

# Agronomische Bodenschutzmaßnahmen und ihre Auswirkungen

Andreas Klik<sup>1\*</sup>

## Zusammenfassung

Seit 1994 wird an drei Standorten in Niederösterreich ein Feldversuch durchgeführt, um die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Bodenerosion, Oberflächenabfluss, Nährstoff- und Pestizidverluste sowie auf den Pflanzenertrag zu untersuchen. Folgende Varianten werden verglichen: 1) konventionelle Bodenbearbeitung (KV), 2) konservierende Bodenbearbeitung (KS) und 3) Direktsaat (DS). Im Vergleich zu KV führte konservierende Bearbeitung und Direktsaat im Mittel zu Erosionsverminderungen zwischen 66 und 83 %. Die Verluste an Nährstoffen korrelierten eng mit der Höhe des Bodenabtrages. Insgesamt reduzierten sich die Stickstoffverluste durch KS und DS um 58 bzw. 72 % und die Phosphorverluste um 62 bzw. 86 %. Durch KS und DS wurde um 65 bzw. 77 % weniger organischer Kohlenstoff abgeschwemmt. Eine Verringerung des Bodenabtrages hatte auch geringere oberflächliche Pestizidverluste zur Folge. Nach einer rd. fünf Jahre dauernden Umstellungsphase mit Ertragsseinbußen gegenüber KV, erzielten die Varianten mit reduzierter Bearbeitungsintensität infolge verbesserter Bodenqualität stabile bzw. höhere Erträge. Die Ergebnisse zeigen, dass Bodenbewirtschaftungssysteme mit reduzierter Bearbeitungsintensität wirkungsvollen Erosionsschutz bei gleichzeitiger Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit darstellen. Nichtsdestotrotz müssen standortspezifische Bedingungen wie Boden- und Klimavoraussetzungen bei der Auswahl der geeigneten Schutzmaßnahme berücksichtigt werden.

*Schlagwörter:* Bodenbearbeitung, No-Till, Bodenerosion, Oberflächenabfluss

## Summary

In 1994 a field experiment started at three locations in Austria to evaluate the effect of different tillage systems on soil erosion, surface runoff, nutrient and pesticide losses as well as crop yield. Following treatments were compared: 1) conventional tillage (KV), 2) conservation tillage (KS) and 3) direct seeding (DS). Compared to conventional tillage, conservation tillage and no-till reduced soil loss on average by 66 % and 83 %, respectively. The loss of nutrients was strongly linked to soil loss. Overall, CS and DS reduced nitrogen loss by 58 % and 72 % and phosphorus loss by 62 % and 86 %. Reductions in the loss of organic carbon were 65 % for CS and 77 % for DS. Associated with a decrease in soil erosion a high reduction of losses of pesticides was determined. After an adoption time of about five years with lower crop yields, improved soil quality due to reduced tillage intensity led also to stable yields comparable to or higher than under CT.

The results show that reduced tillage practices are efficient methods to prevent soil erosion and to improve the functions of agriculturally used soils. Nevertheless site specific conditions like soil and climate have to be considered when choosing the proper erosion control measure.

*Keywords:* soil tillage, no-till, soil erosion, surface runoff

## Einleitung

Für eine nachhaltige Bodennutzung ist es wichtig, dass ein Boden alle seine Funktionen wie Produktions-, Speicher- sowie Filter- und Pufferfunktion aufrecht erhält. Bodenverluste durch Wasser- oder Winderosion beeinträchtigen diese Bodenfunktionen wesentlich und stellen daher eine Bedrohung für die Böden dar. Gleichzeitig führt der durch Erosion hervorgerufene Sedimentaustrag zu gravierenden Umweltproblemen (VERSTAETEN et al. 2006). Es müssen daher geeignete Bodenschutzmaßnahmen gefunden und angewendet werden, welche eine nachhaltige Bodennutzung bei gleichzeitiger Erhaltung und Verbesserung der Bodenqualität ermöglichen. Dies ist vor allem bei Berücksichtigung möglicher zukünftiger globaler Veränderungen wichtig.

Konservierende Bodenbearbeitungsverfahren, welche eine Verringerung der Bearbeitungstiefe und -intensität bei gleichzeitiger Erhöhung der Bodenbedeckung durch Pflanzenreste verbinden, werden in den USA bereits seit mehr als 40 Jahren angewendet. Zahlreiche Studien zeigen die erosionsmindernde Wirkung dieser konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren auf (MANNERING 1987, MEYER et al. 1999, RHOTON et al. 2002, TEBRÜGGE and DURING 1999, KLAGHOFER und STRAUSS 2006).

Seit 1994 werden an drei Standorten in Niederösterreich in einem Feldversuch die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf Bodenerosion und Oberflächenabfluss, auf die oberflächliche Verlagerung von Nährstoffen und Pestiziden sowie auf den Pflanzenertrag

<sup>1</sup> Department of Water, Atmosphere and Environment, Institute of Hydraulics and Rural Water Management, BOKU - University of Natural Resources and Applied Life Sciences Vienna, Muthgasse 18, A-1190 Vienna

\* Ansprechpartner: [andreas.klik@boku.ac.at](mailto:andreas.klik@boku.ac.at)

untersucht. Zusätzlich wurden mögliche Veränderungen wesentlicher bodenphysikalischer Kennwerte analysiert. Bei den untersuchten Varianten handelte es sich um:

- Konventionelle Bodenbearbeitung mit und ohne Wintergründecke (KV)
- Konservierende Bodenbearbeitung mit Wintergründecke (KS)
- Direktsaat mit Wintergründecke (DS).

## Material und Methoden

Die Erosionsuntersuchungen erfolgten an den Standorten Mistelbach, Pixendorf bei Tulln und Pyhra bei St. Pölten. Die mittleren Jahresniederschläge der drei Standorte liegen zwischen 645 und 947 mm, Jahrestemperaturen reichen von 9,4 °C bis 10,4 °C. Bei den Bodenarten handelt es sich um Lehm und schluffigen Lehm bei Hangneigungen zwischen 5 und 16 % (Tabelle 1).

Bodenabtrag und Oberflächenabfluss von 45 bzw. 60 m<sup>2</sup> großen Erosionsflächen wurden für jedes erosive Ereignis gemessen (KLIK 2003). Repräsentative Proben von Abfluss und Sediment wurden auf Nährstoffe und Pestizide untersucht (KLIK et al. 2004). In den Jahren 2002 und 2003 wurde zusätzlich in Mistelbach bei allen Varianten der Bodenwassergehalt mit Hilfe von FDR-Sensoren in 10 cm Tiefenabschnitten bis in eine Tiefe von 1 m kontinuierlich erfasst. Als Fruchtfolge war Mais-Wintergetreide vorgesehen. In Mistelbach befanden sich neben Mais und Getreide auch Zuckerrübe und Sonnenblume in der Fruchtfolge. Jährlich erfolgte eine genaue Bestimmung der Ernterträge.

Die Berechnung der Erosivität der Niederschläge erfolgt anhand der Formel von BROWN and FOSTER (1987) über die Niederschlagsintensität  $i_m$ , welche in 5-Minuten Intervallen aufgezeichnet wird. Für jeden Zeitabschnitt wird die Einheitsenergie  $e_m$  in MJ.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> mit

$$e_m = 0,29 \cdot [1 - 0,72 \cdot e^{-0,05 i_m}]$$

berechnet, welche anschließend mit der in diesem Zeitraum gefallenen Niederschlagsmenge multipliziert wird. Diese kinetische Energie (E) wird anschließend mit der maximalen 30-Minuten Intensität des Niederschlagsereignisses  $I_{30}$  multipliziert und ergibt den  $EI_{30}$ -Wert bzw. die Erosivität des Regens (WISCHMEIER and SMITH 1978).

## Ergebnisse

### Oberflächenabfluss und Bodenerosion

Sechzehn Jahre nach Versuchbeginn zeigt sich, dass eine Reduzierung der Bearbeitungsintensität bei konservierender Bearbeitung und Direktsaat bei den meisten Böden zu einer Verbesserung der Infiltration und damit zu einer Verminderung des Oberflächenabflusses führt (Abbildung 1). Sowohl in Mistelbach als auch in Pixendorf kommt es bei KS und DS zu niedrigeren Oberflächenabflüssen als bei KV. Durch die Wintergründecke und das Verbleiben der Pflanzenreste auf bzw. nahe der Bodenoberfläche wird der Gehalt an organischem Kohlenstoff angehoben, was sich positiv auf die Infiltrationskapazität der Böden auswirkt (HOFMANN 2005, ZARTL und KLIK 2001). Bei schwereren Böden wie

Tabelle 1: Wesentliche Kennwerte der Untersuchungsstandorte

Parameter	Mistelbach (NÖ)	Pixendorf (NÖ)	Pyhra (NÖ)
Mittlerer Jahresniederschlag (mm)	645	687	947
Mittlere Jahrestemperatur (°C)	9,6	9,4	9,4
Bodenart	lehmiger Schluff	sandiger Schluff	sandiger Lehm
Sandgehalt (%)	8	19	38
Schluffgehalt (%)	65	61	39
Tongehalt (%)	27	20	23
Gehalt an org. Kohlenstoff (%)	0,9-1,1	1,1-1,5	0,4-0,6
Hangneigung (%)	12-13	5-6	15-16

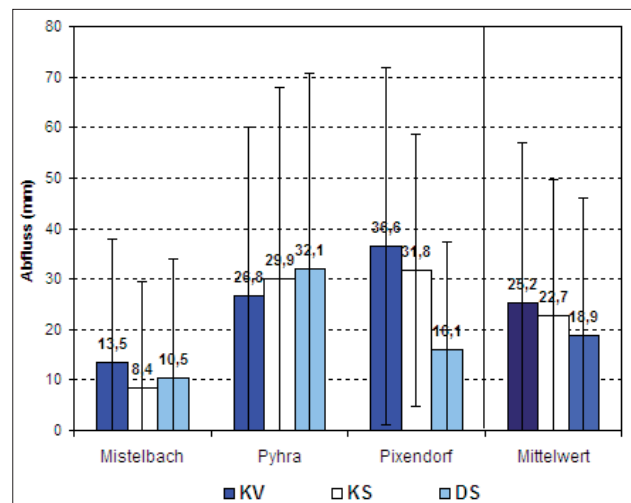


Abbildung 1: Mittlerer jährlicher Oberflächenabfluss und Standardabweichung für die untersuchten Bearbeitungsvarianten und die drei Standorte

in Pyhra kann das Fehlen von Lockerungsmaßnahmen durch einen Pflug zu einer Bodenverdichtung und somit zu einer Erhöhung des Abflusses führen.

Die Verbesserung der Infiltration und somit Reduktion des Oberflächenabflusses durch reduzierte Bodenbearbeitungssysteme wird durch zahlreiche Autoren bestätigt (MAHBOUDI et al. 1993, SHIPITALO et al. 2000, ARMAND 2004, QUINTON and CATT 2004, STRAUSS et al. 2003), einige Untersuchungen ergeben aber auch eine Zunahme des Oberflächenabflusses (KWAAD et al. 1998, WILSON et al. 2004, STRAUSS et al. 2003).

Die verbesserte Infiltration bei CS und DS spiegelt sich in höheren Bodenwassergehalten wider. In beiden Untersuchungsjahren konnten in den Varianten mit reduzierter Bearbeitungsintensität im 0-100 cm Bodenbereich deutlich höhere Bodenwassergehalte gemessen werden als bei CT (HOFMANN 2005, Abbildung 2). Die Bodenabdeckung durch die Pflanzenreste hat sicherlich auch positive Auswirkungen auf verminderte Bodenevaporation. Dieser Anteil konnte jedoch nicht quantifiziert werden.

### Bodenabtrag

Bodenerosion entsteht unter extremen Bedingungen, wobei neben der Höhe vor allem die Regenintensität und die

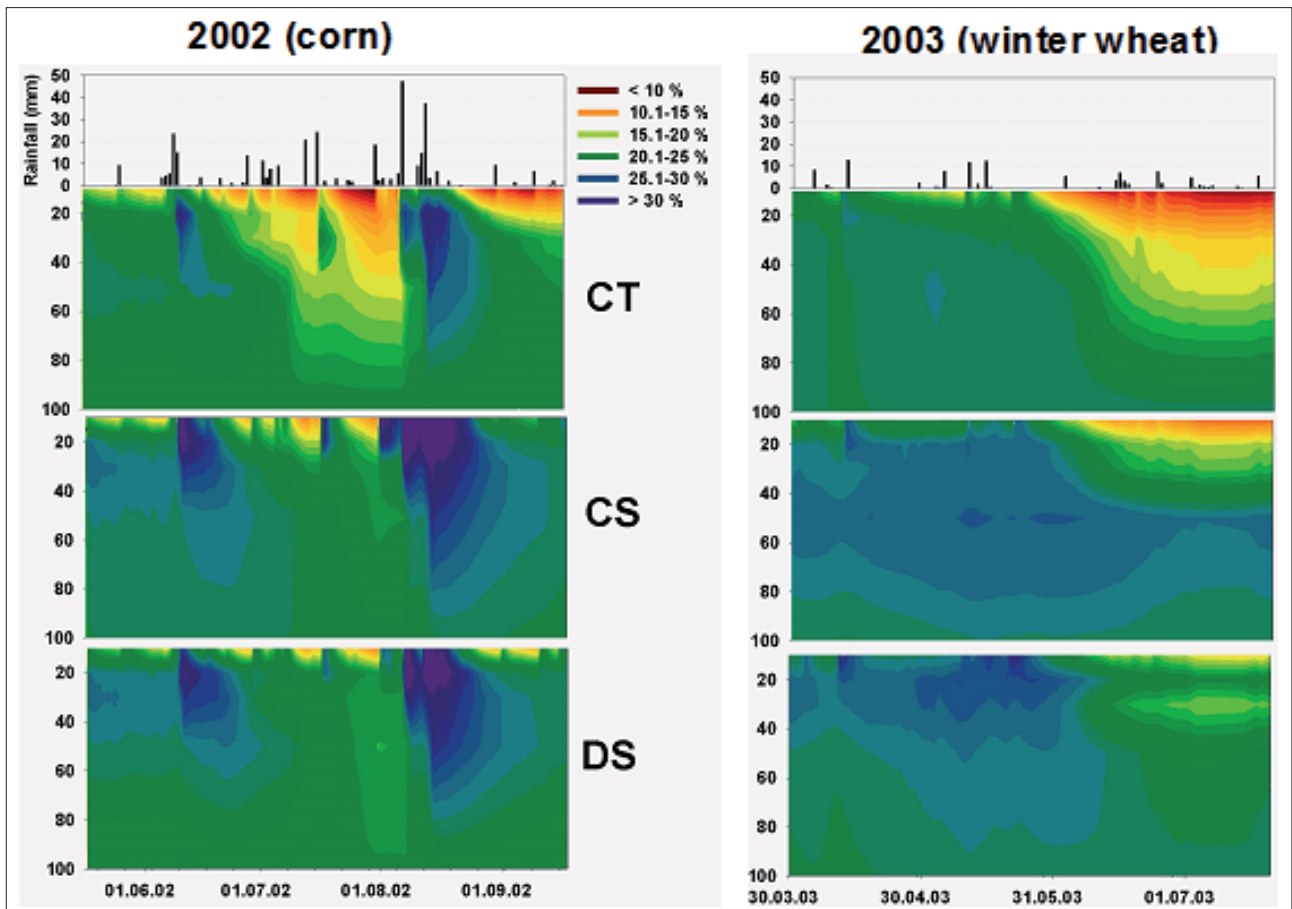


Abbildung 2: Räumliche und zeitliche Verteilung des Bodenwassergehaltes bei Mais (links) und Winterweizen (rechts) bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung (Standort Mistelbach)

Erosivität die wesentliche Rolle spielen. Bodenerosion wird während eines erosiven Niederschlagsereignisses meist nur während sehr kurzer Perioden mit extrem hohen Intensitäten ausgelöst.

Mehr als 90 % des gesamten Bodenabtrages während der 16 Versuchsjahre wurde nur durch etwa 5 % der Ereignisse hervorgerufen, d.h. es gab sehr viele Ereignisse mit niedrigen Erosionsraten und nur ganz wenige mit sehr hohen. Diese hohen Erosionen sind es aber, welche für die entstehenden on- und off-site Schäden maßgeblich sind. Felduntersuchungen von POLLHAMMER (1997) und STRAUSS und KLAGHOFER (2004) zeigten das gleiche Phänomen. Um diese Extremereignisse entsprechend in der Mittelwertbildung zu berücksichtigen, wurden für Mistelbach und Pyhra die Ergebnisse des Jahres 1994 mit einer Jährlichkeit von 50 bzw. 25 angenommen.

Konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat bewirkt gegenüber CT an allen drei Standorten eine signifikante Verringerung des Bodenabtrages (Abbildung 2). Bei CT werden im Mittel  $6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$  abgetragen. Nimmt man die jährliche Neubildungsrate mit  $2,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  an und setzt sie mit einem tolerierbaren Wert gleich (OECD 2001), so wird bei konventioneller Bearbeitung dieser Wert deutlich überstiegen. Durch CT und DS wird der Abtrag auf  $2,2$  bzw.  $1,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$  reduziert, womit diese Varianten nahe bzw. unter der Toleranzgrenze liegen.

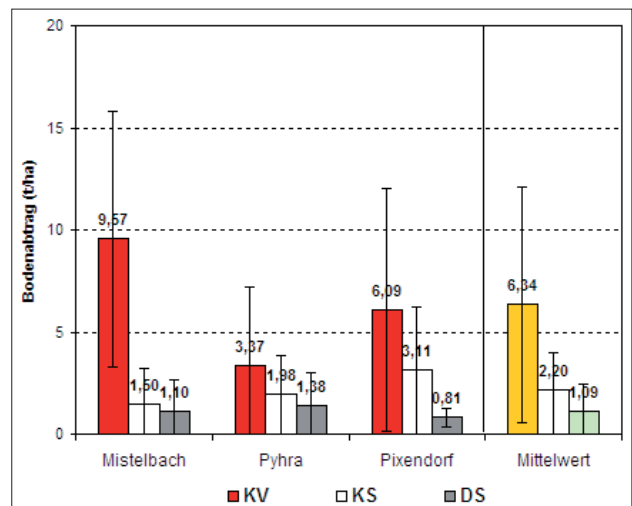


Abbildung 3: Mittlere jährliche Bodenabträge und Standardabweichungen für die untersuchten Bodenbearbeitungsverfahren und die drei Standorte

Betrachtet man die einzelnen Ereignisse im Verhältnis zum Oberflächenabfluss, so zeigt sich ein enger Zusammenhang zwischen diesen Kennwerten. Beim Erosionsprozess kommt aber der Erosivität bzw. der erosiven Kraft eines Niederschlages wesentlich höhere Bedeutung zu als

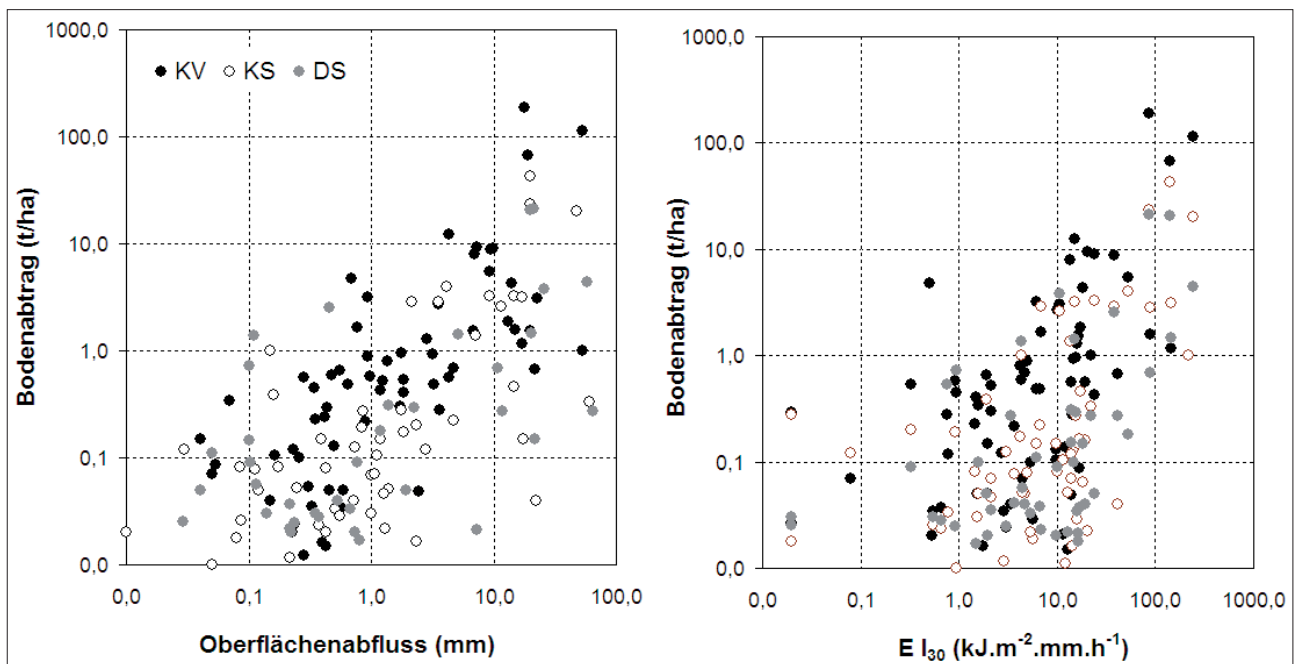


Abbildung 4: Bodenabträge bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung in Abhängigkeit des Oberflächenabflusses (links) und der Erosivität (rechts) der auftretenden Einzelereignisse

Tabelle 2: Austräge an Stickstoff, Phosphor, organischem Kohlenstoff und Pflanzenschutzmitteln (PSM) durch Oberflächenabfluss und Bodenabtrag bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung

Parameter	Mistelbach			Pyhra			Pixendorf			Mittelwert		
	KV	KS	DS	KV	KS	DS	KV	KS	DS	KV	KS	DS
N (kg.ha <sup>-1</sup> )	14,9	2,8	2,5	4,1	2,2	0,7	7,2	6,2	4,2	8,8	3,7	2,5
P (kg.ha <sup>-1</sup> )	8,0	1,2	0,9	2,8	1,2	0,3	2,5	1,4	1,0	3,4	1,3	0,5
OC (kg.ha <sup>-1</sup> )	123,2	25,2	21,0	49,8	24,3	5,6	54,6	33,7	27,1	75,9	27,7	17,9
PSM (% der appl. Menge)	3,2	0,5	0,7	0,5	0,1	0,1	2,1	2,7	0,7	2,2	1,0	0,6

der Regenhöhe, was in *Abbildung 5* ersichtlich ist. Die Variabilität der Bodenabträge ist sehr hoch, was auf die unterschiedlichen Zeitpunkte der erosiven Ereignisse und auf den Bodenzustand zurückgeführt werden kann. Niederschläge mit derselben Erosivität erzeugen bei dichtem Bewuchs (wie etwa in der Mitte der Vegetationsperiode) wesentlich niedrigere Bodenabträge als bei Schwarzbrache- bzw. Saatbettzustand. Die Daten zeigen auch, dass reduzierte Bodenbearbeitung und Mulchbedeckung stets eine Verminderung des Bodenabtrages gegenüber konventioneller Bearbeitung hervorrufen. So liegen etwa die Erosionsraten bei einem  $E_{I_{30}}$ -Wert von rd. 12 kJ.m<sup>-2</sup>.mm.h<sup>-1</sup> bei KV zwischen 0,01 und 12,4 t.ha<sup>-1</sup>, bei KS aber nur zwischen 0,01 und 3,8 t.ha<sup>-1</sup> und bei DS nur zwischen 0,02 und 3,2 t.ha<sup>-1</sup>. Bei gleicher Erosivität reduziert sich somit das Erosionspotenzial deutlich.

### Nährstoff- und Pestizidverluste

Die oberflächlichen Verluste an Stickstoff und Phosphor entstehen vorwiegend an das Sediment gebunden und korrelieren daher eng mit dem Bodenabtrag. Nur ein geringer Teil des Stickstoffs wird im Abfluss gelöst abgetragen. Je nach Standort werden bei konventioneller Bearbeitung zwischen 4,1 und 14,9 kg.ha<sup>-1</sup> jährlich abgetragen, bei konservierender Bearbeitung zwischen 2,2 und 6,2 kg.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup> und bei

Direktsaat zwischen 0,7 und 4,2 kg.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>. Dies entspricht bei Verwendung von KS im Mittel einer Reduktion von rd. 48 % und bei DS einer von rd. 70 % gegenüber KV. Die Verluste an Phosphor sind etwas niedriger als jene bei Stickstoff und bewegen sich zwischen 2,8 und 8,0 kg.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup> bei KV, zwischen 1,2 und 1,4 kg.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup> bei KS und zwischen 0,3 und 1,0 kg.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup> bei DS.

Reduzierte Bodenbearbeitungsintensität wirkt sich auch positiv auf den oberflächlichen Verlust von Pflanzenschutzmitteln (PSM) aus. In den meisten Fällen können diese Verluste verringert werden, was durch Untersuchungen in den USA (FAWCETT 1995, CLAUSEN et al. 1996) und Europa (FISCHER et al. 1995) bestätigt wird. Es zeigt sich auch, dass bei einem größeren Anteil von organischem Material an der Bodenoberfläche PSM von den Blattoberflächen bzw. Pflanzenoberflächen abgewaschen und - ohne vom Boden adsorbiert zu werden - abgeschwemmt werden können.

Die Höhe der Pestizidabschwemmungen hängt jedoch maßgeblich von dem Zeitraum zwischen Applikation und dem Auftreten des erosiven Ereignisses und von den chemischen Eigenschaften des PSM wie Halbwertszeit, Adsorptionskoeffizienten und Löslichkeit ab. Je später der erste erosive Regen nach der Applikation auftritt, desto geringer ist das Risiko eines oberflächlichen Austrages.



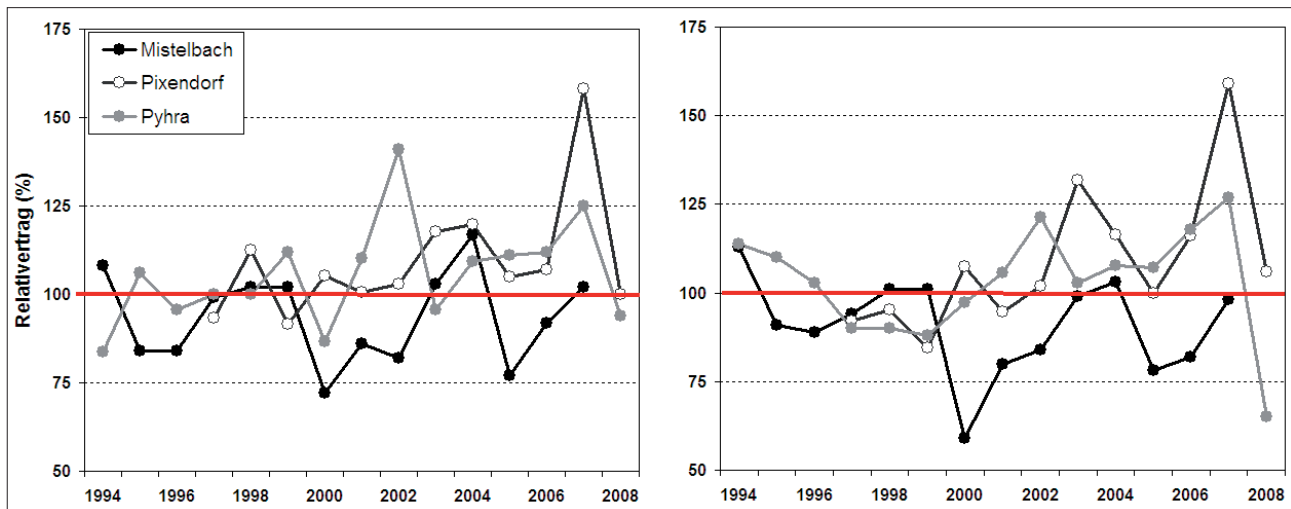


Abbildung 5: Relativverträge bei konservierender Bodenbearbeitung (links) und Direktsaat (rechts) im Vergleich zu konventioneller Bodenbearbeitung für die drei untersuchten Standorte

Tabelle 3: Relativverträge (mit Standardabweichung) und Jahre mit Ertrags-einbußen bei reduzierter Bearbeitungsintensität im Vergleich zu konventioneller Bodenbearbeitung

	Relativverträge (%)		Jahre mit Ertrags-einbußen (%)	
	KS	DS	KS	DS
Mistelbach	93,9 (12,6)	90,9 (13,1)	50,0	64,3
Pyhra	103,5 (14,1)	103,1 (15,0)	33,3	33,3
Pixendorf	109,6 (16,8)	108,8 (19,5)	16,7	33,3
Mittelwert	102,6 (15,9)	100,6 (17,5)	---	---

### Ertragsresultate

An den verschiedenen Standorten wirken sich Bodenbearbeitungsverfahren unterschiedlich auf die Pflanzenerträge aus. Geringere Bearbeitungsintensität führte in Mistelbach in 50–64 % der Jahre zu Ertrags-einbußen gegenüber KV, in Pyhra und Pixendorf wurden nur in rd. 17–33 % der Jahre die Erträge bei KV unterschritten (Tabelle 3). In Pixendorf traten Ertragsrückgänge nur in den ersten fünf Jahren nach Bearbeitungsumstellung auf, danach wurden stets Ertrags-zuwächse erzielt (Abbildung 5).

### Zusammenfassung

Die langjährigen Feldmessungen zeigen, dass Bodenbewirtschaftungsverfahren mit reduzierter Bearbeitungsintensität wirkungsvolle Maßnahmen zur Erosionsverminderung darstellen. Dies führt in weiterer Folge zu einer Verbesserung der Bodengesundheit und Bodenfruchtbarkeit. Nach einer Umstellungsphase von etwa fünf Jahren ist eine ertragssichernde Wirkung zu erwarten. Nichtsdestotrotz müssen standortspezifische Bedingungen wie Boden- und Klimavoraussetzungen bei der Auswahl der geeigneten Schutzmaßnahme berücksichtigt werden.

### Danksagung

Die vorliegenden Arbeiten wurden vom Bundesland Niederösterreich, vom Fond zur Förderung der wissen-

schaftlichen Forschung (Projekt Nr. P15329-GEO), vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie dem Bundesland Steiermark finanziell unterstützt.

### Literatur

- ARMAND, R., 2004: Observation, appréciation et quantification du ruissellement appliqués aux parcelles cultivées en techniques culturales sans labour (TCSL). ULP, Strasbourg, 89 pp.
- BROWN, L.C. and G.R. FOSTER, 1987: Storm erosivity using idealized intensity distributions. Transactions of the ASAE 30: 379-386.
- CLAUSEN, J.C., W.E. JOKELA, F.I. POTTER and J.W. Williams, 1996: Paired watershed comparison of tillage effects on runoff, sediment and pesticide losses. J. Environ. Qual. 25: 1000-1007.
- FAWCETT, R.S., 1995: Agricultural tillage systems: impacts on nutrient and pesticide runoff and leaching. In: Farming For a Better Environment: A White Paper. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa; 67 pp.
- FISCHER, P., M. BACH, S. GÄTH, K. MOLLENHAUER, H.G. FREDE, 1995: Geringere Herbizideinträge in Oberflächengewässer durch reduzierte Bodenbearbeitung. Mitt. d. Dtsch. Bodenk. Ges. 76: 253-256.
- HOFMANN, J., 2005: Auswirkung unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf die Bodengesundheit. Dissertation, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien, 189 S.
- KLIK, A., 2003: Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Oberflächenabfluss, Bodenabtrag sowie Nährstoff- und Pestizidausträge. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Jg. 55, Heft 5-6: 89-96.
- KLIK, A., W. SOKOL and F. STEINDL, 2004: Automated erosion wheel: A new measuring device for field erosion plots. Journal of Soil and Water Conservation 59(3): 116-121.
- KWAAD, F.J.P.M., M. VAN DER ZIP and P.M. VAN DIJK, 1998: Soil conservation and maize cropping systems on sloping loess soils in the Netherlands. Soil & Tillage Research 46: 13-21.
- MAHBOUDI, A.A., R. LAL and N.R. FAUSSEY, 1993: Twenty-eight years of tillage effects on two soils in Ohio. Soil Science Society of America Journal 57: 506-512.
- MANNERING, J.V., D.L. SCHERTZ and B.A. JULIAN, 1987: Overview of conservation tillage. In: LOGAN, T.J., J.M. DAVIDSON, J.L. BAKER and M.R. OVERCASH (eds.): Effects of conservation tillage

- on groundwater quality: Nitrates and pesticides. Lewis Publishers, Chelsea: 3-13.
- MEYER, L.D., S.M. DABNEY, C.E. MURPHEE, W.C. HARMON and E.H. GRISSINGER, 1999: Crop production systems to control erosion and reduce runoff from upland silty soils. *Transactions of the ASAE* 42(6): 1645-1652.
- OECD 2001: Environmental indicators for agriculture. Methods and results. Vol.3, Paris, France.
- POLLHAMMER, J., 1997: Die Auswirkung ausgewählter ackerbaulicher, pflanzenbaulicher und landtechnischer Maßnahmen auf den Bodenabtrag durch Wasser. Diplomarbeit, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien.
- RHOTON, F.E., M.J. SHIPITALO and D.L. LINDBO, 2002: Runoff and soil loss from midwestern and southeastern US silt loam soils as affected by tillage practice and soil organic matter content. *Soil & Tillage Research* 66: 1-11.
- SHIPITALO, M.J., W.A. DICK and W.M. EDWARDS, 2000: Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals. *Soil & Tillage Research* 53(3-4): 167-183.
- STRAUSS, P. and E. KLAGHOFER, 2004: Scale considerations for the estimation of processes and effects of soil erosion in Austria. In: FRANCAVIGLIA, R. (ed.). *Agricultural Impacts on Soil Erosion and Soil Biodiversity: Developing Indicators for Policy Analysis*. Proceedings of the OECD Expert Meeting, Rome: 229-238.
- STRAUSS, P. and E. KLAGHOFER, 2006: Austria. In: BOARDMAN, J. and J. POESEN (eds.): *Soil erosion in Europe*. John Wiley and Sons, Chichester: 205-212.
- STRAUSS, P., D. SWOBODA and W.E.H. BLUM, 2003: How effective is mulching and minimum tillage to control runoff and soil loss? - a literature review. In: GABRIELS, D. and W. CORNELIS (eds.): *25 Years of Assessment of Erosion*. Proceedings of the International Symposium, Ghent, Belgium, 22-26 September 2003: 545-550.
- TEBRÜGGE, F. and R.A. DURING, 1999: Reducing tillage intensity – a review of results from a long-term study in Germany. *Soil & Tillage Research* 53(1): 15-28.
- QUINTON, J.N. and J.A. CATT, 2004: The effects of minimal tillage and contour cultivation on surface runoff, soil loss, crop yield in the long-term Woburn Erosion Reference Experiment on sandy soil at Woburn, England. *Soil Use and Management* 20(3): 343-349.
- VERSTRAETEN, G., P. BAZZOFFI, A. LAJCZAK, M. RADOANE, F. REY, J. POESEN and J. DE VENTE, 2006: Reservoir and Pond Sedimentation in Europe. In: BOARDMAN, J. and J. POESEN (eds.): *Soil erosion in Europe*. John Wiley and Sons, Chichester: 759-774.
- WISCHMEIER, W.H. and D.D. SMITH, 1978: Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. U.S. Government Printing Office. *Agriculture Handbook* Nr. 537: 58 S.
- ZARTL, A. und A. KLIK, 2001: Regensimulationen zur Ermittlung des Einflusses unterschiedlicher Bodenbearbeitungen auf Oberflächenabfluss und Bodenabtrag aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. *Österreichische Wasserwirtschaft* 53(1/2): 27-34.