

Franz Xaver SCHUBIGER, Mario WALDBURGER und Franz BIGLER, Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Reckenholz (FAP), CH-8046 Zürich  
Benno GRAF, Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau (FAW), CH-8820 Wädenswil  
Olivier ROTH, Widenstrasse 3, CH-8302 Kloten

**In Grünroggen oder in eine Wiese gesäter Mais entwickelte sich deutlich schlechter als im konventionellen Anbauverfahren. Neben der Konkurrenz um Wasser wirkte sich vor allem die Konkurrenz um Stickstoff auf den Silomaisertrag aus. Dies ist bei der Stickstoffdüngung und bei der Pflege der Begleitkultur zu berücksichtigen.**

Bei neueren Maisanbauverfahren steht die Maispflanze mit verschiedenen Begleitpflanzen in Konkurrenz. Ein regelmässiges Zurückschneiden dieser Begleitpflanzen verhindert, dass der Mais beschattet wird. Die entscheidenden Konkurrenzmechanismen spielen sich aber vor allem im Wurzelraum ab, wo die Wurzeln von Mais mit denjenigen der Begleitkultur um Nährstoffe und Wasser konkurrieren müssen. Im vorliegenden Artikel versuchen wir zu zeigen, welche Auswirkungen dies auf den Wachstumsverlauf, den Nährstoffgehalt und den Ertrag der Maispflanze hat. Die vier geprüften Anbauverfahren (Konventionell, Untersaat, Grünroggen und Maiswiese) wurden von Bigler *et al.* (1995) beschrieben.

## Entwicklung der Pflanzen

Der Zuwachs an Trockenmasse pro Pflanze war beim konventionellen Verfahren am grössten (Abb. 2). Blätter, Stengel und

## Entnahme der Proben

Während der Versuchsjahre 1990 und 1991 entnahmen wir im Abstand von zwei beziehungsweise drei Wochen von jeder Wiederholung (Parzelle) je zehn Pflanzen (total 30 Pflanzen pro Verfahren): 1990 neunmal, 1991 fünfmal. Blätter, Stengel und Kolben der Stichproben wurden voneinander getrennt und gewogen. Die Proben wurden anschliessend für die Bestimmung der Trockensubstanz bei 104°C getrocknet. Gleichzeitig wurden nochmals fünf beziehungsweise vier Pflanzen pro Wiederholung zufällig entnommen, in die einzelnen Pflanzenteile zerlegt, bei 60°C getrocknet und für die Analysen der Inhaltsstoffe vorbereitet. Den Stickstoff bestimmten wir mit einer modifizierten Kjeldahl-Methode (Abb. 1), den Nitrat- und Phosphorgehalt mit einer photometrischen Methode. Die Mineralstoffe Kalium, Kalzium und Magnesium wurden mit Atom-Absorptionsspektroskopie analysiert. Den Gehalt an Gesamtstickstoff berechneten wir als Summe des Kjeldahl- und des Nitrat-Stickstoffes.

Kolben der Pflanzen aus den Anbauverfahren Maiswiese und zum Teil auch aus Grünroggen entwickelten sich deutlich schlechter. Mit fortschreitendem Alter der Pflanzen wurden die Unterschiede grösser. 1991 waren die Einzelpflanzen bei allen Verfahren leichter als im Vorjahr,

dies zeigte sich auch bei den tiefen Silomaisererträgen 1991 (Ammon *et al.* 1995). Die in der Maiswiese gewachsenen Maiskolben waren bei der Ernte in beiden Jahren 1990 und 1991 signifikant leichter als diejenigen aus konventionellem Anbau. Trotzdem war der Kolbenanteil gleich hoch oder höher. Die kleineren Kolben dürften sich deshalb nicht negativ auf die Qualität des Erntematerials ausgewirkt haben. Das Verfahren Maiswiese hatte in beiden Jahren eine geringere Bestandesdichte als die übrigen Verfahren (Tab. 1).



Abb. 1. Für die Bestimmung des Stickstoffgehaltes wird das Probenmaterial mit siedender konzentrierter Schwefelsäure unter Zugabe geeigneter Katalysatoren aufgeschlossen (Foto: Gabriela Brändle, FAP).

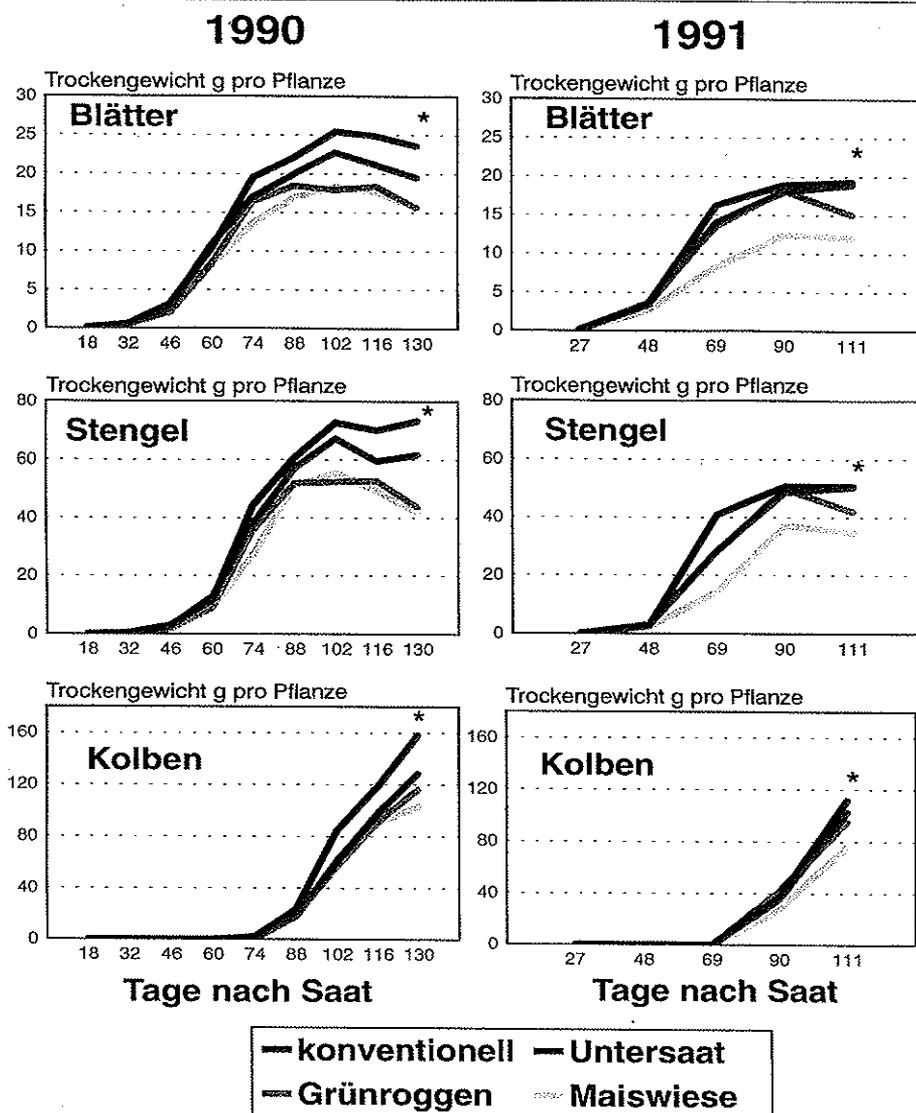


Abb. 2. Zuwachs an Trockenmasse pro Pflanze in verschiedenen Anbauverfahren; Mittelwert von drei Wiederholungen; signifikante Unterschiede zum Zeitpunkt der Ernte sind mit einem Stern (\*) gekennzeichnet ( $p = 0,05$ ).

Tab. 1 Anzahl Maispflanzen pro  $m^2$  bei der Ernte

Anbauverfahren	Maispflanzen pro $m^2$	
	1990	1991
Konventionell	9,9	9,8
Untersaat	10,0	10,0
Grünroggen	10,1	9,4
Maiswiese	9,3	9,0

### Unterschiedliche Stickstoffgehalte

1990 erfolgte die zweite Stickstoff-Düngung 46 Tage nach der Saat (Zeitpunkt und Höhe der Stickstoff-Düngegaben siehe Walther *et al.* 1995). Zu diesem Zeitpunkt hatten die Maispflanzen aus den Anbauverfahren Grünroggen und Maiswiese, verglichen mit den Pflanzen aus den anderen Verfahren, einen sehr tiefen Stickstoffgehalt (Abb. 3). Der tiefe Gehalt der Pflanzen aus dem Verfahren Maiswiese kann allerdings nicht mit dem Fehlen

von mineralischem Stickstoff im Boden erklärt werden, weil dieses Verfahren damals in der Maisreihe hohe  $N_{min}$ -Gehalte aufwies. 14 Tage nach der Düngung war der Stickstoffgehalt bei allen Verfahren wieder höher. Jetzt enthielten nur noch die Pflanzen aus der Maiswiese deutlich weniger Stickstoff als diejenigen aus dem konventionellen Verfahren.

1991 wurde die zweite Stickstoffgabe zu Mais früher, 22 Tage nach der Saat, verabreicht. Die Unterschiede im Stickstoffgehalt der Pflanzen waren deshalb kleiner als im Vorjahr, der Gehalt war allerdings bei allen Verfahren deutlich tiefer. Dank einer dritten Stickstoffdüngung (41 Tage nach der Saat) erreichte der Stickstoffgehalt ab August den Stand von 1990.

Bei der ersten Probeentnahme 1990 wiesen die Pflanzen einen hohen Nitratgehalt auf (Blätter 15 g/kg TS, Stengel 42 g/kg TS). In der Folge ging dieser zurück, stieg aber nach der Stickstoffdüngung wieder

an: Die Pflanzen aus dem Verfahren Konventionell, Untersaat und Grünroggen hatten einen durchschnittlichen Nitratgehalt von 7,5 g/kg TS in den Blättern und 42 g/kg TS in den Stengeln, die Pflanzen aus der Maiswiese 2,8 beziehungsweise 28 g/kg TS. Während der späteren Zeitpunkte hatten die Pflanzen einen abnehmenden Nitratgehalt. 1991 konnte zu keinem Zeitpunkt Nitrat festgestellt werden.

### Stickstoffentzug der Maispflanzen

Während des Längenwachstums bis zum Rispschieben (1990: 46 und 74, 1991: 48 und 69 Tage nach der Saat) wurde von den Maispflanzen in den Verfahren Konventionell, Untersaat und Grünroggen viel Stickstoff aufgenommen (Abb. 4). 1990 und zum Teil auch 1991 konnte während der Kolbenbildung (88 bis 102 beziehungsweise 90 bis 111 Tage nach der Saat) nochmals ein erhöhter Stickstoffentzug festgestellt werden.

Die Maispflanzen in der Maiswiese entzogen dem Boden am wenigsten Stickstoff: in beiden Jahren nur halb soviel Stickstoff wie die konventionell angebauten Pflanzen. Die geringen Stickstoffentzüge können nicht mit dem Angebot an  $N_{min}$  erklärt werden (Walther *et al.* 1995). Andere Wachstumsfaktoren, wie zum Beispiel das Wasser, sind für den Minderertrag verantwortlich.

### Mineralstoffgehalte waren ähnlich

Die Maispflanzen der vier Anbauverfahren unterschieden sich nicht im Gehalt an Mineralstoffen (Phosphor, Kalium, Kalzium und Magnesium). Einzig bei der Ernte von 1990 war der Phosphorgehalt der Pflanzen aus dem Verfahren Grünroggen höher als derjenige aus Untersaat, und 1991 war er höher als in den drei anderen Verfahren. Im Verlaufe des Wachstums der Maispflanzen nahm der Gehalt an Mineralstoffen ab (Tab. 2).

Die Aufnahme an Mineralstoffen aus dem Boden war ab Mitte Juni bis Mitte August am größten.

### Begleitkulturen: Konkurrenz für den Mais

Die lebenden Begleitpflanzen der Verfahren Grünroggen und vor allem Maiswiese konkurrieren mit dem Mais um den Stickstoff im Boden. Wird der Grünroggen zu-

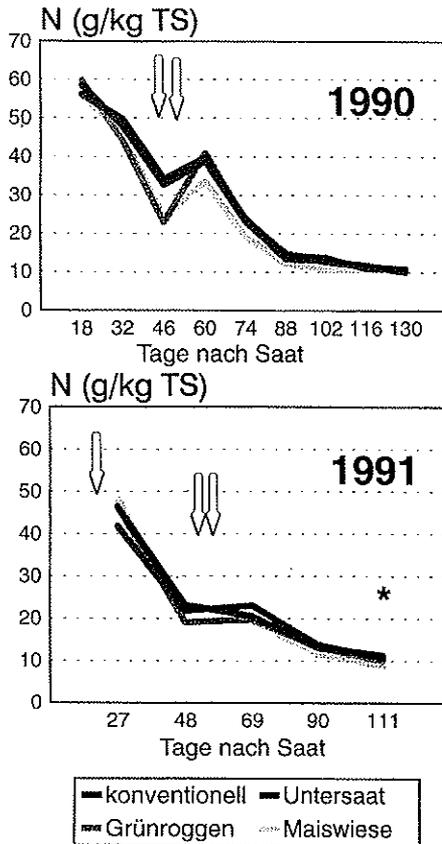


Abb. 3. Stickstoffgehalt von Maispflanzen von vier verschiedenen Anbauverfahren; Mittelwert von drei Wiederholungen; signifikante Unterschiede zum Zeitpunkt der Ernte sind mit einem Stern (\*) gekennzeichnet ( $p = 0,05$ ); Pfeile markieren Zeitpunkt der Stickstoffdüngung.

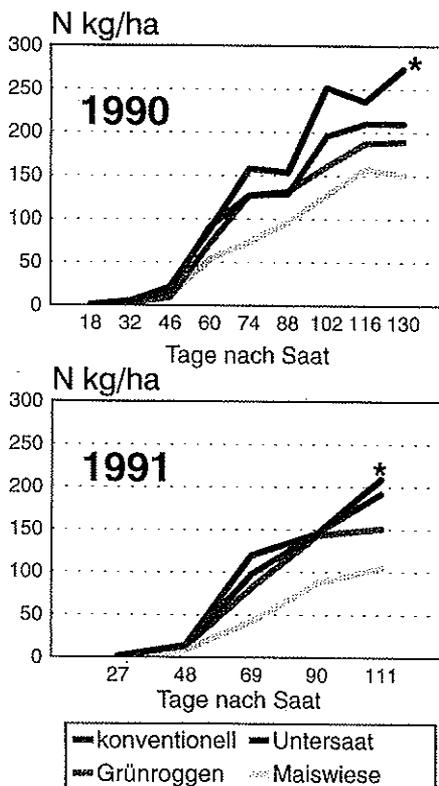


Abb. 4. Entzug von Stickstoff durch Maispflanzen, die unterschiedlich angebaut wurden; Mittelwert von drei Wiederholungen; signifikante Unterschiede zum Zeitpunkt der Ernte sind mit einem Stern (\*) gekennzeichnet ( $p = 0,05$ ).

Tab. 2. Mineralstoffgehalt von Maispflanzen im Verlaufe des Wachstums (Durchschnitt der vier Verfahren 1990)

Tage nach der Saat	Phosphor g/kg TS	Kalium g/kg TS	Kalzium g/kg TS	Magnesium g/kg TS
32	5,1	46	8,5	3,4
46	3,9	40	5,9	2,5
60	4,2	48	5,5	2,6
74	3,0	33	3,6	1,8
88	2,4	20	3,1	1,5
102	2,4	15	2,6	1,4
116	2,4	12	2,4	1,3
130	2,3	10	1,9	1,2

dem gehäckselt und bleibt als Mulch liegen, so wird beim Abbau ein Teil des vorhandenen Stickstoffs vorübergehend gebunden und erhöht den Bedarf an mineralischem Stickstoff zusätzlich. Dies ist bei der Auswahl und Pflege der Begleitkulturen und bei der Düngung von Mais zu berücksichtigen.

Neben der Konkurrenz um Stickstoff ist der grosse Wasserbedarf während des Wachstums zu beachten (Weisskopf *et al.*). Während der beiden Untersuchungsjahre fiel im Juli und August deutlich weniger Regen als im langjährigen Mittel (Ammon *et al.* 1995). Dies hat das geringere Wachstum der Maispflanzen mit Begleitkulturen mitverursacht. In Anbaubereichen, wo es während der Hauptwachstumsperiode (Juni bis Mitte August) zu wenig und unregelmässig regnet, können deshalb Verfahren mit Begleitkulturen nur empfohlen werden, wenn diese so reguliert wurden, dass die Wasserkonkurrenz unbedeutend ist und sich nicht ertragsmindernd auswirken. Solche Verfahren sind heute bereits erprobt und können der Praxis empfohlen werden (Ammon und Garibay 1995).

Begleitkulturen (Untersaat, Grünschnittroggen oder Wiese) sind aber nicht nur Konkurrenten von Mais, sie liefern auch Futter mit zum Teil hohen Nährwerten (Daccord und Arrigo 1993)

### Wasser- und Stickstoffversorgung beachten

Mais, der in eine nur mechanisch regulierte Maiswiese oder in Grünroggen gesät wurde, entwickelte sich während der Jahre 1990 und 1991 schlechter als der konventionell angebaute. Dabei ist sicherlich die Konkurrenz um Wasser und Stickstoff die Hauptursache für das verminderte Wachstum. Die Versorgung der Maispflanzen mit Mineralstoffen war in allen Verfahren gleich und dürfte deshalb eine untergeordnete Rolle spielen. Bei der Auswahl und Pflege der Begleitkulturen sowie bei der Düngung muss deshalb vor allem die Ver-

sorgung der Maispflanzen mit Wasser und Stickstoff beachtet werden.

### LITERATUR

Ammon H.U. und Garibay S. 1995. Die Maiswiese - ein neues Anbauverfahren. *Mais* 23 (2), 68-71.

Ammon H.U., Bohren C., Scherrer C. und Waldburger H. 1995. Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993: Erträge mit mechanisch oder chemisch regulierter Begrünung. *Agrarforschung* 2 (9), 376-379.

Bigler F., Waldburger M. und Ammon H.U. 1995. Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993: Die Verfahren im Vergleich. *Agrarforschung* 2 (9), 353-356.

Daccord R. und Arrigo Y. 1993. Der Nährwert von Grünroggen. *Landwirtschaft Schweiz* 6 (9): 545-548.

Walther U., Jäggi F. und Mario Waldburger 1995. Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993:  $N_{min}$ -Gehalte des Bodens. *Agrarforschung* 2 (9), 365-368.

Weisskopf P., Zihlmann U. und Waldburger M., 1995. Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993: Bodenphysikalische Parameter. *Agrarforschung* 2 (9), 357-360.

### RÉSUMÉ

#### Le développement du maïs dans quatre systèmes de culture

Le développement du maïs, semé sur bandes fraisées dans du seigle fourrager ou dans une prairie, était réduit par rapport au maïs cultivé dans un système traditionnel (labour en automne, traitement herbicide de surface). L'eau et l'azote ont été les principaux facteurs limitant le rendement du maïs. Cela doit être pris en considération en planifiant la fumure et l'entretien de l'engrais vert ou de la prairie.

### SUMMARY

#### Growth of maize in four cropping systems

The rate of growth of maize, drilled in a rotovated band in a meadow or in rye, was lower than maize growing in a traditional system (ploughing in autumn with broadcast application of herbicides for weed control). The main limiting factors of yield were water and nitrogen. This should be taken into consideration when planning nitrogen fertilization and the maintenance of the green cover crops.

KEY WORDS: maize, growth, nitrogen content