

Welchen Beitrag leistet die Pflanzenzüchtung zur Leistungssteigerung von Kulturpflanzenarten?

How Much Does Plant Breeding Contribute to Yield Improvement of Crops?

W. H. Schuster, Wetzlar

Zusammenfassung

1. Die Entwicklung der Erträge unserer Kulturpflanzen über längere und kürzere Zeitabschnitte ist interessant und wichtig für die Landeskultur: Wirtschaftsexperten, Ministerien, Beratungskräfte, Landwirte und besonders Pflanzenzüchter fragen nach entsprechenden Daten. Letztere möchten besonders exakte Angaben über den Anteil der Pflanzenzüchtung an den Ertragssteigerungen der verschiedenen Pflanzenarten erhalten, um ihre Erfolge zu messen und Zuchtziele zu planen. Es werden in dieser Arbeit ältere Untersuchungen genannt und verschiedene Möglichkeiten der Schätzung und Berechnung von Ertragssteigerungen und Züchtungsfortschritten aufgezeigt.

2. Der Vergleich von verschiedenen Mittelwerten, bei denen der starke Einfluß der Einzeljahre auf die Erträge ausgeglichen wird, zeigt, daß fünfjährige Mittelwerte, gleitende Mittel und Y-Werte der Regressionsrechnungen sehr ähnliche Daten ergeben. Die Frage nach der richtigen Trendberechnung für die Beurteilung der Ertragssteigerung kann dahingehend beantwortet werden, daß bei den meisten Kulturpflanzen der Ertragsanstieg in 10–20–40jährigen Zeitabschnitten geradlinig verläuft und quadratische oder andere Trend-Rechnungen den Ertragsverlauf nicht besser wiedergeben. Nur in einigen Fällen, wie beim Winterweizen und beim Raps, beschreibt eine quadratische Berechnung den Ertragsverlauf ein wenig genauer. Jedoch kann auch in diesen Fällen mit der geradlinigen Regression gearbeitet werden, ohne falsche Aussagen zu erhalten.

3. Um Aussagen über die beiden Einflußgrößen, Agrotechnik (Düngung, Pflanzenschutz, Bodenbearbeitung, Unkrautbekämpfung u. a.) und Züchtungsfortschritt mit den Wechselwirkungen zwischen diesen beiden Faktoren zu erhalten, wurden aus Daten der Wertprüfungen (Feldprüfungen der Neuanmeldungen beim Bundessortenamt) und Hessischen Landessortenversuchen (Feldprüfungen von älteren, bewährten und neu zugelassenen Sorten im Lande Hessen) Trendwerte (= b-Werte der Regressionsanalysen = mittlere jährliche Ertragssteigerungen) für langjährig angebaute Vergleichssorten (VR) und für die Versuchsdurchschnitte (Vd) errechnet.

Trend Vd = durch Agrotechnik + Neuzüchtungen bzw. neue Sorten verursachte Ertragszunahmen.

Trend VR = durch Agrotechnik bedingte Ertragssteigerungen.

Differenz der beiden = durch Züchtungsfortschritte erzielte Ertragssteigerungen, einschließlich der Wechselwirkungen zwischen diesen beiden Faktoren.

4. So konnten für 11 Kulturpflanzenarten Aussagen über durchschnittliche Erträge (Y-Werte), jährliche Mehrleistungen (b-Werte der linearen Regression) für den Praxisanbau (Besondere Erntermittlung im Bundesgebiet), Wertprüfungen des BSA und für hessische Landessortenversuche ge-

wonnen werden. Für die beiden letzten Datengruppen wurden getrennte b-Werte für die Agrotechnik (Einfluß der Anbaumaßnahmen) und aus der Differenz für den Züchtungsfortschritt für 1952–1993 errechnet. Außerdem wurden diese Berechnungen für 5 zeitliche Unterabschnitte des gesamten Zeitraumes 1952–93 durchgeführt, um Einsichten über Veränderungen im Trend und deren Ursachen zu erhalten.

Schlüsselworte: Züchtungsfortschritt, Ertrag, Trend

Summary

1. The development of crop yields in the long-term and short-term range is of interest and importance to land use in general: economic experts, ministries, consultants, farmers and particularly plant breeders require this information. The latter are in need of exact data to measure their success and to plan breeding aims. In this paper, older investigations are cited and different ways for the calculation of yield increases and breeding progress are shown.

2. The comparison of mean yields corrected for annual effects shows that five-year averages, sliding averages and Y-values from regressions produce similar results. Yield increase of most crops is linear; quadratic or other functions usually give no better description. Only in some cases like with winter wheat and rapeseed a quadratic calculation is somewhat more exact. However, linear regressions can also be used in these cases without obtaining wrong results.

3. To obtain information about the two factors of yield improvement, agronomy (fertilization, plant protection, tillage, weed control etc.) and breeding progress including their interactions, data from federal cultivar tests (new registrations with the federal cultivar authority) and Hessian state cultivar tests (field trials of older and newly registered cultivars in Hessia) were used. Trends (slope of regressions) for standard cultivars tested over a long period (VR) and for experimental averages (Vd) were calculated.

Trend Vd = yield increase caused by improved agronomic practice + new cultivars

Trend VR = yield increase caused by agronomic practice alone

Difference between both trends: yield increase caused by breeding progress including interactions.

4. For 11 crop species information about mean yields (Y-values), annual yield increases (b-values from linear regression) could be obtained from practical production (special harvest survey), federal and state cultivar trials. For the latter data groups, b-values for agronomic and breeding progress were calculated covering the period 1952–1993. Also, calculations for five subperiods were performed to gain insight into the trend and its causes.

Keywords: plant breeding progress, yield, trend

Datenmaterial und ältere Untersuchungen

Seit dem Jahr 1800 gibt es in Deutschland Erhebungen über die Ernteerträge der wichtigsten Kulturpflanzen, die in den „Statistischen Jahrbüchern des Deutschen Reiches“ und seit 1952 als „Besondere Erntermittlung“ (BML 1952 bis 1993) veröffentlicht werden. Bis 1892 waren diese Daten Schätzungen der Gemeindevorsteher, bis 1951 wurden ehrenamtliche landwirtschaftliche Sachverständige mit der Schätzung beauftragt und in der Besonderen Erntermittlung von 1952 an besonders geschulte Erntermittler eingesetzt, die nach verschiedenen wissenschaftlich-statistischen Methoden arbeiten; d. h. die Übereinstimmung der ermittelten Ertragswerte mit den tatsächlich geernteten hat in neuerer Zeit stark zugenommen. Dieses Datenmaterial wurde wiederholt dazu benutzt, die Ertragssteigerungen im Laufe der Jahre bei den verschiedenen Kulturpflanzen aufzuzeigen (ROEMER 1932, BITTERMANN 1956, PENTZ 1960). Um die starken, meist durch Witterungsunterschiede verursachten Jahresschwankungen zu eliminieren, wurden mehrjährige Durchschnittswerte (meist fünf Jahre) untereinander gestellt, Relativzahlen zum frühesten Wert = 100 errechnet und die jährliche Ertragssteigerung aus der relativen Steigerung insgesamt dividiert durch die Jahre ermittelt (Tabelle 1).

An diesen Zuwachswerten sind Einflüsse der verbesserten Agrotechnik und neuer ertragreicherer Sorten sowie

Wechselwirkungen zwischen diesen beteiligt. Die Pflanzenzüchtung hat verständlicherweise ein Interesse, den Anteil der Ertragssteigerung, der durch den Züchtungsfortschritt bedingt ist, näher zu bestimmen. KÜHLE (1926) vertritt die Auffassung, daß 30% der Ertragszunahme durch die Pflanzenzüchtung erzielt werden. BOEKHOLT (1950) ist der gleichen Meinung. ROEMER (1932), der eine Ertragssteigerung bei Winter-Weizen von 120% in 60 Jahren = 2% jährlich errechnete, schätzt den Anteil der Pflanzenzüchtung an dieser Gesamtsteigerung aufgrund von Vergleichen neuer mit alten Sorten auf 25%. Auch PANSE (1946) und OPITZ (1954) vergleichen mittelbar zwischen Neuzüchtungen und älteren, leistungsfähigen Vergleichssorten und stellen deutliche Züchtungsfortschritte fest. MEYER (1954) benutzt den Versuchsdurchschnitt als Bezugsbasis und errechnet Leistungszahlen unter Berücksichtigung der statistisch gesicherten Über- oder Unterlegenheit der Neuzüchtungen (Ertragsklassen). Aus den Leistungszahlen der nach ihrem Alter geordneten, in einer großen Zahl von Versuchen (Landessortenversuchen) geprüften Sorten in den Jahren 1921 bis 1950 (= 30 Jahre) kommt er zu einem jährlichen Zuwachs durch den Züchtungsfortschritt von 2,5 dt ha⁻¹ im Durchschnitt der Getreidearten.

Die von ROEMER (1932) errechneten 2% jährliche Gesamtertragszunahmen im Mittel der Kulturarten sieht SEIFFERT (1957) als zu hoch an, er errechnete mit Hilfe von

Tab. 1: Entwicklung der Erträge (dt ha⁻¹ und relativ zu den Erträgen um das Jahr 1800) von Körnerfrüchten in Deutschland von 1800 bis 1993 (nach BITTERMANN 1956 und BML 1952–93)

Development of yields (dt ha⁻¹ and relative to the yields around 1800) of grain crops in Germany between 1800 and 1993 (after BITTERMANN 1956 and BML 1952–93)

Zeitraum	Winterweizen		Winterroggen		Sommergerste		Hafer		Raps		Kartoffeln		Zuckerrüben	
	dt ha ⁻¹	relativ	dt ha ⁻¹	relativ	dt ha ⁻¹	relativ	dt ha ⁻¹	relativ	dt ha ⁻¹	relativ	dt ha ⁻¹	relativ	dt ha ⁻¹	relativ
um 1800	10,3	100	9,0	100	8,1	100	6,8	100	8,6	100	80	100	237	100
1843–47	11,5	112	10,2	113	9,7	120	9,5	140						
1848–52	12,3	119	10,7	119	11,2	138	10,9	160						
1853–59	12,1	117	10,7	119	11,7	144	10,9	160						
1860–64	13,0	126	11,2	124	12,1	149	10,9	160						
1865–69	14,0	136	12,5	139	14,8	183	12,8	188						
1870–74	15,1	147	12,8	142	15,1	186	13,2	194					246	104
1875–79	14,7	143	13,0	144	14,4	178	12,8	188					279	118
1880–84	14,6	142	11,6	129	15,8	195	14,1	207	12,7	148	89	112	311	131
1885–89	15,1	147	11,9	132	15,2	188	13,7	201	11,1	129	102	128	299	126
1890–94	15,8	153	11,7	130	15,8	195	14,5	213	10,7	124	95	119	295	124
1895–99	16,9	164	13,9	154	16,3	201	14,5	213	11,9	138	117	146	303	128
1900–04	18,5	180	14,8	164	18,1	223	17,1	251			130	162	296	125
1905–09	19,8	192	16,1	179	19,0	235	18,3	269			131	164	300	127
1910–14	20,7	201	17,8	198	20,1	248	19,0	279			133	167	272	115
1915–19	19,9	193	15,5	172	17,7	219	17,0	250			134	168	266	112
1920–24	16,9	164	13,6	151	15,2	188	14,5	213			114	143	229	97
1925–29	18,4	179	14,8	164	17,1	211	17,4	256	13,6	158	129	161	251	106
1930–34	21,2	206	17,2	191	19,5	241	19,1	281	13,2	153	158	197	275	116
1935–39	22,2	216	17,1	190	19,8	244	19,9	293	16,1	187	167	209	303	128
1940–44	25,1	244	18,3	203	21,2	262	21,4	315	16,6	193	178	222	309	130
1945–49														
1950–54	27,1	263	23,9	266	24,6	304	24,3	357	17,6	205	207	259	331	140
1955–59	30,8	299	25,6	284	26,6	328	25,4	374	21,5	250	224	280	341	144
1960–64	34,4	334	27,6	307	30,0	370	29,0	426	22,9	266	253	316	383	162
1965–69	37,8	367	30,2	336	31,3	386	32,3	475	23,6	274	274	343	433	183
1970–74	43,8	425	34,5	383	35,1	433	36,0	529	23,9	278	293	366	448	189
1975–79	46,9	455	35,6	396	35,4	437	37,0	544	25,5	297	285	356	449	189
1980–84	55,1	535	38,9	432	37,8	467	40,1	590	26,5	308	294	367	497	210
1985–89	63,4	616	42,6	473	41,6	514	43,3	637	31,7	369	366	457	512	216
1990–93	69,0	670	50,2	558	46,3	572	45,7	672	30,5	355	362	452	546	230
Ertragssteigerung 1800–1993	58,7	570	41,2	458	38,2	472	38,9	572	21,9	255	282	352	309	130
durchschnittliche jährliche Ertragssteigerung	0,26	2,94	0,19	2,36	0,18	2,43	0,19	2,95	0,13	1,31	2,03	1,81	3,16	0,67

fünfjährigen Durchschnitten und der Zinseszinsrechnung von 1900 bis 1953 einen gesamten Ertragszuwachs von 1% pro Jahr. Zur Bestimmung des Züchtungsanteiles empfiehlt er einen wiederholten Vergleich von mehrjährig geprüften älteren und neueren Sorten. SEIFFERT (1957) weist auf die Schwierigkeit der Bestimmung des Züchtungsfortschrittes bei Kartoffeln hin, da hier die Leistungen von Sorten durch Viruserkrankungen plötzlich abnehmen können. Zusammenfassend vertritt SCHEIBE (1961) die Meinung, daß die Gesamtertragssteigerungen bei unseren Kulturpflanzen in den letzten 100 Jahren 1 bis 2% pro Jahr ausmachen (siehe auch Tabelle 1) und daß davon im großen Durchschnitt 25% auf das Konto der Pflanzenzüchtung anzurechnen sind. In Schweden ermittelte MÜNTZING (1950) bei einigen Getreidearten die Leistungen der Pflanzenzüchtung über 60 Jahre durch direkten Vergleich alter Landsorten mit neuen Zuchtsorten: Winterweizen 24%, Sommergerste und Sommerweizen 12%, Hafer 14%, Roggen 15%. Neuere Berechnungen siehe bei AUSTIN et al. (1980).

Durch das Auffinden einiger 124 Jahre alter, keimfähiger Samen von Sommergerste und Hafer im Grundstein des 1832 erbauten Nürnberger Stadttheaters konnten AUFHAMMER & FISCHBECK (1964) diese alten Sorten mit neuen Zuchtsorten in Feld- und Gefäßversuchen vergleichen. Sie fanden 40 bis 50% höhere Erträge bei den neuen Zuchtsorten, die vor allem auf die verbesserte Standfestigkeit und die damit verbundene bessere Ausnutzung der höheren Düngung zurückgeführt wird: „Unter den Anbaubedingungen von 1830–40 würde die Differenz zwischen den alten Landsorten und den heutigen Zuchtsorten bedeutend geringer ausfallen“. Dies bedeutet, die Wechselbeziehungen zwischen neuen Sorten und einer verbesserten Anbautechnik, besonders der stärkeren Nährstoffversorgung, spielen für den Züchtungsfortschritt eine große Rolle. So wurde versucht, den Anteil der Düngung, insbesondere der Stickstoffdüngung, an der gesamten Ertragssteigerung (JANSSON 1965) bzw. an dem durch Anbautechnik bedingten Anteil durch Korrelationsrechnungen (SCHUSTER 1978) zu erfassen. Neuere Literatur zu direkten Vergleichen für selbstbefruchtende Arten ist bei EVANS (1993) zu finden.

Möglichkeiten der Schätzung von Ertragssteigerungen und des Züchtungsfortschrittes

Die durch Witterungseinflüsse verursachten Jahresunterschiede sind in allen Datenmaterialien – Ernteschätzung, Ernteerhebung, Besondere Erntermittlung, Versuchsergebnisse von Landessortenversuchen, Wertprüfungen u. ä. – sehr erheblich. Um diese auszuschalten, benutzen, wie schon erwähnt, die älteren Untersuchungen fünfjährige Mittelwerte. GEBELEN (1951), GEIDEL (1956) und SCHNEIDER (1959) zeigen die Brauchbarkeit von gleitenden Mittelwerten, um die durch Zufälligkeiten (vor allem Witterungseinflüsse der Jahre) bedingten Schwankungen auszugleichen. PENTZ (1960) wendet die Regressionsanalyse für die Errechnung von Leistungssteigerungen der Kulturpflanzen an. Nach SCHNEIDER (1959) sind beide Verfahren Methoden der Zeitreihentheorie und liefern weitgehend übereinstimmende Ausgleichswerte. In Tabelle 2 werden die Unterschiede im Ausgleich der Jahresschwankungen mit verschiedenen Methoden gezeigt.

Die vier Verfahren liefern ähnliche b-Werte (jährliche Ertragszunahme) und Jahresmittelwerte. Auch eine exponentielle Gewichtung brachte keine Verbesserung. Es wurden deshalb in den Untersuchungen von SCHUSTER (1970a, 1970b), SCHUSTER et al. (1977, 1978), SCHUSTER et al. (1982a, 1982b, 1995) die Trendwerte und Lei-

stungssteigerungen mit der von GEIDEL (1970) empfohlenen vereinfachten Regressionsformel für Zeitreihen errechnet. Hierbei wird angenommen, daß ein linearer Trend der Ertragssteigerungen unserer Kulturpflanzen vorliegt. Diese Annahme wurde schon in den älteren Untersuchungen in Frage gestellt und mit dem Hinweis auf das Mitscherlich-Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs (BOGUSLAWSKI 1957) und der allgemeinen biologischen Tatsache, daß „Bäume nicht in den Himmel wachsen“, verneint. Diesbezügliche Untersuchungen (SCHUSTER et al. 1978; SCHUSTER et al. 1982a) wiesen jedoch keine wesentlichen Unterschiede zwischen den linearen Trendberechnungen und den quadratischen oder kubischen auf. Auch REINER (1976) überläßt es dem Leser, ob er einen linearen oder quadratischen Trendverlauf als den „richtigeren“ ansieht. Zwischen den Kulturarten bestehen hierin einige Unterschiede, wie auch Abb. 1 erkennen läßt. In Abb. 1 werden die Jahresmittel, die linearen und quadratischen Regressionslinien dargestellt. Eingerahmt sind die Ertragssteigerungen von 1952–93 in $dt\ ha^{-1}$ und relativ zum Anfangswert = 100, sowie der b-Wert als Maß für die jährliche Ertragszunahme ($dt\ ha^{-1}$) einiger Arten. Bei Winterweizen und Winterraps beschreibt die quadratische Re-

Tab. 2: Winterweizenerträge ($dt\ ha^{-1}$) aus der Besonderen Erntermittlung (BML 1952–86) mit Ausgleich der Jahreseinflüsse über verschiedene Methoden (aus SCHUSTER et al. 1995)

Winter wheat yields ($dt\ ha^{-1}$) from the special harvest survey (BML 1952–86) with adjustment of annual fluctuation by several methods (from SCHUSTER et al. 1995)

Jahr	Ursprungswert	fünf-jähriges Mittel	fünf-jähriges Gleitmittel	Regressionsausgleich	
				linear	quadratisch
1952	27,7		27,1	24,5	27,9
1953	27,7		27,6	25,5	28,3
1954	25,9		28,2	26,5	28,7
1955	29,0		29,0	27,5	29,2
1956	30,5	28,2	29,2	28,5	29,7
1957	32,0		30,8	29,5	30,3
1958	28,5		32,2	30,5	30,8
1959	34,1		31,9	31,5	31,4
1960	35,8		32,6	32,5	32,1
1961	29,1	31,9	34,0	33,5	32,8
1962	35,3		34,4	34,5	33,5
1963	35,6		33,5	35,5	34,3
1964	36,4		34,2	36,5	35,1
1965	30,9		35,5	37,5	35,9
1966	32,9	34,2	36,9	38,5	36,8
1967	41,7		37,8	39,5	37,7
1968	42,8		39,3	40,5	38,6
1969	40,7		42,0	41,5	39,6
1970	38,3		41,9	42,5	40,6
1971	46,8	42,0	42,3	43,5	41,7
1972	40,8		43,8	44,5	42,8
1973	44,8		45,2	45,5	43,9
1974	48,3		44,2	46,5	45,0
1975	45,5		45,2	47,5	46,2
1976	41,9	44,2	46,5	48,5	47,5
1977	45,8		46,9	49,4	48,8
1978	51,3		47,8	50,4	50,1
1979	50,2		49,7	51,4	51,4
1980	49,7		51,8	52,4	52,8
1981	51,5	49,7	52,5	53,4	54,2
1982	56,2		55,1	54,4	55,7
1983	55,1		57,4	55,4	57,2
1984	63,1		60,1	56,4	58,7
1985	61,3		61,1	57,4	60,3
1986	64,0	60,1	63,1	58,4	61,9
Regressionskoeffizient b		1,009	0,989	0,998	b1 = 1,53 b2 = 0,018

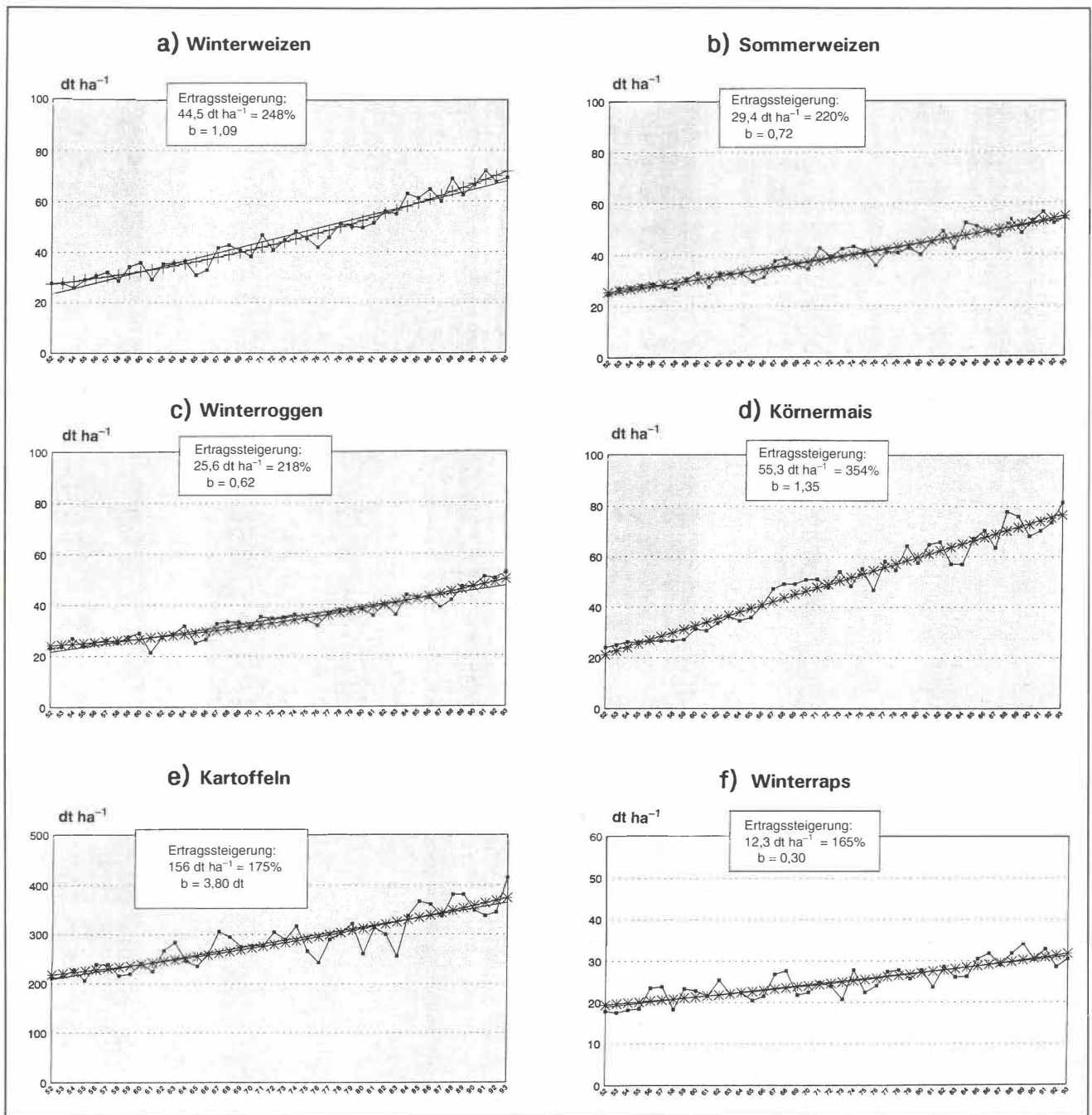


Abb. 1: Trendrechnungen linear (—) und quadratisch (*—*) 1952 bis 1993 mit Daten der Besonderen Ernteermittlung (BML 1952–93)
 Linear (—) and quadratic (*—*) trend calculations 1952 through 1993 based on data of the special harvest survey (BML 1952–93)

Regression den Verlauf der Ertragszunahme etwas besser als der lineare Trend.

REINER (1976) benutzte die Trendrechnungen (linear und nichtlinear) der Daten aus der Besonderen Ernteermittlung der Jahre 1950 bis 1974, um Vorhersagen für die Ertragsentwicklungen 1975 bis 1980 zu machen. In Tabelle 3 werden die Vorhersagen den tatsächlich 1980 erzielten Werten (siehe auch Abb. 1) gegenübergestellt.

Bei fast allen Kulturarten ergibt die lineare Berechnung eine gute Übereinstimmung zwischen geschätzt und gefunden. Lediglich beim Winterweizen lagen die gefundenen Werte zwischen den geschätzten linearen und nichtlinearen Werten. Bei Sommerweizen und Sommergerste sowie bei Kartoffeln und Zuckerrüben bleiben die gefundenen Werte etwas unter den Schätzwerten von REINER (1976) zurück. Die nichtlineare Annahme lieferte bei allen

Arten überhöhte Schätzwerte. FRIEDT (1990) konnte zeigen, daß kurze Zeitabschnitte für die Berechnung von Trendwerten leicht zu unrichtigen Daten für die Vorhersage von zukünftigen Ertragssteigerungen führen.

Aus biologischer Überlegung ist jedoch die Annahme eines völlig linearen Trends der Ertragssteigerung über eine längere Zeit bei allen Kulturarten sehr unwahrscheinlich. Durch einen bevorzugten Anbau von bestimmten Sorten, durch Krankheitseinbrüche, durch Änderungen der Zuchtziele oder der Zuchtmethoden u. ä. können geringere oder höhere Leistungen für längere oder kürzere Zeitabschnitte gegeben sein. Dies ist aus früheren Untersuchungen (siehe SCHUSTER et. al. 1995 und Tabelle 4) deutlich zu erkennen. Es lassen sich aus der geschichtlichen Kenntnis der Pflanzenzüchtung in Deutschland entsprechende Erklärungen hierfür geben. RÖBBELEN (1982)

Tab. 3: Erträge aus dem Jahr 1980 (dt ha^{-1}) berechnet als Y-Werte aus Trendrechnungen von SCHUSTER et al. (1982b) und Schätzungen von REINER (1976); Datenbasis: Besondere Erntermittlung (BML 1952–86)

Yields of 1980 (dt ha^{-1}) calculated as Y-values from trend calculations of SCHUSTER et al. 1982b) and estimates by REINER (1976); data base: special harvest survey (BML 1952–86)

Kulturart	Trendrechnungen		Schätzungen	
	linear	quadratisch	linear	quadratisch
Winterweizen	52,4	52,8	49,5	55,6
Sommerweizen	44,5	44,6	45,7	52,3
Wintergerste	49,2	49,2	48,8	56,2
Sommergerste	37,9	37,9	39,2	42,6
Hafer	40,1	40,2	40,4	45,4
Winterroggen	38,1	38,2	38,1	43,0
Körnermais	59,7	59,6	59,0	63,3
Kartoffeln	308,2	308,1	318,0	330,0
Zuckerrüben	483,8	483,2	492,0	501,0

benutzte den in bestimmten Zeitabschnitten unterschiedlichen Ertragsanstieg beim Mais, um die verschiedenen Zuchtmethoden in ihrer Wirksamkeit aufzuzeigen.

An den jährlichen Ertragsermittlungen und Ernteschätzungen und den errechneten Ertragszunahmen sind die neuen Sorten und die Anbauverbesserungen durch höhere Düngung, intensivere Bodenbearbeitung, Anwendung von Pflanzenschutzmitteln u. a. m. sowie die Wechselwirkung zwischen den Neuzüchtungen mit veränderten Eigenschaften und der verbesserten Anbautechnik (Agrotechnik)

enthalten. Dadurch, daß von den Wertprüfungen und Landessortenversuchen neben den jährlich wechselnden neu angemeldeten und zugelassenen Sorten auch langjährig gleiche Verrechnungs- und Vergleichssorten angebaut werden, erschien es möglich, gesonderte Trendwerte für die Gesamtertragssteigerung (Trend der Versuchsdurchschnitte, Vd, über die Jahre), die durch die Anbautechnik verursachte Ertragszunahme (Trend der gleichbleibenden Verrechnungssorte, VR) und durch die Differenz zwischen diesen beiden Werten den Züchtungsfortschritt bzw. die durch die Neuzüchtungen erzielten Mehrleistungen einschließlich der Wechselwirkungen Sorte \times Agrotechnik zu errechnen. Voraussetzung hierzu ist, daß die Verrechnungssorten langjährig gleich bleiben und auch in ihrem Genotyp sich nicht verändern. Bei allen selbstbefruchtenden und durch Klonung vermehrten Arten sowie Hybrid-sorten darf dies als weitgehend richtig angesehen werden, während bei den fremdbefruchtenden, offen abblühenden Arten und Sorten eine unterschwellige Veränderung durch die Erhaltungszucht nicht auszuschließen ist. Verständlicherweise sind auch die Verrechnungs- und Vergleichssorten des Bundessortenamtes nicht über 35 Jahre die gleichen geblieben. Es mußten deshalb bei allen Kulturarten zeitweise „wahrscheinliche Erträge“ der Verrechnungssorten errechnet werden (siehe auch SCHUSTER et al. 1995). Dies war möglich, da die neu eingesetzten Verrechnungssorten immer über drei und mehr Jahre neben den alten, auslaufenden standen und so über relative Leistungen der alten zu neuer VR auf die wahrscheinlichen Erträge der alten Verrechnungssorten geschlossen werden kann. Eine

Tab. 4: Ertragssteigerungen und Züchtungsfortschritte von 1952 bis 1993, errechnet aus Daten der Wertprüfung (WP) und der Besonderen Erntermittlung (BEE) aus dem gesamten Bundesgebiet und Hessischen Landessortenversuchen (LSV) in verschiedenen Jahresabschnitten (nach SCHUSTER et al. 1982a, 1982b, 1995)

Yield increases and breeding progress between 1952 and 1993 as calculated from data of the yield tests (WP) and the special harvest survey (BEE) for the entire Federal Republic of Germany and from data of the Hessian state cultivar trials (LSV) during different periods (after SCHUSTER et al. 1982a, 1982b, 1995)

Kulturart	Zeitraum	Durchschnittliche Erträge			b-Werte = jährliche Mehrleistung (dt ha^{-1})					Züchtungsfortschritt			
		(dt ha^{-1})			insgesamt			Agrotechnik		Differenz (dt ha^{-1})		relativ	
		BEE	WP	LSV	BEE	WP	LSV	WP	LSV	WP	LSV	WP	LSV
Winterweizen	1952–69	33.2	46.5	44.8	0.79	0.74	0.57	0.58	0.23	0.16	0.34	22	59
	1952–75	35.9	49.6	48.8	0.87	0.92	0.90	0.57	0.50	0.35	0.40	38	44
	1952–86	41.5	56.6	53.7	1.00	1.18	0.95	0.76	0.53	0.42	0.42	36	44
	1952–93	45.6	61.4	57.3	1.09	1.25	0.98	0.74	0.49	0.51	0.49	41	50
	1970–86	50.2	67.3	62.2	1.38	1.69	1.28	1.28	0.87	0.41	0.41	24	32
	1986–93	66.5	84.4	75.6	1.07	1.39	1.27	1.02	0.29	0.37	0.98	27	77
Sommerweizen	1952–69	30.7	40.5	40.6	0.64	0.67	0.60	0.53	0.44	0.14	0.14	21	26
	1952–75	33.2	43.3	44.0	0.75	0.82	0.89	0.56	0.71	0.26	0.18	30	20
	1952–86	36.6	48.6	47.9	0.70	0.93	0.78	0.59	0.43	0.34	0.35	37	45
	1952–93	39.4	52.0		0.72	0.95		0.57		0.38		40	
	1970–86	43.2	57.3	55.0	0.73	1.10	0.74	0.71	0.18	0.39	0.56	35	76
	1986–93	51.8	68.3		0.89	1.73		1.42		0.31		18	
Wintergerste	1952–69	34.5	44.3	41.3	0.69	0.73	0.78	0.47	0.53	0.26	0.25	36	32
	1952–75	37.0	47.7	45.9	0.78	0.93	0.95	0.75	0.72	0.18	0.23	19	24
	1952–86	41.0	54.0	46.9	0.75	1.06	0.89	0.73	0.58	0.33	0.31	31	35
	1952–93	43.9	57.6	53.5	0.79	1.04	0.86	0.61	0.52	0.43	0.34	41	40
	1970–86	36.9	64.2	59.1	0.74	1.00	0.73	0.40	0.29	0.60	0.44	60	60
	1986–93	57.8	74.2	66.6	0.92	1.18	2.58	0.84	2.09	0.34	0.49	29	19
Sommergerste	1952–69	28.6	39.6	37.6	0.54	0.54	0.24	0.22	0.07	0.32	0.17	59	70
	1952–75	30.2	41.6	39.9	0.54	0.59	0.40	0.29	0.17	0.30	0.23	51	58
	1952–86	32.6	45.6	45.6	0.49	0.69	0.55	0.35	0.22	0.34	0.33	49	60
	1952–93	34.5	48.0	44.7	0.51	0.68	0.51	0.33	0.16	0.35	0.35	51	69
	1970–86	36.9	51.9	47.9	0.50	0.81	0.85	0.31	0.32	0.50	0.53	62	62
	1986–93	43.7	59.5	52.6	0.96	0.88	1.89	0.37	1.74	0.51	0.15	58	8

Tab. 4: (Fortsetzung)

Kulturart	Zeitraum	Durchschnittliche Erträge (dt ha ⁻¹)			b-Werte = jährliche Mehrleistung (dt ha ⁻¹)					Züchtungsfortschritt			
					insgesamt			Agrotechnik		Differenz (dt ha ⁻¹)		relativ	
		BEE	WP	LSV	BEE	WP	LSV	WP	LSV	WP	LSV	WP	LSV
Hafer	1952-69	28.2	44.6	40.2	0.61	0.58	0.53	0.31	0.37	0.27	0.16	47	30
	1952-75	30.3	46.3	41.7	0.66	0.58	0.47	0.34	0.30	0.24	0.17	41	36
	1952-86	33.3	49.2	44.8	0.61	0.56	0.57	0.39	0.40	0.17	0.17	30	30
	1952-93	35.1	50.9	46.6	0.57	0.53	0.54	0.39	0.37	0.14	0.17	26	31
	1970-86	38.8	54.8	49.2	0.69	0.66	1.09	0.71	0.98	-0.05	0.11	0	10
	1986-93	43.9	59.1	55.1	0.35	0.41	1.05	0.62	0.63	-0.21	0.42	0	40
Winterroggen	1952-69	27.3	36.4		0.48	0.26		0.27		-0.01		0	
	1952-75	29.1	39.1		0.55	0.62		0.70		-0.08		0	
	1952-86	32.0	44.8		0.55	0.93		0.89		0.04		4	
	1952-93	34.5	49.1		0.63	1.05		0.95		0.20		19	
	1970-86	37.1	53.7		0.59	1.37		1.13		0.24		18	
	1986-93	46.4	70.2		1.84	1.51		1.12		0.39		26	
Körnermais*	1952-69	35.0	53.6	*	1.47	1.75	*	0.82	*	0.93	*	53	*
	1952-75	37.7	58.2	66.8	1.48	1.58	1.26	0.85	0.25	0.73	1.01	46	80
	1952-86	44.8	66.2	72.9	1.36	1.55	1.31	0.83	0.14	0.72	1.17	46	89
	1952-93	49.5	71.9	77.4	1.35	1.56	1.39	0.76	0.29	0.80	1.10	51	79
	1970-86	57.1	79.6	46.2	1.14	1.79	1.54	1.15	0.46	0.64	1.08	36	70
	1986-93	72.6	100.5	95.0	1.15	-1.19	-0.48	-1.03	-0.89	-0.16	0.41	0	100
Winterraps**	1948-58	19.7	21.0		0.68	0.70		0.42		0.28		40	
	1967-81	25.0	29.6		0.11	0.55		0.30		0.25		45	
	1967-86	25.7	31.0		0.27	0.59		0.26		0.33		56	
	1948-93	24.8	28.9		0.30	0.50		0.27		0.23		46	
	1970-86	26.0	31.1		0.41	0.81		0.43		0.38		47	
	1986-93	31.1	38.4		-0.16	0.95		0.94		0.01		1	
Kartoffeln mittelfrüh	1952-69		338	322		5.88	6.95	3.29	3.79	2.59	3.16	44	45
	1952-75		353	357		5.22	5.40	3.96	4.43	1.26	0.97	24	18
	1952-86		382	369		5.44	3.20	5.28	1.77	0.16	1.43	3	45
	1952-93		407	381		6.16	3.23	6.39	1.11	-0.23	2.12	0	66
	1970-86		430	395		6.54	0.38	6.30	-2.51	0.24	2.89	4	>100
	1986-93		529	433		11.94	11.96	14.99	3.55	-3.05	8.41	0	70
Kartoffeln mspspät	1952-69	245	359	349	4.55	3.06	2.63	2.59	2.74	0.47	-0.11	15	0
	1952-75	259	373	363	4.00	3.75	3.30	1.82	1.40	1.93	1.90	37	57
	1952-86	271	397	369	3.36	4.37	3.20	3.37	1.77	1.00	1.43	23	45
	1952-93	287	420	386	3.80	5.36	2.54	3.95	0.63	1.41	1.91	26	75
	1970-86	299	437	403	3.62	5.53	1.45	6.61	-2.55	-1.08	4.00	0	>100
	1986-93	363	531	427	3.04	16.98	9.35	0.54	5.45	16.44	3.90	97	42
Zucker- rüben	1952-69	379	495		7.01	11.65		8.82		2.83		24	
	1952-75	396	549		5.97	7.48		6.36		1.13		15	
	1952-86	424	547		5.46	6.35		4.66		1.69		27	
	1952-93	442	571		5.32	6.66		5.00		1.66		25	
	1970-86	471	598		5.06	5.72		2.97		2.75		48	
	1986-93	529	687		8.92	19.98		17.69		2.29		11	

* bei Körnermais wurden nur ab 1964 LSV durchgeführt

** Wiederbeginn der WP 1967

gewisse Ungenauigkeit in diesen errechneten Werten ist durch die Wechselwirkungen zwischen Sortenreaktion und Jahreseinflüssen gegeben. Auch können plötzlich auftretende Veränderungen im Resistenzverhalten der Vergleichssorte, z. B. Virus-Einbruch bei Kartoffeln, Schiefen ergeben und zu falschen Trendwerten führen.

Das in Tabelle 4 nebeneinandergestellte Datenmaterial unterscheidet sich in einigen Punkten. Die Ausgangswerte der Besonderen Erntermittlung sind, wie schon betont, durch Stichprobenernten und -erhebungen aus dem praktischen Anbau gewonnen. Da in der Praxis nicht nur optimale Anbaubedingungen wie in den Versuchen mit kleinen Teilstücken vorliegen, fallen die Durchschnittswerte der

Besonderen Erntermittlung bei den klassischen Getreidearten um 22-23 % und bei Kartoffeln um 30% niedriger aus als die aus den Wertprüfungen und Landessortenversuchen ermittelten (SCHUSTER et al. 1978).

In Abb. 2 werden die Erträge des Versuchsdurchschnittes und der langjährigen Verrechnungssorte mit den beiden linearen Trendgeraden und b-Werten (jährliche Ertragszunahme) für die gesamte Ertragssteigerung, für den Einfluß der Agrotechnik und für den Züchtungsfortschritt (Differenz) aus den Wertprüfungsdaten dargestellt. In Tabelle 4 wird durch Unterteilung in sechs verschiedene Zeitabschnitte die bei den Kulturarten unterschiedliche Leistungssteigerung durch die verbesserte Anbautechnik

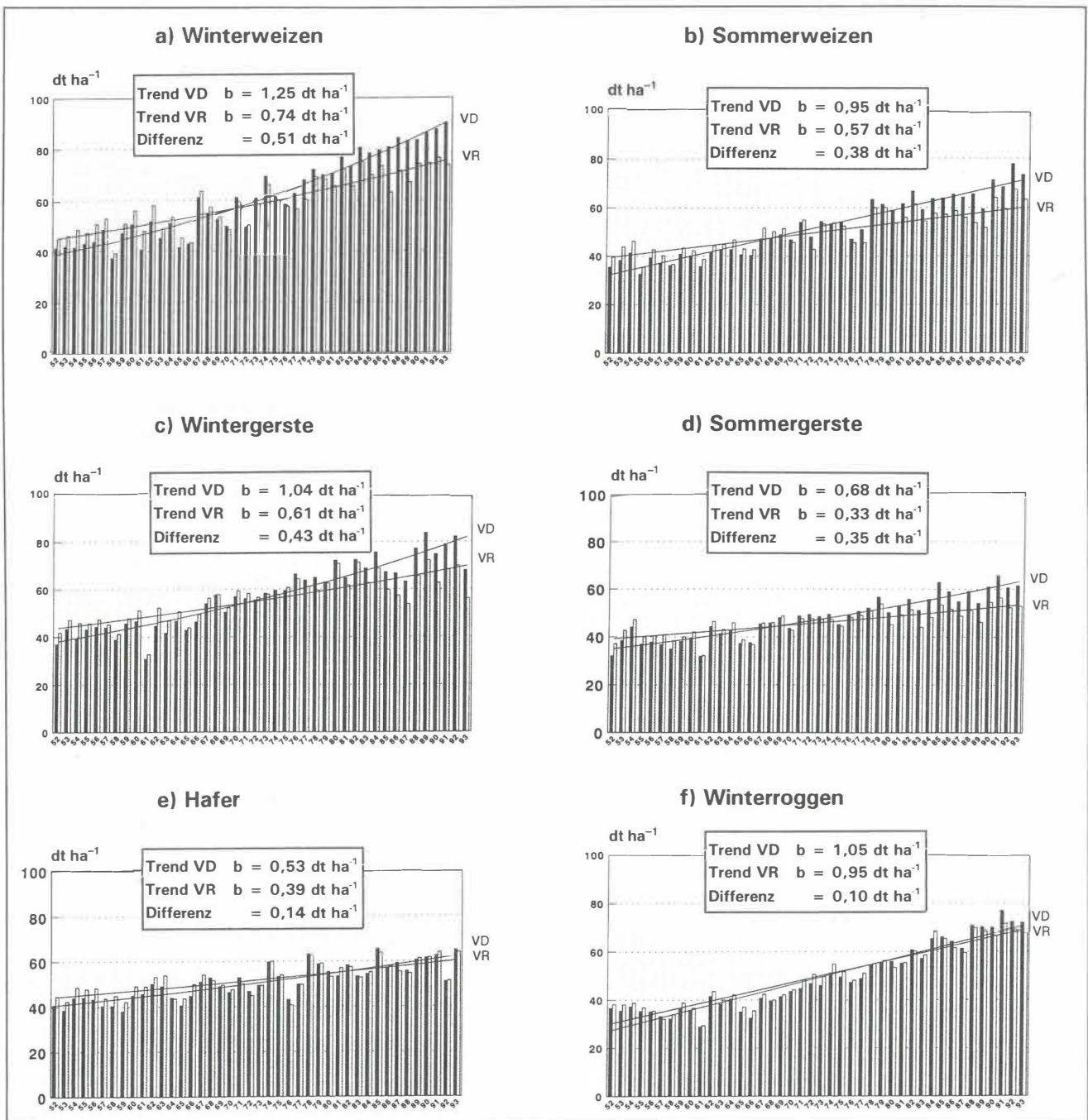


Abb. 2: a-f

und der Züchtungsfortschritt aus verschiedenen Zeitabschnitten, errechnet aus den Daten der Wertprüfung und der Hessischen Landessortenversuche, gezeigt.

Abb. 2 läßt teilweise starke Jahresunterschiede bei allen Arten erkennen. Dabei werden neben den unterschiedlichen Erträgen und Ertragszunahmen bei den verschiedenen Arten interessante Wechselwirkungen zwischen den Jahren und den Arten sichtbar. In einigen Fällen wird auch erkennbar, daß der Trend der Ertragssteigerung mit den Jahren nicht linear verläuft und Zeitabschnitte mit höherem Zuwachs solchen mit geringerem folgen und umgekehrt, wie z. B. beim Winterweizen. Auch ist eine höhere Zuwachsrate vielfach in den letzten Jahren zu erkennen. Es dürfte nicht schwer sein, rückblickend Erklärungen hierfür zu finden, zumal die Trennung des Trendes in agrotechnische Einflüsse und Züchtungsfortschritte, eingeschlossen die Wechselwirkungen zwischen Züchtung und Anbau-

technik, die zur Züchtung gehören, durch die hier angewendete Verrechnung möglich sind.

Tabelle 4 ergänzt und erläutert die Abbildungen und gibt nähere Aufschlüsse. Vielfach sind gute Übereinstimmungen der entsprechenden Werte aus den Daten der Wertprüfungen (WP) und der Landessortenversuche (LSV) gegeben, obwohl das Datenmaterial teilweise recht verschieden ist (vergleiche SCHUSTER 1970a, 1970b, 1978a, 1978b, SCHUSTER et al. 1982a, 1982b, 1995).

Von den alten Getreidearten werden von 1952–93 mit 51% (WP) und 69% (LSV) relativ die größten Züchtungsfortschritte bei der Sommergerste errechnet, wobei die allgemeinen Ertragssteigerungen und vor allem der Einfluß der Agrotechnik gering sind. Absolut beträgt die jährliche Ertragssteigerung durch die Züchtung bei beiden Datenmaterialien nur $0,35 \text{ dt ha}^{-1}$. Diese ist in den einzelnen Zeitabschnitten, vor allem bei den Wertprüfungen

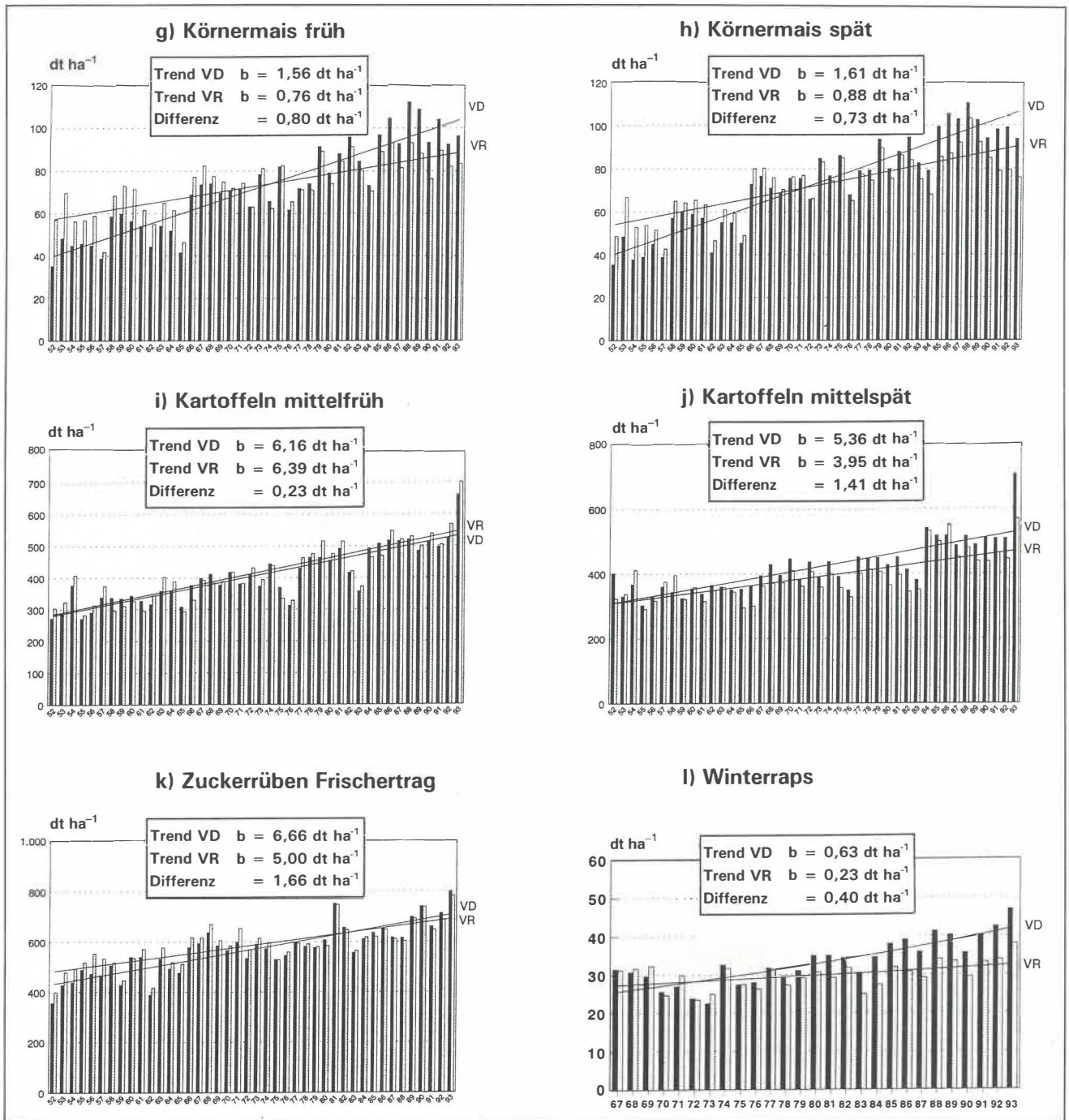


Abb. 2: Erträge und Trendwerte von Versuchsdurchschnitten (VD) und von Verrechnungsorten (VR) aus Wertprüfungen des Bundesgebietes der Jahre 1952–86 (SCHUSTER et al. 1982b, ergänzt)

Yields and trend values of experimental averages (VD) and of standard cultivars (VR) 1952–86 (SCHUSTER et al. 1982b, amended)

von 0,30–0,35 dt ha⁻¹ vergleichsweise gleichbleibend, während sich aus den Daten der Hessischen Landessortenversuche eine zunehmende Tendenz von 0,17–0,35 dt ha⁻¹ ergibt. Der Abschnitt 1970–86 brachte mit 62% und absolut 0,50 (WP) und 0,53 (LSV) dt ha⁻¹ die deutlichsten Züchtungsanteile an der insgesamt hohen Ertragssteigerung von 0,81 bzw. 0,85 dt ha⁻¹. Der Abschnitt 1970–86, mit dem untersucht werden sollte, ob durch die Abnahme der Intensität der Anbautechnik (geringere Dünger- und Pflanzenschutz aufwendungen) eine Veränderung in der Ertragssteigerung und im Züchtungsfortschritt eingetreten ist, bringt bei allen Kulturarten stark wechselnde Aussagen. Es zeigt sich, wie schon von FRIEDT 1990 festgestellt, daß nur wenige Jahre für exakte Trendberechnungen nicht ausreichen (siehe auch

SCHUSTER et al. 1995). Bei Wintergerste, Winter- und Sommerweizen ergeben sich ähnliche Aussagen.

Beim Hafer ist der errechnete Züchtungsfortschritt bei Gesamtertragssteigerungen, die denen der Sommergerste entsprechen, deutlich geringer, besonders im Abschnitt 1970–86.

Der sehr geringe Züchtungsfortschritt beim Winterroggen ist durch die Bevorzugung des Kurzstrohroggens, bei dem Inzuchtdepressionen wirksam sind, zu erklären. Erst mit der Anmeldung von synthetischen Sorten und Hybridsorten in den letzten Jahren stieg die durch Züchtung bedingte Ertragszunahme. Die geringen und sogar negativen Werte für die durch neue Sorten bedingte Leistung können aber auch durch eine Ertragsverbesserung der Vergleichs-sorten „Norma“ durch die Erhaltungszucht bei dem Fremd-

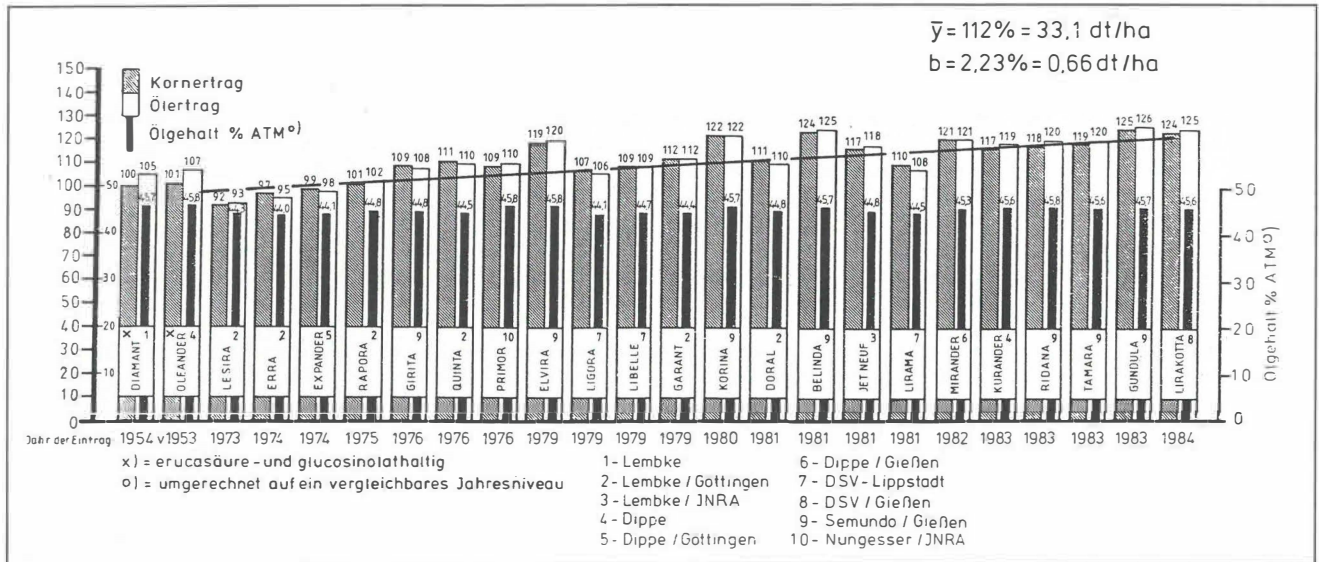


Abb. 3: Sortenentwicklung von Winterraps in der BRD 1973–84. 0-Sorten Rapora und Expander = 100 = 29,5 dt ha⁻¹ Korn und 11,8 dt ha⁻¹ Fett

Development of winter rapeseed cultivars in the Federal Republic of Germany 1973–84. 0-cultivars Rapora and Expander = 100 = 29.5 dt ha⁻¹ grain and 11.8 dt ha⁻¹ fat.

befruchteter Roggen verursacht sein, worauf schon hingewiesen wurde.

Der sehr hohe Ertragszuwachs durch die Züchtung beim Mais ist durch die Einführung der Hybridzüchtung in Europa in den 60er Jahren bedingt. Eine Abnahme des Züchtungsfortschrittes in den letzten Jahren ist jedoch angedeutet.

Bei den späten und mittelfrühen Kartoffeln ist die Übereinstimmung in der Aussage zwischen Wertprüfungen und Landessortenversuchen nicht sonderlich gut, besonders im letzten Zeitabschnitt, in dem aus den Daten der Wertprüfungen bei den mittelfrühen Sorten geringe und den Landessortenversuchen hohe Züchtungsfortschritte errechnet wurden. Hier fallen die Erträge der Verrechnungssorte und es kommt zu einem hohen negativen Trend, wahrscheinlich durch Veränderungen bei den Verrechnungssorten, z. B. im Gesundheitswert des Pflanzgutes. Eindeutig ist die Abnahme des Züchtungsfortschrittes, besonders der mittelfrühen Kartoffel bei gleichzeitig hohen Werten für die Agrotechnik in den Wertprüfungen. Dies ist durch die höhere Berücksichtigung der Qualität als Zuchtziel zu erklären.

Aus den Daten der Zuckerrüben ist die Umstellung auf monogermene Sorten in Züchtung und Anbau in einem deutlich geringeren Züchtungsfortschritt im Zeitabschnitt 1952–75 abzulesen. Die stärkere Ertragszunahme in den letzten Jahren dürfte in erster Linie eine Folge der Hybridzüchtung sein, wobei die Ertragssteigerung durch die Anbautechnik hier geringer ist. Auch bei Raps ist in Tabelle 4 und Abb. 3 ein deutlicher Leistungsabfall und geringer Züchtungsfortschritt durch die Qualitätszüchtung im Zeitabschnitt 1973–79 (erste erucasäurefreie Sorten) zu erkennen.

Soll eine Aussage zum Züchtungsfortschritt einzelner Sorten gemacht werden, so ist eine Darstellung von mehrjährig geprüften Sorten, relativ zu einer Vergleichssorte, geordnet nach dem Jahr der Zulassung, wie in Abb. 3 (SCHUSTER 1987) angebracht. Auch aus solchen Relativwerten kann ein Trend errechnet werden, der eine Aussage über den Erfolg der Züchtung liefert. Der b-Wert (jährliche Ertragszunahme) in Abb. 3 ist etwas höher als in Tabelle 4 für den Abschnitt bis 1984. Dies ist verständlich, da hier nur zugelassene Sorten berücksichtigt wurden, während in

den Daten der Wertprüfung alle angemeldeten Neuzüchtungen mit enthalten sind, die wegen zu geringer Leistung nicht in die Sortenliste eingetragen wurden. Eine weitere Möglichkeit, den Züchtungsfortschritt von einzelnen Sorten zu zeigen, gibt VON KRIES (1983) für Winterraps, indem er die dreijährigen Ertragsleistungen der eingetragenen Sorten aus Wertprüfungsergebnissen in zeitlicher Reihenfolge graphisch darstellt.

Wie die Leistungen der Pflanzenzüchtung in Zukunft aussehen, kann nicht exakt vorausgesagt werden. Unsere Saatgutgesetzgebung fordert in erster Linie Ertragssteigerung, obwohl eine Überproduktion gegeben ist. Es ist jedoch anzunehmen, daß Qualität und Resistenz langsam an Bedeutung gewinnen und dadurch die Ertragsleistungen bei den meisten Kulturarten weniger stark zunehmen als bisher. Auch nimmt die Intensität der Anbautechnik im praktischen Anbau seit einigen Jahren stetig ab, indem weniger Dünger und Pflanzenschutzmittel zur Anwendung kommen. Dies ist jedoch in dem hier vorgelegten Datenmaterial, auch in den Besonderen Erntermittlungen, noch nicht zu erkennen, da vor allem die im Boden vorhandenen Düngermengen noch ausreichen, um hohe Erträge hervorzubringen und die neuen Sorten vielfach bessere Resistenzen gegen Schaderreger besitzen. So haben sich alle Vorhersagen, die einen abnehmenden Ertragszuwachs annehmen, bisher nicht bestätigt (siehe SCHUSTER et al. 1995).

Danksagung

Für die Erstellung des Manuskriptes und der Diskette habe ich Frau Sieglinde Leonhäuser, Rauschholzhausen, sowie für die Anfertigungen der Tabellen und Abbildungen und für die umfangreichen Rechenarbeiten Herrn Karl-Heinz Zschoche, Gießen vielmals zu danken.

Literatur

AUFHAMMER, G., & G. FISCHBECK, 1964: Ergebnisse von Gefäß- und Feldversuchen mit dem Nachbau keimfähiger Gersten- und Haferkörner aus dem Grundstein des 1832 errichteten Nürnberger Stadttheaters. Z. Pflanzenzüchtung 51, 354–373.

- AUSTIN, R. B., J. BINGHAM, R. D. BLACKWELL, L. T. EVANS, M. A. FORD, C. L. MORGAN & M. TAYLOR, 1980: Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci., Camb.* **94**, 675–689.
- BITTERMANN, E., 1956: Die landwirtschaftliche Produktion in Deutschland 1800–1950. *Kühn-Archiv* **70**, 1–149.
- BML 1952–1993: Besondere Ernteermittlung. Bonn.
- BOEKHOLT, K., 1950: Die volkswirtschaftliche Bedeutung der deutschen privaten Pflanzenzüchtung. *DLG-Nachr. Pflanzenzücht.* Vorträge 3–19.
- BOGUSLAWSKI, E. V., 1957: Zur Entwicklung und Problematik des Ertragsgesetzes. *Stat. Vierteljahresschr.* **10**, 48–71.
- BSA, 1952–1986: Ergebnisse aus Wertprüfungen. Bundessortenamt, Hannover.
- EVANS, L. T. 1993: *Crop evolution, adaptation and yield*. Oxford University Press.
- FRIEDT, W., 1990: Trends und Anwendungsfelder der Biotechnologie in der Pflanzenzüchtung der nächsten 10 bis 15 Jahre. In: ALBRECHT: *Die Zukunft der Nutzpflanzen. Gentechnologie Chancen und Risiken.* **24**, 23–40. Campus Verlag, Frankfurt/New York.
- GEBELEN, H., 1943: *Zahl und Wirklichkeit*. Verlag von Quelle u. Meyer, Leipzig.
- GEIDEL, H., 1956: Zur Anwendung von Gleitmittelwertverfahren bei der Auswertung von Feldversuchen. *Z. Acker- und Pflanzenbau* **102**, 183–204.
- GEIDEL, H., 1970: Zur Auswertung von Zeitreihen. Referat im Ausschuß Biometrie und Versuchswesen. *DLG-Tagung*. Wiesbaden.
- HESSISCHES MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, 1949–1986: Jährliche und jeweils dreijährige Veröffentlichungen der Versuchsergebnisse des Landes Hessen. Hess. Landesamt für Landwirtschaft u. Umwelt in Kassel.
- JANSSON, S., 1965: Über die Natur der Bodenfruchtbarkeit erläutert an Resultaten und Erfahrungen im schwedischen Pflanzenbau. *Z. Pflanzenernähr., Düngung und Bodenk.* **101**, 120–139.
- KRIES, A. V., 1983: Entwicklungen in den Wertprüfungen des Bundessortenamtes mit Raps, Rüben und Senf. *Proceedings 6th International Rapeseed Conference, Paris, Mai 1983, Bd. I*, 498–503.
- KÜHLE, L., 1926: Der Stand und die Lage der deutschen Pflanzenzücht. *Mittl. DLG* **41**, 856–865.
- MEYER, K., 1954: Zur Frage der weiteren Erhöhung der deutschen Getreideernten durch Züchtung und Sortenwahl. *Z. Pflanzenzüchtung* **33**, 224–238.
- MÜNTZING, A., 1950: Die ökonomische Bedeutung und theoretische Grundlage der schwedischen Pflanzenzüchtung. *Züchtung* **20**, 1–15.
- OPITZ, K., 1954: Wie steht es mit der weiteren Erhöhung der deutschen Getreideernten durch Züchtung und Sortenwahl. *Z. Pflanzenzüchtung* **33**, 209–215.
- PANSE, K., 1946: Der Anteil der Pflanzenzüchtung an der Ertragssteigerung der Getreidepflanze. *Dissertation Bonn*.
- PENTZ, W., 1960: Die Steigerung der deutschen Getreideerträge. *Agrarwirtschaft* **9**, H. 4.
- REINER, L., 1976: Getreide- und Hackfrüchtereträge 1980, Vorschau auf der Basis von Erfahrungswerten. *Mittl. DLG* **91**, 670–674.
- ROEMER, TH., 1932: Die Steigerung der Ernten durch Düngung und Züchtung. *Berichte über Landw. H. Sonder-Nr.* **50**, 782–793.
- RÖBBELEN, G., 1982: Tradition und Fortschritt in der Pflanzenzüchtung. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* **95**, 547–560.
- SCHIEBE, A., 1961: Die volkswirtschaftlichen Leistungen der deutschen Pflanzenzüchtung in der Vergangenheit und in der Gegenwart. *Landw.-Angew. Wissensch.* **111**, 75–111.
- SCHNEIDER, B., 1959: Methoden der Zeitreihentheorie in der Biometrie. *Biometr. Zeitschr.* **1**, 162–189.
- SCHUSTER, W., 1970a: Die Ertragssteigerungen bei einigen Kulturpflanzen von 1952 bis 1969. *Z. Acker- und Pflanzenbau* **132**, 189–209.
- SCHUSTER, W., 1970b: Vertiefte Auswertung von langjährigen Landessortenversuchen II. Die Ertragssteigerung und die Verbesserung von Sorten in den letzten 20 Jahren. *Landw. Forschung* **23**, 290–314.
- SCHUSTER, W., 1978: Die Ertragssteigerung einiger Kulturpflanzen von 1952 bis 1975 unter Berücksichtigung des Züchtungsfortschrittes und der Stickstoffdüngung. *Bayer, Landw. Jahrbuch* **55**, 557–564.
- SCHUSTER, W., 1987a: Die Entwicklung des Anbaues und der Züchtung von Ölpflanzen in Mitteleuropa. *Fette und Seifen* **89**, 15–25, 47–60.
- SCHUSTER, W., 1987b: Rapszüchtung und Rapsorten für die Zukunft. *Das Raps-Handbuch, Elanco, Bad Homburg* 31–40.
- SCHUSTER, W., W. SCHREINER & G. R. MÜLLER, 1977: Über die Ertragssteigerungen bei einigen Kulturpflanzen in den letzten 24 Jahren in der Bundesrepublik Deutschland. *Z. Acker- und Pflanzenbau* **145**, 119–141.
- SCHUSTER, W., K. GRASS & G. R. MÜLLER, 1978: Vertiefte Auswertung von langjährigen Landessortenversuchen aus Hessen. I. Die Ertragssteigerungen in den Jahren 1952 bis 1975 und der Anteil der neuen Sorten am Leistungsfortschritt. *Landw. Forschung* **31**, 162–180.
- SCHUSTER, W., K. GRASS, H. LEONHÄUSER & K. H. ZSCHOCHE 1982a: Vertiefte Auswertung von langjährigen Landessortenversuchen in Hessen. Die Ertragssteigerungen von 1952 bis 1981 und der Anteil von neuen Sorten am Leistungsfortschritt. *Bayer, Landw. Jahrbuch* **59**, 627–637.
- SCHUSTER, W., W. SCHREINER, H. LEONHÄUSER & K. H. ZSCHOCHE, 1982b: Über die Ertragssteigerung bei einigen Kulturpflanzen in den letzten 30 Jahren in der Bundesrepublik Deutschland. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, **151**, 368–387.
- SCHUSTER, W., K. H. ZSCHOCHE & W. FRIEDT, 1995: Die Entwicklung der Ertragsleistung einiger Kulturpflanzenarten im Lauf der letzten Jahrzehnte. In: *Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I: Festschrift zum 90. Geburtstag von Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Eduard von Boguslawski*. Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen.
- SEIFFERT, M., 1957: Die Bedeutung der Züchtung für die Ertragssteigerung im Kartoffelbau in den letzten fünf Jahrzehnten – ein Beitrag zur Methodik der Ermittlung des züchterischen Fortschritts. *Züchter* **27**, 1–22.

Eingegangen am 13. Februar 1996;
angenommen am 25. Juni 1996

Anschrift des Autors:
Prof. Dr. W. H. Schuster, Dalheimer Grund 5, D-35576 Wetzlar