

Franz BIGLER, Mario WALDBURGER und Hans-Ulrich AMMON, Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, (FAP), CH-8046 Zürich-Reckenholz

Für den umweltschonenden Pflanzenbau müssen Anbauverfahren entwickelt werden, welche die Umwelt im weitesten Sinne und in der Gesamtheit weniger belasten. Vorteile für einzelne Elemente unserer Umwelt, zum Beispiel den Boden, dürfen nicht auf Kosten anderer Umweltfaktoren erkauft werden. In einem interdisziplinären Forschungsprojekt der FAP wurden von 1990 bis 1993 vier Maisanbauverfahren verglichen, die wir bei Versuchsbeginn als ziemlich praxisreif beurteilten. In den Anbauverfahren untersuchten wir die Auswirkungen auf bodenphysikalische und bodenbiologische Eigenschaften, die Grundwasserbelastung durch Stickstoff und die Düngung, den Pflanzenschutz und den Ertrag.

Der Maisanbau ist in den letzten Jahren stark unter Beschuss geraten, weil er den Anforderungen des umweltschonenden Pflanzenbaus nicht in allen Teilen gerecht wird. Ungeeignete Anbauverfahren fördern die Bodenerosion, die Bodenverdichtung, die Auswaschung von Nitrat ins Grundwasser, den oberflächlichen Abfluss der Herbizide, resistente Unkräuter und die floristische und faunistische Verarmung der Maisäcker. Aus der Sicht der Umweltbelastung ist Mais bei herkömmlicher Anbautechnik somit zur «Unkultur» gestempelt worden. Da der Mais aber eine sehr wertvolle Kultur ist, wurden vor gut zehn Jahren die ersten Versuche angelegt, die zeigen sollten, wie der Maisanbau ökologischer erfolgen kann. Inzwischen ist eine grosse Zahl von Anbautechniken und -verfahren entwickelt und geprüft und teilweise auch in die Praxis eingeführt worden (Sturny 1988; Irla 1989; Ammon *et al.* 1990; Maillard und Sturny 1990; Anken *et al.* 1991; Ammon 1993; Anken *et al.* 1994). Im Zentrum der Versuchstätigkeiten standen mehrheitlich Fragen der Anbau- und Maschinenteknik, der geeigneten Bodenbedeckung, der Unkrautregulierung, des Boden- und Gewässerschutzes und des Ertrages. Es gab keine oder kaum Versuche, bei denen die Anbauverfahren gesamtheitlich verglichen und die Auswirkungen auch auf die Fauna untersucht wurden. Aufgrund dieser Erkenntnis haben wir zwischen 1990 und 1993 an der Eidgenössischen Forschungsanstalt Reckenholz in Zürich einen Versuch durchgeführt, bei dem vier Anbausysteme untersucht wurden (Abb. 1).

Versuchsanlage

Standort: Zürich-Reckenholz, 450 m ü.M., durchschnittliche jährliche Niederschläge 1000 mm, April bis September 620 mm, Tagesmitteltemperaturen 7,8°C im Jahresdurchschnitt, 13,5°C im Durchschnitt der Monate April bis September.

Boden: Die Böden des Versuchsfeldes stehen je nach Reliefposition unter einem unterschiedlich starken Grundwasser-Einfluss, so dass neben gleyigen Kalkbraunerden (an den höchstgelegenen Stellen) auch Braunerde Gleye (in der Mulde) vorhanden sind. Es handelt sich um schluffreiche, schwach humose sandige Lehme, die im Unterboden teilweise tonreicher sind (tonige Lehme).

Das Versuchsfeld ist bodenkundlich recht heterogen, und der Wasserhaushalt variiert wegen der topographischen Unterschiede stark.

Vorkulturen: Bis Herbst 1988 wechselten auf unterschiedlich grossen Versuchsfeldern mehrere Kulturen. Deshalb wurde im Jahre 1989 auf der ganzen Versuchsfeldfläche Mais im konventionellen Verfahren als Ausgleichskultur angebaut. Eine Ausnahme bildeten drei Parzellen von je 6,5 a, auf denen im Frühling 1989 eine Klee-Grasmischung angesät wurde (später als Maiswiese genutzt).

Anlage: Der Versuch bestand aus vier Anbauverfahren mit je drei Wiederholungen (total 12 Parzellen), angeordnet in einer randomisierten Blockanlage. Jede Parzelle mass 25 x 26 m Seitenlänge, war also 650 m² gross. Die Parzellen waren stirnseitig durch 5 m breite und längsseitig durch 3 m breite Wiesenstreifen voneinander abgegrenzt.

Versuchsdauer: Vier Jahre (1990 - 93). In jeder Parzelle verwendeten wir während der Versuchsdauer das gleiche Anbauverfahren und es folgte Mais nach Mais.

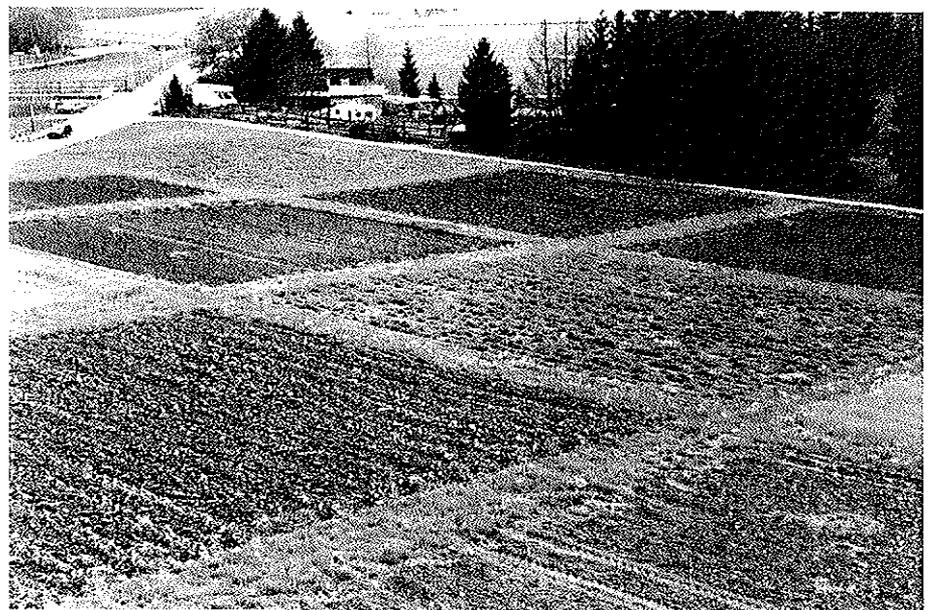


Abb. 1. Ein Teil der Versuchsanlage in der Übersicht 1992.

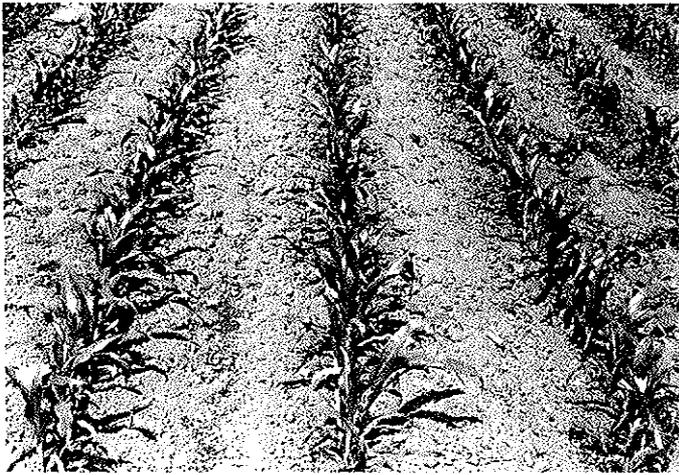


Abb. 2. Mais vier Wochen nach der Saat im konventionellen Verfahren.



Abb. 3. Im konventionellen Verfahren ist der Boden nach der Maisernte nackt.

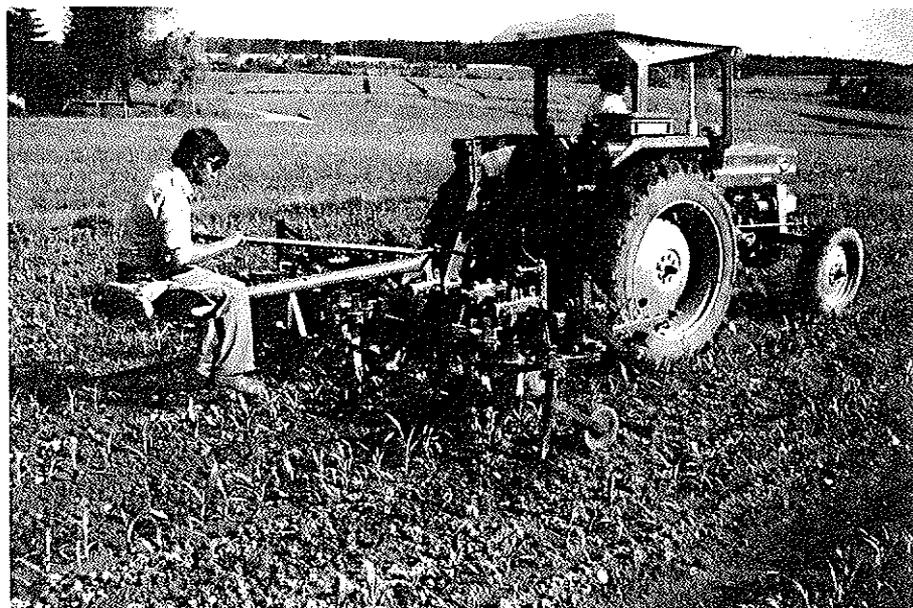


Abb. 4. Hacken vor dem Säen der Untersaat bekämpft das Unkraut zwischen den Maisreihen.



Abb. 5. Eine gelungene Untersaat, die nach der Maisernte nicht gepflügt wird, schützt den Boden während des Winters optimal.

Die vier Anbauverfahren

Neben dem konventionellen Anbau verglichen wir drei neue Anbauverfahren, die nach unseren damaligen Erfahrungen für die Praxis in Zukunft von Bedeutung sein könnten. Sie lassen sich wie folgt kurz darstellen:

1. Konventionell (KO) (Abb. 2 und 3)

- Pflug im Herbst
- Unkrautbekämpfung mit Vorauflauf-Herbiziden flächig

2. Untersaat (US) (Abb. 4 und 5)

- Pflug im Frühjahr (Untersaat vom Vorjahr wird untergepflügt)
- Unkrautbekämpfung mit Vorauflauf-Herbiziden durch Bandspritze
- 1 bis 2 mal hacken zwischen den Reihen
- Einsaat einer Klee/Grasmischung (Weissklee, engl. Raygras 370 g/a nach letzter Hacke (Maishöhe 20-40 cm)

3. Streifenfrässaat in Grünroggen (GR) (Abb. 6 und 7)

- Grubbern nach Ernte und Saat von Roggen im Herbst (Sorte Rheidol 2,5 kg/a)
- Mulchschnitt des Roggens kurz vor der Maissaat
- Streifenfrässaat des Mais in 30 cm breites Fräsband
- Unkrautbekämpfung mit Vorauflauf-Herbiziden im Fräsband
- Mulchschnitt des nachschossenden Roggens einmal

4. Streifenfrässaat in Wiese (Maiswiese, MW) (Abb. 8 + 9)

- Wiesenschnitt kurz vor der Maissaat
- Streifenfrässaat des Mais in 30 cm breites Fräsband



Abb. 6. Ein gut entwickelter Roggen schützt den Boden während des Winters und Frühjahres bis zur Maissaat.

- Unkrautbekämpfung mit Vorauflauf-Herbiziden im Fräsband
- Mulchschnitt der Wiese zwischen den Reihen zweimal.

Ansaat der Wiese im Frühjahr 1989. Mischung OH 330: (Rotklee, Weissklee, Knautgras, Wiesenschwingel, Timothee, engl. Raigras) 230 g/a.

Besondere Angaben zur Anbautechnik

Bodenbearbeitung: Die Saatbettbereitung erfolgte in den Verfahren KO und US mit praxisüblichen Methoden. Im Verfahren GR musste wegen sehr starker Verunkrautung im Herbst 1992 an Stelle des Grubbers nach der Ernte gepflügt werden.

Düngung: Die Grunddüngung (K, P) erfolgte in allen Verfahren im Herbst mit Gaben von 240 kg K_2O und 80 kg P_2O_5 . Die N-Düngung wurde in zwei bis drei Gaben verabreicht. Details zur Düngung sind dem Artikel von Walther *et al.* 1995 zu entnehmen.

Saat: In allen Verfahren wurde die Sorte «Atlet» angesät. Die Saat erfolgte mit dem für die Frässaat entwickelten Gerät der

Firma Althaus «Ökosem». Die Saatedichte war in allen Verfahren gleich und betrug 10 bis 11 Körner pro m^2 . Saattermine:

5.5.1990, 23.5.1991, 12.5.1992, 10.5.1993. Der Reihenabstand betrug 75 cm.

Besondere Pflegemassnahmen: Im Verfahren US wurde das Klee-Grasgemisch mit der Sämaschine gedrillt (Reihenabstand 15 cm). Die Gründecke wurde während des Winters stehen gelassen und im Frühjahr untergepflügt. Im Verfahren GR wurde der Roggen im Herbst gedrillt (Reihenabstand 15 cm³) und im Frühjahr etwa zwei bis vier Tage vor der Saat geschlegelt. Das Grüngut blieb als Mulch auf dem Feld.

Im Verfahren MW erfolgte zwei bis vier Tage vor der Maissaat ein Wiesenschnitt, und das Grüngut wurde weggeführt. Weil die Wiese durch den Mais stark beschattet wurde, entwickelte sich bereits nach dem ersten Jahr ein fast reiner Knautgras-Bestand mit relativ kräftigen Horsten. Das nachwachsende Gras wurde zwischen den Reihen durch zweimaligen Schnitt (ohne Herbizide) reguliert.

Nutzung, Ernte: Der Bestand wurde während der ganzen Dauer als Silomais genutzt. Die Ernte erfolgte in allen Verfahren gleich und mit praxisüblichen Maschinen. Erntetermine: 12.9.1990, 20.9.1991, 11.9.1992, 5.10.1993.



Abb. 7. Abgestorbene Roggenstoppeln schützen den Boden weitgehend vor Erosionsschäden.



Abb. 8. Die Wiese nach der Streifenfrässaat.

LITERATUR

Ammon H.U., Bohren Ch. und Th. Anken, 1990. Breitband-Fräsaaat von Mais in Wiesen und Zwischenfrüchten. *Landwirtschaft Schweiz* 3 (3), 121-124.

Ammon H.U., 1993. Von der Unkrautbekämpfung zur Regulation der Grünbedeckung im Mais. *Landwirtschaft Schweiz* 6 (11-12), 649-660.

Anken T., Bohren Ch. und Ammon H.U., 1991. Streifenfräsaaat: Ökologie und Maisertrag im Einklang. *UFA-Revue* 2, 14-15.

Anken T., Ammann H., Ammon H.U., Bohren Chr., Mouchet P.A., Stauffer W. und Sturny W., 1994. Maisanbau à la carte. *UFA-Revue* 3, 19-22.

Irla E., 1989. Bandspritzung und Hacken in Zuckerrüben und Mais. Verfahrensvergleich der Unkrautbekämpfung. *FAT-Berichte*, April 1989, 359, 1-11.

Maillard A. und Sturny W.G., 1990. Mulchsaat von Mais. *UFA-Revue* 3, 27-29.

Sturny W.G., 1988. Konservierende Bodenbearbeitung und neue Sätechnik - Wechselwirkungen auf Boden und Pflanzen. *Landwirtschaft Schweiz* 1 (3), 141-152.

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

RÉSUMÉ

Comparaison de systèmes de culture du maïs

Quatre systèmes de culture du maïs ont été comparés entre 1990 et 1993 sur une parcelle expérimentale à la Station fédérale de recherches agronomiques de Reckenholz. Chaque système était répété trois fois et la surface utilisée pour chaque parcelle était de 25 x 26 m (650 m²). L'essai a été réalisé sans rotation de culture, c'est-à-dire que chaque parcelle était cultivée avec du maïs d'ensilage pendant quatre ans. Les systèmes de culture étaient: 1. Système traditionnel (labour en automne, traitement herbicide de surface), 2. Système traditionnel avec semis intercalaire (labour au printemps, traitement herbicide localisé sur la ligne, semis d'un mélange de graminées et trèfle après sarclage), 3. Semis sur bandes fraîsées dans du seigle fourrager (semis du seigle en automne après récolte du maïs, broyage du seigle au printemps, semis du maïs, traitement herbicide localisé sur la ligne, broyage des repousses de seigle de l'interligne), 4. Semis sur bandes fraîsées dans une prairie (coupe de la prairie avant semis du maïs, traitement herbicide localisé sur la ligne, broyage des repousses de la prairie de l'interligne).

SUMMARY

Comparison of maize cropping systems

Four maize cropping systems were compared between 1990 and 1993 on an experimental field of the Swiss Federal Research Station for Agronomy at Zürich-Reckenholz. Each cropping system was repeated three times in plots of 25 x 26 m (650 m²). There was no crop rotation, i.e. each plot was cultivated with silage maize during the whole experimental period. The cropping systems were: 1. Traditional system (ploughing in autumn, broadcast application of herbicides for weed control), 2. Traditional system with underseed of a grass/clover mixture (ploughing in spring, herbicides applied in drill-bands of 30 cm width, hoeing once for weed control followed by sowing of a grass/clover mixture as underseed), 3. Drilling in a rotovated band of 30 cm width in rye (sowing of rye in autumn after harvest of maize, flail chopping of rye in spring before sowing maize, herbicides in drill-bands of 30 cm width, mulching once of rye-regrowth between maize rows), 4. Drilling in a rotovated band of 30 cm width in meadow (harvest of the meadow before sowing maize, herbicides in drill-bands of 30 cm width, mulching twice between maize rows).

KEY WORDS: Maize, cropping systems, drilling techniques



Abb. 9. In der Maiswiese bleibt der Boden während des ganzen Jahres bewachsen - ein optimaler Bodenschutz.