

Gesamtpflanzen- und Körnerertragsleistung europäischer Hybridmaissorten im südlichen Chile unter den Bedingungen starker Sommertrockenheit in Abhängigkeit von der Mineralstoffversorgung.*)

**Whole plant and grain yields of European maize hybrids grown under summer drought
conditions dependent on mineral supplies of southern Chile.**

von Walter Frölich **)

1 Einführung

Hybridmaissorten europäischer Herkunft werden seit dem Jahre 1980/81 auf ihre Anbauwürdigkeit im „kleinen Süden“ Chiles (38-42° südl. Breite, 72-74° westl. Länge) hin geprüft, mit sehr guten Ergebnissen bezüglich Gesamtpflanzen- und Körnerertrag wie auch Reifeverhalten (FRÖLICH, 1983a, b).

Über Möglichkeiten für den Anbau von Grün- und Silomais im Süden Chiles berichtet bereits VON BAER (1954, 1961), der ein breites Spektrum von Futterpflanzen auf ihre Eignung für die südchilenische Grünlandwirtschaft prüfte, im Falle des Maises jedoch auf die damals verfügbaren extrem spätreifen nordamerikanischen Formen zurückgreifen mußte, so daß sich der Maisanbau zu Futterzwecken dann im Süden auch nicht durchsetzen konnte. In späteren Experimenten mit ebenfalls sehr spätreifen Hybridmaissorten nordamerikanischer Herkunft waren teilweise sehr hohe Grünmasseerträge, bei jedoch meist zu niedrigen Trockensubstanzgehalten, erzielt worden (OJEDA, 1977; MORA, 1979). Diese Varietäten haben dann auch nur zögernd Eingang in die südchilenische Futterwirtschaft gefunden und wurden vorwiegend zur Grünfutternutzung auf einigen hundert Hektar ausgesät. Inzwischen geht die Tendenz eindeutig zu

*) Forschungsprojekt RS-81-24 der Dirección de Investigación y Desarrollo der Universidad Austral de Chile, Valdivia/Chile, und Centrum für Internationale Migration und Entwicklung (CIM), Frankfurt/Main, Bundesrepublik Deutschland.

**) Dr. Walter Frölich S., Prof. Huésped, Inst. de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia/Chile.

mittelfrühen bis mittelspäten Hybridsorten europäischer und mittelspäten bis späten Hybridsorten nordamerikanischer Herkunft, nachdem die an der Maisaussaat interessierten Betriebe auch auf die Silagebereitung eingerichtet sind. Es wird geschätzt, daß die Silomais-Anbaufläche in der genannten Zone während der Vegetationsperiode 1983/84 sich auf etwa 1500 ha belief, mit Schwerpunkten in den Provinzen Valdivia und Osorno.

Die Vegetationsperiode 1983/84 war in der Provinz Valdivia und den angrenzenden Gebieten des südlichen Chile gekennzeichnet durch eine starke, auch in dieser Zone selten erlebte Sommertrockenheit. Diese führte zu teilweise nachhaltigen Schäden an den Weideflächen und zu erheblichen Ertragseinbußen bei verschiedenen Ackerkulturen, nachdem bereits die Vegetationsperiode 1982/83 durch eine sommerliche Trockenperiode gekennzeichnet war, von der sich das Grünland nur zögernd erholt hatte.

Tab. 1: Niederschläge, Durchschnittstemperaturen und Sonnenscheinstunden ermittelt am südchilenischen Standort Valdivia, während der Vegetationsperiode 1983/84, im Vergleich zum langjährigen Mittel (univ. Austral de Chile, Valdivia, Isla Teja Norte, 39° 48' s.Br. 73° 14' w.L., 10 m ü.NN).

Monat	Niederschläge (mm)			Temperatur (°C)		Sonnenscheinstunden	
	1983/84	LJM	% LJM	1983/84	LJM	1983/84	LJM
November	12	108	11	15,0	13,4	263	228
Dezember	37	89	41	18,2	15,9	295	274
Januar	38	67	57	17,5	16,8	257	278
Februar	115	68	169	15,4	16,5	197	244
März	23	67	34	15,6	14,8	215	216
Summe/ Mittel	225	399	56	16,3	15,5	1227	1240
LJM = Langjähriges Mittel (ab 1960/61)							

Die Tab. 1 zeigt Niederschlagssumme, Durchschnittstemperatur und Sonnenscheindauer für die Vegetationsperiode 1983/84, im Vergleich zum langjährigen Mittel, gemessen an der Wetterstation Isla Teja Norte der Universidad Austral de Chile in Valdivia. Der Beginn der niederschlagsfreien Zeit, Ende Oktober bis Ende Dezember, fiel mit dem Beginn der Maisaussaat zusammen, eine daran anschließende sehr niederschlagsarme Periode erstreckte sich dann über die Zeit der Maisblüte (Mitte bis Ende Januar) hinweg bis in den Februar hinein.

Dieser wies dann einige außergewöhnlich niederschlagsreiche Tage auf, die aber so spät lagen, daß sie weder auf die vegetative Entwicklung noch auf den Kornansatz mehr Einfluß hatten.

Für November und Dezember wurde eine überdurchschnittlich hohe Anzahl von Sonnenscheinstunden registriert, im Januar und Februar dann eine eher stärkere Bewöl-

kung als im langjährigen Mittel. Warmes und trockenes Wetter im Spätsommer und Herbst (bis Mitte April) ließ den Mais rasch abreifen und erlaubte eine zügige Ernte. Es sei an dieser Stelle noch darauf hingewiesen, daß die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme in Valdivia bei 2500 mm, an benachbarten Meßstellen in der südchilenischen Zentralsenke bei 1500 bis 2000 mm liegt.

Diese Niederschläge konzentrieren sich allerdings auf die Wintermonate Mai bis August, mit Monatsmitteln zwischen 300 und 600 mm, und führen auf diese Weise zu starken Nährstoffverlusten infolge Bodenauswaschung, mit entsprechenden Auswirkungen auf das pflanzliche wie auch tierische Wachstum (STIMMING, 1961).

Die chemischen Eigenschaften der Böden der Versuchsstandorte Valdivia und Lanco sind in der Tab. 2 wiedergegeben.

Tab. 2: Chemische Eigenschaften der Böden an den Versuchsstandorten Valdivia und Lanco (südliches Chile)

Probennahme jeweils vor Aussaat.1982/83

Standort	Aufkalkung	pH	mg/100g ¹⁾ Boden				mg/1000g ¹⁾			% ²⁾		Rel. ²⁾		ppm	
			CaCl ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Zn	Cu	org. Subst.	N	C/N	Al	Fe	
Valdivia/ Sta.	ohne	4,5	10	10	2	0,48	1,7	5,9	18,1	0,75	14,0	535	23,6		
Rosa	mit ⁺)	4,7	12	11	3	0,55	1,9	8,7	15,3	0,61	14,5	513	18,		
Lanco/ Purulón	ohne	4,8	7	7	7	0,92	11,0	7,3	11,0	0,53	12,1	389	7,7		

+) 600 kg/ha CaO (gemahlene Muschelschalen mit ca. 50% CaO) zur Vorfrucht (Mais) 1982/83

1) Landesanstalt für landw. Chemie, Stuttgart-Hohenheim

2) Bodenkundliches Labor, Univ. Austral de Chile, Valdivia

Es zeigt sich, daß der Boden am wesentlich niederschlagsreichen Standort Valdivia stärker versauert ist als in Lanco, mit deutlich geringeren Gehalten an den pflanzenverfügbaren Nährstoffen Magnesium und Zink sowie höheren Gehalten an extrahierbarem Aluminium und Eisen.

Auffällig sind an beiden Standorten die hohen Gehalte an organischer Substanz bzw. Stickstoff (diese schwanken in den als ‚Trumao‘ bekannten Vulkanascheböden des südlichen Chile generell zwischen 10 und 20% bzw. können bis 1% N erreichen). Obwohl die für die Aufkalkung am Standort Valdivia verwendeten Kalkmengen (wie in MATERIAL und METHODEN gezeigt wird) relativ bescheiden waren, konnte doch ein merkbarer positiver Effekt auf pH-Wert und Nährstoffverfügbarkeit nicht nur spä-

ter im Pflanzenversuch bestätigt, sondern bereits durch die Bodenanalyse nachgewiesen werden. Dies gilt insbesondere für Phosphor und Magnesium sowie für Stickstoff, dessen Mineralisation offenkundig beschleunigt wurde.

Angesichts der Tatsache, daß der Maisanbau im Süden Chiles erst vor wenigen Jahren Fuß fassen konnte, erscheint es besonders aufschlußreich, die unter den relativ ungünstigen Witterungsbedingungen der Vegetationsperiode 1982/83, besonders aber den ausgesprochen ungünstigen Verhältnissen der Vegetationsperiode 1983/84 erbrachte Gesamtpflanzen-Ertragsleistung von Hybridmaissorten europäischer Herkunft, aber auch die für eine Körnernutzung relevanten Parameter zu ermitteln. Gleichzeitig geprüft werden sollten die Effekte einer ein- bzw. zweimaligen Kalkdüngung und einer im Vergleich zur traditionellen NPK-Düngung mehr boden- und pflanzengerechten NPKMg-Grunddüngung.

2 Material und Methoden

Als Prüfort für die Maisexperimente 1982/83 wie auch 1983/84 dienten die Versuchsstation „Santa Rosa“ der Universidad Austral de Chile in Valdivia und die etwa 80 km nördlich davon gelegene Landwirtschaftsschule für Mädchen „Maria Reina“ im Ortsteil Purulón der Gemeinde Lanco. Beide Orte liegen in der zur X. Region Chiles (,Seenregion') gehörigen Provinz Valdivia.

In Fortführung der Sortenversuche 1980/81 und 1981/82, die vorwiegend in der Provinz Valdivia, aber auch an Standorten in den Provinzen Cautín, Osorno, Llanquihue und Chiloé durchgeführt worden waren, wurde 1982/83 in Valdivia nochmals ein Versuch mit zehn Hybridmaissorten europäischer Herkunft angelegt. Dieser umfaßte die Sorten Eta, Forla, Bastion, Tau, Blizzard, Mutin, Joran LG 4, INRA 182, Buras LG 5 und LG 11, d.h. die mittelfrühe bis mittelspäte Reifegruppe (FAO-Zahlen 200 bis 270). Dabei erhielt eine Variante kurz vor der Aussaat zusätzlich zu der Grunddüngung eine Kalkgabe von 500 kg/ha CaO in Form von gemahlenden Muschelschalen, einem langsam wirkenden kohlen-sauren Kalk mit etwa 50% CaO.

Für die Prüfungen auf die Wirksamkeit von Magnesium- bzw. Kalkgaben herangezogen wurden jeweils vier Maishybriden europäischer Herkunft; im Prüffjahr 1982/83 waren dies Eta, Bastion, INRA 182 und LG 11, im Prüffjahr 1983/84 Forla, Tau, Blizzard und LG 11. Die Reihenweite betrug einheitlich 70 cm für alle Versuchsorte und -jahre, wohingegen die Pflanzendichte etwas variierte. 1982/83 betrug diese 7,5 Pfl./m² für den Sortenversuch und 8,2 Pfl./m² für die Düngungsexperimente. 1983/84 wurde sie dann auf 7,5 bzw. 6,0 Pfl./m² reduziert, in Erwartung einer Wiederholung der Sommertrockenheit von 1982/83 und in Anpassung an die in der südchilenischen Landwirtschaft inzwischen übliche Aussaatstärke bzw. Bestandesdichte.

Die Grunddüngung für sämtliche Versuchsorte und -jahre lag bei etwa 120-130 kg/ha N, 140-150 kg/ha P₂O₅, 170-180 kg/ha K₂O und 40-50 kg/ha MgO (außer Magnesium-Nullparzellen). Diese Nährstoffmengen wurden verabreicht in Form von Kalisal-peter

(15% N, 14% K₂O), Tripelsuperphosphat (46-48% P₂O₅) und Kalium-Magnesium-Doppelsulfat (ca. 22% K₂O, ca. 18% MgO) bzw. Kalisulfat (51% K₂O). Die Düngung wurde unmittelbar vor der Aussaat durchgeführt und der Dünger mit Ausnahme des überwiegend breitwürfig ausgebrachten Kalisalpers je etwa 5 cm neben und unterhalb der Saatreihe abgelegt. Die Stickstoffgabe wurde nicht mehr geteilt wie noch in den Vorjahren üblich (die zweite Gabe in den etwa kniehohen Bestand), da es sich gezeigt hatte, daß die oberste Bodenschicht zum entsprechenden Zeitpunkt bereits zu trocken ist und auch nicht mehr mit ausreichenden Niederschlägen (trotz der Leichtlöslichkeit des hierfür normalerweise verwendeten Natronsalpers) gerechnet werden kann.

Auf einem Teil der Versuchsfläche in Valdivia wurde 1982/83 begonnen, vor der Aussaat mit gemahlten Muschelschalen vorsichtig aufzukalken. Bei den 1982/83 durchgeführten Versuchen erhielt neben dem Sortenversuch auch eine Variante des Mg-Düngungsexperimentes 500 kg/ha CaO. Die für 1983/84 vorgesehene Versuchsfläche (mit Mais als Vorfrucht) wurde vor der Aussaat 1982 zur Hälfte mit CaO (600 kg/ha CaO) aufgekalkt, vor der Aussaat 1983 dieser Teil dann nochmals mit 400 kg/ha CaO nachgekalkt.

Zusätzlich ausgewertet werden konnte ein 1983/84 in Valdivia durchgeführtes Maisexperiment, das die vier Hybridmaissorten Forla, Tau, Blizzard, und LG 11 einschloß und die in der südchilenischen Landwirtschaft bis heute übliche („traditionelle“) NPK-Düngung erhalten hatte: 160 kg/ha N als Natronsalpeter („Chilesalpeter“), 200 kg/ha P₂O₅ als Tripelsuperphosphat und 100 kg/ha K₂O als Kalisulfat, also einseitig P-betont und K-arm (Pflanzendichte 6,0 Pfl./m²).

Kolben und Restpflanze (Stengel, Blätter, Lieschen) wurden getrennt geerntet. Zur Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes (TS-Gehalt) wurden repräsentative Proben gezogen und bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Der Trockenmasse-Ertrag (TM-Ertrag) und weitere Parameter der Gesamtpflanze wurden rechnerisch ermittelt.

Die Zeitspanne zwischen Aussaat und Ernte betrug 1982/83 am Standort Valdivia für den Sortenversuch 152 und für das Düngungsexperiment 147 Tage, für das am Standort Lanco durchgeführte Düngungsexperiment 159 Tage. Die Maisexperimente 1983/84 wurden etwas früher geerntet, die Anzahl der Tage von Aussaat bis Ernte schwankte nur geringfügig zwischen 142 und 146 für die Experimente beider Prüforte, so daß die Versuche der Vegetationsperiode 1983/84 in dieser Beziehung ohne weiteres untereinander vergleichbar sind.

3 Ergebnisse und Diskussion

In der Tab. 3 sind Trockenmasse-Ertrag und TS-Gehalt des Kolbens bei Ernte sowie das Korn/Stroh-Verhältnis im Mittel von zehn europäischen Hybridmaissorten wiedergegeben, die am südchilenischen Standort Valdivia während der Vegetationsperiode

Tab. 3: Trockenmasse (TM)-Ertrag und Trockensubstanz (TS)-Gehalt der Gesamtpflanze, Kornertrag (bei 84,5% TS), TS-Gehalt des Kolbens und Korn/Stroh-Verhältnis im Mittel von zehn frühreifen Hybridmaissorten europäischer Herkunft: Eta, Forla, Bastion, Tau, Blizzard, Mutin, Joran LG 4, INRA 182, Buras LG 5, und LG 11, ermittelt am südchilenischen Standort **Valdivia** während der Vegetationsperiode 1982/83
Pflanzendichte: 7,5 Pfl./m²

Düngung	Gesamtpflanze (TM)		Kornertrag (84,5% TS)		% TS Kolben bei Ernte	Korn/Stroh-Verhältnis (Stroh = 1)	
	t/ha	rel. % TS	dt/ha	rel.			
N-P-K-Mg	10,75	100,0	47,7	72,8	100,0	64,3	1,36
N-P-K-Mg + Kalk	11,54	107,3	49,4	77,8	106,9	63,2	1,32
Mittel	11,14		48,5	75,3		63,7	1,34

1982/83 mit einem durchschnittlichen TS-Gehalt des Kolbens von 63,7% und der Gesamtpflanze von 48,5% das Stadium der Körnerreife erreicht hatten. Der Ertrag an Gesamtpflanzen-Trockenmasse lag in diesem Sortenversuch bei durchschnittlich 11 t/ha und der Körnerertrag (mit 84,5% TS) bei durchschnittlich 75 dt/ha. Auffällig ist das ungewöhnlich hohe Korn/Strohverhältnis von im Durchschnitt 1,34 : 1, wobei die Werte für die einzelnen Hybriden zwischen 1,13 und 1,63 : 1 variierten (FRÖLICH, 1983b).

In Experimenten, die an mitteleuropäischen Standorten durchgeführt worden waren, wurden Relationen von unter 1 : 1 ermittelt (FRÖLICH, 1975). Dieselben Maishybriden hatten 1981/82 an anderen südchilenischen Standorten und unter relativ günstigen Witterungsbedingungen TM-Erträge der Gesamtpflanze von 16 bis 18 t/ha und Körnerträge von durchschnittlich 85 dt/ha erreicht (FRÖLICH, 1983a). Der vor allem im Verhältnis zum Körnerertrag recht niedrige Gesamtpflanzen-Trockenmasseertrag scheint demnach teils witterungs-, teils aber auch bodenbedingt zu sein. Eine relativ bescheidene Kalkgabe von 500 kg/ha Ca, zudem in Form eines langsam wirkenden Kalkdüngers kurz vor der Aussaat gegeben, erbrachte einen Mehrertrag von noch rund 7% bei Körnern und Gesamtpflanze, wobei bevorzugt die vegetative Entwicklung gefördert wurde, wie die verzögerte Kornabreife und das geringfügig engere Korn/Stroh-Verhältnis andeuten.

Deutliche Hinweise darauf, daß die südchilenischen Böden, speziell am Standort Valdivia, stark verbesserungs-, d.h. vor allem kalkbedürftig sind, geben auch die nachstehend beschriebenen Experimente.

Ebenfalls noch 1982/83 war an vier Hybridmaissorten europäischer Herkunft der Effekt einer Kalkgabe (500 kg/ha CaO) und einer Magnesiumdüngung (50 kg/ha MgO)

Tab. 4: Kornertrag (bei 84,5% TS) und Trockensubstanz (TS)-Gehalt des Kolbens bei Ernte im Mittel von vier frühreifen europäischen Hybridmaissorten (Eta, Bastion, INRA 182 und LG 11), ermittelt an den südchilenischen Standorten **Valdivia** und **Lanco** während der Vegetationsperiode 1982/83

Düngung	V a l d i v i a			L a n c o		
	Kornertrag dt/ha	rel.	% TS Kolben	Kornertrag dt/ha	rel.	% TS Kolben
N-P-K	62,5	100,0	62,6	76,1	100,0	65,2
N-P-K + Kalk	65,7	105,1	63,1	84,7	111,3	63,4
N-P-K + Mg	65,9	105,4	61,6	85,0	111,7	66,0
N-P-K + Kalk + Mg	74,9	119,8	63,5	89,1	117,1	64,2
Mittel	67,2		62,7	83,7		64,7

wie auch der einer kombinierten Kalk-Magnesium-Düngung auf die Kornertragsleistung geprüft worden.

Die Tab. 4 zeigt die für die südchilenischen Standorte Valdivia und Lanco ermittelten Kornerträge und TS-Gehalte des Kolbens bei Ernte. Die zusätzlich zur NPK-Grunddüngung gegebene Kalkgabe bzw. Magnesiumdüngung erbrachten am Standort Valdivia Kornmehrerträge von jeweils etwa 5%, am Standort Lanco von jeweils etwa 11% und die kombinierte Kalk-Magnesium-Düngung sogar von knapp 20% in Valdivia und 17% in Lanco. Hierzu ist zu bemerken, daß das Kornertragsniveau von fast 84 dt/ha im Durchschnitt an das der Experimente der Vegetationsperiode 1981/82 heranreichte.

Etwas uneinheitlich gestaltete sich das Bild beim Merkmal 'TS-Gehalt des Kolbens'. Am Standort Valdivia wurde die Kolbenabreife durch die Kalkgabe gefördert, am Standort Lanco verzögert. Die Magnesiumdüngung hingegen wirkte genau umgekehrt, die Kolbenabreife in Valdivia verzögernd und in Lanco fördernd. An beiden Standorten setzte sich dann bei der kombinierten Kalk-Magnesium-Düngung der Einfluß des Kalkes gegenüber dem des Magnesiums durch, höhere TS-Gehalte des Kolbens in Valdivia und niedrigere in Lanco, jeweils verglichen mit der NPK-Grunddüngung.

Eine mögliche Erklärung für dieses doch auffällige Verhalten dürfte in den sehr unterschiedlichen Ausgangswerten für Magnesium und Zink an den beiden Standorten (siehe Tab. 2) zu suchen sein, gestützt auf die Angaben von BERGMANN (1983) über das Verhalten dieser beiden Pflanzennährstoffe. Die Kalkung am Standort Valdivia hat dort die Magnesiumsituation verbessert, ohne den Gehalt an verfügbarem Zink merklich zu erhöhen, so daß überwiegend die generative Entwicklung durch das Mg beeinflußt wurde.

Am Standort Lanco mit wesentlich höheren Gehalten an Mg und Zn im Vergleich zu Valdivia, wo diese Nährstoffe weit unter der kritischen Grenze liegen, hat sich die durch die Kalkung vermutlich bewirkte Zn- (und möglicherweise) N-Freisetzung stärker auf die vegetative Entwicklung (Spätreifeeffekt) auswirken können als in Valdivia. Die Magnesiumdüngung hingegen förderte (und verzögerte sozusagen) in Valdivia zunächst die Gesamtentwicklung der Maispflanze, indem sie dazu beitrug, den weit im Minimumbereich liegenden Mg-Gehalt etwas zu korrigieren, während in Lanco ihr reifefördernder Effekt auf der Basis eines ausreichenden Mg-Gehaltes im Boden zum Tragen kommen konnte. Die im Mittel um 2% (abs.) höheren TS-Gehalte am Standort Lanco, im Vergleich zu Valdivia, erklären sich durch die etwas spätere Ernte (159 Tage zwischen Aussaat und Ernte gegenüber 147).

Das im Vergleich zu Valdivia um fast 25% höhere mittlere Kornertragsniveau kann jedoch mindestens teilweise, wenn nicht überwiegend, auf den nachgewiesenenmaßen besseren Nährstoffversorgungszustand des Bodens am Prüfort Lanco zurückgeführt werden, da Lanco im Vergleich zu Valdivia als noch trockener Standort gilt und dies auch für die Vegetationsperiode 1982/83 zutrifft.

Die Tab. 5 und 6 zeigen Ergebnisse, die unter den auch für südchilenische Verhältnisse außergewöhnlichen Bedingungen der extremen Sommertrockenheit während der Vegetationsperiode 1983/84 erhalten wurden.

Tab. 5: Trockenmasse (TM)-Ertrag, Trockensubstanz (TS)-Gehalt, Kolben- und Kornanteil der Gesamtpflanze im Mittel von vier frühreifen europäischen Hybridmaissorten (Forla, Tau, Blizzard und LG 11), ermittelt am südchilenischen Standort Valdivia während der Vegetationsperiode 1983/84
Pflanzendichte: 7,5 Pfl./m².

Düngung	G e s a m t p f l a n z e		% TS	% Kolben	% Körner
	t/ha TM	rel.			
N-P-K + Mg	13,47	100,0	42,6	64,5	52,7
N-P-K + Kalk	15,90	118,0	37,9	57,3	45,9
45,9					
N-P-K + Mg + Kalk	16,94	125,7	41,2	57,8	47,1
Mittel	15,44		40,6	59,9	48,6

Die Tab. 5 zeigt die für den Standort Valdivia bei einer Pflanzendichte von 7,5 Pfl./m² und verschiedenen Düngungsvarianten gefundenen Mittelwerte von vier europäischen Hybridmaissorten für die Gesamtpflanzen-Merkmale Trockenmasseertrag, TS-Gehalt, Kolben- und Körneranteil. Mit einem TS-Gehalt von durchschnittlich über 40% hatte dieser Versuch die Siloreife bereits überschritten, es war in diesem Falle jedoch auch ein Maximum an Trockenmassebildung abgestrebt worden. Im Mittel des vorliegenden Experimentes an Gesamtpflanzen-Trockenmasse geerntet werden konnten etwas über 15 t/ha, mit einem Kolbenanteil von nicht ganz 60% und einem Körneranteil

von über 48%. Den niedrigsten Trockenmasseertrag an Gesamtpflanze wies mit 13,47 t/ha die NPK-Grunddüngung mit Magnesium auf. Die Kalkgabe ohne Magnesium erbrachte 15,90 und mit Magnesium sogar 16,94 t/ha an Gesamtpflanzen-Trockenmasse. Dies entspricht einer Mehrleistung von 18,0 bzw. 25,7% gegenüber der ungekalkten Variante. Betrachtet man die TS-Gehalte der Gesamtpflanze im Vergleich zum Kolben- bzw. Körneranteil, so zeigt sich durchweg ein günstiger Einfluß der Kalkung auf die Ertragsleistung, speziell auch die vegetative Entwicklung, und ein reife-fördernder Effekt der Magnesiumdüngung.

Insgesamt gesehen kann gesagt werden, daß die trotz ungünstigster Witterungsbedingungen mit einer kompletten Düngung einschließlich Kalkung erzielte Ertragsleistung von nahezu 17 t/ha an Gesamtpflanzen-Trockenmasse mit den Ergebnissen der Sortenversuche der Vegetationsperiode 1981/82 (FRÖLICH, 1983a, b) verglichen werden kann, aber auch an das Niveau heranreicht, das von den in der Bundesrepublik Deutschland durchgeführten Landessortenversuchen her bekannt ist.

Tab. 6: Trockenmasse (TM)-Ertrag und Trockensubstanz (TS)-Gehalt der Gesamtpflanze, Kornertrag (bei 84,5% TS), TS-Gehalt des Kolbens bei Ernte im Mittel von vier frühreifen europäischen Hybridmaissorten Herkunft: Forla, Tau, Blizzard, LG 11, ermittelt an den südchilenischen Standorten **Valdivia** und **Lanco** während der Vegetationsperiode 1983/84

Pflanzendichte: 6,0 Pfl./m²

Standort/ Düngung	Gesamtpflanze		Kornertrag (84,5% TS)		% TS Kolben	Korn/Stroh- Verhältnis (Stroh = 1)	
	t/ha (TM)	rel. % TS	dt/ha	rel.			
Valdivia							
N-P-K tra- ditionell	8,83	100,0	53,2	62,2	100,0	61,5	1,48
N-P-K + Mg	11,97	135,5	42,0	74,6	119,9	58,0	1,12
N-P-K + Kalk	14,56	164,9	38,2	80,7	129,7	58,5	0,90
N-P-K + Mg + Kalk	15,28	173,0	41,2	84,0	135,0	60,3	0,88
Lanco							
N-P-K + Mg	14,34	162,4	42,4	80,1	128,8	59,2	0,90

Die für eine Pflanzendichte von 6,0 Pfl./m² gefundene mittlere Gesamtpflanzen- und Körnerertragsleistung verschiedener, an den Standorten Valdivia und Lanco durchgeführter Experimente gibt die Tab. 6 wieder. Besonders auffällig ist die am Standort Valdivia nachgewiesene Differenz in der mittleren Ertragsleistung an Gesamtpflanzen-Trockenmasse zwischen den Parzellen mit einer traditionellen NPK-Düngung, die im Durchschnitt unter 9 t/ha blieben, und den aufgekalkten Parzellen mit einer kom-

pletten NPKMg-Düngung, die im Mittel auf über 15 t/ha kamen. Diese Mehrleistung ist auf 73% zu beziffern.

Bei der Kornertragsleistung fiel die entsprechende Spanne mit 62 bzw. 84 dt/ha zwar etwas geringer aus, die Mehrleistung ist mit 35% aber immer noch als beachtlich anzusehen. Für die Versuchsvarianten, die neben der NPK-Düngung jeweils nur Magnesium bzw. Kalk (die geteilte Gabe von insgesamt 1000 kg/ha CaO) erhalten hatten, ergaben sich Werte, die innerhalb der genannten Spannen lagen. Der positive Effekt der Aufkalkung fällt hier stärker ins Gewicht als der der Mg-Düngung, sogar die Kolbenabreife ist in diesem Falle weniger stark verzögert, nicht jedoch die Gesamtpflanzenabreife. Daß sich die Kalkung bevorzugt durch ein stärkeres vegetatives Wachstum bemerkbar macht, zeigen auch die für das Korn/Stroh-Verhältnis gefundenen Werte, mit Extremen von 1,48 : 1 bzw. 0,88 : 1 für die Experimente am Standort Valdivia.

Das Experiment am Standort Lanco, das neben der NPK-Grunddüngung auch Magnesium erhalten hatte, steht hinsichtlich der Gesamtpflanzen- und Kornertragsleistung auf einer Stufe mit dem aufgekalkten, aber nicht mit Mg gedüngten Experiment in Valdivia. Dies gilt auch für das Korn/Stroh-Verhältnis von 0,9 : 1, nicht jedoch für die Gesamtpflanzen- und Kolben-TS-Gehalte, bei denen der reifefördernde Effekt des Magnesiums deutlich spürbar wird.

Über den günstigen Einfluß einer Magnesiumdüngung auf Vulkanascheböden im südlichen Chile liegen mehrere Veröffentlichungen vor. Diese sind jedoch bereits älteren Datums, mit der Ausnahme von FRÖLICH (1983a), der über eine durch Mg-Düngung erzielte beachtliche Mehrleistung an Gesamtpflanzen- und Kornertrag bei Mais berichtet.

Über gesicherte Mehrerträge durch Mg-Düngung zu Weizen bzw. Zuckerrübe berichtet SCHWABE (1954a, b). Ferner zeigten sich in Versuchen dieses Autors (SCHWABE, 1961) mit Gaben des Mg-haltigen Hüttenkalkes zu verschiedenen Getreidearten positive Effekte, die offensichtlich auf einen zuvor ertragsmindernden Magnesiummangel im Boden zurückzuführen waren. Auf den geringen Mg-Versorgungsgrad verschiedener von ihm untersuchter Böden weist bereits STIMMING (1961) hin; KICK und GROSSE-BRAUCKMANN (1963) stellten durch Gefäßversuche mit Raps und Rotklee fest, daß der Magnesiumvorrat in einem aus der Nähe von Valdivia stammenden Boden nicht ausreichend war. Die Bedeutung des Magnesiums für die landwirtschaftliche Produktion im Süden Chiles wird besonders auch hervorgehoben von BINSACK (1967a), gestützt auf die Ergebnisse umfangreicher Serien von Boden- und Pflanzenanalysen (BINSACK, 1967b, c).

Über Ergebnisse von Kalkdüngungsversuchen zu Mais im südlichen Chile waren in der einschlägigen Literatur keine Hinweise aufzufinden.

Unbestritten ist, daß die allgemein niedrigen pH-Werte der südchilenischen Vulkanascheböden mit einer deutlichen Mangelsituation bei Calcium verknüpft sind (WEINBERGER, 1971). Die günstige Wirkung einer Aufkalkung des südchilenischen Grünlandes wird von verschiedenen Autoren betont (KLAPP, 1956; STIMMING, 1961; RATH-

SACK, 1962; KÖNEKAMP, 1969). KICK und GROSSE-BRAUCKMANN (1963) konnten in Gefäßversuchen mit Raps und Rotklee, ähnlich wie im Falle des Magnesiums, sehr positive Kalkungseffekte beobachten.

In den Tagungsberichten des Bundes der Landwirte 'Dr. Bertram Kalt', einem von 1951 bis 1968 sehr aktiven Zusammenschluß meist deutschstämmiger Landwirte überwiegend aus dem Süden des Landes, wird die Frage der Aufkalkung der südchilenischen Vulkanascheböden und vor allem der Bemessung der Kalkgabe ausführlich diskutiert (SCHWABE, 1954b, 1956; ZEDLITZ, 1954; DRECKSCHMIDT, 1955, 1956; MÖLLER-ARNOLD, 1962, 1967; BINSACK, 1964, 1965, 1966)

In diesen Beiträgen werden die Nachwirkungseffekte der Kalkung wie auch ihr günstiger Einfluß auf die in Vulkanascheböden bekannt starke Phosphorfixierung (WEINBERGER, 1970, 1971) betont. MÖLLER-ARNOLD (1967) als Befürworter einer Aufkalkung weist mit Recht darauf hin, daß diese Frage häufig nur in einjährigen Versuchen geprüft wurde und dann in einigen Fällen zu negativen Resultaten führte. Hierfür sprechen auch die Ergebnisse der oben beschriebenen Maisexperimente, die einen wirklich augenfälligen Erfolg erst bei der über zwei Jahre hinweg durchgeführten Aufkalkung erkennen lassen.

Die für die Ausbringung empfohlenen Mengen variieren beträchtlich, zwischen 500 und 2000 kg/ha CaO, in Einzelfällen bis zu 4000 kg/ha CaO. Empfohlen wird jedoch im allgemeinen die Verwendung kohlen-sauren Kalkes in mehreren Gaben, um die durch die, wie bereits angedeutet, sehr starken Winterregen verursachten Auswaschungsverluste möglichst gering zu halten.

Als geeigneter Zeitraum für die Ausbringung werden daher die Monate Juli und August angesehen, d.h. nach den starken Winterregenfällen der Monate Mai und Juni, zu einem Zeitpunkt, wenn noch mit ausreichenden, für die Umsetzung des Kalkes erforderlichen Niederschlägen gerechnet werden kann.

In Diskussionsbeiträgen und Veröffentlichungen von SCHWABE (1951, 1954b, 1956, 1961) werden jedoch auch Beobachtungen über nachteilige Effekte von Kalkdüngungen vorgetragen.

Diese führt der Autor darauf zurück, daß eine Kalkung die Verfügbarkeit verschiedener Spurenelemente, die sich ohnehin bereits in einer latenten Mangelsituation befinden, noch weiter herabsetzen kann. Auf die Frage der Verfügbarkeit speziell der Spurennährstoffe Zink und Kupfer in den südchilenischen Vulkanascheböden (mögliche antagonistische Effekte werden bereits von SCHWABE, 1961 angedeutet), auch in Abhängigkeit von der Bodenreaktion und dem hohen Gehalt des Bodens an organischer Substanz, soll an anderer Stelle eingegangen werden.

In einigen Untersuchungen neueren Datums (ELLIES, 1977; ELLIES et al., 1978) zeigte sich ein sehr positiver Einfluß von Kalkgaben auf den Wasserhaushalt südchilenischer Vulkanascheböden, der offensichtlich mit der Veränderung bodenphysikalischer Eigenschaften einherging, sowie eine verbesserte Phosphorverfügbarkeit (ELLIES et al., 1979).

In Anbetracht der Tatsache, daß das Problem der Festlegung des Phosphors in den südchilenischen Vulkanascheböden (WEINBERGER, 1970, 1971; WEINBERGER und BINSACK, 1970) in der landwirtschaftlichen Praxis nicht über eine Erhöhung der Bodenreaktion mittels Kalkung angegangen wurde, sondern zur Verabreichung immer höherer und zuletzt unwirtschaftlicher Phosphatgaben Anlaß gab, sei es gestattet, einen Vergleich der traditionellen, P-betonten NPK-Düngung mit einer mehr boden- und pflanzengerechten Düngung auch unter ökonomischen Gesichtspunkten vorzunehmen.

Hierzu sei angemerkt, daß die Preise der, mit Ausnahme des Salpeters, importierten Düngemittel aufgrund einer erheblichen Frachtkostenbelastung gerade im Süden Chiles besonders hoch sind.

Tab. 7: Vergleich der Kosten (ohne Ausbringung) der in der südchilenischen Landwirtschaft traditionellen NPK-Düngung mit denen einer standortgerechten NPKMg-Düngung zu Mais, am Beispiel Valdivia 1983/84
Stand: 1. Juni 1984, in US-\$

Traditionelle NPK-Düngung N-P ₂ O ₅ -K ₂ O:			N-P-K-Mg-Düngung N-P ₂ O ₅ -K ₂ O:		
160-200-100 kg/ha			120-150-180-50 kg/ha		
Düngemittel	kg/ha	US-\$	Düngemittel	kg/ha	US-\$
Natron-salpeter	1000	111	Kalisalpeter	800	139
Tripelsuper-phosphat	440	113	Tripelsuper-phosphat	320	82
Kalisulfat	200	62	Kalium-Magnesium-Doppelsulfat	300	54
Summe	1640	286		1420	275

Die Tab. 7 zeigt, am Beispiel der Maisexperimente Valdivia 1983/84, daß die Düngemittelkosten bei der vorgeschlagenen, modifizierten NPKMg-Düngung keinesfalls höher zu sein brauchen als bei der traditionell üblichen NPK-Düngung. Ebenso kann bei den Ausbringungskosten angesichts der gewichtsmäßig etwas geringeren Düngermenge mit einer zusätzlichen Ersparnis gerechnet werden. Bezüglich einer Aufkalkung mit industriemäßig gewonnenen Kalkdüngern konnten folgende Kosten in Erfahrung gebracht werden: Calciumcarbonat mit etwa 45% CaO stellt sich, einschließlich Transport bis Valdivia, aber ohne Ausbringung, auf ca. 40 US-Dollar je Tonne. Dieser Mehraufwand erscheint durch die erzielten Mehrerträge (unter günstigen Witterungsverhältnissen dürften sie eher noch höher liegen) mehr als gerechtfertigt und stellt zudem die unerläßliche Basis für eine möglichst optimale Ausnutzung der mineralischen Düngung durch die Pflanze dar.

Abschließend darf festgehalten werden, daß das südliche Chile über ein erstaunlich hohes pflanzliches Produktionspotential (HUBER, 1978) verfügt, das auch unter ungünstigem Witterungsverlauf zumindest befriedigende Ernten einzubringen erlaubt, wie oben am Beispiel des Maises gezeigt werden konnte. Ob und wie weit jedoch dieses Potential realisiert werden kann, hängt oftmals mindestens ebenso oder sogar mehr von einer standortgerechten Düngung ab, die den komplexen Bodenverhältnissen und Nährstoffdefiziten Rechnung trägt, als von der Wahl der Zuchtsorte. Dies gilt vor allem dann, wenn sich wie im vorliegenden Falle eine ganze Anzahl leistungsfähiger, an die agroklimatischen Verhältnisse des südlichen Chile offensichtlich gut angepaßter Hybridmaissorten anbietet.

4 Zusammenfassung

Während der trockenen bis sehr trockenen Vegetationsperioden 1982/83 und 1984/85 wurden an den südchilenischen Standorten Valdivia und Lanco (39° südl. Breite, 73° westl. Länge) auf der Basis frühreifer Hybridmaissorten europäischer Herkunft Feldversuche (Sortenversuche und Düngungsexperimente) zur Ermittlung der Gesamtpflanzen- und Kornertragsleistung durchgeführt.

Es zeigte sich, daß der Gesamtpflanzenertrag, in dem auch die vegetative Entwicklung der Pflanze zum Ausdruck kommt, von den ungünstigen klimatischen und Bodenverhältnissen in wesentlich stärkerem Maß beeinträchtigt wurde als der Kornertrag. Beispielsweise ergab eine boden- und pflanzengerechte NPKMg-Düngung nach Aufkalkung am Standort Valdivia eine Mehrleistung von 73% an Gesamtpflanzen- und 35% an Kornertrag, im Vergleich zu der in der südchilenischen Landwirtschaft üblichen, einseitig P-betonten und K-armen NPK-Düngung. Erzielt wurden hierbei im Mittel von vier Maishybriden 15,4 t/ha an Gesamtpflanzen-Trockenmasse und 84 dt/ha an Körnern (84,5% TS-Gehalt).

Die Notwendigkeit einer Magnesium- und Kalkdüngung auf den südchilenischen Vulkanascheböden wurde anhand der übereinstimmenden Ergebnisse von weiteren Experimenten sowie von Literaturhinweisen unterstrichen. Es konnte ferner gezeigt werden, daß sich die erwähnte komplette NPKMg-Düngung kostenmäßig nicht ungünstiger stellt als die traditionelle, unausgewogene NPK-Düngung und ökonomische Erwägungen insofern kein Hindernis zu sein brauchen bei dem Bestreben, das außergewöhnlich hohe pflanzliche Produktionspotential des südlichen Chile mehr als bisher auszuschöpfen.

Summary

Early European maize hybrids have been grown at the southern Chilean locations of Valdivia and Lanco (39° South, 73° West), during the 1982/83 and 1983/84 drought season periods (variety trials and fertilization experiments), and whole plant and grain yields were determined.

Whole plant yields were more strongly affected by unfavourable climate and soil conditions than grain yields. An adequate fertilization with NPKMg and previous liming at Valdivia outyielded the traditional NPK-fertilization being high in P and low in K by about 73% in whole plant and 35% in grain yield. The average yield levels obtained for four maize hybrids were 15,4 t/ha of whole plant dry matter and 84 dt/ha of grain (84,5% DM).

The necessity of magnesium applications and liming to the southern Chilean volcanic ash soils is shown by results of some other experiments and by the literature. Furthermore, it could be shown that an adequate fertilization with NPKMg is not more expensive than the traditional, but incomplete one and, therefore, no economic obstacles should exist in the use of the extraordinarily high plant production potential of southern Chile.

Literaturverzeichnis

1. BERGMANN, W., 1983: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 614 S.
2. BINSACK, R., 1964: Erhaltung und Mehrung der Bodenfruchtbarkeit. Tagungsbericht des Bundes der Landwirte „Dr. Bertram Kalt“, p. 87-94. Santiago de Chile.
3. BINSACK, R., 1965: Eigenschaften, Düngung und Verbesserung von Trumao-Böden. Tagungsbericht des Bundes der Landwirte „Dr. Bertram Kalt“, p. 72-76. Santiago de Chile.
4. BINSACK, R., 1966: Forschung und Praxis in der Bodenfruchtbarkeit. Tagungsbericht des Bundes der Landwirte „Dr. Bertram Kalt“, p. 42-43. Santiago de Chile.
5. BINSACK, R., 1967a: La importancia del magnesio en la producción agropecuaria del Sur. Est. Exp. Carillanca, INIA, Temuco, Chile.
6. BINSACK, R., 1967b: Resultados de análisis de muestras de suelo. Est. Exp. Carillanca, INIA, Temuco, Chile.
7. BINSACK, R., 1967c: Resultados de análisis de muestras de forraje. Est. Exp. Carillanca, INIA, Temuco, Chile.
8. DRECKSCHMIDT, F., 1955: Die Bedeutung der Mineraldünger in der chilenischen Landwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der klimatischen und bodenkundlichen Gegebenheiten in den südlichen Provinzen Cautín, Valdivia und Llanquihue. Tagungsbericht des Bundes der Landwirte „Dr. Bertram Kalt“, p. 74-76. Santiago de Chile.
9. DRECKSCHMIDT, F., 1956: Richtig düngen - besser düngen. Tagungsbericht des Bundes der Landwirte „Dr. Bertram Kalt“, p. 55-59. Santiago de Chile.
10. ELLIES, A., 1977: Efecto de tenso-activos y óxido de calcio sobre la humectación y tensión superficial superficial del agua en el suelo. AGRO SUR 5 (2), 104-108.
11. ELLIES, A.; HART, K.H.; NISSEN, J., 1978: Die Wirkung von Branntkalk auf den Wasserhaushalt eines vulkanischen Aschenbodens aus Südchile (Trumao) im Gefäßversuch. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 141, 597-606.

12. ELLIES, A.; MACDONALD, R.; VYHMEISTER, E., 1979: Efecto de aplicación de CaO sobre la humectación y disponibilidad de fósforo en suelos de ceniza volcánica. *AGRO SUR* 7 (2), 51-56.
13. FRÖLICH, W., 1975: Untersuchungen über den Einfluß von Formen mit aufrechter Blatthaltung auf das Ertragspotential von Mais (*Zea Mays* L.). Diss. Hohenheim, 86 S.
14. FRÖLICH, W., 1983a: Europäische Maissorten in Südamerika - Silomaisanbau im südlichen Chile. *mais* 1/83, 32-34.
15. FRÖLICH, W., 1983b: Performance of early European maize hybrids under southern Chilean agroclimatic conditions. XIIth Meeting of EUCARPIA, Maize and Sorghum Section, Warsaw/Poland, September 4-7, 1983.
16. FRÖLICH, W., 1984: Deficiencias de micronutrientes en suelos del Sur de Chile, como factores limitantes de la producción de maíz. *AGRO SUR* 12 (1), 52-58.
17. HUBER, A., 1978: La productividad potencial de la vegetación natural en Chile. *AGRO SUR* 6 (2), 83-89.
18. KICK, H.; GROSSE-BRAUCKMANN, E., 1963: Gefäßversuch über den Nährstoffversorgungszustand eines chilenischen Bodens im Vergleich zu Feldversuchen unter den Standortbedingungen Südchiles. *Die Phosphorsäure* 23 (1/2), 77-81.
19. KLAPP, E., 1956: Futterbau und Futterwirtschaft in Chile zwischen dem 30. und 42.° südl. Breite, *Bonner Geograph. Abhandl.*, Heft 17, 87-137.
20. KÖNEKAMP, A., 1969: Veredelungswirtschaft in Chile. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 257 S.
21. MÖLLER-ARNOLD, E., 1962: Beiträge zur Kalkdüngung auf Südböden. Tagungsbericht des Bundes der Landwirte „Dr. Bertram Kalt“, p. 108-115. Santiago de Chile.
22. MÖLLER-ARNOLD, E., 1967: Möglichkeiten einer Einsparung bei der Phosphorsäuredüngung auf südlichen Trumaoböden. Tagungsbericht des Bundes der Landwirte „Dr. Bertram Kalt“, p. 55-60, Santiago de Chile.
23. MORA, S., 1979: Proyecto Maíz Forrajero, Fac. Cs. Agrarias, Univ. Austral de Chile, Valdivia, Chile (pers. Mitt.).
24. OJEDA, W., 1977: Efectos del estado de corte y de la densidad poblacional en el rendimiento y calidad nutritiva de tres híbridos de maíz forrajero en Valdivia (localidad Pelchuquín). Tesis Ing. Agr., Fac. Cs. Agrarias, Univ. Austral de Chile, Valdivia, Chile. 82 p.
25. RATHSACK, K., 1962: Der Nährstoffhaushalt landwirtschaftlicher Kulturböden Südchiles. Tagungsbericht des Bundes der Landwirte „Dr. Bertram Kalt“, p. 59-72. Santiago de Chile.
26. SCHWABE, G.H., 1951: Circulación de bioelementos y su aspecto chileno. *Publ. Asoc. Agric. „Dr. Bertram Kalt“*, 54 p. Santiago de Chile.
27. SCHWABE, G.H., 1954a: Ensayos de abonadura con elementos menores. *Bol. Soc. Biol. de Concepción* 29, 141-154.
28. SCHWABE, G.H., 1954b: Düngung und Pflanzenenertrag in Südchile. Tagungsbericht des Bundes der Landwirte „Dr. Bertram Kalt“, p. 15-22; 60-63. Santiago de Chile.

29. SCHWABE, G.H., 1956: Düngung und Klima in Südchile. Tagungsbericht des Bundes der Landwirte „Dr. Bertram Kalt“, p. 51-55. Santiago de Chile.
30. SCHWABE, G.H., 1961: Düngungsversuche zu Körnerfrüchten im südlichen Chile unter Berücksichtigung mikroklimatischer Einflüsse. Die Phosphorsäure 21 (3/4), 113-141.
31. STIMMING, H.-H., 1961: Über den Mineralstoffhaushalt südchilenischer Böden unter besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse von Felddüngungsversuchen. Diss. TU Berlin, 79 S.
32. VON BAER, E., 1954: Mehr Humus und Futter. Tagungsbericht des Bundes der Landwirte „Dr. Bertram Kalt“, p. 64-72. Santiago de Chile.
33. VON BAER, E., 1961: Jahreszeitlicher Ausgleich der Futterproduktion. Tagungsbericht des Bundes der Landwirte „Dr. Bertram Kalt“, p. 51-60. Santiago de Chile.
34. WEINBERGER, P., 1970: Apreciación de la fijación del fósforo en suelos de ceniza volcánica, mediante la determinación de la pérdida del peso por calcinación. 8 p. Ed. Inst. Botánica No. 1, Fac. Ciencias Naturales y Matemáticas, Univ. Austral de Chile, Valdivia, Chile.
35. WEINBERGER, P., 1971: Charakteristische Eigenschaften und die Fruchtbarkeit südchilenischer Graslandböden auf vulkanischen Aschen. Der Tropenlandwirt 72, 51-71.
36. WEINBERGER, P.; BINSACK, R., 1970: Zur Entstehung und Verbreitung der Aschenböden in Südchile. Der Tropenlandwirt 71, 19-31.
37. ZEDLITZ, W., 1954: Das Gesetz des Minimums im Ackerbau. Tagungsbericht des Bundes der Landwirte „Dr. Bertram Kalt“, p. 75-78. Santiago de Chile.

Herrn Prof. Dr. W.G. Pollmer, Spezielle Pflanzenzüchtung, Universität Stuttgart-Hohenheim, zum 60. Geburtstag gewidmet.

Für seine tatkräftige Unterstützung, insbesondere bei der Durchführung und Interpretation von Boden- und Düngemittelanalysen, sei Herrn Dr. A. Bühler, Landesanstalt für landw. Chemie, Stuttgart-Hohenheim, an dieser Stelle aufs herzlichste gedankt.