

Inhaltsverzeichnis (Seite)

1. Einleitung (1)
2. Material und Methoden (2)
3. Standorte und Witterung (10)
4. Hintergründe und Ergebnisse von Einzelaspekten (20)
 - 4.1 Morphologische Charakteristiken und deren Bedeutung (20)
 - 4.2 Kriterien für die züchterische Bearbeitung der Ertragsstruktur (30)
 - 4.3 Grundlagen für die Züchtung auf Beschattungskraft (34)
 - 4.3.1 Hintergrund (34)
 - 4.3.2 Veränderung der Beschattung im Vegetationsverlauf (36)
 - 4.3.3 Die Beschattung in Abhängigkeit von Orten und Jahren (38)
 - 4.3.4 Die Wahl der Meßhöhe für die Bestimmung der Beschattung (39)
 - 4.3.5 Einflüsse morphologischer Parameter auf die Beschattung (43)
 - 4.3.6 Beziehungen zwischen beschattungsrelevanten morphologischen Parametern (51)
 - 4.3.7 Beschattungsweisen verschiedener Sorten (54)
 - 4.4 Die Bedeutung des Blattgrüns für eine standortbezogene Züchtung (60)
 - 4.5 Kriterien für die züchterische Bearbeitung der Kornbeschaffenheit (65)
 - 4.5.1 Spelzenfreier Drusch (65)
 - 4.5.2 Verkleisterungsfähigkeit (67)
 - 4.5.3 Ballaststoffe (73)
 - 4.5.4 Rohproteingehalt und Chroma-Test (79)
 - 4.5.4.1 Proteingehalt (79)
 - 4.5.4.2 Geschichtlicher Hintergrund zum Chroma-Test (81)
 - 4.5.4.3 Verfahrenstechnische Grundlagen (83)
 - 4.5.4.4 Chroma-Test Sorten- und Standortvergleiche (94)
 - 4.5.4.5 Interpretation (100)
5. Diskussion (102)
6. Zusammenfassung (116)
7. Literaturverzeichnis (119)
8. Tabellenanhang (128)
9. Danksagung (137)

Abstract

Müller, K.J. : Extending the criteria for breeding spring-barley for human nutrition in organic agriculture

Working with a collection of hulless spring-barley genotypes, the basics for breeding in respect of light-competitiveness, viscosity and a typical mature grain-quality were determined. For light-competitiveness, growth height up to tiller formation was decisive. In the later stages of the crop the importance of morphological parameters for light-competitiveness was dependent on location. Parameters of the flagleaf proved to be helpful for estimating light-competitiveness later in the season. Up to tiller formation, the best discrimination was obtained by measuring light-interception on the ground between the rows. After ear emergence this was achieved by measuring light-interception at half of the growth height, averaged over all plots in each location. For yield the most decisive factor was ear density. Against expectations the chlorophyll-density of leaves showed no relationship with the nitrogen content of leaves and grains.

The protein content decreased as the yield increased and tended to be lower at high viscosity. For discrimination of viscosity of barley with the amylograph 60g flour were most suitable for this purpose. With soluble fibres, the declaration about contents of β-glucan in literature confirmed with results of hulless barley. With the accession CI10636 5% β-glucan in the dry matter could be differentiated.

The chroma-test was adapted in its method for differentiation of grains from barley. Differences were depending on varieties and locations. Extreme meteorological conditions and variations, ascertained by comparing formations between maturity and germination of different varieties, could differ typical qualities. Varieties could be selected with this method, which in relation to location can keep a quality of the substance engraved by ripeness. The accession PI350723 was excellent in respect to this. The sources of the accessions with the averages of the trials are listed in the tabulated appendix.

-

5. Diskussion

Der Organische Landbau verfolgt "das Prinzip einer zielgerichteten Organisation des landwirtschaftlichen, weitgehend in sich geschlossenen, 'wohlproportionierten' Betriebsorganismus" (KÖPKE 1994). Die Wiederaussaat eines Teils der Getreideernte - der Nachbau- ist insbesondere auf biologisch-dynamisch wirtschaftenden Betrieben seit langer Zeit eine weit verbreitete Praxis, die entgegen der Gefahr des Auftretens saatgutübertragbarer Pflanzenkrankheiten und auch entgegen betriebswirtschaftlichen Kostenrechnungen aufgrund des vorgenannten Prinzips verfolgt wurde. Der Organische Landbau erfüllt damit eine Voraussetzung für eine aktive Beteiligung am In Situ-Erhalt, dessen Bedeutung zunehmend erkannt wird: "Die Erhaltung von Kulturformen im Produktionsprozeß wird unter der In Situ-Erhaltung *on farm* subsumiert. ... Bei der In Situ-Erhaltung bleiben die Arten in ihren Ökosystemen den dynamischen Prozessen der Evolution ausgesetzt. Natürliche Selektion und die Anpassung an sich verändernde Umwelteinflüsse sind so gewährleistet. ... Im Gegensatz zur konservierenden Ex Situ-Erhaltung z.B. in Genbanken handelt es sich um eine dynamische Erhaltung durch fortgesetzte evolutionäre Prozesse (BMELF 1995, S. 27 u. 35)".

Bisher verfügbare Sorten wurden nicht im Hinblick auf dieses Anliegen gezüchtet, sondern für die Bedingungen der konventionellen Landwirtschaft mit regelmäßigem Saatgutwechsel und einer in erster Linie hohen Ertragsfähigkeit unter verschiedensten Standortbedingungen. Nicht die Beziehung zum Standort, sondern die Unabhängigkeit von diesem war lange Zeit das züchterische Ziel. Eine Sorte sollte möglichst unabhängig vom Standort unter Einsatz synthetischer Dünger und Pestizide über weite Gebiete hinweg einen höheren Ertrag als alle bis dahin existierenden Sorten ergeben. Der

Organische Landbau hat sich demgegenüber unter dem Begriff des Betriebsorganismus einen Inhalt gebildet, der mit Rücksicht auf das Ökosystem mehr von Gefüge und Struktur als von Masse und Volumen geprägt ist, und der die Entwicklung des Standortes unter sozialen, ökologischen und landschaftsgestaltenden Gesichtspunkten mit einschließt. Von seiner eigenen Entwicklung her ist der Organische Landbau damit auf eine Förderung der Biodiversität ausgerichtet, wie sie vom 'International Plant Genetic Research Institute' in jüngster Zeit als Konzept zum dynamischen Erhalt genetischer Ressourcen weltweit diskutiert wird (IPGRI 1994).

Die den Organischen Landbau praktizierenden Landwirte werden nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Erwägungen aus dem verfügbaren Sortenangebot das am ehesten geeignete Saatgut auswählen. In weit überwiegender Zahl werden dies keine alten, sondern neuere Sorten sein, die in allgemein pflanzenbaulichen und verarbeitungstechnischen Parametern ihren Vorgängern auch im Organischen Landbau häufig überlegen sind (STÖPPLER 1988).

Für die Entwicklung neuer Sorten bei Speisegerste stellte sich in der vorliegenden Arbeit die Frage, welche Bedeutung den einzelnen Ertragskomponenten im Hinblick auf die untersuchten Standorte künftig beizumessen ist. Beim Vergleich der beiden extrem verschiedenen Standorte Tangsehl und Wiesengut konnte in den eigenen Untersuchungen an Sommergersten festgestellt werden, daß unter den nährstoffreicheren und feuchteren Bedingungen am Standort Wiesengut alle Ertragskomponenten erhöht waren. Deutlich höher war auf dem Wiesengut die Bestandesdichte und nur tendenziell höher das Tausendkorngewicht. Nur unter den Trockenstreißbedingungen am Standort Tangsehl 1992 fanden sich extrem niedrige Tausendkorngewichte. Im Vergleich dazu fand sich bei den Gersten aus dem Weltsortiment eine tendenziell höhere Bestockung innerhalb der mehrzeiligen Formen bei Gersten aus Peru und innerhalb der zweizeiligen bei Gersten aus Äthiopien. Allerdings war bei den zweizeiligen Gersten die Anzahl der äthiopischen Herkünfte auch deutlich überrepräsentiert. Auffallend war die hohe Bestockung der neueren Züchtungen und hier insbesondere der kanadischen Sorte 'Scout', welche die meisten Triebe anlegte, diese aber nicht in eine entsprechende hohe Anzahl ährentragender Halme umsetzen konnte. Die Sorte 'Scout' zeigte darüber hinaus, daß eine starke Bestockung nicht einseitig angestrebt werden darf, sondern auch im Zusammenhang mit dem standörtlichen Nährstoffpotential gesehen werden muß, um in Ertrag transformiert werden zu können.

Den eigenen Untersuchungsergebnissen zufolge kann der Parameter Bestockung nur im Zusammenhang mit der Nährstoffverfügbarkeit und feucht-kühler Witterung im Frühjahr gesehen werden. Dies wird auch durch die bisher nicht widerlegte Aussage gestützt, daß die Pflanzen in der Phase der Bestockung auf tonig, feuchten Böden flacher ausgerichtet sind, auf sandig, trockenen Böden, die sich im Frühjahr leichter erwärmen, demgegenüber einen mehr aufrechten Wuchs aufweisen (VOEGELE 1929). Dieser Sachverhalt steht nicht im Widerspruch dazu, daß ansteigende Temperaturen unter Kurztagbedingungen -typisch für kontinentales Klima-, wie bei Winterweizen (BOGUSLAWSKI und LIMBERG 1959; BOEKHOLT 1933; RAUM 1930) zu höherer Bestockung beitragen können. Schon LIMBERG (1963) zeigte, daß höhere Temperaturen auf alle Entwicklungsabschnitte zeitlich verkürzend wirken und zuletzt in der Kornbildungsphase auch die Ausbildung großer Korngewichte behindern. Ein schneller Temperaturanstieg wird das Ende der Bestockung und den Schoßbeginn in jedem Falle früher herbeiführen und die Anzahl der Bestockungstriebe begrenzen.

Unter den 'Kriterien für die züchterische Bearbeitung der Ertragsstruktur' konnte die Bestandesdichte zur wesentlichsten Grundlage der Ertragsbildung erklärt werden. Doch müssen bei den Ertragskomponenten standortbezogen unterschiedliche Gewichtungen in Aussicht gestellt werden. Die höhere Bestockung trug zwar am effizientesten dazu bei, das verfügbare Nährstoffangebot in Ertrag umzusetzen, doch muß dieser Sachverhalt nicht bedeuten, daß Sorten mit hohem Bestockungsvermögen auf tonigen, feuchten Böden auch für trockenere Standorte geeignet sind. Da auf trockeneren Standorten die Ausbildung des Korngewichtes beschränkt wird, hat die Bestockung zwar auch dort eine

nicht zu vernachlässigende Bedeutung, aber auf einem absolut gesehen niedrigeren Niveau. Unter organischer Bewirtschaftung wird die vegetative Entwicklung zur Zeit des Schossens erfahrungsgemäß durch die natürliche Bodenmineralisation auch weniger stark gefördert. Infolge der begrenzten Verfügbarkeit an Nährstoffen, insbesondere Stickstoff, werden mit Einsetzen des Schossens die meisten Nebentriebe und angelegte Blüten reduziert. Bei sehr hoher Triebdichte bildeten sich in den eigenen Untersuchungen zudem verhältnismäßig feine Blätter aus, so daß möglicherweise die verbliebenen Triebe mit ihren relativ schmalen Blättern nicht mehr in der Lage waren, die Reduktionen über eine höhere Kornfüllung zu kompensieren. Daraus ergibt sich, daß die Höhe der bei einer Sorte angestrebten Trieb- und Ährendichte in ihrer Bedeutung für die Ertragsbildung nur im Zusammenhang mit dem anvisierten Standort beurteilt werden kann. Im Gegensatz dazu fand POMMER (1994) bei Sortenversuchen mit aktuellen Sommerbraugersten, daß sich "extensive" Ährenertagstypen für den Organischen Landbau besser eignen als Sorten, die ihren Ertrag über hohe Bestandesdichten realisieren. Doch lagen die "extensiven" Ährenertagstypen in der Bestandesdichte bereits auf einem sehr hohen Niveau.

SCHACHT und LEON (1993) verglichen *bespelzte* Sommergerstensorten unterschiedlicher Zulassungszeiträume (1897-1984) unter konventioneller Bewirtschaftung und konnten zeigen, daß im Verlauf der Züchtung zunächst die Anzahl Körner je Ähre bis zu einem Maximum Ende der zwanziger Jahre stetig angestiegen war. Mit der in der Folge ansteigenden Bestockung ging die Anzahl Körner je Ähre wieder auf das Ausgangsniveau zurück. Beim Tausendkorngewicht konnte bis etwa 1950 ein Rückgang, seitdem ein leichter Anstieg verzeichnet werden. Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse ist zu erwarten, daß eine Ertragserhöhung durch die Anhebung der Ährengewichte bedeutender wird, sobald eine standortbezogene hohe Bestandesdichte im Zuchtmaterial oder Sortenspektrum erreicht ist. Auf trockeneren Standorten wird dann der Anzahl Körner je Ähre eine größere Bedeutung zukommen als dem Tausendkorngewicht, das von vornherein beschränkt ist, wenn in der Kornbildungsphase höhere Temperaturen bzw. trockenere Bedingungen vorherrschen. Unter feuchten Verhältnissen kann auch das Tausendkorngewicht später wieder an Bedeutung gewinnen.

An die sorteneigene Beikrautregulierung durch Beschattung werden im Organischen Landbau höhere Anforderungen gestellt, als sie mit den verfügbaren Sorten derzeit befriedigt werden können. Der Verlauf der Beschattung während der Vegetation erwies sich in den eigenen Untersuchungen als sortenspezifisch verschieden. Sorten, die in frühen Vegetationsabschnitten gut beschatten, müssen dies nicht notwendigerweise auch in späteren. Beispielsweise hatte die Sorte 'Hora' im Gegensatz zur Sorte 'Nackta' wegen längerer Blattspreiten und höherem Wuchs zum Bestockungsende eine höhere Beschattung, aber nach dem Ährenschieben mit einem kleineren Fahnenblatt eine geringere.

Bis zum Ende der Bestockung war die Wuchshöhe allgemein von ausschlaggebendem Einfluß auf die Beschattung. Ein höherer Wuchs konnte bis zu diesem Zeitpunkt mit längeren Blattscheiden (Linie 'Swiss') oder mit längeren Blattspreiten (Linie 'Frieda') erreicht werden. Der mehr aufrechte Wuchs in der Bestockungsphase war für sandig, trockene Böden ausgewiesen worden (VOEGELE 1929). Möglicherweise wird er durch entwicklungsbeschleunigende höhere Temperaturen ebenfalls gefördert (LIMBERG 1963). Unter kühleren Standortbedingungen mit Begünstigung einer flacher ausgerichteten Wuchsform wären längere Blattspreiten - gegenüber längeren Blattscheiden - geeigneter, weil längere Blattscheiden mit einem mehr aufrechten Wuchs wie bei den Linien aus der Alpenregion einhergehen (z.B. Linie 'Swiss'). Sofern aber mit einer raschen Erwärmung im Frühjahr zu rechnen ist, wie beispielsweise auf den leichten Böden in Tangsehl, kann eine Anhebung der Wuchshöhen in der Bestockungsphase auch mit längeren Blattscheiden erzielt werden. Unter günstigen Standortbedingungen, unter denen die Bestockung hoch ist und ein früher Reihenschluß erreicht wird (Standort Wiesengut) ließe sich die Beschattung mit längeren Blattspreiten optimieren. Ein dichter Bestand erzeugt sich zusätzlich selber Halbschattenbedingungen, die ihrerseits das Längenwachstum fördern (KUNZ 1986). Sorten mit langen Blattscheiden im basalen Sproßbereich wären für diesen

Standort ungeeignet, da wegen der Förderung des Längenwachstums die Lagerneigung in den späteren Vegetationsabschnitten zu hoch wird.

Zum Ende der Bestockung konnten engere Korrelationen zwischen den Beschattungsmessungen an verschiedenen Standorten berechnet werden, da die Wuchshöhe für das Beschattungsvermögen entscheidend war. Für die späteren Entwicklungsstadien ergaben sich je nach Standort unterschiedliche Anforderungen an die Beschattungsfähigkeit. Unter den günstigeren Standortbedingungen auf dem Wiesengut erwies sich der Blattflächenindex, schon allein des Fahnenblattes, als bedeutendes Kriterium für eine Beschattung. Dabei war der Einfluß der Blattlänge bedeutender als die Blattbreite. Daß die Fahnenblätter für eine Beurteilung des Beschattungsvermögens bereits ausreichen konnten, hat möglicherweise zwei Gründe. Einerseits sind sie von allen Blättern am höchsten Punkt inseriert und damit für alle Messungen in den verschiedenen Bestandeshöhen relevant. Andererseits konnte eine hohe Kongruenz im Vergleich mit den beiden vorangehenden Blättern festgestellt werden. Dies zeigte sich bei Blattmetamorphosereihen deutlicher (Abb.19) als bei den Korrelationen der Blattparameter unterschiedlicher Blattstufen. Denn in der Abfolge der Blattlängen der letzten drei Blätter wurde eine größere Dynamik beobachtet, als bei den Blattbreiten, die sowohl über die verschiedenen Blattstufen (Tab.9), als auch über verschiedene Orte (Tab.10) eine sehr ausgeprägte Korrelation aufwiesen.

Unter den ungünstigeren Standortbedingungen in Tangsehl waren die Breite der Blätter und die Bestandeshöhe insgesamt von wesentlichem Einfluß auf die Beschattung. Dieser Sachverhalt war darauf zurückzuführen, daß sich unter diesen Umständen nur sehr niedrige Bestandesdichten bildeten. Unter Abschnitt 4.1 konnte darauf aufmerksam gemacht werden, daß breitere Blätter auf feuchtere Bedingungen verweisen. Demzufolge wären sie als Kriterium für das Beschattungsvermögen in Verbindung mit absolut gesehen niedrigeren Bestandesdichten nur unter Verhältnissen angebracht, die humid und zugleich nährstoffarm sind. Unter den bei organischer Düngung nährstoffärmeren Bedingungen sandig, trockener Standorte dürfte die Blattbreite hinsichtlich der Beschattung in späten Entwicklungsabschnitten in ihrer Bedeutung daher auch nicht ganz so hoch einzuschätzen sein, wie die Korrelationsanalysen dies zunächst beispielsweise für den Standort Tangsehl annehmen lassen. Gerade an diesen Standorten darf die Bedeutung der Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe nicht vernachlässigt werden. Auch führen trockene Bedingungen auf sandigen Böden zu, absolut gesehen, kurzen und schmalen Blättern (s.a.Abb.19). Die optimalerweise für solche Standorte anzustrebende Blattbreite wird sich daher auch für diesen Standort nur in Verbindung mit der Bestandesdichte beurteilen lassen. Doch gerade wegen der absolut gesehen niedrigeren Bestandesdichte können die Gersten für diese Verhältnisse breitere Blätter haben und auch von höherem Wuchs sein als für günstigere Standorte. Unter Bedingungen, wie beispielsweise am Standort Wiesengut, die das Längenwachstum befördern, sind solche Formen aber gänzlich ungeeignet, da sie mangels Standfestigkeit früh lagern. Letztere Bedingungen sprechen für Sorten von mittlerer Wuchshöhe mit hohem Bestockungsvermögen und langen, sowie bestockungsangepaßt schmalen Blättern.

Bei Beschattungsuntersuchungen an Winterweizen kam EISELE (1992) im Hinblick auf den Standort zu einer Unterscheidung nach Sorten mit erectophiler Blatthaltung für nährstoffreichere Bedingungen mit hohen Bestandesdichten und Sorten mit planophiler Blatthaltung bei niedrigerem Nährstoffniveau. Die Wuchshöhe hatte beim hinsichtlich Blatthaltung zu differenzierenden Weizen nur während der Phase Bestockung-Schossen und bei Ost-West-Drillrichtung einen Einfluß auf die Beschattung. Der Autor schlug daraufhin eine Erweiterung der 'Beschreibenden Sortenliste' um die Kriterien 'Blatthaltung' oder 'Verdrängungskoeffizient' vor. Für Sommergersten wäre zusätzlich neben einer unbedingt wünschenswerten Ergänzung um das Kriterium 'Wuchshöhe am Ende der Bestockung (EC 30)' eine Beschreibung der Fahnenblätter hinsichtlich Breite, Länge und Fläche einzuführen. Dem Landwirt, der seine standörtlichen Bedingungen kennt, könnte die Information darüber, ob eine Sorte stärker bestockt, breitere bzw. längere Blätter hat oder von höherem Wuchs ist als eine von ihm angebaute Sorte, das Auffinden einer unter seinen Bedingungen verdrängungseffizienteren Sorte erleichtern.

Die Bestimmung eines Verdrängungskoeffizienten in der von EISELE (1992) vorgeschlagenen Form nach de WIT ist demgegenüber sehr aufwendig, da mit Modellunkräutern gearbeitet werden muß, die ebenso wie die Getreidepflanzen in ihrer Anzahl pro Fläche standardisiert werden müssen. Zudem müssen Kulturpflanze und Unkraut getrennt ausgezählt, geerntet und gewogen werden. Eine Differenzierung nach morphologischen Typen ist einem in der Erfassung kostspieligen und möglicherweise auch zu standortspezifischem Verdrängungskoeffizienten in der Sortenbeschreibung vorzuziehen. Es wird unter Praxisbedingungen allerdings der Kenntnis bedürfen, für welche beschattungsrelevanten morphologischen Parameter unter den jeweiligen Standortbedingungen eines Betriebes eine stärkere Ausprägung anzustreben ist. Zumindest für Böden besserer Bonität in tendenziell trockengefährdeten Regionen und für leichte Böden an Standorten mit höheren Niederschlägen, die durch die Untersuchungen nicht abgedeckt wurden, wären weiterführende Untersuchungen wünschenswert, um die Zielrichtung einer möglichen Optimierung genauer eingrenzen zu können.

Entgegen der ursprünglichen Erwartung konnte ein Zusammenhang zwischen der Blattfarbe, insbesondere dem Chlorophyllgehalt der Blätter, und dem Proteingehalt an dem untersuchten Probenmaterial nicht gefunden werden. Dafür können verschiedene Gründe angeführt werden. Bei sortenbedingt niedriger Bestandesdichte steht in späteren Entwicklungsstadien je Halm ein größeres Bodenvolumen zur Verfügung. Die damit einhergehende höhere Nährstoffverfügbarkeit je Trieb kann die Chlorophyllbildung der zugehörigen Blätter begünstigen. Höhere Chlorophylldichten tragen dann zu einer vermehrten Kohlenhydratbildung bei, so daß letztendlich in der größeren Masse Körner der Proteingehalt tendenziell niedriger ist. Wird aus dem bodenbedingt verfügbaren Nährstoffangebot aber nur eine geringe Biomasse gebildet, dann steht weitgehend unabhängig von der Chlorophylldichte zum Zeitpunkt der Kornbildung relativ mehr Stickstoff für die Bildung von Kornprotein zur Verfügung. Demgegenüber könnten bei intensiver Durchwurzelung des Bodens Sorten mit höherer Chlorophylldichte im Vergleich mit Sorten von geringerer Chlorophylldichte bei sonst gleichem Blattflächenindex möglicherweise einen höheren Kornertrag ausbilden (hohe Aufnahmeeffizienz). Wie hoch der Proteingehalt im Korn ausfällt, wird dann auch davon abhängen, ob Sproßprotein effizient in Kornprotein umgebildet werden kann (Verwertungseffizienz). Bei diesen Optimierungsansätzen darf aber nicht vernachlässigt werden, daß eine einseitige und übermäßige Anhäufung von Stoffwechselprodukten bei witterungsbedingten Wachstumsverzögerungen das Auftreten von Pflanzenkrankheiten begünstigen kann. Daß an dem untersuchten Sortiment keine signifikante Beziehung zwischen Chlorophylldichte und Mehлтаubefall festgestellt werden konnte, kann diesen Sachverhalt nicht widerlegen, da entsprechend optimierte Sorten kaum vertreten waren. Letztendlich wird die komplexe Eingebundenheit des erblich veranlagten Stoffwechselgeschehens in die standörtlich zu erwartenden Aufwuchsbedingungen für Wachstum, Entfaltung und Ausreifung ausschlaggebend sein. Die Blattfarbe ist ein diesbezüglich sehr komplexes Phänomen, in dem verschiedenste, sich teilweise gegenseitig beeinflussende Komponenten zusammenfließen und zu den verschiedensten Nuancierungen führen.

Bemerkenswert ist, daß wiederholt signifikant negative Korrelationen zwischen Blattgröße (-breite, -länge, -fläche) und Chlorophylldichte auftraten. Für stark beschattende Sorten ist daher zu erwarten, daß sie einen helleren Farbton aufweisen werden. In die Oberflächenfarbe der Blätter fließen aber neben der Chlorophylldichte auch Anthocyane, Carotine, die Struktur der Blattoberfläche und Wachsschichten ein, so daß von der Blattfarbe nur bei sonst gleichem Blattcharakter auf die Chlorophylldichte geschlossen werden kann. Andererseits können chlorophyllreichere Blätter, in denen die Kristallisation des Pflanzensaftes verzögert und weniger Zellmembranen geschädigt werden, bis zum 3-Blatt-Stadium (EC 13) für spätfrostgefährdete Standorte besonders geeignet sein. Signifikante eigene Belege dafür, daß die für Spätfrostverträglichkeit günstiger erscheinenden höheren Chlorophylldichten ebenfalls mit geringeren Blattflächenausmaßen einhergehen, können leider nicht vorgelegt werden, da bei dem umfangreichen Anbau am Standort Tangsehl 1991 die Bedeutung einer Blattflächenmessung in diesem frühen Entwicklungsstadium zur Klärung dieses

Zusammenhangs noch nicht erkannt wurde. Es konnte aber gezeigt werden, daß sich die Chlorophylldichten über die einzelnen Entwicklungsstadien hinweg sortenspezifisch unterschiedlich verändern. Die Chlorophylldichte in einem späten Entwicklungsstadium läßt dementsprechend keine Rückschlüsse auf die Chlorophylldichte in einer frühen Vegetationsphase zu. Sollte sich der Zusammenhang zwischen Frostverträglichkeit und Chlorophylldichte wie bei Mais (TEERI et al. 1977) in weiteren Untersuchungen an Gerste bestätigen, dann muß die Chlorophylldichte für eine Abschätzung der Spätfrostverträglichkeit in den Tagen nach dem Auflaufen der Saat gemessen werden. Für die Züchtung von beschattungseffizienten Sorten für spätfrostgefährdete Standorte stellt sich nunmehr die Frage, ob dies mit Blättern von großer Breite und Länge überhaupt realisiert werden kann oder ob hier letztendlich nur Bestandesdichte und Wuchshöhe für die Beschattung ausschlaggebend sein können.

Hinsichtlich der Eigenschaft des spelzenfreien Drusches konnten hervorragende Ausgangslinien für die Optimierung dieser Eigenschaft gefunden werden. Besonders hervorzuheben sind die beiden zweizeiligen Formen aus dem Braunschweiger Sortiment (BGRC 12637 und BGRC 13154). In der 'Beschreibenden Sortenliste' des Bundessortenamtes wird der Anteil der von Spelzen umhüllten Körner im Druschgut von Nacktgersten bislang nicht aufgeführt. Lediglich das Fehlen einer zementartigen Schicht zwischen Samenhäutchen und Spelzen führt zur Einstufung als Nacktgerste. Im Hinblick auf die erforderliche Aufbereitungstechnik wäre es für den Anbauer aber hilfreich, wenn er bereits bei der Sortenwahl Angaben über die Eigenschaft des spelzenfreien Drusches erhalten könnte. Die Aufnahme dieses Kriteriums in die 'Beschreibende Sortenliste' ist daher wünschenswert.

Eine ausgeprägt gerstentypische Eigenschaft, die auch in der Krankenernährung mit der Gerste in Verbindung gebracht wurde (WELSCH 1986), ist das hohe Verkleisterungsvermögen der Stärke. Für die Sortendifferenzierung hat sich diesbezüglich das Amylogramm als Testverfahren bestätigt. Für seinen Einsatz spricht dessen doppelte Aussagekraft hinsichtlich Verkleisterungsintensität in Amylogrammeinheiten und Amylaseaktivität über die Verkleisterungstemperatur. Auf diese Weise läßt sich bei geringem Verkleisterungsmaximum anhand der Verkleisterungstemperatur abschätzen, ob dies auf höhere Enzymaktivitäten bzw. Auswuchsbedingungen zurückgeführt werden kann. Die mit der Verkleisterungstemperatur eng korrelierende und einfacher zu bestimmende Fallzahl (ICC-Standard Nr.107) hingegen ermöglicht bei niedrigen Enzymaktivitäten keine Abschätzung der Verkleisterung. Die Untersuchungsergebnisse legen allerdings nahe, die offiziellen Standard-Einwaagemengen für Gerste gegenüber Roggen und Weizen für das Amylogramm (ICC-Standard Nr.126) um 25% herabzusetzen, um eine zufriedenstellende Differenzierung zu gewährleisten. Mittlerweile ist auch ein Gerät auf dem Markt (Rapid Visco Analyzer, Firma Newport Scientific, Australien), mit dem möglicherweise auch bei Gerste innerhalb von 13 Minuten bei nur 4g Mehleinwaage ähnliche Ergebnisse erzielt werden können (ICC-Standard Nr.162; WEIPERT 1995a,b; untersucht an Roggen). Mit diesem Verfahren könnte die Untersuchung aufgrund einer gegenüber dem Amylogramm auf 1/15 reduzierten Einwaagemenge bereits eine Zuchtgeneration früher durchgeführt werden. Hinsichtlich einer möglichen Verkürzung der Meßzeit muß allerdings berücksichtigt werden, daß bei längeren Meßzeiten mit langsamerem Temperaturanstieg die löslichen Ballaststoffe einen größeren Einfluß auf das Ergebnis haben und bei kürzeren Meßzeiten die Enzymaktivitäten, wie es bereits von WEIPERT und BOLLING (1979) für den Vergleich von Fallzahl und Amylogramm bei Roggen ausgeführt wurde.

Der bei den Korrelationsanalysen auftauchende Befund einer schwachen Korrelation von Ballaststoffgesamtgehalten und Blattbreite wirft verschiedene Fragen auf. Zum einen muß berücksichtigt werden, daß die schmalblättrigen, modernen Zuchtsorten im Sortiment aus dem Bestreben, Futtergersten zu züchten, hervorgingen und damit wahrscheinlich auch einer Auslese auf Rohfaserarmut unterzogen wurden. Zum anderen stellt sich die Frage, inwieweit physiologische Vorgänge, die zu breiteren Blättern führen, mit Stoffwechselprozessen einhergehen, die höhere Ballaststoffgehalte bewirken. Untersuchungen dazu sind nicht bekannt. Interessanterweise sind breitere und zugleich

längere Blätter für feuchtere Bedingungen charakteristisch (VOEGELE 1929, RAUM 1930, KUNZ 1986, s.a. Abb.19). Die Gehalte an β -Glucan waren demgegenüber in den eigenen Versuchen unter wärmeren Bedingungen höher, vergleichbar mit den in der Literatur für trockenere Standorte beschriebenen Ergebnissen (AASTRUP 1979b; COLES 1979; BOURNE und WHEELER 1984; NEWMAN et al. 1987). Obwohl ein Bestandteil der Ballaststoffe, weist der Gehalt an β -Glucan keine signifikante Beziehung zur Blattmorphologie auf. Eine erblich enge Kopplung der Bildung eines wesentlichen Teils der Gesamtballaststoffe im Korn und der Ausprägung der Blätter muß unter züchterischen Gesichtspunkten aber in Erwägung gezogen werden. Inwieweit eine Selektion auf höhere Ballaststoffgehalte mit einer standortbezogenen Züchtung in Widerspruch gerät, kann nicht abschließend beurteilt werden. Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen könnte unter trockeneren Bedingungen der von den Blattbreiten unabhängige Gehalt an β -Glucan angehoben werden, an weniger günstigen Standorten unter feuchteren Bedingungen mit breiteren Blättern der Ballaststoffgesamtgehalt. Als schwierig könnte sich möglicherweise die Selektion auf hohe Gesamtballaststoffgehalte für humide und vom Nährstoffpotential her zugleich begünstigte Standorte erweisen, an denen sich hohe Bestandesdichten nur mit tendenziell schmaleren Blättern realisieren lassen.

Mit dem Chroma-Test konnten in Abhängigkeit von Sorten und Standorten Verwandlungsvorgänge im Gerstenkorn zwischen Kornbildung und Keimung aufgezeigt werden. Ausgehend von dem methodischen Ansatz von PFEIFFER (1959) wurde nach einer Anpassung des Verfahrens an Gerste mit Rundbildern verschiedener Sorten unterschiedlichster Standorte eine erste Vergleichsbasis für weitere Untersuchungen geschaffen. Vergleichende Untersuchungen mit isolierten Enzymen lassen vermuten, daß die Bildgestaltung im wesentlichen von dem Verhältnis der β - und α -Amylasen beeinflusst wird. α -Amylasen werden erst mit einsetzenden Keimungsprozessen von der Aleuronschicht ausgehend neu gebildet und sind zuvor - im Verlauf des Kornwachstums - nicht (NARZISS 1976) oder nur in geringer Konzentration (ROHRLICH 1969) nachweisbar. Die Menge der β -Amylase unterliegt sorten- und standortbezogen großen Schwankungen (NARZISS 1976). Unabhängig von der Frage, welche Substanzen den Bildgestaltungen zugrunde liegen, ergab sich aus dem Vergleich von Bildern verschiedener Entwicklungsstadien der Eindruck eines Verwandlungsvorgangs, ausgehend von der Kornbildung über die Stadien Teigreife, Gelbreife und Totreife bis zur Keimung. Am Rundbild gewonnen von Karyopsen mit üblichem Erntezeitpunkt ließ sich ablesen, inwieweit die untersuchte Sorte eine substantielle Beschaffenheit erreicht hatte, die noch als von Vorgängen der Reife geprägt bezeichnet werden kann. Da das Verfahren auch bei hohen Verkleisterungsintensitäten eine Differenzierung erlaubt, konnten auch solche Gerstenlinien erkannt werden, die ohne erkennbare Abweichungen in der Verkleisterungstemperatur sich bereits in Richtung auf die Keimung hin verändert hatten. Mit einem anderen papierchromatographischen, bildschaffenden Verfahren (Steigbildmethode nach WALA) fand BALZER-GRAF (1987) insbesondere am Lagerverhalten von Äpfeln ebenfalls zu einer Differenzierung von Reifevorgängen. GELIN (1987) setzte das Rundbild ein, um Alterungsprozesse bei der Kartoffel zu veranschaulichen. Allen Ansätzen gemeinsam ist der Versuch, mit Entwicklungsreihen den Interpretationsrahmen für die Beurteilung von Einzelbildern zu schaffen. Es wird dabei immer versucht, ein Urteil über das Phänomen aus dem Prozeß, in dem das Phänomen auftritt, zu bilden. Ein anderer Weg zu einem Urteil kann darin bestehen, die Substanzen zu analysieren, die an dem Phänomen beteiligt sind. Dann muß aber in einem weiteren Schritt festgestellt werden, ob sich für eine Interpretation anhand der Komponenten Beziehungen zu anderen physiologischen Vorgängen finden lassen. Unabhängig von dem eingeschlagenen Weg werden für die Beurteilung neuer Gerstensorten, wie auch bei metrisch erfaßten Parametern üblich, Standardvergleichssorten mit anzubauen sein, so daß ein Einzelbild immer in Relation zu Bildern von bekannten Sorten gesetzt werden kann. Auf die Anfertigung neuer Entwicklungsreihen kann dann weitgehend verzichtet werden. Ob sich vergleichbare Aussagen hinsichtlich der Einordnung in die Verwandlungsvorgänge zwischen Bildung und Keimung des Gerstenkorns auch mit Testverfahren erzielen lassen, welche anhand eines

Stoffumsatzes die Aktivität der Enzyme einzeln erfassen, ergibt sich aus dem Ergebnis der eigenen Untersuchungen als neue Fragestellung. Weder zur Verkleisterungsintensität noch zum Proteingehalt konnten eindeutige Beziehungen gefunden werden. Der Proteingehalt war in erster Linie vom Ertrag, den eine Sorte erzielt, abhängig und sank mit steigendem Ertrag.

Die meisten Eigenschaften werden durch unterschiedliche Umgebungsbedingungen entsprechend modifiziert. Besonders deutlich wird dies bei morphologisch unterschiedlichen Ausprägungen. An verschiedenen Herkünften von Gersten, die sich über lange Zeiträume unter bestimmten Bedingungen entwickelt hatten, zeigten sich mit den entsprechenden Modifikationen vergleichbare morphologische Bildetendenzen, jedoch erblich geworden und integriert in die innere Gesetzmäßigkeit der Sproßentwicklung. Beispielsweise fand sich eine Verlängerung der Blattscheiden im unteren Sproßbereich bei Beschattung und bei Herkünften aus Alpentälern, breitere und dickere Blätter und dichtere Ähren auf tonigen Böden und bei Herkünften aus Japan, aufrechter Wuchs in der Bestockungsphase unter warmen, trockenen Bedingungen und bei Herkünften aus Äthiopien. Diese Gleichgerichtetheit wirft die Frage auf, ob die erblichen Anpassungen allein mit spontanen, also zufälligen, Mutationen einhergehen, die heute unbestritten als Motor der Evolution angesehen werden (WIRZ 1996). Alternativ dazu bietet sich das Phänomen der adaptiven, also gerichteten, Mutation an. Diese ist mittlerweile in der Mikrobiologie als existierendes Phänomen anerkannt, ohne daß dafür bisher trotz unterschiedlichster experimenteller Ansätze eine molekulargenetische Erklärung gegeben werden kann (HALL 1991). Entdeckt wurde aber, daß beim Fehlen von bestimmten Proteinen des Rekombinationssystems (RecBCD) adaptive Mutationen nicht mehr auftreten (HARRIS et al. 1994). Inwieweit diese mikrobiologischen Phänomene auf höhere Pflanzen übertragbar sind, ist noch fraglich. Auch bei der Bäckerhefe wurden bereits adaptive Mutationen nachgewiesen (HALL 1992).

Konsequenzen hätte die Frage, ob spontane oder adaptive Mutationen für die Entstehung und Vererbung neuer Eigenschaften eine Bedeutung haben, weil dann mit den herrschenden oder durch Einfluß des Menschen neu geschaffenen Bedingungen der qualitative Charakter der Veränderung bereits veranlagt ist, bevor die Eigenschaft entstanden ist. WIRZ (1996) faßt die Verhältnisse, unter denen die adaptiven Mutationen bei Mikroorganismen eine Bedeutung haben, nach einer umfassenden Literaturübersicht zu diesem Thema dahingehend zusammen, daß "adaptive Veränderungen stets in der stationären Phase bei minimalem DNA-Stoffwechsel auftreten" und daß sie "über Wachsen oder Ruhen und nicht über Leben oder Tod entscheiden", denn für letztere steht keine Zeit der Anpassung zur Verfügung. Dies ist zum Verständnis der Entstehung unterschiedlicher Stoffwechsellustände, die für die Bildung der Gerstenkaryopse und die Keimung bedeutsam sind, hilfreich. Feuchte Witterungsbedingungen während der Reife führen zur vermehrten Bildung von α -Amylase und Stärkeabbau (ROHRLICH 1969, NARZISS 1976). Unter entsprechenden Standortbedingungen hat dies aber zur Folge, daß die bereits angekeimten Körner bei nachfolgender Ernte und Trocknung ihre Keimfähigkeit verlieren, also nur diejenigen Individuen überleben, bei denen die Umgebungsbedingungen die Keimstimmung nicht so leicht anregen konnten. Bei feuchter Witterung muß die Bildung der Karyopsen zeitlich gestreckter verlaufen, während unter regelmäßig trockener Abreife die Bildung rasch zum Abschluß kommen kann. Diesbezüglich muß eine "Anpassung" an die Reifebedingungen vor dem Eintreten der Umstände stattfinden, wogegen bei den morphologischen Eigenschaften diese Anpassung *mit* den Bedingungen einhergehen kann. Doch auch im letzteren Fall entscheiden die Bedingungen über das, was sich als Eigenschaft etabliert. Letztendlich tritt die Beziehung zwischen einem Organismus und seiner Umwelt in den Mittelpunkt. Entscheidend wird, ob eine Eigenschaft in ihrer Beziehung zu den Bedingungen, die an ihrer Ausprägung mitgewirkt haben, erkannt werden kann, und ob sie nur in Verbindung mit diesen Bedingungen oder davon unabhängig fortbestehen kann.

Für den Organischen Landbau begründet diese Sicht von Eigenschaften ein eigenes Züchtungskonzept. Die Entwicklung und Auswahl von Sorten wäre vermehrt an den standörtlichen Gegebenheiten auszurichten, unter denen die Sorten angebaut werden

sollen. Eine organische Düngung allein kann noch nicht den Maßstab für Sorten mit besonderer Eignung für den Organischen Landbau darstellen. Aber infolge der innerbetrieblich geschlossenen Kreisläufe führt eine organische Düngung in Verbindung mit Boden, Klima und Betriebsorganisation zu standörtlichen Diversifizierungen von regionalem bis betriebsindividuellem Charakter. Eine größere Diversität der Standorte erfordert entweder eine sehr "elastische" Sorte oder eine entsprechende Diversität verschiedener Sorten. Da sich die jeweils erforderlichen Eigenschaften, wie beispielsweise bei der Beikrautregulierung durch Beschattung, je nach Standort sogar gegenseitig ausschließen können, kann die "Elastizität" mit einer möglichst weit zu verbreitenden, "universellen" Liniensorte aber nicht erreicht werden. Dies spricht für mehrere Liniensorten mit spezifischer Ausrichtung auf bestimmte Bedingungen und nur regionaler Verbreitung, die dann auch nicht über alle nur denkbaren Eigenschaften verfügen müssen. Vorstellbar wären allerdings auch Populationssorten mit unterschiedlichen, aufeinander abgestimmten morphologischen Typen, die erst durch fortgesetzten Nachbau unter den jeweiligen Bedingungen durch natürliche Auslese eine standortspezifische Frequenz von Eigenschaften erreichen. Der letztere Weg könnte sich jedoch als der schwierigere erweisen, obwohl er als die eigentliche In Situ-Erhaltung *im Sinne evolutiver Prozesse* anzusehen ist. Die Individuen, welche die meisten Nachkommen zur nächsten Generation beitragen, können sich zwar anreichern, doch sind dies nicht immer nur die ertragsstärkeren, sondern auch solche, die viele kleine Körner bilden. Diese müßten vor der Wiederaussaat gezielt aussortiert werden. Aber auch saatgutübertragbare Krankheiten wie Flugbrand {*Ustilago tritici* (Pers.) Rostrup f. sp. *hordei* (Schaffnit) Boerema, Pieters und Hamers} müssen unter fortgesetztem Nachbau stärker beachtet werden und können nicht, wie unter permanenter Erhaltungszüchtung, bereits in frühen Generationen ausgelesen werden.

Als *Kriterien* für die Züchtung einer *Speisegerste* kamen neben einem völlig spelzenfreien Drusch, insbesondere die hohe Verkleisterungsintensität der Stärke in Betracht. Beide Eigenschaften können gegenüber den verfügbaren Sorten noch weiter optimiert werden. Mit Hilfe des Chroma-Test kann zusätzlich beurteilt werden, ob eine Sorte zum Zeitpunkt der Ernte ein für das reifende Gerstenkorn typisches Rundbild aufweist oder eine Abweichung zeigt, die für frühere (Teigreife) oder spätere Entwicklungsstadien (Keimung) charakteristisch ist. Als *Kriterien* einer Züchtung für den *Organischen Landbau* sollte nach den vorliegenden Ergebnissen im Hinblick auf die Ertragsbildung zunächst die Bestandesdichte standortbezogen verbessert werden. Desweiteren ließe sich eine effizientere Beschattung gegenüber konkurrierenden Beikräutern durch Anhebung der Wuchshöhen zum Bestockungsende/Schoßbeginn erreichen. Die Untersuchung der Beschattungseffizienz machte daneben deutlich, daß je nach Standort unterschiedliche morphologische Typen bevorzugt werden sollten.

Eine standortbezogene Sortenentwicklung muß aber nicht nur unter nützlichen Gesichtspunkten von Interesse sein. Anfänglich konnte deutlich gemacht werden, daß über die Verwandtschaft der Formen eine innere Beziehung zwischen bestimmten morphologischen Typen und bestimmten Standortbedingungen wahrnehmbar wird. Dies weist darauf hin, Eigenschaften nicht nur nach Nützlichkeit, sondern auch in einer qualitativen Weise anhand der für sie förderlichen Bedingungen zu beurteilen. Letztendlich führt dies dazu, daß bereits mit der Gestaltung der Bedingungen, unter denen Anbau und Auslese stattfinden, die qualitative Richtung einer Eigenschaftsveränderung bestimmt wird. Ausgehend von diesem Gesichtspunkt könnte die sich in jüngster Zeit entfachende Diskussion über die Methoden, die bei einer Züchtung für den Organischen Landbau anzuwenden sind, auf eine dem Organischen Landbau eigene Grundlage gestellt werden.