

# Wirkung unterschiedlicher Begrünungen (mit Leguminosen, abfrostend, winterhart) in Kombination mit Gülle auf den N-Austrag und die Düngewirkung im N.Ö. Alpenvorland

G. DERSCH und J. HÖSCH

## Abstract

**Effects of cover crops (including legumes, frost-susceptible and winter hardy species) combined with slurry application on N-leaching and yield effects of subsequent crop in the moderate humid zone of Lower Austria**

The ability of cover crops to reduce post-harvest nitrate leaching was evaluated in a lysimeter study. The presence of frost-susceptible or winter hardy cover crops reduced N-losses by 50 or 80% compared with fallow. Normal application rates of slurry before sowing or on well established cover crops resulted in significant yield effects of the subsequent crop, N-leaching was not intensified.

Also the mixture of legume with non-legume cover crops had positive environmental and yield effects.

For efficient improvement of groundwater the use of winter hardy cover crops is proposed, the inevitable N-leaching losses come to the low level of about 10 kg per ha and year.

## 1. Einleitung und Problemstellung

Im Zuge der Einführung des ÖPUL hat der Anbau von Begrünungen im Spätsommer in der breiten landwirtschaftlichen Praxis Eingang gefunden. Die ökologischen Vorteile von Gründecken (Erosionsschutz, Verminderung von Nährstoffverlusten) sind unbestritten (z.B. SÖRENSEN 1992). In welchem Ausmaß Leguminosen als wesentlicher Bestandteil in Begrünungsmischungen geeignet sind, einerseits Nährstoffverluste im Vergleich zu Standardbegrünungen (Senf und Phazelia, Perko, ...) und zu Schwarzbrache über den Winter hintanzuhalten und andererseits den Stickstoff aus der legumen N-Bindung der Folgekultur ertragswirksam zur Verfügung zu stellen, wurde bislang nicht (vor allem hinsichtlich der damit einhergehenden Nitratverluste und Nitratbefruchtungen des anfallenden Sickerwassers) in Lysimeterstudien behandelt (MARSTORP and KIRCHMANN 1991, REENTS HJ. and K. MÖLLER 2000).

Mit dem Anbau von Begrünungen besteht zugleich die Möglichkeit, die an-

fallende Gülle im Sommer, aber auch noch im Herbst pflanzenbaulich effizient einzusetzen. Der hohe Anteil des mineralischen Stickstoffs der Gülle wird von den wachsenden Begrünungspflanzen aufgenommen, in der Biomasse über den Winter konserviert und somit vor Verlagerung geschützt, und steht nach der Mineralisierung der Folgefrucht ertragswirksam zur Verfügung (STEFFENS und VETTER 1983, BERTILSON 1988).

Welche Unterschiede zwischen abfrostenden und winterharten Begrünungen hinsichtlich Gülleverwertung und Grundwasserschutz bestehen, ist vor allem hinsichtlich der aus ökologischen Gesichtspunkten erforderlichen Lagerkapazität von Relevanz: Zu winterharten Begrünungen kann unter Umständen die Güllegabe auch wesentlich später im Herbst erfolgen, ohne Umweltbelange zu vernachlässigen.

## 2. Material und Methoden

Die Charakteristika des Standortes bei Wolfpassing im N.Ö. Alpenvorland

**Tabelle 1: Versuchsbeschreibung (Vorfrucht: Sommergerste, Stroheinarbeitung)**

Prüfglied	Begrünungsvarianten <sup>1)</sup>	Rinder-Gülle zu Begrünung <sup>2)</sup>	Mineral. N-Gabe zur Folgefrucht Mais <sup>3)</sup>
1	„Standard“-Begrünung <sup>4)</sup>	0	0
2	Leguminosenbetonte Begrünung <sup>5)</sup>	0	0
3	„Standard“-Begrünung	30 m <sup>3</sup> im Sommer	0
4	Winterharte Begrünung <sup>6)</sup>	30 m <sup>3</sup> im Herbst	0
5	„Standard“-Begrünung	0	70 <sup>7)</sup>
6	Winterharte Begrünung	0	70 <sup>7)</sup>
7	Schwarzbrache im Winter	0	70 <sup>7)</sup>
8	„Standard“-Begrünung	0	140 <sup>8)</sup>

<sup>1)</sup> Einheitlicher Anbau der Begrünungen: Anfang August 1999; Umbruch mit Pflug Mitte März 2000

<sup>2)</sup> Applikation von ca. 60 kg anrechenbarem N/ha vor Anbau bzw. Ende Okt. 1999 in den Bestand

<sup>3)</sup> Saatbett mit Kreiselege, Anbau (Sorte Kampala - Reifezahl 270) Ende April 2000

<sup>4)</sup> Mischung aus Buchweizen (70%), Senf (10%), Phazelia (10%), Ölrettich (10%): Saatmenge 20 kg/ha

<sup>5)</sup> Mischung aus Sommerwicke (45%), Platterbse (30%), Perser- und Alexandrinerklee (je 4,5%), Buchweizen (15%) und Senf (1%): Saatmenge 67 kg/ha

<sup>6)</sup> Perko (Chinakohlrübsenbastard): Saatmenge 15 kg/ha

<sup>7)</sup> Gesamte N-Düngung vor Maisanbau

<sup>8)</sup> Teilung der N-Düngung: vor Anbau und 6-8 Blatt-Stadium

**Autoren:** Dr. Georg DERSCH und Dipl.-Ing. Johannes HÖSCH, Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Spargelfeldstraße 191, A-1226 WIEN

Tabelle 2: Monatliche Niederschläge im Vergleich zum langjährigen Mittel

Monat/ Jahr	VII/ 1999	VIII/ 1999	IX/ 1999	X/ 1999	XI/ 1999	XII/ 1999	I/ 2000	II/ 2000	III/ 2000	IV/ 2000	V/ 2000	VI/ 2000	VII/ 2000	VIII/ 2000	IX/ 2000
Niederschlag (mm)	87	94	137	130	62	22	52	69	95	12	68	60	120	138	69
(in % des Mittels) <sup>1)</sup>	(88)	(109)	(198)	(252)	(85)	(25)	(81)	(121)	(146)	(16)	(77)	(63)	(121)	(160)	(101)

<sup>1)</sup> in % der langjährigen mittleren monatlichen Niederschlagsmenge

(pseudovergleyte Parabraunerde aus lehmigen Schluff; mittlerer Jahresniederschlag von 900 mm) sowie die Kenndaten der verwendeten Sickerwassersammler (Einbau in 1,4 m Tiefe, Absaugen des Sickerwassers bei installiertem Unterdruck von 0,3 bar) sind bei DACHLER (1992) und BÖHM et al. (1999) detailliert dokumentiert.

Als Versuchsanordnung wurde eine Blockanlage mit 3 Wiederholungen gewählt, wobei auch hinsichtlich der Bearbeitung der Grundwasserproblematik pro Prüfglied (PG) 3 Sickerwassersammler beprobt wurden. Somit war sowohl bei der Ertragsauswertung von Körnermais als auch bezüglich der N-Frachten und der Nitratkonzentrationen im anfallenden Sickerwasser eine varianzanalytische Verrechnung möglich.

Folgende Begrünungs-, Gülle- und mineralische N-Varianten wurden geprüft (siehe Tabelle 1).

Weiters wurden zu relevanten Terminen (vor Anbau der Begrünungen, vor Winterbeginn, vor Umbruch der Begrünungen im Frühjahr, nach der Maisernte) N<sub>min</sub>-Beprobungen durchgeführt.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Niederschläge und Sickerwasseranfall

Die Niederschlagsmengen waren sowohl für die Entwicklung der Begrünungen als auch für den Mais günstig verteilt, mit deutlich höheren Mengen im Sommer-

als im Winterhalbjahr. Die im 2. Quartal 2000 deutlich unter dem langjährigen Mittel liegenden Niederschläge waren für den Mais nicht ertragsbegrenzend, weil im weiteren Vegetationsverlauf (Juli, August) ausreichende Regenmengen auftraten (Tabelle 2).

Der Sickerwasseranfall lag während der 5 Beobachtungsquartale im Mittel bei 25% der Niederschlagsmenge und war somit in einem für die Region typischen Bereich. Sickerwasserbildung trat nahezu kontinuierlich auf, auch während der Sommermonate; nur im 4. Quartal 1999 war die Grundwasserneubildung minimal.

Ausgehend von den hohen Niederschlagsmengen (im 2. Quartal 1999 knapp 400 mm) waren keine signifikanten Unterschiede in den Sickerwassermengen zwischen den unterschiedlichen Begrünungsvarianten, auch nicht mit der unbegrünten Variante, die durch Bodenbearbeitung als Schwarzbrache geführt wurde, feststellbar (Tabelle 3). Nur im 1. und 2. Quartal 2000 traten einige wenige signifikante Unterschiede auf; diese Differenzen sind nicht kausal interpretierbar, weil es sich teilweise um Varianten handelt, die hinsichtlich Wasserverbrauch völlig gleich geführt wurden (z.B. PG 5 u. 8).

#### 3.2. Verlauf der N<sub>min</sub>-Gehalte

Im gesamten Verlauf wurden keine hohen N<sub>min</sub>-Gehalte (Höchstwert 49 kg bis 90 cm) festgestellt. Ausgehend von der vorangegangenen Bewirtschaftungs-

intensität (nur mäßiger organischer bzw. mineralischer N-Input, eher geringer Humusgehalt von 2%) sind diese Ergebnisse plausibel und unterstreichen die Eignung des Standortes, weil ein hohes standörtliches N-Nachlieferungspotential die spezifischen Effekte der untersuchten Verfahren wesentlich überlagern würde. Vor Anlage der Begrünungen im Sommer 1999 lagen keine relevanten unterschiedlichen N<sub>min</sub>-Gehalte vor (Tabelle 4). Vor Winterbeginn (Mitte Nov.) waren etwas höhere Gehalte bei der unbegrünten Variante PG 7 und in stärkerem Ausmaß bei PG 4 im Oberboden wegen der späten Gülleapplikation Ende Oktober.

Mitte März vor Umbruch der Begrünungen wurden höhere mineralische N-Mengen bei der leguminosenbetonten Begrünung (PG 2) und der unbegrünten Variante (PG 7) gefunden, etwas unterdurchschnittliche Mengen beim winterharten Perko (PG 4 und 6). Generell sind die Gehalte und Differenzen als gering zu bewerten.

Nach der Maisernte lagen die N<sub>min</sub>-Gehalte bei unter 20 kg/ha, der Boden war also nahezu völlig von Nitrat-N entleert. Das bedeutet zugleich, dass die zugeführten mineralischen N-Gaben und die bis zu diesem Zeitpunkt aus dem organischen N-Pool mineralisierten N-Mengen vollständig verwertet werden konnten.

Tabelle 3: Sickerwassermengen pro Quartal in mm

Prüfglied	Juli - Sept. 1999	Okt. - Dez. 1999	Jän. - März 2000	April - Juni 2000	Juli - Sept. 2000
1	131	8	90	59	47
2	107	5	84	52	37
3	125	1	118	58	41
4	88	8	65	55	21
5	99	7	71	57	31
6	104	10	70	52	27
7	110	10	91	61	37
8	113	5	115	88	39
Mittel (% des NS) <sup>1)</sup>	110 (35%)	7 (3%)	88 (41%)	60 (43%)	35 (11%)
Grenzdifferenz (5%)	47	9	33	26	19

<sup>1)</sup> in % der Niederschlagsmenge des jeweiligen Quartals

**Tabelle 4: N<sub>min</sub>-Gehalte im Boden bis 90 cm (3 Schichten: 0-30 cm / 30-60 cm / 60-90 cm)**

Prüfglied	Sommer 1999	Mitte Nov. 1999	Mitte März 2000	Oktober 2000
1	16 (9/ 5/ 2)	21 (10/ 7/ 4)	31 (14/11/6)	17 (9/ 6/ 2)
2	25 (8/10/ 7)	18 (8/ 6/ 4)	49 (18/19/12)	16 (9/ 5/ 2)
3	19 (8/ 7/ 4)	15 (6/ 5/ 4)	34 (12/12/10)	18 (10/ 5/ 3)
4	21 (9/ 7/ 5)	49 (38/ 7/ 4)	23 (10/ 7/ 6)	17 (9/ 4/ 3)
5	16 (9/ 5/ 2)	21 (10/ 7/ 4)	31 (14/11/6)	16 (9/ 4/ 3)
6	19 (7/11/ 1)	16 (7/ 5/ 4)	22 (10/ 6/ 6)	15 (8/ 4/ 3)
7	26 (9/ 5/ 2)	32 (17/ 8/ 8)	44 (12/17/15)	14 (7/ 4/ 3)
8	16 (9/ 5/ 2)	21 (10/ 7/ 4)	31 (14/11/6)	16 (8/ 5/ 3)

### 3.3. Nitratgehalte im Sickerwasser (mg/l) und Nitrat-N-Austrag (kg N/ha)

Die Nitrat-Konzentrationen unterschieden sich im 3. Quartal 1999 nicht signifikant und lagen im Bereich zwischen 19 und 38 mg/l. Auch im nächsten Quartal traten keine statistisch abgesicherten Differenzen auf, bei den Varianten mit der winterharten Begrünung (PG 4 und 6) lagen tendenziell die niedrigsten Gehalte vor.

Im 1. Quartal 2000 mit Fortdauer des Versuches wurden die Unterschiede zunehmend größer und markanter (Bereich zwischen 2 und 77 mg/l): Die Variante mit winterharter Begrünung ohne Gülleapplikation (PG 6) erreichte den extrem niedrigen Wert, alle anderen Begrünungsvarianten lagen relativ eng zusammen (13 - 22 mg/l), ohne Begrünung (PG 7) wurde eine hohe mittlere Konzentration von 77 mg/l gefunden. Diese Unterschiede zwischen den Prüfgliedern blieben im nächsten Quartal bestehen, zugleich war generell ein Anstieg der Konzentrationen der vorher begrünten Varianten (Umbruch Mitte März) feststellbar.

Während des Sommers 2000 traten eine Reihe signifikanter Unterschiede in den Nitratgehalten auf: Die deutlich ungünstigsten Werte (106 mg/l) wurden bei der

über den Winter als Schwarzbrache geführten Variante (PG 7) bereits bei nur mittlerer N-Düngung zu Mais (70 kg N) gefunden. Relativ hohe Konzentrationen (über 50 mg/l) zeigten in abnehmender Reihenfolge PG 8 mit hoher mineralische N-Gabe (140 kg N), die winterharte Begrünung bei Gülleausbringung im Herbst (PG 4), PG 5 mit mittlerer N-Düngung (70 kg N) und die ungedüngte, leguminosenbetonte Begrünungsvariante (PG 2). Weiterhin niedrige Gehalte (18-36 mg/l) lagen bei der ungedüngten Kontrollvariante (PG 1), bei Gülleapplikation vor dem Begrünungsanbau (PG 3) sowie bei winterharter Begrünung kombiniert mit mittlerer mineralischer N-Düngung zu Mais (PG 5) vor (Tabelle 5).

Ausgehend von den nur geringen Unterschieden beim Sickerwasseranfall waren die N-Austräge primär von den Nitrat-Konzentrationen abhängig. Signifikante Unterschiede waren daher ebenfalls erst ab dem 1. Quartal 2000 feststellbar (Tabelle 5), hauptsächlich zwischen der Schwarzbrache (PG 7) und allen anderen begrünten Varianten.

### 3.4. Maisertrag, mittlere Nitratgehalte und N-Austrag im Verlauf der gesamten Periode

Für eine Gesamtbeurteilung müssen sowohl das Ertragsgeschehen als auch die

jeweiligen Nitratgehalte und N-Austräge während der gesamten Periode ab dem Zeitpunkt der Ernte der Vorfrucht Sommergerste bis zur Maisernte herangezogen werden.

Die Maiserträge lagen zwischen 80 und 111 dt/ha, das erreichte Ertragsniveau ist als hoch einzustufen. In Abhängigkeit von den Düngungsintensitäten traten durchwegs signifikante Ertragsunterschiede auf: Ohne Düngung bei 80 dt, die Verwendung einer leguminosenbetonten Begrünungsmischung oder Gülleapplikation zur Begrünung führte zu Erträgen von 88 - 93 dt. Mit 70 kg mineralischem N-Dünger zu Mais wurden 102 - 104 dt geerntet, unabhängig davon, welche Form der Begrünung (abfrostend, winterhart oder Schwarzbrache) verwendet wurde.

Durch weitere N-Zufuhr konnte der Ertrag signifikant auf 111 dt gesteigert werden, die N-Wirkung (kg Ertragszuwachs pro kg mineral. N) der erhöhten Gabe war erwartungsgemäß deutlich geringer als bei der mittleren N-Stufe (12 bzw. 33 kg/kg N).

Bei den mittleren Nitrat-Gehalten sowie den kumulierten N-Austrägen waren jeweils 3 deutliche Abstufungen ausgeprägt: Die Schwarzbrache über den Winter führte bereits bei mittlerer N-Intensität (PG 7) zu überhöhten Nitratgehalten im Sickerwasser und zu Nitrat-N-Verlusten von 44 kg/ha. Eine winterharte Begrünung bei derselben N-Intensität (PG 6) erbrachte in ökologischer Hinsicht die günstigsten Ergebnisse (13 mg Nitrat/l und nur geringe N-Verluste von 8 kg/ha). Alle anderen Varianten lagen innerhalb einer sehr einheitlichen Bandbreite (28 - 33 mg Nitrat/l; 17 - 25 kg N-Verluste pro ha).

**Tabelle 5: Mittlere Nitratkonzentration (mg/l) und Nitrat-N-Austrag (kg N/ha) pro Quartal**

Periode	Juli - Sept. 1999		Okt. - Dez. 1999		Jän. - März 2000		April - Juni 2000		Juli - Sept. 2000	
	Nitrat-Konz.	N-Austrag	Nitrat-Konz.	N-Austrag	Nitrat-Konz.	N-Austrag	Nitrat-Konz.	N-Austrag	Nitrat-Konz.	N-Austrag
1	27	8,1	34	0,6	22	4,0	38	5,1	36	3,9
2	38	9,2	43	0,5	18	3,4	30	3,7	56	4,7
3	31	8,8	41	0,1	21	5,6	35	4,3	30	2,8
4	29	6,3	22	0,3	16	2,8	34	4,7	65	3,1
5	33	7,3	34	0,6	13	1,9	36	4,0	60	4,5
6	18	4,3	24	0,5	2	0,2	15	1,7	18	1,4
7	36	8,9	41	0,9	77	15,5	69	9,9	106	8,9
8	31	7,4	28	0,2	20	5,4	25	5,0	79	6,7
GD(5%)	21	5,9	21	0,8	23	4,6	32	4,6	28	2,8

Tabelle 6: Körnermaiseraug, N-Austrag u. mittlere Nitratkonz. im Sickerwasser

Prüfglied	Begrünung	Düngung	Körnermais (dt/ha)	Nitrat-Konzentration	N-Austrag
1	„Standard-Begrünung“	0	80,3	29	22,2
2	Begrünung mit Leguminosen	0	92,2	33	21,4
3	„Standard-Begrünung“	30 m <sup>3</sup> Gülle	92,6	28	21,7
4	Perko	30 m <sup>3</sup> Gülle	87,7	30	17,2
5	„Standard-Begrünung“	70 kg	103,1	31	18,2
6	Perko	70 kg	102,4	13	8,1
7	Ohne Begrünung	70 kg	104,5	63	44,1
8	„Standard-Begrünung“	140 kg	111,2	30	24,6
GD (5%)			6,7	16	13,0

#### 4. Diskussion und Folgerungen

Die Ergebnisse sind eine weitere Bestätigung dafür, dass im Ackerbau in mäßig bis schwach humiden Regionen mit Jahresniederschlagssummen von etwa 800 - 900 mm eine Minimierung der Nährstoffverluste primär mit dem rechtzeitigen Anbau von Begrünungen bis Mitte August einhergeht (ARONSSON and TORSTENSSON 1998, BECKWITH et al. 1998). Dieser Effekt blieb während der darauffolgenden 12 Monate in den verringerten Nitratgehalten und N-Verlusten eindeutig nachweisbar. Auswirkungen auf verringerte Sickerwassermengen wurden unter diesen Witterungsverhältnissen nicht gefunden, sodass auch noch in Regionen mit deutlich geringeren jährlichen Regenmengen diese Strategie als die zielführendste erscheint.

Die Ausbringung von Gülle darf im Sommer oder Herbst nur dann erfolgen, wenn noch Aussicht auf eine zügige Bestandesentwicklung der Begrünung besteht oder wenn bereits ein flächendeckender Aufwuchs einer winterharten Begrünung vorhanden ist. TORSTENSSON and ARONSSON (2000) berichten ebenfalls von Reduktionen der N-Verluste von im Mittel 60% durch Begrünungen. Der im Herbst applizierte Gülle-Stickstoff wurde von der winterharten Begrünung effizient akkumuliert, tendenziell war jedoch eine geringere Verwertung von der

Folgekultur Mais (Ertragszuwachs von 7,4 dt) gegeben im Vergleich zu abfrostenden Begrünungen (+12,3 dt), bei denen die Mineralisierung aus der pflanzlichen Biomasse früher einsetzte. Vor einer generellen Bewertung sind die etwas verringerten Mineralisationsraten infolge der unterdurchschnittlichen Frühjahrsniederschläge zu berücksichtigen. Auf die von Jahr zu Jahr unterschiedliche Mineralisierung des in den Zwischenfrüchten gespeicherten Stickstoffs wird immer wieder hingewiesen (z.B. STEFFENS und VETTER 1983).

Die Verwendung von leguminosenbetonten Begrünungsmischungen ist in ökologischer Hinsicht durchaus gerechtfertigt: Die Nitratbelastung des Grundwassers sowie die N-Verluste unterschieden sich nicht von abfrostenden Begrünungsmischungen ohne Leguminosen, zugleich konnte ein signifikanter Ertrags-effekt von 12 dt/ha bei Mais realisiert werden, wofür ansonsten etwa 35 - 40 kg mineralischer N erforderlich sind.

Als effizienteste Sanierungsvariante hinsichtlich der Grundwasserqualität ist die Verwendung einer winterharten Begrünung einzuschätzen. Die unvermeidbaren N-Verluste im Sickerwasser lagen damit in einem Bereich kleiner als 10 kg N/ha.

#### 5. Literatur

ARONSSON, H. and G. TORSTENSSON, 1998: Measured and simulated availability of leaching

of nitrogen associated with frequent use of catch crops. *Soil Use and Management* 14/1, 6-13.

BÖHM, K., G. DERSCH und J. HÖSCH, 1999: Wirkung von Zwischenfruchtanbau bei unterschiedlicher Düngung auf Maisertrag und Stoffaustrag (N, Ca, Mg, Cl) im Lysimeterversuch. Bericht 8. Lysimetertagung, 87-92.

BECKWITH, C.P., J. COOPER, K.A. SMITH and M.A. SHEPHERD, 1998: Nitrate leaching loss following application of organic manures to sandy soils in arable cropping. *Soil Use and Management* 14/3, 123-130.

BERTILSSON, G., 1988: Lysimeter studies of nitrogen leaching and nitrogen balances as affected by agricultural practices. *Acta Agri. Scand.* 38, 3-11.

DACHLER, M., 1992: Was können Krumenlysimeter? Bericht 2. Lysimetertagung, 33-38.

MARSTORP, H. and H. KIRCHMANN, 1991: Carbon and nitrogen mineralization and crop uptake of nitrogen from six green manure legumes decomposing in soil. *Acta Agr. Scand.* 41, 243-252.

STEFFENS, G. und H. VETTER, 1983: Stickstoffverlagerung nach Gölledüngung mit und ohne Zwischenfruchtanbau. *Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft* 40, 354-362.

REENTS, H.J. and K. MÖLLER, 2000: Effects of different green manure catch crops grown after peas on nitrate dynamics in soils and on yield and quality of subsequent potatoes and wheat. *Proceedings 13<sup>th</sup> IFOAM Scientific Conference*, 73-76.

TORSTENSSON, G. and H. ARONSSON, 2000: Nitrogen leaching and crop availability in manured catch crops in Sweden. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 56/2, 139-152.

SÖRENSEN, J.N., 1992: Effect of catch crops on the content of soil mineral nitrogen before and after winter leaching. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 155, 61-66.