

Pflanzen

Vielseitige Fruchtfolge fördert die Ertragsfähigkeit

Werner Jossi, Urs Zihlmann, Anna Valenta, Caroline Scherrer, Heinz Krebs, David Dubois und Padruot M. Fried, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich

Oliver Malitius, Thomas Anken, August Sidler und Fritz Bergmann, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

Auskünfte: Werner Jossi, e-mail: werner.jossi@fal.admin.ch, Fax +41 (0)1 377 72 01, Tel. +41 (0)1 377 73 91

Der Versuch Chaiblen in Tänikon hat während 27 Jahren die agronomischen und betriebswirtschaftlichen Auswirkungen einer vielseitigen, einer getreidebetonten und einer maisbetonten Fruchtfolge untersucht. Der Vergleich der Stichjahre mit Silomais und Winterweizen in den drei Fruchtfolgen zeigte, dass eine vielseitige, futterbaubetonte Fruchtfolge die besten Voraussetzungen schafft, die Ertragsfähigkeit eines schweren Ackerbodens zu erhalten sowie Unkräuter und Krankheiten zu regulieren. Im Mittel fielen die Silomaiserträge der Stichjahre in der maisbetonten Fruchtfolge um 19 % tiefer und die Winterweizenerträge in der getreidebetonten um 10 % tiefer aus als bei der vielseitigen Fruchtfolge. Zudem förderte die vielseitige Fruchtfolge die Regenwurmpopulation zum Teil deutlich.

Im Jahr 1973 startete das Institut für Pflanzenwissenschaften der ETH Zürich den Fruchtfolgeversuch Chaiblen in Tänikon TG (vgl. Jossi et al. 2002 in diesem Heft). Hier untersuchte die ETH Zürich bis 1988 die Auswirkungen einer vielseitigen (V: 40 %

Kunstwiese), einer getreidebetonten (G: 60 % Getreide) und einer maisbetonten fünfjährigen Fruchtfolge (M: 60 % Silomais). Die drei verschiedenen Fruchtfolgen sollten die langfristigen Auswirkungen bei starker Belastung des Humushaushaltes und bei übermässigem Einsatz von chemischen Hilfsstoffen abklären (Tab. 1). Die Versuchs-Parzellen der drei Fruchtfolgen wurden dazu in zwei Düngungs- und drei Herbizidverfahren unterteilt. Die Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon (FAT) führte die Bodenbearbeitung und Pflege der Versuchs-Parzellen (12 x 45 m) mit praxisüblichen Maschinen durch.

Tab. 1. Fruchtfolgen des Versuches Chaiblen 1974 bis 2000

ETH-Versuch 1974 - 1988 Düngungs- und Herbizidversuch

			vielseitig	getreidebetont	maisbetont
1974	1979	1984	Kartoffeln	Sommerweizen	Ackerbohnen
1975	1980	1985	Sommergerste	Sommergerste	Körnermais
1976	1981	1986	Kunstwiese	Körnermais	Körnermais
1977	1982	1987	Kunstwiese	Ackerbohnen	Körnermais
1978	1983	1988	Sommerweizen	Winterweizen	Winterweizen

Folgeversuch FAL/FAT 1989 - 2000 Anbauintensitätsversuch: intensiv (IS) und integriert (IP)

			vielseitig	getreidebetont	maisbetont
	1991	1996	Kunstwiese	Wintergerste	Kunstwiese
	1992	1997	Kunstwiese	Winterraps	Silomais
	1993	1998	Kart.(93)/Raps(98)	Winterweizen	Silomais
1989 ¹	1994	1999	Silomais	Silomais	Silomais
1990 ¹	1995	2000	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen
Typ:			40 % Kunstwiese	60 % Getreide	60 % Silomais
Betriebsart:			gemischt Milchwirtschaft	viehlos mit Ackerbau	Rindermast
Düngung:			mineralisch/ organisch (Gülle)	mineralisch	mineralisch / organisch (Gülle)

1978, 1983, 1988: Stichjahre ETH-Versuch für Vergleichserhebungen und Fruchtfolgeeffekte

1989, 1994, 1999 und 1990, 1995, 2000: Stichjahre Folgeversuch FAL/FAT

¹Übergangsjahre

Beeinträchtigung der Bodenstruktur

Die zunehmende Mechanisierung und Spezialisierung der Landwirtschaft in der Nachkriegszeit führte zu einer Vereinfachung der Fruchtfolgen im Ackerbau. Um das Wachstum der Kulturen zu sichern und die Erträge zu steigern, wurden zudem intensive Bodenbearbeitungsmethoden und vermehrt auch chemische Hilfsstoffe angewendet. Aus pflanzenbaulicher Sicht befürchtete man aufgrund dieser Entwicklung eine langsame Zerstörung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit. Dies veranlasste das Institut für Pflanzenwissenschaften der ETH Zürich zur Anlage des Ertragsfähigkeitsversuches Chaiblen.

Die Auswirkungen auf die Ertragsfähigkeit des Bodens wur-

den während den ersten zwei Fruchtfolgeperioden bis 1984 im Rahmen von vier Doktorarbeiten untersucht (Srzednicki 1977, Maillard 1981, Weisskopf 1986, Sturny 1987). 1988 wurde der ETH-Versuch abgeschlossen. Nach fünfzehnjähriger Versuchsdauer wurde zusammenfassend festgestellt, dass selbst mit den extremen Bewirtschaftungs-Varianten die Eigenschaften und die Ertragsfähigkeit des tonhaltigen Bodens am Standort Chaiblen nicht wesentlich beeinträchtigt worden sind (Schwendimann, 1991). Die mehrjährigen Messungen verschiedener Boden-Parameter liessen jedoch zunehmend erkennen, dass die Bodenstruktur als Folge der Fruchtfolgegestaltung beeinträchtigt werden könnte (Weisskopf, 1989).

Sechs Stichjahre und zwei Kulturen

1989 haben die FAT und die Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL) die Versuchsflächen übernommen. Sie haben die drei Fruchtfolgen mit geringen Veränderungen bis zum Versuchsabschluss im Jahre 2000 weitergeführt. Neu wurde jede Fruchtfolge mit den beiden Anbauintensitäten intensiv (IS) und integriert (IP) bewirtschaftet. Für Vergleichserhebungen zu den Fruchtfolgeeffekten wurde in den Stichjahren 1989, 1994 und 1999 in allen Fruchtfolgen Silomais respektive 1990, 1995 und 2000 Winterweizen angebaut (Tab. 1). Wegen der mehrstufigen Unterteilung der Versuchsparzellen (split-split-plot design) lassen sich die Ergebnisse der drei ersten Fruchtfolgeperioden bis 1988 nicht direkt mit dem Folgeversuch der Forschungsanstalten vergleichen.

Der Folgeversuch der Forschungsanstalten startete 1989 mit Maisanbau im ersten Stichjahr und 1990 mit Winterweizen

Tab. 2. Ertrags- und Qualitätsparameter von Silomais und Winterweizen bei drei Fruchtfolgen

Mittelwerte der Stichjahre Silomais 1989, 1994, 1999				Mittelwerte der Stichjahre Winterweizen 1990, 1995, 2000			
Jahr	vielseitig	getreidebetont	maisbetont	Jahr	vielseitig	getreidebetont	maisbetont
Ertrag (dt TS/ha)				Körnerertrag (dt 85%TS/ha)			
1989	136,6 a	129,4 a	103,9 b	1990	69,9 a	65,0 b	63,4 b
1994	133,6	124,0	122,8	1995	59,5 a	47,8 b	54,7 a
1999	148,2 a	152,4 a	113,1 b	2000	62,1a	58,8 b	60,4 ab
Mittel	139,4 a	135,2 a	113,3 b	Mittel	63,8 a	57,2 b	59,5 b
relativ	100%	97%	81%	relativ	100%	90%	93%
Reife (% TS)				Hektolitergewicht (kg)			
1989	24,1 b	25,0 a	25,7 a	1990	81,6	81,4	81,2
1994	33,9	34,5	34,8	1995	84,9	84,0	84,8
1999	37,1 c	38,6 b	41,8 a	2000	81,8	81,4	81,6
Verdaulichkeit (g VOS/kg TS)				Tausendkorngewicht (g)			
1989	749	754	756	1990	48,4	47,8	47,2
1994	733	735	743	1995	46,3	46,5	47,6
1999	757 b	761 b	782 a	2000	46,2	45,7	45,9
Bestandesdichte (Pflanzen/m ² vor der Ernte)				Bestandesdichte (Ähren/m ²)			
1989	8,5 a	8,1 a	7,2 b	1990	-	-	-
1994	7,7	6,8	6,1	1995	457	417	436
1999	9,0	9,4	9,4	2000	424	396	401
Rohprotein (g/kg TS)				Proteingehalt (% TS)			
1989	72,3 a	69,0 b	65,5 c	1990	13,6 a	13,3 ab	13,0 b
1994	66,8	66,4	66,7	1995	13,6 a	13,0 b	13,1 b
1999	61,1 a	58,2 b	56,1 c	2000	11,4	11,2	11,4

a,b,c: Newman-Keuls-Test P<0.05 (fehlende Angaben oder Verfahren mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden)

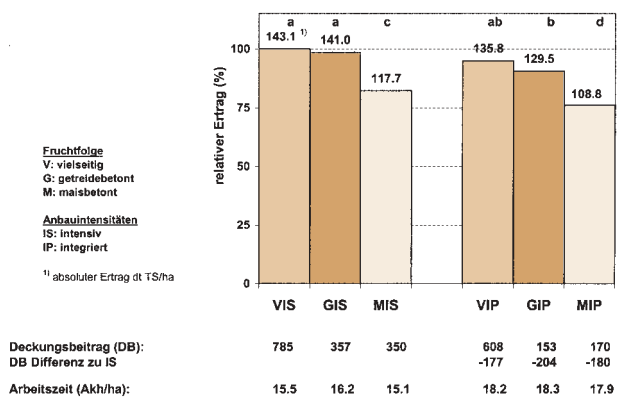
als zweite Vergleichskultur. Deren Ergebnisse wurden bereits von Meister *et al.* (1995) beschrieben und gehen aus den Veröffentlichungen von Medavilla *et al.* (1995), Malitius *et al.* (1995) und Weisskopf *et al.* (1995) hervor. Für die nachfolgenden Stichjahre 1994/1995 und 1999/2000 sind die wichtigsten Kulturmassnahmen bei Jossi *et al.* (2002) in diesem Heft zusammengefasst. Für die nachfolgend beschriebenen Stichjahre von 1989 bis 2000 erfolgten die wirtschaftlichen Berechnungen aufgrund der Preise und Kosten für das Jahr 2000 (Malitius 2000). Für nicht mehr im Handel befindliche Hilfsstoffe wurden ausnahmsweise ältere Preisangaben verwendet.

Guter Maisertrag in vielseitiger Fruchtfolge

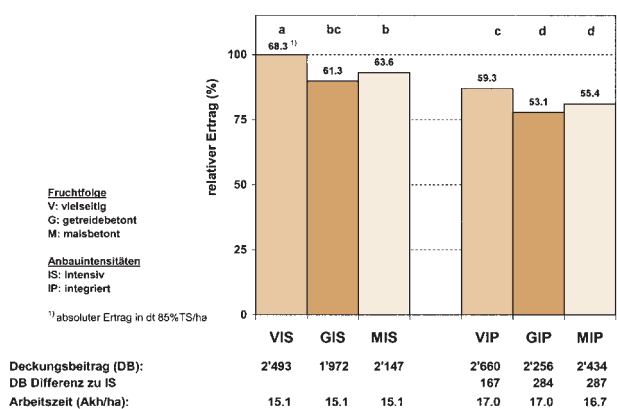
Im Durchschnitt der drei Stichjahre 1989/1994/1999 erbrachte die vielseitige Fruchtfolge die höchsten und die maisbetonte die tiefsten Maiserträge; die getreidebetonte Fruchtfolge lag dazwischen. Diese Ertragsabstufung zeigte sich bei beiden Anbauintensitäten und war 1989 und 1999 besonders ausgeprägt (Tab. 2).

Die einseitige Kulturfolge mit drei aufeinanderfolgenden Maisjahren hinterliess vermutlich in diesem schwer bearbeitbaren Lehmboden nach zweijährigem Maisanbau Verdichtungsschäden. 1999 waren die Ertragseinbussen am gedrunghenen Pflanz-

Abb.1. Silomais: Erträge (absolut und relativ), Deckungsbeitrag und Arbeitszeit in drei Fruchtfolgen und zwei Anbauintensitäten (Mittelwerte der drei Stichjahre 1989, 1994, 1999)

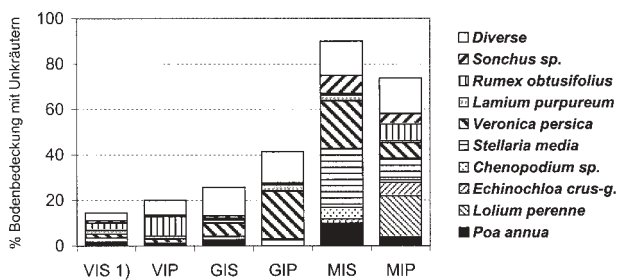


Produzentenpreis für Silomais Fr. 17.-/dt TS
a-d: Newman-Keuls-Test P<0.05 (Verfahren mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden).



Produzentenpreis für Winterweizen Fr. 74.-/dt 85% TS + Extensioertrag bei IP Fr. 500.-/ha
a-d: Newman-Keuls-Test P<0.05 (Verfahren mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden).

Abb.2. Winterweizen: Erträge (absolut und relativ), Deckungsbeitrag und Arbeitszeit in drei Fruchtfolgen und zwei Anbauintensitäten (Mittelwerte der drei Stichjahre 1990, 1995, 2000)



1) Erläuterungen siehe Abb. 1

Abb.3. Bodenbedeckung mit Unkräutern in % am 12.10.1999 nach der Maisernte (7.10.1999)

zenwachstum in allen Parzellen der maisbetonten Fruchtfolge offensichtlich. Gleichzeitig reiften diese Maispflanzen früher ab. Dies war mit einer besseren Verdaulichkeit zum Erntezeitpunkt verbunden, wie die verdauliche organische Substanz (VOS) pro Kilogramm Trockensubstanz zeigt (Tab. 2). Im ersten Silomais-Stichjahr 1989 traf dies ebenfalls zu, nachdem auf

diesen Parzellen bereits von 1985 bis 1987 Körnermais angebaut worden war (Weisskopf 1995). Es scheint, dass sich die Bodenverdichtung in der maisbetonten Fruchtfolge besonders in niederschlagsreichen Jahren negativ ausgewirkt hat.

Positive Wirkung von Weizen und Wiese

Interessanterweise zeigten die Maiskulturen der maisbetonten Fruchtfolge in den zwei Jahren vor den Stichjahren kaum Ertragseinbußen (Jossi et al. 2002 in diesem Heft). 1998 wurde im zweiten Anbaujahr gar der höchste Maisertrag seit Versuchsbeginn gemessen. Die Vorkulturen Winterweizen und Kunstwiese hatten sich offenbar positiv auf die Bodenstruktur ausgewirkt. Gleichzeitig war 1989 klimatisch ein sehr günstiges Jahr für den Maisanbau.

Auch gegenüber der getreidebetonten Fruchtfolge waren die mittleren Maiserträge der Stichjahre in maisbetont gesichert tiefer. Nicht gesichert waren hingegen die geringen Ertragsunterschiede beim Silomais zwischen vielseitiger und getreidebetonter Fruchtfolge. Bei den Qualitätsparametern war der Rohprotein Gehalt 1989 und 1999 in der vielseitigen Fruchtfolge am höchsten, gefolgt von getreidebetont und maisbetont (Tab. 2).

Tiefere Maiserträge mit IP

Beim Vergleich der Anbauintensitäten erbrachte die integrierte Bewirtschaftung bei allen Fruchtfolgen im Durchschnitt der drei Stichjahre 5 % bis 8 % tiefere Maiserträge als der ortsübliche intensive Anbau. Die Mindererträge wurden vor allem durch die um durchschnittlich 25 kg/ha geringeren Stickstoffgaben bei IP verursacht. Die Produktionskosten fielen in den Stichjahren mit Ausnahme der Düngemittel in allen Fruchtfolgen etwa gleich

hoch aus. Die hohen Düngerausgaben bei der getreidebetonten Fruchtfolge widerspiegeln den erhöhten Stickstoffbedarf beim Maisanbau in dieser Fruchtfolge. Dank hohem Naturalertrag wurde der höchste Deckungsbeitrag klar bei der vielseitigen Fruchtfolge erzielt (Abb. 1).

Die Verunkrautung war in der maisbetonten und zum Teil auch in der getreidebetonten Fruchtfolge deutlich höher als in der vielseitigen. Abb. 3 veranschaulicht dies beispielhaft anhand der Erhebung von 1999. Diese Feststellung wurde teilweise bereits 1996 bei der Überprüfung des Bodenvorrates an Unkrautsamen gemacht, als in der maisbetonten Fruchtfolge am meisten Unkrautsamen festgestellt worden waren (Dubois 1998). Trotzdem war eine Einsparung an Herbiziden bei der vielseitigen Fruchtfolge in den Mais-Stichjahren nur begrenzt möglich.

Krankheitsrisiko beim Winterweizen

Auch beim Winterweizen hat die vielseitige Fruchtfolge im Durchschnitt der Stichjahre 1990/1995/2000 am besten abgeschnitten (Abb. 2). Die Unterschiede beim Naturalertrag gegenüber den einseitigen Fruchtfolgen waren gesichert. Der tiefste Ertrag im Mittel der drei Stichjahre resultierte wie erwartet bei der getreidebetonten Fruchtfolge. Dieses Ergebnis wurde vor allem durch die markanten Einbußen von 1995 verursacht (Tab. 2). Mitverantwortlich für die durchschnittlich zehnprozentige Reduktion war hauptsächlich der «krankheitsfördernde» hohe Getreideanteil von 60 % in der Fruchtfolge. So wiesen diese Parzellen beispielsweise im letzten Stichjahr (2000) den stärksten Halmbuchbefall auf, wobei die Bekämpfungsschwelle noch nicht erreicht wurde (Abb. 4). Folglich setzte man gegen diese Krankheit keine Fungizide ein.

Eine ähnliche Ertragseinbusse wie bei der getreidebetonten Fruchtfolge wurde auch bei maisbetont ermittelt. Generell war festzustellen, dass die Mindererträge beim Winterweizen in der getreide- und maisbetonten Fruchtfolge am Standort Chaiblen schwächer ausfielen als man es aufgrund der einseitigen Fruchtfolgen erwartet hätte. Der Ernte-Index (Kornanteil der Pflanze) lag im Mittel der drei Stichjahre in allen Verfahren bei 0,40. Auch bei den Qualitätsparametern wurden nur sehr geringe Differenzen zwischen den Fruchtfolgen festgestellt (Tab. 2).

Ausschlaggebende Rolle der Extensobeiträge

Weil die Bewirtschaftung in den Stichjahren bei allen Fruchtfolgen einheitlich durchgeführt wurde, entstanden bei den Kosten keine wesentlichen Unterschiede. Wegen des höchsten Kornertrages schnitt folglich die vielseitige Fruchtfolge am besten ab.

Die Rangfolge zwischen den Fruchtfolgen war bei beiden Anbauintensitäten die gleiche. Dank den Extensobeiträgen war das Niveau der Deckungsbeiträge des integriert angebauten Weizens durchwegs höher als jenes der intensiven Varianten. Zusammen mit den tieferen Dünge- und Pflanzenschutzmittelkosten konnten so die niedrigeren Naturalerträge bei IP mehr als ausgeglichen werden (Jossi *et al.* 2002 in diesem Heft).

Fruchtfolge und Ertragsfähigkeit

Die lange Zeitspanne von 27 Jahren mit insgesamt fünf Fruchtfolgeperioden erlaubte es, im Versuch Chaiblen aussagekräftige Ergebnisse zum Einfluss unterschiedlicher Fruchtfolgen auf die Ertragsfähigkeit eines schweren Bodens zu gewinnen. Die Ertragsunterschiede in den Stichjahren der zwei

letzten Fruchtfolgeperioden zeigen den Nutzen einer vielseitigen Fruchtfolge mit 40 % Kunstwiesenanteil. Die Dominanz von Mais oder Getreide in der Fruchtfolge führte am Standort Chaiblen zu deutlichen Ertragseinbussen in den Stichjahren der entsprechenden Kultur. Hinsichtlich des Weizenanbaus erwiesen sich die Nachteile der getreidebetonten gegenüber der vielseitigen Fruchtfolge zwar als schwächer als angenommen. Bei der extensiven Anbauintensität (IP) entstand jedoch bei Weizen ein durchschnittlicher Minderertrag von 13 %, bei Mais betragen die Einbussen nur 7 %.

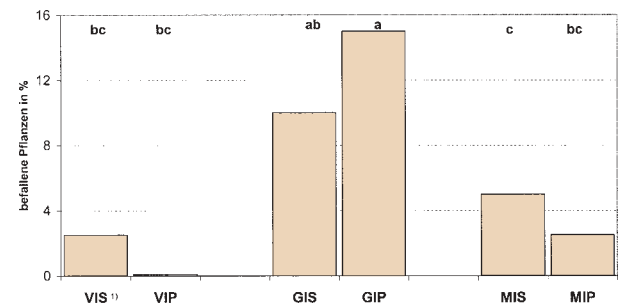
Bodenverdichtung als Risikofaktor

Der hohe Maisanteil in der maisbetonten Fruchtfolge hat in diesem tonreichen Lehmboden bei beiden Anbauintensitäten Spuren hinterlassen. Trotz zum Teil bodenschonender Anbaumethoden bei IP behinderte die verdichtete Bodenstruktur besonders im dritten aufeinanderfolgenden Maisjahr das Pflanzenwachstum. Das führte bei feuchter Witterung in diesem Jahr zu deutlichen Mindererträgen beim Mais und in geringerem Ausmass auch beim Weizen.

Die Tendenz, dass die vielseitige Fruchtfolge langfristig die höchsten und insbesondere stabilsten Erträge erbrachte, gefolgt von der getreide- und der maisbetonten Fruchtfolge, war klar erkennbar. Werden sämtliche Anbaujahre mit Silomais (maisbetont = 7 Jahre) und Winterweizen (getreidebetont = 5 Jahre) seit 1989 in die Berechnung einbezogen, sind die Ertragseinbussen gegenüber vielseitig mit 3 % bis 7 % am Standort Chaiblen jedoch weniger dramatisch.

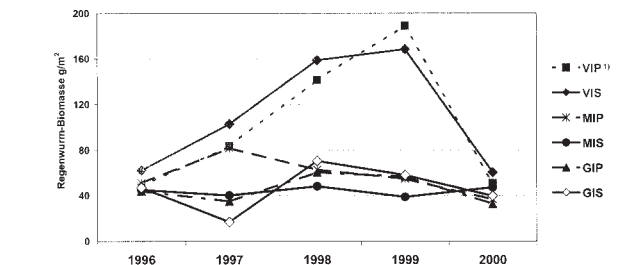
Regenwurm-Erhebungen von 1996 bis 2000

Die vielfältigen Tätigkeiten der Regenwürmer tragen massge-



a,b,c: Newman-Kuels-Test P<0,05 (Verfahren mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden)
*) Erläuterungen siehe Abb. 1

Abb.4. Winterweizen: Halmbruchbefall 9.6.2000, DC 61, befallene Pflanzen in %



*) letzter Pflugeinsatz vor der Regenwurmkontrolle
**) Erläuterung siehe Abb. 1

Abb.5. Regenwurm-Biomasse (g/m²) 1996-2000

bend zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit bei. In der letzten Fruchtfolgeperiode wurden deshalb jeweils anfangs Mai für alle Parzellen Regenwurm-Erhebungen durchgeführt. Pro Parzelle wurden die Würmer an zwei 0,25 m² grossen, mit einem Rahmen begrenzten Flächen ausgetrieben. Als Extraktionsmittel wurde eine 0,33-prozentige Senfpulver-Suspension verwendet. Nach einer zwanzigminütigen Einwirkungszeit wurde die Erde in der Kontrollfläche 25 cm tief ausgehoben und die darin enthaltenen Regenwürmer herausgelesen. Die Regenwürmer wurden in einer vierprozentigen Formalinlösung konserviert und später im Labor gezählt und gewogen.

Pflugeinsatz ist für Regenwürmer heikel

Die Regenwürmer werden durch die verschiedenen Bewirtschaftungsmassnahmen, die Anwendung von regenwurmtoxischen

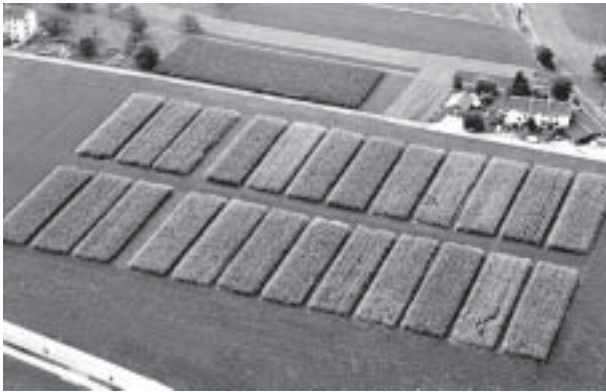


Abb.6. In den Stichjahren wurde auf allen Parzellen Silomais respektive Winterweizen angebaut.



Abb.7. Während der zweijährigen Kunstwiese haben sich die Regenwürmer in der vielseitigen Fruchtfolge stark vermehrt.

Pestiziden sowie das Nahrungsangebot beeinflusst (Piffner 1993). Besonders der Pflugeinsatz im Herbst und Frühjahr kann die Populationen der grossen vertikal bohrenden Arten erheblich mindern (Jossi *et al.* 2001), da sie sich bei feuchten Bodenverhältnissen direkt unter der Bodenoberfläche aufhalten. Während der Trockenheit im Hochsommer und bei Frosteinwirkung im Winter ziehen sie sich vorübergehend in tiefere Bodenbereiche zurück, wo sie vor den Bearbeitungseinsätzen weitgehend geschützt sind. Jahreszeit und jeweilige Witterung bestimmen somit bei den wichtigen Regenwurmartensmassgeblich, wo sie sich im Boden aufhalten und ob sie durch eine allfällige Bodenbearbeitung beeinträchtigt werden.

Die Regenwurmpopulationen im Versuch Chaiblen wurden markant durch die unterschiedliche Kulturabfolge in den einzelnen Fruchtfolgen beeinflusst (Abb. 5). Beeindruckend war die Vermehrung der Regenwürmer während der zweijährigen Kunstwiese in der vielseitigen Fruchtfolge. In den Folgekulturen Raps und Silomais erfolgte zudem das Pflügen jeweils ausserhalb der regenwurmaktiven Zeit, so dass die Regenwurmbiomasse bis zum Jahr 1999 auf das Dreifache des Wertes von 1996 anstieg.

Deutlich schwächer haben sich hingegen die Regenwürmer in der getreide- und maisbetonten Fruchtfolge entwickelt. Wohl begann das Wurmgewicht auch in der einjährigen Kunstwiese 1997 bei der maisbetonten Fruchtfolge anzusteigen. Die nachfolgenden ackerbaulichen Eingriffe machten den Zuwachs jedoch wieder zunichte. Auch in der vielseitigen Fruchtfolge erlitt die Regenwurmpopulation 1999 durch die Bodenbearbeitung für Winterweizen einen abrupten Einbruch (Abb. 5). Die Bestände wurden damit wieder auf den Ausgangsbestand zu Beginn der Fruchtfolge 1996 zurückversetzt.

Bodenbearbeitung als wichtigster Faktor

Ein Einfluss der zwei Anbauintensitäten auf die Regenwurmpopulation war kaum festzustellen. Einzig 1997 trat in der maisbetonten Fruchtfolge ein gesicherter Systemunterschied zu Gunsten von IP auf. Der Hauptgrund ist, dass bei IS bereits im Februar für Silomais gepflügt worden war und bei IP die Streifenfrässaat noch nicht erfolgt war.

Der geringe Spielraum bei der Bearbeitung des schweren Lehm Bodens, ähnliche Hofdüngergaben und der Ersatz aktuel-

ler, nicht stark regenwurmtoxischer Pestizide haben zu den geringen Unterschieden in der Regenwurmpopulation der zwei Anbauintensitäten beigetragen. Ein ähnliches Bild zeigte auch der Systemvergleich Burgrain, wo die drei Anbauintensitäten IP intensiv, IP extensiv und Bio miteinander verglichen wurden (Jossi *et al.* 2001). In beiden Versuchen bewirkten die verglichenen Anbausysteme deutlich geringere Unterschiede in den Regenwurmpopulationen als die Abfolge der Kulturen und die damit einhergehende Bodenbearbeitung.

Literatur

- Dubois D., Scherrer C., Gunst L., Jossi W. und Stauffer W., 1998. Auswirkungen verschiedener Landbauformen auf den Bodenvorrat an Unkrautsamen in den Langzeitversuchen Chaiblen und DOK. *Z. Pflanzenkrankheiten Pflanzenschutz*, Sonderheft XVI, 67-74.
- Jossi W., Valenta A., Zihlmann U., und Dubois D., 2001. Burgrain: Einfluss unterschiedlicher Anbausysteme auf Regenwurmfaua. *Agrarforschung* 2 (8), 60-65.
- Jossi W., Dubois D., Zihlmann U. und Fried P. M., 2002. Einfluss der Anbauintensität auf Ertrag und Deckungsbeitrag. *Agrarforschung* 9 (3), 84-89.
- Maillard A., 1981. Entretien de la fertilité du sol à long terme sous

Standort «Chaiblen»

Das Versuchsgelände «Chaiblen» gehört zum Betrieb der Forschungsanstalt Tänikon und liegt 536 m ü.M. Die jährlichen Niederschlagsmengen betragen 1180 mm, die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 8,2 °C. Die tiefgründige, steinarme Kalkbraunerde besteht aus einem tonigen Lehm mit einem Humusgehalt von 5,5 %. Der Boden ist schwer bearbeitbar und entspricht somit einem Grenzstandort für die ackerbauliche Nutzung.

l'enjeu des assolements, des amendements fertilisants et des traitements herbicides. II. Bilan comparatif des variations de quelques paramètres bio-chimico-physiques du potentiel de rendement d'un sol après cinq années d'essais. Diss. ETH, Nr. 6925.

■ 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.

■ Malitius O., Rickenmann P., 2000. Auswertung und Ergebnisse des Fruchtfolgeversuchs Chaiblen von 1989 bis 2000 sowie Dokumentation der für diesen Versuch erstellten Datenbank Chaiblen und deren Beilagen. Interner Bericht FAT Tänikon, 1-62.

■ 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., Sidler A., 1995. Welche Fruchtfolge?

Intensiv oder integriert bewirtschaften? *Agrarforschung* 2 (6): 231- 243. Sonderdruck.

■ Pfiffner L., Mäder P., Besson J.-M. und Niggli, U., 1993. DOK-Versuch: Vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-Dynamisch, Organisch-biologisch und Konventionell. *Schweiz. Landw. Forschung* 32 (4), 547-563.

■ Sturny W., 1987. Erhaltung der Ertragsfähigkeit des Bodens auf lange Sicht unter dem Einfluss von Fruchtfolge, Düngung und Herbizideinsatz. IV. Vergleichsuntersuchungen über chemische, physikalische und herbologische Parameter des Ertragspotentials eines Bodens unter Berücksichtigung der Ertragsentwicklung während 12 Jahren. Diss. ETH, Nr. 8220.

■ Schwendimann F., 1991. Die Erträge im Fruchtfolgeversuch «Chaiblen» von 1994 bis 1988. *Landwirtschaft Schweiz* 4 (6): 316-319.

■ Szrednicki G., 1977. Erhaltung der Ertragsfähigkeit des Bodens auf lange Sicht unter dem Einfluss von Fruchtfolge, Düngung und Herbizideinsatz. I. Charakterisierung des Standortes vor Beginn eines lang-

dauernden Feldversuches und Methodik der Versuchsdurchführung. Diss. ETH, Nr. 5958.

■ Walther U. et al., 1994. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. Eidg. Landw. Forschungsanstalten, 1-39, Vertrieb LBL Lindau.

■ Weisskopf P., Meister E., Ammon H.U., Mediavilla V., Malitius O., Anken T. und Sidler A., 1995. Maisbetonte Fruchtfolge: integriert und intensiv bewirtschaftet. *Agrarforschung* 2 (6): 240- 243.

■ Weisskopf P., 1986. Erhaltung der Ertragsfähigkeit des Bodens auf lange Sicht unter dem Einfluss von Fruchtfolge, Düngung und Herbizideinsatz. III. Vergleich verschiedener humuschemischer und bodenbiologischer Parameter sowie Beeinflussung von Qualitätsmerkmalen der Vergleichskultur Winterweizen nach 10 Versuchsjahren. Diss. ETH, Nr. 8019.

■ Weisskopf P., Sturny W., Keller E.R. und Schwendimann F., 1989. Erhaltung der Ertragsfähigkeit des Bodens auf lange Sicht unter dem Einfluss von Fruchtfolgegestaltung, Düngung und Herbizideinsatz. J. Agronomy & Crop Science 163, 90-104.

RÉSUMÉ

La rotation diversifiée augmente les rendements et les paramètres économiques

Dans l'essai de Chaiblen à Tänikon, les rendements et les effets économiques de trois assolements différents (une rotation diversifiée, une rotation à dominante céréalière et une rotation à dominante de maïs) ont été examinés pendant 27 ans. La comparaison du maïs d'ensilage et du blé d'automne dans les trois assolements la même année a montré un potentiel productif plus élevé dans l'assolement diversifié et les conditions ont été plus favorables pour contrôler les mauvaises herbes et les maladies que dans les rotations basées principalement sur les céréales ou le maïs. En moyenne sur la même année, le maïs d'ensilage dans la rotation à dominante de maïs a donné un rendement de 19 % inférieur et le blé d'automne dans la rotation à dominante céréalière un rendement de 10 % inférieur, en comparaison avec la rotation diversifiée. En outre, pendant les deux années de prairies dans l'assolement diversifié, les populations de vers de terre se sont régénérées.

SUMMARY

A diverse crop rotation improves yields and economical parameters

In the trial «Chaiblen» at Tänikon (Switzerland), the effect on yields and economical parameters of a diverse, a cereal-dominated and a maize-dominated crop rotation was examined during 27 years. The evaluation of the years of comparison with silage maize and winter wheat in the three crop rotations showed, that a diverse crop rotation with two years of clover grass had a better yield potential and an easier control for weeds and diseases than the rotations mainly based on cereals or maize. On average, maize yielded 19 % less in the maize-dominated rotation and wheat 10 % less in the cereal-dominated rotation than in the diverse crop rotation. Furthermore, earthworm populations showed a clear increase during the two years of meadows in the diverse crop rotation. This was in contrast to the other crop rotations with almost unchanged numbers of earthworms.

Key words: crop rotation, yields, economy, arable farming systems, earthworms