

Die Photosynthese und Stoffproduktion verschiedener Sommer- und Wintergetreidesorten im Tiroler Alpenraum in Abhängigkeit vom Temperatur- und Lichtfaktor

von Erich Winkler und Athanasios Paleokostas

I. Bedeutung der Getreidearten für die Ernährung:

Für fast alle Menschen auf unserer Erde ist Getreide die wichtigste Ernährungs- und Lebensgrundlage und dient in entwickelten Ländern auch oft als Kraftfutter in der Tierzucht. Nach den FAO-Berichten 1976, 1978 und 1979 betrug die gesamte (potentielle) Ackerfläche der Erde (arable land) 1973 etwa 1,4 Mrd. ha, 1977 1,46 Mrd. ha. 1961–1965 wurden 677 Mill. ha, 1975 743 Mill. ha und 1978 756,7 Mill. ha mit Getreide bebaut. Die Welt-Getreideernten stiegen von 988 Mill. t (1961/65 $\bar{\varnothing}$) schon 1975 auf 1,378 Mrd. t, 1976 auf 1,487 Mrd. t und erreichten im günstigen Jahr 1978 bereits 1,596 Mrd. t (1979 etwa 1,55 Mrd. t FAO 1979). Besonders in den entwickelten Ländern sind auch Kartoffeln beliebt (Welternten 263–284 Mill. t), in den Entwicklungsländern im Tropengürtel eher Maniok (112–119 Mill. t) und Bataten (um 100 Mill. t). Die gesamte Welternte an Wurzel- und Knollenträgern (roots and tubers) steht mit 512 Mill. t (1976) bzw. 538 Mill. t (1978) als Ergänzung aller Getreideernten (1,48 bzw. 1,59 Mrd. t) für die Weltbevölkerung von 4,26 Mrd. (1978) Menschen zur Verfügung.

Durch verbesserte Bodenbearbeitung, bessere Düngung, erhöhte Bewässerung und bessere Sortenwahl stiegen die Welterträge in den letzten 20 Jahren kräftig an und lassen hoffen, daß um 2000 6 Mrd. Menschen und ihre Nutztiere ernährt werden können.

Tab. 1: Welternten in Millionen Tonnen gemäß FAO 1976, 1978 und 1979:

	1961/65	1973	1974	1975 (kühl)	1976	1978 (optimal)	1979
Weizen	253,4	376,7	364,3	359,7	424,7	450,1	425,5
Reis	253,2	332,2	332,3	358,4	350,4	386,3	379,8
Körnermais	216,1	313,5	293,5	324,8	332,8	363,9	394,2
Kartoffeln	282,7	292,5	271,1	258,9	262,9	276,1	284,5
Gerste	99,7	164,7	166,8	152,4	186,9	193,8	172,2
Roggen	33,8	28,7	32,7	28,7	31,3	32,5	23,7
Hafer	47,8	54,3	51,1	49,0	48,7	50,5	42,9
Gesamt- Cerealien		1.383	1.346	1.378	1.487	1.596	1.553

Tab. 2: Anbau und Ernte von Weizen und Gerste 1976

L A N D	Weizen			Gerste		
	Fläche in 1.000 ha	Ertrag dz/ha	Erntemenge in 1.000 t	Fläche in 1.000 ha	Ertrag dz/ha	Erntemenge in 1.000 t
EUROPA						
Bundesrepublik						
Deutschland	1.632	41,1	6.702	1.735	37,4	6.487
DDR	750	34,7	2.600	850	38,8	3.300
Belgien	203	45,9	932	154	41,6	641
Bulgarien	793	39,1	3.100	530	34,0	1.800
Dänemark	122	47,4	578	1.471	32,4	4.767
Finnland	220	29,8	654	507	30,7	1.553
Frankreich	4.279	37,6	16.089	2.734	30,3	8.280
Griechenland	920	25,6	2.351	398	24,0	955
Großbritannien und						
Nordirland	1.231	38,8	4.773	2.182	35,7	7.793
Irland	53	41,1	216	246	39,5	973
Italien	3.552	26,8	9.528	275	27,6	760
Jugoslawien	1.724	34,7	5.980	293	22,3	653
Niederlande	131	54,4	710	62	42,8	263
Norwegen	20	32,4	65	173	28,1	486
Österreich	289	42,6	1.234	325	39,6	1.287
Polen	1.832	31,3	5.741	1.210	29,8	3.608
Portugal	567	12,0	680	119	8,7	104
Rumänien	2.388	28,2	6.730	410	29,8	1.220
Schweden	400	44,7	1.788	578	31,7	1.831
Schweiz	92	44,0	405	47	41,1	193
Sowjetunion	59.462	16,3	96.900	34.258	20,3	69.500
Spanien	2.772	15,1	4.176	3.240	15,9	5.163
Tschechoslowakei	1.270	36,5	4.640	850	36,5	3.100
Türkei	8.600	19,2	16.500	2.700	18,9	5.100
Ungarn	1.325	38,8	5.138	228	32,7	746
AFRIKA						
Ägypten	586	33,4	1.960	44	28,3	123
Algerien	2.300	9,6	2.200	800	7,5	600
Marokko	1.911	11,5	2.190	2.130	13,4	2.862
Südafrika	1.460	14,1	2.060	50	12,6	63
AMERIKA						
Argentinien	7.175	15,6	11.200	500	15,2	760
Brasilien	3.533	9,1	3.200	49	11,6	56
Chile	698	12,2	850	56	14,1	78
Kanada	11.141	21,1	23.523	4.339	23,7	10.303
Kolumbien	50	12,0	60	46	15,5	71
Mexiko	797	42,1	3.354	315	14,6	460
Peru	140	10,6	148	185	8,9	460
Uruguay	538	9,4	505	44	10,7	47
USA	28.661	20,4	58.444	3.407	24,1	8.215

L A N D	Weizen			Gerste		
	Fläche in 1.000 ha	Ertrag dz/ha	Erntemenge in 1.000 t	Fläche in 1.000 ha	Ertrag dz/ha	Erntemenge in 1.000 t
ASIEN						
Bangladesh	150	14,5	218	25	6,8	17
China Volksrepublik	31.001	13,9	43.003	13.501	15,6	21.000
Indien	20.112	14,1	28.336	2.941	10,9	3.196
Iran	5.200	11,5	6.000	1.480	10,1	1.487
Japan	89	25,0	222	80	26,2	210
Korea Volksdem. Rep.	72	20,1	145	185	20,0	370
Korea Republik	37	22,2	82	711	24,7	1.759
Pakistan	6.111	14,1	8.636	186	7,0	130
AUSTRALIEN, OZEANIEN						
Australien	8.900	13,5	12.000	2.300	12,4	2.840
Neuseeland	100	42,8	427	87	39,3	344
W E L T	235.302	17,7	417.478	93.446	20,3	189.654

Aus: F A O Production yearbook Vol.30 1 9 7 6

Die Tabelle 2 (nach F A O 1976) zeigt deutlich die günstigen Ertragsbedingungen in den E W G -Ländern. Das Industrie- und Topagrarland Frankreich erntete 1976 16 Mill. t Weizen (mit 37,6 dz/ha) und brachte es im günstigen Jahr 1978 auf 21 Mill. t (50 dz/ha!). Die Franzosen exportieren in die EWG nach Bedarf, vor allem auch nach Italien und in die Bundesrepublik. Die hochindustrialisierte BRD hatte schon 1973 und 1974 Weizenernten von 7,1 und 7,7 Mill. t, 1976 waren es 6,7 Mill. t (41 dz/ha) und 1978 8,1 Mill. t mit dem ausgezeichneten Flächenertrag von 50 dz/ha im Landesmittel! Aber auch Holland zeigte sehr hohe Hektarerträge (54,4 dz/ha 1976, bzw. 65,7 dz/ha 1978 bei 792.000 t Weizen). In Italien erreichten die Weizenernten 1976 9,5 Mill. t, 1978 8,7 Mill. t, bei klimabedingt und arbeitstechnisch herabgesetzten Flächenerträgen von 26,6 bis 25,1 dz/ha. Nur in der Poebene sind 35 dz/ha möglich.

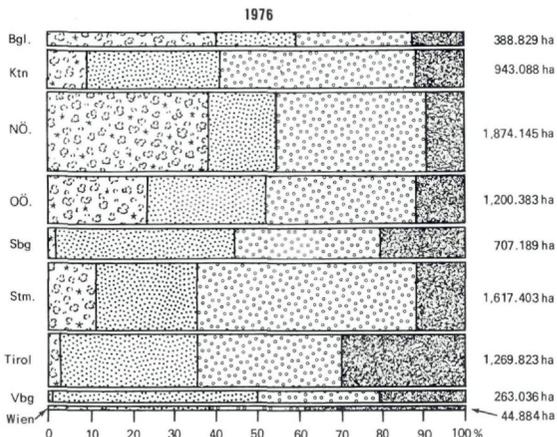
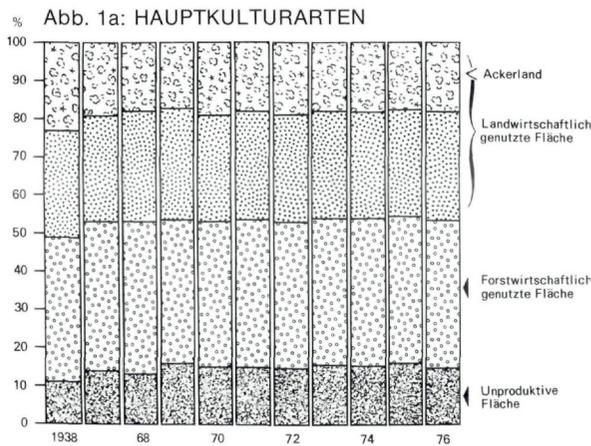
Auch in Spanien zeigt sich der Mediterraneinfluß von heißen Sommermonaten und regenarmen Mai-Juni perioden in Weizenernten von nur 4,1 Mill. t (15,1 dz/ha 1976) und 4,8 Mill. t (17,6 dz/ha 1978).

Die österreichischen Weizenerträge liegen bei vorwiegend österr. Arealen um 1,2 Mill. t (1976–1978). Allerdings sind hier die Hektarerträge um 42 dz/ha (1976, 1978) bzw. 37,6 dz (1977) recht beachtlich.

Der Großproduzent Rußland leidet an sehr schwankenden Jahresernten. Die Flächenerträge sind in der UdSSR und auch in den USA eher mittelgroß und in China und Indien eher gering. Der Erfolg neuer Hochzuchtsorten ist in Asien nur bei ausreichender Bewässerung landesweit spürbar.

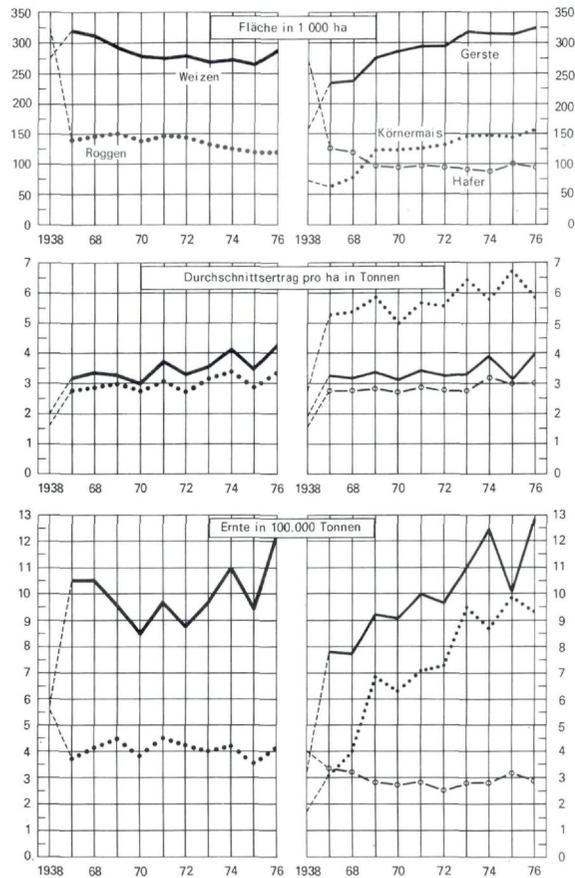
Tab. 3: Hauptproduzenten für Weizen (Ernten in Millionen Tonnen).

	1961/65	1974	1975	1976	1977	1978	Weitererte 100% 1978=441,5 Mill. t
UdSSR	64,2 9,6	83,9 14,1	66,2 10,7	96,8 16,3	92 14,8	120,8 19,2	Mill. t=27,3% dz/ha
USA	33,1 17,0	48,9 18,4	58,1 20,6	58,4 20,4	55 20,6	48,9 21,3	Mill. t=11,1% dz
Kanada	15,4 13,8	13,3 14,9	17,1 18,0	23,6 20,9	19,9 19,6	21,1 20,0	Mill. t= 4,8% dz
Frankreich	12,5 29,3!	19,1 46,1	15,0 38,7	16,1 37,7	17,3 42,2	21,1 50,6	Mill. t= 4,8% dz!
China	22,2 8,8	37 12,7	41 13,7	45 14,5	40 12,7	44 14	Mill. t= 9,9% dz/ha
Indien	11,2 8,3!	21,8 11,7	24,1 13,4	28,8 14,1	29,0 13,9	31,3 14,8	Mill. t= 7,1% dz/ha



(Aus: Ergebnisse der landwirtschaftlichen Statistik im Jahre 1976)

Abb. 1b: WEIZEN, ROGGEN, HAFER, GERSTE UND KÖRNERMAIS



(Aus: Ergebnisse der landwirtschaftlichen Statistik im Jahre 1976)

II. Getreidebau in Österreich:

Die Wirtschaftsfläche Österreichs (1976 8,3 Mill. ha) umfaßt 3,775 Mill. ha landwirtschaftlich genutzte Fläche (45,4%) (Abb. 1), 3,266 Mill. ha forstwirtschaftlich genutzte Fläche (39,3%) und 1,267 Mill. ha (15,2%) »unproduktive Fläche im agrarischen Sinn«, welche aber als Wassersammler für die Elektrizitätswirtschaft und oft als Winter- und Sommersportareale wichtig sind.

Weizenbau und Gerstenbau in Ost- und Westösterreich

Abb. 1a und 1b zeigt die hohen Ackerlandanteile in Ostösterreich, vor allem Niederösterreich und Oberösterreich, die mittleren oft mit Mais bestellten Ackerflächen von Steiermark und Kärnten, welche aber im Ausgleich überdurchschnittliche Waldareale besitzen. Tirol hat wenig Ackerflächen, viel Talwiesen und alpines Grünland, reichlich Wälder und viele »unproduktive Felsflächen«, die zur Erzeugung von 3,7 Mrd. kWh/1978 erheblich Wasser beisteueren.

Die Weizenbauflächen Österreichs schwanken um 300.000 ha; 1967 waren 316.300 ha, 1968 305.600 und bei steigenden Erträgen 1978 nur mehr 286.000 ha bestellt. Die Weizenerträge stiegen von 517.417 t (1938) bis 1975 auf 945.188 t, und überschritten nach diesem Kaltjahr durchwegs die Millionengrenze (1976 1,23 Mill. t, 1977 1,07 Mill. t, 1978 1,19 Mill. t) 50–60% der österr. Weizenproduktion und um 66% der Gerstenproduktion wird in der Kornkammer Niederösterreich geerntet (1975 545.113 t, 1976 717.253 t, 1978 706.338 t). Das warme Flachland Niederösterreichs ist auch für Gerstenanbau sehr gut geeignet, zumal Futtergersten und vor allem Braugersten bei gestiegenem Bierabsatz im Wiener Raum gut verkauft werden können. So stieg in Niederösterreich das Gerstenareal von 141.000 ha (1965) auf 214.000 ha (1978) und die Gerstenernten von 349.324 t (1965) wegen Arealzunahme und verbesserter Sortenwahl auf 884.326 t. In ganz Österreich lagen die Gerstenernten zwischen 522.864 t (1965, 220.100 ha) und 1.423.602 t (1978, 355.500 ha). Bei Weizenernten über 1 Mill. t und Gerstenernten über 1,3 Mill. t können Exporte getätigt werden.

Das wichtige Industrieland Oberösterreich verfügt zusätzlich noch über eine blühende Vieh- und Getreidewirtschaft mit Flächenenerträgen um 43 dz/ha bei Weizen und 38 dz/ha bei Gerste und liefert 25% der Weizen- und 12% der Gerstenernten (1978 z. B. 287.138 t Weizen mit 44,9 dz/ha und 181.170 t Gerste mit 38,2 dz/ha). Seit 1973 ist Österreich im Körnermaisbau etwa autark, die Ernte betrug 966.000 t und stieg 1977 auf 1,16 Mill. t, 1975 auf 0,98 Mill. t und blieb 1978 bei 1,165 Mill. t. Hauptproduzent war die Steiermark (1978 383.429 t), gefolgt von Niederösterreich (317.423 t) und Oberösterreich (275.759 t). Grünmais- und Silomaiserntens stiegen ab 1965 (1,3 Mill. t) enorm an, erreichten 1970 2,4 Mill. t, 1973 3,7, 1976 4,6 Mill. t und 1978 sogar 5,4 Mill. t. Oberösterreich und Niederösterreich waren 1978 daran mit je 1,6 Mill. t, die Steiermark mit 894.766 t beteiligt und sogar Tirol mit 207.523 t vertreten. Alpeng in Westösterreich, in Gebieten der Hohen und Niederen Tauern und Maissilagefütterung unterstützen die Viehhaltung der 2,5 Mill. Rinder zusätzlich zum Rauhfutteranfall von 6,2 (1978) bis 7 Mill. t (1975).

Tab. 4: Weizen in den verschiedenen Anbaugebieten Österreichs

	Anteil in %	Anbaufläche in 1.000 ha	Ertrag in t	dz/ha	Anteil in %	Anbaufläche in 1.000 ha	Ertrag in t	dz/ha
	1965				1968			
Burgenland	9,9	31,7	65.343	20,6	10,0	35,4	104.332	29,5
Kärnten	2,8	7,8	18.262	23,4	1,8	6,7	18.580	27,6
Niederösterreich	55,5	151,3	366.585	24,2	57,8	177,8	604.228	34,5
Oberösterreich	21,3	55,7	140.906	25,3	22,9	61,1	239.185	39,2
Salzburg	0,7	2,5	4.688	18,4	0,5	2,3	5.543	24,3
Steiermark	2,8	22,2	18.262	23,4	5,9	19,1	62.118	32,5
Tirol	0,3	0,8	2.108	25,6	0,2	0,8	2.540	32,3
ÖSTERREICH	100,0	275,6	660.711	24,0	100,0	305,6	1,044.709	34,2
	1969				1970			
Burgenland	10,6	37,4	100.870	27,0	11,0	36,3	89.432	24,7
Kärnten	1,3	4,1	12.249	29,4	1,5	4,2	11.813	28,2
Niederösterreich	56,0	162,0	531.730	32,8	54,2	154,0	439.286	28,5
Oberösterreich	25,0	61,9	237.559	38,4	25,0	60,4	202.515	33,5
Salzburg	0,5	1,9	4.936	25,1	0,5	1,8	4.336	24,7
Steiermark	5,7	16,0	53.936	33,8	6,8	15,8	54.858	34,7
Tirol	0,2	0,5	1.579	33,7	0,2	0,4	1.534	34,2
ÖSTERREICH	100,0	286,1	950.228	33,2	100,0	275,2	810.424	29,4
	1971				1972			
Burgenland	11,4	33,3	111.024	33,3	10,4	33,7	89.523	26,6
Kärnten	1,3	4,3	12.718	29,8	1,4	4,2	11.923	28,3
Niederösterreich	56,0	155,1	545.601	35,2	55,9	154,7	482.959	31,2
Oberösterreich	23,6	60,7	229.534	37,8	25,6	61,4	221.073	36,0
Salzburg	0,5	1,7	4.585	26,9	0,5	1,6	4.037	26,0
Steiermark	6,3	16,0	61.336	38,3	5,2	16,2	45.388	28,0
Tirol	0,1	0,4	1.438	33,4	0,2	0,4	1.356	32,4
ÖSTERREICH	100,0	273,8	974.281	35,6	100,0	274,4	863.310	31,5
	1973				1975			
Burgenland	12,0	33,2	112.455	33,8	11,5	32,8	108.564	33,1
Kärnten	1,1	3,4	10.555	31,2	0,9	2,9	8.697	30,1
Niederösterreich	55,5	150,7	521.591	34,6	57,7	156,8	545.113	34,8
Oberösterreich	24,4	61,2	228.717	37,4	24,4	61,6	230.394	37,4
Salzburg	0,4	1,3	3.355	26,9	0,3	1,0	2.802	29,1
Steiermark	5,7	14,1	53.863	38,2	4,4	12,1	41.284	34,1
Tirol	0,1	0,2	792	34,7	0,1	0,3	886	32,1
ÖSTERREICH	100,0	266,3	939.152	35,3	100,0	269,6	945.188	35,1
	1976				1978			
Burgenland		37,6	151.341	40,2		35,0	130.923	37,4
Kärnten		2,8	9.080	32,5		2,5	8.813	34,7
Niederösterreich		165,5	717.253	43,3		169,1	706.338	41,8
Oberösterreich		66,2	287.678	43,4		63,9	287.138	44,9
Salzburg		1,2	3.922	33,5		1,1	3.342	31,7
Steiermark		13,5	54.083	40,2		12,2	49.242	40,4
Tirol		0,3	1.048	36,0		0,3	981	36,6
Vorarlberg		0,1	252	37,6		0,0	122	35,9
Wien		2,1	8.863	41,5		1,9	7.909	41,0
ÖSTERREICH		289,3	1,233.520	42,6		286,0	1,194.808	41,8

Tab. 5: Sortenerträge in verschiedenen Anbaugebieten Tirols in dz/ha

<i>Wi-Weizen- Anbaugebiete</i>	1965	1970	1971	1973	1974	1975	1976	1977
Probus (Vomp, Rotholz) – Igls	– 43,1 –	54,6 30,7 –	48,0 49,3 –	42,3 – –	54,6 – 52,3	– – –	– – –	– – –
Diplomat	– – –	70,7 33,8 –	59,1 62,9 –	51,2 – –	67,1 – 69,7	– – –	– – –	– – –
Jubilar	– 39,2 –	45,6 32,0 –	69,0 62,8 –	46,4 – –	53,2 – 61,7	61,0 – 76,6	32,5 – 42,6	67,3 – 68,8
Rinner St. 140	– – –	48,1 23,2 –	48,7 21,8 –	47,3 – –	– – –	47,4 – 70,6	– – 33,0	48,2 – 58,6
Neuhof 1	– – –	– – –	51,9 51,6 –	44,9 – –	62,1 – 63,2	59,5 – 66,5	– – –	– – –
<i>SO-Gerste-Anbaugebiete (Mötz, Fiss)</i>								
Union	– –	– –	55,3 –	46,9 44,6	39,2 40,9	47,5 50,7	42,5 30,4	39,6 47,2
Eva	– –	– –	– –	– –	49,4 –	55,4 53,9	41,9 31,5	– –
Birgitta	– –	– –	48,2 43,1	48,6 50,3	48,2 51,6	– –	– –	– –

Tirol ist als Land im Gebirge am Ackerbau eher mäßig beteiligt, der Weizenanbau ging seit 1960 zurück, der Gerstenanbau hielt sich zwischen 4.008 t (1973) und 5.035 t (1978). Dafür erreichte der Grün- und Silomaisanbau schon im günstigen Jahr 1973 206.016 t (bei 659 dz/ha als österr. Jahresoptimalwert) und war 1978 mit 207.523 t (bei 559 dz/ha) ähnlich gut. Der Getreidebau und Silomaisbau im Inntal und den begleitenden Hochterrassen dient nur der Beschaffung von preiswerten Futtermitteln und der Strohversorgung. Trotz der für Weizen- und Gerstenbau geeigneten beschränkten Talareale und Hochterrassen gedeihen Weizen- und Sommergerstensorten von Hall bis Innsbruck – Zirl – Mötz (um 600 m) und in Igls (860 m) und Fiss (1.400 m – Gerstenbaugebiet!) in Durchschnittsjahren und guten Jahren nicht schlecht. Die Temperaturansprüche, vielleicht etwas im Wipptal wie im Raum Innsbruck durch Föhn begünstigt, reichen aus, die Wasserversorgung ist optimal.

Die Pflanzenbauabteilung der Landeslandwirtschaftskammer für Tirol (Dr. Ing. Matt) führt seit 20 Jahren unter Ing. Jäger besonders in Igls (im Föhnstrich) und bei guten Betrieben von Rotholz – Vomp – bis Mötz Sortenprüfungen durch und teilte uns die in Tab. 5 zitierten Erträge mit. Sie reichen von 43 bis 54 dz/ha (Probus) bzw. 51–70 dz/ha (Diplomat), von 39–68 dz/ha (Jubilar) wobei die Spitzenwerte aus Igls aus den sorgfältig betreuten Versuchen der Pflanzenbauabteilung selbst stammen und die potentiellen Leistungsgrenzen der Sorten bei guter Düngung darstellen. Die Düngung betrug meist 100 kg N/ha, 95 kg P₂O₅/ha und bis 140 kg K₂O/ha.

Auch die Gerstenerträge in Mötz (600 m) und Fiss (1.400 m) reichen von 39 bis 55 dz/ha und sind recht gut.

In Kenntnis dieser schönen praktischen Erfolge beschlossen die Verfasser in Innsbruck

(610 m) und Rinn (900 m) eigene Parzellen anzulegen und neben den Erträgen vor allem die klimatischen Faktoren und die Photosynthese geeigneter Sorten näher zu untersuchen.

Dr. Paleokostas brachte auch Originalsaatgut von griechischen Weizen- und Gerstensorten mit, so daß diese vergleichend mituntersucht wurden. Zuvor soll noch kurz die Getreidebau- lage in Griechenland geschildert werden.

Getreidebau in Griechenland

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche Griechenlands beträgt 9,155.000 ha, wovon auf Ackerland 3,905.000 ha entfallen (43%). Nur mehr 40% werden heute mit Getreide bebaut, Tabak, Baumwolle, Zuckerrüben reduzierten das Areal von 1,643.000 ha (1966) auf 1,544.000 ha (1975). Die Getreidebauzentren sind Thessalien, Mazedonien und Thrakien. Die Weizenanbauflächen nahmen von 1,030.000 ha (1966) bis 1975 um 11% ab (920.000 ha), aber der Ertrag stieg in dieser Periode von 1,962.000 t auf 2,140.000 t (1975), wobei auch der Hektarertrag durch verbesserte Düngung und verbesserte Sortenwahl von 19 dz/ha (1966) auf 23,3 dz (1975) und 1976 sogar auf 27,7 dz/ha im Landesdurchschnitt anstieg. Gute Betriebe erreichten bei der Sorte AMYNTAS 417 28–38 dz/ha, wir wählten sie für unsere Anbauversuche in Österreich aus.

Etwa 20% der Weizenanbaufläche wird mit *Triticum durum*, Hartweizen, bebaut, von dem Durchschnittserträge von 16–17 dz/ha möglich sind. Im Jahre 1975 wurden 353.000 t, im Jahr 1976 410.000 t Hartweizen mit vorzüglicher Backqualität geerntet.

Gersten-, Roggen-, Haferanbau:

Roggen- und Haferanbau sind in Griechenland im Gegensatz zu den Alpenländern ohne Bedeutung. 1975 wurden noch 7.000 t Roggen und 115.000 t Hafer geerntet. Auf Kosten des Hafer-Roggenanbaues gewann der Gerstenanbau an Bedeutung. Die Gerstenareale sind von 314.000 ha (1966) bis 1975 um 28% gestiegen und nehmen 402.000 ha ein, der Ertrag stieg um 48% von 632.000 t (1966) auf 936.000 t (1975). Gerste wird zur Tierernährung und als Braugerste gern verwendet.

Maisanbau:

Die mit Körnermais bebauten Areale nahmen von 156.000 ha (1965) bis 1975 auf 125.000 ha ab. Aber die Erträge stiegen von 290.000 t (1965) durch bessere Hybridverwendung schon im günstigen Jahr 1973 auf 650.000 t an und auch der Kornertrag verbesserte sich auf 41,4 dz/ha im Landesdurchschnitt. Kühlere Jahre wie 1975 liefern um 468.000 t (mit 37,4 dz/ha).

Tabelle 6 erläutert die Ertragsentwicklung der Getreidearten im einzelnen für die Dekade 1965/1976.

Tab. 6: Getreideanbau in Griechenland 1965–1975

	Weizen			Gerste		
	Fläche in 1.000 ha	Ertrag dz/ha	Ernte in 1.000 t	Fläche in 1.000 ha	Ertrag dz/ha	Ernte in 1.000 t
1965	1.113	17,9	1.996	236	17,5	412
1966	1.030	19,0	1.962	314	20,1	632
1969	1.083	15,7	1.701	283	15,8	447
1970	985	19,6	1.930	342	21,0	718
1973	841	20,7	1.738	412	20,8	857
1974	919	24,7	2.274	419	23,5	983
1975	920	23,3	2.140	402	23,3	936
1976	920	25,6	2.351	398	24,0	955

	Körnermais			Kartoffeln		
	Fläche in 1.000 ha	Ertrag dz/ha	Ernte in 1.000 t	Fläche in 1.000 ha	Ertrag dz/ha	Ernte in 1.000 t
1965	156	18,6	290	50	126,6	633
1966	143	23,6	337	49	119,6	586
1969	150	26,7	400	56	99,8	559
1970	170	28,3	481	56	105,0	590
1973	157	41,4	650	56	130,9	733
1974	128	35,5	455	56	126,4	708
1975	125	37,4	468	59	135,7	801

	Roggen			Hafer		
	Fläche in 1.000 ha	Ertrag dz/ha	Ernte in 1.000 t	Fläche in 1.000 ha	Ertrag dz/ha	Ernte in 1.000 t
1965	19	11,6	22	125	14,2	177
1966	16	11,9	19	122	14,3	174
1969	9	8,9	8	85	11,9	101
1970	7	12,9	9	80	13,3	106
1973				72	14,2	102
1974	5	12,0	6	76	15,0	114
1975	5	14,0	7	71	16,2	115
1976				67	15,5	104

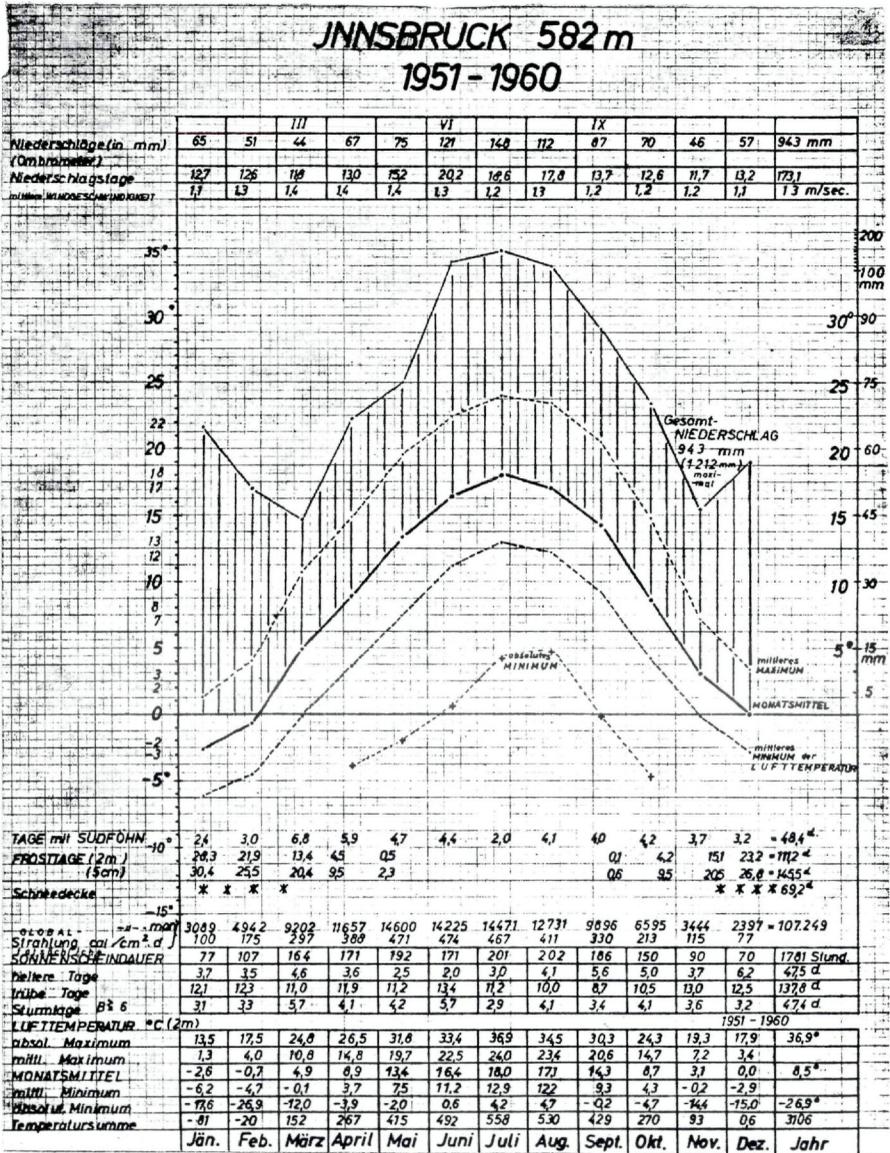
Abb. 2a:

Monats- und Jahresmittel der Lufttemperaturen
mit Normalzahlen und Extremwerten

Monats- und Jahressummen der Niederschläge

Zeit- raum	Mittel in °C												Höchstes			Niedrigstes			Summen bzw. mittlere Summen in mm												
													Tagesmittel																		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr	°C	Datum	°C	Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr	
Nr.: 111	Innsbruck (Universität) Inn												Höhe: 582 mÜ. NZ.: 8,5 °C			111			Innsbruck (Universität) Inn												Höhe: NZ.:
1961	-2,4	2,5	6,2	12,6	11,6	17,8	17,1	17,2	17,7	10,4	3,9	-0,9	9,4	25,2	26. 6.	-10,7	18.12	13	66	26	48	168	58	88	121	20	67	26	83	784	
1962	-1,0	-0,6	2,1	9,1	11,2	15,1	17,2	18,7	14,0	9,4	3,1	-5,6	7,7	24,3	24. 6.	-20,1	27.12	87	67	37	66	156	74	109	66	72	38	24	112	908	
1963	-6,7	-4,8	2,7	10,6	13,1	17,4	19,2	17,4	15,3	8,4	7,0	-3,9	8,0	26,1	3. 8.	-17,6	23. 1.	36	3	42	40	72	78	104	176	66	15	66	17	715	
1964	-4,9	2,3	3,6	10,4	14,9	18,3	18,6	16,7	14,3	7,4	4,3	-2,8	8,6	25,9	13. 6.	-10,7	7. 1.	7	31	50	90	55	112	92	138	57	170	91	49	942	
1965	0,4	-3,3	4,5	7,5	12,0	16,9	17,2	16,3	13,7	8,7	3,2	0,2	8,1	25,7	7. 8.	- 5,5	21. 2.	33	38	64	88	124	149	119	101	113	1	56	101	987	
1966	-4,4	5,1	3,6	10,9	13,5	17,4	16,2	14,9	15,4	12,5	1,8	-1,4	8,7	24,1	11. 6.	-17,0	15. 1.	26	35	61	38	150	144	243	228	53	60	128	90	1255	
1967	-2,4	1,7	5,3	7,4	13,5	15,8	19,5	17,8	14,0	10,6	4,4	-2,1	8,8	24,9	26. 6.	-15,1	10. 1.	57	22	109	69	110	130	92	68	111	54	54	20	896	
1968	-3,2	1,5	4,7	10,9	13,5	17,3	17,0	16,4	13,8	9,8	4,5	-2,9	8,6	25,5	8. 7.	-14,2	31.12.	115	19	33	55	58	102	125	122	88	47	32	28	824	
1969	-1,0	-0,9	4,8	9,4	15,8	14,9	18,8	16,2	15,8	10,0	3,9	-6,2	8,5	25,3	14. 5.	-11,6	28.12.	50	15	22	46	72	94	139	127	74	7	64	26	736	
1970	-0,3	-0,5	2,0	6,7	11,6	17,8	17,6	16,8	14,7	8,1	4,9	-1,9	8,1	23,9	8. 7.	-11,8	25.12.	29	130	61	113	37	103	133	246	76	81	71	29	1109	
1961 bis 1970	-2,6	0,3	4,0	9,6	13,1	16,9	17,8	16,8	14,9	9,5	4,1	-2,8	8,5	26,1	3. 8. 1963	-20,1	27.12. 1962	45	43	51	65	100	104	125	139	73	54	61	56	916	
1901 bis 1970	-2,7	-0,3	4,8	9,2	13,6	16,6	18,0	17,2	14,4	9,1	3,4	-1,2	8,5	28,4	25. 7. 1941	-21,3	10. 2. 1956	54	42	43	60	79	106	126	118	78	62	56	52	876	

Abb. 2b:



III. Klimatische Verhältnisse im Innsbrucker Raum:

Das langjährige inneralpine Klima von Innsbruck wurde 1933 von E. Ekhart, 1958 von E. Reiter und 1967 von E. Winkler und W. Moser für die Periode von 1951–1960 beschrieben. Abb. 2 zeigt den monatlichen Gang der Lufttemperatur und des Niederschlages und stellt zusätzlich durch den Verlauf der mittleren Maxima und mittleren Minima die Tagesschwankung der Lufttemperatur dar. Die Anhangstabelle zeigt für die Periode 1961–1970, ebenso 1971–1978 wenig Abweichung der Mittelwerte. So fielen z. B. 1951–1960 im Jahresmittel 943 mm Niederschlag, 1961–1970 916 mm, mit etwa 60% der Regenmengen im Sommerhalbjahr, so daß Getreide und Wiesengräser stets ausreichend Wasser zur Verfügung haben, was bei 10–16 Regentagen pro Monat von Juni bis September gute Wasserversorgung gewährleistet. Die Sonnenscheindauer betrug 1951–1960 im Mittel 1.781 Stunden, die Globalstrahlung 107.249 cal/cm². In und um Innsbruck und auf einem nahen Teil der Hochterrassen weht an 40 bis 50 Tagen im Jahr Föhn, welcher die Schneedecke im Februar/März rascher abschmelzen läßt und den Silomais im September und anfangs Oktober rascher ausreift. In Durchschnittsjahren liegt die Monatsmitteltemperatur in Innsbruck im Mai bei 13,4°, die mittleren Maxima aber schon bei 19,7°, so daß die Jugendentwicklung von Getreide rasch abläuft. Im Juni und Juli beträgt das Monatsmittel gegen 16,4° und 18,0°, die mittleren Maxima aber 22,5° bis 24° so daß mit kräftiger Einstrahlung gute Photosynthesewerte erreicht werden und Weizen- bzw. Gerstesorten Ende Juli, in nassen Jahren Anfang August geerntet werden. Neben den Versuchspartellen im Botanischen Institut in Innsbruck (610 m) wurden in der Landesanstalt für Pflanzenzucht in Rinn (900 m) auf der Hochterrasse Parzellen angelegt. Rinn hat im Mittel um 1,5° bis 2° tiefere Temperaturen als Innsbruck, mit 915 mm Niederschläge ähnliche Regenverhältnisse und etwas geringere Föhnbegünstigung als Innsbruck. Die Sonnenscheindauer ist mit 1.702 Stunden etwas geringer, allerdings vor allem im Winter durch Hangabschirmung, im Sommer eher wie Innsbruck. Die Jahresglobalstrahlung beträgt 103.277 cal/cm², im Sommer manchmal um 3–5% mehr, wenn Taldunst über Innsbruck die Einstrahlung behindert. Entsprechend der Höhenlage steigt die Zahl der Frosttage in Rinn auf 136, in Innsbruck um 111 Tage pendelnd. In Rinn liegt die Schneedecke bis Ende März/Anfang April und verkürzt die Vegetationszeit um 20–30 Tage gegenüber Innsbruck. In Rinn liegt auch die Grenze des Wintergetreideanbaues, Körnermaisbau ist seit 1950 erloschen, nur Silomais hält sich gut von Tulfes – Rinn bis Igls/Axams in der 900-m-Zone.

Witterung der Versuchsjahre:

In den Versuchspartellen im Botanischen Garten von Innsbruck stand die Bodenwetterhütte in den Getreidepartellen, die 2-m-Wetterhütte mit Thermohygrograph am Feldrand. Auch in Rinn war eine Bodenwetterhütte (Thermograph, 10 cm Meßhöhe) in den Partellen installiert. Etwa 50 m von den Getreidepartellen entfernt wurden in der 2-m-Hütte die Luftwerte registriert und durch Strahlungs- und Regenmessungen ergänzt. Dipl.-Ing. L. Köck stellte uns alle 2-m-Werte zur Verfügung. Zusätzlich registrierten wir am Dach des Botanischen Institutes die Sonnenstrahlung alle 6 Minuten am Luxmeter und korrelierten sie mit der Globalstrahlungsmessung des Meteorologischen Institutes von Innsbruck.

1975

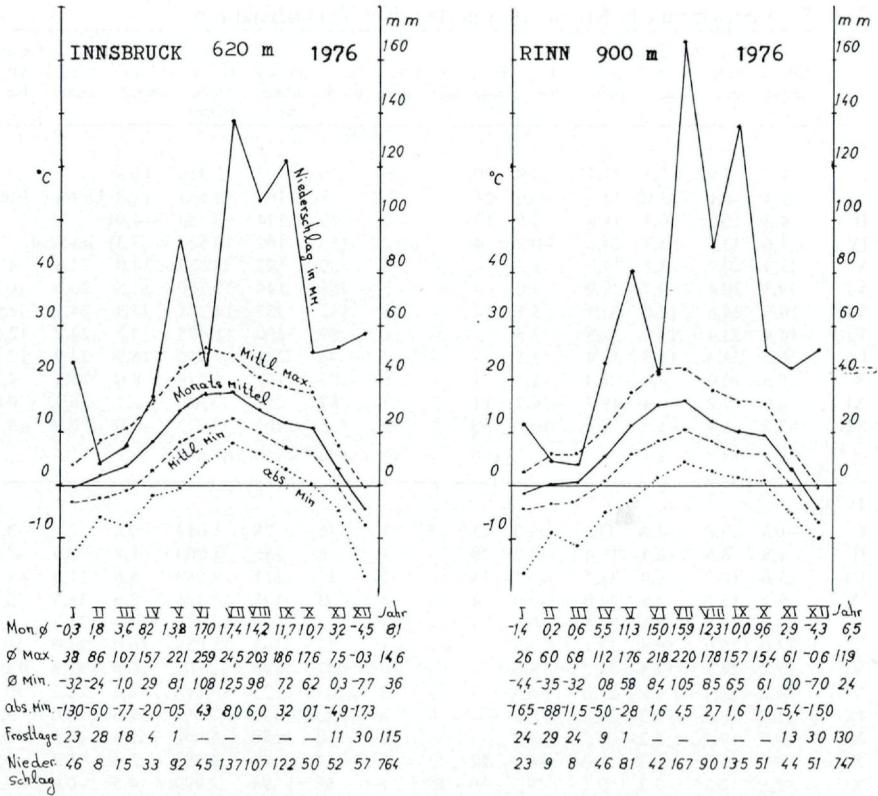
Das Durchschnittsjahr 1975 mit Jahresmittel-Temperatur $8,4^{\circ}$ und 894 mm Niederschlag brachte nur in der Sonnenscheindauer mit 1.877 Stunden (Globalstrahlung $101.606 \text{ kcal/cm}^2$) leicht positive Abweichung. Wie aus Tab. 7 ersichtlich erreichten nach mildem Frühjahr die mittleren Maxima der Lufttemperatur im Mai $20,7^{\circ}$ (Mon. Mittel $13,4^{\circ}$), im Juni $20,4^{\circ}$ und im Juli $24,6^{\circ}$ (Mon. Mittel $16,9^{\circ}$). Der warme September mit mittl. Maxima um $24,4^{\circ}$ (Mon. Mittel $16,5^{\circ}$) wirkte sich nur mehr im Silomaisertrag aus. Schon der November brachte absol. Minima von $-14,7^{\circ}$ und im Dezember sanken die Temperaturen bei einem Monatsmittel von $-2,5^{\circ}$ auch auf abs. Minimum von $-10,7^{\circ}$ ab. Aber die Schneedecke schützte rechtzeitig die Winterkulturen in Innsbruck und Rinn. Die Temperaturwerte von Rinn lagen 1975 etwa $1,5-2^{\circ}$ unter jenen von Innsbruck und sind im einzelnen in Tab. 8 angeführt.

1976

In Innsbruck und Rinn lagen die Niederschläge bei 764 bzw. 747 mm, etwas unter dem langjährigen Durchschnitt und die Temperaturen stiegen nach einem etwas kühlen Frühjahr im Mai gegen 22° (mittl. Maximum). Die Monatsmittel im Juni und Juli lagen in Innsbruck bei $17,0^{\circ}$ bzw. $17,4^{\circ}$ und die mittleren Maxima bei $25,9^{\circ}$ bzw. $24,5^{\circ}$ in günstigen Produktionsbereichen, wobei auch die Einstrahlung im Juni 14.077 bzw. im Juli Hochwerte von 15.628 cal/cm^2 erreichte. In Innsbruck reichten die Mai-Niederschläge von 92 mm zur Auffüllung des Bodenwasserspiegels aus, so daß an den meisten Standorten der geringe Juniregen von 45 mm den Wasserverbrauch gerade noch deckte. Nur an durchlässigen ungünstigen Böden trat vorzeitige Reifung ein. Der Juli brachte mit 137 mm ausreichend Wasser und Temperaturen um $17,4-24,5^{\circ}$ (mittl. Max.), nur der August blieb kühl (mittl. Max. $20,3^{\circ}$), so daß sich die Ernte ortsweise verschieden bis zur Monatsmitte verzögerte.

Abbildung 3 zeigt vergleichend den Temperaturgang von Innsbruck und Rinn. In Rinn lag die Schneedecke 1976 bis zum 16. März und der Boden erhielt auch von Mai bis Juli reichliche Wasserzuschüsse aus dem 2.700 m hohen Glungezerhang, litt also nie an Trockenheit. Für Tallagen war der Juni 1976 ziemlich warm, für 900-m-Lagen in Rinn – Igls aber kamen Juni – Juli gerade optimale Temperaturwerte um 22° vor, so daß die Ernte problemlos wurde. Im Oktober begünstigten mittl. Maxima um $17,6^{\circ}$ in Innsbruck und $15,4^{\circ}$ in Rinn den Jungwuchs. Die zeitgerecht gefallene Winterdecke schützte die Kulturen auch im Dezember gegen Kälte (Innsbruck absol. Minimum $-17,3^{\circ}$, Rinn -15°) und hielt bis Anfang Februar 1977 bzw. 20. II in Rinn.

Abb. 3



1977

Die wärmere Witterung von Februar und März 1977 wurde im April durch Schneefall und 13 Frosttage ersetzt und die Wintergetreideentwicklung etwas verlangsamt. Mai und Juni lagen etwa $0,7^\circ$ unter den Normalwerten, aber mittlere Maxima um 19° (Mai) bis $22,4^\circ$ (Juni/Juli) genügten doch für eine durchschnittliche Stoffproduktion. Auch in Rinn wurden nach schwachen Mai-Werten (mittl. Max. $15,8^\circ$) im Juni mittl. Maxima um $19,5^\circ$, im August um $19,2^\circ$ und im Juli um $20,9^\circ$ erreicht. Tab. 7 und Tab. 8 zeigen neben allen wichtigen Daten aus der 2-m-Zone auch, daß die Bodenzone (Meßbereich 10 cm) im Mai und Juni etwa um $1/2$ bis 1° besser temperiert ist.

Tab. 7: Innsbruck Klimadaten in den drei Versuchsjahren

	2 m T e m p .						1 0 c m T e m p .								
	Monats- mittel	mittl. max.	mittl. min.	abs. max.	abs. min.	Frost- tage	Eis- tage	Föhn- tage	Nied. in mm	Sonnen- schein- dauer	Global- Strahl. cal/cm ²	Monats- mittel	mittl. max.	mittl. min.	Frost- tage
1975															
I	1,7	5,9	-1,4	13,1	-6,9	20	-	6	55	95	3.546	(1,9)	-	-	-
II	1,4	8,4	-3,0	12,1	-7,0	24	-	2	8	167	5.813	(1,8)	Unter d. Eiche		
III	4,5	10,2	0,7	18,8	-3,6	17	-	7	79	114	7.523	(4,9)	-	-	-
IV	7,6	13,5	3,8	24,0	-0,9	4	-	2	115	162	10.527	(7,3)	im Feld		
V	13,4	20,7	8,2	30,9	1,8	-	-	8	80	192	13.539	14,0	21,8	8,8	-
VI	14,3	20,4	9,7	30,9	3,0	-	-	3	168	144	11.700	14,5	20,6	10,3	-
VII	16,9	24,6	12,0	33,1	5,7	-	-	1	142	237	14.271	17,3	24,1	13,0	-
VIII	16,4	23,4	11,8	31,5	7,5	-	-	1	89	200	11.475	17,3	24,2	12,9	-
IX	16,5	24,4	11,5	30,4	7,1	-	-	7	43	201	9.950	16,9	24,9	12,1	-
X	8,3	16,0	4,0	25,3	-1,1	4	-	1	22	167	6.719	8,0	15,1	4,1	7
XI	2,6	7,2	-0,4	18,7	-14,7	11	3	3	87	93	3.330	2,1	6,1	-0,6	12
XII	-2,5	1,9	-5,5	7,1	-10,7	30	7	1	6	107	3.213	-3,0	0,9	-5,7	30
∅ ^I _{XII}	8,4	14,7	4,3			110		42	894	1.879	101.606				
1976															
I	-0,3	3,8	-3,2	13,3	-13,0	23	3	1	46	78	3.014	-0,8	2,9	-3,7	26
II	1,8	8,6	-2,4	17,4	-6,0	28	-	5	8	156	5.806	1,7	8,6	-2,8	27
III	3,6	10,7	-1,0	21,7	-7,7	18	-	1	15	171	8.869	3,6	11,5	-1,4	19
IV	8,2	15,7	2,9	24,0	-2,0	4	-	3	33	197	11.136	8,6	16,5	2,6	4
V	13,8	22,1	8,1	30,5	-0,5	1	-	3	92	233	14.077	13,0	21,1	7,3	1
VI	17,0	25,9	10,8	32,1	4,3	-	-	1	45	264	15.628	16,0	24,6	10,3	-
VII	17,4	24,5	12,5	33,7	8,0	-	-	-	137	198	12.301	16,8	23,8	12,5	-
VIII	14,2	20,3	9,8	27,0	6,0	-	-	2	107	175	10.518	14,3	20,2	10,5	-
IX	11,7	18,6	7,2	26,2	3,2	-	-	8	122	139	7.993	11,6	18,0	7,5	-
X	10,7	17,6	6,2	25,3	0,1	-	-	12	50	156	6.902	10,3	16,5	6,3	-
XI	3,2	7,5	0,3	17,0	-4,9	11	2	7	52	79	3.592	3,4	7,3	0,8	10
XII	-4,5	-0,3	-7,7	9,1	-17,3	30	15	1	57	98	2.990	-4,5	-0,6	-7,5	29
∅ ^I _{XII}	8,1	14,6	3,6			115	20	44	764	1.944	102.826	7,8	14,2	3,5	116
1977															
I	-1,8	1,9	-5,1	10,0	-16,2	30	12	5	96	52	2.942	-2,1	1,0	-5,0	30
II	1,8	6,9	-1,6	13,8	-10,0	15	1	5	44	97	4.964	1,8	6,5	-1,3	15
III	6,6	13,9	1,7	23,0	-7,3	9	-	6	61	157	9.141	7,0	14,8	1,9	8
IV	5,9	12,6	1,6	22,7	-4,6	13	-	4	98	129	10.300	6,9	13,8	2,5	8
V	11,9	19,0	6,8	27,2	2,4	-	-	9	80	196	13.912	12,7	20,2	7,6	-
VI	15,5	22,4	10,4	28,8	3,8	-	-	6	85	209	14.350	16,3	23,4	11,3	-
VII	16,0	22,4	11,2	28,8	7,8	-	-	4	60	200	13.746	17,2	23,7	12,5	-
VIII	14,6	20,1	10,6	29,0	5,6	-	-	3	88	151	10.362	-	-	-	-
IX						-	-		34	159	9.138				
X						1	-		21	198	7.570				
XI						13	2		63	104	3.813				
XII						22	3		30	72	2.732				

Tab. 8: R i n n Klimadaten in den drei Versuchsjahren

	2 m T e m p .					Frost- tage	Nied- in mm	Sonnen- schein- dauer	Global- Strahl- cal/cm ²	1 0 c m T e m p .			
	Monats- mittel	mittl. max.	mittl. min.	abs. max.	abs. min.					Monats- mittel	mittl. max.	mittl. min.	Frost- tage
1975													
I	1,1	4,9	-1,9	11,2	-7,0	23	47	74	2.828*	-	-	-	-
II	-0,7	4,6	-4,6	10,0	-9,6	25	4	160	5.787*	-	-	-	-
III	2,0	6,9	-1,1	13,4	-5,6	21	64	134	8.037*	-	-	-	-
IV	4,8	10,2	1,2	19,5	-4,0	10	105	170	11.197	-	-	-	-
V	11,0	17,2	5,7	26,3	-5,5	2	86	203	14.036	11,9	18,6	6,2	2
VI	12,3	17,7	7,5	26,5	0,2	-	126	137	12.225	13,2	18,8	8,4	-
VII	15,0	21,1	10,0	27,9	4,4	-	138	238	15.757	16,7	23,5	11,9	-
VIII	14,7	20,4	10,2	25,8	7,0	-	88	190	12.223	16,3	28,8	8,3	-
IX	14,3	20,9	9,8	30,5	4,6	-	53	208	10.772	-	-	-	-
X	5,7	11,5	2,4	20,7	-1,7	5	19	154	6.877	-	-	-	-
XI	1,1	4,7	-1,6	16,0	-16,3	14	77	78	2.895	1,0	4,7	-1,6	14
XII	-3,4	0,3	-6,0	9,0	-13,1	28	8	70	2.448	-3,4	0,4	-6,3	29
Ø ^I _{XII}	6,5	11,7	2,6			128	815	1.816	105.082				
1976													
I	-1,4	2,6	-4,4	10,2	-16,5	24	23	62	2.516*	-1,8	2,1	-4,8	27
II	0,2	6,0	-3,5	11,3	-8,8	29	9	149	5.609*	-1,3	4,2	-5,3	29
III	0,6	6,8	-3,2	18,0	-11,5	24	8	188	9.084*	0,9	7,5	-3,2	25
IV	5,5	11,2	0,8	19,0	-5,0	9	46	208	11.230*	5,5	12,5	0,4	16
V	11,3	17,6	5,8	25,5	-2,8	1	81	252	13.922*	11,1	19,0	5,1	4
VI	15,0	21,8	8,4	28,4	1,6	-	42	291	16.542	14,4	21,5	8,7	-
VII	15,9	22,0	10,5	29,4	4,5	-	167	209	12.884	15,2	20,9	10,8	-
VIII	12,3	17,8	8,5	23,2	2,7	-	90	185	11.025	12,4	17,8	8,7	-
IX	10,0	15,7	6,5	23,2	1,6	-	135	151	8.130	9,2	15,3	5,2	-
X	9,6	15,4	6,1	21,7	1,0	-	51	158	6.763	8,6	15,2	4,6	1
XI	2,9	6,1	0,0	15,3	-5,4	13	44	71	3.030	1,3	4,9	-0,9	17
XII	-4,3	-0,6	-7,0	9,0	-15,0	30	51	55	2.373	-6,1	-2,2	-8,9	31
Ø ^I _{XII}	6,5	11,9	2,4			130	747	1.979	103.108	5,8	11,6	1,7	150
1977													
I	-1,2	2,6	-4,7	11,5	-14,1	26	71	44	2.722	-1,9	-0,6	-3,0	29
II	1,1	5,3	-1,8	12,0	-10,4	15	58	91	4.723	8,6	4,7	-2,2	17
III	5,6	11,6	1,6	19,2	-8,0	9	60	160	8.894	4,6	11,3	0,5	13
IV	4,5	9,9	0,7	19,5	-7,4	13	99	143	10.826	4,3	9,8	0,3	16
V	10,6	15,8	5,7	24,0	0,5	-	77	219	14.390	10,9	16,6	6,1	-
VI	14,2	19,5	9,0	30,1	1,3	-	95	225	14.917	15,0	20,7	10,5	-
VII	15,0	20,9	9,8	27,5	5,7	-	129	235	15.338	15,1	20,5	10,9	-
VIII	13,9	19,2	9,5	27,2	4,0	-	71	174	11.055	14,1	18,3	10,6	-
IX	10,1	15,8	6,5	24,0	1,5	-	53	158	9.270	-	-	-	-
X	9,2	16,2	4,9	21,7	-2,0	1	16	199	7.732	-	-	-	-
XI	1,8	6,0	-1,0	17,2	-9,5	16	50	91	3.575	-	-	-	-
XII	-0,7	2,9	-3,2	12,7	-12,0	22	29	47	2.202	-	-	-	-

* Aktinograph-Werte

Lichtverhältnisse in Getreidebeständen

Um die produktionsentscheidenden Beleuchtungsverhältnisse in den Versuchspartellen messend zu verfolgen, wurde für die »freie vollständige Beleuchtung« am Dach des Botanischen Institutes in einer Plexiglasdose feuchtesicher eine regulierbare Photozelle installiert und ihre Meßwerte auf einem Mehrfarbensreiber alle 20 sec. registriert. Von den 30.000 Werten pro Jahr errechnete Dr. Palaeokostas die Stunden- und Tagessummen der freien Beleuchtungsstärke und tabellierte sie auch stundenweise geordnet in den Tabellen 9 bis 11. Weiterhin auch biologisch geordnet, ergab sich eine Übersicht nach

- I Trübtagen (mit 70–100% Bewölkung), die oft auch Regentage sind,
- II Wechselwettertagen (mit 30–70% Bewölkung) und wenig Niederschlag,
- III Schönwettertagen (mit 0–30% Bewölkung), die hohe Produktion gestatten.

Einstrahlung, ihr folgend die Beleuchtungsstärke und Organtemperaturen erreichten meist zwischen 11 Uhr und 14 Uhr ihr Maximum, so daß es sinnvoll war, neben der stündlichen Lichtverteilung auf der rechten Tabellenseite die Mitteltemperatur, das mittlere Maximum der Temperatur und Bewölkung, sowie Niederschlagsmenge in mm (Liter pro m²) anzugeben. Aus den folgenden Tabellen kann die Witterung an Trübtagen, Wechselwettertagen und Schönwettertagen in den Jahren 1975, 1976 und 1977 abgelesen werden. Tabelle 9 zeigt, daß z. B. 1975 vom Mai bis Dezember in der Vegetationszeit des Sommergetreides und dann anschließend für Wintergetreidesaat z. B. 69 *Trübtage* mit mittäglich schwacher Beleuchtung um 10–20, max. 30 Kiloluxstunden (Klxh) auftraten und das Licht während der Niederschlagsstunden oft nur 2–15 Klxh betrug. Die Lichttagessummen an Trübtagen sind gering, vom Mai bis September knapp 200–331 Klxh und die Temperaturen blieben im Tagesmittel bei 11°–15°, mittags bei 16°–21,6°. Entsprechend niedrig lag auch die Stoffproduktion in diesem »Schwachlicht« an 7–11 Tagen pro Monat.

Wechselwettertage (85 von V–XII) erreichten aber vom Mai bis September Beleuchtungsstärken um 40–70 Klxh, Tagessummen von 333–515 Klxh und Tagesmittel-Temperaturen von 12°–17,3° (V–IX). Die mittleren Temperaturmaxima stiegen auf 18° (V) bis 26° (VIII) wobei die Sonnenscheindauer auf 5–6,8 Stunden pro Tag anstieg. Sonnenscheinsreiber registrieren am Photostreifen bekanntlich Lichtstärken über 12.000 Lux, gaben also etwa »Starklicht« an.

Erst *Schönwettertage* mit 0–30% Bewölkung ließen die Beleuchtung von Mai bis September ab 9 Uhr auf 50–60 Klxh ansteigen und bis 75 bzw. 89 Klxh kulminieren (absol. Maxima um 100.000 Lux kurzfristig). Dabei stiegen die Mitteltemperaturen von Mai bis September von 14° auf 18,8° (VIII) an und die mittleren Maxima lagen zwischen 24° und 27,8°. Auch die vom Meteorologischen Institut bezogenen Globalstrahlungswerte von 547–600 cal/cm² · d und unsere Beleuchtungsstärken-Tagessummen von 680 bis 757 Klxh bescheinigen, daß an diesen 62 Schönwettertagen von Mai bis September beste Stoffproduktionsbedingungen gegeben sind.

In der folgenden Tabelle 10 für 1976 sieht man, daß im ganzen Jahr 138 Trübtage (38% aller Tage) mit mäßiger Produktion zusammenkamen, an 124 Tagen (34%) Wechselwetter ähnlich gute Produktionsverhältnisse wie 1975 brachten, und schließlich nur 104 Schönwettertage

(28%) optimale Licht- und Temperaturverhältnisse für Entwicklung und Photosynthese brachten. Die Witterungsanalyse der Tabelle 11 reichte 1977 nur bis zur Ernte im August, wobei vom Mai bis August 12–18 Tage Trübweather, nur 3–7 Tage pro Monat Schönweather und sonst an 13–15 Tagen pro Monat Wechselweather vorherrschte, mit 30–87 Klxh Beleuchtung und Mittagstemperaturen um 21°–25°.

Die Abhängigkeit der Mittel- und mittl. Maximaltemperaturen von Bewölkung und Einstrahlung kann ohne weiteres für die Einzelmonate aus den Tabellen entnommen werden, ebenso die temperaturdämpfende Rolle der 8–13 Niederschlagstage pro Hauptvegetationsmonat. In Tirol ist meist der Temperaturfaktor je nach Bewölkung knapper entwickelt, an Niederschlag und Bodenfeuchte mangelt es kaum, da ja alle 3–5 Tage stundenweise Regen fällt. Im Wiener Raum ist die Bewölkung geringer, die Temperatur um 1,5°–2,5° höher als im Inntal und die Niederschläge eher um 600–700 mm, also viel knapper als in Innsbruck (800–1.000 mm/Jahr).

Platzmangel verbietet leider eine eingehende Diskussion der Witterungstabellen für die Einzelmonate, so sehr diese »dynamische Temperatur- und Lichtverteilung« für den Stoffgewinn interessant und wichtig ist.

Die Beleuchtung im Getreidebestand wechselt nicht nur mit der oben summarisch besprochenen Witterung, sondern auch mit Pflanzenalter und Bestandsdichte entsprechend dem Pflanzenalter. Wir verfügten über 4 Luxmeter, montierten ein Instrument 20 cm über dem Bestand, eines in der Höhe des 1. Blattes, eines beim 2. Blatt und das 4. Instrument beim 3. Blatt mit der Meßzelle blattparallel eingerichtet. Zusätzlich wurden auch Luft- und Blatt-Temperaturen ermittelt, also die Überwärmung festgestellt.

Beide Verfasser maßen am 12. 7. 1977 in Rinn an einem sonnenreichen Schönwettertag im völlig grünen Bestand stundenweise ab 9 Uhr bis 17 Uhr für die Höhen 120 cm (frei), 90 cm = Ähre, 60 cm = 1. Blatt, 40 cm = 2. Blatt, 20 cm = 3. Blatt die freie Beleuchtung und die blattparallelen Werte und tabellierten diese in Tabelle 12 als optimales Schönwettermuster! Für Innsbruck 18. 6. 1976 liegt gleichfalls ein Schönwettertag vor (Tab. 13) und vom 9. 7. 1977 ein Trübtag, vom 19. 7. ein Wechselwettertag (Tab. 14).

Tab. 9a: Beleuchtungsstärke in Kiloluxstunden 1975

1975	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Tages-Summe
an Trübtagen 1975																
V (5 ^d)	3,4	11,4	18,0	29,4	39,6	33,6	38,2	44,8	37,6	29,4	20,4	12,6	8,2	5,0	–	331,6
VI (6 ^d)	3,0	7,3	11,3	16,0	23,5	23,7	21,0	28,2	27,2	29,0	22,8	17,2	10,2	8,2	2,3	249,2
VII (5 ^d)	3,0	7,0	13,0	18,4	28,6	37,0	38,8	26,0	25,8	25,4	26,0	18,4	11,4	6,2	1,6	286,6
VIII (11 ^d)	0,4	2,0	3,7	8,0	14,7	21,8	21,8	25,2	22,2	19,4	16,4	10,6	4,9	1,8	–	173,8
IX (7 ^d)	–	1,0	4,4	11,9	16,9	30,6	37,6	37,3	20,8	26,0	16,7	6,0	1,3	–	–	210,0
X (7 ^d)	–	–	1,6	2,6	4,4	10,7	14,4	14,1	12,6	8,1	4,6	2,3	–	–	–	75,4
XI (17 ^d)	–	–	0,4	2,1	5,6	7,5	8,2	8,5	7,5	5,2	2,2	0,3	–	–	–	47,9
XII (11 ^d)	–	–	–	1,3	4,8	10,7	15,2	14,4	14,2	10,0	4,2	0,5	–	–	–	75,2
Ø ^V _{XII} (69 ^d)	1,2	3,6	6,5	11,2	17,3	21,9	24,4	24,8	21,0	19,1	14,2	8,5	4,5	2,6	0,4	181,2
an Wechselwettertagen 1975																
V (10 ^d)	4,1	12,6	22,5	39,4	48,4	61,8	65,6	64,2	57,1	48,0	42,6	24,8	16,8	7,0	–	514,9
VI (15 ^d)	6,3	15,0	25,3	36,7	43,2	49,4	54,6	58,9	49,1	46,9	46,7	33,1	17,6	9,3	3,7	495,9
VII (9 ^d)	3,2	8,2	16,2	26,1	45,5	57,2	68,5	67,0	58,2	43,3	32,1	20,5	12,9	7,0	2,1	468,3
VIII (10 ^d)	1,3	5,8	16,1	35,2	49,1	50,7	67,0	70,3	72,9	60,0	34,9	17,8	5,5	3,3	–	491,8
IX (13 ^d)	–	2,6	9,9	24,5	37,0	45,9	45,8	45,5	42,3	36,1	25,8	13,4	4,2	0,3	–	333,5
X (11 ^d)	–	0,1	1,7	7,2	14,6	23,4	28,9	33,2	30,2	23,6	12,8	3,6	0,1	–	–	179,5
XI (8 ^d)	–	–	0,5	2,6	7,5	17,9	25,6	31,6	30,6	17,5	6,5	0,7	–	–	–	141,1
XII (9 ^d)	–	–	–	1,6	6,7	14,7	21,8	28,7	27,4	16,3	5,3	0,8	–	–	–	132,2
Ø ^V _{XII} (85 ^d)	1,9	5,5	11,5	21,7	31,5	40,1	47,2	49,9	46,0	36,5	25,8	14,3	7,1	3,4	0,7	343,1
an Schönwettertagen 1975																
V (16 ^d)	7,7	19,7	39,2	55,9	66,4	73,3	74,2	75,8	75,0	67,2	55,9	42,0	20,5	7,9	–	680,6
VI (9 ^d)	7,3	20,4	31,5	55,1	66,9	77,5	84,4	82,7	83,5	77,3	70,5	54,1	32,8	12,0	4,3	756,8
VII (17 ^d)	4,8	11,0	23,1	42,6	59,0	73,5	82,5	89,4	87,6	78,0	68,8	44,6	24,5	10,6	3,5	703,9
VIII (10 ^d)	2,5	9,5	21,4	41,8	60,8	74,6	82,4	87,6	76,4	69,7	56,2	37,0	21,8	7,4	1,3	650,7
IX (10 ^d)	–	2,6	9,7	24,4	37,5	49,4	57,9	61,4	58,7	49,8	31,6	16,7	4,6	0,1	–	404,4
X (13 ^d)	–	0,5	3,7	14,2	28,4	38,2	45,3	47,9	44,9	34,1	19,5	6,5	0,9	–	–	284,2
XI (5 ^d)	–	–	1,6	11,6	21,2	29,6	36,8	39,8	36,2	23,4	12,0	2,0	–	–	–	214,0
XII (11 ^d)	–	–	–	1,7	7,8	21,3	30,8	34,3	29,9	20,4	6,1	1,0	–	–	–	153,3
Ø ^V _{XII} (91 ^d)	2,8	8,0	16,3	30,9	43,5	54,7	61,8	64,9	61,5	52,5	40,1	25,5	13,1	4,8	1,1	481,5
Summe insgesamt von Mai bis Dezember 1975																
V (31 ^d)	197	497	947	1.435	1.741	1.959	2.032	2.080	1.962	1.701	1.421	983	535	225	–	17.715
VI (30 ^d)	175	451	753	1.115	1.407	1.596	1.694	1.818	1.652	1.524	1.462	1.057	577	287	106	15.674
VII (31 ^d)	123	293	601	1.052	1.555	1.949	2.217	2.253	2.142	1.841	1.585	1.033	593	276	87	17.600
VIII (31 ^d)	41	175	422	864	1.269	1.519	1.762	1.871	1.740	1.521	1.112	687	362	125	18	13.488
IX (30 ^d)	–	68	253	640	977	1.304	1.432	1.463	1.231	1.151	767	386	110	9	–	9.841
X (31 ^d)	–	8	278	282	561	880	1.008	1.087	1.004	760	426	141	13	–	–	6.198
XI (30 ^d)	–	–	18	114	261	418	529	596	554	346	158	21	–	–	–	3.015
XII (31 ^d)	–	–	–	47	199	484	702	793	732	481	161	23	–	–	–	3.622
Ø ^V _{XII} (245 ^d)	67	187	384	694	996	1.257	1.422	1.495	1.383	1.166	887	541	274	115	26	10.894
%	0,6	1,7	3,5	6,4	9,1	11,5	13,1	13,7	12,7	10,7	8,1	5,0	2,5	1,1	0,2	100

(Ab V bis IX 1975 stammen die Werte von meinem Kollegen Herrn G. Beikircher)

Tab. 9b: 2 m Lufttemperatur

1975	mittl. max.	mittl. min.	7 ^h	19 ^h	Mittel Ø	Global- strahl. cal/cm ² .d	Sonnen- schein- dauer in Std.	Nieder- schlag in mm	Nied. Tage	Bewöl- kung
V	15,4	8,2	9,2	11,9	11,2	211,8	0,8	16,3	4	9,6
VI	16,6	9,8	11,2	14,3	13,1	214,0	1,3	44,0	5	8,9
VII	16,2	9,8	9,9	12,7	12,0	235,4	3,0	29,9	5	9,0
VIII	16,7	10,0	11,6	14,0	13,3	182,2	1,1	62,1	10	9,3
IX	21,6	11,4	11,8	16,0	15,2	263,4	4,2	7,4	5	8,8
X	10,1	4,9	5,5	7,6	7,0	104,0	0,3	18,4	6	8,8
XI	5,0	-0,7	-0,5	2,0	1,7	77,0	1,4	86,9	12	7,5
XII	0,5	-5,3	-4,2	-2,1	-2,8	75,1	0,9	3,8	7	8,1
Ø ^V _{XII}	12,8	6,0	6,9	9,5	8,8	170,4	1,6			8,7
V	18,4	7,7	8,4	14,4	12,2	372,5	4,9	57,8	5	8,1
VI	18,2	8,9	10,2	14,0	12,8	334,0	2,8	101,9	12	8,7
VII	24,7	13,0	13,7	17,9	17,3	421,5	5,6	89,9	8	7,4
VIII	26,3	11,8	12,2	18,8	17,3	424,8	7,6	17,7	3	7,6
IX	24,9	11,9	12,1	19,1	17,0	337,3	6,8	33,3	6	6,5
X	14,9	1,9	2,5	6,9	6,6	212,1	5,6	3,3	4	4,2
XI	7,7	-1,0	0,1	2,2	2,2	134,6	4,2	-	-	6,2
XII	1,6	-5,4	-4,2	-2,5	-2,6	116,9	4,7	2,6	2	4,6
Ø ^V _{XII}	17,1	6,1	6,9	11,3	10,3	294,2	5,3			6,7
								Nied. 0,1 mm		
V	23,8	8,5	9,1	18,8	14,0	546,8	9,4	6,3	6	5,1
VI	26,5	11,0	12,4	20,9	17,7	600,7	10,4	21,8	2	5,2
VII	26,9	12,3	12,7	21,3	18,3	547,1	10,3	21,9	6	4,3
VIII	27,8	12,7	13,2	21,6	18,8	513,4	10,8	9,3	3	3,9
IX	25,8	11,2	11,4	19,1	16,9	372,1	8,3	2,3	3	2,7
X	20,1	5,3	5,8	10,7	10,5	281,3	8,0	-	-	2,8
XI	14,1	1,8	2,1	6,6	6,1	188,4	7,0	0,1	1	4,3
XII	3,5	-5,7	-4,3	-1,8	-2,1	121,4	4,9	-	-	2,6
Ø ^V _{XII}	21,1	7,1	7,8	14,6	12,6	396,4	8,6			3,9
Monatssumme										
V	20,7	8,2	8,9	15,8	13,4	13.532,8	192,5	80,4	15	6,9
VI	20,4	9,7	11,2	16,1	14,9	11.700,0	143,7	167,7	19	7,7
VII	24,5	12,0	12,5	18,9	17,0	14.271,2	237,0	141,7	19	5,9
VIII	23,4	11,8	12,3	18,1	16,4	11.475,2	199,7	88,8	16	6,1
IX	24,4	11,5	11,8	18,4	16,5	9.950,0	201,0	42,7	14	5,8
X	16,0	4,0	4,5	8,7	8,3	6.719,0	167,3	21,7	10	4,7
XI	7,2	-0,4	0,6	2,9	2,6	3.326,8	93,0	87,0	13	6,6
XII	1,9	-5,5	-4,2	-2,1	-2,5	3.213,1	106,8	6,4	9	5,1
Ø ^V _{XII}	17,3	6,4	7,2	12,1	10,8	9.273,5	167,6			6,1

Tab. 10a: Beleuchtungsstärke in Kiloluxstunden 1976

1976	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Tages-Summe
an Trübtagen 1976																
I (15 ^d)	–	–	–	0,8	5,1	8,5	12,2	9,3	10,5	7,4	3,8	0,9	–	–	–	58,5
II (11 ^d)	–	–	0,2	3,0	10,3	16,1	23,5	26,2	27,7	18,9	12,0	5,1	0,4	–	–	143,4
III (16 ^d)	–	–	2,5	9,9	18,8	28,3	39,9	36,8	37,3	28,1	16,6	7,6	2,1	0,0	–	227,9
IV (10 ^d)	–	1,1	5,8	11,4	15,9	17,5	15,6	21,1	20,2	16,3	11,3	8,5	3,2	0,5	–	148,4
V (10 ^d)	2,3	6,1	8,7	17,6	18,7	34,3	34,7	33,9	36,3	26,9	16,0	9,7	5,8	1,7	–	252,7
VI (6 ^d)	2,1	8,4	17,4	23,1	34,4	29,1	34,5	35,3	30,3	22,8	22,1	14,1	10,4	3,4	1,0	288,4
VII (12 ^d)	0,9	3,7	10,1	15,5	22,6	28,3	31,6	23,6	25,1	17,0	12,8	9,7	7,1	2,7	0,4	211,1
VIII (13 ^d)	–	2,1	7,1	11,1	16,8	21,0	20,3	22,2	22,5	24,8	18,9	9,3	6,3	2,1	–	184,5
IX (10 ^d)	–	0,8	4,5	8,9	13,8	18,9	22,9	16,8	15,2	11,5	9,0	5,5	2,1	–	–	129,9
X (10 ^d)	–	0,3	2,7	7,9	13,6	22,7	25,6	28,3	23,9	20,3	12,8	3,6	0,1	–	–	161,8
XI (15 ^d)	–	–	0,7	2,7	7,9	12,1	15,6	16,0	13,5	8,5	3,2	0,4	–	–	–	80,5
XII (10 ^d)	–	–	0,6	2,3	5,0	6,5	7,8	8,4	6,6	4,4	1,9	–	–	–	–	43,5
Ø ^I _{XII} (138 ^d)	0,4	1,9	5,0	9,5	15,2	20,3	23,7	23,2	22,4	17,2	11,7	6,2	3,1	0,9	0,1	160,8
an Wechselwettertagen 1976																
I (10 ^d)	–	–	–	1,7	9,0	16,6	25,0	29,2	26,6	17,3	7,7	1,3	–	–	–	134,4
II (8 ^d)	–	–	0,8	7,0	19,1	32,0	41,6	43,1	41,1	39,3	26,8	9,6	1,0	–	–	261,4
III (8 ^d)	–	–	3,1	11,6	23,0	34,6	47,6	49,8	48,0	40,6	29,4	14,3	2,6	–	–	304,6
IV (13 ^d)	–	2,8	10,3	23,8	39,5	52,2	56,0	57,8	55,2	48,2	31,5	14,8	6,5	1,2	–	399,9
V (11 ^d)	1,4	6,4	15,9	31,6	48,4	58,0	69,0	69,3	70,0	52,3	34,5	19,0	9,2	2,8	–	488,0
VI (9 ^d)	3,2	10,4	22,0	36,3	55,8	72,0	81,2	65,0	65,3	58,7	39,2	21,5	11,9	7,5	2,3	552,3
VII (9 ^d)	3,1	10,4	23,1	38,5	49,3	60,6	66,5	65,6	61,9	50,8	49,5	29,2	16,2	6,3	1,4	532,4
VIII (9 ^d)	–	5,0	11,7	22,0	40,6	49,2	62,8	56,9	56,1	56,1	45,5	22,1	12,7	3,2	–	443,9
IX (12 ^d)	–	1,4	6,9	19,3	34,1	43,2	47,8	60,0	61,1	50,4	36,4	19,2	5,8	–	–	385,6
X (13 ^d)	–	0,2	4,2	14,3	28,3	41,7	51,7	48,1	47,2	34,9	20,5	7,5	0,5	–	–	299,0
XI (9 ^d)	–	–	1,0	6,1	13,9	26,2	34,7	32,7	26,7	16,8	6,7	0,4	–	–	–	165,1
XII (13 ^d)	–	–	0,4	1,8	7,8	15,0	20,4	20,8	19,4	11,5	3,0	0,2	–	–	–	100,4
Ø ^I _{XII} (124 ^d)	0,6	3,1	8,3	17,8	30,7	41,8	50,4	49,9	48,2	39,7	27,6	13,2	5,5	1,8	0,3	338,9
an Schönwettertagen 1976																
I (6 ^d)	–	–	–	2,7	13,0	20,5	29,8	36,3	35,8	25,5	11,2	3,0	–	–	–	177,8
II (10 ^d)	–	–	1,0	8,0	25,2	39,6	49,1	55,8	55,0	45,2	29,6	11,9	1,5	–	–	321,9
III (7 ^d)	–	0,6	5,6	17,4	33,4	47,6	60,1	61,3	64,3	53,7	34,4	20,3	6,1	0,7	–	405,6
IV (7 ^d)	–	3,7	11,0	26,1	43,4	57,4	68,1	71,3	70,7	62,7	46,0	26,0	9,3	1,6	–	497,4
V (10 ^d)	1,4	7,3	20,1	38,5	54,9	69,0	76,7	79,0	83,7	77,5	59,1	35,4	15,9	4,4	–	622,9
VI (15 ^d)	4,0	11,4	25,2	46,8	66,0	80,0	90,4	96,1	94,7	83,8	64,1	41,2	21,6	8,2	2,3	735,8
VII (10 ^d)	4,2	11,7	27,8	48,0	66,3	82,7	92,8	95,3	93,3	76,4	68,0	46,8	23,6	8,2	1,6	746,7
VIII (9 ^d)	–	8,1	17,2	35,2	51,9	66,8	77,6	82,7	82,4	72,1	54,3	32,9	14,2	4,4	–	599,8
IX (8 ^d)	–	2,1	9,6	25,4	43,5	62,8	70,4	73,2	71,6	65,6	42,5	19,8	5,4	–	–	491,9
X (8 ^d)	–	1,9	8,4	27,5	46,4	55,9	69,1	73,1	68,1	54,6	32,7	12,0	1,4	–	–	451,1
XI (6 ^d)	–	–	1,5	14,0	28,3	40,5	48,0	45,3	43,7	25,7	11,8	1,0	–	–	–	259,8
XII (8 ^d)	–	–	0,8	4,6	11,8	19,0	25,6	29,9	25,2	15,4	4,3	0,5	–	–	–	137,0
Ø ^I _{XII} (104 ^d)	0,8	3,9	10,7	24,5	40,3	53,5	63,1	66,6	65,7	54,9	38,2	20,9	8,3	2,3	0,3	454,0
Jahressumme insgesamt 1976																
I (31 ^d)	–	–	–	45	244	416	612	649	639	437	202	45	–	–	–	3.289
II (29 ^d)	–	–	18	169	518	829	1.083	1.191	1.184	974	642	252	27	–	–	6.887
III (31 ^d)	–	4	104	374	719	1.063	1.440	1.416	1.431	1.150	741	377	98	6	–	8.923
IV (30 ^d)	–	74	269	607	977	1.256	1.361	1.462	1.415	1.229	845	459	180	31	–	10.165
V (31 ^d)	53	207	463	909	1.268	1.671	1.872	1.895	1.969	1.621	1.130	660	320	92	–	14.130
VI (30 ^d)	101	315	681	1.168	1.699	2.020	2.294	2.238	2.191	1.923	1.446	897	494	211	60	17.738
VII (31 ^d)	81	256	607	1.012	1.378	1.713	1.906	1.827	1.789	1.424	1.278	847	466	171	33	14.788
VIII (31 ^d)	–	145	353	692	1.076	1.534	1.528	1.546	1.540	1.477	1.144	616	325	96	–	12.072
IX (30 ^d)	–	42	205	523	896	1.210	1.365	1.474	1.458	1.245	866	444	128	–	–	9.856
X (31 ^d)	–	20	148	485	875	1.216	1.481	1.493	1.398	1.094	656	230	18	–	–	9.114
XI (30 ^d)	–	–	28	179	413	661	834	806	704	432	179	16	–	–	–	4.252
XII (31 ^d)	–	–	17	84	246	412	548	594	520	317	92	6	–	–	–	2.836
Ø ^I _{XII} (366 ^d)	20	89	241	521	859	1.167	1.360	1.383	1.353	1.102	768	404	171	51	8	9.504
%	0,2	0,9	2,5	5,5	9,0	12,3	14,3	14,6	14,3	11,6	8,1	4,3	1,8	0,5	0,1	100

Tab. 10b: 2 m Lufttemperatur

1976	mittl. max.	mittl. min.	7 ^h	19 ^h	Mittel Ø	Global- strahl. cal/cm ² .d	Sonnen- schein- dauer in Std.	Nieder- schlag in mm	Nied. Tage	Bewöl- kung
I	4,0	-1,5	-0,4	1,5	0,9	58,8	0,6	32,0	13	8,9
II	4,7	-2,4	-1,9	1,2	0,4	123,8	1,7	7,3	3	8,8
III	8,7	-0,8	-0,4	4,2	2,9	225,1	2,8	14,5	12	8,5
IV	9,7	3,2	4,8	6,4	6,0	205,3	1,3	30,1	9	9,2
V	16,5	8,6	10,2	11,3	11,6	260,6	1,8	74,1	10	9,1
VI	18,5	10,1	11,8	13,4	13,5	268,8	2,5	30,3	5	8,7
VII	16,7	11,2	11,7	14,1	13,4	173,2	0,7	100,3	11	9,6
VIII	15,3	10,4	10,9	13,0	12,4	166,2	1,0	75,2	13	9,3
IX	13,1	7,3	9,1	9,8	9,8	111,7	0,1	100,0	8	9,5
X	13,8	6,1	7,8	9,6	9,3	137,3	1,3	17,9	6	7,2
XI	4,8	0,0	1,2	1,9	2,0	77,1	0,9	41,8	11	8,8
XII	0,3	-5,1	-3,8	-2,0	-2,6	53,4	0,7	55,3	9	9,3
Ø ^I _{XII}	10,5	3,9	5,1	7,0	6,6	155,1	1,3			8,9
I	6,1	-1,8	-0,1	2,2	1,6	108,9	3,5	14,2	7	6,1
II	9,6	-2,8	-2,3	3,5	2,0	233,9	6,8	0,5	2	4,9
III	10,3	-1,9	-1,5	3,5	2,6	305,6	7,8	0,0	1	3,7
IV	19,2	3,1	4,2	12,3	9,7	417,3	8,3	2,5	5	4,4
V	23,9	8,1	9,0	17,1	14,5	501,4	8,9	18,0	3	4,9
VI	25,5	11,4	12,3	19,4	17,2	513,8	7,6	5,7	3	6,6
VII	28,0	12,8	14,6	20,9	19,1	460,1	7,5	20,2	5	6,5
VIII	22,1	10,3	10,6	17,7	15,2	398,8	6,7	31,1	6	7,1
IX	19,9	8,1	8,9	14,2	12,8	317,7	5,3	22,1	5	6,7
X	17,4	5,6	6,4	11,9	10,3	228,2	5,4	21,7	4	7,2
XI	8,2	0,2	0,9	3,3	3,2	143,9	3,5	9,0	3	7,5
XII	0,3	-7,7	-6,2	-3,1	-4,2	108,3	3,7	1,4	2	6,0
Ø ^I _{XII}	15,9	3,8	4,7	10,2	8,7	311,5	6,2			6,0
I	-0,7	-9,8	-9,2	-5,5	-6,3	174,0	5,4	-	-	2,7
II	12,2	-2,1	-1,9	5,2	3,3	257,3	8,3	-	-	2,7
III	15,6	-0,2	0,0	9,6	6,3	403,1	9,3	0,2	1	3,3
IV	17,6	2,2	3,3	11,2	8,6	522,6	10,9	0,3	1	2,9
V	25,6	7,7	8,7	18,9	15,2	535,1	11,6	0,3	1	3,7
VI	28,4	10,8	11,8	22,4	18,4	626,0	12,0	8,6	3	3,4
VII	30,7	12,9	13,8	24,4	20,5	608,2	12,2	16,4	3	3,8
VIII	25,8	8,6	8,7	20,1	15,8	529,6	11,3	0,1	1	3,0
IX	23,6	5,6	5,8	15,2	12,6	383,0	9,2	-	-	3,3
X	22,6	7,5	8,5	13,7	13,1	320,2	9,2	10,7	1	3,3
XI	13,3	1,4	2,8	7,8	6,3	190,2	5,6	1,5	1	3,7
XII	-2,2	-10,8	-9,1	-6,6	-7,2	131,0	5,3	-	-	2,0
Ø ^I _{XII}	17,7	2,8	3,6	11,4	8,9	390,0	9,2			3,3
Monatssumme										
I	3,7	-3,2	-2,0	0,4	-0,3	3.014	77,5	46,2	20	6,8
II	8,6	-2,4	-2,0	3,2	1,8	5.806	155,4	7,8	5	5,6
III	10,7	-1,0	-0,6	5,2	3,6	8.869	170,9	14,7	14	6,1
IV	15,7	2,9	4,2	10,1	8,2	11.136	197,1	32,9	15	5,6
V	22,1	8,1	9,3	15,8	13,8	14.076	233,1	92,4	14	5,9
VI	25,9	10,8	12,0	19,7	17,1	15.628	263,5	44,6	11	5,4
VII	24,5	12,5	13,2	19,4	17,4	12.301	197,8	136,9	19	6,8
VIII	20,3	9,8	10,2	16,4	14,2	10.517	175,1	106,6	20	6,9
IX	18,6	7,2	8,1	13,0	11,7	7.993	139,0	122,1	11	6,7
X	17,6	6,2	7,4	11,6	10,7	6.902	156,4	50,3	10	6,2
XI	7,5	0,3	1,5	3,5	3,2	3.592	79,0	52,3	15	7,8
XII	-0,3	-7,7	-6,2	-3,7	-4,5	2.990	97,9	56,7	11	6,0
Ø ^I _{XII}	14,6	3,6	4,6	9,6	8,1	8.569	161,9			6,3

(Ab V bis IX 1976 stammen die Werte von meinem Kollegen Herrn G. Beikirchner)

Tab. 11a: Beleuchtungsstärke in Kiloluxstunden:

1977	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Tages- Summe
an Trübtagen 1977																
I (21 ^d)	–	–	0,5	2,3	4,8	6,9	9,6	10,7	10,6	9,0	4,3	0,4	–	–	–	59,0
II (13 ^d)	–	–	1,2	4,1	8,6	15,4	18,1	18,7	19,2	15,7	9,4	4,0	0,4	–	–	114,8
III (13 ^d)	–	0,8	3,3	10,5	20,7	32,7	35,2	36,5	30,3	27,2	19,9	9,5	2,5	0,4	–	230,0
IV (17 ^d)	–	1,7	6,9	15,0	25,2	27,3	34,7	42,4	40,4	30,5	26,2	15,2	6,0	0,6	–	272,1
V (15 ^d)	1,1	7,3	17,3	27,3	33,5	36,0	43,1	42,9	30,6	36,9	28,9	18,3	9,4	1,9	–	334,1
VI (12 ^d)	1,7	6,8	12,4	21,4	30,7	39,4	47,8	33,3	34,3	31,9	26,7	16,6	7,8	2,5	0,1	313,4
VII (14 ^d)	1,6	5,1	12,1	19,6	22,3	30,2	36,8	42,6	42,7	37,2	20,8	21,1	10,6	3,2	–	305,9
VIII (18 ^d)	–	2,9	8,3	15,2	21,5	26,6	30,4	25,1	26,2	24,0	18,9	12,4	5,5	0,7	–	217,7
Ø ^I _{VIII} (123 ^d)	0,6	3,1	7,7	14,4	20,9	26,8	32,0	31,5	29,3	26,5	19,4	12,2	5,3	1,2	0,0	230,9
an Wechselwettertagen 1977																
I (7 ^d)	–	–	0,7	2,6	9,0	14,0	23,0	27,4	26,0	15,7	7,4	0,8	–	–	–	127,0
II (11 ^d)	–	–	1,5	7,2	17,7	31,5	41,3	43,8	40,2	28,5	16,6	5,6	0,5	–	–	234,4
III (13 ^d)	–	0,8	6,3	22,8	39,5	52,4	66,8	71,1	68,2	51,7	34,7	15,1	3,3	0,3	–	433,1
IV (11 ^d)	–	4,2	14,7	33,2	52,9	62,5	69,6	71,5	59,3	52,9	45,6	25,1	8,0	1,1	–	500,6
V (13 ^d)	2,6	8,5	26,9	45,2	63,0	76,7	87,0	74,2	73,4	58,2	40,9	32,0	16,9	3,6	–	609,1
VI (15 ^d)	2,3	11,6	27,9	47,8	65,9	78,9	88,4	86,8	85,7	68,3	57,5	39,7	18,7	4,5	0,7	684,7
VII (10 ^d)	2,2	8,5	23,0	44,2	63,2	76,5	84,4	85,8	80,4	62,2	44,6	26,2	12,9	4,2	0,3	618,6
VIII (11 ^d)	0,1	5,0	15,5	32,9	50,6	65,5	66,1	70,4	65,6	55,9	43,5	21,8	8,6	1,5	–	503,0
Ø ^I _{VIII} (91 ^d)	0,9	4,8	14,6	29,5	45,2	57,3	65,8	66,4	62,4	49,2	36,3	20,8	8,6	1,9	0,1	463,8
an Schönwettertagen																
I (3 ^d)	–	–	1,0	3,3	10,0	16,7	21,0	27,0	30,7	28,3	9,0	1,3	–	–	–	148,0
II (4 ^d)	–	–	2,0	6,0	21,7	41,7	52,5	56,0	53,0	40,3	25,3	9,3	0,7	–	–	308,5
III (5 ^d)	–	1,0	9,2	27,8	50,6	72,2	84,6	89,2	83,6	75,2	48,2	23,8	4,2	0,4	–	570,0
IV (2 ^d)	–	4,5	15,0	45,5	68,5	85,5	97,0	100,0	99,5	88,0	67,0	40,0	17,0	2,0	–	729,5
V (3 ^d)	2,7	13,3	33,3	58,0	76,3	94,7	100,0	94,7	99,3	91,0	72,7	35,7	17,7	3,6	–	793,0
VI (3 ^d)	2,0	12,3	33,3	55,0	72,3	88,0	99,3	97,4	100,0	95,4	75,7	53,0	18,7	4,3	–	806,7
VII (7 ^d)	3,6	11,7	30,6	54,1	72,9	88,4	99,7	98,1	99,7	95,4	77,3	47,1	26,6	7,0	0,7	813,0
VIII (2 ^d)	0,5	8,5	23,0	41,0	57,0	71,5	82,5	88,5	84,5	75,5	63,0	36,5	12,0	3,0	–	647,0
Ø ^I _{VIII} (29 ^d)	1,1	6,4	18,4	36,3	53,7	69,8	79,6	81,4	81,3	73,6	54,8	30,8	12,1	2,5	0,1	601,9
Summe insgesamt von Januar bis September 1977																
I (31 ^d)	–	–	19	76	194	293	426	498	496	383	170	18	–	–	–	2.573
II (28 ^d)	–	–	39	156	394	713	899	950	903	679	406	151	15	–	–	5.305
III (31 ^d)	–	26	171	573	1.036	1.467	1.749	1.845	1.698	1.402	951	438	97	11	–	11.464
IV (30 ^d)	–	84	309	711	1.147	1.323	1.550	1.707	1.538	1.276	1.081	615	224	27	–	11.592
V (31 ^d)	59	261	710	1.171	1.550	1.821	2.078	1.893	1.711	1.574	1.184	797	414	86	–	15.309
VI (30 ^d)	60	292	668	1.139	1.574	1.921	2.198	1.994	1.998	1.693	1.409	953	430	111	11	16.451
VII (31 ^d)	69	238	613	1.095	1.455	1.807	2.057	2.141	2.100	1.811	1.279	888	463	136	8	16.160
VIII (31 ^d)	2	125	366	718	1.058	1.343	1.439	1.403	1.362	1.198	944	537	217	34	–	10.746
Ø ^I _{VIII} (243 ^d)	24	128	362	705	1.051	1.336	1.549	1.554	1.476	1.252	928	550	232	51	2	11.200
%	0,4	1,1	3,2	6,3	9,4	11,9	13,8	13,9	13,2	11,2	8,3	4,9	2,1	0,5	0,0	100

Tab. 11b: 2 m Lufttemperatur

1977	mittl. max.	mittl. min.	7 ^h	19 ^h	Mittel Ø	Global- strahl. cal/cm ² .d	Sonnen- schein- dauer in Std.	Nieder- schlag in mm	Nied. Tage	Bewöl- kung
I	0,0	-5,1	-3,3	-0,9	-2,0	77,6	1,2	95,5	16	9,0
II	5,8	-0,2	0,7	2,2	2,1	113,1	0,9	39,3	11	9,2
III	10,0	0,6	1,9	4,8	4,3	202,2	2,3	36,8	7	8,6
IV	9,3	1,3	2,0	4,6	4,3	260,9	2,1	84,4	13	8,8
V	16,2	7,0	8,4	10,5	10,5	354,9	2,9	68,5	8	8,9
VI	17,8	9,3	10,7	13,7	12,9	289,6	1,8	47,7	10	9,2
VII	19,9	11,6	13,1	16,1	15,2	284,8	2,0	111,5	10	8,8
VIII	17,5	10,7	12,1	14,1	13,6	230,7	2,3	67,5	12	9,0
Ø ^I _{VIII}	12,1	4,4	5,7	8,1	7,6	226,7	1,9			8,9
I	3,0	-5,1	-3,9	0,1	-1,5	127,9	2,5	-	-	6,3
II	7,3	-3,4	-2,7	2,7	1,0	213,9	4,9	2,3	2	6,4
III	16,6	2,4	2,9	10,4	8,1	336,3	6,4	24,1	3	6,7
IV	16,4	2,3	2,8	10,8	8,1	430,1	6,4	13,5	4	7,6
V	21,4	6,8	8,9	15,2	13,1	511,8	8,8	10,8	5	5,9
VI	25,5	11,6	12,9	20,0	17,5	591,8	9,6	36,7	6	6,0
VII	23,0	11,2	12,4	16,4	15,8	528,6	8,3	56,2	5	5,7
VIII	23,7	11,0	11,8	18,2	16,2	458,5	7,9	20,7	6	6,4
Ø ^I _{VIII}	17,1	4,6	5,6	11,7	9,8	399,9	6,8			6,4
								Nied. 0,1 cm		
I	3,4	-5,1	-3,9	0,3	-1,3	139,0	3,3	-	-	5,9
II	9,7	-1,3	-0,2	4,3	3,1	285,2	7,9	2,1	1	3,5
III	17,2	2,6	3,2	12,4	8,8	422,7	8,8	-	-	3,8
IV	19,4	0,5	1,3	12,6	8,5	565,1	11,7	-	-	3,5
V	23,2	5,7	7,2	18,3	13,6	644,7	12,6	0,3	1	2,4
VI	25,8	8,5	9,6	19,9	15,9	665,7	11,7	0,8	2	3,0
VII	26,5	10,4	12,9	21,8	17,9	639,1	12,9	1,1	1	2,4
VIII	23,8	7,1	9,9	17,5	14,6	583,8	11,3	-	-	2,3
Ø ^I _{VIII}	18,6	3,5	5,0	13,4	10,1	493,2	10,0			3,3
Monatssumme										
I	1,9	-5,1	-3,5	-0,6	-1,8	2.942,3	51,9	95,5	16	8,1
II	6,9	-1,6	-0,8	2,7	1,8	4.964,0	97,4	43,7	14	7,3
III	13,3	1,7	2,5	8,4	6,6	9.114,1	156,6	60,9	10	7,1
IV	12,6	1,6	2,2	7,4	5,9	10.300,3	129,4	97,9	17	8,0
V	19,0	6,8	8,5	13,2	11,9	13.911,7	195,5	79,6	14	7,0
VI	22,4	10,4	11,7	17,5	15,5	14.350,1	200,7	85,2	18	7,0
VII	22,4	11,2	12,9	17,5	16,0	13.746,5	200,3	168,8	16	6,4
VIII	20,1	10,6	11,9	15,8	14,6	10.362,7	151,4	88,2	18	7,6
Ø ^I _{VIII}	14,8	5,7	10,2	8,8		79.691,7	147,9			7,3

Tab. 12: R i n n – Lichtverteilung im Getreidebestand

12. 7. 1977 Schönwettertag	cal/ cm ²	Beleuchtungsstärke in Klx						Bl. Beleuchtung in Einzelwerte				Klx Ø	Bl. t.	Luft- t.	Boden- t.	Luft- f. in %
	Horiz.	O	S	W	N	Ø Mittel										
9 ^h 120 cm frei	0,9	70	55	35	6	5	35									
90 cm Ähre	0,9	70	54	34	6	5	34									
60 cm 1. Bl.	0,6	38	50	30	6	5	26	70	65	65	60	65	19°C	19°C	17°C	55
40 cm 2. Bl.	0,5	35	30	17	4	4	18	10	12	50	40	28				
20 cm 3. Bl.	0,2	15	10	8	3	3	8	8	6	9	15	10				
10 ^h 120 cm frei	1,1	90	60	70	6	6	46									
90 cm Ähre	1,1	90	60	70	6	6	46									
60 cm 1. Bl.	0,9	87	50	30	6	6	36	65	60	65	70	65	21°C	22°C	19°C	55
40 cm 2. Bl.	0,6	40	25	12	6	5	18	10	15	33	26	21				
20 cm 3. Bl.	0,3	28	5	15	3	4	11	10	10	15	10	11				
11 ^h 120 cm frei	1,1	95	40	45	8	7	39									
90 cm Ähre	1,1	95	40	44	8	7	39									
60 cm 1. Bl.	1,0	94	30	36	7	6	35	90	70	80	65	76	24°C	25°C	20°C	50
40 cm 2. Bl.	0,9	30	25	30	6	5	19	25	32	35	40					
20 cm 3. Bl.	0,4	28	5	15	5	4	11	30	25	25	12					
12 ^h 120 cm frei	1,2	100	8	55	10	8	36									
90 cm Ähre	1,2	100	8	54	9	8	36									
60 cm 1. Bl.	1,0	70	8	40	8	7	27	90	80	70	70	78	26°C	27°C	23°C	50
40 cm 2. Bl.	0,9	60	8	36	8	7	24	50	60	58	55	56				
20 cm 3. Bl.	0,4	50	8	20	6	5	18	30	20	40	30	30				
13 ^h 120 cm frei	1,2	100	6	50	30	8	39									
90 cm Ähre	1,2	100	5	48	29	7	38									
60 cm 1. Bl.	1,0	92	5	40	25	7	34	80	80	75	75	78	28°C	29°C	24°C	50
40 cm 2. Bl.	0,9	90	5	40	20	6	32	60	70	70	80	70				
20 cm 3. Bl.	0,4	75	4	20	10	5	23	70	60	50	50	58				
14 ^h 120 cm frei	1,1	95	5	50	35	8	39									
90 cm Ähre	1,1	95	5	48	34	7	38									
60 cm 1. Bl.	1,0	80	5	35	30	7	31	90	80	73	70	78	28°C	29°C	25°C	50
40 cm 2. Bl.	0,9	75	5	30	25	6	28	60	70	75	60	66				
20 cm 3. Bl.	0,4	30	4	10	10	5	12	25	23	20	20	22				
15 ^h 120 cm frei	1,0	80	5	37	65	7	39									
90 cm Ähre	1,0	80	5	36	64	6	38									
60 cm 1. Bl.	0,9	40	5	10	35	5	19	80	50	60	50	60	27°C	27°C	24°C	47
40 cm 2. Bl.	0,8	30	5	10	30	5	16	25	23	30	30	27				
20 cm 3. Bl.	0,3	10	5	7	10	5	7	10	10	8	8	22				
16 ^h 120 cm frei	0,9	65	6	20	60	8	32									
90 cm Ähre	0,9	65	6	18	58	7	31									
60 cm 1. Bl.	0,7	50	6	10	55	6	25	60	55	50	43	52	26°C	26°C	24°C	45
40 cm 2. Bl.	0,3	30	6	6	40	6	18	20	40	30	30	30				
20 cm 3. Bl.	0,2	10	5	5	20	5	9	10	8	7	7	8				
17 ^h 120 cm frei	0,6	50	5	15	45	5	24									
90 cm Ähre	0,6	50	5	14	44	5	24									
60 cm 1. Bl.	0,5	40	4	10	35	4	19	45	40	43	40	42	25°C	25°C	24°C	45
40 cm 2. Bl.	0,3	20	4	8	17	4	11	25	20	30	30	26				
20 cm 3. Bl.	0,1	9	4	5	6	4	6	6	5	5	4	5				
Tagesmittel																
9 ^h 90 cm Ähre	1,0	83	21	41	29	6	36									
– 60 cm 1. Bl.	0,8	66	18	27	23	6	28					66				
17 ^h 40 cm 2. Bl.	0,7	46	13	21	17	5	20					40				
20 cm 3. Bl.	0,3	28	6	12	8	4	12					20				
Ges. Tagesmittel der Pflanze																
	0,7	56	15	25	19	5	24					42	24,9°C	25,4°C	22,2°C	49,7

Tab. 13: Innsbruck: Lichtverteilung im Getreidebestand

18. 6. 1976 Schönwettertag		Horiz.	O	S	W	N	Ø	Bl. Beleuchtung in Einzelwerte				Klx Ø	Blatt-temp.	Luft-temp.	Boden-oberfl.-temp.	Boden-temp. 3 cm Tiefe
10 ^h	110 cm frei	90	25	45	15	8	37						25°C	24°C	28°C	26°C
	90 cm 1. Bl.							30	50	60	70	53				
	70 cm 2. Bl.							40	50	30	25	36				
	50 cm 3. Bl.							10	20	40	30	25				
13 ^h	110 cm frei	95	15	30	35	10	37						29°C	27°C	34°C	30°C
	90 cm 1. Bl.							70	80	75	60	71				
	70 cm 2. Bl.							40	55	70	80	61				
	50 cm 3. Bl.							20	30	40	35	31				
16 ^h	110 cm frei	55	6	10	60	15	29						28°C	27°C	32°C	31°C
	90 cm 1. Bl.							12	20	40	40	28				
	70 cm 2. Bl.							13	20	25	25	21				
	50 cm 3. Bl.							10	20	10	10	13				
Mittel																
	110 cm frei	80	15	28	37	11	34						27°C	26°C	31°C	29°C
	90 cm 1. Bl.							37	50	58	57	51				
	70 cm 2. Bl.							31	42	42	43	39				
	50 cm 3. Bl.							13	23	30	25	23				
9. 7. 1977 Trübtag																
10 ^h	110 cm frei	22	9	12	6	5	11						18°C	17°C	23°C	20°C
	90 cm 1. Bl.							25	20	20	10	19				
	70 cm 2. Bl.							14	15	15	16	15				
	50 cm 3. Bl.							15	12	12	10	12				
13 ^h	110 cm frei	40	10	16	13	8	17						21°C	20°C	24°C	21°C
	90 cm 1. Bl.							30	27	25	21	26				
	70 cm 2. Bl.							15	16	20	19	18				
	50 cm 3. Bl.							10	8	7	6	8				
16 ^h	110 cm frei	13	5	5	5	5	7						21°C	20°C	23°C	21°C
	90 cm 1. Bl.							9	9	8	7	8				
	70 cm 2. Bl.							5	5	6	6	6				
	50 cm 3. Bl.							3	2	2	2	2				
Mittel																
	110 cm frei	25	8	11	8	6	12						20°C	19°C	23,3°C	20,6°C
	90 cm 1. Bl.							21	19	18	13	18				
	70 cm 2. Bl.							11	12	14	14	13				
	50 cm 3. Bl.							9	7	7	6	7				

Tab. 14: Innsbruck 19. 7. 1977 Wechselwettertag

		Horiz.	O	S	W	N	Ø	Bl. Beleuchtung in Einzelwerte				Klx Ø	Blatt-temp.	Luft-temp.	Boden-temp.	Luftf. in %	
9 ^h	120 cm frei	20	10	5	3	3	8										
	110 cm Ähre	20	9	4	3	3	8										
	90 cm 1. Bl.	16	7	4	3	3	7	10	10	8	8	9	21°C	21°C	20°C	55	
	65 cm 2. Bl.	10	4	3	2	2	4	5	5	5	6	5					
	45 cm 3. Bl.	5	3	1	1	1	2	2	2	2	2	2					
11 ^h	120 cm frei	80	15	50	15	10	34										
	110 cm Ähre	80	14	50	14	10	34										
	90 cm 1. Bl.	80	13	40	14	10	31	70	70	55	50	61	24°C	24°C	20°C	50	
	65 cm 2. Bl.	55	8	20	10	5	20	50	40	35	35	40					
	45 cm 3. Bl.	18	5	10	6	4	9	10	15	15	10	13					
13 ^h	120 cm frei	80	10	35	25	10	32										
	110 cm Ähre	80	9	34	24	10	31										
	90 cm 1. Bl.	70	8	30	20	7	27	50	70	65	60	61	25°C	25°C	22°C	48	
	65 cm 2. Bl.	50	6	20	10	5	18	30	35	40	40	36					
	45 cm 3. Bl.	12	5	10	5	3	7	10	15	15	10	13					
15 ^h	120 cm frei	65	9	20	55	15	33										
	110 cm Ähre	65	9	19	54	14	32										
	90 cm 1. Bl.	55	7	18	45	15	28	40	45	45	40	42	24°C	24°C	23°C	49	
	65 cm 2. Bl.	15	4	8	15	6	10	20	30	35	20	26					
	45 cm 3. Bl.	10	3	3	10	4	6	10	15	15	10	13					
17 ^h	120 cm frei	25	4	10	45	8	18										
	110 cm Ähre	25	4	9	44	8	18										
	90 cm 1. Bl.	15	4	8	40	7	15	10	15	20	10	14	23°C	23°C	22°C	49	
	65 cm 2. Bl.	5	3	4	5	4	4	8	9	7	6	8					
	45 cm 3. Bl.	3	2	2	4	2	3	3	4	3	3	3					
Tagesmittel																	
	110 cm Ähre	54	9	23	28	9	25										
	90 cm 1. Bl.	49	8	20	24	8	22										
	65 cm 2. Bl.	27	5	11	8	4	11										
	45 cm 3. Bl.	10	4	5	5	3	5										
Ges. Tagesmittel der Pflanze																	
		35	7	15	16	6	16										
												23	23,4°C	23,4°C	21,4°C	50	

Stichprobenweise Messungen bei aufgehendem Wintergetreide zeigten, daß die rosettenartige flache Blattanordnung guten Lichtgenuß ermöglicht, der bei geringer Überdeckung etwa der am Dach gemessenen Horizontal-Beleuchtungsstärke entspricht, also den Nov. – Dez., Feb. – April-Werten der Tabellen 9–12. Ab Ende April wurden die Bestände geschlossen, nur die obersten Blätter empfangen »freies Licht«, tiefere lagenteilbeschattet und bei leichtem Wind oft auch im wechselnden Lichtfleckenklima. In Bodennähe ist bei geschlossenem Bestand die Beleuchtungsstärke bei Wintergetreide nur um 5 Klx (Kilolux) und bei Sommergetreide um 3 Klx, während die Flagblätter je nach Neigung 50–80 Klx erhalten.

Der Lichtgenuß auf einzelnen Blättern (1., 2., 3. Blatt) wurde ja in den Tabellen 12–14 genau dargestellt und wie erwähnt blattparallel durch Entlangstreifen der Blätter mit der Photozelle abgetastet. Zusätzlich sind neben der Spalte Horiz(ontal) auch die Spalten S (Zelle senkrecht nach Süd), W (Zelle westorientiert), O (ostorientiert), N (Zelle senkrecht nach Nord, also räumliches Minimallicht angeführt).

Die mitgemessene Luft- und Blatt-Temperatur ist apikal am höchsten. Bei Schönwetter und hellem Wechselwetter und Windstille ist die Blatt-Temperatur am 1. Blatt und an der Ähre oft um 2° – 3° höher als die Lufttemperatur. Bei wolkenreichem Wechselwetter und auch beim 2. Blatt beträgt die Überwärmung etwa 1° . An Trübtage und bei stärkerer Transpiration sinkt die Blatt-Temperatur auch etwas unter die Luftwerte ab. Unter 10.000 Lux Beleuchtung sind Blätter etwa so warm wie die umgebende Luftschichte.

Setzt man am Schönwettertag (12. 7. 1977) in Rinn (900 m) im Tagesgang für die freie Beleuchtung 100%, so erhält die Region des 1. Blattes noch 80% (realer Durchschnitt 66 Klx), die Region des 2. Blattes 48% (realer Durchschnitt 40 Klx) und die Region des 3. Blattes 24% (real 22 Klx). Für Innsbruck ergaben sich analog:

freie Beleuchtung	bei Schönwetter 100% (80 Klx)	Wechselwetter 100% (54 Klx)	Trübtage 100% (25 Klx)
am 1. Blatt	64%	69%	72%
am 2. Blatt	49%	43%	52%
am 3. Blatt	29%	17%	28%

IV. Getreideanbau und Photosynthesemessungen

Zur Ertragsprüfung und Photosynthesemessung wurden im Botanischen Garten der Universität (610 m) und in Rinn-Wiesenhof (900 m) passende Parzellen in dreifacher Wiederholung eingerichtet. Der Leiter der Tiroler Landesanstalt für Pflanzenzucht, Dipl.-Ing. L. Köck, stellte uns in Rinn am Anstaltsareal Boden und Klimadaten zur Verfügung und förderte freundlich alle Versuche mit Rat und Tat. In Rinn wurden *pro Sorte* drei 6-m²-Parzellen, in Innsbruck drei 4-m²-Parzellen eingerichtet und in großen Nebenparzellen genügend Material für Zuwachsbestimmung und Photosynthesepfung herangezogen. Für die Sommersorten wurden wie üblich 150 kg/ha, für Wintersorten 180 kg/ha Saatgutmenge analog umgerechnet und einheitlich mit 60 g/m² (= 600 kg/ha) VOLLKORN gedüngt. Vollkorn Linz enthält 12% N₂, 12% P₂O₅ und 16% K₂O.

Im Frühjahr 1975 wurden die Gerstensorten UNION und EVA und der Sommerweizen JANUS gebaut, im Herbst 1975 die Winterweizensorten JUBILAR und AMYNTAS 417 (griechische Bartweizensorte mit hohen Erträgen). Im Frühjahr 1976 erfolgte die Wiederholung mit EVA und Janus, im Herbst 1976 neuerlicher Anbau von Jubilar und AMYNTAS, sowie der griechischen Gerste Elason G 47014.

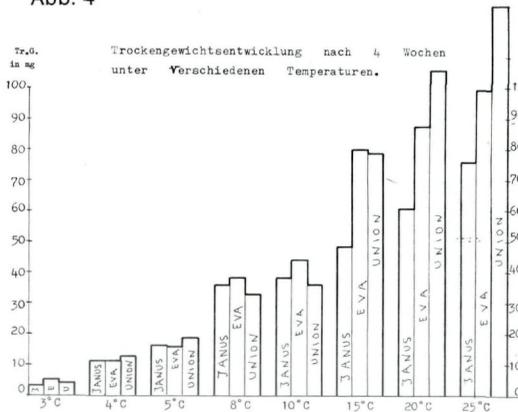
In Innsbruck und Rinn wurden aus den Zuwachspartellen alle 2–4 Wochen je 20 Pflanzen entnommen, Frischgewicht – Trockengewicht und Größe festgestellt, die Blattfläche und Stengelfläche planimetriert und so der sortenspez. Zuwachs und die NAR (Nettoassimilationsrate) ermittelt. Nebenbei liefen Versuche zur Feststellung der Keimfähigkeit und in verschiedenen Temperaturstufen ein 4-Wochenaufwuchstest in Kleinklimakammern mit 10.000 Lux Beleuchtung.

Bei $1\pm 0,2^{\circ}$ keimten nur 10–20% der Weizen- und Gerstensorten, bei $2\pm 0,2^{\circ}$ über 90%. Wie Abb. 4 zeigt, erreichen die Weizen- und Gerstensorten nach 4 Wochen Aufwuchs in konstantem Klima bei 5° erst 13–16% ihres Zuwachses von 25° , etwa 16–18 mg Trockengewicht

pro Pflanze (gemittelt aus 20 Exemplaren). Bei 10° betrug der Monatsaufwuchs 30–43 %, bei 15° etwa 40–60 % und bei 20° 70–80 % des Optimalwertes. Im Tiroler Talraum liegt die Boden- und Lufttemperatur eher um 15° im 1. Monat, in Rinn eher bei 10°–12°, so daß sich der Zuwachs verringert.

Absolut genommen überholen nach 4 Wochen bei 20°–25° die Gerstensorten EVA und Union mit 100–127 mg/Pflanze die Weizensorten Janus, Jubilar und Amyntas, die nur 76–83 mg/Pflanze erreichten.

Abb. 4

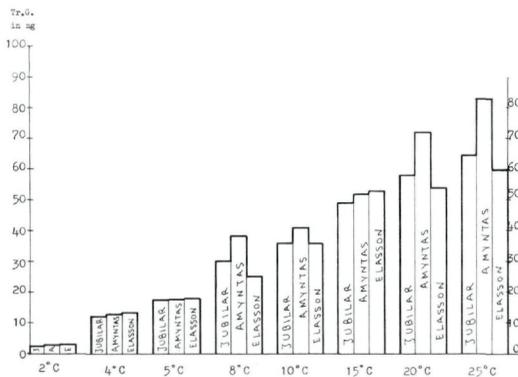


Optimale Trockengewichtsbildung nach 4 Wochen Aufwuchs bei 10.000 Lux

Sommergetreide:	20°	25°
Janus	61,3 mg (48%)	75,8 mg (60%)
EVA	87,7 mg (69%)	99,5 mg (78%)
UNION	106,0 mg (83%)	127,2 mg (100%)

Wintergetreide:

Jubilar	58,3 mg (70%)	64,6 mg (78%)
Amyntas	72,1 mg (87%)	82,8 mg (100%)
Elasson	53,9 mg (65%)	60,0 mg (73%)



Auch die Blattflächenentwicklung verlief bei Gersten besser als bei Weizen, z. B.

	20°	25°
Janus	28 cm ² /Pflanze	35 cm ²
EVA	34 cm ²	40 cm ²
Union	41 cm ²	47 cm ²
Jubilar	21 cm ²	29 cm ²
Amyntas	23 cm ²	32 cm ²
Elasson	30 cm ²	37 cm ²

Bei der Hitzeresistenzprüfung wurden in Nylonsäcke eingeschlossene Pflanzen 1 Stunde in ein konstant warmes Wasserbad der entsprechenden Temperaturstufe gebracht und dabei auch mit 9.000 Lux belichtet. Sofortbefundung und Nachdiagnosen zeigten, daß Jungpflanzen im 3–4-Blatt-Stadium etwas empfindlicher sind und ab 34° erste Schäden zeigen, während die Blätter erwachsener 2 Monate alter Pflanzen erst ab 44°–45° Schäden erleiden. Im einzelnen fanden wir bei

	33°	35°	37°	39°	43°	45°	47°	49°C
Jungpflanzen								
Amyntas	keine	20%	50%	70–80%	Schäden			
Jubilar	keine	20%	50%	70–80%	Schäden			
Janus	keine	25%	50%	70–80%	Schäden			
Blätter im Juni								
Amyntas				keine	40%	80%	100%	Schäden
Jubilar				keine	40%	80%	100%	Schäden
Janus				keine	40%	70%	100%	Schäden

Die Frostresistenz steigt im Herbst im Freiland durch natürliche Abhärtungsreaktionen. Wir wollten die Sortenfrosthärte durch Feldbeobachtung und experimentell untersuchen und zogen in Nebenparzellen in 10 Styroporöpfen jeweils 10 Pflanzen pro Sorte. In Monatsabständen holten wir die normal entwickelten Pflanzen ins Labor, ließen sie 24 Stunden bei 1° in der beleuchtbaren Kühltruhe adaptieren und ließen sie dann nach langsamer Abkühlung (mit 2°/Stunde) 2 Stunden bei der gewünschten Testtemperatur und tauten ebenso langsam auf. Gleichzeitig wurden elektrisch Lufttemperatur, Blatt-Temperatur und Bodentemperatur gemessen und nach 3–7 Tagen das Überleben oder der endgültige Schaden befundet. Jubilar, Amyntas und Elasson überstanden –3° ohne Schaden, –5° mit evtl. 2–5% Blattschaden. –10° (2 Stunden lang) wird von Jubilar mit 5–10% Ausfall ertragen, beim griechischen Weizen Amyntas und bei der griechischen Gerste Elasson traten um 10% Schäden auf.

Auch Lufttemperaturen von –14° (bei –10° Blatt-Temp. und –7° Bodentemperatur) wurde mit 10–20% Blattschaden überstanden. Kritisch wirkten sich –15° Luft- und Blatt-Temperatur aus, es kam zu 50–60% Schaden an den Blättern, bei –18° 80% Schaden, also letaler Ausgang, ebenso –22° (90% letal).

Wenn wenig Zirkulation in den Kühltruhen herrscht, kann die Blatt-Temperatur für einige Zeit höher als die umgebende Luft sein, da beim partiellen Ausfrieren ja etwas Wärme frei wird. Für das Überleben scheint auch die Temperatur im Wurzelraum wichtig zu sein, er ist offenbar der kälteempfindlichste Teil. Ein Sonderversuch bei –19° Lufttemperatur, –14° Blatt-Temperatur und nur –4° Bodentemperatur zeigte in 2 Stunden nur 10% Blattschaden, so daß die natürliche Schneeschutzwirkung auch experimentell belegt wurde.

Freilandversuche mit eingetopften Pflanzen vor den Fenstern des Institutes zeigten im Winter 1975/1976, daß ohne Schneeschutz

im November Frost von –8°

im Dezember Frost von –10°

im Jänner Frost von –11 bis –13°

im Februar Frost von –12 bis –13°

ohne Schaden überstanden wurde.

Im Inntal und im Rinner-Igler-Gebiet sorgt ab Anfang/Mitte Dezember die natürliche Schneedecke mit 10–20 cm meist für ausreichenden Schutz, da nach eigenen Messungen eine 15-cm-Schneedecke die Außentemperatur von –15 bis –20° sicher auf –5 bis –10° redu-

ziert. Sommersorten (Janus, Eva, Union) aus der Rinner Aufzucht wurden Ende April – Anfang Mai ebenfalls getestet, sie halten -3° bis -5° ohne Schäden aus, haben bei -7° 25–50% Schäden und überleben -10° nicht mehr.

Seit gut 100 Jahren verwendet die Agrarforschung und die Pflanzenphysiologie verschiedene Methoden, um den Endertrag und die einzelnen Phasen der Stoffproduktion genauer zu studieren. Seit 1950 kann die Kohlendioxidaufnahme (Photosynthese) und die CO_2 -Abgabe (Atmung) aller Pflanzenorgane mittels Ultrarotabsorptionsschreiber (URAS) sehr genau, aber technisch aufwendig bestimmt werden.

Weit einfacher und für manche Sortenvergleiche völlig ausreichend, ließ sich schon ab etwa 1920 der Trockensubstanzreingewinn durch Ernten im Abstand von 2–4 Wochen erfassen. Watson und Gregory (1926) haben diesen Zuwachs Nettoassimilationsrate NAR genannt und auf die mittlere Blattfläche bezogen. Man verwendet die Formel

$$\text{NAR} = \frac{T_2 - T_1}{\frac{F_2 + F_1}{2} \cdot d} \quad \begin{array}{l} T_2 \text{ Trockengewicht am Ende der Me\ssperiode} \\ T_1 \text{ Trockengewicht am Anfang der Periode} \\ F_2, F_1 \text{ Blattfl\achen} \\ d \text{ Anzahl der Tage (meist 14 oder 7!)} \end{array}$$

und erh\alt die Trockengewichtszunahme pro Tag in mg pro 10 cm^2 Blattfl\ache oder analog in Gramm pro Quadratmeter Fl\ache.

Kulturpflanzen haben NAR-Werte von 2–10, selten 14 g/m^2 , die bei Jungpflanzen eher von 2–4 reichen, aber bei voll entwickeltem Blattareal und bei Sch\onwetter (bei hoher Photosynthese) eben $7\text{--}8 \text{ g/m}^2 \cdot \text{Tag}$ und bei Mais und R\uben bis 14 g/m^2 erreichen.

F\ur die Versuchsjahre 1975–1977 wurden alle 14 Tage NAR-Werte von Weizen und Gerstensorten bestimmt, die je nach Pflanzenalter und Witterung schwanken. Hier sollen vor allem Optimalwerte zitiert werden:

Sommerweizen Janus: produziert im Mai $3\text{--}4 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$, im Juli $3\text{--}2 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ optimal in der 6.–8. Woche

9. 6.–23. 6. 1975 $7,7 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ in Rinn

28. 5.–10. 6. 1976 $5,6 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ in Rinn

6. 6.–20. 6. 1975 $6,6 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ in Innsbruck

29. 5.–11. 6. 1976 $6,2 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ in Innsbruck

Die Sommergersten EVA und UNION

erreichen in Rinn im Juni 1975 $6,2$ bzw. $5,6 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ und Ende Mai 1976 $4,3$ bzw. $4,5 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ und produzieren in Innsbruck Anfang Juni 1975 $6,4 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ (Eva) bzw. $4,7 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ (Union), im Mai 1975 und 1976 $2,5\text{--}3,2 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ und im Juli 1975 und 1976 $2\text{--}3,3 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$.

Das Gerstenoptimum liegt wieder in der 6.–8. Woche.

Zur NAR-Bestimmung reichen pro Termin 20 vollst\andige Pflanzen v\ollig, sie geben die oben zitierten »Guten Mittelwerte«.

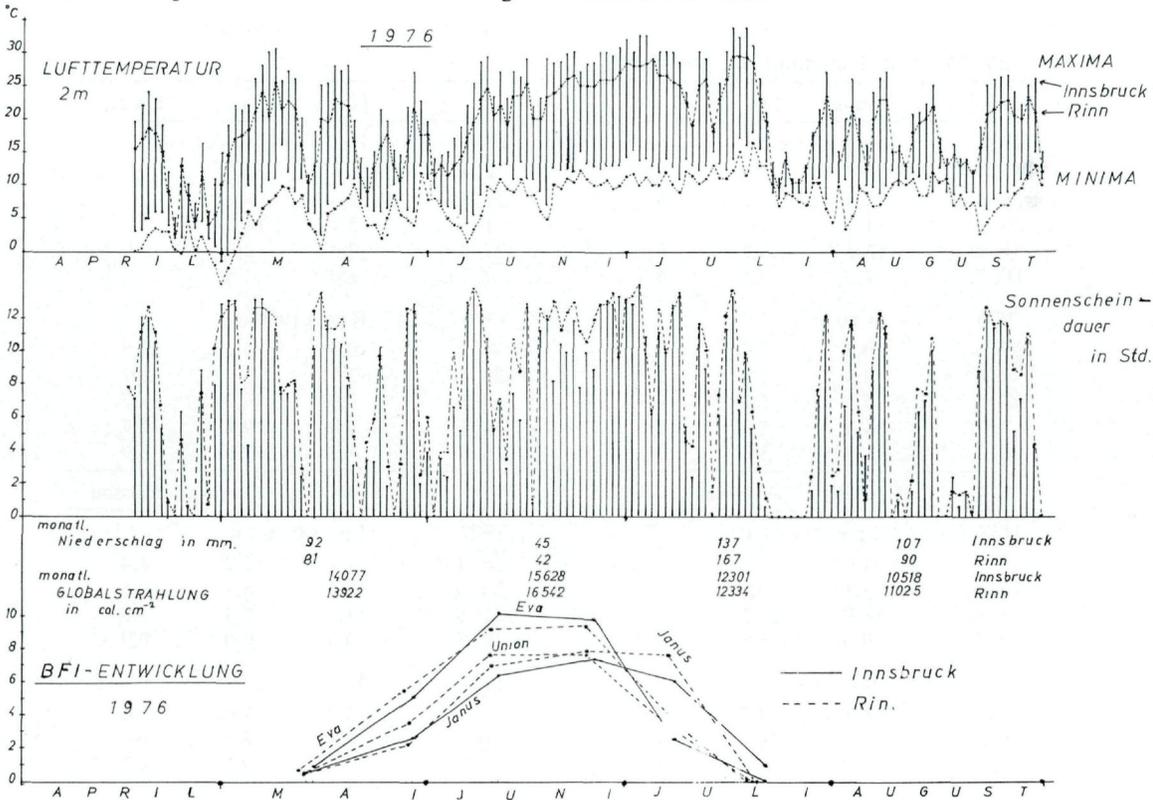
Die Winterweizensorten Jubilar und Amyntas und die Elasson-Gerste bilden Ende Oktober anfangs November lange Wurzeln aus und saugen ihre Kornreserven aus, die NAR-Werte liegen in der 3. Woche/4. Woche real um $3\text{--}5 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$, sp\ater mit fallender Umwelttemperatur

anfangs Dezember um $0,6-0,5 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$, im Februar nach der Schneeschmelze bei $0,2-0,4 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$. Ende März/Anfang April werden wieder Werte um $2,6, 3,4$ und max. $4,2 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ (Amyntas 31. 3./14. 4. 1976) erreicht. Die Stoffproduktion im kühleren *Klima von Rinn* betrug vom 13. 5.–10. 6. 1976 erst $5,8 \text{ g}$ (Jubilar) bzw. $5,6 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ bei Amyntas und Ellasson, stieg aber zwischen 2. 7./16. 7. 1976 bei einer Mitteltemperatur von $17,6^\circ$ bei Jubilar auf $10,5 \text{ g}$ und bei Amyntas sogar auf $18,1 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ (Ellasson $7,1 \text{ g/m}^2$).

1977 wurden in Rinn vom 9. 5.–20. 6. 1977 von Jubilar $9,4-9,6 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ produziert, von Amyntas vom 9. 5./23. 5. sogar $13,3$ (Ellasson $14,0$) und vom 23. 5./20. 6. $10,2 \text{ g/m}^2$ (Ellasson immer noch $14,9 \text{ g}$).

Die Innsbrucker Werte lagen im Mai 1976 bei $5,4 \text{ g}$ (Jubilar) bzw. $6,1 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ Amyntas und stiegen zwischen 17. 6./1. 7. 1976 bei Jubilar auf $13,1 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ bzw. $10,1 \text{ g/m}^2$ (Amyntas). 1977 wurden bereits vom 26. 4./10. 5. gute NAR-Werte erreicht (Jubilar $7,5 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$, Amyntas $9,8$, Ellasson $9,9 \text{ g/m}^2$) und vom 10. 5./24. 5. 1976 etwas verbessert (Jubilar $9,4$, Amyntas $10,8$ und Ellasson sogar $14,2 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$). Anschließend fielen die Prod.-Werte vom 24. Mai bis 21. 6. 1977 etwas ab (Jubilar $6,3$, Amyntas $9,3$, Ellasson $7,2$).

Abb. 5: Optimale Blattflächenentwicklung in Innsbruck und Rinn



Hier sollten nur die im Innsbrucker Raum üblichen Dimensionen der NAR-Werte vorgestellt werden. Für die Jahre 1975–1977 liegen im Botanischen Institut vollständige Tabellen auf und können auf Anfrage übersandt werden.

Seit langem ist in der Agrarforschung wohl bekannt, daß die Stoffproduktion der einzelnen Sorten nicht nur von der günstigen oder ungünstigen Witterung direkt temperaturmäßig abhängt, sondern daß die Frühjahrs- und Sommerwitterung auch die Flächenentwicklung der Blattspreiten und damit die lichtaufnehmende Assimilationsfläche beeinflußt. Große lang andauernde Blattflächen bringen stets höhere Erträge und werden durch den Blattflächenindex im monatlichen Ablauf dargestellt. Der BFI gibt an, wie viele Quadratmeter Blattfläche pro m² Bodenoberfläche entwickelt sind. Werte um 6–10 im Juni und Juli sind gute Ertragsgaranten. Steigt die Blattflächenentwicklung bei zu dichtem Silomais (z. B. über 14), so erfolgt zunehmend Eigenbeschattung und der Gesamtertrag stagniert oder nimmt leicht ab.

Die Blattflächenentwicklung beim Sommergetreide (Abb. 5) war 1976 in Innsbruck und Rinn optimal und erreichte BFI um 10,2 (Eva) bzw. 9,2. Der Temperaturfaktor war 1975 in Innsbruck ausreichend (BFI um 11,4–12,1) aber in Rinn schon zu kühl, so daß die BFI-Maxima hier um 5,5 blieben.

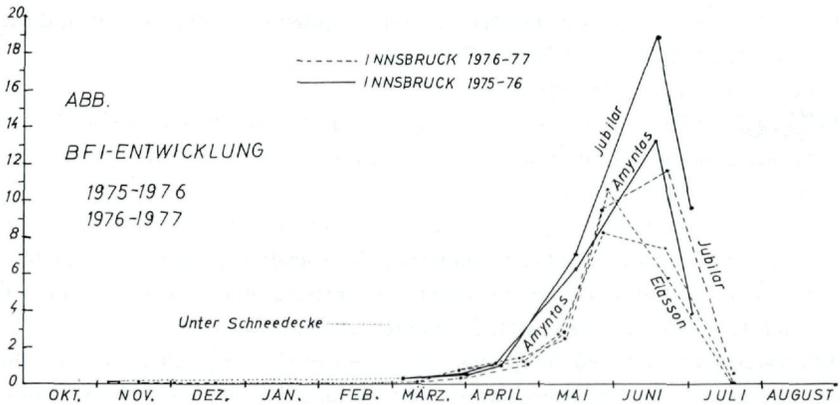
Tab. 15: Blattflächenindex-Entwicklung

	Janus	Eva	Union		Janus	Eva	Union
1975	Innsbruck			1976	Innsbruck (610 m)		
21. 5.	1,4	1,7	2,0	14. 5.	0,6	0,9	
6. 6.	4,0	5,1	6,1	29. 5.	2,6	5,1	
20. 6.	11,4	11,9	11,9	11. 6.	6,4	10,2	
4. 7.	12,1	8,2	8,7	25. 6.	7,4	9,8	
18. 7.	7,2	5,5	6,8	7. 7.	6,0	2,6	
1975	Rinn			1976	Rinn (900 m)		
27. 5.	0,9	1,2	0,9	13. 5.	0,5	0,7	0,5
9. 6.	2,0	1,9	1,8	28. 5.	2,3	5,6	3,6
23. 6.	5,5	5,1	4,7	10. 6.	7,0	9,2	7,7
7. 7.	4,8	5,6	5,2	24. 6.	7,9	9,4	7,7
20. 7.	3,5	3,6	3,3	6. 7.	7,7	3,1	2,9
	Jubilar	Amyntas	Elasson		Jubilar	Amyntas	Elasson
1976	Innsbruck			1977	Innsbruck		
15. 4.	1,0	1,1		26. 4.	1,1	1,2	1,4
14. 5.	7,1	6,3		24. 5.	9,5	8,3	10,6
17. 6.	18,8	13,2		21. 6.	11,6	7,4	5,8
1. 7.	9,6	3,8		19. 7.	0,6	0,0	0,0
1976	Rinn			1977	Rinn		
13. 5.	4,1	4,5	3,6	23. 5.	2,8	3,8	3,6
10. 6.	14,5	10,0	14,8	20. 6.	6,3	6,5	6,5
16. 7.	4,7	0,4	0,5	18. 7.	4,1	2,3	0,3

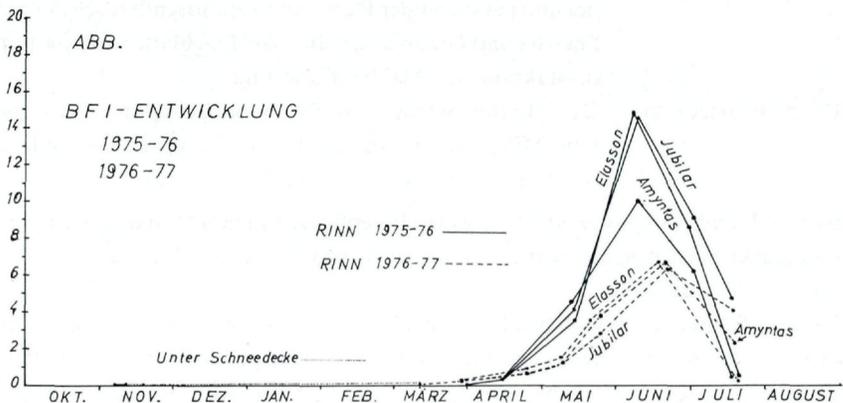
Wie aus vorstehender Tabelle und Abb. 6a und 6b ersichtlich, erreichen die Wintersorten Jubilar und Amyntas hohe Blattflächen, 1976 in Innsbruck sogar zwischen 12 und 18 m²/m² Boden und in Rinn 1976 um 14, 1977 allerdings um 6,5 m².

Abb. 6a+6b: Blattflächenentwicklung bei Wintergetreide

monatl. 2m Temperatur	77,6	-77,0	-8,7	53,7	111,2	246,4	428,7	510,8	540,1	1975-76
Summe in °C	96,3	-138,1	-55,6	50,6	205,5	178,3	368,4	465,0	495,3	1976-77
Niederschlag	87	6	46	8	15	33	92	45	137	1975-76
in mm	52	57	96	44	61	98	80	85	60	1976-77
monatl. Globalstrahlung	3330	3213	3014	5806	8869	11136	14077	15628	12301	1975-76
in cal/cm ²	3592	2990	2942	4964	9141	10300	13912	14350	13746	1976-77



monatl. 2m Temperatur	31,7	-106,4	-42,8	5,6	19,1	165,4	349,4	449,6	492,2	1975-76
Summe in °C	87,8	-134,2	-37,2	31,4	172,0	134,2	328,7	425,8	466,4	1976-77
Niederschlag	77	8	23	9	8	46	81	42	167	1975-76
in mm	44	51	71	53	60	99	77	95	129	1976-77
monatl. Globalstrahlung	2895	2448	2516	5609	9084	11230	13922	16542	12884	1975-76
cal/cm ²	3030	2373								1976-77



Im Botanischen Institut der Universität Innsbruck wurden seit 1954 Ultrarotabsorptionsschreiber (URAS) zur Photosynthesemessung verwendet, denn nur diese Geräte erlauben gleichzeitig in 4 Kammern mit hoher Genauigkeit die CO₂-Aufnahme (Netto-Assimilation) und in 1–5 Kammern die CO₂-Abgabe (Dunkelatmung) zu messen, und alle 6 Minuten pro Kammer an Sechsfarbenschreibern zu registrieren. Die Photosynthese wird in mg CO₂-Bindung pro Gramm Trockengewicht und Stunde errechnet und mit den gewünschten Temperaturwerten und Lichtwerten korreliert. Im Gerät des Botanischen Institutes wurden eingefrischte, gut wasserversorgte Gesamtpflanzen, Blätter oder Ähren je nach Bedarf mit 2.000, 5.000, 10.000, 30.000 und 50.000 Lux belichtet und die Photosynthese meist bei 5°, 10°, 15°, 20°, 30°, 35° gemessen und so nach Bedarf für jede wichtige Lichtstufe die CO₂-Bindung (also Photosynthese) festgestellt.

Die HQIL 400 W 71 Osram Halogen-Metaldampflampen haben sonnenähnliches Spektrum und liefern unter dem KGI-Wasserfilter in der Meßkammer bei 10.000 Lux 0,06 cal/cm² und bei 30.000 Lux 0,18 cal/cm².

Die gewählte Versuchstemperatur wurde in einem 40-Liter-Wasserbad durch Thermostat konstant gehalten und die jeweilige Blatt-Temperatur in den Kammern mit Glasplatin-Widerstandsthermometern registriert.

Mit einer speziell angefertigten doppelwandigen Plexiglasröhre – mit Wasserkühlung – wurden auch ganze bewurzelte Getreidepflanzen im Sonnenlicht auf ihren gesamten Gaswechsel untersucht. Die Meßwerte sind bei gleicher Temperatur und Beleuchtung auf ±1% identisch mit den Uraswerten abgeschnittener Blätter und Sprosse.

Wir sahen sehr bald, daß die Photosynthese junger Gesamtpflanzen mit 1–3 Blättern noch gering ist, weil die Respirationenwerte entsprechend der raschen Wuchsvorgänge noch hoch sind. Wir unterschieden:

- I. Stadium: Erststreckungsphase des Wintergetreides mit 1–3 (4) Blättern vom November bis März (600 m) (April 900 m)
- II. Stadium: Bestockungsstadium (Ende März bis Anfang Mai)
- III. Hauptstadium: Die Pflanzen sind in der Hauptstreckungsphase, Schossenstadium und anschließend Blühstadium. Die Blattspreiten sind bald voll ausgebildet und bei sinkender Respiration photosynthetisch hoch aktiv. Grüne Spelzen und Grannen arbeiten wie Flagblätter sehr aktiv an der Stoffproduktion mit. Mai bis Ende Juni.
- IV. Abbaustadium: Die Blätter werden zu 50–60% gelbgrün, um Innsbruck Anfang/Mitte Juli bis Anfang August (Rinn) und assimilieren weniger, die Ähren vergilben, die Körner reifen aus.

Nur im I. und II. Stadium konnten ganze Jungpflanzen in den Meßkammern (25×15×5 cm) untersucht werden, später wurden 20 cm lange, sofort eingefrischte Blattstücke, Sprosse, Ähren einzeln untersucht.

Bei den Winterweizensorten Jubilar (Symbol ○) und Amyntas (Symbol ▲) wurden in Innsbruck 1976 und 1977 keine signifikanten Unterschiede gefunden, so daß ihr Photosynthesevermögen in den Sammelabb. 7a–7d usw. entsprechend der Entwicklungsstufe zusammen-

Abb. 7a

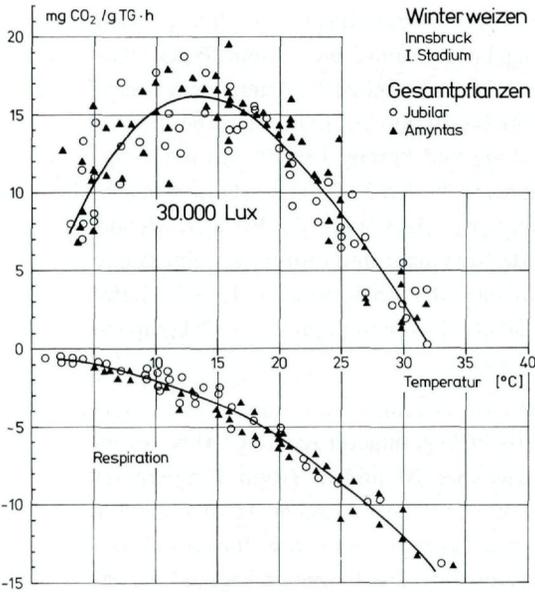


Abb. 7b

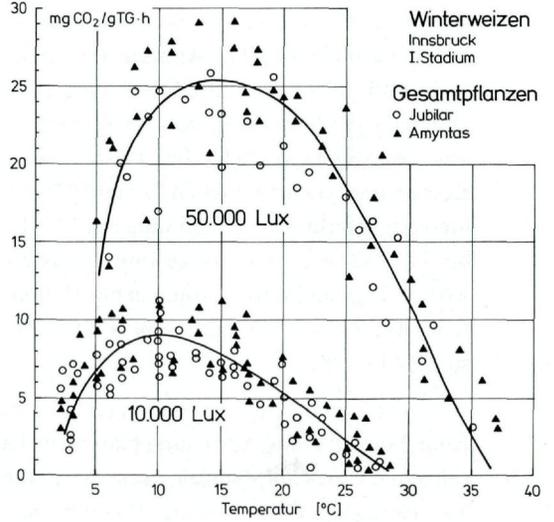


Abb. 7c

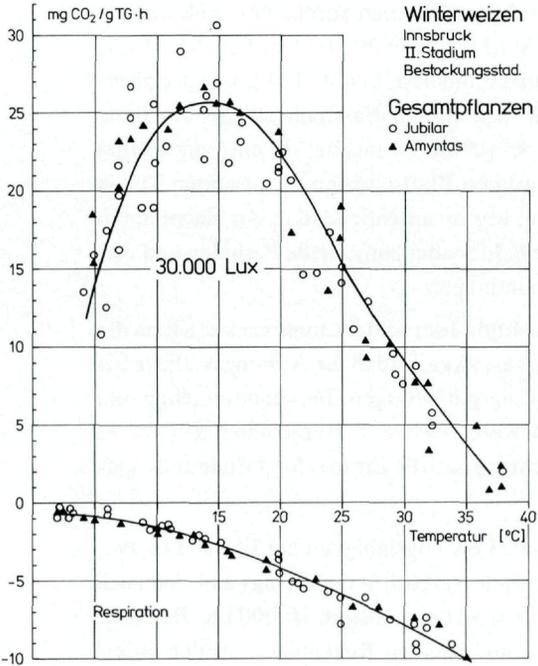
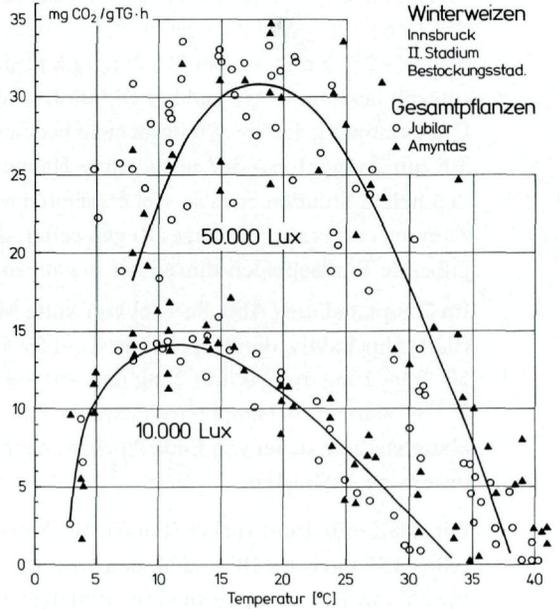


Abb. 7d



gezeichnet wurde und vor allem die Lichtabhängigkeit hier markant wird. Vor allem ist die Respiration (Abb. 7a) in diesem I. Stadium vom Nov. bis März hoch (2–4 Blätter nach Schneeschmelze da). Die Atmung beträgt bei 5° 1 mg, bei 10° rund 2 mg/Gramm Trockengewicht und steigt bei 15° auf fast 3,6 mg. In Bodennähe sind 20° möglich (Atmung um 6 mg). Durch die große Atmung wird die Nettophotosynthese bei 10.000 Lux (Trübtage!) bei 10° bescheiden (8–11 mg/g.h), bei 15° sinkt sie auf 6–8 mg und beträgt bei 20° nur um 5 mg. Kompensation tritt zwischen 25° und 27° ein. Besseres Licht von 30.000 Lux (horizontal gemessen) verschiebt das Optimum auf 15° (14–18 mg/g.h). Ab 20° sinkt der Ertrag rasch und bei 32°–33° wird der Stoffgewinn wieder Null. Ende November und Mitte März gibt es nur wenige Tage und wenige Stunden mit 50.000 Lux, wo dann der Stoffgewinn bei 15°–20° Lufttemperatur um 24 ± 3 mg/g. sein könnte. Auch bei 50.000 Lux wird gegen 35°–37° kompensiert (Abb. 7b).

Nach der Schneeschmelze wird bald das II. Stadium (Bestockungsstadium mit 4–5 Blättern) Ende März/Anfang April durchlaufen und bei um 10–20% geringerer Atmung (Abb. 7c) erreichen die Gesamtpflanzen schon bei 10.000 Lux zwischen 10° und 15° (Blatt-Temperatur) 14–16 mg/g.h CO₂-Bindung. Beleuchtung um 30.000 Lux führt zwischen 15° und 20° zur Photosynthese von 24–27 mg und an Schönwettertagen bei 50.000 Lux auch stundenweise zu beachtlicher Stoffproduktion ($20^\circ = 30 \pm 4$ mg/g.h) (Abb. 7d). Das Optimum liegt bei 50.000 Lux jetzt zwischen 18° und 21° und auch die Kompensation tritt erst nach 35° zwischen 37° und 40° ein. Der grüne Sproß und die Blattscheiden assimilieren mit, wir haben aber letztmalig auf Gesamtpflanze bezogen.

Im Hauptstadium (Abb. 8d) haben wir uns auch an abgeschnittenen Sproßstücken überzeugt, daß Ende April/Mai die breiten Blattscheiden im Starklicht von 50.000 Lux bei 10° 1,4 mg, bei 20°–25° 3 mg und bei 30° 2 mg/g.h positiv mitassimilieren, bei 30.000 Lux von Sproßstücken noch um 2 mg und bei 10.000 Lux um 0,8–1,2 mg/g.h erassimiliert wird. Auch die Dunkelatmung der Sproßteile ist nicht bedeutend, bei 10° um 0,4 mg, bei 20° um 1 mg und bei 30° um 2 mg/g.h, so daß noch grüne Halme mit grünen Blattscheiden im gesamten Tag in den hellen Stunden etwa so viel erarbeiten werden, wie sie anschließend in der Nacht durch Atmung verlieren. Nur langes Regenwetter, dichte Felder oder lange heiße Perioden und vergilbende Blattscheiden führen zur negativen Gesamtbilanz.

Im Hauptstadium (Abb. 8a–8c) von Mitte Mai bis Ende Juni sind im Innsbrucker Klima die Blätter hochaktiv, die Respiration ist auf die Hälfte gesunken, so daß die Atmungsverluste bei 10° 0,9–1 mg, bei 20° um 2 mg und erst bei 30° 4 mg/g.h betragen. Im »pannonischen, um 2°–3° wärmeren Hauptgetreideareal« von Niederösterreich und Burgenland tritt dieses Hauptstadium sicher von Ende April bis Anfang Juni auf und die Ernte erfolgt Ende Juni, spätestens zu Julibeginn.

Die Blätter im Innsbrucker Raum erreichen optimale Leistungsfähigkeit bei 10.000 Lux zwischen 15° und etwa 18° und binden etwa 16–17 mg/g.h (vereinzelt um 20 mg) und sind auch bei 25° mit 12–14 mg recht aktiv. Erst über 35°–36° wird kompensiert. 10.000 Lux Beleuchtung wird im Bestandesinneren häufig angetroffen und auch an Regentagen wurden apikal

Abb. 8a

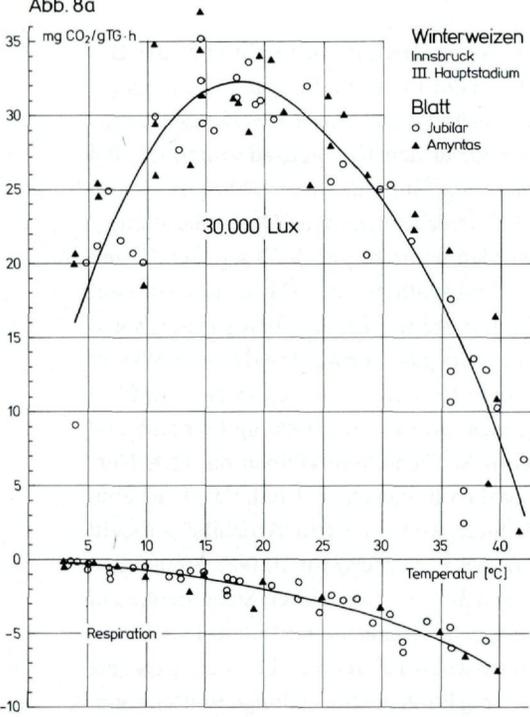


Abb. 8b

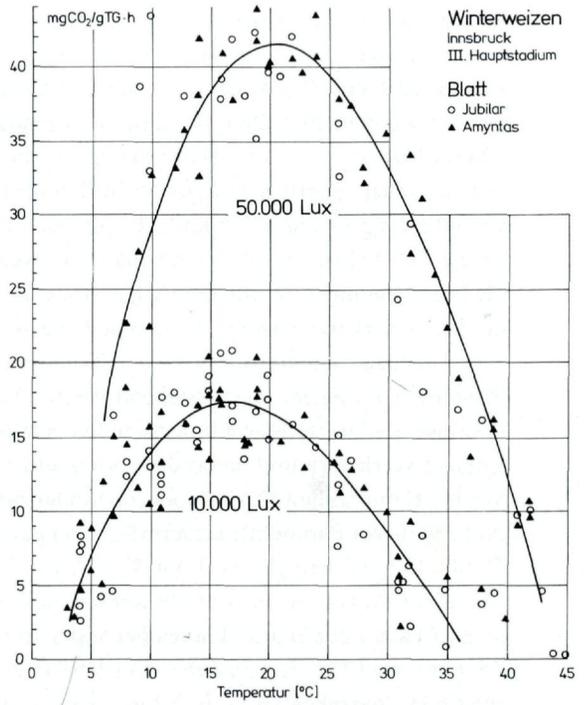


Abb. 8c

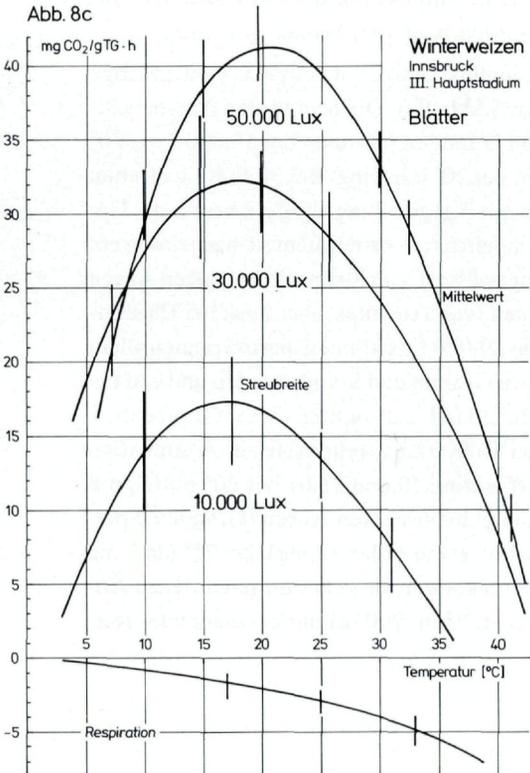
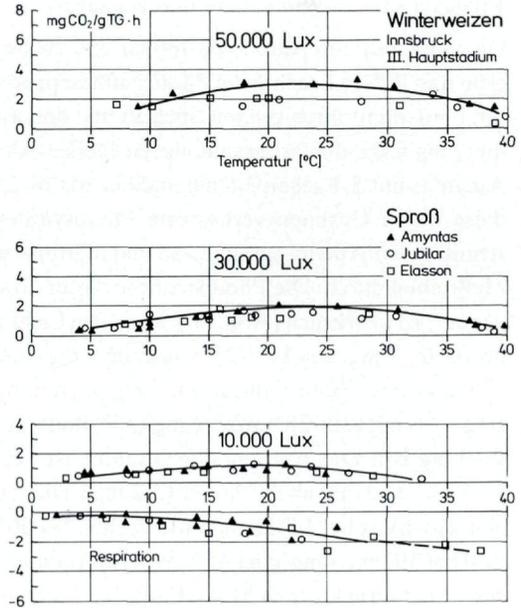


Abb. 8d



viele Stunden lang 10.000–20.000 Lux gemessen. Wechselwetter entspricht eher der Beleuchtung von 30.000 Lux. Hierbei steigt das Optimum der Photosynthese auf 32 ± 3 mg/g.h zwischen 18° und 23° . Auch bei 30° können noch 24 mg und bei 35° etwa 16–18 mg CO_2 gebunden werden. Erst über 40° sinkt die Photosynthese in den Kompensationsbereich, bei 50.000 Lux sogar bei 45° . Schönwettertage mit mehreren Stunden um 50.000 Lux sind in Ostösterreich sicherlich häufiger als im Tiroler Inntal. Hierbei liegen die Optimalleistungen von 42 ± 2 mg zwischen 20° und 24° und bei 30° werden immerhin noch 33 mg, bei 35° um 22 mg CO_2 fixiert. Das starke Absinken der Netto-Photosynthese bei 35° geht sicherlich auf die hohe Atmung (35° um 5 mg/g.h) zurück. In Tirol, in weiten Teilen Oberösterreichs und der Steiermark ist allerdings die sommerliche Wasserversorgung recht gut und läßt im Wiener Raum eher zu wünschen übrig. 2–3 trockene Sommer in 10 Jahren lassen dann das hohe Photosynthesevermögen, wie vorstehend beschrieben, nicht voll zur Auswirkung kommen und teilweise Spaltweitereduzierungen und stundenweiser Spaltenschluß können die CO_2 -Versorgung verringern und damit die Photosynthese zeitlich herabsetzen. Freilandversuche im Wiener Raum sollten also in Trockenperioden noch durchgeführt werden. Abschließend stellt Abb. 8c dieses Photosynthesevermögen bei guter Wasserversorgung für 10.000, 30.000 und 50.000 Lux dar und gibt auch für 5° , 10° , 15° , 25° und 30° die statistischen Streubreiten zur Mittelwertskurve an. In Abb. 9d werden auch Schwachlichtversuche mit 5.000 Lux vorgestellt. Erwachsene Blätter binden bei 5° um 10 mg, zwischen 10° und 15° 11–12 mg und bei 25° nur 6 mg CO_2 . Hier maßen wir auch bei 0° 3–3,5 mg Photosynthese. Junge Blätter konnten Ende November bei $-1,8^\circ$ 1,2 mg, bei 0° 2 mg und bei 1° 3 mg CO_2 fixieren. Diese schwache Photosynthese um 0° und bis $-1,8^\circ$ wurde auch durch Alvik-Röhrchen kolorimetrisch bestätigt. Nach Frösten von -9° ist am nächsten Tag keine Photosynthese mehr feststellbar, die Pflanzen sind in Winterruhe übergegangen und werden bald vom Schnee geschützt.

Die unbegrannten Ähren von Jubilar und die begrannten Ähren von Amyntas bleiben lange grün und liefern beachtliche Photosyntheseprodukte (Abb. 9a). Die begrannten Amyntasähren binden mit ihren grünen Spelzen und den assimilierenden Grannen bei 50.000 Lux, 20° um 9 mg CO_2 , die fast grannenlosen Jubilar-Ähren bei 20° um 6 mg. Bei 30.000 Lux stehen Amyntas mit 5,7 gegen 3,5 mg und bei 10.000 Lux mit 3 gegen 2 mg CO_2 /g.h besser da. Um diese durch Grannen verbesserte Photosynthesemöglichkeit experimentell nachzuweisen, schnitten wir Amyntasgrannen ab und führten – eingewässert – an ihnen wie an ganzen Ähren Meßreihen durch. Die Photosynthese dieser Grannen (von Amyntas, aber auch bei Elassongerste!) ist beachtlich (Abb. 9b). Im vollen Licht von 50.000 Lux können diese Grannen allein ab 10° 6–7 mg, von 17° – 25° sogar um 9 mg CO_2 pro Gramm und Stunde binden und erst bei 35° sinkt ihre Photosynthese auf 5 mg/g.h herab. Bei 30.000 Lux beträgt dieser Grannenbeitrag 4–6 mg ($20^\circ/28^\circ$) bzw. 2 mg (37°) und nur bei 10.000 Lux steuern sie zur Assimilation 2–3 mg bei. Die Atmung der Grannen ist bei 10° gering (0,8 mg/g.h) bei 20° mittelgroß (1,5 mg) und erst ab 31° höher (3,2 mg). Die Atmung der gesamten Ähren (Grannen, Spelzen, Korn) ist bei 10° ähnlich wie vorher, bei 20° schon etwas höher (2 mg), bei 25° um 3 mg und bei 30° um 4 mg/g.h (Abb. 9a). Im Abbaustadium können die gelbgrün gewordenen Ähren in Innsbruck gegen Mitte/Ende Juli (bzw. August, Rinn, 900 m) mit zunehmender Rei-

Abb. 9a

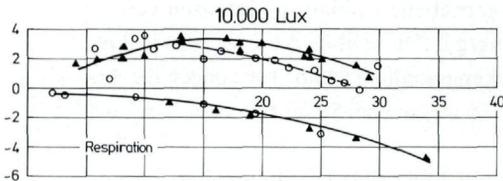
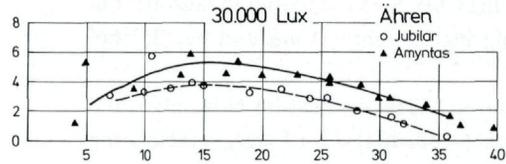
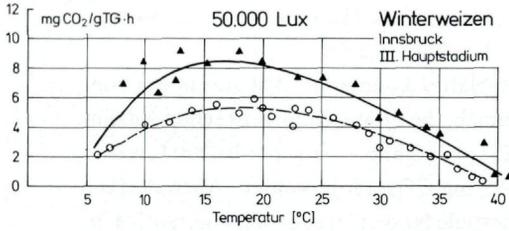


Abb. 9b

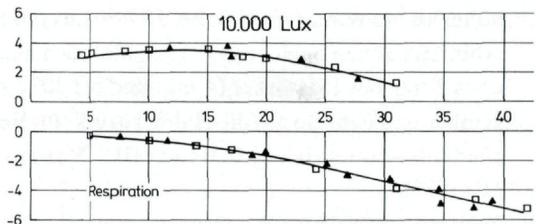
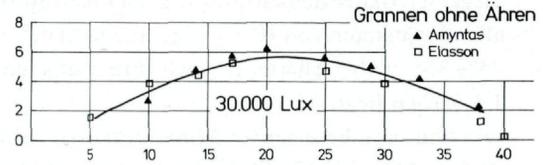
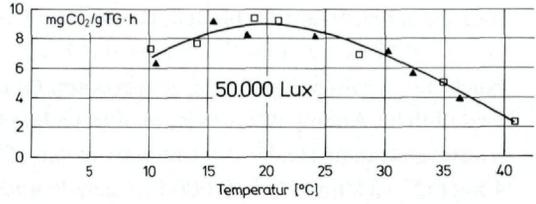


Abb. 9c

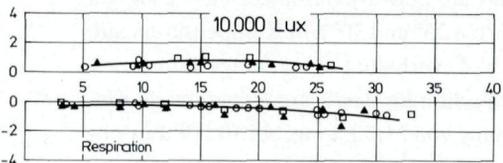
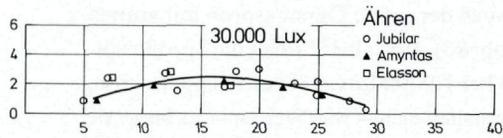
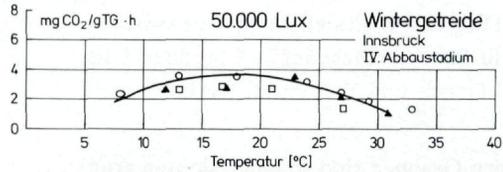
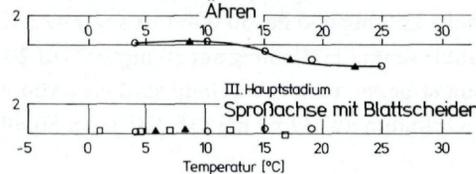
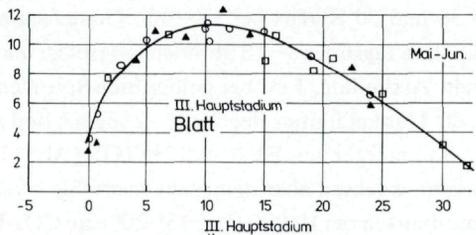
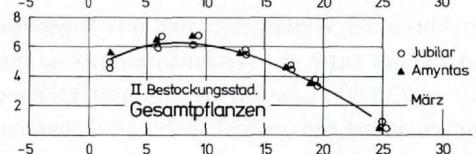


Abb. 9d



fung immer weniger CO₂ binden. Das sind gem. Abb. 9c bei 50.000 Lux und 20° nur 2–4 mg, bei 30.000 Lux (20°) um 2–2,5 mg und bei 10.000 Lux 0,6–1,2 mg.

Auch die inzwischen gelbgrün gewordenen Getreideblätter können im Abbaustadium von Ende Juli bis Anfang August viel weniger CO₂ aufnehmen, die Photosynthese ist schon auf ein Viertel gesunken. Bei 50.000 Lux werden von 15°–25° nur mehr 6–7 mg, bei 30.000 Lux um 4 mg (15°–25°) und bei 10.000 Lux gerade noch 2–3 mg CO₂/g.h gebunden. Auch die basal gelben Blattscheiden und die gelbgrünen Sproßoberteile binden (zusammen untersucht) in allen Lichtstufen von 10°–25° gerade noch 0,5–1,5 mg CO₂. Sie kompensieren tagsüber bei 25°–30°, wobei allerdings auch ihre Dunkelatmung bis 25° unter 1 mg und bei 35° bei 1,5 mg/g.h liegt.

Die Photosynthese junger Wintergerstengesamtpflanzen (Elasson) liegt im November und Anfang März bei 10.000 Lux (12°–15°), im Optimum (Abb. 10a) um 12 mg/g.h (also 3 mg höher als bei Winterweizen), bei 30.000 Lux um 17 mg und bei 50.000 Lux um 23 mg. Gemäß Abb. 10a atmen auch etwa 7 Tage über den Boden getriebene einblättrige Pflanzen bei 10° etwa 2 mg, bei 15° stärker (4 mg) und bei 20° um 7 mg/g.h. Diese hohe Atmung geht im Dezember und Februar auf die Hälfte zurück. Im Bestockungsstadium (Abb. 10b) liegen die Assimilationsoptima bei 10.000 Lux (10°/15°) schon bei 16 mg und bei 50.000 Lux um 30±2 mg (12°/18°).

Wintergerstenblätter im Hauptstadium (Mai bis Ende Juni) sind im Optimalbereich von 12°–20° bei 10.000 Lux mit Raten von 22±2 mg CO₂-Bindung sogar aktiver als Weizen (Jubilar z. B. 18±2 mg/g.h). Sie sind (Abb. 10c) bei 30.000 Lux etwa gleich assimilationsstark wie Weizen (33±2 mg 15°/22°) und erreichen bei 50.000 Lux nach steilem Anstieg zwischen 18° und 25° auch 40±2 mg (Abb. 10c). Ab 35° sinkt die Photosynthese auf 7–8 mg ab und die Kompensation (Null-Netto-Photosynthese) tritt bei Gerste und Weizen im Starklicht zwischen 38° und 42° Blatt-Temperatur ein.

Die Ähren der Wintergerste und ihre abgeschnittenen Grannen sind so lange sie rein grün sind, ebenso aktiv wie Weizenähren und -grannen und steuern optimal 8 mg (50.000 Lux) bis 5 mg (30.000 Lux) zur Gesamtproduktion bei. Auch der grüne Gerstensproß mit grünen Blattscheiden kann optimal 3–2 mg CO₂ binden (Abb. 8d). Erst ab 35° steigt die Sproßrespiration auf 2–2,5 mg und so kommt es für den Sproß bei 10.000 Lux, 35° zur Kompensation, bei 30 und 50 Kilolux bei 38°–40°. Gerstensprosse erhalten sich – wie Weizen – so lange sie grün sind, tagsüber 8–10 Stunden lang selbst und veratmen nur in der Dämmerung und in der Nacht Assimilate. Erst bei gelbgrünen Sprossen sinkt die Photosynthese auf 0,5–1 mg/g.h ab, die Dunkelatmung liegt bei 1–2 mg/g.h und zwischen 25° und 30° tritt Kompensation auf. Die Sommergersten EVA und UNION (Abb. 11a, b, d) verhalten sich anfangs ähnlich wie Elasson, wachsen aber dann sehr rasch. Sie erreichen schon im Bestockungsstadium als Gesamtpflanzen bei 10.000 Lux, 15°/20° eine CO₂-Bindung von 21,5±2 mg, bei 30.000 Lux optimal 33±2 mg und bei 50.000 Lux sogar 42±2 mg im Bereich von 18°–23°. 30° Blatt-Temperatur senkt die Bindung auf 30 mg, 35° auf 20 mg herab und bei 40° wird kompensiert. Die Sommergerstenblätter im Hauptstadium (Abb. 11a, b, d) kommen bei 10.000 Lux (Trübtage!) im Optimum auf 32±2 mg (15°/20°), bei 30.000 Lux z. B. im Wechselwetter auf 44±3 mg

Abb. 10a

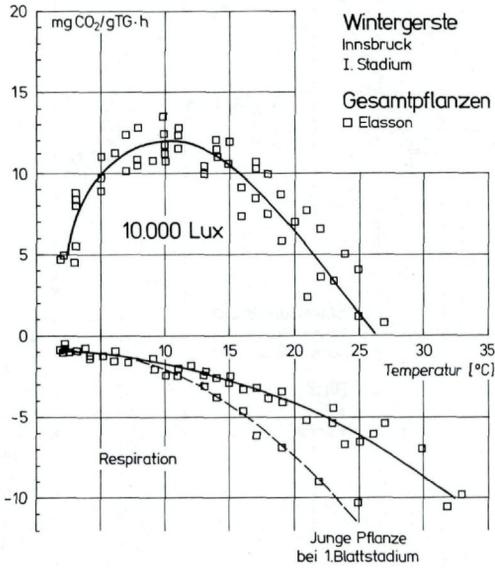


Abb. 10b

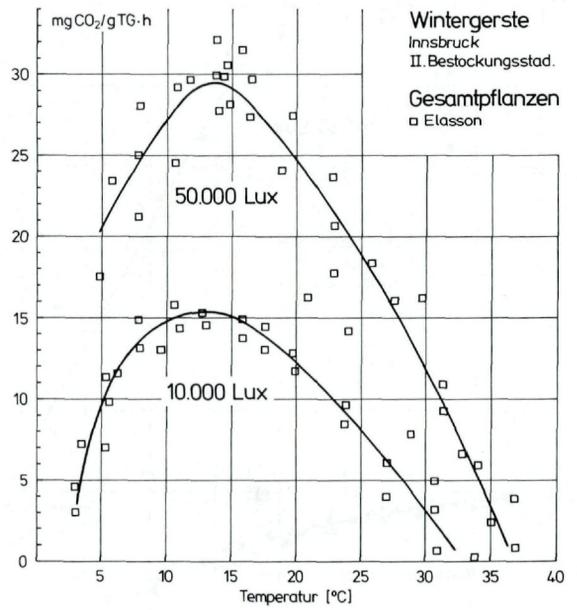


Abb. 10c

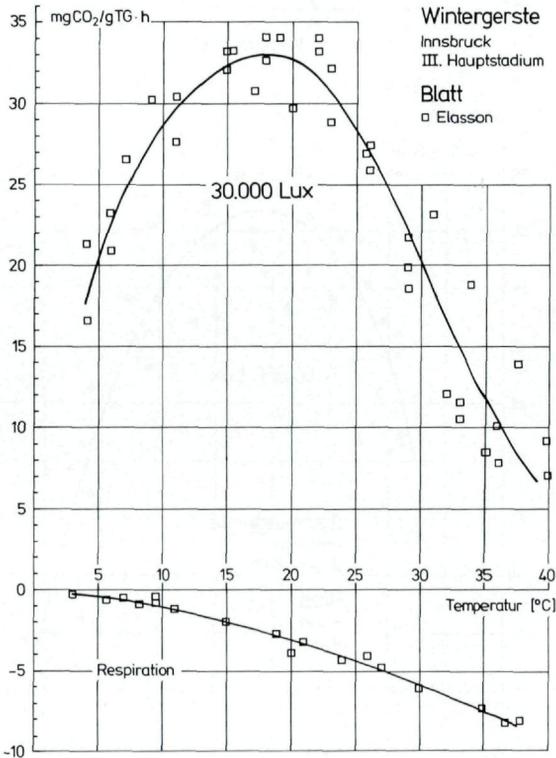


Abb. 10d

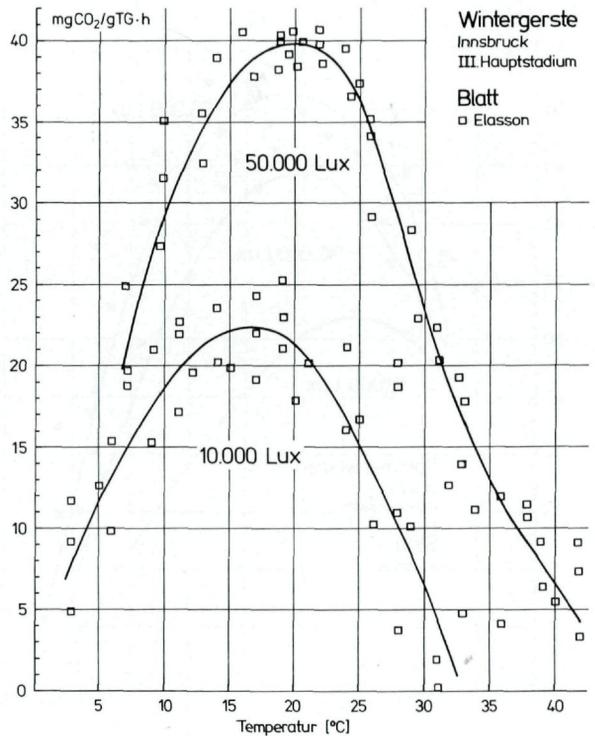


Abb. 11a

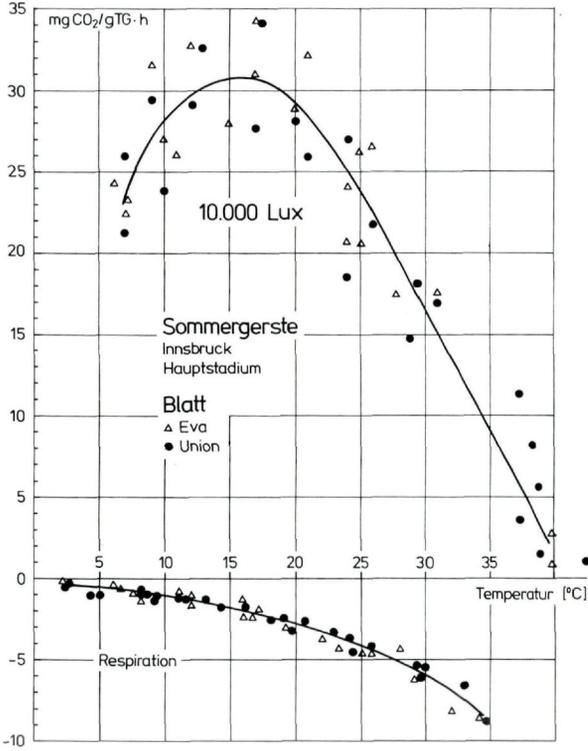


Abb. 11b

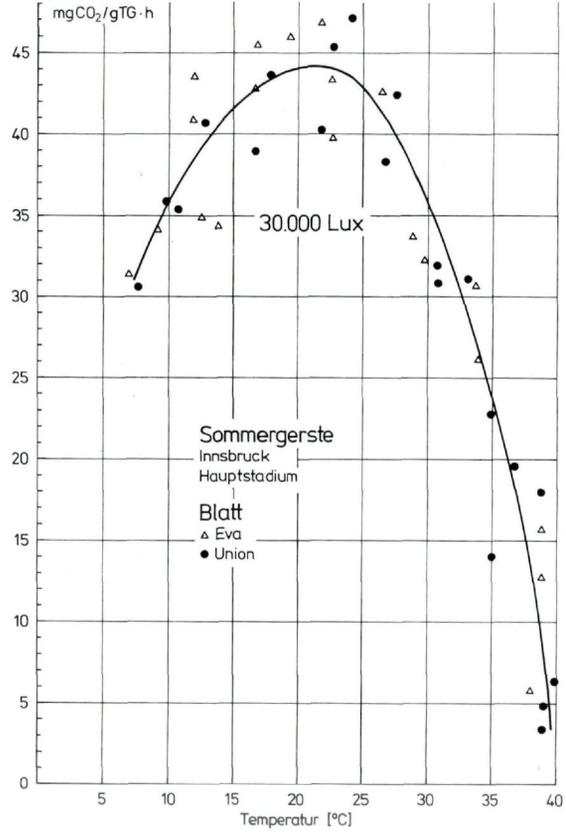


Abb. 11c

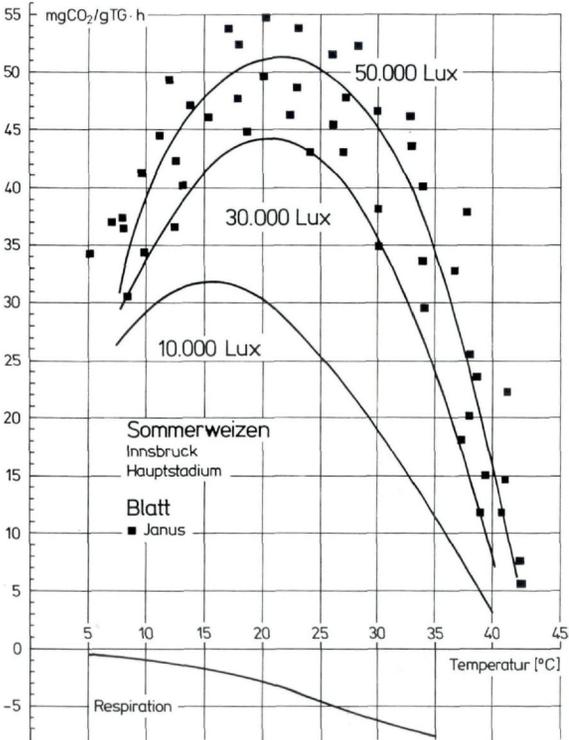
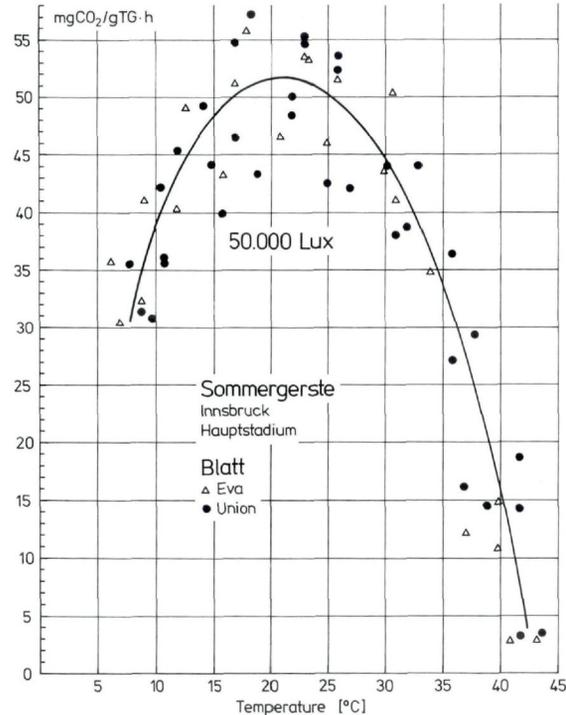


Abb. 11d



(18°/25°) und im Schönwetter bei 50.000 Lux im Bereich von 18°–27° sogar auf 51±4 mg/g.h.

Damit sind Sommergerstenblätter im Hauptstadium in allen Lichtstufen um 4–8 mg/g.h aktiver photosynthetisch tätig als Winterweizen- und Wintergerstenblätter und ebenso aktiv wie manche Kartoffelsorten. Setzt man den mittleren Optimalwert der Sommergerste 50.000 Lux 51 mg/g.h gleich 100%, so schaffen Wintergersten bei 50 Kilolux 78% der Sommergersten. Sommergerstenblätter haben bei 30.000 Lux 86% des Optimalwertes, Wintergersten 65% und bei 10.000 Lux können Sommergersten 60%, Wintergersten 43% ihrer vollen Photosynthese durchführen. Die höheren Photosyntheseraten der Sommergersten gleichen also gut die kürzere Vegetationszeit aus und ermöglichen ähnliche Erträge wie Wintergersten in guten Jahren. Eva und Union erreichten in Innsbruck in den Jahren 1975 und 1976 gute Erträge von 37–41,7 dz/ha, in Rinn 35, 37 und 42 dz/ha (Union) und sogar 46,4 dz/ha (Eva 1976). In Innsbruck (600 m) und Rinn (900 m) wurde auch der Sommerweizen Janus auf Photosynthese und Ertrag geprüft. Die Atmung junger Gesamtpflanzen ist anfangs noch hoch, z. B. bei 10° 2 mg, bei 20° 4,6 mg und bei 30° 8 mg. Diese Respiration sinkt aber im Hauptstadium auf halb so große Werte ab. Die Photosynthese der Jungpflanzen liegt bei 10 Kilolux optimal um 20–23 mg, bei 30 Kilolux (15°/19°) schon um 32 mg und bei 50 Kilolux im Bereich von 18°–24° schon bei 40±2 mg/g.h.

Gem. Abb. 11c produzieren Janus-Blätter (analog den Sommergersten) mit beachtlicher Intensität im Mai und Juni. In diesem Hauptstadium liegen die Optimalwerte bei 50.000 Lux im Bereich von 18°–25° bei 51±4 mg, bei 30.000 Lux immer noch um 44 mg/g.h und auch bei 10.000 Lux um 31–32 mg CO₂-Bindung. Die Einzelwerte wurden in der Abb. 11c nur für 50.000 Lux eingezeichnet und für 30 und 10 Kilolux bereits die Mittelwerte angegeben. Die unbegrannten Ähren dieses Sommerweizens können bei 50.000 Lux so lange sie grün sind, optimal 6–7 mg binden, bei 30 Kilolux etwa 4 mg und bei 10 Kilolux 2–3 mg, sind also in jeder Lichtstufe um 2–3 mg/g.h gegenüber den begrannten Sommergersten benachteiligt.

Im Endertrag enttäuschte Janus in Innsbruck und Rinn, da wir nur 25–28 dz/ha erzielten. Allerdings litt dieser Sommerweizen an schwacher Bestockung, Mehlaufbefall und an 10–20% Spatzenfraß, so daß sein Ertragspotential eher bei 30–32 dz/ha liegen dürfte.

Abschließend wird mit Tabelle 16 ein Vergleich der Photosyntheseraten, bezogen auf Trockengewicht und auch auf Fläche, gegeben, so daß das Photosynthesevermögen der Winter- und Sommergetreidesorten direkt verglichen werden kann.

In dieser Tabelle werden auch Meßwerte der nicht sehr hohen Wurzelatmung von 5°–30° (35°) mitgeteilt, die bei 10° um 0,5–0,8 mg, bei 30° um 2,4–3 mg CO₂/g.h liegen.

Tabelle 16: Netto-Photosynthese von Getreidepflanzen bezogen auf Gramm Trockengewicht oder dm-Fläche für die wichtigsten Licht- und Temperaturstufen.

	Trocken- gewicht in Gramm	Fläche dm ²	Licht Lux	mg CO ₂ pro g Tro.h	mg CO ₂ pro dm ² . h		Trocken- gewicht in Gramm	Fläche dm ²	Licht Lux	mg CO ₂ pro g Tro.h	mg CO ₂ pro dm ² . h
Winterweizen- Blätter	0,169	0,35	10.000	5°= 6,0 10°=11,8 20°=17,8 30°=10,0	= 2,9 = 5,7 = 8,6 = 4,8	Winterweizen- blätter	0,253	0,51	10.000	5°= 6,7 10°=12,3 20°=18,1 30°= 9,1	= 3,3 = 6,1 = 9,0 = 4,5
<i>Amyntas</i> Hauptstadium Innsbruck (600 m)	0,31	0,64	30.000	5°=17,3 10°=29,2 20°=31,1 30°=25,0	= 8,4 =14,1 =15,1 =12,1	<i>Jubilar</i> Hauptstadium Innsbruck	0,202	0,42	30.000	5°=18,2 10°=29,4 20°=32,0 30°=24,2	= 8,7 =14,1 =15,4 =11,6
	0,21	0,43	50.000	10°=29,0 20°=41,8 30°=27,0	=14,2 =20,4 =13,2		0,17	0,38	50.000	5°=15,5 10°=30,1 20°=42,2 30°=30,6	= 6,9 =13,5 =18,9 =13,7
	0,394	0,82	Dunkel- atmung	5°=-0,4 10°=-0,9 20°=-2,0 30°=-4,0	=-0,2 =-0,4 =-0,96 =-1,7		0,253	0,51	Dunkel- atmung	5°=-0,3 10°=-1,0 20°=-1,6 30°=-4,0	=-0,15 =-0,5 =-0,8 =-1,9
Winterweizen- blätter	0,257	0,52	10.000	5°= 6,3 10°=12,1 20°=15,3 30°=10,1	= 3,1 = 6,0 = 7,6 = 5,0	Sommer- weizen- blätter	0,102	0,21	10.000	5°=17,3 10°=29,2 20°=30,4 30°=18,2	= 8,4 =14,2 =14,8 = 8,8
<i>Amyntas</i> Hauptstadium						<i>Janus</i> Hauptstadium Innsbruck	0,08	0,17	30.000	5°=24,0 10°=33,3 20°=44,1 30°=35,1	=11,3 =15,6 =20,7 =16,5
Rinn (900 m)	0,119	0,24	30.000	5°=12,2 10°=21,8 20°=30,4 30°=22,8	= 6,1 =10,6 =14,8 =11,1		0,088	0,18	50.000	10°=39,0 20°=51,0 30°=45,4	=19,1 =24,9 =22,2
	0,237	0,50	50.000	10°=28,1 20°=38,2 30°=25,6	=13,3 =18,1 =12,1		0,40	0,97	Dunkel- atmung	5°=-0,4 10°=-1,0 20°=-3,0 30°=-6,0	=-0,2 =-0,4 =-1,2 =-2,5
Sommergersten- blätter	0,12	0,20	10.000	5°=19,1 10°=27,5 20°=29,4 30°=15,6	=11,5 =16,5 =17,6 = 9,4	Sommer- gersten- blätter	0,10	0,19	10.000	5°=20,0 10°=28,3 20°=29,1 30°=16,3	=10,5 =14,9 =15,3 = 8,6
<i>Union</i> Hauptstadium Innsbruck	0,08	0,18	30.000	10°=33,1 20°=42,4 30°=36,2	=14,7 =18,8 =16,1	<i>Eva</i> Hauptstadium Innsbruck	0,09	0,20	30.000	10°=32,0 20°=44,4 30°=35,1	=14,4 =20,0 =15,8
	0,08	0,17	50.000	10°=37,2 20°=52,0 30°=44,1	=17,5 =24,4 =20,7		0,09	0,19	50.000	10°=38,1 20°=51,1 30°=43,4	=18,1 =24,2 =20,6
	0,63	1,1	Dunkel- atmung	5°=-0,4 10°=-0,9 20°=-2,6 30°=-5,8	=-0,2 =-0,5 =-1,5 =-3,3		0,52	1,20	Dunkel- atmung	5°=-0,4 10°=-1,0 20°=-2,7 30°=-5,7	=-0,2 =-0,4 =-1,2 =-2,5

Wurzelatmung in mg CO₂/Gramm trocken × Stunde (Ende Mai bis Ende Juni)

		5°	10°	20°	30°	32,5°	35°
Winterweizen	Jubilar	0,33	0,5	1,2	2,4		3,2
Winterweizen	Amyntas	0,32	0,6	1,1	2,5		3,3
Gerste	Elasson	0,30	0,5	1,1	2,2		3,1
Sommerweizen	Janus	0,4	0,7	1,6	2,8	3,3	
Sommergerste	Eva	0,5	0,8	1,6	3,0	3,4	
Sommergerste	Union	0,5	0,8	1,6	3,1	3,5	

Da auch Bilanzübersichten informativ sind, um die Größen der photosynthetischen Zugänge und respiratorischen Abgänge je nach Witterung zu beurteilen, wurde dies bei Jubilar vom 24. 5. bis 21. 6. 1977 versucht. Die Trockengewichtszunahme von 3,345 g auf 8,485 g betrug also 5,14 g pro Pflanze, die Gesamtfläche nahm von 0,026 auf 0,0318 m² zu. Die NAR erreichte also im Feldversuch, gemittelt aus 20 Pflanzen 6,34 g/m² · Tag. Aus dem Kohlenstoffgehalt der Pflanzenorgane (Blätter 43% C, Mittelwert, 41,7%) läßt sich die CO₂-Nettoaufnahme ableiten und mit den URAS-CO₂-Messungen vergleichen.

An *Schönwettertagen* mit 50.000 Lux im Tagesmittel kann man durch Multiplikation des Blatt-Trockengewichtes vollbesonnener Blätter (z. B. 0,437 g) mit der Assimilationsdauer (11 Stunden) und der stündlichen CO₂-Bindung (z. B. 41 mg bei 23°) ermitteln, daß diese oberen gut besonnenen Blätter 197,1 mg CO₂ pro Pflanze assimilieren. Die tieferen Blätter (0,437 g trocken) banden bei 30.000 Lux in 11 Stunden (stündlich 30,6 mg) während des Tages 147,1 mg CO₂. Zusammen mit der Assimilation der grünen Sproß- und Blattscheiden (26,7 mg) ergab dies eine tägliche Nettophotosynthese von 370,9 mg pro Pflanze an einem Schönwettertag. Analog ermittelten wir die nächtlichen CO₂-Abgaben durch Respiration, für Blätter z. B. 10,7 mg, für Sproßachsen 9,8 mg und Wurzelatmung 25,8 mg. Vom Tagesgewinn von 370,9 mg wurden diese Atmungsverluste von 46,3 mg abgezogen, so daß ein täglicher Reingewinn von 325 mg CO₂/Pflanze übrigblieb (28. 5. 1977).

An *Trübtagen* (z. B. 24. 5. 1977) wird, analog berechnet, durch Assimilation der oberen Blätter in 30.000 Lux 140,8 mg CO₂ assimiliert, durch tiefere Blätter bei 10.000 Lux 76 mg und vom Sproß 14,5 mg gebunden, so daß die tägliche Nettophotosynthese 231,3 mg CO₂ betrug. Der Atmungsverlust betrug insgesamt 47,7 mg, so daß am Trübtage ein Reingewinn von 183 mg CO₂ pro Pflanze blieb.

Addiert man die Reingewinne von 4 Schönwettertagen und jene von 8 Trübtagen sowie 17 Wechselwettertagen und rechnet den CO₂-Betrag durch den Faktor 1,53 in Trockensubstanzgewinn um, so werden in 29 Tagen zusammen 5,6 g Trockengewichtszunahme produziert. Ein Schönwettertag bringt 0,257 g Trockensubstanzgewinn, ein Trübtage nur 0,145 g und ein Wechselwettertag etwa 0,201 g, im Tagesmittel aller Tage 0,193 g.

Die Trockengewichtszunahme von 0,193 g/d bei einer mittleren Fläche von 0,029 m² entspricht aber auch 6,6 g/m² · d als Zuwachs. Der im Feldversuch gefundene NAR-Wert (aus 20 Pflanzen) lag bei 6,34 g/m² · d und kommt den Bilanzwerten ziemlich nahe, man kann also aus URAS-Messungen recht gut die Komponenten des Stoffgewinns ermitteln. Tabelle 17 zeigt diese Komponenten für die Schönwettertage 28. 5. und 18. 6. sowie für die Trübtage

24. 5. und 22. 6. als Beispiel für tägliche Nettphotosynthesezugänge, Atmungsabgänge und Reingewinn bei Schönwetter und Trübtagen.

Tabelle 17: Errechnete Stoffproduktion:

für Schönwettertage		28. 5. 1977		18. 6. 1977	
tägl. Netto-Photosynthese	371 mg CO ₂	(=100%)	604 mg CO ₂	(=100%)	
tägl. Atmungsverluste	-46 mg	(=12,4%)	-140 mg	(=23,2%)	
tägl. Reingewinn pro Pflanze	325 mg	(=87,6%)	464 mg	(=76,8%)	
	=0,212 g Trockensubstanz		=0,303 g Trockensubstanz		
für Trübtage		24. 5. 1977		22. 6. 1977	
tägl. Netto-Photosynthese	231 mg CO ₂	(=100%)	397 mg CO ₂	(=100%)	
tägl. Atmungsverluste	-48 mg	(=20,8%)	-137 mg	(=34,5%)	
täglicher Reingewinn	183 mg	(=79,2%)	260 mg	(=65,5%)	

Die Netto-Photosynthese an Schönwettertagen liegt also zwischen 371 und 604 mg pro Pflanze (wozu die grünen Ähren mit 78 mg beitragen) und an Trübtagen zwischen 231 und 397 mg (Ähren 49,8 mg). Nach Abzug der mit Ährenentwicklung ansteigenden Atmung bleiben als Reingewinn an Schönwettertagen 325 bis 464 mg, an Trübtagen nur 183–260 mg/Pflanze.

Tabelle 18:

ERTRAGSERGEBNISSE				
Sorten	1975		1976	
	Korntrag in dz/ha (14% WG)	Stroh TrG. in dz/ha	Korntrag in dz/ha (14% WG)	Stroh TrG. in dz/ha

INNSBRUCK

Sommergerste

Eva	x	41,7	41,8	36,5	34,7
	s _x	±3,4	±3,4	±0,8	±1,3
Union	x	39,3	40,7	–	–
	s _x	±4,1	±3,4	–	–

Sommerweizen

Janus	x	27,8	38,5	26,5	36,5
	s _x	±0,3	±1,8	±0,5	±1,4

RINN

Sommergerste

Eva	x	35,1	37,8	46,4	43,6
	s _x	±0,4	±1,6	±0,7	±1,6
Union	x	37,0	42,7	41,2	46,3
	s _x	±2,2	±2,9	±0,7	±1,4

Sommerweizen

Janus	x	24,8	27,7	28,7	36,2
	s _x	±2,0	±0,2	±1,3	±1,0

x = Mittelwert s_x = Streuung des Mittelwertes

ERTRAGSERGEBNISSE				
Sorten	1975/76		1976/77	
	Korntrag in dz/ha (14% WG)	Stroh TrG. in dz/ha	Korntrag in dz/ha (14% WG)	Stroh TrG. in dz/ha

INNSBRUCK

Winterweizen

Jubilar	x	48,6	48,7	53,6	55,6
	s _x	±1,3	±2,3	±0,6	±0,9
Amyntas	x	39,0	42,5	48,5	51,0
417	s _x	±1,1	±0,2	±0,6	±0,4

Wintergerste

Elasson	x	–	–	41,9	49,5
K-47014	s _x	–	–	±0,7	±1,6

RINN

Winterweizen

Jubilar	x	51,5	53,9	49,2	50,1
	s _x	±0,1	±1,4	±0,7	±1,9
Amyntas	x	35,9	45,6	34,3	36,4
417	s _x	±1,9	±1,0	±0,2	±2,3

Wintergerste

Elasson	x	42,8	42,1	33,1	34,6
K-47014	s _x	±0,9	±0,9	±0,4	±0,3

x = Mittelwert s_x = Streuung des Mittelwertes

Landwirtschaftliche Enderträge:

Die landwirtschaftlichen Enderträge fielen entsprechend der Inntalhöhe von 600 m um Innsbruck und der Hanglage von 900 m um Rinn bis auf den Sommerweizen Janus recht gut aus. Wie Tabelle 18 und Abb. 12a und 12b im einzelnen für Kornertrag und Strohertrag differenzieren, brachte der Winterweizen Jubilar bis zu 49 kg/ar (=dz/ha) 1977 und 51,5 dz 1976 in Rinn und bis 53,6 dz/ha in Innsbruck (1977) als Kornertrag. Der griechische Winterweizen Amyntas brachte 39 dz (1976) und 48,5 dz/ha (1977) in Innsbruck aber nur 34–36 dz im etwas kühlen Hochbereich von Rinn.

Die Gersten erreichten bis 42,8 dz (Elasson, Rinn 1976) bzw. 46,4 dz/ha (Eva, Rinn 1976) und 41,9 dz (Elasson, Innsbruck 1977).

Abb. 12a

Abb. 12b

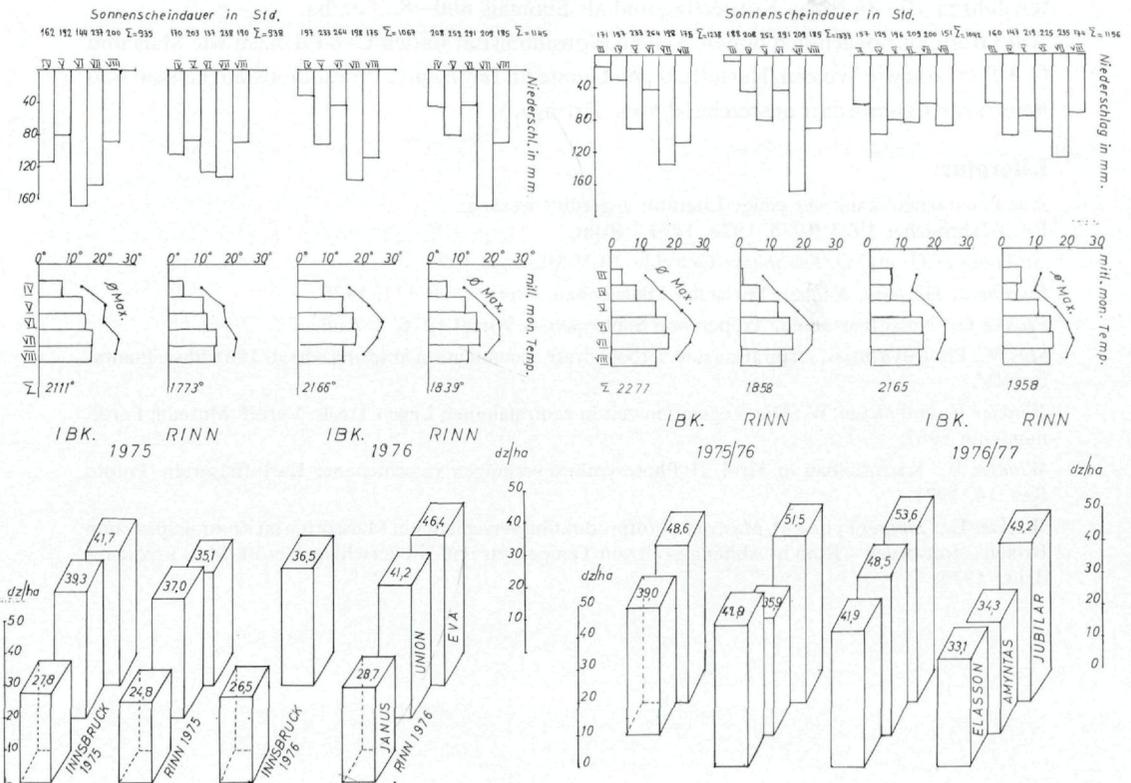


Abb. 12a und 12b: Kornerträge in kg/ar (dz/ha) in Innsbruck und Rinn in Abhängigkeit von Temperatur und Niederschlag.

Zusammenfassung:

Im Tiroler Inntal wird neben Grünlandwirtschaft und Silomaisbau von 600–900 m Weizen und Gerste gebaut. Weizen- und Gerstensorten liefern Kornerträge von 51,5 dz/ha (Jubilar) bis 46,4 dz (Eva) 41,2 dz (Union), und auch die griechischen Sorten ergaben 48,5 dz/ha (Amyntas) bis 41,9 (Elasson) Winkler und Mitarbeiter untersuchten die Photosynthese gebräuchlicher Nutzpflanzen von 1970–1980. Dabei erreichten jüngere Maisblätter (V/VI) bei 50.000 Lux als C-4-Pflanzen Raten von 88–120 mg (Mittel 108) CO₂/g.h. Kartoffelblätter (C-3-Pflanzen) binden bei 50.000 Lux 46–49 mg/g.h (22°/27°), Sommergerstenblätter (Eva/Union) auch 48–54 mg und Winterweizen 38–44 mg.

Gegen Ende Juni fixierten Maisblätter bei 30.000 Lux 80–90 mg CO₂/g.h und im August noch 25–32 mg. Die Blätter der Kartoffelsorten Cosima und Oberarnbacher Frühe konnten im Juli/Anfang August bei 30.000 Lux (20°/25°) im Optimum 38–41 mg CO₂ fixieren, Sommergersten etwa 42–47 mg und Winterweizenblätter zwischen 30 und 36 mg. Infolge der hohen Photosyntheseaktivität gaben die Körnermaissorten Inra 258 AH 290 und AH 390 in guten Jahren 70–86 dz/ha Korntrag und als Silomais 600–830 dz/ha.

Auf Grund der beachtlich hohen Assimilationsintensität finden C-4-Pflanzen wie Mais und C-3-Pflanzen wie Weizen, Kartoffeln und Gerste im Inntal gute Produktionsmöglichkeit und liefern für Eigenbedarf ausreichend hohe Erträge.

Literatur:

Aus Platzmangel kann nur einige Literatur angeführt werden:

FAO-Jahrbücher 1973, 1976, 1978, 1979 – Rom

Aufhammer G. und G. Fischbeck: Getreide. BLV München 1973

Fischbeck, Heyland, Knauer: Spezieller Pflanzenbau. Ulmer UTB 111, 1975

Franke G.: Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen. S. Hirzel 1976, 2. Aufl.

Stoy V.: Photosynthesis, respiration und carbohydrate accumulation in spring wheat. 1965 Phys. Plantarum IV.

Winkler E. und Moser W.: Die Vegetationszeit in zentralalpinen Lagen Tirols. Veröff. Museum Ferdinandeum 1967.

Winkler E.: Kartoffelbau in Tirol, II. Photosynthesevermögen verschiedener Kartoffelsorten. Pototo Res. 14, 1971.

Winkler E., Gamper L. und M. Mascotti: Stoffproduktion verschiedener Maissorten im Zentralalpenraum Brixen – Innsbruck – Rinn in Abhängigkeit von Temperatur und Niederschlag. Veröff. Mus. Ferdinandeum 1975.

Anschrift der Verfasser:

Univ.-Prof. Dr. Erich Winkler, Innsbruck, Sternwartestraße 15

Dr. Athanasios Paleokostas, VOLOS/Griechenland, Epointia Aliias Magnesias.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum](#)

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [61](#)

Autor(en)/Author(s): Winkler Erich, Paleokostas Athanasios

Artikel/Article: [Die Photosynthese und Stoffproduktion verschiedener Sommer- und Wintergetreidesorten im Tiroler Alpenraum in Abhängigkeit vom Temperatur- und Lichtfaktor. 187-234](#)