



Abb.1(neu): Ähren einer Zuchtgarten-Basispopulation von Winterroggen in Darzau (Foto: Müller 1998).

Winterroggen: Hybrid- oder Populationsorten ?

Karl-Josef Müller

Aus ökonomischen Gründen sehen sich einzelne Landwirte und Anbauverbände des ökologischen Landbaus zum Einsatz und zur Erzeugung von Hybridroggenaatgut veranlasst. Um die Frage beantworten zu können, ob Hybridroggen auch für die biologisch-dynamische Wirtschaftsweise angestrebt werden soll, wird nachfolgend einerseits die Methodik und Vorgehensweise bei der Erzeugung von Hybridroggen andererseits ein Vergleich von Pflanzen der jeweiligen Sortenstruktur vorgestellt.

Ihren Einzug in die kommerzielle Pflanzenzüchtung hielt die Hybridzüchtung in Amerika beim Mais durch die Veröffentlichung der Arbeiten von SHULL(1908), EAST(1908) und JONES(1922), die Anfang des 20. Jahrhunderts eine ökonomische Maishybrid-aatguterzeugung möglich machten. Interessant wird die Züchtung von Hybriden durch den Effekt der 'Heterosis' und die erste Mendelsche Vererbungsregel, nach der alle Hybriden aus der gleichen Kreuzung unter sich gleich sind (Uniformitätsregel).

Die Begriffe Heterosis bzw. Hybride

Heterosis ist begrifflich zunächst nichts weiter, als die quantitative Zunahme einer ausgewählten Eigenschaft des Hybriden gegenüber dem Mittelwert der gleichen Eigenschaft beider Eltern (BECKER 1993). Der Effekt der Heterosis wird umso größer je komplexer eine Eigenschaft gebildet wird (z.B. Kornertag, Biomasse). Die Heterosis wird umso kleiner je einfacher und qualitativer eine Eigenschaft beispielsweise hinsichtlich des Vorhandenseins oder eben Nichtvorhandenseins einer bestimmten Substanz ist. Folglich setzt das Interesse für die Heterosis dort an, wo es um die Bildung von Masse und Volumen, um Wachstum geht, insofern diesen ein Wert beigemessen wird. Die Heterosis kann also bei Getreide nur hinsichtlich einer Ertragssteigerung ökonomisch genutzt werden. Die Verbesserung anderer Eigenschaften muß wie bei Liniensorten durch Kreuzung und Selektion oder mit gentechnischen Verfahren bei *beiden* Eltern vorgenommen werden, weil die Ausprägung dieser Eigenschaft beim Hybriden entweder nur dem Mittel beider Eltern oder dem besseren Elter entspricht.

Ein Hybrider ist der unmittelbare Nachkomme reinrassiger, d.h. weitgehend ingezüchteter Eltern, die aus verschiedenen Formkreisen stammen, also kaum miteinander verwandt sein dürfen. Dies besagt bereits, dass bei der Hybridzüchtung alles auf die erste und einzige Generation nach der Kreuzung ankommt. Alles möglicherweise in weiteren Generationen Folgende liegt außerhalb des Interesses. Das bedeutet aber nicht, dass Hybridroggen nicht nachbaufähig wäre. Es muss aber im Nachbau mit einem Ertragsrückgang und mit einer Aufspaltung gerechnet werden. Doch nicht jede Kreuzung ingezüchteter Eltern führt zu einem Hybriden mit Heterosis. Es kann bei der Kreuzung sehr entfernt verwandter Linien auch zu

negativen Effekten und Verkümmierungen kommen, wie beispielsweise zur weiter unten behandelten Pollensterilität.

Um einen Kreuzungsnachkommen mit einer möglichst großen Heterosis zu bekommen, sind mehrere Einzelschritte zu durchlaufen. Es müssen zunächst in zwei voneinander getrennt geführten, wenig verwandten Zuchtpopulationen durch Selbstung, Halb- oder Vollgeschwisterkreuzungen weitgehend reinerbige Inzuchtlinien hergestellt werden. Diese werden dann auf ihre Eigenleistung hin selektiert. Denn eine Kreuzung von Elternlinien, bei denen die gewünschte Eigenschaft, beispielsweise Ertrag, bereits besonders ausgeprägt ist, führt, selbst wenn die Heterosis dabei etwas geringer ausfällt, zu Nachkommen mit höherem Ertrag, als bei Eltern mit höherer Heterosis aber schwacher Eigenleistung. Die besten Inzuchtlinien der einen Zuchtpopulation werden dann mit den besten Inzuchtlinien der anderen Zuchtpopulation gekreuzt und es werden nun anhand der Nachkommen diejenigen Inzuchtlinien ausfindig gemacht, die bei einer Anpaarung zu den durchschnittlich höchsten Heterosiseffekten führen. Mit diesen Inzuchtlinien wird dann auch innerhalb der Zuchtpopulationen, aus denen sie stammen, mittels Kreuzung und Selektion weitergezüchtet. Diejenige spezielle Einzelkombination von Inzuchtlinien aus den beiden Populationen, die zu den höchsten Effekten führt, ist die neue Hybridsorte. Diese muss aus den beiden Inzuchtlinien immer wieder neu erzeugt werden.

Sterilität als Grundlage der Hybridzucht

Um aber überhaupt Hybridroggensaatzgut im größeren Umfang erzeugen zu können, muss sichergestellt werden, dass die Pflanzen, welche den Hybridsamen hervorbringen sollen, sich nicht selber bestäuben können, sondern nur von dem Pollen der anderen Elternlinie bestäubt werden. Beim Roggen wird dazu eine cytoplasmatisch-kerngenetische Pollensterilität (CMS) verwendet. Es kommt meist dann zu CMS, wenn Cytoplasma und Zellkern nicht zusammenpassen, also extrem verschiedener Herkunft sind (BECKER 1993). Alle Samen hervorbringenden Inzuchtlinien der einen Zuchtpopulation müssen zu Trägern dieser CMS gemacht werden. Dies wird durch wiederholte Einkreuzung der verschiedenen Inzuchtlinien in CMS-Pflanzen erreicht, da ja der Sterilitätseffekt an das Zellplasma gebunden ist. Eine Folge davon ist, daß alle Hybridsorten zumindest eines Züchters im Hinblick auf die nur mittels des Zellplasma weitervererbten Eigenschaften identisch sind, weil in einem Zuchtgarten aus praktisch-ökonomischen Gründen nicht verschiedene CMS-Systeme gehandhabt werden können. Da die CMS-Quellen, auf welche die Züchter zurückgreifen, begrenzt und von unterschiedlicher Effizienz sind, muss sogar davon ausgegangen werden, dass innerhalb eines größeren Einzugsgebietes kooperierender Züchter sämtliche Hybriden auf das gleiche Plasma zurückzuführen sind.

Um eine mit CMS ausgestattete Inzuchtlinie im Fortbestand zu erhalten, bedarf es einer nahezu identischen Inzuchtlinie ohne CMS, dafür aber mit Maintainer-Eigenschaften, das ist eine Inzuchtlinie, die in der Lage ist die CMS-Partnerlinie mittels Bestäubung zu erhalten. Würde man die auf den CMS-Inzuchtlinien dann geernteten Samen als Feldbestand rein aussäen, könnte man allerdings noch keine Samen ernten, weil wieder kein Pollen zur Verfügung steht. Damit von den späteren Hybridpflanzen wieder Pollen gebildet werden kann, müssen die Inzuchtlinien der Pollenspender-Zuchtpopulation durch Einkreuzung mit einer Restorer-Eigenschaft ausgestattet werden, welche die Pollensterilität des CMS-Kreuzungspartners überwindet und die Nachkommen wieder mehr oder weniger fertil sein lässt, so dass auf den Hybridpflanzen wieder Samen gebildet werden können. Steht nicht genügend Roggenpollen zur Verfügung, dann kommt es zur Ausbildung von Mutterkorn (*Claviceps purpurea* Fr.), wie es sich auch bei Roggeneinzelpflanzen z.B. in Beständen anderer Wintergetreide oder in Jahren mit feuchter Witterung zur Zeit der Roggenblüte vermehrt finden lässt. Trotz seiner vielleicht kompliziert erscheinenden Handhabung ist die cytoplasmatisch-kerngenetische Pollensterilität (CMS) der am meisten genutzte 'Hybridmechanismus' zur Kombination von Inzuchtlinien bei Feldfrüchten.

Dominante Einfalt / Rezessive Eigenschaften werden ausgeschaltet

Ganz allgemein betrachtet führt die Inzucht von Individuen einer Population dazu, dass Schritt für Schritt Eigenschaften in Erscheinung treten können, die bei einem gemischterbigen Individuum oft noch gar nicht zu bemerken sind. Diese Eigenschaften nennt man rezessive

Eigenschaften. Nach den theoretischen Überlegungen und experimentellen Befunden von Populationsgenetikern sind, wenn eine rezessive Eigenschaft in einer zufallspaarenden Population einmal unter tausend Individuen auftritt, weitere 61 Individuen mehr oder weniger befähigt, miteinander Nachkommen hervorzubringen, bei denen diese Eigenschaft wiederum in Erscheinung treten kann (Hardy-Weinberg-Verteilung). Dabei sind Wechselwirkungen mit anderen Eigenschaften, die das Auftreten befördern, hemmen oder auf völlig andere Art erscheinen lassen, noch nicht berücksichtigt.

Bei rezessiven Eigenschaften, die für das züchterisch angestrebte Ziel ungünstig sind, dient die Inzucht dazu, alles zur Erscheinung zu bringen, um "Ungünstiges" zu eliminieren; und zwar mehr oder weniger vollständig, je nach dem wie weit die Inzucht getrieben werden kann. Derzeit ist meines Wissens niemand in der Lage zu beurteilen, ob eine rezessive Eigenschaft eine unter ganz besonderen Umständen, evt. sogar sinnvollerweise, entstandene Eigenschaft ist, die mittlerweile "ungünstig" geworden ist, oder aber der Beginn einer neuen besonderen Anpassungsfähigkeit, die noch nicht ausgereift ist. Das bedeutet, dass mit jeder Eliminierung nicht nur scheinbar ungünstige Eigenschaften von einer weiteren Teilnahme an der Entwicklung ausgeschlossen werden, sondern die Population als ein Ganzes in ihrer potentiellen Entwicklungsfähigkeit beschnitten wird. Was auf dem Wege der Inzucht und Neukombination in den Mittelpunkt gestellt wird, das sind die vom Züchter zum aktuellen Zeitpunkt als besonders wichtig erkannten und nicht zuletzt vom Landwirt honorierten Eigenschaften.

Bei einem extrem gemischterbigen Individuum wie einem Hybriden, aber bei jeder anderen Kreuzung auch, werden die rezessiven Eigenschaften wieder in den Zustand potentieller Fähigkeiten zurückversetzt. In den Vordergrund treten die dominanten Eigenschaften. [Vernachlässigt werden bei dieser Betrachtung die auf Epistasie und Überdominanz beruhenden Eigenschaften, da sie für die Heterosis von untergeordneter Bedeutung sind (s.a. BECKER 1993).] Wie dominante und rezessive Eigenschaften sich qualitativ unterscheiden lassen, kann das Folgende verdeutlichen. Eine dominante Eigenschaft tritt immer mehr oder weniger deutlich (Genotyp ist nicht gleich Phänotyp) in Erscheinung, wenn sie erblich vorhanden ist; eine rezessive Eigenschaft nur in reinerbiger Form. Da eine natürliche Selektion immer beim Phänotyp ansetzt, werden für den Fortbestand der Art (die Fitness) ungünstige dominante Eigenschaften, die durch Mutation oder Umgebungsveränderung zu solchen werden, in der Generationenfolge sofort anteilmäßig verringert. Für die Fitness günstige dominante Eigenschaften werden rasch angehäuft, aber ohne dass ihr rezessives Gegenüber eliminiert wird. Bei rezessiven Eigenschaften kann die natürliche Selektion nur im reinerbigen Zustand ansetzen, so dass für den Fortbestand ungünstige rezessive Eigenschaften - ein guter Geschmack, der zum Gefressen-Werden führt ist nicht in jeder Lebenslage günstig - in der Population zwar reduziert aber nicht eliminiert werden und in den gemischterbigen Individuen weiterbestehen. Für die Fitness besonders günstige rezessive Eigenschaften können jedoch dazu führen, dass die dominanten Eigenschaften, mit denen diese rezessiven konkurrieren, vollständig ausgelöscht werden. Letzteres hat zur Folge, dass rezessive Eigenschaften als solche nicht mehr erkannt werden können, weil ihr dominantes Gegenüber schlichtweg abhanden gekommen ist. Demnach werden sich unter den dominanten Eigenschaften sehr viel mehr solche finden, welche beispielsweise durch ein üppigeres Wachstum zum mengenmäßigen Fortbestand der Art beitragen, und unter den rezessiven Eigenschaften werden sich vermehrt qualitative Differenzierungsmöglichkeiten anhäufen, die neben den dominanten noch bestehen können, ohne sie in der Fitness zu übertreffen. In einer offenbestäubenden Population können beide Eigenschaftsarten nebeneinander bestehen, in der Hybridzüchtung mit damit einhergehender Inzucht wird der Beitrag der rezessiven Eigenschaften an der Individuenvielfalt unterdrückt und es herrscht dominante Einfachheit.

Beim Hybriden muss das Wachsen und Entfalten als ansonsten typische Anfangssituation des Sproßwachstums überwiegen. Die über eine Ausdifferenzierung bis zum Ende des Sproßwachstums auf eine Reifung hinführenden Prozesse werden zurückgedrängt. In der Generationenfolge kann das Zusammenführen von Individuen über die nachfolgende schrittweise Ausdifferenzierung von Anlagen auch zum Erscheinen neuer Eigenschaften beitragen. Aber das Zusammenführen selbst bildet nicht die neuen Anlagen aus. Dies geschieht erst in der Auseinandersetzung mit den Bedingungen, in die der Organismus hineingestellt wird.

Hybride und Inzuchtlinien - Extreme mit wenig Entwicklungspotential

Der extrem gemischterbige Hybride und die absolut reinerbige Inzuchtlinie können als die beiden Extreme innerhalb einer evolutiven Fortpflanzung angesehen werden. Innerhalb einer zufallspaarenden Population von fremdbestäubendem Winterroggen treten sie in dieser Art theoretisch überhaupt nicht auf. Nur die Eigenschaften von Individuen dieser Population können gemischt- oder reinerbig sein und bieten dann einen Angriffspunkt für die Selektion. Unter Ausschluss genetischer Drift, d.h. bei Auswahl einer ausreichend großen Anzahl von Individuen einer offenbestäubenden Population von Winterroggen nach dem Zeitpunkt der Blüte, kann es so gut wie fast gar nicht zum vollständigen Eliminieren einer rezessiven Eigenschaft kommen, welcher Art auch immer sie sei. Das bedeutet, dass bei einer offenbestäubenden Population ein sehr großes Entwicklungspotential aufrecht erhalten werden kann. Auch aktuell ungünstige Eigenschaften haben auf diese Weise die Möglichkeit sich zu künftig fortschrittlichen zu wandeln und können dann zu einem späteren Zeitpunkt durch Auslese wiederum begünstigt werden. Dies schließt theoretisch allerdings aus, den optimalst an die augenblicklichen Geschehnisse angepassten Pflanzenbestand zu erhalten, es sei denn diese Geschehnisse wären immerwährend die gleichen.

Eine auf Zukünftiges ausgerichtete Landwirtschaft und insbesondere eine solche, die "das Prinzip einer zielgerichteten Organisation des landwirtschaftlichen, weitgehend in sich geschlossenen, 'wohlproportionierten' Betriebsorganismus" anstrebt, bei dem es um die Entwicklung und Förderung des sich gegenseitig Tragenden und Stützenden ankommt, bedarf aus dieser Sicht möglichst plastischer Populationen, mit denen die räumlich und zeitlich individuell auftretenden Impulse aufgenommen und weitergeführt werden können. Die biologisch-dynamische Wirtschaftsweise stellt demnach sogar eine wesentliche Grundlage dar für die züchterische Entwicklung solcher Populationen. Vor diesem Hintergrund wäre eine standortbezogen angemessene Vielfalt morphologischer Typen bei Feldfrüchten als InSitu-OnFarm-Erhalt im Sinne evolutiver Prozesse ebenso wünschenswert wie eine Artenvielfalt bei Ackerwildkräutern und Insekten, für welche die ökologischen Betriebe bereits allgemein bekannt sind.

Ergebnisse aus einem Feldversuch: Standort, Witterung, Material und Methoden

Der Versuchsstandort Hof Tangsehl liegt im Naturschutzgebiet Elbufer-Drawehn am Rande der Göhrde, Ostheide. Der landwirtschaftliche Betrieb wurde 1987 mit einem Viehbesatz von ca. 0,3 GV/ha auf die biologisch-dynamische Wirtschaftsweise umgestellt. Die Witterung im Versuchszeitraum 1993/94 war gekennzeichnet von einem sehr feuchten Winter mit einem kalten Februar und einem unverhältnismäßig kühlen Frühjahr auf das erst Ende Juni eine sehr warme und zugleich trockene Periode bis zur Ernte folgte. Die Aussaat erfolgte am 6.September'93 mit 330 Korn/m² bei einer Reihenweite von 18cm und einer Einzelparzellengröße von 5m² in einer Blockanlage mit 4 Wiederholungen. Die Bodenbearbeitung (Pflügen mit Packer und Eggen) wurde einige Tage vor der Saat durchgeführt. Einen Tag nach der Saat wurde Hornmist ausgebracht. Der Bodentyp war eine Parabraunerde mit ca. 30 Bodenpunkten. Vorfrucht war ein Hafer-Erbesen-Körnerfrucht-Gemenge. Die letzte Düngung war mit ca. 250 dt/ha Stapelmist im Frühjahr 1991 zu Kartoffeln erfolgt. Bis zur Ernte wurden außer einer Hornkieselspritzung im Mai keine weiteren Behandlungen durchgeführt. Geerntet wurde der Versuch am 27.Juli'94. Nachfolgend aufgelistete 16 Sorten (HYBRIDE in GROSSBUCHSTABEN) mit Angabe des Jahres, in dem die Sorte für den Handel zugelassen wurde, konnten miteinander verglichen werden:

Halo 1977, Pluto 1979, Danko 1980, Merkator 1980, AMANDO 1987, LUCHS 1987, Borellus 1988, RAPID 1989, MARDER 1989, Baro 1990, Motto 1991, MARLO 1991, Amilo 1992, GAMBIT 1992, Quadriga 1993, LOCARNO 1993

Erträge und Ertragsstruktur

Bei den Erträgen zeigte sich ein aus Versuchen in Vorjahren an diesem Standort bekanntes Bild. Mit einem Durchschnittsertrag von ca. 31 dt/ha lagen die Hybridsorten um ca. 33% über dem Durchschnitt der Populationssorten von ca. 23,3 dt/ha. Die Korrelationen der Ertragskomponenten zum Ertrag bestätigten eine Veröffentlichung von Erfahrungen unter konventioneller Bewirtschaftung, die gezeigt hatten, daß der höhere Ertrag der Hybriden in

erster Linie durch eine höhere Anzahl Körner/Ähre bedingt ist (SCHÖNBERGER 1994). In den Versuchen in Tangsehl korrelierte die Komponente Körner/Ähre zum Ertrag mit $r=0,80^{***}$ deutlich ausgeprägt, wogegen die Anzahl ährentragender Halme/m² mit $r=0,56^*$ für Ertragsunterschiede weniger bedeutsam war und das Tausendkorngewicht wegen seiner Ausgleichenheit über alle Sorten hinweg keinerlei Einfluss auf höhere Erträge hatte.

Hinsichtlich des Ertrages konnte bei den Populationssorten nur 'Motto' als von den anderen Sorten signifikant schlechter eingestuft werden, doch schien dies an der Saatgutqualität zu liegen, da bereits der Aufgang unterdurchschnittlich war und die Bestandesentwicklung dies nicht ausgleichen konnte. Bei den Hybridsorten waren es 'LUCHS' und 'LOCARNO' die ertraglich nach oben ausschlugen und 'AMANDO' nach unten. Dafür erreichte 'AMANDO' die höchsten Fallzahlen (Abb.4), wodurch sich diese Sorte mit zwar besserer Fallzahl aber auf Kosten des Ertrages unter den Hybriden hervorhob. Von den neueren Sorten fiel unter den Populationssorten 'Quadriga' auf, die einen für Populationssorten ungewöhnlich niedrigen Bestand bildete. Eine niedrige Wuchshöhe in Verbindung mit einer hohen Standfestigkeit hatten ansonsten besonders die Hybridsorten, wobei diese Eigenschaften nicht auf Heterosis zurückgeführt werden können. Neben dem kurzen Wuchs traten die Hybriden mit einheitlich langen und durchschnittlich mehr Körnern besetzten Ähren hervor. Bei kleinerem Wuchs müssen die Hybridsorten eine deutlich höhere Stoffwechsellätigkeit als die Populationssorten entfalten, um die sehr hohen Kornerträge am Standort Tangsehl erreichen zu können (Abb.2). Der meist höhere Wuchs der Populationssorten führt im allgemeinen zu einer besseren Beschattung von Ackerwildpflanzen, so dass diese an einer Ausbreitung gehindert werden.

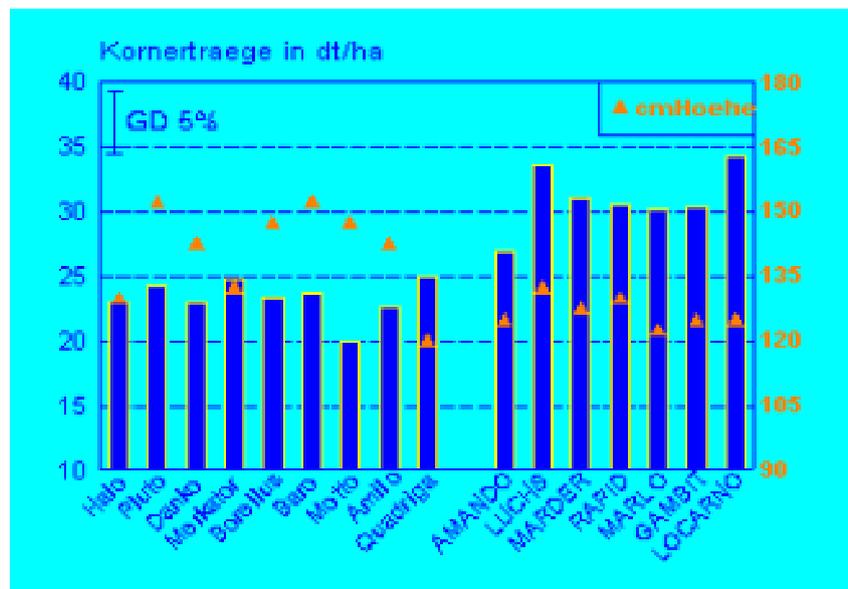


Abb.2: Kornerträge und Wuchshöhen am Standort Tangsehl 1993/94.

Morphologische Charakteristiken

Die höhere Anzahl von Körnern/Ähre, mit der die höheren Erträge erreicht werden, steht offensichtlich in einem Zusammenhang mit einer höheren chlorophyllsynthetischen Aktivität des Sprosses, welche die höheren Stoffwechselumsätze ermöglicht. Die mit einem MINOLTA-Chlorophyllmeter-Spad-502 an den Fahnenblättern zur Zeit der Roggenblüte bestimmte Chlorophylldichte pro Flächeneinheit zeigte eine sehr enge Korrelation zur Anzahl Körner/Ähre ($r=0,91^{***}$; Abb.3). Ausgeprägter noch als in der Anzahl Körner/Ähre unterschieden sich Populationssorten und Hybridsorten in der Chlorophylldichte. Gegenüber den dunkleren Hybridsorten fielen die Populationssorten als ausgewachsene Pflanzen durch ein deutlich helleres Grün auf und waren im allgemeinen auch von höherem Wuchs und weniger uniform als die Hybridsorten. Die auf höhere Stoffwechselaktivität weisende Chlorophylldichte der Hybriden ist möglicherweise auch ein wesentlicher Faktor für die höhere Braunrostanfälligkeit der Hybriden, die aber am Standort Tangsehl 1994 witterungsbedingt nur schwach ausgeprägt war.

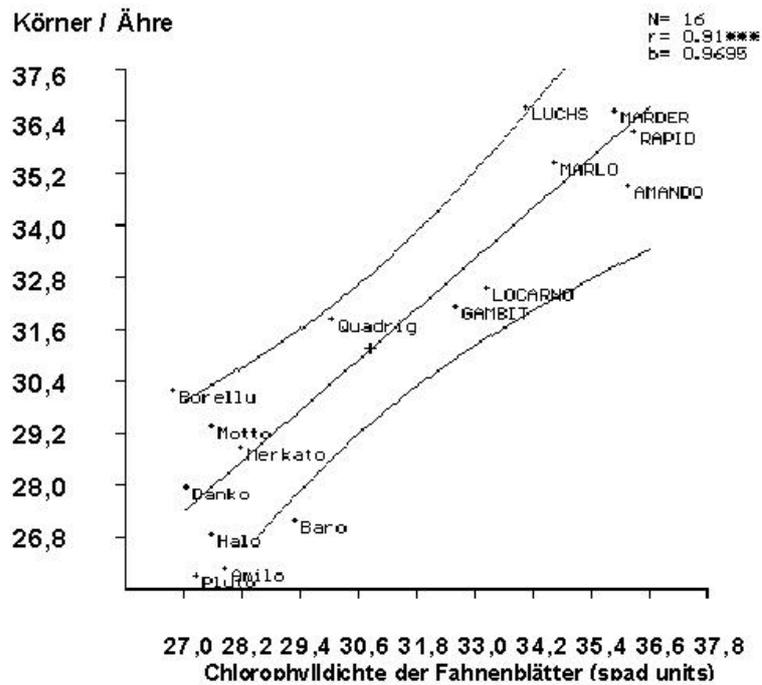


Abb.3: Beziehung zwischen 'Körnern/Ähre' und 'Chlorophyllidichte der Fahnenblätter', gemessen in MINOLTA-Chlorophyllmeter-spad-units zur Zeit der Blüte, am Standort Tangsehl 1993/94.

Fallzahl

Für die Vergleiche am Erntegut standen neben den Proben von Tangsehl (Ostheide) auch Proben aus Kleinstparzellenversuchen von Gerd Faber auf Gut Marutendorf bei Kiel zur Verfügung und von Hof Kasten und Hof Wagenstatt bei Gars a.Inn, die Eckart Irion betreut hatte. Trotz der großen räumlichen Distanzen zwischen den Versuchsstandorten fanden sich bei der Untersuchung der Fallzahl ähnliche Ergebnisse (Abb.4). Die Fallzahl gilt als Maß für die Aktivität der stärkespaltenden Enzyme. Je niedriger die Fallzahl ist, desto eher ist die Stärke durch die Aktivität der Enzyme bereits zu Ein- oder Mehrfachzuckern abgebaut. Dadurch wird die Verkleisterungsfähigkeit der Roggenteiglinge und der Aufgang der Roggenbrote eingeschränkt. Unter den Populationssorten hoben sich die beiden neueren Sorten 'Motto' und 'Amilo' tendenziell nach oben, die neue Sorte 'Quadriga' setzte sich eher etwas nach unten ab. Unter den Hybriden fiel die kleinblättrige Sorte 'AMANDO' durch sehr hohe Fallzahlen auf, mit denen sie auch vom Züchter beworben wird, 'MARLO' und der für extensive Bewirtschaftung empfohlene 'GAMBIT' dagegen zeigten ein sehr schlechtes Fallzahlergebnis, das keine guten Backeigenschaften erwarten läßt.

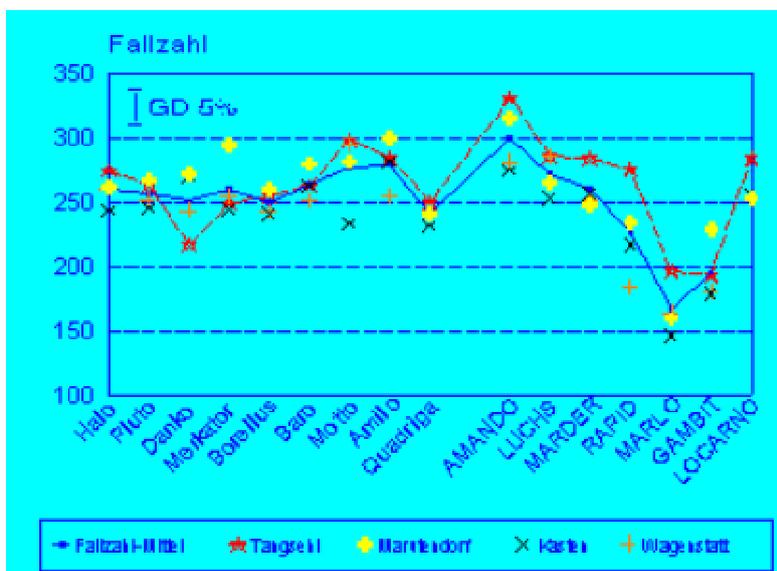


Abb.4: Fallzahlen bei Roggenproben von 4 Standorten aus dem Anbau 1993/94

Zusammenfassung

Theoretische Überlegungen und praktische Vergleiche zeigen, dass bei Hybriden stoffwechselbetonte Aspekte in den Vordergrund treten. Heterosis findet sich für den Ertrag, nicht für die Qualität. Wenn ein Hybrider sich durch eine höhere Qualität auszeichnet, ist dies in der Regel kein Heterosiseffekt, sondern auf eine entsprechende qualitative Beschaffenheit der Elternlinien zurückzuführen. Das bestätigt im Prinzip auch die Hybridsorte 'AMANDO', bei der eine höhere Fallzahl nur mit geringerem Ertragsfortschritt erzielt werden konnte. Die strenge Inzucht innerhalb der elterlichen Zuchtpopulationen der Hybriden führt nicht nur zu einer Verringerung des Anteils rezessiver Eigenschaften als bei offenbestäubenden Populationssorten, sondern mehr oder weniger sogar zu deren Eliminierung, so dass diese Anlagen von evolutiven Prozessen ausgeschlossen werden (Genbanken sind dafür anerkanntermaßen kein Ersatz). Die hohe Chlorophylldichte der Hybriden und die längere photosynthetische Aktivität bei gleicher Reifezeit weisen darauf hin, dass Differenzierungs- und Reifungsvorgänge bei Hybriden zurück- und Stoffwechselaktivitäten hervortreten. Da auf diese Weise mit Hybriden höhere Erträge erzielt werden können, müsste dem bei Populationssorten stärker dominierenden Aspekt der Vielfalt, möglicherweise auch der ausgewogeneren Reifung, und aus evolutiven Gesichtspunkten, im biologisch-dynamischen Anbau nicht zuletzt im Sinne einer betrieblichen Individualisierung durch fortgesetzten Nachbau, ein besonderer Wert beigemessen werden. Letztendlich stellt sich aber auch die Frage danach, welche Qualität der Landwirt beim Getreide nicht nur aus verarbeitungstechnischen Gründen an den Verbraucher weitergeben möchte.

Anmerkung

Da die mit Hybriden auf Basis der Heterosis verwirklichten Zuchtziele nach aktuell wissenschaftlichem Kenntnisstand auf einer Akkumulation dominanter Eigenschaften beruhen, sind die gleichen Zuchtziele bei selbstbestäubenden Arten wie beispielsweise Weizen bei der bereits praktizierten Intensität züchterischer Bearbeitung auch mit reinerbigen Linien zu erreichen. Das Konzept der Liniensorten bei Selbstbestäubern und die dabei verfolgten Zuchtziele sollten daher grundsätzlich in der gleichen Weise hinterfragt und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf qualitätsbestimmende Eigenschaften, die über verarbeitungstechnische Gesichtspunkte hinausgehen, untersucht werden.

Danksagung

Ganz besonders Danken möchte ich der Mahle-Stiftung, dem Rudolf-Steiner-Fonds und der Gemeinnützigen Treuhandstelle Hamburg, die mit Ihrer Unterstützung die zugrundeliegenden Arbeiten ermöglicht haben, sowie Eckart Irion und Gerd Faber für das erweiternde Probenmaterial.

Literaturnachweis

BECKER, H. (1993): Pflanzenzüchtung. Stuttgart: Ulmer.

EAST, E.M. (1908): Inbreeding in corn. Conn. Agr. Exp. Sta. Rpt. (1907), 419-428.

JONES, D.F. (1922): The productiveness of single and double first-generation corn hybrids. Jour. Am. Soc. Agron. 14, 241-252.

MINOLTA CAMERA CO., Kurt-Fischer-Str. 50, D-22926 Ahrensburg: Produktinformationen Chlorophyllmeter Spad 502.

SCHÖNBERGER (1994): Hybridroggen früh, dünn und flach säen! Z. top agrar 9/94, 54-57.

SHULL, G.H. (1908): The composition of a field of maize. Am. Breed. Assoc. Rpt. 4, 296-301.

Unterschiede in der Bio-Lumineszenz von Roggensorten

Dr.Jürgen Strube

Zeitschrift Lebendige Erde 4/1996, 312-315

An den Roggenkörnern von 16 Sorten, die Karl-Josef Müller in der Vegetation 1993/94 am Standort Tangsehl angebaut hatte (Zeitschrift Lebendige Erde 3/1996, 209-218, siehe oben), wurde die induzierte Lumineszenz gemessen. Hierbei handelt es sich um ein schwaches Leuchten des pflanzlichen Materials im Dunkeln nach einer kurzen Beleuchtung. Es zeigte sich, dass Populationsorten und Hybridsorten hinsichtlich der gemessenen Lumineszenz unterschiedliche Tendenzen aufweisen.

Das Verfahren der Lumineszenzuntersuchung wurde von Dr. F. A. Popp und seiner Arbeitsgruppe entwickelt. Sie wird von ihm als Biophotonen-Untersuchung bezeichnet. Eine gute Darstellung des Hintergrundes und des Gesamtkonzeptes von Zellkommunikation und Licht gibt BISCHOF 1995. Darüber hinaus sei noch auf die angefügten Literaturhinweise aufmerksam gemacht.

Die Frage für die vorliegende Untersuchung war, ob sich die Gesichtspunkte und Ergebnisse von ähnlichen Untersuchungen, die wir bereits einige Jahre zuvor durchgeführt hatten, an einem erweiterten Sortenspektrum bestätigen lassen.

Für die Untersuchung wurden die Proben für 5 Sekunden dem hellen, weißen Licht einer Wolframlampe ausgesetzt. Etwa 1/4 Sekunde später beginnt die Registrierung des Leuchtens der Probenkörner. Deren Nachleuchten wird für 10 Sekunden in 0,1 Sekunden Intervallen gemessen. Das Nachleuchten ist anfangs stark und klingt mit der Zeit ab. Auch nach Stunden und Tagen kann noch eine Lichtemission gemessen werden. Diese dauerhafte Lumineszenz erfordert lange Messzeiten. Sie wurde für die vorliegende Untersuchung nicht ausgewertet.

Die Abklingkurve des Nachleuchtens einer Probencharge zeigt Abb.5 (fehlt hier leider). Ausgewertet wurden u.a. die Anfangshöhe der Emission und der zeitliche Verlauf des Abklingens. Ein hyperbolischer zeitlicher Abklingverlauf ist nach Popp ein sicherer Hinweis auf kohärente Lichtemission (DICKE-Theorem 1954, POPP 1992). In der Praxis sind rein hyperbolische Abklingverläufe selten. Meist liegt eine Mischform aus hyperbolischem und exponentiellem Abklingen vor. Wir haben bei allen von uns untersuchten festen Einzelsubstanzen (z.B. NaCl, Zitronensäure, Saccharose, den Aminosäuren Prolin und Histidin) ein nahezu rein exponentielles Abklingen gefunden. Bei manchen polymerisierten Kunststoffen (nicht allen) haben wir auch hyperbolische Abklingverläufe gemessen. Pflanzliche Proben kann man als komplexe organische Polymere ansehen. Bei ihrer Lumineszenzanalyse waren im Abklingverhalten immer Mischformen aus hyperbolischem und exponentiellem Verlauf zu messen. Der Grad der Annäherung an den einen oder anderen Verlauf wird mit dem Verfahren der mittleren Abweichungsquadrate (Chi-Quadrate) gegen den exponentiellen oder hyperbolischen Idealverlauf ermittelt. Der Quotient aus exponentiellen Chi-Quadraten durch hyperbolische Chi-Quadrate weist bei Werten über 1 auf einen eher hyperbolischen Verlauf hin, bei Werten unter 1 auf einen eher exponentiellen Kurvenverlauf.

Die Messergebnisse der Proben zeigt Abb.6 (y-Achse). Zunächst fällt die Gruppierung der Hybridsorten (mit Großbuchstaben bezeichnet) einerseits und der Populationsorten (Normalschrift) andererseits auf. Alle Meßwerte zeigen Abklingverläufe, die eher einem hyperbolischen Verlauf ähneln als einem exponentiellen. Der Grad der Annäherung an den hyperbolischen Verlauf ist bei den verschiedenen Sorten jedoch unterschiedlich. Die von uns einige Jahre zuvor an 4 Hybrid- und 4 Populationsorten durchgeführte Untersuchung hatte ein ähnliches Ergebnis gezeigt. Damals war die Anfangshöhe der induzierten Emission untersucht worden. Auch dabei waren Hybridsorten mit geringer Emission einerseits und Populationsorten mit höherer Anfangsemission andererseits deutlich unterschiedlich hervorgetreten. Die Anfangshöhe war diesmal kein trennendes Kriterium.

Für ausreichend getrocknete, lagerfähige Körner darf man eine gewisse Ferne vom aktuellen Wachstumsprozess unterstellen. Führt man Feuchtigkeit zu, so beginnt das Keimen. Dem entspricht der Übergang bei den Messwerten von der starken Anfangsemission mit weniger

hyperbolischem zur schwächeren Anfangsemission mit stärker hyperbolischem Abklingverlauf. In Analogie dazu interpretieren wir die vorliegenden Messergebnisse so, dass Hybridsorten wachstumsnäher bleiben als Populationssorten. Man könnte es auch so ausdrücken, dass Populationssorten den vegetationsfernen Zustand des trockenen Kornes stärker ausprägen können.

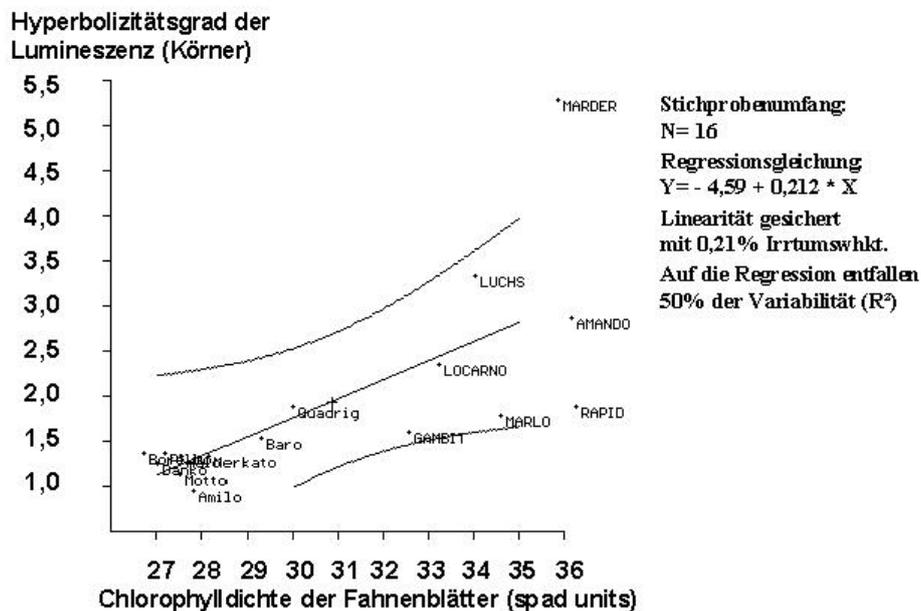


Abb.6: Verhältnisse von 'Chlorophylldichte der Fahnenblätter' gemessen in MINOLTA-spad-units und 'Hyperbolizitätsgrad' des Abklingverhaltens einer induzierten Lumineszenz an 16 Winterroggensorten vom Standort Tangsehl 1993/94 ($r=0,71^{}$; $a=0,01$).**

Beim Vergleich der Hyperbolizitätsgrade mit anderen erfassten Parametern fand Karl-Josef Müller eine signifikante Korrelation zur durchschnittlichen Chlorophylldichte des jeweiligen Fahnenblattes der Sorte (Abb.6, x-Achse). Ob es sich hier um eine direkte Abhängigkeit des Abklingverhaltens der Lumineszenz von organischen polymeren Farbkomponenten der Zellen handelt, ist noch nicht auszumachen. Vielmehr ist anzunehmen, dass Hyperbolizität und Chlorophylldichte zwei voneinander verschiedene Phänomenbereiche des gleichen Grundgefüges sind. Beispielsweise wird aus Abb.6 ersichtlich, dass Populationssorten (links) und Hybridsorten (rechts) sich nach der Fahnenblatt-Chlorophylldichte eindeutig voneinander unterscheiden. Hinsichtlich des Hyperbolizitätsgrades lagen die beiden Hybriden 'GAMBIT' und 'MARLO' aber auf dem gleichen Niveau wie die Gruppe der Populationssorten. Die neue Populationssorte 'Quadriga' reichte in jeder Hinsicht am nächsten an die Hybridsorten heran. Sie hatte nicht nur eine höhere Chlorophylldichte als die Gruppe der Populationssorten, sondern war auch von deutlich kürzerem Wuchs bei zugleich höherem Ertrag. Andererseits wiesen 'GAMBIT' und 'MARLO' am Standort Tangsehl die am deutlichsten nach unten abweichende Fallzahl auf. Die erwartungsgemäß damit einhergehende abweichende substanzielle Beschaffenheit der Körner (Enzyme, Kohlehydrate) ist möglicherweise von wesentlichem Einfluss auf das Abklingverhalten der induzierten Lumineszenz. Ein Rätsel blieb der in allen Wiederholungen des Messvorgangs sich bestätigende hohe Hyperbolizitätsgrad der Hybridsorte 'MARDER'. Einzig auffällig war, dass das Saatgut für den Aufwuchs dieser Sorte eine um ca. 10% schlechtere Keimfähigkeit aufwies als das der anderen Sorten. Neben der dargestellten Korrelation fand sich entsprechend der engen Korrelation von Chlorophylldichte und Anzahl Körner/Ähre auch eine Korrelation zwischen Hyperbolizitätsgrad und Körnern/Ähre (MÜLLER, schriftliche Mitteilung).

Bei aller Zurückhaltung angesichts des eingeschränkten Probenumfangs erscheint uns dennoch die Arbeitshypothese gerechtfertigt, daß Hyperbolizität eine Nähe zu vegetativen (lebenstätigeren) Prozessen ausdrückt. Auch die höheren Chlorophylldichten lassen eine höhere Stoffwechselintensität vermuten. Die verminderte Hyperbolizität von 'MARLO' und 'GAMBIT' steht möglicherweise in einem Zusammenhang mit deren niedrigerer Fallzahl, die zum Ausdruck bringt, dass der Stoffwechsel bereits in Richtung auf die Keimung fortgeschritten war und dann unterbrochen wurde. Der niedrigere Hyperbolizitätsgrad der Populationssorten kann deswegen aber nicht als Ausdruck einer Minderwertigkeit angesehen

werden. Unter Hinzuziehung der zuvor beschriebenen Phänomene scheinen die Populationssorten mehr auf eine stete Reifung ausgerichtet zu sein, gegenüber den Hybridsorten, bei denen der Stoffumsatz dominiert. Ein ausgeprägter Hyperbolizitätsgrad, der beim Vergleich von Früchten gleicher Sorte aus verschiedenen Anbauweisen beispielsweise bei organischer Düngung als bessere innere Organisation der Substanz interpretiert werden kann, kann sich beim Vergleich von Sorten, insbesondere Samen, bei denen es auf Ausreifung und nicht zuletzt auch auf dauerhaftes Bewahren der Keimfähigkeit ankommt, auch als allzu stoffwechselbetont herausstellen. Hier wären weitere vertiefende Untersuchungen erforderlich, zu denen wir mit der Vorstellung unserer Ergebnisse anregen möchten.

Literaturhinweise:

- BISCHOF,M.(1995): Biophotonen. Das Licht in unseren Zellen. Frankfurt.
DICKE,R.H.(1954): Coherence in spontaneous radiation processes. Phys.Rev.93, 99-110.
GURWITSCH,A.G.;GURWITSCH,L.D.(1959): Die mitogenetische Strahlung. Jena.
JEZOWSKA-TRZEBIATOWSKA,B.; KOCHEL, B.; SLAWINSKI, J.; STREK, W. (eds.): Photon Emission from Biological Systems. World Scientific, Singapore.
MINOLTA CAMERA CO., Kurt-Fischer-Str.50, D-22926 Ahrensburg: Produktinformationen Chlorophyllmeter Spad 502.
POPP,F.A.(1993): Die Botschaft der Nahrung. Unsere Lebensmittel in neuer Sicht. Frankfurt.
POPP,F.A.;LI,K.H.;GU.Q.(1992): Recent Advances in Biophoton Research and its Applications. World Scientific.
POPP,F.A.(1984): Biologie des Lichts. Berlin.
Multi-author REVIEW on Biophotonemission(1988): Experientia, Vol. 44, No.7.