

Emmer: Die erfolgreiche Etablierung einer neuen Art erfordert intensives Screening und züchterische Arbeit

M. Afzal und apl. Prof. Dr. Friedrich Longin, Landessaatzuchtanstalt der Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart; Email: friedrich.longin@uni-hohenheim.de

Summary

Consumers are more and more interested in products made with ancient grains. We therefore investigated 143 varieties of emmer with leading varieties from wheat, durum wheat, spelt and einkorn in multiple locations. Although emmer is cultivated only on few thousand hectares, the variability within emmer varieties is high regarding yield, lodging and disease resistance. For instance, the yield of the different emmer varieties ranged from 34 to 80 dt/ha. However, a successful cropping of emmer requires besides high yield also low risk for lodging and a high disease resistance, a combination, which is difficult to find in old emmer varieties. This underlines the necessity for breeding emmer especially for reduced lodging and increased resistance against yellow rust. First important achievements from breeding could be elaborated in our trial. The best emmer breeding lines are already on a yield and lodging level comparable to the very popular spelt variety "Zollernspelz" applying a reduced fertilizer regime. Our project highlights the necessity of science-based approaches for the establishment of new species and can be considered as model project for other crops.

Zusammenfassung

Produkte aus alten Getreidearten gelangen wieder mehr ins Interesse der Verbraucher. Wir haben deswegen 143 Emmersorten mit wichtigen Vergleichsorten aus Weizen, Durumweizen, Dinkel und Einkorn in mehrtägigen Versuchen agronomisch miteinander verglichen. Auch wenn die Art Emmer im Anbau sehr klein ist, gibt es doch in Genbanken eine große Vielfalt an Emmersorten, die eine breite Varianz in den Merkmalen Ertrag, Standfestigkeit und Krankheitsresistenz aufweisen. So schwankte beispielsweise der Vesenertrag zwischen den Emmersorten von 34 bis 80 dt/ha. Ein erfolgreicher Anbau erfordert allerdings einen hohen Ertrag gekoppelt mit guter Standfestigkeit und guter Krankheitsresistenz, eine Kombination, die die meisten alten Emmersorten nicht aufwiesen. Somit ist eine Emmerzucht notwendig, die insbesondere die Eigenschaften Standfestigkeit und Resistenz gegenüber Gelbrost weiter verbessert. Erste sehr erfreuliche Zuchtfortschritte konnten aufgezeigt werden. So sind neueste Emmerzuchtstämme im Ertrag und der Standfestigkeit bereits auf dem Niveau der sehr populären Dinkelsorte „Zollernspelz“ unter extensiven Anbaubedingungen. Dieses Projekt untermauert die Wichtigkeit einer wissenschaftlich fundierten Herangehensweise für eine erfolgreiche Etablierung einer neuen Art und kann als Modell für weitere Kulturarten dienen.

Emmer – ein Getreide mit alter Tradition

Emmer (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*, Abb. 1) ist eine der ältesten Getreidearten überhaupt. Wie Einkorn oder Dinkel gehört er botanisch zur großen Familie der Weizen. Emmer stammt ursprünglich aus dem fruchtbaren Halbmond, der Gegend zwischen Euphrat und Tigris im heutigen Syrien und Iran. Besondere Bedeutung genoss er bei den ägyptischen Pharaonen. So wird berichtet, dass Cäsar bei seinem Sieg über Cleopatra Emmer als Siegesgut mit nach Rom nahm und dieser in Rom darauf bald zu einer wichtigen Kulturart wurde („Farro“). Bis ins Mittelalter war Emmer weitverbreitet in Europa wurde dann aber von den ertragsstärkeren Arten Dinkel und Weizen verdrängt.

Emmer ist wie Dinkel ein Spelzweizen, das bedeutet dass das Korn in der Spelze fest eingeschlossen ist und bei der Ernte auch darin verbleibt. Die Kombination aus Korn und Hüllspelze wird Vese genannt. Erst in einem weiteren Arbeitsschritt in der Mühle werden die Körner freigelegt, dem sogenannten Gerbgang. Aktuell wird Emmer nur noch in einem geringen Umfang angebaut, aber die Nachfrage nach urigen Produkten und Rohstoffalternativen zu Weizen steigt, im Hobbybackbereich fast schneller als bei den Profis. In Vorversuchen konnten wir herausarbeiten, dass Emmer gut in unseren Breiten angebaut werden kann (Longin et al. 2016). Allerdings ist die größte Schwäche seine hohe Wuchshöhe gekoppelt mit einer hohen Lageranfälligkeit sowie seine hohe Anfälligkeit gegenüber den natürlich vorkommenden Pilzerregern im Feld, insbesondere den neuen Gelbrostrassen. Deswegen haben wir zusammen mit der Pflanzenzucht Oberlimpurg, der Südwestdeutschen Saatzeit GmbH & Co. KG und dem Detmolder Institut für Getreide- und Fettanalytik (DiGeFa) ein für Emmer einmalig großes Forschungsprojekt gestartet. In einer sehr großen Sammlung von Emmersorten wollen wir (1) die Variabilität in wichtigen agronomischen und Qualitätseigenschaften erfassen, (2) wichtige Parameter für eine erfolgreiche Züchtung schätzen, (3) geeignete Mahl- und Backversuche für Emmer entwickeln sowie (4) mögliche Schnellverfahren zur Qualitätsbestimmung bei Emmer untersuchen. In dieser Publikation beschreiben wir den Versuch sowie die agronomischen Ergebnisse.

Versuchsbeschreibung

143 verschiedene Sorten Winteremmer wurden mit Vergleichssorten aus Weizen (Genius, Julius), Dinkel (Zollernspelz, Franckenkorn), Durum (Sambadur, Wintergold) und Einkorn (Terzino) in Parzellenversuchen (>5m² Fläche je Prüfglied) verglichen. Alle im Markt verfügbaren Emmersorten sowie zahlreiche Herkünfte aus Genbanken und einige Neuzüchtungen aus dem Zuchtprogramm der Landessaatzuchtanstalt der Universität Hohenheim wurden deswegen vorneweg zusammengetragen und vermehrt. Der Versuch wurde auf fünf konventionell extensiv bewirtschafteten Standorten in einem p-rep Design angelegt (Standorte: 70599 Stuttgart-Hohenheim im Jahr 2019 und 2020, 72813 St. Johann im Jahr 2020, 74523 Schwäbisch Hall im Jahr 2019 und 76437 Rastatt im Jahr 2019). Bei der konventionellen extensiven Bewirtschaftung wurden Herbizide, Wachstumsregler und Fungizide verwendet, die

Stickstoffdüngung wurde aber im Vergleich zum Weizen an allen Standorten um ca. 65% reduziert. In diesen Versuchen wurde neben Vesen-Ertrag (dt/ha) noch das Ährenschieben (Tag im Jahr), die Wuchshöhe (cm) sowie die Neigung zu Lager (Boniturnote 1 = wenig, 9 = viel) erfasst. Die Ernte dieser Parzellen dient zudem als Muster für die Qualitätsanalytik, die allerdings noch nicht abgeschlossen ist.

In einem Extraversuch wurden alle Sorten in zweifacher Wiederholung in einem alpha-lattice Design in Beobachtungspartellen von 1m² noch auf Krankheiten untersucht. Hierfür wurden die Partellen wie oben mit Herbiziden behandelt und gedüngt, auf die Gabe von Wachstumsreglern und Fungiziden wurde allerdings verzichtet. Anbauorte waren Stuttgart-Hohenheim und St. Johann jeweils in den Jahren 2019 und 2020, Rosenthal 2020 und Wien 2020. Als natürliche auftretende Krankheiten konnten Septoria, Gelbrost und teilweise Mehltau (Boniturnote 1 = wenig, 9 = viel) erfasst werden. Zusätzlich wurde noch die Strohstabilität erfasst indem kurz vor der Reife jede Partelle manuell nach unten gedrückt wurde und der Widerstand gegen den Handdruck und das rasche Wiederaufrichten als Note von 1 = weiches Stroh - kaum Aufrichten bis 9 = stabiles Stroh - sofortiges Wiederaufrichten bonitiert wurde. Die Versuchsauswertung wurde mit dem Statistikprogramm R (R Core Team 2018) und ASReml 3.0 (Gilmour et al. 2009) durchgeführt.

Auch kleine Arten bieten große Vielfalt

Auch wenn Emmer aktuell nur auf wenigen Tausend Hektar in Europa angebaut wird, gibt es eine Vielzahl verschiedener Sorten. Diese sind aber vor allem in Genbanken eingelagert und werden aktuell nicht angebaut. Die große Vielfalt zwischen den Sorten war bereits im Feld gut sichtbar, u.a. in unterschiedlichsten Farben und Formen der Ähren, die meisten begrannt, manche aber auch unbegrannt (Abb. 1). Auch die Schwankungsbreite in allen gemessenen Merkmalen war sehr groß (Tab. 1, Abb. 2). So hat beispielsweise die Emmersorte mit niedrigstem Ertrag gerade einmal 34,01 dt/ha Vesen gedroschen, also Körner inklusive Hüllspelzen, während die beste Emmersorte immerhin gute 80 dt/ha erzielte. Dies zeigt sofort, dass auch bei der Etablierung einer alten Art nicht einfach irgendeine Herkunft verwendet werden sollte, sondern zunächst einmal in dem vorhandenen Material, meistens dann aus Genbanken, das möglichst beste ausgesucht werden sollte. Alleine beim Merkmal Ertrag ermöglicht dies in unserem Beispiel eine Effizienzsteigerung um mehr als das Doppelte. Gleiches betraf alle anderen untersuchten Merkmale. So fanden wir eine große Schwankungsbreite auch für die Wuchshöhe, den Blühzeitpunkt, die Lageranfälligkeit und Resistenz gegenüber natürlich im Feld vorkommenden Krankheitserregern (Tab. 1). Dies stellt die Basis für eine erfolgreiche Etablierung und Züchtung von Emmer dar.

Aus Vorgängerstudien ist bekannt, dass die größten Schwächen des Emmers seine hohe Wuchshöhe und die damit einhergehende hohe Anfälligkeit gegenüber Lager sowie die Anfälligkeit gegenüber Gelbrost ist. Für alle drei Merkmale konnte eine erfreulich große Schwankungsbreite in den 143 Emmersorten festgestellt werden (Tab. 1). Allerdings fällt auf, dass eine große Anzahl an Emmersorten weniger

standfest sind als die Sorte Roter Heidfelder, die in unserem Versuch standfesteste der im Markt gehandelten Emmersorten (Abb. 2B). Dies liegt an den sehr hohen Wuchshöhen von Emmer. So war die kürzeste getestete Emmersorte 124 cm hoch, deutlich kürzer waren dagegen die Vergleichssorten aus dem Dinkel, Durum und Weizen (Tab. 1). Dabei gilt noch zu beachten, dass wir in unseren Versuchen wie für Emmer üblich nur ca. 1/3 der normalen Stickstoffdüngermenge von Weizen ausgebracht haben. Eine gesteigerte Stickstoffdüngung steigert neben Ertrag vor allem das Pflanzenwachstum und würde somit bei Emmer zu noch höheren Pflanzen und somit höherem Lagerrisiko führen. Das untermauert, dass die Züchtung auf kürzere, standfeste Emmer weiterhin ein wichtiges Merkmal ist, welches aber durch das Fehlen richtig kurzer Emmer erschwert wird.

Für die Anfälligkeit gegenüber Gelbrost gilt ähnliches. Die aktuell resistensteste Emmersorte im Markt ist Späth's Albjuwel, dieser hatte aber eine Boniturnote von 1,4, das bedeutet, dass fast alle anderen Emmer im Test (deutlich) schlechter waren. Späth's Albjuwel befindet sich in unserem Test auf dem Resistenzniveau von der Weizensorte Genius, die in der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes mit der Note 3, also ganz ordentlich, eingestuft ist. Allerdings finden sich in der Beschreibenden Sortenliste von Weizen bereits 51 Sorten, die eine noch bessere Resistenz gegenüber Gelbrost aufweisen als Genius und die resistenstesten Emmer. Dies belegt, dass weiterhin eine Verbesserung des Resistenzniveaus gegen Gelbrost bei Emmer wünschenswert wäre, was aber wegen der fehlenden resistenten Sorten im Emmer schwierig ist.

Zusammenfassend haben wir eine große Vielfalt in den getesteten Emmersorten für die einzelnen Merkmale auffinden können, allerdings scheinen weitere Mühen zur Verbesserung der Standfestigkeit und Resistenz gegenüber Gelbrost nötig.

Beste Emmersorten bereits auf Niveau beliebter Dinkelsorten

Die erfolgreiche Etablierung einer Art hängt von zahlreichen Faktoren entlang der Wertschöpfungskette ab (Longin und Würschum 2016). Bei den agronomischen Eigenschaften sollte eine Sorte hohen Ertrag mit wenig Risiko zum Lager und Krankheitsanfälligkeit in sich kombinieren. In Abb. 2 haben wir deshalb den Ertrag im Vergleich zur Krankheitsanfälligkeit (Abb. 2A) und dem Lager (Abb. 2B) dargestellt, wobei Krankheitsanfälligkeit als Mittelwert der Boniturnoten für Gelbrost, Mehltau und Septoria berechnet wurde. Idealerweise hätte eine Emmersorte nun einen hohen Ertrag und eine niedrige Boniturnote für Krankheitsanfälligkeit und Lager, wäre also unten rechts in der Abb. 2. Dort finden sich aber nur die Vergleichssorten aus dem Dinkel (Zollernspelz, Franckenkorn) und dem Weizen (Genius, Julius). Dahingegen ist der Großteil der Emmersorten weit davon entfernt, zumindest in einem der drei betrachteten Merkmale. Obwohl diese Merkmale nicht negativ korreliert sind (Abb. 3), zeigt dies, wie schwierig die Kombination mehrerer Merkmale in einer Sorte ist. Das gilt insbesondere für die alten Genbankakzessionen. Ein kleiner Teil davon hatte zwar noch einen erfreulich hohen Ertrag aber meistens gekoppelt mit katastrophaler Standfestigkeit und/oder Krankheitsresistenz. Erfreulicherweise sind zwei neue

Emmer-Zuchtstämme (423/3/3 und 407/1/3) schon nahe dran an den im Anbau sehr beliebten Dinkelsorten Franckenkorn und Zollernspelz, sowohl im Ertrag wie der Standfestigkeit, allerdings unter einer für Dinkel extensiven Stickstoffdüngung.

Züchtung als Basis der erfolgreichen Etablierung einer neuen Art

Die Bedeutung der Untersuchung einer großen Anzahl an Sorten bei einer neu zu etablierten Art in der gewünschten Zielumwelt konnten wir mit den obigen Ergebnissen klar untermauern. So können aus der Vielzahl der evtl. bereits in Genbanken vorhandenen Sorten erste herausgesucht werden für eine Produktion in der Wertschöpfungskette. Die Herausarbeitung möglicher Schwächen der vorhandenen Sorten wie oben ausgeführt für Gelbrost und Lager zeigt aber auch klar die Notwendigkeit der Etablierung eines Zuchtprogrammes auf. Dies belegt das Konzept von Longin und Würschum (2016) und kann somit als Modellkonzept zur Etablierung neuer Kulturarten verwendet werden.

Wie erfolgreich Züchtung bei neu zu etablierenden Arten sein kann, untermauern unsere Daten auch eindrucksvoll. Die ersten etwas weiter verbreiteten Emmersorten im Markt waren Ramses und Osiris sowie Mv Heyges in Ungarn und Farvento in Österreich. Daraufhin folgten durch Züchtung der Heuholzer Kolben und später noch Späth's Albjuwel und Roter Heidfelder. Während Ramses, Osiris, Farvento und Mv Heyges bei ca. 55 dt/ha Vesenertrag und teilweise sehr hoher Lageranfälligkeit in unserem Versuch liegen, sind die Erträge und die Standfestigkeit durch reduzierte Lagerneigung in den Neuzüchtungen sukzessive besser geworden (Abb. 4). Die Züchtung von Späth's Albjuwel und dem Roten Heidfelder erreichte ein neues Niveau an Standfestigkeit und Blattgesundheit und ist agronomisch bereits vergleichbar mit der beliebten Dinkellandsorte Oberkulmer Rotkorn. Neueste Züchtungen setzen diesen Trend nun erfreulich fort und kommen nun bei ca. 80 dt/ha Vesenertrag bei weiter reduzierter Lagerneigung an, vergleichbar mit der im Anbau weit verbreiteten Dinkelsorte Zollernspelz. Dies untermauert einen bedeutenden Zuchtfortschritt in der noch jungen Emmerzüchtung und reduziert Anbaurisiken und notwendige Rohwarenpreise für einen gewinnbringenden Anbau.

Dabei haben wir in unserem Zuchtprogramm insbesondere auf die großen Schwächen des Emmers geachtet – die Reduktion der Wuchshöhe und damit eingehender Lagerneigung wenn möglich gekoppelt mit leichten Steigerungen bei Ertrag und Krankheitsresistenz. Wuchshöhe ist ein Merkmal mit hoher Heritabilität (Tab. 1), das bedeutet, es wird wenig von der Umwelt beeinflusst und es kann gut bereits in den frühen Generationen des Zuchtprogrammes selektiert werden. Im Zuchtprogramm hat man deshalb versucht, agronomisch gute Eltern zu kombinieren und in deren zahlreichen Nachkommen aber nur diese zu selektieren, die sehr kurz waren, idealerweise kürzer als die Eltern. Das Phänomen bezeichnet man als Transgression und es kommt leider nicht sehr häufig vor. Da allerdings im Emmer Sorten mit deutlich

kürzerem Wuchs fehlen, ist dies die einzige Möglichkeit zur Reduktion der Wuchshöhe. Dass dies trotzdem geht ist an einem Beispiel in Tab. 2 aufgezeigt.

Wir hatten in unserem großen Feldversuch acht Nachkommen aus einer Kreuzung, deren Eltern auch mitgetestet wurden. Diese Nachkommen wurden streng vor der Ertragsprüfung auf kurze Wuchshöhe selektiert, was sich auch im Ergebnis widerspiegelt bei dem alle acht Nachkommen kürzer waren als die Eltern. Allerdings überrascht schon, dass in einem Selektionszyklus der kürzeste Nachkommen 14 cm kürzer ist als der kürzeste Elter! Die acht Nachkommen waren im Mittelwert auch in weiteren drei untersuchten Merkmalen Lager, Gelbrost und Ertrag besser als der Mittelwert der Eltern. Dies untermauert erneut eindrucksvoll wie wertvoll und wichtig Züchtung ist. Wenn man nun allerdings anhand der vier Merkmalswerte den besten Nachkommen auswählen soll, zeigt sich wieder, wie schwierig es ist, mehrere Merkmale in einer einzigen Sorte zu optimieren. So sind zwei Nachkommen (423/3/3 und 407/1/3) mit Abstand sehr Ertragsstark und dies gekoppelt mit reduzierter Wuchshöhe und für einen Nachkommen (407/1/3) auch mit reduzierter Lagerneigung im Vergleich zum besten Elter. Allerdings sind beide relativ anfällig gegenüber Gelbrost. Der beste Nachkomme im Gelbrost (412/2/3) ist auch verbessert in der Lagerneigung aber nicht im Ertrag und im Vergleich zu seinen besten Geschwistern macht dies immerhin 12 dt/ha Ertragsnachteil aus.

Eine alternative Möglichkeit zur Züchtung auf reduzierte Wuchshöhe bei Emmer wäre eine Einführung des Kurzstrohgens (RHT-4B) aus dem verwandten Durumweizen. Hierfür müsste man eine Emmersorte mit einem kurzen Durum kreuzen und dessen Nachkommen immer wieder mit Emmer zurückkreuzen. Bei der Selektion gilt es dann darauf zu achten, dass man idealerweise die kurze Wuchshöhe und somit gute Standfestigkeit aus dem Durum beibehält aber ansonsten möglichst nur Emmermerkmale und Genom hat. In unserem Versuch stand ein Dutzend solcher Zuchtstämme, die allesamt gut bis sehr gut in der Standfestigkeit waren. Allerdings war der Ertrag bei maximal 65 dt/ha und die Anfälligkeit gegenüber Krankheiten sehr hoch. Es müsste also weitere Züchtungsarbeit gemacht werden, um durch diese Methodik marktreifes Material zu erzeugen. Dabei stellt sich aber die Frage, ob der Verbraucher eine solches Vorgehen akzeptiert. Im Dinkel hat ein ähnliches Vorgehen (Kreuzung mit Brotweizen) den Durchbruch für den heute erfolgreichen Dinkelanbau gebracht, es wurde und wird teilweise aber immer noch kontrovers diskutiert, wobei der Anbau zu großen Teilen auf Dinkelsorten mit minimalem Weizen-Genomanteil beruht. Deswegen versuchen wir weiterhin die Durum-Einkreuzung in Emmer zu verbessern, halten diesen Teil vom Zuchtprogramm aber streng getrennt vom Teil, in dem nur Emmer untereinander gekreuzt wurden und werden.

Zusammenfassung & Ausblick

Die agronomischen Ergebnisse aus unserem großen Emmerversuch belegen wie wichtig eine fundierte wissenschaftliche Erarbeitung von Merkmalen einer neu zu

etablierten Kulturart für die Wertschöpfungskette ist. Die große Varianz zwischen den Sorten zeigt zudem, dass diese Kennzahlen auf möglichst vielen Sorten und einer robusten Versuchsanlage mit mehrortigen Prüfungen beruhen sollte. So konnten wir für die einzelnen Merkmale interessante Emmersorten entdecken, die wir bisher in unserer Züchtung nicht beachtet haben. Die Erarbeitung wichtiger Kennzahlen der Pflanzenzüchtung wie genetische Varianz, Heritabilität (Tab. 1) sowie der Korrelationen zwischen den Merkmalen (Abb. 3) ermöglicht, die Emmerzüchtung effizienter aufzubauen, ein entscheidender Baustein für eine nachhaltige Etablierung dieser Kulturart. Die Qualitätseigenschaften bei Emmer wurden bisher wenig beachtet, weil einerseits zunächst eine gewisse Risikominimierung im Anbau erfolgen musste, insbesondere durch bessere Standfestigkeit und Ertrag, und andererseits keine geeignete Qualitätsmethodik für Emmer etabliert war. Die nun folgende Qualitätsanalytik inklusive Etablierung von Standardmahl- und backversuchen für Emmer ist somit ein weiterer wichtiger Schritt zur Stabilisierung des Emmers entlang der Wertschöpfungskette.

Literatur

Gilmour et al. (2009) - ASReml User Guide Release 3.0. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 1ES, UK

Longin et al. 2016 - Comparative study of hulled (einkorn, emmer and spelt) and naked wheats (durum and bread wheat): Agronomic performance and quality traits. *Crop Science*, 56: 302-311

Longin und Würschum. 2016 - Back to the future – tapping into ancient grains for food diversity. *Trends in Plant Science* 21: 731-737, DOI: 10.1016/j.tplants.2016.05.005

R Core Team (2018) - R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria

Danksagung

Diese Arbeit wurde gefördert durch das Ministerium für ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR) im Rahmen des Sonderprogramms zur Stärkung der biologischen Vielfalt des Landes Baden-Württemberg. Wir danken unseren Kooperationspartnern Pflanzenzucht Oberlimpurg, Südwestdeutsche Saatzucht GmbH & Co. KG und Detmolder Institut für Getreide- und Fettanalytik (DiGeFa) für ihre Tatkräftige Unterstützung.

Alle Foto- und Abbildungsrechte verbleiben bei den Autoren.

Abb. 1: Vielfalt bei Emmer im Feldversuch



Abb. 2: Ertrag (dt/ha) von den 143 Emmersorten und ausgewählter Referenzsorten aus dem Brotweizen (Julius, Genius), Dinkel (Zollernspelz, Franckenkorn), Durum (Sambadur, Wintergold) und Einkorn (Terzino) in Abhängigkeit der mittleren Krankheitsanfälligkeit (Mittelwert der Boniturnote für Mehltau, Gelbrost und Septoria, 1 = gesund, 9 = sehr krank; **A**) bzw. dem Lager vor Reife (Note, 1 = kein Lager, 9 = völliges Lager; **B**).

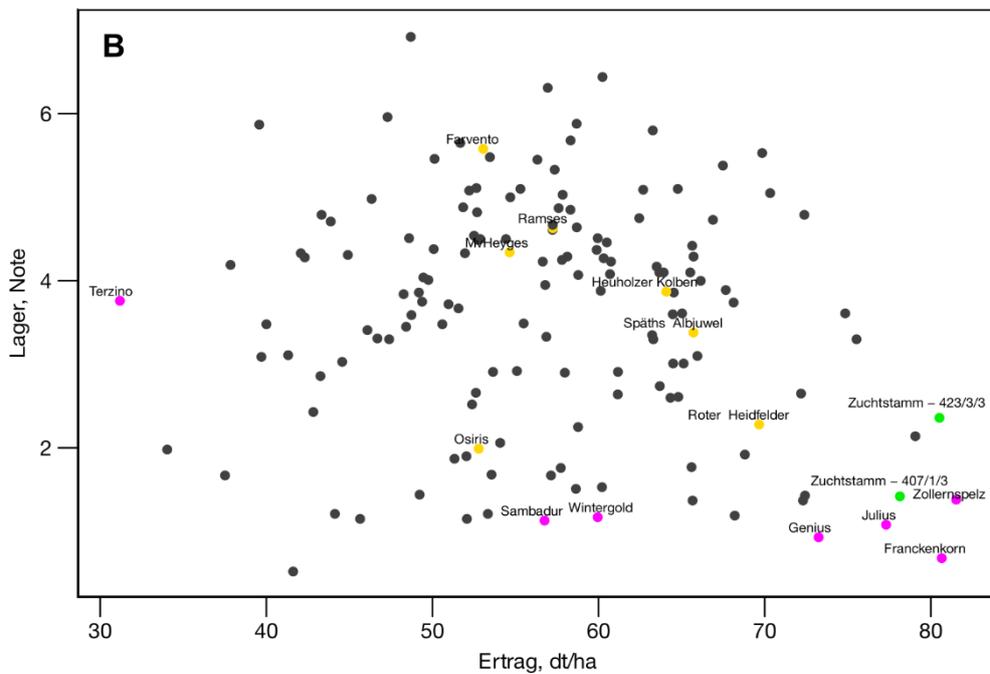
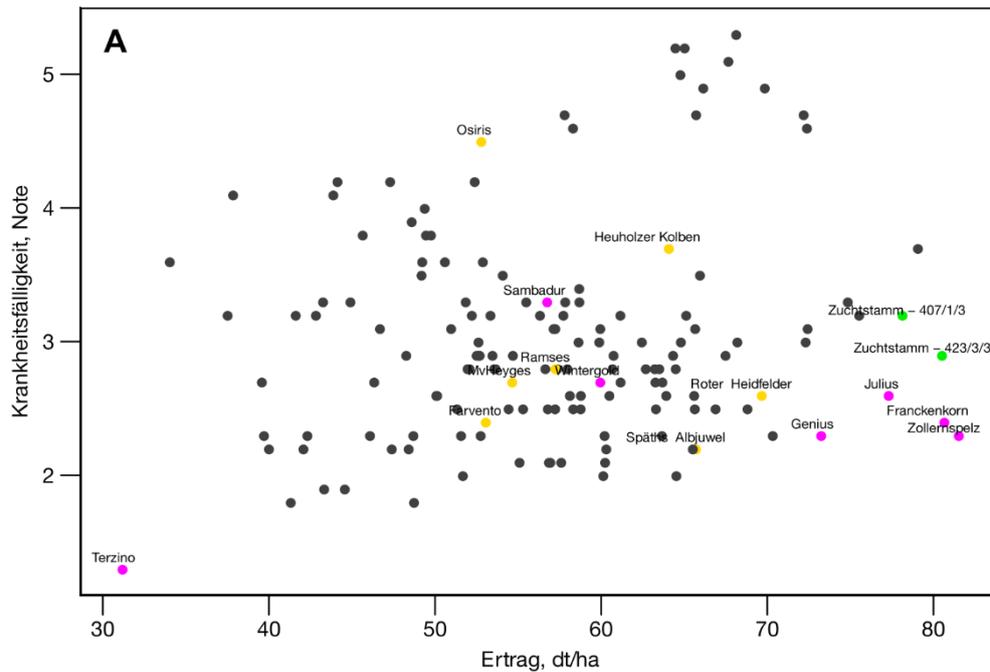
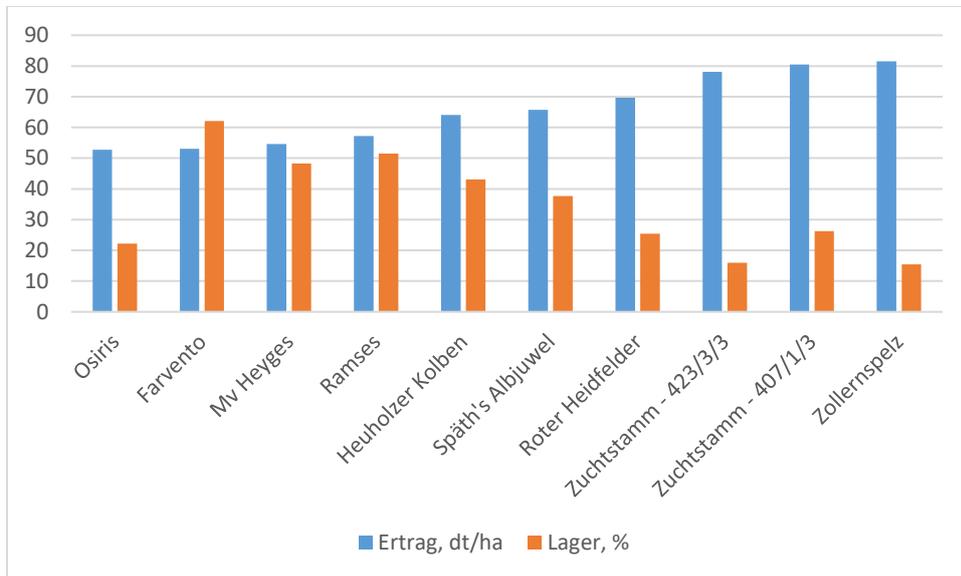


Abb. 4: Zuchtfortschritt beim Emmer gezeigt an den Merkmalen Ertrag (dt/ha - besser ist mehr) und Lager (% - besser ist weniger) an wenigen zugelassenen Emmersorten, den besten Neuzüchtungen sowie der Referenz, der Dinkelsorte Zollernspelz.



Tab. 1: Varianzkomponenten (σ^2_G = genetische Varianz, $\sigma^2_{G \times U}$ = Varianz der Genotyp x Umweltinteraktion, σ^2_e = Fehlervarianz), Heritabilität (h^2), least significant difference am 5% Wahrscheinlichkeitsniveau (LSD), und Schwankungsbreite (Min, Mean, Max) der 143 Emmersorten gemittelt über mehrere Anbauorte (Nr. Orte). (*, **, *** signifikant am 5%, 1% und 0,1% Wahrscheinlichkeitsniveau; Ä. -schieben = Ährenschieben in Tage im Jahr; Lager, Strohstabilität, Gelbrost, Mehltau und Septoria als Boniturnoten von 1 = gering bis 9 = hoch)

	Ertrag, dt/ha	Wuchshöhe, cm	Ä.-schieben	Lager	Strohstabilität	Gelbrost	Mehltau	Septoria
Min	31,16	79,39	149,90	0,53	2,39	0,86	0,94	1,33
Mean	57,20	137,14	158,46	3,61	6,66	3,53	2,25	3,26
Max	81,50	163,22	168,69	6,93	10,39	6,89	6,82	7,20
LSD 5%	12,54	9,70	2,75	2,11	2,34	1,93	1,58	1,79
σ^2_G	77,31***	251,43***	6,77***	1,45***	0,97***	1,58***	1,34***	0,71***
$\sigma^2_{G \times U}$	41,03***	18,19	1,65**	1,94***	0,70***	0,97***	0,18**	1,37***
σ^2_e	46,05	33,71	2,65	1,14	0,91	1,25	0,71	0,77
h^2	0,80	0,96	0,88	0,73	0,65	0,78	0,81	0,64
Nr. Orte	5	5	5	5	3	4	2	5

Tab. 2: Darstellung des Zuchtfortschritts in einer Kreuzung: Wichtigste Merkmale bei Emmer gezeigt für acht Nachkommen der Kreuzung Roter Heidfelder x (9.003/97 x 9.001/02) sowie deren Eltern. Zur Veranschaulichung ist auch der Mittelwert (MW) der Eltern und Nachkommen sowie der Zuchtfortschritt als Differenz der Mittelwerte Nachkommen – Eltern gezeigt (Lager und Gelbrost als Boniturnoten von 1 = gering bis 9 = hoch).

Emmerlinie	Wuchshöhe, cm	Lager	Gelbrost	Ertrag, dt/ha
E-14005-303/33/1-415/5/3	128,92	2,92	4,1	61,14
E-14005-303/17/1-411/1/3	129,15	1,38	4,6	72,28
E-14005-303/40/3-423/3/3	129,56	2,37	5,4	80,49
E-14005-303/1/2-407/1/3	134,03	1,43	5,3	78,11
E-14005-303/8/2-410/1/3	136,15	1,44	4,6	72,40
E-14005-303/30/1-413/4/3	136,40	1,78	3,8	65,57
E-14005-303/22/1-412/3/3	136,65	1,93	2,7	68,78
E-14005-303/39/1-422/1/3	140,30	3,02	5,6	65,09
9.003/97	142,58	4,01	5,6	66,12
Roter Heidfelder	144,07	2,29	4,6	69,64
9.001/02	151,55	4,65	6,0	58,66
MW Eltern	146,06	3,65	5,39	64,80
MW Nachkommen	133,90	2,03	4,53	70,48
Differenz der MW	-12,17	-1,62	-0,86	5,68