

31

## **Beziehung zwischen Witterung und Zuckerrübenmerkmalen im Spätsommer**

**von Hans Strehler**

## Beziehung zwischen Witterung und Zuckerrübenmerkmalen im Spätsommer

H. Strehler, Agrarmeteorologischer Dienst der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt Zürich

### Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde der Zusammenhang zwischen Witterung und Entwicklung des Rübengewichtes bzw. Zuckergehaltes für die Zeitspanne vom 1. August bis 19. September untersucht. Diese zwei Kalenderdaten sind durch die zur Verfügung stehenden Analysen bedingt. Der Rübenzustand vom 1. August war für den Zustand am 19. September massgebend. Die Gegenüberstellung der besten und der schlechtesten Jahre zeigt: je kleiner die Rüben, desto höher ihr Zuckeranteil (in %). Vergleicht man Rübengewicht, Zuckergehalt (in gr Rübe<sup>-1</sup>) und Zuckeranteil (in %) mit der Entwicklung des Wetters von April bis September, so lässt sich kein eindeutiger Zusammenhang mit einzelnen Wetterelementen nachweisen. Für eine gute Entwicklung braucht die Zuckerrübe gleichmässig verteilte Niederschläge (400 bis 800 mm von April bis September). Ebenfalls wichtig ist warmes und sonniges Wetter, besonders in den Monaten Juli und September. Abschliessend stehen noch einige Gedanken über die Notwendigkeit möglichst genauer Angaben, verteilt über die ganze Vegetationsperiode, um so einen besseren Überblick über den ganzen Problemkreis zu bekommen.

### Résumé

On a recherché s'il existait une relation entre différentes conditions météorologiques et les variations du poids des racines de betteraves à sucre, respectivement de leur teneur en sucre entre le 1<sup>er</sup> août et le 19 septembre. Ces deux dates étaient imposées par les résultats d'analyses disponibles. L'état des racines à la première de ces dates est déterminant pour celui atteint à la seconde. Une étude des meilleurs et des moins bonnes années montre que plus les racines sont petites, plus leur taux de sucre (exprimé en %) est élevé. Si l'on compare le poids des racines, leur teneur en sucre (en gr racine<sup>-1</sup>) et leur taux en sucre (%) d'une part, l'évolution du temps d'avril à septembre d'autre part, on ne peut en tirer de différences quant à l'importance de paramètres météorologiques déterminés. Pour se développer au mieux, la betterave à sucre a besoin de précipitations régulières (400 à 800 mm d'avril à septembre) et d'un temps chaud et ensoleillé, surtout en juillet et en septembre. Cette étude se termine par quelques considérations sur la nécessité de posséder des valeurs précises couvrant toute la période de végétation pour arriver à une vue d'ensemble du problème posé.

### Riassunto

Si è esaminato se esista una relazione tra le differenti condizioni meteorologiche e le variazioni di peso delle radici delle barbabietole per zucchero, rispettivamente del loro tenore in zucchero dal 1<sup>o</sup> agosto al 19 settembre. Queste due date sono state imposte dai risultati disponibili delle analisi eseguite. Lo stato delle radici alla prima di queste date è determinante per quello raggiunto alla seconda. Uno studio delle annate migliori e di quelle meno buone mostra che più che le radici sono piccole, più il loro tenore di zucchero (espresso in %) è elevato. Se si paragona il peso delle radici, il loro tenore zuccherino (in gr radice<sup>-1</sup>) e il loro tasso in zucchero (%) da un canto, l'evoluzione del tempo da aprile a settembre d'altro canto, non si possono ricavare differenze circa l'importanza di determinati parametri meteorologici. Per poter meglio svilupparsi la barbabietola per zucchero necessita di precipitazioni regolari (400 a 800 mm da aprile a settembre) e di un tempo caldo e soleggiato, specialmente in luglio e settembre. Questo studio termina con alcune considerazioni sulla necessità di avere a disposizione valori precisi, riferiti a tutto il periodo vegetativo, al fine di giungere ad una visione d'insieme del problema posto.

## Summary

In this paper the relationship between different atmospheric conditions and the variation of the weight of sugarbeets, respectively of their sugar content was investigated for the period between 1<sup>st</sup> August and 19<sup>th</sup> September. These two dates were stipulated by the results of available analyses. The condition of the beets attained on 19<sup>th</sup> September is dependent on that reached on 1<sup>st</sup> August. An investigation with the best and the worst years has shown that the smaller the beets, the higher their portion of sugar (in %). The weight of sugar-beets, their sugar content (in g beet<sup>-1</sup>) and their portion of sugar (in %) were compared with the evolution of the weather conditions from April to September, but no real relationship could be established for any of the determined meteorological parameters. For a good development the sugar-beets need an evenly distributed precipitation (400 to 800 mm from April to September) and warm and sunny weather conditions, especially during the months of July and September. Finally the necessity of accurate values spread over the entire growth period is considered in order to get an overall view of the problem exposed.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Unterlagen</b> .....	<b>4</b>
<b>3. Ertragsbildung</b> .....	<b>4</b>
3.1 Rübengewicht .....	6
3.2 Zuckergehalt .....	6
3.3 relativer Zuckergehalt .....	7
3.4 Blattgewicht .....	7
3.5 Beziehungen zwischen Rübenmerkmalen .....	8
<b>4. Beziehungen zwischen Witterung und Ertragsbildung</b> .....	<b>8</b>
4.1 Vergleich der Ertragsbildung extremer Ertragsjahre .....	9
4.1.1 Extreme Ertragsjahre .....	9
4.1.2 Monatliche Witterungswerte .....	10
4.1.2.1 Rübengewicht .....	11
4.1.2.2 Zuckergehalt .....	11
4.1.2.3 relativer Zuckergehalt .....	11
4.2 Vergleich der Ertragswerte und Witterung der extremen Ertragsjahre April–September, April–Juli und August–September, in den beiden Wachstumsabschnitten April–Juli und August–September .....	11
4.2.1 Vergleiche der Ertragszunahmen in den einzelnen Wachstumsabschnitten (gute Jahre) .....	11
4.2.2 Witterungsunterschied zwischen den guten Ertragsjahren, in den einzelnen Wachstumsabschnitten .....	12
4.3 Einfluss der Winterniederschläge .....	14
<b>5. Beziehung Witterungsmerkmal / Zuckergehalt</b> .....	<b>14</b>
<b>6. Übersicht und Schlussfolgerung</b> .....	<b>16</b>
<b>7. Literaturverzeichnis</b> .....	<b>17</b>

### 1. Einleitung

In den beiden Monaten August und September führen die Zuckerfabriken, in ihren Einzugsgebieten, periodisch Probegrabungen durch. So auch die Zuckerfabrik Aarberg, die zum Teil auf den eigenen Betrieben Ertragshebungen vornimmt. Die Untersuchungen dienen zur Hauptsache für die Planung der Rübenverarbeitung. An Hand der Analysenergebnisse werden Ertragsberechnungen vorgenommen, die aber, wegen Nichtberücksichtigung des Witterungseinflusses bis zur Ernte, von Ausnahmen abgesehen, falsch waren. Da sich die Verarbeitung der Zuckerrüben über mehrere Wochen erstreckt und die Rüben noch längere Zeit im Boden bleiben, kann die Witterung das Wachstum noch beeinflussen.

Um Fehlprognosen zu verhindern, soll im folgenden versucht werden, an Hand der Rübenuntersuchung und der meteorologischen Messwerte den Einfluss der Witterung auf die Zuckerrüben zu erfassen. Zugleich sollen die Möglichkeiten einer späteren Ertragsberechnung abgeklärt werden.

### 2. Unterlagen

In der vorliegenden Arbeit fanden die Resultate Rübenuntersuchungen der Zuckerfabrik Aarberg Verwendung. Auf Testbetrieben (8—12 Betriebe) im Berner Seeland und umliegenden Gebieten wurden in den Monaten August und September wöchentlich Proberodungen durchgeführt. Gezogen wurden, in den ersten Jahren 10 Rüben wahllos verteilt, später 15 Rüben wahlweise hintereinander in der gleichen Reihe oder je fünf in drei Reihen. Die Untersuchungsergebnisse sind nach Betrieb und Sorte getrennt, erscheinen aber in den Mitteilungen als gemittelte Gesamtheit.

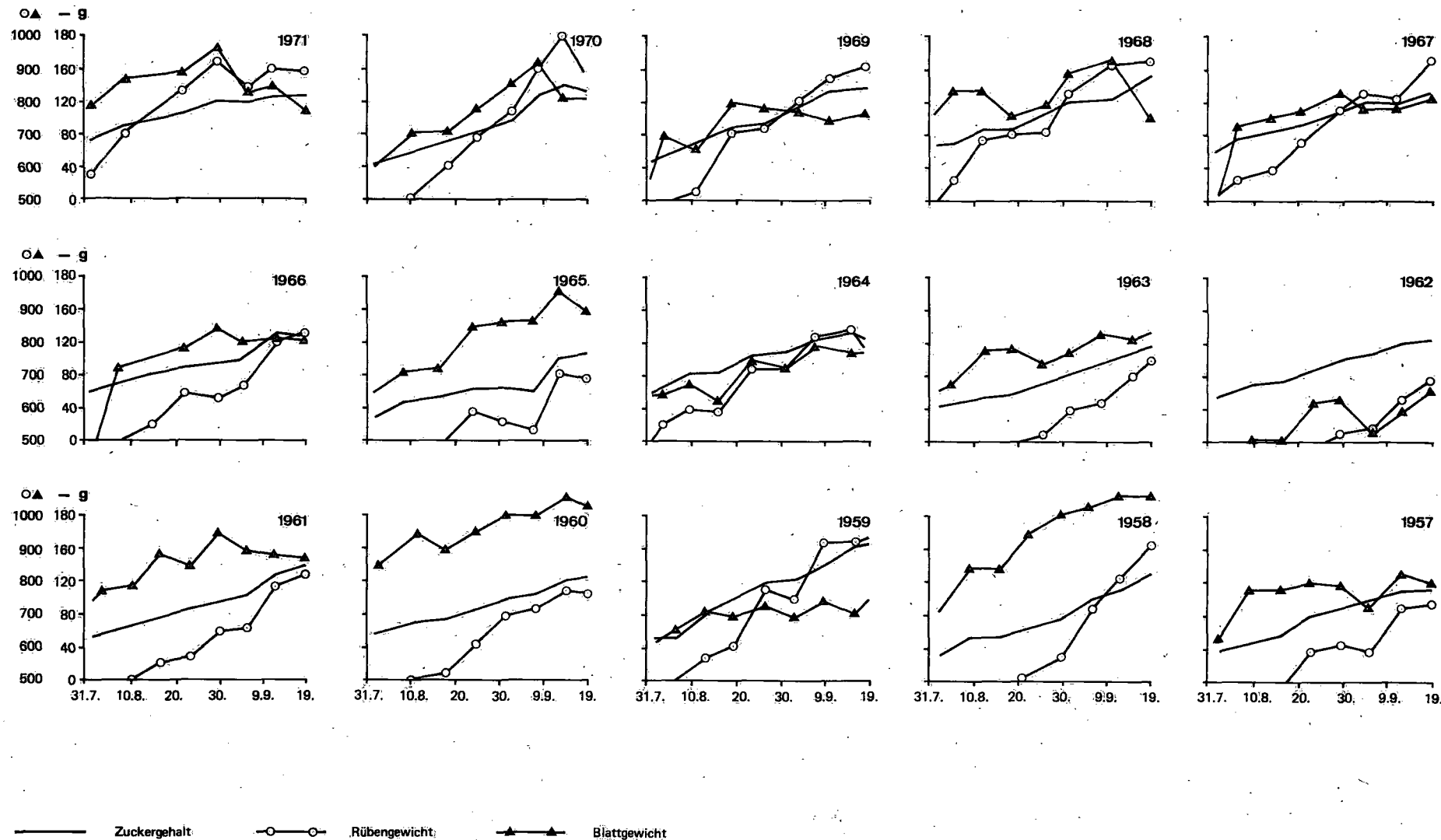
Die Anbautechnik auf den Betrieben ist als gleichwertig anzusehen, während die Boden- und Grundwasserhältnisse sich unterscheiden. Obwohl der Untersuchung Mängel anhaften, Nichtberücksichtigung der Bodenart, der Düngung usw., sind sie durchaus gerechtfertigt, ... "da die Witterung die Ertragsbildung über den Anbau hinaus beeinflusst." (KRUMBIEGEL [1966]).

Die meteorologischen Werte stammen, mit Ausnahme der Niederschläge (Aarberg), von der Station der Universität Bern.

### 3. Ertragsbildung

Die folgenden Graphiken lassen die Schwierigkeiten erkennen, aus den Darstellungen Gesetzmässigkeiten ableiten zu wollen. Für die Untersuchungen wurden daher, alle 25 Tage, beginnend mit dem 1. August, die Werte der Rübenmerkmale bestimmt.

Fig. 1 Ertragsbildung der Rübenmerkmale in den Monaten August und September (1957 – 1971)



### 3.1 Rübengewicht

Auffallend an den Werten (Tab. 1) sind die grossen Gewichtsunterschiede zu Beginn der Rübenuntersuchungen. In den Jahren mit grossen Rüben am 1. August, ist das Gewicht z. T. doppelt so hoch wie in Jahren mit kleinen Zuckerrüben. Trotz den hohen möglichen Zunahmen (1958), zwischen dem 1. 8. und 19. 9., vermögen die kleinen Rüben ihren Gewichtsrückstand kaum mehr aufzuholen. Das heisst, das Rübengewicht am 1. August ist massgebend für das Gewicht am 19. September ( $P < 0.01$ ).

Tabelle 2 Rübengewicht (g/Rübe)

Jahr	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57
Zunahme bis 1. Aug.	580	400	445	500	470	415	280	510	350	245	410	405	420	300	620 <sup>1)</sup>
1. — 25. Aug.	345	340	275	200	260	235	305	195	170	235	180	205	295	260	180
25. Aug. — 19. Sept.	30	135	220	225	190	180	135	90	215	195	235	170	215	365	0
1. Aug. — 19. Sept.	315	475	495	425	450	415	440	285	385	430	415	375	510	625	180
Rübengewicht am															
25. Aug.	925	740	720	700	730	650	685	705	520	480	590	610	715	560	800
19. Sept.	895	875	940	925	920	830	720	795	735	675	825	780	930	925	800

000 = beste Jahre

000 = schlechteste Jahre

### 3.2. Zuckergehalt (<sup>1</sup>)

Auch hier sind in der Ertragsbildung, wie bei den Rüben, ähnliche Tendenzen festzustellen. Die Gehaltsunterschiede am 1. August sind wiederum beträchtlich und wegweisend für den Zuckergehalt Ende September ( $P < 0.01$ ).

Tabelle 3 Zuckergehalt und -zunahme (g/Rübe)

Jahr	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57
Zunahme bis 1. Aug.	74	52	52	67	61	58	32	58	46	32	55	54	56	35	40
1. — 25. Aug.	39	43	42	34	38	38	43	45	26	41	33	36	55	38	40
25. Aug. — 19. Sept.	25	37	46	51	38	34	35	22	44	39	50	34	54	62	33
1. Aug. — 19. Sept.	64	80	88	85	76	72	78	67	70	80	83	70	109	100	73
Zuckergehalt am															
25. Aug.	113	95	94	101	99	96	75	103	72	73	88	90	111	73	80
19. Sept.	138	132	140	152	137	130	110	125	116	112	138	124	165	135	113

000 = beste Jahre

000 = schlechteste Jahre

(<sup>1</sup>) Zuckergehalt → abs. Zuckergehalt

### 3.3. Zuckergehalt rel.

Aus der Tabelle 4 lassen sich betreffend rel. Zuckergehalt und Rübengrösse keine eindeutigen Abhängigkeiten feststellen. In schlechten wie in guten Zuckerjahren, bei kleinen wie grossen Rüben, kann der rel. Zuckergehalt gross aber auch klein sein. Mit Hilfe der Korrelationsmethode können aber doch gewisse Relationen zwischen Rübengewicht und Zuckergehalt, die im rel. Zuckergehalt zum Ausdruck kommen, nachgewiesen werden. In allen Wachstumsabschnitten nimmt der rel. Zuckergehalt mit abnehmendem Rübengewicht zu ( $P < 0.001$ ).

Tabelle 4 Relativer Zuckergehalt

Jahr	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57
Zuckergehalt der Rübenezunahmen	□ o			□ o	□ o		* +	□ +	* +	*					*
bis 1. Aug.	12,8	13,0	11,7	13,4	13,0	14,0	11,4	11,4	13,1	13,1	13,4	13,3	13,3	11,6	6,5
1. - 25. Aug.	11,3	12,6	15,3	17,0	14,6	16,2	14,2	23,1	15,3	17,4	18,3	17,6	18,6	14,6	22,2
25. Aug. - 19. Sept.	( <sup>1</sup> )	27,4	20,9	22,7	20,0	18,9	26,0	24,4	20,5	20,0	21,3	20,0	25,1	17,0	
1. Aug. - 19. Sept.	21,3	16,8	17,7	20,0	16,9	17,3	17,7	23,5	18,2	18,6	20,0	18,7	21,4	16,0	40,6
	+ *	□	o □	o				+ *	+ *			+ *	o □	o □	
Zuckergehalt am 25. Aug.	12,2	12,8	13,1	14,4	13,6	14,8	12,8	14,6	13,8	15,2	14,9	14,8	15,5	13,0	10,0
19. Sept.	15,4	15,1	14,9	16,4	14,9	15,7	15,3	15,7	15,8	16,6	16,7	15,9	17,7	14,6	14,1
			o □	o □			+ *	+ *	+ *	o	+ *	o □			

o Jahre mit besten abs. Zuckergehalten  
+ Jahre mit schlechten abs. Zuckergehalten

□ Jahre mit hohen Rübengewichten  
\* Jahre mit niederen Rübengewichten

(<sup>1</sup>) Keine Werte wegen Abnahme des Rübengewichtes

### 3.4. Blattgewicht

An Hand der Werte in Tabelle 5 sind bei der Ertragsbildung des Rübensblattes zwei Perioden zu erkennen. Sie stimmen überein mit den beiden Wachstumsabschnitten: Hauptwachstum und der eigentlichen Zuckerbildung. Eine erste bis gegen Ende August, wo die Blattzunahmen noch beachtliche Werte aufweisen, und eine zweite bis gegen Ende September, in der der Zuwachs auf ein Minimum zurückgeht, ja sogar Gewichtsverluste auftreten.

Eine besondere Bedeutung kommt dem Blattgewicht nicht zu, da es sich hier um Frischgewichtsangaben handelt, die sich für eine Beurteilung der Ertragsentwicklung nicht eignen.

Tabelle 5 Blattgewicht (g/Rübe)

Jahr	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57
Zunahme															
bis 1. Aug.	780	615	570	770	455	410	650	640	660	410	740	830	630	715	340
1. - 25. Aug.	145	175	200	40	375	405	215	100	90	215	110	120	95	245	260
25. Aug. - 19. Sept.	-155	15	-20	-10	5	10	5	30	85	50	20	100	0	70	130
1. Aug. - 19. Sept.	-10	190	180	30	380	415	220	130	175	265	130	220	95	315	390
Blattgewicht am															
25. Aug.	925	790	770	810	830	815	865	740	750	625	850	950	725	960	600
19. Sept.	770	805	750	800	835	825	870	770	835	675	870	1050	725	1030	730

000 = beste Jahre

000 = schlechteste Jahre



### 3.5. Beziehungen zwischen Rübenmerkmalen

Die Korrelationskoeffizienten bestätigen, was zum Teil in früheren Abschnitten zu beobachten war: eine enge Beziehung zwischen Rübengewicht und Zuckergehalt. In längeren Wachstumsabschnitten bestehen gesicherte Beziehungen zwischen Rübengewicht und Zuckergehalt, während sie in den kürzeren Perioden (1.8.—25.8. und 26.8.—19.9.) nicht oder nur schlecht gesichert sind. Auf den unterschiedlichen Verlauf der Ertragsbildung in den kurzen Wachstumsabschnitten weist auch der Korrelationskoeffizient 0.497 ( $r^{1/x \ 1/y}$ ) gegenüber 0.906 ( $r_{x^2 \ y^2}$ ). Der Blattmasse kommt, wie schon erwähnt, keine Bedeutung zu. Neben Nachteilen der Frischgewichtsangaben bestehen auch keine Beziehungen zwischen Zucker/Blatt und Rüben/Blatt. Daher wird auf die Weiterverwendung des Blattgewichtes in der Untersuchung verzichtet.

Tabelle 7 Korrelation von Rübenmerkmalen.

X	Y	$r^{1/x \ 1/y}$					1. Aug. und 19. Sept.
		1. Aug.	1. Aug. — 25. Aug.	26. Aug. — 19. Sept.	1. Aug. — 19. Sept.	19. Sept.	
Zucker	Zucker						0.664
Zucker	Rübe	0.968	0.698	[0.497 (1)]	0.849	0.898	
Rübe	Rübe						0.671
Rübe	Blatt	0.311				0.095	
Blatt	Zucker	0.217				- 0.096	

(1) 0.906 / ( $x^2 \ y^2$ )

Nicht nur zwischen Rübengewicht und Zuckergehalt sind Relationen festzustellen; auch zwischen den Erträgen von Zucker oder Rüben am 1. August und 19. September. Die Beziehungen sind nicht hoch gesichert, doch liegt die Signifikanz der Korrelationskoeffizienten unter 1 %. Demnach sind die Analysenwerte vom 1. August, wie schon erwähnt, für das Gewicht am 19. September massgebend. Die Witterung besitzt also nur korrigierende Wirkung.

### 4. Beziehungen zwischen Witterung und Ertragsbildung

Mit der Gegenüberstellung Witterung/Ertragsbildung soll versucht werden, den Einfluss der Witterungsfaktoren auf die verschiedenen Wachstumsabschnitte der Pflanze zu erfassen. Da die Rübenanalysen nur in den für die Zuckerfabrik wichtigen Monaten August und September durchgeführt werden, wird die Abklärung des Witterungseinflusses im Jugendstadium besonders erschwert. Während beim Hauptwachstum und der Zuckerbildung die Werte den Witterungsfaktoren direkt gegenübergestellt werden können, lassen sich für die ersten Wachstumsabschnitte nur die Resultate vom 1. August verwenden.

Mit der Auswahl der acht extremsten Ertragsjahre von Rübengewicht und den beiden Zuckergehalten (absolut und relativ) wird die unterschiedliche Ertragsbildung dargestellt. Der Unterschied zwischen den Erträgen der guten und schlechten Jahre weist auf die verschiedenen Witterungsverhältnisse hin, die neben andern Einflüssen, wie Saatzeit, Düngung usw. für die differenzierte Ertragsentwicklung verantwortlich sind.

#### 4.1. Vergleich der Ertragsbildung extremer Ertragsjahre

Bei der Auswahl der extremen Ertragsjahre zeigt sich, dass die Jahre mit den grössten bzw. kleinsten Erträgen am 19. September in den einzelnen Wachstumsabschnitten nicht unbedingt zu den extremen Ertragsjahren zählen. Daher ist es fraglich, ob der Verlauf der entsprechenden monatlichen Witterungswerte als "optimaler Witterungsverlauf" angesehen werden kann.

##### 4.1.1. Extreme Ertragsjahre April – September

Die Auswahl der acht extremen Ertragsjahre von Rüben-gewicht, Zuckergehalt und rel. Zuckergehalt basiert auf den Ertragswerten vom 19. September.

Tabelle 7 Extreme Ertragsjahre (Zeit: April–September)

Jahr	beste Ertragsjahre				Mittel	schlechteste Ertragsjahre				Mittel	
	1969	1968	1959	1958		1965	1963	1962	1960		
<b>Rüben-gewicht</b>											
Rübe	g/Rübe	940	925	930	925	930	720	735	675	780	727
Zucker	g/Rübe	140	152	165	135	148	110	116	112	124	116
Blatt	g/Rübe	750	800	725	1030	826	870	835	665	1050	855
<b>Zuckergehalt abs.</b>											
Zucker	g/Rübe	140	152	138	165	149	110	116	112	124	116
Blatt	g/Rübe	750	800	665	725	735	870	835	665	1050	855
Rübe	g/Rübe	940	925	825	930	905	720	735	675	780	727
<b>Zuckergehalt rel.</b>											
Zucker	%/Rübe	16,4	16,6	16,7	17,7	16,8	15,1	14,9	14,9	14,6	14,9
Zucker	g/Rübe	152	112	138	165	142	132	140	137	135	136
Blatt	g/Rübe	800	665	870	725	762	805	750	835	1030	855
Rübe	g/Rübe	925	675	825	930	838	875	940	920	925	915

Rüben-gewicht und Zuckergehalt verzeichnen, von einer Ausnahme abgesehen, die gleichen extremen Ertragsjahre. Daher auch die Übereinstimmung bzw. unbedeutenden Abweichungen bei den Ertragsmitteln. Die Unterschiede im Ertrag zwischen den "guten und schlechten Jahren" sind beachtlich und gerechtfertigen einen Vergleich mit den entsprechenden Witterungswerten.

In den schlechten Rüben-jahren sind die Rüben im Gewicht deutlich zurück, was auch im Zuckergehalt zum Ausdruck kommt, der in den guten Jahren rund 30 % höher ist. Gleiche Verhältnisse sind auch, durch die Übereinstimmung der extremen Ertragsjahre, beim Zuckergehalt festzustellen.

#### 4.1.2. Monatliche Witterungswerte

Für die in der Tabelle 7 aufgeführten Jahre wurden die Monatswerte, von Niederschlag und Sonnenscheindauer die Summen und von der Temperatur das Mittel bestimmt und gemittelt.

Tabelle 8 Monatswerte für Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer in den besten und schlechtesten Ertragsjahren 1957/1971

		Rübe		Zuckergehalt abs.		Zuckergehalt rel.	
		g	s	g	s	g	s
<b>April</b>							
Temperatur	°C	8,3	8,4	9,6	8,4	9,8	7,0
Niederschlag	mm	82	55	97	55	99	67
Sonnenschein	Std.	155	155	156	155	170	145
<b>Mai</b>							
Temperatur	°C	13,7	12,6	13,0	12,6	12,3	13,4
Niederschlag	mm	75	98	72	98	74	96
Sonnenschein	Std.	216	204	209	204	196	198
<b>Juni</b>							
Temperatur	°C	15,7	16,6	16,2	16,6	16,6	15,6
Niederschlag	mm	87	92	93	92	70	94
Sonnenschein	Std.	215	234	212	234	244	216
<b>Juli</b>							
Temperatur	°C	18,9	17,4	18,7	17,4	18,3	19,0
Niederschlag	mm	86	113	118	113	104	73
Sonnenschein	Std.	273	225	271	225	261	267
<b>August</b>							
Temperatur	°C	17,0	17,3	16,9	17,3	17,6	17,7
Niederschlag	mm	137	125	145	125	121	117
Sonnenschein	Std.	215	224	217	224	246	213
<b>September</b>							
Temperatur	°C	15,0	13,4	15,5	13,4	15,3	15,0
Niederschlag	mm	77	116	85	116	70	57
Sonnenschein	Std.	180	152	184	152	192	176
<b>Monatssummen April — September</b>							
Temperatur	°C	2708	2617	2745	2635	2745	2672
Niederschlag	mm	544	599	610	599	538	504
Sonnenschein	Std.	1254	1194	1249	1194	1307	1215

g = gute Jahre  
s = schlechte Jahre

Die Witterungsunterschiede zwischen den guten und schlechten Jahren sind bei den einzelnen Rübenmerkmalen, wie die Summen von Temperatur, Niederschlag und Sonnenstunden zeigen, nicht allzu gross. Kleinere Abweichungen, bei Rüben der Niederschlag, beim Zuckergehalt die Temperatur und Anzahl Sonnenstunden, sind festzustellen. Sie sind jedoch im Vergleich mit den entsprechenden Summen nicht von Bedeutung. Daher die Wichtigkeit des Witterungsverlaufes.

#### 4.1.2.1. Rübengewicht

In den guten Rüb Jahren sind die Niederschläge in allen Monaten, ausser dem August, wo sie bedeutend höher sind (70 %), ausgeglichen. Die Verteilung gleicht den Niederschlägen, wie BRIEM [1903] sie fordert. Sie sind jedoch allgemein um die Hälfte grösser, und die Höchstrengmenge fällt auf den Monat August. In den schlechten Jahren sind es hauptsächlich die hohen gleichmässigen Niederschläge in den Monaten Mai, Juli und September, die – in Verbindung mit tieferen Temperaturen und weniger Sonnenstunden – ein Mindergewicht bewirken. Dagegen sind die kühleren Monate Juni und August bei gleichen Niederschlägen für das Rübengewicht von Vorteil.

#### 4.1.2.2 Zuckergehalt

Bei den guten Zuckerjahren sind, im Gegensatz zu den Untersuchungen von KRUMBIEGEL [1966] die Witterungsverhältnisse anders als bei den Rüben. Während die monatlichen Sonnenstunden mit denen der Rübenmerkmale übereinstimmen, variieren Temperatur und Niederschlagsmenge. So ist ein feucht-warmer April und trocken-warmer Mai für die Jugendentwicklung von grosser Wichtigkeit. Im Juli und August, wo das Hauptwachstum der Zuckerrübe erfolgt, sind die hohen Niederschlagsmengen für die Deckung der Wasseransprüche von Bedeutung. Für die intensive Zuckerbildung im September sind die Anzahl Sonnenstunden, verbunden mit höheren Temperaturen, von Vorteil. Die Niederschlagsmengen sollten jedoch nicht zu hoch ausfallen.

#### 4.1.2.3. Relativer Zuckergehalt

Vergleicht man die Summen von Niederschlag, Sonnenscheindauer und der Temperatur der Jahre mit hohem relativem Zuckergehalt mit denen des Rübengewichtes und Zuckergehaltes, so lassen sich keine grossen Unterschiede erkennen. Die Anzahl Sonnenstunden sind nur um wenig höher, während die Temperaturen und Niederschlagsmengen gleich sind. Die für hohe relative Zuckergehalte ideale trocken-warme Witterung kommt gar nicht zur Geltung.

### 4.2 Vergleich der Ertragswerte und Witterung der extremen Ertragsjahre April–September, April–Juli und August–September, in den beiden Wachstumsabschnitten April–Juli und August–September

Wie unter 4.1 erwähnt, stimmen die Werte der extremen Ertragsjahre (April–September) mit denen der beiden Wachstumsabschnitte (April–Juli und August bis September) nicht unbedingt überein. Eventuelle Ertragsunterschiede in den Wachstumsabschnitten werden daher mit den Abweichungen der entsprechenden Witterungswerte verglichen, um Änderungen im Witterungseinfluss berücksichtigen zu können.

#### 4.2.1 Vergleich der Ertragszunahmen in den einzelnen Wachstumsabschnitten (gute Jahre)

Die Ertragsunterschiede der beiden Gruppen von guten Jahren lassen den Zeitabschnitt erkennen, wo die entscheidenden Ertragseinbussen zu verzeichnen sind. In den guten Zuckerjahren sind die Gewichtsunterschiede auf beide Wachstumsabschnitte verteilt; die Rübe gleichmässig, der Zuckergehalt im Verhältnis 1 : 0,7, was wiederum die Wichtigkeit einer frühen Zuckerbildung erkennen lässt. Beim relativen Zuckergehalt sind grössere Gehaltsunterschiede erst in den Monaten August und September, während der intensiven Zuckerbildung, zu beobachten.

Tabelle 9 Vergleich der Ertragszunahmen in den einzelnen Wachstumsabschnitten

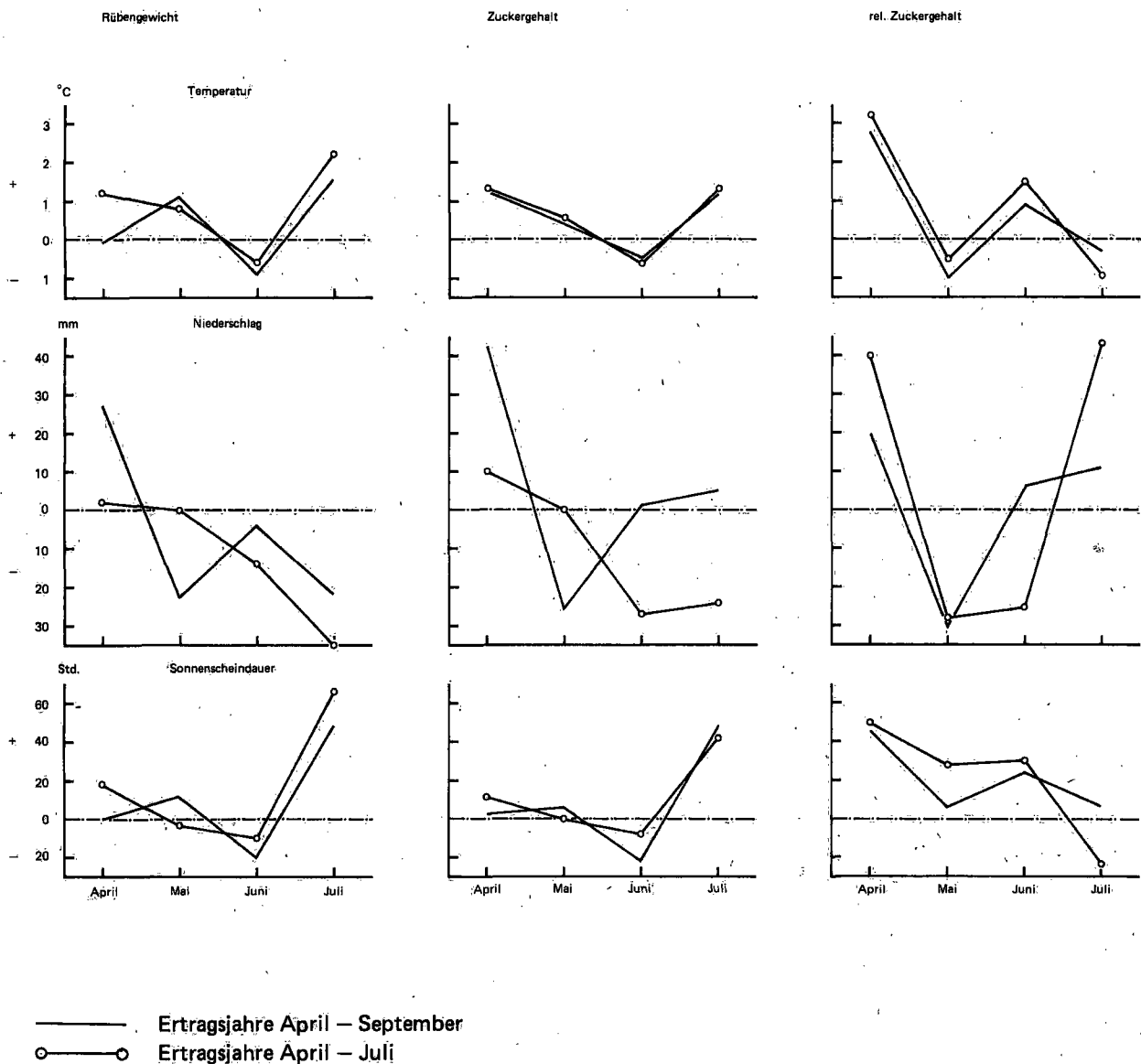
<b>Zuckergehalt</b>		<b>(g/Rübe)</b>	
Rübe	(1)	444	461
	(2)	491	514
Zucker	(1)	58	91
	(2)	65	96
<b>relativer Zuckergehalt</b>		<b>(g/Rübe)</b>	
Rübe	(1)	394	445
	(2)	436	380
Zucker	(1)	53	89
	(2)	59	81
relativer Zuckergehalt	(1)	13,3 %	20,0 %
	(2)	13,5 %	21,6 %
(1) gute Ertragsjahre betreffend April bis September			
(2) gute Ertragsjahre April bis Juli und August bis September			

#### 4.2.2 Witterungsunterschied zwischen den guten Ertragsjahren, in den einzelnen Wachstumsabschnitten

Nachdem in beiden Wachstumsabschnitten der extremen Zuckerrübenjahre grössere Ertragsunterschiede festzustellen sind, ist anzunehmen, dass auch die Witterung voneinander abweichende Werte aufweist.

Bei der Gegenüberstellung der entsprechenden Witterungswerte (Fig. 2) zeigen sich denn auch, bei den Jahren mit höheren Gewichtszunahmen, abweichende Werte. Temperaturmittel und Anzahl Sonnenstunden sind im allgemeinen höher, während die Niederschlagsmengen ausgeglichener und, von einer Ausnahme abgesehen, nicht so hohe Werte aufweisen.

Fig. 2 Abweichungen der Witterungswerte der guten Ertragsjahre von den Werten der schlechten Jahre (April – September)



Im zweiten Abschnitt des Rübenwachstums gelten in den besten Jahren die gleichen Abweichungen im Witterungsverlauf. Die Temperaturen und Sonnenstunden sind in der Zeit der intensiven Zuckerbildung höher, während die Niederschlagsmengen kleiner sind und gegen Ende September abnehmen.

Anders liegen die Verhältnisse beim relativen Zuckergehalt. In der 1. Periode sind die Unterschiede, bei gleicher, aber trockener Witterung, im Ertrag minim. Höhere Temperaturen, zugleich auch höhere Niederschläge, sind in der nachfolgenden 2. Periode festzustellen.

Tabelle 10 Vergleich der Zuckerbildung in den Monaten August – September

1. Periode		abs. Zuckergehalt		rel. Zuckergehalt	
Zucker	g	41	46	41	42
Rübe	g	237	276	228	219
Zucker	%	17,3	17,4	18,0	19,4
Niederschlag	mm	123	80	112	74
Sonnenschein	Std.	171	174	186	180
Temperatur	°C	17,0	17,9	17,4	17,0
2. Periode		abs. Zuckergehalt		rel. Zuckergehalt	
Zucker	g	50	54	49	37
Rübe	g	224	260	218	144
Zucker	%	22,2	16,3	22,5	25,7
Niederschlag	mm	53	44	49	65
Sonnenschein	Std.	155	161	178	167
Temperatur	°C	13,6	15,1	14,2	15,7
		(1)	(2)	(1)	(2)

(1) beste Ertragsjahre betreffend April bis September

(2) beste Ertragsjahre betreffend August bis September

#### 4.3. Einfluss der Winterniederschläge

Verschiedene Autoren, wie LÜDECKE und NITSCHKE [1956, 1959] usw., weisen in ihren Arbeiten auf die Wichtigkeit einer ausreichenden Winterfeuchtigkeit hin. Diese Forderungen mögen auf all jene Gebiete zutreffen, die in den Monaten April–September für das Zuckerrübenwachstum eher ungenügende Niederschlagsmengen aufweisen und deshalb auf die Winterniederschläge angewiesen sind.

In den Jahren, in denen Rübenuntersuchungen durchgeführt wurden, lagen die Niederschlagsmengen während den Monaten April–September zwischen 500–800 mm. Vergleicht man die Werte von BRIEM [1903], KAMPE [1951] usw., die im April–September 320 mm bzw. 400–500 mm Jahresniederschlag als ausreichend ansehen, mit 500–800 mm, so erkennt man, dass den Zuckerrüben, auf unsere Verhältnisse bezogen, genügend Wasser zur Verfügung steht und diese Niederschläge nicht von entscheidender Bedeutung sind.

#### 5. Beziehung Witterungsmerkmal / Zuckergehalt

In den Arbeiten über die Klimaansprüche der Zuckerrübe sind, in all den Ländern, die verschiedensten Beziehungen zwischen Zuckergehalt und Witterungsmerkmal zu finden. Dies gilt auch für die Verhältnisse in Europa, obwohl hier einer ausreichenden Wasserversorgung eine grössere Bedeutung zukommt. In Frankreich sind die Beziehungen zwischen Niederschlag und relativem Zuckergehalt in den Monaten August und September hoch gesichert (BOITEAU [1971]), während in Belgien die Sonnen- und Himmelstrahlung mit der Zuckerbildung in guter Korrelation steht (VAN STEYVOORT [1967]). Aber auch für dieses Land ist eine enge Beziehung zwischen Zuckergehalt und Niederschlag im März zu finden (SNEYER [1957]).

Es ist denkbar, dass die genannten Relationen auch für die Verhältnisse im Berner Seeland und Umgebung zutreffen.

Tabelle 12 Korrelation von Zuckergehalt und Witterungsfaktoren

X	Y	r	r	
Zucker:	Temperatur	- 0,457 $x^2 \frac{1}{y}$	(1) 0,485 $\frac{1}{x} \frac{1}{y}$	1.4. - 31.7.
	Niederschlag	0,447 $x^2 \frac{1}{y}$		
	Sonnenscheindauer	0,093 $x^2 \frac{1}{y}$	0,348 $\frac{1}{x} \frac{1}{y}$	
Zucker:	Temperatur	- 0,351 $x^2 \frac{1}{y}$	0,367 $\frac{1}{x} \frac{1}{y}$	1.8. - 25.8.
	Niederschlag	0,765 $x^2 \frac{1}{y}$		
	Sonnenscheindauer	- 0,400 $x^2 \frac{1}{y}$	0,446 $\frac{1}{x} \frac{1}{y}$	
Zucker:	Temperatur	0,219 $x^2 \frac{1}{y}$	0,413 $x^2 y^2$	26.8. - 19.9.
	Niederschlag	0,347 $x^2 \frac{1}{y}$	- 0,439 $x y$	
	Sonnenscheindauer	0,013 $x^2 \frac{1}{y}$	0,172 $x y^2$	
Zucker:	Temperatur	0,291 $x^2 \frac{1}{y}$	0,297 $x y^2$	1.8. - 19.9.
	Niederschlag	0,632 $x^2 \frac{1}{y}$		
	Sonnenscheindauer	0,331 $x^2 \frac{1}{y}$	0,338 $x^2 y$	

(1) grösster Korrelationskoeffizient

Nach den Werten der Tabelle 12 sind die Niederschläge auch für unsere Testgebiete von grosser Wichtigkeit. Der Korrelationskoeffizient des Niederschlages ist in der 1. Periode hoch gesichert ( $P < 0.001$ ), im Abschnitt 1. August-19. September jedoch nur knapp mit einem Prozent nicht gesichert. Demnach sind für hohe Zuckerrücklagen im August und September keine hohen Niederschlagsmengen notwendig. In keinem Verhältnis zum Zuckergehalt stehen die Temperatur- und Sonnenwerte, obwohl diesen Witterungsmerkmalen während der Zuckerbildung eine nicht unwesentliche Bedeutung zukommt.



## 6. Übersicht und Schlussfolgerung

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit war es, den Einfluss der Witterung auf die Ertragsbildung der Zuckerrübe, speziell den Zuckergehalt, festzustellen. Dazu standen die Analysenresultate (1957/71) der Probegrabungen (Zuckerfabrik Aarberg) zur Verfügung. Die Untersuchungsergebnisse wurden graphisch aufgezeichnet und aus dem Verlauf der Ertragsbildung, alle 25 Tage, beginnend mit dem 1. August, die Ertragswerte bestimmt. Aus den Tabellen ergaben sich einige aufschlussreiche Feststellungen.

Das Rübengewicht und der Zuckergehalt am 1. August ist entscheidend für ein hohes Gewicht bzw. Gehalt am 19. September. Trotz den grossen möglichen Zunahmen vermögen Rüben mit kleinen Gewichten oder niedrigen Zuckergehalten den Rückstand kaum mehr aufzuholen.

Keine deutlichen Abhängigkeiten zeigt der relative Zuckergehalt betreffend die Rübengrösse. Erst bei der Verwendung der Korrelationsmethode und später bei der Auswahl der extremen Ertragsjahre bestätigt sich die landläufige Regel: Kleine Rüben → hoher relativer Zuckergehalt.

Gesicherte Beziehungen bestehen nicht nur zwischen Rübengewicht und Zuckergehalt. Die Gewichte der Rüben oder des Zuckergehaltes, am 1. August und 19. September, sind eng gesichert. Demnach sind die Analysenwerte vom 1. August massgebend für das Gewicht am 29. September. Mit der Gegenüberstellung der je vier guten und schlechten Ertragsjahre wurden die Ertragsunterschiede dargestellt und die entsprechenden Witterungswerte verglichen. Bei den Summen der Witterungsmerkmale (April–September) waren keine bedeutenden Unterschiede zwischen Rübengewicht, Zuckergehalt und relativem Zuckergehalt zu beobachten, was auf die Wichtigkeit des Witterungsverlaufes hinweist.

Gute Rübengjahre weisen mit Ausnahme des Augustes in allen Monaten ausgeglichene Regenmengen auf. Kühlere Temperaturen im Juni und August bewirken ein Mindergewicht, während die Sonnenscheindauer und die damit verbundenen höheren Temperaturen im Juli und September das Wachstum fördern.

Bei beiden Zuckergehalten ist es besonders die ideale Witterung im April und Mai, die sich auf die Jugendentwicklung günstig auswirkte. Auch der trocken-warme September ist für die Zuckerbildung von Vorteil. Die ausgesprochen trocken-warme Witterung, die normalerweise Jahre mit hohen relativen Zuckergehalten aufweisen, kommt gar nicht zur Geltung.

Der Vergleich der extremen Ertragsjahre mit denen der einzelnen Wachstumsabschnitte brachte im Ertrag und Witterungsverlauf keine grossen Abweichungen. Die im allgemeinen etwas trockenere und wärmere Witterung ergab etwas höhere Erträge. Wichtig erschienen für die Zuckergehalte lediglich die wärmeren Witterungsverhältnisse im September.

Wie Winterniederschläge scheinen für unsere Verhältnisse keine Bedeutung zu haben. Die Niederschlagsmengen von 400–800 mm während den Monaten April bis September genügen.

Für einen später eventuell vorzunehmenden Versuch einer Ertragsberechnung wurden einige Beziehungen Ertrag/Witterung abgeklärt. Ausser den Niederschlagsmengen scheinen die Temperaturen und Sonnenstunden in keinem Verhältnis zum Zuckergehalt zu stehen, obwohl die Temperaturwerte einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Zuckerproduktion ausüben. Nach der guten Korrelation zwischen den Ertragswerten vom 1. August und 19. September zu schliessen, könnte sich für die Berechnung der Erträge die Methode von ZANA [1958] eignen. Darin werden die Prognosen auf Grund der Wachstumsenergie, mit Einbezug des langjährigen Witterungsverlaufes, berechnet.

### Literaturverzeichnis

- Boiteau                    Etude sur les différents facteurs susceptibles d'influencer la teneur en sucre des betteraves.  
Sucrierie Française, no 2, février (1971)
- Briem                      Günstiger Witterungsverlauf zum normalen Wachstum der Zuckerrüben.  
Blätter für Zuckerrübenbau, 10 (1903) 345–353.
- Kampe                     Klima, Witterung und Rübenertrag.  
Zucker 4 (1951) 69–72
- Krumbiegel                Der Einfluss der Witterung auf die Ertragsbildung der Zuckerrübe.  
Wiss. B. Universität Halle (1966) / 20 (S 2).
- Krumbiegel                Der Einfluss klimatischer Faktoren auf Wachstum und Ertrag der Zuckerrübe.  
Wiss. Z. Humboldt-Universität Berlin, Math.-Nat. R XV (1966) 2.
- Lüdecke  
Nitsche                    Ertragszuwachs und Zuckerbildung bei verschiedenen Zuchttrichtungen der  
Zuckerrübe.  
Zucker 9 (1956) 411–417, 447–454.
- Lüdecke  
Nitsche                    Entwicklungsverlauf verschiedener Zuckerrübensorten.  
Landw. Angewandte Wissenschaft, Nr. 95 (1959)
- Zana  
Vukow                      Das Wachstum der Industrie-Zuckerrübe in Ungarn in den Jahren 1951–1955.  
Acta Agronomica, Academiae Scientiarum Hungaricae, Tomus VII,  
Fasciculus 4 (1958).

Adresse des Autors:

H. Strehler

Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt,  
Agrarmeteorologischer Dienst,  
Krähbühlstrasse 58  
CH – 8044 Zürich

*Bisher erschienen*

- Nr. 1a      Uttinger H.,      Die Niederschlagsstunden in Zürich.  
22 Seiten, 1962
- Nr. 1b      Ambrosetti Fl., Die Niederschlagsstunden in Locarno-Monti.  
12 Seiten, 1965
- Nr. 2      Thams J. C.,      unter Mitarbeit von A. Aufdermaur, P. Schmid und E. Zenone.  
Die Ergebnisse des Grossversuches III zur Bekämpfung des Hagels im  
Tessin in den Jahren 1957-1963.  
32 Seiten, 1966
- Nr. 3      Grütter M.,      Die bemerkenswertesten Niederschläge der Jahre  
1948-1964 in der Schweiz.  
20 Seiten, 1966
- Nr. 4      Schram K. und Thams J. C., [Redaktion], 9. Internationale Tagung für Alpine  
Meteorologie in Brig und Zermatt, 14.-17. September 1966.  
366 Seiten, 1967
- Nr. 5      Ambrosetti Fl. und Thams J. C., Die direkte Sonnenstrahlung auf die Flächen eines  
nach Süden orientierten Würfels ohne Grundfläche in Locarno-Monti.  
16 Seiten, 1967
- Nr. 6      Schram K. und Thams J. C., Der Tagesgang der Abkühlungs- und  
Aufwärmungsgrösse in Locarno-Monti.  
20 Seiten, 1968
- Nr. 7      Ambrosetti Fl., Schram K. und Thams J. C., Die Intensität der direkten  
Sonnenstrahlung in verschiedenen Spektralbereichen in  
Locarno-Monti.  
13 Seiten, 1968
- Nr. 8      Uttinger H.,      Die Zahl der Tage mit Windspitzen von mindestens  
20 Metern pro Sekunde in Zürich (1934-1967).  
22 Seiten, 1968
- Nr. 9      Mäder F.,      Untersuchung über die Windverhältnisse in Bodennähe  
bei verschiedenen Wetterlagen.  
42 Seiten, 1968      (vergriffen, Neudruck geplant)
- Nr. 10      Schram K.,      Die Windverhältnisse in der bodennahen Luftschicht  
an einem Hang von etwa 25 Grad Neigung.  
13 Seiten, 1968
- Nr. 11      Schüepp M.,      Kalender der Wetter- und Witterungslagen von 1955 bis 1967.  
44 Seiten, 1968      (vergriffen)
- Nr. 12      Ackermann P., Die neue Radiosondenstation Payerne  
der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt.  
36 Seiten, 1968      (vergriffen)
- Nr. 13      Junod A.,      Contribution à la méthodologie granulométrique  
des aérosols microscopiques.  
70 Seiten, 1969

- Nr. 14 Joss J., Schram K., Thams J.C., Waldvogel A., Untersuchungen zur quantitativen Bestimmung von Niederschlagsmengen mittels Radar. 37 Seiten, 1969 (vergriffen)
- Nr. 15 Courvoisier H.W., Die quantitative Niederschlagsprognose winterlicher zyklonaler Witterungslagen auf der Alpennordseite der Schweiz. 15 Seiten, 1970 (vergriffen)
- Nr. 16 Schram Karin und Thams J.C., Die kurzweilige Globalstrahlung und die diffuse Himmelsstrahlung auf dem Flugplatz Zürich-Kloten. 18 Seiten, 1970
- Nr. 17 Kasser P., Schram Karin und Thams J.C., Die Strahlungsverhältnisse im Gebiet der Baye de Montreux. 46 Seiten, 1970
- Nr. 18 Gutermann Th., Vergleichende Untersuchungen zur Föhnhäufigkeit im Rheintal zwischen Chur und Bodensee. 68 Seiten, 1970
- Nr. 19 Ginsburg Theo, Die statistische Auswertung von langjährigen Temperaturreihen. 42 Seiten, 1970
- Nr. 20 Primault B., Du risque de gel et de sa prévision. 20 Seiten, 1971
- Nr. 21 Piaget A., Utilisation de l'ozone atmosphérique comme traceur des échanges entre la troposphère et la stratosphère. 72 Seiten, 1971
- Nr. 22 Zenone E., Die Gewitterverhältnisse in den südlichen Zentralalpen und Voralpen. 24 Seiten, 1971
- Nr. 23 Kirchhofer W., Abgrenzung von Wetterlagen im zentralen Alpenraum. 72 Seiten, 1971
- Nr. 24 Primault B., Le climat, élément du plan d'aménagement. Das Klima, eine der Grundlagen der Landesplanung. The climate as an element of the land management. 28 Seiten und eine Karte, 1971
- Nr. 25 Fröhlich C. und Wierzejewski, Die verschiedenen Messverfahren zur Bestimmung der Strahlungsintensität mit dem Kompensationspyheliometer und die Entwicklung eines verbesserten Modells. 36 Seiten, 1972
- Nr. 26 Bouët M., Le foehn du Valais 12 Seiten, 1972
- Nr. 27 Zenone E., Die Gewitterverhältnisse in den südlichen Zentralalpen und Voralpen (Fortsetzung von Nr. 22)  
II Die einzelnen Gewitter und ihre Verteilung  
III Die Dauer der Gewitter  
32 Seiten, 1972
- Nr. 28 Catzeflis J., Primault B., Strehler H., Analyse de la pluviosité dans le Valais central 15 Seiten, 1972
- Nr. 29 Courvoisier H. W., Die Niederschlagswirksamkeit markanter, hochreichender Kaltlufteinbrüche im Sommer in der Schweiz 11 Seiten, 1973
- Nr. 30 Sevruk B., Erfahrungen mit Totalisatoren mit schiefen, geneigten und bodenebenen Auffangflächen im Einzugsgebiet der Baye de Montreux Einfluss der Temperatur auf die Messung des Niederschlages mit Totalisator 44 Seiten, 1973
- Nr. 31 Strehler H., Beziehung zwischen Witterung und Zuckerrübenmerkmalen im Spätsommer 20 Seiten, 1975

