

Aus dem Lehrstuhl für Grünlandlehre der TU München in Weihenstephan
und der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau,
Freising und München

Die wichtigsten Futterpflanzen in Bayern – langjährige Ertragsentwicklung, Ertragsvergleiche und Abhängigkeit der Erträge von Witterungsfaktoren¹⁾

Von Martin Se i t n e r

Inhaltsverzeichnis

A. Zusammenfassung	131
B. Einleitung und Fragestellung	135
C. Literaturübersicht	136
D. Material und Methoden	141
1. Herkunft und Beschreibung des Ausgangsmaterials	141
2. Eingrenzung des Ausgangsmaterials	141
3. Übertragung von Witterungsdaten auf die Versuchsorte	145
4. Biometrische Methoden	145
E. Ergebnisse	148
1. Einzelne Arten	148
1.1 Silomais	148
1.2 Futterrüben	161
1.3 Rotklee	172
1.4 Luzerne	175
2. Vergleichende Betrachtung zweier bzw. mehrerer Futterpflanzenarten	180
2.1 Vergleich von Silomais und Futterrüben	180
2.2 Vergleich von Rotklee und Luzerne	182
2.3 Vergleich von sommerjährigen Leguminosen und Gräsern	184
2.4 Vergleich von Silomais und Futterrüben mit über- und mehrjährigen so- wie sommerjährigen Leguminosen und Gräsern	185
F. Diskussion	189
G. Literatur	194

A. Zusammenfassung

Ertragshöhe, Ertragsvergleiche, langjährige Ertragsentwicklung und die Abhängigkeit der Erträge von einigen Witterungsmerkmalen bei den wichtigsten Futterpflanzenarten wurden an Landessortenversuchen der Jahre 1950 bis 1974 und an einem Artenvergleichsversuch in Bayern untersucht.

Anhand des vorliegenden Datenmaterials erschien es zweckmäßig, zur Berechnung der Ertragshöhe, des Ertragsvergleiches und der Ertragsabhängigkeit das Land Bayern in die Klimagebiete sommerfeucht (Südbayern und Teile Nordostbayerns) und sommertrocken (übrige Gebiete Nordbayerns) einzuteilen.

¹⁾ Auszug aus der gleichnamigen, vom Fachbereich für Landwirtschaft und Gartenbau der Technischen Universität München—Weihenstephan genehmigten Dissertation.

Mais

Die durchschnittlichen Maiserträge lagen in den sommerfeuchten Gebieten bei 9895 kStE/ha im mittelfrühen bzw. 10 000 kStE/ha im mittelspäten bis späten Sortiment, in den sommertrockenen Gebieten entsprechend bei 8313 bzw. 8530 kStE/ha. Die jährliche Ertragssteigerung wurde im Beobachtungszeitraum von 1956 bis 1974 mit 161 kStE/ha bzw. 2,50 dt TS/ha errechnet. Etwa 30% des Ertragszuwachses konnten auf den Sortenwechsel und damit den Züchtungsfortschritt zurückgeführt werden.

Die Juliniederschläge erwiesen sich als sehr ertragswirksam. Hohe Niederschläge begrenzten im sommerfeuchten Südbayern die Erträge ähnlich stark wie niedrige Niederschläge im sommertrockenen Nordbayern. Die Temperatur beeinflusste die Ertragshöhe besonders während der generativen Phase; bei einer Temperaturerhöhung von 1° C im Bereich von 13—18° C wurde eine Ertragserhöhung von 516 kStE/ha errechnet.

Die Dauer der Auflaufzeit sowie der vegetativen und generativen Wachstumsphase zeigten sich sehr temperaturabhängig; $\pm 1^\circ \text{C}$ in den jeweiligen Schwankungsbereichen waren verbunden mit einer Veränderung der Auflaufzeit von $\pm 2,2$, der vegetativen Phase von $\pm 5,4$ und der generativen Phase von $\pm 2,2$ Tagen. Ein frühzeitiger Aufgang der Saat, besonders jedoch ein frühzeitiges Erscheinen der Rispen ließ stets einen hohen Ertrag erwarten. Mit jedem Tag zwischen der zweiten Julidekade und der ersten Augustdekade, an dem die Rispen später erschienen, nahm der Ertrag bei mittelfrühen Sorten um durchschnittlich 106 und bei mittelspäten bis späten Sorten um durchschnittlich 186 kStE/ha ab. Das Datum 28. 7. stellte eine Ertragsschwelle dar. Wurden die Rispen vor diesem Zeitpunkt geschoben, wurden stets hohe, nach diesem Zeitpunkt meist deutlich niedrigere Erträge geerntet.

Futterrüben

Die durchschnittlichen Rübenkörpererträge erreichten in sommerfeuchten Lagen 133,5 dt TS/ha und in sommertrockenen 126,8 dt TS/ha, mit jeweils ca. 300 dt/ha Rübenblattfrischmasse. Die jährliche Ertragssteigerung wurde mit 2,66 dt TS/ha (1950 bzw. 1956—1974) errechnet. Davon konnten nur knapp 10% auf den Sortenwechsel zurückgeführt werden.

Die Niederschlagsmenge im Juli sowie vom 1. Mai bis 30. September erwiesen sich im Vergleich zu Mais in gleicher Weise, jedoch mit geringerer Ausprägung, ertragsbestimmend. Die Temperatur war nur wenig ertragswirksam.

Die Dauer der Auflaufzeit hing eng von der Saatzeit und damit von der Temperatur während der Auflaufzeit ab; $\pm 1^\circ \text{C}$ im Bereich von 5—14,5° C hatte eine Änderung der Auflaufzeit von $\pm 1,7$ Tagen zur Folge. Der Zeitpunkt des Auflaufens war wichtig für die Ertragshöhe. Ab Anfang April bis Mitte Mai führte jeder Tag, an dem Rüben später aufliefen, zu einer Ertragseinbuße von einer dt TS/ha.

Rotklee

Der durchschnittliche Gesamtertrag betrug 134,9 dt TS/ha. Auf den ersten Schnitt entfielen 40—45, auf den zweiten 35 und auf den dritten Schnitt 20—25% des Gesamtertrages. Die jährliche Ertragssteigerung lag bei 0,90 dt TS/ha (1962—1974). Davon sind 35% auf den Sortenwechsel zurückzuführen.

Die Summe der Niederschläge vom 1. Mai bis 30. September hatte den größten Einfluß auf die Ertragshöhe. Ertragsbegrenzend wirkten in sommertrockenen Standorten Nordbayerns ausschließlich geringe Niederschlagsmengen, in sommerfeuchten Standorten Südbayerns neben hohen Niederschlagsmengen nicht so sehr niedrige Temperaturen, sondern vor allem geringe Sonnenscheindauer. Hohe Gesamterträge konnten nur nach frühzeitigen ersten Schnitten erwartet werden.

Luzerne

Als Gesamtertrag konnten durchschnittlich 126,1 dt TS/ha ermittelt werden. Davon entfielen auf den ersten Schnitt 40—45%, auf den zweiten 35% und auf den dritten 20—25%. Die Ertragssteigerung wurde mit 1,05 dt TS/ha und Jahr errechnet. 20% davon konnten dem Sortenwechsel zugeschrieben werden.

Die Niederschläge erwiesen sich nur auf den sommertrockenen Standorten als ertragsbestimmend. Weitere Witterungsfaktoren zeigten eine geringe Ertragswirksamkeit.

Sommerjährige Leguminosen und Gräser

An Perserklee wurden durchschnittlich 82,7 und an Alexandrinerklee 82,2 dt TS/ha geerntet. Davon entfielen auf den ersten Schnitt bei Perserklee 35 und bei Alexandrinerklee 39%, auf den zweiten Schnitt jeweils 36% und auf den dritten Schnitt entsprechend 29 bzw. 25% des Gesamtertrages. Einjähriges Weidelgras erzielte durchschnittlich 94,6 dt TS/ha, wobei auf den ersten Schnitt 46, auf den zweiten 33 und auf den dritten Schnitt 21% des Gesamtertrages entfielen. Die vorliegenden kurzen Zeitreihen erlauben keine weitere statistische Verrechnung.

Vergleich Mais mit Futterrüben

Futterrüben zeigten sich im Vergleich mit Mais weniger witterungsempfindlich. Bei durchschnittlichem Witterungsverlauf brachten die Rübenkörper allein niedrigere (relativ 89), Rübenkörper und Rübenblatt zusammen jedoch höhere kStE-Erträge (relativ 110) als Mais. In kühlen, feuchten sowie in trockenen Jahren erwiesen sich die Rüben als ertragsicher, hier übertrafen bereits die Rübenkörper den Mais im kStE-Ertrag. Im Rohproteinertrag waren die Rübenkörper dem Mais stets überlegen.

Beide Arten zeigten über einen Zeitraum von 18 Jahren eine etwa gleichgroße Ertragssteigerung, wobei der auf den Sortenwechsel zurückzuführende Anteil bei Mais deutlich höher war als bei Rüben.

Vergleich Rotklee mit Luzerne

Luzerne brachte auf den verglichenen Standorten geringfügig höhere TS-Erträge als Rotklee und zeigte sich in sommertrockenen Lagen weniger niederschlagsabhängig. Die Ertragssteigerung beider Arten war etwa gleich groß, jedoch der auf den Sortenwechsel zurückzuführende Anteil bei Rotklee wesentlich größer als bei Luzerne.

Vergleich Persischer Klee mit Alexandrinerklee

Perserklee lieferte etwa gleich hohe TS-Erträge, aufgrund seines um durchschnittlich 2,5% niedrigeren TS- und 2,0% höheren Rohproteingehaltes jedoch deutlich höhere Grün- und Rohproteinerträge im Vergleich zu Alexandrinerklee. Er zeigte deutlich geringere Ertragsreaktionen auf Witterungseinflüsse.

Vergleich Mais und Futterrüben mit Leguminosen und Gräsern

Über- und mehrjährige Leguminosen und Gräser lieferten im Vergleich zu Mais und Futterrüben nur $\frac{2}{3}$ der kStE, jedoch das Doppelte an Rohprotein. Sommerjährige Leguminosen und Gräser brachten nur die Hälfte der kStE, jedoch bis zu 46% mehr an Rohprotein im Vergleich zu Mais und Rüben. Die jährliche Ertragssteigerung des Mais und der Futterrübe war etwa $\frac{2}{3}$ mal so groß wie die von Rotklee und Luzerne.

Summary

Amount and variation in yield of the most important species of fodder crops as influenced by some seasonal and climatic factors were investigated over the years 1950 to 1974 using crops of the official testing program of the „Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau“.

According to the data obtained it seemed useful for calculations to divide the different locations within the state of Bavaria into those of humid summer season (South Bavaria and parts of North-East-Bavaria) and dry summer season (other parts of North Bavaria) respectively.

Maize

At locations of humid summer season maize yielded an average of 9895 SE/ha with medium early varieties and 10 000 SE/ha with medium late to late varieties, corresponding with 8313 and 8530 SE/ha at locations of dry summer season. The average yield increase from 1956 to 1974 was calculated by 161 SE/ha or 2,5 dt DM (dry matter)/ha per

year. About 30% of it could be referred to the use of new varieties, representing the progress in plant breeding.

Rainfall in July proved to be of much importance on yield. High precipitation limited DM production at a similar extent in areas of humid summer season (South Bavaria) as did low precipitation in areas of dry summer season (North Bavaria). Temperature influenced yield amount specially during the reproductive stage of growth. Increase of temperature of 1° C, within the range of 13 to 18° C, was accompanied by an increase in yield of 516 SE/ha.

Period of emergence as well as vegetative and reproductive stage of growth were shown to be very sensitive to temperature. $\pm 1^\circ$ C correlated with the variance of emergence period by $\pm 2,2$ days, within the vegetative stage of growth by $\pm 5,4$ and within the reproductive stage of growth by $\pm 2,2$ days respectively, each of the variance within a particular range of temperature. Early emergence of the seedlings and more than that early panicle emergence promised high yields. Each day which failed the plants to head, within the second decade of July and the first decade in August, yield decreased with medium early varieties at an average of 106 and with medium late to late varieties at an average of 186 SE/ha. The date of 28. 7. showed up as kind of a threshold line in yield. If the plants headed before that time always high yields were produced, after that mostly significantly lower yields were obtained.

Fodder beet

The average yield of fodder beets was 133,5 dt DM/ha at locations of humid summer season and 126,8 dt DM/ha at locations of dry summer season. In addition to that about 300 dt beet leaves (fresh weight) were harvested at each location. The annual yield increase was calculated by 2,66 dt DM/ha (1950—1974). Only 10% of it could be attributed to the use of new varieties.

Rainfall in July and from May 1st to September 30th, compared with maize, proved to influence the yields in the same way but with a different quantitative effect. Temperature had no effect on yields. Period of emergence closely depended from date of seed and consequently from temperature during emergence; $\pm 1^\circ$ C caused a variance of emergence period by $\pm 1,7$ days within a temperature range from 5 to 14,5° C. Date of emergence was of much importance on yield production as well.

Red clover

The average yield was 134,9 dt DM/ha, first cut yielding 40—45%, second cut 35% and third cut 20—25% of the total amount of yield. The annual increase in yield was 0,9 dt DM/ha (1962—1974). 35% of it are due to the new varieties.

The rainfall from Mai 1st to September 30th showed the maximum influence on DM production. Low precipitation limited exclusively the yield at the dry summer season areas of North Bavaria whereas at the humid summer season areas of South Bavaria both, high precipitation and first of all short duration of sunshine, had dominant influence over low temperature. High yields could be expected after early first cuts.

Lucerne (Alfalfa)

Average yield was calculated by 126,1 dt DM/ha, first cut contributing 40—45%, second cut 35% and third cut 20—25% to the total DM respectively and the annual increase appeared to be 1,05 dt DM/ha. 20% of it could be attributed to the use of new varieties.

Rainfall influenced the DM production only at locations of dry summer season. Other factors had only small effects on DM production.

Annual legumes and grasses

An average of 82,7 and 82,2 DM/ha per year of Persian clover and Egyptian clover was harvested. Persian clover and Egyptian clover contributing to that amount in the first cut 35% and 39%, in the second cut 36% each, in the third cut 29% and 25% respectively. Annual ryegrass yielded an average of 94,6 dt DM/ha with portions of 46%, 33% and 21% in the first, second and third cut.

The short range of years available did not allow more statistical analysis.

Comparison of maize and fodder beet

Fodder beet compared with maize proved to be less sensitive to weather conditions. In a normal situation beets only yielded lower in SE/ha compared with maize (rel. 89), whereas both beets and leaves yielded higher (rel. 110). In years with cool, humid or dry weather conditions, beets were more steady in yield amount, where beets (without leaves) yielded more in SE/ha than maize. As far as crude protein is concerned, beets were always superior to maize.

Both species showed a similar increase in DM production over the whole period of investigation, where the influence of the use of new varieties had more significance with maize than with beets.

Comparison of red clover and lucerne

At the locations tested, lucerne yielded little higher than red clover and showed to be less dependent on rainfall in locations of dry summer season.

Both species had a similar increase in yield. The influence of new varieties, however, seemed more important to red clover varieties.

Comparison of Persian clover and Egyptian clover

The Persian clover was less sensitive to weather conditions and the yield was distinctly higher in fresh weight and crude protein, whereas DM yield equalled that of Egyptian clover.

Comparison of maize and fodder beet with legumes and grasses

Red clover, lucerne and grasses yielded two thirds of SE/ha compared with maize and fodder beets and about the double amount in crude protein. Persian clover, Egyptian clover and annual ryegrass produced only half the SE but 46% more crude protein compared with maize and beets. The annual increase of DM production of maize and beets was about 2½ times more than that of red clover and lucerne.

Eingang des Manuskripts: 22. 9. 77

B. Einleitung und Fragestellung

Mit knapp 500 000 ha Anbaufläche und somit 23% der gesamten Ackerfläche stellt der Feldfutterbau in Bayern einen beachtlichen Produktionsfaktor dar. Die Flächenanteile der einzelnen Arten haben sich in den letzten 25 Jah-

ren stark zugunsten von Mais verschoben. In Tab. 1 sind für diesen Zeitraum die Anbauflächen der wichtigsten Feldfutterarten aufgeführt.

Der Grün- und Gärrmais, künftig Silomais genannt, zeigte besonders ab Mitte der sechziger Jahre eine starke Ausdehnung der Anbaufläche und erzielte 1975 mit 211 000 ha seinen bisherigen Höchststand. Dies war nur möglich, weil zwei Entwicklungen parallel abgelaufen sind: Durch die Züchtung von frühreifenden Hybridsorten konnte ein hohes Ertragsniveau erreicht werden; zugleich ermöglichte die rasche und weitgehend ausgereifte Entwicklung im chemischen und technischen Bereich arbeitskraftsparende Verfahren in Produktion, Konservierung und Fütterung.

Die Anbaufläche der Futterrübe nahm in den letzten zwanzig Jahren ständig ab, obwohl die Futterrübe wegen ihres

Tabelle 1: *Anbauflächen der wichtigsten Feldfutterarten in Bayern 1950/55 bis 1970/75*

Feldfutterart	Anbaufläche in ha (Durchschnitt von sechs Jahren)		
	1950/55	1960/65	1970/75
Grün- und Gärrmais	21 722	34 966	162 338
Futterrüben	132 813	111 249	77 694
Klee, Klee gras	220 423	193 181	137 276
Luzerne	97 102	56 291	38 697
Ackerwiesen, -weiden	19 690	23 296	38 722

(Quelle: Bayer. Stat. Landesamt)

hohen Ertrages und ihrer guten Futtereigenschaften in flächenarmen landwirtschaftlichen Betrieben gern angebaut wird. In der Produktionstechnik konnten zwar große Fortschritte erreicht (genetisch monogermes Saatgut und somit Saat auf Endabstand, chemische Unkrautbekämpfung, Vollernteverfahren) und der Arbeitsaufwand deutlich gesenkt werden. Ihr werden jedoch in vielen Futterbaubetrieben, besonders auch wegen der arbeitsaufwendigen Lagerung und Fütterung, Mais wie auch Klee gras vorgezogen.

Klee, Klee gras, Luzerne und Ackerwiesen verzeichnen insgesamt einen starken, in den letzten Jahren jedoch nur noch geringen Rückgang der Anbaufläche. Der Anteil an der Winterfuttermittellieferung scheint infolge der deutlich niedrigeren Energielieferung gegenüber Silomais und Futterrüben bereits auf das für eine sachgerechte Gestaltung der Winterfütterration unbedingt notwendige Flächenmaß zurückgegangen zu sein. Daneben wird allgemein angenommen, daß der Flächenanteil für die Sommerfüttererzeugung sich zukünftig geringfügig ausdehnen dürfte.

Die Anbauschwerpunkte der Feldfütterarten in Bayern lassen sich folgendermaßen darstellen. Von den zur Sommer- wie Winterfütterung dienenden Leguminosen und deren Gemengen mit Gräsern wird in Süd- und Nordostbayern verstärkt Rotklee und im übrigen Nordbayern verstärkt Luzerne angebaut. Silomais hat seine größten Flächenanteile in Ober- und Niederbayern. Die Grenzen seines Anbaues in kühlen Lagen Nordostbayerns und in trockenen Lagen Nordbayerns treten deutlich zu Tage. Futterrüben werden besonders dort in größerem Umfange angebaut, wo Silomais unsichere Erträge bringt.

Die Feldfütterarten sind untereinander substituierbar — wenn auch nur in begrenztem Umfange. Für die Entschei-

dung zur jeweiligen Futterart ist in den meist viehstarken Futterbaubetrieben die zu erwartende Ertragshöhe und Ertragssicherheit ausschlaggebend. Kann ein Feldfütterbaubetrieb in günstigen und wüchsigen Lagen die Futtermittellieferung nur mit wenigen Arten ausreichend sicherstellen, so ist die Futtermittellieferung in den ungünstigeren Lagen auf viele Füße zu stellen — das umso mehr, je unsicherer die Leistung der Einzelfrucht ist.

Die Kenntnis der absoluten wie der relativen Ertragsleistung, Ertragssicherheit und Ertragsabhängigkeit bei den einzelnen Feldfütterarten ist für die Futterplanung wichtig. Für Mais wurden zu diesen Fragen bereits umfangreiche Untersuchungen angestellt, während für die übrigen, hier zu besprechenden Futterpflanzen so gut wie keine Daten zur Verfügung stehen.

In der vorliegenden Arbeit werden daher die Feldfütterarten Silomais, Futterrüben, Rotklee, Luzerne, Perserklee, Alexandrinerklee und Einjähriges Weidelgras auf ihre absolute wie relative Ertragsleistung unter gegebenen klimatischen Bedingungen an mehreren Standorten untersucht. Darüber hinaus werden an Silomais, Futterrüben, Rotklee und Luzerne die bisherige langjährige Ertragsentwicklung, ihre möglichen Ursachen sowie die Wechselbeziehung zwischen Witterung und Ertrag betrachtet. Soweit vergleichbare Voraussetzungen vorlagen, sollen die einzelnen Futterarten auch miteinander verglichen werden.

C. Literaturübersicht

In der Literatur sind zahlreiche Veröffentlichungen zur langfristigen Ertragsentwicklung, zu ertragswirksamen Faktoren und zum Leistungsvergleich verschiedener landwirtschaftlicher Kulturarten erschienen, die sich jedoch fast ausschließlich mit Verkaufsfrüchten beschäftigen.

Ertragsentwicklung

Zur Ertragsentwicklung bei Getreide sowie der Beschreibung ursächlicher Zusammenhänge liegen zahlreiche Veröffentlichungen besonders aus neuerer Zeit vor (MEYER 1960, PENZ 1960, KUCHS 1969, SCHUSTER 1970, BUNNIES 1971). Als Verrechnungsmethode zur Ermittlung eines linearen Trends wurde in diesen Arbeiten die Regression verwendet. Sie soll die beste Auswertungsmethode zur Erfassung der Leistungssteigerung über die Jahre sein (SCHUSTER 1970, GEIDEL 1970, PENZ 1960).

BAUMANN (1938) fordert zur Feststellung des Ertragstrends wie auch zur Ermittlung des Einflusses von Witterungsfaktoren auf den Ertrag lange Zeitreihen. Sehr lange Zeitreihen (20—50 Jahre) wurden erfaßt von HANAMANN (1901), BAUER (1924), HALLGREEN (1947), RUSSEL (1937) und TAMM (1950). In diesen Arbeiten wurden aber ausschließ-

lich die Kornerträge von Getreide besprochen.

Mit der Entwicklung der Erträge bei Silomais und Futterrüben hat sich nur SCHUSTER (1970) beschäftigt. SCHUSTER konnte anhand von Durchschnittserträgen der amtlichen Wertprüfung im gesamten Bundesgebiet folgenden Ertragszuwachs feststellen (Tab. 2).

Weitere Veröffentlichungen zum Ertragszuwachs von Silomais und Futterrüben sind nicht bekannt. Trendberechnungen an den Erträgen von Rotklee und Luzerne konnten in keinen Arbeiten gefunden werden.

Beziehungen: Ertrag — Witterung

Für die Beschreibung der Abhängigkeit des Pflanzenwachstums und der Ertragshöhe von den Witterungsfaktoren werden bis heute vornehmlich zwei Untersuchungsmethoden angewandt.

Die experimentellen Versuche beschränken sich vorwiegend auf das Gewächshaus und auf Gefäßversuche. Hier sind die Umweltfaktoren genau kontrollierbar und je nach Versuchsanstellung gesteuert. Statistische Methoden befassen sich dagegen mit der Untersuchung von Massenerscheinungen, d. h. mit der Gesamtheit von gleichartigen, aber variablen Faktoren oder auch Fällen. Im Gegensatz zu den experimentellen sind also bei der Anwendung von statistischen Methoden die Witterungsfaktoren nicht gesteuert und vom Versuch unabhängige Größen. Statistische Methoden setzen lange Zeitreihen bzw. eine Vielzahl von Beobachtungen voraus, damit das Zufällige in den Hintergrund gedrängt und das Gesetzmäßige herausgeschält werden kann.

Die Auswahl von Witterungsfaktoren sowie die Wahl von Zeitspannen einzelner Witterungsfaktoren innerhalb der Vegetationsperioden sind die Hauptprobleme einer jeden Ertrags-Witterungs-Statistik. In der Literatur findet man, je nach Umfang des Untersu-

Tabelle 2: *Trendberechnungen an Wertprüfungsergebnissen von Silomais und Futterrüben* (SCHUSTER 1970)

Sortiment bzw. Sorte	Trend	
	abs. dt/ha	rel.
Silomais (mfr. Sortiment: 1957—1969)		
Wechselndes Sortiment	+2,00	100
Vergleichssorte (Goudster)	+0,83	42
Differenz (Ursache Sortenwechsel)	+1,17	58
Silomais (msp. Sortiment: 1952—1969)		
Wechselndes Sortiment	+2,94	100
Vergleichssorte (Gelber Badischer Land)	+2,12	72
Differenz (Ursache Sortenwechsel)	+0,82	28
Futterrüben (1952—1969)		
Wechselndes Sortiment	+2,94	100
Vergleichssorte (Eckdogelb)	+2,84	97
Differenz (Ursache Sortenwechsel)	+0,10	3

mfr. = mittelfrüh, msp. = mittelspät—spät

chungsmaterials und den technischen Möglichkeiten der Verrechnung, von der Erfassung nur weniger Faktoren, wie Niederschlag und Tagesmitteltemperatur, bis hin zu sämtlichen möglichen Klimafaktoren unterschiedlich viele Einflußgrößen berücksichtigt. Witterungsfaktoren wie Sonnenscheindauer, Luftfeuchtigkeit, Globalstrahlung usw. werden von BROUWER (1926) als „Spiegelbild von Regen und Wärme“ aufgefaßt und für nicht so ertragswirksam gehalten; oft wird auch das Gegenteil dessen festgestellt, ohne jedoch Gesetzmäßigkeiten ableiten zu können (BAUMANN 1960, 1962).

Zur Wahl der Länge der Zeitspannen von Witterungsfaktoren und der Enge der Beziehung von Ertrag und Witterungsfaktor gibt es keine sichere Aussage. FISCHER (1925) glaubt, daß durch kurze Zeitspannen die Wechselbeziehungen zwischen Witterung und Ertrag deutlich gemacht werden könnten. Er schlägt Dekadenlängen vor. BROUWER (1926) dagegen teilt die Vegetationsperiode weder nach Monaten noch nach Wochen ein, sondern legt seiner Untersuchung „phänologische“ d. h. der zeitlichen Pflanzenentwicklung angepaßte Zeitspannen zugrunde. BAUMANN (1966) meint, daß jeder Abschnitt der Vegetationsperiode einen mehr oder weniger großen Einfluß auf die Ertragshöhe habe.

Je nach Zielsetzung bei der Bearbeitung dieses Problems wurden mehr oder minder enge Korrelationen zwischen Ertrag und nur einem meteorologischen Parameter errechnet, bis hin zur Aufstellung einer Formel, die den Ertrag noch vor der Ernte voraussagen erlaubt. Entsprechend der Zielsetzung, aber auch bestimmt durch das Arbeitsgebiet des Bearbeiters innerhalb der naturwissenschaftlichen Disziplinen variiert die Methodik, mit der dieser Fragenkomplex angegangen wird.

Zwischen der Anschauung eines reinen Statistikers und eines beschreibenden Naturwissenschaftlers finden sich in-

nerhalb der letzten 50 Jahre alle Zwischenstufen, sei es die Rangordnungsrechnung HOLDFLEISS' (1925, 1929), die reine Korrelationsrechnung BROUWERS (1926) oder die mehr empirische Behandlung des Problems durch BAUMANN (1937, 1938, 1960, 1962).

In dieser Arbeit wird darauf verzichtet, eine vollständige, chronologische Darstellung der Entwicklung der Methodik zu geben, zumal beides in Arbeiten von KREUZ 1961 und PFAU 1964 ausführlich dargestellt worden ist.

Die wichtigsten Ergebnisse der in der Literatur bearbeiteten Futterpflanzen sollen kurz angesprochen werden.

Silomais

Für Ausreife und Ertragshöhe von Silomais wurde zunächst die Temperatur als einziger Klimafaktor zugrunde gelegt. RINTELEN (1961) veröffentlichte 1961 eine Karte, in der die Grenzen für den Silomaisanbau bei 13° C Mitteltemperatur Mai bis September gezogen wurde. Diese Ergebnisse bauten allein auf Beobachtungen in Weihenstephan auf. LIESEGANG und SCHALL (1966) untersuchten an einem umfangreichen Material, welche Witterungsfaktoren neben der Mitteltemperatur den größten Einfluß auf die Ausreife und den Ertrag ausüben. Sie konnten dabei die Sonnenscheindauer und das Sättigungsdefizit der Luft als weitere wesentliche Einflußgrößen herausstellen. Zwischen Mitteltemperatur und der Sonnenscheindauer Mai bis September wurde innerhalb bestimmter Grenzen eine weitgehende Substitutionsmöglichkeit festgestellt, d. h. 200 Stunden Sonnenschein entsprechen rund 1° C Mitteltemperatur. Außerdem kommt der Sonnenscheindauer und dem Sättigungsdefizit in den Monaten August und September eine große Bedeutung zu.

ZSCHEISCHLER (1966) gibt in Abhängigkeit von der Witterung folgende erzielbare Durchschnittserträge für Silomais an:

Tabelle 3: Erzielbare Durchschnittserträge von Silomais in Abhängigkeit von den Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen (ZSCHEISCHLER 1966)

Durchschnitts- Temperatur Mai—September °C	Gegebene Temperatur- und Niederschlags- verhältnisse		Erzielbare Durchschnittserträge an		
	Niederschläge Mai—September mm	davon Juli—August mm	Grünmasse dt/ha	Trockenmasse dt/ha	kStE/ha
14,0	350	130	400—450	90	6000
15,0	350	150	450—500	100	6800
16,0	400	170	450—500	110	7500
17,0	450	190	500—550	115	8000

Im „Handbuch zur Produktionstechnik und Ökonomie des Mais“ (RINTELEN 1971) besprechen die Autoren (RINTELEN und ZSCHEISCHLER) besonders die unterschiedlichen Witterungsansprüche des Maises in den einzelnen Entwicklungsphasen. Darüber hinaus werden für die Orte Weihestephan und Speyer statistisch abgesicherte Ertragsvorausschätzungen aufgeführt. Die Wiedergabe der Witterungsansprüche nach Entwicklungsphasen sowie der Schätzfunktionen an dieser Stelle würde zu weit führen.

Weitere Veröffentlichungen zur Ertrags-Witterungs-Statistik von Silomais aus Gebieten mit vergleichbaren Klimagebieten sind nicht bekannt.

Futterrüben

Von überragender Bedeutung für den Ertrag der Futterrüben ist die Witterung nach dem Reihenschluß der Blätter (BERKNER, 1951). Wassermangel in dieser Zeit (erste Julihälfte) wie auch ab Mitte August verringert den Ertrag. Gleichwohl können zu hohe Niederschläge ebenfalls einen Ertragsrückgang bewirken, jedoch wird die Ursache meist in den damit einhergehenden niedrigen Temperaturen gesehen. Die Ertrags-Witterungs-Beziehungen wurden in Schlesien in Gebieten mit 571 mm langjährigen Jahresniederschlagsmengen an Zuckerrüben wie an Futterrüben aufgestellt (BERKNER, 1951). TAMM (1950) nennt für brandenburgische Verhältnisse folgende Witterungskonstella-

tion als günstig zur Erzielung hoher Rübenenerträge: im März, vor dem Anbau, hohe Niederschläge, Anfang Mai bis Anfang Juli warmes Wetter, dabei Anfang Juni geringe Niederschläge, damit die Jungpflanze zur Sicherung der weiteren Wasserversorgung die Hauptwurzel in tiefere Bodenschichten vortreibt, Mitte Juli bis Mitte August ausgeglichene Niederschlags- und Temperaturverhältnisse und ab Mitte August warme, trockene Witterung. Die örtlichen Bodenverhältnisse mögen hier sicher zur günstigen Wirkung der Niederschläge auf die Ertragshöhe beigetragen haben.

FIALA (1967) konnte im österreichischen Voralpenland feststellen, daß zur Erzielung hoher Trockenmasseerträge neben der Niederschlagsverteilung besonders die Temperaturverteilung wichtig sei. Dabei komme dem Faktor Temperatur weit größere Bedeutung als dem Faktor Niederschlag zu. So zeigte sich in seinen Versuchen, außer auf zwei trockenen Standorten mit 541 und 616 mm Jahresniederschlag, eine negative Wirkung der Niederschläge, besonders zum Zeitpunkt des Tiefenwachstums der Rübe (bis Mitte Juli). Auf schweren Böden trat die ungünstige Wirkung hoher Niederschläge auf Jugendentwicklung und Trockenmasseertrag der Rübe am deutlichsten hervor.

Leguminosen

Für Rotklee und Luzerne sind keine wissenschaftlichen Arbeiten zu dem

hier behandelten Problembereich bekannt.

Leistungsvergleich ausgewählter Futterarten

Versuche zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit von Futterpflanzenarten beschränken sich fast ausschließlich auf Silomais und Futterrüben.

In Tab. 4 sind die Ergebnisse von Leistungsvergleichen mit zwei bzw. drei Futterarten zusammengestellt. Die Autoren haben die Ergebnisse anhand unterschiedlicher Versuchsanordnungen gewonnen:

- randomisierte Versuche, zukünftig „Vergleichsversuch“ genannt;
- Versuche, in denen die zu vergleichenden Arten in Blöcken nebeneinander auf dem gleichen Standort geprüft wurden, im folgenden „Blockversuch“ genannt;
- Versuche, in denen die zu vergleichenden Arten unter gleichen Witterungsbedingungen meist in gleichen Jahren und Versuchsorten, jedoch in der Regel auf

verschiedenen Standorten verglichen wurden, künftig „ökologische Vergleiche“ genannt.

Weitere Veröffentlichungen zum Leistungsvergleich von Futterpflanzen aus neuerer Zeit und aus vergleichbaren Klimagebieten sind nicht bekannt.

Persischer Klee und Alexandrinerklee wurden in zahlreichen Einzelversuchen auf ihre Leistungsfähigkeit hin verglichen. HÜBNER (1971) stellte alle vorhandenen Versuchsergebnisse zusammen. Es zeigt sich dabei eine deutliche Überlegenheit des Persischen Klees gegenüber dem Alexandrinerklee, gemessen an Grünmasse (651 gegenüber 460 dt/ha), Trockenmasse (79 gegenüber 70 dt/ha) und Rohprotein (15 gegenüber 11 dt/ha). Persischer Klee zeigt einen niedrigeren Trockensubstanzgehalt (13,4 gegenüber 15,7%) und Rohfasergehalt (19,3 gegenüber 22,6% in der Trockensubstanz) und einen höheren Rohproteingehalt (21,0% gegenüber 18,9% in der Trockensubstanz) im Vergleich zu Alexandrinerklee.

Tabelle 4: Vergleichbare Erträge einiger Futterpflanzenarten

Autor Versuchsanordnung repräsentatives Gebiet	Anzahl der Ver- gleiche	Vergleichsmaß	Silomais	Erträge Futterrübe (ohne Blatt)	Kleegras (sommer- jährig) ²⁾
SPATZ, 1974					
Vergleichsversuch	12	kStE/ha verd. RP dt/ha ¹⁾	10 493 8,4	— —	6900 13,5
Voralpengebiet	8	kStE/ha verd. RP dt/ha	10 864 7,3	8123 12,9	6971 12,9
ZSCHEISCHLER, 1973					
ökologischer Vergleich Bayern	53	kStE/ha ¹⁾ TS dt/ha	9 011 136,1	8060 136,1	— —
ZSCHEISCHLER, 1961					
ökologischer Vergleich Bayern	16	TS dt/ha	136,2	115,3 136,7 ³⁾	— —
ZÜRN, 1965					
Blockversuch Steinach/Ndb.	8	TS dt/ha	155,4	143,2	—
KLÖCKER, 1973					
Vergleichsversuch Eifel	7	TS dt/ha ¹⁾ RP dt/ha	110,3 11,1	117,6 ³⁾ 16,0 ³⁾	— —

¹⁾ Verd. RP dt/ha: verdauliches Rohprotein in dt/ha
RP dt/ha: Rohprotein in dt/ha
TS dt/ha: Trockensubstanz in dt/ha

²⁾ Einschließlich Haferdeckfrucht.

³⁾ Einschließlich Rübenblatt.

D. Material und Methoden

1. Herkunft und Beschreibung des Ausgangsmaterials

Die Untersuchungen wurden mit Ergebnissen der Futterpflanzen-Landessortenversuche in Bayern sowie an einem Versuch zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit verschiedener Futterpflanzenarten, künftig „Artenvergleich“ genannt, durchgeführt. Ausgewertet wurden sämtliche Landessortenversuche der Standorte, an denen mehr als vier Ernteergebnisse im Versuchszeitraum von 1950 bis einschließlich 1974 vorlagen. Insgesamt sind 28 Versuchsorte aus den Landessortenversuchen und 7 Versuchsorte aus dem Artenvergleichsversuch verrechnet worden. Kurzbeschreibungen der Versuchsorte sind in Tab. 5, 6 und 7 aufgeführt, ihre geographische Lage in Darstellung 1 eingetragen. Die Gesamtzahl der zur Verrechnung herangezogenen Ernten (Jahre + Orte) beträgt für Silomais 174 (für das mittelfrühe wie für das mittelspäte bis späte Sortiment); Futterrüben 190; Rotklee 65; Luzerne 53; Perser- und Alexandrinerklee 21; Einjähriges Weidelgras 17.

Die Maiserträge wurden nach Grünmasse, Trockenmasse, Kilostärkeeinheiten (Methode ROSENSTIEL, ROSENSTIEL 1965) und im begrenzten Umfange nach Rohprotein ermittelt. An den Rüben wurden der Frischmasse- und Trockenmasseertrag, in den Jahren 1973 und 1974 noch zusätzlich der Rohprotein- und Kilostärkeeinheitenertrag (Methode DIJKSTRA, DECHERING 1965) getrennt nach Körper und Blatt bestimmt. Von Leguminosen und Gräsern wurden neben dem Grünmasse- und Trockenmasseertrag ab dem Jahre 1970 der Rohprotein- und ab dem Jahre 1973 auch der Kilostärkeeinheitenertrag (Methode DIJKSTRA, DECHERING 1965) festgestellt.

2. Eingrenzung des Ausgangsmaterials

2.1 Auswahl der Versuchsorte

Für jede Futterart wurden zwei Orte mit sehr langen Zeitreihen ausgewählt und nach allen Fragestellungen hin ausgewertet. Die ausgewählten Versuchsorte sind in Tab. 8 aufgeführt.

Versuchsorte mit Zeitreihen von weniger als sechs Jahren wurden nicht zur Berechnung des Ertragstrendes, sondern nur zur Berechnung der Ertrags-Witterungs-Beziehung und zum Ertragsvergleich herangezogen, jedoch als Einzelorte verrechnet. Lagen weniger als sechs Ernten je Versuchsort vor, so wurden ähnliche Versuchsorte gruppenweise zusammengefaßt und verrechnet. Es entstand so je eine Gruppe in sommerfeuchten und sommertrockenen Lagen. Als sommerfeucht wurden jene Gebiete bzw. Versuchsorte Bayerns bezeichnet, deren langjährige Sommerniederschlagsmengen (1. Mai bis 30. September) deutlich über 400 mm, in der Regel um 460 mm, liegen. Die Jahresniederschlagsmenge überschreitet stets 800 mm. Regional gesehen sind dies der gesamte südbayerische Raum südlich der Donau und Teile des nordostbayerischen Raumes. Der übrige nordbayerische Raum gilt als sommertrocken. Hier beträgt die Sommerniederschlagsmenge im Durchschnitt 320 mm, die Jahresniederschlagsmenge weniger als 700 mm.

2.2 Wahl der Witterungsfaktoren und der Zeiteinheiten

Für die Untersuchung der Ertragswirksamkeit von Witterungsfaktoren wurden folgende Einflußgrößen gewählt:

- a) Niederschlag in mm als Summe und als Durchschnitt pro Tag
- b) Durchschnittliche Tagesmitteltemperatur in °C
- c) Sonnenscheindauer in h als Summe und als Durchschnitt pro Tag
- d) relative Luftfeuchtigkeit 14.00 Uhr
- e) Temperatursumme über 10° C (nur für Silomais)

Tabelle 5: Kurzbeschreibung der Standorte mit Futterpflanzen-Landessortenversuchen in sommerfeuchten Lagen Bayerns

Nr. in Dar- st. 1	Versuchsort	Landkreis	Reg.- Bez.	geprüfte Arten		Höhe über NN	langjährige Klimadaten ²⁾				vorherrschende		
				Art	Prüfungsjahre 19...—19..		Jahr	Nieder- schläge mm	Tages- temp. °C	Vegetationszeit (1.4.—30. 9.) Nieder- schläge mm	Tages- temp. °C	Bodenart	Geologie
1	Weihenstephan	Freising	Obb.	M ¹⁾ R ¹⁾	7 21	56—74 50—74	480	814	7,7	527	13,9	lS—sL	Tertiär
2	Pulling	Freising	Obb.	M	12	56—74	450	814	7,7	527	13,9	hL—sL	Alluvium
3	Osterseeon	Ebersberg	Obb.	L ¹⁾ K ¹⁾	8 7	59—74 60—74	560	937	7,4	613	13,3	lS—sL	Moräne
4	Taufkirchen	Erding	Obb.	K	10	61—71	464	792	7,4	463	13,4	sL—L	Tertiär
5	Altötting	Altötting	Obb.	M	5	70—74	405	818	7,9	525	14,2	sL	Diluvium
6	Puch	Fürstenfeld- bruck	Obb.	M	13	56—70	556	890	8,0	580	14,1	L	Diluvium
7	Landsberg	Landsberg	Obb.	R	10	51—60	611	1021	7,4	670	13,2	sL—Lö	Diluvium
8	Hüll	Pfaffenhofen	Obb.	R	12	50—61	450	825	7,4	496	13,3	sL—L	Tertiär
9	Steinach	Straubing- Bogen	Ndb.	M R	8 8	56—63 56—63	340	826	7,4	492	13,6	L—tL	Diluvium
10	Rotthalmünster	Passau	Ndb.	M R	7 7	68—74 68—74	360	859	8,3	550	14,6	sL—L	Diluvium
11	Reith	Passau	Ndb.	R	16	50—65	360	871	8,3	550	14,6	Lö	Diluvium
12	Kringell	Passau	Ndb.	M R K	13 9 5	57—72 50—67 67—72	460	832	7,8	487	13,7	L	Diluvium
13	Buchhofen	Deggendorf	Ndb.	M	7	61—67	330	735	7,6	456	14,0	Lö	Diluvium
14	Fertingen	Dillingen	Schw.	M R K	6 9 5	69—74 66—74 67—72	460	880	7,9	597	14,0	L	Diluvium

1) M = Silomais, R = Futterrüben, K = Rotklee, L = Luzerne.

2) Soweit vorliegend 30jähriger Durchschnitt 1930—1961, ansonsten andere langjährige Durchschnitte.

Tabelle 6: Kurzbeschreibung der Standorte mit Futterpflanzen-Landessortenversuchen in sommertrockenen Lagen Bayerns

Nr. in Dar- st. 1	Versuchsort	Landkreis	Reg.- Bez.	geprüfte Arten		Höhe über NN	langjährige Klimadaten ²⁾		Vegetationszeit (1.4.—30. 9.)		vorherrschende Bodenart Geologie		
				Art	Prüfungsjahre n 19..—19..		Jahr	Nieder- schläge mm	Tages- temp. °C	Nieder- schläge mm	Tages- temp. °C	Bodenart	Geologie
15	Straßmoos	Neuburg- Schroben- hausen	Obb.	L ¹⁾ K ¹⁾	5 5	58—64 58—64	400	670	7,5	420	13,7	IS	Diluvium
16	Rosenhof	Regensburg	Opf.	M ¹⁾	19	56—74	331	591	8,0	372	14,3	IS	Diluvium
17	Amberg	Amberg- Sulzbach	Opf.	R ¹⁾ K L	12 8 9	62—74 63—74 63—71	380	658	7,6	387	13,9	sL	Jura
18	Bayreuth	Bayreuth	Ofr.	R	18	53—73	375	702	7,8	374	13,6	IS—L	Keuper
19	Langenstadt	Kulmbach	Ofr.	K	9	65—74	350	659	7,8	376	13,6	IS	Keuper
20	Kutzenberg	Lichtenfels	Ofr.	M	16	58—74	250	614	8,1	347	14,1	IS—L	Jura
21	Brandhof	Neustadt- Bad Winds- heim	Mfr.	M	11	56—69	395	596	8,2	351	13,9	sL—L	Sandstein- keuper
22	Triesdorf	Ansbach	Mfr.	M R L	7 19 6	68—74 50—74 63—68	443	679	8,2	405	14,2	IS	Sandstein- keuper
23	Ansbach	Ansbach	Mfr.	K	5	67—71	442	674	8,2	387	14,1	tL	Gipskeuper
24	Gnodstadt	Würzburg	Ufr.	L	10	62—74	297	560	8,6	361	15,0	Lö, L	Diluvium
25	Erbachshof	Würzburg	Ufr.	M	19	56—74	359	667	8,6	359	15,0	Lö	Diluvium
26	Seligenstadt	Würzburg	Ufr.	R	21	50—74	279	583	8,4	361	15,0	Lö	Diluvium
27	Obbach	Schweinfurt	Ufr.	L	11	58—74	288	560	8,5	361	14,2	Lö	Diluvium
28	Grosselfingen	Donau-Ries	Schw.	M R	13 12	57—69 54—65	433	634	8,1	347	14,3	hL, tL Lö	Alluvium Diluvium

1) M = Silomais, R = Futterrüben, K = Rotklee, L = Luzerne.

2) Soweit vorliegend 30jähriger Durchschnitt 1930—1961, ansonsten andere langjährige Durchschnitte.

Tabelle 7: Kurzbeschreibung der Standorte mit Artenvergleichsversuchen

Nr. in Darst. 1	Versuchsort	Landkreis	Reg.-Bez.	Höhe über NN	langjährige Klimadaten ¹⁾				Bodenart	Bodenwertzahl	Geologie
					Jahr		Vegetationszeit (1. 4.—30. 9.)				
					Nieder- schläge mm	Tages- temp. °C	Nieder- schläge mm	Tages- temp. °C			
7	Landsberg	Landsberg	Obb.	611	1021	7,4	670	13,2	Lö	72	Diluvium
A 29	Schmidhausen	Pfaffenhofen	Obb.	438	664	7,5	438	13,7	sL	73	Diluvium
9	Steinach	Straubing	Ndb.	350	826	7,4	492	13,6	L	49	Diluvium
A 30	Steinach	Kulmbach	Ofr.	480	956	6,5	510	12,4	sL	45	Diluvium
A 31	Gerolfingen	Ansbach	Mfr.	460	650	8,3	433	13,2	sL	46	Keuper
A 32	Gelchsheim	Würzburg	Ufr.	303	560	8,6	361	15,0	Lö	80	Diluvium
A 33	Kaufbeuren	Ostallgäu	Schw.	720	1100	7,1	642	12,8	IS	50	Diluvium

¹⁾ Soweit vorliegend 30jähriger Durchschnitt 1930—1961, ansonsten andere langjährige Durchschnitte.



Darst. 1: Geographische Lage der Versuchsorte

Die Zeiteinheiten der Einflußgrößen wurden nach phänologisch-produktionstechnischen und monateweisen Zeitspannen ausgewählt und als Variable in der Regressionsrechnung angeboten.

3. Übertragung von Witterungsdaten auf die Versuchsorte

Den Versuchsorten wurden Regenmeß- und Klimahauptstationen zugeordnet. Kriterium für die Zuordnung waren die Entfernung und die Höhenlage der

Wetterstation. In einigen Fällen mußten Witterungsdaten von zwei nächstliegenden amtlichen Meßstellen herangezogen und interpoliert werden.

4. Biometrische Methoden

4.1 Feststellung des Ertragstrends

Die Ertragsentwicklung wurde mit Hilfe des linearen Trends über die Regression errechnet. Als Ertragsmaß konnte dabei der Sortimentsertrag,

Tabelle 8: Futterpflanzenarten und Versuchsorte mit langen Zeitreihen

Versuchsorte	Reg.- Bez.	Versuchs- zeitraum	Anzahl der ortho- gonalen Jahre
Silomais			
Weihenstephan	Obb.	1956—1974	19
Erbachshof	Ufr.	1956—1974	19
Futterrüben			
Weihenstephan	Obb.	1950—1974	21
Seligenstadt	Ufr.	1950—1974	21
Luzerne			
Obbach	Ufr.	1962—1974	11 ¹⁾
Gnodstadt	Ufr.	1965—1974	9 ¹⁾
Rotklee			
Steinach	Ndb.	1962—1974	11 ¹⁾
Langenstadt	Ofr.	1965—1974	9 ¹⁾

¹⁾ Keine Orthogonalität nach Erntejahren, da sonst zuviel Verlust an Jahren.

d. h. der Durchschnittsertrag aller Sorten je Art, herangezogen werden. Weiterhin wurde versucht, den durch Sortenwechsel verursachten und auf den Züchtungsfortschritt zurückzuführenden Anteil am Ertragszuwachs zu erfassen. Zu diesem Zweck mußte der Ertragstrend der im Sortiment stets mitgeprüften neu eingetragenen Sorten (= Züchtungsfortschritt + produktionstechnischer Fortschritt) ermittelt und von diesem der Ertragstrend einer langjährig im Versuch stehenden Sorte als Vergleichssorte (= nur produktionstechnischer Fortschritt) abgezogen werden. Die Differenz stellt den Ertragszuwachs durch den Sortenwechsel dar und ist dem Züchtungsfortschritt zuzuschreiben. Zur Verrechnung kamen nur Einzelorte mit langen Zeitreihen, um die jährlichen Ertragsschwankungen weitgehend ausschalten zu können. Neben dem Ertragstrend einzelner Orte wurde auch der Ertragszuwachs aller vorliegender Ernten errechnet.

4.2 Erstellung von Ertrags-Witterungs-Beziehungen

Zur Feststellung von Zusammenhängen zwischen den Witterungsfaktoren ei-

nerseits und der Ertragshöhe andererseits wurde die Korrelations-Regressionsmethode verwendet.

Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten zwischen der Ausgangsgröße bzw. -größen (Witterungsfaktoren) und der Zielgröße (Ertragshöhe) diente nur dazu, die jeweils straffsten Zusammenhänge zu ermitteln, um diese mit Hilfe der Regression quantitativ zu erfassen.

Um den starken Trend in den Ertragszahlen (Ertragszuwachs) als Varianzursache auszuschalten, mußte die partielle Korrelations-Regressionsmethode (WEBER, 1972) verwendet werden.

Die partielle Regression gibt den funktionalen Zusammenhang zwischen den Witterungsfaktoren und der Ertragshöhe wieder unter Konstanzhaltung und somit Ausschaltung der Varianzursache, die auf die Ertragssteigerung zurückzuführen ist. Sie wurde mit Hilfe der aufbauenden multiplen Korrelations- und Regressionsmethode (DIXON, 1973) errechnet. Dabei wurde zunächst eine einfache Regression zwischen Ertragshöhe und Jahreszahl, also die Ertragssteigerung ermittelt. Es folgte die Berechnung der partiellen Korrelationskoeffizienten zwischen Witterungsfaktoren und Ertragshöhe unter Konstanzhaltung des Ertragstrendes. Der Witterungsfaktor mit dem größten F-Wert wurde — soweit dieser für $\alpha \leq 0,05$ war — in die Regressionsgleichung mit aufgenommen. Bei der Darstellung des funktionalen Zusammenhanges wurde das Jahr und somit die Ertragssteigerung konstant gehalten und damit der auf die Ertragssteigerung zurückzuführende Varianzanteil ausgeschaltet.

Bei der Aufnahme eines jeden weiteren Witterungsfaktors in die Regression wurde erneut der partielle Korrelations-Koeffizient zwischen dem noch nicht aufgenommenen Witterungsfaktor und der Ertragshöhe berechnet, wobei die bereits aufgenommenen Witterungsfaktoren und das Jahr (Ertrags-

trend) konstant gehalten wurden. Der Witterungsfaktor mit dem jeweils größten F-Wert fand Eingang in die Regression. Die Auswahl wurde abgebrochen, wenn keine Variable mehr vorhanden war, die einen F-Wert für $\alpha \leq 0,05$ oder einen anderen vorgegebenen Wert erreichte. Mit jedem Auswahlschritt nahm die multiple Bestimmtheit zu. Somit ließ sich herausfinden, welche Variablen den größten Beitrag zur Erklärung der Varianz der Zielgröße liefern und somit den größten Informationsgehalt besitzen (REINER, 1971/72). Neben den untransformierten (x) Ausgangsgrößen wurden bei der Verrechnung auch die logarithmische ($\lg x$) und die cubische (x^3) Transformationsstufe angeboten. Eine Aussage zu den Ergebnissen der Korrelations- und Regressionsrechnung wurde nur dann gemacht, wenn für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5% ($\alpha \leq 0,05$) die Hypothese H_0 abgelehnt wurde, sowie in Fällen, wo dies nicht erreicht werden konnte, jedoch die Punkteverteilung in einem Diagramm mit Koordinaten der Ausgangs- und der Zielgröße eine Abhängigkeit erwarten ließ.

Die Prüfung der Korrelationskoeffizienten erfolgte über die Zufallshöchstwerte (r max., WEBER, 1972). Dabei wurde für eine Irrtumswahrscheinlichkeit α bei gegebenen Freiheitsgraden die Hypothese H_0 abgelehnt:

- x $\alpha \leq 5\%$ Hypothese H_0 abgelehnt
 xx $\alpha \leq 1\%$ Hypothese H_0 abgelehnt
 xxx $\alpha \leq 0,1\%$ Hypothese H_0 abgelehnt
 (x = gesichert bzw. signifikant)
 (xx = gut gesichert bzw. hoch signifikant)
 (xxx = sehr gut gesichert bzw. sehr hoch signifikant)

4.3 Vergleichende Betrachtung mehrerer Arten

Die vergleichende Betrachtung zweier oder mehrerer Futterpflanzenarten erfolgte nur insoweit, als vergleichbare Voraussetzungen bestanden.

Die vergleichende Betrachtung wurde nach zwei Verfahren unterschiedlicher Strenge durchgeführt:

- a) direkter Vergleich
 Der Vergleich von Arten erfolgte nur, wenn die zu vergleichenden Arten in einem Vergleichsversuch gestanden oder unter gleichen Anbaubedingungen als Blockversuch geprüft worden sind. Um nicht zuviel Informationen aus den Landessortenversuchen zu verlieren, wurden auch ökologische Vergleiche mehrerer Futterpflanzenarten zusammengestellt.
- b) indirekter Vergleich
 Der Vergleich von Kriterien und Ansprüchen unterschiedlicher Arten erfolgte über errechnete Einflußgrößen, z. B. Witterungsfaktoren usw. Der indirekte Vergleich wurde nur beim Vergleich von ertragswirksamen Faktoren angewandt.

Die statistische Sicherung von Ertragsvergleichen zweier Futterpflanzenarten wurde mit Hilfe des t-Testes in Form des paarweisen Mittelwertvergleiches von Einzelwerten durchgeführt (WEBER, 1972).

Als Vergleichsmaß wurde der kStE-, Rohprotein-, in einigen Vergleichen auch der Trockenmasseertrag verwendet. Soweit keine StE- und Rohproteinangaben aus den Landessortenversuchen vorlagen, wurden die Ergebnisse aus dem Artenvergleichsversuch mit den in Tab. 9 genannten Gehalten herangezogen.

Tabelle 9: Gehalte an StE/kg TS und Rohprotein in % der TS im Artenvergleichsversuch ($n = 42$ Untersuchungen)

Futterart	Gehalte je kg Trockensubstanz	
	StE	Rohprotein (%)
Silomais	— ¹⁾	8,0
Rübenkörper	577	9,3
Rübenblatt	499	17,1
Rotklee 1. Schnitt	514	19,4
2. Schnitt	480	19,0
3./4. Schnitt	430	20,2

¹⁾ StE-Ergebnisse liegen von allen Landessortenversuchen vor.

Für Luzerne wurden die gleichen Energiewerte (StE) wie für Rotklee, jedoch ein um 1,8% höherer Rohproteingehalt angesetzt (*Bayerische Landesanstalt für Tierzucht Grub*, 1972). Die StE-Bestimmungen wurden nach der Methode DIJKSTRA (DECHERING, 1966) durchgeführt. Diese Methode liefert für Leguminosen und Gräser bekanntlich um 10—15% niedrigere StE-Werte je kg Trockensubstanz als andere Untersuchungsmethoden bzw. die DLG-Futtermittelwerttabelle für Wiederkäuer.

E. Ergebnisse

1. Einzelne Arten

1.1 Silomais

1.1.1 Ertrag

Die Versuchsorte im sommerfeuchten Gebiet erbrachten mit Ausnahme des Versuchsortes Puch deutlich höhere

Durchschnittserträge (ca. 9600—12600 kStE/ha, Tab. 10, 12) als die Versuchsorte im sommertrockenen Gebiet (ca. 7600—8900 kStE/ha, Tab. 11, 13). In den günstigen Silomaislagen wie Altötting, Rothalmünster und Fertingen konnten mehrjährige Durchschnittserträge von deutlich über 11000 bis zu 12600 kStE/ha erzielt werden (Tab. 12). Ein Ertragsvergleich des sommerfeuchten Versuchsortes Weihestephan mit dem sommertrockenen Versuchsort Erbachshof (Tab. 10, 11) zeigte für Weihestephan etwa 20% höhere Grün-, 11% höhere Trockenmasse- und 10% höhere kStE-Erträge an, für den Erbachshof jedoch einen um 1,5% bzw. 2,4% höheren TS-Gehalt und einen um jeweils 3,5% höheren Trockenkolbenanteil für das mittelfrühe und für das mittelspät-späte (künftig nur mittelspät genannt) Sortiment sowie geringfügig höhere StE je kg TS.

Das mittelspäte Sortiment konnte etwa

Tabelle 10: Ertrag an Silomais in dt/ha Grünmasse, dt/ha Trockenmasse und kStE/ha im Landessortenversuch des Standortes Weihestephan (1956—1974)

Jahr	Grünmasse		Trockenmasse		kStE		TS-Gehalt der ges. Pflanze		Trockenkolbenanteil		StE je kg TS	
	dt/ha mfr. ¹⁾	dt/ha msp. ¹⁾	dt/ha mfr.	dt/ha msp.	kStE/ha mfr.	kStE/ha msp.	% mfr.	% msp.	mfr.	msp.	mfr.	msp.
1956	614,0	848,5	130,9	140,6	8 715	9 647	21,6	16,6	49,8	29,0	666	615
1957	385,0	466,0	89,9	92,8	5 774	5 576	19,3	18,1	27,8	20,8	612	595
1958	532,0	600,0	148,1	150,8	9 732	9 680	27,9	25,4	46,2	40,2	657	642
1959	615,0	624,0	146,6	151,8	9 382	9 639	23,9	25,9	39,2	36,8	640	634
1960	645,4	698,4	146,3	160,8	9 378	10 050	22,7	23,2	39,5	33,1	641	625
1961	576,5	618,0	163,6	157,1	10 667	10 031	28,4	25,5	44,2	38,5	652	638
1962	594,7	592,0	152,4	126,3	9 677	8 109	25,6	21,4	37,1	39,4	635	641
1963	662,5	712,0	163,2	155,9	10 608	10 024	24,7	21,9	43,4	40,7	650	643
1964	535,8	503,9	144,7	157,3	9 524	10 256	27,1	31,2	46,6	44,3	658	653
1965	531,0	519,0	72,0	68,8	3 938	3 763	13,6	13,3	—	—	—	—
1966	707,0	772,0	152,7	155,1	9 588	9 598	21,6	20,1	34,1	30,0	628	618
1967	526,0	593,0	160,2	150,0	10 780	10 043	30,7	25,4	52,8	51,4	673	670
1968	489,0	569,0	113,7	119,4	7 456	7 620	23,9	20,4	46,6	38,8	660	639
1969	434,0	522,0	140,7	159,9	9 474	10 715	33,6	30,4	53,0	51,6	676	673
1970	584,0	717,0	163,1	190,2	10 796	12 430	27,9	26,2	48,2	45,2	662	655
1971	410,0	438,0	162,3	160,4	11 176	10 968	39,6	35,9	59,4	55,0	690	679
1972	585,0	638,0	167,6	172,0	11 161	11 293	28,7	26,8	50,0	47,7	666	661
1973	571,0	568,0	190,5	184,8	12 764	12 378	33,3	32,6	51,4	51,5	670	670
1974	514,0	495,0	148,1	140,2	9 846	9 475	28,0	28,4	50,0	54,1	666	676
\bar{x}	553,3	604,9	145,1	147,0	9 496	9 542	26,4	24,7	45,5	41,6	656	646
s	83,9	107,5	27,7	29,0	1 522	1 632	8,9	5,7	7,7	9,5	16,4	21,8

¹⁾ mfr. = mittelfrühes Sortiment
msp. = mittelspät-spätes Sortiment

Tabelle 11: Ertrag an Silomais in dt/ha Grünmasse, dt/ha Trockenmasse und kStE/ha im Landessortenversuch des Standortes Erbachshof (1956—1974)

Jahr	Grünmasse dt/ha		Trockenmasse dt/ha		kStE kStE/ha		TS-Gehalt der ges. Pflanze %		Trockenkol- benanteil %		StE je kg TS	
	mfr.	msp.	mfr.	msp.	mfr.	msp.	mfr.	msp.	mfr.	msp.	mfr.	msp.
1956	324,0	508,0	92,3	96,9	6 024	5 759	31,5	19,0	44,6	20,8	653	595
1957	319,0	440,0	75,6	89,4	5 101	5 808	23,5	20,3	34,2	31,1	628	620
1958	505,0	598,0	161,2	162,2	10 712	10 462	32,1	27,2	49,3	48,2	665	662
1959	403,0	369,0	109,9	108,6	6 770	6 864	27,4	29,4	29,3	36,2	615	632
1960	391,0	351,2	114,1	115,6	7 850	7 942	29,4	32,7	58,8	58,4	688	687
1961	607,5	504,3	150,3	132,9	9 852	8 851	24,8	26,7	45,4	49,9	656	666
1962	497,0	478,6	150,9	127,3	10 246	8 242	30,4	26,7	55,0	42,6	679	648
1963	488,1	506,6	131,3	126,2	8 771	8 108	26,9	25,9	50,7	40,4	668	643
1964	294,9	338,4	90,1	101,7	5 847	6 600	30,6	30,0	42,8	42,7	649	649
1965	490,9	592,0	114,5	121,2	7 470	7 550	23,4	20,5	44,2	32,0	652	622
1966	662,0	628,0	151,4	155,7	9 955	10 105	23,0	24,9	46,4	42,9	658	649
1967	444,0	471,0	141,4	156,1	9 630	10 550	32,1	33,3	56,0	54,1	681	676
1968	563,0	514,0	128,6	142,9	8 528	9 408	23,2	27,5	49,2	46,9	664	659
1969	517,0	533,0	127,2	143,2	8 579	9 508	25,3	27,1	53,5	49,3	675	665
1970	617,0	677,0	169,2	184,5	11 256	12 130	27,4	27,1	49,5	47,6	665	661
1971	403,0	439,0	130,3	121,2	8 608	8 071	32,4	27,1	47,7	48,8	661	664
1972	598,0	524,0	143,5	144,6	9 358	9 317	24,0	26,9	44,1	43,6	652	651
1973	543,0	458,0	176,0	159,6	11 778	10 732	32,4	34,9	51,4	52,1	670	671
1974	407,0	429,0	126,5	118,8	8 738	8 110	31,2	27,8	60,2	56,9	691	683
\bar{x}	477,6	492,6	130,8	132,1	8 631	8 638	27,9	27,1	48,0	44,4	662	653
s	102,0	106,7	27,0	25,0	1 840	1 730	6,2	4,1	7,6	9,4	18,7	23,0

gleich hohe kStE-Erträge (keine gesicherten Unterschiede), um 5—10% höhere Grünmasse- und um 1—2% höhere Trockenmasseerträge erbringen als das mittelfrühe Sortiment.

1.1.2 Ertragsentwicklung

1.1.2.1 Ertragsentwicklung der Sortimente

Der jährliche Ertragszuwachs wurde an den Versuchsorten Weihenstephan und Erbachshof untersucht (Darst. 2).

Der Ertragstrend von +160 kStE/ha und Jahr war an beiden Orten etwa gleich (Weihenstephan +155,4, Erbachshof +165,5 kStE/ha und Jahr). Das mittelspäte Sortiment zeigte dabei stets einen geringfügig stärker ansteigenden Ertragstrend als das mittelfrühe Sortiment.

1.1.2.2 Ertragsentwicklung einer langjährig angebauten Sorte sowie des Restsortiments

Die Regressionskoeffizienten der kStE-Erträge einiger langjährig geprüfter

Sorten sowie der jeweiligen Restsortimente sind in Tab. 14 zusammengestellt, ihre graphische Darstellung am Beispiel der Sorte Prior und des jeweiligen mittelfrühen Restsortimentes gibt Darstellung 3 wieder.

Das mittelspäte Sortiment zeigt, wie auch aus Darstellung 2 ersichtlich ist, eine größere Ertragssteigerung über den Beobachtungszeitraum als das mittelfrühe.

Die langjährig geprüften Sorten waren im kStE-Ertrag/ha dem jeweiligen Restsortiment nur in den ersten Prüfungsjahren überlegen. Mit steigender Anzahl an Prüfungsjahren wurden sie dem jeweils die leistungsstärksten Sorten umfassenden Sortiment immer deutlicher unterlegen.

Der dem produktionstechnischen Fortschritt zuschlagbare Anteil an Ertragszuwachs nimmt 60% (Sorte Prior) bis 86% (Sorte Perdux) des gesamten Ertragszuwachses ein. Der restliche Anteil am Ertragszuwachs mit 40 bzw. 14% kann dem Sortenwechsel und somit

Tabelle 12: Ertrag an Silomais in kStE/ha von ausgewählten Standorten der Landessortenversuche (1956—1974)

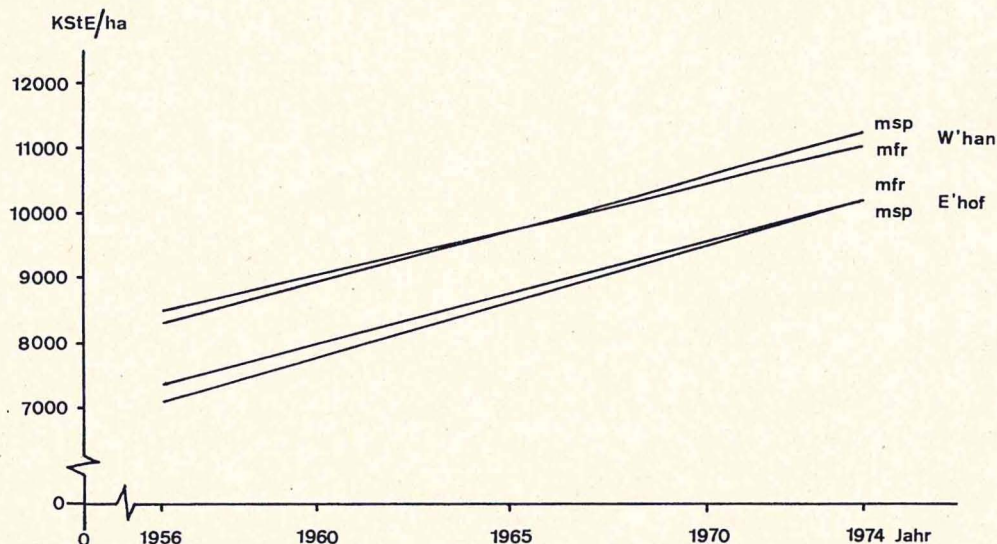
Ver- suchs- jahr	Puch/Obb. kStE/ha		Altötting/Obb. kStE/ha		Kringell/Ndb. kStE/ha		Steinach/Ndb. kStE/ha		Buchhofen/Ndb. kStE/ha		Rotthalmünster/Ndb. kStE/ha		Fertingen/Schw. kStE/ha	
	mfr.	msp.	mfr.	msp.	mfr.	msp.	mfr.	msp.	mfr.	msp.	mfr.	msp.	mfr.	msp.
1956	—	—	—	—	—	—	8 385	8 596	—	—	—	—	—	—
1957	5 356	5 119	—	—	5 766	4 906	7 963	7 880	—	—	—	—	—	—
1958	10 204	10 953	—	—	—	—	10 781	11 320	—	—	—	—	—	—
1959	7 211	7 311	—	—	9 031	9 675	11 757	11 808	—	—	—	—	—	—
1960	8 633	9 037	—	—	6 099	6 268	12 000	11 901	—	—	—	—	—	—
1961	9 112	9 754	—	—	11 238	9 292	9 005	9 135	9 282	9 506	—	—	—	—
1962	8 695	7 817	—	—	—	—	9 855	9 117	10 692	9 958	—	—	—	—
1963	—	—	—	—	10 952	11 075	10 685	10 986	9 806	10 178	—	—	—	—
1964	8 321	8 210	—	—	11 247	10 943	—	—	10 061	9 778	—	—	—	—
1965	5 973	4 841	—	—	—	—	—	—	8 210	9 797	—	—	—	—
1966	7 023	6 295	—	—	9 810	9 105	—	—	11 153	11 876	—	—	—	—
1967	8 359	8 158	—	—	9 234	10 230	—	—	9 324	11 416	—	—	—	—
1968	7 929	8 870	—	—	12 239	14 820	—	—	—	—	12 464	12 632	—	—
1969	7 207	7 582	—	—	9 620	11 772	—	—	—	—	13 816	14 000	10 999	12 762
1970	7 616	8 538	12 050	11 622	10 526	10 444	—	—	—	—	12 239	11 895	12 021	11 577
1971	—	—	10 184	13 139	8 460	9 519	—	—	—	—	13 352	11 896	11 408	11 886
1972	—	—	10 828	11 353	11 209	10 836	—	—	—	—	11 831	11 215	10 845	9 618
1973	—	—	13 085	12 906	—	—	—	—	—	—	13 847	14 392	13 130	13 248
1974	—	—	11 889	11 867	—	—	—	—	—	—	10 775	10 315	9 189	9 150
\bar{x}	7 818	7 883	11 607	12 177	9 649	9 914	10 054	10 093	9 790	10 358	12 621	12 335	11 265	11 373
s	1 299	1 724	1 129	797	1 966	2 429	1 508	1 582	976	912	1 130	1 461	1 314	1 660

— keine Ertragsergebnisse vorliegend

Tabelle 13: Ertrag an Silomais in kStE/ha von ausgewählten Standorten der Landessortenversuche (1956—1974)

Versuchs- jahr	Rosenhof/Opf. kStE/ha		Kutzenberg/Ofr. kStE/ha		Triesdorf/Mfr. kStE/ha		Brandhof/Mfr. kStE/ha		Grosselfingen/Schw. kStE/ha	
	mfr.	msp.	mfr.	msp.	mfr.	msp.	mfr.	msp.	mfr.	msp.
1956	7 371	7 798	—	—	—	—	6 644	6 419	—	—
1957	5 023	5 415	—	—	—	—	6 821	7 391	7 734	6 675
1958	8 483	8 553	9 578	8 555	—	—	7 618	8 119	7 399	8 313
1959	7 716	11 105	7 148	9 451	—	—	—	—	7 924	8 942
1960	7 003	7 098	6 623	7 234	—	—	9 133	9 105	7 879	8 141
1961	9 269	9 466	6 411	6 862	—	—	8 241	8 527	8 778	8 218
1962	5 576	5 308	6 881	7 059	—	—	—	—	7 383	7 005
1963	7 796	7 091	6 638	6 980	—	—	11 001	11 580	11 729	10 670
1964	5 650	6 802	—	—	—	—	—	—	8 513	8 363
1965	7 198	7 106	8 098	8 239	—	—	5 698	7 657	7 735	6 990
1966	7 307	8 373	10 368	10 481	—	—	8 028	7 900	9 460	9 750
1967	6 158	6 070	6 310	6 570	—	—	4 505	6 341	8 521	9 357
1968	6 227	8 701	8 057	9 161	10 300	10 628	10 051	10 781	8 941	10 359
1969	7 179	5 828	10 281	10 232	7 208	7 000	7 385	7 123	10 349	12 419
1970	8 936	9 800	9 242	9 016	10 311	9 925	—	—	—	—
1971	8 704	8 549	7 014	7 635	5 056	5 274	—	—	—	—
1972	10 739	10 063	11 447	10 120	8 542	8 115	—	—	—	—
1973	12 317	10 892	12 833	13 217	10 710	10 368	—	—	—	—
1974	8 839	9 781	8 023	8 305	10 528	10 747	—	—	—	—
\bar{x}	7 763	8 095	8 434	8 695	8 951	8 865	7 739	8 268	8 642	8 862
s	1 811	1 789	1 986	1 752	2 145	2 120	1 872	1 667	1 262	1 643

— keine Ertragsergebnisse vorliegend



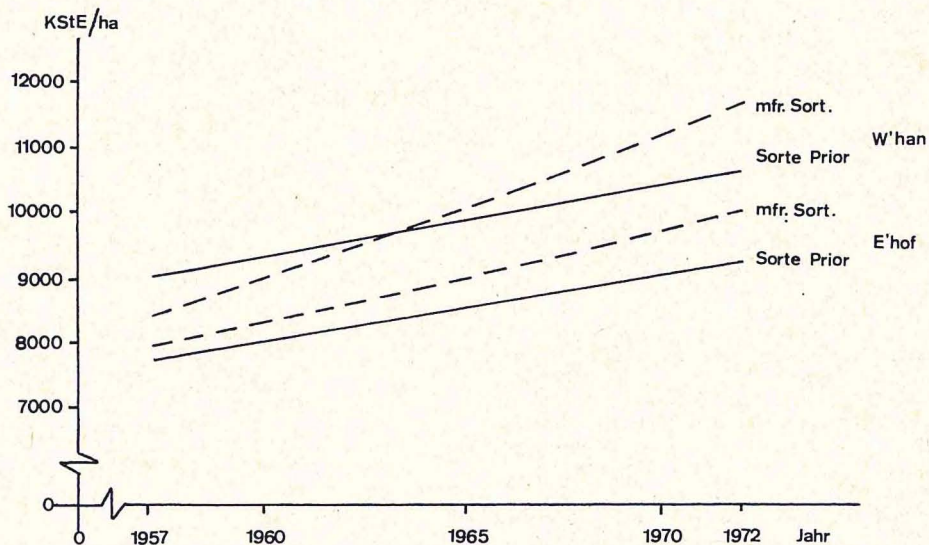
Darst. 2: Entwicklung der Erträge in kStE/ha des mittelfrühen (mfr) und des mittelspäten (msp) Sortiments von Silomais an den Versuchsorten Weihenstephan (W'han) und Erbachshof (E'hof) in den Jahren 1956—1974, 1965 nicht erfasst.

Weihenstephan:

mfr: $b = +146 x$, $r = +0,55^*$
msp: $b = +165 x$, $r = +0,55^*$

Erbachshof:

mfr: $b = +161 x$, $r = +0,53^*$
msp: $b = +169 x$, $r = +0,51^*$



Darst. 3: Ertragsentwicklung der mittelfrühen Maissorten Prior sowie des mittelfrühen (mfr) Restsortiments in den Versuchsorten Weihenstephan (W'han) und Erbachshof (E'hof) in den Jahren 1957—1972, 1965 nicht erfaßt.

dem Züchtungsfortschritt zugerechnet werden.

Der geringe Ertragsanstieg der Sorte Prior über den Vergleichszeitraum und der daraus errechnete große Ertragszuwachs, verursacht durch den Zuchtfortschritt, konnte an weiteren, hier nicht aufgeführten Versuchsorten bestätigt werden. Nicht zu erfassen war der züchterische Eingriff in die Sorte während des Versuchszeitraumes. Die Hybrideltern der Sorte Prior wurden während der in unserer Zeitreihe fehlenden Jahre 1967, 1968 und 1969 miteinander vertauscht, mit dem Ziel, eine bessere Standfestigkeit zu erreichen. Die Ertragsleistungsfähigkeit dürfte durch den Eingriff nicht beeinflusst worden sein (mündl. Mitteilung J. ZSCHERSCHLER). In den Jahren vor 1967 konnte jedenfalls in den Versuchen keine Ertragsbeeinträchtigung durch mangelnde Standfestigkeit festgestellt werden. Der lineare Trend über die Regression, ohne Verrechnung der nach dem züchterischen Eingriff geprüften Jahre 1970/71/72, zeigt einen ähnlichen Verlauf.

1.1.3 Witterung und phänologisch-produktionstechnische Zeitpunkte und Zeitspannen

Die phänologisch-produktionstechnischen Zeitpunkte umfassen den Zeitpunkt des Vegetationsbeginns, der Saat, des Aufganges, des Rispschiebens, der Ernte sowie des ersten, zweiten und dritten Schnittes. Phänologisch-produktionstechnische Zeitspannen sind jene Zeiträume, welche auf phänologisch-produktionstechnische Zeitpunkte bezogen sind.

1.1.3.1 Beziehungen zwischen phänologisch-produktionstechnischen Zeitpunkten und Zeitspannen

Zwischen dem Tag der Saat und dem Tag des Auflaufens, künftig Auflaufzeit genannt, konnten nur in Weihenstephan gesicherte Zusammenhänge gefunden werden. Am Erbachshof zeigte die Auflaufzeit eine wesentlich größere Streuung ($23,2 \pm 9,8$ Tage) als in Weihenstephan ($19,2 \pm 4,8$ Tage).

Zwischen dem Tag des Auflaufens und dem Tag des Rispschiebens, künftig auch vegetative Phase genannt, sowie

Tabelle 14: *Regressionskoeffizienten von langjährig angebauten Sorten und der jeweiligen Restsortimente der Versuchsorte Weihenstephan und Erbachshof*

Restsortiment bzw. langjährig angebaute Sorte	Regressionskoeffizient			Durchschnitt relativ
	Versuchsorte Weihenstephan kStE/ha	Erbachshof kStE/ha	Durchschnitt kStE/ha	
mfr. Restsortiment (1957—1973)	+215,6	+143,1	+179,4	100
Sorte Prior	+112,8	+100,9	+106,9	60
Differenz	+102,8	+42,2	+72,5	40
msp. Restsortiment (1956—1966)	+240,3	+229,3	+234,8	100
Sorte GBL ¹⁾	+143,0	+222,3	+182,7	78
Differenz	+97,3	+6,9	+52,1	22
msp. Restsortiment (1964—1973)	+305,9	+218,8	+262,4	100
Sorte Perdux	+269,2	+183,2	+226,2	86
Differenz	+35,7	+35,6	+36,2	14

¹⁾ GBL = Gelber Badischer Land

dem Tag des Rispenchiebens und dem Erntetag, künftig generative Phase genannt, konnten an beiden Orten gesicherte (positive) Korrelationen festgestellt werden.

Zwischen dem Saattag und dem Erntetag wurden nicht gesicherte, jedoch zwischen dem Tag des Auflaufens und dem Erntetag gesicherte (positive) Korrelationen gefunden.

Vergleich von Zeitpunkten und Zeitspannen

Der Saattag korreliert signifikant mit der Dauer der Auflaufzeit nur am Versuchsort Erbachshof. Beide Sortimente benötigten etwa dieselbe Auflaufzeit. Sie betrug bei der Saat am 15. 4. durchschnittlich 30 und bei der Saat am 10. 5. nur noch 14 Tage. Mit jedem Tag, an dem die Saat nach dem 15. 4. bis zum 10. 5. erfolgte, wurde die Auflaufzeit um 0,67 Tage verkürzt.

Statistisch gesicherte Abhängigkeiten zwischen dem Tag des Auflaufens und der Dauer der vegetativen Wachstumsphase bestehen nur in Weihenstephan. Die lineare Beziehung über die Regression (mfr.: $y = 216,7 - 1,09 x$; msp.: $y = 148,4 - 0,58 x$) zeigt für das mittelfrühe Sortiment eine stärkere Verkür-

zung der vegetativen Wachstumsphase besonders bei später Auflaufzeit als für das mittelspäte Sortiment. Das mittelspäte Sortiment benötigt ohnehin um durchschnittlich 4,2 Tage mehr für die vegetative Wachstumsphase als das mittelfrühe Sortiment.

Läuft der Mais bereits am 11. 5. auf, so werden etwa 74 Tage bis zum Rispenchieben benötigt. Nach diesem Termin führt eine Auflaufverzögerung um einen Tag zu einer Verkürzung der vegetativen Wachstumsphase des mittelfrühen um 1,1 und des mittelspäten Sortiments um 0,6 Tage. So benötigen die mittelfrühen Sorten bei Aufgang am 30. 5. nur noch 53 und die mittelspäten Sorten etwa 60 Tage bis zum Rispenchieben.

1.1.3.2 Witterung und phänologisch-produktionstechnische Zeitpunkte und Zeitspannen

1.1.3.2.1 Witterung und Saattermin

Erwartungsgemäß beeinflussen Niederschläge vor der Saat den Saattermin am nachhaltigsten. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge vom Vegetationsbeginn bis zur Saat ist in Weihenstephan ($51,4 \pm 38,4$ mm) und am Erbachshof ($52,4 \pm 38,2$ mm) annähernd gleich

groß, zeigt jedoch eine sehr große Streuung.

In Weihenstephan konnte bei weniger als 30 mm Niederschlägen stets vor dem 25. 4. gesät werden. In den meisten Fällen wurde zwischen dem 1. und 11. 5. gesät. Bei Ansaaten im Mai scheinen die Niederschläge weniger saatzeitbestimmend zu sein als bei Ansaaten im April. Am Standort Erbachshof wurde in insgesamt 12 Jahren zwischen dem 15. 4. und 25. 4. gesät, bei Niederschlagsmengen zwischen 5 und 70 mm. Dabei ist keine deutliche Differenzierung in Abhängigkeit von der Niederschlagshöhe zu erkennen. Erst bei Niederschlägen von über 70 mm zeigte sich eine sehr deutliche Verspätung der Ansaat.

1.1.3.2.2 Witterung und Länge der Auflaufzeit

Am Standort Weihenstephan besteht eine hoch signifikante Abhängigkeit der Länge der Auflaufzeit von der Temperatur während der Auflaufzeit.

Wurden bei einem durchschnittlichen Tagesmittel von 7° C etwa 29 Tage Auflaufzeit benötigt, so verkürzte sich dieser Zeitraum bei 15° C auf etwa 12 Tage. Im Temperaturbereich von 7,0 bis 15,0° C wurde mit jedem °C über 7,0 die Auflaufzeit um 2,2 Tage verkürzt (lineare Abhängigkeit). Das mittelfrühe wie das mittelspäte Sortiment zeigt etwa das gleiche Verhalten.

1.1.3.2.3 Witterung und Dauer der vegetativen Wachstumsphase

Hoch signifikante Beziehungen bestehen zwischen der Witterung vom Aufgangstag bis zum Tag des Rispschiebens und der Anzahl der dafür erforderlichen Tage in Weihenstephan mit dem Witterungsfaktor Tagesmitteltemperatur und am Erbachshof mit den Witterungsfaktoren Niederschlagssumme, Tagesmitteltemperatur und Wärmesumme über 10° C.

In Weihenstephan war die vegetative Wachstumsphase bei mittelfrühen Sorten um durchschnittlich 5,4 und bei mit-

telspäten Sorten um durchschnittlich 7,0 Tage kürzer als am Erbachshof. Dies überrascht, da am Erbachshof vom Auflaufen bis zum Rispschieben um durchschnittlich 1,3° C höhere Tagesmitteltemperaturen herrschten als in Weihenstephan (15,3° C bzw. 16,6° C), in beiden Fällen negative Korrelationen vorlagen und Interkorrelationen mit Niederschlägen unbedeutend waren. Erwartungsgemäß müßte das vegetative Wachstum am Erbachshof aufgrund der höheren Temperatur kürzer sein als in Weihenstephan. Daß der Zeitraum dennoch in Weihenstephan kürzer war, dürfte seine Ursache in der aufgrund der Höhenlage intensiveren Sonneneinstrahlung haben sowie in dem besonders im Mai oft auftretenden sehr wachstumsfördernden Föhn. Ein rasches vegetatives wie generatives Wachstum durch intensivere Sonneneinstrahlung in höheren Lagen wurde besonders bei Gramineen beobachtet (LANGER, 1972).

Die mittelspäten Sorten schoben die Rispen bei niedrigen Tagesmitteltemperaturen um 5—7 und bei hohen Tagesmitteltemperaturen um nur 3—4 Tage später als die mittelfrühen Sorten. Bei einem durchschnittlichen Tagesmittel von 14° C wurden die Rispen 69 (mfr.) bzw. 74 (msp.) Tage nach dem Auflaufen geschoben, bei 18° C entsprechend bereits nach 49 bzw. 52 Tagen.

Im Temperaturbereich von 14,0 bis 18,0° C wurde mit jedem °C über 14,0 die vegetative Phase bei Silomais in Weihenstephan um 5,6 (mfr) bzw. 5,1 (msp) Tage und am Erbachshof um 5,1 bzw. 4,6 Tage verkürzt (lineare Abhängigkeit).

1.1.3.2.4 Witterung und Dauer der generativen Phase

Die Dauer der generativen Entwicklung hängt in Weihenstephan signifikant von den Niederschlägen und der Temperatur ab, am Erbachshof hoch signifikant von den Niederschlägen, der

Temperatur und der Luftfeuchtigkeit. Beide Orte zeigen eine deutliche Verkürzung der Zeitspanne vom Rispen-schieben bis zur Ernte durch hohe Tagesmitteltemperaturen. In Weihenstephan betrug die Zeitspanne bei niedrigen Tagesmitteltemperaturen ($12,5^{\circ}\text{C}$) 63 Tage für die mittelfrühen und 68 Tage für die mittelspäten Sorten; bei hohen Temperaturen ($17,5^{\circ}\text{C}$) entsprechend nur 54 und 55 Tage. Jedes $^{\circ}\text{C}$ über $12,5^{\circ}\text{C}$ verkürzte den generativen Entwicklungsabschnitt um 1,7 bis 2,7 Tage. Am Erbachshof mit allgemein längerer generativer Entwicklungszeit und höheren Tagesmitteltemperaturen wurden bei niedrigen Temperaturen ($12,5^{\circ}\text{C}$) 73 Tage für die mittelfrühen und 74 Tage für die mittelspäten Sorten vom Rispen-schieben bis zur Ernte benötigt und bei sehr hohen Temperaturen ($18,5^{\circ}\text{C}$) entsprechend nur 55 bzw. 53 Tage. Jedes $^{\circ}\text{C}$ über $12,5^{\circ}\text{C}$ verkürzte somit die generative Entwicklung um 3,4 bzw. 3,0 Tage. Die lange generative Phase und die höheren Temperaturen am Erbachshof führten auch zu einem hohen TS-Gehalt in der Gesamtpflanze (Tab. 10, 11). Mit 27,9% in den mittelfrühen bzw. 27,1% in den mittelspäten Sorten zeigte der Erbachshof um 1,5 bzw. 2,4% höhere TS-Gehalte in der Gesamtpflanze als Weihenstephan (26,4 bzw. 24,7%).

In Weihenstephan erschienen die Rispen (mfr. Sorten 23. 7., msp. Sorten 26. 7.) um durchschnittlich 4–5 Tage früher als am Erbachshof (27. 7. bzw. 31. 7.). Geerntet wurde ebenfalls früher; die mittelfrühen Sorten um 2 und die mittelspäten Sorten um 7 Tage. Die generative Entwicklungszeit war für die mittelspäten Sorten in Weihenstephan um 2,0 Tage kürzer als für die mittelfrühen, am Erbachshof jedoch um 2,5 Tage länger.

Die Ernte der mittelfrühen Sorten erfolgte stets zum Zeitpunkt der Teig-reife. Die mittelspäten Sorten wurden in mehreren Fällen zum gleichen Zeitpunkt und damit zu früh geerntet. Des-

halb darf dem Erntezeitpunkt und allen daraus errechneten Größen von mittelfrühen Sorten nicht das nämliche Gewicht beigemessen werden wie von mittelfrühen.

Die Tagesmitteltemperatur während der generativen Entwicklung lag in Weihenstephan mit durchschnittlich $15,4^{\circ}\text{C}$ für das mittelfrühe und $15,1^{\circ}\text{C}$ für das mittelspäte Sortiment um 1,1 bzw. $0,9^{\circ}\text{C}$ niedriger als am Erbachshof mit $16,5^{\circ}\text{C}$ für das mittelfrühe und $16,0^{\circ}\text{C}$ für das mittelspäte Sortiment.

1.1.4 Ertrag und phänologisch-produktionstechnische Zeitpunkte bzw. Zeitspannen

Die Ertragsbeeinflussung durch phänologisch-produktionstechnische Daten wurde an den Standorten Weihenstephan und Erbachshof untersucht. Gesicherte Abhängigkeiten konnten nur in Weihenstephan gefunden werden. War der Mais noch vor dem 11. 5. aufgelaufen, so konnte mit ca. 11 000 kStE/ha gerechnet werden, beim Aufgang am 4. 6. dagegen nur mit ca. 8100 kStE/ha. Somit brachte innerhalb des Zeitraumes vom 11. 5. bis 4. 6. jeder Tag, an dem der Mais nach dem 11. 5. aufgelaufen ist, eine Ertragseinbuße von durchschnittlich 123 kStE/ha. Die Ertragseinbuße bei Auflaufen zwischen dem 11. 5. und 28. 5. war dabei etwas geringer (115 kStE/ha und Tag) und zwischen dem 28. 5. und 4. 6. etwas höher (140 kStE/ha und Tag).

Deutlich fällt auch die Abhängigkeit des Ertrages vom Zeitpunkt des Rispen-schiebens auf. Erwartungsgemäß ist diese beim mittelspäten Sortiment enger als beim mittelfrühen. Darst. 4 gibt den Regressionsverlauf wieder.

Der Verlauf der Regressionslinie zeigt, daß innerhalb des Zeitraumes zwischen 18. 7. und 6. 8. mit jedem Tag, an dem die Rispen später erschienen, der Ertrag beim mittelfrühen Sortiment um durchschnittlich 106 und beim mittelspäten Sortiment um durchschnittlich 186 kStE/ha abnahm.

Nach den bisherigen Ergebnissen kommt dem Datum 28. 7. eine wichtige Bedeutung für die Ertragshöhe zu. Wurden die Rispen vor diesem Zeitpunkt geschoben, so konnten stets mehr als 9600 kStE/ha erzielt werden; nach diesem Zeitpunkt dagegen deutlich weniger. Eine Ausnahme macht nur das Jahr 1961; obgleich die Rispen erst am 5. 8. geschoben wurden, konnten noch 10 667 kStE/ha (mfr. Sortiment) bzw. 10 050 kStE/ha (msp. Sortiment) erreicht werden.

Zwischen Ertragshöhe und Erntezeitpunkt konnten keine gesicherten Zusammenhänge gefunden werden.

1.1.5 Ertrag und Witterungsfaktoren

Zwischen den einzelnen Witterungsfaktoren bestehen Interkorrelationen, die je nach Jahreszeit und Ort unterschiedlich eng sind.

In der statistischen Verrechnung erweisen sich die Witterungsfaktoren Niederschlag und Temperatur ertragswirksamer als Sonnenscheindauer, relative Luftfeuchtigkeit und Wärmesumme.

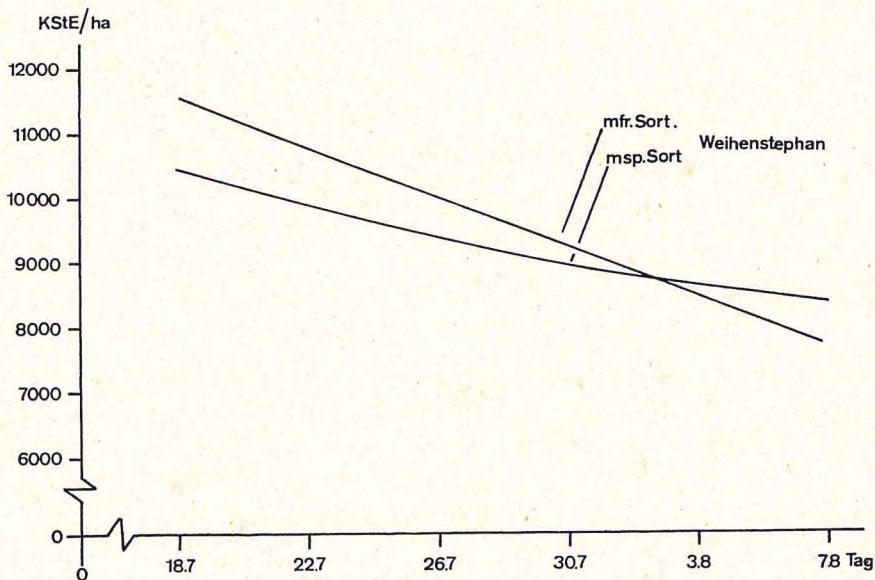
Die auf phänologisch-produktionstechnische Zeitspannen bezogenen Witterungsfaktoren bringen nur in wenigen Fällen engere Beziehungen zur Ertragshöhe als die auf Monate bezogenen Zeitspannen.

Je länger die Zeitspanne eines Witterungsfaktors gewählt wird, desto größer ist in der Regel der errechnete Einfluß auf die Ertragshöhe.

Die Ertragswirksamkeit der Witterung ist an den einzelnen Versuchsorten sehr unterschiedlich. Besonders große Abhängigkeiten zeigen die Orte Weihestephan und Triesdorf.

Die sommerfeuchten Standorte weisen — bezogen auf die Ertragshöhe — mit den Niederschlägen negative und mit dem Tagesmittel der Temperatur positive Korrelationskoeffizienten auf. Sommertrockene Orte zeigen positiv gerichtete Korrelationen zwischen den Niederschlägen und der Ertragshöhe und negativ gerichtete, oft sehr lose Korrelationen zwischen den Tagstemperaturen und der Ertragshöhe.

Sowohl vor wie auch in den einzelnen



Darst. 4: Tag des Rispenchiebens und Ertrag in kStE/ha bei mittelfrühen (mfr.) und mittelspäten (msp.) Silomaisortimenten am Versuchsort Weihestephan;

mfr.: $r = -0,47$, $b = -186x$; msp.: $r = -0,67^{**}$, $b = -56\ 670 \lg x$

Abschnitten der Vegetationszeit zeigen die einzelnen Witterungsfaktoren eine sehr unterschiedliche Ertragswirksamkeit. Als besonders ertragswirksam erweisen sich folgende Witterungsfaktoren in den einzelnen Zeitabschnitten:

- a) Niederschläge während des Winters,
- b) Tagestemperatur vom Vegetationsbeginn bis Aufgang bzw. vom 1. März bis 30. April
- c) Niederschläge von der Saat bis zum Rispschieben bzw. vom 1. Mai bis 31. Juli
- d) Tagestemperatur vom Rispschieben bis zur Ernte bzw. vom 1. August bis 30. September

1.1.5.1 Ertrag und Winterwitterung (1. Oktober bis 1. März)

Witterungsfaktoren während des Winters zeigten erwartungsgemäß nur eine geringe Ertragswirksamkeit. Die durchschnittlichen Tagesmittel- und Tageshöchsttemperaturen sowie die durchschnittliche relative Luftfeuchtigkeit ließen keinen beachtenswerten Einfluß auf die Ertragshöhe erkennen. Die Sonnenscheindauer wies an allen Orten positive Korrelationen zur Ertragshöhe auf. Statistisch gesichert sind diese nur am Versuchsort Puch. Den größten Einfluß auf die Ertragshöhe hatten die Niederschläge während des Winters. Hohe Winterniederschläge bringen im allgemeinen niedrige Erträge (negative Korrelationen). Die Beziehungen sind in Kutzenberg und Grosselfingen gesichert. Nur am Erbachshof konnte im Gegensatz dazu eine gesicherte positive Korrelation zu den Winterniederschlägen gefunden werden.

Ein direkter Einfluß der Winterniederschlagsmenge auf den Ertrag ist nicht leicht erklärbar. Auch indirekte Einflüsse scheiden weitgehend aus, wie eine späte Saat nach hohen Winterniederschlägen. In einigen Orten erfolgte zwar eine spätere Aussaat infolge hoher Winterniederschläge, ein nachweisbarer Einfluß auf die Ertragshöhe war jedoch nicht immer gegeben. Eine Verlängerung der Auflaufzeit durch hohe Win-

terniederschlagsmengen konnte ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Für weitere indirekte Einflüsse fehlen Untersuchungen zur Beweisführung.

Die positive Korrelation zwischen Winterniederschlägen und Ertragshöhe am Erbachshof überrascht, zumal am Erbachshof, einem sommertrockenen Standort, in vergleichbaren Jahren etwa die gleiche Niederschlagsmenge (ϕ 228 mm) gefallen ist wie in Weihestephan (ϕ 226 mm).

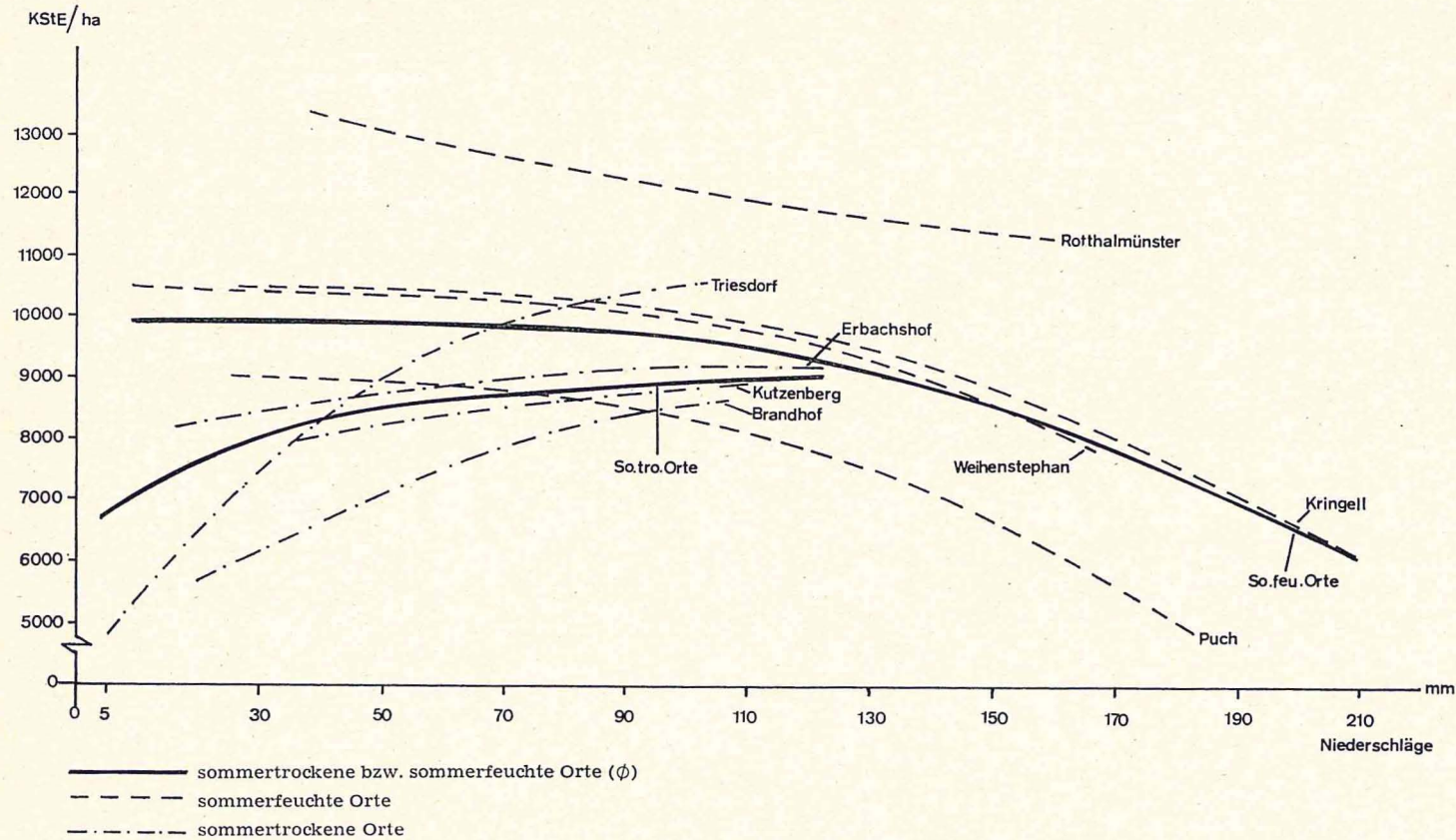
Auf den mittleren bis schweren, tiefgründigen Böden am Erbachshof ist es immerhin denkbar, daß die gesamten Winterniederschläge im Boden festgehalten und im Sommer nachgeliefert worden sind. Geringe Winterniederschläge könnten somit zu einer schlechten Wassernachlieferung im Sommer führen. Dies dürfte besonders in sommertrockenen Gebieten niedrigere Erträge zur Folge haben.

1.1.5.2 Ertrag und Witterung im März und April bzw. von Vegetationsbeginn bis zur Saat sowie von der Saat bis zum Aufgang

Die Witterungsfaktoren Niederschlag und Tagesmitteltemperatur zeigten einen Einfluß auf die Ertragshöhe. Weniger von Bedeutung waren weitere Witterungsfaktoren. Sie bleiben daher unberücksichtigt.

Die Niederschläge bilden negative, meist gesicherte Korrelationen mit der Ertragshöhe an den sommerfeuchten Orten, aber auch auf den schweren Böden der sommertrockenen Standorte Brandhof und Grosselfingen. Positive, jedoch nicht gesicherte Beziehungen konnten auf den leichten Böden in Triesdorf und Kutzenberg und auf den mittleren bis schweren Böden am Erbachshof gefunden werden.

Die Tagesdurchschnittstemperatur korrelierte mit der Ertragshöhe vorwiegend negativ. Eine quantitative Auswertung der Abhängigkeiten über die Regression erfolgte jedoch nicht, da die Ertragswirksamkeit von Witterungs-



Darst. 5: Einfluß der Juliniederschläge in mm auf die Ertragshöhe in kStE/ha bei Silomais (mfr. u. msp. Sortiment) an einzelnen Versuchsorten und im Durchschnitt der Versuchsorte in sommerfeuchten bzw. in sommertrockenen Lagen.

faktoren im Zeitraum von Vegetationsbeginn bis zum Aufgang gering war.

1.1.5.3 Ertrag und Witterung im Mai, Juni und Juli bzw. in der vegetativen Wachstumsphase

Im vegetativen Wachstumsabschnitt hatten besonders die Niederschläge, aber auch die Temperaturen, einen großen, meist gesicherten Einfluß auf die Ertragshöhe. Zwischen den sommerfeuchten und den sommertrockenen Orten zeichnete sich dabei eine deutliche Trennung ab. So bestehen an sommerfeuchten Orten negative und an sommertrockenen Orten positive Korrelationen zwischen Niederschlagsmengen und Ertragshöhen. Eine Abhängigkeit der Ertragshöhe von der Tagesmitteltemperatur konnte nur an sommertrockenen Standorten nachgewiesen werden.

Im Monat Juli waren die Niederschläge sehr ertragsbestimmend, in den Monatskombinationen Mai—Juni—Juli und Juni—Juli weniger. Dekaden und Dekadenkombinationen im Juli und August zeigten nur eine geringe Ertragswirksamkeit. Auf phänologisch-produktionstechnische Zeitspannen bezogene Witterungsfaktoren brachten keine bessere Ertragserklärung als auf vergleichbare Monate bezogene Zeitspannen. Den Einfluß der Juliniederschläge auf die Ertragshöhe zeigt Darst. 5.

Hohe Erträge wurden in sommerfeuchten Standorten mit Niederschlägen im Juli von 60—100 mm geerntet. Weniger Niederschläge als 60 mm führten zu keinen erkennbaren Ertragseinbußen. In Weihenstephan konnten bei 9 mm Juliniederschlägen noch 9500 kStE/ha geerntet werden. Fielen mehr als 120 mm Niederschläge im Juli, so wurden auf den mittelschweren Böden Weihenstephans große, auf den schweren Böden Puchs sehr große Ertragsrückgänge beobachtet.

Die sommertrockenen Standorte brachten hohe Erträge erst bei mehr als

50 mm Niederschlag im Juli. Ertragseinbußen infolge höherer Niederschläge ließen sich nicht feststellen. Bei weniger als 50 mm traten dagegen je nach Bodenart unterschiedlich starke Ertragsdepressionen auf. Die mittleren bis schweren Böden am Erbachshof brachten bei 4 mm Juli-Niederschlägen noch 8071 kStE/ha, während die leichteren Böden um Triesdorf bei 5 mm nur 5056 kStE/ha erbringen konnten.

Die sommerfeuchten Standorte zeigten nur Ertragseinbußen infolge hoher Juliniederschlagsmengen. An den sommertrockenen Orten dagegen brachten nur geringe Juliniederschläge Ertragseinbußen. Anscheinend waren die Böden — selbst die mittelschweren bis schweren Böden am Erbachshof — durch die geringen Mai— (ϕ 58 mm) und Juniniederschläge (ϕ 80 mm) soweit ausgetrocknet, daß sie eine eintretende Julitrockenheit nicht mehr überbrücken konnten.

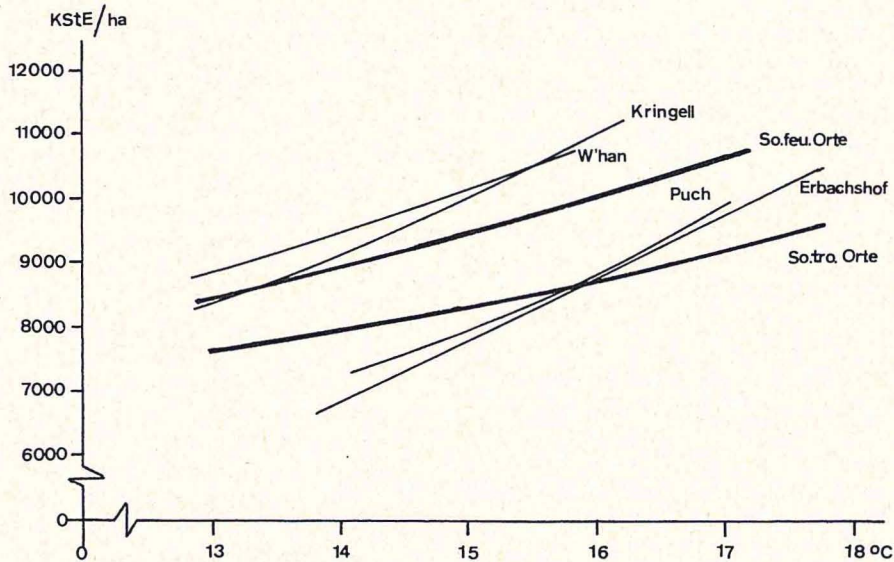
In sommertrockenen Lagen wurden wesentlich größere negative Interkorrelationen zwischen Niederschlag und Temperatur festgestellt als in sommerfeuchten Lagen. Dies bedeutet, daß in sommertrockenen Lagen häufiger eine Trockenheit mit einer Hitzeperiode einhergeht als in sommerfeuchten Lagen.

1.1.5.4 Ertrag und Witterung im August und September bzw. in der generativen Entwicklungsphase

In der generativen Phase hatte die Temperatur den größten Einfluß aller Witterungsfaktoren auf die Ertragshöhe. Darst. 6 zeigt die Regression der Orte, an denen aussagekräftige Zusammenhänge bestehen.

Mit zunehmenden Tagestemperaturen im August und September stiegen die Erträge in sommerfeuchten Lagen etwa um 565 kStE/ha je °C im Temperaturbereich von 13—17° C und in sommertrockenen Lagen um etwa 467 kStE/ha je °C im Temperaturbereich von 13 bis knapp 18° C.

Hohe Tagestemperaturen in der gene-



Darst. 6: Tagesmittel im August und September und Ertrag in kStE/ha von Silomais an einzelnen Orten sowie im Durchschnitt aller Orte in sommerfeuchten (so.feu. Orte) und sommertrockenen (so.tro. Orte) Lagen.

rativen Entwicklungsphase nützten für die Ertragsbildung in sommerfeuchten Orten den mittelfrühen wie den mittelspäten Sorten gleich viel; in sommertrockenen Orten begünstigten hohe Temperaturen die mittelspäten Sorten, wohl aufgrund der längeren generativen Phase (vgl. 1.1.3.2.4), wesentlich stärker als die mittelfrühen.

1.1.5.5 Ertrag und Witterung von Mai bis September bzw. von Saat bis Ernte

Während der gesamten Vegetationszeit konnten in sommerfeuchten Lagen negative und in sommertrockenen Lagen, besonders auf den leichten Böden um Triesdorf und in Kutzenberg, positive Korrelationen zwischen Niederschlagsmengen und Ertragshöhen gefunden werden. Jedoch waren diese Beziehungen so lose, daß sie im weiteren unberücksichtigt bleiben.

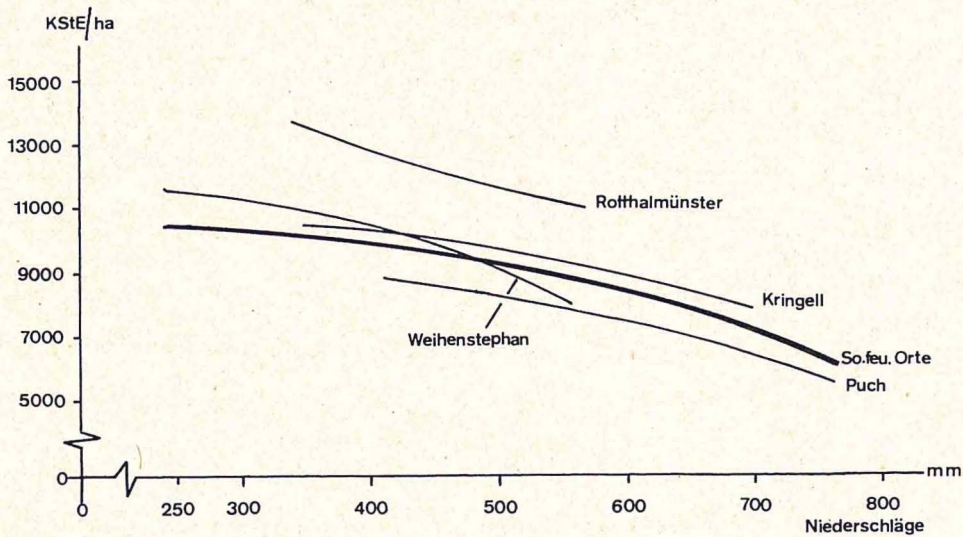
Es zeigte sich am untersuchten Material, ohne Berücksichtigung des starken Einflusses der Bodenart, daß die Ertragshöhe in den sommerfeuchten Lagen (Südbayern) durch zu hohe Nieder-

schlagsmengen mindestens genauso stark begrenzt wurde wie in den sommertrockenen Lagen (Nordbayern) durch zu geringe Niederschlagsmengen. Darst. 7 zeigt die Beziehungen zwischen Niederschlagsmenge und Ertragshöhe an sommerfeuchten Orten.

Die höchsten Erträge wurden mit Niederschlagsmengen bis zu 450 mm vom 1. Mai bis 30. September erreicht. Höhere Niederschläge führten zu einem starken Rückgang der Erträge. Obwohl die vier Einzelorte ein unterschiedliches Ertragsniveau zeigten, war der Ertragsrückgang auf den schweren Böden des Standortes Puch und auf den mittelschweren Böden in Weihestephan, Kringell und Rothalmünster etwa gleich.

1.1.5.6 Ertrag und Kombination von ertragswirksamen Faktoren, dargestellt mit Hilfe der multiplen Regression

Den größten Einzelanteil an der Gesamtstreuung des Untersuchungsmaterials hatte besonders an Orten mit langen Zeitreihen der Ertragszuwachs (be-



Darst. 7: Niederschlagsmenge vom 1. Mai bis 30. September und Ertrag in kStE/ha von Silomais (mfr. u. msp. Sortiment) an Versuchsorten im sommerfeuchten Gebiet sowie im Durchschnitt aller sommerfeuchten Versuchsorte.

vorzugte Aufnahme der Variablen „Jahr“). Zwischen den sommerfeuchten und sommertrockenen Versuchsorten bestand kein grundsätzlicher Unterschied in der Aufnahmefolge von Klimafaktoren. Erwartungsgemäß gingen die Niederschläge in den sommerfeuchten Lagen als negative und in den sommertrockenen Lagen als positive Größen in die Regression ein. Nachdem das Jahr in der Regel als erste unabhängige Variable in die Regressionsgleichung als positive Größe (positiv) mit einem Bestimmtheitsmaß (B) je nach Ort zwischen 0,20 und 0,40 einging, folgten an Versuchsorten in sommerfeuchten Lagen in der Mehrzahl der Fälle die Niederschlagsmengen vom 1. 5. bis 30. 9. (negativ, B: 0,41 bis 0,48), die Temperatur vom 1. 5. bis 30. 9. (positiv, B: 0,46 bis 0,56), die Niederschlagsmengen vom 1. 7. bis 31. 7. (negativ, B: 0,47 bis 0,51) und die Temperatur vom 1. 8. bis 30. 9. (positiv, B: 0,52 bis 0,64).

An den Versuchsorten in sommertrockenen Lagen folgten nach der Aufnahme des Jahres (positiv, B: 0,20 bis 0,35), die Niederschlagsmenge vom 1. 7. bis 21. 7. (positiv, B: 0,25 bis 0,38), die

Temperatur vom 1. 5. bis 30. 9. (positiv, B: 0,42 bis 0,45), die Niederschlagsmenge vom 1. 5. bis 31. 7. (positiv, B: 0,47 bis 0,56) und die Temperatur vom 1. 8. bis 30. 9. (positiv, B: 0,61 bis 0,81). Somit konnten an sommerfeuchten Orten 52 bis 64% und an sommertrockenen Orten 61 bis 81% der gesamten Ertragsvarianz mit Hilfe der aufgenommenen fünf unabhängigen Variablen erklärt werden. Die Ergebnisse der multiplen Regressionsgleichung konnten statistisch abgesichert werden. Obwohl als Ausgangsvariable neben den Witterungsfaktoren auch Boden- (Bodenart, Bodenwertzahl, Nährstoffversorgung) und produktionstechnische Faktoren (phänologisch-produktionstechnische Zeitpunkte) angeboten wurden, fanden nur die Witterungsfaktoren Eingang in die multiple Regressionsgleichung.

1.2 Futterrüben

1.2.1 Ertrag

Die durchschnittlichen TS-Erträge an Rübenkörpern lagen bei 120–145 dt/ha (Tab. 15, 16). Niedrigere Erträge brach-

ten nur die Versuchsorte Landsberg in den Jahren 1951—1960 und Reith in den Jahren 1950—1965. Sehr hohe Durchschnittserträge wurden in den Jahren ab 1968 in Rothalmünster mit 191,6 und ab 1966 in Fertingen mit 168,8 dt TS/ha erzielt. Der höchste Jahresertrag mit 227,8 dt TS/ha konnte 1974 in Rothalmünster geerntet werden. Ähnlich große Ertragsunterschiede zwischen den Standorten in den sommerfeuchten und den sommertrockenen Lagen, wie dies bei Mais festgestellt wurde, konnten anhand des Untersuchungsmaterials nicht nachgewiesen werden.

Ein Ertragsvergleich ($n = 21$, Tab. 15) des sommerfeuchten Versuchsortes Weißenstephan mit dem sommertrockenen Versuchsort Seligenstadt zeigte für Weißenstephan um 15% höhere TS-Er-

träge an bei deutlich geringerer Streuung, dagegen nur geringfügig höhere Frischmasseerträge an Rübenkörper. Die Erträge an Rübenblatt waren an beiden Standorten mit knapp 300 dt/ha etwa gleich hoch, wiesen jedoch eine große Streubreite auf.

1.2.2 Ertragsentwicklung

1.2.2.1 Ertragsentwicklung der Sortimente

Die Entwicklung der Erträge an den Versuchsorten Weißenstephan und Seligenstadt zeigt Darst. 8.

Der errechnete sehr große jährliche Ertragszuwachs in Seligenstadt ist vornehmlich auf die durch Trockenheit bedingten niedrigen Erträge der Jahre 1950, 1951 und 1952 zurückzuführen. Bleiben die genannten Jahre unberücksichtigt, so errechnet sich ein deutlich

Tabelle 15: Ertrag an Rübenkörpern und Rübenblatt in dt/ha Frisch- und Trockenmasse von den Standorten Weißenstephan und Seligenstadt der Landessortenversuche (1950—1974)

Jahr	Versuchsorte					
	Weißenstephan/Obb.			Seligenstadt/Ufr.		
	Rübenkörper Frischmasse dt/ha	Trockenmasse dt/ha	Rübenblatt Frischmasse dt/ha	Rübenkörper Frischmasse dt/ha	Trockenmasse dt/ha	Rübenblatt Frischmasse dt/ha
1950	1106,0	132,8	143	731,0	74,8	172
1951	889,0	116,3	144	539,0	68,2	146
1952	749,6	101,1	142	306,0	36,4	160
1954	817,4	116,8	—	1150,0	139,7	234
1957	903,0	124,1	—	1096,0	106,2	294
1959	778,0	132,3	—	648,0	97,2	154
1960	1076,0	181,3	280	986,0	154,5	244
1961	688,0	98,4	129	1105,0	121,5	187
1962	1056,0	90,2	280	555,0	83,0	223
1963	1018,0	141,4	219	1010,0	124,0	197
1964	1132,0	163,0	269	511,0	63,0	230
1965	772,0	105,6	366	920,0	106,1	397
1966	832,5	121,7	265	1179,0	174,0	403
1967	1064,0	161,4	239	1232,0	137,4	270
1968	1202,0	170,4	409	1602,0	164,6	285
1969	1356,0	202,8	398	1343,0	143,7	271
1970	1190,0	140,4	597	1176,0	141,5	274
1971	1188,0	167,5	379	1231,0	140,4	218
1972	1013,0	163,0	284	1270,0	133,9	514
1973	1076,0	164,4	282	1065,0	173,6	292
1974	1324,0	149,6	519	1108,0	162,0	420
\bar{x}	1010,60	140,22	297	988,80	121,22	278
s	191,40	30,21	130	325,00	38,91	100

— keine Ertragsergebnisse vorliegend

Tabelle 16: *Ertrag an Rübenkörpern in dt TS/ha von ausgewählten Orten der Landesortenversuche (1950—1974)*

Ver- suchs- jahr	Hüll (Obb.) dt/ha	Lands- berg (Obb.) dt/ha	Tauf- kirchen (Obb.) dt/ha	Reith (Ndb.) dt/ha	Krin- gell (Ndb.) dt/ha	Rotthal- münster (Ndb.) dt/ha	Fertin- gen (Schw.) dt/ha	Grossel- fingen (Obb.) dt/ha	Am- berg (Opf.) dt/ha	Bay- reuth (Ofr.) dt/ha	Tries- dorf (Mfr.) dt/ha
1950	114,7	—	—	135,5	—	—	—	—	—	—	112,8
1951	107,2	76,0	—	135,6	—	—	—	—	—	—	115,8
1952	124,2	66,7	—	80,6	—	—	—	—	—	—	69,4
1953	166,8	76,6	—	114,0	—	—	—	—	—	109,9	143,9
1954	116,5	88,3	—	105,8	—	—	—	121,7	—	126,7	139,1
1955	110,6	96,7	—	49,9	—	—	—	133,1	—	124,0	131,2
1956	77,6	95,2	—	122,4	—	—	—	143,4	—	106,0	—
1957	108,7	113,9	—	83,7	—	—	—	111,5	—	102,0	—
1958	145,8	120,1	—	97,2	—	—	—	136,7	—	164,0	—
1959	139,5	120,0	—	135,0	134,9	—	—	94,2	—	110,0	94,2
1960	167,8	143,7	—	150,2	132,3	—	—	182,9	—	—	150,5
1961	142,9	—	111,3	119,6	121,8	—	—	116,9	—	121,8	106,7
1962	—	—	82,5	81,2	99,2	—	—	145,8	72,2	—	73,6
1963	—	—	—	108,2	142,2	—	—	173,3	155,1	124,5	136,5
1964	—	—	178,0	153,0	162,0	—	—	118,0	176,0	93,0	72,0
1965	—	—	116,0	84,6	57,6	—	—	98,9	64,7	98,3	—
1966	—	—	121,6	—	78,7	—	168,4	—	99,9	—	96,5
1967	—	—	95,9	—	164,2	—	170,7	—	154,0	144,9	184,9
1968	—	—	175,3	—	—	200,8	175,4	—	192,4	140,2	181,5
1969	—	—	169,3	—	—	154,8	155,9	—	175,8	126,7	141,4
1970	—	—	156,5	—	—	174,3	161,2	—	—	144,9	—
1971	—	—	169,2	—	—	193,2	155,7	—	120,6	126,3	83,8
1972	—	—	—	—	—	205,5	162,1	—	144,9	89,7	143,6
1973	—	—	—	—	—	185,0	190,7	—	198,9	85,6	—
1974	—	—	—	—	—	227,8	179,5	—	191,9	—	155,9
\bar{x}	126,9	99,7	137,6	109,8	121,4	191,6	168,8	136,5	145,5	118,8	122,8
s	26,5	24,3	35,9	28,8	36,4	23,4	11,6	30,1	46,5	21,4	35,1

— keine Ertragsergebnisse vorliegend

geringerer jährlicher Ertragszuwachs ($b = +2,8 x$). Der arithmetisch gemittelte jährliche Ertragszuwachs aller Versuchsorte in Bayern liegt bei 2,7 dt TS Rübenkörpern je ha.

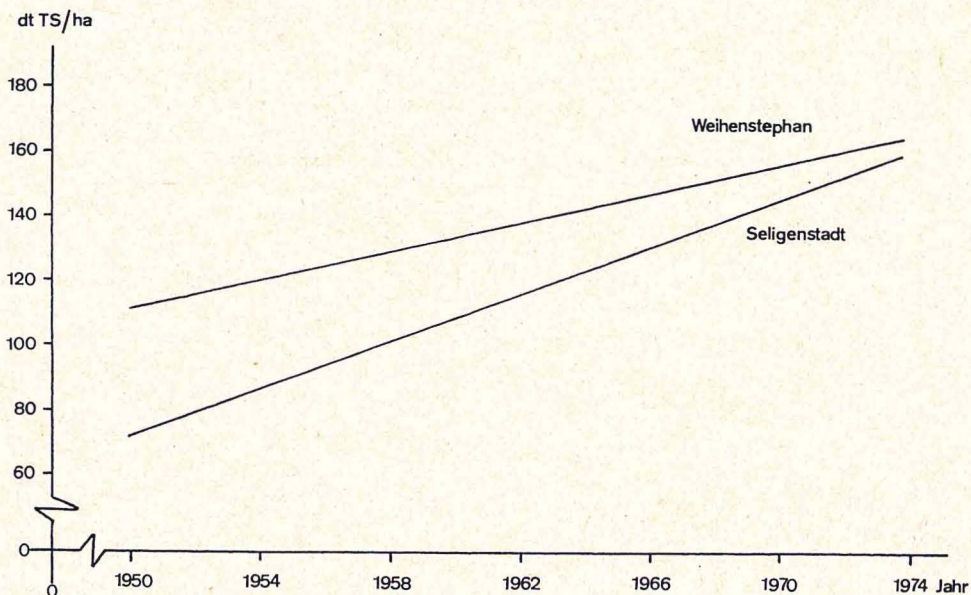
1.2.2.2 *Ertragsentwicklung einer lang-jährig angebaute Sorte sowie des Restsortiments*

Darst. 9 zeigt die Ertragsentwicklung der Sorte Remlinger sowie jene des Restsortiments.

Die Sorte Remlinger brachte niedrigere Erträge als das jeweilige Restsortiment; im Beobachtungszeitraum von 1950 bis 1974 in Weihenstephan um durchschnittlich 3,7 und in Seligenstadt um durchschnittlich 5,6 dt TS/ha. Der dem produktionstechnischen Fortschritt zuzuschlagbare Anteil am Ertragstrend

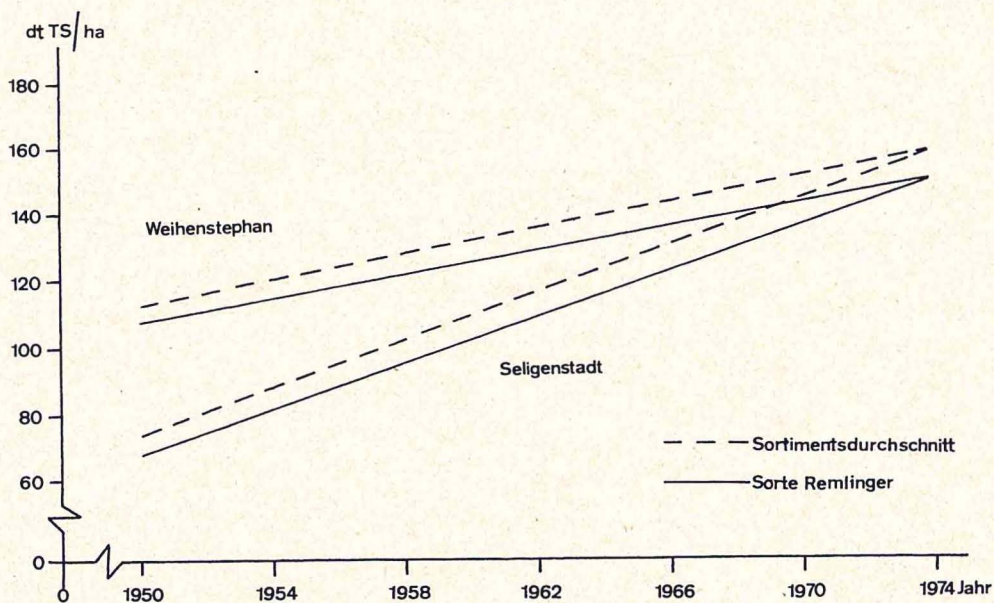
(Trend der Sorte Remlinger) nahm mit +2,2 bzw. +3,8 dt TS/ha und Jahr etwa 90% des gesamten Trends ein. Der restliche Anteil am Ertragszuwachs mit etwa knapp 10% (+0,2 bzw. +0,4 dt TS/ha und Jahr) konnte dem Sortenwechsel und somit dem Züchtungsfortschritt zugeschrieben werden.

Analog zur Sorte Remlinger wurde auch die langjährig angebaute Sorte Eckendorfer Gelbe, ab 1970 Eckdogelb genannt, untersucht. Sie zeigte ebenfalls niedrigere jährliche Durchschnittserträge als das jeweilige Restsortiment (Weihenstephan: — 7,6 dt TS/ha, Seligenstadt: — 7,7 dt TS/ha). Der dem produktionstechnischen Fortschritt zuzuschlagbare Anteil am Ertragsanstieg nahm in Weihenstephan mit 1,8 dt TS/ha 90% und in Seligenstadt mit 3,5 dt



Darst. 8: Entwicklung der Rübenkörper-Erträge in dt TS/ha an den Versuchsorten Weihenstephan und Seligenstadt in den Jahren 1950—1974.

Weihenstephan: $b = +2,25 x$, $r = +0,58^x$
 Seligenstadt: $b = +3,68 x$, $r = +0,53^x$



Darst. 9: Ertragsentwicklung der Futterrübensorte Remlinger sowie des Restsortiments an den Versuchsorten Weihenstephan und Seligenstadt in den Jahren 1950—1974

	Weihenstephan	Seligenstadt
b) (Restsortiment)	+2,38 x	+4,29 x
b) (Sorte Remlinger)	+2,19 x	+3,81 x

TS/ha sogar 96% des gesamten Ertrags-trends ein. Nur etwa 10 bzw. 4% des Trends haben ihre Ursache im Sortenwechsel.

1.2.3 Witterung und phänologisch-produktionstechnische Zeitpunkte und Zeitspannen

1.2.3.1 Beziehungen zwischen phänologisch-produktionstechnischen Zeitpunkten und Zeitspannen

Statistisch gut gesicherte Beziehungen konnten zwischen dem Saattag und der Dauer der Auflaufzeit festgestellt werden, ferner zwischen dem Saattag und der Anzahl der Tage von der Saat bis zur Ernte sowie zwischen dem Auflauf-tag und der Anzahl der Tage vom Auf-laufen bis zur Ernte (jeweils negative Korrelationskoeffizienten):

An beiden Standorten sind die Futter-rüben um so schneller aufgelaufen, je später sie gesät wurden. Dauerte die Auflaufzeit bei Aussaat am 21. 3. in Se-ligenstadt noch 24 und in Weihestephan 29 Tage, so konnte diese bei Aus-saat am 4. 5. auf entsprechend 15 bzw. 16 Tage verkürzt werden. Im Zeitraum vom 21. 3. bis 4. 5. war mit jedem Tag, an dem die Rüben nach dem 21. 3. gesät wurden, die Auflaufzeit in Weihestephan um durchschnittlich 0,3 und in Se-ligenstadt um durchschnittlich 0,2 Tage kürzer.

Die Auflaufzeit dauerte in Weihestephan um durchschnittlich 1,2 Tage länger als in Seligenstadt (21,7 bzw. 20,5 Tage). Bei früher Saatzeit war jedoch mit knapp einem Tag längerer Auflaufzeit zu rechnen. Die längere Auflaufzeit in Weihestephan überrascht, zumal hier später gesät wurde als in Seligenstadt (14. 4. bzw. 8. 4.). Wie nachfolgend (1.2.3.2) gezeigt werden wird, war nicht so sehr die Saatzeit, sondern die Temperatur während der Auflaufzeit für die Dauer der Auflaufzeit von Bedeutung ($\pm 1^\circ \text{C}$ in der Auflaufzeit = $\pm 1,7$ Tage Auflaufdauer). Das um $0,4^\circ \text{C}$ niedrigere Tagesmittel in Wei-

henstephan während der Auflaufzeit ($9,2^\circ \text{C}$ bzw. $9,6^\circ \text{C}$) hatte im Vergleich zu Seligenstadt die um einen Tag längere Auflaufdauer zur Folge. Bei frühen Saatzeiten waren die Temperaturunter-schiede zwischen Weihestephan und Seligenstadt größer ($1,2^\circ \text{C}$) und damit auch die Unterschiede in der Dauer der Auflaufzeit.

1.2.3.2 Witterung und phänologisch-produktionstechnische Zeitpunkte und Zeitspannen

1.2.3.2.1 Witterung und Saatzeit

Wie im Falle von Silomais wurde die Saatzeit der Futterrüben erwartungs-gemäß von den Niederschlägen vom Vegetationsbeginn bis zur Saat be-stimmt. Obwohl die Futterrüben an beiden Orten etwa zwei bis drei Wo-chen früher gesät wurden als der Silo-mais und demzufolge der Zeitraum vom Vegetationsbeginn bis zur Saat kürzer war, zeigte sich keine stärkere Beein-flussung der Saatzeit durch die Nieder-schlagsmenge als bei Silomais. Deutlich erkennbar ist der Einfluß des Bodens. Auf den mittelschweren Böden um Weihestephan wurde durch eine Nie-derschlagsmenge von +10 mm die Saatzeit um zwei und auf den mittel-schweren bis schweren Böden in Seli-genstadt um etwa drei Tage verzögert. Die Niederschlagsmenge vom Vegeta-tionsbeginn bis zur Saat reichte an bei-den Standorten von 0—111 mm.

1.2.3.2.2 Witterung und Dauer der Auf-laufzeit

Wie unter 1.2.3.1 dargestellt, hängt die Dauer der Auflaufzeit sehr stark von der Temperatur während der Auflaufzeit ab. Gut bzw. sehr gut gesicherte Beziehungen konnten an beiden Orten gefunden werden.

Beide Orte lassen eine etwa gleich starke Verkürzung der Auflaufzeit durch steigende Temperaturen erken-nen. Bei einem Tagesmittel von 5°C während der Auflaufzeit sind die Rü-ben durchschnittlich nach 28 Tagen auf-gelaufen, bei 15°C dagegen bereits nach

12 Tagen. Mit jedem °C über 5° C bis zu 15° C wird die Auflaufzeit um etwa 1,6 Tage verkürzt.

1.2.4 Ertrag und phänologisch-produktionstechnische Zeitpunkte

Der Auflauftag scheint auf die zu erwartende Ertragshöhe einen Einfluß zu haben (stat. Sicherung $\alpha \leq 5\%$ knapp verfehlt). Liefen die Futterrüben noch am 31. 3. auf, so konnte ein Ertrag von 150 dt TS/ha erwartet werden. Mit jedem Tag, an dem sie später aufgelaufen sind, ist der zu erwartende Ertrag um eine dt TS/ha gemindert worden. Bei Aufgang um Mitte Mai konnten nur noch 100 dt TS/ha erwartet werden. Eine Abhängigkeit der zu erwartenden Ertragshöhe vom Tag des Reihenschlusses konnte jedoch nicht untersucht werden, da der Tag des Reihenschlusses bei den Landessortenversuchen nicht erfaßt wurde.

1.2.5 Ertrag und Witterungsfaktoren

Die Witterungsfaktoren Niederschlag, Temperatur und Sonnenscheindauer zeigten wiederum, wie bei Mais, den größten Einfluß auf die Ertragshöhe.

An den sommertrockenen Orten Seligenstadt und Triesdorf konnten relativ enge Beziehungen nachgewiesen werden. Gleiches gilt für die sommerfeuchten Orte Rothalmünster und Krinngell.

Die Korrelationskoeffizienten zwischen Niederschlag und Ertragshöhe sind, wie bei Mais, in den sommerfeuchten südbayerischen Orten negativ und in den sommertrockenen nordbayerischen positiv. Zwischen der Temperatur und der Ertragshöhe finden sich in den sommerfeuchten Lagen positive und in den sommertrockenen nur unbedeutende positive wie negative Korrelationen.

Der Faktor Niederschlag tritt insgesamt nicht so stark in Erscheinung, wie dies für Mais unter 1.1.5 festgestellt werden konnte, der Faktor Temperatur scheint dagegen insgesamt etwa dieselbe Er-

tragswirksamkeit zu besitzen. Die für Silomais festgestellten, bezüglich einzelner Witterungsfaktoren sehr ertrags-sensiblen Zeitbereiche sind ebenfalls, jedoch in einer geringeren Ausprägung, erkennbar. Zusätzliche ertrags-sensible Zeitspannen konnten nicht gefunden werden. Die Betrachtung der einzelnen Zeitspannen erfolgt analog zu Silomais.

1.2.5.1 Ertrag und Winterwitterung (1. Oktober bis 1. März)

Die Winterwitterung hat, wie für Mais bereits festgestellt wurde, insgesamt einen geringen Einfluß auf die Ertragshöhe. Beachtenswert ist nur die Niederschlagsmenge. Diese scheint die Ertragshöhe in sommerfeuchten Lagen und hier besonders an den Standorten Weihenstephan und Taufkirchen zu beeinflussen. So konnten in Weihenstephan in Jahren mit mehr als 250 mm Winterniederschlägen nur durchschnittlich 122,5 (n = 10) und in Jahren mit weniger als 200 mm dagegen 156,8 dt TS/ha (n = 9) geerntet werden. In Taufkirchen tritt die nämliche Beziehung mit noch größerer Deutlichkeit hervor. Bei ebenfalls mehr als 250 mm Winterniederschlägen konnten nur 117,5 (n = 5) und bei weniger als 200 mm dagegen 173,5 dt TS/ha (n = 4) erzielt werden. Der Ertragstrend wurde bei der Ertragsgruppierung jeweils berücksichtigt.

Eine Beeinflussung der Ertrags-Niederschlags-Beziehungen durch die Bodenart war am untersuchten Material nicht feststellbar. Weder auf leichten (Triesdorf, Bayreuth) noch auf schweren Böden (Grosselfingen, Seligenstadt) konnten in den sommertrockenen Gebieten beachtenswerte Zusammenhänge gefunden werden.

1.2.5.2 Ertrag und Witterung im März und April bzw. von Vegetationsbeginn bis zum Auflaufen

Der Witterungsfaktor Niederschlag zeigte im hier besprochenen Zeitraum meist eine negative, der Witterungsfak-

tor Temperatur eine positive Korrelation zur Ertragshöhe. Sonnenscheindauer, relative Luftfeuchtigkeit und Wärmesumme brachten nur an wenigen Orten beachtenswerte Beziehungen.

Witterungseinfluß im März und April

Die negativen Korrelationskoeffizienten zwischen Niederschlag und Ertrag wie die positiven zwischen Temperatur und Ertrag sind im Vergleich zu Mais kleiner. Sie ließen sich nur an sommerfeuchten Standorten und am sommertrockenen Standort Seligenstadt statistisch absichern. Hier konnten mit einem Tagesmittel von durchschnittlich 2,5° C nur 122, mit einem solchen von 8,0° C jedoch 196 dt TS/ha erwartet werden. Im Temperaturbereich von 2,5—8,0° C vom 1. 3. bis 30. 4. wurde mit jedem °C über 2,5° C der TS-Ertrag um 4,3 dt/ha erhöht.

Witterungseinfluß von Vegetationsbeginn bis zur Saat und von der Saat bis zum Auflaufen

Die Niederschlagsmenge vom Zeitpunkt des Vegetationsbeginnes bis zum Zeitpunkt der Saat bzw. zum Zeitpunkt des Auflaufens bildete negative Korrelationen zur Ertragshöhe. Für weitere Witterungsfaktoren im genannten Zeitraum konnten keine statistisch gesicherten Einflüsse auf die Ertragshöhe gefunden werden.

1.2.5.3 Ertrag und Witterung im Mai, Juni und Juli

Die Vegetationszeit vom Mai bis Juli erwies sich als sehr ertragsbestimmend. Die Witterungsfaktoren Niederschlag, Temperatur, in einigen Orten auch Sonnenscheindauer, ließen einen großen Einfluß auf die Ertragshöhe erkennen. Sommerfeuchte und sommertrockene Standorte verhielten sich dabei unterschiedlich. Die Ertrags-Niederschlags-Korrelationen waren in den sommerfeuchten Lagen vorwiegend negativ und in den sommertrockenen Lagen positiv. Die Temperatur korrelierte mit

der Ertragshöhe vorwiegend positiv. Die Beziehung war in den sommerfeuchten Orten deutlich enger als in den sommertrockenen Orten. Die Korrelationskoeffizienten konnten an den meisten Standorten abgesichert werden.

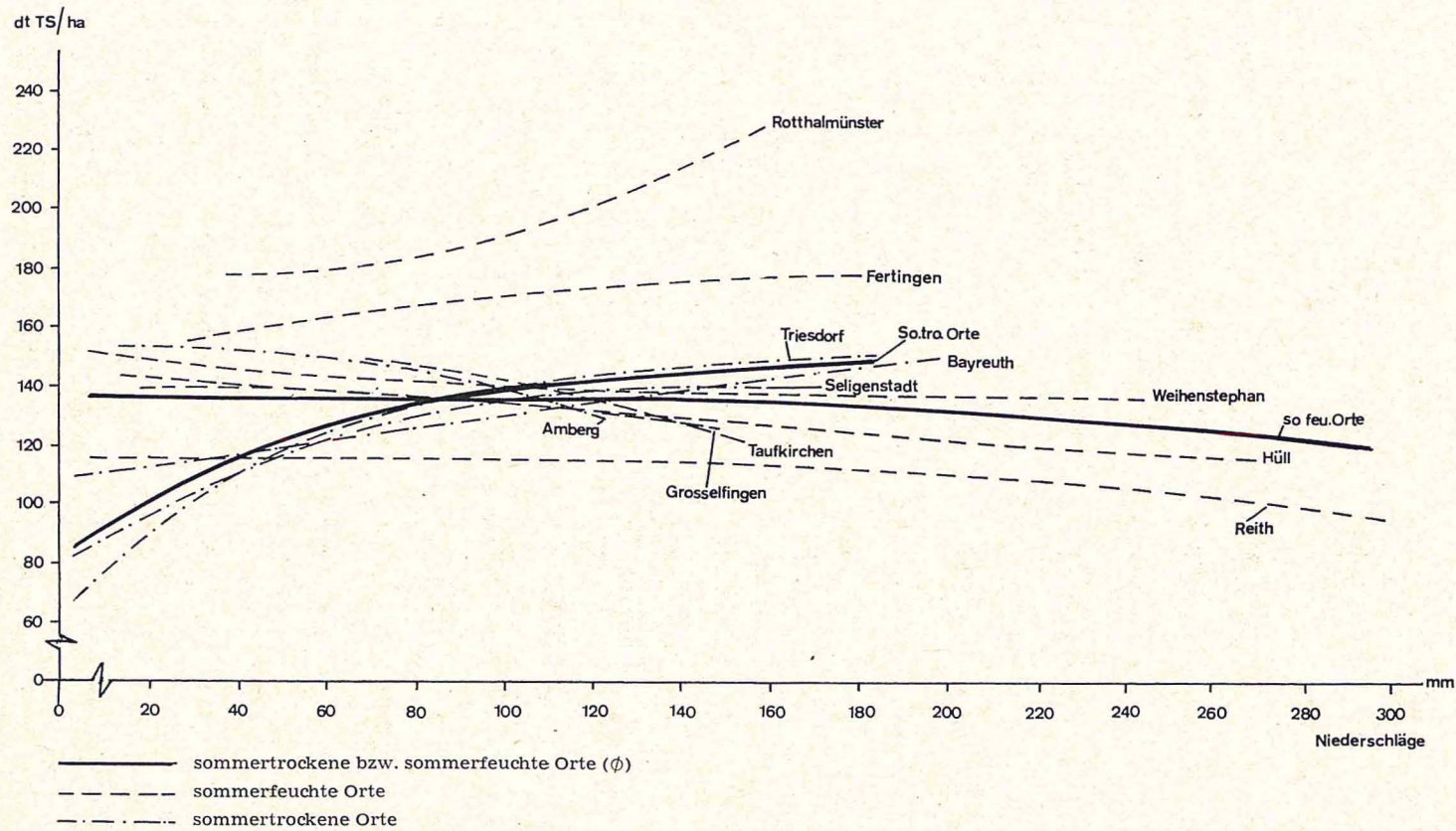
Die größte Ertragswirksamkeit dürften die Niederschläge im Monat Juli haben, gefolgt vom Monat Mai. Im Monat Juni erwiesen sich die Witterungsfaktoren als wenig ertragswirksam. Den Einfluß der Juli-Niederschläge auf die Ertragshöhe zeigt Darst. 10.

An den sommerfeuchten Standorten fielen durchschnittlich 102 mm Juliniederschläge, die kleinste Regenmenge lag bei 9 und die größte bei 258 mm.

Knapp unterdurchschnittliche Juli-Niederschlagsmengen mit 60—100 mm ließen wie bei Mais an den sommerfeuchten Standorten hohe Erträge erwarten. Hohe Niederschläge führten zu Ertragsinbußen, jedoch nicht in dem starken Ausmaße, wie dies für Mais festgestellt wurde. Geringe Niederschläge hatten nur dann niedrige Erträge zur Folge, wenn ein trockener Mai und Juni vorausgingen, wie im Jahre 1952, als mit 20 mm Juliniederschlägen nur 101,1 dt TS/ha (Weihenstephan) erzeugt werden konnten. Fallen hohe Niederschläge im Mai und Juni wie im Jahre 1964 (166 bzw. 130 mm), so wird selbst mit 9 mm Niederschlägen im Juli noch eine gute Ernte erzielt (163 dt TS/ha, Weihenstephan).

Die Orte Rothalmünster und Fertingen mit ihrem deutlich höheren Ertragsniveau brachten die höchsten Erträge mit über 120 mm Juliniederschlägen, weniger als 70 mm hatten unterdurchschnittliche Erträge zur Folge. An beiden Orten dürfte aufgrund der besseren Wachstumsbedingungen infolge der höheren Tagestemperatur im Juli (+1,9° C über Weihenstephan) und der guten Bodenverhältnisse die durchschnittliche Juli-Niederschlagsmenge in suboptimalen Bereichen liegen.

Hohe Erträge wurden auf sommer-



Darst. 10: Juliniederschlagsmenge in mm und erzielte TS-Erträge in dt Rübenkörpern je Hektar an einzelnen Versuchsorten sowie im Durchschnitt aller sommerfeuchten und sommertrockenen Versuchsorte.

trockenen Standorten nur mit durchschnittlichen (über 60 mm) und großen Niederschlagsmengen geerntet. Ertragsseinbußen durch hohe Niederschläge im Juli konnten nicht festgestellt werden, wohl aber durch geringe Niederschläge. So brachte der Versuchsort Seligenstadt (Durchschnittsertrag 121,2 dt TS/ha) in Jahren mit weniger als 50 mm Juli-Niederschlägen ($n = 7$) nur durchschnittlich 93,8 und in Jahren mit mehr als 80 mm Juli-Niederschlägen ($n = 8$) durchschnittlich 138,4 dt TS/ha. Noch ausgeprägter sind diese Abhängigkeiten auf den leichten Böden des Standortes Triesdorf. In Jahren mit über 80 mm Juli-Niederschlägen ($n = 8$) konnten 137,2, mit weniger als 50 mm ($n = 5$) nur 92,3 und in Jahren mit weniger als 20 mm ($n = 2$) nur 72,0 dt TS/ha erzielt werden. Der Durchschnittsertrag lag bei 122,8 dt TS/ha, die durchschnittlichen Juliniederschläge bei 72,4 mm.

Die Ertragswirksamkeit der Juli-Niederschläge wurde je nach Bodenart unterschiedlich stark von vorausgehenden feuchten oder trockenen Perioden beeinflusst. So konnten im Jahre 1971 nach reichlichen Mai- (87 mm) und Juniniederschlägen (94 mm) mit nur 5 mm Juliniederschlägen auf den mittelschweren Böden in Seligenstadt 140 dt TS/ha geerntet werden. Mit ebenfalls 5 mm Juliniederschlägen im Jahre 1952 wurde jedoch in Seligenstadt nach einem trockenen Mai (42 mm) und Juni (46 mm) und sehr hohen Julitemperaturen (durchschnittliches Tagesmittel $21,4^{\circ}\text{C} = +4^{\circ}\text{C}$ über dem langjährigen Mittel) ein TS-Ertrag von nur 36,4 dt/ha erreicht. Im selben Jahr fielen in Triesdorf nach ähnlich trockenem Mai und Juni im Juli 19 mm Niederschläge. Diese Regenmenge (19 mm) im Juli reichte jedoch aus, um einen Ertrag von 69,4 dt TS/ha hervorzubringen. In Bayreuth fanden sich ähnliche Verhältnisse, jedoch traten keine so starken Ertragseinbußen bei geringen Juliniederschlägen auf, wie besonders das Jahr

1971 zeigte. Anscheinend war der Boden in der Lage, Trockenperioden zu überbrücken. Die vorherrschende Bodenart war sandiger Lehm bis Lehm.

1.2.5.4 Ertrag und Witterung im August und September

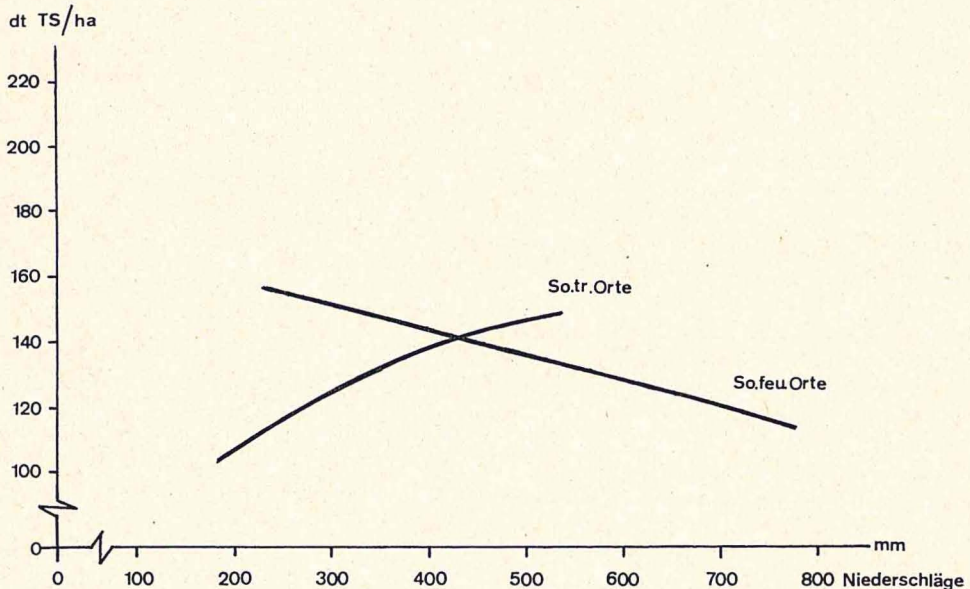
Die Ertragswirksamkeit von Witterungsfaktoren im Spätsommer war deutlich geringer als bei Silomais. Es zeigte sich jedoch, daß in den sommerfeuchten Orten hohe Erträge besonders durch hohe Temperaturen im August (positive Korrr.) und durch geringe Niederschläge im September (negative Korrr.) zu erzielen waren. Obwohl zwischen Niederschlag und Temperatur Interkorrelationen bestanden, trat im Monat September die Ertragswirksamkeit von hohen Temperaturen deutlich hinter die Ertragswirksamkeit von geringen Niederschlagsmengen zurück.

Die Versuchsorte in den sommertrockenen Lagen brachten dagegen hohe Erträge nur mit großen Niederschlagsmengen im August und hohen Temperaturen im September. Für Futterrüben war somit in Nordbayern noch im August das Wasser der größte ertragsbegrenzende Faktor. Für Silomais war dies nach Abschluß des vegetativen Wachstums bereits die Temperatur.

1.2.5.5 Ertrag und Witterung von Mai bis September bzw. von der Saat bis zur Ernte

Während der gesamten Vegetationszeit hatten Niederschlag und Temperatur den größten Einfluß auf die Ertragshöhe. Nur die Sonnenscheindauer zeigte an einigen Orten in Nordbayern engere (negative) Korrelationen. Die Niederschläge bildeten im allgemeinen an Versuchsorten in sommerfeuchten Lagen eine negative und in sommertrockenen Lagen eine positive Korrelation mit der Ertragshöhe. Die Temperatur korrelierte mit der Ertragshöhe grundsätzlich positiv, in den sommerfeuchten Orten jedoch deutlich enger als in den sommertrockenen Orten.

Über die Höhe der Erträge in Abhän-



Darst. 11: Niederschlagsmenge in mm vom 1. Mai bis 30. September und TS-Ertrag in dt Rübenkörper je ha im Durchschnitt aller sommerfeuchten und sommertrockenen Standorte.

gigkeit von den Niederschlagsmengen in der Zeit vom 1. 5. bis 30. 9. gibt Darst. 11 Auskunft.

An den sommerfeuchten Orten ließen Niederschläge mit weniger als 400 mm oder durchschnittliche Tagesmitteltemperaturen über $15,5^{\circ}\text{C}$ vom 1. 5. bis 30. 9. je nach örtlichem Ertragsniveau Erträge von 130—170 dt TS/ha erwarten. Niederschlagsmengen von über 500 mm jedoch oder durchschnittliche Tagesmitteltemperaturen unter $14,5^{\circ}\text{C}$ brachten nur noch Erntemengen von etwa 100 dt TS/ha.

Der Versuchsort Rothalmünster bildete eine Ausnahme. In drei von sieben Versuchsjahren konnten hier mit über 500 mm Niederschlägen und über $16,0^{\circ}\text{C}$ stets mehr als 200 dt TS/ha erzielt werden.

An den sommertrockenen Orten wurden hohe Erträge nur in Jahren mit hohen Niederschlägen erreicht. Niederschläge von mehr als 400 mm brachten Durchschnittserträge von über 140 dt TS/ha. Die höchsten Erträge je Versuchsort wurden in Seligenstadt mit

398 mm (174,0 dt TS/ha), in Triesdorf mit 452 mm (185,6 dt TS/ha) und in Bayreuth mit 414 mm (164,0 dt TS/ha) erzielt. Fielen weniger als 300 mm bzw. 250 mm in Seligenstadt, so konnten nur knapp 100 dt TS/ha geerntet werden. Hohe Temperaturen konnten nur in Verbindung mit hohen Niederschlägen gute Ernten bringen. Dies wurde besonders auf den leichten Böden am Standort Triesdorf deutlich.

Die durchschnittlichen Niederschlagsmengen vom 1. 5. bis 30. 9. waren in sommerfeuchten Lagen mit 485 mm sehr viel größer als in den sommertrockenen Lagen mit 332 mm. Das durchschnittliche Tagesmittel der Temperatur lag in sommerfeuchten Lagen mit $14,8^{\circ}\text{C}$ nur unwesentlich unter jenem der sommertrockenen Lagen mit $15,0^{\circ}\text{C}$.

1.2.5.6 Ertrag und Kombination von ertragswirksamen Faktoren, dargestellt mit Hilfe der multiplen Regression

Den größten Einzelanteil an der Gesamtstreuung des Untersuchungsmate-

Tabelle 17: Ertrag von Rotklee in dt TS/ha sämtlicher Standorte der Landessortenversuche (1961—1974)

Ernte- jahr	Ort	1. dt/ha	Schnitt 2. dt/ha	3. dt/ha	Gesamt dt/ha
1961	Straßmoos	44,8	36,9	20,3	102,0
1962	Osterseeon	72,1	9,6	—	81,7
	Taufkirchen	64,9	55,7	—	120,6
	Steinach	59,1	65,9	39,5	164,5
	Ansbach	54,2	32,5	—	86,7
1963	Straßmoos	46,3	47,3	—	93,6
	Osterseeon	75,0	48,2	14,8	138,0
	Taufkirchen	43,5	47,3	—	90,8
	Amberg	51,7	46,0	19,5	117,2
1964	Straßmoos	46,3	47,3	—	93,6
	Taufkirchen	57,9	54,8	—	112,7
	Steinach	74,0	73,2	25,2	172,4
	Kringell	74,5	63,4	28,3	166,2
1965	Taufkirchen	46,1	45,1	—	91,2
	Steinach	47,3	41,4	21,4	110,1
	Kringell	34,0	44,4	—	78,4
	Langenstadt	28,9	28,2	43,1	100,2
1966	Steinach	59,3	63,0	35,5	157,6
	Amberg	49,8	34,9	36,7	121,4
	Langenstadt	60,3	40,1	36,0	136,4
1967	Taufkirchen	23,6	57,6	—	81,2
	Steinach	69,7	62,4	17,3	149,4
	Kringell	54,1	65,0	—	119,1
	Langenstadt	53,1	51,5	24,8	129,4
	Ansbach	50,5	27,7	28,6	106,8
1968	Taufkirchen	43,0	67,0	33,0	143,0
	Steinach	59,0	44,0	32,0	135,0
	Kringell	44,0	58,0	28,0	130,0
	Amberg	60,0	45,0	44,0	149,0
	Langenstadt	55,0	49,0	32,0	136,0
	Ansbach	74,0	39,0	27,0	140,0
	Anzenhof	58,0	56,0	21,0	135,0
1969	Kringell	52,4	56,3	—	108,7
	Amberg	27,7	53,3	21,2	102,2
	Langenstadt	67,5	27,4	16,6	111,5
	Ansbach	41,6	55,4	—	97,0
1970	Taufkirchen	54,2	57,1	34,1	145,4
	Steinach	53,7	50,3	38,5	142,5
	Amberg	42,4	40,1	38,5	121,0
	Langenstadt	60,0	32,9	27,1	120,0
	Ansbach	55,1	37,5	26,1	118,7
	Anzenhof	58,0	56,0	21,0	135,0
1971	Taufkirchen	55,8	56,5	56,0	169,2
	Steinach	64,1	68,7	33,7	166,5
	Amberg	53,9	33,8	27,4	115,1
	Langenstadt	54,5	52,7	20,9	128,1
	Ansbach	67,9	50,9	16,8	135,6
Anzenhof	55,7	54,4	23,2	133,3	
1972	Taufkirchen	61,8	66,7	37,0	165,5
	Steinach	49,1	45,4	38,8	133,3

Tabelle 17: Fortsetzung

Ernte- jahr	Ort	Schnitt			Gesamt dt/ha
		1. dt/ha	2. dt/ha	3. dt/ha	
1973	Straßmoos	74,4	51,2	20,5	146,1
	Steinach	63,4	46,7	38,5	148,6
	Amberg	51,5	44,5	42,2	138,2
	Langenstadt	60,1	44,2	12,9	117,2
1974	Straßmoos	68,7	51,8	29,0	149,5
	Steinach	84,6	30,6	28,6	143,8
	Amberg	61,0	41,1	27,2	129,3
	Langenstadt	50,9	42,0	20,9	113,8

rials hatte, wie bei Mais, an Orten mit langen Zeitreihen der Ertragszuwachs. Die Aufnahmefolge weiterer unabhängiger Variabler war je nach Lage unterschiedlich. In den sommerfeuchten Orten ging in der Regel das Jahr als positive Größe mit einem Bestimmtheitsmaß (B) von 0,20—0,40 in die Regressionsgleichung ein. Die Aufnahme weiterer Variabler war bei den einzelnen Orten sehr verschieden. Stets wurden ausschließlich Witterungsfaktoren, vorrangig die Temperatur, in der Zeit Frühjahr bis Vorsommer ausgewählt. Diese wurde als positive und die Niederschläge als negative Größe in die Gleichung aufgenommen. Mit fünf unabhängigen Variablen konnte eine Ertragserklärung an einzelnen Orten von 56 bis 69% erreicht werden.

An den Versuchsorten in sommertrockenen Lagen wurde ebenfalls zunächst das Jahr aufgenommen (positiv, B: 0,19—0,42); für die Aufnahme weiterer unabhängiger Variablen ergab sich keine einheitliche Reihenfolge. Die Witterungsfaktoren des Sommers, vorrangig nur die Niederschläge, fanden verstärkt Eingang. Die Niederschläge wurden stets als positive, die Temperatur als positive wie negative Größen aufgenommen. Mit fünf unabhängigen Variablen konnte der Ertrag zu 49 bis 65% erklärt werden.

Als Ausgangsvariable wurden neben den Witterungsfaktoren auch Boden- und produktionstechnische Faktoren angeboten (vgl. Silomais 1.1.5.6). Letz-

tere fanden jedoch keinen Eingang in die multiple Regressionsgleichung. Die Ergebnisse der multiplen Regressionsgleichungen waren signifikant.

1.3 Rotklee

1.3.1 Ertrag

Die TS-Erträge sämtlicher Landessortenversuche mit Rotklee vom Anlagejahr 1960 bis 1973 sind in Tab. 17 aufgeführt.

Die TS-Erträge des ersten Schnittes lagen bei 55—65 dt/ha (n = 58: TS-Ertrag = $60,2 \pm 13,1$ dt/ha). Jene des zweiten Schnittes erreichten etwa 45—50 dt/ha (n = 59: TS-Ertrag = $48,4 \pm 12,8$ dt/ha). Der dritte Schnitt brachte durchschnittlich 30 dt TS/ha (n = 45: TS-Ertrag = $29,0 \pm 12,4$ dt/ha). Der durchschnittliche jährliche Gesamtertrag ist aus 58 Einzelprüfungen mit $134,9 \pm 23,5$ TS/ha anzugeben. Auf den ersten Schnitt entfielen etwa 40—45, auf den zweiten etwa 35 und auf den dritten Schnitt etwa 20—25% des Gesamtertrages.

1.3.2 Ertragsentwicklung

1.3.2.1 Ertragsentwicklung der Sortimente

Der Ertragszuwachs des Rotklees war wegen der vorliegenden kurzen Zeitreihen nicht exakt zu erfassen.

Der Gesamtertrag pro Jahr stieg in Steinach um 0,92 dt TS/ha (Zeitraum 1962—1974, durchschnittliches Ertragsniveau 147,6 dt TS/ha) und fiel in Lan-

genstadt um 0,54 dt TS/ha (entsprechend: 1966—1974, 121,4 dt TS/ha). In Amberg (entsprechend: 1963—1974, 110,4 dt TS/ha) konnte ein Ertragstrend von +0,86 dt TS/ha und Jahr festgestellt werden.

Der ermittelte Ertragsrückgang in Langenstadt dürfte seine Ursache in den relativ hohen Erträgen der Jahre 1966 und 1968 und in den relativ niedrigen Erträgen ab 1969 haben. Vermutlich reichten die Niederschläge in den trockenen Jahren 1970, 1971 und 1973 auf den leichten Böden nicht aus, um hohe Erträge zu erzielen. Langenstadt blieb deshalb bei der Betrachtung des Ertragstrends unberücksichtigt.

Die Ertragsentwicklung der Orte Steinach und Amberg dürfte weder von der Trockenheit noch von unterschiedlicher Schnitzzahl einseitig beeinflusst worden sein, so daß der durchschnittliche Ertragstrend dieser beiden Orte von +0,90 dt TS/ha und Jahr als Ertragszuwachs für Rotklee im Zeitraum von 1962 bis 1974 angenommen werden kann.

1.3.2.2 *Ertragsentwicklung langjährig angebaute Sorten sowie des Restsortiments*

An den Standorten Steinach und Langenstadt wurden durch den Sortenwechsel (Differenz des Ertragszuwachses zwischen der langjährig geprüften Sorte „Lero“ und dem jeweiligen Restsortiment) etwa 0,27 bis 0,39 dt TS pro ha und Jahr mehr erzeugt. Gemessen am gesamten Ertragstrend von +0,90 dt TS/ha und Jahr können somit etwa 30—40% der Ertragssteigerung den Erfolgen der Züchtung zugeschrieben werden.

1.3.3 *Witterung und phänologisch-produktionstechnische Zeitpunkte und Zeitspannen*

1.3.3.1 *Beziehungen zwischen phänologisch-produktionstechnischen Zeitpunkten und Zeitspannen*

Der Zeitpunkt des Vegetationsbeginns bestimmte den Zeitpunkt des ersten

und der folgenden Schnitte sowie die Länge der Aufwuchszeit des ersten Schnittes. Einem frühen Vegetationsbeginn folgte stets eine lange Aufwuchszeit, dennoch aber ein früher erster und frühzeitige Folgeschnitte (meist statistisch gesicherte Abhängigkeiten). Weitere aussagekräftige Beziehungen konnten nicht gefunden werden.

1.3.3.2 *Witterung und produktions-technische Zeitpunkte bzw. Zeitspannen*

Der Einfluß der Temperatur auf die Dauer der Aufwuchszeit des ersten und dritten Schnittes konnte statistisch abgesichert werden.

Hohe Temperaturen während der Aufwuchszeit führten erwartungsgemäß zu kürzeren Aufwuchszeiten. Von einer Quantifizierung dieses Zusammenhangs wurde abgesehen.

1.3.4 *Ertrag und phänologisch-produktionstechnische Zeitpunkte und Zeitspannen*

Die Erträge des ersten Schnittes waren stets dann sehr hoch, wenn der Aufwuchs spät geschnitten wurde. Die Ertragshöhe des zweiten Schnittes wurde vom Zeitpunkt des ersten Schnittes und der Dauer der Aufwuchszeit des zweiten Schnittes beeinflusst. Ein früher erster Schnitt und eine lange Aufwuchszeit brachten signifikant höhere Erträge. Der Zeitpunkt des zweiten Schnittes zeigte keinen Einfluß auf die zu erwartende Ertragshöhe. Vom dritten Schnitt konnten nur dann hohe Erträge geerntet werden, wenn der zweite Schnitt früh geerntet wurde, wenn also die Aufwuchszeit nicht zu weit an das Ende der Vegetationszeit heranreichte. Ein früher erster Schnitt stellte die Voraussetzung für einen hohen Gesamtertrag dar (gesicherte Abhängigkeit). Weitere Abhängigkeiten des Gesamtertrages wie z. B. vom Zeitpunkt des Vegetationsbeginns, dem Zeitpunkt des letzten Schnittes oder der Zeitspanne von Vegetationsbeginn bis zum

Zeitpunkt des letzten Schnittes waren nicht erkennbar.

1.3.5 Ertrag und Witterungsfaktoren

1.3.5.1 Ertrag des ersten Schnittes und Witterung

Auf den mittelschweren bis schweren Böden am sommerfeuchten Standort Steinach hatten alle Witterungsfaktoren eine etwa gleich hohe Ertragswirksamkeit. Auf den leichten bis mittelschweren Böden des sommertrockenen Standortes Langenstadt waren erwartungsgemäß nur die Niederschläge stark ertragsbestimmend.

Steigende Niederschlagsmengen führten in Steinach zu abnehmenden und in Langenstadt zu zunehmenden Erträgen. Ein mm/Tag mehr senkte in Steinach den Ertrag um durchschnittlich 8,0 dt TS/ha und erhöhte in Langenstadt den Ertrag um durchschnittlich 11,3 dt TS/ha. Die durchschnittlichen Niederschlagsmengen waren in Steinach mit 2,1 mm/Tag geringfügig höher als in Langenstadt mit 1,9 mm/Tag von Vegetationsbeginn bis zum 1. Schnitt. Die Witterungsfaktoren Sonnenscheindauer und relative Luftfeuchtigkeit waren in Steinach besonders ertragswirksam. Eine Stunde Sonnenscheindauer pro Tag mehr im Bereich von 4,1—7,9 Stunden ließ den Ertrag des ersten Schnittes um 6,3 dt TS/ha steigen, während die Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit um 1%, im Bereich von 52—67% den TS-Ertrag um 2,3 dt/ha absenkte. Am Standort Langenstadt konnten bei etwa gleicher Sonnenscheindauer in Stunden, jedoch deutlich niedrigerer relativer Luftfeuchtigkeit, keine vergleichbaren Abhängigkeiten gefunden werden.

Beide Standorte zeigten eine sehr deutliche Ertragsbegrenzung durch den Witterungsfaktor Niederschlag; Langenstadt durch zuwenig und Steinach durch zuviel Niederschläge. In Steinach überrascht, daß bei optimalen bis überoptimalen Niederschlagsmengen nicht

so sehr die Temperatur, sondern die Sonnenscheindauer zum ertragsbegrenzenden Faktor wurde. Kein Einfluß auf die Ertragshöhe des ersten Schnittes konnte durch die Witterung während des Winters, vom 1. Oktober bis Vegetationsbeginn, festgestellt werden.

1.3.5.2 Ertrag des zweiten und dritten Schnittes und Witterung

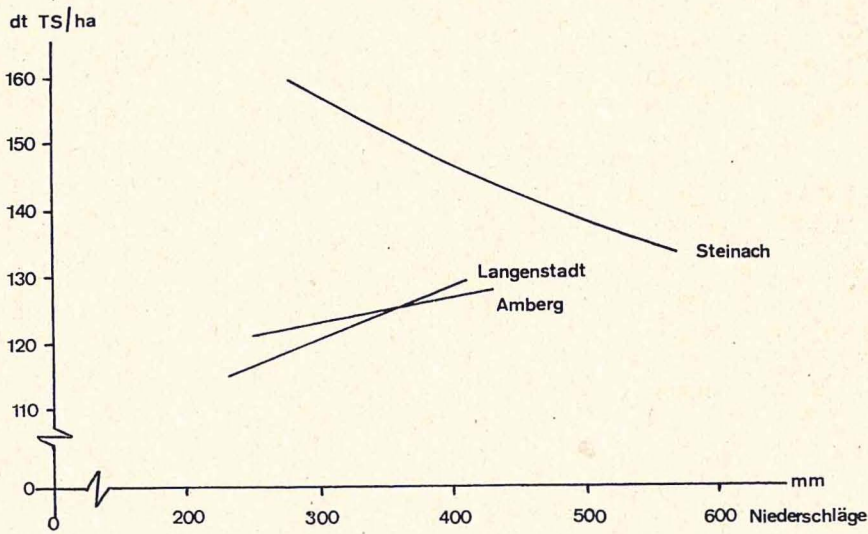
Den größten Einfluß auf die Ertragshöhe des jeweiligen Schnittes hatten erwartungsgemäß die Witterungsfaktoren während der jeweiligen Aufwuchszeit. Zwischen Ertragshöhe und Witterungsfaktoren bestanden etwa die gleichen, jedoch bei weitem nicht so große Abhängigkeiten, wie beim ersten Schnitt und dessen Aufwuchszeit festgestellt wurden. Auf eine weitere Betrachtung wird deshalb verzichtet.

1.3.5.3 Gesamtertrag und Witterung

Den größten Einfluß auf die Höhe des Gesamtertrages haben die Witterungsfaktoren während der gesamten Aufwuchszeit. Die bei den Schnitten festgestellten Abhängigkeiten der Ertragshöhe von den Witterungsfaktoren bestätigten sich bei der Betrachtung des Gesamtertrages und der gesamten Vegetationszeit, konnten jedoch nicht abgesichert werden.

Um die gefundenen Ertrags-Witterungs-Beziehungen von Rotklee mit denen von Mais und Rüben vergleichen zu können, wurde für Rotklee ebenfalls die Beobachtungszeitspanne der Witterungsfaktoren vom 1. 5. bis 30. 9. gewählt. Darst. 12 zeigt den Einfluß der Niederschläge auf den Gesamtertrag von Rotklee.

Am sommerfeuchten Versuchsort Steinach konnten hohe Erträge nur mit unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen erreicht werden. Nasse Jahre waren stets ertragsschwache Jahre. Gemäß der statistischen Verrechnung führten jeweils 12 mm Niederschlag mehr in einem Bereich von 282 bis



Darst. 12: Niederschlagsmenge in mm vom 1. Mai bis 30. September und Ertrag des Rotklee in dt TS/ha an den Versuchsorten Steinach, Langenstadt und Amberg.

Steinach: $r = -0,46$, $b = -81,7 \lg x$
 Langenstadt: $r = +0,49$, $b = +0,079 x$
 Amberg: $r = +0,44$, $b = +0,039 x$

547 mm zu einer Ertragseinbuße von 1 dt TS/ha.

An den sommertrockenen Versuchsorten Langenstadt und Amberg stieg mit den Niederschlagsmengen auch die Ertragshöhe. Im Bereich von 232—411 mm Niederschlag brachten jeweils +12 mm auf den leichten Böden Langenstadts eine Ertragssteigerung von 1 dt TS/ha. Weniger ertragswirksam waren die Niederschläge auf den mittelschweren Böden am Standort Amberg.

Eine Regenmenge von jeweils +12 mm im Bereich von 232—248 mm konnte hier nur eine halbe dt TS/ha mehr hervorbringen.

Die Witterungsfaktoren Temperatur, Sonnenscheindauer und relative Luftfeuchtigkeit korrelierten in Steinach mit der Ertragshöhe ebenfalls sehr eng. Gleiches gilt für den Versuchsort Amberg, jedoch konnte hier keine statistische Absicherung erreicht werden. Der Versuchsort Langenstadt dagegen zeigte keine straffen Beziehungen bei Ver-

wendung der genannten Witterungsfaktoren im Vergleich zum Witterungsfaktor Niederschlag.

Die Winterwitterung vom 1. Oktober bis Vegetationsbeginn übte keinen eindeutigen Einfluß auf den Gesamtertrag aus.

Die Ermittlung des Einflusses mehrerer Faktoren auf die Ertragshöhe mit Hilfe der multiplen Regression wurde wegen der kurzen Zeitreihen nicht durchgeführt.

1.4 Luzerne

1.4.1 Ertrag

Die TS-Erträge sämtlicher Landessortenversuche mit Luzerne vom Anlagejahr 1957 bis 1973 sind in Tab. 18 aufgelistet.

Die durchschnittlichen TS-Erträge erreichten im ersten Schnitt 50—55 dt/ha ($n = 54$; $52,20 \pm 10,80$ dt/ha), im zweiten Schnitt 40—45 dt/ha ($n = 56$; $42,50 \pm 9,15$ dt/ha). Der dritte Schnitt brachte

Tabelle 18: Ertrag an Luzerne in dt TS/ha von sämtlichen Standorten der Landessortenversuche nach Hauptnutzungsjahren (HNJ) 1957—1974

Anlagejahr	Ort	Reg.-Bezirk	1. HNJ				2. HNJ				3. HNJ			
			1.	Schnitt 2.	3.	Gesamt	1.	Schnitt 2.	3.	Gesamt	1.	Schnitt 2.	3.	Gesamt
1957	Obbach	Ufr.	29,6	44,1	33,5	107,2	—	—	—	—	52,9	29,9	—	82,8
	Weihenstephan	Obb.	49,7	62,2	29,7	141,6	79,0	39,1	30,2	148,3	68,3	34,7	—	102,0
1958	Schernau	Ufr.	47,1	49,5	27,6	132,2	36,7	38,9	38,2	113,8	—	—	—	—
	Pulling	Obb.	57,0	32,9	—	89,9	71,2	34,1	35,1	140,4	54,2	28,6	—	82,8
	Holzheim	Obb.	31,8	—	20,1	—	—	34,5	34,4	—	50,1	42,2	24,4	116,7
1960	Osterseeon	Obb.	69,5	50,8	40,0	160,3	71,7	48,9	23,8	144,4	50,4	29,2	—	79,6
	Osterseeon	Obb.	38,7	42,3	27,0	108,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	Schernau	Ufr.	—	52,9	23,3	—	37,6	39,8	—	77,4	—	—	—	—
1962	Gnodstadt	Ufr.	—	61,3	39,3	—	53,0	46,7	17,5	117,2	—	—	—	—
	Osterseeon	Obb.	53,8	31,4	18,2	103,4	42,6	47,2	30,4	120,2	—	—	—	—
	Amberg	Opf.	53,6	45,5	19,6	118,7	51,4	58,0	26,8	136,2	—	—	—	—
1965	Triesdorf	Mfr.	49,5	41,7	23,0	114,2	51,1	33,1	9,8	93,0	51,2	54,0	23,5	128,7
	Gnodstadt	Ufr.	30,1	23,5	25,6	79,2	21,8	17,6	—	39,4	56,5	47,1	27,5	131,1
	Straßmoos	Obb.	55,3	51,1	26,1	132,5	65,4	39,6	—	105,0	—	—	—	—
1967	Amberg	Opf.	44,6	39,0	40,8	124,4	52,7	47,0	30,1	129,8	55,5	47,4	—	102,9
	Triesdorf	Mfr.	45,1	55,2	32,0	132,3	50,2	54,1	32,5	136,8	59,6	51,8	29,4	140,8
	Obbach	Ufr.	42,6	47,2	34,7	124,5	57,6	42,7	—	100,3	—	—	—	—
1969	Gnodstadt	Ufr.	50,9	38,6	34,7	124,2	65,1	39,2	25,8	130,1	—	—	—	—
	Amberg	Opf.	39,3	41,0	40,2	120,5	35,2	29,1	20,4	84,7	—	—	—	—
	Obbach	Ufr.	46,2	37,8	22,3	106,3	—	—	—	—	—	—	—	—
1971	Gnodstadt	Ufr.	69,1	61,4	26,0	156,5	—	—	—	—	—	—	—	—
	Obbach	Ufr.	47,6	38,7	34,8	121,1	60,3	45,1	15,4	120,8	—	—	—	—
	Obbach	Ufr.	55,2	50,4	42,6	148,2	58,5	39,1	—	98,2	—	—	—	—
1973	Gnodstadt	Ufr.	56,2	54,2	45,5	155,9	67,7	48,8	36,2	152,7	—	—	—	—
	Obbach	Ufr.	72,3	49,2	36,6	158,2	—	—	—	—	—	—	—	—
	Gnodstadt	Ufr.	60,6	49,8	35,6	166,4	—	—	—	—	—	—	—	—
1974	Straßmoos	Obb.	61,9	58,3	44,8	185,2	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ottenhofen	Obb.	33,7	31,8	27,9	93,4	—	—	—	—	—	—	—	—

— keine Ertragsergebnisse vorliegend

durchschnittlich 28 dt TS/ha ($n = 46$); $28,40 \pm 8,13$ dt/ha).

Der durchschnittliche jährliche Gesamtertrag lag bei 125,1 dt TS/ha ($n = 54$), die meisten Gesamterträge zwischen 115—130 dt TS/ha. Der erste Schnitt trug etwa 40—45, der zweite ca. 35 und der dritte 20—25% zum gesamten TS-Ertrag bei.

Da die Luzerneprüfungen sich über zwei, in wenigen Fällen auch über drei Hauptnutzungsjahre erstreckten, wurde auch die Ertragsleistung einzelner Hauptnutzungsjahre untersucht. Ein exakter Vergleich der Ertragsleistung nach Hauptnutzungsjahren war jedoch nicht möglich, da keine Vergleichsversuche vorlagen. Näherungswerte für die Ertragsleistung nach Hauptnutzungsjahren konnten dadurch ermittelt werden, daß bei gleichen Anlagen die Erträge unterschiedlicher Hauptnutzungsjahre miteinander verglichen wurden. Der Jahreseinfluß dürfte dabei durch eine Vielzahl von Vergleichsjahren weitgehend zurückgedrängt werden.

Ein Ertragsvergleich von 12 Luzerneanlagen mit jeweils drei Nutzungen im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr (aus Tab. 18) zeigte im ersten Hauptnutzungsjahr mit 128,4 dt TS/ha nur geringfügig höhere Erträge als im zweiten mit 125,4 dt TS/ha.

Im dritten Hauptnutzungsjahr wurde ein deutlicher Ertragsabfall errechnet, da meist der dritte Schnitt nicht durchgeführt wurde. Die Erträge der ersten beiden Nutzungen waren bei unwesentlich späteren Schnittzeiten nur geringfügig niedriger als bei den vorausgegangenen Hauptnutzungsjahren. Am Versuchsort Triesdorf konnten auch im dritten Hauptnutzungsjahr drei Nutzungen durchgeführt werden. Gekennzeichnet waren hier die Ergebnisse durch niedrige Erträge im zweiten und hohe Erträge im dritten Hauptnutzungsjahr. Ursache dafür dürfte der Jahreseinfluß gewesen sein.

Der trockene Sommer 1964 begrenzte in Nordbayern den Ertrag sehr stark, während im feuchten Jahr 1965 hohe Erträge zu erzielen waren.

1.4.2 Ertragsentwicklung

1.4.2.1 Ertragsentwicklung der Sortimente

Der Ertragszuwachs der Luzerne war wegen der vorliegenden kurzen Zeitreihen nicht exakt zu erfassen. Die Zeitreihen waren zudem aus unterschiedlichen Hauptnutzungsjahren mit nicht einheitlicher Sequenz an Hauptnutzungsjahren aufgebaut.

Der Ertragszuwachs sämtlicher Jahreserträge (alle Jahre und Orte: $n = 54$) lag bei 1,05 dt TS/ha und Jahr. Dieser Ertragszuwachs scheint dem tatsächlichen Ertragstrend in allen Luzerne-Landessortenversuchen am nächsten zu kommen; er soll zum Vergleich des Ertragstrends mit anderen Fruchtarten herangezogen werden. Ein starker Ertragstrend konnte in den letzten Jahrzehnten ohnehin nicht beobachtet werden. Bereits in den Erntejahren 1958 (Weihenstephan), 1959 (Weihenstephan, Osterseeon) und 1960 (Pulling, Osterseeon) wurden jeweils über 140 dt TS/ha geerntet.

1.4.2.2 Ertragstrend langjährig angebaute Sorten sowie des Restsortiments

An allen überprüften Standorten einschließlich der Orte Obbach und Gnodstadt wurden durch den Sortenwechsel (Differenz des Ertragszuwachses zwischen den langjährig geprüften Sorten „Altfranken Schmid-Steinbach“ sowie „Du Puits“ und dem jeweiligen Restsortiment) im Mittel 0,10 bis 0,30 dt TS/ha und Jahr mehr erzeugt. Gemessen am gesamten Ertragstrend von +1,05 dt TS/ha und Jahr sind somit etwa 10—30% der gesamten Ertragssteigerung den Züchtungserfolgen zuzuschreiben.

1.4.3 Witterung und phänologisch-produktionstechnische Zeitpunkte und Zeitspannen

1.4.3.1 Beziehungen zwischen phänologisch-produktionstechnischen Zeitpunkten und Zeitspannen

Für Luzerne konnten ähnliche Abhängigkeiten gefunden werden wie für Rotklee. Der Zeitpunkt des Vegetationsbeginns bestimmte den Zeitpunkt des ersten und der folgenden Schnitte sowie die Länge der Aufwuchszeit des ersten Schnittes (meist statistisch gesicherte Abhängigkeiten).

1.4.3.2 Witterung und phänologisch-produktionstechnische Zeitpunkte und Zeitspannen

Je niedriger die Temperaturen während der Aufwuchszeit des ersten Schnittes waren, desto länger dauerte die Aufwuchszeit. Diese Abhängigkeit war im „kühleren“ Obbach wesentlich größer (hoch signifikant) als im „wärmeren“ Gnodstadt. Auch hier kommt, wie für Rotklee bereits festgestellt, neben den Temperaturschwankungen innerhalb gleicher Zeiträume (Monate) das unterschiedliche Temperaturniveau während der Aufwuchszeit, verursacht durch den sehr unterschiedlichen Zeitpunkt des Vegetationsbeginnes, zum Tragen.

Die Aufwuchsdauer des zweiten Schnittes zeigte eine ähnlich große Abhängigkeit von der Temperatur wie die Aufwuchsdauer des ersten Schnittes. Zur Aufwuchsdauer des dritten Schnittes konnten keine vergleichbaren Abhängigkeiten gefunden werden.

1.4.4 Ertrag und phänologisch-produktionstechnische Zeitpunkte bzw. Zeitspannen

Die Ertragshöhe der einzelnen Schnitte zeigte eine gleichartige, jedoch etwas geringere Abhängigkeit vom Zeitpunkt des Vegetationsbeginns und der Schnitte, wie dies unter 1.3.4 für Rotklee festgestellt wurde. Auf eine erneute Besprechung wird deshalb verzichtet.

1.4.5 Ertrag und Witterungsfaktoren

1.4.5.1 Ertrag des ersten Schnittes und Witterung

Den größten Einfluß auf die Ertragshöhe des ersten Schnittes hatten die Niederschläge während des ersten Aufwuchses. Weitere Witterungsfaktoren ließen keine beachtenswerte Ertragswirksamkeit erkennen.

Beide Orte brachten mit zunehmenden Niederschlagsmengen steigende Erträge ($+1 \text{ mm/Tag} = +7,10 \text{ dt TS/ha}$). Die durchschnittlichen Niederschlagsmengen lagen während des ersten Aufwuchses in Obbach bei 1,5 mm (Summe 113,8 mm) und in Gnodstadt bei 1,9 mm (Summe 135,0 mm). Die durchschnittlichen täglichen Niederschlagsmengen lagen zwischen 0,5 und 3,0 mm.

1.4.5.2 Ertrag des zweiten und dritten Schnittes und Witterung

Den größten Einfluß auf die Ertragshöhe des zweiten und dritten Schnittes haben erwartungsgemäß die Witterungsfaktoren während der jeweiligen Aufwuchszeit. Wie in der ersten, so zeigten auch in der zweiten und dritten Aufwuchszeit die Niederschläge die größte Ertragswirksamkeit. Zum zweiten Aufwuchs fielen in Obbach durchschnittlich 2,5 und in Gnodstadt durchschnittlich 2,2 mm pro Tag. Niederschlagsmengen von $\pm 1 \text{ mm/Tag}$ erzeugen dabei in Obbach $\pm 5,0$ und in Gnodstadt $\pm 10,3 \text{ dt TS/ha}$. Absichern ließ sich diese Korrelation allerdings nicht. Wie die Niederschläge, so hatten die Sonnenscheindauer und die relative Luftfeuchtigkeit einen ebenfalls erkennbaren Einfluß auf die Ertragshöhe. Entsprechend der Interkorrelation zu den Niederschlägen waren wenig Sonnenschein und hohe relative Luftfeuchtigkeit günstig für hohe Erträge im zweiten Schnitt. Die Temperatur zeigte sich nur in Obbach ertragswirksam (negative Korrelationskoeffizienten).

Die Beziehungen zwischen den Witterungsfaktoren während der Aufwuchszeit des dritten Schnittes und der Er-

tragshöhe des dritten Schnittes sind vergleichbar mit jenen des ersten Schnittes. Sämtliche Witterungsfaktoren haben positive Korrelationskoeffizienten zur Ertragshöhe. Von Bedeutung sind die Beziehungen allerdings nur am Versuchsort Obbach (gesicherte bzw. gut gesicherte Korrelationen).

1.4.5.3 Gesamtertrag und Witterung

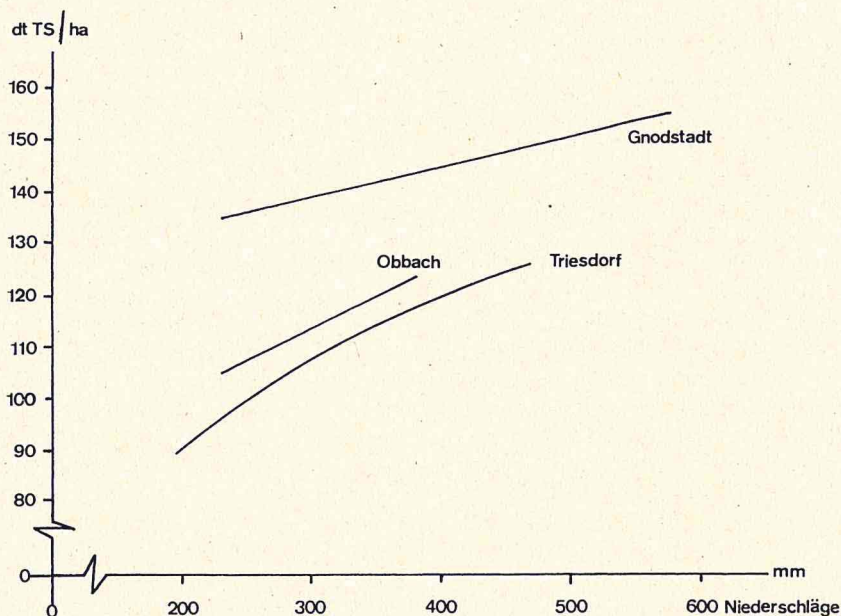
Die für die einzelnen Schnitte festgestellten Abhängigkeiten der Ertragshöhe von den Witterungsfaktoren bestätigten sich auch bei der Betrachtung des Gesamtertrages und der gesamten Vegetationszeit. Darst. 13 zeigt den Einfluß der Niederschlagsmenge vom 1. 5. bis 30. 9. auf die Ertragshöhe.

An sämtlichen Standorten stiegen die Erträge mit zunehmenden Sommerniederschlägen. Auf den guten, tiefgründigen Böden des Standortes Gnodstadt zeigten sich die Niederschläge weniger ertragswirksam ($\pm 16,2 \text{ mm} = \pm 1,0 \text{ dt TS/ha}$ im Bereich von 232—576 mm

Niederschlag) als auf den mittelschweren Böden in Obbach ($\pm 8,0 \text{ mm} = \pm 1,0 \text{ dt TS/ha}$ im Bereich von 230—381 mm Niederschlag) und den leichten Böden in Triesdorf ($\pm 7,0 \text{ mm} = \pm 1,0 \text{ dt TS/ha}$ im Bereich von 195—466 mm Niederschlag).

Die Temperatur war im gleichen Zeitraum ähnlich ertragsbestimmend wie der Niederschlag. Es wurden ausschließlich negative Korrelationskoeffizienten gefunden. Das durchschnittliche Tagesmittel lag im Bereich von $14,8 \pm 0,6^\circ \text{ C}$ (Triesdorf) bis $15,8 \pm 0,8^\circ \text{ C}$ (Gnodstadt). Sonnenscheindauer wie relative Luftfeuchtigkeit bildeten mit der Ertragshöhe stets positive, jedoch keine engen Korrelationen.

Die Winterwitterung vom 1. Oktober bis Vegetationsbeginn zeigte nur an den Versuchsorten Triesdorf und Amberg einen beachtenswerten Einfluß auf die Ertragshöhe. Niederschlagsreiche Winter wie nicht zu kalte Winter ließen hohe Erträge erwarten.



Darst. 13: Niederschlagsmenge in mm vom 1. Mai bis 30. September und Ertrag in dt TS/ha von Luzerne an den Versuchsorten Gnodstadt, Obbach und Triesdorf.

Gnodstadt: $r = +0,84^{xx}$, $b = +0,06 x$

Obbach: $r = +0,66$, $b = +0,12 x$

Triesdorf: $r = +0,62$, $b = +99,3 \lg x$

Tabelle 19: Vergleich der Erträge (kStE und Rohprotein)

Gebiet bzw. Standorte Futterart	Vergleichserträge			
	kStE/ha absolut	relativ ¹⁾	dt Rohprotein/ha absolut	relativ ¹⁾
Bayern (n = 36)				
Silomais	10 641	100	12,8	100
Rübenkörper	9 419	89	15,2	117
Rübenkörper und -blatt	11 685	110	22,3	174
sommerfeuchte Standorte (n = 25)				
Silomais	10 956	100	13,1	100
Rübenkörper	9 653	88	15,4	118
Rübenkörper und -blatt	11 860	108	22,2	169
sommertrockene Standorte (n = 11)				
Silomais	9 925	100	12,0	100
Rübenkörper	8 886	90	14,1	118
Rübenkörper und -blatt	11 286	114	21,7	181

¹⁾ Silomais (mfr. + msp. Sortiment) = 100.

Die Feststellung des Einflusses mehrerer Faktoren auf die Ertragshöhe mit Hilfe der multiplen Regressionsrechnung wurde wegen der kurzen Zeitreihen unterlassen.

2. Vergleichende Betrachtung zweier bzw. mehrerer Futterpflanzenarten

2.1 Vergleich von Silomais und Futterrüben

2.1.1 Ertrag

Ergebnisse aus Vergleichsversuchen wie aus Versuchen mit vergleichbaren Voraussetzungen (Blockversuche), in denen mehrere Futterpflanzenarten überprüft wurden, sind in den Tab. 19, 20 und 21 aufgelistet. Einen zusammenfassenden Ertragsvergleich von Silomais und Futterrüben zeigt Tab. 19. Die Ertragsunterschiede zwischen Silomais und Rübenkörpern bzw. Rübenkörpern und -blatt ließen sich nur für Rohprotein, nicht jedoch für kStE statistisch ($\alpha \leq 0,05$) absichern. In Tab. 23 sind die TS-Erträge von 59 Vergleichsernten (ökologischer Vergleich) aufgelistet. Es zeigte sich auch hier unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Energiegehaltes der Trockenmasse etwa die gleiche Ertragsrelation zwischen

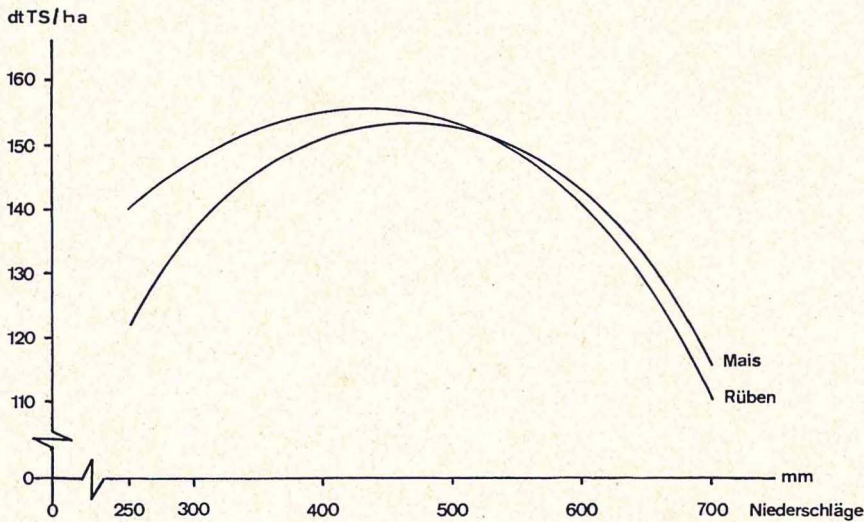
Silomais und Futterrübenkörpern wie in Tab. 19

2.1.2 Ertragsentwicklung

Der Ertragstrend mit etwa +2,50 dt TS/ha und Jahr war für beide Arten etwa gleich (Rübenkörper +2,66 dt, Mais +2,50 dt bzw. +160,5 kStE/ha und Jahr). Der durch den Sortenwechsel verursachte Einfluß auf den Ertragstrend (Züchtungsfortschritt) von Mais betrug 14—40% des gesamten Ertragstrends, jener von Rüben nur 3—11%.

2.1.3 Phänologisch-produktionstechnische Zeitpunkte und Zeitspannen

Der Saattag beeinflusste die Dauer der Auflaufzeit von Rüben stärker (engere negative Korrelation) als von Mais. Rüben wurden etwa 2—3 Wochen früher gesät als Mais — in Weihenstephan durchschnittlich am 14. April und damit 19 Tage früher als Mais (3. Mai). Die Auflaufzeit war gegenüber Mais mit durchschnittlich 21,5 Tagen nur um 2,3 Tage länger. Da die Länge der Auflaufzeit beider Arten sehr stark vom durchschnittlichen Tagesmittel während der Auflaufzeit abhing, war bei gleichen Temperaturen ein Vergleich der Auflaufzeit möglich. Rüben benötigten zum Auflaufen bei einem durchschnittlichen



Darst. 14: Niederschläge in mm vom 1. Mai bis 30. September und Erträge in dt TS/ha von Silomais (mfr. Sortiment) und Futterrübenkörpern, $n = 36$ Vergleichsversuche (Jahre u. Orte) in Bayern.

Silomais: $y = -368,9 - 0,0000003 x^3 + 207,33 \lg x$
 Futterrüben: $y = -201,9 - 0,0000003 x^3 + 145,53 \lg x$

Tagesmittel von über 10°C etwa einen, bei 6°C bereits um über drei Tage weniger als Mais. Je niedriger die Temperaturen während des Auflaufens waren, desto kürzer war die Auflaufzeit der Rüben im Vergleich zu Mais.

Weitere Vergleiche konnten zum einen aufgrund der großen Streuung innerhalb der einzelnen Arten, zum anderen mangels vergleichbarer Voraussetzungen zwischen den Arten nicht angestellt werden.

2.1.4 Ertragswirksame Faktoren

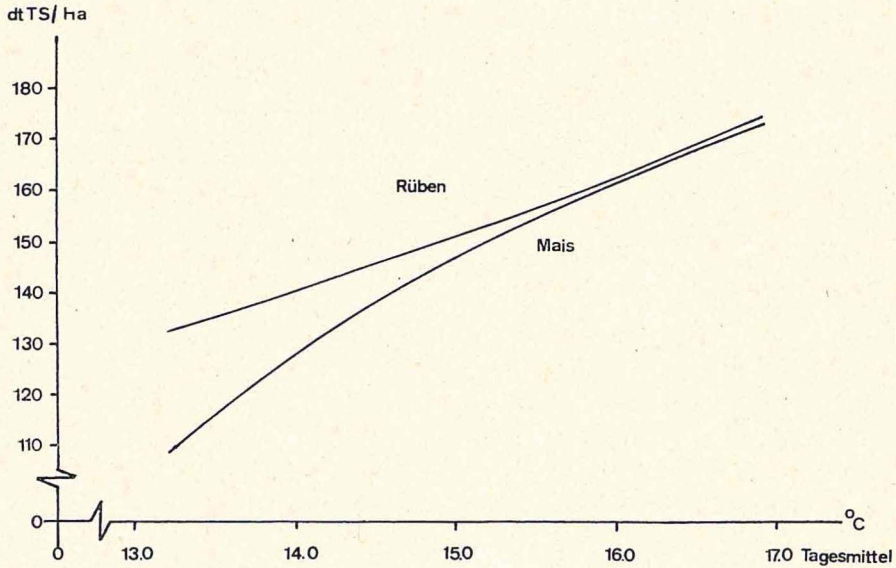
Die ertragswirksamen Witterungsfaktoren Niederschlag, Tagesmittel, Sonnenscheindauer und relative Luftfeuchtigkeit zeigten für Mais wie für Rüben jeweils gleichgerichtete Korrelationen mit geringfügig engeren Beziehungen für Mais.

Die Ertragswirksamkeit des Niederschlages und der Temperatur auf Mais und Rüben zeigen die Darst. 14 und 15. In beiden Darstellungen wurden zur Errechnung der Ertrags-Witterungs-Regressionen nur Versuchsergebnisse der Arten Mais und Rüben (Rüben-

körper) herangezogen, soweit diese unter gleichen ($n = 24$) oder vergleichbaren Voraussetzungen ($n = 22$) ermittelt wurden.

In feuchten — meist auch kühlen — Jahren waren die Rüben dem Mais im TS-Ertrag überlegen. In elf Vergleichsversuchen in Jahren mit über 500 mm Niederschlägen vom 1. 5. bis 30. 9. erbrachte der Silomais durchschnittlich 134,7 dt und die Rüben 139,9 dt TS/ha. Wesentlich deutlichere Ertragsunterschiede, besonders in kühlen, feuchten Jahren, ließen sich am Versuchsort Rothalmünster und an den Artenvergleichsversuchen feststellen.

In trockenen sowie in kühlen Jahren waren die Rüben dem Mais im Ertrag deutlich überlegen. Bei weniger als 350 mm Niederschlag vom 1. 5.—30. 9. konnten an Mais nur durchschnittlich 119,0 dt TS/ha, an Rüben dagegen 136,2 dt TS/ha geerntet werden ($n = 10$, stat. gesichert bei $\alpha = 0,12$). Eine etwa gleich große Ertragsdifferenz zwischen Mais (114,5 dt TS/ha) und Rüben (133,6 dt TS/ha) trat bei einem durchschnittlichen Tagesmittel unter $14,5^\circ \text{C}$ auf



Darst. 15: Durchschnittliche Tagesmittel in °C vom 1. Mai bis 30. September und Erträge in dt TS/ha von Silomais (mfr. Sortiment) und Futterrübenkörpern, $n = 36$ Vergleichsversuche (Jahre u. Orte) in Bayern.

Silomais: $y = 33,05 + 0,033 \lg x$
 Futterrübenkörper: $y = 99,88 + 0,017 \lg x$

($n = 12$, stat. gesichert bei $\alpha = 0,15$). Jahre mit durchschnittlichen Niederschlagsmengen und Temperaturen zeigten etwa gleich hohe, mit Mais oft höhere TS-Erträge. So konnten mit Niederschlagsmengen von 350—500 mm vom 1. 5. bis 30. 9. von Mais 152,4 dt TS/ha, von Rüben 151,4 dt TS/ha geerntet werden ($n = 12$). Mit Durchschnittstemperaturen von 14,5—16,0° C erbrachte Mais mit 152,8 dt TS/ha etwas höhere Erträge als Rüben (145,8 dt TS/ha, $n = 28$).

In warmen Jahren (durchschnittliche Tagesmittel vom 1. 5.—30. 9. über 15,0° C) brachten Mais wie Rüben etwa gleich hohe TS-Erträge. Die Rüben standen dem Mais auch unter sehr günstigen Wachstumsbedingungen im TS-Ertrag nicht nach (vgl. Versuchsort Rothalmünster und Fertingen).

Rüben erzielten mit durchschnittlichen wie mit günstigen Wachstumsbedingungen etwa gleich hohe TS-Erträge wie Silomais. Bei ungünstigen Witterungsbedingungen waren sie dem Silomais

im TS-Ertrag überlegen, d. h. sie verwerteten günstige Witterungsbedingungen zwar ebensogut wie Silomais, kamen jedoch mit ungünstigen Witterungsbedingungen besser zurecht.

Rüben scheinen den in Bayern vorherrschenden Klima- und Witterungsbedingungen besser angepaßt zu sein als Mais. Zugute kommt den Rüben sicherlich, daß die Erträge ausschließlich über die vegetative Phase und nicht wie die vom Mais zum großen Teil über die wesentlich witterungssensiblere generative Phase erzeugt werden.

2.2 Vergleich von Rotklee und Luzerne

Beide Arten stellen unterschiedliche Ansprüche an Boden und Klima, deshalb werden sie nur selten unter gleichen oder vergleichbaren Voraussetzungen angebaut.

Der Ertragsvergleich darf deshalb nicht zu stark bewertet werden, da man mit der Wahl eines gemeinsamen Versuchsortes meist nicht beiden Arten gleicher-

Tabelle 20: Vergleich der Erträge einiger Feldfutterarten aus Blockversuchen in kStE/ha und dt/ha Rohprotein (RP)

Versuchsort	Anzahl der Ver- gleiche (n)	Rüben- körper		Rüben- blatt		Gesamt		mfr.		Mais msp.		Rotklee		Luzerne	
		kStE ha	dt RP ha	kStE ha	dt RP ha	kStE ha	dt RP ha	kStE ha	dt RP ha	kStE ha	dt RP ha	kStE ha	dt RP ha	kStE ha	dt RP ha
Rotthalmünster (Ndb.)	7	11 055	17,8	2 286	7,1	13 341	24,9	12 621	15,1	12 335	15,1	—	—	—	—
Fertingen (Schw.)	6	9 665	15,6	2 544	7,9	12 205	23,5	11 265	13,4	11 373	13,4	—	—	—	—
Triesdorf (Mfr.)	5	8 150	13,1	2 092	6,5	10 242	19,6	8 327	10,4	8 353	10,4	—	—	—	—
Kringell (Ndb.)	5	7 705	11,9	1 681	5,1	9 386	17,0	9 763	11,7	9 479	11,7	—	—	—	—
Triesdorf (Mfr.)	5	7 748	12,5	1 616	5,0	9 364	17,5	—	—	—	—	—	—	6 251	27,3
Triesdorf (Mfr.)	1	10 473	16,9	2 800	8,7	13 273	25,6	10 300	12,7	10 600	12,8	—	—	6 829	29,8
Straßmoos (Obb.)	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4 947	19,8	5 356	23,3

— = kein Ertragsvergleich möglich.

maßen gerecht werden kann; zudem lagen nur drei Orte mit einem Vergleichsanbau vor.

Am sommertrockenen Standort Straßmoos konnte die Luzerne im direkten Vergleich zu Rotklee (= 100) einen TS- wie kStE-Ertrag von rel. 108 erzielen (Tab. 20). Weitere direkte Vergleiche liegen nicht vor. Unter vergleichbaren Voraussetzungen (Blockversuche) brachte die Luzerne ebenfalls höhere TS-Erträge sowohl an den sommertrockenen Orten (Straßmoos rel. 108, Amberg rel. 104) wie an einem sommerfeuchten Ort (Osterseon rel. 107).

Allein vom durchschnittlichen TS-Ertrag aller Landessortenversuche her gesehen, konnte vom Rotklee mit 134,9 dt/ha (n = 58, rel. 107) mehr geerntet werden als von der Luzerne mit 126,1 dt/ha (n = 54). Es bestanden jedoch keine vergleichbaren Produktionsvoraussetzungen.

Für beide Arten dürfte mit 0,90—1,05 dt TS/ha und Jahr ein etwa gleich hoher Ertragszuwachs vorliegen. Eine Differenzierung zwischen den beiden Arten war nicht möglich.

Der auf den Sortenwechsel (Züchtungsfortschritt) zurückzuführende Anteil am Ertragstrend konnte für Rotklee auf etwa 35% und für Luzerne auf etwa 20% der gesamten Steigerung errechnet werden.

2.3 Vergleich von sommerjährigen Leguminosen und Gräsern

2.3.1 Persischer Klee und Alexandrinerklee

In den Perserklee-Alexandrinerklee-Prüfungen standen im Perserkleesortiment meist drei bis vier iranische und portugiesische Herkünfte, im Alexandrinerkleesortiment in der Regel zwei italienische Herkünfte.

Alexandrinerklee brachte im Vergleichsanbau mit Perserklee (rel. 100) im ersten Schnitt deutlich höhere (rel. 111), im zweiten Schnitt gleich hohe bis geringfügig niedrigere (rel. 98) und im

dritten Schnitt deutlich niedrigere TS-Erträge (rel. 85). Der gesamte TS-Ertrag über alle Schnitte war von beiden Arten etwa gleich groß.

Perserklee lieferte aufgrund des um durchschnittlich 2,5% niedrigeren TS-Gehaltes signifikant höhere Grünmasseerträge (durchschnittliche TS-Gehalte in % der Grünmasse: Perserklee 11,8, Alexandrinerklee 14,3, 1. Schnitt 9,8 bzw. 12,4, 2. Schnitt: 12,0 bzw. 14,8 und 3. Schnitt: 13,8 bzw. 17,0).

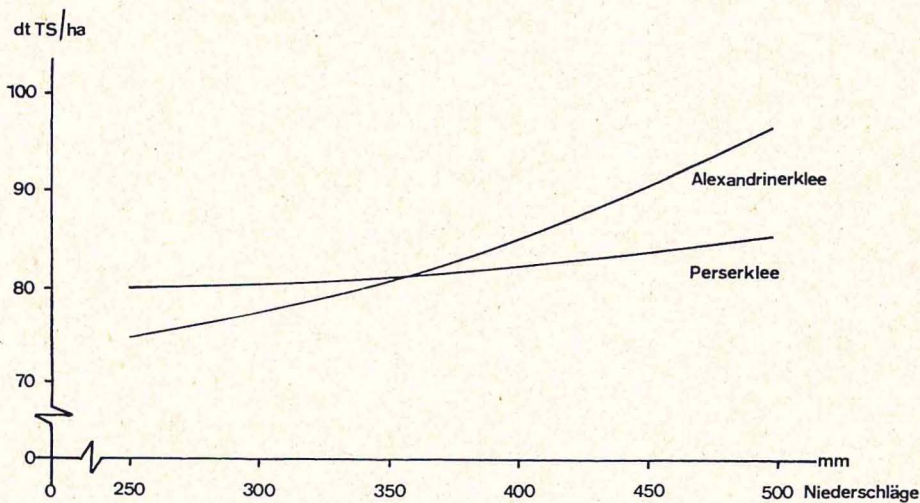
Im Rohproteintrag übertraf der Perserklee aufgrund des um durchschnittlich 2,0% höheren Rohprotein Gehaltes in der TS den Alexandrinerklee signifikant (durchschnittlicher Rohproteingehalt in % der TS: Perserklee 20,9, Alexandrinerklee 18,8, 1. Schnitt: 21,9 bzw. 19,1, 2. Schnitt: 20,0 bzw. 18,5, 3. Schnitt: 19,8 bzw. 18,8).

Da die beachtliche Anzahl von zwanzig direkten Vergleichsversuchen vorlag, konnte ein Vergleich beider Arten bezüglich ihrer Ertragsreaktion auf Witterungseinflüsse durchgeführt werden (Darst. 16).

Perserklee zeigte eine geringere Ertragsreaktion auf Witterungseinflüsse als Alexandrinerklee. Der Einfluß der Niederschlagsmenge sowie der Temperatur auf die Höhe des TS-Ertrages konnte abgesichert werden.

Mit einer Niederschlagsmenge bis zu 320 mm (1. 5.—30. 9.) erbrachte Perserklee gleiche (n = 2), meist jedoch höhere TS-Erträge (n = 6) als der Alexandrinerklee.

Fielen mehr als 320 mm Regen, war meist der Alexandrinerklee dem Perserklee überlegen (n = 8); in zwei Fällen wurden gleiche TS-Erträge beobachtet, in zwei weiteren Ernten brachte allerdings Perserklee geringfügig höhere TS-Erträge als Alexandrinerklee. Lagen die Tagesmittel unter 15° C in der Zeit vom 1. 5. bis 30. 9., so konnte vom Alexandrinerklee ein höherer TS-Ertrag (ϕ 92,0 dt/ha) geerntet werden als vom Perserklee (ϕ 89,4 dt/ha, n = 10). Bei über 15° C brachte der Perser-



Darst. 16: Niederschläge vom 1. Mai bis 30. September und Ertrag in dt TS/ha bei Persischem Klee und Alexandrinerklee, n = 20 Vergleichsversuche (Jahr u. Orte) in Bayern.

Persischer Klee: $b = +0,00000005 x^3$
 Alexandrinerklee: $b = +0,00000020 x^3$

klee (ϕ 72,3 dt/ha) höhere Erträge als der Alexandrinerklee (ϕ 69,9 dt/ha, n = 10). Allerdings ließen sich gesicherte Mehr- oder Mindererträge zwischen den beiden Arten im Bereich hoher oder niedriger Niederschlagsmengen oder Temperaturen nicht feststellen.

2.3.2 Persischer Klee und Rotklee (Ansaatjahr)

Rotklee (Sorte Hungaropoly) konnte bei Frühljahrsaussaat nur etwa 90% des Ertrages an Grünmasse, Trockenmasse und Rohprotein im Vergleich zu Perserklee (n = 6) erbringen. Statistisch absichern ließen sich Ertragsunterschiede allerdings nicht. Die TS- und Rohproteingehalte beider Arten waren etwa gleich hoch.

2.3.3 Persischer Klee und Einjähriges Weidelgras

Das Einjährige Weidelgras brachte im Vergleichsanbau (gleiche Schnittzeiten) im ersten Schnitt mit relativ 128 gesichert höhere TS-Erträge als der Persische Klee; im zweiten und dritten Schnitt waren die TS-Erträge nur un-

bedeutend niedriger (jeweils rel. 97). Somit konnten mit relativ 108 vom Einjährigen Weidelgras höhere Gesamttrockenmasseerträge (nicht gesichert) erzielt werden.

Im Gesamtgrünmasseertrag übertraf der Persische Klee aufgrund des um durchschnittlich 5% niedrigeren TS-Gehaltes das Einjährige Weidelgras deutlich (gesichert, durchschnittlicher TS-Gehalt in % 12,3 bzw. 17,2, 1. Schnitt: 11,0 bzw. 15,2, 2. Schnitt: 13,0 bzw. 19,2, 3. Schnitt: 13,7 bzw. 19,1).

Perserklee lieferte aufgrund des um durchschnittlich 6,5% höheren Rohproteingehaltes in der TS einen deutlich höheren Rohproteintrag (durchschnittlicher Rohproteingehalt in % der TS: 20,0 bzw. 14,5, 1. Schnitt: 20,9 bzw. 14,0, 2. Schnitt: 21,0 bzw. 14,2, 3. Schnitt: 20,9 bzw. 15,6).

2.4 Vergleich von Silomais und Futterrüben mit über- und mehrjährigen sowie sommerjährigen Leguminosen und Gräsern

Ergebnisse aus Vergleichsprüfungen von sommerjährigen Arten (Persischer

Tabelle 21: Erträge in kStE/ha aus den Artenvergleichsversuchen 1973 und 1974

Erntejahr und Versuchsstandort	Futterrüben			sommerjährige Arten		über- und mehrjährige Arten			Weißklee/ Weidelgras
	Mais kStE/ha	Körper kStE/ha	Blatt kStE/ha	Sommer- klee- gras kStE/ha	Einjähriges Weidelgras kStE/ha	Rotklee- gras kStE/ha	Rotklee kStE/ha	Luzerne- gras kStE/ha	
Erntejahre 1973									
Kaufbeuren	9 799	7 624	1 914	—	—	—	—	—	—
Landsberg	12 824	8 724	7 974	5 775	5 313	(5 176)	(4 435)	(4 030)	(4 970)
Schmidhausen	11 004	13 119	2 360	7 750	7 816	(3 985)	(4 196)	(3 427)	(5 371)
Steinach	11 817	9 022	1 678	5 250	5 154	(3 909)	(3 803)	(3 727)	(4 716)
Steinbach	13 044	8 422	3 644	6 076	6 550	(4 652)	(4 552)	(4 940)	(5 308)
Gerolfingen	12 698	10 992	2 056	—	—	(1 830)	(1 840)	(1 845)	(1 733)
Gelchsheim	14 059	11 752	2 702	5 375	5 819	—	—	—	—
∅ (n = 7)	12 178	9 951	2 475	—	—	—	—	—	—
∅ (n = 5)	12 550	10 209	3 666	6 045	6 130	—	—	—	—
Erntejahr 1974									
Kaufbeuren	6 497	—	—	2 442	2 524	5 529	5 261	5 680	5 201
Landsberg	7 629	7 615	2 440	4 777	5 595	7 250	6 290	6 142	6 495
Schmidhausen	9 216	12 603	2 146	4 718	5 237	7 977	5 584	7 289	6 585
Steinach	6 933	8 730	1 986	3 359	3 406	6 214	6 469	5 583	6 913
Steinbach	5 837	6 914	2 345	3 546	3 964	4 392	3 877	4 054	4 517
Gerolfingen	10 266	7 878	1 946	3 559	4 207	5 887	5 170	5 990	6 374
Gelchsheim	11 630	11 040	3 244	6 552	6 260	8 939	8 606	7 767	8 961
∅ (ohne Kauf- beuren)	8 585	9 130	2 351	4 419	4 778	6 777	6 000	6 321	6 640

— = keine Ertragsergebnisse vorliegend.

In () Erträge im Ansaatjahr!

Tabelle 22: Erträge in dt Rohprotein/ha aus den Artenvergleichsversuchen 1973 und 1974

Erntejahr und Versuchsstandort	Mais dt/ha	Futterrüben		sommerjährige Arten		über- und mehrjährige Arten				
		Körper dt/ha	Blatt dt/ha	Sommer- klee gras dt/ha	Einjähriges Weidelgras dt/ha	Rotklee gras dt/ha	Rotklee dt/ha	Luzernegras dt/ha	Weißklee/ Weidelgras dt/ha	
Erntejahr 1973										
Kaufbeuren	10,1	13,2	6,2	—	—	—	—	—	—	—
Landsberg	15,3	20,2	8,6	19,1	14,0	(18,0)	(17,1)	(15,7)	(15,3)	(15,3)
Schmidhausen	14,5	12,3	5,1	30,3	26,5	(13,2)	(14,9)	(14,0)	(17,6)	(17,6)
Steinach	14,1	20,7	6,4	15,8	13,8	(10,6)	(9,8)	(9,8)	(12,6)	(12,6)
Steinbach	16,2	20,1	9,4	19,0	19,6	(16,2)	(15,5)	(18,7)	(19,3)	(19,3)
Gerolfingen	14,1	17,0	6,4	—	—	(6,5)	(7,0)	(6,8)	(6,9)	(6,9)
Gelchsheim	17,0	14,9	7,0	18,6	18,7	—	—	—	—	—
Ø (n = 7)	14,4	16,9	7,0	—	—	—	—	—	—	—
Ø (n = 5)	15,4	17,6	7,3	20,6	18,5	—	—	—	—	—
Erntejahr 1974										
Kaufbeuren	8,7	—	—	12,7	12,8	24,8	23,2	25,0	23,7	23,7
Landsberg	9,7	11,1	8,5	17,7	19,6	27,8	24,3	27,0	27,7	27,7
Schmidhausen	11,3	18,3	8,6	21,1	19,7	30,0	24,4	31,1	25,8	25,8
Steinach	7,8	10,9	5,4	17,8	15,4	27,1	29,1	30,6	26,8	26,8
Steinbach	9,5	12,2	—	13,9	16,7	18,3	17,9	19,0	18,4	18,4
Gerolfingen	13,2	12,8	8,3	12,2	12,8	24,6	22,9	22,6	22,3	22,3
Gelchsheim	10,0	13,9	7,7	23,2	20,0	33,6	32,8	25,5	28,0	28,0
Ø (ohne Kauf- beuren)	10,3	13,2	(7,7) ¹⁾	18,9	17,4	26,9	25,2	26,0	24,8	24,8

— = keine Ertragsergebnisse vorliegend.

In () Erträge im Ansaatjahr!

¹⁾ Ohne Versuchsort Steinbach.

Tabelle 23: Erträge in dt TS/ha verschiedener Feldfutterarten aus ökologischen Vergleichen

Region	n	Futterrübenkörper		Mais		Rotklee		Luzerne	
		dt/ha	relativ	dt/ha	relativ	dt/ha	relativ	dt/ha	relativ
so-feucht + so-trocken	59	151,8	100	149,8	98	—	—	—	—
so-feucht	37	154,9	100	155,8	101	—	—	—	—
so-trocken	22	145,6	100	138,6	95	—	—	—	—
so-feucht	7	139,0	100	—	—	122,5	88	—	—
so-feucht + so-trocken	17	144,9	100	—	—	—	—	119,3	82
so-feucht + so-trocken	9	—	—	137,1	100	—	—	113,2	83
so-feucht + so-trocken	10	—	—	—	—	103,7	100	110,3	106

— = kein Ertragsvergleich möglich.

so-feucht = sommerfeucht, so-trocken = sommertrocken.

Tabelle 24: Ertragsvergleich nach Grünmasse (GM), Trockenmasse (TS) und Rohprotein (RP) in dt/ha aus Vergleichsversuchen mit Leguminosen und Gräsern

Schnitte	n	Persischer Klee = 100			Alexandrinerklee absolut/relativ			Rotklee bzw. Einjähriges Weidelgras absolut/relativ		
		GM ¹⁾	TS ¹⁾	RP ¹⁾	GM ¹⁾	TS ¹⁾	RP ¹⁾	GM ¹⁾	TS ¹⁾	RP ¹⁾
1	20	270,7	27,9	6,1	249,2/ 92	30,9/111	5,9/ 97			
2	20	251,5	30,2	6,3	200,2/ 80	29,7/ 98	5,5/ 87			
3	20	173,3	23,9	4,7	125,5/ 72	21,3/ 89	4,0/ 85			
Gesamt	20	695,5	82,0	17,1	574,9/ 83	81,9/100	15,4/ 90			
								Rotklee (Frühjahrsansaat)		
1	6	311,3	31,7	6,9	311,2/100	37,7/119	7,1/103	283,9/91	30,6/ 97	6,1/88
2	6	291,6	31,0	6,5	246,2/ 84	32,2/104	5,8/ 89	251,9/86	26,4/ 85	5,6/86
3	6	192,1	27,4	5,1	163,9/ 85	27,0/ 99	5,2/102	175,2/91	25,3/ 93	4,9/96
Gesamt	6	795,0	90,1	18,5	721,3/ 91	96,9/108	18,1/ 98	711,0/89	82,8/ 92	16,6/90
								Einjähriges Weidelgras		
1	11	271,0	29,7	6,2	224,9/ 83	30,2/102	5,6/ 90	249,0/92	37,9/128	5,3/85
2	11	224,3	29,1	6,1	166,9/ 74	26,6/ 91	5,0/ 82	146,3/65	28,1/ 97	4,0/66
3	11	154,6	21,1	4,4	106,9/ 69	18,0/ 85	3,5/ 80	107,1/69	20,5/ 97	3,2/73
Gesamt	11	649,9	79,9	16,7	498,7/ 77	74,8/ 94	14,1/ 84	502,4/77	86,5/108	12,5/75

¹⁾ Ertragsangaben absolut in dt/ha sowie relativ (Persischer Klee = 100).

n = Anzahl der direkten Vergleiche von Erträgen.

Klee, Alexandrinerklee, Einjähriges Weidelgras) mit über- und mehrjährigen Arten (Rotklee, Rotklee gras, Luzerne, Luzernegras, jeweils erstes Hauptnutzungsjahr) liegen nur aus sieben Standorten vom Versuchsjahr 1974 vor. Dabei konnten die sommerjährigen Arten nur durchschnittlich 71% des kStE- und Rohproteinertes der über- und mehrjährigen Arten erbringen (Tab. 21, 22).

Silomais und Futterrüben sind mit über- und mehrjährigen sowie sommerjährigen Arten ebenfalls nur in wenigen Vergleichsversuchen bzw. Versuchen mit vergleichbaren Voraussetzungen geprüft worden. Die meisten Vergleichsversuche stammen zudem aus den Jahren 1973 und 1974. Die Ergebnisse sollten wegen der geringen Anzahl von Vergleichen vorerst nur als Orientierungsdaten gebraucht werden (Tab. 25).

Die über- und mehrjährigen Leguminosen- und Gräserarten lieferten im Vergleich zu Mais und Rüben etwa $\frac{2}{3}$ der

kStE/ha, jedoch das $1\frac{1}{2}$ - bis $2\frac{1}{2}$ -fache an Rohprotein/ha. Sommerjährige Leguminosen- und Gräserarten brachten nur etwa die Hälfte an kStE/ha und etwa die gleiche bis anderthalbfache Menge an Rohprotein im Vergleich zu Mais und Rüben.

Der jährliche Ertragszuwachs von Mais und Rüben war mit etwa +2,5 dt TS/ha ungleich größer als von Rotklee und Luzerne mit etwa +1,0 dt TS/ha.

Ein Vergleich der Ertragswirksamkeit von Witterungsfaktoren für die einzelnen Arten erschien wegen der geringen Anzahl von Vergleichsversuchen nicht sinnvoll.

F. Diskussion

Material und Methoden

Durch die Verwendung der partiellen Korrelations-Regressionsmethode konnte auf eine Trendkorrektur des Materials verzichtet werden. Letztere wäre andernfalls nötig gewesen, da der in der Zielgröße (Ertragshöhe) enthaltene Trend in keinem Zusammenhang zur Ausgangsgröße (Witterungsfaktoren) steht und von dieser auch nicht zu erklären ist. Vielmehr wurde bei den Ausgangsgrößen Trendfreiheit unterstellt, was für Zeitreihen von über 15 Jahren sicher angenommen werden kann (Deutscher Wetterdienst, 1976).

In der Literatur wurden Ertragstrends, die nicht mit Witterungsfaktoren zu erklären sind, einer Ausgleichsrechnung unterzogen (LESS, 1926; BAUMANN, 1937). Trendkorrekturen und Ausgleichsrechnungen wurden am vorliegenden Untersuchungsmaterial nicht durchgeführt, da das Material neben einem starken Trend auch eine große Streuung aufwies.

Eine Trendkorrektur an den Erträgen der Futterrüben für den Zeitbereich 1950—1974, ausgehend vom Jahr 1962 mit einem Trend von +2,66 dt TS/ha und Jahr, würde in den Jahren 1950—

Tabelle 25: *Relative Ertragsleistung in kStE und Rohprotein von über- und mehrjährigen sowie sommerjährigen Leguminosen und Gräsern im Vergleich zu Silomais und Futterrüben*

Vergleichsfrüchte (= 100)	Anzahl der Vergl.- versuche	Relativverträge von Leguminosen und Gräsern an	
		kStE	Roh- protein
		1. über- und mehrjährige	
Silomais	6	61	250
Futterrüben- körper	11	74	205
Futterrüben- körper und -blatt	11	60	136
		2. sommerjährige Arten	
Silomais	12	50	146
Futterrüben- körper	12	55	121
Futterrüben- körper und -blatt	12	44	81

1960 oft zu unverträglich hohen und in den Jahren 1970—1974 oft zu unverträglich niedrigen Korrekturwerten führen. So brachten einige nordbayerische Orte in einem der Jahre 1970, 1971 oder 1972 infolge Trockenheit zum Teil sehr niedrige Erträge. Eine Korrektur dieses niedrigen Ertrages gemäß der genannten Trendgröße ergäbe einen zu geringen Wert. Dies ist nicht vertretbar, da sich die Ursachen für den Ertragstrend, wie bessere Produktionstechnik und ertragreichere Sorten, in Trockenjahren nur wenig ertragssteigernd, ertragsneutral oder auch ertragsenkend ausgewirkt haben dürften. Es müßte demzufolge in den einzelnen Jahren eine Korrektur der Erträge mit einer unterschiedlichen Trendgröße vorgenommen werden. Dieser notgedrungen sehr subjektive Eingriff in das Material schien nicht vertretbar und wurde unterlassen.

Um die Nichtlinearität der Beziehungen zwischen den Witterungsfaktoren und dem Ertrag (ATANASIU, 1950) zu berücksichtigen, wurden die Witterungsfaktoren (Ausgangsgröße) neben der untransformierten ($y = a + b x$) auch in der logarithmischen ($y = a + b \lg x$) und in der cubischen ($y = a + b x^3$) Transformationsstufe angeboten. Weitere Transformationsstufen, wie x^2 , \sqrt{x} und $1/x$, brachten, wie ein Testlauf zur Eingrenzung von Transformationsmöglichkeiten gezeigt hat, keine engeren Ertrags-Witterungs-Beziehungen und blieben unberücksichtigt.

Die Transformation der Größeneinheiten von Witterungsfaktoren erwies sich als großer Vorteil, da damit in fast allen Fällen engere Approximationen zur Ertragshöhe (Zielgröße) erreicht werden konnten.

BAUMANN (1966) erwähnt, daß zur Erstellung von Ertrags-Witterungs-Beziehungen die Aufnahme von „multiplikativen Gliedern“ besonders dann angebracht sei, wenn zwischen den Witterungsfaktoren — wie im vorliegenden Material — Wechselbeziehungen beste-

hen. Ein Test mit multiplikativen Gliedern von Witterungsfaktoren aus Niederschlag/Temperatur, Niederschlag/Sonnenscheindauer und Temperatur/Sonnenscheindauer wurde bei den Fruchtarten an ausgewählten Orten vorgenommen. Es konnten jedoch keine engeren Beziehungen zur Ertragshöhe ermittelt werden als mit den jeweiligen nichtmultiplizierten Witterungsfaktoren. Auf eine weitere Betrachtung multiplikativer Glieder von Witterungsfaktoren wurde deshalb verzichtet.

Unter gleichzeitiger Berücksichtigung von 5—6 Witterungsfaktoren konnte eine Ertragserklärung je nach Art von 50—80% erreicht werden. Die z. T. wenig befriedigende Ertragserklärung könnte zwei Hauptursachen haben. Die an den meteorologischen Meßstellen ermittelten Witterungsdaten dürften in einigen Fällen wegen der manchmal größeren Entfernung nicht immer die an der Versuchsstelle herrschenden Witterungsverhältnisse exakt genug wiedergeben. Dies würde eine kleinere Ertrags-Witterungs-Abhängigkeit und damit eine schlechtere Ertragserklärung zur Folge haben, was sich besonders in der multiplen Betrachtungsweise bemerkbar macht. Ferner liegen besonders in den Jahren von 1950 bis 1965 keine vollständigen Ertragsangaben aus Jahren mit sehr ungünstigem Witterungsablauf vor. Diese Jahre wären jedoch für eine gute Ertragserklärung sehr wichtig.

Ertragsentwicklung

Die Berechnung des linearen Trends über die Regression stellt nach übereinstimmenden Angaben in der Literatur die beste Auswertungsmethode zur Erfassung der Leistungssteigerung über die Jahre dar (SCHUSTER, 1970; GEIDEL, 1970; PENTZ, 1960). Nichtlineare, vornehmlich logarithmische und cubische Trends zeigen meist eine bessere Approximation, werden jedoch von Extremwerten sehr stark beeinflusst.

Der in den Landessortenversuchen festgestellte Ertragstrend mit +2,50 dt TS/ha und Jahr für beide Maissortimente stimmt mit den von SCHUSTER (1970) gefundenen Werten von +2,00 dt für mittelfrühe und +2,94 dt für mittelspäte bis späte Sorten weitgehend überein. Der von SCHUSTER festgestellte Unterschied zwischen mittelfrühen und mittelspäten Sortimenten dürfte vornehmlich auf die unterschiedlich langen Zeitreihen zurückzuführen sein. In den beim mittelspäten Sortiment zusätzlich verrechneten Jahren 1952—1956 sind drei Jahre mit extrem niedrigen Erträgen miterfaßt. Der Regressionsverlauf dürfte dadurch beeinflußt worden sein. Der auf den Sortenwechsel zurückzuführende Anteil am Ertragszuwachs erreichte eine ähnliche Größe, wie von SCHUSTER (1970) festgestellt.

In der Ermittlung des Ertragstrends von Futterrüben konnte eine ebenfalls gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen von SCHUSTER (1970) erzielt werden. Der von SCHUSTER (1970) errechnete jährliche Mehrertrag von 2,94 dt TS/ha ist nur geringfügig höher als der in der vorliegenden Arbeit errechnete Ertragsanstieg von 2,66 dt TS/ha und Jahr. Der Anteil am Ertragszuwachs, welcher dem Sortenwechsel zugeschrieben werden kann, deckt sich ebenfalls mit den Ergebnissen von SCHUSTER.

Für die Berechnung des durch Sortenwechsel verursachten jährlichen Ertragsanstieges mußte unterstellt werden, daß die den produktionstechnischen Ertragszuwachs wiedergebende, langjährig geprüfte Sorte genetisch unverändert blieb. Diese Unterstellung dürfte für die Luzernesorte Du Puits nicht zutreffen; sie hält an Ertragshöhe im Vergleichszeitraum mit den ständig wechselnden Sorten durchaus Schritt. Eine Begünstigung der Sorte Du Puits durch Umwelteinflüsse konnte nicht festgestellt werden.

An der Maissorte Prior ist ebenfalls

eine züchterische Verbesserung im Vergleichszeitraum nicht auszuschließen, zumal beide Hybrideltern zum Zwecke einer besseren Standfestigkeit ausgetauscht wurden.

Ertragstrendberechnungen an Leguminosen konnten in der Literatur nicht gefunden werden. Für die ohnehin auf kurzen Zeitreihen basierende Ertragstrendberechnung an Rotklee und Luzerne fehlt somit jede Bestätigung aus der Literatur.

Abhängigkeit der Ertragshöhe

Die Wahl der Länge von Zeitspannen einzelner Witterungsfaktoren innerhalb eines Jahres hat keinen eindeutigen Einfluß auf die Größe der Abhängigkeit der Ertragshöhe von den Witterungsfaktoren. Sowohl nach phänologisch-produktionstechnischen Zeitspannen ausgewählte als auch monataweise festgesetzte, den phänologisch-produktionstechnischen Zeitspannen angenäherte Daten von Witterungsfaktoren sind in ihrer Aussage annähernd gleich. Dies bringt den Vorteil, daß zu kurzfristigen wie auch laufenden Ertragsvorausschätzungen die leichter einholbaren Monatswerte von Witterungsfaktoren mit annähernd gleichem Erfolg zur Verrechnung herangezogen werden können wie die auf phänologisch-produktionstechnische Zeitspannen bezogenen Werte.

In der Korrelationsrechnung mit auf phänologisch-produktionstechnische Zeitspannen bezogenen Witterungsfaktoren ist zu beachten, daß Summenwerte wie z. B. Niederschlagsmenge, Sonnenscheindauer oder Wärmesumme nur begrenzt brauchbar sind, da die Summen sich auf unterschiedlich lange (phänologische) Zeitspannen beziehen. So kann die Summe eines Witterungsfaktors als Ausgangsgröße bei früherer Saat und langer Auflaufzeit in bezug auf die Zielgröße im suboptimalen Bereich liegen, während dieselbe Summe bei späterer Saat und kurzer Auflaufzeit

optimal oder überoptimal sein kann. In der vorliegenden Arbeit wurden deshalb der Summenwert und der Durchschnittswert als Ausgangsgrößen herangezogen, so z. B.: Summe der Niederschläge sowie durchschnittliche Niederschläge pro Tag in der Auflaufzeit. Stets dann, wenn der jeweilige Summenwert und der Durchschnittswert als Ausgangsgröße eine annähernd gleiche Aussage zuließen, wurde der Summenwert als aussagekräftig angesehen und weiterverwendet. Andernfalls wurde mit dem Durchschnittswert gerechnet.

In der Regel zeigte sich, daß die Ertragserklärung eines Witterungsfaktors um so größer ist, je länger die Zeitspanne des zur Ertragserklärung herangezogenen Witterungsfaktors gewählt wurde. Kurz gewählte Zeitspannen bringen nur dann eine gute Ertragserklärung, wenn die kurze Zeitspanne besonders ertragssensible Entwicklungsphasen oder sehr entwicklungsstarke Wachstumsphasen beinhaltet. Als besonders ertragssensibel haben sich für Silomais der Übergang von der vegetativen zur generativen Phase herausgestellt. Es sind dies in der Regel die Monate Juli und Juli/August. Dieselben Monate erwiesen sich auch für Futterrüben als am stärksten ertragsbeeinflussend.

Die in der vorliegenden Arbeit gemachten Aussagen zur Ertragsabhängigkeit des Silomais stimmen in den jeweils gemeinsam behandelten Punkten weitgehend mit den Ergebnissen von RINTELEN (1961/1971), LIESEGANG u. a. (1966) und ZSCHEISCHLER (1966) überein. Diese Übereinstimmung verwundert nicht, da die Aussagen auf fast ausschließlich in Bayern gewonnenen Versuchsergebnissen beruhen.

Nicht immer werden die Resultate für Futterrüben von anderen Autoren bestätigt. Ergebnisse aus dem österreichischen Alpenvorland (FIALA, 1967) dürften auf Bayern noch am ehesten übertragbar sein. So konnte auch dort

festgestellt werden, daß tiefe Temperaturen besonders dann stark ertragsbegrenzend wirkten, wenn die Niederschlagsmengen ausreichend oder zu groß waren. Ergebnisse aus Schlesien (BERKNER, 1951) und Brandenburg (TAMM, 1950) sind geprägt von zu geringen Niederschlagsmengen. Die Ertragswirksamkeit der Temperatur trat deshalb in den Hintergrund. Ähnliches wurde für die sommertrockenen nordbayerischen Gebiete festgestellt.

Hohe Niederschlagsmengen vor der Rübensaat wie auch hohe Winterniederschläge erwiesen sich im Gegensatz zu Beobachtungen von BERKNER (1951) unter süd- und nordbayerischen Verhältnissen als nicht förderlich für die Ertragshöhe. Vielmehr konnte nachgewiesen werden, daß hohe Niederschlagsmengen nach dem Vegetationsbeginn die Saat verzögern und so die Erntemengen verringern können.

Hohe Temperaturen nach der Rübensaat werden von allen Autoren als ertragsfördernd angesehen. Dies gilt besonders für die Gebiete mit hohen Niederschlägen im österreichischen Alpenvorland (FIALA, 1967) und für den südbayerischen Raum. In Nordbayern wie in Schlesien (BERKNER, 1951) und Brandenburg (TAMM, 1950) gingen hohe Temperaturen z. T. mit Trockenzeiten einher und führten deshalb auch oft zu geringeren Erträgen. Während der Jugendentwicklung (Auflauf bis Reihenschluß) erwiesen sich große Niederschlagsmengen stets als ungünstig; nach dem Reihenschluß waren sie günstig zur Erzielung hoher Erträge, jedoch nur in trockenen Lagen. Im sommerfeuchten Südbayern und im österreichischen Alpenvorland wurden in Jahren mit hohen Niederschlägen während der Hauptwachstumszeit meist geringe Mengen geerntet. Selbst in trockenen Gebieten konnten nach BERKNER (1951) sehr hohe Niederschlagsmengen besonders auf schweren Böden ertragssenkend wirken. Von allen Autoren werden hohe Temperaturen im Spätsom-

mer und im Herbst günstig für die Entwicklung beurteilt. Die Niederschlagsmengen wurden meist als ausreichend angesehen, auch in trockenen Gebieten.

Zu den Kulturarten Rotklee, Luzerne, Persischer Klee und Alexandrinerklee liegen keine Veröffentlichungen vor, die vergleichbare Fragestellungen behandeln. Interessant ist bei Persischem Klee und Alexandrinerklee, daß alle Korrelationskoeffizienten zwischen Ertrag und Witterungsfaktoren positiv sind, auch im sommerfeuchten Gebiet im Gegensatz zu Rotklee; somit wurde bei keinem Witterungsfaktor das Optimum in bezug auf die Ertragshöhe überschritten.

Vergleichende Betrachtungen mehrerer Futterpflanzenarten

Die in der Literatur angeführten Ergebnisse zum Ertragsvergleich von Silomais und Futterrüben konnten in der vorliegenden Arbeit fast ausnahmslos bestätigt werden. In den eigenen Untersuchungen erzielten die Rübenkörper 89%, Rübenkörper und -blatt 110% der kStE-Erträge von Silomais, für Rohprotein lauten die entsprechenden Zahlen 117 bzw. 174%. ZSCHEISCHLER (1973) stellte in 53 Ertragsvergleichen in Bayern für Silomais und Futterrüben (Rübenkörper) etwa gleich hohe Erträge an TS und um etwa 10% höhere Erträge an kStE/ha für Silomais fest. In einer früheren Veröffentlichung (1961), jedoch bei einer wesentlich geringeren Anzahl von Vergleichen, ließ sich Ertragsgleichheit nach Trockenmasse zwischen Silomais und Futterrüben nur unter Hinzurechnung des Rübenblattes ermitteln.

ZÜRN (1965) ermittelte am Versuchsort Steinach über acht Jahre für Futterrüben (Rübenkörper) um 8% niedrigere TS-Erträge als für Silomais.

Auch die in der Eifel (KLÖCKER, 1973) geernteten Erträge von Silomais und Futterrüben bestätigten die gefundenen

Ertragsergebnisse. Futterrüben (Rübenkörper + Rübenblatt) erbrachten um 7% höhere TS-Erträge und um 50% höhere Rohproteinerträge im Vergleich zu Silomais.

Eine starke Abweichung zu den bisher wie auch in dieser Arbeit festgestellten Ertragsrelationen zwischen Silomais und Futterrüben zeigen die Ergebnisse von SPATZ (1973), ermittelt in Vergleichsversuchen im Voralpengebiet. In acht Vergleichsversuchen an vier Orten wurden von Futterrüben (Rübenkörper + Rübenblatt) nur 75% der kStE-, jedoch 175% der Rohproteinerträge je ha im Vergleich zu Silomais geerntet. Dabei brachten zwei Versuchsorte im Grünlandgebiet (Marzoll, Schwaiganger) mit relativ 70 bzw. 64% sehr niedrige Futterrübenenerträge (Rübenkörper + Rübenblatt), während zwei weitere Versuchsorte an der Grenze bzw. außerhalb des Grünlandgürtels (Straßhof, Grünschwaige) mit relativ 90 bzw. 86% hohe Relativerträge an Futterrüben im Vergleich zu Silomais (= 100) lieferten.

Die Temperaturen vom 1. 4. bis 30. 9. waren dabei in den Versuchsjahren 1968, 1969 und 1970 an den Versuchsorten Marzoll und Schwaiganger mindestens so hoch — die Niederschläge höher — als an den Versuchsorten Straßhof und Grünschwaige.

Vergleichbare Ertragsrelationen konnten an keinem der hier ausgewerteten Versuchsorte gefunden werden. Selbst an den ebenfalls im Voralpengebiet gelegenen Versuchsorten Kaufbeuren und Landsberg brachten in dem für Silomais günstigen Versuchsjahr 1973 die Futterrüben (Rübenkörper + Rübenblatt) noch 97 bzw. 91% des Ertrages an kStE/ha im Vergleich zu Silomais. Die Futterrübe hat sich außerdem als weniger ertragssensibel bezüglich Niederschlag und Temperatur erwiesen als Silomais.

Die vom gleichen Autor festgestellte Ertragsrelation zwischen Silomais und sommerjährigem Klee gras (Perserklee

+ Einjähriges Weidelgras einschließlich Haferdeckfrucht) bestätigt annähernd die in der vorliegenden Arbeit gemachten Angaben. Mit Relativerträgen von 65 für die kStE- und 175 für die Rohproteinträge liegt das sommerjährige Klee gras sogar günstiger im Vergleich zu Silomais (= 100) als in den eigenen Ergebnissen (relativ 50 bzw. 146). Angesichts der wüchsigen Versuchsjahre 1968, 1969 und 1970 und der für Silomais nicht sehr günstigen Standorte (Grenzlagen) entspricht der hohe Relativertrag des sommerjährigen Klee grasses den Erwartungen.

Die festgestellte Ertragsrelation zwischen Persischem Klee und Alexandrinerklee konnte von ADER (1963) bestätigt werden. ADER (1963) stellte in vierjährigen Vergleichsversuchen in der Pfalz eine gut gesicherte Überlegenheit des Persischen Klees gegenüber Alexandrinerklee im Grünmasse- und im Rohproteintrag fest. Im TS-Ertrag ergab sich kein gesicherter Ertragsunterschied zwischen beiden Arten. In weiteren Arbeiten von HÜBNER (1969/1971) konnte stets Perserklee in Reinsaat wie in Mischsaaten mit Gräsern geringfügig höhere Erträge als Alexandrinerklee erzielen.

Fundierte Aussagen zur Ertragssicherheit konnten am untersuchten Material leider nicht gemacht werden. Jedenfalls zeigte sich, daß die Futterrüben eine geringere Streuung in den Erträgen aufwiesen als der Mais. Die Streuung war bei beiden Arten jedoch um so geringer, je höher das Ertragsniveau war.

In der vorliegenden Arbeit konnten die Ertragsleistung, der Ertragstrend und die Ertragsabhängigkeit der wichtigsten Feldfutterarten erfaßt werden. Durch die Kenntnis der Leistungsfähigkeit und der Leistungsgrenzen in Abhängigkeit von der Witterung, aber auch der bisherigen und vermutlich auch künftigen Ertragsentwicklungen wird es ermöglicht, die Feldfutterarten planmäßiger auszuwählen und somit

die Ertragshöhe und die Ertragssicherheit im Feldfutterbau zu erhöhen.

G. Literatur

- ADER, F., 1963: Ergebnisse mehrjähriger Anbauversuche mit Persischem Klee. Saattgut-Wirtschaft 11, 319—321.
- ATANASIU, N., 1950: Beziehungen zwischen klimatischen Wachstumsfaktoren und Pflanzenertrag. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkd. 49/94, 83—89.
- BAUER F., 1925: Beziehungen zwischen Niederschlagsmenge und Ernteertrag in Niederbayern. Meteor. Z. 41, 170—173.
- BAUMANN, H., 1937: Die land- und volkswirtschaftliche Bedeutung von Dürrejahre n im deutschen Anbaubereich kritisch untersucht auf Grund des Witterungsverlaufs im 20. Jahrhundert. Landw. Jb. 84, 377—430.
- , 1938: Witterungsverlauf und Ernteertrag in der Kurmark bei den Hauptgetreidearten und Kartoffeln. Landw. Jb. 86, 823—924.
- , 1940: Klima und Witterung in ihrer Bedeutung für die Getreideernte. Forschungsdienst 10, 249—265.
- , 1960: Die Beziehungen zwischen Witterungsverlauf und Ernteertrag bei Winterweizen und Winterroggen im Dikopshofer Dauerdüngungsversuch 1906—1957. Ein ökologischer Vergleich. Z. Acker- u. Pflanzenbau 110, 345—363.
- , 1962: Die Erträge von Wintergerste, Hafer und Zuckerrüben im Dikopshofer Dauerdüngungsversuch und der Kölner Bucht in Beziehung zur Witterung. Z. Acker- u. Pflanzenbau 114, 281—294.
- und WEBER, E., 1966: Versuch einer statistischen Analyse der Beziehung zwischen Witterung und Ertrag mit Hilfe multipler Regressionen. Mitt. d. Dt. Wetterdienstes 37 (Bd. 5), 3—21.
- BAUR, G., 1934: Zur Frage der Auswertung von Sortenversuchsergebnissen unter ökologischem Gesichtswinkel. Pflanzenbau 10, 1—17.
- Bayerische Landesanstalt für Tierzucht, 1972: Grundlage zur Futterberechnung für Milchkühe, Zucht- und Mastriinder. Herausgeber: Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

- Behrens, W. U.*, 1954: Das Zusammenwirken der Wachstumsfaktoren. Z. Acker- und Pflanzenbau 98, 131—144.
- Berényi, D.*, 1954: Die Ergebnisse der Forschung über den Zusammenhang zwischen den klimatischen Faktoren und dem Ernteertrag. Acta Universitatis Debreceniensis 1, 193—204. Ref. in Bibliographien des Dt. Wetterdienstes 8, 48—49.
- Berkner, N.*, 1951: Die Beziehungen zwischen Pflanzenanbau und Witterungsablauf. Z. Acker- u. Pflanzenbau 93, 22—32.
- Bider, M.*, 1945: Korrelation zwischen Witterung und Ernteerträgen. Verh. der Schweizerischen Naturforsch. Gesellschaft, 135—137.
- Boekhold, K.*, 1950: Die volkswirtschaftliche Bedeutung der deutschen privaten Pflanzenzucht. DLG-Nachrichten Pflanzenzucht 1950, 3—19.
- Boguslawski, E. von*, 1942: Ein Verfahren zur statistischen Untersuchung der Abhängigkeit der Ernteerträge von Standort und klimatischen Faktoren. Forschungsdienst 13, 301—320.
- , 1954: Das Zusammenwirken der Wachstumsfaktoren bei der Ertragsbildung. Z. Acker- u. Pflanzenbau 98, 145—186.
- Brouwer, W.*, 1926: Die Beziehungen zwischen Ernte und Witterung in der Landwirtschaft. Landw. Jb. 63, 1—81.
- Brouwer, W.*, 1926/27: Die „kritischen Zeiten“ und das „ökologische Optimum der Witterungsfaktoren“, ein Mittel zur Bestimmung der Ernteerträge. Pflanzenbau 3, 330—334.
- Bunnies, H.*, 1971: Der Einfluß der Züchtung am Ertragszuwachs von Getreide, ermittelt für die Bundesrepublik Deutschland. Z. Acker- u. Pflanzenbau 134, 215—226.
- Cuzmán López, G. T.*, 1974: Phänologie und Reife des Körnermaises in der Bundesrepublik Deutschland in Abhängigkeit von Witterung und Klima. Diss. TU München/Weihenstephan.
- Dechering, F. J. A.*, 1965: Handleiding voor de Berekening van de Voederwaarde van Ruwvoedermiddelen. Jahrgang 1965. Herausgeber: Centraal Veevoederbureau in Nederland, Mariendaal, Oosterbeek, Niederlande.
- Dixon, W. J.*, 1970: University of California Publications in Automatic Computation No. 2, Biometrical Computer Programs. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer*, 1968: Arbeiten der DLG. 17, DLG-Verlag Frankfurt/Main.
- Deutscher Wetterdienst*, 1976: Mündliche Auskunft des Leiters der agrarmeteorologischen Forschungsstelle Weihenstephan.
- Engel, K. H. und G. Meinel*, 1966: Untersuchungen über die Ertragsbildung als Grundlage für pflanzenzüchterische und pflanzenbauliche Maßnahmen. Tagungsber. der DAL 82, Teil II, 27—42.
- Fiala, F.*, 1967: Der Einfluß einiger Produktionsbedingungen auf den Anbau und die Ertragsbildung der Futterrübe. Bodenkultur 18, Sonderh., 83—102.
- Filzer, P.*, 1951: Die natürlichen Grundlagen des Pflanzenertrages in Mitteleuropa. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Erwin Nägele) Stuttgart.
- Fisher, R. A.*, 1925: The Influence of Rainfall on the Yield of Wheat at Rothamsted. Phil. Trans. Roy. Ser. B., 213.
- Geidel, H.*, 1970: Zur Auswertung von Zeitreihen. Ref. Ausschuß Biometrie und Versuchswesen DLG-Tagung, Wiesbaden.
- Grünewald, G.*, 1950: Wetter und Ernteerträge in Thüringen. Mitt. Thüring. Landeswetterwarte 10.
- Hallgreen, G.*, 1947: Studies on the influence of precipitation on crop yields in Sweden with special reference to field irrigation. Kungl. Lantbrukshögsk. Ann. 14, 173—289.
- Hanamann, G.*, 1901: Der Einfluß der meteorologischen Faktoren auf das Gedeihen der Zuckerrübe und Braugerste. Z. Landwirtschaftl. Ver. Wesen Österreich 4, 1073—1112.
- Haude, W.*, 1949: Über Wetter und Witterung in ihrem Einfluß auf den Gewichtsertrag von Feldkulturen. Ann. Meteorol. 2, 165—182.
- Holdefleiss, P.*, 1925: Über den Einfluß der Witterungsfaktoren auf die Ernteerträge. Kühn-Archiv 9, 53—78.
- , 1929: Übersicht über die Ergebnisse der bisherigen Arbeiten über die Abhängigkeit der Ernteerträge von den Witterungsfaktoren. Kühn-Archiv 20, 371—377.
- Hoffmann, E. und E. Bahn*, 1964: Die Auswertung langjähriger Reihen von Feldversucherträgen in Verbindung mit

- agrometeorologischen Daten. Z. landw. Versuchs- und Untersuchungswesen 10, 207—232, 283—309.
- Hooker, R. H., 1922: The weather and the crops in eastern England 1885—1921. Quart. J. roy. meteor. Soc. London 48, 115—138.
- Hübner, R., 1969: Wert- und Leistungseigenschaften von Futterpflanzenarten aus langjährigen Feldversuchen. Wirtschaftseig. Futter 15, 228—244.
- Hübner, R., 1971: Persischer Klee (*Trifolium resupinatum*) im einjährigen Futterbau. Wirtschaftseig. Futter 17, 1—24.
- Kern, H., 1964: Untersuchungen über Menge, Beschaffenheit und Erntesicherheit des Erntegutes mehrerer Kulturpflanzenarten in Abhängigkeit von Jahreswitterung, Nährstoffzufuhr und Fruchtfolgestellung. Diss. TU München/Weihenstephan.
- Klößker, W., 1973: Erträge und Inhaltsstoffe einiger Futterhackfrüchte und deren Beeinflussung durch einige Klimafaktoren in der hohen Eifel. Diss. Universität Bonn.
- Knauer, N., 1964: Pflanzenbauliche Gesichtspunkte zum Futterrübenanbau in verschiedenen Anbauzonen Deutschlands. Wirtschaftseig. Futter, So.-H. 2, 3—18.
- Köhnlein, J., 1971: Grundriß der Futterbaulehre, Verlag E. Ulmer, Stuttgart.
- Kreuz, E., 1961: Der Einfluß der Witterung auf den Kornertrag und die Qualität der Braugerste — untersucht anhand zahlreicher Feldversuche. Diss. TU München/Weihenstephan.
- Krumbiegel, D., 1966: Der Einfluß klimatischer Faktoren auf Wachstum und Ertrag der Zuckerrübe. Wiss. Z. d. Humboldt-Universität Berlin, Math.-nat. Reihe 15, 231—248.
- Kuzniar, K., 1964: Über die Abhängigkeit des Wachstums, des Zuwachses und des Ernteertrages der Getreidepflanzen von der Bodenfeuchte und bestimmten meteorologischen Faktoren. Wiss. Z. d. Karl Marx Universität Leipzig. Math.-nat. Reihe 13, 897—903.
- Kuchs, W., 1969: Die voraussichtliche Entwicklung der Bodenproduktion in den Wirtschaftsgebieten der BRD bis 1980. Diss. Universität Hohenheim.
- Langer, R. H. M., 1972: How Grasses Grow. Studies in Biology no. 34.
- Leisner, G., 1955: Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Witterungsverlauf und Ernteertrag der Kulturpflanzen im Gebiet der Niederhessischen Senke (Kurahessen) und vergleichbare Betrachtungen in Soissonais (Frankreich). Diss. Universität Gießen.
- Less, E., 1926: Über die Abhängigkeit der Ernteerträge in Preußen von Niederschlägen und Temperatur. Z. Acker- und Pflanzenbau 64, 241—296.
- Liesegang, F. und Schall, S., 1966: Der natürliche Standort für den Anbau von Körner- und Silomais in der Bundesrepublik Deutschland. Ber. über Landwirtschaft 44, 568—605.
- Meyer, K., 1954: Zur Frage der weiteren Erhöhung der deutschen Getreideernten durch Züchtung und Sortenwahl. Z. Pflanzenzücht. 33, 424—426.
- Nössberger, J., 1964: Blattfläche und Trokensubstanzproduktion von Kleebeständen in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen. Ber. der Schweizerischen Bot. Gesellschaft 74, 108—163.
- Pentz, W., 1960: Die Steigerung der deutschen Getreideerträge. Agrarwirtschaft 9, 125—139.
- Pfau, R., 1964: Ein Beitrag zur Wetterertragsstatistik von Halm- und Hackfrucht. Ber. Dt. Wetterdienst 94, 1—26.
- Pinter, L., 1958: Einfluß der meteorologischen Faktoren auf die Ernteergebnisse der wichtigsten Ackerpflanzen. Angew. Meteor. 3, 77—92.
- Primost, E., 1964: Ertrag und Qualität von Silomais in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung und der Witterung. Wirtschaftseig. Futter 10, 10—22.
- Reiner, L., 1971/72: Biometrie in der Pflanzenproduktion, dargestellt an programmierten Beispielen. Seminar TU München/Weihenstephan.
- Rintelen, P., 1961: Betriebswirtschaftliche Bedeutung des Grünfütter- und Silomaisanbaues in: Maisanbau — Möglichkeiten und Grenzen in der Bundesrepublik. Arb. der DLG 72, 9—19.
- , 1971: Mais — Ein Handbuch über Produktionstechnik und Ökonomie. DLG-Verlag Frankfurt/Main.
- Rosenstiel, K. von, 1965: Silomais: Bestimmung von Ertrag und Qualität. Vortrag Biom. Koll. Prag 10. 4. 1965.
- Russel, E. J., 1937: Fünfzig Jahre Dauerfeldversuche in der Versuchsstation Wo-

- burn, einer Abteilung der Versuchsstation in Rothamsted. Landw. Jb. 84, 161—261.
- Sachs, L., 1969: Statistische Auswertungsmethoden. Springer-Verlag Berlin — Heidelberg — New York.
- Scheibe, A., 1961: Die volkswirtschaftlichen Leistungen der deutschen Pflanzenzüchtung in der Vergangenheit und in der Gegenwart. Landw.-Angew. Wiss. 111, 75—111.
- Schnell, F. W., 1969: Leistung und Struktur heutiger Zuchtsorten. Vorträge 5. Landw. Hochschultag. Hrsg.: Min. Landwirtschaft, Weinbau und Forsten, Rheinland-Pfalz, Mainz.
- Spatz, G., Voigtländer, G. und Reiner L., 1974: Untersuchungen zum Anbau von Futterpflanzen im Oberbayerischen Grünlandgürtel. Bayer. Landw. Jb. 51, 259—281.
- Schuster, W., 1970: Die Ertragssteigerung bei einigen Kulturpflanzen von 1952—1969. Z. Acker- u. Pflanzenbau 132, 189—206.
- , 1970: Vertiefte Auswertung von langjährigen Landessortenversuchen. II. Die Ertragssteigerung und die Verbesserung von Sorten in den letzten 20 Jahren. Landwirtsch. Forsch. 23, 290—314.
- Tamm, E., 1950: Über Beziehungen zwischen Witterungsverlauf und Ertragsbildung bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen im Land Brandenburg. 2. Beitrag: Sommer- und Wintergetreide. Z. Acker- und Pflanzenbau 92, 100—124.
- Voigtländer, G., 1964: Über die Abhängigkeit der Ertragsbildung und der Ertragshöhe bei einigen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen von Boden und Klima in zwei verschiedenen Höhenlagen. Arb. der Landwirtschaftl. Hochschule Hohenheim Bd. 27. E. Ulmer, Stuttgart.
- Weber, E., 1972: Grundriß der biologischen Statistik. 7. Auflage, G. Fischer, Stuttgart.
- Zeitler, W., 1965: Der Kleegrasanbau im Bayerischen Wald. Bayer. Landw. Jb. 42, 536—583.
- , 1969: Ein Beitrag zur Auswahl anbauwürdiger Ackerfrüchte in Mittelgebirgs-lagen. Bayer. Landw. Jb. 46, 214—223.
- Zillmann, K. H. und Kreil, W., 1957: Witterung und Weidewuchs. Albrecht-Thaer-Archiv 2, 13—53.
- Zscheischler, J., 1961: Ertragsvergleich zwischen Grünfütter und Silomais gegenüber Futterrüben in: Maisanbau — Möglichkeiten und Grenzen in der Bundesrepublik. Arb. der DLG 72, 19—25.
- Zscheischler, J. und Michel, V., 1973: Anbau und Ertrag von Futterrüben und Silomais in Bayern und den Regierungsbezirken im Spiegel der Statistik und der Landessortenversuche 1955—1971. Bayer. Landw. Jb. 50, Sonderh. 1, 154—166.
- Zscheischler, J. und Gross, F., 1966: Mais, Anbau und Verwertung. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- Zürn, F., 1965: Zehnjährige Sorten- und Düngungsversuche mit Silomais und Futterrüben in Steinach, Bayer. Landw. Jb. 42, 477—486.