

Einfluss der Anbautechnik auf die Ertragsbildung von Getreide

G. Fischbeck

Lehrstuhl für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Technischen Universität München, 8050 Freising-Weihenstephan, Bundesrepublik Deutschland

Einleitung

Wenn Herr Feekes, zu dessen Gedenken und Würdigung wir uns hier versammelt haben, heute noch unter uns wäre, würde er wohl lächelnd und ruhig für eine ganze Weile zuhören, um dann mit einer völlig überraschenden Frage aufzuwarten, in der sich spezifische Beobachtungen aus seinen immer nur kurze Zeit zurückliegenden weiten Reisen, bestimmte Aspekte seiner vielschichtigen Kenntnisse, Erfahrungen und Interessen mit möglichen Anregungen aus den Vortragsthemen bündeln und wie im Scheinwerferlicht ein spezifisches Getreideproblem Kontur annehmen liesse, dem nur mit genauem Nachdenken und viel differenzierender Sorgfalt beizukommen ist. Höchstleistungen des Getreides haben ihn hauptsächlich als extreme Ausprägung der natürlichen Vielfalt interessiert und bei aller Liebe zur Abwechslung und Variation waren es die darin verborgenen Gesetzmässigkeiten, deren Ergründung ihn ungezählte Tausende von Kilometern durch Europas Getreidefluren fahren liess.

Vielfalt und Variation von Getreideerträgen lässt sich auch schon innerhalb der engen Grenzen einer Gemeinde oder sogar auf den verschiedenen Schlägen des gleichen Betriebes in oft überraschend grossem Ausmass antreffen. Wir stossen dabei auf den Einfluss der Anbautechnik auf die Ertragsbildung des Getreides. Es erhebt sich insbesondere die Frage, warum das hohe Ertragspotential unserer heutigen Getreidesorten nur in so seltenen Fällen wirklich ausgeschöpft wird. Die gerade hier in Wageningen sehr intensiv betriebene Arbeiten zur Ertragsphysiologie unserer Kulturpflanzen (de Wit, 1965, 1979; Sibma, 1977) lassen ja den Schluss zu, dass unter mitteleuropäischen Einstrahlungsbedingungen voll entwickelte Weizenbestände ohne Nährstoff- oder Wassermangel und frei von Krankheitsschädigungen etwa 12 t/ha an Kornertrag liefern können. Aus den in Weihenstephan gespeicherten Daten über Ertragsermittlungen in den in der Bundesrepublik Deutschland durchgeführten Landessortenversuchen der Jahre 1969-1979 wurde der Grenzwert von 10 t/ha jedoch nur in 744 von insgesamt 96 000 Einzelwerten überschritten, das sind knapp 0.8 %.

Ausmass von Ertragsunterschieden

Auch über das Ausmass der im heutigen Getreidebau auftretenden Ertragsunterschiede lässt sich aus den inzwischen angesammelten Datenbanken einiger

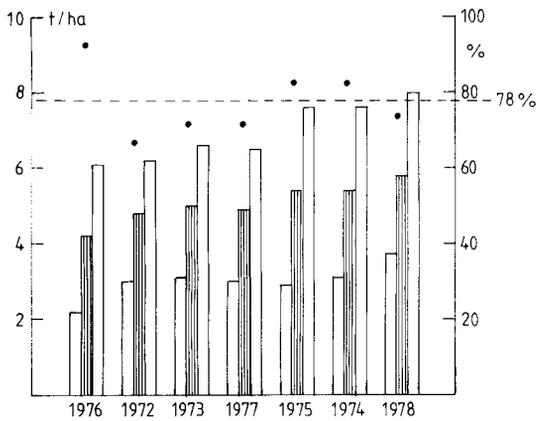
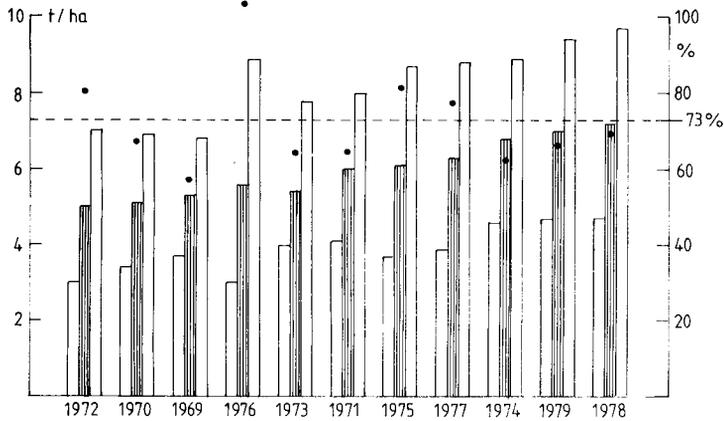


Abb. 1. Differenzen des Kornertrages bei Winterweizen (ermittelt aus den in ISPFLANZ gespeicherten Daten).

- Mittlere Säule = Jahrgangsmittel (aus allen Einzelwerten)
- Linke Säule = niedrige Erträge } gemittelt über jeweils 10 % der
- Rechte Säule = hohe Erträge } für einen Jahrgang vorliegenden Einzelwerte
- Linke Skala = Kornertrag t/ha (für Säulendiagramm)
- Rechte Skala = Differenz zwischen niedrigen und hohen Erträgen bezogen auf das jeweilige Jahrgangsmittel (= 100%).

Einzelwerte in Form von Punkten angegeben, gestrichelte Linie kennzeichnet den Mittelwert über die jeweilige Zeitreihe.

Oben: I Landessortenversuche in der Bundesrepublik Deutschland (1969-1979).

Unten: II Besondere Erntetermine in Hessen (1972-1978).

Aufschluss gewinnen. Sie werden am Beispiel der in der Bundesrepublik Deutschland verfügbaren Daten (Reiner et al., 1980) in Abb. 1 in Form einer Gegenüberstellung der Mittelwerte für besonders hohe und besonders niedrige Ertragsleistungen dargestellt. Dabei fanden in beiden Richtungen jeweils 10 % der insgesamt vorliegenden Ertragsangaben Berücksichtigung. Die Ergebnisse stammen aus den in der Bundesrepublik Deutschland von 1969 bis 1979 durchgeführten Landessortenversuchen mit Winterweizen (mit insgesamt 96 000 Ertragsangaben) und aus den im Zusammenhang mit der Besonderen Erntetermineitlung für Winterweizen in Hessen während der Jahre 1972-1978 durchgeführten Erhebungen (mit insgesamt 1647 Ertragsangaben). Beide Zeitreihen sind nicht chronologisch, sondern nach ansteigendem Gesamtdurchschnitt der einzelnen Jahrgänge angeordnet.

Die so ermittelten Ertragsdifferenzen bewegen sich in den Landessortenversuchen zwischen 3,1 und 5,8 t/ha; in der Besonderen Erntetermineitlung zwischen 3,2 und 4,7 t/ha. Obwohl im Einzeljahr erheblichen Schwankungen unterliegend, lässt sich aus beiden Dateien mit ansteigenden Durchschnittsträgen ein übereinstimmender Trend zu wachsenden absoluten, aber etwa gleichbleibenden relativen Ertragsdifferenzen ablesen, die etwa bei 75 % des jeweiligen Gesamtmittelwertes liegen. Bedenkt man die hier willkürlich festgelegte Grenze von jeweils 10 % der verfügbaren Daten, so braucht nicht näher ausgeführt zu werden, dass bei weiterer Einengung der berücksichtigten Extremwerte die zwischen ihnen liegenden Ertragsdifferenzen noch weiter ansteigen würden. Es bewahrheitet sich daher auch heute der Erfahrungssatz früherer Generationen, dass die Ertragsschwankungen im Getreidebau in etwa die gleiche Dimension erreichen, wie der Durchschnittsertrag. Es lohnt sich also, darüber nachzudenken, warum sich daran so wenig geändert hat.

Ursachen von Ertragsunterschieden

Wegen der grösseren Praxisnähe erscheint es ratsam, zunächst an Hand weiterer Daten aus der Datenbasis der Besonderen Erntetermineitlung in Hessen nach den Ursachen der soeben aufgezeigten Ertragsunterschiede zu fragen. Klare Differenzierungen sind dabei allerdings eher die Ausnahme als die Regel. Am deutlichsten wirkt sich die Auftrennung der beiden Ertragsgruppen nach der Ackerzahl und nach den angebauten Sorten aus (Abb. 2), obwohl auch in diesen Fällen eine starke Überlappung festzustellen ist.

Sehr niedrige Erträge sind häufiger bei geringer Ackerzahl und beim Anbau älterer Sorten ermittelt worden. Besonders deutlich tritt die Verbindung von niedriger Ackerzahl, geringer Stickstoffdüngung und dem Anbau älterer Sorten in der Gruppe der niedrigen Erträge in Erscheinung. In der Gruppe der Höchsterträge treten höhere Ackerzahlen ziemlich regelmässig in den Vordergrund, sie lassen sich aber keineswegs darauf beschränken.

Überraschend gering bleibt der differenzierende Einfluss einer Aufteilung der beiden entgegengesetzten Ertragsklassen nach der Höhe der N-Düngung (Abb. 3), wenn man von der bereits erwähnten Verbindung zwischen geringer

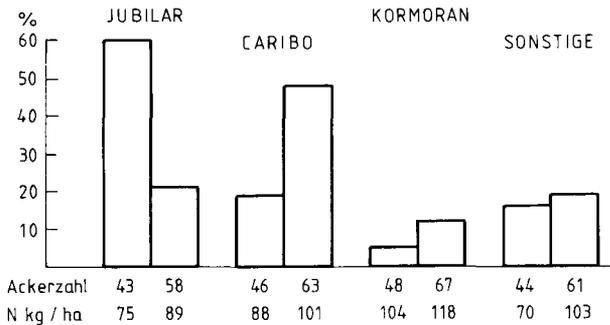
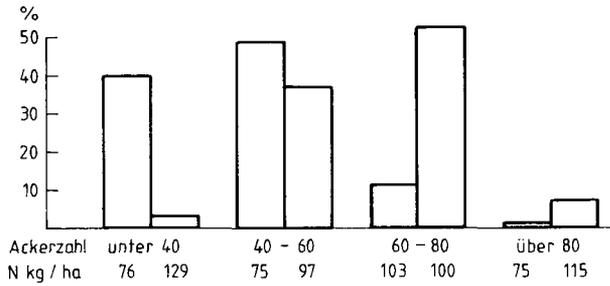


Abb. 2. Verteilung (%) von niedrigen (linke Säule) und hohen (rechte Säule) Kornerträgen des Winterweizens nach Ackerzahl (oben) und Sortenwahl (unten). Ermittelt aus den in ISPFLANZ gespeicherten Daten der Besonderen Erntermittlung in Hessen (1972-1978). (Niedrige bzw. hohe Erträge umfassen jeweils 10 % der Einzelwerte jeden Jahrgangs.)

Düngung und niedriger Ackerzahl absieht. Auch die Auftrennung nach den Vorfrüchten verschafft nur wenig ergänzende Auskunft über die Ursachen der grossen Ertragsunterschiede. In den meisten Vergleichsgruppen finden sich besonders niedrige und besonders hohe Erträge ähnlich häufig. Die trotzdem vorhandene extreme Differenzierung der Kornerträge wird erst mit ergänzenden Angaben über die Ackerzahl, im Hinblick auf die Klassifizierung nach den Vorfrüchten, auch durch erkennbare Unterschiede in der N-Düngung etwas verständlicher. Es ist aber ganz offensichtlich, dass mit derartigen Auftrennungen nur ein Bruchteil der Ursachen geklärt werden kann, die für die in der Landwirtschaft bestehenden grossen Ertragsunterschiede im Getreidebau verantwortlich sind.

Befragen wir ergänzend dazu die in grosser Zahl durchgeführten anbautechnischen Exaktversuche (hier dargestellt am Beispiel der Landessortenversuche der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau in Freising-Weiherstephan), so ergibt sich (Tabelle 1) für die drei in diese Zusammenstellung einbezogenen Getreidearten insofern ein übereinstimmendes Bild, da der

EINFLUSS DER ANBAUTECHNIK AUF ERTRAGSBILDUNG VON GETREIDE

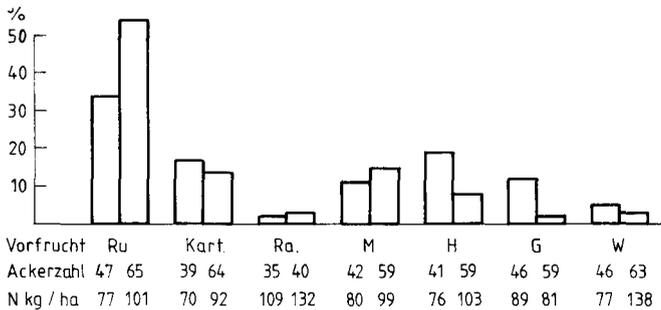
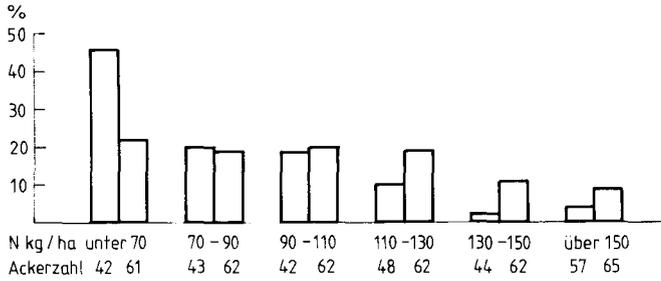


Abb. 3. Verteilung (%) von niedrigen (linke Säule) und hohen (rechte Säule) Kornerträgen des Winterweizens nach mineralischer N-Düngung (oben) und Vorfrucht (unten). Ermittelt aus den in ISPFPLANZ gespeicherte Daten der Besonderen Erntetermineitlung in Hessen (1972-1978). (Niedrige bzw. hohe Erträge umfassen jeweils 10 % der Einzelwerte jedes Jahrgangs.)

mittlere Ertragsunterschied zwischen den in grösseren Versuchsserien verglichenen Zuchtsorten stets deutlich höher ausfällt, als der mittlere Ertragsunterschied, der durch differenzierten Einsatz von Mitteln zur Halmverkürzung, N-Düngung und Krankheitsbekämpfung erzielt werden konnte. Ohne weitere Erläuterung wird auch dabei deutlich, dass die Jahressumme dieser experimentell ermittelten Ertragsunterschiede sich stets nur zu einem Bruchteil der vorher aufgezeigten tatsächlich existierenden Ertragsunterschiede addieren würde. Aber auch eine Aufgliederung nach der Saatzeit (Abb. 4) oder nach der Saatstärke (Abb. 5) lässt zwar erneut die Dimension von Ertragsunterschieden in einer grösseren Serie von Landessortenversuchen, nicht aber eine herausragende Ursache dafür erkennen.

Interaktionen

Unsere Betrachtung gewinnt wesentlich an Substanz, wenn darin die vielfältig denkbaren Interaktionen zwischen den verschiedenen die Ertragsbildung

Tabelle 1. Ertragsunterschiede (t/ha) in grösseren Versuchsserien mit Getreide der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau.

Ver- ursacht durch	Sorten	CCC- Anwendung	N-Düngung		Zeitpunkt	Krankheitsbekämpfung		
			Dosis			Fuss- krankheiten	Blatt- krankheiten	Ähren- krankheiten
<i>Winterweizen</i>								
1976	1,22 (17/20)*	0,12 (7/20)	0,82 (8/ 3)		0,20 (4/ 5)			0,46 (4/20)
1977	1,31 (17/16)	0,84 (8/16)	1,02 (8/ 3)		0,34 (4/ 5)			0,54 (4/16)
1978	1,16 (23/20)	0,35 (5/20)			0,74 (4/ 4)			0,48 (7/20)
1979	1,48 (13/21)	0,14 (5/22)	0,46 (6/22)			0,17 (8/ 9)	0,05 (8/9)	0,28 (8/ 9)
1980	1,22 (16/14)	0,15 (6/19)	0,29 (6/19)			0,30 (8/ 9)	0,22 (8/9)	0,63 (8/ 9)
<i>Wintergerste (mehrzeitlig)</i>								
1976	0,56 (12/11)				0,18 (12/11)			
1977	0,62 (12/13)				0,23 (12/13)			
1978	0,64 (8/13)				0,27 (8/13)			
1979	0,53 (7/12)		0,34 (7/12)			0,17 (7/12)		
1980	0,94 (7/14)		0,32 (9/14)			0,22 (9/14)		
<i>Hajfer</i>								
1976	0,36 (17/ 9)	0,06 (8/ 9)			0,16 (9/ 9)			
1977	0,26 (13/ 9)	0,13 (5/ 6)			0,07 (6/ 9)			
1978	0,46 (17/ 9)	0,28 (7/ 9)			0,02 (5/ 6)			
1979	0,75 (16/ 7)	0,02 (5/ 7)			0,01 (4/ 6)			
1980	0,46 (12/ 7)	0,23 (4/ 4)			0,26 (11/ 7)			

* In Klammern Zahl der Orte/Zahl der geprüften Sorten.

EINFLUSS DER ANBAUTECHNIK AUF ERTRAGSBILDUNG VON GETREIDE

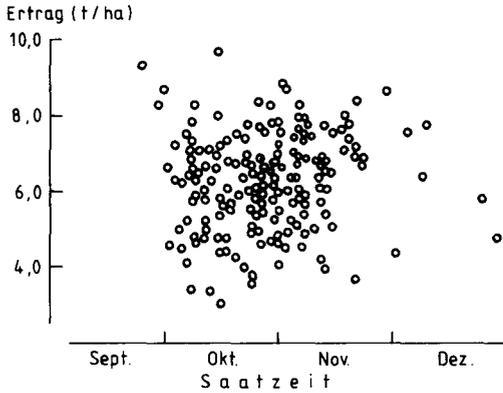


Abb. 4. Einfluss der Saatzzeit auf den Kornertrag von Winterweizen (Landessortenversuche im Bundesgebiet 1974-1976).

beeinflussenden Faktoren einbezogen werden. In exemplarischer und damit keineswegs voll repräsentativer aber doch sehr typischer Weise lässt sich dies an einer 3-jährig an 5 Orten durchgeführten Versuchsserie der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau verdeutlichen, in der 3 Winterweizensorten, 5 N-Düngungsvarianten sowie der Einsatz von Fungiziden zur Bekämpfung von Ährenkrankheiten erfasst wurde. Bei dem Umfang des Versuches verwundert es nicht, dass die Varianzanalyse (alle Faktoren fix) für alle Hauptwirkungen hoch gesicherte F-Werte ausweist. Im Vergleich der Mittelwerte (Tabelle 2) dominieren Jahrgangs- und Versuchsstellenunterschiede, die Ertragsdifferenzen zwischen den Sorten fallen in charakteristischer Weise deutlich grösser aus als zwischen den Düngungsstufen (zumindest wenn man die ungedüngten Parzellen ausser Betracht lässt) und der mittleren Ertragssteigerung durch Fungizideinsatz gegen Ährenkrankheiten, die aber immer noch deutlich über der Differenzierung der Mittelwerte für die 4 verschiedenen N-Düngungsvarianten liegt.

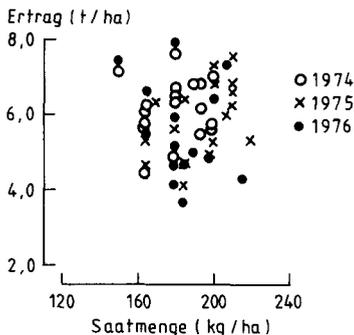


Abb. 5. Einfluss der Saatzstärke auf den Kornertrag von Winterweizen (Landessortenversuche in Bayern 1974-1976).

Die Schätzung der Varianzkomponenten (Tabelle 3) macht die Bedeutung von Interaktionen in sehr drastischer Weise deutlich. Dies gilt für die gesamte Versuchsserie ebenso, als bei Ausschluss der Variante ohne N-Düngung, die bei der Betrachtung anbautechnischer Einflüsse auf die Ertragsbildung des Getreides sicher ausser Betracht bleiben kann.

Eine völlig dominierende Rolle fällt in dieser Versuchsreihe der Wechselwirkung Jahrgang \times Versuchsstelle zu (54.2 %). Hier ergibt sich ein wichtiger Hinweis auf einen tatsächlich sehr bedeutsamen, aber nur schwierig aufzutrennenden Komplex von Ursachen für die bestehenden grossen Ertragsunterschiede im Getreidebau. Er äussert sich in dem scheinbar willkürlichen Ertragseinbruch, der an 4 von 5 Versuchsstellen in je einem Jahr zu verzeichnen war (Abb. 6). Obwohl die für Mitteleuropa ungewöhnlichen Trockenheitsschäden des Jahres 1976 (vergleiche auch Abb. 1) in dem hier verwendeten Beispiel ohne Zweifel eine gesondere Rolle spielen, tritt die gleiche Erscheinung auch in den beiden anderen Jahren, wengleich weniger intensiv zu Tage. Unser Beispiel deckt daher in etwas übertriebener Weise eine sehr charakteristische Erscheinung fast aller mehrortigen Versuchsserien auf, die darin besteht, dass jedem Einzelversuch ein durchaus individuelles Ertragsniveau zu Grunde liegt, dem sich die Variabilität der durch die Versuchsglieder beeinflussten Ertragsunterschiede in fast jedem Falle unterordnet. Da dieses Ertragsniveau auch unter gleichartigen Standortverhältnissen von Jahr zu Jahr erheblichen Schwankungen unterliegt, müssen die Ursachen dafür in einer Komplexwirkung aus spezifischen Witterungsabläufen, dem allgemeinen Fruchtbarkeitszustand des jeweiligen Versuchsfeldes und der mehr oder weniger unvollständigen Einpassung versuchsmässig kaum erfassbarer anbautechnischer Detailmassnahmen gesucht werden. Auf den praktischen Getreidebau übertragen, lassen sich die

Tabelle 2. Kornerträge (t/ha) einer faktoriellen Versuchsserie* mit Winterweizen über 3 Jahre und 5 Orten mit 3 Sorten, 5 N-Düngungsstufen und Fungizideinsatz gegen Ährenkrankheiten.

Jahre		Orte				
1975	6,30 (5,96)**	Os (1)	6,42	(6,00)		
1976	5,35 (5,28)	Ab (2)	5,36	(5,23)		
1977	6,25 (6,13)	Kf (3)	6,62	(6,48)		
		Wb (4)	5,91	(5,78)		
		Wh (5)	5,54	(5,44)		
Sorten		N-Düngung***			Fungizideinsatz	
Diplomat	5,59 (5,43)	0/ 0/ 0/ 0/ 0	(5,07)		Kontrolle	5,87 (5,68)
Caribo	6,33 (6,13)	90/ 0/ 0/ 0/40	5,92		Cercobin +	6,11 (5,93)
Benno	6,03 (5,84)	0/35/ 0/55/40	5,94		Orthodifol.	
		35/ 0/55/ 0/40	6,07			
		55/ 0/ 0/35/40	6,01			

* Durchgeführt von der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Weihenstephan.

** () in Klammern Durchschnittswerte bei Berücksichtigung der Parzellen ohne N-Düngung.

*** kg N/ha in verschiedenen Vegetationsstadien.

EINFLUSS DER ANBAUTECHNIK AUF ERTRAGSBILDUNG VON GETREIDE

Tabelle 3. Rangfolge der Varianzkomponenten einer 5-faktoriellen Versuchsserie mit Winterweizen.*

	Ohne ON (%)	Einschliesslich ON (%)
Jahre × Orte	54.22***	47.53***
Orte	13.96***	10.13***
Jahre	11.23***	7.27***
Sorten	5.16***	4.28***
Jahre × Sorten	3.00***	2.52***
Jahre × Orte × Sorten	2.63***	2.26***
Jahre × Orte × N-Düngung	1.28***	4.83***
Orte × N-Düngung	0.82***	3.62***
Fungizide	0.54***	0.52***
Jahre × N-Düngung	0.31***	3.19***
N-Düngung	0.12**	6.66***
Sorten × N-Düngung	0.07	0.09
Sorten × Fungizide	0.01	0.01

* Durchgeführt von der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Weihenstephan, über 3 Jahre, 5 Orte mit 3 Sorten, 5 N-Varianten und Fungizideinsatz gegen Ährenkrankheiten.

** F-Wert $p > 0.99$.

*** F-Wert $p > 0.999$.

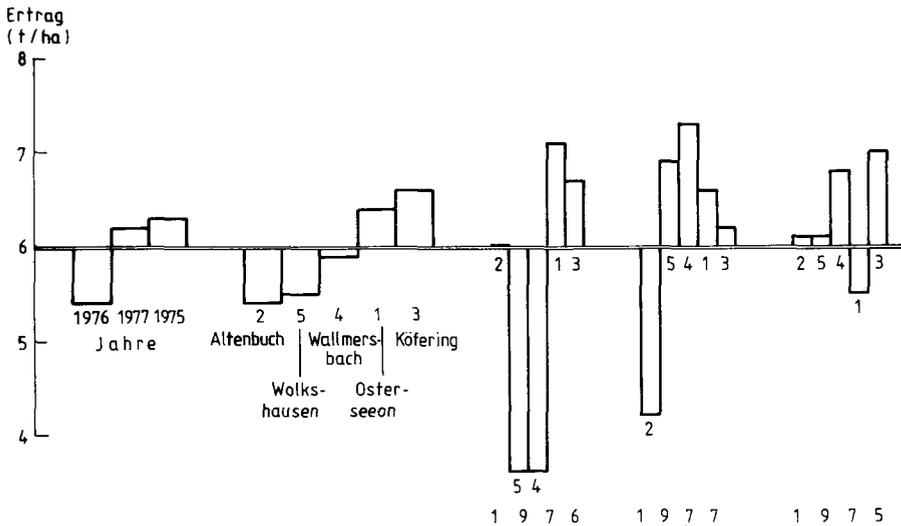


Abb. 6. Kornträge (t/ha) einer Versuchsserie mit Winterweizen; Mittelwerte für 3 Jahrgänge, 5 Versuchsstellen und die Wechselwirkung Jahrgang × Versuchsstelle. (Versuchsergebnisse der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Freising-Weihenstephan.)

Tabelle 4. Summe der Varianzkomponenten aller Haupt- und Wechselwirkungen für 3 Faktoren und relative Verteilung auf unterscheidbare Varianzursachen in einem 5-faktoriellen Versuch mit Winterweizen.

	Sorten	N-Düngung (ohne O N)	Fungizide
<i>Summe</i> aller Haupt- und Wechselwirkungen (%) (= 100)	12.08	3.33	1.76
<i>Relative Verteilung (%)</i>			
Hauptwirkung	42.7	3.6	30.7
WW 1. Grades	31.5	36.7	28.4
WW 2. Grades	25.7	59.4	40.9
<i>Wechselwirkungen unter Beteiligung des Faktors</i>			
Jahr	47.3	53.4	40.3
Ort	30.2	75.4	32.4
Sorte	—	13.5	11.9
N-Düngung	3.7	—	25.6
Fungizide	1.7	13.5	—

zuletzt genannten Einflussgrößen auch als ‘Betriebsleiter-Effekt’ interpretieren, dessen Sorgfalt und Fingerspitzengefühl zwar von ganz erheblicher Bedeutung sind, die sich aber einer analytisch exakten Erfassung weitgehend entziehen.

Aber auch das Studium der übrigen Wechselwirkungen verhilft zu interessanten Erkenntnissen. So macht eine Zusammenfassung aller Varianzkomponenten, an denen die Faktoren Sorte, N-Düngung und Fungizideinsatz beteiligt sind (Tabelle 4), sehr deutlich, dass nur bei den Sortenunterschieden der Hauptwirkung die dominierende Stellung zukommt, während besonders bei der Düngung Wechselwirkungen höheren Grades von massgeblicher Bedeutung sind. Gliedert man weiter nach der Beteiligung anderer Hauptfaktoren an den festgestellten Wechselwirkungen auf, so waren für die Sortenleistung und den Fungizideinsatz die Wechselwirkungen mit der Jahreswitterung, für die Düngung die Wechselwirkungen mit den Bodenverhältnissen von jeweils grösserer Bedeutung. In Abb. 7 wird dies in anschaulicher Form zum Ausdruck gebracht. Wenden wir die Erkenntnisse aus diesem Beispiel auf die vorher aufgezeigten Unterschiede in der Dimension von Ertragsunterschieden innerhalb grösserer Versuchsserien an, so führen sie zu der Feststellung dass sich Sortenunterschiede mit einer wesentlich grösseren Sicherheit auch unter verschiedenartigen Wachstumsverhältnissen erhalten, während der Erfolg des Einsatzes anbautechnischer Hilfsmittel und Massnahmen in viel stärkerem Masse von den übrigen Wachstumsbedingungen abhängig ist, deren sichere Optimierung in der Mehrzahl der Fälle leider nicht gelingt.

Es braucht daher nicht mehr zu überraschen, wenn wir im vorliegenden Fall auf eine nahezu unbedeutende und in keinem Fall gesicherte Wechselwirkung zwischen Sorte und Düngung bzw. Fungizideinsatz stossen, obwohl die 3 Versuchssorten sich sowohl in ihrer Standfestigkeit wie in ihren Resistenzeigen-

EINFLUSS DER ANBAUTECHNIK AUF ERTRAGSBILDUNG VON GETREIDE

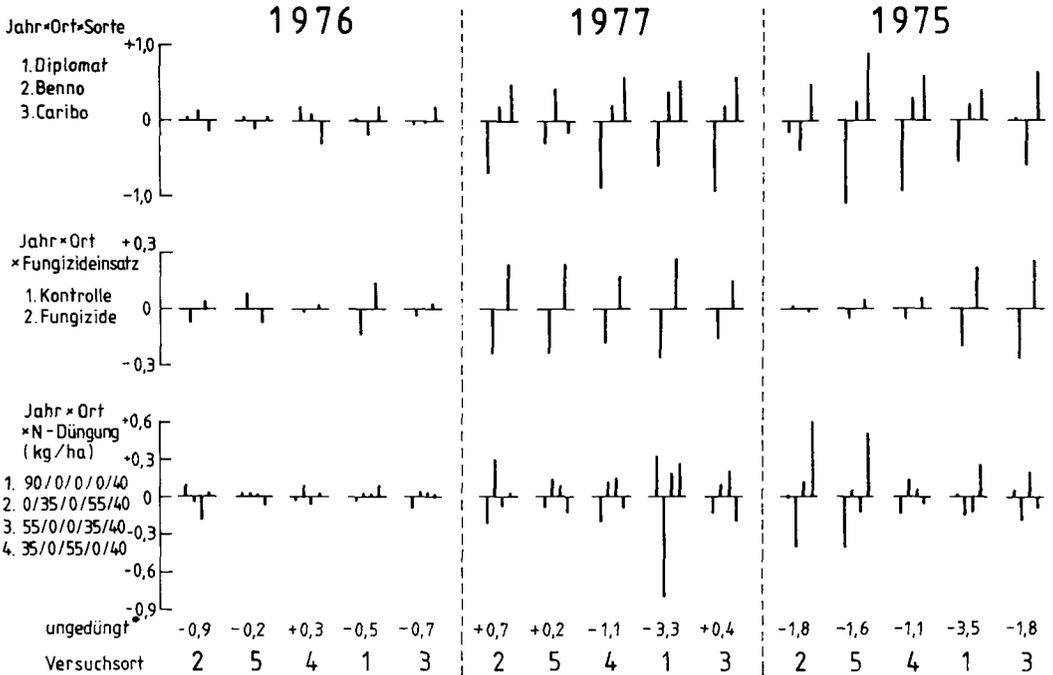


Abb. 7. Kornträge einer Versuchsserie mit Winterweizen. Darstellung der Wechselwirkungen 2. Grades in Form der vom jeweils 3. Faktor verursachten Abweichungen (t/ha) vom Mittel des Einzelversuches (Jahr × Ort). (Versuchsergebnisse der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Freising-Weißenstephan.)

* Abweichung des Korntrages (t/ha) ohne N-Düngung vom Mittelwert der gedüngten Parzellen.

schaften recht deutlich unterscheiden.

Hierin mag zunächst ein Widerspruch bestehen zu dem hohen Stellenwert, den die Frage nach sortenspezifischen Anbautechniken in der gegenwärtigen Fachdiskussion um Leistungssteigerungen im Getreidebau einnimmt. Selbstverständlich ist mit dem hier herausgegriffenen Beispiel keineswegs die Existenz gesicherter Wechselwirkungen zwischen Sortenleistung und anbautechnischen Massnahmen ausgeschlossen. Aber auch die Erfahrungen aus anderen Versuchsreihen deuten darauf hin, dass derartige Wechselwirkungen kaum jemals in den Vordergrund treten. Man muss daher zunächst doch feststellen, dass die Bedeutung der standortgerechten Anbautechnik in der gegenwärtigen Situation des Getreidebaues von ungleich grösserer Bedeutung ist als die Anwendung sortenspezifischer Anbautechniken. Auf dieser Basis findet man aber auch den Ansatz zur Auflösung des oben erwähnten Widerspruchs. Für führende Landwirte, welche im Verein von sorgfältiger Bodenpflege und standortgerechter Anbautechnik ein weit überdurchschnittliches Ertragsniveau erreicht

haben, bildet die sortenspezifische Abwandlung ihrer Anbautechnik gleichsam den Schlussstein im weitläufigen System ihrer Einflussnahme auf die Ertragsbildung des Getreides. Da es nicht möglich ist, im Rahmen dieser Darstellung auf die zahlreichen Einzelfragen dieses Problemkreises einzugehen, wollen wir uns auf eine besonders aktuelle Fragestellung konzentrieren, die in Sonderheit auch Herrn Feekes stark beschäftigt hat.

Krankheitsbekämpfung im Getreidebau

Die Beziehungen zwischen dem Ertragspotential von Getreidezuchtsorten und seiner Realisierung unter wechselnden klimatischen Verhältnissen, d.h. seiner Abhängigkeit von den entwicklungsphysiologischen Bedingungen, ebenso wie der Zoll, den die Zuchtsorten im Hinblick auf klimatisch und witterungsbedingte Differenzierungen im Auftreten von Getreidekrankheiten entrichten vor der Realisierung ihres Ertragspotentials an die Krankheitserreger müssen, haben ihn leidenschaftlich interessiert. Sie standen Pate bei dem von ihm konzipierten und von seinem unvergesslichen alter ego Dr. Broekhuizen (1969) realisierten Getreideatlas, und waren das Bindeglied für seine ebenso engen wie anregenden Beziehungen zu unserer Arbeitsgemeinschaft für Krankheitsbekämpfung und Resistenzzüchtung bei Getreide und Hülsenfrüchten, zu deren Winter- und Sommertagungen er in seiner unnachahmlichen Art soviele Anregungen beigetragen hat.

Die Möglichkeiten und der Gebrauch von Massnahmen zur Krankheitsbekämpfung im Getreidebau interessieren aber nicht nur den Pflanzenzüchter im Hinblick auf die optimale Einordnung seiner Aktivitäten im Bereich der Resistenzzüchtung, sondern stellen zugleich unter mehreren Gesichtspunkten ein besonders aktuelles Kapitel für den Getreidebau dar.

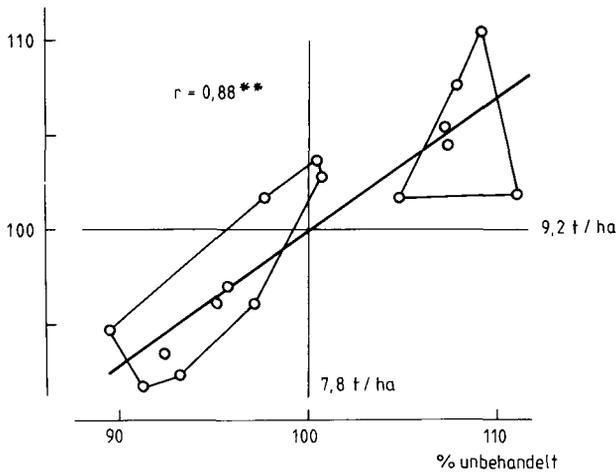
Ich möchte an dieser Stelle einige Ergebnisse aus einem 5-jährig durchgeführten Versuch darstellen, der auf direkte Anregungen von Herrn Feekes zurückgeht. Wir haben versucht, eine grössere Zahl von Zuchtsorten regelmässig unter sehr günstigen Bedingungen aufwachsen zu lassen und durch die Anwendung von möglichst vollständigen Pflanzenschutzmassnahmen festzustellen, welcher Anteil ihres Ertragspotentials durch Krankheitsbefall verloren geht.

Der Darstellung der 5-jährigen Mittelwerte für 16 Winterweizensorten (Abb. 8) lässt sich zunächst entnehmen, dass es uns durchaus gelungen ist, einer etwa 80 %igen Ausschöpfung des physiologischen Potentials ziemlich regelmässig nahe zu kommen (Durchschnittsertrag der mit Fungiziden und Insektiziden behandelten Parzellen 9,2 t/ha). Die mittlere Ertragsdifferenz zu den unbehandelten Parzellen beträgt knapp 1,4 t/ha und übertraf damit sogar die maximale Differenz zwischen den Sortenmittelwerten von etwa 1,2 t/ha. Insofern bestätigt dieser Versuch zunächst die Tatsache, dass in sehr dichten, leistungsfähigen Beständen der Verhütung von Krankheitsschäden eine wesentlich grössere Bedeutung zukommt als im landeskulturellen Durchschnitt.

Die überraschend enge Korrelation der mit und ohne Pflanzenschutz erziel-

EINFLUSS DER ANBAUTECHNIK AUF ERTRAGSBILDUNG VON GETREIDE

% mit Fungiziden



Kornerträge

Kontrolle Fungizid

In t/ha

1977	7.72	9.72
1978	8.39	10.15
1979	6.51	7.60
1980	7.78	9.22
1981	8.71	9.31

Relativ (%)

Bongo	109.0	110.5
Caribo	107.7	107.7
Magnet	107.1	105.3
Maris Huntsman	110.0	101.9
Vuka	107.3	104.7
Kobold	104.8	101.7
Nimbus	100.4	103.6
Disponent	100.7	102.6
Clement	97.8	101.6
Carsten VIII	97.2	96.0
Diplomat	95.7	96.9
Jubilar	95.1	96.0
Priboi	92.4	93.2
Benno	93.3	92.1
Centurk	89.5	94.6
Monopol	91.2	91.7

Abb. 8. Relative Ertragsleistung (5-jähriges Mittel) von 16 Winterweizensorten bei natürlichem Krankheitsbefall und regelmäßiger Bekämpfung von Fuss-, Blatt- und Ährenkrankheiten.

Varianzursachen (Rangfolge) (%)

Fungizideinsatz (F)	38.8
Jahr (J)	27.9
Sorte (S)	9.1
S × J	6.8
F × J	5.9
S × F × J	3.1
S × F	0.6

ten Durchschnittserträge weist sodann auf die erheblichen Unterschiede im Leistungspotential der hier verglichenen Zuchtsorten hin, denen zweifellos die dominierende Rolle in der Ertragsbildung zufiel. Auf den ersten Blick ergibt sich daraus eine deutliche Einschränkung der Bedeutung von Resistenzeigenschaften auch für solche Fälle, in denen keine krankheitsbekämpfenden Massnahmen zur Anwendung kommen. Immerhin ist aber für die Gruppe der leistungsstärken Sorten zumindest die Tendenz zu erkennen, dass ihre relative Leistung ohne pflanzenschützerische Massnahmen eher besser als schlechter ausfällt. Unter pflanzenbaulich-ökonomischen Aspekten dürfte aber auch die Schlussfolgerung abzuleiten sein, dass auf hohem Ertragsniveau der prophylaktische Einsatz von krankheitsbekämpfenden Massnahmen in aller Regel zumindest ökonomisch gerechtfertigt werden kann. Selbst im günstigsten Fall (Maris Huntsman) erreichte die 5-jährig ermittelte Ertragsdifferenz zwischen behandelten und unbehandelten Parzellen etwa 0,7 t/ha, womit auf dem bisherigen

Preisniveau alle dafür entstehenden Kosten mehr als auszugleichen waren, im ungünstigsten Fall (Clement) waren es über 1,7 t/ha. Die Varianzkomponentenschätzung macht darüberhinaus deutlich, dass eine systematisch wiederkehrende Wechselwirkung zwischen Sorte \times Behandlung auch im vorliegenden Beispiel unbedeutend bleibt, hingegen die Wechselwirkung 2. Grades zwischen Sorte \times Behandlung \times Jahr durchaus ins Gewicht fällt. Dieses Ergebnis ist im Hinblick auf das unterschiedliche Resistenzspektrum der beteiligten Sorten und das jahrgangsunterschiedliche Auftreten ertragsschädigender Krankheiten durchaus verständlich. Man kann daraus auch ableiten, dass bei genügender Sortenkenntnis und ausreichend sicherer Prognose über das zu erwartende Krankheitsbild der prophylaktische Einsatz von Fungiziden selbst in Hochleistungsbeständen vermieden werden könnte.

Die in diesem Versuch erzielten Ergebnisse lassen aber noch eine andere Interpretation zu, wenn man sich auf diejenigen Sorten beschränkt, die zu überschnittlichen Ertragsleistungen befähigt sind, und gleichzeitig von der Annahme ausgeht, dass die in der Praxis erzielten Ertragsleistungen im allgemeinen deutlich unter den in diesem Versuch erzielten Werten bleiben, die Ertragsrelationen zwischen den verschiedenen Sorten dabei aber im wesentlichen erhalten bleiben. Legt man ein mittleres Ertragsniveau von etwa 5 t/ha zu Grunde, so errechnet sich die reduzierte Differenz zwischen behandelten und unbehandelten Parzellen der hierbei in Betracht gezogenen Sorten auf minimal 0,46 t/ha (Maris Huntsman) und maximal 1,00 t/ha (Clement), während der ebenso errechnete Sortenunterschied von 0,47 t/ha bei vollem Pflanzenschutz auf 0,62 t/ha ohne Pflanzenschutzmassnahmen ansteigt. Denkt man an die mit grosser Wahrscheinlichkeit überproportional ansteigenden Kosten für Pflanzenschutz- und Düngemittel im Vergleich zu den Erzeugerpreisen, so schlägt diese Entwicklung in zunehmendem Masse zugunsten solcher Sorten aus, die einen hohen Gesundheitswert mit überdurchschnittlichem Ertragspotential verbinden. Trotz aller Schwierigkeiten der Resistenzzüchtung, auf die hier nicht im einzelnen eingegangen werden kann, erscheint daher doch die Annahme berechtigt, dass erfolgreiche Züchtungsarbeiten auf diesem Gebiet künftig von der landwirtschaftlichen Praxis in zunehmendem Masse honoriert werden.

Ertragsphysiologische Orientierung der Anbautechnik im Getreidebau

Jeder der hier Anwesenden weiss, welchen entscheidenden Einfluss Herr Feekes auf Erforschung und Berücksichtigung entwicklungsphysiologischer Phänomene im Zusammenhang mit regionaler Adaption des Leistungsvermögens unserer Getreidearten genommen hat, weltweit aufgegriffen in der Anwendung seiner 'Feekes-Skala' (Feekes, 1941) zur sauberen Erfassung des standort- oder genotypischen Entwicklungsverlaufes und zur Entwicklung optimierter Anbauverfahren.

Von der Entwicklungs- zur Leistungsphysiologie ist es nur mehr ein kleiner Schritt, und ich bin sicher, dass Feekes'sche Anregungen in vielfältiger Weise auf die wertvollen ertragsphysiologischen Forschungsarbeiten eingewirkt

haben, die in den letzten Jahren aus den Wageninger Instituten hervorgegangen sind.

Zum Abschluss meines Beitrages zum heutigen Kolloquium möchte ich daher noch einige Gedanken zu einer ertragsphysiologischen Orientierung des Getreidebaues anfügen.

Als Ausgangspunkt eignen sich dafür einige von Herrn Spiertz (1973, 1979) veröffentlichten Ergebnisse. Sie bringen zum Ausdruck, dass man die Ertragsbildung in Getreidebeständen im Prinzip auf 2 wesentliche Einflussgrößen zurückführen kann, wenn man diesen Vorgang auf die Bodenfläche bezieht und die sehr verwickelten Abläufe innerhalb der dazu beitragenden Einzelpflanzen und -organe entsprechend zusammenfasst. Es handelt sich einerseits um die Einspeicherungsrate und um die Einspeicherungsdauer (Abb. 9). Den Ergebnissen von Herrn Spiertz lässt sich weiterhin entnehmen, dass beispielsweise verstärkte N-Düngung bis zur Erreichung eines von den Einstrahlungsbedingungen abhängigen Maximums fördernd auf die Einspeicherungsrate wirkt, während z.B. Massnahmen zur Krankheitsbekämpfung ihre ertragsfördernde Wirkung eher auf eine Verlängerung der Dauer der Einspeicherung zurückführen lassen. Man kann auch anderen einschlägigen Untersuchungen ziemlich regelmässig entnehmen, dass die Kornertragsbildung des Getreides einer ziemlich linear eingehaltenen Einspeicherungsrate folgt, die in den meisten Fällen nach einer bestimmten Dauer recht abrupt beendet wird.

Diese Vorstellung lässt sich nun auf die Kornertragsanalyse übertragen, wenn man Bestandesdichte und Kornzahl/Ähre, die ja beide bereits zu Beginn der Einspeicherungsphase weitgehend festgelegt sind, zur Kornzahl/Bodenfläche zusammenfasst und diesem Wert das jeweils erreichte Tausendkorngewicht gegenüberstellt, dessen Ausprägung erst mit dem Ende dieser Phase festliegt.

Pflanzenbaulich ergibt sich daraus der interessante Aspekt, dass möglicherweise erst nach Überschreitung eines Schwellenwertes in der Kornzahl/Bodenfläche die maximalen Einspeicherungsrate zu realisieren sind, Höchstleistungen aber nur dann erreicht werden, wenn diese Einspeicherungsrate auch über einen möglichst langen Zeitraum aufrecht erhalten wird, d.h. also auch eine gute Kornausbildung erzielt wird.

Mit dieser Vorstellung wurde eine Analyse der in den letzten 5 Jahren angelegten Wertprüfungen des Bundessortenamtes der Bundesrepublik Deutschland mit Winterweizen und Sommergerste durchgeführt, weil diese Versuche eine sehr weite regionale Streuung aufweisen und nicht nur der Kornertrag, sondern stets auch das 1000-Korngewicht und in den meisten Fällen ausserdem die Bestandesdichte bestimmt wird. Insgesamt werden etwa 25-30 Einzelversuche für jede der beiden in ihrer Ertragsstruktur so deutlich unterschiedenen Getreidearten pro Jahr angelegt. In die hier durchgeführte Analyse wurden pro Getreideart und Jahr jeweils 15 Einzelversuche einbezogen. Sie waren so ausgewählt, dass darin die 5 Versuche mit den höchsten bzw. niedrigsten Erträgen enthalten waren, weitere 5 Versuche wurden hinzugenommen, deren Ertragsdurchschnitt in der Nähe des Jahrgangsmittels lag.

Werden die Mittelwerte dieser 3 Versuchsgruppen aus jedem Jahrgang zu-

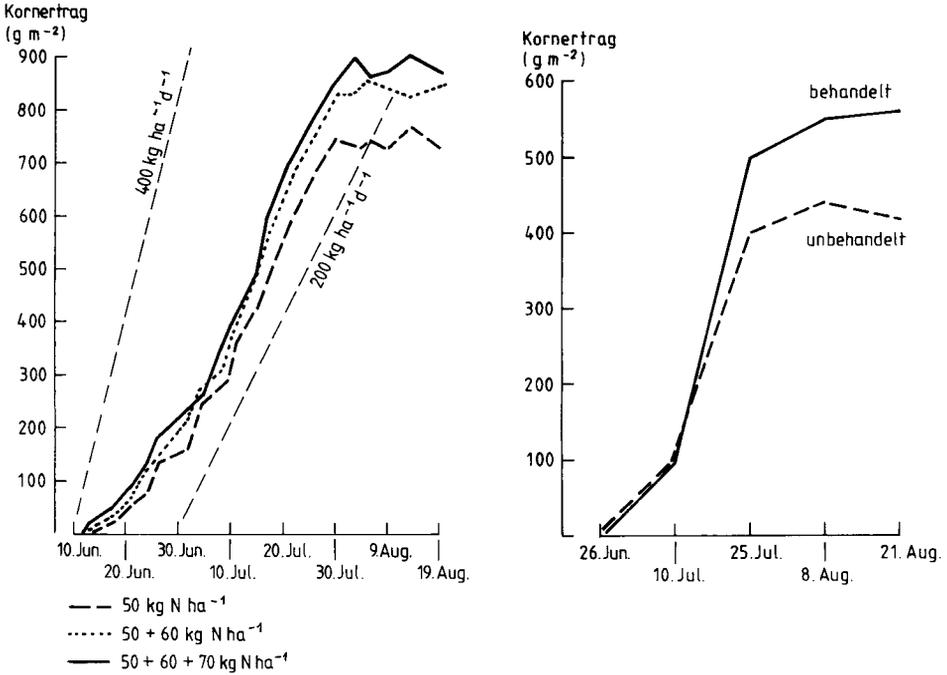


Abb. 9. Beeinflussung von Einspeicherungsrate und Einspeicherungsdauer in der Kornbildungsphase von Winterweizen durch N-Düngung bzw. Fungizideinsatz. Versuche von Spiertz (1973, rechts) und Spiertz (1979, links).

sammengefasst, so ergibt sich die Darstellung aus Abb. 10. Die errechneten Werten für die Kornzahl/Fläche stellen ein weitgehend paralleles Abbild der Differenzierungen des Kornertrages dar. Die hohen Kornertragsleistungen des Winterweizens erfordern etwa 17 000 Körner/m², während die zweizeilige Sommergerste auch unter günstigen Bedingungen nicht mehr als 14 000 Körner/m² zu bilden vermag und nicht zuletzt deswegen in ihren Spitzenerträgen sehr deutlich hinter dem Winterweizen zurückbleibt. Nur in Ausnahmefällen (Winterweizen 1978, Sommergerste 1977 und 1978) hat das Tausendkorngewicht stärker zur Differenzierung der Spitzenerträge beigetragen als die Kornzahl/m². Unzureichende Bestandesdichten bilden bei der Sommergerste vorherrschend, nicht immer jedoch bei Winterweizen eine wesentliche Ursache niedriger Erträge.

Weitere interessante Hinweise ergeben sich aus den korrelativen Beziehungen innerhalb und zwischen diesen Versuchsgruppen und Ertragsstrukturmerkmalen (Tabelle 5). In beiden Versuchsserien ergibt sich für den Kornertrag die engste Beziehung zur Kornzahl/m², die Korrelation lockert sich jedoch in beiden Fällen mit ansteigendem Ertragsniveau. Die Bindung der Kornzahl/m²

EINFLUSS DER ANBAUTECHNIK AUF ERTRAGSBILDUNG VON GETREIDE

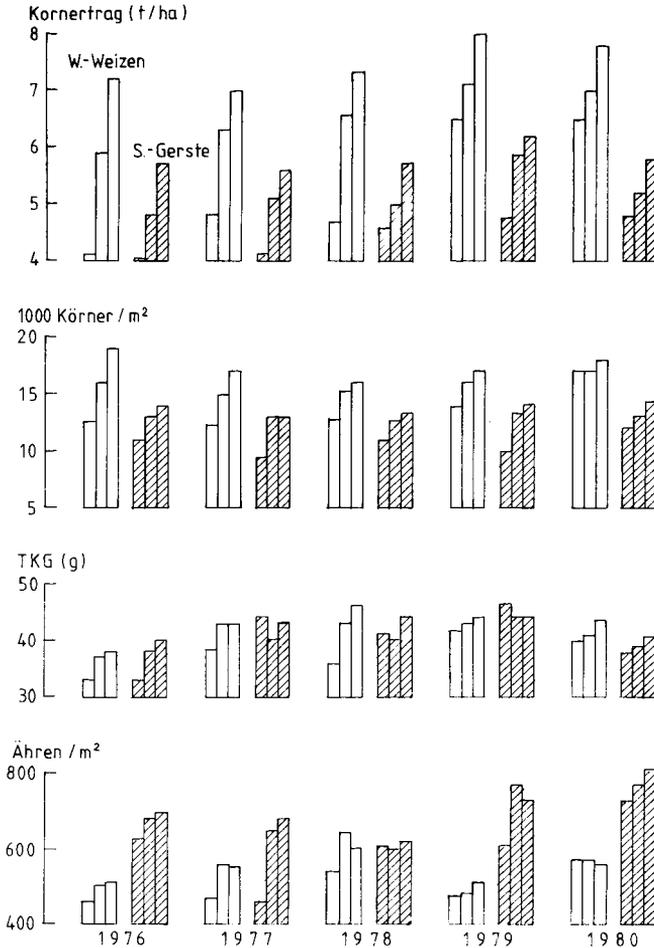


Abb. 10. Mittelwerte für je 5 Versuche mit niedrigen, mittleren und hohen Kornerträgen (t/ha) aus den Wertprüfungen des Bundessortenamtes mit Winterweizen und Sommergerste 1976-1980.

an die Bestandesdichte ist bei Winterweizen auf niedrigem Ertragsniveau zwar zu erkennen, bei Sommergerste hingegen allgemein sehr stark ausgeprägt. Auf höherem Ertragsniveau fällt die gleiche Korrelation bei Winterweizen sogar schwach negativ aus, bleibt bei Sommergerste aber noch immer erkennbar. Zwischen Bestandesdichte und 1000-Korngewicht ergibt sich bei Winterweizen ein Trendwechsel von gesichert negativer zu gesichert positiver Korrelation mit ansteigendem Ertragsniveau, während bei der Sommergerste stets eine negative Beziehung zum Ausdruck kommt. Besonders bemerkenswert ist schliesslich die bei beiden Getreidearten deutlich ausgeprägte und mit ansteigendem Ertrags-

Tabelle 5. Korrelationskoeffizienten für Kornertrag und einige Ertragsstrukturelemente bei Winterweizen und Sommergerste in 3 Versuchsgruppen der Wertprüfungen des Bundessortenamtes (1976-1980).

	Winterweizen			Sommergerste		
	BD	K/m ²	TKG	BD	K/m ²	TKG
<i>Mit Kornertrag</i>						
Gruppe n	0.06	0.72**	0.51**	0.38	0.62**	0.34
m	0.19	0.54**	0.33	0.32	0.48*	0.21
h ¹	0.22	0.43*	0.25	-0.03	0.43*	0.44*
Gesamt	0.27*	0.76**	0.54**	0.39**	0.76**	0.36**
<i>Mit Bestandsdichte</i>						
Gruppe n		0.33	-0.38		0.80**	-0.56**
m		0.02	0.16		0.46*	-0.28
h		-0.15	0.35		0.41*	-0.43*
Gesamt		0.21	0.12		0.66**	-0.37**
<i>Mit 1000-Korngewicht</i>						
Gruppe n		-0.21			-0.51**	
m		-0.62**			-0.74**	
h		-0.76**			-0.62**	
Gesamt		-0.13			-0.33**	

¹ Einzelwerten für 3 Sorten innerhalb der Versuchsgruppe h:

Diplomat	0.20	0.57**	0.10
Benno	0.16	0.49**	0.25
Caribo	0.23	0.26	0.50**

BD = Bestandesdichte (Ähren/m²); K/m² = Kornzahl/m²; TKG = Tausendkorngewicht; n = niedrige Erträge; m = mittlere Erträge; h = hohe Erträge.

niveau zunehmend enger werdende negative Korrelation zwischen Kornzahl/m² und 1000-Korngewicht. Dies deutet darauf hin, dass das 1000-Korngewicht nicht nur von der Dauer der Einspeicherungsphase bestimmt wird, sondern – insbesondere auf hohem Ertragsniveau – die Verteilung der auch unter günstigen Vegetationsbedingungen begrenzten Einspeicherungsrate auf eine überoptimale Zahl von Körnern zur Verminderung des 1000-Korngewichtes beiträgt. Man kann daraus schließen, dass es für die Anbautechnik nicht unbedingt vorteilhaft ist, nach maximalen Kornzahlen/m² zu streben, sondern durchaus (standortabhängige) Optima einzugrenzen sind, in deren Bereich Höchstleistungen mit grösserer Wahrscheinlichkeit erwartet und erreicht werden können (Abb. 11).

Analysiert man nach dem gleichen Verfahren das Verhalten einzelner Sorten in der Gruppe der Höchsterträge aus dieser Versuchsserie, so zeigen sich – wie erwartet – sehr charakteristische Unterschiede (Tabelle 5), die insbesondere in einer stärkeren Bindung der Höchsterträge an die Kornzahl/m² bei den Sorten Diplomat und Benno sowie an das Tausendkorngewicht bei der Sorte Caribo zum Ausdruck kommt. Die graphische Darstellung dieser Beziehung (Abb. 12)

EINFLUSS DER ANBAUTECHNIK AUF ERTRAGSBILDUNG VON GETREIDE

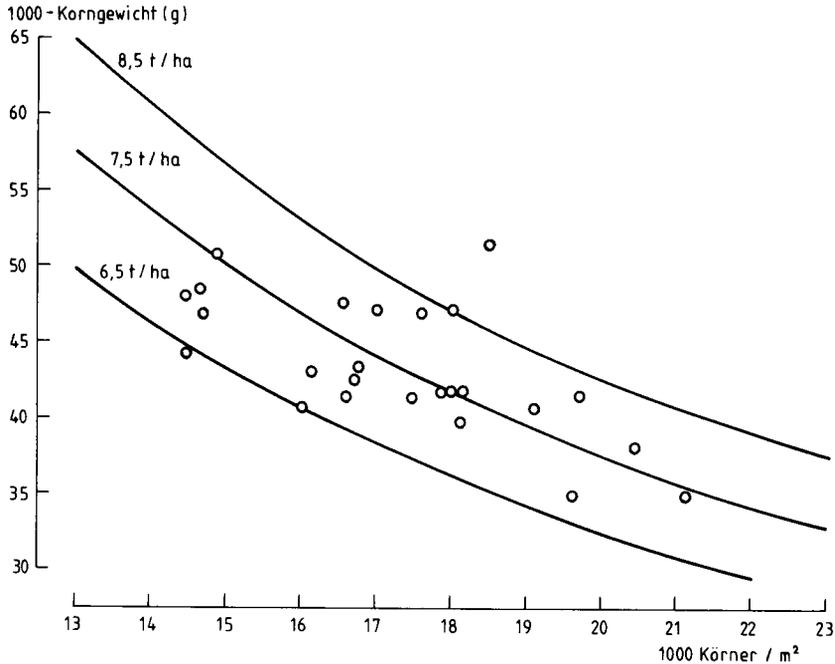


Abb. 11. Streudiagramm der Mittelwerte von 25 Wertprüfungsstellen für Winterweizen mit sehr hohen Kornerträgen aus den Jahren 1976-1980.

lässt schliesslich erkennen, dass sich die Ertragsbildung der Sorte Caribo augenscheinlich auf einen breiteren Optimalbereich für die Kornzahl/Fläche stützen kann und darin möglicherweise eine wesentliche Ursache für ihr hohes Ertragspotential und ihre vielfach bewährte Ertragssicherheit zu suchen ist.

Weder die mir zur Verfügung stehende Zeit, noch die bisher erarbeiteten Zahlen reichen aus, die anbautechnischen Konsequenzen dieser Überlegungen im einzelnen zu verfolgen. Aus ertragsphysiologischer Sicht erscheint es jedoch wenig zweckässig, die Bestandesdichte, die Kornzahl/Ähre und das 1000-Korngewicht als gleichrangige Ertragskomponenten zu behandeln und die Kornzahl/Ähre mit dem Tausendkorngewicht zum Ährenertrag zusammenzufassen. In der besten Tradition des unvergesslichen Dr. Feekes möchte ich daher an den Schluss meines Referates keine Antwort, sondern nur die Frage stellen, ob es nicht sinnvoll wäre, der Gegenüberstellung der Kornzahl/Fläche und des 1000-Korngewichtes im Hinblick auf die Entwicklung ertragsphysiologischer Leitlinien einer optimierten Anbautechnik im Getreidebau mehr Aufmerksamkeit als bisher zu schenken und ich kann nur hoffen, dass es sich lohnen wird, genauer als ich es hier tun konnte und mit differenzierender Sorgfalt darüber nachzudenken.

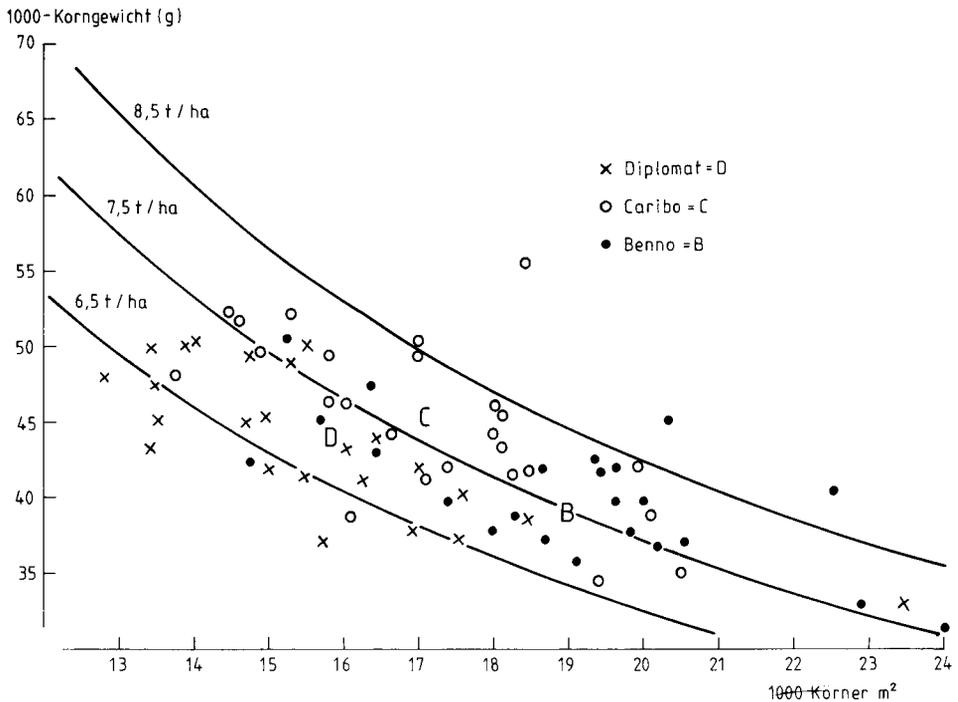


Abb. 12. Streudiagramm der Einzelwerte von 3 Winterweizensorten an 25 Wertprüfungsstellen mit sehr hohen Kornerträgen aus den Jahren 1976-1980.

Danksagung

Für die Bereitstellung von Daten und wertvolle Mithilfe bei Auswertungs- und Rechenarbeiten gebührt besonderer Dank RD K. Hoeser, Dipl. Ing. agr. F. X. Maidl, W. Anderl und Ing. agr. A. Penger.

Summary

Influence of crop management on yield formation of cereals

Size of yield differences

Winter wheat yield differences in a given year varied between 3.19 and 5.85 t/ha and between 3.2 and 4.7 t/ha in 2 sets of yield data compiled for the period from 1969-1979 (state variety trials) and 1972-1978 (winter wheat yield assessment in Hessen) respectively, if measured by the difference between the mean of 10 % of highest and 10 % of lowest yield figures recorded for each of the years included

in the data base. In both series the average size of the yield differences relates to 75-80 % of the general mean in kernel yield.

Cause of yield differences

No single factor responsible for major yield differences appeared from a breakdown of kernel yield data obtained from winter wheat yield assessment in Hessen according to major agronomic factors (soil value, cultivar, preceding crop and application of N fertilizer), or from yield differences obtained in large series of field trials summarized for differences in rate and date of sowing winter wheat, as well as from average yield differences obtained in factorial yield trials including different cultivars of several species of cereals, application of CCC for shortening plant height, dosis and timing of nitrogen fertilization and application of fungicides against foot, leaf and ear diseases, although soil value and differentiation between cultivars appear to exert more influence than other factors.

Interactions

From a series of field trials (5 factors: year, location, wheat, cultivar, N fertilization, application of fungicides) the component of variance for year \times location explains 50 % of the variation in kernel yield, other significant major effects and interactions ranging between 14.0 and 0.1 %. It is assumed that a major contribution to the dominating effect of the year \times location interaction may trace back to specific effects of crop management measures (Betriebsleiter-Effekt) as well as to the modification of growing conditions which are very difficult to control and to predict.

Comparing the variance components including either cultivar, N fertilization or fungicide effects it is only for cultivars, that the major effect was more important than interactions, while for N fertilization the major contribution was in 2nd interactions. Furthermore the relative importance of interactions with year or location was more in favor of location in case of N fertilization and more in favor of the year in case of cultivar and fungicidal effects.

No significant interactions were obtained for cultivar \times N fertilization and cultivar \times fungicidal effects. It is concluded that cultivar specific crop management measures will gain practical importance only at high yield levels.

Disease control in cereal culture

In a 5-year series on very high yield level including 16 winter wheat cultivars the yield average of the control amounted to 7.81 t/ha, while preventive application of fungicides against foot, leaf and ear diseases increased the yield average by 1.38 t/ha. Average yield for cultivars differed between 9.34 (Bongo) and 7.78 (Monopol). A close correlation of $r = 0.88^{**}$ for cultivar yield in both treatments together with the absence of significant interactions for cultivar \times treatment indicate the dominating importance of yield potential of a given cultivar over disease reaction. From significant interactions between year \times cultivar \times treatment the conclusion arrives that also at high level of kernel yield preventive applications of fungicides can be avoided by reliable warning systems about dif-

ferential occurrence of important diseases.

Adapted to average yield levels (5.0 t/ha) and confined to the better-yielding cultivars the yield increase from preventive application of fungicides may be anticipated to vary between 1.0 t/ha for the more susceptible cultivar (Clement) against 0.46 t/ha for the more resistant cultivar (Maris Huntsman), which may be well below the additional costs for the application of fungicides.

Orientation of cereal crops management upon yield physiology

Yield formation of a cereal field can be explained by 2 major parameters, viz rate of dry matter increase during the filling period and duration of this period. Number of kernels/m² and 1000-kernel weight may be expected to provide information which is correlated with rate and duration of dry matter increase respectively.

From 1976-1980 trial series with winter wheat and spring barley (Wertprüfungen des Bundessortenamtes) 15 trials have been selected in each of the years representing low, medium and high yield levels to calculate means for yield determining characters and the correlation between them.

It appears that number of kernels/m² is the most important criterium to differentiate different yield levels between and within the two cereal species. The close correlation between number of kernels/m² and yield decreases with higher yield level. At the same time the negative correlation between number of kernels/m² and 1000-kernel weight becomes more apparent indicating compensation between both characters as well as the existence of optimum ranges for number of kernels/m² to provide better chances to obtain higher grain yield. It is also demonstrated that winter wheat cultivars may differ in position and size of optimum ranges for number of kernels/m².

Literatur

- Broekhuizen, S. (Ed.), 1969. Atlas of the cereal growing areas in Europe. Pudoc, Wageningen.
- Feeke, W., 1941. De tarwe en haar milieu. Verslag Technische Tarwe Commissie Groningen 17.
- Reiner, L., A. Mangstl, G. Englert (Hrsgb.), 1980. Datensammlungen, Auskunftssysteme und Computeranwendungen in der Landwirtschaft. Stand, Nutzung, Ausblick. Kurzfass. Selbstverl. Ackerbau u. Versuchswesen, Weihenstephan 1980, 78 S.
- Sibma, L., 1977. Maximization of arable crop yields in the Netherlands. *Neth. J. agric. Sci.* 25: 278-287.
- Spiertz, J. H. J., 1973. Effects of successive applications of manet and benomyl on growth and yield of five wheat varieties of different heights. *Neth. J. agric. Sci.* 21: 282-296.
- Spiertz, J. H. J., 1979. Wheater and nitrogen effects on rate and duration of grain growth and on grain yield of wheat cultivars. In: J. H. J. Spiertz & Th. Kramer (Eds.), Crop physiology and cereal breeding, Pudoc, Wageningen, p. 60-68.
- Wit, C. T. de, 1965. Photosynthesis of leaf canopies. Agricultural Research Reports 663, 57 pp. Pudoc, Wageningen.
- Wit, C. T. de, H. H. van Laar & H. van Keulen, 1979. Physiological potential of crop production. In: J. Sneep & A. J. T. Hendriksen (Eds.), Plant breeding perspectives, p. 47-82. Pudoc, Wageningen.