

Bestellverfahren und Stickstoffdüngung in biologischen und integrierten Anbausystemen

Hacken erlaubt reduzierten Pflugeinsatz

Thomas Anken, Edward Irla und Jakob Heusser, Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen

E-Mail: thomas.anken@fat.admin.ch

Otto Schmid und Paul Mäder, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), CH-5070 Frick

Walter Richner, Ulrich Walther, Ernst Brack und Caroline Scherrer, Agroscope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-8046 Zürich

Bestellsysteme vom Pflug bis zur Direktsaat standen in einem langjährigen Versuch in Tänikon einander gegenüber. Neben drei integrierten stand auch ein Biolandbauverfahren (BIO) im Versuch. Es zeigte sich, dass im Biolandbau der Pflugeinsatz reduziert werden kann, wenn die mechanische Unkrautregulierung angepasst wird. Mit Hackgerät und Striegel (Abb. 1) liess sich die Begleitflora auch bei Pflugverzicht ohne Herbizide zufriedenstellend regulieren. Die Gersten- und Maiserträge der Bioverfahren zogen mit den Erträgen integrierter, mit Gülle gedüngten Verfahren gleich. Die Weizenerträge lagen durchschnittlich zirka 15 % tiefer als jene der integrierten Bestellverfahren. Die Stickstoffdüngung hatte einen grösseren Einfluss auf die Erträge

als die unterschiedlichen Bestellsysteme. Sowohl bei der Gülledüngung als auch bei der mineralischen Stickstoffdüngung konnten nur 40 bis 80 % des gedüngten mineralischen Stickstoffs in den Pflanzen nachgewiesen werden. Der restliche Stickstoff war entweder gasförmig in die Atmosphäre entwichen, im Boden festgelegt oder ausgewaschen worden. Die Stickstoffmineralisierung des Bodens und die Pflanzenaufnahme zeigten im vorliegenden Versuch einen sehr ähnlichen Verlauf. Die durchwegs sehr tiefen Gehalte an mineralischem Stickstoff im Boden (N_{min}) und Bodenwasser (Saugkerzen) liessen erwarten, dass die Nitratauswaschung bei BIO geringer ausfiel als bei den anderen Anbausystemen.

Inhalt	Seite
Problemstellung	1
Standort, Verfahren und Anbaudaten	2
Resultate und Diskussion	3
Schlussfolgerungen	7
Literatur	7

 **agroscope**
FAT TÄNIKON



Abb. 1: Für den pfluglosen Getreideanbau ergänzen sich Hacken (links) und Striegeln (rechts) auf ideale Weise.

Problemstellung

Im Biolandbau wird besonders wegen der Unkrautregulierung meist vor jeder Hauptkultur gepflügt. Um die negativen Auswirkungen des Pflügens wie Förderung der Bodenerosion, Reduktion der Regenwurmpopulationen und der hohen Kosten zu entschärfen, ist es auch im Biolandbau ein Ziel, den Pflugeinsatz zu reduzieren. Wie wirkt sich der Pflugverzicht auf die Begleitflora, auf die Stickstoffmineralisierung des Bodens und die Erträge aus? Diese Fragen standen im Zentrum einer langjährigen Versuchsanlage, die vier Bestellverfahren mit unterschiedlichen Bodenbearbeitungsintensitäten (Pflug, flache Bearbeitung, Direktsaat) und Landbauformen (IP und BIO) miteinander verglichen hatte. Zusätzlich zu den unterschiedlichen Bestellverfahren gelangten verschiedene Stickstoffdüngeverfahren mit Rindervollgülle und Mineraldünger zur Anwendung. Ziel war es, die Einflüsse der Kombination von Bestelltechnik und Stickstoffdüngung auf agronomische Parameter und die Stickstoffdynamik zu untersuchen.

Standort, Verfahren und Anbaudaten

Auf einem sandigen Lehmboden standen in Tänikon dem Biolandbauverfahren (BIO) folgende Verfahren der integrierten Produktion gegenüber: «Pflug» (PF), «flache



Abb. 3: Die Gülleausbringung (links) erfolgte mit einem Schleppschlauchverteiler, während ein pneumatischer Streuer den Mineraldünger streute (rechts).

Bearbeitung» (FL) und «Direktsaat» (DS) (Standortdetails siehe FAT-Bericht 598). Bei BIO erfolgte in den Jahren 1999 und 2001 vor der Maissaat ein Umbruch mit dem Pflug, während in den anderen Jahren nur flach (5–8 cm) mit einer Kreisel- oder einer gezogenen Egge gearbeitet wurde. Bei PF bearbeiteten jährlich ein Zweischarpflug und anschliessend eine Kreiselegge den Boden. Bei FL besorgte wie bei BIO und PF eine Spatenrollegge die Stoppelbearbeitung, Grundbodenbearbeitung erfolgte keine. Bei FL diente eine Kreiselegge beim Wintergetreide und eine Streifenfräse beim Mais für die Saatbettbereitung. Bei DS fand keinerlei Bodenbearbeitung statt. Die Reihenabstände beim Mais betragen für alle Verfahren 75 cm. Beim Wintergetreide massen die Abstände der Saatreihen bei PF und FL 12,5 cm, bei DS 19 cm und bei Bio 25 cm (ermöglichen des Hackens, Abb. 2). Die Fruchtfolge bestand aus Silomais (1999) – Winterweizen (2000) – Silomais (2001) – Winterweizen (2002) – Wintergerste (2003) – Kunstwiese (2004).

Die Parzellen dieser Hauptverfahren waren in drei Stickstoffdüngeverfahren unterteilt (Split-Plot). Bei BIO wurden im Verfahren Gülle 1 (GUL1) über die ganze Fruchtfolge gesehen die Rindervollgülle von 1,8 RGVE/ha und bei Gülle 2 (GUL2) die Menge von 1,2 RGVE/ha verabreicht. Bei den andern Verfahren wurde ein mineralisches Verfahren (MIN), gemäss den «Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau» (GRUDAF) und ein Verfahren mit Rindervollgülle (GUL) verwendet. Die Bemessung der mineralischen Stickstoffdüngung bei MIN erfolgte nach der N_{min}-Methode, wobei für den Mais im 5-Blatt-Stadium die Formel «Menge gedüngter Stickstoff = 180 kg N – kg N im Boden (N_{min})» galt. Beim Weizen kam die Formel 120·N_{min}, bei Wintergerste 80·N_{min} zur Anwendung. Die Bestimmung des mineralischen Stickstoffgehaltes im Boden, bezeichnet als N_{min} (NH₄- und NO₃-N), erfolgte mittels Bodenproben (0–90 cm Tiefe, 5 Einstiche pro Parzelle x 3 Wiederholungen pro Verfahren).



Abb. 2: Die Saatbettbereitung erfolgte bei allen Verfahren mit einer Kreiselegge. Für die Getreidesaat auf 25 cm Reihenweite bei BIO verschloss ein Einsatz im Verteilerkopf der pneumatischen Sämaschine jede zweite Öffnung.

Tab. 1: Total gedüngte Stickstoffmengen an Ammoniumstickstoff (kg NH₄-N/ha) bei Gülle (GUL, GUL 1/2) und Reinstickstoff (kg N/ha) bei der mineralischen Düngung (MIN). ON = keine Stickstoffdüngung, PF = Pflug, DS = Direktsaat, FL = flache Bearbeitung.

Jahr	Integrierte Produktion		Biolandbau	
	Düngung	PF; DS; FL	Düngung	BIO
1999 Mais	MIN	150	GUL1	120
	GUL	120	GUL2	75
	ON	0	ON	0
2000 Weizen	MIN	150	GUL1	80
	GUL	80	GUL2	60
	ON	0	ON	0
2001 Mais	MIN	160	GUL1	150
	GUL	130	GUL2	110
	ON	0	ON	0
2002 Weizen	MIN	160	GUL1	140
	GUL	150	GUL2	100
	ON	0	ON	0
2003 Gerste	MIN	120	GUL1	75
	GUL	105	GUL2	43
	ON	0	ON	0
Durchschnitt pro Jahr	MIN	148	GUL1	113
	GUL	117	GUL2	78
	ON	0	ON	0

Als Dünger diente Ammonsalpeter (27 % N). Bei GUL wurden zirka 80 % der Stickstoffmenge (NH₄) von MIN verabreicht, wobei sich auf Grund der variierenden N-Gehalte der Gülle Abweichungen ergaben. Die in Tabelle 1 dargestellten Werte basieren auf den Güllegehaltsanalysen von Agroscope FAL Reckenholz. Zusätzlich zu den Güllegaben erfolgte bei GUL 1999 sowie 2001 bei der Saat eine mineralische Unterfussdüngung (30 kg N: 1999 Diammonphosphat, 2001 Mg-Ammonsalpete). Ansonsten erfolgte bei diesem Verfahren die gesamte Stickstoffdüngung nur mit Rindervollgülle. Ein Schleppschlauchverteiler diente bei allen Verfahren für die Ausbringung der Gülle des Versuchsbetriebes von Agroscope FAT Tänikon (Abb. 3). Ein pneumatischer Streuer verteilte den Mineraldünger.

Die wichtigsten Angaben zum Anbau der Kulturen sind in Tabelle 2 dargestellt. Ein Sternhackgerät (Mais) und ein Scharhackgerät (Weizen) dienten neben dem Striegel für die Unkrautregulierung der Bioverfahren (Abb. 1). Die Einsatztermine sind in Tabelle 2 angegeben.

Die verwendeten Herbizide für die chemische Unkrautregulierung der Verfahren PF, DS und FL sind in Tabelle 3 dargestellt. Neben der Unkrautregulierung wurden folgende chemische Hilfsstoffe eingesetzt: 7 kg/ha Schneckenkorn in DS 2001 sowie eine Fungizidspritzung mit 1,5 l/ha Opus top im Winterweizen 2000.

Resultate und Diskussion

Geringe Ertragsunterschiede zwischen den Bestellverfahren

Abb. 4 zeigt die Mittelwerte (Säulen) der Kornerträge der verschiedenen Verfahren aufgeteilt nach Mais, Weizen und Gerste in Prozent des Verfahrens Pflug mit mineralischer Düngung (PF/MIN = 100 %). Über alle Jahre gesehen erzielte BIO/GUL1 zirka 20 % weniger Ertrag als das Referenzverfahren mit mineralischer Düngung. Wie die Streuung der einzelnen Punkte auf der Abbildung zeigen, waren die Jahresunterschiede gross. Verglichen mit den Verfahren PF, FL und DS mit Gülledüngung (GUL) wies BIO/GUL1 statistisch gesehen ebenbürtige Maiserträge auf. Im Gegensatz dazu erzielte der Winterweizen im Jahr 2000 und 2002 bei BIO einen tieferen Ertrag von zirka 15 %. FL,

Tab. 2: Termine, Sorten und Saaddichten

Arbeitsverlauf	1999	2000	2000	2001	2002	2003	2004
Grundbodenbearbeitung	03.05.99	11.10.99	-	04.04.01			
Saat	5.5.99	12.10.99	14.08.00	02.05.01			
Kultur Sorte	Silomais LG22.65	Winterw. Titlis	Gelbsenf Silenda	Silomais LG22.65	Winterw. Titlis	Wintergerste Jasmin	Kunstw. SM300
Saaddichte Körner/m ² *	10	420	20 kg/ha	10	420	350	
BIO: hacken (h), striegeln (s)	h:1.6. h:25.6.	h+s 10.04 s 27.04.	-	s 14.05 s+h h 26.06	h/s 14.03 29.05 s15.05	h 29.10.02 s 31.10.02 s 28.03 h 18.03 s 21.03 s 17.04	

* BIO + 10 %

Tab. 3. Termine, Wirkstoffe und Aufwandmengen der chemischen Unkrautregulierung

Datum	Wirkstoffe und Mengen
06.05.99	1,2 kg Atrazin, 3 l Glyphosate
03.06.99	1 l/ha Mikado; 1 l/ha Dasul
24.09.99	5 l/ha Glyphosate (nur DS)
10.04.00	2,5 l/ha Lumeton; 1,5 l/ha Apell
14.08.00	4 l/ha Glyphosate (nur DS)
27.04.01	3 l/ha Glyphosate (nur DS)
29.05.01	1.2 kg Atrazin; 1.5 l/ha Mikado
18.03.02	Azur 2.5 l/ha; Apell 2.0 l/ha
06.03.03	2 l Isoproturon, 40 gr Concert; 2.5 l Apell/ha

mit derselben Bodenbearbeitung wie BIO, erreichte deutlich bessere Weizenerträge. Abgesehen von der Fungizidspritzung im Jahr 2000, die nur in den ÖLN-Verfahren erfolgte, schien die Winterweizensorte Titlis nicht ideal für den Anbau auf 25 cm Reihenweite geeignet zu sein. Dies wird im folgenden Kapitel noch detaillierter ergründet.

Die Wintergerste 2003 entwickelte sich bei BIO/GUL1 auch mit 25 cm Reihenabstand von Beginn an gut und erzielte sogar einen besseren Ertrag als PF/MIN. Warum sich 2003 bei PF das Verfahren MIN im Gegensatz zu GUL von Beginn an unbefriedigend entwickelte, liess sich nicht schlüssig erörtern.

Das schlechte Abschneiden von DS im Jahr 1999 (Mais), das auf die sehr hohen Niederschläge und die kompakten Säschlitze zurückzuführen war, ist im FAT-Bericht 598 genauer beschrieben und wird hier nicht weiter dargestellt.

Die unterschiedliche Düngung wirkte sich über die Jahre gesehen gleichförmiger und deutlicher auf den Ertrag aus als die Bodenbearbeitung. Die Verfahren mit der höchsten Stickstoffdüngung bewirkten abgesehen von wenigen Ausnahmen stets die höchsten, jene ohne Stickstoffdüngung die tiefsten Erträge. Im Vergleich zum Referenzverfahren PF/MIN wiesen die Verfahren ohne Stickstoffdüngung (ON) zirka 40 bis 60 % des Ertrages auf.

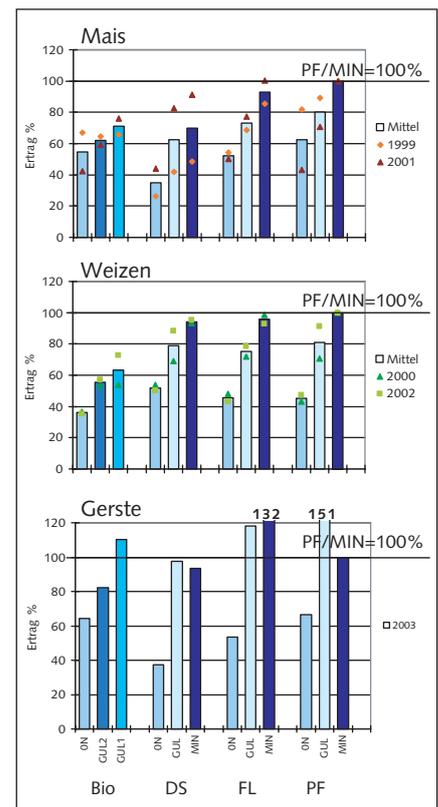


Abb. 4: Relative Erträge der Jahre 1999–2003 im Vergleich zum Verfahren Pflug mit mineralischer Düngung (PF/MIN). Die Mittelwerte der Verfahren sind als Säulen dargestellt. DS = Direktsaat, FL = flache Bearbeitung, BIO = biologisches Verfahren, ON = keine Stickstoffdüngung, GUL = Gülledüngung, MIN = mineralische Stickstoffdüngung. 100 % (dt Körner/ha) = 1999: 113,4 (Mais); 2000: 79,3 (Weizen); 2001: 104,1 (Mais); 2002: 54,8 (Weizen); 2003 (Gerste) 50,0 dt/ha.

GUL bzw. GUL2 schnitten im Vergleich zu MIN bzw. GUL1 zirka 15 % schwächer ab. Mit Ausnahme von 2003, als sich statistisch gesehen MIN/GUL1 nicht von GUL/GUL2 unterschieden, waren die Unterschiede zwischen den drei Düngeverfahren stets gesichert. Bezüglich der Wirkung

der Gülle konnten über die Jahre gesehen zwischen den Bestellverfahren keine systematischen Unterschiede festgestellt werden. Sie bewirkte bei allen Verfahren ungefähr dieselbe Ertragssteigerung. Aus diesem Grund dürften auch die Stickstoffverluste bei allen Verfahren im gleichen Rahmen liegen.

Bestandesdichte – wichtige Ertragskomponente

In Abb. 5 sind die Ausprägungen der drei ertragsbildenden Komponenten Anzahl Maisstängel bzw. Ähren pro m², Anzahl Körner pro Kolben bzw. Ähre und Tausendkorngewicht, aufgeteilt nach Mais (1999/2001) und Winterweizen (2000/2002) im Vergleich zum Verfahren PF/MIN dargestellt. Über alle Jahre gesehen wies das Tausendkorngewicht im Vergleich zu den beiden anderen Komponenten den geringsten Einfluss auf die Ertragsbildung auf. Beim Weizen prägten hauptsächlich die Anzahl Körner pro Ähre und die Anzahl Ähren pro Fläche das Ertragsniveau, während beim Mais die Anzahl Körner pro Kolben die wichtigste Rolle spielte.

Die Anzahl Körner pro Kolben oder Ähre wies nur 1999 statistische Unterschiede auf, als DS im Vergleich zu den anderen Bestellverfahren tiefere Werte aufwies. Die Bestandesdichte von DS war im Jahr 1999 und jene von BIO im Jahr 2000 signifikant tiefer als jene der anderen Bestellverfahren. Die tieferen Weizenerträge von BIO waren grösstenteils auf die tiefen Ährendichten (zirka 260 Ähren/m²) zurückzuführen. Wie oben erwähnt, schien die Sorte «Titlis» in Verbindung mit dem Hacken nicht besonders für den Anbau in weiten Reihen (25 cm Reihenabstand) geeignet zu sein und reagierte mit einer starken Verminderung der Anzahl Ähren.

Der Einfluss der Düngeverfahren auf die Ertragskomponenten war viel grösser als jener der Bestellverfahren. Die Düngeverfahren beeinflussten in den meisten Fällen alle drei Ertragskomponenten statistisch signifikant. Dabei reagierten der Mais und der Weizen nicht gleich. Eine höhere Stickstoffdüngung führte beim Winterweizen zu signifikant dichteren Beständen. Im Gegensatz dazu reagierte der Mais wegen seiner nicht vorhandenen Bestockungsfähigkeit vor allem mit der Ausbildung von mehr oder weniger Körnern pro Kolben. Beim Tausendkorngewicht waren die Unterschiede statistisch gesichert, die relativen Unterschiede waren im Vergleich zu

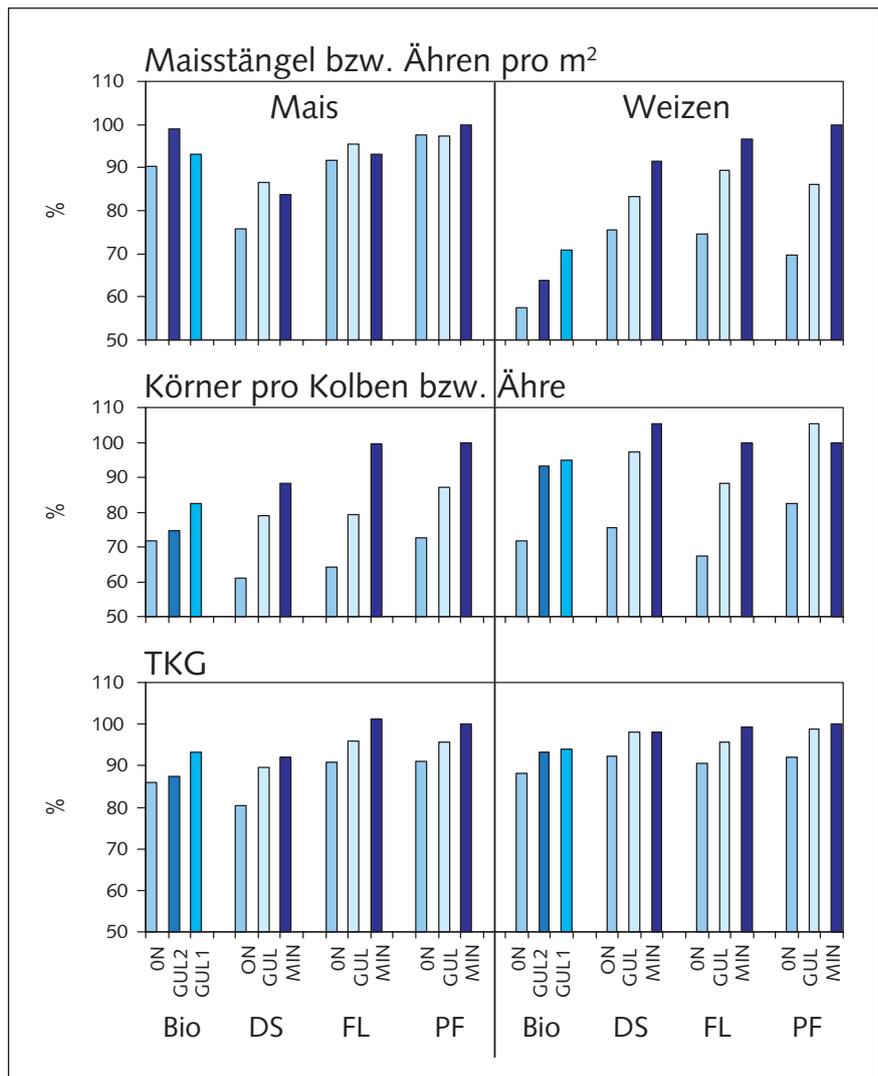


Abb. 5: Relative Werte (%) der ertragsbestimmenden Parameter der verschiedenen Verfahren bei Weizen und Mais im Vergleich zu PF/MIN.

100 % = Pflanzen/m² (Schlussernte): 1999 (Mais): 10.7 ; 2000 (Weizen): 435 ; 2001 (Mais): 10.6 ; 2002 (Weizen): 443 ; 2003 (Gerste): 576
 100 % = Körner pro Ähre: 1999 (Mais): 363 ; 2000 (Weizen): 34 ; 2001 (Mais): 377 ; 2002 (Weizen): 25 ; 2003 (Gerste): 20
 100 % = Tausendkorngewicht (TKG): 1999 (Mais): 294.3 ; 2000 (Weizen): 54.3 ; 2001 (Mais): 269.0 ; 2002 (Weizen): 49.6 ; 2003 (Gerste): 43.3

den beiden anderen Parametern allerdings geringer.

Stickstoffentzug der Pflanzen

Bedingt durch die geringere Stickstoffdüngung bzw. Trockenmasseerträge wiesen die Pflanzen von BIO einen geringeren Stickstoffentzug als die anderen Bestellverfahren auf (Abb. 6). Dieser war während der beiden Weizenanbaujahre signifikant tiefer. Verglichen mit den anderen Bestellverfahren mit Gülledüngung (GUL) oder ohne Stickstoffdüngung (ON) bewirkten die Verfahren jedoch sehr ähnliche Stick-

stoffentzüge. Die Trockenmasseerträge spielten dabei eine wichtigere Rolle als die Unterschiede der Stickstoffgehalte der Pflanzen, die bei der Ernte keine grossen Differenzen aufzeigten.

Die Düngeverfahren unterschieden sich wiederum stärker als die verschiedenen Bestellverfahren. MIN bewirkte den grössten und ON den kleinsten Stickstoffentzug durch die Pflanzen, wobei sich alle drei Düngeverfahren, mit Ausnahme von GUL und ON im Jahr 1999, signifikant unterschieden.

Über die Jahre gesehen stimmte der Stickstoffentzug der Pflanzen recht gut mit dem Kornertrag überein (Korrelationskoeffizient 0,81).

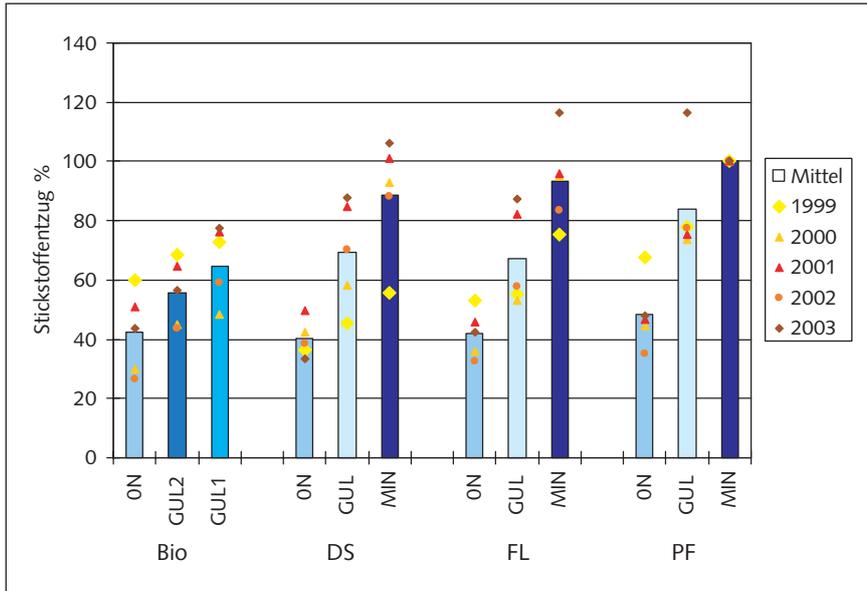


Abb. 6: Relative Stickstoffentzüge durch das oberirdische Pflanzenmaterial (%) im Vergleich zum Verfahren PF/MIN in kg Stickstoff pro Hektare. 100 % (kg N/ha) = 1999 (Mais): 178 ; 2000 (Weizen): 217 ; 2001 (Mais): 172 ; 2002 (Weizen): 186 ; 2003 (Gerste): 143 kg N/ha.

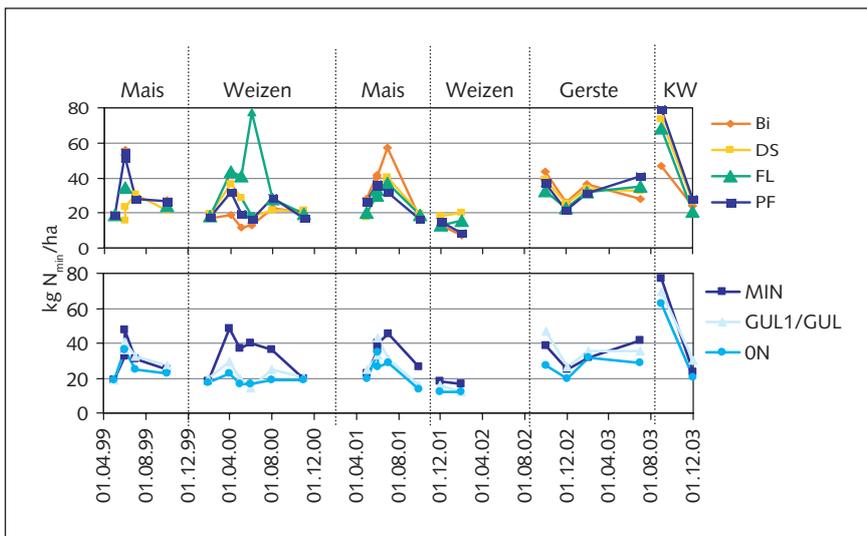


Abb. 7: Verlauf der N_{min} -Gehalte (kg N_{min} /ha) von 1999–2003 aufgeteilt nach Bestellverfahren und Düngeverfahren. Die Bestellverfahren zeigten abgesehen von einigen Ausreißern keine systematischen Unterschiede, während sich die Düngeverfahren besonders nach der Düngung stärker auswirkten.

Tiefe N_{min} -Gehalte und geringe Nitratauswaschung

Der mineralische Stickstoffgehalt des Bodens (N_{min}) zeigte abgesehen von einigen Ausreißern keine systematischen Unterschiede zwischen den Bestellsystemen. Selten wurden Gehalte von über 60 kg N_{min} /ha gemessen. Dies zeigte auf, dass der vorliegende Boden eher ein trägeres Mineralisierungsverhalten aufwies und die Mineralisierung gut mit der Aufnahme durch die Pflanzen übereinstimmte. Auch

ohne das Auftreten von hohen N_{min} -Gehalten wurde auf den ungedüngten Parzellen eine Stickstoffmenge von 50–100 kg N/ha mineralisiert und in die Pflanzen eingelagert, was übliche Werte darstellt. Im Gegensatz zu den Bestellverfahren zeigte die mineralische Düngung (MIN) besonders während der Jugendentwicklung der Kulturen eine Tendenz zu höheren N_{min} -Werten als die Gülledüngung. Dies lässt sich durch die höhere Menge an mineralisch gedüngtem Stickstoff erklären.

Über die gesamte Versuchsdauer gesehen wies ON die tiefsten N_{min} -Werte auf. Die zirka 14-tägige Bestimmung des Nitratgehalts im Bodenwasser auf verschiedenen Tiefen mittels Saugkerzen im Block 1 (Abb. 8) zeigt, dass von 1999 bis 2003 bei BIO/GUL2 der mineralische Stickstoffgehalt im Boden stets bescheiden war. Im Vergleich zu PF/MIN ist davon auszugehen, dass auf diesem Standort die Nitratauswaschung unter den BIO-Parzellen noch geringer war als jene der gepflügten Parzellen, die jährlich 10 bis 45 kg NO_3 -N/ha betrug.

Hohe Temperaturen bewirken hohe gasförmige N-Verluste

In Abb. 9 ist die Stickstoffausnutzung der unterschiedlichen Düngeverfahren MIN und GUL dargestellt. Im Vergleich zu den ungedüngten Parzellen sagt die Stickstoffausnutzung aus, wie viel des gedüngten Stickstoffes durch die oberirdischen Pflanzensprosse aufgenommen wurde (Berechnungsformel: $(N \text{ in gedüngten Pflanzen} - N \text{ in ungedüngten Pflanzen}) / \text{gedüngter N} * 100$). Bei dieser Berechnung wurde bei der Gülle nur der mineralische Stickstoff (Ammonium) einbezogen, der organische Anteil blieb unberücksichtigt. Zusätzlich zu den im vorliegenden Versuch erzielten Stickstoffausnutzungen (Jahresmittelwerte aller Gülleverfahren GUL und des Mineraldüngerverfahrens MIN) sind in dieser Abbildung die von Walther (1998) publizierten Werte eingetragen. Es zeigt sich ein Zusammenhang zwischen der Lufttemperatur bei der Düngerausbringung und der Stickstoffausnutzung. Je höher die Lufttemperatur ist, desto höher sind die gasförmigen Stickstoffverluste und desto geringer ist die scheinbare Stickstoffausnutzung. Das heißt, dass die Stickstoffaufnahme der Pflanzen des bei warmem Wetter gedüngten Stickstoffs geringer ist, als wenn der Dünger bei kühlem Wetter ausgebracht wird. Der nicht durch die Pflanzen absorbierte Stickstoff war entweder verdunstet, in den Boden eingelagert oder ausgewaschen worden.

Die Regressionsgleichung:
Scheinbare N-Ausnutzung Gülle = $-0.000001 * (\text{Temperatur})^6 - 1.384 * \text{rel. Luftfeucht.} + 147.22$ weist ein Bestimmtheitsmass von $r^2=0.73$ auf. Diese Gleichung besagt, dass sich mittels Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit bei der Gülleausbringung 73 % der Stickstoffverluste erklären lassen. Im Vergleich zur Temperatur

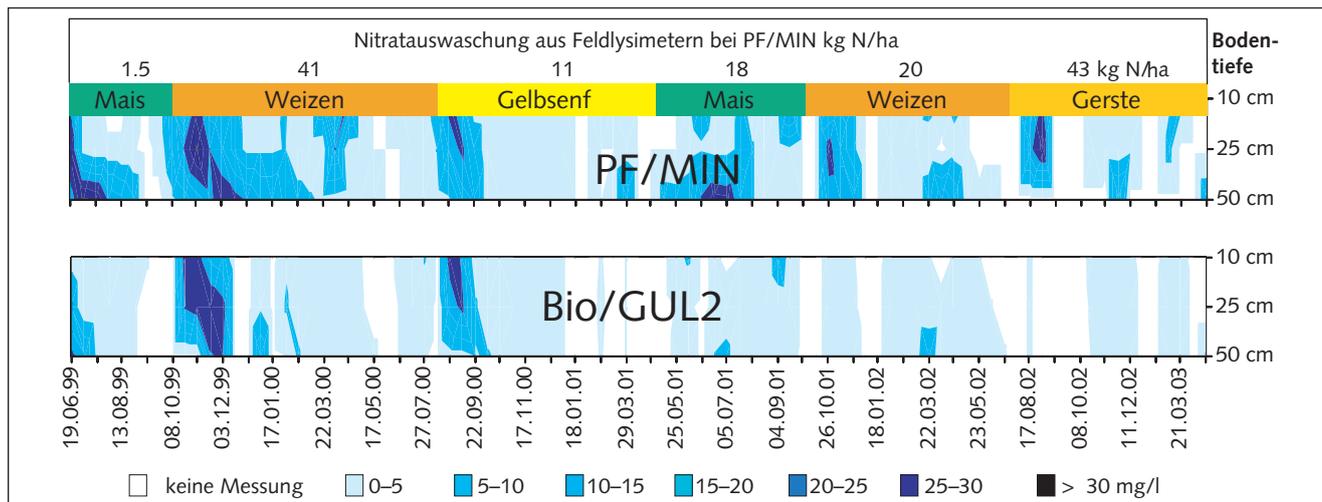


Abb. 8: Nitratgehalt im Bodenwasser der Verfahren PF/MIN (oben) und BIO/GUL2 (unten) in 10 bis 50 cm Tiefe [mg NO₃-N] von 1999–2003. Ausser nach der Ernte in den Jahren 1999 und 2000 sind bei BIO durchwegs tiefe Werte zu verzeichnen. Die in Zahlen angegebene Menge an kg N/ha bezeichnet die bei PF/MIN mittels Feldlysometern gemessenen Nitratauswaschungen der entsprechenden Kulturen.

spielt die Luftfeuchtigkeit aber eine weniger wichtige Rolle.

Im vorliegenden Versuch schienen also bei den Gülleverfahren trotz Ausbringung mit der Schleppschlauchtechnik beträchtliche gasförmige Verluste aufgetreten zu sein. Zusätzlich ist zu bedenken, dass der organische Stickstoff der Gülle nicht in die Berechnung einbezogen wurde. Wird davon ausgegangen, dass ein Teil des organischen Stickstoffs der Gülle mineralisiert wurde, fällt die Ausnutzung des mineralischen Anteils der Gülle noch bescheidener aus. Das Verfahren MIN weist höhere scheinbare N-Ausnutzungen auf (Punkte sind nach rechts verschoben), die Grafik zeigt aber, dass ebenfalls zirka ein Drittel des gedüngten Stickstoffs nicht in die Pflanzen gelangte.

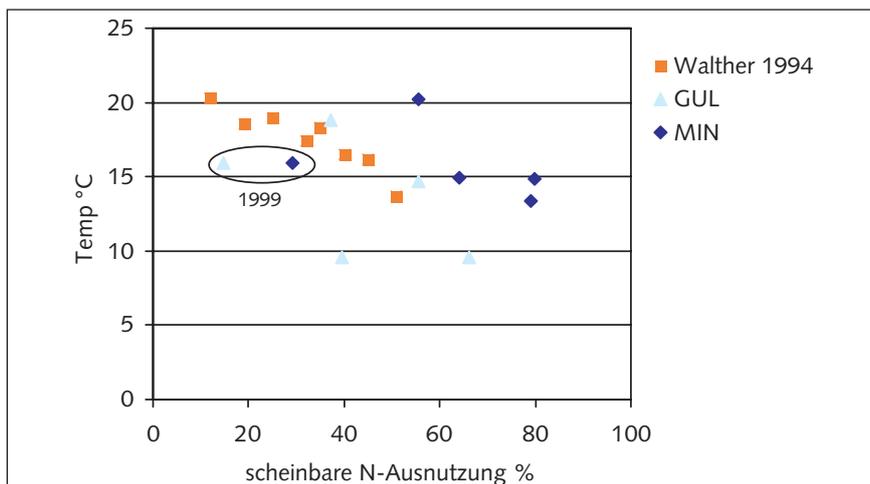


Abb. 9: N-Ausnutzung der Düngerverfahren GUL und MIN sowie die von Walther (1998) publizierten Werte. N-Ausnutzung ist der Anteil des gedüngten Stickstoffs in Prozent, der in den oberirdischen Pflanzenteilen vorhanden ist, nachdem die Stickstoffmenge der Pflanzen der ungedüngten Parzelle abgezogen wurde. Die tiefe Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs von 1999 lässt sich durch die hohe natürliche Mineralisierung (Mais nach Kunstwiese) erklären.



Abb. 10: Moderne, tiefengeführte Kurzscheibeneggen eignen sich bestens für die Durchführung einer Unkrautkur. Bei sauberer Strohräumung nach Getreide verrichtet aber auch die altbekannte Federzinkenegge (rechts) gute Arbeit.

Hacke und Striegel regulieren Beikraut auch ohne Pflug

In den BIO-Verfahren wurde zur Bestellung des Wintergetreides auf den Pflug verzichtet und vor der Saat mittels Federzinken- und Spatenrolle eine Unkrautkur mit 1–3 Durchgängen (je nach Witterungsverhältnissen) durchgeführt (Abb. 10). Spielt die Witterung einigermaßen mit, so können mit einer flachen Bearbeitung bestehende Unkräuter wirksam reguliert und Samen zum Keimen angeregt werden. Das Getreide wurde bei BIO bewusst auf eine Reihenweite von 25 cm gesät, um zwischen den Reihen ein besseres Hacken zu ermöglichen. Auf dem vorliegenden sandigen Lehm, der eine kompakte Struktur aufwies, hätte beim pfluglosen Anbau das Striegeln alleine nicht genügt. In diesem Lehmboden erwies sich die Kombination von Hacken und Striegeln als ideal. Je nach Bodenfeuchte und Witterung wurden die beiden Arbeitsgänge direkt nacheinander oder auch um ein paar Tage versetzt ausgeführt. Der Mais wurde ebenfalls gehackt und gestriegelt, was problemlos funktionierte.

Abb. 11 zeigt die Bedeckung des Bodens mit Kräutern im Verlaufe der Jahre. Es zeigte sich, dass BIO im Vergleich zu den anderen Verfahren eine grössere Bodenbedeckung erzielte. Am höchsten war diese Bedeckung nach der Winterweizenernte im Jahre 2002. Diese grosse Bedeckung dürfte durch die grosse Reihenweite des Winterweizens sowie durch die geringe Bestandesdichte des Winterweizens gefördert worden sein. Die Artenvielfalt war bei BIO eindeutig am höchsten. Keine der Unkrautarten dominierte über die anderen, sodass auch die relativ hohen Bedeckungen nicht als problematisch zu kennzeichnen waren. Von Hand wurden die Blacken und einzelne Nester der Ackerkratzdistel bekämpft. Die pfluglosen Bestellverfahren für Wintergetreide in Kombination mit Unkrautkur, Hacken und Striegeln bewährten sich im Bioanbau gut.

Bei den anderen Verfahren erzielten die chemische Regulierungen gute Wirkungen. Die höchsten Bodenbedeckungen traten nach dem auf die Kunstwiese folgenden Mais 1999 auf. Einzig bei den Gräsern wies DS leicht höhere Bedeckungsgrade als die anderen Verfahren auf.

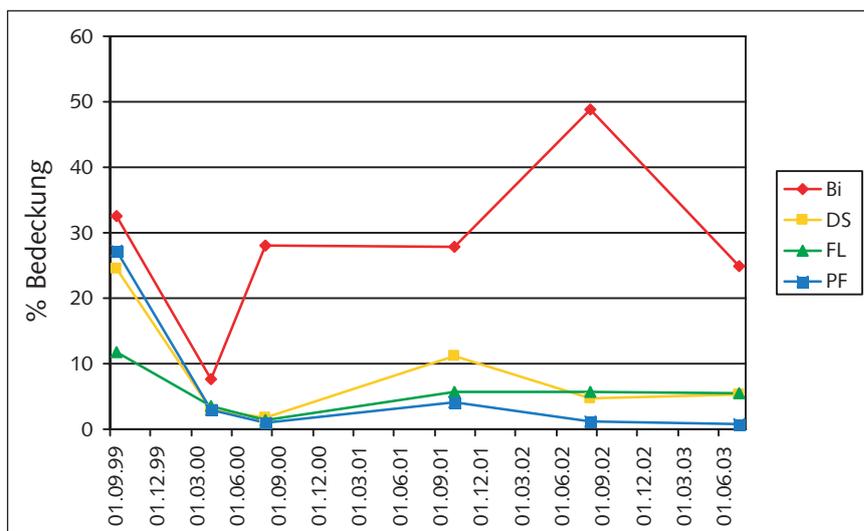


Abb. 11: Bodenbedeckung der Beikrautflora von 1999–2003.

Schlussfolgerungen

- Der zeitweise Verzicht auf den Pflug ist im Biolandbau gut möglich. Die Beikrautflora lässt sich mittels Hacken und Striegeln in Verbindung mit einer Unkrautkur vor der Saat zufriedenstellend regulieren.
- Zwischen den Bestellverfahren zeigten sich bei vergleichbarer Düngung beim Mais und bei der Gerste keine Ertragsunterschiede. Der Weizen schnitt bei BIO zirka 15 % schlechter ab, wobei sich vermutlich die Sorte Titlis für grosse Reihenweiten weniger gut eignet.
- Die Stickstoffdüngung beeinflusste den Ertrag stärker als die unterschiedlichen Bestellverfahren.
- Bei Güllendüngung führten hohe Lufttemperaturen bei der Düngerausbringung zu einer deutlich schlechteren scheinbaren Stickstoffausnutzung. Dies dürfte grösstenteils auf die Verflüchtigung des Ammoniumstickstoffs zurückzuführen sein. Die mineralische Düngung führte im Gegensatz zur Güllendüngung zu einer zirka 20 % besseren scheinbaren Stickstoffausnutzung.
- Die zeitlichen Verläufe der Stickstoffmineralisierung und Stickstoffaufnahme durch die Pflanzen verliefen im vorliegenden Versuch im Allgemeinen sehr ähnlich. Zwischen den Bestellverfahren waren keine systematischen Unterschiede festzustellen.
- Im Vergleich zur gemessenen Nitratauswaschung bei PF und DS (FAT-Bericht 598) deuten die durchwegs tiefen N_{\min} -Werte und Nitratkonzentrationen

im Bodenwasser darauf hin, dass beim BIO-Verfahren auf dem vorliegenden Standort nur geringe Nitratauswaschungen zu erwarten sind.

Literatur

- Walther U., 1998. Beim Güllen entscheiden Menge, Gehalt und Wetter über N-Wirkung. *Agrarforschung* 5 (2), 77–80.
- Walther U., Ryser J.P. und Flisch R., 2001. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau 2001. *Agrarforschung*, 8 (6), 1–80.
- Anken T., Irla E., Heusser J., Ammann H., Richner W., Walther U., Nievergelt J., Stamp P., Schmid O. und Mäder P., 2003. Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Nitratauswaschung – Unterschiede sind kleiner als erwartet. *Agroscope FAT Tänikon, FAT-Berichte Nr. 598*, 7 S.

Anfragen über andere landtechnische Probleme sind an die unten aufgeführten Berater für Landtechnik zu richten. Weitere Publikationen und Prüfberichte können direkt bei Agroscope FAT Tänikon, Bibliothek, CH-8356 Ettenhausen angefordert werden, Tel. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90, E-Mail: doku@fat.admin.ch, Internet: <http://www.fat.ch>

- ZH** Merk Konrad, Strickhof,
8315 Lindau, Telefon 052 354 98 11
Blum Walter, Strickhof,
8315 Lindau, Telefon 052 354 98 11
- BE** Jutzeler Martin, Inforama Berner Oberland,
3702 Hondrich, Telefon 033 650 84 30
Marti Fritz, Inforama Rütli und Waldhof,
3052 Zollikofen, Telefon 031 910 52 10
Hofmann Hans Ueli, Inforama Schwand,
3110 Münsingen, Telefon 031 720 11 21
- LU** Moser Anton, LBBZ Schüpfheim,
6170 Schüpfheim, Telefon 041 485 88 00
Hodel René, LMS, 6276 Hohenrain,
Telefon 041 914 30 05
Widmer Norbert, LMS,
6276 Hohenrain, Telefon 041 914 30 77
- UR** Landw. Beratungsdienst, Aprostr. 44,
6462 Seedorf, Telefon 041 871 05 66
- SZ** Landolt Hugo, Landw. Schule Pfäffikon,
8808 Pfäffikon, Telefon 055 415 79 22
- OW** Müller Erwin, BWZ Obwalden,
6074 Giswil, Telefon 041 675 16 16
Landwirtschaftsamt, St. Antonistr. 4,
6061 Sarnen, Telefon 041 666 63 58
- NW** Wolf Franz, Landwirtschaftsamt,
Kreuzstr. 2, 6371 Stans,
Telefon 041 618 40 07
- GL** Amt für Landwirtschaft, Postgasse 29,
8750 Glarus, Telefon 055 646 67 00
- ZG** Gut Willy, LBBZ Schluechthof,
6330 Cham, Telefon 041 784 50 50
Furrer Jules, LBBZ Schluechthof,
6330 Cham, Telefon 041 784 50 50
- FR** Kilchherr Hansruedi, Landw. Schule Grangeneuve
1725 Posieux, Telefon 026 305 58 50
- SO** Wyss Stefan, Landw. Bildungszentrum Wallierhof,
4533 Riedholz, Telefon 032 627 09 62
- BL** Ziörjen Fritz, Landw. Zentrum Ebenrain,
4450 Sissach, Telefon 061 976 21 21
- SH** Landw. Beratungszentrum Charlottenfels,
8212 Neuhausen, Telefon 052 674 05 20
- AI** Inauen Bruno, Gaiserstrasse 8,
9050 Appenzell, Telefon 071 788 95 76
- AR** Vuilleumier Marc, Landwirtschaftsamt AR,
9102 Herisau, Telefon 071 353 67 56
- SG** Lehmann Ueli, LBBZ Rheinhof,
9465 Salez, Telefon 081 758 13 19
Steiner Gallus, Landw. Schule Flawil,
9230 Flawil, Telefon 071 394 53 53
- GR** Föhn Josef, Landw. Schule Plantahof,
7302 Landquart, Telefon 081 307 45 25
- AG** Müri Paul, Berufsbildung, Weiterbildung und
Beratung Liebegg, 5722 Gränichen,
Telefon 062 855 86 27
- TG** Baumgartner Christof, Fachstelle
Beratung und Landtechnik, Amriswilerstr. 50,
8570 Weinfelden, Telefon 071 622 10 23
- TI** Müller Antonio, Ufficio consulenza agricola,
6501 Bellinzona, Telefon 091 814 35 53

Landwirtschaftliche Beratungszentrale, Abt. Landtechnik, 8315 Lindau, Telefon 052 354 97 58

Impressum

Herausgeber: Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Ettenhausen

Die FAT-Berichte erscheinen in rund 20 Nummern pro Jahr. – Jahresabonnement Fr. 60.–. Bestellung von Abonnements und Einzelnummern: Agroscope FAT Tänikon, Bibliothek, CH-8356 Ettenhausen. Tel. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90, E-Mail: doku@fat.admin.ch, Internet: <http://www.fat.ch>

Die FAT-Berichte sind auch in französischer Sprache als «Rapports FAT» erhältlich.
ISSN 1018-502X.