

Glyphosatverlagerung und –abbau in Modellfeldversuchen im sächsischen Löss hügelland

Risikoanalyse und -vorsorge

Galina Machulla, Olaf Nitzsche, Walter-Alexander Schmidt

Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft,
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie,
Leipzig

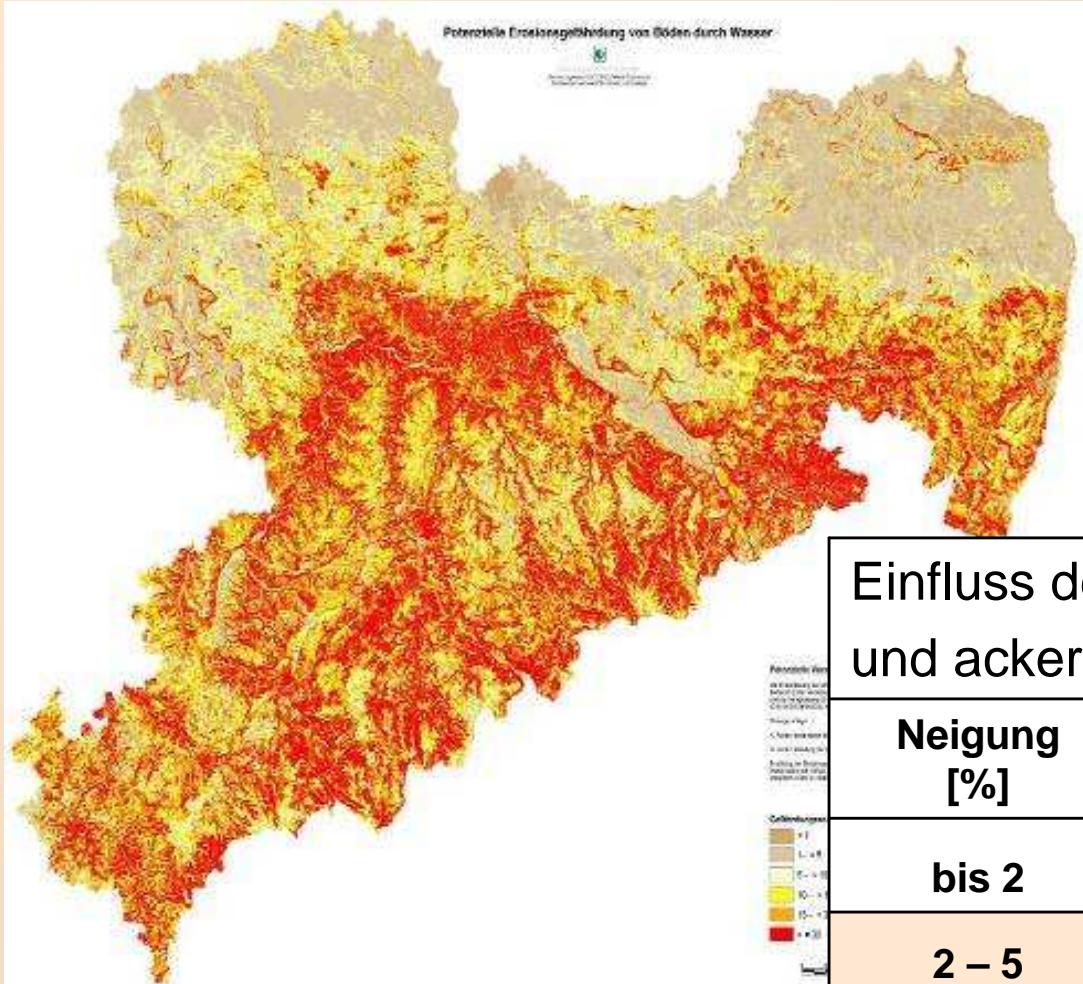
Projektlaufzeit
01.06.2006 - 31.05.2008

Gliederung

- Einleitung
- Projektziel
- Versuchsdesign
- Stoffaustausch im Oberflächenabfluss
- Stoffeintrag mit Sickerwasser
- Bodenmikrobielle metabolische Leistungen
- Schlussfolgerungen

Bodenerosion durch Wasser in Sachsen

Potentielle Erosionsgefährdung



(Bodenatlas des Freistaates Sachsen, 1996, 2007)

Einfluss der Hangneigung auf Erosionsdisposition und ackerbauliche Nutzung

Neigung [%]	Erosions-gefahr	Schutzmaßnahmen
bis 2	keine	keine
2 – 5	sehr schwache	empfehlenswert
5 - 12	mittlere bis starke	empfehlenswert/ erforderlich
12 – 18	sehr starke	dringend erforderlich

Bodenbearbeitungsverfahren und Minderung der Erosion

Bodenbearbeitungsverfahren

mit Pflug

konventionell

Lockерung und Wendung
30 cm Krumentiefe

Konventionelle Aussaat

Reststofffrei
gering
erhöht
erhöht

ohne Pflug

konservierend

Lockerung
obere 7-10 cm

Mulchsaat

Ackeroberfläche
Aggregatstabilität
Oberflächenverschlammung
Bodenerosionsgefährdung

keine Bodenbearbeitung

Direktsaat

bedeckt
hoch
gering
gering



Fragestellung

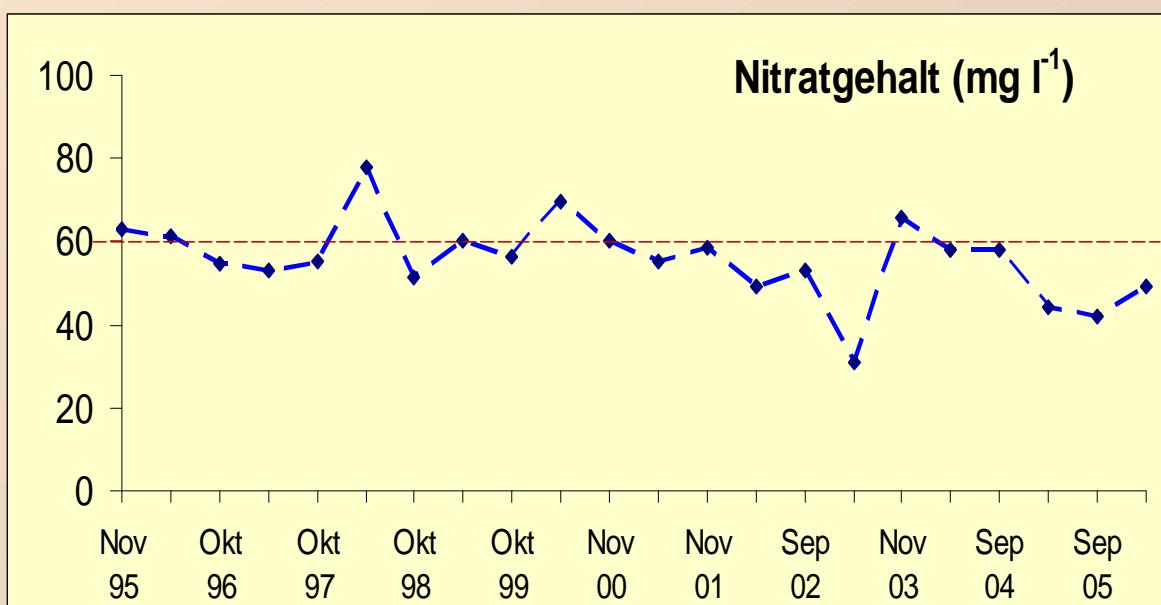
Kann durch den Übergang zur Bodenbearbeitung ohne Pflug eine Erhöhung der vertikalen, Grundwasser gefährdenden Verlagerung von Agrochemikalien verursacht werden?

Ziele des Vorhabens

- 1. Charakterisierung der**
 - Verlagerung von PSM und Nährstoffen im Oberflächenabfluss,**
 - vertikalen Verlagerung von PSM und Nährstoffen unter Praxisbedingungen,**
- 2. Erarbeitung von praxisorientierten Handlungsstrategien im Sinne einer Minimierung der Stoffausträge.**

Grundwasserqualität - Pegel Maila

Grundwasserbeschaffenheit (~ 270 Parameter)					
DATUM	PARAMETER (Auszug)	PROBENBEZUG	ERGEBNIS	NACHWGRENZE	EINHEIT
16.03.2006	Fenuron	Gesamtprobe	0,000	0,002	µg/l
	Isoproturon		0,025	0,001	µg/l
	Linuron		0,000	0,006	µg/l
	Desisopropylatrazin		0,008	0,001	µg/l
	Desethylterbutylazin		0,005	0,002	µg/l
	Metribuzin		0,000	0,004	µg/l
	Nitrat		49,0	0,130	mg/l



NO₃-Grenzwert

- Risikoschwellenwert (D) **25 mg/l**
- Wasserrahmenrichtlinie (EU) **50 mg/l**

UBA, 2006

Ohne negative Gesundheitsfolgen kann einwandfreies Trinkwasser mit **bis zu 50 mg/l Nitrat auch uneingeschränkt** bei der Zubereitung von Säuglingsnahrung verwendet werden.

Präferentieller Stofftransport

- ist ein Ungleichgewichtstransport, durch den reaktive Stoffe im Boden schneller via Fließbahnen als via Bodenmatrix transportiert werden

Ursachen und Einflussfaktoren für präferentiellen Stofftransport

- Wassersättigung des Bodens
- Aktivität von Bodentieren - Makroporenbildung
- Quellbarkeit
- Hydrophobie
- Horizontale Substratschichtung
- Ungleichförmigkeitsgrad
- Steine, Texturlinsen
- Geneigte Schichtung

Messung des Wasser- und Stofftransports in Böden

- **Direkte Beprobung des Sickerwassers:**

Saugkerzen,
Lysimeter

technisch aufwändig und im Betrieb teuer

- **Beprobung von Dränagen**

gut geeignet bei einer hohen zeitlichen Auflösung

- **Farbtracerversuche**

visualisiert werden bevorzugt Fließwege

- **Bodenbeprobung**

Transportverhaltens von gelösten und partikulären Tracern

Visualisierung der Wasserbewegung im Boden

Aufnahme 24h nach Beregnung

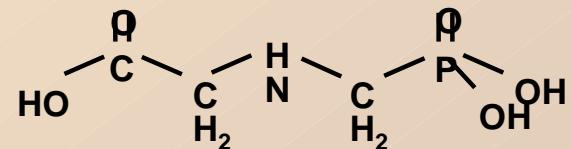
Leitbahnfunktion der Wurzelgänge und Bodenrisse



Erfassung des Wasser- und Stofftransports

- **Ausbringung von Modellstoffen**

1. AHL (Ammonnitrat-Harnstoff-Lösung): 7% NO₃-N, 7%NH₄-N
2. Durano (WS: Glyphosat)
3. H₂O



- **Ausbringung von Tracersubstanzen**

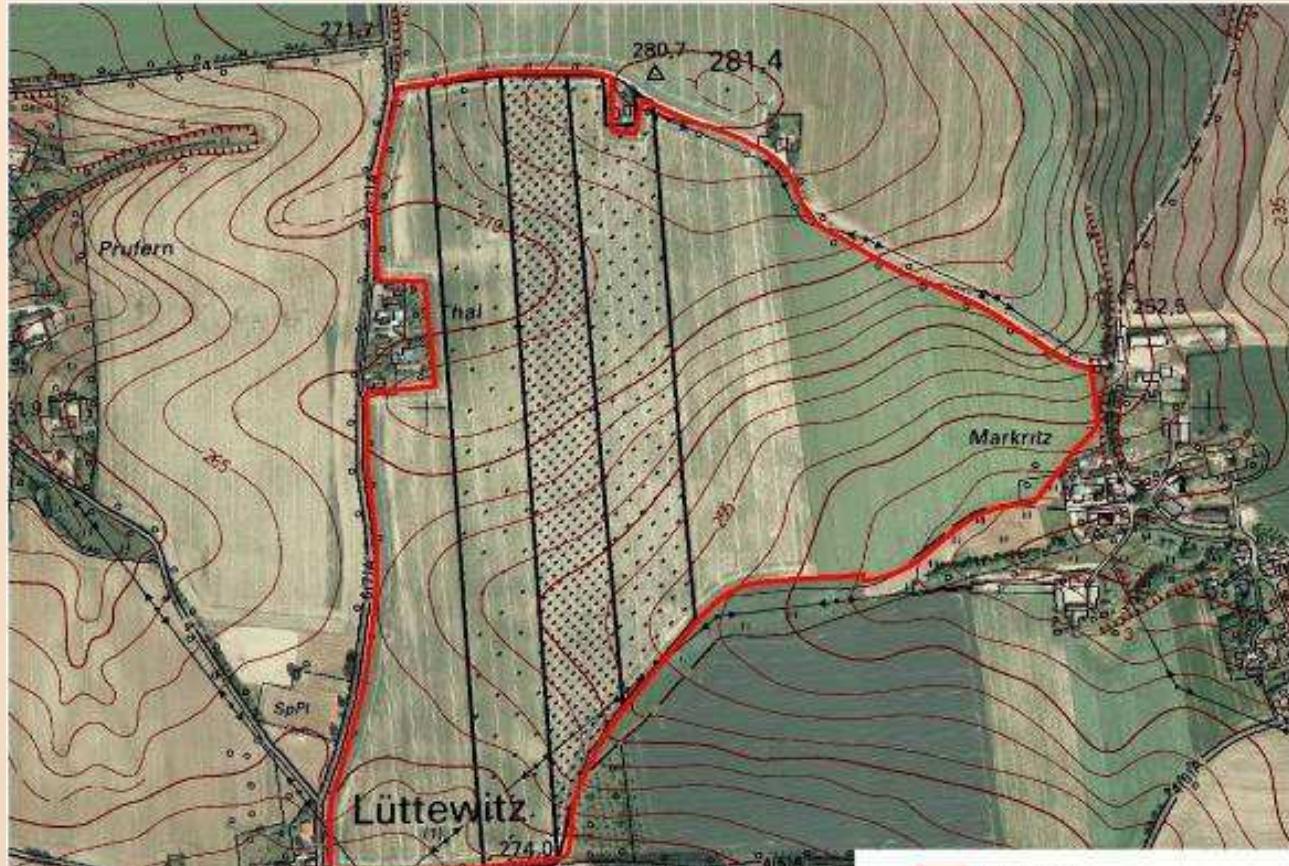
1. Brillant Blau
 2. KBr
- Visualisierung der Fließwege
Transportverhalten im Vergleich zu AHL**

- **Untersuchungen von Wasser- und Bodenproben**

Erfassung des horizontalen und vertikalen Transportverhalten von ausgebrachten Stoffen

Versuchsanlage – Schlag Lüttewitz (bei Döbeln)

Landschaftsraum: Mittelsächsisches Lößhügelland



- Feldblock
- Bodenbearbeitungsvarianten
- Direktsaat
- Mulchsaat
- Pflug

Datengrundlagen:
Feldblock: InVeKoS (LFL 2007)
TK10: Landesvermessungsamt Sachsen
Orthofoto: Landesvermessungsamt Sachsen

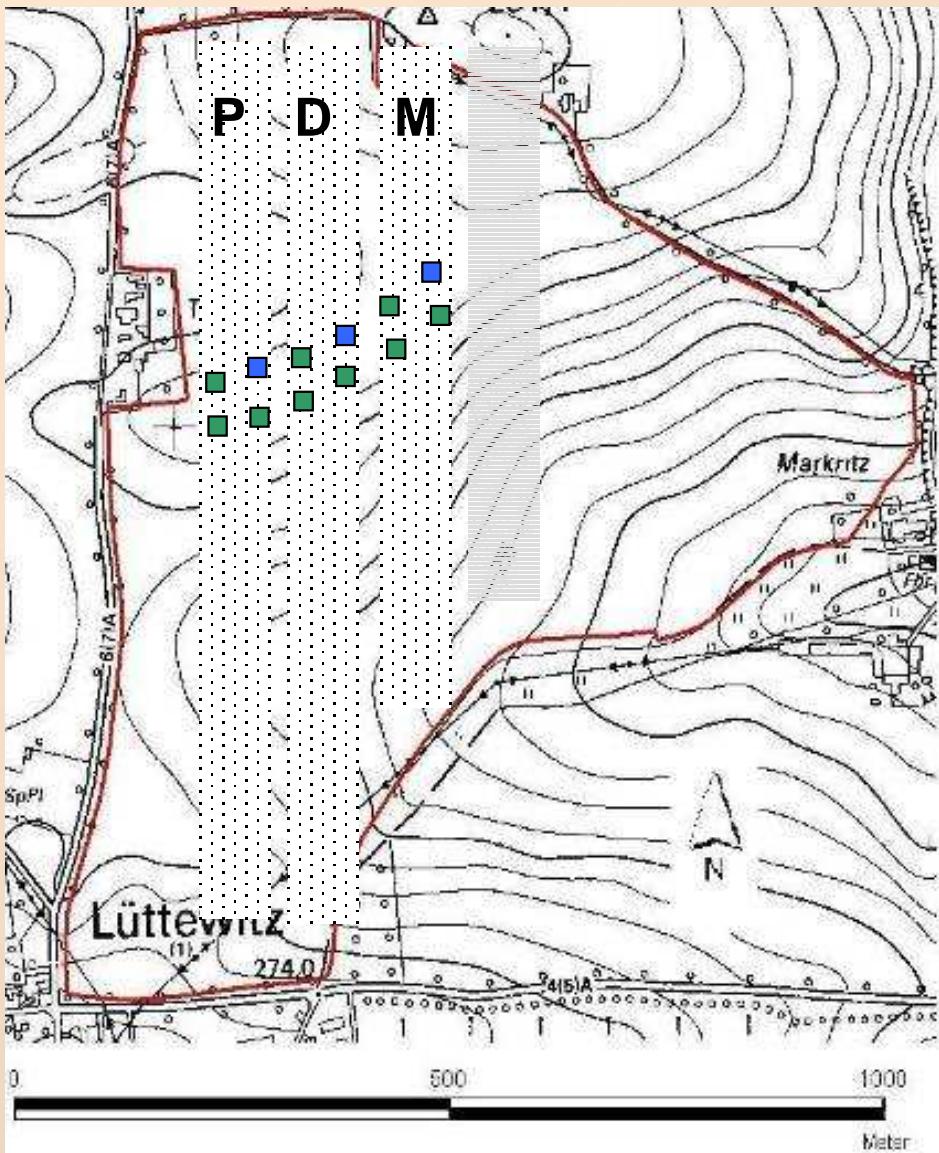
100 0 100 200 Meter



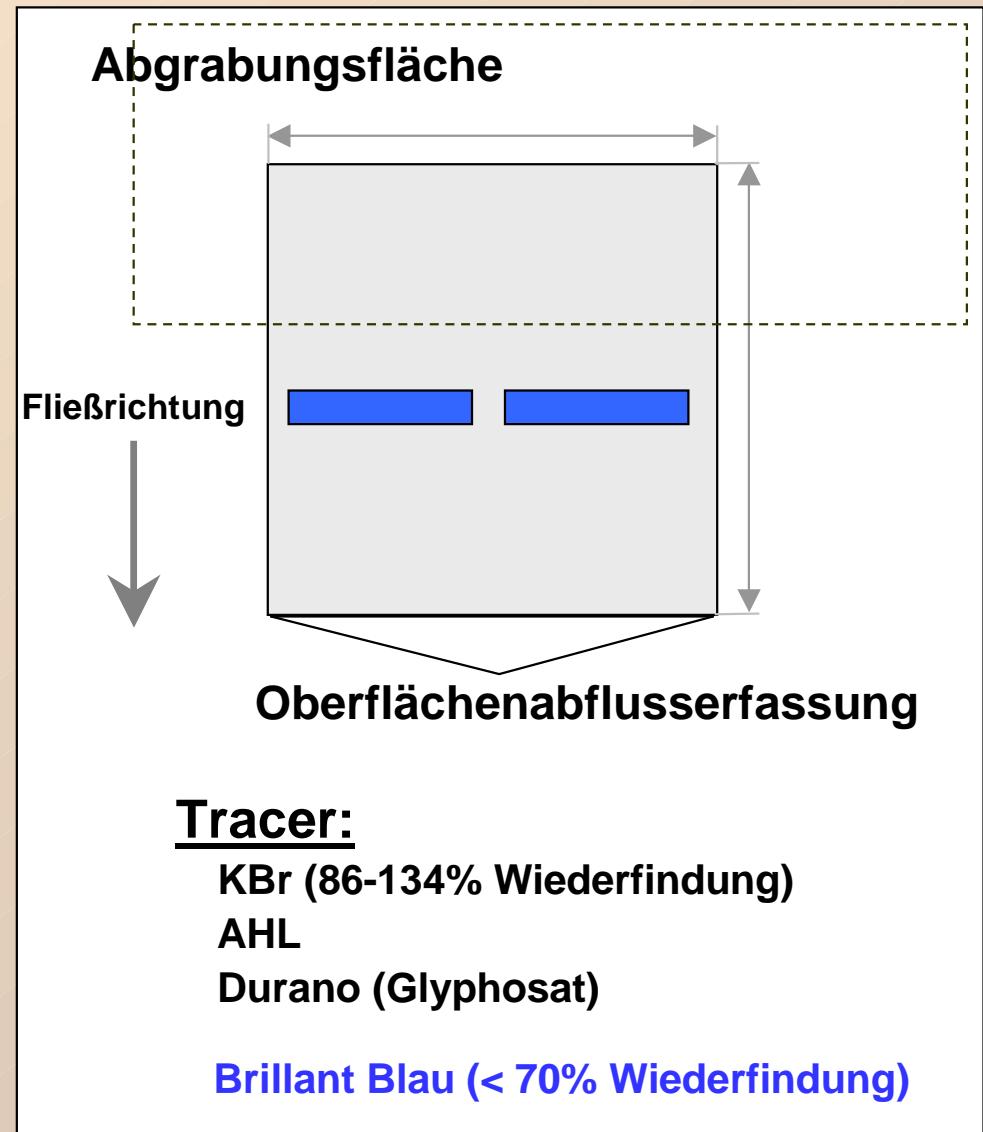
Versuchsanlage – Schlag Lüttewitz (bei Döbeln)

Landschaftsraum: Mittelsächsisches Lößhügelland

Versuchsvarianten



Multitracerparzellen ($1 \times 1 \text{ m}^2$)



Versuchsfläche - Standortcharakteristika

Parameter	Pflug	Mulch	Direktsaat
Lage	Lüttewitz , Lommattsche Pflege, Sächsisches Lößhügelland, 270-280 m ü. NN		
Klimadaten	Langjährige Mittelwerte: 8,1°C, 643 mm		
 (0-30 cm)	Sand (%)	5	4
	Schluff (%)	81	76
	C _t (%)	1,1	1,1
	Bodenart	Ut3	Ut4
	Bodensubtyp	Parabraunerde-Pseudogley (Ah/AI-Sw/IIBt-Sd) <i>WRB: Stagnic Luvisol</i>	
Bodenbearbeitung		seit 1991 konservierend	
	2003 – WW	2006 – WW	
Anbau	2004 – WW	2007 – WW	
	2005 – ZR/WW	2008 – ZR/WW	

Beregnungsversuche - Randbedingungen

Parameter	Datum	Pflug	Mulchsaat	Direktsaat
Beregnungsmenge (mm)			38	
Beregnungszeit (min)			20	
Beregnungs-Intensität (mm/min)			1,9	
Hangneigung (%)	Okt. 2006 März 2007 Sept. 2007	4,0 5,0 - 7,5 4,5 - 5,0	0 - 2,4 1,5 - 3,3 1,9 - 2,5	3,4 - 4 3,3 - 4,5 3,8 - 4,2
Hangneigungsstufen*		mittel-schwach geneigt	sehr schwach	schwach
Bedeckungsgrad** (%)	Okt. 2006 März 2007 Sept. 2007	0,5 ± 0,6 96 ± 1,1 18 ± 3,3	33 ± 4,9 84 ± 3,6 20 ± 1,9	83 ± 2,4 81 ± 6,6 98 ± 0,4
Bodenfeuchte*** (%)	Okt. 2006 März 2007 Sept. 2007	24,4 ± 1,5 28,4 ± 1,0 28,9 ± 1,3	27,2 ± 1,2 30,9 ± 1,2 30,6 ± 2,1	27,6 ± 1,3 33,2 ± 1,4 32,7 ± 0,9

* nach KA 5 (2005)

//*** Mittewert aus 4/3 Wiederholungen pro Bearbeitungsvariante

Niederschlagsimulation

Applikationszubehör



Beregnungsanlage



Auffangrahmen 1 x 1 m²

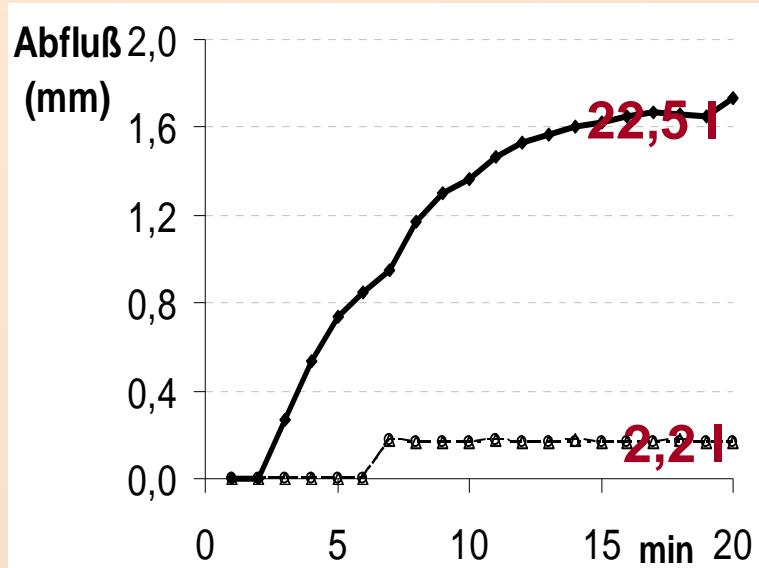


Flaschen für das an der Oberfläche
abfließende Wasser

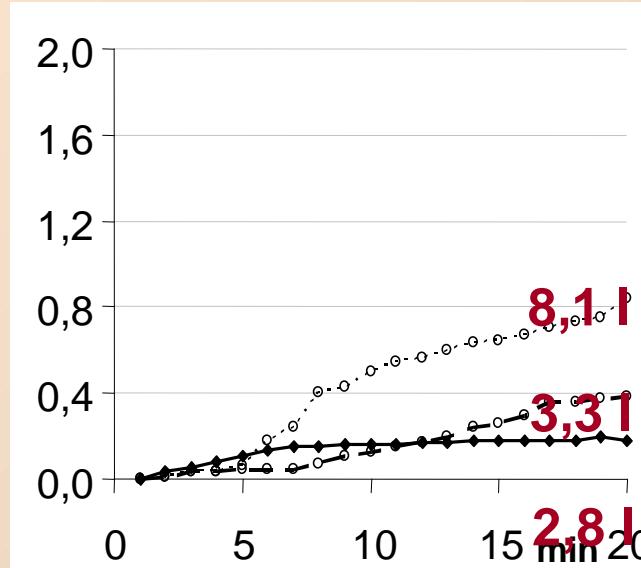


Oberflächenabfluss

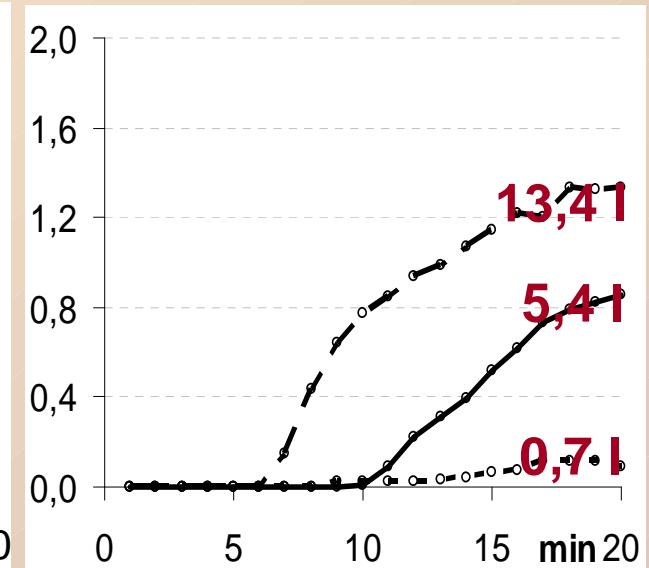
Oktober 2006



März 2007



September 2007



—●— Pflug

—◆— Mulchsaat

..... Direktsaat

	Abfluss (L)			Infiltration (L)			
	Pflug	Mulch	Direktsaat	Pflug	Mulch	Direktsaat	
Σ _3Berechnungen	92	57	34	250	285	308	
relativ zu Pflugvariante	1	0,62	0,37	1	1,14	1,23	
Variationskoeffizient (%)	36			5			
Verregnete H ₂ O-Menge – 342 L							

Verlauf des Oberflächenabflusses

Berechnungssimulation, Oktober 2006

Pflugbearbeitung



Mulchsaat



Direktsaat



Stofftransport mit dem Oberflächenabfluss

Sediment-abtrag

	Sediment (g m ⁻²)		
	Pflug	Mulchsaat	Direktsaat
Summe_3Berechnungen	863,3 a*	289,5 ab	244,4 b
zu Pflugvariante	1	0,34	0,28

Waller-Duncan-Test, p < 0,05

NO₃-N – Austrag

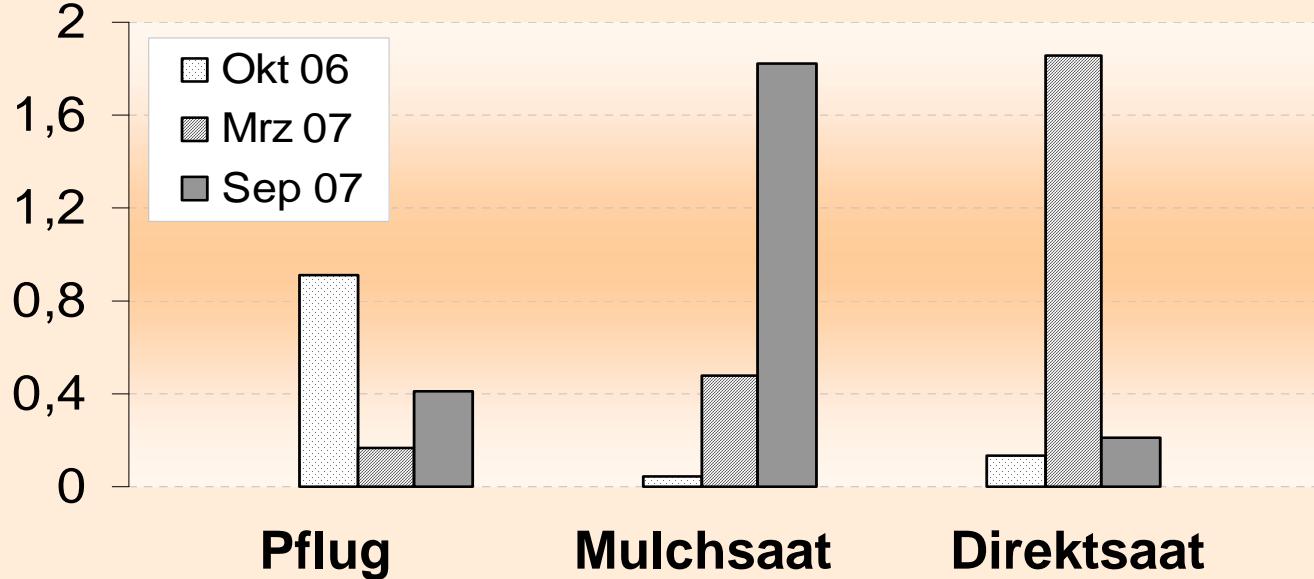
	NO ₃ -N		Br-	
	mg m ⁻²	%	g m ⁻²	%
Applizierte Menge (3 Berechnungen, N=3)	2016	100	1143	100
Pflug	790	39	17,5	1,5
Mulchsaat	547	27	11,5	1,0
Direktsaat	366	18	10,6	0,9
relativ zu Pflugvariante				
Pflug	1		1	
Mulchsaat	0,69		0,66	
Direktsaat	0,46		0,61	

Stofftransport mit dem Oberflächenabfluss

Glyphosat– Austrag

Glyphosat

[mg/m²]



	Glyphosat		
	mg/m ²	%	vs. Pflug
Applizierte Menge (3 Berechnungen)	216	100	
Pflug	1,49	0,69	1,00
Mulchsaat	2,35	1,09	1,58
Direktsaat	2,19	1,01	1,47

Stofftransport mit dem Oberflächenabfluss – Fazit

- **Pflugeinsatz**
niedriger Bedeckungsgrad + niedriges Bodenwassergehalt

maximaler abflussbedingter Stofftransport
- **Pfluglos**
hohe Wassersättigung des Bodens

oberflächengebundener Stofftransport
- **NO₃-N – Transport**
Pflug > Mulchsaat > Direktsaat
- **Glyphosat - Transport** (maximal 1% der Aufwandmenge)
Mulchsaat = Direktsaat > Pflug

Bodenprobennahme

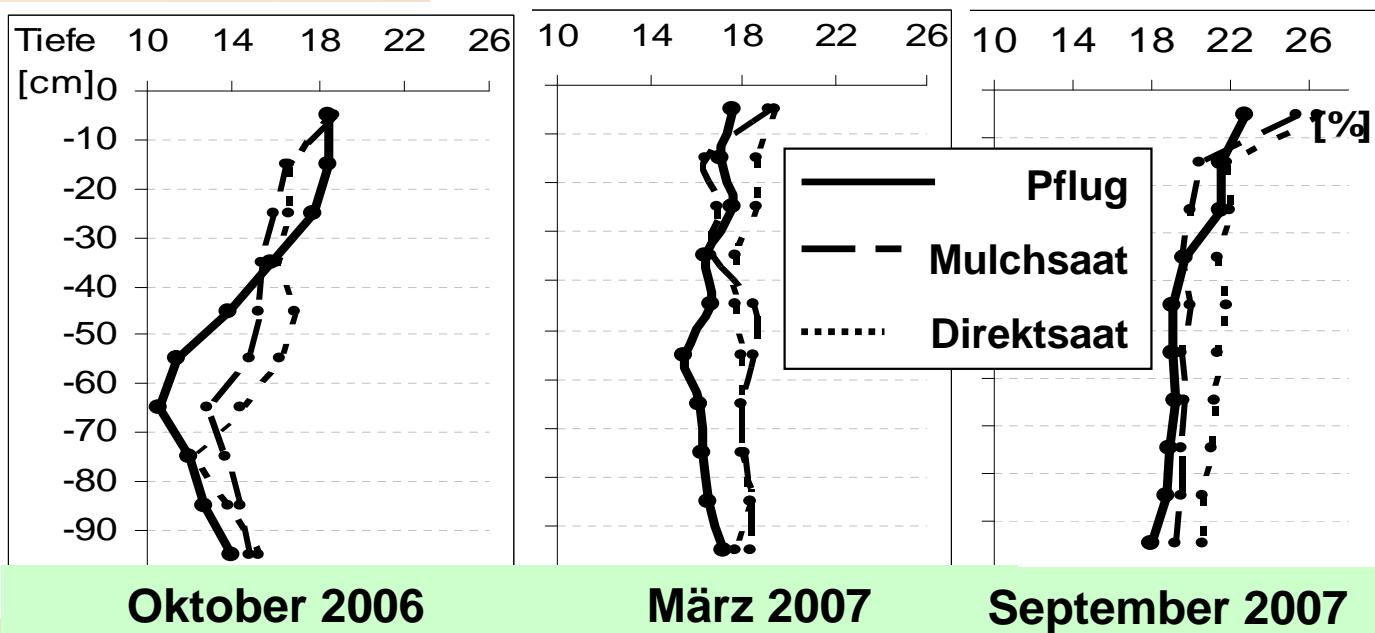


**Probenahme
für bodenchemische Analysen**

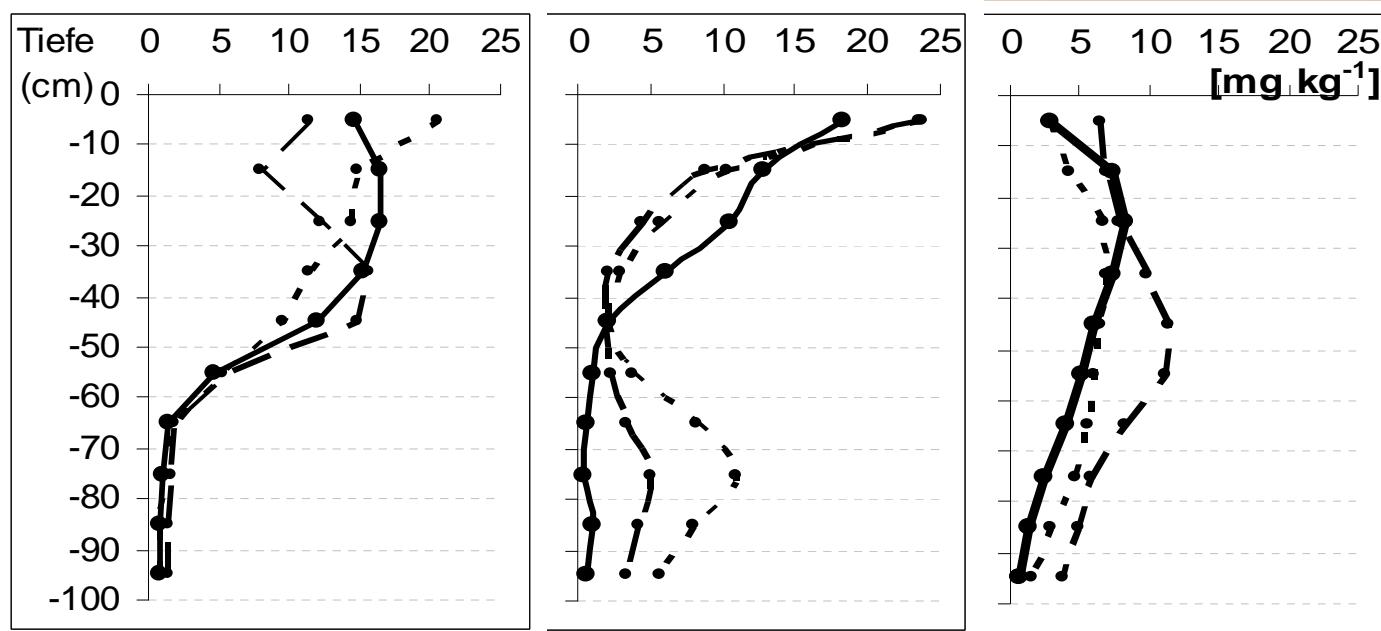


Stofftransport in den Boden

H_2O



NO_3-N



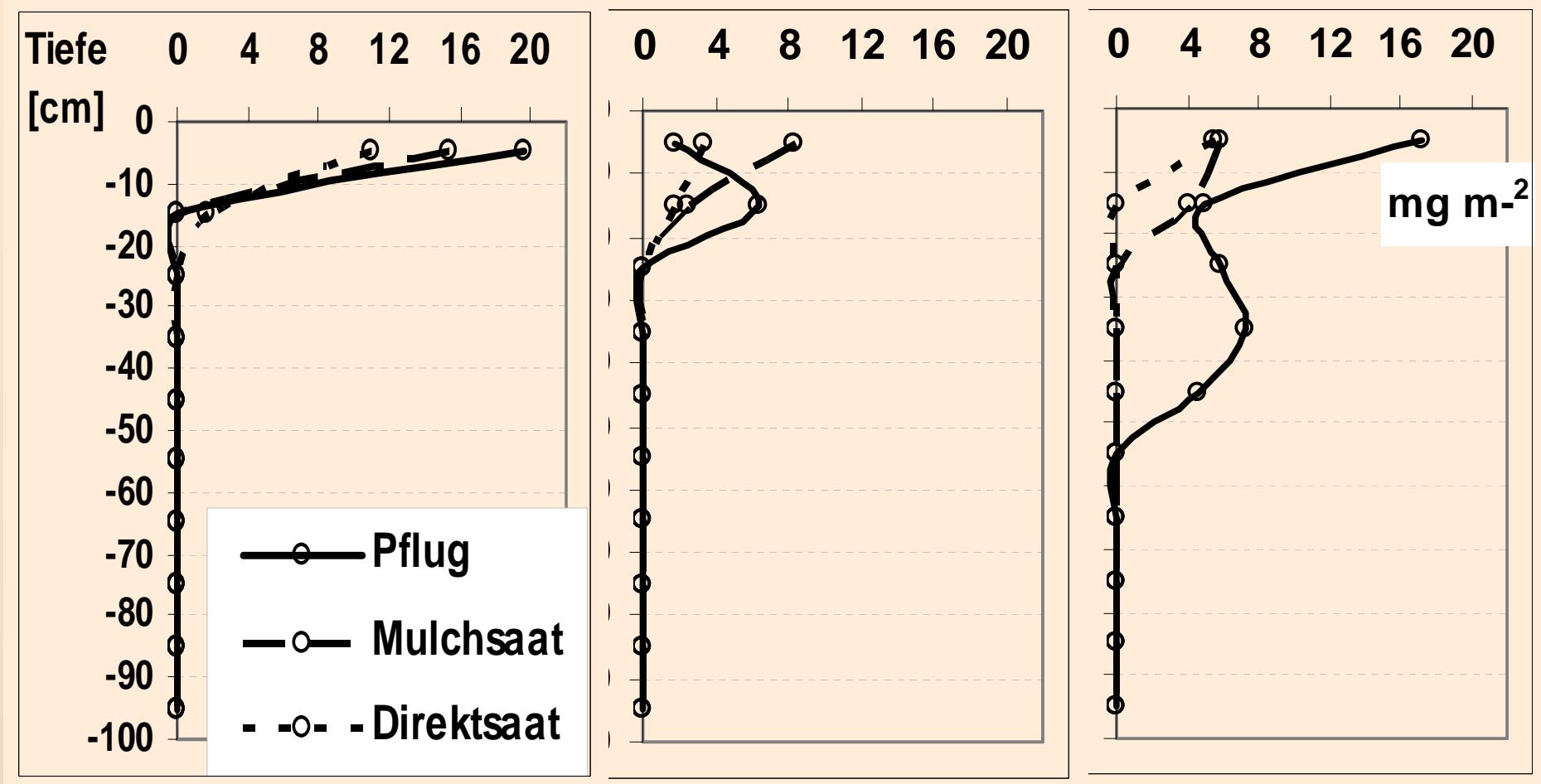
Stofftransport in den Boden

Glyphosat*

Oktober 2006

März 2007

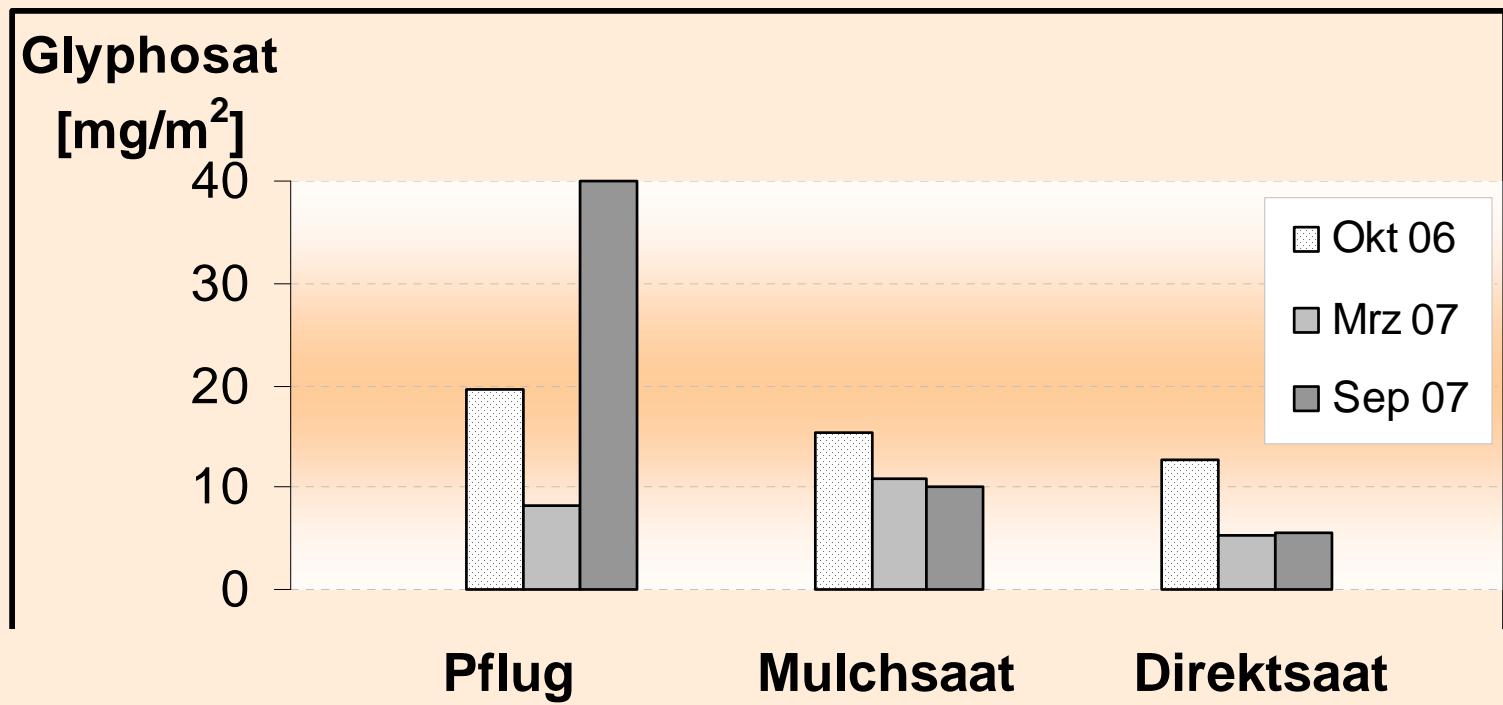
September 2007



* Auf den 1 m²-Versuchsparzellen erfolgte die Glyphosatzugabe zu den in der Methodik angegebenen Terminen. Im Untersuchungszeitraum fand auf dem Versuchsschlag im September 2006 eine bewirtschaftungsbedingte Glyphosatanwendung statt.

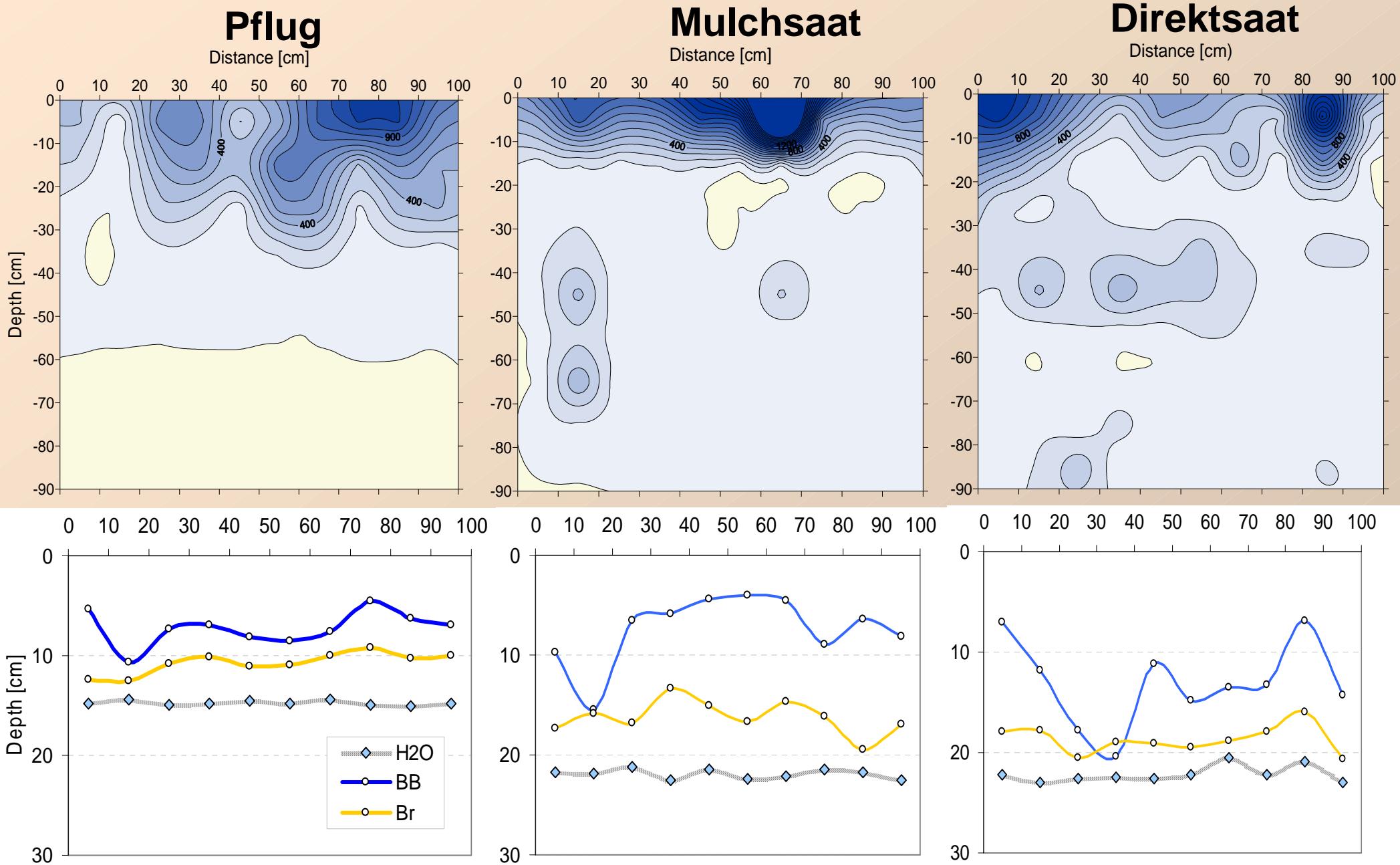
Stofftransport in den Boden

Glyphosat– Eintrag



	Glyphosat		
	mg/m ²	%	vs. Pflug
Applizierte Menge (3 Berechnungen)	216	100	
Pflug	68,5	31,7	1,00
Mulchsaat	35,9	16,6	0,52
Direktsaat	23,9	11,1	0,35

Brillantblau-Verteilung und Massenmittelpunkte im Transekt - März 2007



Horizontale Verteilung von Brillantblau

Tiefe
(cm)

- 5

- 30

- 60

- 100

Pflug



Mulchsaat



Direktsaat



Stofftransport in den Boden - Fazit

- **Pflugeinsatz**
der höchste Herbizideintrag (bis zu 32% der Aufwandmenge)
- **Pfluglos**
 - Brillant Blau kennzeichnet einen bis zu einem Meter Tiefe gehenden Stofftransport
 - höhere Nitrat-Gehalte im Unterboden im Vergleich zum gepflügten Boden

Leitbahnfunktion der Regenwurmgänge

Regenwurmgang



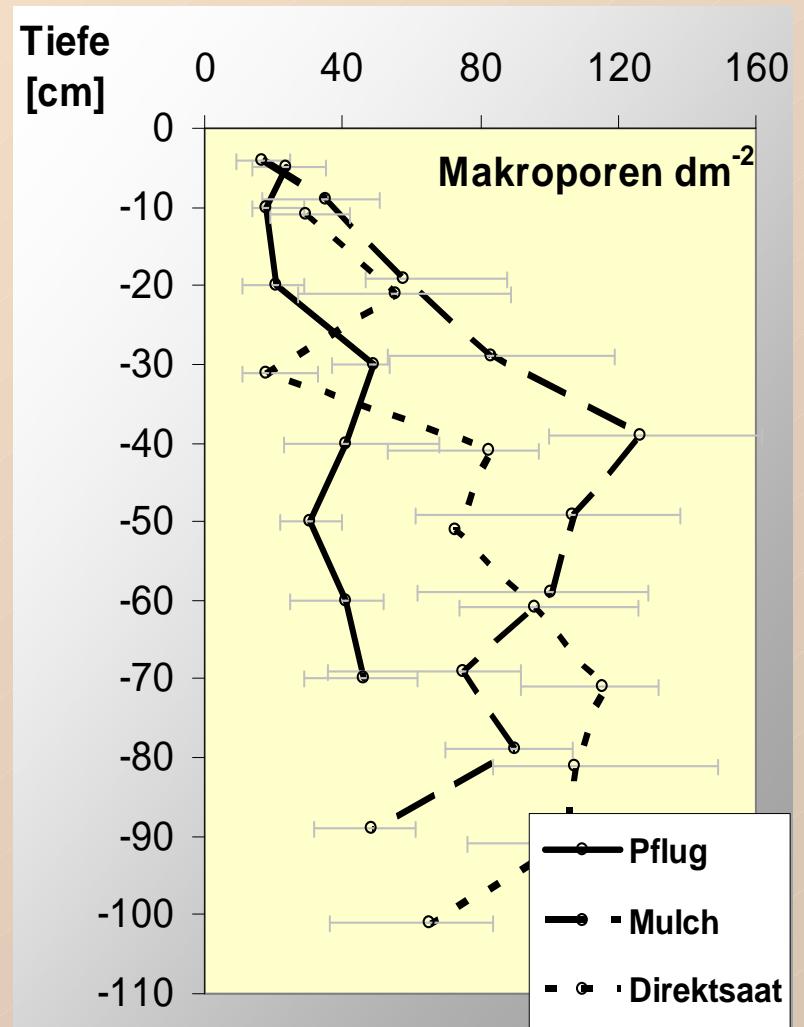
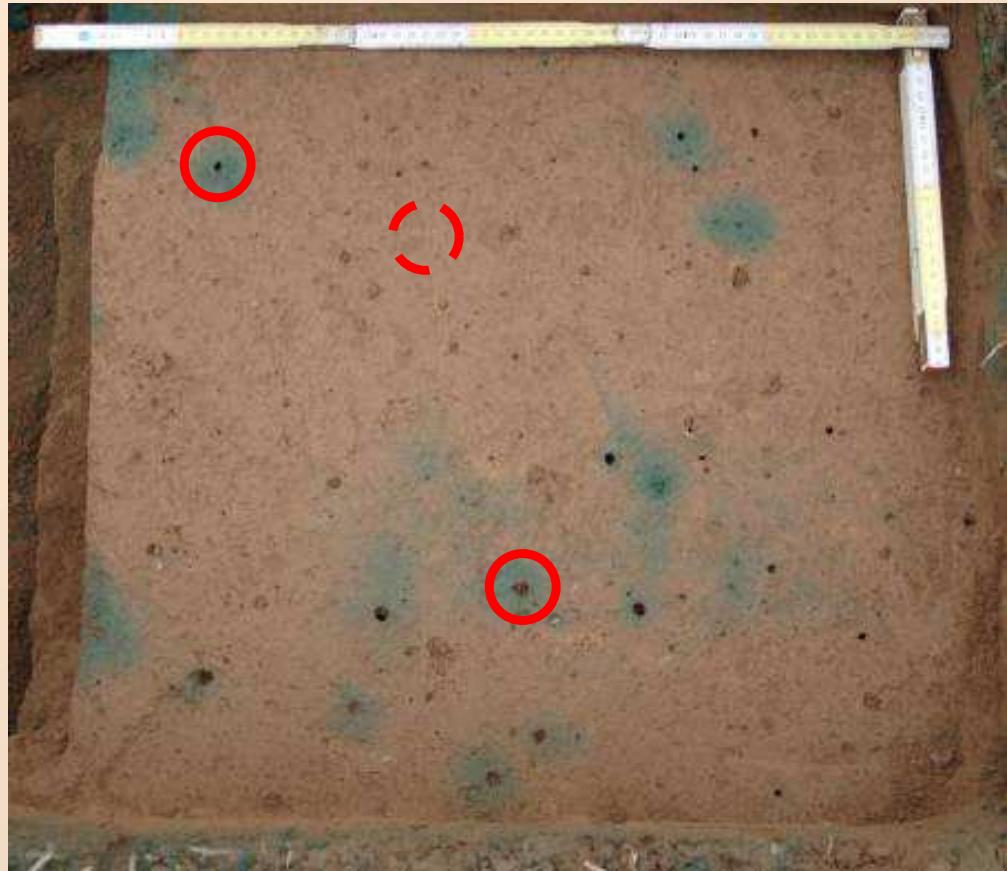
Regenwurmgang
mit Farbtracer



Regenwurmgänge
(Querschnitt)



Makroporen - Oktober 2007

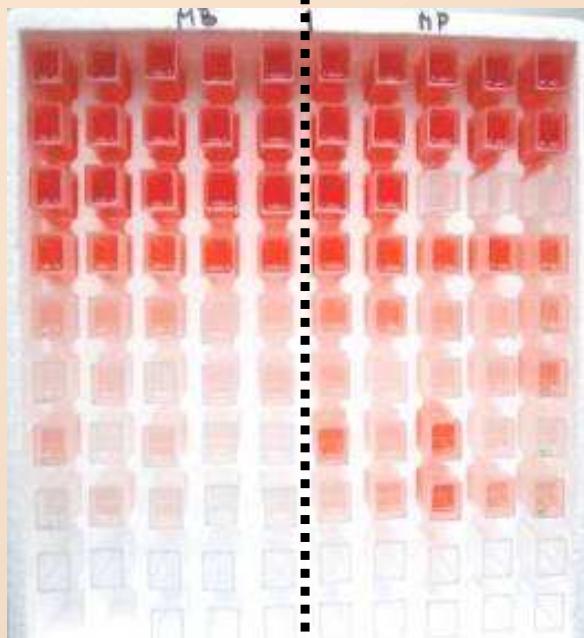


Mikrobielle Aktivität

Dehydrogenasenaktivität, Bodenmatrix vs. Makroporen

Pflug

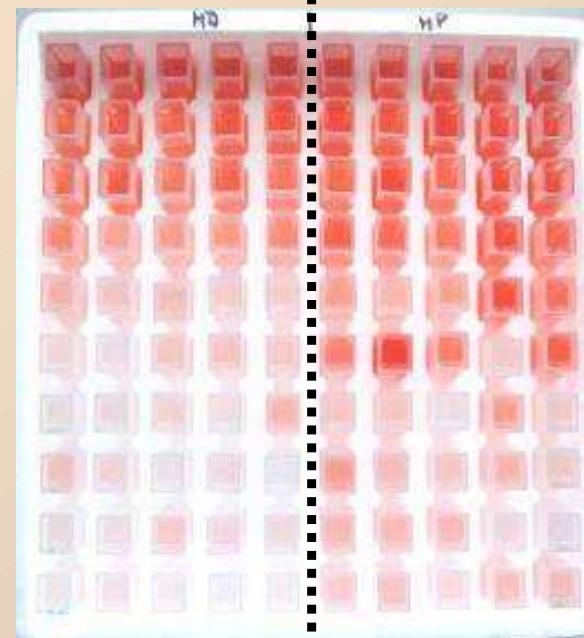
0 cm



100 cm

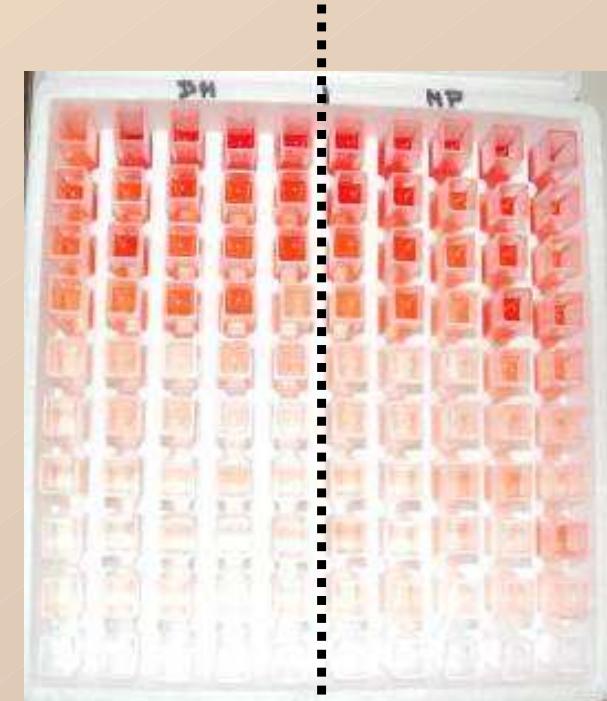
Bodenmatrix Makroporen

Mulchsaat



Bodenmatrix Makroporen

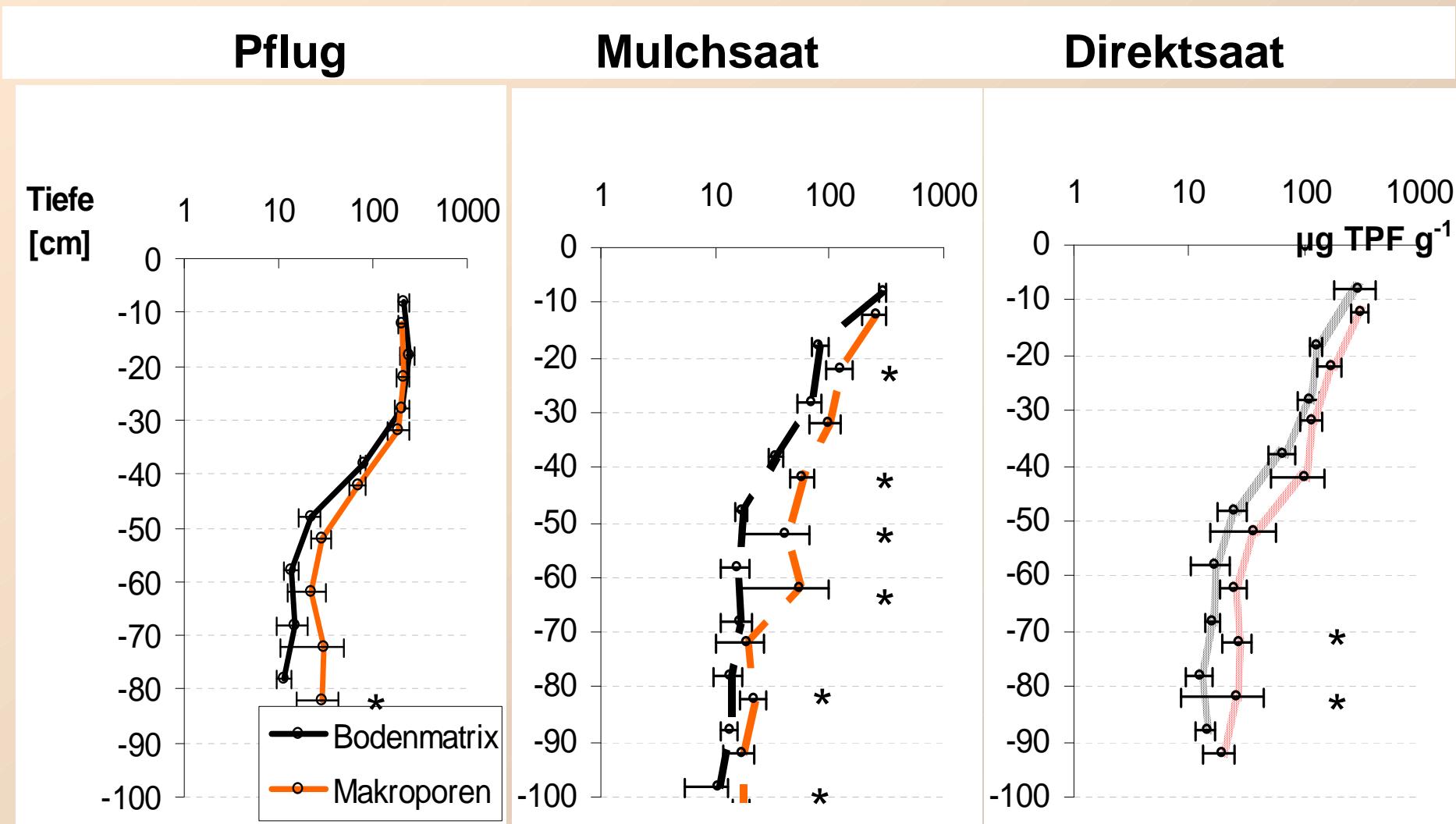
Direktsaat



Bodenmatrix Makroporen

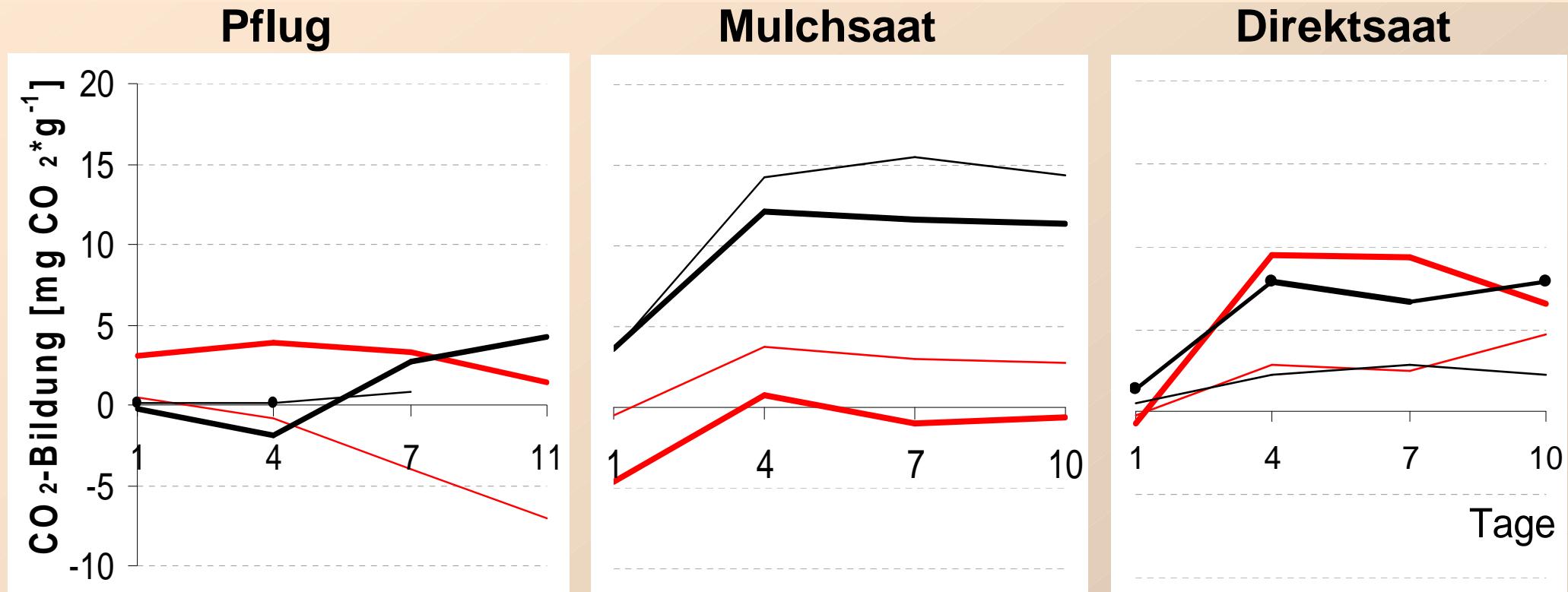
Mikrobielle Aktivität

Dehydrogenasenaktivität, Bodenmatrix vs. Makroporen



Mikrobielle Aktivität

Bodenatmung (CO_2 -Bildung), nach Glyphosat-Zugabe*



— Bodenmatrix/ Oberboden
— Bodenmatrix/ Unterboden

— Makroporen/ Oberboden
— Makroporen/ Unterboden

*Detaillierte Beschreibung des vorgestellten Laborversuches ist in:

Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrbg.) Heft 29/2008,
Dresden, 85 S. ISSN: 1867-2868

http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/jsp/inhalt.jsp?seite=detail&pub_id=3869

zu finden.

Mikrobielle Aktivität – Fazit

- **Makroporen**
40% höhere Dehydrogenasenaktivität im Vergleich zu Bodenmatrix
- **Pflugeinsatz**
Beeinträchtigung der Bodenatmung im unteren Makroporenbereich
- **Bodenmatrix**
intensive Verwertung der applizierten Substanz in der Mulchsaatvariante

Pflug



Mulchsaat



Direktsaat



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit