



# Maisbetonte Fruchtfolge: integriert und intensiv bewirtschaftet

Peter WEISSKOPF, Erhard MEISTER, Hans-Ulrich AMMON und Vito MEDIIVILLA, Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Reckenholz (FAP), CH-8046 Zürich  
Oliver MALITIUS, Thomas ANKEN und August SIDLER, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8355 Tänikon

**Mais ist bekannt als gut selbstverträgliche Kultur. Beim konventionellen Anbau mit ganzflächiger Herbizidanwendung ist der Boden über eine lange Dauer ungeschützt und die Selektion von resistenten Unkräutern kann zu Problemen führen. Der hier beschriebene Versuch zeigt, dass auf schweren, zu Vernässung neigenden Böden der regelmässige Maisanbau langfristig zu Strukturschäden im Boden führen kann und dass dann die Umstellung auf Streifenfrässaat beziehungsweise Dauer-Maiswiese nicht ohne weiteres erfolgreich ist.**

Im Versuch Chaiblen (Meister *et al.* 1995) werden eine vielseitige Fruchtfolge (Mediavilla *et al.* 1995), eine getreidebetonte (Malitius *et al.* 1995) und eine maisbetonte bei integrierter (*ip*) und intensiver (*is*) Bewirtschaftung miteinander verglichen. In diesem Artikel werden die wichtigsten Ergebnisse 1989 - 1993 der maisbetonten Fruchtfolge (seit 1973, Schwendemann 1991) beschrieben.

## Fruchtfolge und Bewirtschaftung

Fruchtfolge (60 % Silomais) und Bewirtschaftung orientieren sich an einem Rindermastbetrieb mit Gülleeinsatz im Ackerbau. Beim Silomais wurde bei *ip* die Streifenfrässaat (Mulchsaat und Maiswiese) gewählt, um den Boden zu schonen. Die wichtigsten Kulturmassnahmen sind für die beiden Verfahren integriert (*ip*) und intensiv (*is*) in Tabelle 1 dargestellt.

## Silomais

Im Jahre 1989 zeigten sich grosse Ertragsunterschiede zwischen *ip* und *is* (Abb. 1). Bei der Bandspritzung mit anschliessendem Hacken (*ip*) war der Unkrautdruck durch Hirsen, Amarant und Weissen Gränsefuss derart gross, dass die Maispflanzen stark konkurrenziert und stellenweise sogar direkt erstickt wurden. Das erklärt teilweise die Ertragsdifferenz zwischen *ip* und *is*. Entsprechend unbefriedigend gedieh auch die Untersaat. Der Ertragsunterschied zur vielseitigen Fruchtfolge (Mediavilla *et al.* 1995) - gleiche Vorkultur (Winterweizen und Grünroggen) und Anbautechnik - muss haupt-

sächlich auf die schlechtere Bodenstruktur nach drei maisbetonten Fruchtfolgen (Weisskopf 1989) zurückgeführt werden. Dies äusserte sich unter anderem in einer tieferen N-Mobilisierung (Differenz vom 30 kg N<sub>min</sub>/ha im Frühjahr).

Im Jahre 1992 hat die Maiswiese in jeder Beziehung optimal abgeschlossen und übertraf besonders in der Anfangsent-

wicklung (Abb. 2) aber auch im Ertrag (Abb. 1) das intensive Verfahren. Hingegen hatte sich das zweite Jahr Maiswiese (1993) auf dem zur Verdichtung neigenden Boden nicht bewährt. Die Wiesenpflanzen konnten bei *ip* in beiden Jahren mit geringem Herbizidaufwand optimal reguliert werden. Der Boden war durch abgestorbene Pflanzenteile und grüne Pflanzen geschützt (Abb. 2). Der Maisertrag wurde durch diese nicht beeinflusst. Der ungeschützte Boden bei breitflächiger Herbizidanwendung (*is*) verkrustete oberflächlich war wenig tragfähig, so dass die Gülle in den Fahrspuren (Güllefass) trotz nachlaufendem Spurlockerer wesentlich schlechter als bei *ip* eindringen konnte. Die Unterschiede im Energie- und Prote-

**Tab. 1. Fruchtfolge und wichtige Unterschiede in der Bodenbearbeitung, Pflege und Düngung zwischen integrierter (*ip*) und intensiver (*is*) Bewirtschaftung**

Jahr	Kultur (Sorte)	Bodenbearbeitung, Pflege, Unkrautbekämpfung, N <sub>min</sub> -Gehalt und Düngung (N <sub>min</sub> *; N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O in kg/ha)	
		Integriert ( <i>ip</i> )	Intensiv ( <i>is</i> )
1989	Silomais (Atlet)	Grünschnitt-Roggen abschlegeln Grubber, Zinkenrotor Einzelkornsaat mit Bandspritzung Hacken und Untersaat Gülle und Mineraldünger (119, 98, 234, 320)	Grünschnitt-Roggen abschlegeln Pflug, Zinkenrotor Einzelkornsaat Herbizid breitflächig nach Saat Gülle und Mineraldünger (143, 98, 234, 320)
1990	W*Weizen (Fornolena 1:1)	Pflug, Zinkenrotor Striegeln und Nachauflaufferbizid Kein Fungizid (Epipré) Mineraldünger (41, 107, 63, 127)	Pflug, Zinkenrotor 1 Herbizid-Spritzung (Voraufflauf) 2 Fungizid-Spritzungen CCC und Insektizid Mineraldünger (67, 155, 63, 127)
1991	Kunstwiese (SM 240)	Grubber, Zinkenrotor 5 Schnitte Gülle und Mineraldünger (37, 126, 80, 280)	Pflug, Zinkenrotor 5 Schnitte Gülle und Mineraldünger (32, 235, 107, 373)
1992	Silomais (Corso)	1 Grasschnitt Streifenfrässaat mit Bandspritzung 1 zusätzliche Herbizid-Spritzung Gülle und Mineraldünger (-, 123, 84, 234)	1 Grasschnitt Pflug anfang Mai, Zinkenrotor 1 Herbizid-Spritzung Gülle und Mineraldünger (-, 123, 84, 234)
1993	Silomais (Corso)	1 Grasschnitt Streifenfrässaat mit Bandspritzung 3 zusätzliche Herbizid-Spritzungen** Mineraldünger (117, 38, 46, 90)	Winterfurche, Zinkenrotor 1 Herbizid-Spritzung Mineraldünger (269, 38, 46, 90)

\* = 1989: 6-Blattstadium; 1990 und 1991: Vegetationsbeginn; 1993: 4-Blattstadium zwischen den Reihen

\*\* = Davon ein Herbizid-Fehlensatz, zwei Splitanwendungen genügen im Normalfall

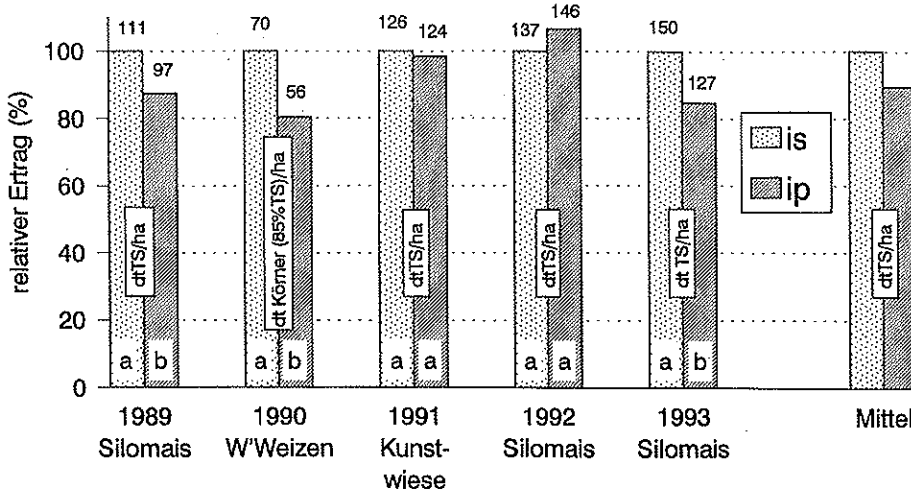


Abb. 1. Ertrag der intensiven (*is*) und integrierten (*ip*) Bewirtschaftung in der maisbetonten Fruchtfolge. Erträge mit gleichen Buchstaben sind statistisch nicht verschieden ( $p = 0,05$ ).

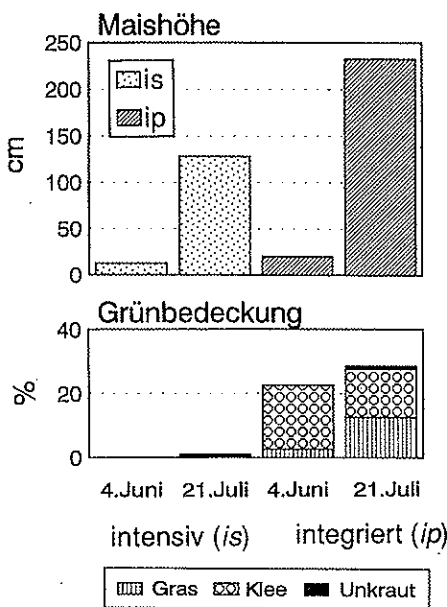


Abb. 2. Bodenbedeckung der Untersaat sowie Maishöhe 1992.

ingehalt des Silomais waren zwischen *ip* und *is* aber auch zwischen den Fruchtfolgen relativ klein. Die Energiekonzentration war in den ertragsschwächeren Verfahren in der Regel höher. Dies vermochte die Ertragsunterschiede nicht voll zu kompensieren, mit Ausnahme des Jahres 1992, wo der *is*-Ertrag schwächer war.

## Winterweizen

Die reduzierte Bodenlockerung (*ip*) hat auch bei Winterweizen zu einer kleineren N-Mineralisierung und zu tieferen Erträgen geführt (Abb. 1). Die relativen Ertragsunterschiede zwischen *ip* und *is* entsprechen jener der anderen Fruchtfolgen. Der Weizen hat in der maisbetonten Fruchtfolge im Vergleich zur vielseitigen und getreidebetonten, stark unter der schlechteren Bodenstruktur gelitten (Abb. 1).

Der Proteingehalt und der Zeleny-Wert waren, unabhängig von *ip* oder *is*, bei der maisbetonten Fruchtfolge tiefer als bei den anderen. Dies deutet auf die schlechtere N-Versorgung der Pflanzen infolge tieferer N-Nachlieferung hin. Die Backqualität war entsprechend schlechter als in den anderen Fruchtfolgen.

## Kunstwiese

Die auf Italienischem Raigras basierende Standardmischung 240 erreichte annähernd das Ertragsniveau von Silomais der anderen Jahre. Zwischen *ip* und *is* wurde bei keinem Schnitt ein signifikanter Ertrags- oder Qualitätsunterschied gemessen (Abb. 1). Die höheren Düngergaben bei *is* erhöhten den Grasanteil auf 85 % gegenüber 72 % bei *ip*.

## Bodenschutzindex

Der Bodenschutzindex (BLW 1993) betrug am 30. November bei *is* 35, bei *ip* 65 Punkte. In den Jahren 1992 und 1993 profitierte *ip* von der Untersaat der Maiswiese. Gemäss IP-Richtlinien darf Mais nur 60 % der Ackerfläche einnehmen, wenn er in Form einer Maiswiese angebaut wird. Versuchsbedingt wurde aber 1989 (Ver-

gleichsjahr für die Fruchtfolgen) keine Maiswiese angelegt.

## Hilfsstoffeinsatz

Über die ganze Fruchtfolgeperiode konnte die Zahl chemischer Behandlungen und der Aufwand an mineralischem Stickstoff bei *ip* im Vergleich zu *is* um einen Drittel reduziert werden (Tab. 3). Eine wesentliche Ertragseinbuße musste nur bei Winterweizen (Extenso) in Kauf genommen werden. Abgesehen vom erhöhten Unkrautdruck bei der Umstellung auf *ip* zeigte die mechanische Unkrautbekämpfung eine genügende Wirkung. Beim *is*-Mais betrug der Herbizidaufwand, bezogen auf die Normaldosierung, 1,6 Einheiten persistente Bodenherbizide und 1,3 Kontakt-Wirkstoffe. Bei *ip* waren es durchschnittlich 0,6 Einheiten persistente und 0,8 Kontakt-Wirkstoffe. Mit Hacken und Bandspritzung wäre eine Herbizideinsparung von 66 % möglich. Die Maiswiese bewirkt einen erhöhten Bodenschutz, was aus ökologischen Gründen erwünscht ist, denn anstelle von persistenten Bodenherbiziden können Kontaktherbizide eingesetzt werden. Die Wirkstoffmenge kann um 30 % vermindert werden, erfordert aber vermehrte Überfahrten (Split-Behandlungen).

## Nährstoffversorgung

Die durchschnittliche Stickstoff- und Phosphatdüngung entsprach beim Verfahren *is* den Normen. Die Kalidüngung war infolge hoher Kaligehalte der Gülle leicht über den Normen. Beim Verfahren *ip* entsprach die K-Düngung der Norm. Die P- und N-Düngung lag um etwa 10 beziehungsweise 20 % darunter. Trotz einer Düngung, welche um 12 % von der Norm abweicht, ist die P-Bilanz negativ. Dies ist unter Berücksichtigung der eher unterdurchschnittlichen Erträge auf überdurchschnittliche Gehalte in den Ernteprodukten zurückzuführen. Die P- und K-Gehalte des Bodens blieben bei beiden Verfahren praktisch

Tab. 2. Durchschnittliche Düngung in kg/ha beziehungsweise Prozenten der Normdüngung (Walther et al. 1987) und durchschnittliche Differenz zwischen Düngung und Entzug der Pflanzen (Bilanz) der Jahre 1989 bis 1993. Bei der Gülle wurden die P-, K- und  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Mengen berücksichtigt

Verfahren	Düngung						Bilanz (kg/ha)	
	kg pro ha			% der Normen			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
<i>is</i>	130	81	218	106	95	115	-6	-31
<i>ip</i>	98	75	199	80	88	105	-6	-32

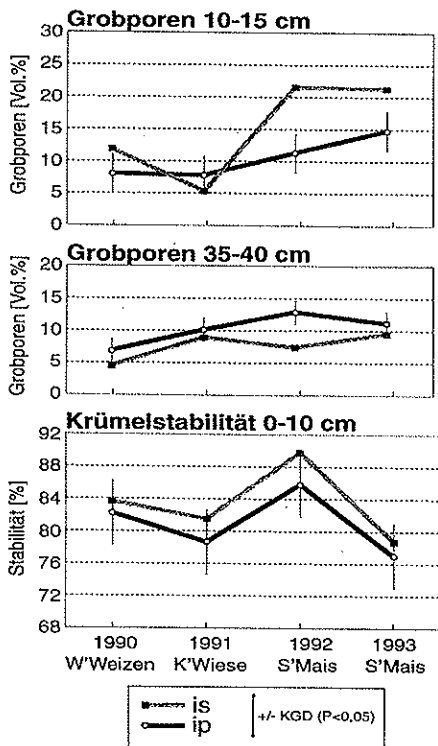


Abb. 3. Grobporenvolumen im Ober- und Unterboden der beiden Bewirtschaftungsvarianten der maisbetonten Fruchtfolge (10 - 15 bzw. 35 - 40 cm Tiefe) in den Jahren 1990 - 1993. Krümelstabilität im Oberboden (10 - 15 cm Tiefe) der beiden Bewirtschaftungsvarianten der maisbetonten Fruchtfolge in den Jahren 1990 - 1993. Die senkrechten Balken geben jeweils die kleinste statistisch gesicherte Differenz pro Tiefe an (Irrtumswahrscheinlichkeit 5 %).

konstant. Die  $N_{\min}$ -Gehalte des Bodens waren beim Verfahren *is* beim Düngetermin stets höher als beim Verfahren *ip*. Dies erklärt, unter Berücksichtigung der reduzierten N-Düngung, grösstensteils die grossen Ertragsunterschiede bei den Ackerkulturen zwischen *is* und *ip*.

### Bodengefüge

Der Oberboden (10 - 15 cm) war 1990 und 1991 unter Winterweizen und Kunstwiese recht kompakt (Abb. 3, vgl. auch Erläuterungen Mediavilla *et al.* 1995), wurde aber für den Silomais 1992 und 1993 stärker gelockert. Die Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungsverfahren zeigten sich denn auch besonders ausgeprägt in diesen beiden Maisjahren, indem die Bearbeitungsschicht in 10 - 15 cm Tiefe bei *is* sehr viel lockerer war als bei *ip*.

Im Unterboden nahm das Grobporenvolumen von 1990 bis 1993 in beiden Bewirtschaftungsvarianten zu. Ausgehend von einem sehr kompakten, verdichteten Gefüge erfolgte im Verlauf zweier eher trockener Jahre unter Winterweizen und Kunstwiese eine leichte Wiederauflöcherung («Regeneration»). Diese Gefügeverbesser-

ung führte bei *ip* zu einem grösseren Grobporenvolumen als bei *is*.

Die Spatenproben (Abb. 4) zeigen typische Unterschiede zwischen dem Gefügebau des Oberbodens bei *ip* und *is* in der Maisreihe. Während der Boden bei *is* über die gesamte Tiefe der Bearbeitungsschicht (bis ca. 20 cm) gelockert wurde, entstand bei *ip* eine zusätzliche Unterteilung dieser Schicht: Im obersten Bereich bis etwa 15 cm Tiefe wurde der Boden durch die Streifenfräse und den Schichtengrubber gelockert. Der untere Teil des Oberbodens blieb dagegen unbearbeitet und kompakt.

Unterhalb der Bearbeitungsschicht, das heisst ab 20 - 22 cm Tiefe, folgte bei *is* eine ausgeprägte Pflugschleife. Sie war auch bei *ip* noch erkennbar (Vorbewirtschaftung). Der angrenzende unbearbeitete Unterboden war bei *ip* eher besser strukturiert als bei *is*. Abbildung 4 zeigt weiter, dass bei pflugloser Streifenfrässaat (*ip* 1993) der Boden zwischen den Maisreihen (ab ca. 3 - 5 cm Tiefe) ein dichteres Gefüge aufwies, weil die bei der Ernte im Vorjahr verursachten Verdichtungen nicht gelockert worden waren und die natürliche Regeneration nicht entsprechend rasch und intensiv zur Wirkung kam.

Die Krümelstabilität (Abb. 3) veränderte sich im Verlauf der Jahre (Anstieg unter Kunstwiese), ohne wesentlichen Einfluss der Bewirtschaftungsverfahren *ip* und *is*.

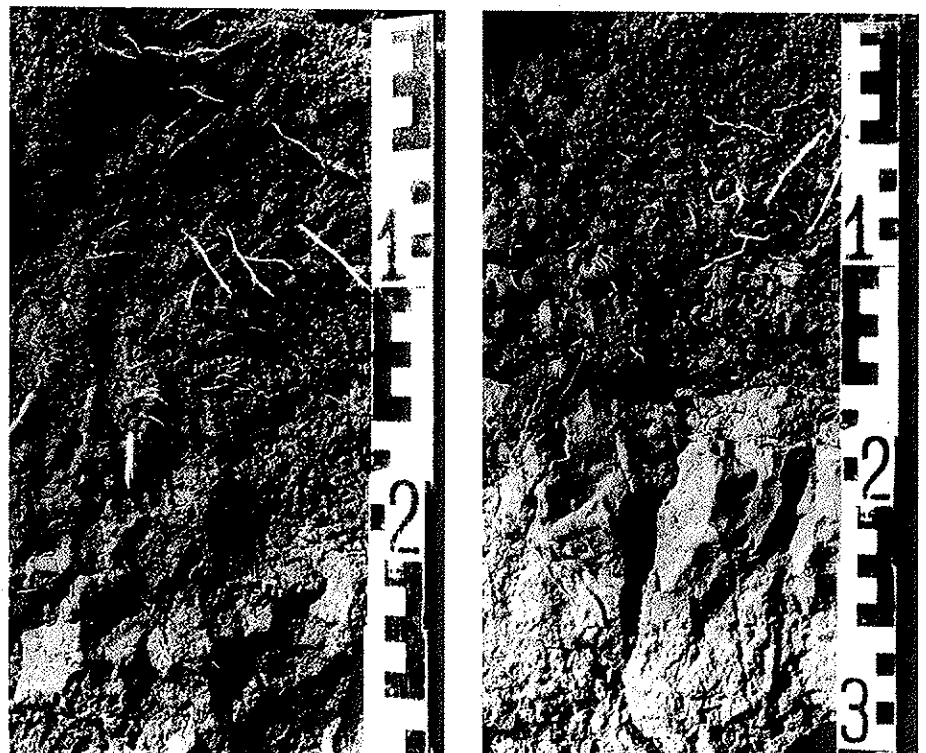


Abb. 4. Bei *is* (links) wurde der Boden ganzflächig bis 20 cm Tiefe bearbeitet. In der Maiswiese (*ip* rechts) wurde der Boden durch die Streifenfräse nur bis 15 cm Tiefe gelockert, so dass die anschliessende Schicht bis 20 cm kompakt blieb und schlecht durchwurzelt werden konnte.

### Deckungsbeitrag und Arbeitsaufwand

Die maisbetonte Nutzung der Ackerfläche zeigt ein ähnliches Bild wie die anderen Fruchtfolgen. Die integrierte Produktion schliesst hier mit einem Verlust von Fr. 528.-/ha ab (Tab. 3), hauptsächlich verursacht durch das schlechte Ergebnis im Silomais 1993. Die Maiswiesen 1992 und 1993 erhöhten in der *ip* die Anzahl Herbizideinsätze (nicht des Mittelaufwandes), so dass die Zahl der Pflanzenschutzinsätze bei *ip* und *is* vergleichbar war. Mineralischer Stickstoff und Gülle wurden beim Weizen und bei der Kunstwiese eingespart. Die Arbeitszeitreduktion bei *ip* von rund 22 AKh über die ganze Fruchtfolgeperiode, erklärt sich durch die Ansaat von Silomais mit einer Streifenfräsenkombination im Lohn und zum Teil durch die reduzierte Düngung der Kunstwiese.

### Maisbetont schwierig mit *ip* und *is*

Auf dem schweren, staufeuchten Boden in Tänikon haben drei Perioden maisbetonter Fruchtfolge zu einer deutlichen Verschlechterung der Bodenstruktur und zur Anreicherung konkurrenzstarker Unkräuter geführt. Dies bewirkte im Vergleich zur vielseitigen Fruchtfolge ein tieferes Ertragsniveau, eine geringere N-Mobilisierung und einen grös-



**Tab. 3. Deckungsbeitrag, Arbeitsaufwand, Pflege und Düngung der maisbetonten Fruchtfolge**

	Einheit	1989		1990		1991		1992		1993		1989 - 1993	
		Silomais		Winterweizen		Kunstwiese		Silomais		Silomais		Fruchtfolge	
		is	ip	is	ip	is	ip	is	ip	is	ip	is	ip
<b>Naturalertrag</b>	dt/ha	110,9	96,8	70,4	56,4	126,0	124,0	137,0	145,9	150,0	127,0		
<b>Verhältnis zu is</b>			87 %		80 %		98 %		106 %		85 %	100 %	93 %
Kosten Pflanzenschutzmittel	Fr./ha	305	111	449	91	119	119	218	198	169	443	1'260	963
Kosten Düngemittel	Fr./ha	414	414	497	412	152	43	233	233	173	173	1'469	1'275
Maschinen- und Arbeitskosten	Fr./ha	740	652	1'033	973	1'253	863	739	742	557	649	4'321	3'879
Deckungsbeitrag (DB)	Fr./ha	512	371	3'719	3'008	4'331	4'731	1'655	1'878	2'247	1'348	12,464	11'336
DB inkl. Extensobeitrag	Fr./ha				3'608								11'936
<b>DB Differenz zu is</b>	Fr./ha		-141		-111		401		222		-899		-528
<b>Chemischer Pflanzenschutz</b>	Einsätze	1	0,3	5	1	1	1	1	1,3	1	3,3	9	6,9
Herbizide	Einsätze	1	0,3	1	1	1	1	1	1,3	1	3,3	5	6,9
Fungizide	Einsätze			2								2	
Insektizide	Einsätze			1								1	
Wachstumsregulatoren	Einsätze			1								1	
<b>Bodenbearbeitung, Saat, Pflege</b>	Einsätze	3	5	3	4	3	3	3	1	3	1	15	14
Pflug, Rototiller, Grubber	Einsätze	2	2	2	2	2	2	2		2		10	6
Saat, Setzen, Untersaat	Einsätze	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	5	6
Hacken, Striegeln	Einsätze		1		1								2
<b>Düngung</b>													
Stickstoff mineralisch (N)	kg/ha	60	60	155	107	107	30	75	74	38	38	435	309
Phosphor mineralisch (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	kg/ha	72	72	63	63			39	39	46	46	220	220
Kali mineralisch (K <sub>2</sub> O)	kg/ha	162	162	127	127			78	78	90	90	457	457
Gülle	m <sup>3</sup> /ha	43	43			160	120	60	60			263	223
<b>Arbeitszeit (nur berücksichtigte Arbeiten)</b>	AkH/ha	14,6	12,4	15,2	13,6	29,6	20,1	14,5	9,0	10,0	6,9	83,9	62,0
<b>Bodenschutzindex</b>	am 31.11	40	40	-	-	100	100	0	80	0	40	35	65

seren Unkrautdruck. Dies erschwerte den integrierten Anbau.

Die einjährige Kunstwiese mit anschliessender Maiswiese verbesserte das Bodengefüge deutlich. Bei der Maiswiese war die Tragfähigkeit und das Einsickern der Gülle besser als beim intensiven Anbau mit dem Pflug. Das nachfolgende Jahr zeigte aber, dass das Bodengefüge bei der Silomaisernte auch unter der Maiswiese stark strapaziert wurde. Die maisbetonte Fruchtfolge demonstriert, dass sich auch kleine, wiederholte Bodenbelastungen über die Jahre summieren und schliesslich bei fehlender Regenerierung sichtbar und ertragswirksam werden.

#### LITERATUR

BLW 1993. Weisungen zur Öko-Beitragsverordnung des Bundesamtes für Landwirtschaft. 10. Mai 1993, 17 S.

Malitius O., Bergmann F., Sidler A., Meister E., Weisskopf P., Scherrer C., Forrer H.R. und Weilenmann F., 1995. Getreidebetonte Fruchtfolge: integriert und intensiv bewirtschaftet. *Agrarforschung* 2 (6), 235-238.

Mediavilla V., Meister E., Walther U., Fried P.M., Malitius O., Sidler A. und Ott A., 1995. Vielseitige Fruchtfolge: integriert und intensiv bewirtschaftet? *Agrarforschung* 2 (6), 231-234.

Meister E., Weisskopf P., Mediavilla V., Malitius O., Bergmann F. und Sidler A., 1995. Welche Fruchtfolge? Intensiv oder integriert bewirtschaften? *Agrarforschung* 2 (6).

Schwendemann F., 1991. Die Erträge im Fruchtfolgeversuch «Chaiblen» von 1974 bis 1988. *Landwirtschaft Schweiz* 4 (6), 316-319.

Walther U., Ryser J.-P., Flisch R. und Siegenthaler A., 1987. Düngungsrichtlinien für den Acker- und Futterbau. Eidgenössische landwirtschaftliche Forschungsanstalten, 36 S.

#### RÉSUMÉ

### Exploitation intégrée/intensive d'une rotation à dominante maïs à long terme

Au cours de la quatrième période d'une rotation de 5 ans à dominante maïs (60 %), nous avons comparé les paramètres liés à l'écologie et à la productivité d'un système d'exploitation intégré (ip) et intensif (is) dans des conditions similaires à celles d'une ferme (essais pilotes répliqués). La rotation a consisté en cultures de: maïs, blé d'automne, mélange de graminées et trèfle, maïs, maïs. La structure du sol avait considérablement souffert pendant les rotations précédentes, si l'on compare avec les rotations diversifiées et à dominante céréales (décrites ailleurs). Le sol, très compact en surface et en profondeur, a induit un plus faible taux de minéralisation de l'azote ainsi qu'un développement restreint des racines. La croissance compétitive des mauvaises herbes a également contribué à la diminution de rendement de la plupart des cultures, particulièrement pendant les premières années d'exploitation intégrée. Le semis intercalaire du maïs dans les prairies artificielles de graminées et de trèfle, associé au contrôle chimique des plantes herbagères, s'est révélé très efficace, tant du point de vue du rende-

ment que du point de vue des mauvaises herbes. Cela a également amélioré l'utilisation et la pénétration du purin.

#### SUMMARY

### Integrated versus intensive management of a long duration maize-dominated crop rotation

In the fourth period of a five-year, maize dominated (60 %) crop rotation we compared both the production and ecological aspects of an integrated (ip) and an intensive (is) management strategy under farm conditions (replicated pilot scale plots). The studied crop sequence was: maize, winter wheat, a grass-clover ley, maize and maize. The soil structure had suffered considerably during the previous rotations, as compared to the diversified and cereal-dominant rotations (reported elsewhere). The top soil and the under ground were very compact, which resulted in a lower nitrogen mineralization rate and restricted root development. This lead, together with competitive weeds, to reduced yields of most crops, especially during the first years of integrated management. Strip seeding of maize into the grass-clover ley with chemical grass control was very successful with respect to yield and weed control. It also improved application and penetration of slurry.

**KEY WORDS:** integrated, conventional, maize, crop rotation, pesticides, fertility, soil structure, economy, arable farming