

Bodenschutz unter Maisanbau

O. TOMANOVÁ, M. TIPPL

Einleitung

In Österreich wird, gemessen an der landwirtschaftlich genutzten Fläche, relativ viel Mais angebaut (*Tabelle 1*). Deswegen und wegen des hohen Anteils an Hanglagen befinden sich zahlreiche Maisflächen in erosionsgefährdeten Gebieten. Die Wassererosion beeinflusst nicht nur die Bodengründigkeit (Bodenquantität), sondern auch die physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften (Bodenqualität). Vor allem am Oberhang kommt es zu quantitativen und qualitativen Bodenverlusten, weil bevorzugt die Hauptsorptionsträger (Humus, Tonminerale) abtransportiert werden. Das abgetragene Bodenmaterial sammelt sich dann am Hangfuß (*Kolluvium*) oder es gelangt in die Gewässer, was zur Gewässerverschmutzung und Eutrophierung führt. Außerdem verringern sich durch die Ablagerungen der Abfluss-Querschnitt und die Speicherkapazität der Stauseen. Aus allen diesen Gründen ist der Schutz des Bodens vor Wassererosion sehr wichtig. Um den Bodenabtrag und die Gewässerverschmutzung zu reduzieren, wurden mehrere erosionsverhindernde Maßnah-

men entwickelt. Zu diesen gehören auch verschiedene Maisanbautechnologien.

Theoretische Grundlagen zur Wassererosion

Der Erosionsprozess durch das Wasser verläuft in zwei Etappen. Zunächst werden die Bodenaggregate durch die in ihnen eingeschlossene und durch das Wasser zusammengepresste Luft zerrissen. Gleichzeitig werden auch durch die kinetische Energie der aufprallenden Regentropfen die einzelnen Bodenpartikel zerlegt, um dann an geneigten Hängen durch den Oberflächenabfluss abtransportiert zu werden. Noch vor Beginn des Oberflächenabflusses sammelt sich das Wasser mit den aufgeschlämmten Partikel an der Bodenoberfläche, wobei die feinsten Partikel durch infiltrierendes Wasser in die Poren eingewaschen werden, die sie verstopfen und verdichten. Die Bodenoberfläche verliert dadurch ihre Infiltrationsfähigkeit, das Wasser staut sich an der Oberfläche, die übrigbleibenden instabilen Aggregate zerfallen ebenso und es kommt zu einer Krustenbildung. Die entstandene Kruste ist oft dünner als

1 mm, kann aber die Infiltrationsleistung bis unter 1/10 der ursprünglichen Rate vermindern (LE BISSONNAIS, 1996). Das erhöht den Oberflächenabfluss und die Transportkapazität des Wassers deutlich, was ebenfalls zu einem erhöhten Bodenabtrag führt. Mit der Zeit werden Erosionssysteme (Rillen und Rinnen, bzw. Graben) gebildet, die die Bodenverluste noch vergrößern. Aus diesen Gründen ist gerade in jener Zeit, wenn die meisten erosiven Niederschläge auftreten, eine dichte, bodenschützende Vegetationsbedeckung, sehr wichtig. Die Reihenabstände beim Mais sind so groß, dass auch nach dem projektiven Bestandeschluss der Boden zwischen den Reihen unbedeckt bleibt. Der ungeschützte Boden ist dann vor allem in den Frühlings- und Sommermonaten (April - Juli), wenn 59% der erosiven Niederschläge auftreten (*Tabelle 2*), den Witterungsbedingungen vollkommen ausgesetzt. Außerdem ist für den Mais (und die Hackfrüchte allgemein) ein späterer Anbauermin und eine längere Entwicklungsperiode bis zum Schließen des Bestandes im Vergleich zu den anderen Ackerkulturen typisch (vgl. *Tabelle 3*). Da der volle Vegetationsschutz bei konventionell angebautem Mais fehlt, ist ein gut strukturierter Boden gefragt, der den aggregatzerstörenden Wirkungen des Regens widersteht oder nach dem Regen gut reaggregieren kann. Die Gefügestabilität wird sehr wesentlich von Bodeneigenschaften beeinflusst. Die tonreichen Böden (> 30 % Tonanteil) haben im allgemeinen eine gute Aggregatbildung, auch ein hoher Gehalt an organischer Substanz und eine hohe C-Sättigung wirken sich positiv auf die Gefügestabilität aus. Die Böden mit einem hohen Anteil an Schluff hingegen sind am instabilsten und am meisten erosionsgefährdet.

Neben den Bodenbedingungen, die nur in begrenztem Umfang beeinflusst werden können, spielen bei der Aggregat-

Tabelle 1: Vergleich der Landnutzung bezüglich Maisanbau*

Land	Gesamtfläche	Landwirtschaftlich genutzte Fläche	Ackerfläche	Getreide	Mais	
					1993	2000
EU (15)	324 269	140 627	73 499	37 883	3 951	4 228
Österreich	8 386	3 390	1 399	828	170	188
Tschechien	7 887	4 279	3 082	1 651	32	47

*Die Daten stammen von FAOSTAT Database für das Jahr 2000; die Flächen sind in 1 000 ha angegeben

Tabelle 2: Langjähriger Durchschnitt der Auftrittswahrscheinlichkeit in % von erosiven Niederschlägen (NS-Summe>10 mm oder I₃₀>10 mm/h; I₃₀=max. 30-Minuten-Intensität)

Land	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	Nov.- März	Σ %
Österreich ¹⁾	2,7	9,7	18,8	28,1	24,2	9,4	3,5	3,6	100
Bayern ²⁾	3	10,4	29,1	20,6	21,1	9,1	2,9	3,8	100

1) Verarbeitet wurden die Daten von 15 österreichischen Wetterstationen von Strauß et al. (1995)
 2) Verarbeitet wurden die Daten von 18 bayerischen Wetterstationen von Rogler und Schwertmann (1981)

Autoren: 1) Dipl.-Ing. Olga TOMANOVÁ, Tschechische Landwirtschaftliche Universität in PRAG/ BAL Gumpenstein
 2) Dipl.-Ing. Martin TIPPL, Forschungsinstitut für Meliorationswesen und Bodenschutz in VÚMOP, PRAG

bildung auch die Bodenbearbeitung und die angebaute Kultur eine große Rolle. Ganzjährig bedeckte Böden (Dauergrünland) haben generell eine signifikant höhere Aggregatstabilität als Ackerböden. Die Aggregatstabilität schwankt je nach Boden und Bewirtschaftung bei Grünland zwischen 60-95%, bei Getreide zwischen 30-50% und bei Hackfrüchten um die 20%. Das Hinterlassen von Ernterückständen und ihre Einarbeitung in den Boden führt zu einer Erhöhung der organischen Substanz und zu einem direkten Schutz der Bodenoberfläche

men im Maisbau erprobt und in die Praxis eingeführt. Am Forschungsinstitut für Meliorationswesen und Bodenschutz in Prag wurden an verschiedenen Versuchs- und Betriebsflächen mit vier bodenschützenden Maisanbauvarianten Beregnungsversuche durchgeführt. Mittels Regensimulator wurden Niederschläge mit höheren Intensitäten (0,5 bis 1 mm x min⁻¹) simuliert. Die beregnete Fläche war 30 m² groß. Sie wurde vor dem Wind teilweise durch eine Folie geschützt. Oberflächenabfluss und Abtrag wurden mittels Datalogger aufgezeichnet.

Tabelle 3: Die Entwicklungsperioden von verschiedenen Ackerkulturen für bayrische Verhältnisse (unveröffentlichte Vorlesungsunterlagen BOKU Wien)

Frucht	Aussaat	Deckung 50%	Deckung 75%	Deckung > 75%	Ernte
Mais	20.4.	6.6.	30.6.	15.7.	5.10.
W. Weizen	20.10.	10.3.	15.4.	24.4.	15.8.
S. Weizen	15.3.	15.4.	25.4.	1.5.	20.8.
W. Gerste	20.9.	10.10.	10.11.	10.3.	20.7.
S. Gerste	20.3.	15.4.	25.4.	1.5.	5.8.
Hafer	20.3.	15.4.	25.4.	1.5.	15.8.
W. Roggen	1.10.	20.10.	25.11.	25.3.	10.8.
Körnerraps	20.8.	5.9.	10.10.	15.11.	20.7.
Kartoffeln	10.4.	30.5.	15.6.	22.6.	20.9.
Zuckerrüben	1.4.	2.6.	15.6.	26.6.	20.10.

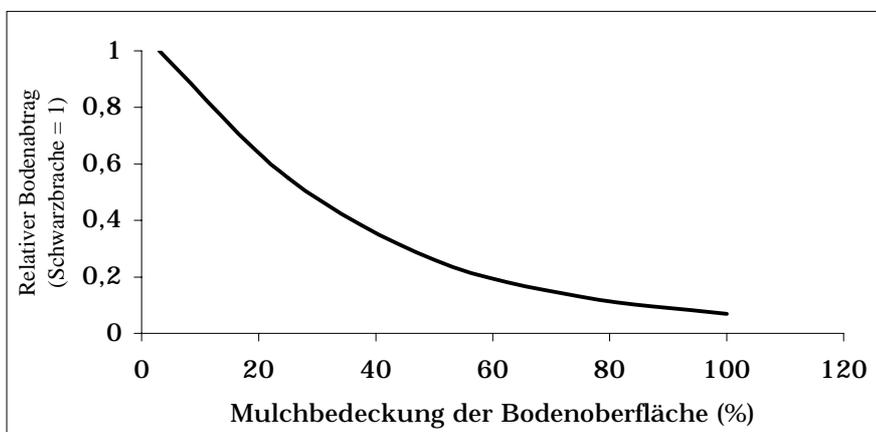


Abbildung 1: Relativer Bodenabtrag in Abhängigkeit von der Bodenbedeckung (DIEZ, 1990)

durch den Mulch (Abbildung 1). Unter einer schützenden Bodenbearbeitung versteht man eine Bewirtschaftung, bei der an der Bodenoberfläche mindestens 30% an Ernterückständen übrigbleibt.

Material und Methoden

Zur Zeit werden laufend neue, bodenkonservierende Bearbeitungsmaßnah-

Die neun Versuchspartellen (7 x 36 m, Hangneigung 8-12°) befinden sich westlich von Prag (beim Ort Trebsin).

Die Bodenart ist schluffiger Lehm; die Wasserdurchlässigkeit ist gering. Die Betriebsflächen befinden sich etwa 50 km südlich von Prag, die Bodenart ist sandiger Lehm; die Wasserdurchlässigkeit ist gut. Die Versuche wurden so durch-

geführt, dass immer eine konventionelle Variante (konventioneller Silomaisanbau senkrecht zum Hang) mit den anderen erosionsmindernden Anbautechnologien verglichen werden konnte.

Versuchsvarianten

Es wurden folgende Varianten untersucht:

❶ konventioneller Silomaisanbau senkrecht zum Hang - Bodenbearbeitung: Stoppelbearbeitung und pflügen im Herbst und Saatbeetbereitung im Frühjahr. Reihenabstand: 75 cm.

❷ konventioneller Silomaisanbau parallel zum Hang - Bodenbearbeitung: Stoppelbearbeitung und Pflügen im Herbst und Saatbeetbereitung im Frühjahr. Reihenabstand: 75 cm.

❸ bodenkonservierender Silomaisanbau parallel zum Hang, gedrillt in die Roggenstoppel - Bodenbearbeitung: Lockerung der Aussaatreihen mit einer Scheibenegge. Zwischenreihen ohne Lockerung. Reihenabstand: 75 cm.

❹ Silomais gedrillt mit Winterroggen - Maisaussaat senkrecht zum Hang oder in Richtung der Schichtlinie mit Schutzkultur. Reihenabstand Mais 75 cm. Gleichzeitige Roggenaussaat in jede oder jede zweite Zwischenreihe. Aussaatstärke Roggen 50 kg ha⁻¹.

❺ bodenkonservierender Silomaisanbau, Silomais in ganzflächig flach gelockerte Senfstoppel gedrillt. Bodenbearbeitung: ganzflächige Lockerung - Grubber, Lockerung der Aussaatreihen - Scheibenegge.

Auf den Versuchspartellen in Trebsin wurde auch die Aggregatstabilität untersucht. Sie wurde mittels der Methode "Bestimmung der Aggregatstabilität nach dem Siebtauchverfahren" (DIN 19683-16) bestimmt. Die prozentuell ausgedrückte Aggregatstabilität gibt den Anteil der 1-2 mm großen, wasserstabilen, lufttrockenen Aggregate an.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

❶ Bei konventionellem Silomaisanbau senkrecht zum Hang wurde der höchste Bodenabtrag gemessen (Abbildung 2). Einen wesentlichen Einfluss auf den Oberflächenabfluss und den Bodenab-

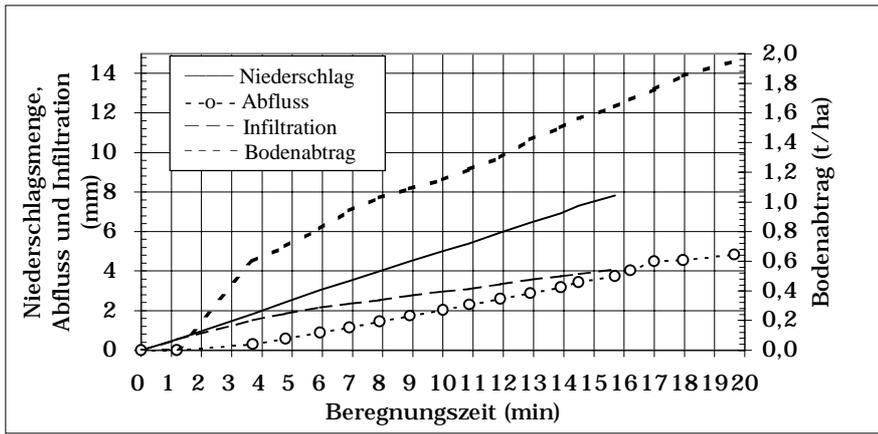


Abbildung 2: Niederschlagsmenge, Abfluss, Infiltration und Bodenabtrag bei konventionellem Silomaisanbau senkrecht zum Hang

trag hatte der Wassergehalt vor der Beregnung. Diese Anbautechnologie ist, wie erwartet, für geneigte Flächen ungeeignet.

Bei konventionellem Silomaisanbau parallel zum Hang betrug der Bodenab-

trag im Durchschnitt nur 1/3 im Vergleich zur ersten Variante (Abbildung 3 und 6). Der Beginn des Oberflächenabflusses trat beträchtlich später ein. Auch hier hatte der Wassergehalt vor der Beregnung einen wesentlichen Einfluss auf den Oberflä-

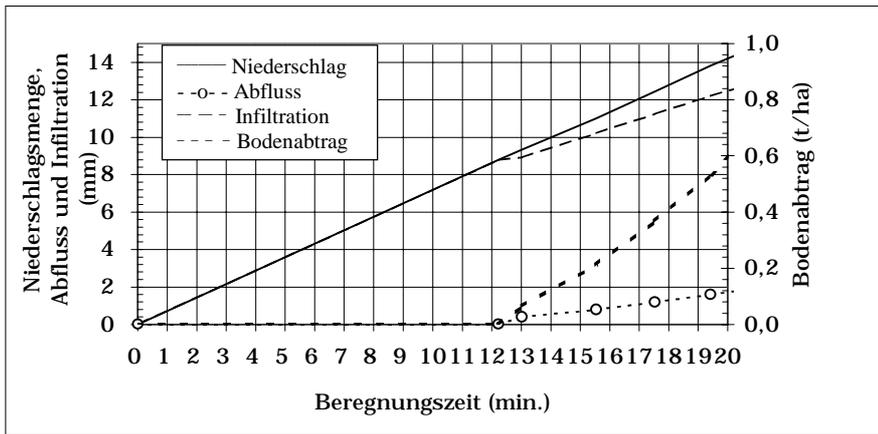


Abbildung 3: Niederschlagsmenge, Abfluss, Infiltration und Bodenabtrag bei konventionellem Silomaisanbau parallel zum Hang

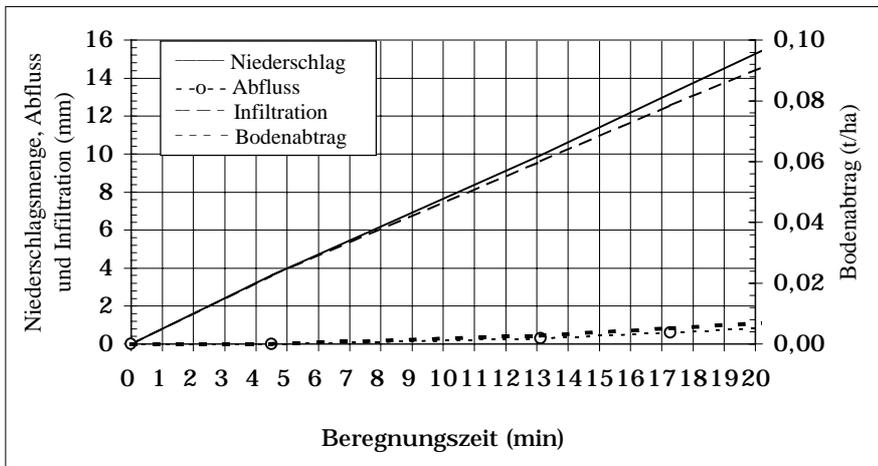


Abbildung 4: Niederschlagsmenge, Abfluss, Infiltration und Bodenabtrag bei der Variante Silomais gedreht mit Winterroggen in jeder zweiten Zwischenreihe

chenabfluss und den Bodenabtrag. Diese Technologie ist ebenfalls nicht empfehlenswert für lange, geneigte Flächen.

Bei bodenkonservierendem Silomaisanbau parallel zum Hang, gedreht in die Roggenstoppel wurden nur geringfügig bessere Ergebnisse als bei konventionellem Silomaisanbau parallel zum Hang erreicht (Abbildung 6). Der Oberflächenabfluss trat bereits nach 4-7 Minuten ein. Es hat sich aber teilweise der bodenschützende Effekt von Roggenstopplern gezeigt. Hingegen hatte der Wassergehalt vor der Beregnung keinen wesentlichen Einfluss auf den Oberflächenabfluss und Bodenabtrag.

Bei der Variante Silomais gedreht mit Winterroggen in jeder zweiten Zwischenreihe wurden Oberflächenabfluss und Bodenabtrag deutlich verringert (Abbildung 4 und 6). In einem Fall war sogar bei einer Beregnungszeit von 20 Minuten kein Oberflächenabfluss und Bodenabtrag festzustellen. Der Wassergehalt vor der Beregnung hatte keinen wesentlichen Einfluss auf den Abfluss und Bodenabtrag. Diese Variante hat sich für die Praxis als sehr geeignet erwiesen, vor allem in jenen Gebieten, wo ein erhöhter Boden- und Wasserschutz erforderlich ist.

Beim Silomaisanbau in ganzflächig, flach gelockerte Senfstoppel, wurde der größte Bodenschutzeffekt erzielt. Die Brauchbarkeit dieser Variante ist, was den oberflächlichen Abfluss und Bodenabtrag betrifft, mit jener der vierten Variante vergleichbar. Um den gewünschten Effekt zu erreichen, muß man den Senf als Zwischenfrucht im Herbst anbauen, da er im Winter erfrieren könnte. Aus allen geprüften Anbaumethoden hat sich diese als die beste erwiesen, weil sie den Boden während eines Großteils des Jahres vor der Wassererosion schützt. Die oben beschriebene Maisanbaumethoden und ihre Wirksamkeit sind übersichtlich in Abbildung 6 gezeigt. Bei den oben beschriebenen Versuchspartellen in Trebsin mit unterschiedlichen Maisanbauvarianten wurde unter anderem auch die Aggregatstabilität bestimmt (Tabelle 4). Zwischen der Aggregatstabilität auf den Maisfeldern und der Grünfläche wurden signifikante Unterschiede festgestellt. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Maisanbautech-

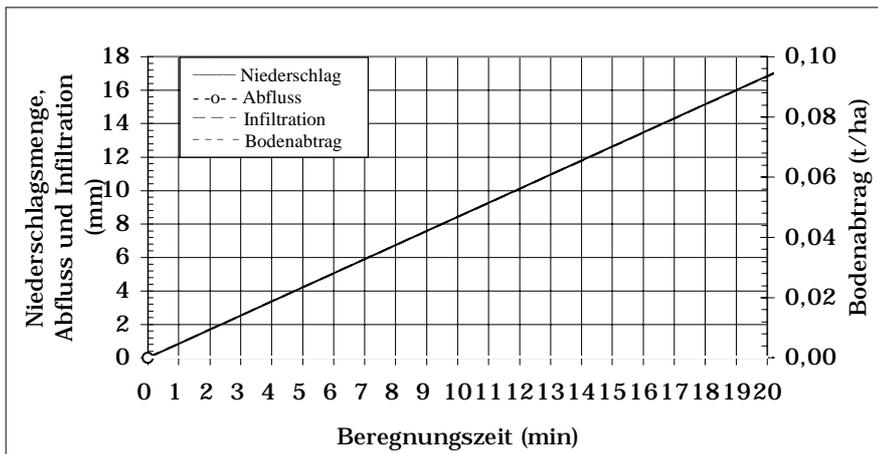


Abbildung 5: Niederschlagsmenge, Abfluss, Infiltration und Bodenabtrag bei Silomaisanbau in ganzflächig, flachgelockerte Senfstoppel

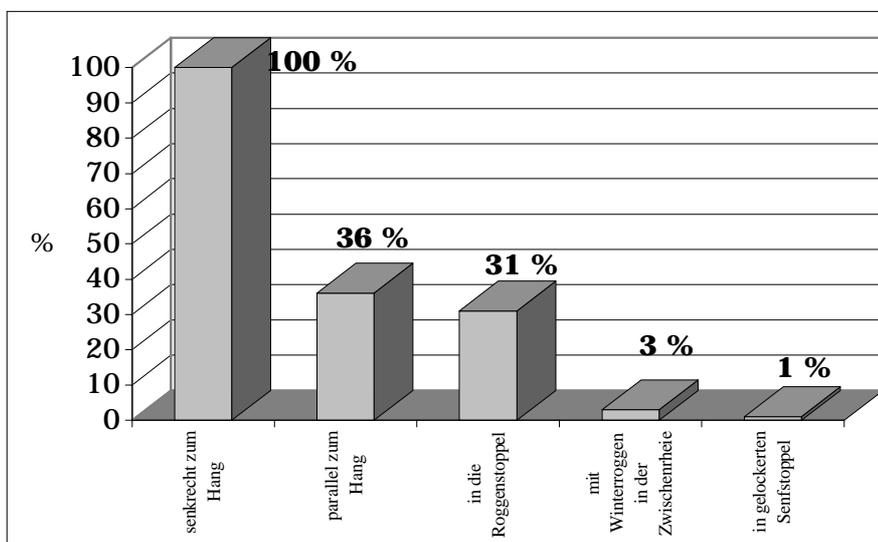


Abbildung 6: Verringerung der Bodenerosion durch verschiedene bodenschützende Maisabautechnologien (konventioneller Silomaisanbau senkrecht zum Hang = 100 %)

Tabelle 4: Anteil der stabilen Aggregate unter den verschiedenen Maisanbautechnologien

Variante	Dauer		Mais senkrecht zum Hang		Mais parallel zum Hang	Mais in gelockerte Senfstoppel
	grünland	Grünbrache	ungedüngt	mit Mist	(ungedüngt)	
SAS*	87,94	28,96	12,85	20,31	16,93	41,1
(%)		22,90	13,12	21,62	15,1	

*Untersuchungen wurden nach der Methode DIN 19683-16 im Jahr 2000 durchgeführt

nologien waren eher gering mit Ausnahme der Variante "Silomais in gelockerten Senfstoppeln". Diese zeigte eine vergleichsweise höhere Aggregatstabilität als die anderen Varianten. Ursachen dafür sind die bodenschützende Bedeckung während des ganzen Jahres, eine inten-

sivere Durchwurzelung, eine höhere mikrobielle Aktivität und höherer Gehalt an organischer Substanz. Bei den anderen Technologien zeigte sich bezüglich Aggregatstabilität ein kleiner Unterschied zwischen den gedüngten und ungedüngten Varianten. Die etwas höhere

Aggregatstabilität bei den mit Mist gedüngten Parzellen dürfte mit einem höheren Gehalt an organischer Substanz und mit einer höheren mikrobiellen Aktivität zu erklären sein. Die Grünbrache befindet sich im ersten Jahr nach dem Maisanbau und zeigt eine langsame Erholung des Bodens nach den langjährigen Maismonokulturen an.

Zusammenfassung

Der erosionsverursachende Oberflächenabfluss wird großteils vom Zustand der Bodenoberfläche beeinflusst. Diese ist von den Bodeneigenschaften, von der Bodenbearbeitung und von der Bodenbedeckung abhängig. Der Zustand der Bodenoberfläche bestimmt auch die Infiltrationsfähigkeit und -kapazität des Bodens. Das bestätigen auch die Ergebnisse der durchgeführten Beregnungsversuche und die Werte der Aggregatstabilität. Der beste Erosionsschutz wurde beim Silomaisanbau in ganzflächig, flach gelockerte Senfstoppel erzielt (kein Bodenabtrag, geringer Oberflächenabfluss, hohe Infiltration, höchste Aggregatstabilität). Einen sehr guten Bodenschutz bietet auch die Variante Silomais gedreht mit Winterroggen in jeder zweiten Zwischenreihe (kein Bodenabtrag oder max. 0,4 t/ha, geringer Oberflächenabfluss, hohe Infiltration). Einen nicht so hohen aber trotzdem um 2/3 besseren Bodenschutz als konventioneller Silomaisanbau senkrecht zum Hang bieten die Varianten Silomaisanbau parallel zum Hang, gedreht in die Roggenstoppel sowie Silomaisanbau parallel zum Hang. Bodenabtrag und Oberflächenabfluss treten erst nach 12 Minuten ein und sind um 2/3 kleiner als beim konventionellen Silomaisanbau senkrecht zum Hang. Die Aggregatstabilität ist bei ungedüngten Varianten sehr gering. Sie beträgt beim Maisanbau parallel zum Hang 16% und beim Maisanbau senkrecht zum Hang sogar nur 13% (Vergleich Dauergrünland 88%). Der Einsatz von bodenschützenden Technologien wirkt sich beim Maisanbau positiv auf den Zustand der Bodenoberfläche aus. Es erhöht sich die Aggregatstabilität und die Infiltrationsfähigkeit. Eine Verkrustung wird verhindert, was den Oberflächenabfluss und die Erosionsprozesse vermindert.

Literatur:

- DIEZ, T. (1990): Erosionsschäden vermeiden. München.
- LE BISSONNAIS, Y. und Ch. LE SOUDER (1995): Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et à l'érosion. Etude et gestion des sols, 2, S. 43-56.
- ROGLER, H. und U. SCHWERTMANN (1981): Erosivität der Niederschläge in Bayern. Diplomarbeit, TU München-Weihenstephan.
- STRAUSS, P., K. AUERSWALD, E. KLAGHOFER und W. E. H. BLUM (1995): Erosivität von Niederschlägen: Ein Vergleich Österreich - Bayern. Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 36, S. 304-308. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin.
- TIPPL, M., M. JANECEK und J. BOHUSLÁVEK (1999): Vliv vybraných technologií pestování kukurice na erozi pudy a povrchový odtok. Vedecké práce VÚMOP, Praha.
- TIPPL, M., M. JANECEK und J. BOHUSLÁVEK (2001): Protierozní technika zlepšuje pudní valstnosti a chrání pudu před erozí. Farmár. Praha.

