



wpa Beratende Ingenieure

## ÖPUL Evaluierung -

### Wirkung der neuen Begrünungsvariante A1 und der Untersaat Mais

**Auftraggeber:** Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

Abteilung II 8 - Biologische Landwirtschaft und Agrarumweltprogramme

Stubenring 1  
A-1012 Wien

**Berichtsdatum:** 31.01.2008

**Version:** 2.0

**Inhalt:** Bericht

**Ausführung:** pdf

wpa Beratende Ingenieure GmbH  
A-1090 Wien, Lackierergasse 1/4  
Tel (+43-1) 403 62 80, Fax 405 57 16

Zweigstelle:  
A-6850 Dornbirn, Am Kehlerpark 1,  
Tel (+43-5572) 540 03, Fax 372 996  
wpa@wpa.at www.wpa.at

UID: ATU 16138800, Gesellschaft mbH, Handelsgericht Wien, FN 51597d  
Bank: Bgld. Anlage & Kredit Bank AG (BLZ 18525), Kontonr. 552 03 82 0000  
IBAN: AT 381852555203820000, BIC: VOMMAT 21

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNG</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>DATENGRUNDLAGEN UND METHODEN</b>	<b>7</b>
3.1	Frühere Evaluierungen	7
3.2	Methodisches Konzept	7
3.3	Untersuchungsgebiete	8
3.4	Modellierung der Bodenerosion	9
3.4.1	Allgemeine Modellannahmen und Eingangsparameter	9
3.4.2	Begrünungsvariante A1	9
3.4.3	Untersaat bei Mais	9
3.5	Modellierung der Nährstoffauswaschung	10
3.6	Messprogramm	12
3.6.1	Auswahl der Probenahmeflächen	12
3.6.2	N <sub>min</sub> Gehalt Boden	13
3.6.3	Aufwuchs	13
3.7	Statistische Auswertung	14
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>15</b>
4.1	Wirkung der Begrünungsmaßnahme A1 auf den Bodenabtrag	15
4.1.1	Vergleich zu unbegrünten Flächen	15
4.1.2	Vergleich zu anderen Begrünungsvarianten	16
4.2	Wirkung der Untersaat Mais auf den Bodenabtrag	18
4.3	Wirkung der Begrünungsvarianten A1 auf den Nitrataustrag	19
4.3.1	Modellergebnisse zur Nitratauswaschung, Grundwasserneubildung und Trockenmassebildung	19
4.3.2	Messergebnisse N <sub>min</sub> Gehalt des Bodens	21
4.3.3	Messergebnisse Trockenmasse	22
4.3.4	Messergebnisse Stickstoffentzug	23
4.4	Wirkung der Untersaat Mais auf die Stickstoffauswaschung	24
<b>5</b>	<b>LITERATUR</b>	<b>25</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 3-1: Projektregionen für die Evaluierung der Begrünungsvariante A1 und Untersaat Mais .....	8
Abb. 3-2: Flussdiagramm für das Revised Modell von Morgan, Morgan & Finney (Morgan, 2001) zur Vorhersage der Bodenerosion .....	9
Abb. 3-3: Messung des Bedeckungsgrades und der Wuchshöhe der Untersaat .....	14
Abb. 4-1: Vergleich der Bodenerosion auf einer Ackerfläche ohne Begrünung (0) und mit Begrünungsvariante A1 .....	15
Abb. 4-2: Relative Abnahme des <b>jährlichen Bodenabtrags</b> durch die ÖPUL Begrünungsvariante A1 an unterschiedlichen Standorten (durchschnittliche Bedingungen) .....	15
Abb. 4-3: Bodenabtrag ohne und mit Begrünungsvariante A1 bei unterschiedlicher Hangneigung (Jahr mit extremen Witterungsbedingungen) .....	16
Abb. 4-4: Bedeckungszeiträume ausgewählter Simulationsvarianten .....	16
Abb. 4-5: Bodenerosion unter verschiedenen Ausgangssituationen (0 und H0_Öpul2000) und den ÖPUL Begrünungsvarianten .....	17
Abb. 4-6: Relative Abnahme des <b>jährlichen Bodenabtrags</b> durch die ÖPUL Begrünungsvarianten (durchschnittliche Bedingungen) .....	17
Abb. 4-7: Vergleich der Bodenerosion auf einer konventionellen Maisfläche und einer Maisfläche mit Untersaat (Traun-Enns Platte, Mittel aller Standortbedingungen) .....	18
Abb. 4-8: Bedeckungszeiträume der Simulationsvarianten Mais und Untersaat bei Mais mit anschließender Nutzung als Begrünung .....	18
Abb. 4-9: Bodenabtrag ohne und mit Untersaat Mais bei unterschiedlicher Hangneigung .....	19
Abb. 4-10: Bodenabtrag mit und ohne Untersaat Mais bei unterschiedlichen Klimajahren .....	19
Abb. 4-11: Wirkung der Begrünungsvarianten A1 und A-D auf die <b>Grundwasserneubildung</b> relativ zu Schwarzbrache in den Regionen Ostösterreich, Zentralraum Oberösterreich und Südoststeiermark .....	20
Abb. 4-12: Wirkung der Begrünungsvarianten A1 und A-D auf den <b>Stickstoffaustrag</b> relativ zu Schwarzbrache in den Regionen Ostösterreich, Zentralraum Oberösterreich und Südoststeiermark .....	21
Abb. 4-13: Wirkung der Begrünungsvarianten A1 und A-D auf die <b>Nitratkonzentration im Sickerwasser</b> relativ zu Schwarzbrache in den Regionen Ostösterreich, Zentralraum Oberösterreich und Südoststeiermark .....	21
Abb. 4-14: Spätherbst $N_{min}$ -Gehalte im Boden je nach Begrünungsvariante oder auf Schwarzbrache .....	21
Abb. 4-15: Trockenmasse der Begrünungsvarianten in t/ha .....	22
Abb. 4-16: Begrünungsvarianten A1 und D in Niederösterreich und Oberösterreich .....	23
Abb. 4-17: Stickstoffentzug durch die Begrünung .....	23
Abb. 4-18: $N_{min}$ -Gehalte je Bewirtschaftungsform bei Maisanbau .....	24
Abb. 4-19: Wuchshöhe und Bodenbedeckung der Untersaat Mais .....	24
Abb. 4-20: Trockenmasse und N-Entzug der Untersaat Mais .....	24

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1: Begrünungsvarianten und Begrünungszeiträume in ÖPUL 2007 (in Klammern: ÖPUL 2000 abweichend von ÖPUL 2007) .....	6
Tab. 3-1: Situationsparameter für die Erosionsmodellierung .....	9
Tab. 3-2: Regionalspezifische Annahmen zu den Anbau- und Erntezeitpunkten .....	9
Tab. 3-3: Anbau und Ernte/Umbruch von Mais und Untersaat .....	10
Tab. 3-4: Zusammenstellung der Vergleichsflächen .....	12
Tab. 3-5: Vorfrüchte je Begrünungsvariante .....	12
Tab. 3-6: Landwirte die laut Mehrfachantrag 2007 an der Maßnahme Begrünung von Ackerflächen, Variante A1 teilnehmen (Quelle: AMA) .....	13
Tab. 3-7: Landwirte die laut Mehrfachantrag 2007 an der Maßnahme „Untersaat Mais“ teilnehmen (Quelle: AMA) .....	13
Tab. 3-8: Übersicht über untersuchte Schläge für Untersaat bei Mais .....	13
Tab. 4-1: Relativmaß der Wirkung der Begrünungsvarianten A1 im Vergleich zur Variante A .....	19
Tab. 4-2: Mittlere Trockenmassebildung in t/ha je Begrünungsvariante und Bundesland .....	22

## 1 Zusammenfassung

Die Wirkung der in ÖPUL 2007 erstmals angebotenen Variante A1 zur „Begrünung von Ackerflächen im Herbst und Winter“ sowie die Maßnahme „Untersaaten bei Mais“ wurden hinsichtlich ihrer Auswirkung auf Oberflächengewässer und das Grundwasser untersucht. Dazu wurden Simulationsrechnungen durchgeführt: zur Berechnung des Nährstoffabtrags mit der Bodenerosion am Hang durch Wasser mit dem Modell Revised Morgan Morgan Finney, zur Berechnung der Sickerwasserbildung, der Nitratauswaschung und der Nitratkonzentration im Sickerwasser mit dem Modell SIMWASER/STOTRASIM. Weiters wurden die  $N_{\min}$ -Gehalte des Bodens im Spätherbst sowie die Trockenmasse des Aufwuchses der Begrünungen bzw. der Untersaaten gemessen. Der Bearbeitung wurden drei Regionen in Österreich, nämlich das Trockengebiet Ostösterreichs, der Zentralraum Oberösterreichs und die Südoststeiermark zugrunde gelegt.

Die Bewertung der Wirkung der Begrünungsvariante A1 erfolgte im Vergleich zu unbegrüneten Schlägen aber auch im Vergleich zu den Begrünungsvarianten A, B, C und D, die schon in früheren Untersuchungen evaluiert worden waren. Die Untersaat bei Mais wurde im Vergleich zu Maisschlägen ohne Untersaat und anschließende Begrünung bewertet.

Die wichtigsten Ergebnisse sind:

### Nährstoffverluste durch Bodenabtrag

- ↪ In einer Fruchtfolge Getreide - Begrünungsvariante A1 – ist der Bodenabtrag im Vergleich zu den anderen untersuchten Varianten sehr niedrig. Lediglich die Variante Getreide – Begrünungsvariante D – Mais hat ähnlich niedrige Werte. Da in einer Fruchtfolge Getreide – Wintergetreide andere Begrünungsvarianten als A1 nicht oder kaum (in Ausnahmefällen A) untergebracht werden können, ist sie aus Sicht des Schutzes von Böden und Oberflächengewässern sinnvoll und zu begrüßen.

- ↪ Da jedoch bereits die zum Vergleich herangezogene Fruchtfolge Getreide – (Schwarzbrache) - Wintergetreide nur einen relativ kurzen Zeitraum ohne Bodenbedeckung hat, ist der zusätzliche Effekt der Variante A1 nicht sehr hoch. Der Bodenabtrag wird im Durchschnitt um 25% reduziert. Demgegenüber haben die Begrünungsvarianten B, C und D in einer Fruchtfolge Getreide – Begrünung – Mais einen deutlich stärkeren Effekt gegenüber der unbegrüneten Vergleichsvariante und reduzieren den Abtrag um ca. 60%.

- ↪ Untersaaten bei Mais, die anschließend als Begrünung genutzt werden, reduzieren den Bodenabtrag um bis zu 84% gegenüber Mais ohne Untersaat und anschließende Begrünung. Dies setzt jedoch eine optimale Untersaat mit entsprechendem Bedeckungsgrad voraus. Bedingungen, die, wie die Untersuchungen gezeigt haben, in der Praxis nicht immer erreicht werden.

### Nitratauswaschung

- ↪ Die Begrünungsvariante A1 reduziert die Stickstoffverlagerung in den Untergrund und die Nitratkonzentration im Sickerwasser gegenüber der Schwarzbrache merklich und liegt bei den Ergebnissen der Simulationsrechnung auf etwa gleichem Niveau wie die Varianten A und D. Varianten B und C bewirken eine geringere Reduktion.

- ↪ Weiters haben die Begrünungsvarianten A1, A, und D den größten Einfluss auf die Grundwasserneubildung und reduzieren diese gegenüber Schwarzbrache am stärksten. Die Variante B reduziert die Grundwasserneubildung wenn überhaupt nur geringfügig und bei Variante C ist praktisch kein Einfluss gegeben.

- ↪ Aus mengenmäßiger wasserwirtschaftlicher Sicht ist den Begrünungsvarianten B und C der Vorzug zu geben, da die Reduktion der Grundwasserneubildung speziell im Trockengebiet zu Problemen hinsichtlich ausreichender Grundwasserdotation aus Niederschlagsversickerung führen kann. Aus qualitativer wasserwirtschaftlicher Sicht sind eindeutig die Begrünungsvarianten

rianten A1, A, und D zu bevorzugen, da eine deutliche Reduktion der Grundwasserbefruchtung mit Stickstoff und im Verein mit der veränderten Grundwasserneubildung auch eine Reduktion der Nitratkonzentration im Sickerwasser verbunden ist.

- ↪  $N_{\min}$  Gehalte im Spätherbst waren generell bei einer Begrünung der Variante A1 niedriger als bei Schwarzbrache aber auch niedriger als bei Begrünungen der Variante B oder D.
- ↪ Der Unterschied zwischen den Varianten hängt vom unterschiedlichen Anbauzeitpunkt und der davon abhängigen unterschiedlichen Trockenmassebildung und Stickstoffaufnahme der Begrünung ab. Unterschiede durch den Anbauzeitpunkt können von der Wahl der Begrünungsmischung überlagert und teilweise ausgeglichen werden.
- ↪ Untersaaten bei Mais reduzieren ebenfalls den  $N_{\min}$  Gehalt im Spätherbst und können daher einen Beitrag zur Reduktion der Nitrat auswaschung leisten.

## 2 Zielsetzung und Fragestellung

Zwischenbegrünungen zählten in allen bisherigen ÖPUL Programmen zu den von Landwirten am besten angenommenen Maßnahmen und sind auch im derzeit laufenden ÖPUL 2007 enthalten. Ihre Wirkung auf eine Verminderung der Nitratauswaschung ins Grundwasser und auf eine Reduktion des Boden- und Nährstoffabtrags durch Erosion wurde im Rahmen des ÖPUL 2000 evaluiert.

Im ÖPUL 2007 gibt es jedoch gegenüber ÖPUL 2000 eine neue Begrünungsvariante, die im Hinblick auf wasserwirtschaftliche Zielsetzungen bisher nicht untersucht wurde. Es ist dies die Variante A1, die sich zu den anderen Begrünungsvarianten durch einen früheren Anbau und einen früheren Umbruch (im Herbst) auszeichnet und auf die der Anbau von Wintergetreide zu folgen hat. Weiters ist im ÖPUL 2007 (im Vergleich zu ÖPUL 2000 neu) die Maßnahme Untersaaten bei Mais enthalten. Die Untersaat kann im Anschluss an die Maisernte als Begrünung (Variante C) genutzt werden.

Ziel war es daher, für die neue Begrünungsvariante A1 sowie die Untersaaten bei Mais die Wirkung auf

- ↗ die Verminderung der Nitratauswaschung ins Grundwasser und
- ↗ die Verminderung des Bodenabtrags und damit einer Nährstoffverfrachtung in Oberflächengewässer

zu untersuchen.

Ein weiteres Ziel war es, die Untersuchungen in einer Weise durchzuführen, dass die Wirkung nicht nur im Vergleich zu keiner Maßnahme dargestellt wird, sondern so weit als möglich auch den bereits im Rahmen von ÖPUL 2000 evaluierten Begrünungsvarianten (A, B, C und D) gegenübergestellt wird. Das bedeutet, dass die Methoden, die regionalen und zeitlichen Bezüge jenen in den bereits durchgeführten Evaluierungen so weit als möglich gleichzuhalten waren. Tab. 2-1 gibt einen Überblick über die ÖPUL Begrünungsvarianten.

Tab. 2-1: Begrünungsvarianten und Begrünungszeiträume in ÖPUL 2007 (in Klammern: ÖPUL 2000 abweichend von ÖPUL 2007)

Variante	Begrünungszeitraum
A1	31.7.-15.10. dann Wintergetreide
A	20.8.-15.11.
B	30.9.-1.3. (15.2.)
C	15.10.-1.3.
D	31.8.-1.3. (15.2.)

### 3 Datengrundlagen und Methoden

#### 3.1 Frühere Evaluierungen

In den folgenden Evaluierungen zu ÖPUL 2000 wurde die Wirkung von Begrünungen untersucht. Sie dienen daher als methodische Referenz und liefern Vergleichswerte:

- ↗ wpa Beratende Ingenieure GmbH in Zusammenarbeit mit dem BA für Wasserwirtschaft, 2003: Evaluierung der Auswirkungen der Maßnahme 2.31 aus ÖPUL für die Verbesserung der Grundwasserqualität am Beispiel von 2 Grundwassergebieten Oberösterreichs.
- ↗ Feichtinger et al., 2005: Evaluierung der wasserwirtschaftlichen Relevanz (Effizienz) einer Begrünung von Ackerflächen im Herbst und Winter.
- ↗ Umweltbundesamt, 2005: Wirksamkeit der Maßnahme Begrünung von Ackerflächen im Herbst und Winter und der Maßnahme Erosionsschutz im Weinbau des ÖPUL 2000 auf das Erosionsrisiko.

#### 3.2 Methodisches Konzept

Die Wirkung der Begrünungsvariante A1 und der Untersaat bei Mais auf den Schutz von Oberflächengewässern wurde untersucht, indem die Wirkung auf den Bodenabtrag durch Wassererosion in einem Modell berechnet wurde. Mit dieser Methode wird der Verlust partikulär gebundener Nährstoffe bewertet, die sowohl bei Stickstoff als auch bei Phosphor den Großteil der Nährstofffrachten bei Wassererosion ausmachen. Wie in den in Kap. 3.1 erwähnten früheren Evaluierungen wurde zur Berechnung des Erosionsmodells Revised Morgan Morgan Finney (in Folge MMF; Morgan 2001) verwendet. Dieses Erosionsmodell wurde schon im Vorprojekt auf die österreichischen Verhältnisse kalibriert. Weiters haben die Erfahrungen gezeigt, dass das Modell gute Ergebnisse im Bezug auf eine Evaluierung der ÖPUL-Maßnahmen liefert.

Die Wirkung auf die Nitratauswaschung wurde erstens mit dem vom Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik entwickelten Modell SIMWASSER/STOTRASIM bewertet. Zweitens wurde an ausgewählten Ackerschlägen der  $N_{\min}$  Gehalt im Boden sowie die Trockenmassebildung und der N-Entzug der Begrünung gemessen. Alle drei Parameter ( $N_{\min}$ , Trockenmassebildung und N-Entzug) sind Indikatoren für die Effizienz der Begrünung im Hinblick auf eine Reduktion der Nitratmenge im Boden vor der Vegetationsruhe und damit auch Indikatoren für die Effizienz im Hinblick auf die Nitratauswaschung ins Grundwasser. Sie wurden außerdem herangezogen, um die Ergebnisse der Simulationsrechnung zu überprüfen.

### 3.3 Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungsgebiete wurden gleich belassen wie in den in Kap. 3.1 genannten Studien. Diese stellen gleichzeitig einige der wichtigsten Ackerbauregionen Österreichs dar (Abb. 3-1) und sind somit beispielhaft für Gebiete, wo die untersuchten Maßnahmen umgesetzt werden können:

- ↗ Für die Region Ostösterreich wurde auf die Porengrundwasserkörper Weinviertel, südliches und nördliches Tullnerfeld und Marchfeld gemäß Wasserrahmenrichtlinie abgezielt.
- ↗ Für den oberösterreichischen Zentralraum bildet die Summe der in das Programm „Grundwasser 2010“ (ÖPUL Maßnahmen für den vorbeugenden Gewässerschutz) eingeschlossenen Katastralgemeinden das Projektgebiet.

↗ In der Südoststeiermark ist das Projektgebiet durch die Abgrenzung der Porengrundwasserkörper Unteres Murtal, Leibnitzer Feld und Grazer Feld festgelegt.

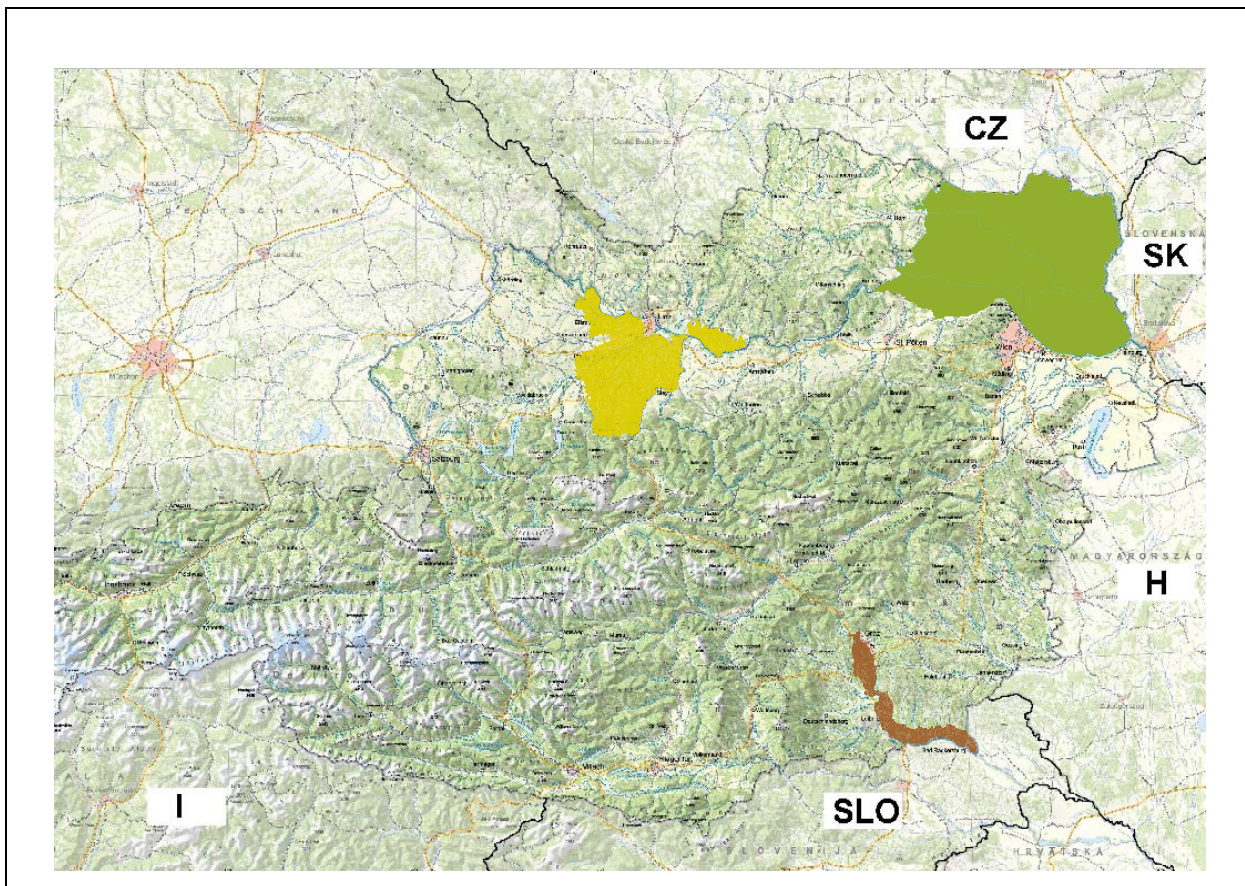


Abb. 3-1: Projektregionen für die Evaluierung der Begrünungsvariante A1 und Untersaat Mais



### 3.4 Modellierung der Bodenerosion

#### 3.4.1 Allgemeine Modellannahmen und Eingangsparameter

Die Fruchtfolge, sowie das Wachstum der Vegetation werden im Modell MMF anhand einer großen Anzahl von Parametern simuliert (Abb. 3-2).

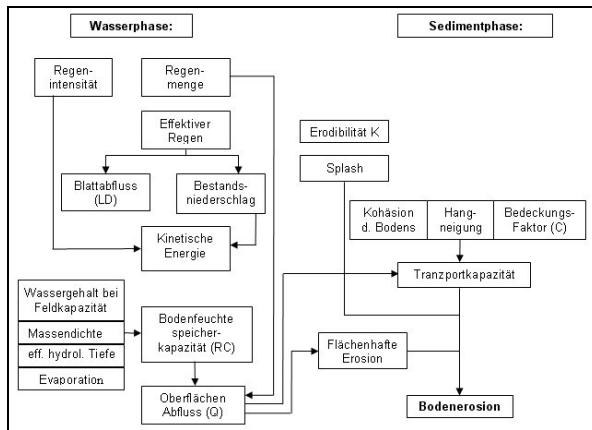


Abb. 3-2: Flussdiagramm für das Revised Modell von Morgan, Morgan & Finney (Morgan, 2001) zur Vorhersage der Bodenerosion

Für eine detaillierte Beschreibung des Erosionsmodells MMF wird auf die in Kap. 3.1 zitierten Vorgängerprojekte sowie das Projekt Nr. 1299, Umweltbundesamt, 2003 „Evaluierung der Effizienz von Erosionsschutzmaßnahmen im Österreichischen Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL 2000) in Testgebieten“ verwiesen.

Berechnet wurde nicht der Bodenabtrag für bestimmte Einzugsgebiete und Zeiträume sondern für theoretische Hänge und ausgewählte Klimajahre, wobei der Berechnungszeitraum vom 1.6. bis 31.5. reicht. Die Annahmen zur Hanggeometrie, zu den Bodeneigenschaften und auch die Auswahl der Klimajahre wurde im Vergleich zum Vorgängerprojekt gleich gehalten (Tab. 3-1), wobei das „durchschnittliche“ und das „extreme“ Klimajahr anhand der Niederschlagsmenge, Intensität und (auf Grund von Fragestellungen im Vorgängerprojekt) der Schneemenge ausgewählt wurden. Die Daten wurden von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geo-

dynamik zur Verfügung gestellt und stammen von den Klimastationen Kremsmünster, Poysdorf und Gleisdorf.

Tab. 3-1: Situationsparameter für die Erosionsmodellierung

Klimajahr	Hangneigung	Hanglänge	Bodenart
durchschnittlich	2°	150 m	uL
	5°	300 m	uS
extrem	10°		sT
	15°		

#### 3.4.2 Begrünungsvariante A1

Für Simulationsrechnung wurde weiters angenommen, dass vor der Begrünung Sommergerste und im Anschluss Winterweizen angebaut wird. Tab. 3-2 zeigt die Annahmen zu den Anbau- und Ernteterminen. Für die Termine zum Anbau und Umbruch der Begrünung wurde der spätest mögliche Anbautermin und der frühest mögliche Umbruchstermin gewählt (siehe Tab. 2-1). Die Kombination aller Faktoren in Tab. 3-1 und Tab. 3-2 ergab in Summe 288 Simulationsläufe (je 144 für begrünt und 144 für unbegrünt).

Tab. 3-2: Regionalspezifische Annahmen zu den Anbau- und Erntezeitpunkten

Regionen	Ernte Sommergerste	Anbau Winterweizen
TE-Platte OÖ	26.7.	20.10.
Oststeir. HL	15.7.	15.10.
Weinviertel	18.7.	17.10.

#### 3.4.3 Untersaat bei Mais

Da es kaum Literaturwerte für die Entwicklung der Untersaat Mais gibt, beruhen die Ausgangswerte für die Erosionsmodellierung auf Erfahrungswerten, den Beobachtungen bei der Probenahme im Rahmen dieses Projektes und Befragungen von Landwirten, die bereits Untersaaten angelegt hatten. Bei der Modellierung wurde von einem optimalen Aufwuchs der Untersaat ausgegangen. Weiters wurde eine

Mais auf Mais Fruchtfolge angenommen sowie, dass die Untersaat anschließend als Begrünung Variante C genutzt wird. Eine Nutzung als Begrünungsvariante stellt deshalb einen wahrscheinlichen Fall dar, da die Untersaat ohnehin bis zum Ende des Jahres nicht umgebrochen werden darf, eine zusätzliche Abgeltung als Begrünung möglich ist, falls der Umbruch erst ab dem 1.3. erfolgt und der Zeitraum 1.1. bis 1.3. für eine Bodenbearbeitung in den meisten Jahren ungünstig ist.

Tab. 3-3: Anbau und Ernte/Umbruch von Mais und Untersaat

Regionen	Anbau	Ernte bzw. Umbruch
Mais	2.5.	14.10
Untersaat	26.6.	1.3.

Da die Grundlagen für eine Modellierung der Untersaat Mais nur eingeschränkt verfügbar waren, wurde die Untersaat nur in der Traun-Enns Platte berechnet, da von dieser Region die meisten Erfahrungswerte vorhanden waren. Weiters wurde nur ein Bodentyp in der Simulation verwendet (uL). Das ergab 32 Simulationsläufe (je 16 ohne und mit Untersaat).

### 3.5 Modellierung der Nährstoffauswaschung

Die Bewertung der Begrünungsvariante A1 gemäß ÖPUL 2007 erfolgt hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Reduktion der Nitrat- auswaschung und weiters hinsichtlich Wasserdynamik und Trockenmassebildung anhand der Ergebnisse von Modellrechnungen. Dies ist die Fortsetzung und Ergänzung zu einer im Jahr 2005 bereits präsentierten Arbeit (Feichtinger et al., 2005; in weiterer Folge: IKTBER 2005) wo die Begrünungsvarianten A, B, C und D zu ÖPUL 2000 bewertet wurden.

Die Modellrechnungen wurden mit dem Konzept SIMWASER (Stenitzer, 1988) / STOTRASIM (Feichtinger, 1998) durchgeführt, welches die Einflüsse von Klima, Boden, Landnutzung und Betriebsmittel-einsatz verknüpft, um für Agrarland die Grundwasserneubildung und die Stickstoffausträge in den Untergrund und in das Grundwasser zu bewerten. Das Modellkonzept ist in IKTBER 2005 im Detail beschrieben.

Bei der Festlegung von Zeithorizonten der Bewertung ist grundsätzlich zwischen den Zeiträumen für die Beschreibung der Bewirtschaftung einer Region und jenen für die Modellrechnung zu unterscheiden. Die Bewirtschaftung der Ackerflächen einer Region ist aus IKTBER 2005 übernommen und somit auf die Laufzeit von ÖPUL 2000 abgestimmt. Die Modellrechnung wurde für den Bewertungszeitraum 1.1.1990 – 31.12.2000 durchgeführt, wobei eine Vorlaufzeit ohne Bewertung der Ergebnisse von 1.1.1980 – 31.12.1989 vorgeschaltet war, was der „modelltechnischen Systemberuhigung“ diente.

Zur modellmäßigen Bearbeitung der Begrünungsvariante A1 wurden zu jeder Region die Wetterdaten und 6 repräsentative Bodeneinheiten aus der Bodenformenvielfalt des Gebietes (gemäß Österreichischer Bodenkartierung) aus IKTBER 2005 übernommen. Ebenso sind die dort beschriebenen Fruchtfolgen Basis für die Bearbeitung von A1. Aufgrund der Erfordernisse der Begrünungsvariante A1, die den Anbau der Begrünung vor dem 31.7. und deren Umbruch bis zum 15.10. inklusive nachfolgendem Anbau von Wintergetreide

voraussetzt, ist es jedoch nicht möglich, die Begrünungsvariante A1 in alle Fruchtfolgen des IKTBER2005 so einzubinden, dass anstatt einer Schwarzbracheperiode die betrachteten Begrünungsvarianten alternativ eingesetzt werden. So ist in der Südoststeiermark die Begrünungsvariante A1 unter Beachtung des regionalen Kulturartenspektrums (Dominanz von Mais und Kürbis) überhaupt nicht realisierbar. Zum Zentralraum Oberösterreich war die Implementierung der Begrünungsvariante A1 zu zwei der ehemals vier (IKTBER 2005) Fruchtfolgen möglich. Hingegen konnte in der Region Ostösterreich die Begrünungsvariante A1 in allen fünf Fruchtfolgen als Alternative zur Schwarzbrache und zu den Varianten A, B, C und D untergebracht werden. Diese Restriktionen bei der Formulierung von regionaltypischen Modellfruchtfolgen werden auch durch die reale Inanspruchnahme dieser ÖPUL – Maßnahme in den Regionen bestätigt (siehe Tab. 3-6). Als Begrünungskultur wurde durchwegs Senf angesetzt.

Ergänzende Anpassungen waren jedoch auch zu den 7 verrechneten Fruchtfolgen erforderlich. Zur Fruchtfolge „Ostregion FF3“ (Bezeichnung gemäß IKTBER 2005) sind Sommergerste und Sonnenblume zur Position innerhalb der Fruchtfolge gegeneinander getauscht worden. Zur Schwarzbrache „Zentralraum OÖ FFM1“ ist unter Beibehaltung der Fruchtfolgeglieder deren Abfolge verändert worden. Bei allen 7 Fruchtfolgen sind die Begrünungen als Alternative zu Schwarzbracheperioden an anderer zeitlicher Position angesetzt. Weiters war zu den Fruchtfolgen „Ostregion FF5“ und „Zentralraum OÖ FFM1 und FFV1“ eine Reduktion der Anzahl von Begrünungen innerhalb des Bewertungszeitraumes erforderlich. Um für die 7 Fruchtfolgen den Bezug der A1 – Ergebnisse zu den Ergebnissen aus IKTBER 2005 zu gewährleisten, sind auch die Schwarzbrache und die Begrünungsvariante A der Modellrechnung unterzogen worden.

Untersaaten zu Mais werden bezüglich einer Wirkung auf die Reduktion der Nitratauswaschung nicht bearbeitet, da einerseits das Modellkonzept SIMWASER/STOTRASIM derzeit keine Möglichkeit hat, diese Vegetationsentwicklung (paralleler Aufwuchs mehrerer Kulturen)

zu bearbeiten, andererseits diese ÖPUL - Maßnahme derzeit kaum in Anspruch genommen wird (vgl. Tab. 3-7).

### 3.6 Messprogramm

#### 3.6.1 Auswahl der Probenahmeflächen

##### Begrünungsvariante A1

Es wurden Probenahmeflächen gesucht und ausgewählt, bei denen sich in unmittelbarer Nachbarschaft zu einer Begrünung der Variante A1 ein weiteres unbegrüntes und/oder mit einer anderen Variante begrüntes Feld befand. Solche Gruppen von Schlägen wurden zu „Vergleichsflächen“ zusammengefasst, wobei darauf geachtet wurde, dass die Bodeneigenschaften innerhalb einer Vergleichsfläche sowie die Vorfrucht möglichst gleich oder ähnlich waren und alle Schläge einer Vergleichsfläche vom selben Landwirten bewirtschaftet wurden. In einzelnen Fällen gab es mehrere mit A1 begrünte Schläge innerhalb einer Vergleichsfläche (vgl.

Tab. 3-4). In Summe wurden 16 Vergleichsflächen beprobt, von diesen 23 Schläge mit A1 Begrünung, 15 mit B oder D Begrünung und 8 unbegrünte Schläge.

Vergleichsflächen 1 bis 10 befanden sich in Niederösterreich, 11 bis 16 in Oberösterreich. In der Steiermark wurden keine Vergleichsflächen beprobt, da in diesem Bundesland im Jahr 2007 nur 17 Betriebe die Begrünungsvariante A1 gewählt hatten (vgl. Tab. 3-6).

Anzumerken ist, dass das Ziel einer einheitlichen Vorbewirtschaftung innerhalb einer Vergleichsfläche nur teilweise realisierbar war, da die Begrünungsvarianten von den Landwirten nicht unabhängig von der vorangehenden Hauptfrucht gewählt werden. Die Begrünung nach Variante B oder D erfolgte auf den untersuchten Schlägen überwiegend nach Getreide, A1 in Niederösterreich überwiegend nach Raps, in Oberösterreich nach Kümmel (Tab. 3-5).

Tab. 3-4: Zusammenstellung der Vergleichsflächen

Vergleichsflächennummer	Anzahl der Schläge mit		
	A1	D oder B	Schwarzbrache
1	1	1 D	1
2	1	1 D	1
3	1		1
4	1		1
5	1	1 D	1
6	1	1 D	
7	1	1 D	
8	1	1 D	
9	1	1 D	
10	1	1 D	
11	1	1 B	
12	3	1 D	
13	1	1 D	
14	4	2 D	1
15	2	1 D	1
16	2	1 D	1
<b>Summe</b>	<b>23</b>	<b>15</b>	<b>8</b>

Tab. 3-5: Vorfrüchte je Begrünungsvariante

Gebiet	VF	Vergleichsflächen		
		A1	B, D	SB
NÖ	Getreide	1	7	2
	Kartoffel	1	0	1
	Raps	8	1	2
	Summe	10	8	5
OÖ	Getreide	4	6	2
	Kümmel	9	1	1
	Summe	13	7	3

Tab. 3-6: Landwirte die laut Mehrfachantrag 2007 an der Maßnahme Begrünung von Ackerflächen, Variante A1 teilnehmen (Quelle: AMA)

LWK	Betriebe	Fläche
Wien	1	44,35
Niederösterreich	658	4.304,79
Burgenland	253	2.428,66
Oberösterreich	155	686,05
Salzburg	0	0,00
Steiermark	17	99,58
Kärnten	6	35,52
Tirol	0	0,00
Vorarlberg	0	0,00
<b>Summe</b>	<b>1.090</b>	<b>7.598,95</b>

### Untersaat Mais

Die Akzeptanz der Maßnahme Untersaat Mais unter den Landwirten war sehr gering. Laut Mehrfachantrag der AMA 2007 nahmen bundesweit lediglich 10 Betriebe mit insgesamt nur 95 ha an der Maßnahme teil (Tab. 3-7). Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass im Jahr 2007 die Maßnahme „Untersaat Mais“ nur als Untermaßnahme im Gewässerschutz wählbar war und somit nur im Projektgebiet der Maßnahme „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“ gefördert wurde.

Tab. 3-7: Landwirte die laut Mehrfachantrag 2007 an der Maßnahme „Untersaat Mais“ teilnehmen (Quelle: AMA)

LWK	Betriebe	Fläche in ha
Wien	0	0,00
Niederösterreich	1	25,12
Burgenland	2	5,11
Oberösterreich	4	7,90
Salzburg	0	0,00
Steiermark	1	2,00
Kärnten	2	54,67
Tirol	0	0,00
Vorarlberg	0	0,00
<b>Summe</b>	<b>10</b>	<b>94,80</b>

Dementsprechend konnte nur ein Betrieb in Niederösterreich ausfindig gemacht werden, der an der Maßnahme Untersaat bei Mais teilnahm. Da dieser auf allen

Maisflächen Untersaaten angelegt hatte, mussten Maisfelder von benachbarten Landwirten zum Vergleich herangezogen werden. Eine weitere Besonderheit bestand darin, dass der Betrieb mit den Untersaaten im Jahr 2007 auf biologische Wirtschaftsweise umgestiegen war. Zum Vergleich wurden daher Maisfelder sowohl eines weiteren Biobetriebs als auch eines konventionell wirtschaftenden Betriebs herangezogen. In Summe wurden 10 Schläge beprobt (siehe Tab. 3-8).

Tab. 3-8: Übersicht über untersuchte Schläge für Untersaat bei Mais

Wirtschaftsweise	Untersaat	beprobte Schläge
biologisch	+	4
biologisch	-	3
konventionell	-	3

### 3.6.2 N<sub>min</sub> Gehalt Boden

Bodenproben wurden von den 46 Schlägen zur Untersuchung der Begrünungsvariante A1 im Zeitraum 8.10. bis 12.10. 2007 genommen. Die 10 Schläge zur Untersuchung der Untersaaten bei Mais wurden unmittelbar nach der Maisernte zwischen 30.10. und 21.11 2007 beprobt.

Die Probennahme und die Bestimmung des N<sub>min</sub> Gehalts im Boden erfolgte gemäß ÖNORM L 1091. Die Korrektur der Messergebnisse um den Skelettgehalt erfolgte nach dem Schätzverfahren nach Appel (VdLUFA, 1997).

### 3.6.3 Aufwuchs

Von den 38 Begrünungen wurden 33 zwischen 8. und 10.10. 2007 beprobt (5 waren von den Landwirten zuvor gehäckselt worden). Die 4 Untersaaten wurden am 1.11.2007 beprobt.

Pro beprobtem Schlag wurden von 3 zufällig ausgewählten Stellen je ein 1 m<sup>2</sup> abgeerntet und die Trockenmasse des Aufwuchses bestimmt (Trocknung bei 105°C).

Bei den Untersaaten wurde darüber hinaus die Wuchshöhe und der Bedeckungsgrad ermittelt, da diese Daten für die An-

passung des Erosionsmodells benötigt wurden (Abb. 3-3).

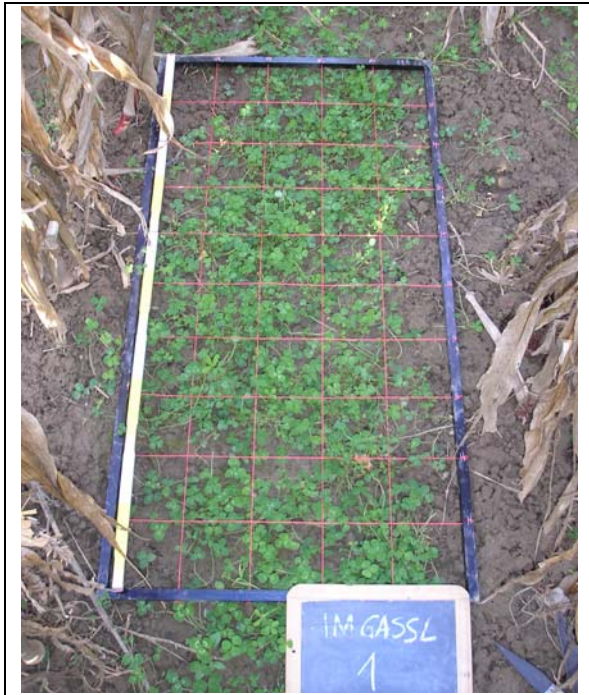


Abb. 3-3: Messung des Bedeckungsgrades und der Wuchshöhe der Untersaat

### 3.7 Statistische Auswertung

Für statistische Auswertungen wurde das Programm SPSS (Version 15) verwendet.

In beschreibenden Statistiken wurden zur Darstellung der Ergebnisse Boxplots verwendet. Dabei wurden als Ausreißer (= o) jene Werte bezeichnet, die mehr als das 1,5 fache des Interquartilenbereichs von der 75 % Perzentile entfernt sind und als Extremwerte (= \*) solche, bei denen dieser Abstand das 3 fache des Interquartilenbereichs übersteigt. In der Box  $\square$  liegen 50 % der Werte mit Median,  $\top$  bezeichnet den höchsten Wert der kein Ausreißer ist und  $\perp$  den niedrigster Wert der kein Ausreißer ist.

Der Einfluss der Begrünungsvarianten wurden mittels Varianzanalysen untersucht, bei denen außerdem die Vergleichsfläche als Faktor verwendet wurde (vgl. Tab. 3-4). Mehrfache Mittelwertvergleiche wurden nach Student-Newman-Keuls durchgeführt.

Als Signifikanzschränke wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% festgelegt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Wirkung der Begrünungsmaßnahme A1 auf den Bodenabtrag

#### 4.1.1 Vergleich zu unbegrüntem Flächen

Generell war der errechnete Bodenabtrag unter den getroffenen Modellannahmen relativ gering. Im Mittel wurde ohne Herbstbegrünung in einem Getreidejahr (Sommergetreide gefolgt von Wintergetreide) 2,2 t/ha/Jahr (mittel aller Modellsimulationen) Boden abgetragen. Durch eine Begrünung vom 31.7. bis 15.10. wurde die Erosion auf 1,73 t/ha/Jahr, also um 25 % reduziert (Abb. 4-1).

In einem Durchschnittsjahr bei einer Hanglänge von 150 m reduzierte eine A1 Begrünung den Bodenabtrag um 11 %. (Durchschnittswert von 3 Regionen, 4 Hangneigungen und 3 Bodenarten).

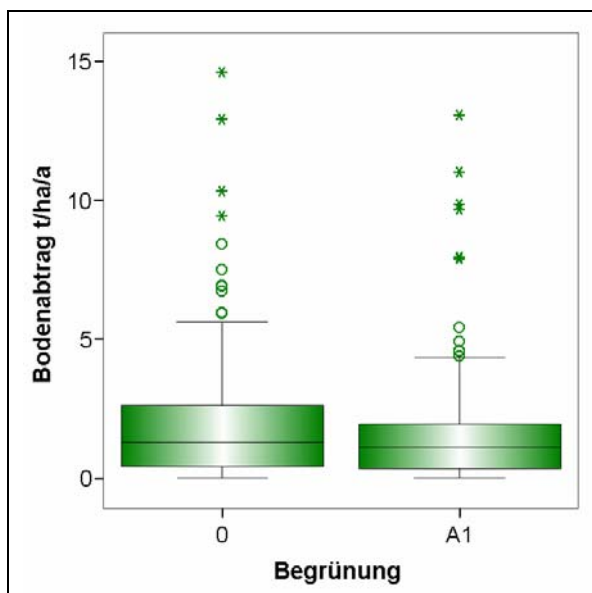


Abb. 4-1: Vergleich der Bodenerosion auf einer Ackerfläche ohne Begrünung (0) und mit Begrünungsvariante A1

Beim Vergleich der unterschiedlichen Standorte ergaben die Berechnungen für die Region der Traun-Enns-Platte die höchsten Bodenabträge. Im Weinviertel und der Oststeiermark lag der Gesamtbodenabtrag um ca. 40 % darunter. Gleich-

zeitig war aber auch die Reduktion der Bodenerosion durch die Begrünungsvariante A1 in der Traun-Enns Platte am größten. Durch die Begrünung im Herbst wurde der Gesamtbodenabtrag in einem Durchschnittsjahr um 14 % reduziert, während im Weinviertel die mittlere Reduktion bei 11 % und in der Oststeiermark bei 6 % lag (Abb. 4-2; Durchschnitt von 4 Hangneigungen, 2 Hanglängen und 3 Bodenarten).

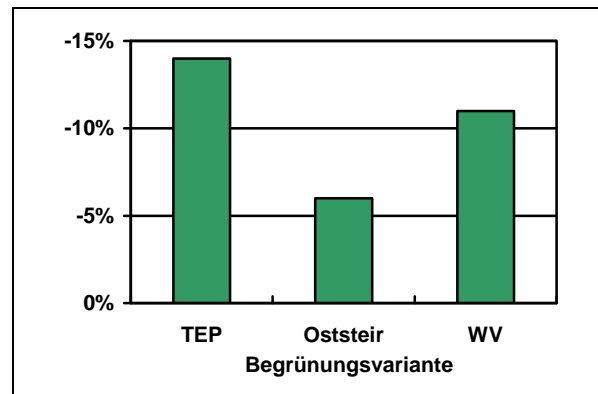


Abb. 4-2: Relative Abnahme des **jährlichen Bodenabtrags** durch die ÖPUL Begrünungsvariante A1 an unterschiedlichen Standorten (durchschnittliche Bedingungen).

Vor allem unter Extrembedingungen zeigte die Begrünungsvariante A1 in den Simulationsrechnungen ihre Wirkung. In einem Jahr mit extremen Witterungsbedingungen wirkte sich die Begrünungsvariante A1 mit zunehmender Hangneigung stärker aus als bei durchschnittlichen Bedingungen (bei 15°, 300 m Hanglänge um 2 t/ha/a; vgl. Abb. 4-3). Aber auch relativ nahm mit zunehmender Hangneigung die Wirkung der Begrünungsvariante A1 zu. Bei einer Hangneigung von 15° wurde durch die Begrünung der Ackerfläche der Bodenabtrag um 22 % reduziert, während sie bei 2° nur eine Wirkung von 20 % hatte.

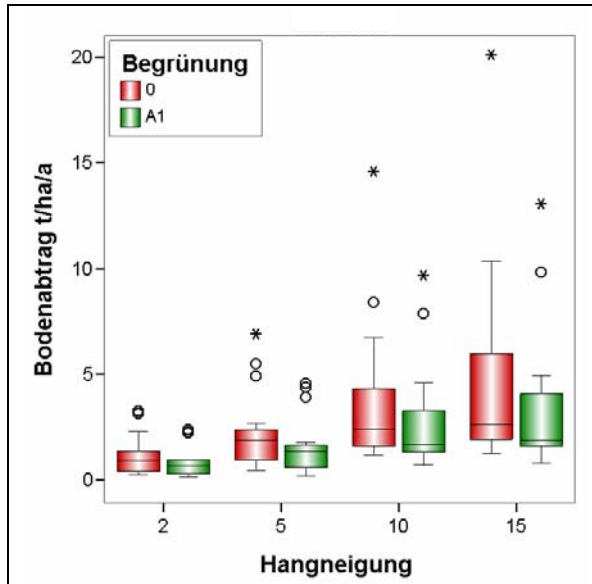


Abb. 4-3: Bodenabtrag ohne und mit Begrünungsvariante A1 bei unterschiedlicher Hangneigung (Jahr mit extremen Witterungsbedingungen)

#### 4.1.2 Vergleich zu anderen Begrünungsvarianten

Begrünungen der Variante A1 müssen von allen Varianten am frühesten angelegt werden (vgl. Tab. 2-1). Gleichzeitig muss im Anschluss Wintergetreide angebaut werden. Die verbleibenden Zeiträume ohne Bodenbedeckung sind dementsprechend sehr kurz und die Gefahr eines Bodenabtrags stark reduziert.

Eine erosionsmindernde Wirkung hat jedoch schon das Wintergetreide an sich, wenn ein Vergleich mit Schlägen gezogen wird, wo erst im Folgejahr zum Beispiel Mais angebaut wird. Ein Vergleich der unterschiedlichen Begrünungsvarianten A1, A, B, C und D unabhängig von den Folgekulturen ist daher nicht möglich, da auf B, C und D keinesfalls und auf A wohl in den meisten Fällen kein Wintergetreide angebaut werden kann, während anschließendes Wintergetreide bei A1 Bedingung ist.

Abb. 4-4 verdeutlicht, dass bei der Evaluierung der Begrünungen im Rahmen des ÖPUL 2000 eine Fruchtfolge gewählt werden musste, bei der alle Begrünungen (A bis D) unter einheitlichen Bedingungen getestet werden konnten (Winterweizen – Begrünung – Mais), und der unbegrünte

Zeitraum daher wesentlich länger war als bei der Evaluierung der Variante A1.

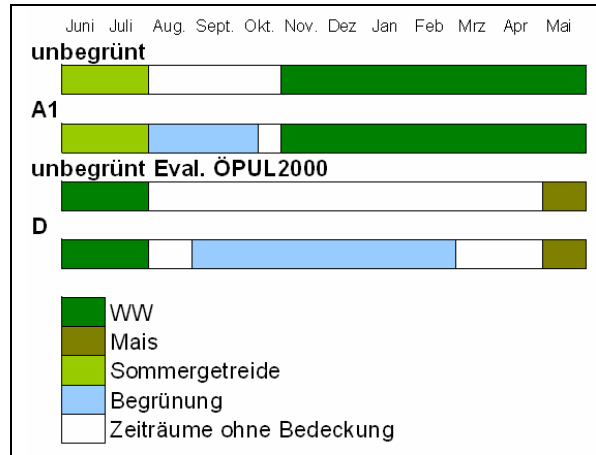


Abb. 4-4: Bedeckungszeiträume ausgewählter Simulationsvarianten

Dementsprechend ist der Bodenabtrag in der unbegrünten Vergleichsvariante zum Testen von A1 in einem Durchschnittsjahr um 66 % niedriger als in der unbegrünten Vergleichsvariante, die in der Evaluierung von ÖPUL 2000 verwendet wurde (Abb. 4-5). Die Fruchtfolge Sommergetreide – unbegrünt – Wintergetreide hat damit einen vergleichbaren Bodenabtrag wie die Fruchtfolge Wintergetreide – Begrünungsvariante B oder C – Mais.

Ungefähr gleichauf liegen die Fruchtfolgen Sommergetreide – Begrünungsvariante A1 – Wintergetreide und Wintergetreide – Begrünungsvariante D – Mais. Unter diesen Bedingungen ist der Bodenabtrag am geringsten.



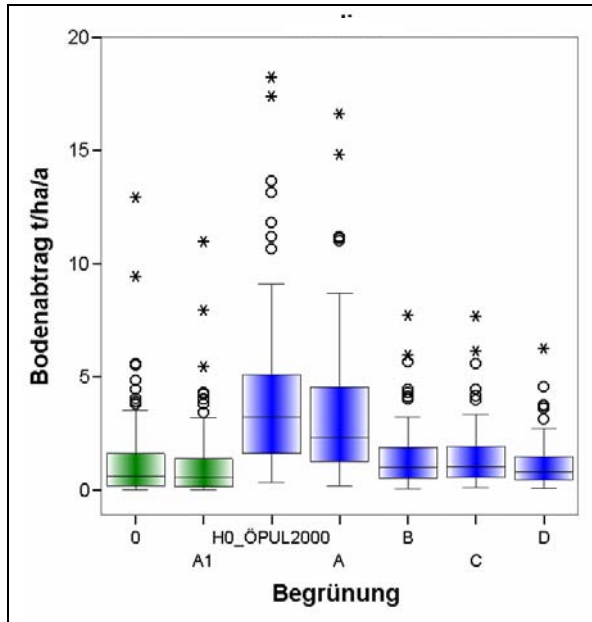


Abb. 4-5: Bodenerosion unter verschiedenen Ausgangssituationen (0 und H0\_Öpul2000) und den ÖPUL Begrünungsvarianten.

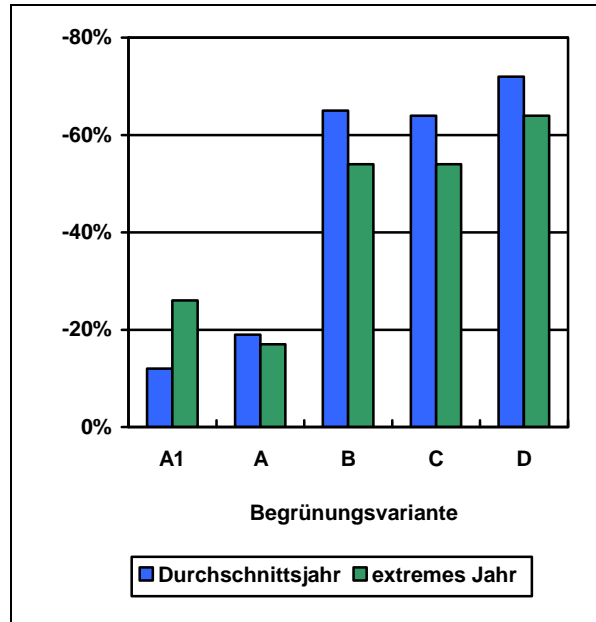


Abb. 4-6: Relative Abnahme des **jährlichen Bodenabtrags** durch die ÖPUL Begrünungsvarianten (durchschnittliche Bedingungen).

Bei der relativen Wirkung der Begrünungsmaßnahmen lagen beide Herbstbegrünungen A und A1 in einem ähnlichen Bereich von etwas unter 20 % Reduktion der Bodenerosion gegenüber keiner Begrünung. Die relative Wirkung war damit deutlich niedriger als bei den anderen Begrünungsvarianten (Abb. 4-6).

Während bei der Variante A der relativ lange Zeitraum ohne Begrünung unter den getroffenen Annahmen die Ursache für die eher niedrige relative Wirkung ist, dürfte bei A1 ausschlaggebend sein, dass bereits ohne Begrünung die Erosion auf Grund der Fruchtfolge gering ist. Der Unterschied der Wirkung von A1 zwischen Durchschnittsjahr und extremen Jahr ist darauf zurückzuführen, dass im August Starkregenereignisse mit entsprechender erosiver Wirkung auftreten können, vor der die Variante A1 schützt.

#### 4.2 Wirkung der Untersaat Mais auf den Bodenabtrag

Die Simulationsrechnung ergab für Maisflächen ohne Untersaaten sehr hohe Bodenabträge. Unter extremen Bedingungen (Boden: uL, maximales Klimajahr, Hangneigung: 15° und Hanglänge 300 m) betrug dieser 72 t/ha/Jahr. Der Mittelwert aller Simulationsläufe ergab für Maisflächen ohne Untersaat 25 t/ha/Jahr.

Hohe Bodenabträge bei Mais werden einerseits dadurch verursacht, dass es lange Zeiträume gibt, bei denen keine oder nur eine geringe Bodendeckung vorliegt. Aber auch in Zeiträumen, in denen sich die Blattmasse des Mais voll entwickelt hat trägt sie nur wenig zum Schutz vor Bodenabtrag bei, da die Abstände zwischen den Maisreihen relativ groß sind und sich auf den Blättern Regentropfen zu größeren Tropfen sammeln und damit beim Aufprall eine hohe Energie haben und entsprechend erosiv wirken (Morgan 2005).

Für Mais mit Untersaat und anschließender Nutzung als Begrünung der Variante C ergab der Durchschnitt aller Simulationsläufe einen Bodenabtrag von 4,3 t/ha/Jahr. Das ist eine Reduktion des Bodenabtrags um 84 % gegenüber einem Mais ohne Untersaat und ohne anschließende Begrünung (Abb. 4-7).

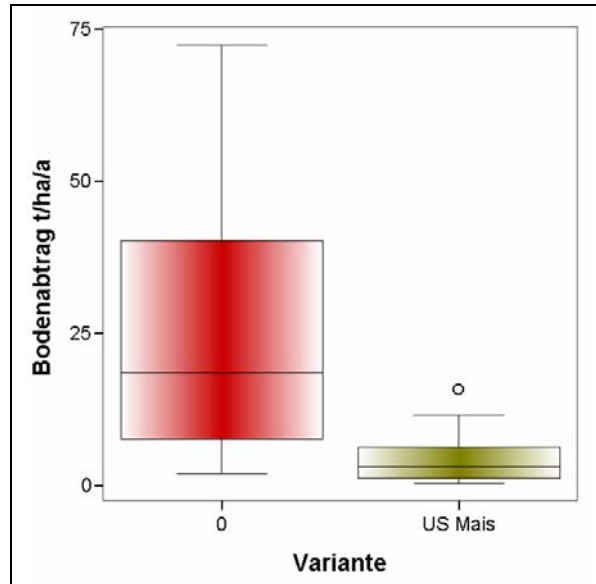


Abb. 4-7: Vergleich der Bodenerosion auf einer konventionellen Maisfläche und einer Maisfläche mit Untersaat (Traun-Enns Platte, Mittel aller Standortbedingungen)

Die Wirkung der Untersaat ist sowohl darauf zurückzuführen, dass der Boden, während der Mais am Feld steht, besser bedeckt ist, als auch auf die längeren Zeiträume einer Bodenbedeckung während eines Jahres bei reiner Maisfruchtfolge (Abb. 4-8).



Abb. 4-8: Bedeckungszeiträume der Simulationsvarianten Mais und Untersaat bei Mais mit anschließender Nutzung als Begrünung

Die Simulationsrechnungen ergaben weiters, dass vor allem unter extremen Bedingungen eine Untersaat bei Mais zu einer Verringerung des Bodenabtrags führt. Von allen Eingangsparametern, die bei der Simulation variiert wurden, wirkten sich die Unterschiede der Hangneigung und der

Hanglänge am stärksten auf die Höhe der Bodenerosion aus. Die Verlängerung des Hanges ergab bei gleicher Hangneigung ungefähr eine Verdreifachung des Bodenabtrags, Abb. 4-9 zeigt den Einfluss der Hangneigung.

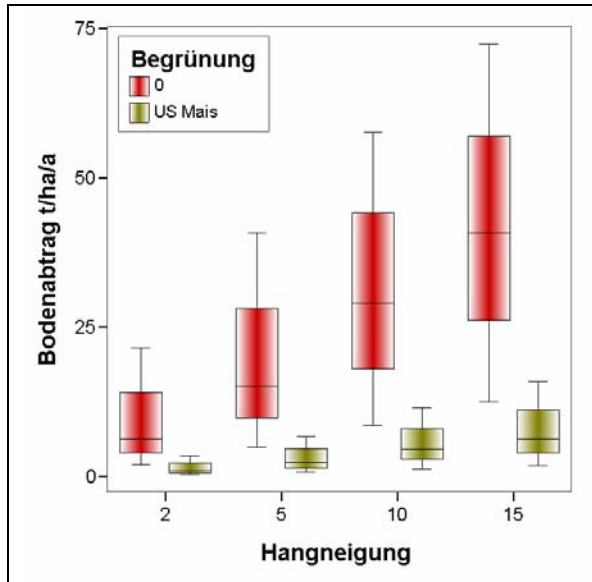


Abb. 4-9: Bodenabtrag ohne und mit Untersaat Mais bei unterschiedlicher Hangneigung

In Jahren mit zahlreichen Starkniederschlägen verringert die Untersaat den Bodenabtrag um 21 t/ha/Jahr und wirkt damit stärker als in Durchschnittsjahren (Abb. 4-10).

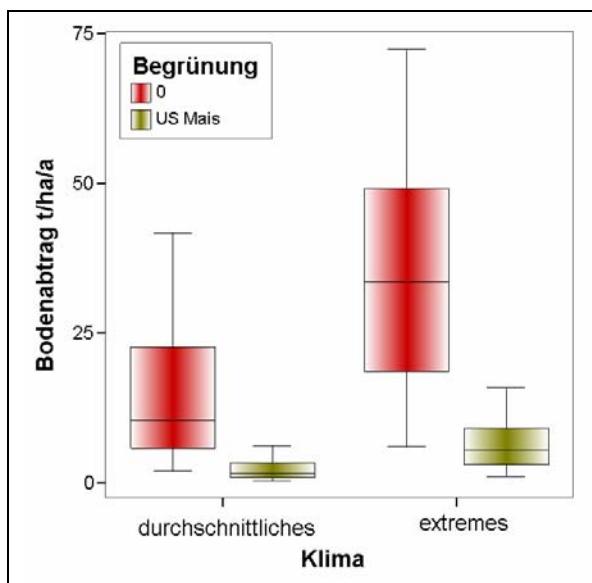


Abb. 4-10: Bodenabtrag mit und ohne Untersaat Mais bei unterschiedlichen Klimajahren

### 4.3 Wirkung der Begrünungsvarianten A1 auf den Nitrataustrag

#### 4.3.1 Modellergebnisse zur Nitratauswaschung, Grundwasserneubildung und Trockenmassebildung

Als Ergebnis der Modellrechnung liegen zu jeder der 7 Fruchtfolgen und für die 6 repräsentativen Bodenformen einer Region zu Schwarzbrache und zu den Begrünungsvarianten A und A1 die Mittelwerte für die Grundwasserneubildung, den Nitratstickstoffaustrag und die resultierende Nitratkonzentration im Sickerwasser vor.

Die Anbindung der Ergebnisse an die Evaluierung der Begrünungsvarianten in IKT-BER2005 erfolgte in zwei Schritten:

In Schritt 1 wurde die Wirkung von der Begrünung Variante A1 im Verhältnis zur Wirkung von einer Begrünung A bewertet, die ebenso wie die Schwarzbrache mit den adaptierten Fruchtfolgen gerechnet wurde. Tab. 4-1 zeigt die Ergebnisse für die Grundwasserneubildung, den N-Austrag und die Nitratkonzentration im Sickerwasser, aufgeteilt nach Regionen. Die in Klammern gesetzten Spannbreiten geben den Einfluss durch die Variation der Modellparameter (Fruchtfolgen) wieder. Ein Wert von 1 bedeutet, dass die Variante A1 gleich wirkte wie die Variante A, Werte größer 1 bedeuten eine stärkere Wirkung der Variante A1.

Tab. 4-1: Relativmaß der Wirkung der Begrünungsvarianten A1 im Vergleich zur Variante A

	GWNB	N-Austrag	NO <sub>3</sub> -Konz.
Ostregion	1,001 (1,038 - 0,976)	1,036 (1,086 - 0,985)	1,071 (1,109 - 1,029)
Zentralraum Ober- österreich	1,010 (1,012 - 1,008)	1,107 (1,134 - 1,080)	1,093 (1,119 - 1,068)
Mittelwert über die Regionen	1,006	1,072	1,082

In Schritt 2 wurde mit diesem Relativmaß die Variante A1 in Beziehung zum Simulationsergebnis in IKTBER2005 gesetzt, indem die dort berechnete Wirkung der Variante A mit dem Relativmaß als Koeffizienten multipliziert wurde.

Die Südoststeiermark wurde durch Analogieschluss bewertet, da zu dieser Region keine Modellrechnungen durchgeführt wurden. Dies geschah mit dem Mittelwert des Relativmaßes für die Ostregion und den Zentralraum Oberösterreich, da die Werte für diese beiden Regionen sehr ähnliche sind (vgl. Tab. 4-1).

Wie bereits das Relativmaß in Tab. 4-1 zeigt, wirkt die Begrünungsvariante A1 auf die Grundwasserneubildung, die Stickstoffversickerung und die Nitratkonzentration im Sickerwasser ähnlich wie die Variante A. Tendenziell sind sogar noch ein etwas höherer Stickstoffrückhalt und somit niedrigere Nitratkonzentrationen zu erwarten. Dies dürfte primär im noch früheren Anbau begründet sein, was jedoch nur sehr früh räumende Vorkulturen ermöglichen.

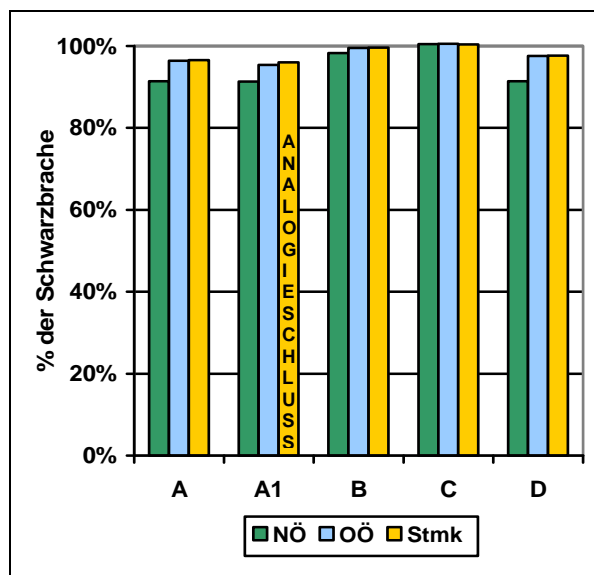


Abb. 4-11: Wirkung der Begrünungsvarianten A1 und A-D auf die **Grundwasserneubildung** relativ zu Schwarzbrache in den Regionen Ostösterreich, Zentralraum Oberösterreich und Südoststeiermark

Ein Vergleich mit den anderen Begrünungsvarianten ergibt unter den getroffenen Annahmen für die Begrünungsvarianten

A, A1 und D den größten Einfluss auf die Grundwasserneubildung und reduzieren diese am stärksten. Variante B reduziert diese, wenn überhaupt, nur geringfügig und bei Variante C ist praktisch kein Einfluss gegeben (Abb. 4-11).

Zur Stickstoffversickerung in den Untergrund sowie auch zur Nitratkonzentration im Sickerwasser bewirken die Begrünungsvarianten A, A1 und D eine merkbare, auf etwa gleichem Niveau liegende Reduktion gegenüber der Schwarzbrache. Variante B und C ziehen eine geringfügige auch auf etwa gleichem Niveau liegende Reduktion nach sich (Abb. 4-12 und Abb. 4-13).

Bezüglich wasserwirtschaftlicher Relevanz ist aus quantitativer Sicht den Begrünungsvarianten B und C der Vorzug zu geben, da die Reduktion der Grundwasserneubildung speziell im Trockengebiet zu Problemen hinsichtlich einer ausreichender Grundwasserdotation aus Niederschlagsversickerung führen kann. Aus qualitativer Sicht der Wasserwirtschaft sind eindeutig die Begrünungsvarianten A, A1 und D zu bevorzugen, da eine deutliche Reduktion der Grundwasserbefruchtung mit Stickstoff und in Verbindung mit der veränderten Grundwasserneubildung auch eine Reduktion der Nitratkonzentration im Sickerwasser zu erwarten ist.

Die Trockenmassebildung zur Begrünungskultur Senf und Variante A1 wurde für die Ostregion im Mittel mit 3,5 t TM (0,9 – 6,6 t) und für den Zentralraum Oberösterreich mit 5,2 t TM (2,6 – 6,7 t) im Modell errechnet. Dies liegt für die Ostregion im Bereich der gemessenen Trockenmassebildungen und ist für den Zentralraum Oberösterreich etwas über den Messwerten gelegen (vgl. Abb. 4-15 und Tab. 4-2). Dazu ist anzumerken, dass die in Niederösterreich untersuchten Begrünungen zu einem größeren Teil so wie in der Simulationsrechnung Senf waren, während in Oberösterreich auf den beprobten Schlägen zum Großteil andere Begrünungskulturen angebaut waren.

Jedenfalls ist der Stickstoffrückhalt einer Begrünung wesentlich an die Trockenmassebildung gebunden, was auch die Untersuchungsergebnisse belegen (siehe Kap. 4.3.3).

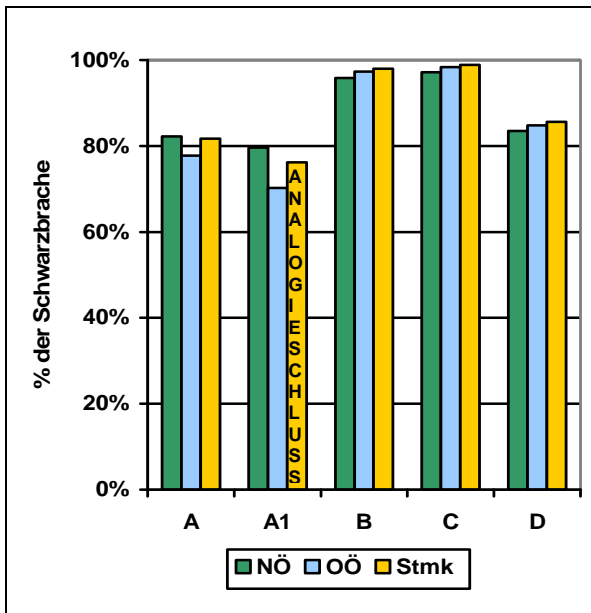


Abb. 4-12: Wirkung der Begrünungsvarianten A1 und A-D auf den **Stickstoffaus-  
trag** relativ zu Schwarzbrache in den  
Regionen Ostösterreich, Zentral-  
raum Oberösterreich und Südost-  
steiermark

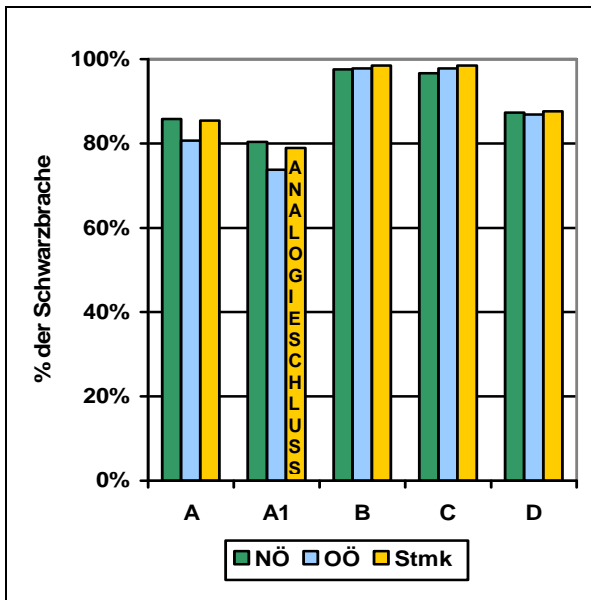


Abb. 4-13: Wirkung der Begrünungsvarianten  
A1 und A-D auf die **Nitratkonzent-  
ration im Sickerwasser** relativ zu  
Schwarzbrache in den Regionen  
Ostösterreich, Zentralraum Oberö-  
sterreich und Südoststeiermark

### 4.3.2 Messergebnisse $N_{min}$ Gehalt des Bodens

Die  $N_{min}$ -Gehalte im Boden nach der Be-  
grünungsvariante A1 lagen signifikant un-  
ter den  $N_{min}$ -Gehalten der Begrünungs-  
varianten B oder D und der Schwarzbrache  
(Abb. 4-14). Zwischen diesen Begrü-  
nungsvarianten und der Schwarzbrache  
konnten keine signifikanten Unterschiede  
festgestellt werden, obwohl die  $N_{min}$ -  
Gehalte der Schwarzbrache tendenziell  
höher waren.

Im Durchschnitt betrug der  $N_{min}$  Gehalt bei  
Schlägen mit A1 Begrünung 66% des  $N_{min}$   
Gehalts der Schwarzbrache auf der jewei-  
ligen Vergleichsfläche und 82% des  $N_{min}$   
Gehalts bei Begrünung B oder D. Diese  
Werte stimmen relativ gut mit den Simula-  
tionsergebnissen für die Stickstoffversicker-  
ung überein (vgl. Kap. 4.3.1, Abb. 4-12).

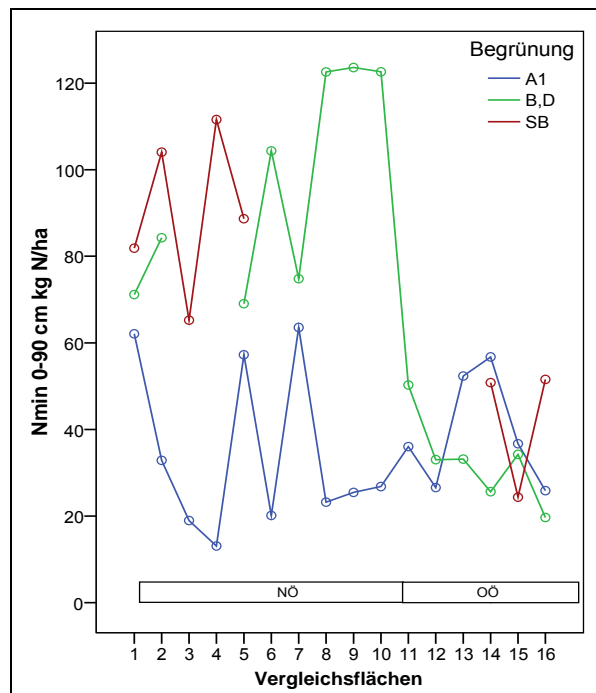


Abb. 4-14: Spätherbst  $N_{min}$ -Gehalte im Boden  
je nach Begrünungsvariante oder  
auf Schwarzbrache

Es gab jedoch Unterschiede zwischen den  
Bundesländern. In Oberösterreich lagen  
die  $N_{min}$ -Gehalte der Begrünungsvariante  
A1 in vier von sechs Vergleichsschlägen  
über den  $N_{min}$ -Gehalten anderer Begrü-  
nungsvarianten und teilweise sogar über  
einer Schwarzbrache (Abb. 4-14). Ähnli-  
che Ergebnisse mit höheren  $N_{min}$ -Gehalten

der Begrünungsvariante A (Herbstbegrünung) gegenüber später angelegten Begrünungen über die Wintermonate wurde bereits in einem Vorläuferprojekt in Oberösterreich (wpa, 2003) festgestellt.

Der Grund dafür dürfte darin liegen, dass die Trockenmassebildung und die Stickstoffzüge der Begrünung sich in Niederösterreich je nach Variante sehr deutlich unterschieden, während in Oberösterreich die Begrünungen der Variante A und der Variante B oder D beinahe gleich viel Trockenmasse gebildet hatten und etwa gleich viel Stickstoff aufgenommen hatten (vgl. Kap. 4.3.3 und 4.3.4.).

Dieser Unterschied je nach Region dürfte einerseits klimatisch bedingt sein, wesentlich dürften aber auch die unterschiedlichen Anbauzeitpunkte der Zwischenbegrünungen sein. In Niederösterreich wurde die Begrünungsvariante A1 durchschnittlich um 25 Tage früher angebaut als die Begrünungsvarianten B oder D. Dieser Anbauvorsprung war natürlich auch in der Entwicklung der Pflanzen erkennbar und somit auch in der Trockenmassebildung und der Stickstoffaufnahme der Pflanzen. Die Begrünungsvariante A1 war bereits wesentlich stärker ausgebildet als die Begrünungsvarianten B oder D. In Oberösterreich wurden die Begrünungsvarianten A1 und B oder D nur in einem Abstand von 16 Tage angebaut. Betrachtet man nur jene Vergleichsflächen in Oberösterreich an denen die A1 Begrünung einen höheren  $N_{min}$ -Gehalt hatte, waren die Anbautermine noch näher (im Mittel 6 Tage Differenz) und wurden teilweise sogar am selben Tag angelegt.

Ein weiterer Grund für die deutlichen Unterschiede zwischen Niederösterreich und Oberösterreich dürfte darin liegen, dass die Begrünungen in Niederösterreich generell und insbesondere innerhalb der Vergleichsflächen sehr einheitlich waren (Senf bzw. von Senf dominiert oder Phacelia bzw. von der Phacelia dominiert), während in Oberösterreich ein breites Spektrum an Begrünungsmischungen verwendet wurde und insbesondere auch je nach Begrünungsvariante unterschiedliche Mischungen eingesetzt wurden.

### 4.3.3 Messergebnisse Trockenmasse

Die Trockenmasse der Begrünungsvariante A1 war signifikant höher als jene der Begrünungsvariante B oder D (Abb. 4-15).

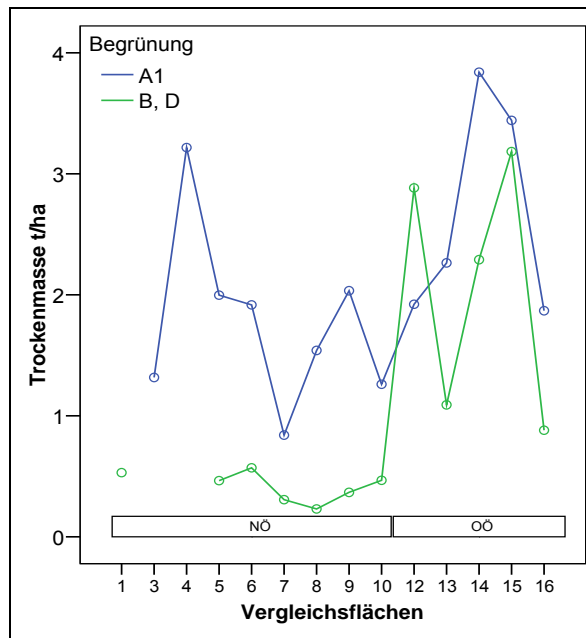


Abb. 4-15: Trockenmasse der Begrünungsvarianten in t/ha

Wie bei  $N_{min}$  gab es auch hier Unterschiede zwischen den Bundesländern. Im Mittel war die Trockenmasse der Begrünungen in Oberösterreich um 1,45 t/ha höher als in Niederösterreich, wobei höhere Trockenmassen bei beiden Begrünungsvarianten in Oberösterreich feststellbar waren (Tab. 4-2). Festzuhalten ist, weiters, dass die Unterschiede in der Trockenmasse zwischen den Begrünungsvarianten in Niederösterreich wesentlich deutlicher ausgeprägt waren, als in Oberösterreich (siehe Abb. 4-16).

Tab. 4-2: Mittlere Trockenmassebildung in t/ha je Begrünungsvariante und Bundesland

	A1 t TM/ha	B und D t TM/ha
NÖ	1,77	0,4
OÖ	2,83	2,1

Die Unterschiede in der Trockenmassebildung hatten auch messbare Auswirkungen auf den  $N_{min}$  Gehalt im Boden, der sich in Niederösterreich deutlich zwischen den

Varianten unterschied, während in Oberösterreich der Unterschied zwischen den Varianten nicht ausgeprägt war (siehe Kap. 4.3.2).

Die Korrelation zwischen Trockenmasse der Begrünung und  $N_{\min}$  Gehalt des Bodens war signifikant und betrug insgesamt  $r = -0,4$ . Höher war die Korrelation, wenn nur die Werte aus Niederösterreich verwendet wurden ( $r = -0,78$ ). Mögliche Ursachen für die klareren Zusammenhänge zwischen Trockenmasse, Anbauzeitpunkt und  $N_{\min}$ -Gehalt des Bodens wurden bereits in Kap. 4.3.2 diskutiert. Die Ergebnisse für die Trockenmasse unterstreichen, dass für die Wirkung nicht nur die Begrünungsvariante, sondern eben auch die angepasste Wahl effizienter Mischungen eine wesentliche Rolle spielen kann.

#### 4.3.4 Messergebnisse Stickstoffentzug

Die Stickstoffentzüge durch die Begrünungsvariante A1 lagen insgesamt signifikant über den Stickstoffentzügen der Begrünungsvarianten B und D. Abb. 4-17 zeigt, dass auch bei diesem Indikator in Niederösterreich die Unterschiede zwischen den Varianten A1 und B bzw. D deutlich ausgeprägt waren, während die N-Entzüge in Oberösterreich bei beiden Varianten auf der jeweiligen Vergleichsfläche meist gleich hoch waren. Dies zeigt, dass bei der Verwendung gleicher Begrünungskulturen auf einer Vergleichsfläche der Anbauzeitpunkt eine wesentliche Rolle für den N-Entzug spielt (NÖ), dieser Effekt aber durch Variation der Begrünungskultur bzw. -mischung ausgeglichen werden kann (OÖ).

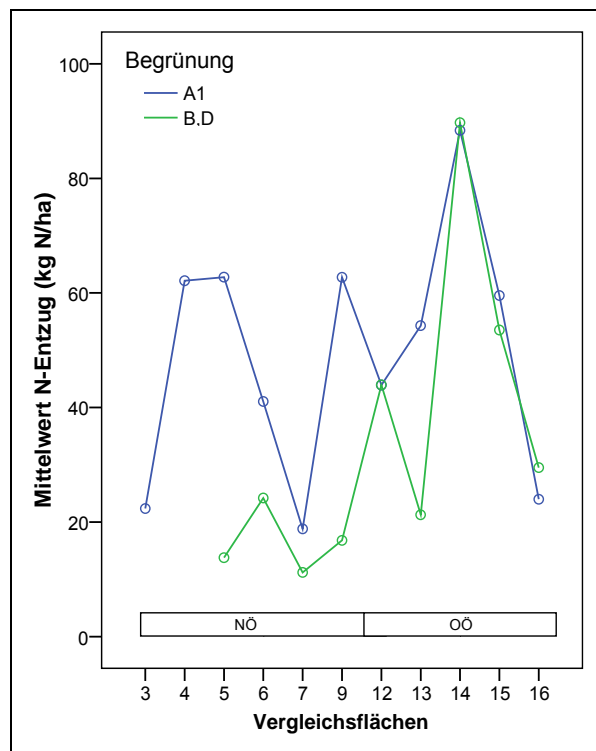
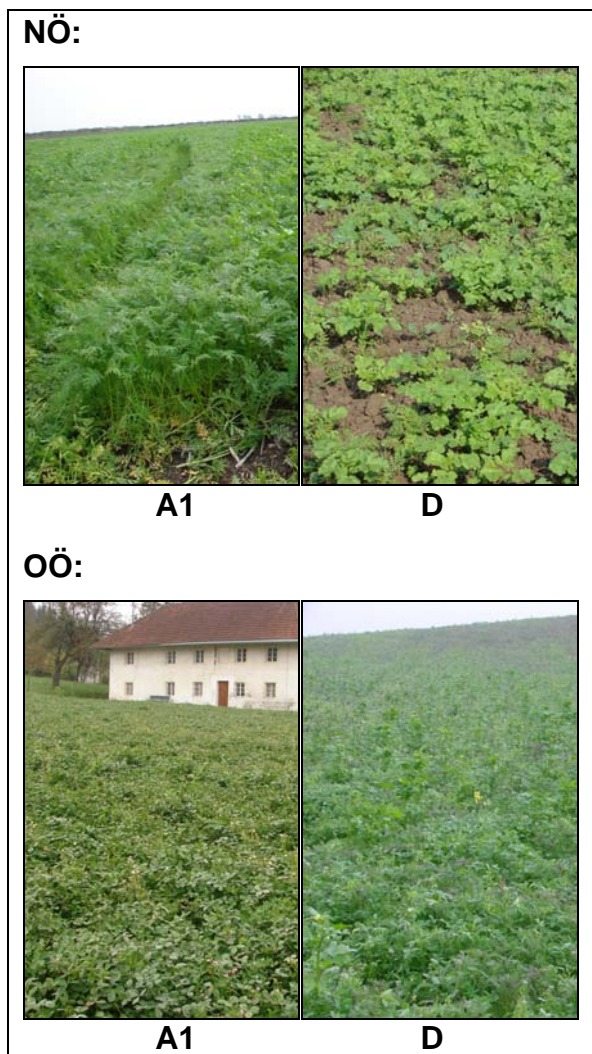


Abb. 4-17: Stickstoffentzug durch die Begrünung

Abb. 4-16: Begrünungsvarianten A1 und D in Niederösterreich und Oberösterreich

#### 4.4 Wirkung der Untersaat Mais auf die Stickstoffauswaschung

Durch die Anlage einer Untersaat bei Mais wurden die  $N_{min}$ -Gehalte im Boden gesenkt und lagen dadurch signifikant unter den  $N_{min}$ -Gehalten nach konventionellem Maisanbau, sowie nach biologischem Maisanbau (Abb. 4-18). Generell waren jedoch die Untersaaten nicht sehr gut ausgebildet. Im Mittel lag die Bodenbedeckung durch die Untersaat, einer Mischung aus Knaulgras und Klee bei 36 %, wobei auf 2 Feldern das Knaulgras nicht aufgegangen war (Abb. 4-19).

Die Untersaaten waren auf den verschiedenen Feldern aber auch innerhalb der Schläge sehr unterschiedlich ausgebildet und die  $N_{min}$ -Gehalte, wie auch die Erntemengen schwankten um das Doppelte. In der Folge waren auch die Stickstoffentzüge je nach Schlag sehr unterschiedlich (Abb. 4-20).

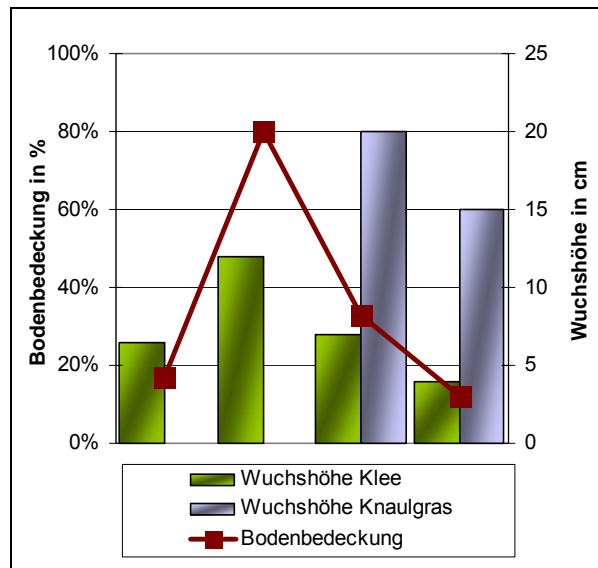


Abb. 4-19: Wuchshöhe und Bodenbedeckung der Untersaat Mais

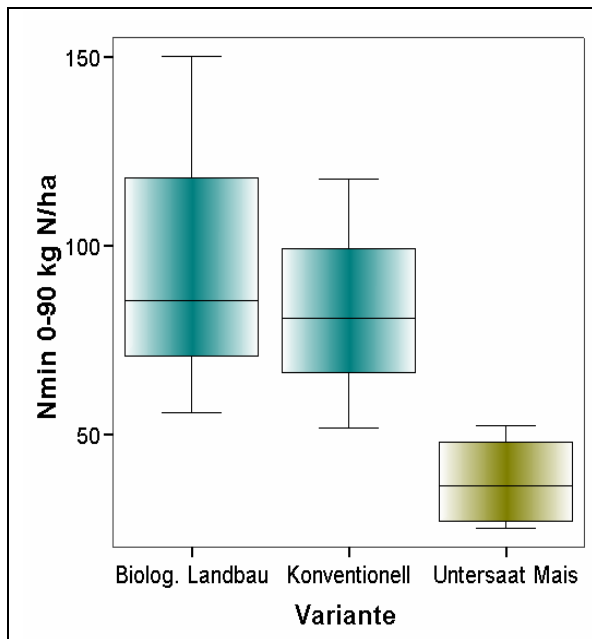


Abb. 4-18:  $N_{min}$ -Gehalte je Bewirtschaftungsform bei Maisanbau

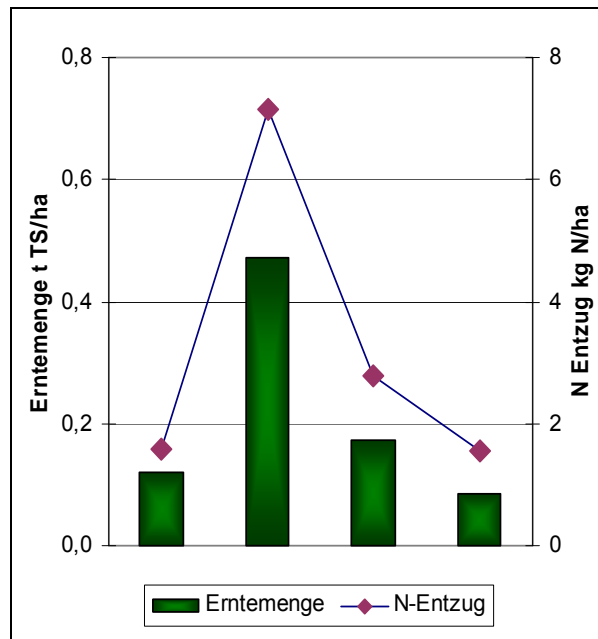


Abb. 4-20: Trockenmasse und N-Entzug der Untersaat Mais



## 5 Literatur

Feichtinger, F. (1998): STOTRASIM – Ein Modell zur Simulation der Stickstoffdynamik in der ungesättigten Zone eines Ackerstandortes. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Bd. 7, 14-41.

Feichtinger, F., A. Scheidl und J. Dorner (2005): ÖPUL 2000 – Begrünungsvarianten (Pkt. 2.22), Evaluierung der wasserwirtschaftlichen Relevanz (Effizienz) einer Begrünung von Ackerflächen im Herbst und Winter.– Bericht, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Petzenkirchen.

Morgan R. P. C. (1999). Bodenerosion und Bodenerhaltung. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1999

Morgan R.P.C. (2001). A simple approach to soil loss prediction: a revised Morgan-Morgan-Finney model. Catena 44 305 – 322

Morgan 2005: Soil erosion and conservation. Blackwell Publishing, Oxford, 304 S.

Umweltbundesamt GmbH, Institut für Bodenforschung, BOKU & Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Bundesamt für Wasserwirtschaft (2003). Evaluierung der Effizienz von Erosionsschutzmaßnahmen im Österreichischen Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL 2000) in Testgebieten. Forschungsprojekt Nr. 1299.

Stenitzer, E. (1988): SIMWASER – Ein numerisches Modell zur Simulation des Bodenwasserhaushaltes und des Pflanzenertrages eines Standortes. Mitteilungen aus der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Nr. 31, A-3252 Petzenkirchen.

VdLUFA (1997): Methodenbuch Band I. Die Untersuchung von Böden. Kap. 3.4.3.1 Schätzverfahren nach Appel. Darmstadt.

Wpa Beratende Ingenieure GmbH (2005). Wirksamkeit der Maßnahme Begrünung von Ackerflächen im Herbst und Winter und der Maßnahme Erosionsschutz im Weinbau des ÖPUL 2000 auf das Erosionsrisiko. Forschungsprojekt im Auftrag des BMLFUW und Amt der OÖ Landesregierung, Wien.

Wpa Beratende Ingenieure GmbH (2003). Evaluierung der Auswirkungen der Maßnahme 2.31 aus ÖPUL. Forschungsprojekt im Auftrag des BMLFUW und Amt der OÖ Landesregierung, Wien.