

v. Sengbusch
 Vortrag Hannover
 am 16.11.1958

Bedeutung der Schnellmethoden zur Bestimmung von Wert- eigenschaften für die Züchtung

Die Schaffung einer neuen Sorte durch züchterische Arbeit spielt sich nach einem ganz bestimmten, festliegenden Schema ab.

Zunächst stellt der Mensch Tatsachen fest, die sich entweder auf die zu bearbeitende Pflanze oder auf den augenblicklichen oder in Zukunft zu erwartenden Stand unseres Wirtschaftslebens beziehen; im weitesten Sinn also auf den Zustand, in dem die vom Menschen geschaffene Umwelt (Kultur nach "Kluck holm") sich befindet.

Diese Grundlagen veranlassen ihn, eine Idee zu haben und damit ein Zuchtziel ins Auge zu fassen, in welcher Richtung die Pflanze zu verändern ist, sei es, daß ungünstige Eigenschaften eliminiert oder gewünschte Eigenschaften in ihrer Ausprägung verbessert werden sollen.

Er entwickelt eine Methode, mit der er die Eigenschaften, die diesem Ziel entsprechen, erkennen kann. Dann wählt er ein Pflanzenmaterial aus, von dem er glaubt, daß in ihm die Individuen mit den gewünschten Eigenschaften enthalten sein könnten.

Die eigentliche Auslese besteht darin, daß die Methoden bei der Prüfung des Pflanzenmaterials Anwendung finden und diejenigen Individuen ausgelesen werden, die dem gesteckten Ziel entsprechen.

Hieran schließt sich die Erhaltungszüchtung an, bei der dafür gesorgt wird, daß die neue Sorte auch tatsächlich nur aus Individuen mit den gewünschten Eigenschaften besteht, dann folgt die Vermehrung und zuletzt der Anbau.

Die Methode, mit der man die Eigenschaften erkennen kann, steht am Anfang der züchterischen Arbeit. Sie enthält in sich gleichzeitig auch das Ziel.

Die Schnellmethode, die Gegenstand unserer Betrachtung ist, ist ein relativer Begriff und zusätzlich vielleicht noch ein ungenauer. Aus diesem Grunde möchte ich eine Definition für Schnellmethoden geben. Schnellmethoden nennen wir

Methoden, mit der ein Mensch in der Zeiteinheit eine große Zahl von Prüfungen einer Eigenschaft durchführen kann. Es sind also drei Komponenten darin enthalten. Einmal der Mensch als Einheit, dann die Zeit als Einheit und die Zahl der Untersuchungen als Einheit. Wir wollen trotz der falschen Formulierung, weil der Begriff sich eingebürgert hat, bei dem Ausdruck Schnellmethoden bleiben. Wir wollen nach der Zahl der Untersuchungen, die der Mensch in der Zeiteinheit durchführen kann, von der Leistung der Methode sprechen.

(Schnellgenug-Methoden)

Aber auch die Leistung besagt noch nichts darüber, ob mit der entsprechenden Methode ein Erfolg erzielt wird. Die Leistung ist erst dann ausreichend, wenn Individuen gefunden worden sind, die dem gesteckten Ziel entsprechen. In diesem Fall kann man von einer "Schnell-genug-Methode" sprechen.

Man kann behaupten, daß der Züchter die Schnelligkeit seiner Methode an die mehr oder weniger große Seltenheit der gesuchten Individuen mit den gewünschten Eigenschaften anpaßt und daß, wenn das Ziel erreicht worden ist, die Methode eine "Schnell-genug-Methode" gewesen ist.

Um einen Überblick über die Art und Einsatzfähigkeit der Methoden zu erhalten, müssen wir den Versuch machen, die Methoden systematisch zu gruppieren. Auf Grund von langjährigen Erfahrungen möchte ich die Methoden zunächst von dem Standpunkt betrachten, ob mit ihnen Eigenschaften erfaßt werden sollen, die mit Hilfe unserer Sinne wahrnehmbar sind. Es mutet vielleicht merkwürdig an, daß wir das Erkennen von Eigenschaften mit Hilfe unserer Sinne als methodische Erfassung werten. Trotzdem müssen wir sie als ein wichtiges Mittel zu Erkennen von Eigenschaften anerkennen.

Wir können Eigenschaften mit dem Auge erkennen. Wir können Farbe und Form erfassen. In der Spargelzüchtung z.B. haben wir mit Hilfe des Auges Individuen ausgelesen, die auch oberirdisch zunächst weißköpfig bleiben und sich dadurch von den normal blau werdenden Spargelformen unterscheiden.

Der Kohlzüchter kann die Kopfbildung mit Hilfe des Auges erkennen. Nicht umsonst ist der Ausdruck "glozowalnaja methode" geprägt worden, nämlich Glotzmethode. Diese Methode hat den großen Vorteil, daß sie eine große Leistung besitzt.

Die Zunge wird zur Feststellung des Geschmacks planmäßig in der Züchtung verwendet. In der Beerenobstzüchtung z.B. haben wir die Auslese auf Geschmack mit Hilfe der menschlichen Zunge durchgeführt. Hierbei ist zu bemerken, daß wir dieser Auslese auf Geschmack eine Auslese des Menschen vorangestellt haben, bei der der Mensch einmal auf seine Fähigkeit reproduzierbar auf Geschmack auszulesen und zum andern auf seine Leistung bezüglich der Zahl der Geschmacksproben und Verträglichkeit geprüft worden ist. Auf diese Weise wurden z.B. Erdbeersorten gezüchtet, die keinen Tiefgefriereschmack der Beeren nach dem Gefrieren und Wiederauftauen aufwiesen. In einem anderen Fall hat diese organoleptische Methode versagt. Mit ihr war es nicht möglich, die erforderliche Zahl von Einzelindividuen zu prüfen, um aus alkaloidhaltigen Pflanzen die alkaloidfreien Individuen auszulesen und zwar deshalb nicht, weil mit der Bitterkeit der Alkaloide eine Giftigkeit gekoppelt ist, die es dem Menschen unmöglich macht, größere Mengen von Lupinen zu vertragen. Diese Methode funktioniert daher aus zweierlei Gründen nicht. Einmal, weil sie nicht leistungsfähig genug ist und zweitens, weil die Alkaloide giftig sind.

Die Nase kann ebenfalls als Auslesemethode eingesetzt werden und zwar für die Auslese von Blumen mit bestimmtem Duft und eventuell auch für das Erkennen des Blausäuregehaltes bei Pflanzen.

Es folgt eine Gruppe von Methoden zur Erfassung von Eigenschaften, die zwar zunächst mit unseren Sinnen nicht wahrnehmbar sind, die wir aber durch eine entsprechende Vorbehandlung von Pflanzen und Pflanzenteilen für die Sinne wahrnehmbar machen können. Wir wollen anhand von Beispielen diese Gruppe näher untersuchen. Die Hülsen von *Lupinus luteus* platzen, wenn man sie einer hohen Temperatur bei niedrigem Feuchtigkeitsgehalt der Luft aussetzt. Die Trocknung ist demnach die Vorbedingung für das Sichtbarwerden dieser Eigenschaft. Die Winterfestigkeit des Ge-

treides kann erst gesehen werden, wenn man das Getreide entweder im Freien extremen Winterbedingungen aussetzt oder im Gewächshaus diese Winterbedingungen künstlich erzeugt. Auch in der gesamten Resistenzzüchtung ist durch entsprechend Vorbehandlung der Pflanzen Infektion usw. die Resistenz bzw. die Anfälligkeit sichtbar gemacht. In allen diesen Fällen besteht also die Methode einmal darin, daß man die Voraussetzungen für die Ausprägung der Eigenschaft schafft und zweitens darin, daß man die Ausprägung sieht. Diese ganze Gruppe hat ihrer Natur nach die Voraussetzungen für eine ungeheure Leistungsfähigkeit der einzelnen Methoden. So haben wir z.B. mit Hilfe einer solchen Methode 10 Mill. Pflanzen einer einwandfreien Prüfung auf eine bestimmte Eigenschaft hin, das Nichtplatzen der Hülsen, unterziehen können.

An diese Gruppe schließt sich dann die Gruppe von Methoden an, an die ^{wir}normalerweise immer denken, wenn es sich um Methoden in der Pflanzenzüchtung handelt. In diese Gruppen gehören die Methoden, mit denen Eigenschaften erfaßt werden, die mit unseren Sinnen nicht direkt erkannt werden können, oder solche, bei denen wohl ein Erkennen mit Hilfe der Sinne möglich ist, diese aber aus bestimmten Gründen nicht eingesetzt werden können.

Mit Hilfe von chemischen Methoden wird z.B. der Eiweißgehalt, der Ölgehalt, zum Teil auch der Zuckergehalt und anderes mehr geprüft. Mit Hilfe von physiologischen Methoden der Saponingehalt (Saponin aglutiniert die roten Blutkörperchen); Mikrobiologische Methoden (bei der Züchtung von Penicillium auf hohen Wirkstoffgehalt werden diese an Bakterienstämmen geprüft). Die Genetik wird eingesetzt, um bestimmte Gene zu identifizieren und Genkombinationen zu erkennen. Die Mathematik hilft uns Fehler bei der Auslese auszugleichen und die Ergebnisse fehlerkritisch zu sichern. Wir sehen, daß eine große Zahl von Wissenschaftszweigen dazu beiträgt, Methoden zum Erkennen von Eigenschaften zu schaffen. Man kann daher von der Pflanzenzüchtung zweifellos von angewandter Wissenschaft im weitesten Sinne sprechen, und an dieser Stelle wird zum erstenmal klar, daß die Formulierung, Pflanzenzüchtung sei angewandte Genetik, nicht zu recht bestehen kann. Wir

werden nachher auf dieses Thema noch einmal zurückkommen müssen, um das Wesen der Pflanzenzüchtung zu definieren.

Wir haben bisher die Methoden einer Klassifizierung unterzogen, wobei die Eigenschaften die Rolle des Verteilers gespielt haben.

Wir wollen jetzt die Methoden von der Seite der Pflanze ansehen. Eine Eigenschaft kann in einer Pflanze immer gegenwärtig sein, wie z.B. der Alkaloidgehalt der Lupinen, oder die Eigenschaft kann nur kurze Zeit manifest oder uns zugänglich sein. Für die Prüfung des Getreides auf Winterfestigkeit lassen sich nur junge Pflanzen verwenden. Das Platzen der Hülsen kann erst nach der Reife in Erscheinung treten. Eine Pflanze kann die Eigenschaft gut oder schlecht ausgeprägt enthalten. Dieser Gesichtspunkt spielt z.B. bei den Fremdbefruchtern eine große Rolle, weil beim Einzelindividuum der Phänotyp leicht den Genotyp überdecken kann. Durch die Klonung, z.B. durchgeführt bei Roggen, Kohl und neuerdings auch bei Hanf, läßt sich der Genotyp sicherer erkennen als an der Einzelpflanze.

Auch der Lebensrythmus einer Pflanze muß beim Einsatz der Methoden berücksichtigt werden. Es gibt Winterweizen und Winterroggen auf der einen Seite und Sommerweizen und Sommerroggen auf der anderen Seite. Für die Durchführung der Auslese an der reifen Pflanze und am Korn steht uns bei den Wintergetreidearten nur eine kurze Zeitspanne zur Verfügung. Wenn wir an diesem Material eine Auslese durchführen wollen, dann müßten diese Methoden zweifellos wesentlich leistungsfähiger sein als für die Bearbeitung des Sommergetreides.

Es gibt einjährige, zweijährige und mehrjährige Pflanzen. Bei den langlebigen Kulturpflanzen, wie den Obstarten und den Forstpflanzen, können bestimmte Eigenschaften erst nach 50 und mehr Jahren erkennbar werden. Aus diesem Grunde möchte man bestimmte Eigenschaften frühdiagnostizieren. Wir haben Beispiele dafür vorliegen, daß solche Methoden der Frühdiagnose möglich sind. Wir haben aber auch andere Beispiele, die zeigen, daß z.B. aus der Jugendentwicklung sich nicht unbedingt Rückschlüsse auf die spätere Entwicklung ziehen lassen. Ich habe absichtlich die Frühdiagnose

hier diskutiert, weil sie eine interessante Ergänzung zur Schnellmethode darstellt. Die Schnellmethode ist, wie wir gesehen haben, ausgerichtet auf die große Zahl je Zeit- und Menscheneinheit, Die Frühdiagnose dagegen ist ausgerichtet auf die Einsparung der Jahre bei gleichzeitiger Möglichkeit der Verarbeitung eines zahlenmäßig großen Materials je Menscheneinheit.

Eine Eigenschaft kann statt durch ein Gen durch verschiedene Gene bedingt sein. Hierbei kann das eine Gen für uns wertvoller sein als das andere Gen, sodaß es darauf ankommt, nicht die Eigenschaft an sich, sondern das Gen zu erfassen. Wir müssen daher Methoden entwickeln, die entweder, wie das z.B. bei den Genen für Alkaloidfreiheit bei Lupinen der Fall ist, eine genetische Prüfung der Gene vornehmen oder eine chemische. Die chemische hat in diesem Fall den Vorteil der größeren Leistung gegenüber der genetischen Prüfung.

Wir haben eben eine Eigenschaft betrachtet, die durch verschiedene Einzelgene, aber auch gleichzeitig durch mehrere Einzelgene bedingt sein kann. Wir wollen jetzt die Eigenschaften betrachten, die komplexer Natur sind, bei denen eine komplexe Eigenschaft durch mehrere Teileigenschaften bedingt ist und bei der die Teileigenschaften sicher auch durch verschiedene Gene bedingt sind. Bei den komplexen Eigenschaften kann es notwendig werden, daß man nicht nur eine Methode zur Bestimmung des Komplexes zur Verfügung hat, sondern daß man auch die Teileigenschaften natürlich nach einer entsprechenden Analyse bestimmen kann. Es kann notwendig werden, daß man zunächst die günstigen Ausprägungen der Teileigenschaften vornimmt und dann erst die Synthese des Komplexes durchführt. Beispiele liegen in der Hanfzüchtung vor, in der der Fasergehalt ein Komplex ist, der aus Primär- und Sekundärfaser besteht. Es genügt daher nicht, den Gesamtfasergehalt zu bestimmen, sondern man muß sowohl Primär- als auch Sekundärfaser getrennt voneinander erfassen können. Dies umsomehr, als die Primärfaser wertvoller als die Sekundärfaser ist, und es daher auf einen möglichst hohen Primärfasergehalt ankommt.

Wir haben die Methoden einmal von seiten der Eigenschaften, dann von seiten der Pflanze, dann von seiten des Gens betrachtet und wollen sie jetzt vom Standpunkt der züchterischen Entwicklung untersuchen, wobei wir besonderes Augenmerk auf die Zahl der zu untersuchenden Pflanzen und auf den Wert der Eigenschaften legen werden. In der Pflanzenzüchtung gibt es zwei große Abschnitte. Im ersten Abschnitt werden Pflanzen gesucht, die eine Eigenschaft besitzen, die unsere Kulturpflanzen noch nicht aufweisen oder die unsere Wildpflanzen zu einer Kulturpflanze machen könnten, d.h. es geht um die Auffindung von neuen Eigenschaften.

Wenn wir wieder das Lupinenbeispiel heranziehen, so ging es zunächst darum, Individuen zu finden, die keine Alkaloide enthielten. Es gab naturgemäß bereits chemische Methoden zur Erfassung der Alkaloide. Beim Einsatz dieser Methoden wurden die Alkaloide von den anderen stickstoffhaltigen Stoffen getrennt und dann auf einem relativ umständlichen Wege quantitativ oder auch qualitativ bestimmt. Die Leistung dieser Methoden war zu gering, um ein zahlenmäßig großes Material einer Auslese auf Alkaloidfreiheit unterziehen zu können. Zu Beginn der Arbeiten wußte man auch nicht wieviele Einzelpflanzen man untersuchen müsse, um alkaloidfreie zu finden. Zunächst wurde eine Methode entwickelt mit verhältnismäßig geringer Leistung, und erst nachdem es sich zeigte, daß die Leistung dieser Methode wiederum nicht ausreicht, wurde die Leistung der Methode und zwar unmittelbar unter dem Einfluß des Mißerfolges ständig erhöht. Wir haben für *Lupinus luteus* eine bestimmte Leistung der Methode notwendig gehabt, und wir haben zur Auffindung von alkaloidfreien Individuen bei *Lupinus angustifolius*, vor allen Dingen aber für *Lupinus albus*, *Lupinus mutabilis* und *Lupinus perennis* diese Leistung ganz wesentlich erhöhen müssen, d.h. mit anderen Worten, daß es ein relativer Begriff ist, ob eine Methode leistungsfähig ist oder nicht. Die eine Eigenschaft wird bereits nach Untersuchung von unter 10^2 Pflanzen gefunden, andere erst nach 10^3 , 10^4 , 10^5 , ja bis 10^7 . Tatsächlich haben wir Individuen mit nichtplatzenden Hülsen einmal von 10^7 Individuen gefunden. Eine Bedeutung erlangt eine Schnellmethode aber erst dann, wenn mit ihrer Hilfe das gesteckte Ziel auch tatsächlich erreicht wird, Es ist also nicht die Schnelligkeit an sich, die den Wert einer Methode

ausmacht, sondern den "Schnellgenug".

Bei der Neuauffindung von Eigenschaften spielt es eine entscheidende Rolle, ob es sich um eine Ja-Nein-Eigenschaft handelt oder um eine Eigenschaft, die bereits in ihrer positiven Ausprägung vorhanden ist und nach Möglichkeit noch, wenn auch nur um wenige Prozent, gesteigert werden soll. Im ersten Fall können die Methoden der Auslese relativ ungenau sein. Als Beispiel seien die Methoden zur Auslese auf Alkaloidfreiheit oder Nichtplatzen der Hülsen genannt, d.h. wir verlangen eine große Leistung bei relativer Ungenauigkeit.

Bei allen Eigenschaften aber, die bereits einen gewissen Grad der Vollkommenheit erreicht haben, wie z.B. jetzt die Alkaloidfreiheit, der Fasergehalt, der Eiweißgehalt, der Ölgehalt, der Zuckergehalt einzelner Pflanzen, die Winterfestigkeit beim Getreide usw., muß man leistungsfähige Methoden besitzen, die gleichzeitig das notwendige Maß von Genauigkeit aufweisen, d.h. mit zunehmendem züchterischen Fortschritt wird die Erreichung eines Erfolges immer schwieriger. Die Methoden müssen immer leistungsfähiger und genauer werden. Die Weiterentwicklung der Methoden der Eigenschaftsprüfung ist daher entscheidend für den weiteren züchterischen Fortschritt.

Im zweiten Stadium der züchterischen Entwicklung werden die einmal gefundenen Eigenschaften mit anderen wertvollen Eigenschaften kombiniert. Die Genetik sagt uns, daß, wenn zwei Gene zwei verschiedene Eigenschaften bedingen, bestimmte Kombinationen in einer bestimmten Häufigkeit, z.B. 1:16 vorkommen. Ist die Zahl der Gene, die den Eigenschaften zugrundeliegen größer, dann wird das Auftreten bestimmter Genkombinationen immer seltener; d.h. die Leistungsfähigkeit und der erfolgreiche Einsatz einer Methode muß sich an diese zu erwartenden Zahlenverhältnisse anpassen.

Genau wie bei der Neuauffindung von Eigenschaften können Kombinationen unter Umständen auch außerordentlich selten auftreten. Ihre Auffindung ist ohne die entsprechenden leistungsfähigen Methoden gar nicht möglich.

Der dritte Abschnitt in der Züchtung ist die Erhaltungszüchtung. Bei der Erhaltungszüchtung wird im Gegensatz zu den ersten beiden Zuchtabschnitten nicht nach Individuen mit den positiven Ausprägungen der gewünschten Eigenschaften gesucht, sondern es sollen die Individuen mit negativen Ausprägungen eliminiert werden, z.B. an Süßlupinen die bitteren Formen, im zuckerreichen Material die zuckerarmen, im monözischen Hanf die diözischen Individuen usw. Die Erhaltungszüchtung stellt an die Methoden bestimmte Ansprüche, und zwar richtet sich die Leistung danach, welche Individuenzahl als Grundstock für den 'Aufbau des Vermehrungsmaterials für notwendig erachtet wird. Jedenfalls hängt von der Leistung der Methoden, die in der Erhaltungszüchtung eingesetzt werden, die Reinheit und damit auch der Wert des Vermehrungspflanzgutes oder Saatgutes ab.

Zum Schluß möchte ich die Methoden wieder, wie am Anfang, in den Gesamtrahmen der züchterischen Arbeit hineinstellen, um die Frage zu klären, welche Bedeutung eine leistungsfähige Methode im Rahmen der gesamten Pflanzenzüchtung einnimmt. Es wurde bereits erwähnt, daß Pflanzenzüchtung als angewandte Genetik formuliert worden ist. Diese Formulierung dürfte im wesentlichen von Genetikern stammen. Der Genetiker operiert mit einem pflanzlichen oder tierischen Objekt. Er stellt die Vererbung der einzelnen Eigenschaften klar und hat die Vorstellung, daß der Pflanzenzüchter nichts weiter zu tun braucht, als neue auf genetischer Basis entstehende Eigenschaften zu nehmen und in bestimmter Weise zu kombinieren. Er vergißt hierbei, daß er nur mit sichtbaren Eigenschaften arbeitet, und daß sein Auge zur Erfassung dieser Eigenschaften notwendig ist.

Eine zweite Formulierung sagt: Pflanzenzüchtung ist gerichtete Evolution, d.h. ein heterogenes Pflanzenmaterial verändert sich in irgendeine Richtung. Gerichtete Evolution kann aber auch durch natürliche Auslese vor sich gehen, wenn z.B. ein heterogenes Pflanzenmaterial in einem trockenen Gebiet wächst, dann verändert es sich hierbei in Richtung Trockenresistenz.

Vavilov hat meines Wissens nach Pflanzenzüchtung als vom Menschen gesteuerte Evolution bezeichnet. In dieser Formulierung sind eine Reihe von Faktoren enthalten:

- 1) der Mensch als derjenige, der die Richtung angibt;
- 2) gesteuert durch die Methode, mit der diese Richtung eingehalten werden kann, d.h. die Methode, mit der man die Eigenschaft erkennen kann;
- 3) Evolution, die das Objekt Pflanzenmaterial betrifft und sich in der Vielgestaltigkeit ausdrückt.
- 4) Durch den Menschen gesteuerte Evolution, der Vorgang der Auslese, die der Mensch an dem Pflanzenmaterial mit Hilfe der Methode durchführt, an deren Ende eine bestimmte neue Pflanzenform steht.

Bei dieser Formulierung vermißt man, daß auch die Evolution bezüglich der Vielgestaltigkeit beeinflusst werden kann, und daß dieses angewandte Genetik ist. Um die Möglichkeiten des Einflusses des Menschen auf die Evolution zu dokumentieren, könnte man es sich überlegen, die Formulierung von Vavilov dahingehend zu erweitern, daß man sagt, Pflanzenzüchtung ist vom Menschen gesteuerte Evolution und angewandte Genetik.

Wir erkennen ^{hieraus} ~~die~~ Bedeutung der Methoden im Rahmen der Pflanzenzüchtung und erkennen gleichzeitig, welche Bedeutung die verschiedenen Wissenschaftszweige neben der Genetik in der Pflanzenzüchtung haben.

13.1.1958
v.S./Ba