandorten der Effekt des Anbaus von Liniengemischen im Feld durch einen Vergleich mit den Ergebnissen der Einzelkomponenten untersucht.

AP2: Kreuzungspopulationen - Weiterentwicklung und erste Praxiserprobung im Erwerbsanbau

Im Projekt 2810OE069 konnten mit der Züchtung bis zur F3-Generation noch keine ausreichenden Schlussfolgerungen zur Züchtungsmethode getroffen werden.

Für die Weiterentwicklung der Kreuzungspopulationen standen drei Fragestellungen im Vordergrund:

1. Ist die Methode der Kreuzungspopulation reproduzierbar?
2. Mit welcher Methodik (Ramsch oder Individualauslese) sind Homogenität und Variabilität im richtigen Maß für optimale Felddruckergebnisse vorhanden?
3. Wird diese Züchtungsmethode von der Praxis akzeptiert?

Zu 1: Zur Prüfung der Reproduzierbarkeit der Methode mussten bestimmte Voraussetzungen gegeben sein. Aus dem BÖLN-Projekt 2810OE69 stand Saatgut der F3-Generation aus 2014 für einen Vergleich zur Verfügung. Die neue F3-Generation war aus Kreuzung mit den identischen Elternlinien zu reproduzieren. Hierfür wurde die Kreuzung 2016 im Vorfeld durch die Oldendorfer Saatzucht erneut erzeugt. Somit konnte die F3-Generation 2019 erreicht werden. 2020 konnte in der Projektverlängerung die Zielgeneration F4 erreicht werden. Der Vergleich der Herkünfte aus erster und wiederholter Kreuzung fand 2021 am Standort Holste statt.

Zu 2: Zur Klärung dieser Fragestellung sollte die Methode der Individualauslese mit der Ramschzüchtung bei Kopf- und Bataviasalaten verglichen werden, um das Maß der genetischen und phänotypischen Varianz zu justieren. 2020 wurde von beiden Varianten an drei Standorten das F4-Saatgut gewonnen, 2021 fand der vergleichende Anbau in zwei Sätzen an drei Standorten statt.

Zu 3: Kreuzungspopulationen wurden in dem Projekt (BÖLN 2810OE069) noch keiner Prüfung in der Praxis unterzogen. Daher musste zunächst generell geklärt werden, ob die mit dieser Methode erzeugten Linien mit einer höheren genetischen Variabilität in der Praxis Akzeptanz finden. Hierfür stand aus dem Vorprojekt Saatgut von Linien aus der Kreuzungspopulationszüchtung (F4) für eine Praxiserprobung im Erwerbsanbau zur Verfügung. 2020 und 2021 wurden die acht besten Kreuzungspopulationen an drei Standorten in zwei Sätzen erprobt.

AP3: Großanbau von Liniengemischen in der Praxis für den Großhandel

Die aus dem Erwerbsanbau positiv eingeschätzten Liniengemische sollten erstmals großflächig für den Großhandel angebaut und bewertet werden. Der Großanbau ausgewählter Liniengemische aus dem Bereich Kopf- und Bataviasalate sollte zweijährig erfolgen. Hier wurden über Kultursaat e. V. zwei Großhändler gewonnen.

AP 4: Akzeptanz in der Vermarktung

Neben der Akzeptanz durch den Anbauer als eine wesentliche Voraussetzung für eine Umsetzung sind neue Vermarktungsstrategien aufzubauen. Erste Marktanalysen sollten Aufschluss über die Zukunftsperspektiven dieser neuen Anbauform für den Großhandel liefern. Die Verbindung zum Großhandel wurde gleichfalls über Kultursaat e. V. aufgebaut.

AP 5: Virulenzanalysen von *B. lactucae*

Versuchsbegleitende Virulenzanalysen an den Anbaustandorten waren erforderlich, um lokale Erregerpopulationen zu erfassen und Rückschlüsse auf die Reaktionen der Sorten bzw. Liniengemische gegenüber Infektion mit *B. lactucae* ziehen zu können.

AP 3-Verlängerung: Resistenzuntersuchungen von Einzellinien gegenüber *B. lactucae*

In den Jahren 2020 und 2021 wurden die in den Liniengemischen verwendeten Einzellinien unter standardisierten Bedingungen auf ihre Resistenz/Anfälligkeit gegenüber definierten Rassen von *B. lactucae* überprüft. Auf dieser Basis konnten anfällige gegen resistente Linien für den Anbau der Liniengemische im folgenden Jahr ausgetauscht werden.

In den Balkenplänen ist der zeitliche Ablauf der geplanten Aufgaben in den Arbeitspaketen dargestellt (siehe Anhang, Abb. A1).

Zur Erreichung der Ziele wurden zum Ende jeder Vegetationsperiode Meilensteine wie folgt festgelegt:

Ende 2017:

- Auswahl erster Liniengemische für den Großhandel nach Empfehlung aus dem Erwerbsanbau
- Einschätzung der Anbauwürdigkeit der alten Kreuzungspopulationen (F4) für den Erwerbsanbau

Ende 2018:

- Feedback aus dem Erwerbsanbau und erstmalig vom Großhandel zu Anbauwürdigkeit der Liniengemische
- Auswahl von Liniengemischen für den wiederholten Anbau im Erwerbsanbau und für den Großhandel

Ende 2019:

- Einschätzung der Anbauwürdigkeit der Liniengemische für den Großanbau und der Akzeptanz in der Vermarktung
- Einschätzung der Züchtungsstrategien zur Kreuzungspopulation bei Individualauslese im Vergleich zur Vermehrung im Ramsch, Erarbeitung des Züchtungskonzeptes auf Basis aller Daten

Ende 2020:

- Charakterisierung der Linien aus den Liniengemischen hinsichtlich ihrer Resistenzeigenschaften - auf dieser Basis wurden für den Anbau in 2021 anfällige Linien gegen resistente ausgetauscht
- Abschluss der Herstellung der Kreuzungspopulationen in der F4-Generation für einen Vergleich in 2021 an den Standorten

Ende 2021:

- Beurteilung der Liniengemische mit ausgetauschten F4-Linien bezüglich ihrem Mehrwert gegenüber den ursprünglichen Liniengemischen
- Validierung der Methode der Kreuzungspopulationen

Mitte 2022:

- Charakterisierung weiterer Linien hinsichtlich ihrer Resistenzeigenschaften bezüglich relevanter *B. lactucae*-Rassen
- Abschluss der Virulenzuntersuchungen von in 2021 gesammelten *B. lactucae*-Isolaten

Über den gesamten Projektzeitraum erfolgten regelmäßige Absprachen der Projektpartner über den weiteren Ablauf der Züchtungsarbeiten und Versuche sowie eine jährliche Aufbereitung und Darstellung der Ergebnisse in Form von Zwischenberichten.

2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Es gibt derzeit kein Konzept für den ökologischen Anbau von Salat, um diesen für den Anbauer sicher und attraktiv zu gestalten. Die fehlende Anbausicherheit ist ein Grund, warum die Produktion von Salat aus ökologischem Anbau stagniert. Mit zunehmend extremen Witterungsbedingungen gewinnen Eigenschaften wie Trockenheitstoleranz, gute Nährstoffverwertung und hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Stressfaktoren an Bedeutung. Dabei ist eine gleichbleibend gute Produktqualität (Blattkonsistenz, Geschmack) zu gewährleisten. Eine wichtige Rolle spielen Resistenzen gegenüber Pathogenen wie *B. lactucae*, die zum Totalausfall ganzer Bestände führen können. Vom IBEB (International Bremia Evaluation Board) wird seit mehreren Jahren darauf verwiesen, dass mit den resistenten Sorten ein allumfassender Schutz gegen Falschen Mehltau nicht mehr gewährleistet werden kann. Daher wird verstärkt darauf hingewiesen, neben dem Anbau resistenter Sorten vorbeugende Kulturmaßnahmen durchzuführen und auf eine strikte Einhaltung der Betriebshygiene zu achten. Durch chemische Behandlung sollen Jungpflanzen zusätzlich geschützt werden, um der Bildung neuer Rassen auf dem Feld entgegenzuwirken (Pressemitteilung IBEB 2017). Gerade die Variabilität und Vielfalt des Erregers ist es, die die Züchtung auf vertikale, d. h. monogen bedingte Resistenz bei Salat in eine Sackgasse führt. Die Züchtung auf polygen bedingte, horizontale Resistenzen oder Feldresistenz ist bei Salat schwierig und kurzfristig keine umfassende Lösung des Problems. Daher müssen völlig neue Überlegungen angestellt und neue Wege in der Züchtung gegangen werden. In zwei Projekten, gefördert im Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (2810OE064 und 2810OE069), wurden bei Salat in Zusammenarbeit von dem Züchterverein Kultursaat e. V. und dem Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst (JKI) erstmals neue Züchtungsmethoden erprobt und hinsichtlich ihrer Eignung geprüft. Im Vergleich der Züchtungsmethoden zeigte sich, dass Liniengemische und Kreuzungspopulationen ein hohes Potenzial haben, um den Salatanbau weitaus sicherer zu gestalten. Grund ist eine höhere Variabilität durch die Durchmischung des Bestandes bzw. die Genetik, die bei Salat durch Liniengemische bzw. Kreuzungspopulationen erreicht wird, und ermöglicht damit eine variabelere Reaktion dieser Salatkulturen im Feldanbau auf Stressfaktoren als von reinen homozygoten Sorten in großflächigem Anbau. Erste Anbauversuche von Liniengemischen in ökologisch wirtschaftenden Gartenbaubetrieben stießen auf gute Akzeptanz bei den Anbauern. Die Arbeit mit Liniengemischen ist in Getreidekulturen zur Minimierung von Krankheitserregern und Ertragsstabilisierung vielfach erfolgreich erprobt (Bretschneider 1997, Finckh 2002, Flamm 2009). Bei Salat liegen mit Liniengemischen so gut wie keine Erfahrungen vor. Lediglich in Frankreich und Schweden erfolgte ein erster Versuchsanbau mit positiven Ergebnissen hinsichtlich eines geringeren Krankheitsbefalls und einer hohen Ertragsstabilität (Schärer 2005, Maisonneuve et al. 2012).

3. Material und Methoden

3.1. Liniengemische und Kreuzungspopulationen

Die Zusammensetzung der Liniengemische und die Herstellung der Kreuzungspopulationen erfolgten durch die Züchterin Ulrike Behrendt (Oldendorfer Saatzucht). Von der Oldendorfer Saatzucht wurden die einzelnen Linien für die Liniengemische erhalten und ausreichend Saatgut für die Feldversuche an den verschiedenen Standorten produziert. In Holste wurden 2016 in Vorbereitung des Projektes die Kreuzungen mit den gleichen Elternpaaren wie 2011 wiederholt sowie neue Kreuzungen vorgenommen. 2017 wurde die F1-Generation in Holste angebaut und das Gelingen der Kreuzungen durch die Züchterin beurteilt. Von mindestens zwei Einzelpflanzen der offenbar gelungenen Kreuzungen wurde Saatgut gewonnen, das 2018 als F2- und 2019 als F3-Generation zur Prüfung an den Züchterstandorten zur Verfügung stand. Die Prüfung der Kreuzungspopulationen erfolgte demzufolge an den Züchterstandorten über zwei Jahre bis zur F3-Generation. Die Liniengemische wurden über drei Jahre (2017 bis 2019) an den Züchterstandorten und in den Erwerbsbetrieben geprüft. 2020 und 2021 fand die Prüfung nur noch an den Züchterstandorten statt.

Die Linien und Kreuzungspopulationen stammen aus dem Bereich Kopfsalate und Batavia. Als anfälliger Standard diente in allen Versuchen die Sorte Neckarriesen (Bingenheimer Saatgut) und als resistenter Standard die Sorte Analena (Enza Zaden). 2017 wurde wegen Nichtverfügbarkeit als resistenter Standard eine Nachkommenschaft der Sorte Analena eingesetzt, die jedoch nicht das Resistenzniveau wie die

Sorte von Enza Zaden besaß. Ab 2020 wurde die Sorte Analena (Enza Zaden) als resistenter Standard durch die Sorte Mafalda (Hild) abgelöst, da die Resistenz von Analena offenbar durchbrochen war.

In Tabelle 1 sind die in die Feldversuche einbezogenen Liniengemische (LG) aufgelistet. Das Liniengemisch LG 2 kam 2018 und 2019 nicht mehr in den Anbau. 2020 wurden nur noch LG1, LG3, LG7, LG8 und LG10 angebaut, 2021 kamen die neuen Gemische LG5n und LG6n hinzu. Ein Vergleich der Ernteergebnisse aus Liniengemisch versus Einzellinien fand an den Züchterstandorten 2020 im Frühjahr und im Herbst und 2021 im Herbst statt.

Tab. 1: Liniengemische (LG) der Oldendorfer Saatzucht.

Bezeichnung	Beschreibung
LG 1	Kopfsalat, früh
LG 2	Kopfsalat, früh
LG 3	Kopfsalat, spät
LG 4	Kopfsalat, mittelfrüh
LG 5	Kopfsalat, leuchtendes Grün
LG 5n	Kopfsalat, alte Linien und neue Linien aus den Kreuzungspopulationen, nur 2021
LG 6	Kopfsalat, Buttersalat
LG 6n	Kopfsalat, neue Linien aus den Kreuzungspopulationen, nur 2021
LG 7	Batavia, bunt
LG 8	Batavia, klassische Form
LG 9	Batavia, grün
LG 10	Midisalat (Minibatavia)

2017 wurden erstmals neben dem Anbau am Züchterstandort in Holste Kreuzungspopulationen der F4-Generation aus der Oldendorfer Saatzucht in den Erwerbsbetrieben auf Anbauwürdigkeit geprüft (xp). 2018 und 2019 wurde der Nachbau aus 2016 wiederholten Kreuzungen (wp) außer in Holste auch an den Züchterstandorten angebaut (Tab. 2). 2020 und 2021 wurde die Anzahl der Linien und Kreuzungspopulationen auf 8 reduziert.

Tab. 2: Kreuzungspopulationen und Nachbau aus wiederholter Kreuzung.

F4/2017	Nachbau 2018 u. 2019	Nachbau 2020 u. 2021	Beschreibung
xp53			Gelbgrünlicher Kopfsalat, Kreuzung misslungen
xp58	wp58	wp58	Späterer Kopfsalat, xp58 nur Holste
xp59			Kompakter blasiger Kopfsalat, Kreuzung misslungen
xp60	wp60	wp60	Leuchtendgrüner Kopfsalat
xp6	wp6		Spätreifender, glatter Kopfsalat, xp6 nur Holste
xp10	wp10	wp10	Blasiger kompakter Kopfsalat
xp13	wp13	wp13	Frühzeitiger Kopfsalat
xp21	wp21	wp21	Kleinerer Kopfsalat
	wp55	wp55	Rotgrüner, offener Bataviasalat
xp26	wp26	wp26	Rot und grün spaltender Bataviasalat, xp26 nur Holste
xp29	wp29		Rot und grün spaltender Bataviasalat, xp29 nur Holste
xp61	wp62	wp62	Grüner, kopfender Bataviasalat, gleiche Kreuzung

3.2. Standorte

Die Prüfung der Liniengemische und Kreuzungspopulationen wurde an drei Züchterstandorten (Holste, Überlingen, Kleinmachnow bis 2019/Wolfenbüttel Ahlum ab 2020) durchgeführt. Die Erprobung ausgewählter Liniengemische auf ihre Anbauwürdigkeit erfolgte in vier Erwerbsbetrieben (Dietzenrode, Kreßberg, Überlingen, Vollersode). Die Standorte waren von Nord- bis Süddeutschland verteilt.

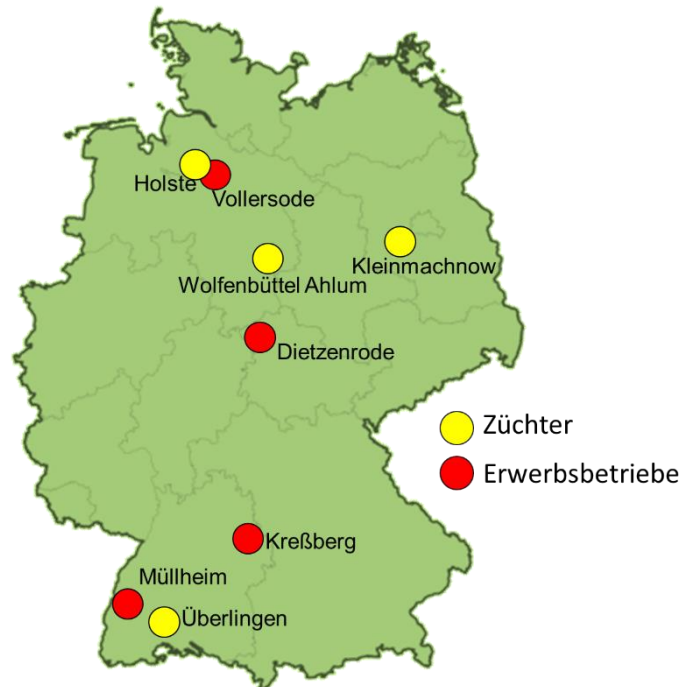


Abb. 3: Lage der Versuchsstandorte.

Züchterstandorte:

Holste: Oldendorfer Saatzucht

Lage in der Norddeutschen Tiefebene in der Nähe Bremens auf Geestboden mit ca. 30 Bodenpunkten. 700 mm Niederschlag, die ungleichmäßig auftreten. In den letzten Jahren kam es zu ausgedehnter Frühjahrstrockenheit und oft sehr regenreichen Sommermonaten. Auftreten von Falschem Mehltau im Herbstsatz sicher, im Sommer mit geringerem Befallsdruck.

Kleinmachnow: Versuchsfeld von JKI/GF-KM in Berlin-Dahlem

Lage 45 m über NN, mittlerer Jahresniederschlag 600 mm, mittlere Jahrestemperatur 8,8 °C

Der Boden hat eine Bodengüte zwischen 36 und 46 Bodenpunkten. Es handelt sich um lehmigen Sand, zum Teil Parabraunerde über einer mächtigen Tonschicht in zwei Meter Tiefe. Zunehmend lange Trockenperioden im Frühjahr.

Wolfenbüttel Ahlum: Versuchsfeld von JKI/GF-BS

Lage 117 m über NN, mittlerer Jahresniederschlag 627 mm, mittlere Jahrestemperatur 10 °C

Der Boden hat eine Bodengüte bei 78 Bodenpunkten. Es handelt sich um sandigen Lehm.

Überlingen: Gärtnerei Ralzhof

Vera Becher, Ralzhof, 88682 Salem Tuffingen, samenbau@rengo.de, Saatzuchtbetrieb in Überlingen am Bodensee

Überlinger Hügelland 450m über NN, mittelschwerer bis schwerer Lehmboden, Parabraunerde. Mildes, ausgeglichenes Bodenseeklima, 850 mm Niederschlag pro Jahr bei hoher Luftfeuchte. Spätes Frühjahr, warmer Herbst. Falscher Mehltau tritt u. U. schon im ersten Satz auf.

Erwerbsbetriebe:

Dietzenrode: Gärtnerei Walsegarten

Sebastian Vornhecke, Dorfstraße 5, 37318 Dietzenrode/Vatterode, walsegarten@gmx.de

Demeterbetrieb mit Gemüsevermarktung und Saatbau im Westen Thüringens, toniger, teils schluffiger Lehmboden.

Kreßberg: Schloss Tempelhof eG - Gärtnerei

Maya Lukoff, Tempelhof 3, 74594 Kreßberg, mayalukoff@gmail.com

Bio-Erwerbsbetrieb der Gemeinschaft Schloss Tempelhof in Hohenlohe/Franken zwischen Nürnberg und Stuttgart, 160 SoLaWi Mitglieder, schwere Böden (Ton bis sandiger Lehm)

Müllheim: Gärtnerei Piluweri

Matthias Ludwig, Am Stockacker, 79379 Müllheim-Hügelheim, matthias.ludwig@piluweri.de

In der Rheinebene und Vorbergzone zum Schwarzwald auf 230-300 m über NN. Mittelschwere Böden, mildes Weinbauklima mit etwa 700 mm Niederschlägen. Im Sommer oft längere Trockenheit und große Hitze. Problemgebiet für Falschen Mehltau.

Vollersode: Gärtnerei am Kronacker

Rainer Merkt, Bremer Berg 17, 27729 Vollersode, buero@gaertneri-kronacker.de

Demeter Erwerbsbetrieb mit Vermarktung von über 600 Abokisten, leicht anlehmiger Sand in der Norddeutschen Tiefebene zwischen Bremen und Bremerhaven.

Die einzelnen Standorte unterscheiden sich stark in ihren Bodenwerten und dem Nährstoffangebot. Holste und Kleinmachnow weisen im Vergleich zu den beiden Südstandorten die geringsten Bodenwerte bezüglich der Stickstoffnachlieferung auf. Auch bezüglich Witterungsbedingungen wie Frühjahrstrockenheit und Niederschlagsereignisse variierten die Standorte sehr stark. Im Norden wurden die Oldendorfer Saatzucht und in Mitteldeutschland das JKI/GF-KM als Trockenstandorte gewählt. Die süddeutschen Standorte zeichneten sich durch einen hohen Befallsdruck mit *B. lactucae* aus. Die Durchführung der Freilandversuche an den Standorten Kleinmachnow (JKI/GF-KM) und Wolfenbüttel Ahlum (JKI/GF-BS) erfolgte auf ökologisch zertifizierten Flächen des Versuchsfeldes. Bei den anderen Standorten handelt es sich um Gartenbaubetriebe mit ökologischer Wirtschaftsweise nach den Demeter-Richtlinien.

3.3. Feldversuche

Die Liniengemische und Kreuzungspopulationen wurden jeweils im Vergleich zu den beiden Standard-sorten in zwei bis drei Sätzen pro Versuchsjahr angebaut. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Anbauversuche an den Standorten.

Der Anbau der Liniengemische an den Züchterstandorten erfolgte jährlich als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen (10 Liniengemische á 36 Pflanzen pro Parzelle/Wiederholung; bei JKI/GF-BS 20 Pflanzen pro Parzelle/Wiederholung). Der erste Satz wurde im Frühjahr (Ende April bis Anfang Mai) angepflanzt und im Sommer zur Gemüsereife beurteilt. Der Herbstsatz diente der Sichtung in Bezug auf Resistenz gegenüber Schaderregern, insbesondere gegenüber *B. lactucae*. Die Bewertung wurde im Herbst zur Erntereife durchgeführt, zu einer Zeit, wo der Befallsdruck mit Falschem Mehltau in der Regel am höchsten ist.

In den Erwerbsbetrieben wurde 2018 und 2019 mit einem reduzierten Prüfumfang von nur zwei Wiederholungen gearbeitet. Auch wurde das Prüfsortiment auf 5 Liniengemische begrenzt. In den Versuchen ging es im Wesentlichen darum, ein Feedback zur Anbauwürdigkeit seitens der Praxis zu erhalten. 2020 und 2021 wurden zusätzlich zu den Gemischen ihre Komponenten einzeln angebaut. Eine Übersicht der verwendeten Linien findet sich im Anhang Tab. A1.

Tab. 3: Überblick über die 2017 bis 2021 durchgeführten Salat-Anbauversuche an den Züchterstandorten und in den Erwerbsbetrieben sowie erster Anbau für Großhandel (2 Betriebe); (LG: Liniengemische, KP: Kreuzungspopulationen).

	Standort	Satz	LG					KP					
			2017	2018	2019	2020	2021	2017 (F4*)	2018 (F2)	2019 (F3)	2020	2021	
Züchterstandorte	Holste	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		2	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-
		3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Überlingen	1	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x
		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x
	Kleinmachnow	1	x	x	x	-	-	-	x	x	-	-	-
		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3	x	x	x	-	-	-	x	x	-	-	-
	Wolfenbüttel Ahlum	1	-	-	-	x	x	-	-	-	-	-	-
		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3	-	-	-	x	x	-	-	-	-	-	-
Erwerbsbetriebe	Vollersode (Kronacker)	1	x	x	x	-	-	x	-	-	-	-	
		2	x	x	x	-	-	x	-	-	-	-	
		3	x	x	x	-	-	x	-	-	-	-	
	Müllheim (Piluweri)	1	x	x	x	-	-	x	-	-	-	-	
		2	x	x	x	-	-	x	-	-	-	-	
		3	x	x	x	-	-	x	-	-	-	-	
	Dietzenrode (Walsegarten)	1	x	x	x	-	-	x	-	-	-	-	
		2	x	x	x	-	-	x	-	-	-	-	
		3	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	
	Kreßberg (Tempelhof)	1	x	x	x	-	x	x	-	-	x	x	
		2	x	x	x	-	-	x	-	-	-	-	
		3	x	x	x	-	x	x	-	-	x	x	
Großhändler			-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	

* aus 28100E069

Bei den Kreuzungspopulationen wurden 2018 bis 2020 Einzelpflanzen der F2-, F3- bzw. F4-Generation entsprechend den gewünschten Merkmalen selektiert sowie zum Vergleich die Parzelle im Ramsch geerntet. Zur Gewinnung von Saatgut wurden die selektierten Pflanzen sowie Pflanzen einer Parzelle für den Ramsch mit Folie überdacht, oder die Pflanzen wurden ins Gewächshaus umgepflanzt und dort zur Samenreife gebracht. Der Anbau erfolgte an den Züchterstandorten randomisiert mit zwei Wiederholungen (10 bzw. 8 Kreuzungspopulationen á 20 Pflanzen pro Parzelle/Wiederholung). 2020 und 2021 fand der Anbau an den Züchterstandorten mit zwei Wiederholungen statt. 2021 fand der abschließende Versuchsanbau zur Evaluierung der Zuchtmethode statt. An drei Standorten wurden zum Vergleich der Herkünfte 8 verschiedene Kreuzungspopulationslinien angebaut. In Holste waren die Einzel- und Gesamtpartien aller Herkünfte vertreten. Hinzu kam der Vergleich der wiederholten Kreuzungen aus 2016 mit den ersten Kreuzungen aus 2011. An den Standorten Überlingen und Kreßberg wurden die eigenen Partien jeweils mit denen aus Holste verglichen. Die verwendeten Partien sind Tabelle A2 im Anhang zu entnehmen. Die Sichtungen fanden im Frühjahr und Herbst statt.

Zusätzlich wurde im Vergleich zum Züchterstandort Holste erstmals in den Erwerbsbetrieben die Anbauwürdigkeit von 8 Kreuzungspopulationen der F4-Generation in drei Sätzen getestet. Dies erfolgte 2017

jeweils im Blockversuch mit vier Wiederholungen. Im Großhandel wurden erstmals ausgewählte Liniengemische zum Verkauf in begrenztem Umfang angeboten. Hierfür wurde ein einfaches Schema für Rückmeldung zu Erntefähigkeit und Abverkauf entwickelt.

3.4. Prüfmerkmale

Die Bewertung der Liniengemische und Kreuzungspopulationen erfolgte an den Standorten nach einheitlichen Kriterien, zum einen auf ihre wertgebenden Eigenschaften im Frühjahr sowie auf ihre Widerstandsfähigkeit bei erhöhtem Krankheitsdruck im Herbst.

Die Bewertung erfolgte anhand nachfolgend aufgeführter Prüfmerkmale:

- Morphologische Merkmale (Farbe, Wuchsform)
- Schossfestigkeit
- Bl:Resistenz (Resistenz gegenüber *B. lactucae*)
- Widerstandsfähigkeit gegenüber anderen Schaderregern
- Trockenheitstoleranz
- Innenbrandtoleranz
- Erntereife, Ertrag
- Homogenität in den sortenbestimmenden Eigenschaften
- Geschmack (nicht von JKI/GF-BS bonitiert)

Die einzelnen Merkmale wurden entweder zahlenmäßig erfasst oder mittels einer Boniturskala von 1 bis 9 bewertet, wobei 1 die geringste Ausprägung und 9 die stärkste Ausprägung des Merkmals beschreibt. Ein wichtiger Parameter war die Ermittlung des Anteils nicht erntefähiger Salatköpfe, wobei nach den Ursachen für die Nichterntefähigkeit zu differenzieren war. Die Homogenität der Liniengemische bzw. Kreuzungspopulationen sowie sortenbestimmende Eigenschaften der Salate einschließlich Geschmack wurden nach Boniturstufen von 1 bis 9 bewertet.

Die Trockenheitstoleranz und Nährstoffeffizienz wurde anhand der Ertragsdaten und dem Anteil marktfähiger Köpfe beurteilt. Zu Versuchsende wurde jeweils das Erntegewicht von je 10 Pflanzen pro Wiederholung ermittelt.

Für die Erwerbsbetriebe wurde das Bewertungsschema vereinfacht. Hier ging es in erster Linie um die Bewertung der Anbauwürdigkeit, Einschätzung der Homogenität und Erfassung marktfähiger Exemplare sowie der Ausfälle an Pflanzen durch Falschen Mehltau.

3.5. Screening von Salatlinien gegenüber ausgewählten *B. lactucae*-Rassen unter standardisierten Bedingungen

Zur von Umweltfaktoren unabhängigen Ermittlung der Resistenz/Anfälligkeit der für die Liniengemische verwendeten Einzellinien, wurden 48 und 40 Linien (2020 bzw. 2021) unter standardisierten Bedingungen gegenüber den derzeit relevantesten *B. lactucae*-Rassen BI: 33EU, BI: 34EU und BI: 36EU (2021 zusätzlich: BI: 35EU und BI: 37EU) getestet. Die *B. lactucae*-Isolate der Rassen BI: 33EU, BI: 34EU und BI: 36EU wurden von JKI/GF-KM erhalten, die der Rassen BI: 35EU und BI: 37EU vom Geves (Frankreich). Die Isolate wurden auf der anfälligen Sorte Neckarriesen vermehrt. Die Prüfung der Einzellinien erfolgte modifiziert nach der Methode der CPVO-Richtlinie (CPVO-TP 013/5, Community Plant Variety Office) in Klimakammern. Die Bonituren erfolgten 7, 10 und 14 Tage nach Inokulation. Die Bewertung der Resistenz/Anfälligkeit erfolgte anhand der Boniturskala zur „Bewertung der *Bremia*-Reaktions-Phänotypen von Salatsämlingen“ des IBEB (https://worldseed.org/wp-content/uploads/2016/05/Figure-1_IBEB.pdf?_ga=2.36655075.2126164535.1654770961-712832086.1654770961).

3.6. Virulenzuntersuchungen

Für die Untersuchungen zum Virulenzspektrum von *B. lactucae* wurden 2017-2019 von jedem Standort repräsentative Proben vom Feld gesammelt und an das JKI/GF-KM versendet. 2020 und 2021 erfolgten die Untersuchungen nur für ausgewählte Standorte. Am JKI/GF wurde der Erreger auf der anfälligen

Sorte Attraktion bzw. Neckarriesen vermehrt und anschließend im Klimakammertest anhand des Testpflanzensortimentes EU-C des IBEB (International Bremia Evaluation Board, Tab. 4) auf vorhandene Virulenzen geprüft. Die Prüfung erfolgte entsprechend der Methode der CPVO-Richtlinie (CPVO-TP 013/5, Community Plant Variety Office). Die Bewertung der Resistenz/Anfälligkeit der Pflanzen erfolgte ebenfalls anhand der Boniturskala des IBEB (s. o.). Neben der Rassenanalyse, d. h. der Klassifizierung nach physiologischen Rassen anhand des Testpflanzensortimentes und der Ermittlung der Sextett Codes wurden die Virulenzstrukturen der *Bremia*-Populationen anhand weiterer Parameter (Virulenzfrequenz und Virulenzkomplexität) beschrieben. Bei der Virulenzfrequenz wurde die Häufigkeit einzelner Virulenzfaktoren, d. h. die relative Häufigkeit von Isolaten in einer Stichprobe, welche den gleichen Virulenzfaktor aufweisen, ermittelt. Mit der Virulenzkomplexität wird die Anzahl an Virulenzfaktoren pro Isolat angegeben. Sie ist Ausdruck für die Fähigkeit eines Isolates, die Resistenzgene der Wirtspflanze zu überwinden. In den Untersuchungen wurde die Virulenzkomplexität von 0 bis 6 als niedrig, von 7 bis 10 als mittel und von 11 bis 15 als hoch eingestuft.

Die Virulenzanalysen von *B. lactucae* an den Standorten lassen Rückschlüsse auf das aktuelle Virulenzspektrum in den Anbauregionen zu und ermöglichen, lokale Änderungen im Auftreten von Erregerformen nachzuvollziehen.

Tab. 4: Testpflanzensortiment EU-C des IBEB zur Identifizierung der Virulenzen von *Bremia lactucae*.

Nummer Sextett	Nummer im Set	Sorte/Linie
0	0	Green Towers
1	S1	Dandie
	S2	R4T57 D
	S3	UC DM14
	S4	NunDm15
	S5	CGDm16
	S6	Colorado
2	S7	FrRsal-1
	S8	Argelès
	S9	RYZ2164
	S10	RYZ910457
	S11	Bedford
	S12	Balesta
3	S13	Bartoli
	S14	Disign
	S15	Kirille

4. Wichtigste Ergebnisse

4.1. Liniengemische

4.1.1. Prüfung an den Züchterstandorten

Standortbedingungen und Befallssituation mit *B. lactucae*

Entsprechend ihrer geografischen Lage waren die Wuchsbedingungen an den Standorten in den Jahren unterschiedlich. 2017 gab es durch die feuchte Witterung bedingt vor allem an den *Bremia*-relevanten Standorten wie Holste, Vollersode und Überlingen höhere Verluste. In Dietzenrode und Kleinmachnow wurde der Herbstsatz gegen Krähenfraß mit Netz abgedeckt, was einen sehr hohen *Bremia*-Befall zur Folge hatte.




In den extrem heißen und trockenen Jahren 2018 und 2019 litten die Salate besonders in Dietzenrode und Müllheim unter Hitzestress, was zu Ausfällen durch Innenbrand und Blattrandnekrosen führte. In Holste entwickelte sich im Lauf der Jahre ein ansteigender Befallsdruck durch *B. lactucae*, was schon im

Sommersatz zu Verlusten führte. Am Standort Überlingen führte jeweils im Frühjahr der Innenbrand zu höheren Verlusten, im Herbst der Befall mit *B. lactucae*.

In Tabelle 5 ist die Befallsituation mit *B. lactucae* an den Standorten in den Prüffahren 2017 bis 2019 dargestellt. 2017 war der Befallsdruck an den meisten Prüfstandorten außerordentlich hoch, wohingegen auf Grund der trockenen Witterung 2018 außer in der Bodenseeregion (Überlingen) und am Züchterstandort Holste kein nennenswerter Befallsdruck durch *B. lactucae* zu verzeichnen war. 2019 war der Befallsdruck in den einzelnen Regionen sehr unterschiedlich, zum Teil auch sehr stark. 2020 war ein durch die trockene Witterung sehr befallsarmes Jahr. Außer in Holste vor allem im ersten Satz gab es kaum Verluste durch *B. lactucae*. 2021 war der Befallsdruck dagegen hoch, erstmals auch am Standort Kreßberg.

Tab. 5: Befallsdruck mit *Bremia lactucae* an den Prüfstandorten.

	2017	2018	2019	2020	2021
Holste	Starker Befallsdruck	Geringer Befallsdruck	Starker Befallsdruck	Starker Befallsdruck	Starker Befallsdruck
Überlingen	Starker Befallsdruck	Starker Befallsdruck	Starker Befallsdruck	Mittlerer Befallsdruck	Starker Befallsdruck
Kleinmachnow	Starker Befallsdruck	Mittlerer Befallsdruck	Mittlerer Befallsdruck		
Wolfenbüttel Ahlum	Starker Befallsdruck	Mittlerer Befallsdruck	Starker Befallsdruck	Mittlerer Befallsdruck	Starker Befallsdruck
Vollersode	Starker Befallsdruck	Mittlerer Befallsdruck	Starker Befallsdruck		
Dietzenrode	Starker Befallsdruck	Mittlerer Befallsdruck			
Müllheim	Starker Befallsdruck	Mittlerer Befallsdruck	Mittlerer Befallsdruck		
Kreßberg	Mittlerer Befallsdruck	Mittlerer Befallsdruck	Mittlerer Befallsdruck	Mittlerer Befallsdruck	Starker Befallsdruck

 Geringer Befallsdruck, keine oder geringe Ausfälle durch *B. lactucae*
 Mittlerer Befallsdruck, Ausfälle durch *B. lactucae* bis 25 %
 Starker Befallsdruck, Ausfälle durch *B. lactucae* über 25 %

Um die Leistungsfähigkeit der optimierten Liniengemische beurteilen zu können, wurde in den Prüffahren 2017 bis 2021 in den Frühjahrs- und Herbstsätzen jeweils der prozentuale Anteil erntefähiger Pflanzen (Erntefähigkeit) ermittelt. Die Liniengemische wurden nach ihrer Erntefähigkeit in Klassen eingeteilt. Am leistungsstärksten wurden die LG eingeschätzt, die über 80 % erntefähig waren. Bei geringerer Erntefähigkeit wurden die LG als bedingt bzw. nicht ausreichend leistungsfähig bewertet (siehe Legende der Tabellen). Zur besseren Veranschaulichung wurden die Daten farblich entsprechend der Klasseneinteilung hinterlegt.

In allen Versuchsjahren war die **Erntefähigkeit** im Frühjahr höher als im Herbst, was der gartenbaulichen Praxis entspricht, da im Herbstsatz die Wachstumsbedingungen für die Pflanzen häufig weniger optimal sind als im Frühjahr und eine erhöhte Gefahr des Auftretens von Krankheiten besteht. Höhere Einbußen gab es im Frühjahr (Anhang Tab. A3, Tab. A4) in Überlingen 2019 durch Hitzeschäden. In Holste wurden die Standardsorten Neckarriesen und Analena schon im ersten Satz stark durch *B. lactucae* reduziert. Sonst wurden die Ergebnisse zur Erntefähigkeit als zufriedenstellend eingeschätzt. In der Regel waren im Frühjahr keine signifikanten Unterschiede in der Marktfähigkeit der Liniengemische und Standardsorten zu verzeichnen, hier exemplarisch für den Standort Kleinmachnow für 2017, 2018 und 2019 (Anhang Abb. A2) dargestellt. 2020 und 2021 waren die Ernteraten der Liniengemische an allen Standorten gut. Nur am Standort Holste wurde der anfällige Standard Neckarriesen schon im ersten Satz stark durch *B. lactucae*-Befall reduziert (Anhang Tab. A5).

Im Herbstsatz 2017 bis 2019 (Tab. 6) traten an den Züchterstandorten dagegen große Unterschiede in der Erntefähigkeit auf. Ursachen hierfür sind regional unterschiedliche Witterungseinflüsse und das Auftreten von Krankheiten. Nicht jedes Liniengemisch ist für einen Herbstanbau geeignet. Die Kopfsalatmischung LG1 ist nur für den frühen Anbau konzipiert und konnte bei hohem Befallsdruck durch *B. lactucae* in den späteren Sätzen nicht überzeugen. Da das ebenfalls frühzeitige Gemisch LG2 2017 nicht den erwarteten Anforderungen entsprach, wurde es aufgelöst und mit den besten Komponenten in LG1 überführt. Von den anderen Kopfsalatsmischungen LG3 bis LG6 zeichneten sich über die Standorte und Jahre

LG3 und LG4 als beste Varianten aus. Ab 2018 wurde daher für die Erwerbsbetriebe LG4 als Versuchsmischung ausgewählt. Unter sehr starkem Befallsdruck durch *B. lactucae* oder bei starker Hitze konnten die Kopfsalatgemische die schlechten Wuchsbedingungen teilweise nicht hinreichend ausgleichen, zeigten aber außer am Standort Überlingen, wo die schlechten Resultate durch gleichzeitiges Auftreten von Innenbrand und *B. lactucae* verursacht wurden, bessere Ergebnisse als die Standards. Die besten Ernteergebnisse über alle Jahre und Standorte zeigten die Bataviagemische LG7 und LG8. Sie waren in jedem Fall im Ertrag besser oder ungefähr gleichauf (Überlingen, Herbst 2019) im Vergleich zu den Standardsorten Neckarriesen und Analena. Die Unterschiede in der Ertragsfähigkeit im Vergleich zu den Standardsorten konnten statistisch abgesichert werden, wie in Abbildung A3 (Anhang) für den Standort Holste dargestellt ist. Im heißen und trockenen Jahr 2020 wurden die Ergebnisse des anfälligen Standards Neckarriesen durch die Liniengemische deutlich übertroffen. Ausnahmen bildeten die Liniengemische in Überlingen, wo die Ausfälle in den Liniengemischen durch zu klein gebliebene Pflanzen verursacht wurden, und die Kopfsalatgemische LG1 und LG3 in Wolfenbüttel Ahlum. 2021 war der Befallsdruck von *B. lactucae* erneut höher, so dass Neckarriesen sehr stark durch *B. lactucae* reduziert wurde. Dadurch konnten sich die Liniengemische deutlich positiv abheben. Besonders die Bataviagemische LG7 und LG8 und die neu zusammengestellten Kopfsalatgemische LG5n und LG6n waren sehr erfolgreich im Anbau.

Tab. 6: Erntefähigkeit (% Anteil marktfähiger Köpfe) der LG an den Züchterstandorten im Herbstsatz 2017 bis 2021.

Herbst	2017			2018			2019			2020				2021			
	HO	ÜB	KLM	HO	ÜB	KLM	HO	ÜB	KLM	HO	ÜB	KB	WF	HO	ÜB	KB	WF
LG 1	60	5	22	72	40	86	76	20	79	60	57	91	18	54	59		79
LG 2	59	1	47														
LG 3	79	10	44	92	35	93	79	25	91	40	62	91	20	64	74	81	84
LG 4	82	5	40	85	26	83	74	28	77								
LG 5	70	14	38	85	26	79	73	21	80								
LG 5n														87	81	89	74
LG 6	86	8	42	89	49	78	72	14	81								
LG 6n														92	88	90	92
LG 7	90	61	42	96	50	99	92	53	89	73	57	98	88	91	88	71	94
LG 8	97	57	52	99	71	99	98	45	90	72	88	96	88	91	85	84	87
LG 9	86	50	39	96	58	98	87	26	93								
LG 10	81	28	54	89	49	94	89	53	84	58	43	91	53	74	89	86	56
Neckarriesen	0	7	0	72	18	88	38	48	66	31	92	72	20	16	11	84	50
Analena	24	0	14	89	63	95	26	58	88								
Mafalda										38	88	90	50	95	82	96	96

 0-19% erntefähig	HO Standort Holste
 20-39% erntefähig	ÜB Standort Überlingen
 40-59% erntefähig	KLM Standort Kleinmachnow
 60-79% erntefähig	WF Standort Wolfenbüttel Ahlum
 80-100% erntefähig	

Die Ausfälle durch *B. lactucae* wurden jeweils für die Herbstsätze dargestellt. Hierbei erfolgte gleichfalls eine Einteilung in Klassen, die zur besseren Veranschaulichung farblich gekennzeichnet wurden (Tab. 7).

Tab. 7: Ausfälle durch *Bremia lactucae* im Herbstanbau an den Züchterstandorten (2017 bis 2021).

Herbst	2017			2018			2019			2020				2021			
	HO	ÜB	KLM	HO	ÜB	KLM	HO	ÜB	KLM	HO	ÜB	KB	WF	HO	ÜB	KB	WF
LG 1	20	87	75	3	34	0	20	31	0	10	0	0	0	36	32		10
LG 2	19	73	31														
LG 3	14	69	51	4	48	0	15	32	0	11	1	0	0	24	12	16	0
LG 4	12	66	47	3	36	0	17	26	0								
LG 5	18	63	56	4	54	0	19	37	0								
LG 5n														8	5	10	0
LG 6	8	47	40	2	24	0	16	19	0								
LG 6n														2	0	8	0
LG 7	0	25	56	1	19	0	1	18	0	16	5	0	0	4	0	28	0
LG 8	3	30	47	0	15	0	0	11	0	11	1	0	0	5	5	15	8
LG 9	7	31	59	2	32	0	4	25	0								
LG 10	5	55	44	8	14	0	3	21	0	11	6	0	0	15	10	13	31
Neckarriesen	50	86	99	17	78	0	60	35	0	38	0	4	0	84	87	16	50
Analena	76	100	85	0	16	0	73	13	0								
Mafalda										0	0	1	0	0	0	1	0

Klasse 1
Klasse 2
Klasse 3

< 15 % Ausfall durch *B. lactucae*
 15-25 % Ausfall durch *B. lactucae*
 > 25 % Ausfall durch *B. lactucae*

HO Standort Holste
 ÜB Standort Überlingen
 KLM Standort Kleinmachnow
 WF Standort Wolfenbüttel Ahlum

Unter Bedingungen mit einem hohem Befallsdruck wie 2017 bis 2019 bedingt durch die Witterung oder Kulturmaßnahmen wie einer Netzabdeckung (JKI/GF-KM 2017) wiesen die Kopfsalatgemische Verluste durch *B. lactucae* z. T. von über 50 % auf. Die Verluste waren jedoch trotzdem deutlich geringer als die bei dem anfälligen Standard Neckarriesen (Tab. 7). Auch Analena als resistenter Standard wurde befallen, die Resistenz wurde hier durchbrochen. Die Bataviagemische LG7 und LG8 zeigten die geringsten Verluste durch *B. lactucae*, die größtenteils im tolerierbaren Bereich blieben. 2020 war der Befallsdruck allgemein gering, wodurch die Verluste bis auf bei Neckarriesen in Holste moderat blieben. 2021 trat *B. lactucae* erstmals in Kreßberg auf (Tab.7). Bei den Kopfsalatgemischen gab es bei den alten Gemischen LG1 und LG3 nennenswerte Verluste durch Befall mit *B. lactucae*, während die neu zusammengestellten Gemische LG5n und LG6n nur wenig befallen wurden. Außer in Kreßberg zeigten sich die Gemische jedoch gegenüber dem anfälligen Standard Neckarriesen deutlich stabiler.

Vergleich der Gemische zu den Einzelkomponenten

2019 wurden in Holste die Liniengemische sowie die einzelnen Komponenten der Gemische im Sommer und Herbst vergleichend angebaut. Um die Wirkung der Liniengemische herauszustellen, wurden die Ernteergebnisse und die Verluste durch *B. lactucae* zwischen den Liniengemischen und dem Mittelwert ihrer Einzelkomponenten verglichen. Insbesondere hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegenüber *B. lactucae* sind deutliche Effekte sichtbar (Abb. 4). Bei den Kopfsalaten erwiesen sich im Herbstanbau 2019 die Liniengemische (LG1 - LG6) jeweils deutlich weniger anfällig für *B. lactucae* als der Mittelwert der jeweiligen Einzelkomponenten. Bei den Bataviasalaten, die im Vergleich zu den Kopfsalaten generell deutlich weniger anfällig für *B. lactucae* sind, ist der positive Effekt durch die Liniengemische (LG7 bis LG10), wenngleich in geringerem Maße, ebenfalls sichtbar (Abb. 4). Die Wirkung der Gemische spiegelt sich auch in den gesamten Ernteergebnissen wider (Abb. 5). Bei den Kopfsalaten waren die Erträge der Liniengemische deutlich stabiler als im Mittelwert der Einzellinien. Bei den Bataviagemischen kam der positive Effekt insbesondere dann zum Tragen, wenn wie bei LG7 im Herbst für einzelne Komponenten des Liniengemisches eine erhöhte Anfälligkeit für *B. lactucae* vorlag.

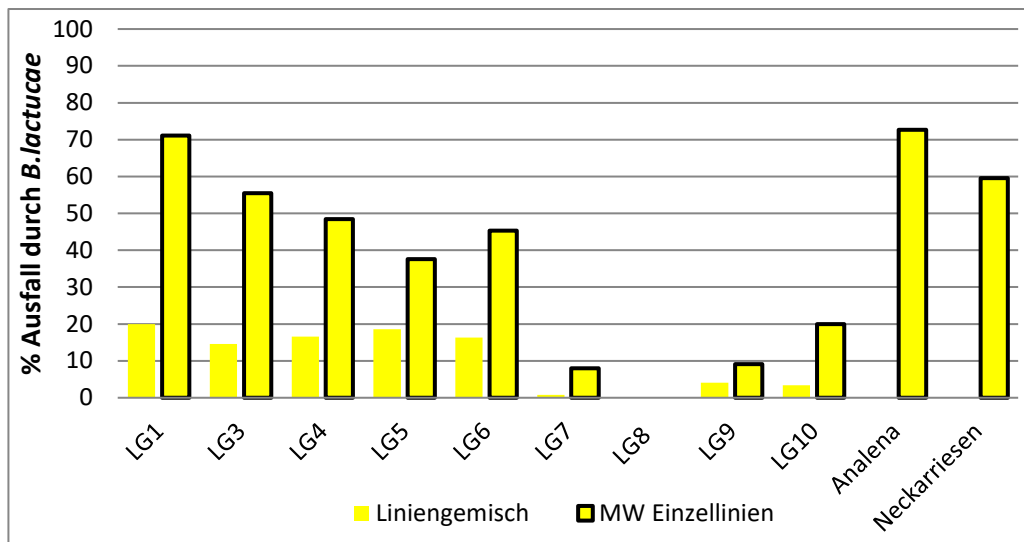


Abb. 4: Prozentualer Ausfall durch *Bremia lactucae* in den Liniengemischen im Vergleich zum Mittelwert der Einzelkomponenten (MW Einzellinien). Holste Herbst 2019.

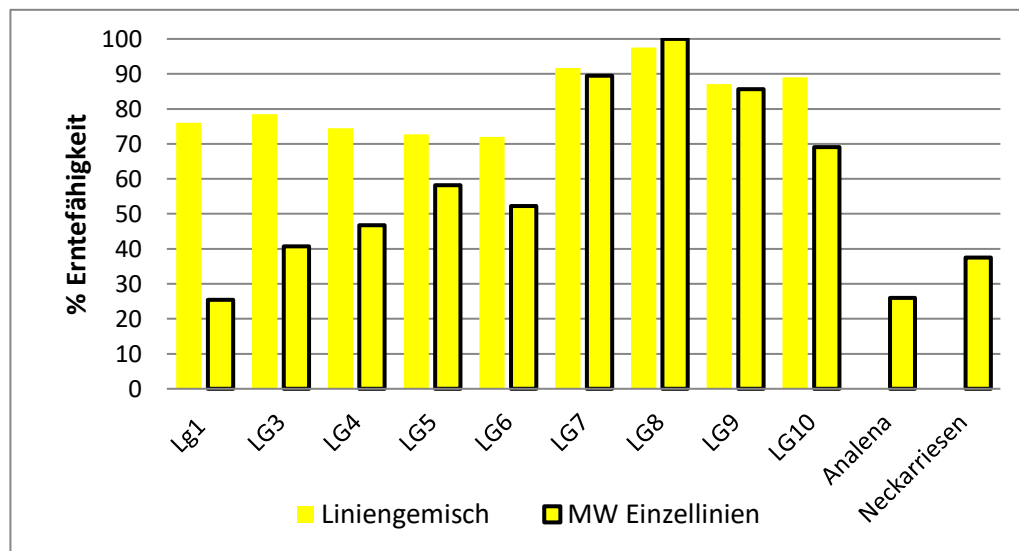


Abb. 5: Erntefähigkeit in Prozent der Liniengemische im Vergleich zum Mittelwert der Einzelkomponenten (MW Einzellinien). Holste Herbst 2019.

2020 und 2021 wurden an insgesamt vier Standorten die Liniengemische mit dem Mittelwert aus den Einzelkomponenten verglichen. Der Mehrwert der Gemische bestätigte sich durch die geringeren Verluste durch *B. lactucae* an allen Standorten mit Ausnahme von LG7 in Kreßberg und LG5 in Wolfenbüttel Ahlum (Abb. 6). Die Erntefähigkeit war entsprechend bei den Liniengemischen erhöht (Abb.7). Ausnahmen bildeten nur LG7 in Kreßberg und LG5 in WF Ahlum. Die größten Unterschiede zeigten sich bei den *B. lactucae*-anfälligen Liniengemischen LG1, LG3 und LG10.

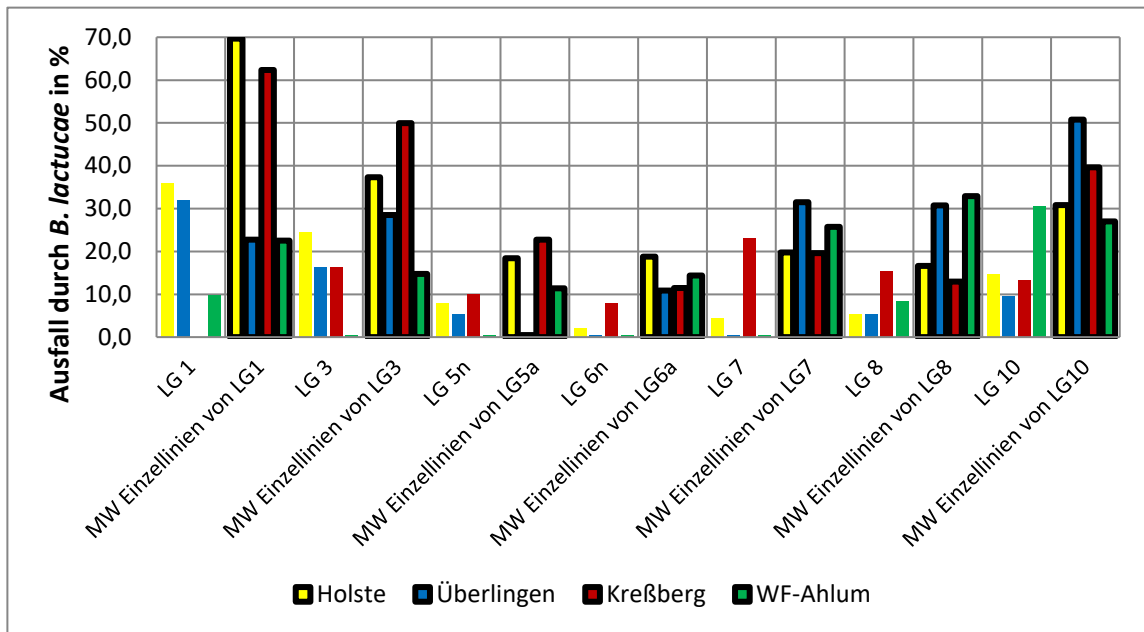


Abb. 6: Prozentualer Ausfall durch *Bremia lactucae* in den Liniengemischen im Vergleich zum Mittelwert der Einzelkomponenten (MW Einzelzlinien). Herbst 2021. LG1 wurde in Kreßberg nicht angebaut.

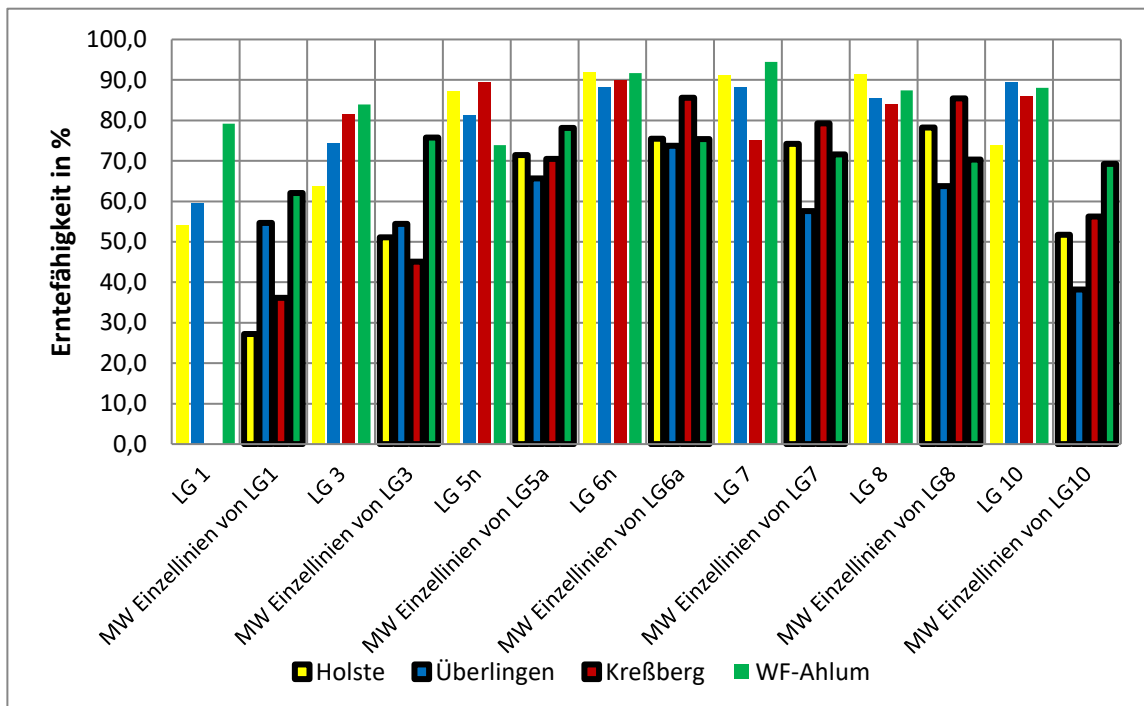


Abb. 7: Erntefähigkeit in Prozent der Liniengemische im Vergleich zum Mittelwert der Einzelkomponenten (MW Einzelzlinien). Alle Standorte Herbst 2021. LG1 wurde in Kreßberg nicht angebaut.

Wie für LG3 dargestellt ist (Abb. 8), enthielten die Liniengemische Einzelzlinien wie x24a und Stern, die dem Befallsdruck durch *B. lactucae* gut standhalten konnten, während andere wie x50 und x52 hoch anfällig waren. Daraus ergab sich im Herbst eine durchschnittliche Ausfallrate von 57 % gegenüber 16 % in dem Liniengemisch. Im Sommer war der positive Effekt des Liniengemisches ebenso sichtbar.

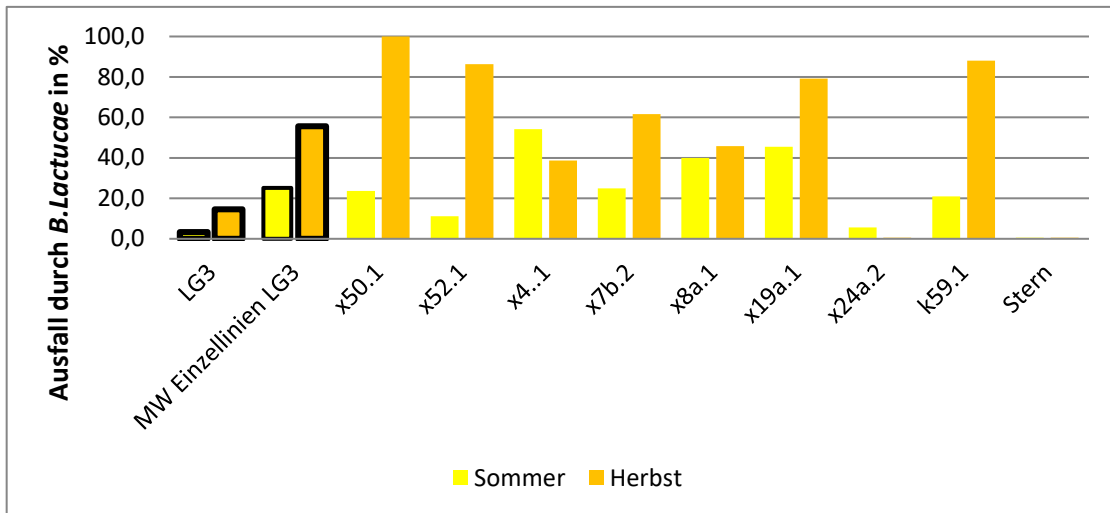


Abb. 8: Prozentualer Ausfall durch *Bremia lactucae* im Liniengemisch LG3 im Vergleich zu dem Mittelwert der Linien (MW Einzellinien) und den Einzellinien des Liniengemisches. Holste Sommer und Herbst 2019.

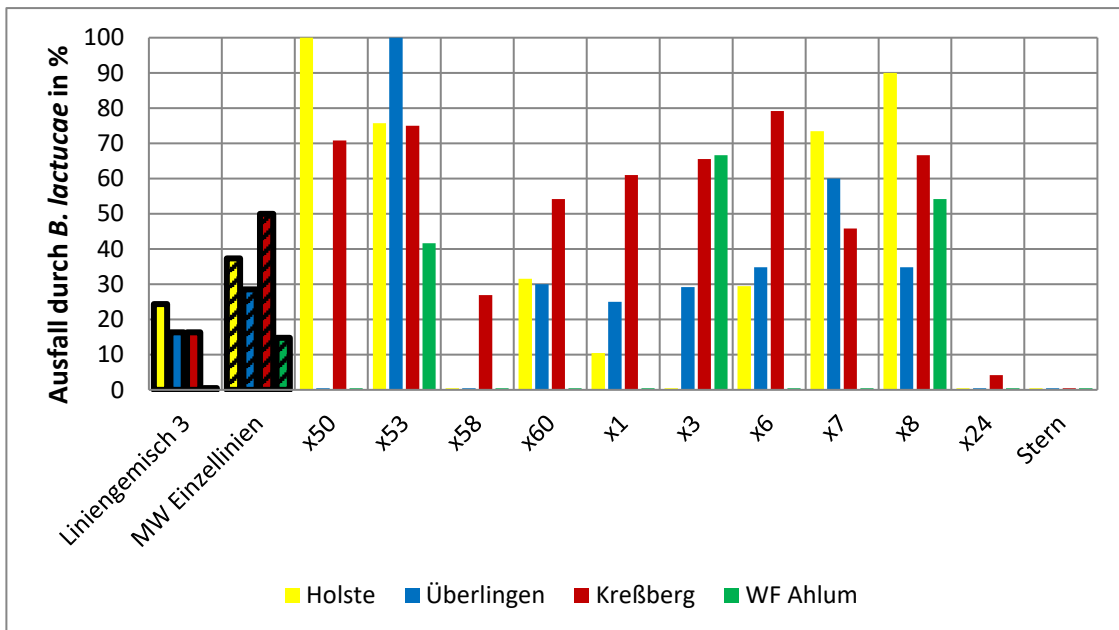


Abb. 9: Prozentualer Ausfall durch *Bremia lactucae* im Liniengemisch LG3 im Vergleich zu dem Mittelwert der Linien (MW Einzellinien) und den Einzellinien des Liniengemisches an den vier Standorten. Herbst 2021.

Anfällig gewordene Einzellinien waren im Liniengemisch LG3 2021 bereits ausgetauscht. Es gab an allen Standorten auch bei 8 von 11 der Einzellinien unterschiedlich hohe Verluste durch *B. lactucae* (Abb. 9). Diese waren jedoch im Liniengemisch immer deutlich geringer als bei den Mittelwerten der Einzelkomponenten.

2021 wurden erstmals zwei Gemische mit Linien aus neueren Kreuzungen zusammengestellt, die für die Kreuzungspopulationen durchgeführt wurden. Das Liniengemisch LG6n (Abb.10) bestand nur aus Linien, die sich in der F4- und F5-Generation befanden. Hier waren die Verluste im Liniengemisch gering und nur 3 von 11 Linien an mehr als einem Standort hoch anfällig für *B. lactucae* (Abb. 10). Auch in dieser Zusammenstellung mit vielen resistenten Linien war das Liniengemisch dem Mittelwert der Einzellinien überlegen.

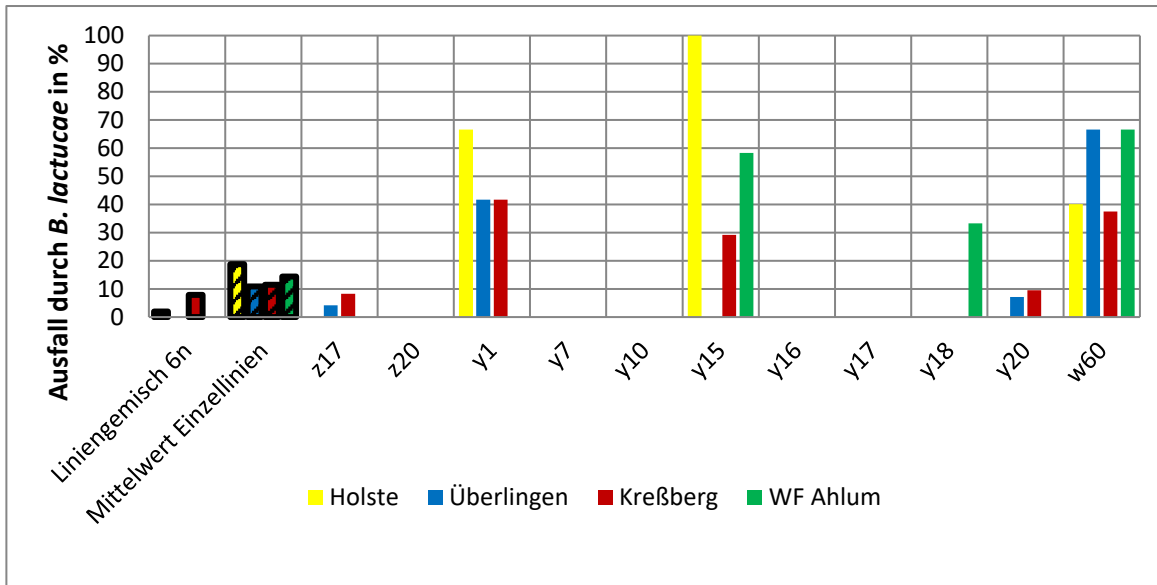


Abb. 10: Prozentualer Ausfall durch *Bremia lactucae* im Liniengemisch LG6n im Vergleich zum Mittelwert der Linien (MW Einzellinien) und den Einzellinien des Liniengemisches an den vier Standorten. Herbst 2021.

4.1.2. Anbau ausgewählter Liniengemische in den Erwerbsbetrieben

In den Frühjahrssätzen gab es wie an den Züchterstandorten im Allgemeinen gute Ernteergebnisse für die Liniengemische, die besonders für die Bataviagemische besser waren als die Resultate der verwendeten Standardsorten Neckarriesen und Analena. In Vollersode wurden die Ernteraten schon in den Frühjahrssätzen durch *B. lactucae*-Befall reduziert (Anhang, Tab. A4).

Im Herbst ergab sich entsprechend den sehr unterschiedlichen Bedingungen der Erwerbsstandorte ein differenziertes Bild (Tab. 8 und 9). In Kreßberg fielen in allen Jahren die Ernteraten nicht unter 90 %. Verluste durch *B. lactucae* und Trockenschäden traten hier nicht auf. 2017 mit einem hohen Befallsdruck durch *B. lactucae* zeigten sich die Liniengemische in Vollersode und Müllheim gegenüber den Standardsorten deutlich stabiler und wiesen bedeutend weniger Verluste durch Falschen Mehltau auf. In Dietzenrode wurde die Infektion mit Falschem Mehltau durch eine Netzabdeckung gefördert, infolge dessen hohe Ertragsausfälle durch *B. lactucae* am Standort zu verzeichnen waren. 2018 und 2019 wurden in Dietzenrode und Müllheim die Abernteraten durch Trockenschäden an den Salaten reduziert.

Tab. 8: Erntefähigkeit (% Anteil marktfähiger Köpfe) der Liniengemische (LG) in den Erwerbsbetrieben 2017 bis 2019 (Herbstsatz).

Herbst	2017				2018				2019			
	Vollersode	Dietzenrode	*Müllheim	Kressberg	Vollersode	Dietzenrode	Müllheim	Kressberg	Vollersode	**Dietzenrode	Müllheim	Kressberg
LG 1	52	12	32	97	72	33	70	97	84		47	92
LG 2												
LG 3			26						69		45	91
LG 4	69	18	67	93	71	49	63	100	67		39	92
LG 5				97		35	63	97				
LG 6		20										
LG 7	55	44	39*	96	70	73	91	100	82		86	99
LG 8	83	58	44*	96	70	81	88	99	93		80	99
LG 9	52				73							
LG 10												
Analena	13	0	0	96	80	5	100	100	53		80	91
Neckarriesen	0	8	20	93	88	3	64	100	51		42	89

*Herbst Müllheim: massive Fraßschäden durch Larven des Eulenfalters

**Herbst Dietzenrode: Daten nicht auswertbar durch unsichere Datenerhebung

	0-20 % erntefähig
	21-40 % erntefähig
	41-60 % erntefähig
	61-80 % erntefähig
	81-100 % erntefähig

Tab. 9: Ausfälle durch *Bremia lactucae* im Herbstanbau in den Erwerbsbetrieben (2017 bis 2019).

Herbst	2017				2018				2019			
	Vollersode	Dietzenrode	Müllheim	Kressberg	Vollersode	Dietzenrode	Müllheim	Kressberg	Vollersode	Dietzenrode*	Müllheim	Kressberg
LG 1	21	80	33	0	8	0	0	0	6		0	4
LG 2												
LG 3			9						22		0	4
LG 4	17	73	9	0	5	0	0	0	16		0	6
LG 5				0	5	0	0	0				
LG 6		66										
LG 7	13	35	15	0	2	0	0	0	8		0	0
LG 8	10	17	34	0	2	0	0	0	4		0	0
LG 9	17											
LG 10												
Analena	83	78	100	0	7	0	0	0	8		0	9
Neckarriesen	100	93	25	0	5	0	0	0	39		0	11

*Herbst 2019 Dietzenrode nicht auswertbar

Klasse 1		< 15 % Ausfall durch <i>B. lactucae</i>
Klasse 2		15-25 % Ausfall durch <i>B. lactucae</i>
Klasse 3		> 25 % Ausfall durch <i>B. lactucae</i>

Wie an den Züchterstandorten erwiesen sich die Bataviagemische LG7 und LG8 auch im Erwerbsanbau gegenüber den Standardsorten deutlich stabiler im Ertrag und widerstandsfähiger gegenüber *B. lactucae* (Tab. 9). Die Kopfsalatgemische LG1, LG3, LG4 und LG5 zeigten sich über die Jahre und an den Standorten gleichfalls stabil im Ertrag im Vergleich zu den Standardsorten. Ausnahmen bildeten 2017 Dietzenrode und 2019 Vollersode, wo höhere Ausfälle durch Falschen Mehltau im Vergleich zum resistenten Standard Analena zu verzeichnen waren. 2019 wurde die Ernte in Müllheim stark durch Trockenschäden reduziert.

4.1.3. Meldung über Großhandelsvermarktung

2018 wurde erstmals die Vermarktung über zwei Großhändler erprobt. Das Naturkostkontor Bremen und der Handel Bodan am Bodensee konnten hierfür gewonnen werden. 2019 wurde das Naturkostkontor Bremen durch den Händler Kornkraft in Huntlosen ersetzt, da die Dokumentation des Vertriebs nicht stattgefunden hatte. Den Anbau der Liniengemische unternahmen die Gärtnerei Schuhmacher für das Naturkostkontor/Kornkraft und der Ralzhof bzw. die Gärtnerei Rengoldshausen für Bodan. Im ersten Erprobungsjahr zeigte sich, dass bei beiden Großhändlern die Strukturen in der Vermarktung nicht geeignet waren, eine gesonderte Vermarktung zu unternehmen. So blieben die Rückmeldungen zwar positiv, aber allgemein. Alle Salatkisten konnten verkauft werden und die Händler wollten das Projekt weiterverfolgen. Auch von den Gärtnereien kamen positive Rückmeldungen und der Wunsch zu weiterer Zusammenarbeit (Anhang Tab. A6, A7).


Für 2019 wurde ein Handzettel zur Vermarktung entworfen, in denen die Besonderheit der Liniengemische für die Einzelhändler und Endverbraucher dargestellt war (Anhang, Abb. A4). Die Aufzeichnung der verkauften Ware war nun detaillierter und von Kornkraft kamen zusätzlich Rückmeldungen einiger Einzelhändler (Anhang, Tab. A8). Diese waren im Wesentlichen positiv. Bei den Kopfsalaten gab es einige Probleme mit überreifen Köpfen, was jedoch auch hätte anbautechnisch bedingt sein können. Fast alle gelieferten Kisten wurden von Kornkraft verkauft und die Vermarktung wurde so gut bewertet, dass eine Weiterführung angefragt wurde. Beim Großhändler Bodan liefen die Kopfsalat- und Bataviagemische unter einer gemeinsamen Artikelnummer, wodurch sehr verschiedene Salatformen zusammen vermarktet wurden. Dennoch konnten alle Salatkisten verkauft werden und auch hier wird die weitere Zusammenarbeit gewünscht.

4.2. Screening der Linien gegenüber definierten *B. lactucae*-Rassen

Um die Resistenz/Anfälligkeit der Einzellinien gegenüber *B. lactucae* unabhängig von Umweltfaktoren und klimatischen Gegebenheiten bewerten zu können, wurden sie unter standardisierten Bedingungen gegen die derzeit relevanten *B. lactucae*-Rassen gescreent. 2020 wurden 48 Linien mit den *B. lactucae*-Rassen BI: 33EU, BI: 34EU und BI: 36EU getestet. Dabei waren 24 der getesteten Linien resistent gegenüber *B. lactucae* BI: 33EU, 22 Linien gegenüber den Rassen BI: 33EU und BI: 34EU und 5 Linien sogar gegenüber allen drei getesteten *B. lactucae* Rassen BI: 33EU, BI: 34EU und BI: 36EU (Tab. 10). Zudem zeigten weitere Linien eine indifferente Reaktion. Hier waren weniger Pflanzen infiziert, die Sporulation des Pathogens war jedoch auf den infizierten Blättern relativ stark. Aufgrund der Ergebnisse des Screenings wurden einzelne Linien in den Liniengemischen für den Anbau 2021 ausgetauscht.

Tab. 10: Anfälligkeit/Resistenz von 48 Linien gegenüber den *Bremia lactucae*-Rassen BI: 33EU, BI: 34EU und BI: 36EU.

Linienbezeichnung		<i>Bremia lactucae</i> Rasse		
JKI/GF-BS	Kultursaat e. V.	BI: 33EU	BI: 34EU	BI: 36EU
L1	z4.1	(+)	(+)	+
L2	z5	-	-	+
L3	z6	(+)	(+)	+
L4	z7	+	+	+
L5	z8	+	(+)	+
L6	z9	-	-	+
L7	z9.1	+	+	+
L8	z13	+	+	+
L9	z14	-	-	+
L10	z16	(+)	(+)	(+)
L11	z17	+	+	+
L12	z18	-	-	+
L13	z19	-	-	+
L14	z20	-	-	-
L15	z21	-	-	-
L16	z23	(+)	+	+
L17	z24	-	+	+
L18	z27	(+)	+	+
L19	z28	-	+	+
L20	z29.1	-	+	+
L21	z30	(+)	(+)	+
L22	z30.1	+	+	+
L23	z30.2	(+)	(+)	+
L24	z31.1	+	+	+

Linienbezeichnung		<i>Bremia lactucae</i> Rasse		
JKI/GF-BS	Kultursaat e. V.	BI: 33EU	BI: 34EU	BI: 36EU
L26	z34.1	(+)	(+)	+
L27	z34.2	-	-	+
L28	y1	(+)	+	+
L29	y1.1	+	+	+
L30	y7	-	-	-
L31	y10	-	-	+
L32	y14	-	-	+
L33	y15	-	-	+
L34	y16	-	-	-
L35	y16.1	-	-	+
L36	y17	-	-	-
L37	y19.1	-	-	+
L38	y20	+	(+)	(+)
L39	y21	-	-	+
L40	y23	+	(+)	+
L41*	y24		-	+
L42	y25	(+)	+	(+)
L43	wp58	-	-	+
L44	wp60	(+)	(+)	+
L45	wp0.1	-	-	+
L46	wp10	-	-	+
L47	w15	-	-	+
L48	wp21	(+)	+	+
L49	w24	+	+	+

Je Linie wurden 2 x 30 Pflanzen getestet
 + = min. 20 Pflanzen je Wiederholung. mit Sporenrasen bewachsen
 (+) = weniger als 20 Pflanzen je Wiederholung mit Sporenrasen bewachsen
 - = keine Sporenträger festgestellt

* Von dieser Linie stand nicht ausreichend Saatgut zur Verfügung, so dass eine Testung mit BI: 33EU nicht erfolgen konnte.

2021 wurden 40 Linien unter standardisierten Bedingungen zunächst gegenüber den drei bereits in 2020 verwendeten Rassen BI: 33EU, BI: 34EU und BI: 36EU getestet. Zusätzlich erfolgte ein Screening mit den neu aufgenommenen Rassen BI: 35EU und BI: 37EU. Die Ergebnisse sind Tabelle 11 zu entnehmen. Wie bereits im Vorjahr festgestellt, waren mehr Linien gegenüber *B. lactucae* BI: 33EU resistent bzw. nur wenig anfällig als gegenüber den weiteren geprüften *B. lactucae*-Rassen. So waren 26 der getesteten Linien resistent und weitere drei Linien nur sehr schwach anfällig gegenüber *B. lactucae* BI: 33EU, 21 Linien waren resistent und 5 nur schwach anfällig gegenüber BI: 34EU, 24 waren resistent und zwei nur schwach anfällig gegenüber BI: 35EU, 16 waren resistent und 4 wenig anfällig gegenüber BI: 37EU und 7 Linien waren resistent und 3 wenig anfällig gegenüber BI: 36EU. Insgesamt waren 6 Linien gegenüber allen 5 getesteten *B. lactucae*-Rassen resistent. Hervorzuheben ist, dass die Linien nicht anfälliger gegenüber den neuen Rassen BI: 35EU und BI: 37EU waren. Mit den 6 Linien, die resistent gegen alle getesteten *B. lactuca*-Rassen sind, stehen robuste Linien zur Verwendung in den Liniengemischen für den zukünftigen Anbau zur Verfügung.

Tab. 11: Anfälligkeit/Resistenz von 40 Linien gegenüber den *Bremia lactucae*-Rassen BI: 33EU, BI: 34EU, BI: 35EU, BI: 36EU und BI: 37EU.

Liniebezeichnung	JKI/ GF-BS	Kultur- saat	<i>Bremia lactucae</i> -Rasse				
			BI: 33EU	BI: 34EU	BI: 35EU	BI: 36EU	BI: 37EU
L1		z6.1	-	-	-	+	+
L2		z9	-	-	-	+	-
L3		z13	-	(-)	(-)	(+)	(-)
L4		z16.1	-	(-)	-	(-)	-
L5		z17	(+)	(+)	(+)	+	(+)
L6		z18	-	(-)	-	+	(-)
L7		z19	-	-	-	+	-
L8		z20	-	(-)	-	(-)	-
L9		z21	-	(-)	-	(-)	-
L10		z28	-	+	+	+	+
L11		z33	(+)	+	+	+	+
L12		z34.1	-	-	-	+	-
L13		y1	+	+	+	+	+
L14		y4	+	+	+	+	+
L15		y5	+	+	+	+	+
L16		y7	-	-	-	-	-
L17		y10	-	-	-	+	(-)
L18		y10.1	-	-	-	+	-
L19		y15	-	-	-	+	+
L20		y16	-	-	-	-	-

Linienbezeichnung	JKI/ GF-BS	Kultur- saat	<i>Bremia lactucae</i> -Rasse				
			BI: 33EU	BI: 34EU	BI: 35EU	BI: 36EU	BI: 37EU
L21		y16.1	-	-	-	+	(+)
L22		y17	-	-	-	-	-
L23		y17.1	-	-	-	-	-
L24		y18	-	-	-	-	-
L25		y20	-	-	-	-	-
L26		y20.1	(-)	-	(-)	-	(+)
L27		y24	-	-	-	+	-
L28		y25	(-)	+	(+)	+	(+)
L29		wp58	-	-	-	+	-
L30		wp60	+	+	+	+	+
L31		wp10	-	-	-	+	(+)
L32		w24	(+)	+	(+)	+	(+)
L33		x58	+	+	+	+	(+)
L34		'Finja'	-	-	-	+	-
L35		x3	-	-	-	+	+
L36		x6	(+)	+	+	+	+
L37		'Lotta'	-	-	-	+	(-)
L38		x55b	(-)	+	+	+	(+)
L39		b20	(+)	+	+	+	+
L40		'Emmi'	+	+	+	+	+

Je Linie wurden 2 x 20 Pflanzen getestet

- + = alle Pflanzen mit Sporenrasen
- (+) = deutlicher Sporenrasen, aber nicht alle Pflanzen infiziert
- (-) = kaum Sporenträger | schwache Ausprägung | teilweise Nekrosen
- = keine Sporenträger

4.3. Kreuzungspopulationen

4.3.1. Vergleichsanbau der F4-Generation in Holste und in den Erwerbsbetrieben 2017

Die F4- Generation aus der Kreuzung 2011 wurde 2017 an fünf verschiedenen Standorten angebaut und beurteilt (Tab. 12 und 13).

Tab. 12: Erntefähigkeit (% Anteil marktfähiger Köpfe) der Kreuzungspopulation (F4-Generation der Kreuzung 2011) an fünf Standorten beim Anbau 2017 in drei Sätzen (S1, S2, S3)

	Vollersode			Dietzenrode			Müllheim			Kreßberg			Holste		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
xp53	81	18		87	67		94	47		84	87		79		48
xp59	48	74		81	49		92	24		85	83		90		84
xp60	85	72	85	93	71	63	100	50	67	85	90	89	88		86
xp10	75	48	54	90	52	26	99	9	62	89	90	92	94		81
xp13	66	41	63	68	64	35	76	25	50	89	77	91	95		80
xp21	67	67	72	91	55	23	99	30	6	72	89	74	80		79
xp61	45	74		96	68	58	72	92		84	97	100	83		87
xp29	20	79	74	94	66		89	71	79	79	95	95	89		86
Analena (NK)	0	16	13	73	40	0	0	47	13	87	85	96	13		24
Neckarriesen	1	10	0	87	65	8	22	19	25	85	82	93	27		0

In Müllheim in S2 und S3 unsichere Daten wegen Fraßschäden, NK= Nachkommenschaft

	0-20 % erntefähig
	21-40 % erntefähig
	41-60 % erntefähig
	61-80 % erntefähig
	81-100 % erntefähig

Tab. 13: Ausfall durch *Bremia lactucae* in den Kreuzungspopulationen (F4-Generation der Kreuzung 2011) an fünf Standorten beim Anbau 2017 in drei Sätzen

	Vollersode			Dietzenrode			Müllheim			Kreßberg			Holste		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
xp53	9	33		0	10		6	34		0	0	0	6		48
xp59	0	0		0	19		2	0		0	0	0	0		3
xp60	0	0	6	0	9	23	0	0	1	0	0	0	9		6
xp10	3	0	10	0	12	63	0	5	1	0	0	0	0		13
xp13	2	0	24	0	15	65	20	20	19	0	0	0	0		15
xp21	6	2	15	0	16	73	0	5	94	0	0	0	0		14
xp61	22	0		0	8	30	28	21		0	0	0	0		4
xp29	1	5	16	0	3		8	0	6	0	0	0	5		7
Holste A	80	63	83	0	24	78	100	40	68	0	0	0	60		76
Neckarriesen	74	77	100	0	18	93	50	35	35	0	0	0	66		50

Kreßberg war befallsfrei in allen Sätzen. Kein Anbau Satz 2 in Holste

Klasse 1		< 15 % Ausfall durch <i>B. lactucae</i>
Klasse 2		15-25 % Ausfall durch <i>B. lactucae</i>
Klasse 3		> 25 % Ausfall durch <i>B. lactucae</i>

Wie bei den Liniengemischen gab es 2017 in Kreßberg in allen Sätzen gute Ergebnisse. Bemerkenswert sind die hohen Ernteraten in Holste in beiden Sätzen, insbesondere im Vergleich zu den Standards. Nur bei xp53 waren fast 50 % der Köpfe durch Befall mit *B. lactucae* nicht vermarktungsfähig. Die anderen Kreuzungspopulationen waren weniger als 25 % nicht erntefähig. An den anderen Prüfstandorten waren

je nach lokalen Bedingungen unterschiedliche Kreuzungspopulationen besonders erfolgreich im Anbau, übertrafen jedoch fast immer die Standardsorten. Nur die Kreuzungspopulationen xp53, xp13 und xp61 wiesen an mehreren Standorten stärkeren Befall mit *B. lactucae* auf. Die besten Ergebnisse wurden bei xp59, xp60 und den Bataviapopulationen xp61 und xp29 erreicht.

4.3.2. Anbau und Selektion von Kreuzungspopulationen (F2 bis F4) an den Züchterstandorten

2018 wurde die F2-Generation der 2016 wiederholten Kreuzungen in Holste und bei JKI/GF-KM mit guten Erfolgen angebaut, während es im Herbst in Überlingen höhere Verluste durch *B. lactucae* und Trockenschäden an den Kopfsalatpopulationen gab. Aus dem Gesamtbestand wurde von Einzelpflanzen, die der Ursprungspopulation phänotypisch möglichst ähnlich waren, Saatgut gewonnen.

2019 konnten die Ramsche und Einzelpflanzennachkommenschaften in der F3-Generation verglichen und somit die Vor- und Nachteile der Zuchtmethod mit Einzelpflanzen- oder Gesamtparzellenernte untersucht werden (Tab. 14 und 15).

Tab. 14: Erntefähigkeit (% Anteil marktfähiger Köpfe) der wiederholten Kreuzungen (wp) 2019 (F3) an den Züchterstandorten beim Anbau in zwei Sätzen (S1 - Frühjahr, S3 - Herbst).

	Holste		Kleinmachnow		Überlingen	
	S1	S3	S1	S3	S1	S3
wp58 einz	86	69	90	91	61	53
wp58 ges	86	78	98	98	83	30
wp60 einz	91	92	98	91	89	23
wp60.1 ges	87	76	100	100	78	30
wp0 einz	100	71	90	81	75	5
wp0 ges	100	70	98	95	68	8
wp6 einz	42	68	98	91	92	23
wp6 ges	38	30	95	88	85	5
wp10 einz	97	97	100	94	77	28
wp10.1 ges	90	98	83	93	88	40
wp13.1 einz	8	0	90	93	75	10
wp13.1 ges	13	24	85	90	85	12
wp21 einz	89	61	100	91	85	0
wp21 ges	81	51	98	78	55	0
wp55 einz	94	97	100	98	85	95
wp55 ges	75	43	95	90	33	48
wp62 einz	86	100	98	99	80	75
wp62 ges	83	81	98	100	50	47
wp26 einz	96	85	100	96	70	74
wp26.2 ges	91	83	90	93	45	85
Analena	81	26	96	97	81	73
Neckarriesen	82	38	70	91	82	60




einz - Einzelnachkommenschaft, ges - Ramsch

	0-20 % erntefähig
	21-40 % erntefähig
	41-60 % erntefähig
	61-80 % erntefähig
	81-100 % erntefähig

Bei JKI/GF-KM trat 2019 kein Befall mit *B. lactucae* auf, in Überlingen nur im Frühjahrsanbau 2019. In Holste wurden im ersten Satz und in bei JKI/GF-KM in beiden Sätzen hohe Ernteraten erreicht. Probleme gab es im ersten Satz in Überlingen durch Trockenschäden und in den Spätsätzen in Holste und Überlingen durch *B. lactucae*-Befall. Es zeichnete sich ab, dass ähnliche Nachkommenschaften wie in der Ursprungspopulation 2017 anfällig für *B. lactucae* waren. Das betraf wp58, wp6, wp13 und wp21. Die Kreuzung wp60 zeigte sich in der wiederholten Kreuzung am Standort Überlingen entgegen ihrer ursprünglichen Resistenz als anfällig, während wp10 in der wiederholten Kreuzung eine erhöhte Toleranz aufwies. Vergleicht man die Werte für den Ausfall durch *B. lactucae* zwischen den Einzelpflanzennachkommenschaften und Ramsch, so ergibt sich kein einheitliches Bild (Tab. 15). Bei wp13 konnte an allen Standorten und bei wp58 in Holste geringere Verluste durch *B. lactucae* nach Ramschernte im Vergleich zu der Einzelpflanzennachkommenschaft festgestellt werden. In den meisten Fällen sind jedoch die Verluste durch *B. lactucae* bei den Einzelpflanzennachkommenschaften geringer als nach Ramschernte. Dies ist bei den Kreuzungen wp55, wp6 und wp21 besonders deutlich erkennbar.

Tab. 15: Prozentualer Ausfall durch *Bremia lactucae* in den wiederholten Kreuzungen 2019 (F3-Generation) an den Züchterstandorten beim Anbau in zwei Sätzen (S1 – Frühjahr, S3 - Herbst).

	Holste		Überlingen
	S1	S3	S3
wp58 einz	14	25	48
wp58 ges	3	19	63
wp60 einz	3	8	53
wp60.1 ges	5	21	40
wp0 einz	0	17	85
wp0 ges	0	18	78
wp6 einz	0	23	73
wp6 ges	9	65	92
wp10 einz	3	0	15
wp10.1 ges	8	3	28
wp13.1 einz	92	100	13
wp13.1 ges	84	76	9
wp21 einz	8	28	39
wp21 ges	13	46	88
wp55 einz	3	0	0
wp55 ges	17	31	20
wp62 einz	0	0	15
wp62 ges	0	8	16
wp26 einz	0	11	5
wp26.2 ges	0	9	8
Analena	8	73	13
Neckarriesen	16	60	35

Klasse 1  < 15 % Ausfall durch *B. lactucae*
 Klasse 2  15-25 % Ausfall durch *B. lactucae*
 Klasse 3  > 25 % Ausfall durch *B. lactucae*

2020 wurde an den Züchterstandorten Holste, Überlingen und Kreßberg (als Ersatz für JKI/GF-KM) das Saatgut aus den wiederholten Kreuzungen (wp) in der Zielgeneration F4 gewonnen. Die Nachkommenschaften der F3-Generation wurden an allen Standorten in zwei Sätzen geprüft. Die Populationen reagierten entsprechend ihrer Ausgangslinien unterschiedlich. Die erfolgreichsten Linien waren xp10, xp55, xp62 und xp26. Bei ihnen führte nur ein sehr hoher Infektionsdruck durch *B. lactucae* zu nennenswerten Ausfällen. Auffallend war das gute Abschneiden der Kreuzungspopulationen am Standort Überlingen und gegenüber zahlreichen Linien aus den Linienmischungen (Anhang Abb. A5, Abb. A6).

4.3.3. Abschließender Versuchsanbau der Kreuzungspopulationen an den Züchterstandorten

2021 fand der abschließende Versuchsanbau zur Evaluation der Zuchtmethodik statt. An drei Standorten wurden zum Vergleich der Herkünfte acht verschiedene Kreuzungspopulationslinien angebaut. In Holste waren die Einzel- und Gesamtpartien aller Herkünfte vertreten. Hinzu kam der Vergleich der wiederholten Kreuzungen aus 2016 mit den ersten Kreuzungen aus 2011. An den Standorten Überlingen und Kreßberg wurden die eigenen Parteien jeweils mit denen aus Holste verglichen. Die verwendeten Parteien sind Tab. A2 im Anhang zu entnehmen. Die Sichtungen fanden im Frühjahr und Herbst statt.

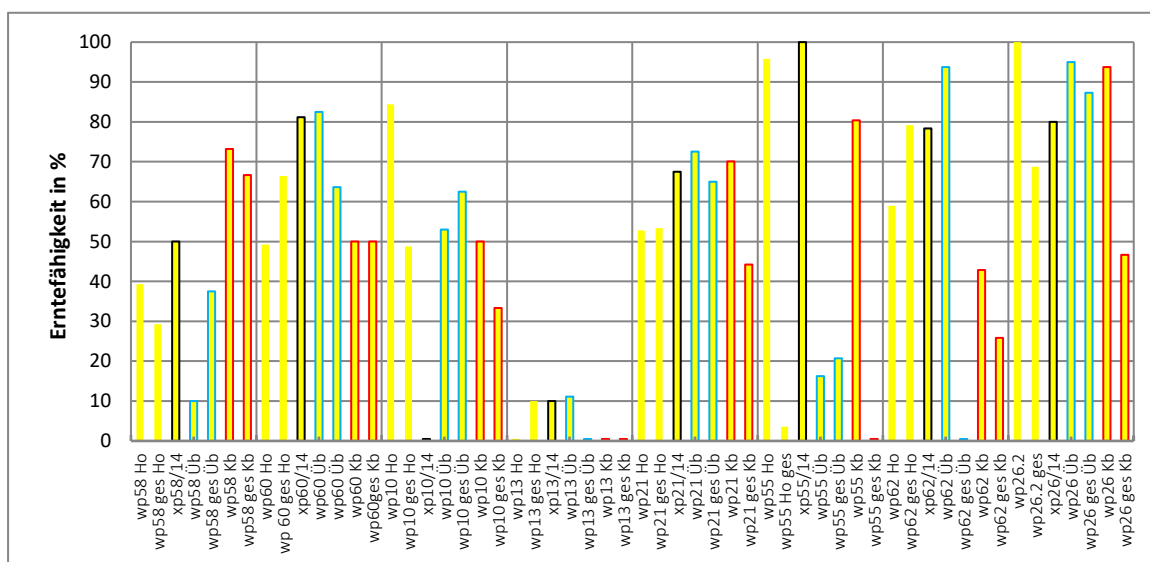


Abb. 11: Erntefähigkeit von Kreuzungspopulationen: Vergleich von Einzelpflanzen- und Gesamtpflanzenenernte (ges) der Herkünfte Holste, Überlingen und Kreßberg sowie der Ursprungskreuzung aus 2014 (xp/14); Standort Holste, Herbst 2021 (Herkünfte farbig umrandet: wp Holste nicht umrandet, Überlingen blau umrandet, Kreßberg rot umrandet, Ursprungskreuzung xp schwarz umrandet).

Beim Vergleich der unterschiedlichen Standortherkünfte im Herbstanbau in Holste 2021 erwiesen sich von den getesteten Kopfsalatlinien wp58 bis wp21 die Linien wp13 und wp21 über alle Herkünfte am gleichmäßigsten (Abb. 11, Standortherkünfte jeweils farbig umrandet). Wp13 hatte wegen hoher Anfälligkeit gegenüber *B. lactucae* ein sehr geringes und wp21 ein mittleres Ertragsniveau. Die Ergebnisse für wp60 und wp10 schwankten für die Herkünfte stärker, was für den Einfluss der unterschiedlichen Selektion an den Orten spricht. Bei den Bataviasalaten erwies sich wp26 allgemein am stabilsten. Die Verluste bei den Bataviasalaten waren vorrangig bedingt durch das Auftreten von lockeren, nicht vermarktbareren Typen, die als zu klein gewertet wurden. Falscher Mehltau spielte hier eine untergeordnete Rolle und verursachte nur bei den Gesamtpartien von wp55 moderate Verluste (Anhang Abb. A7).

Im Vergleich zwischen der Ramschzüchtung mit Samenernte der Gesamtpartei (ges) und der Individualauslese mit Samenernte von Einzelpflanzen, zeigte sich mit Blick auf die Ergebnisse der Holster Herkünfte an den verschiedenen Standorten 2021, dass die Einzelpartien den Gesamtpartien im Ertrag meistens überlegen waren (Abb.12). Je nach dem Vorkommen unterschiedlicher lokaler *B. lactucae*-Rassen war dies jedoch bei einigen Populationen wie beispielsweise bei wp58 und wp60 in Holste umgekehrt (Anhang Abb. A8). Bei Betrachtung aller Herkünfte einzelner Populationen an allen Standorten, zeigt sich

im Mittel die Überlegenheit der Einzelselektion, wie exemplarisch für die Kopfsalate wp10 und wp13 dargestellt (Abb. 13 und 14). Insgesamt ließ sich eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegenüber *B. lactucae* durch die höhere Variabilität von Linien aus Ramschzüchtung nicht nachweisen.

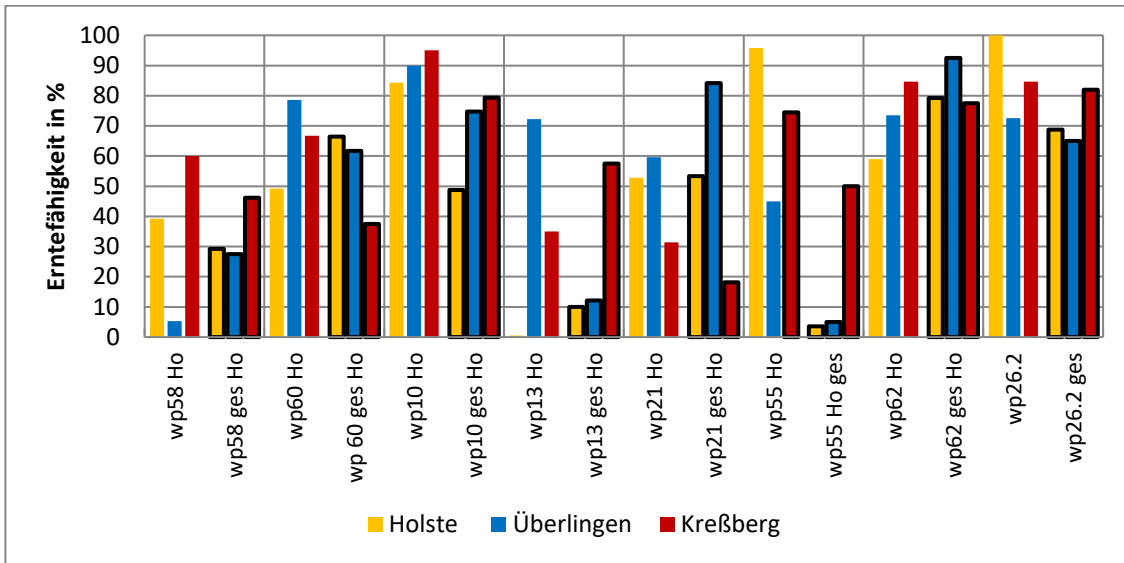


Abb. 12: Populationen aus wiederholter Kreuzung (wp) im Herbst 2021. Erntefähigkeit in %, Holster Herkünfte an drei Standorten, Vergleich von Einzelpflanzen (ohne Rand) und Ramschernte (ges, Balken mit Rahmen).

Bei den Kopfsalatpopulationen spielte der lokale Befallsdruck mit unterschiedlichen Rassen von *B. lactucae* eine entscheidende Rolle. So gab es bei der wenig anfälligen wp10 nur am Standort Holste bei den eigenen Herkünften nennenswerte Ausfälle durch *B. lactucae*. Die in Holste hoch anfällige wp13 erwies sich hingegen in Kreßberg als weitgehend gesund, während in Überlingen die Gesamtpartien stark befallen waren (Anhang Abb. A9, Abb. A10). Es zeigte sich, dass die eigenen Selektionen keinen Standortvorteil mit sich brachten.

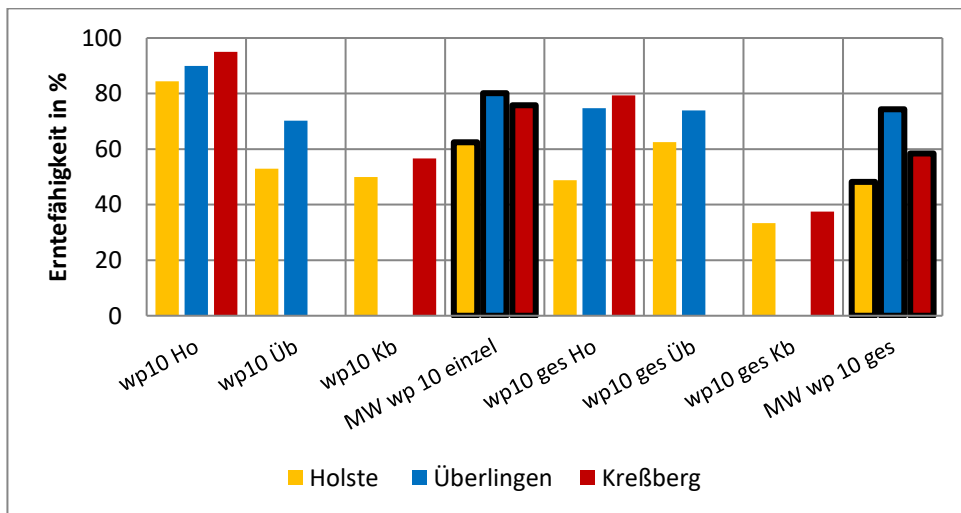


Abb. 13: Kopfsalatlinie wp10 aus wiederholter Kreuzungspopulation im Herbst 2021, Erntefähigkeit in %, alle Herkünfte (Partienamen Ho, Üb und Kb) an allen Standorten (farbliche Kennzeichnung der Legende). Die Mittelwerte (MW) der Standorte sind umrahmt dargestellt.

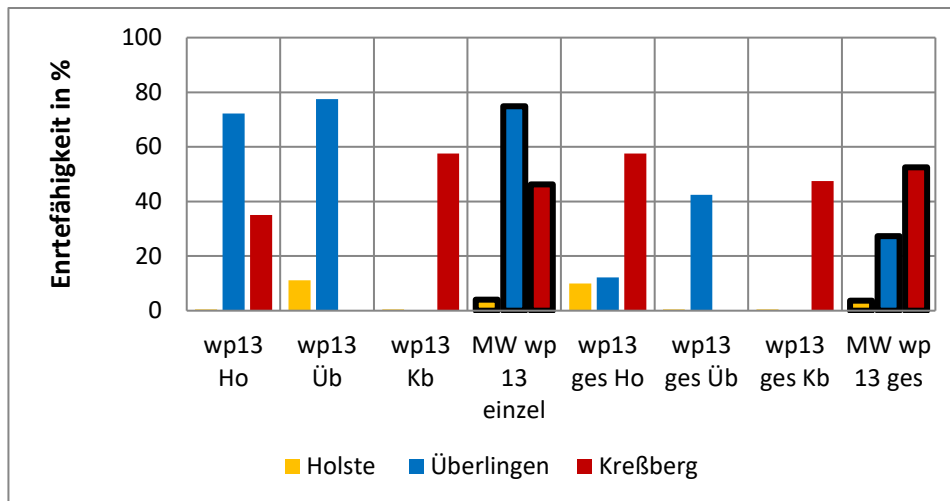


Abb. 14: Kopfsalatlinie wp13 aus wiederholter Kreuzungspopulation im Herbst 2021, Erntefähigkeit in %, alle Herkünfte (Partienamen Ho, Üb und Kb) an allen Standorten (farbliche Kennzeichnung der Legende). Die Mittelwerte (MW) der Standorte sind umrahmt dargestellt.

Der Einfluss der Selektion auf den Pflanzentyp wird besonders an Batavialinien wie wp26 deutlich. In Kreßberg waren sowohl die Parteien aus Einzelpflanzenernte als auch die Gesamtpartien sehr erfolgreich. An den Standorten Überlingen und Holste fielen die Gesamtpartien jedoch deutlich ab (Abb. 15). Die Ursache war dort in der späten Erntereife und der mangelnden Homogenität zu suchen. Besonders die Herkünfte aus Holste (wp26 ges Ho) und aus Kreßberg (wp26 ges Kb) waren in der Gesamtpartie noch sehr bunt, jedoch aus unterschiedlichen Phänotypen gebildet (Abb. 16, Anhang Abb. A10).

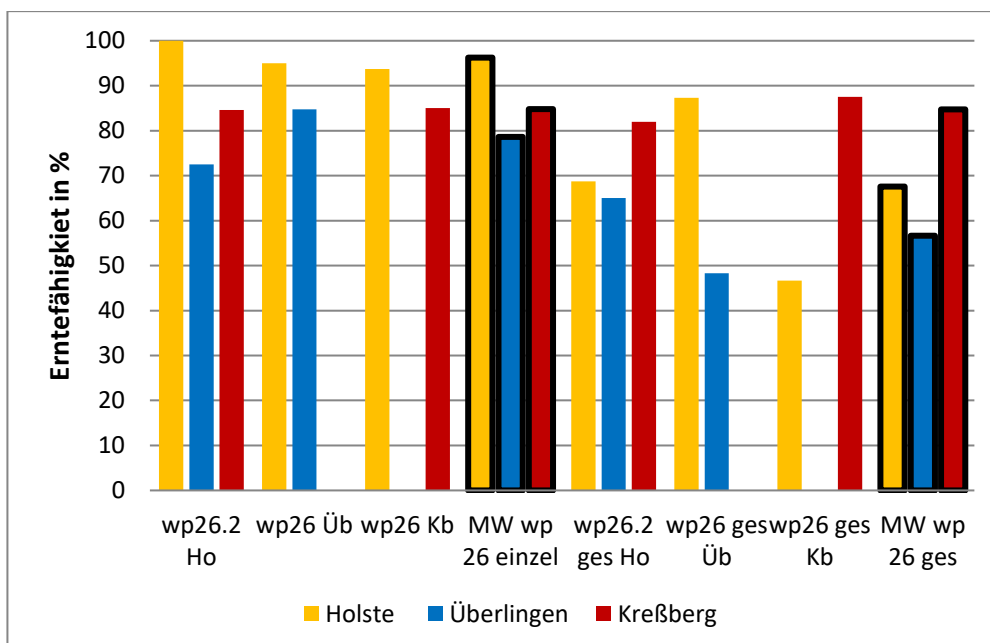


Abb. 15: Bataviasalatlinie wp26 aus wiederholter Kreuzungspopulation im Herbst 2021, Erntefähigkeit in %, alle Herkünfte (Partienamen Ho, Üb und Kb) an allen Standorten (farbliche Kennzeichnung der Legende). Die Mittelwerte (MW) der Standorte sind umrahmt dargestellt.

Die Homogenität der Kopfsalatlinien lag für die Einzelpflanzenselektionen bei Werten zwischen 6 und 7 und ging bei den Gesamtpartien kaum auf Werte unter 5 (Anhang Abb. A10). Ähnlich hohe Homogenitäten konnten beim Bataviasalat wp61 gefunden werden. In beiden Fällen waren die ursprünglichen Kreuzungspartner im Typus relativ ähnlich.

Bei den Bataviasalaten wp55 und wp26 waren die Elternsorten stark voneinander verschieden, so dass sich zumindest bei den Gesamtpartien in der F4-Generation noch keine Homogenität eingestellt hatte, wie in der Gesamtpartie aus Kreßberg ersichtlich wird. (Abb. 16).






Abb. 16: Wiederholte Kreuzungspopulation wp26, Gesamternte, Herkunft Kreßberg (wp26gesKb) in Holste, Herbst 2021.

Die Wiederholbarkeit der Kreuzungen wurde nur in Holste untersucht, indem der F4 aus der ersten Kreuzung (xp) die F4 aus der wiederholten Kreuzung (wp) gegenübergestellt wurde (Anhang Abb. A11, Abb. A12). Die Ernteergebnisse aus der ersten Kreuzung (xp) waren bei fast allen Nachkommenschaften besser als diese aus der wiederholten Kreuzung (wp). Nur bei wp10 und wp26 zeigte die wiederholte Kreuzung bessere Ergebnisse. Die phänotypische Ähnlichkeit der wiederholten Kreuzungsnachkommen (wp) zu den Nachkommen der Ursprungskreuzung (xp) war nur bei wp21 durchgängig gegeben und tendenziell bei den Einzelpflanzennachkommen größer als bei den Parteien aus der Gesamternte (Tab. 16). Hierbei kam es darauf an, dass durch den vergleichenden Anbau einiger Pflanzen aus der ersten Kreuzung auf den Phänotyp selektiert werden konnte, wobei die Größe des Selektionsbestandes tendenziell etwas zu gering gewählt wurde.

Tab. 16: Einschätzung der phänotypischen Ähnlichkeit der Nachkommen (NK) aus wiederholter Kreuzung (wp) mit den Nachkommen der Ursprungskreuzung (xp) in Klassen, Anbau Holste, Herbst 2022.

	Herkunft aus Holste	Herkunft aus Überlingen	Herkunft aus Kreßberg
wp58	1	2	3
wp58ges	3	2	2
wp60	3	2	3
wp60ges	3	2	3
wp10	3	1	2
wp10ges	3	1	1
wp13	1	1	1
wp13ges	1	1	1
wp21	1	1	1
wp21ges	2	2	2
wp55	1	3 sehr heterogen	2 sehr heterogen
wp55ges	3	3 verschiedene Rottöne	3 grüne offene Römer, heterogen
wp62	1	2 etwas heterogen	1
wp62ges	1	3 offen	3 offen
wp26.2	3 xp26 grün xp26.2 rot	1 grün	3 rot
wp26.2 ges	3 halb rot, halb grün, heterogen	3 grün, offen	3 heterogen

Klasse 1  Kreuzungsnachkommen ähnlich
 Klasse 2  Kreuzungsnachkommen bedingt ähnlich
 Klasse 3  Kreuzungsnachkommen nicht ähnlich

Fazit:

Eine erhöhte Resilienz gegenüber *B. lactucae* bei Salat durch die genetische Variabilität in der F4-Generation nach einer Kreuzung konnte nicht nachgewiesen werden. Dieses hing in erster Linie von der Wahl der Kreuzungspartner ab. Die Züchtung durch Individualauslese zeigte sich der Ramschzüchtung überlegen, insbesondere was die Wiederholbarkeit der Kreuzungen betrifft. Hierzu war das Geschick bei der Selektion an den verschiedenen Standorten ausschlaggebend. Je nach Ausgangseltern konnte schon in der F4 eine für den Anbau hinreichende Homogenität bei guten Kulturerfolgen erzielt werden.

4.4. Virulenzanalysen zu *B. lactucae* an Salat

2017 bis 2021 wurden von den verschiedenen Standorten zahlreiche mit Falschem Mehltau befallene Pflanzenproben eingesandt. Von diesen konnten insgesamt 99 Isolate von *B. lactucae* gewonnen werden. Diese wurden am Testpflanzensortiment EU-C auf vorkommenden Virulenzen sowie auf ihre Rassenzugehörigkeit geprüft (Tab. 17 und 18). Die große Anzahl unterschiedlicher Erregerformen bestätigt die hohe Vielfalt und Anpassungsfähigkeit des Erregers. Gegenüber bisherigen Prüfungen aus Jahren zuvor konnten im Projekt erstmals die durch das IBEB neu gelisteten Rassen an den Standorten gefunden werden. Häufig vorkommend war 2017 die Rasse BI: 34EU an den Standorten Kleinmachnow, Dietzenrode und Müllheim sowie 2018 in Kreßberg. 2018 und 2019 wurden mehrfach die Rassen BI: 33EU in Holste, BI: 34EU in Kreßberg und BI: 36EU in Dietzenrode und Überlingen nachgewiesen. Insgesamt konnten 22 Isolate, etwa 30 % der untersuchten Isolate diesen neueren BI: Rassen zugeordnet werden. Interessanterweise wurden in den Jahren 2020 und 2021 entsprechende Rassen nicht gefunden.

Tab. 17: Anzahl nachgewiesener Erregerformen von *Bremia lactucae* von 2017 bis 2021 in Deutschland.

Jahr	Anzahl untersuchter Isolate	Anzahl nachgewiesener Erregerformen	Zugehörigkeit zu einer Rasse
2017	40	27	8x BI: 34EU
2018	10	7	4x BI: 33EU; 1x BI: 36EU
2019	23	15	1x BI: 33EU, 2x BI: 34EU, 6x BI:36EU
2020	13	5	-
2021	13	7	-

Tab. 18: Anzahl nachgewiesener Erregerformen von *Bremia lactucae* bzw. Virulenzfaktoren an den Standorten von 2017 bis 2021.

Standort	Jahr	Anzahl untersuchter Isolate	Virulenzfaktoren		Erregerformen (v-Phenotyp)
			untersucht	vorhanden	
Holste	2017	7	15	10	4
	2018	5	15	10	2
	2019	6	15	10	6
	2020	4	15	11	1
	2021	3	15	11	1
Überlingen	2017	3	15	9	2
	2018	3	15	11	3
	2019	5	15	10	2
	2020	5	15	10	1
	2021	9	15	14	4
Kleinmachnow	2017	18	15	9	10
	2018	0	-	-	-
	2019	0	-	-	-
Wolfenbüttel Ahlum	2020	1	15	11	1
	2021	1	15	7	1
Dietzenrode	2017	6	15	10	6
	2018	1	15	6	1
	2019	7	15	10	4
Müllheim	2017	3	15	9	2
	2018	1	15	8	1
	2019	0	-	-	-
Kreßberg	2017	3	15	9	3
	2018	0	-	-	-
	2019	5	15	9	4
	2020	3	15	13	2



In Holste konnte 2020 und 2021 nur eine Erregerform mit dem Sextett Code 55-15-3 nachgewiesen werden. Diese entspricht der Rasse BI: 36EU (Sextett Code 55-15-1), die eine weitere Virulenz aufweist, die die Resistenz der Testsorte in Position S14 brechen kann. In Überlingen wurde in diesen beiden Jahren unter anderem die Erregerform mit dem Sextett Code 54-15-3 gefunden, was der Rasse BI: 34EU (Sextett

Code 54-15-01) entspricht, die weitere Virulenz zur Brechung der Resistenz der Testsorte in Position S14 und S15 aufweist.

Von den mittels Testpflanzensortiment EU-C untersuchten 15 Virulenzfaktoren konnten in der Regel neun bis elf in den Isolaten identifiziert werden (Tab. 18). Bis 2019 wurden die Testsorten/-linien in der Position S11 und S12 im Testsortiment EU-C von keinem der geprüften Isolate infiziert. Auch erwiesen sich die Sorten/Linien in den Positionen S14, S15 und S1 und S4 im Sortiment EU-C meist stabil. Dagegen wurden die Resistenzen der Sorten/Linien in den Positionen S2, S6 und S7 im Testsortiment EU-C häufig durchbrochen (Tab. 19). 2020 und 2021 traten erstmals Isolate auf, die die Testsorte in Position S11 infizieren konnten. Zudem traten vermehrt Isolate auf, die die Resistenzen der Testsorte in Position 14 brechen konnten. Nur die Testsorte in der Position S15 war weitgehend stabil, konnte aber 2020 von dem Isolat aus Wolfenbüttel Ahlum und 2021 von drei Isolaten aus Überlingen infiziert werden.

Tab. 19: Häufigkeit der Virulenzfaktoren in den geprüften Isolaten von *Bremia lactucae* der verschiedenen Standorten 2017 bis 2021.

Standort	Jahr	Anzahl Isolate	Virulenzfaktoren (S bezeichnet die Position der Sorte/Linie im EU-C Set)														
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
Holste	2017	7	0,4	0,9	0,1	0	0,6	0,9	0,9	0,7	0,7	0,9	0	0	0,7	0,3	0
	2018	5	0	1,0	1,0	0,7	0,5	0,8	0,8	1,0	1,0	0,5	0	0	0,3	0,2	0,3
	2019	6	0,5	1,0	1,0	0,6	1,0	0,4	1,0	0,4	0,4	0,4	0	0	0,4	0	0
	2020	4	1,0	1,0	1,0	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	1,0	1,0	0
	2021	3	1,0	1,0	1,0	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	1,0	1,0	0
Überlingen	2017	3	0,3	1,0	0	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	1,0	0	0
	2018	3	0,7	1,0	0,7	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	0,7	0,3	0
	2019	5	1,0	1,0	1,0	0,3	1,0	0,4	1,0	0,4	0,4	0,4	0	0	0,4	0	0
	2020	5	0	1,0	1,0	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	1,0	1,0	0
	2021	9	0,5	1,0	1,0	0,8	1,0	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5	0	0,5	1,0	0,2
Kleinmach-	2017	18	0,1	0,9	0,6	0,1	0,6	0,9	0,8	0,8	1,0	0,9	0,1	0	0,8	0,1	0
Wolfenbüttel Ahlum	2020	1	0	1,0	1,0	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	1,0	1,0	1,0
	2021	1	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	0	1,0	0	0	0	1,0	0	1,0	0
Dietzenrode	2017	6	0	0,8	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,2	0	1,0	0	0
	2018	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	0	1,0	0	0	0	0	0	0
	2019	7	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9	0,6	0	0	1,0	0	0
Müllheim	2017	3	0,3	1,0	0,7	0	0,7	1,0	1,0	0,7	0,7	0,7	0	0	1,0	0,3	0
	2018	1	0	1,0	0	0	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	1,0	1,0	0
Kreßberg	2017	3	0,3	1,0	0	0	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	1,0	0,3	0
	2019	5	0	1,0	1,0	0	0,6	1,0	1,0	0,8	0,6	0,6	0	0	0,8	0	0
	2020	3	1,0	1,0	1,0	0,7	1,0	1,0	0,3	1,0	1,0	0,3	1,0	0	1,0	1,0	0

 Virulenzfaktor kommt am Standort zu 90 % und häufiger vor
 Virulenzfaktor kommt am Standort weniger als 25 % vor

Welche der derzeit aktuellen Resistenzgene bei Salat mehr oder weniger stabil sind, spiegelt sich in Abb. 17 deutlich wider. Hier wurde die Virulenzhäufigkeit von *B. lactucae* prozentual über alle Standorte für die Jahre 2017 bis 2021 dargestellt. In dem feuchtnassen Jahr 2017 mit einem hohen *Bremia*-Befallsdruck wurden die Resistenzen der Sorten in den Positionen S2, S6, S7, S8, S9, S10 und S13 im Testsortiment EU-C von allen geprüften Isolaten durchbrochen, Resistenzgene anderer Testsorten blieben dagegen stabil. 2020 wurden ebenfalls sehr viele Resistenzen (S2, S3, S5, S6, S8, S9, S11, S14) von allen Isolaten gebrochen.

Isolate, die 2018, 2020 und 2021 gewonnen wurden, wiesen eine besonders hohe Virulenz auf. In Abb. 18 ist die Virulenzhäufigkeit der *Bremia*-Isolate anhand ihrer Reaktion auf die Testsorten/Linien nach Sextettgruppen des Testsortimentes EU-C aufgeschlüsselt. Das Testsortiment EU-C beinhaltet drei Sextettgruppen, wobei die dritte Sextettgruppe Sorten/Linien mit neueren Resistenzgenen umfasst.

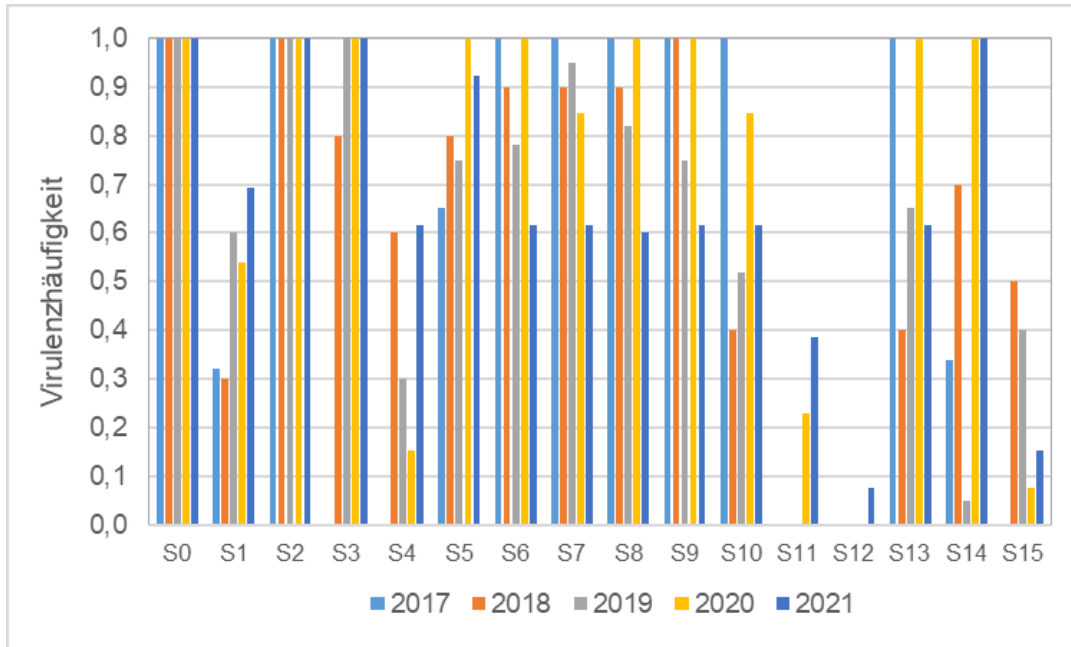


Abb. 17: Virulenzhäufigkeit von *Bremia lactucae* 2017 bis 2021 ermittelt am EU-C Testpflanzensortiment (S1 bis S15 - Position der Testpflanzen mit definierten Resistenzfaktoren im EU-C Set).

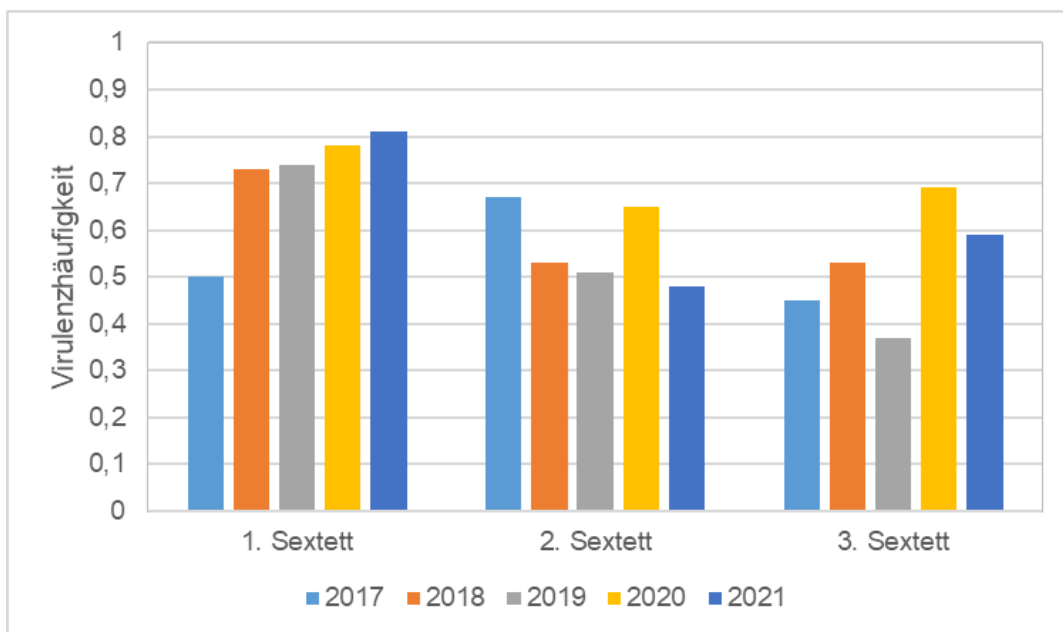


Abb. 18: Virulenzhäufigkeit von *Bremia lactucae*-Isolaten 2017 bis 2021 ermittelt am Testpflanzensortiment EU-C. Dargestellt ist die mittlere Virulenzhäufigkeit in den einzelnen Sextettgruppen (Gruppierung der Testpflanzen mit definierten Resistenzfaktoren im EU-C Set in drei Sextetts).

Aus Abb. 18 wird ersichtlich, dass 2017-2019 die Resistenzen der Testsorten/-linien im ersten und zweiten Sextett stärker gebrochen wurden als die im dritten Sextett mit den neuen Resistenzgenen. Insbesondere Isolate aus 2020 und 2021 konnten jedoch die neueren Resistenzgene im dritten Sextett mehrfach überwinden. Isolate aus 2020 und 2021 wiesen im Vergleich zu Isolaten aus 2017, 2018 und 2019 eine höhere Virulenzkomplexität auf (Abb. 19). Das heißt, sie wiesen eine höhere Anzahl an Virulenzfaktoren auf und besaßen somit eine höhere Fähigkeit, Resistenzgene der Wirtspflanze zu überwinden.

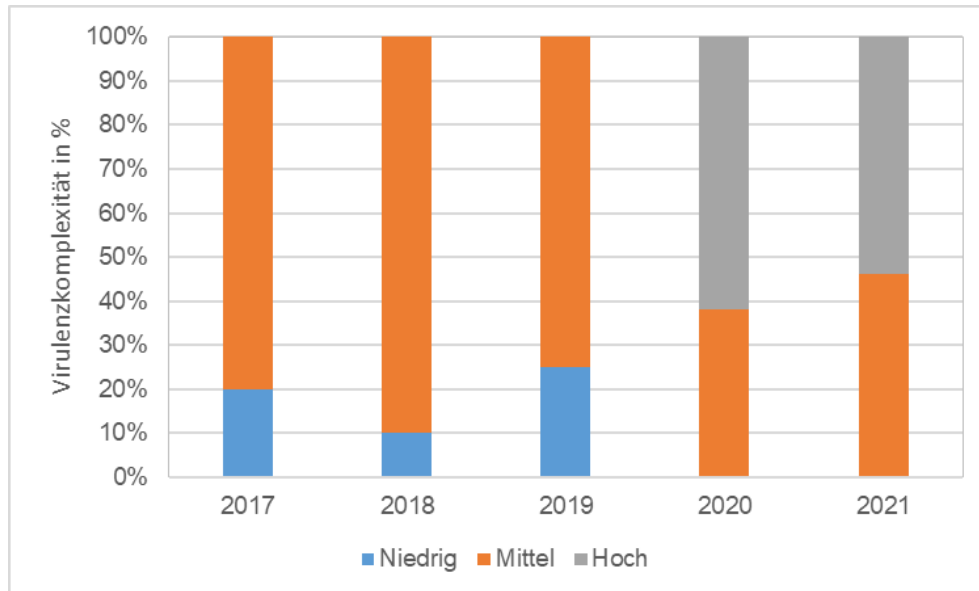


Abb. 19: Prozentualer Anteil an *Bremia lactucae*-Isolaten mit niedriger (0-6) mittlerer (7-10) und hoher (11-15) Virulenzkomplexität 2017 bis 2021.

In Abb. 20 ist die Virulenzkomplexität der Isolate von den Züchterstandorten Holste und Überlingen im Vergleich zum Mittelwert der Isolate von den übrigen Anbaustandorten dargestellt. Sie lag an den Züchterstandorten zum Teil deutlich über der der übrigen Standorte. Hier muss allerdings die unterschiedliche Anzahl der jeweils untersuchten Isolate berücksichtigt werden.

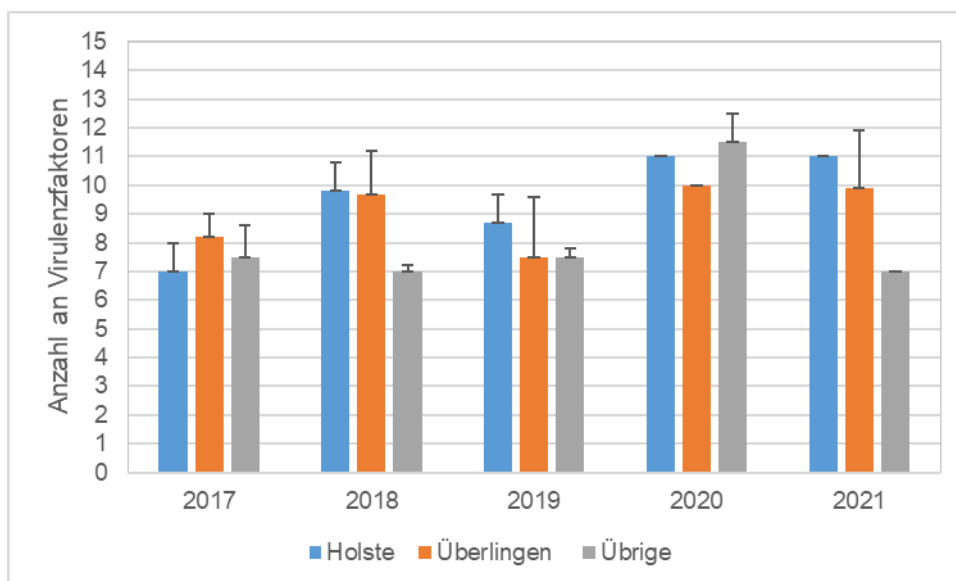


Abb. 20: Virulenzkomplexität der *Bremia lactucae*-Isolate aus Holste und Überlingen im Vergleich zum Mittelwert der Isolate der übrigen Standorte (Übrige: 2017-2019: Kreßberg, Müllheim, Dietzenrode und Kleinmachnow, 2020: Kreßberg, Wolfenbüttel Ahlum, 2021: Wolfenbüttel Ahlum).

5. Diskussion der Ergebnisse

5.1. Liniengemische - Optimierung und Praxiserprobung im Erwerbsanbau

In Getreidekulturen ist der Lösungsansatz zum Anbau von Sortenmischungen zur Reduzierung von Krankheiten und zur Vermeidung vor Resistenzdurchbrüchen wissenschaftlich vielfach untersucht worden (Finckh et al. 2000, Lannou et al. 1995, Lannou 1997, 2001, Papaix et al. 2014). Dabei wurden Simulationsmodelle für Wirt-Pathogen-Systeme, wie Roste oder Echte Mehltaupilze an Getreide entwickelt, mit Hilfe derer Wechselwirkungen von Pathogen und Wirt unter unterschiedlichen Aspekten untersucht wurden. Durch eine sorgfältige Auswahl geeigneter Komponenten in der Sortenmischung sind eine Stabilisierung der Erträge, eine Minimierung von Ertragsausfällen und eine vergleichbar hohe Produktqualität wie nach Anbau einzelner Sorten/Linien möglich (Finckh et al. 2000). Diese Ertragsstabilisierung konnte durch die Ergebnisse, die im Rahmen dieses Projekts erarbeitet wurden, auch für die Kultur Salat bestätigt werden. Mit der breiteren genetischen Vielfalt sind die Liniengemische variabler in der Reaktion auf Umwelteinflüsse und gegenüber Schaderregern. Mit der Züchtungsarbeit durch Kultursaat e. V. wurde eine höhere Anpassung an Trockenheit erzielt. Extreme Witterungsbedingungen können jedoch nicht allein durch Mischungen in ihrer Wirkung auf Anbau und Ertrag ausgeglichen werden. Bei den Kopfsalatgemischen wird es zukünftig wichtig sein, die Gemische zu justieren, auf den Anbauzeitraum anzupassen und dieses dem Anbauer klar zu kommunizieren. Die rasche Entwicklung der *B. lactucae*-Populationen macht es nötig, anfällig gewordene Linien durch neu gezüchtete resistente Linien mit unterschiedlicher Resistenzcharakteristik zu ersetzen. Ähnlich wie bei einzelnen Sorten kann auch von einem Liniengemisch nicht erwartet werden, dass es über Jahrzehnte anbauwürdig bleibt. Die Zeitspanne bis das Gemisch erneuert werden muss, wird jedoch deutlich länger sein und der Linien austausch kann partiell erfolgen. In der Oldendorfer Saatzucht werden hierzu zahlreiche neue Kreuzungen aus dem Jahr 2017 weitergeführt, die beim JKI/GF-BS bezüglich ihrer Resistenz/Anfälligkeit für die aktuellen *B. lactucae*-Rassen sehr gut charakterisiert wurden.

Die bunten Bataviagemische, insbesondere LG7 und LG8, waren im Anbau sehr erfolgreich. Hier ist besonders darauf zu achten, dass die Erntereife nicht zu inhomogen wird. Da die meisten Batavialinien jedoch ein längeres Erntefenster aufweisen, kann die Ernte in der Regel an einem Termin stattfinden. Die Vermarktung über den Großhandel zeigte eine gute Verbraucherakzeptanz, es ist jedoch nicht einfach, die Prozesse beim Händler für einen kleineren Vermarktungsversuch zu strukturieren. Wichtig sind hierbei die Hintergründe des Konzeptes bis zum Verbraucher zu kommunizieren, wie es durch das Falblatt von Kultursaat e. V. unternommen wurde.

Der Erfolg der Kopfsalatgemische gegenüber Einzellinien bezüglich ihrer Anfälligkeit für *B. lactucae* konnte 2019 in Holste sowie 2020 und 2021 an drei Standorten sehr deutlich gezeigt werden. Die Erprobung der einzelnen Komponenten an unterschiedlichen Standorten ermöglicht zusammen mit der Resistenzanalyse eine gezielte Zusammenstellung der Gemische aufgrund der aktuellen Entwicklung von Schaderregern wie *B. lactucae*.

5.2. Screening der Linien gegenüber definierten *B. lactucae*-Rassen

Aufgrund der hohen Variabilität des Auftretens von *B. lactucae*-Rassen an unterschiedlichen Standorten und in unterschiedlichen Jahren sowie der Dynamik, mit der neue *B. lactucae*-Rassen entstehen, ist es notwendig, die Liniengemische regelmäßig anzupassen. Regelmäßige Bonituren der Linien auf Befall mit Falschem Mehltau im Feld geben erste Hinweise auf deren Resistenz gegenüber *B. lactucae*. Jedoch haben hier immer auch standortspezifische und klimatische Parameter Auswirkungen auf das Resistenzverhalten. Außerdem beeinflussen die jeweilig auftretenden *B. lactucae*-Rassen, deren Kombination sowie der aktuelle Befallsdruck die Reaktion der Linien. Das Screening unter standardisierten Bedingungen mit definierten *B. lactucae*-Rassen bietet demgegenüber die Möglichkeit, standort- und klimaunabhängige Daten zum Resistenzverhalten reproduzierbar zu erheben. Mit Hilfe dieses Screenings konnten bei JKI/GF-BS aus einer großen Anzahl an Linien diejenigen ermittelt werden, die gegen alle derzeit relevanten *B. lactucae*-Rassen resistent oder nur sehr wenig anfällig sind. Auf dieser Basis wurden für den Anbau 2021 anfällige gegen resistent getestete Linien in den Liniengemischen ausgetauscht. Der große Nutzen dieses Austauschs zeigte sich in dem deutlich verringerten Ernteausschlag durch *B. lactucae* in den neu angepassten Liniengemischen. Es wird jedoch erforderlich sein, die Liniengemische auch zukünftig an neu auftretende *B. lactucae*-Rassen anzupassen.

5.3. Kreuzungspopulationen - Weiterentwicklung und erste Praxiserprobung im Erwerbsanbau

Die Ergebnisse aus dem Versuchsjahr 2017 zeigen das Potential, das in diesem Zuchtverfahren besonders in Bezug auf den Ernteausfall durch *B. lactucae* liegt. Als wichtige Faktoren für den Erfolg eines Gemisches zeigten sich jedoch die Wahl der Ausgangseltern und die Standorteignung, die im Wesentlichen durch die Genetik der Kreuzung bestimmt wird.

Das Selektionsverfahren der Individualauslese zeigte sich im abschließenden Versuch 2021 gegenüber der Ramschzüchtung überlegen und sollte bevorzugt zur Anwendung kommen. Die Wiederholbarkeit der Kreuzungen war nicht bei allen Versuchsvarianten gegeben. Für die Anwendbarkeit des Verfahrens sollte der Züchter mit Einzelpflanzenselektionen arbeiten und die wiederholten Kreuzungsnachkommen gut mit den Ursprungskreuzungen vergleichen können. Eine wichtige Rolle spielt auch die Größe des Selektionsbestandes. Um den gewünschten Pflanzentyp wiederzufinden, darf die Größe des Selektionsbestandes in der F2 nicht zu klein gewählt werden. Eine andere Möglichkeit wäre es, das Saatgut der F3-Generation einzufrieren und jeweils neu in die F4-Generation zu vermehren. Da eine verringerte Anfälligkeit der Kreuzungspopulationen gegen *B. lactucae* in den letzten beiden Versuchsjahren nicht gefunden werden konnte, ist die Zuchtmethode bei Salat in reiner Form nur bedingt zu empfehlen. Ein wesentlicher Vorteil liegt jedoch in der kürzeren Gestehungszeit bis zur F4-Generation. Wenn die Elternlinien phänotypisch nicht zu unterschiedlich waren, reicht die Homogenität in dieser Generation für den praktischen Anbau aus und der Unterschied zu reingezüchteten Linien wird insbesondere in einer Linienmischung kaum wahrnehmbar sein. Der Einsatz von Kreuzungspopulationen als Bestandteile von Linienmischungen wurde im letzten Versuchsjahr sehr erfolgreich getestet. Mit der Kombination beider Verfahren können die Gemische zeitnah und variabel den sich rasch wandelnden Umweltbedingungen wie einem veränderten Virulenzspektrum von *B. lactucae* angepasst werden und somit einen Beitrag gegen die Folgen des Klimawandels leisten.

5.4. Virulenzspektrum und Auswirkungen auf die Sortenanfälligkeit

Das am Testpflanzensortiment EU-C ermittelte Virulenzspektrum der 2017 gewonnenen *B. lactucae*-Isolate unterschied sich an den einzelnen Standorten nicht wesentlich. Die Virulenzhäufigkeiten dagegen waren unterschiedlich hoch. Das erklärt möglicherweise auch die unterschiedliche Anfälligkeit der Liniengemische und Kreuzungspopulationen für Falschen Mehltau an den Standorten. So reagierten z. B. die Kopfsalat-Liniengemische an den Standorten Überlingen und Kleinmachnow ähnlich stark anfällig, dagegen zeigen sich die Kopfsalat-Liniengemische an den Standorten Holste, Müllheim und Vollersode tendenziell stabiler. Offenbar ist die höhere Anfälligkeit von Liniengemischen und Kreuzungspopulationen an den Standorten Kleinmachnow und Überlingen zum einen auf den äußerst hohen Befallsdruck mit Falschem Mehltau, zum anderen auch auf das Auftreten aggressiver neuer Rassen zurückzuführen. In Kleinmachnow wurde erstmals die Rasse BI: 34EU mehrfach nachgewiesen. Resistenzen gegenüber diesen neuen Rassen waren in den von Kultursaat zusammengestellten Liniengemischen nicht vorhanden. Auch können Standortbedingungen zu unterschiedlicher Wüchsigkeit der Salate führen und somit deren Anfälligkeit beeinflussen. 2018 war ein sehr trockenes und heißes Jahr. Aufgrund dieser Bedingungen trat der Falsche Mehltau an den Standorten nur selten und meist ohne größere Beeinträchtigung der Marktfähigkeit auf. Lediglich am Standort Überlingen war im Herbstsatz stärkerer Befall durch Falschen Mehltau zu verzeichnen, der auch an der resistenten Standardsorte Analena auftrat. Bei den im Anbaujahr äußerst ungünstigen Entwicklungsbedingungen für den Erreger wurden auch Rassen nachgewiesen, die insbesondere die neueren Resistenzgene im EU-C-Testpflanzensortiment durchbrachen. So wurde erstmalig BI: 36EU am Südstandort in Deutschland (Überlingen) gefunden. Im Norden Deutschlands (Holste) wurde die Rasse BI: 33EU mehrfach identifiziert. Das bedeutet, dass auch im Norden bei intensivem Salatanbau *B. lactucae*-Rassen auftreten, die Salate mit hohem Resistenzniveau befallen und monogene Resistenzen in den neuen Sorten überwinden können. 2019 war die Befallslage an den einzelnen Standorten sehr unterschiedlich. Es wurden an mehreren Standorten die neuen Rassen BI: 33EU, BI: 34EU und BI: 36EU nachgewiesen. 2020 und 2021 konnten diese neuen Rassen nicht gefunden werden. Es wurden jedoch Isolate gewonnen, die neben den Virulenzfaktoren der genannten Rassen jeweils einen weiteren aufwiesen und eine höhere Virulenzkomplexität zeigten.

Die gravierenden Veränderungen im Erregerspektrum mit den neuen, stabilen Rassen haben sich merklich auf die Stabilität der Liniengemische, insbesondere im Kopfsalatbereich ausgewirkt. Durch einen konsequenten Austausch von anfälligen durch resistente Linien, die zuvor mittels eines Screenings unter standardisierten Bedingungen ermittelt wurden, konnte die Ertragsstabilität deutlich erhöhen. Daher gilt

es auch zukünftig, einzelne Sorten/Linien im Gemisch zu ersetzen, um die Liniengemische an das veränderte Erregerspektrum besser anpassen zu können. Untersuchungen zur Virulenz von *B. lactucae* ermöglichen dem Züchter, bei der Zusammenstellung der Liniengemische neben den standortbedingten Anbaueigenschaften auch Veränderungen im Erregerspektrum berücksichtigen zu können.

Die Untersuchungen belegen, dass bei intensivem Salatanbau sowohl im Norden als auch im Süden Deutschlands eine hohe Gefährdung durch *B. lactucae* mit der Entwicklung neuer aggressiver Rassen gegeben ist. Nach den Untersuchungen aus den vorherigen Projekten wurde der Standort Holste im Norden Deutschlands als weniger gefährdet für Falschen Mehltau betrachtet, da den Standorten im Süden ein stärkerer Zuflug von Sporen aus Frankreich und den Niederlanden zugeschrieben wurde. Neben der Windverbreitung können Mutationen, aber auch die generative Vermehrung des Pathogens eine Rolle spielen. Extreme, für das Pathogen nicht optimale Witterungsbedingungen könnten für die Entwicklung neuer, aggressiver Erregerformen gleichfalls förderlich zu sein. Aufgrund der starken Trockenheit 2018 haben sich offensichtlich besonders Erregerformen mit einer hohen Virulenzkomplexität durchgesetzt. In 2019 war der Selektionsdruck geringer, so dass hoch komplexe Rassen weniger häufig auftraten. 2020 und 2021 waren wieder viele hoch komplexe Rassen zu finden. Die Datenlage zu den Virulenzuntersuchungen ist jedoch zu gering, um endgültige Schlussfolgerungen ziehen zu können. Um gegenüber Krankheiten widerstandsfähige Pflanzen zu erhalten, ist es unabdingbar, die Resilienz der Pflanzen insgesamt gegen abiotische und biotische Stressoren zu erhöhen. Dazu soll mit der Anreicherung von Resistenzgenen in den Liniengemischen ein ausreichendes Puffersystem gegenüber *B. lactucae* geschaffen werden. Zudem ist die Widerstandsfähigkeit gegenüber den zunehmend widrigen Witterungsbedingungen zu verbessern. Bei Bataviasalaten, die aufgrund ihrer Wüchsigkeit mit schnellem Massenzuwachses dem Falschen Mehltau regelrecht „davonwachsen“ können, sind Witterungseinflüsse ein entscheidender Faktor für die Widerstandsfähigkeit. Die Resistenz beruht hier auf physiologische Eigenschaften und nicht auf vertikaler Resistenz.

6. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse; Möglichkeiten der Umsetzung oder Anwendung der Ergebnisse für die Praxis und Beratung

In dem Projekt konnten die Liniengemische aus dem Bereich Kopf- und Bataviasalat in größerem Umfang an verschiedenen Standorten über fünf Jahre unter unterschiedlichen Bedingungen und Witterungseinflüssen geprüft werden. Von den Erwerbsbetrieben sowie aus dem Handel und von Verbrauchern kamen vielfach positive Rückmeldungen. Aufbauend auf diesen Ergebnissen sowie in Anbetracht der sich zeigenden Akzeptanz wird eine breitere Vermarktung auch über den Großhandel zuversichtlich gesehen. Allerdings wird es notwendig sein, Händler und Verbraucher im größeren Maßstab zu erreichen. Ein erster Schritt hierzu ist der von Kultursaat verbreitete Flyer zu den Salatmischungen. Ab 2020 wurden Probetüten eines bunten Batavialiniengemisches zusammen mit einem informativen Begleitflyer von Kultursaat bereitgestellt und bei verschiedenen Veranstaltungen wie den Ökofeldtagen in Villmar-Aumenau verteilt. Bei der Prüfung der Salatgemische hat sich mit den deutlichen Veränderungen im Erregerspektrum von *B. lactucae* auch gezeigt, dass die Gemische in ihren Resistenzen entsprechend regelmäßig angepasst werden müssen.

Zum Ende des Projektes stehen mehrere optimierte und regional angepasste Salatgemische für die Praxis zur Verfügung. Eine Anmeldung aussichtsreicher Kandidaten bzw. Linien als Komponenten für die Gemische beim Bundessortenamt liegt in der Entscheidung von Kultursaat e. V. und wird im Sommer 2022 erneut geprüft. Drei Salatlinien aus dem Projekt befinden sich zurzeit in der Anmeldephase beim Bundessortenamt, 10 weitere Linien werden aktuell hierfür vom Vertriebspartner zentral geprüft.

Die Methode der Kreuzungspopulationszüchtung konnte bezüglich ihrer Durchführbarkeit evaluiert werden. Als Bestandteil von Liniengemischen kann die Methode durch raschen Linienersatz wertvoll zur Wirkung kommen. Durch den ersten Einsatz von F4-Nachkommenschaften in zwei Kopfsalatgemischen 2021 konnte die Praxisreife der Kombination von beiden Verfahren belegt werden. Für die Zukunft stehen etliche Linien aus älteren und wiederholten Kreuzungen zur Verfügung, deren Resistenz gegenüber ausgewählten Rassen von *B. lactucae* bereits in Resistenzuntersuchungen unter standardisierten Bedingungen bestätigt werden konnte.

Der Nutzen dieses Projektes liegt darin, den ökologischen Anbau von Salat zu stärken und sicherer zu gestalten. Mit dem neu entwickelten Züchtungskonzept und einer guten Markteinführung wird es in größerem Umfang möglich sein, dem Bedarf an ökologisch produziertem Gemüse qualitätsgerecht und in einem breiteren Angebot entsprechen zu können.

7. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Alle geplanten Ziele konnten in dem Projekt im Wesentlichen erreicht werden, wie die nachfolgende tabellarische Übersicht zeigt (Tab. 20).

Tab. 20: Geplante und erreichte Ziele

Ursprünglich geplante Ziele	Wann erreicht	Bewertung
Auswahl erster Liniengemische (LG) für Großhandel nach Empfehlung aus dem Erwerbsanbau	Ende 2017	Auswahl an LG wurde getroffen.
Einschätzung der der Anbauwürdigkeit der alten Kreuzungspopulationen KP (F4) für den Erwerbsanbau	Ende 2017	Die Einschätzungen aus dem Anbau der F4-Populationen waren linienbedingt verschieden, aber allgemein positiv .
Feedback aus Erwerbsanbau und erstmalig vom Großhandel zu Anbauwürdigkeit der LG	Ende 2018	Erwerbsanbauer gaben eine allgemein positive Einschätzung zur Anbauwürdigkeit der LG und selektierten die für ihre Region am besten geeigneten. Großhändler verkauften die zum Probeverkauf bereitgestellten LG und gaben ein positives Feedback, jedoch ohne nähere Hintergrundinformationen.
Auswahl von LG für den wiederholten Anbau im Erwerbsanbau und für Großhandel	Ende 2018	LG wurden auf bisheriger Datenbasis ausgewählt.
Einschätzung der Anbauwürdigkeit der LG für den Großanbau und der Akzeptanz in der Vermarktung	Ende 2019	Erwerbsanbauer favorisierten ihre Kandidaten. Die Bataviagemische LG7 und LG8 waren an allen Standorten anbauwürdig. Unter den von Kultursaat zusammengestellten LG waren für jede Region geeignete Kandidaten dabei, die als anbauwürdig eingestuft wurden.
Bewertung der Züchtungsstrategien zur KP bei Individualauslese im Vergleich zur Vermehrung im Ramsch, Erarbeitung des Züchtungskonzeptes auf Basis aller Daten	Ende 2019	Die Individualauslese erhöht die Wiederholbarkeit der Kreuzungen gegenüber dem Ramsch in der F3. Insgesamt positive Einschätzung der Züchtungsstrategie, Zusammenstellung der LG unterliegt einem dynamischen Prozess. LG sind entsprechend der Virulenzdynamik von <i>B. lactucae</i> jeweils anzupassen. KP sind eine Möglichkeit, eine genetische Vielfalt auf dem Feld zu erzeugen, Methode ist jedoch sehr arbeitsintensiv.
Einzellinien aus den LG sind hinsichtlich ihrer Resistenzeigenschaften charakterisiert, für Anbau in 2021 sollen anfällige Linien ausgewechselt werden	Ende 2020	Resistenz der Einzellinien wurde unter standardisierten Bedingungen mit definierten <i>B. lactucae</i> -Rassen charakterisiert. Die Zusammensetzungen der LG wurden auf der Basis dieser Ergebnisse erneuert. Zwei neue LGs wurden unter der Verwendung von Linien aus der Kreuzungspopulationszüchtung neu zusammengestellt.
Kreuzungspopulationen der F4-Generation sind für einen Vergleich in 2021 an den Standorten hergestellt	Ende 2020	Das Saatgut stand von allen Standorten zur Verfügung.
LG mit ausgetauschten F4-Linien können in ihrem Mehrwert gegenüber den alten LG beurteilt werden	Ende 2021	Die Kopfsalatgemische mit den ausgetauschten Linien hatten gegenüber den alten Gemischen einen deutlichen Mehrwert.
Die Methode der KP kann validiert werden	Ende 2021	Die Methode konnte validiert werden. Die praktische Durchführbarkeit wird als schwierig eingeschätzt. Die Einsatzfähigkeit in Kombination mit Liniengemischen wird gut beurteilt.
Einzellinien können hinsichtlich ihrer Anfälligkeit/Resistenz gegenüber aggressiven <i>Bremia</i> -Rassen bewertet werden	Anfang 2022	Durch die dreijährigen Versuche wurden die untersuchten Linien an den Standorten bezüglich ihrer Anfälligkeit gegenüber <i>B. lactucae</i> identifiziert. Außerdem kann eine Bewertung Resistenz/Anfälligkeit der Einzellinien gegenüber den aktuell relevanten <i>Bremia</i> -Rassen auf der Basis der Resistenzuntersuchungen unter standardisierten Bedingungen erfolgen.
Das auftretende Rassenspektrum von <i>B. lactucae</i> kann beurteilt und ggf. neu auftretende Rassen identifiziert werden	Mitte 2022	Eine umfangreiche Analyse der an den Standorten auftretenden <i>B. lactucae</i> -Rassen der Jahre 2017 bis 2021 liegt vor.

8. Zusammenfassung

Ziel des Projektes war es, das für den ökologischen Salatanbau konzipierte Züchtungskonzept zur Stabilisierung des Ertrages bei hoher Produktqualität zu optimieren, im Praxisanbau unter regional unterschiedlichen Bedingungen zu erproben und erste Rückmeldungen zur Akzeptanz von Handel und Verbrauchern zu erhalten. Aufbauend auf den Vorgängerprojekten (BÖLN-Projekte 2810OE064 und 2810OE069) wurden zwei Lösungswege verfolgt. Zum einen wurde die Strategie der Kreuzungspopulation weiterentwickelt, zum anderen die Liniengemische optimiert und deren Anbauwürdigkeit in ökologisch produzierenden Betrieben erprobt. Bei beiden Strategien sollte eine breitere genetische Basis hergestellt und somit eine variabelere Reaktion der Salate gegenüber abiotischen und biotischen Stressfaktoren erhalten werden. Bei den Kreuzungspopulationen sollte die Wiederholbarkeit des Verfahrens geprüft werden. Neben drei Züchterstandorten (Holste, Überlingen, Kleinmachnow bzw. Wolfenbüttel Ahlum) wurden vier Erwerbsbetriebe (Dietzenrode, Kreßberg, Überlingen, Vollersode) und zwei Großhandelsbetriebe einbezogen. Der Anbau der Salate erfolgte in zwei bis drei Sätzen (Frühjahr, Sommer, Herbst). Um die Ertragssicherheit durch den Anbau von Liniengemischen bewerten zu können, wurden diese am Standort Holste im Sommer und Herbst 2019 parallel zu ihren Einzelkomponenten angebaut. 2020 und 2021 erfolgte dieses zusätzlich an den Standorten Überlingen, Kreßberg und Wolfenbüttel Ahlum (nur Herbstanbau). Im Herbstanbau erfolgte schwerpunktmäßig die Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegenüber Pflanzenkrankheiten, insbesondere gegenüber *B. lactucae*, da in dieser Jahreszeit der Infektionsdruck durch Schaderreger in der Regel höher ist als im Frühjahr. In allen Versuchen wurden als Vergleichssorten die gegenüber *B. lactucae* resistente Sorte Analena und ab 2020 die Sorte Mafalda sowie die anfällige Sorte Neckarriesen einbezogen. Versuchsbegleitend wurden bei Befall mit *B. lactucae* an den Standorten Proben entnommen und die gewonnenen *B. lactucae*-Isolate hinsichtlich der lokal vorkommenden Virulenzen und auf Zugehörigkeit zu einer durch das IBEB (International Bremia Evaluation Board) offiziell gelisteten *Bremia*-Rasse untersucht. Die Prüffahre 2017 bis 2021 waren im Vergleich zu den Jahren zuvor hinsichtlich Witterung (Trockenheit und Regenereignisse) extrem und lokal sehr unterschiedlich. 2017 zeichnete sich im Allgemeinen durch eine feuchte, nasse Witterung aus, wodurch der Befall mit *B. lactucae* stark gefördert wurde. 2018 war eine langanhaltende Trockenheit zu verzeichnen, die lokal besonders im Frühjahr zunehmend zu beobachten ist und zu Anbauproblemen führt. 2019 war die Witterungslage an den einzelnen Standorten sehr unterschiedlich und teilweise durch lange Hitzeperioden geprägt. 2020 war der Befallsdruck durch *B. lactucae* wegen der trockenen Witterung allgemein gering, während er 2021 an allen Standorten spürbar war. Trotz dieser widrigen Witterungsbedingungen, die lokal zu unterschiedlichen Wuchsbedingungen für die Salate führten, sind die Ergebnisse in den Anbauversuchen insgesamt positiv zu bewerten. Mit der breiteren genetischen Vielfalt sind die Liniengemische variabler in der Reaktion auf Umwelteinflüsse und gegenüber Schaderregern. Durch die Züchtung von Kultursaat e. V. konnte eine höhere Toleranz gegenüber Trockenheit erreicht werden. Ernteauffälle durch *B. lactucae* konnten mit der neuen Züchtungsstrategie aufgrund der breiteren genetischen Vielfalt, vielfach auch deutlich gegenüber den Vergleichssorten, minimiert werden. Beim Anbau der Liniengemische im Vergleich zu den Einzelkomponenten zeigt sich die Wirkung der Gemische auf die Stabilität des Ertrages. Bei den Kopfsalaten erwiesen sich in allen Versuchsjahren die Liniengemische deutlich weniger anfällig für *B. lactucae* als der Durchschnitt der jeweiligen Einzellinien. Durch die Identifikationsmöglichkeit von anfällig gewordenen Linien mittels Feldprüfung der Komponenten insbesondere aber durch ein Screening der Einzellinien unter standardisierten Bedingungen mit definierten *B. lactucae*-Rassen lassen sich besonders die Kopfsalatgemische gezielter zusammensetzen bzw. erneuern. Bei den Bataviasalaten, die im Vergleich zu den Kopfsalaten insgesamt deutlich weniger anfällig für *B. lactucae* sind, ist der positive Effekt durch die Mischung, wenngleich in geringerem Maße, ebenfalls sichtbar. Unter Extrembedingungen, wie sie beispielsweise 2017 vorlagen, konnten einige Liniengemische dem ausgesprochen hohen Befallsdruck nicht ausreichend standhalten. Gegenüber Totalverlust beim anfälligen Standard traten in den Liniengemischen bis zu 50 % Ernteverlust durch *B. lactucae* auf. Einzelne Kopfsalatgemische sind für den frühen Anbau konzipiert und daher nicht für den Herbstanbau zu empfehlen. Besonders erfolgreich zeigten sich die Gemische im Anbau 2021, bei denen anfällig gewordene Linien durch Nachkommenschaften neuer Kreuzungen ersetzt wurden, deren Resistenz gegenüber den derzeit relevanten *B. lactucae*-Rassen zuvor mit Hilfe des standardisierten Screenings belegt werden konnte. Die Bataviagemische zeigten allgemein gute Ernteergebnisse bei einer hohen Ertragssicherheit. Die Anbauwürdigkeit der Salatmischungen war auch am positiven Feedback der Erwerbsbetriebe abzulesen. Auch die Rückmeldungen aus dem Großhandel waren im Wesentlichen positiv. Die gelieferten Salate wurden verkauft und eine weitere Zusammenarbeit wurde angefragt. Die Salatmischungen im Bereich der Kopfsalate sind phänotypisch weitgehend einheitlich, was bei den Bataviasalaten nicht erreichbar und angestrebt ist. Hier wurde als Vermarktungskonzept eine „bunte Kiste“ zusammengestellt, die vom Verbraucher gut angenommen wurde.

Die Prüfung über drei Versuchsjahre zeigt, dass hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegenüber *B. lactuca* die Liniengemische entsprechend der Befallssituation an den Standorten anzupassen sind. Die Virulenzanalysen ergaben, dass sowohl in den durch *B. lactuca* gefährdeten Gebieten im Süden wie in Überlingen, aber auch im Norden Deutschlands mit intensivem Salatanbau wie in Holste, neue aggressive *B. lactuca*-Rassen auftreten. Mehrfach konnten die Rassen BI: 33EU, BI: 34EU und BI: 36EU aufgefunden werden. 2020 und 2021 wurden häufig *B. lactuca*-Rassen gefunden, die zusätzliche Virulenzfaktoren aufwiesen. Die gravierenden Veränderungen im Erregerspektrum mit den neuen, stabilen Rassen haben sich merklich auf die Stabilität der Liniengemische, insbesondere im Kopfsalatbereich ausgewirkt. Hier gilt es einzelne Sorten/Linien im Gemisch zu ersetzen, um die Liniengemische an das veränderte Erregerspektrum besser anpassen zu können.

Die Methode der Kreuzungspopulationszüchtung konnte bezüglich ihrer Durchführbarkeit evaluiert werden. Das Selektionsverfahren der Individualauslese zeigte sich im abschließenden Versuch gegenüber der Ramschzüchtung überlegen. Die Wiederholbarkeit der Kreuzungen war nicht bei allen Versuchsvarianten gegeben. Da eine erhöhte Resilienz der Kreuzungspopulationen gegen *B. lactuca* durch ihre genetische Variabilität in den letzten beiden Versuchsjahren nicht gefunden werden konnte, ist die Zuchtmethode bei Salat in reiner Form nur bedingt zu empfehlen. Ein wesentlicher Vorteil liegt jedoch in der kürzeren Gesteigungszeit bis zur F4-Nachkommenschaft. Als Bestandteil von Liniengemischen kann die Methode durch raschen Linienersatz wertvoll zur Wirkung kommen.

Der Einsatz von Kreuzungspopulationen als Bestandteile von Linienmischungen wurde im letzten Versuchsjahr sehr erfolgreich getestet. Mit der Kombination beider Verfahren können die Gemische zeitnah und variabel den sich rasch wandelnden Umweltbedingungen wie einem verändertem Virulenzspektrum von *B. lactuca* angepasst werden und somit einen wertvollen Beitrag gegen die Folgen des Klimawandels leisten. Durch den ersten Einsatz von F4-Nachkommenschaften in zwei Kopfsalatgemischen 2021 erwies sich die Praxisreife der Kombination von beiden Verfahren.

Insgesamt ist festzustellen, dass auf der Basis dieser für Salat neuen Züchtungsstrategien unter Berücksichtigung regionaler Anbaubedingungen ein für die Praxis nachhaltiges Konzept zur Sicherung der Erträge bei guter Produktqualität entwickelt wurde, das in der Praxis Akzeptanz findet.

9. Literaturverzeichnis

- Bretschneider, M. (1997): Sortenmischungen im Getreidebau. diplom.de, 28.07.1997 - 100 Seiten
- Bundeszentrum für Ernährung 2019: <https://www.bzfe.de/inhalt/salate-erzeugung-6565.html>
- Finckh, Maria R. (2002) Sortenmischungen bei Getreide: Eine Chance für die ökologische Qualitätsproduktion. SÖL Beraterrundbrief 2/02(2):3-4
- Finckh, Maria R., Gacek E. S.; Goyeau H.; LANNOU, C.; Merz, U.; Mundt, C. C., Munk, L.; Nadziak, J., Newton A., de Vallavieille-Pope C. C.; Wolfe, M. S.: (2000): Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. *Agronomie* 20 (2000) 813–837
- Flamm, C. (2009): Wirkung eines Mischanbaues von Weizensorten auf Anbaueigenschaften, Krankheiten, Ertrag und Qualität unter den Bedingungen des Biolandbaues. Tagungsband der 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. ETH Zürich, 11.-13. Februar 2009, Band 1: Boden, Pflanzenbau, Agrartechnik, Umwelt- und Naturschutz, Biolandbau international, Wissensmanagement, 189-192, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Gärber, U., Behrendt, U (2015a): Neue Züchtungsstrategien bei Salat zur Anpassung an ökologische Anbaubedingungen und Verbesserung der Resistenz gegen *Bremia lactuca*. (FKZ 2810OE069), <https://orgprints.org/28390/>
- Gärber, U., Behrendt, U (2015b): Entwicklung von Salatsorten mit verbesserter Anpassungsfähigkeit durch dezentrale Züchtung. (FKZ 2810OE064), <https://orgprints.org/28389/>
- Lannou, C.; de Vallavieille - Pope, C.; Goyeau H. (1995): Induced resistance in host mixtures and its effect on disease control in computer-simulated epidemics. *Plant Pathology* (1995) 44, 478-489
- Lannou, C.; Mundt, C. C. (1997): Evolution of a pathogen population in host mixtures: rate of emergence of complex races. *Theor Appl Genet* (1997) 94: 991-999

Lannou, C. (2001): Intrapathotype Diversity for Aggressiveness and Pathogen Evolution in Cultivar Mixtures. *Phytopathology* 91 (5): 500-510

Maisonneuve, B.; Martin, E., Jean, L., Pope de Vallavieille, C., Pitrat, M. (2012). Effects of lettuce cultivar mixtures, differing for resistance genes, on *Bremia lactucae* incidence. Presented at Plant resistance sustainability 2012. International conference, La Colle sur Loup, FRA (2012-10-16 - 2012-10-19). <http://prodinra.inra.fr/record/216483>

Papaix, J.; Burdon, J.; Lannou, C.; Thrall, PH. (2014): Evolution of Pathogen Specialisation in a Host Metapopulation: Joint Effects of Host and Pathogen Dispersal. *PLOS Computational Biology*. (2014), 10(5): 1-14

Pressemitteilung des International Bremia Evaluation Board (IBEB). Plantum, Gouda 01.05.2017: A new race of *Bremia lactucae*, BI: 33EU identified and denominated in Europe

Reinhardt, G.; Gärtner, S.; Münch, J.; Hävele, S. (2009): Ökologische Optimierung regional erzeugter Lebensmittel: Energie- und Klimagasbilanzen. <https://www.ifeu.de/themen/biomasse-und-ernaehrung/lebensmittel-und-getraenke/lebensmittel/>

Schärer, H. J. (2005): The potential of variety mixtures in lettuce production. *Ekologiskt lantbruk*. 2005, 45. ISBN 91-576-6881-7

Statistica (2022) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/290660/umfrage/konsum-von-kopfsalat-in-deutschland/>

10. Veröffentlichungen zum Projekt, bisherige und geplante Aktivitäten zu Verbreitung der Ergebnisse

Zur Diskussion und Veröffentlichung der Ergebnisse wurden verschiedene Plattformen genutzt. Zum einen wurden die Ergebnisse auf der jährlichen Züchertagung von Kultursaat e. V. von Frau Behrendt vorgestellt. Frau Dr. Gärber stellte die Ergebnisse zu den Züchtungsstrategien auf der Fachreferententagung für Pflanzenschutz 2017 und 2019 vor und informierte über die neuesten Entwicklungen zum Rassenpektrum von *B. lactucae* in den verschiedenen Anbaugebieten. Einem breiten Publikum wurden die Arbeiten zu Salat auf der Internationalen Grünen Woche 2018 in Berlin vorgestellt. Hier wurden Politiker, Anbauer und Verbraucher gleichermaßen erreicht. Gleichzeitig wurden Schulklassen an das Thema Pflanzenschutz, Züchtung und Ökologischer Anbau herangeführt. Auf der Tagung zum Nichtchemischen Pflanzenschutz im Gartenbau 2018 in Berlin wurde ein breites Fachpublikum in der Diskussion erreicht, bei der innovative Ideen zur Reduzierung des Einsatzes chemischer Pflanzenschutzmittel im Fokus standen. 2020 wurde ein Praxismerkblatt zur „Sortimentserweiterung und Ertragsstabilisierung bei Bio-Salaten“ aktualisiert und mit den neuesten Daten versehen und steht unter https://oekolandbau.de/fileadmin/redaktion/dokumente/Forschung/Praxismerkblaetter/10OE069_15OE048_Pflanzenzuechtung_Bio-Salate.pdf es steht unter der Öffentlichkeit zur Verfügung. Im Juni 2022 wurde das Projekt u. a. mit einem neuen Poster und der Abgabe von Probetüten für ein Liniengemisch durch Kultursaat e. V. auf den Ökofeldtagen in Villmar-Aumenau vorgestellt (Anhang Abb. A13). Einige weitere Aktivitäten wurden durch die Coronalage verhindert.

Auflistung der Veröffentlichungen:

Behrendt, U., Gärber, U. (2017): Mit Bio-Züchtung gegen Mehltau? Neue Strategien zur Salatzüchtung in der Zusammenarbeit von Kultursaat e.V. und Julius-Kühn-Institut. *Lebendige Erde* 2/1738-41

Behrendt, U., Gärber, U. (2017): Neue Strategien in der ökologischen Salatzüchtung. *ÖKOmenischer Gärtnerrundbrief* Nr. 02-2017, 23-25

Behrendt, U., Gärber, U. (2017): Wesensgemäße Pflanzenzüchtung in einer sich verändernden Umwelt am Beispiel von Salat. *EINBLICKE; Jahresbericht von Kultursaat e.V.* Januar 2017

Gärber, U., Behrendt, U (2017): Neues Züchtungskonzept für den ökologischen Salatanbau – Weiterentwicklung und Praxiserprobung. 28. Tagung der Fachreferenten für Pflanzenschutz im Gemüse- und Zierpflanzenbau/Baumschulen vom 07. bis 09. November 2017 am Julius Kühn-Institut in Braunschweig, TOP 48

Gärber, U.; Behrendt, U. (2017): Neue Züchtungsstrategien für den ökologischen Salatanbau. In: Wolfrum, S.; Heuwinkel, H.; Reents, H. J.; Wiesinger, K.; Hülsbergen, K.-J. (Hrsg.): Ökologischen Landbau weiterdenken: Verantwortung übernehmen, Vertrauen stärken; Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Freising-Weihenstephan, 7. bis 10 März 2017, 250-253.

Behrendt, U. (2018): Neue Züchtungsstrategien bei Salat - Poster auf der Herbsttagung von Kultursaat e.V. am 17.11.2018

Gärber, U.; Behrendt, U. (2019) Sortenmischungen für einen stabilen ökologischen Salatanbau. BMEL-Tagung Nichtchemischer Pflanzenschutz im Gartenbau; DOI:10.5073/20190507-161514

Gärber, U., Behrendt, U. (2019): Neues Züchtungskonzept für den ökologischen Salatanbau – Ergebnis mehrjähriger Untersuchungen. 29. Tagung der Fachreferenten für Pflanzenschutz im Gemüse- und Zierpflanzenbau/Baumschulen vom 05. bis 07. November 2019 am Julius Kühn-Institut in Braunschweig, TOP 9

Götz, M., Behrendt, U. (aktualisiert 2021) Sortimentserweiterung und Ertragsstabilisierung bei Bio-Salaten. Praxismerkblatt. Organic eprints. https://oekolandbau.de/fileadmin/redaktion/dokumente/Forschung/Praxismerkblaetter/10OE069_15OE048_Pflanzenzuechtung_Bio-Salate.pdf

Götz, M., Gärber, U., Behrendt, U. (2022) Wirkung von Salatgemischen auf die Ertragsstabilität im Ökologischen Anbau – Poster bei den Öko-Feldtagen in Villmar-Aumenau, 28. bis 30. Juni 2022