



Bodenerosion – Ursachen, Auswirkungen und Gegenmaßnahmen

Andreas KLIK

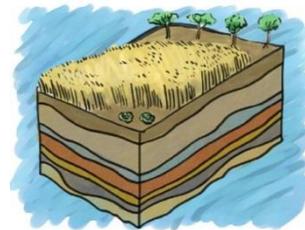
Universität für Bodenkultur Wien

Institute für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft

Warth, 19. Februar 2015

Bodenfunktionen

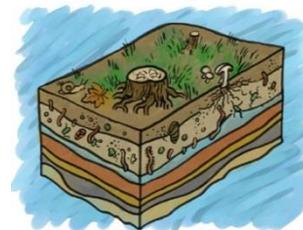
Produktionsgrundlage für Nahrungs- und Futtermittel sowie für nachwachsende Rohstoffe



Speicher-, Filter- und Pufferfunktion



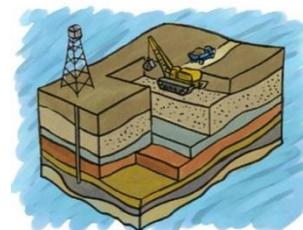
Lebensraum für Bakterien, Pilze, Pflanzen und Tiere
- wichtigste Genreserve der Erde



Landschaftsträger und damit Grundlage für Erholungsraum, Archiv für Natur- und Kulturgeschichte



Rohstofflager (Sande, Kies, Torf etc.)



Bodenkultur Wien
Wasser-Atmosphäre-

Bodenfruchtbarkeit



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt

Eine nachhaltige Bodenfruchtbarkeit ist gegeben, wenn der Boden über einen ausreichenden, wirksamen Humusgehalt und eine entsprechende Bodenstruktur verfügt, das ungestörte Wachstum natürlich vorkommender oder angebauter Pflanzen nicht beeinträchtigt, die Entwicklung, den Ertrag und die Güte land- und forstwirtschaftlicher Pflanzen auch langfristig gewährleistet und die Eigenschaft aufweist, Stoffe, wie natürliche pflanzliche Rückstände, tierische Ausscheidungen und Pflanzenschutzmittel abzubauen.

EU Bodenschutzstrategie

Größte Bedrohungen

- 1) Bodenerosion durch Wind und Wasser
- 2) Verlust an organischem Material
- 3) Bodenkontamination
- 4) Versiegelung
- 5) Verdichtung
- 6) Versalzung
- 7) Überschwemmungen und Rutschungen



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt

Bodenerosion ist ein natürlicher Prozess, der durch anthropogene Aktivitäten beeinflusst wird

Bodenerosion beeinträchtigt fast alle Bodenfunktionen

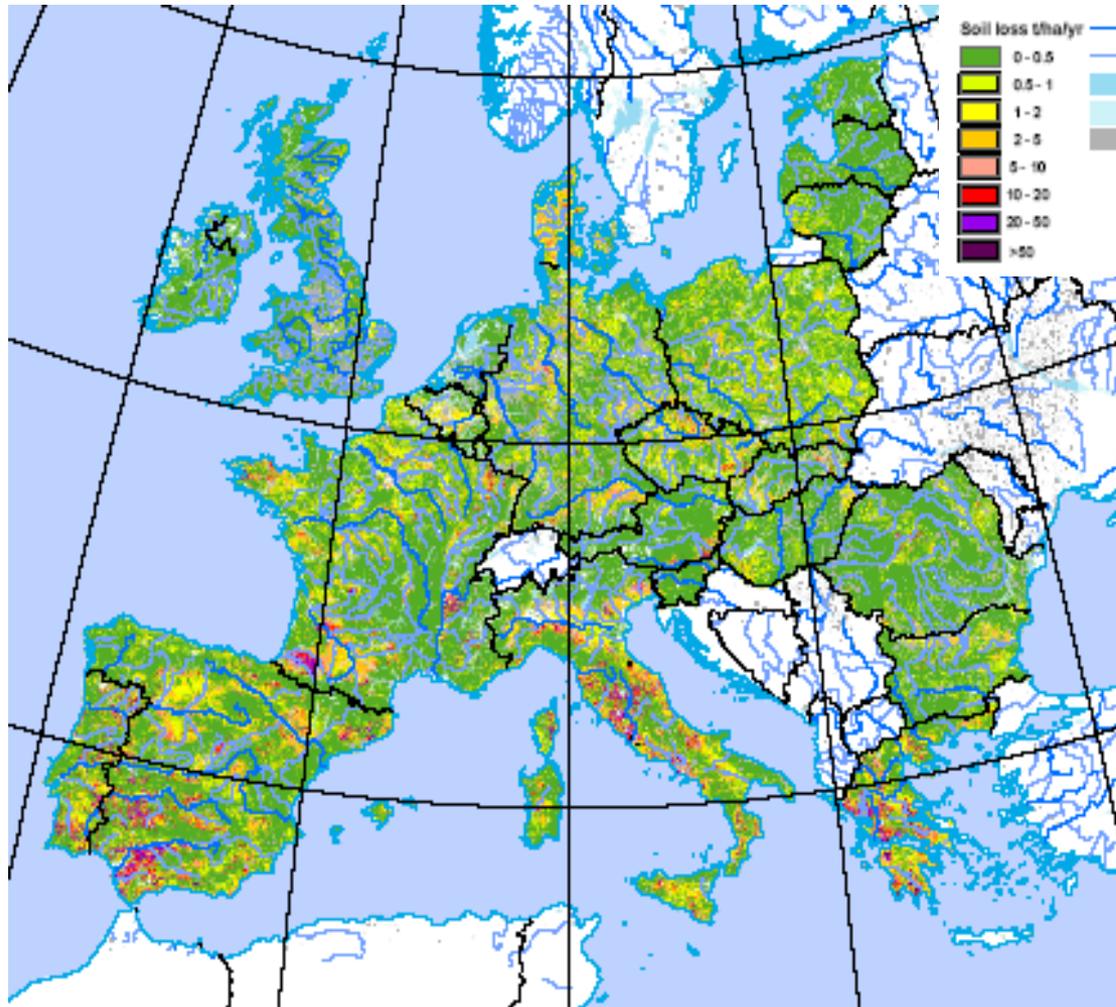
- Produktionsfunktion
- Speicherfunktion
- Filter- und Pufferfunktion

Bodenerosion $> 1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ übersteigt Bodenneubildungsrate => irreversibler Prozess (*van-Camp et al., 2004*)

Pan European Soil Erosion Assessment (PESERA)



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt



15% der eisfreien Erdoberfläche sind von allen Formen der Degradation betroffen.

Zunehmende Bodenerosion durch Wasser ist für rd. 56% der Fläche (11 Mill. km²) und Winderosion für rd. 25% der Fläche (5.5 Mill. km²) verantwortlich

10 Mio ha Ackerland gehen jährlich durch Erosion verloren (*Pimentel, 2006*)

On a „business-as-usual“ basis an increase in erosion risk by 80% in EU ag areas by 2050 is expected (*EEA, 2000*)

Bodenerosionsgebiete in Österreich (Strauss, 2009)



8.4

Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser
Areal soil loss by water

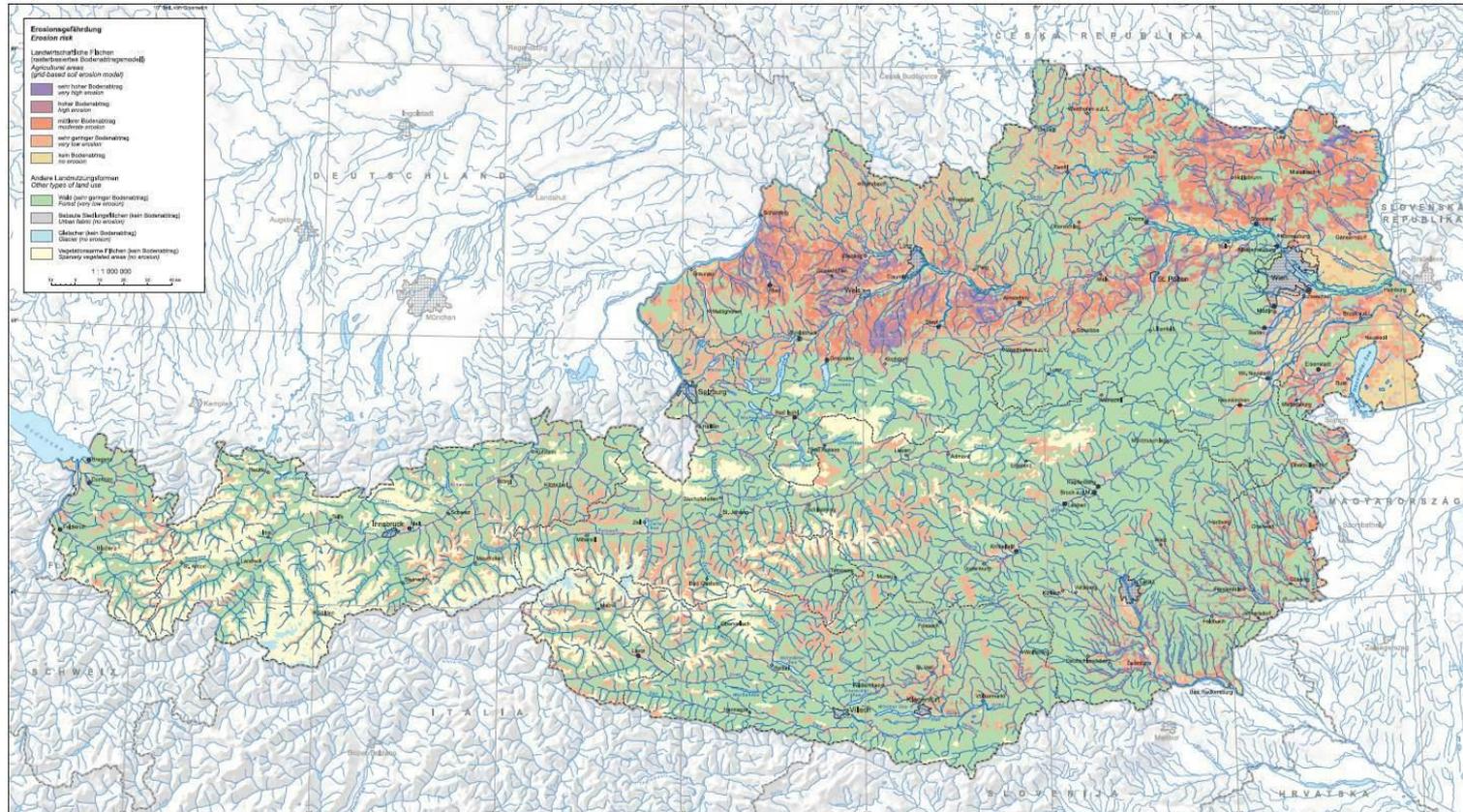
Wissenschaftliche Bearbeitung:
Scientific evaluation:
2005

Datengrundlagen:
Data basis:
Niederschlag / Precipitation: 1961 - 1990
CORINE Bodenbedeckung / Landcover: 2000
Agrostrukturmehrkung / Agr. structure survey: 2001
Österr. Bodenkartierung / Agr. soil mapping

Thematische Bearbeitung:
Thematic elaboration:
F. Strauss, BAW Palzsenkirchen

Kartografische Bearbeitung:
Cartographic elaboration:
R. Hemdl, J. Fürst, IWHW-BOKU Wien
K. Kitz, IGH Univ. Wien

Herausgeber/Published by:
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
© 2007 Universität für Bodenkultur Wien
Vertrieb/Distribution:
Österreichischer Kunst- und Kulturverlag Wien



kultur Wien
-Atmosphäre-

Erosionsmechanismen

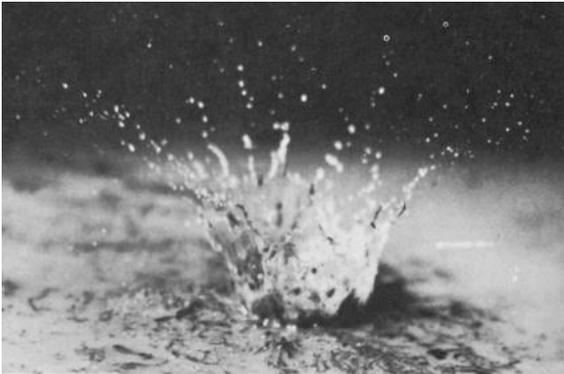
Wasser

1. **Erosivität des Niederschlages:** abhängig von kinetischer Energie
Regentropfendurchmesser bis max. 6 mm, Fallgeschwindigkeiten bis $9,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
2. **Erosivität des Oberflächenabflusses:** abhängig von kinetischer Energie bzw. Fließgeschwindigkeit; Energiepotenzial des Abflusses in Rillen nur rd. 10% und jener des flächenmäßigen Abflusses nur rd. 1% der Energie des Niederschlages
3. **Erodierbarkeit des Bodens:** Widerstand des Bodens gegen erosive Kräfte

Wind

1. **Erosivität des Windes:** abhängig von kinetischer Energie und vorherrschender Windrichtung
 2. **Erodierbarkeit des Bodens:** Widerstand des Bodens gegen erosive Kräfte
-

Erosionsprozesse - Wasser



1. Loslösen von Bodenteilchen durch Regentropfenaufprall (splash erosion)
2. Transport durch Regentropfen



3. Loslösen von Bodenteilchen durch Oberflächenabfluss
4. Transport durch Oberflächenabfluss

Kinetische Energie des Niederschlages

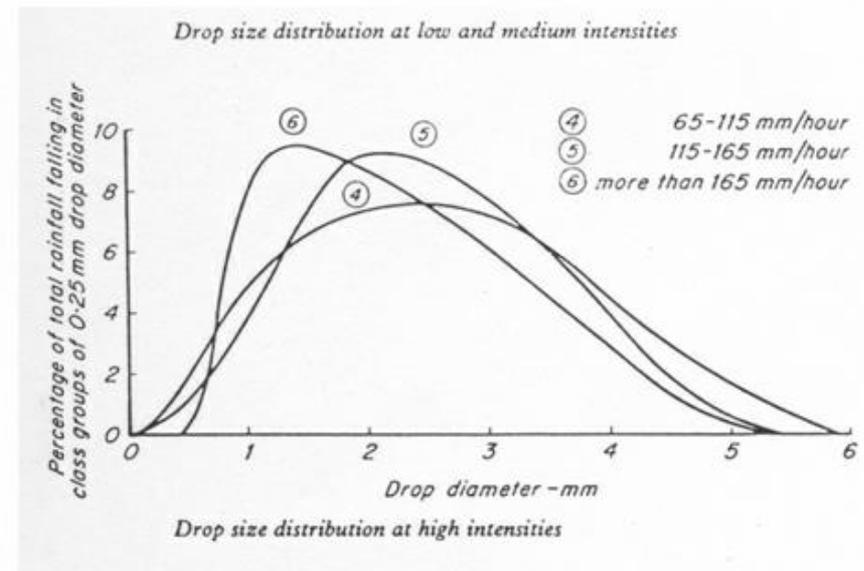
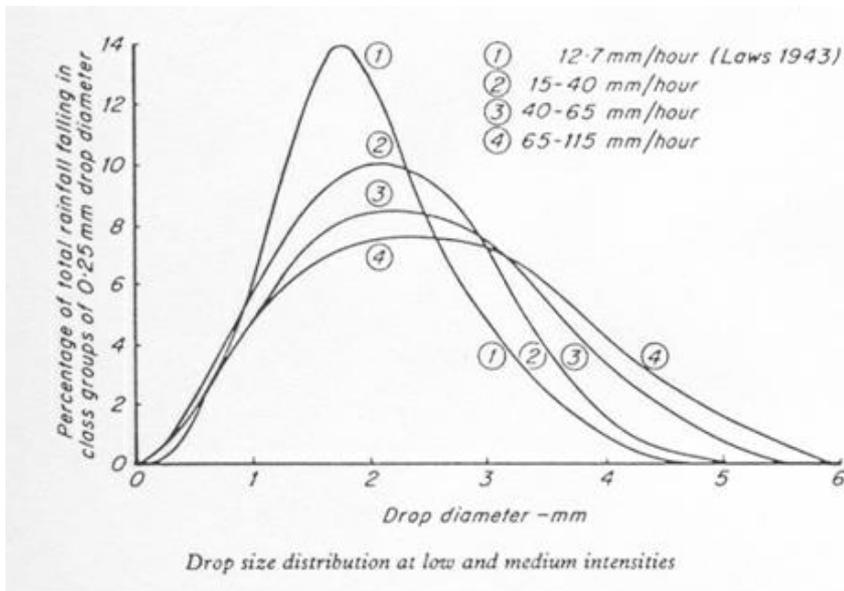


$$E_{kin} = m \cdot v^2 / 2$$

Raindrop shapes



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt



Form	Masse *	Typische Geschwindigkeit (m.s ⁻¹)	Kinetische Energie	Energie für Erosion **
Regentropfen	R	9	40,5 · R	0,081 · R
Oberflächenabfluss	0,5 · R	0,01	2,5 · 10 ⁻⁵ R	7,5 · 10 ⁻⁷ R
Rillenabfluss	0,5 · R	4	0,12 · R	0,12 · R

Erosionsanfälligkeit von Böden



Interrill- and Rillenerosion



Gully Erosion



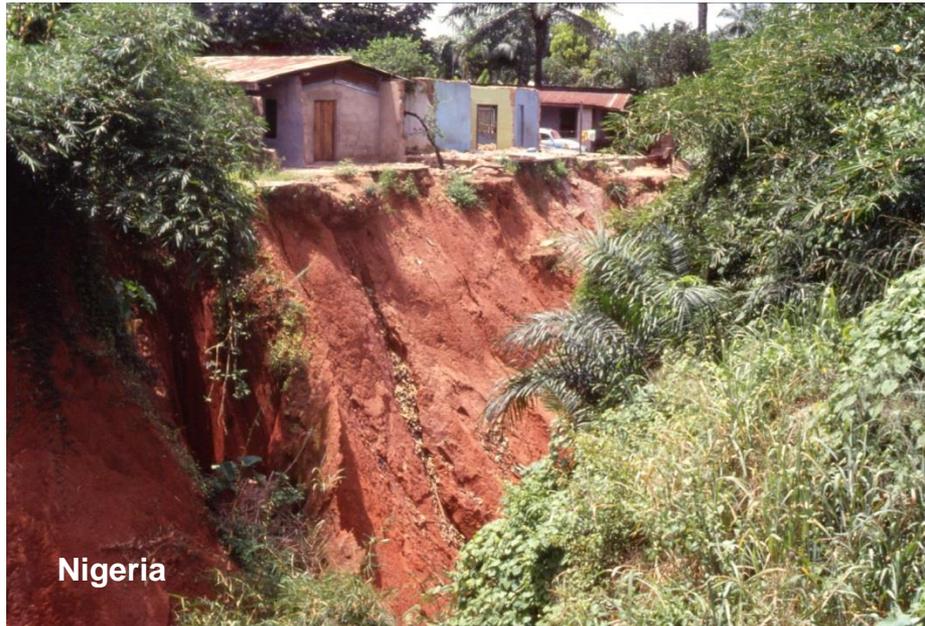
Austria



Nigeria



Gully Erosion



Nigeria



USA



Deutschland

Deposition



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt



Austria

Auswirkungen der Bodenerosion - on site



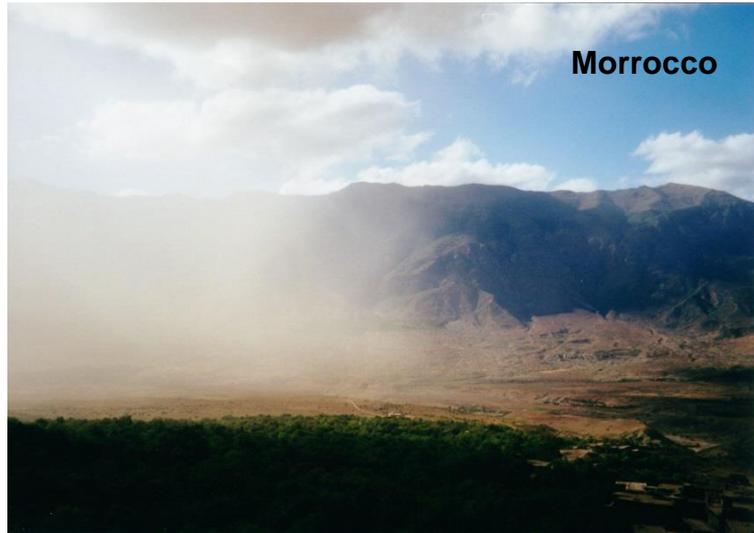
- 1) Verlust des fruchtbaren Oberbodens und Reduktion der Wurzeltiefe (irreversibler Prozess)
- 2) Verlust an Nährstoffen, SOM and Fruchtbarkeit
- 3) Verschlammung oder Auswaschung von Samen und Pflanzen
- 4) Verringerung der Filter- und Pufferfunktion
- 5) Abnahme der Speicherfunktion und der Luftkapazität
- 6) Verletzung der Pflanzen durch Sandkörner („Sandstrahlgebläse“ bei Winderosion)
- 7) Beeinträchtigung der Photosyntheseleistung in der Windphase (Winderosion)



Auswirkungen der Bodenerosion - on site



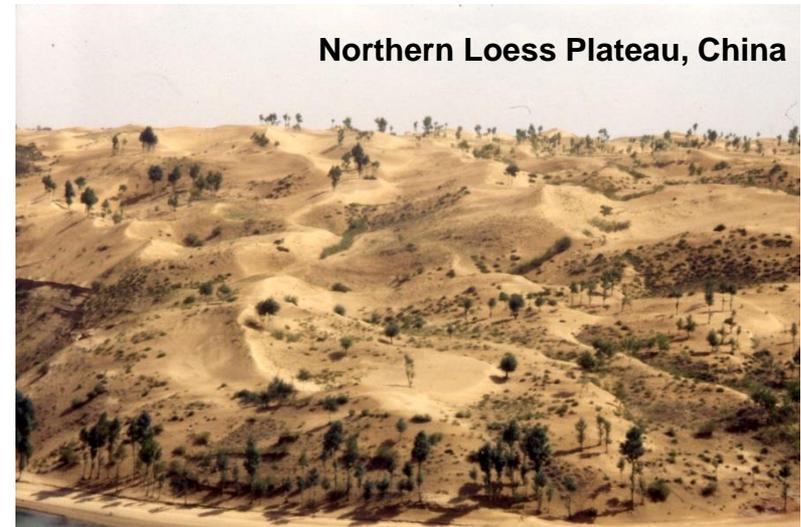
Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt



Morocco



Austria



Northern Loess Plateau, China

Auswirkungen der Bodenerosion - on site

1 Tonne Boden enthält:

15 kg organischen Kohlenstoff

2 kg Stickstoff

0,7 kg Phosphor



1mm erodierter Boden =
= 10 m³ pro Hektar ~ 12 Tonnen pro Hektar

1 g P kann 100 g Algenmasse produzieren
150 g O₂ werden zu ihrem Abbau benötigt



Bodenerosionsfaktoren



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt

Erosion ist ein natürlicher Prozess, der durch natürlich und anthropogen bedingte Faktoren gesteuert wird:

Klimatische und hydrologische Faktoren

Niederschlagshöhe und –intensität, Oberflächenabfluss, Bodenwassergehalt

Morphologische Faktoren

Hanglänge, Hangneigung und –form (konvex, konkav, komplex)

Geologische und bodenkundliche Faktoren:

chemische und physikalische Eigenschaften, Textur, Struktur, Gehalt an organischer Substanz, Aggregatstabilität, Wasserdurchlässigkeitsbeiwert

Vegetationsbedingte Faktoren:

Schutz gegen die kinetische Energie des aufprallenden Regentropfen durch Bodenbedeckung, Erhöhung der Infiltrationskapazität, Wurzelsystem

Wald > Dauergrünland > zeitweilige Begrünung > Kulturen mit engem Reihenabstand (Getreide, Raps) > Kulturen mit weitem Reihenabstand (Mais, Kartoffel, Zuckerrübe, Sonnenblume, Sojabohne etc.)

Bewirtschaftungsbedingte Faktoren:

Art der Nutzung, Lage des Feldes, Erosionsschutzmaßnahmen

Auswirkungen der Bodenerosion - off site



- 1) Ablagerung von Sedimenten auf angrenzenden Feldern oder in nahegelegenen Vorflutern
- 2) Deposition von Sedimenten in Straßengräben
- 3) Schäden an Straßen und anderen Infrastruktureinrichtungen
- 4) Behinderung des Verkehrs



Auswirkungen der Bodenerosion - off site



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt

- 5) Querschnittsveränderung von Vorflutern
- 6) Eintrag von an Sediment gebundenen Nähr- und anderen Bodeninhaltsstoffen in Oberflächengewässer, Änderung der Lebensbedingungen im aquatischen Lebensraum
- 7) Verlandung von Stauräumen

Loess Plateau, China

Jährliche Abtragsrate 2200 Mio Tonnen

75% werden zu den tiefer gelegenen Gebieten des Gelben Flusses (Huang He) transportiert

Mittlere Sedimentkonzentration 38 kg.m⁻³

> 20 x höher als jene des Nils

> 38 x höher als jene des Mississippi River

Max. Konzentration > 650 kg.m⁻³

Donau, Österreich (Klaghofer et al., 1994)

Jährlicher Eintrag von österreichischen Teil des Einzugsgebietes:

800.000 t Sedimente

2.000 t Stickstoff

1.000 t Phosphor



Funktionen einer Erosionsschutzmaßnahme



(Laflen et al., 1987)



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt



Kontrolle der Rillen- und flächenmäßigen
Erosion



Sammlung des erodierten Bodenmaterials



Erosionsfreie Ableitung des
Oberflächenabflusses

Erosionsschutzmaßnahmen



Änderung der Fruchtfolge



**Bodenbearbeitungs-
maßnahmen**



**Konturbearbeitung
Streifenanbau**



**Terrassierung inkl.
Retentionsmaßnahmen**



begraste Abflussmulde

Erosionsschutzmaßnahmen

Bodennutzungsbedingte Maßnahmen

- Fruchtfolge
- Humuszufuhr und Kalkung
- Konturnutzung
- Feldeinteilung
- Grashecken
- Filterstreifen aus Gras oder Gehölz

Bodenbearbeitungsmaßnahmen

- bodenschonende Bearbeitung und Direktsaat
- Spurlockerung und Breitreifen
- Konturbearbeitung
- Zwischenfruchtanbau

Technische Maßnahmen

- Abflussmulden
- breite Terrassen
- Steilterrassen
- Schutzdämme am Hangfuß
- Retentionsbecken



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt

Bodennutzungsbedingte Maßnahmen



Anbau möglichst erosionshemmender Kulturarten:

- das sind solche, die zum Zeitpunkt des Auftretens erosiver Niederschläge eine möglichst dichte Bodenbedeckung erreichen
- sollen in einer Fruchtfolge möglichst oft vertreten sein
- „immergrünes Feld“



Bodenbedeckung

Pflanze

Bodennutzungsbedingte Maßnahmen



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt



Konturnutzung

Bodennutzungsbedingte Maßnahmen



Grashecken



Filterstreifen aus Gras und Gehölz



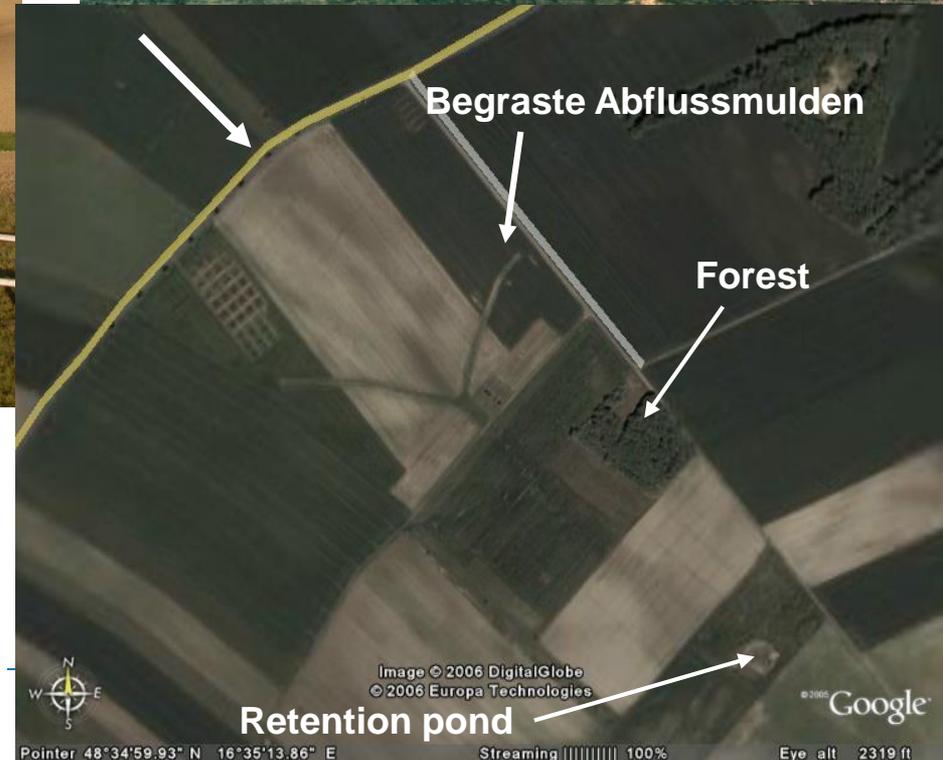
Technische Maßnahmen

Feldeinteilung

Fläche (in ha)	2 - 5	5 - 10	10 - 20
L/B minimal	2,0 - 1,8	1,8 - 1,6	1,6 - 0,7
L/B maximal	4,5 - 4,0	4,0 - 2,5	2,5 - 2,0



Begraste Abflussmulden



Dienen zur erosionsfreien Ableitung des auftretenden Oberflächenabflusses
sollen nicht befahren werden, um Verdichtung zu vermeiden (Verringerung der Infiltration)
mind. 5 m Breite
Gefahr der Erosion an den Rändern

Technische Maßnahmen



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt

USA



Terrassen

Austria



- Ebene und geneigte Terrassen
- Möglichkeit zum Wasserabfluss oder zur Retention vorsehen
- Massenausgleich anstreben
- Veränderung des Oberbodens durch Bodenbewegung

Bodenbearbeitungsmaßnahmen



konventionell



Direktsaat



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt

Weltweite Beispiele für No-Till



Austria



South Dakota, USA



North Dakota, USA



Afghanistan



Brasil



Australia

Bodenbearbeitungsmaßnahmen



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt

Vorteile konservierender Bodenbearbeitungsverfahren

Günstigere Bodenwasserhaushaltsbedingungen (Mulchdecke verringert Evaporation)

Erosionsverminderung

Schutz gegen erosive Kräfte der Regens und des Windes

Verbesserung der Bodenqualität durch Anstieg des Gehaltes an organischem Material

Natürliche Feinde haben Lebensraum

Verringerung der Aufwandskosten

Nachteile konservierender Bodenbearbeitungsverfahren

Bewirtschaftungsmaßnahmen und –zeitpunkte müssen sorgfältig gewählt werden

Möglicher Anstieg von Pflanzenkrankheiten

Erhöhter Unkrautdruck – Konkurrenz um vorhandenes Wasser

Tendenz zur Übertragung von Insektenkrankheiten durch am Feld verbleibende Pflanzenreste

Geduld ist erforderlich!

Impacts on runoff and erosion

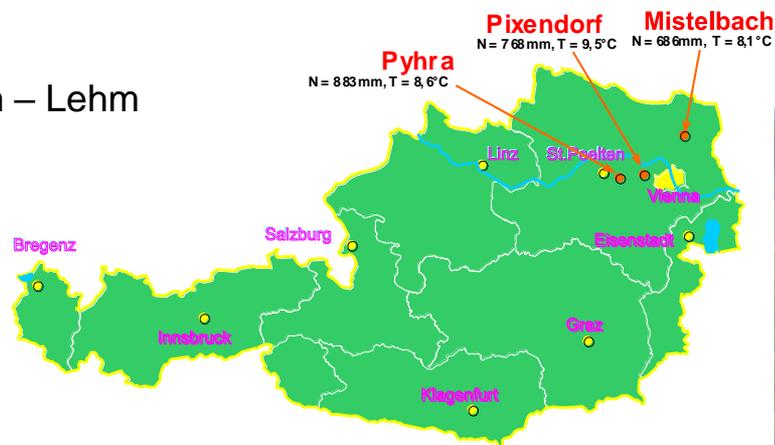
3 Standorte

N = 668 – 883 mm.a⁻¹

Textur: schluffiger Lehm – Lehm

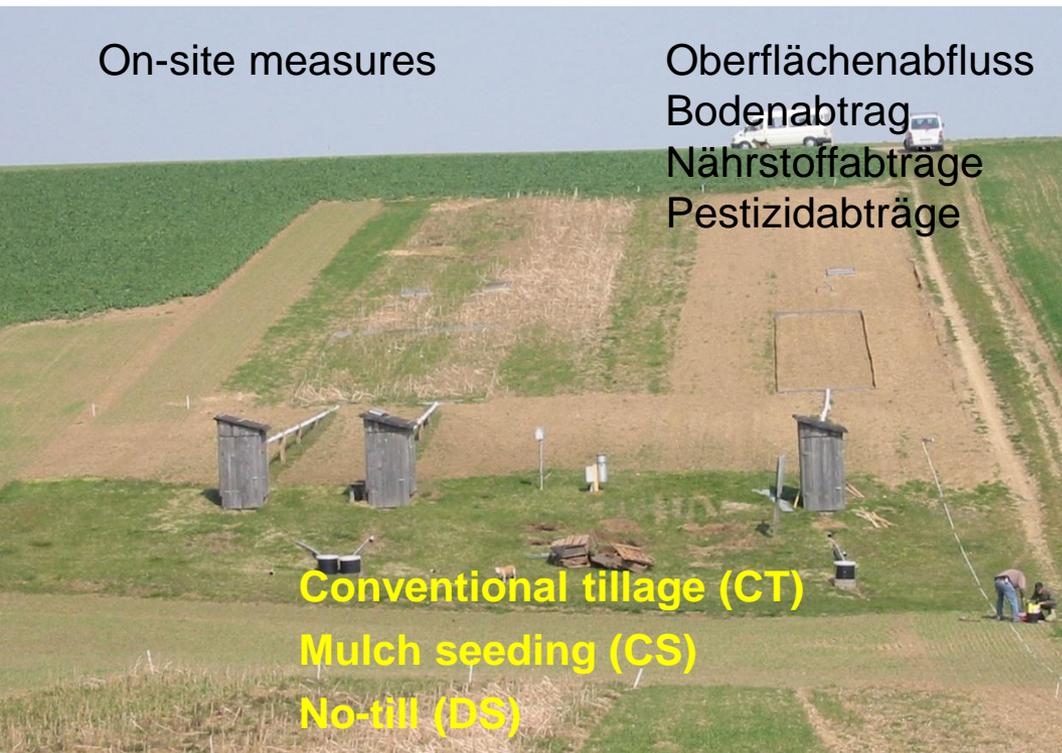
Hangneigung: 5 – 16%

Mais-Getreide FF



On-site measures

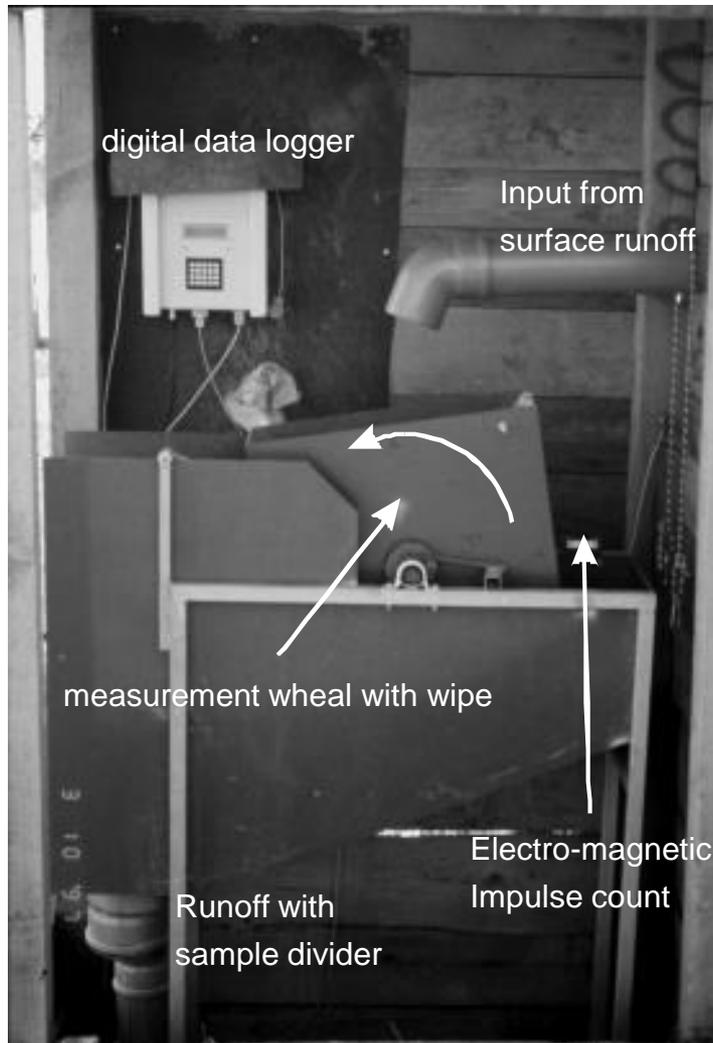
Oberflächenabfluss
Bodenabtrag
Nährstoffabträge
Pestizidabträge



Conventional tillage (CT)
Mulch seeding (CS)
No-till (DS)



Messeinrichtung



Niederschlags- und Temperaturmessung
(5-min Daten)

Ereignisbezogene Messung von Abfluss, Abtrag,
Nährstoff- und Kohlenstoffverlusten

Einige Daten über Pestizidverluste

Messung während der Vegetationsperiode
(April/Mai – Oktober/November)



Auswirkungen auf Abfluss und Bodenabtrag

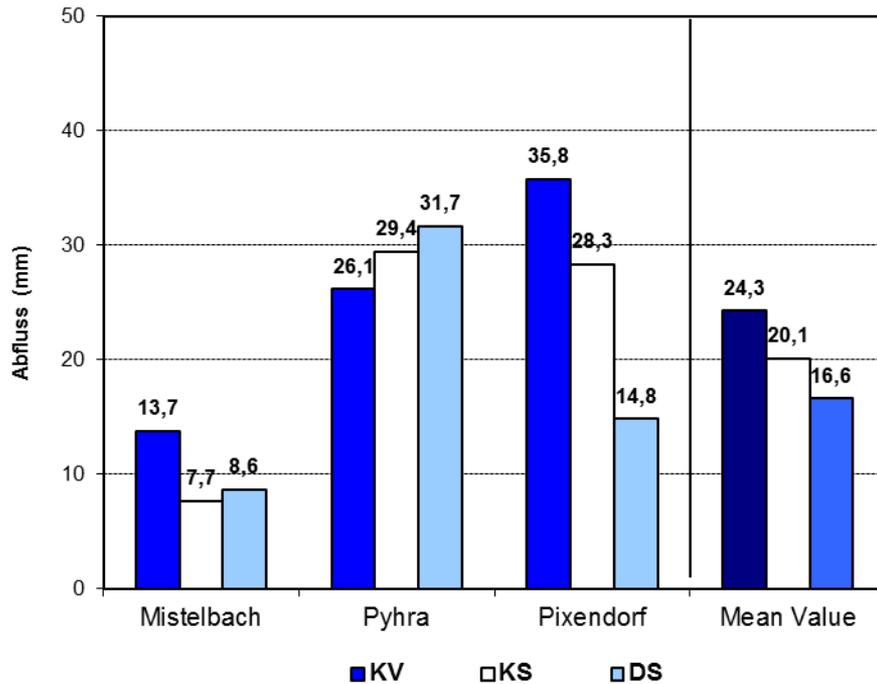


Mittelwerte 1994 - 2014

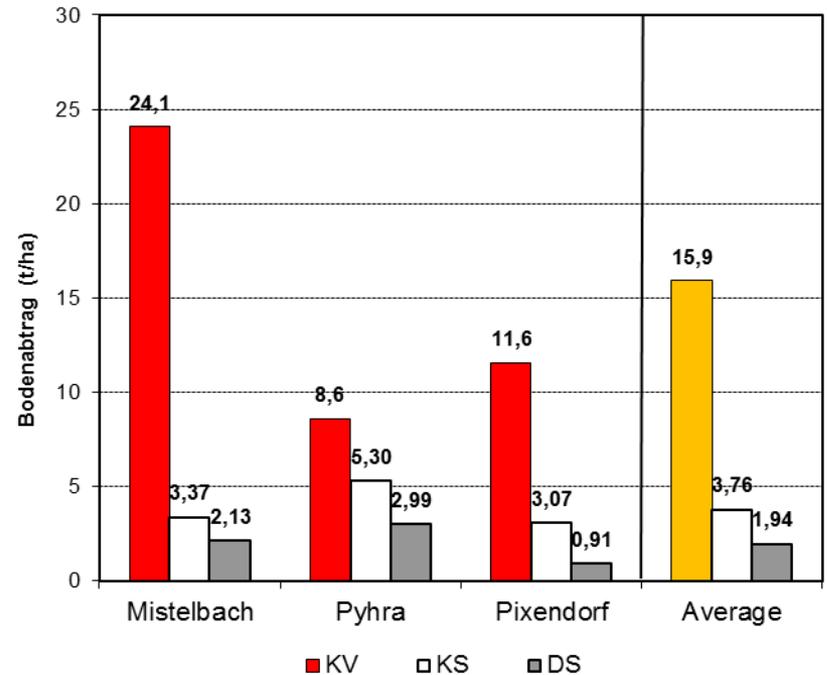


Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt

Oberflächenabfluss



Bodenabtrag



Pixendorf, 2. August 2005

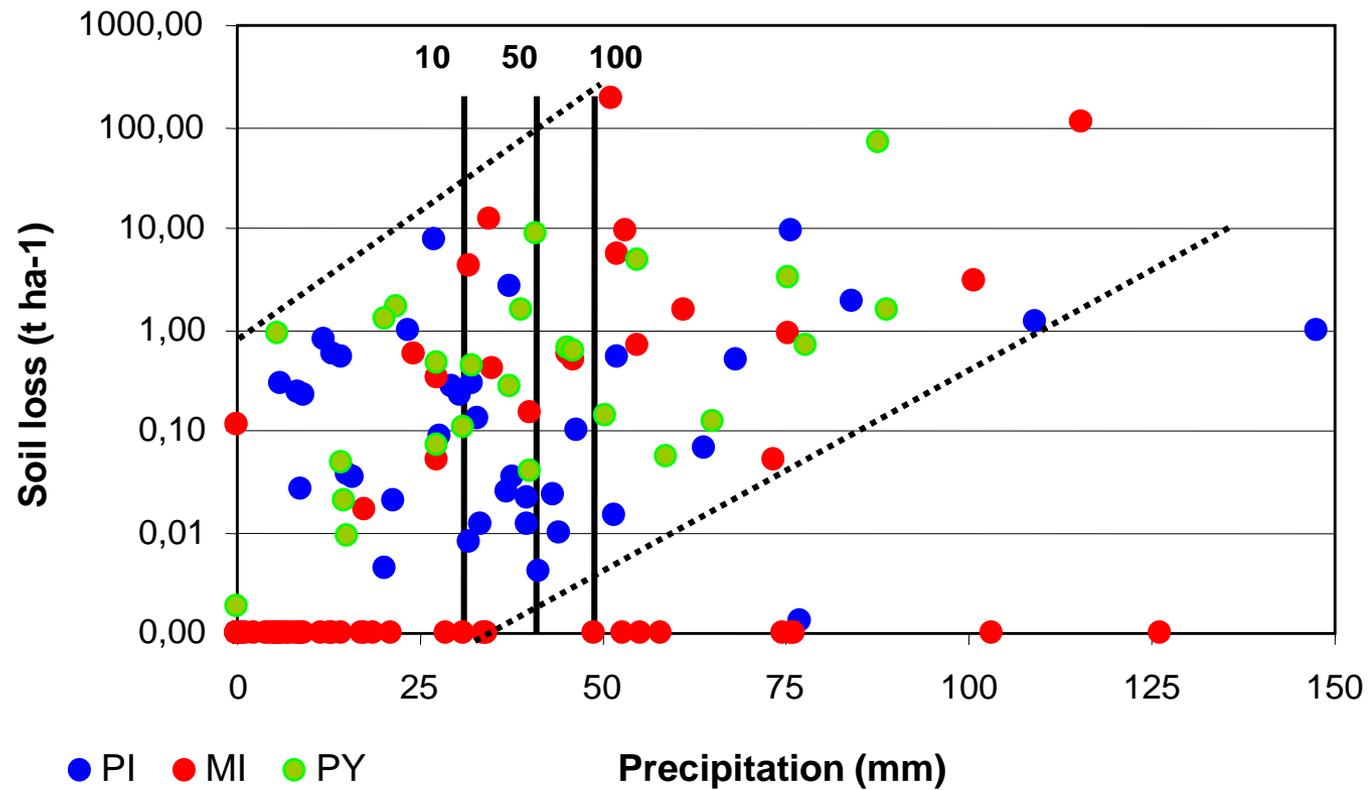


DS: direct seeding

CS: conservation tillage

CT: conventional tillage

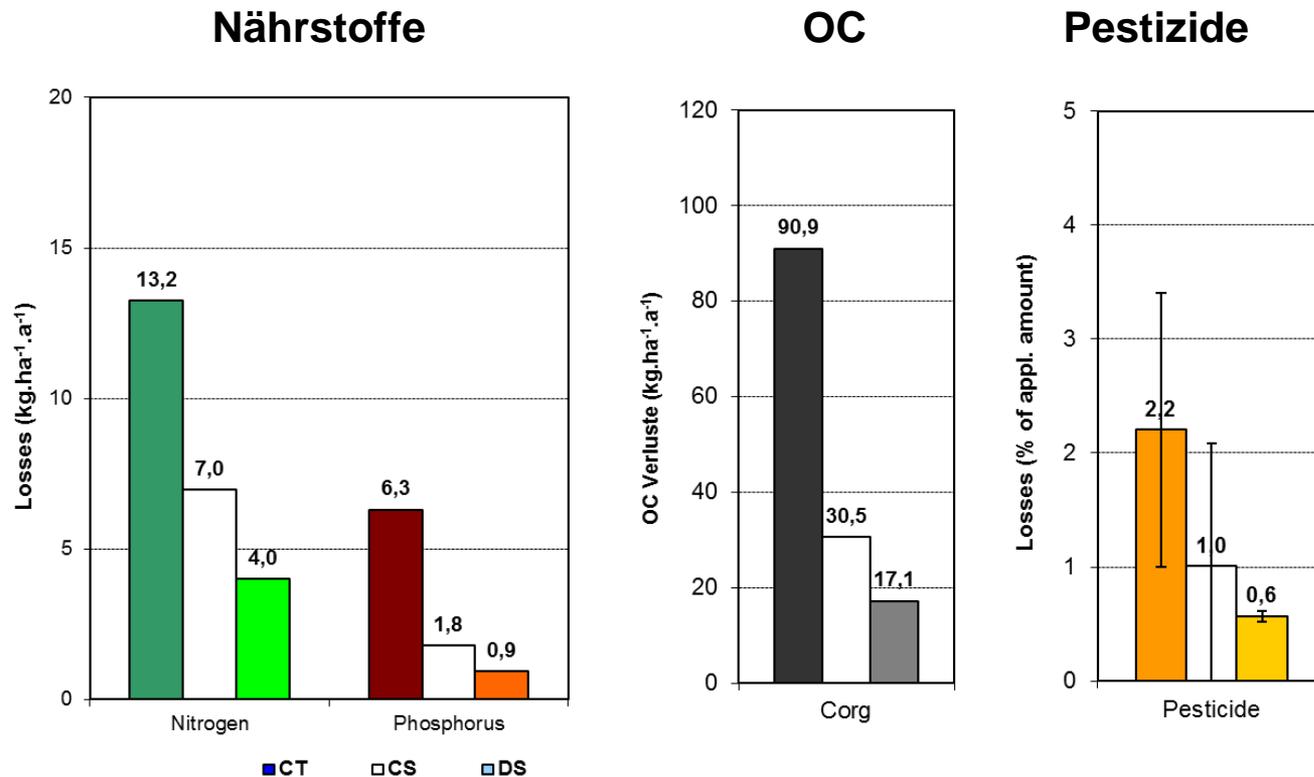
Bodenabtrag (1994 – 2005)



Auswirkungen auf Nährstoff- und Pestizidverluste



Mittelwerte 1994 - 2014



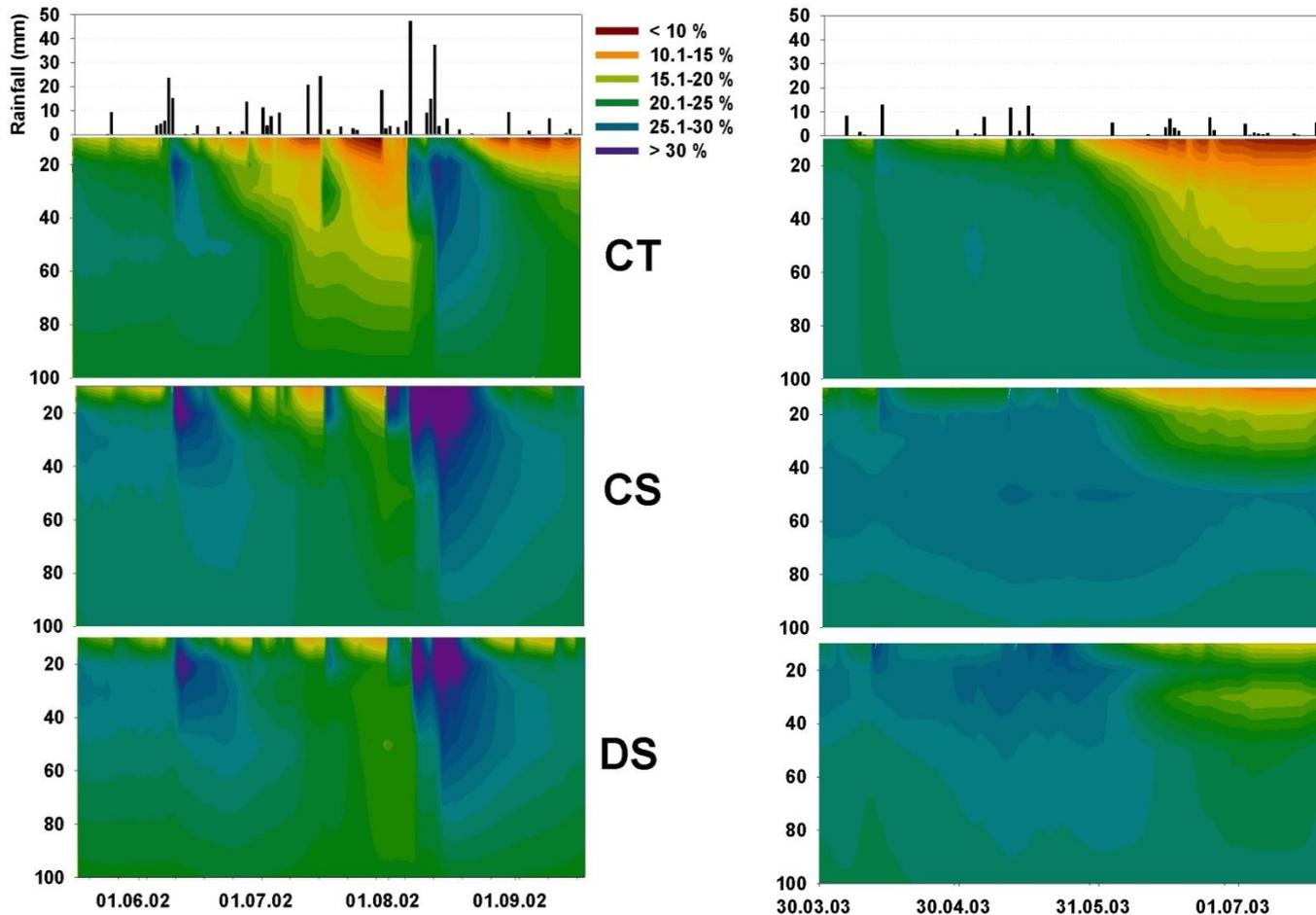
Bodenwassergehalt

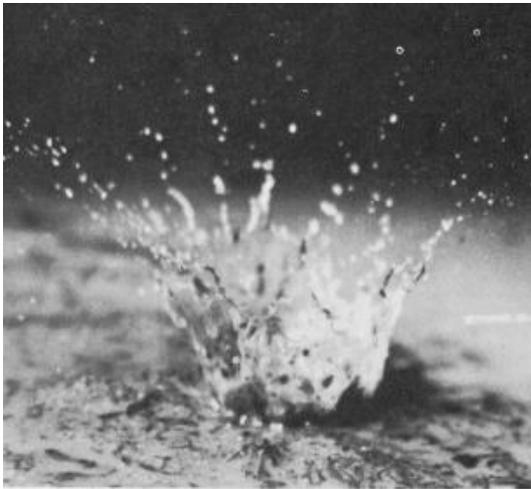


Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt

Mistelbach

Höherer Wasseranteil im
Boden durch geringere
Bearbeitungsintensität

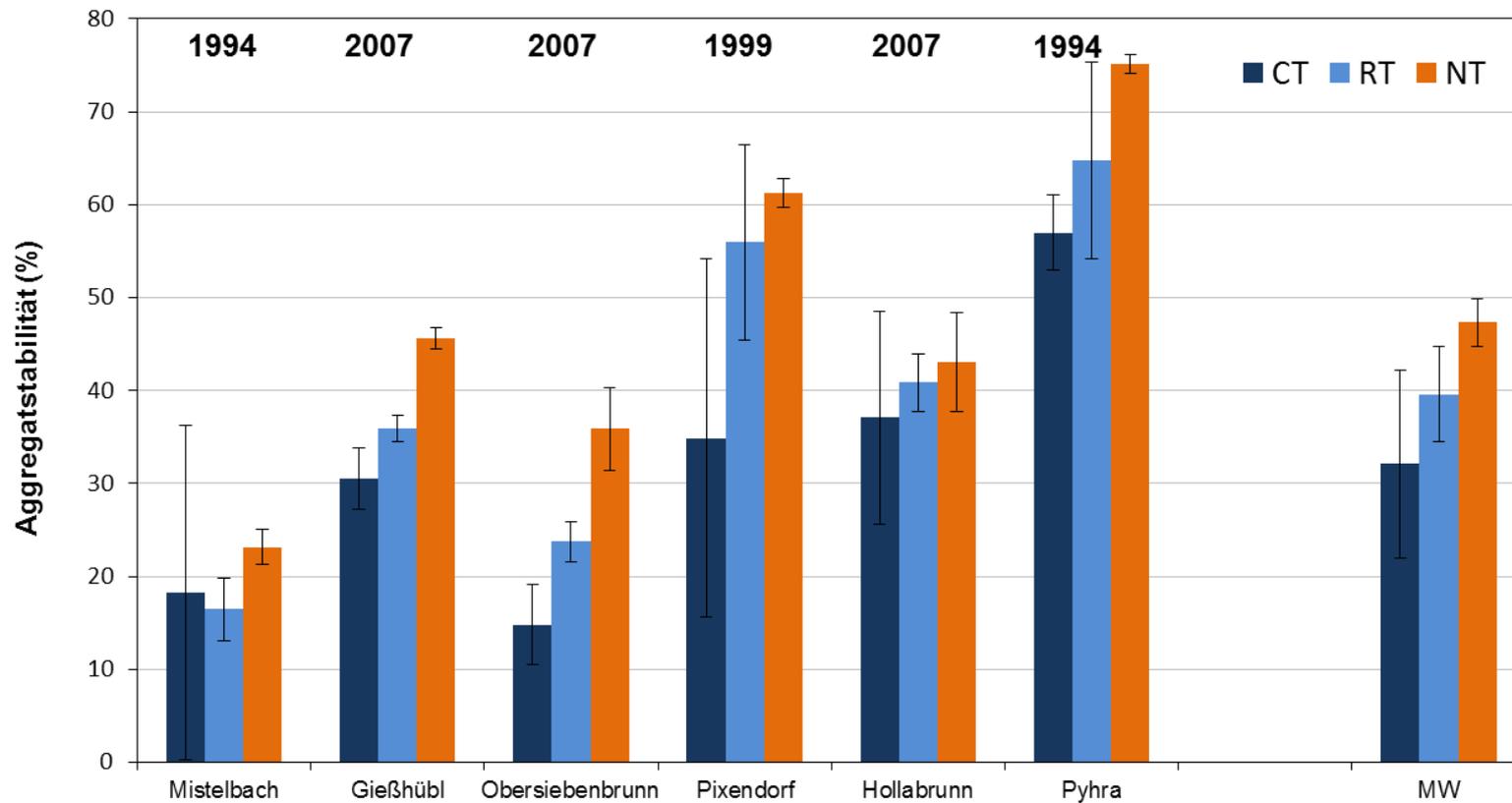




Aggregatstabilität



Studený (2014)



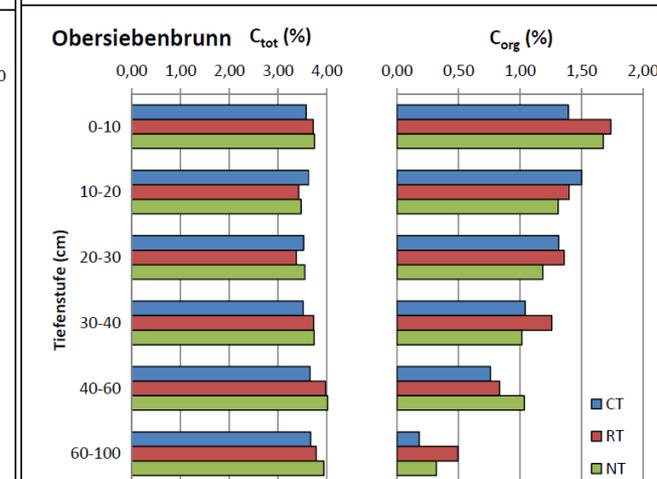
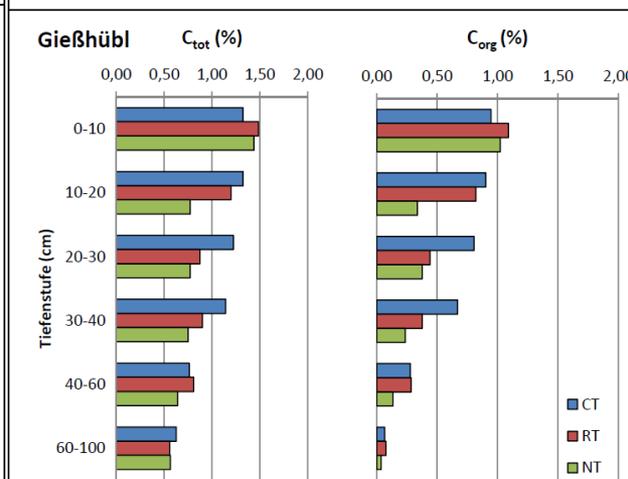
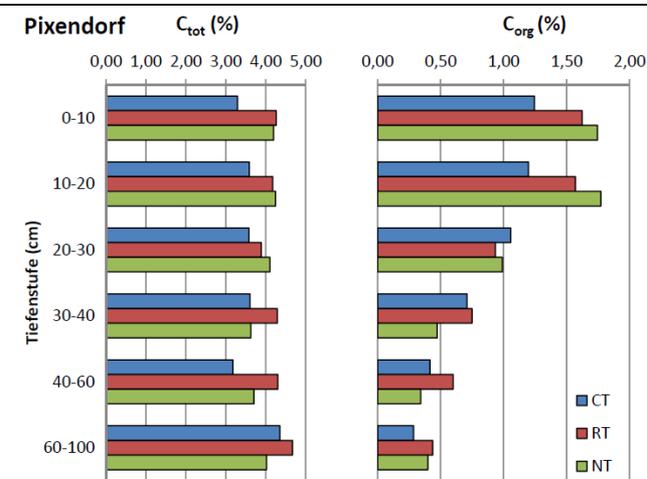
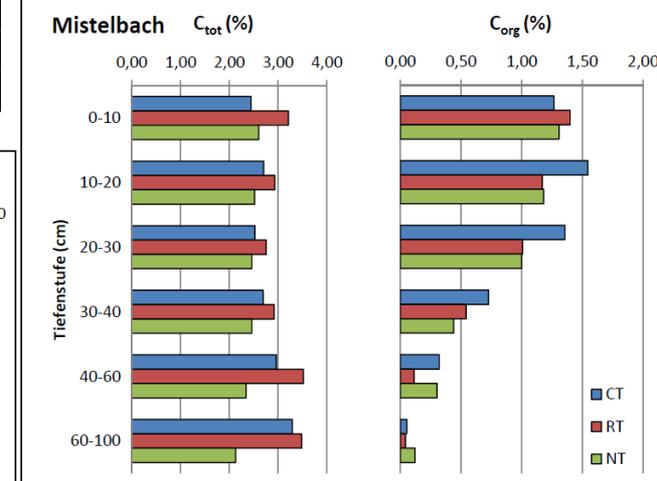
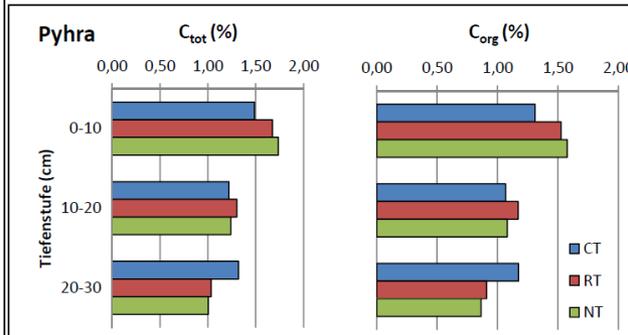
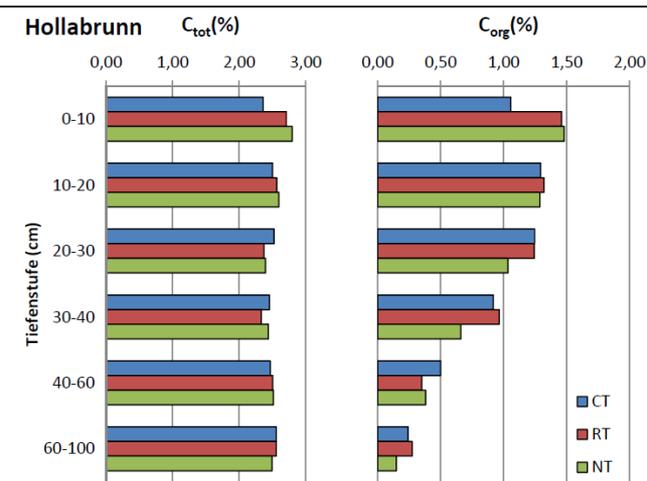
Kohlenstoffgehalte im Boden

(Studený, 2014)



Beprobung: Herbst 2013

Standort	KV	KS	DS
Obersiebenbrunn	0,75	0,94	0,85
Mistelbach	0,58	0,45	0,5
Pixendorf	0,62	0,78	0,73
Gießhübl	0,41	0,36	0,24
Hollabrunn	0,65	0,68	0,58



Kosten durch Bodenerosion

Components of the value of a ton of topsoil worth \$19



USDA-NRCS (1997)

Nur wenige Daten sind verfügbar

Schätzungen für die USA liegen zwischen 100 mio \$ (Crosson, 1997) und 25 bill \$ pro Jahr (Pimentel et al., 1997)

Off-site Schäden betragen zwischen 3 und 13 bill \$ pro Jahr (Clark et al., 1985)

Schätzungen für Europa liegen bei etwa 85 € pro Hektar und Jahr (van Camp, 2004)



Strategie für künftigen Schutz der Böden gegen Wassererosion



2015
Internationales
Jahr des Bodens



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt

- Boden ist nur in begrenzter Menge vorhanden und nicht vermehrbar
 - Zustand des Bodens und seiner Funktionen muss für künftige Generationen erhalten bzw. verbessert werden
 - Erosionsschutzmaßnahmen, welche den zukünftigen Anforderungen entsprechen, existieren bereits
 - Erosionsschutz alleine wird für einen nachhaltigen Schutz unserer Böden nicht ausreichend sein: Rückgang an organischem Kohlenstoff im Boden ist zweitgrößte Gefährdung unserer Böden! -> Kohlenstoffsequestrierung!
 - Bewirtschaftungsweisen entwickeln, welche mehrere Funktionen erfüllen
-