



Wasserwirtschaftliche Aspekte bei der zukünftigen Pflanzenproduktion

Andreas KLIK

Universität für Bodenkultur Wien

Institut für Bodenphysik und landeskulturelle Wasserwirtschaft

Klima- und Ackerbaugipfel

Ladendorf, 3. Juni 2019

6.5.2015 (www.meinbezirk.at)

Unwetter-Katastrophe im Bezirk: Ein Meter hohe Schlammlawine

"Das Verheerende waren die starken Niederschläge innerhalb kürzester Zeit", erklärt



23.7.2015 (www.wienerzeitung.at)

Zu wenig Niederschlag im Osten Österreichs

Regendefizit seit April könnte laut Hagelversicherung Millionenschaden bei Mais, Kürbis und Kartoffeln verursachen.

3.9.2018 (www.nachrichten.at)

Schwere Unwetter in Wien, Niederösterreich und Burgenland



1.8.2018 (www.ama.at)

Getreideernte 2018: Erntemenge schrumpft mangels Regen

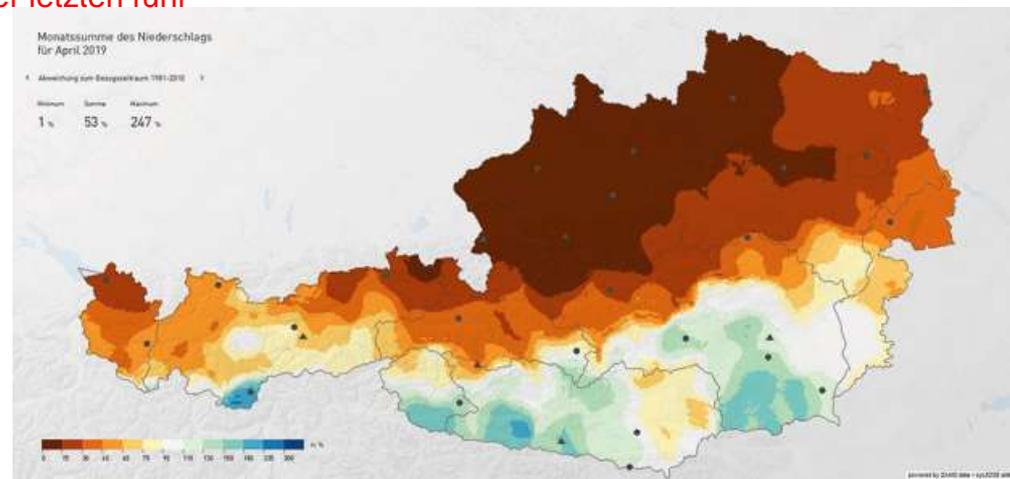
Niedrige Erträge das zweite Jahr in Folge.

Die Getreideernte 2018 ist gegenüber dem Durchschnitt der letzten fünf Jahre um 12 % niedriger ausgefallen.

27.4.2019 (www.wetter.at)

Extrem-Dürre richtet erste Schäden an

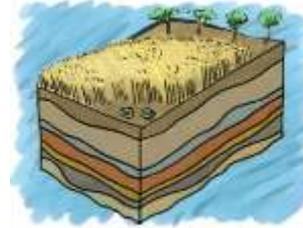
Dürre in Österreich weitet sich zu einer Katastrophe aus. Erste Ernteauffälle sind zu beklagen.



Bodenfunktionen



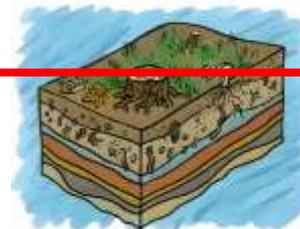
Produktionsgrundlage für Nahrungs- und Futtermittel sowie für nachwachsende Rohstoffe



Speicher-, Filter- und Pufferfunktion



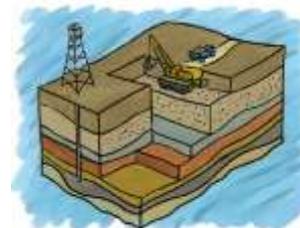
Lebensraum für Bakterien, Pilze, Pflanzen und Tiere - wichtigste Genreserve der Erde



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



Rohstofflager (Sande, Kies, Torf etc.)



Bodenwassergehalt



beeinflusst:

- die Wachstumsbedingungen für die angebauten Kulturpflanzen
- die Bearbeitbarkeit
- die Intensität und Geschwindigkeit von vielen im Boden ablaufenden Prozessen
- Abflusentstehung und Erosionsprozesse

$$\text{Niederschlag} = \underbrace{\text{Transpiration} + \text{Evaporation}}_{\text{Evapotranspiration (ETP)}} + \text{Abfluss} \pm \text{Bodenspeicherung}$$

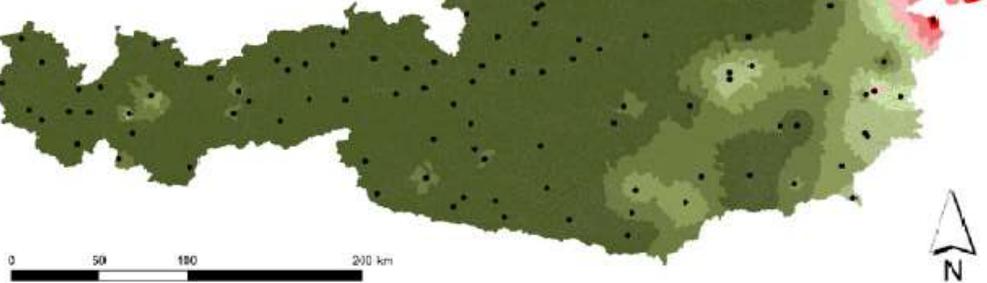


Klimatische Wasserbilanz [mm]

April bis September, langjähriges Mittel 1961-90



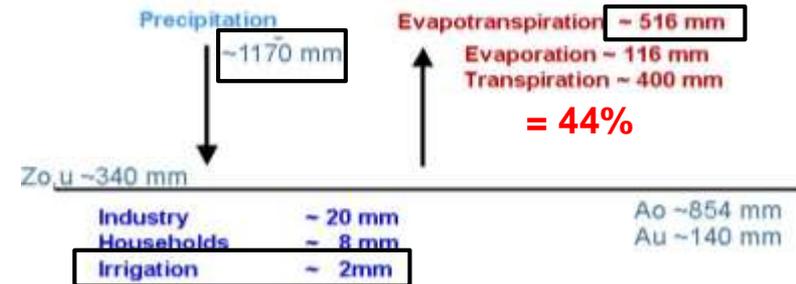
— Katastralgemeindegrenze
• Meteorologisches Messnetz (ausgewählte Stationen)



0 50 100 200 km

Daten: (1) Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (2) ZAMG (3) e-VID, BMLFUW
Kartographische Bearbeitung: wpa Beratende Ingenieure GmbH

Wasserbilanz in Österreich (Kresser, 1994)



Klimatische Wasserbilanz $KW = N - ET$

Klimatische Wasserbilanz (mm) von April – September für 1961-90 (A) und 2021-50 (B) (aus: WPA, 2011)

KG	KWB [mm]			KWB MAIS [mm]			KWB ZUCKERRÜBE [mm]			KWB KARTOFFEL [mm]		
	A	B	Änderung von A [%]	A	B	Änderung von A [%]	A	B	Änderung von A [%]	A	B	Änderung von A [%]
Seebarn am Wagram	-62	-39	37	-172	-133	23	-246	-193	22	-125	-97	22
Lasseesee	-93	-123	-32	-208	-234	-13	-283	-305	-8	-159	-192	-21
Zurndorf	-112	-90	20	-230	-202	12	-308	-275	11	-180	-161	11

Bewässerungsbedürftigkeit

wenn der Pflanzenwasserbedarf größer ist als das verfügbare Wasser.

Bewässerungsbedürftigkeit hängt ab von:
Klima (klimatische Wasserbilanz KW, $N < 650$ mm/a)

ungleich verteilter Niederschlag
geringer Gesamtniederschlag

Boden

geringes Speichervermögen (z.B. sehr sandige Böden)
geringe Infiltrationsrate

Topografie

hohe Einstrahlung (z.B. Südhänge, Hangneigung)

Wassermenge und – qualität

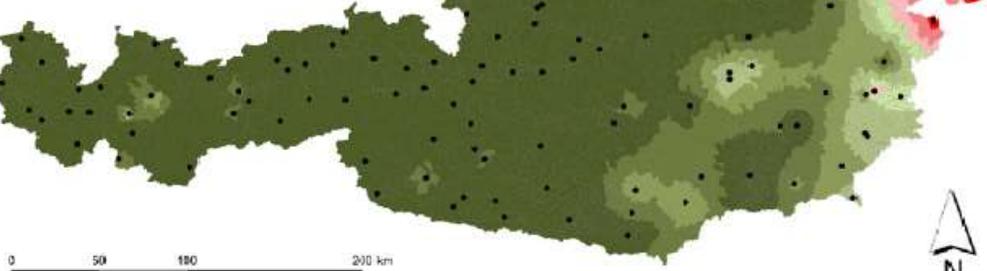
Kultursorte

Klimatische Wasserbilanz [mm]

April bis September, langjähriges Mittel 1961-90



- Katastralgemeindegrenze
 • Meteorologisches Messnetz (ausgewählte Stationen)



Daten: (1) Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (2) ZAMG (3) eHYD: BMLFUW
 Kartographische Bearbeitung: wpa Beratende Ingenieure GmbH

Bewässerungsgebiete in Österreich



Nordosten von NÖ zeigt hohe negative KW (geringe Niederschläge), aber kaum Bewässerungsmöglichkeiten

Bewässerungsmengen der WG Zwerndorf/Stripfing
(Prosenitsch, 2009)

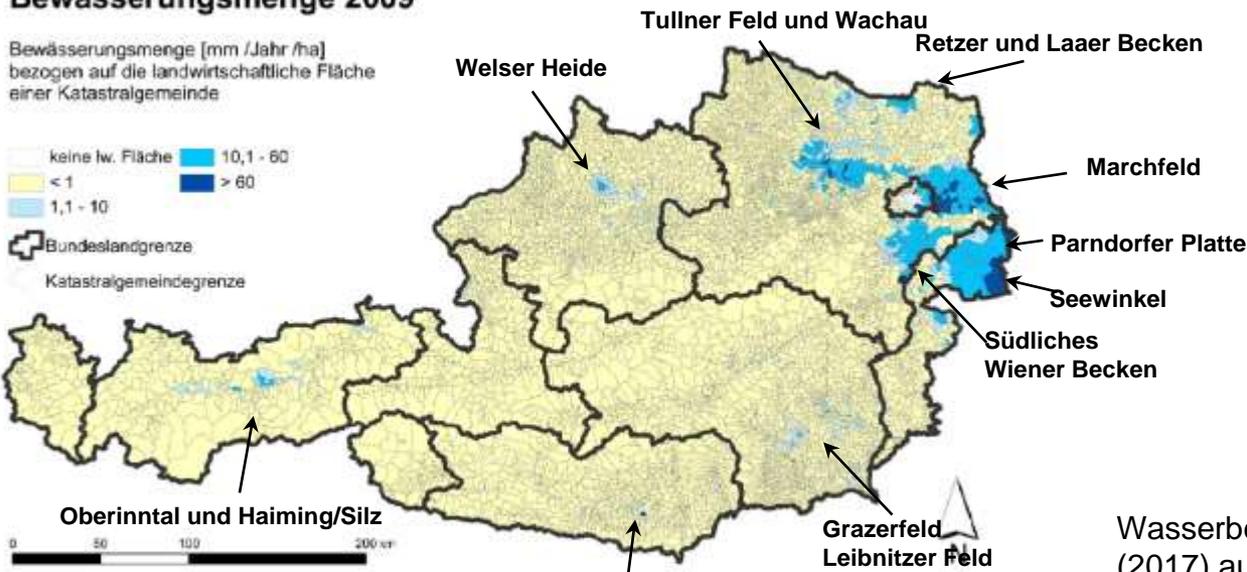
Kultur	Bewässerungswassermenge (mm)
Zuckerrübe	150
Kartoffel	150-200
Grünerbsen	50
Zwiebel	150-200
Mais	130-200
Durum	30-90
Sellerie	170

Bewässerungsmenge 2009

Bewässerungsmenge [mm /Jahr /ha] bezogen auf die landwirtschaftliche Fläche einer Katastralgemeinde



- Bundeslandgrenze
 - Katastralgemeindegrenze



Daten: (1) Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (2) ZAMG (3) eHYD: BMLFUW
 Kartographische Bearbeitung: wpa Beratende Ingenieure GmbH

Wasserbedarf für Landwirtschaft wird von 54 Mio m³ (2017) auf 71 Mio m³ (2050) steigen (+31%)
(Land NÖ, 2019)

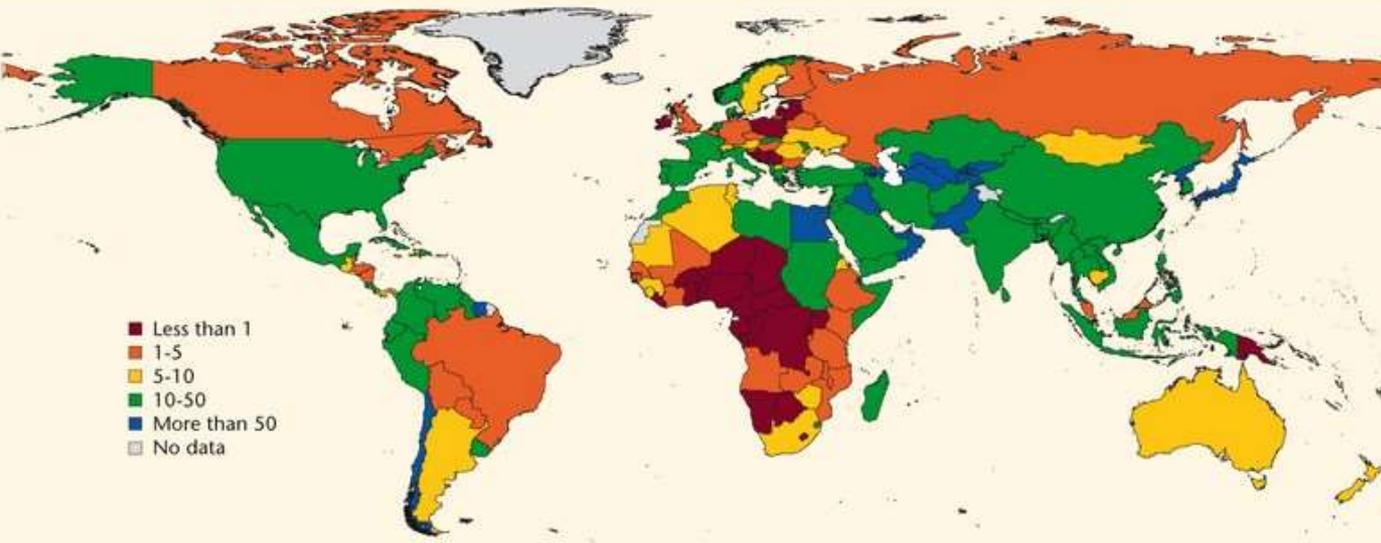
Bewässerung weltweit (FAO, 2010)



Bewässerungsfläche in Österreich

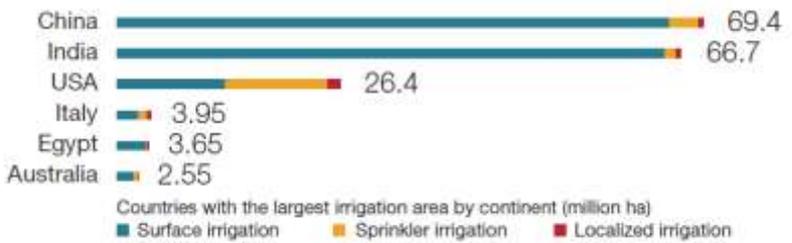
Bundesland	LW Fläche	bewässerte Fläche	
	[ha]	[ha]	[%]
B	186.383	17.850	9,6
K	236.927	180	0,1
N	900.158	44.385	4,9
O	528.383	1.430	0,3
S	196.680	49	0,0
ST	398.950	810	0,2
T	296.717	356	0,1
V	83.499	52	0,1
W	5.236	901	17,2
Gesamt	2.832.933	66.013	2,3

Percentage of cultivated areas equipped for irrigation, around 2003



World Water Assessment Programme. 2009. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris: UNESCO, and London: Earthscan. Map 7.5, page 109.
Based on data from: Data on water withdrawal: FAO global information system on water and agriculture (AQUASTAT). Data on GDP per capita: World Bank indicators <http://data.worldbank.org/indicator>.

Bewässerungsfläche (in Mio ha)



Bewässerungsfläche (in %)



Wirkungsgrad (in %)



Handlungsempfehlungen der **Österreichischen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel** (BMLFUW, 2013):

Verstärkte Etablierung und Förderung von **wassersparenden Bewässerungssystemen** sowie **Verbesserungen in der Bewässerungsplanung**

Ziel:

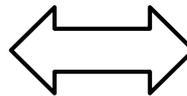
Effizienzsteigerung in der Bewässerung und der Wassernutzung durch den Einsatz moderner technologischer Entwicklungen, die eine Optimierung der Bewässerung hinsichtlich Zeitpunkt und Menge erlauben“.

Verbesserungsansätze der Bewässerung

Effiziente Bewässerungsmethoden

Bewässerungssystem

Oberflächenbewässerung
Beregnung
Tropfbewässerung



Bewässerungssteuerung

bedarfsorientierte Bewässerung
teilflächenspezifische Bewässerung

Wie bewässern?

Wann bewässern?
Wie viel bewässern?

Wirkungsgrade von Bewässerungsverfahren



Gesamtwirkungsgrade

Einstauverfahren	30-40%
Furchenbewässerung	50-60%
Beregnung	75-80%
Tropfbewässerung	90-95%

Verluste durch Versickerung,
Verdunstung und Winddrift

Pflanze	Kg / mm Transpiration	Kg / mm ETP
Mais	30-37	11-32
Weizen	20-22	6-17
Sonnenblumen	7-9	4-9

Kostenbeispiele für Bewässerungsverfahren (MASTEL und SOURELL 2004)

Kostenart	Tropfbewässerung	Rohrberegnung	Mobile Beregnungsmaschine		Stationäre Beregnungsmaschine	
			mit Kanone	mit Düsenwagen	Kreisregner	Linearregner
Beregnbare Fläche je Aufstellung ha	5	25	25	25	55	60
Investitionssumme €	40.000 *12.500	86.000	60.000	75.000	60.000	80.000
Fixe Kosten: Brunnen, Pumpen, Leitungen, Motor, €/ha	1.300	300	135	170	155	190
Variable Kosten: Energie, Arbeit, Reparatur, Wasser €/mm	2,5	2,4	2,2	2,2	1,3	1,5
Kosten bei 120 mm/Jahr €/mm €/ha	1.600 13,30	588 4,90	399 3,30	434 3,60	273 2,30	325 2,70

Bewässerungssteuerung

Erfahrung



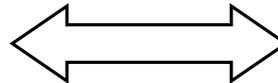
Entscheidungshilfesysteme



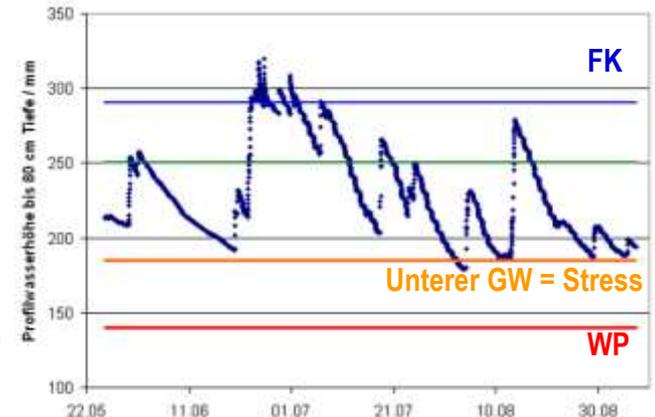
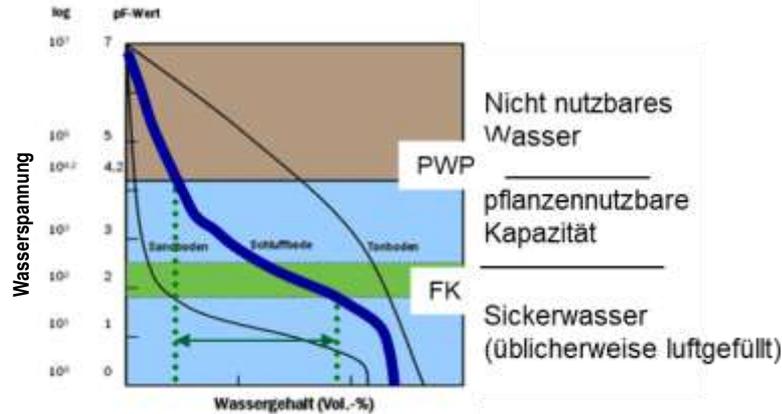
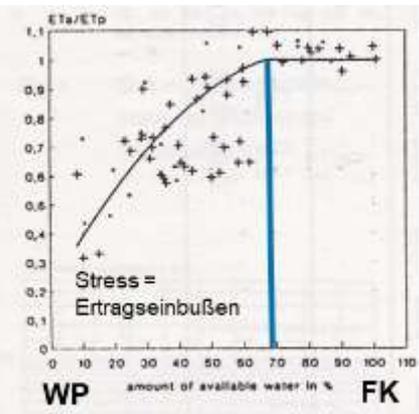
Messtechnik



subjektiv



objektiv



Kinetische Energie des Niederschlages

$$KE = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Drop $\varnothing = 0.2 - 6 \text{ mm}$
 $v = 0.5 - 13 \text{ m.s}^{-1}$

Mittlere Tropfendurchmesser (2017-2019)

Mistelbach 1,0 mm
 Petzenkirchen 0,8 mm



Disdrometer

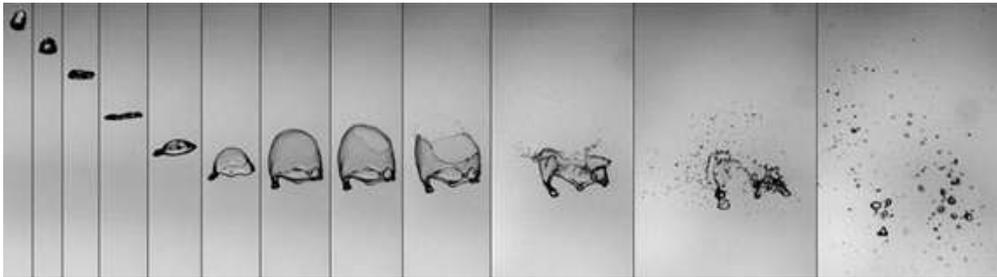
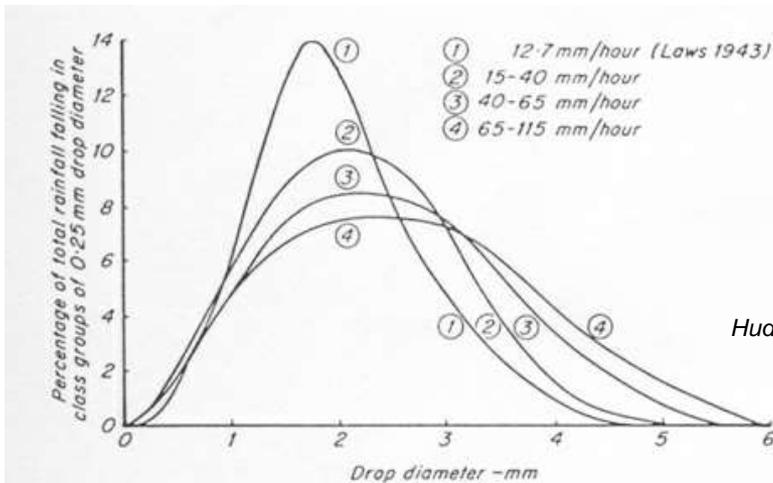
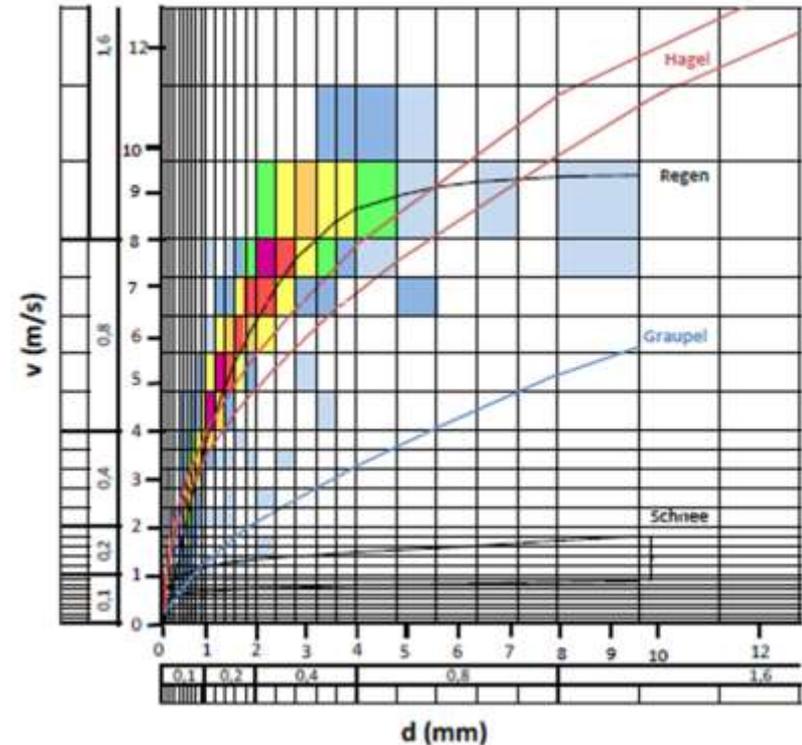


Photo: Emmanuel Villermaux

Tropfengröße und Fallgeschwindigkeit

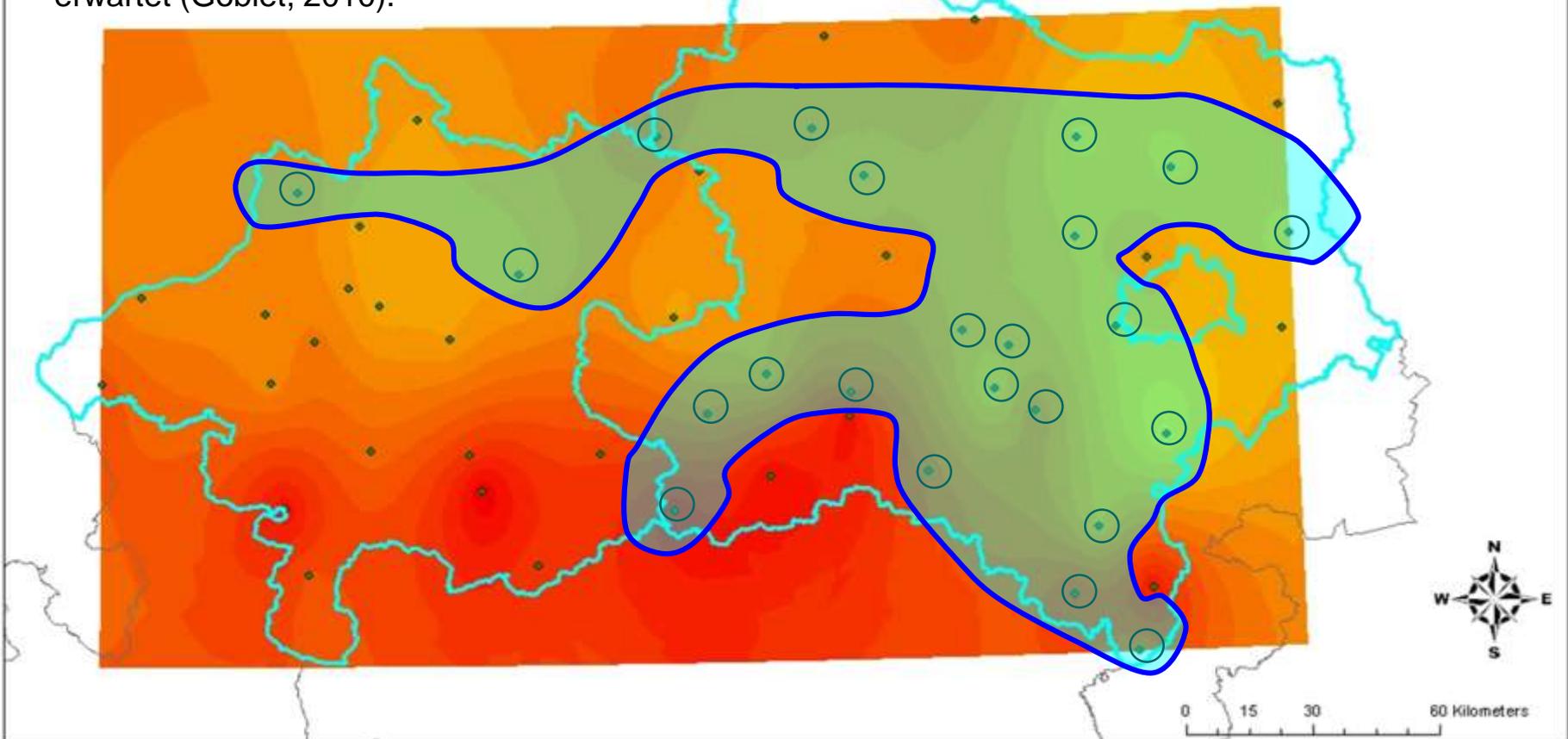
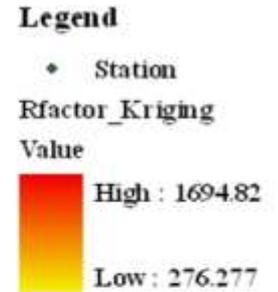


Hudson (1981)

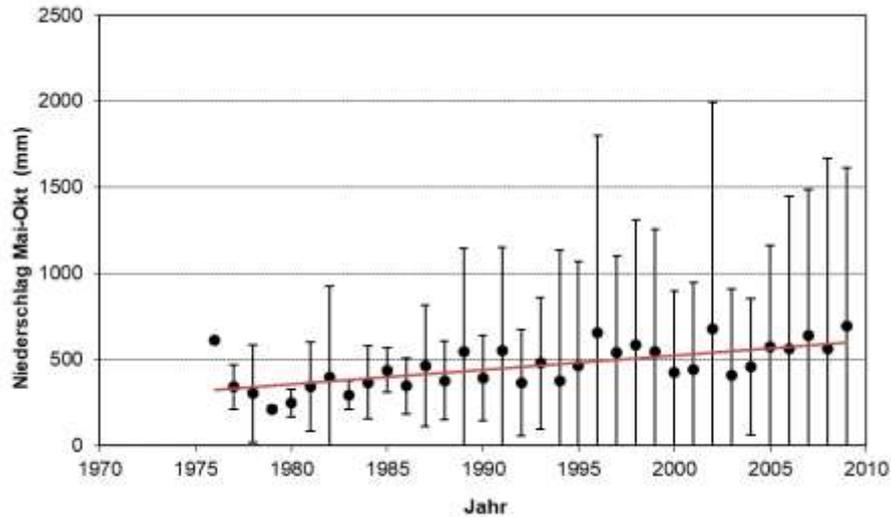
Drop size distribution at low and medium intensities

Regenerosivität in Ober- und Niederösterreich (Kombination aus kinetischer Energie und Regenintensität)

Zahlreiche Stationen in NÖ zeigen steigenden Trend bei der Regenerosivität
In Mitteleuropa werden im Sommer trotz abnehmender Niederschlagssummen erhöhte Intensitäten, insbesondere in den maximalen Tages-Niederschlagssummen, erwartet (Gobiet, 2010).

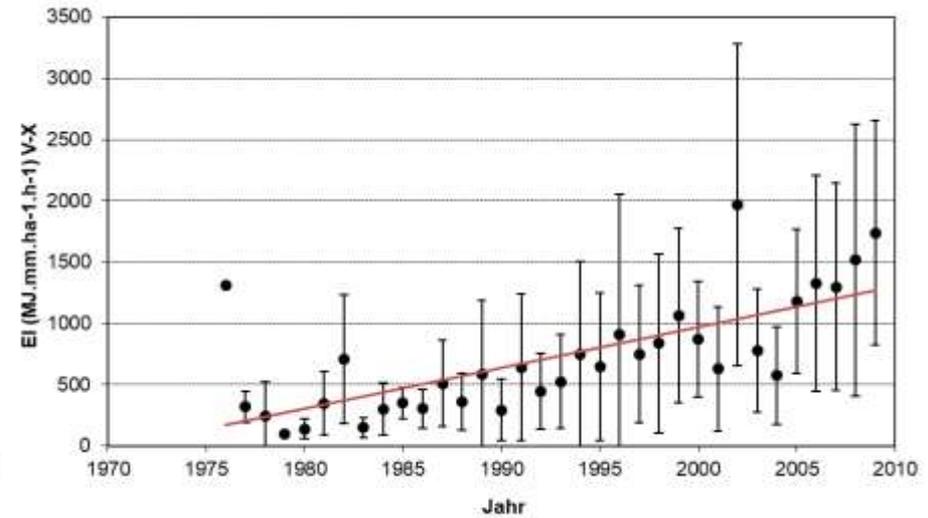


Niederschlag



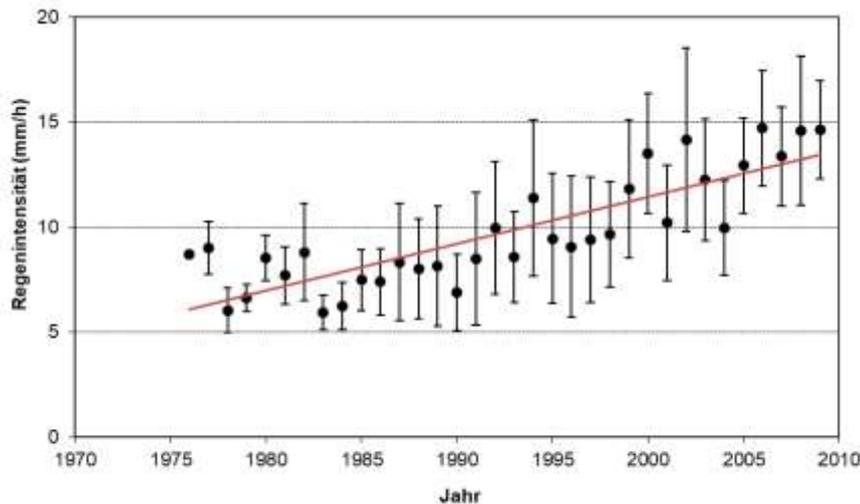
Zunahme regional bedingt: hohe räumliche Variabilität

Regenerosivität



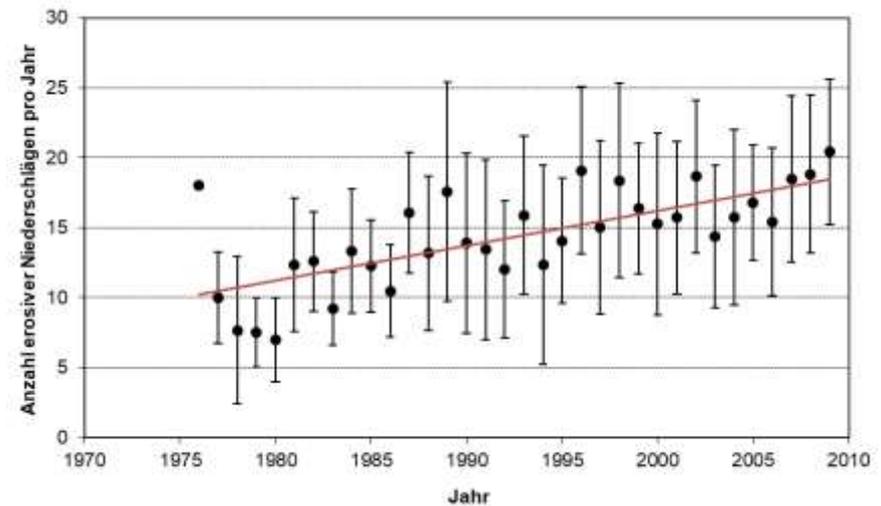
Zunahme um das rd. 3-Fache in den vergangenen 30 Jahren

30 min Regenintensität



Signifikanter Anstieg der Regenintensität an 65% der untersuchten Messstellen

Anzahl der erosive Ereignisse



Mehr erosive Ereignisse (48% der Messstellen), Ereignisse haben höhere erosive Kraft

Wie effizient ist konservierende Bodenbearbeitung im Hinblick auf Erosion?

3 Standorte

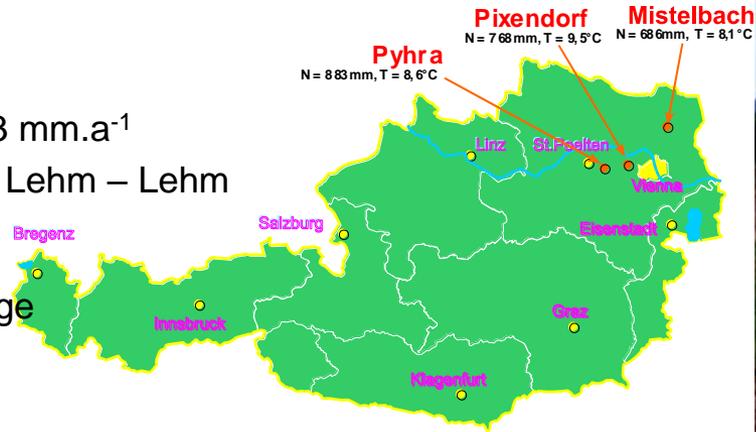
Niederschlag 668 – 883 mm.a⁻¹

Bodentextur: schluffiger Lehm – Lehm

Hangneigung: 5 – 16%

Mais-Getreide Fruchtfolge

Beginn: 1994/1997



Messungen

- Oberflächenabfluss
- Bodenabtrag
- Nährstoffverluste
- Pestizidabschwemmungen
- Pflanzenerträge
- Bodenwassergehalte
- CO₂ Emissionen

Konventionelle Bearbeitung (CT)
Mulchsaat (MS)
Direktsaat (DS)

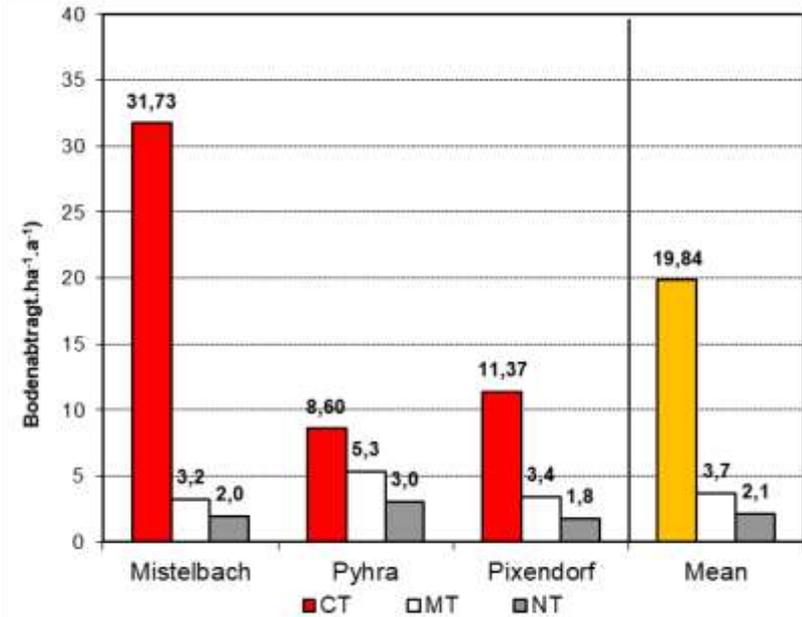
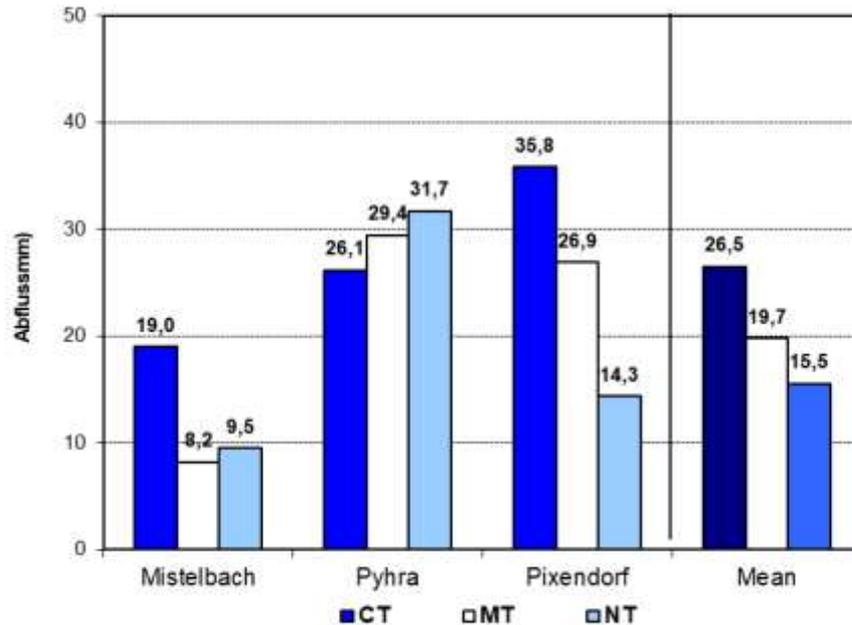


Ergebnisse (1994 – 2018)



Oberflächenabfluss

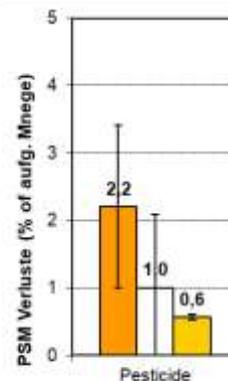
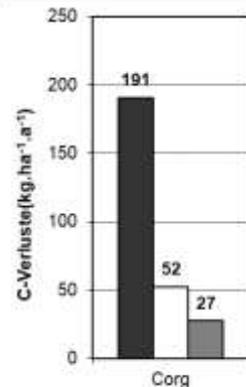
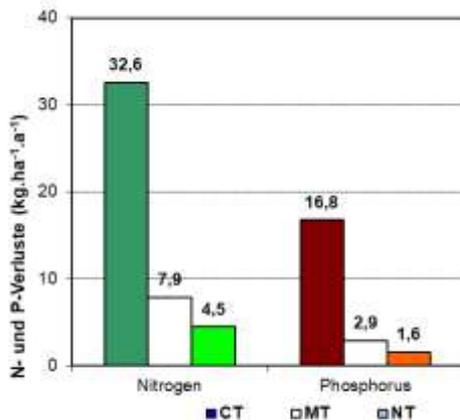
Bodenabtrag



Stickstoff

Phosphor

PSM



Oberflächenabfluss um **27% (MT) bis 41% (NT)** reduziert (mehr Wasser für Pflanzen verfügbar!)

Bodenabtrag von **31,7 t/ha** entspricht einem Verlust von **2,6 mm pro Jahr!**

Bodenneubildung rd. 0,04 mm pro Jahr

Bodenabtrag um **81% (MT) bis 90% (NT)** reduziert

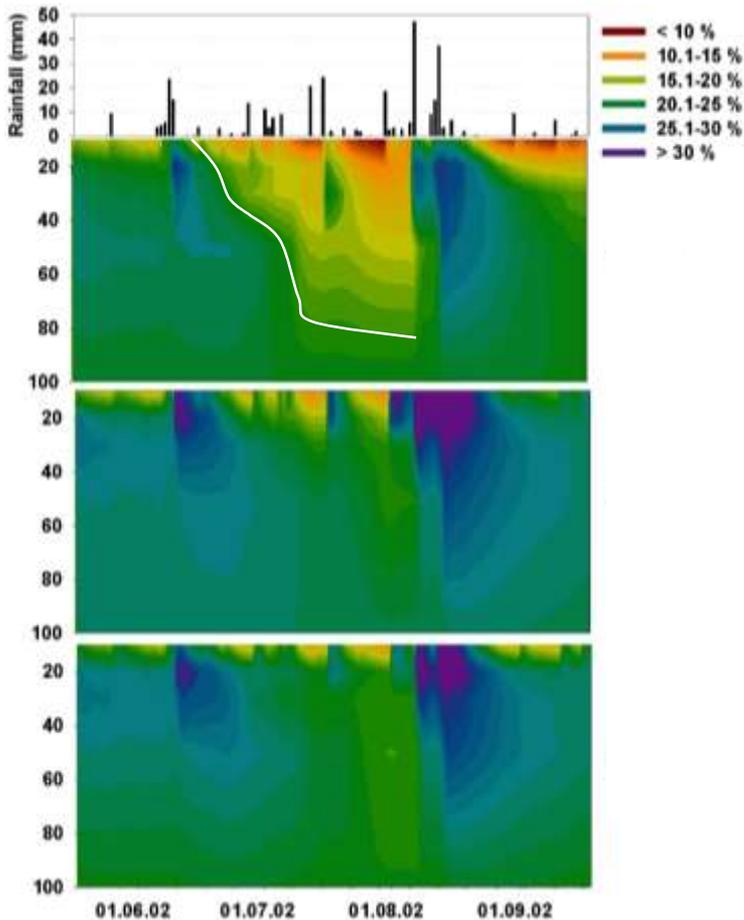
Verluste an N, P und Pflanzenschutzmittel hauptsächlich durch Bodenabtrag verursacht

Keine signifikanten Ertragsveränderungen

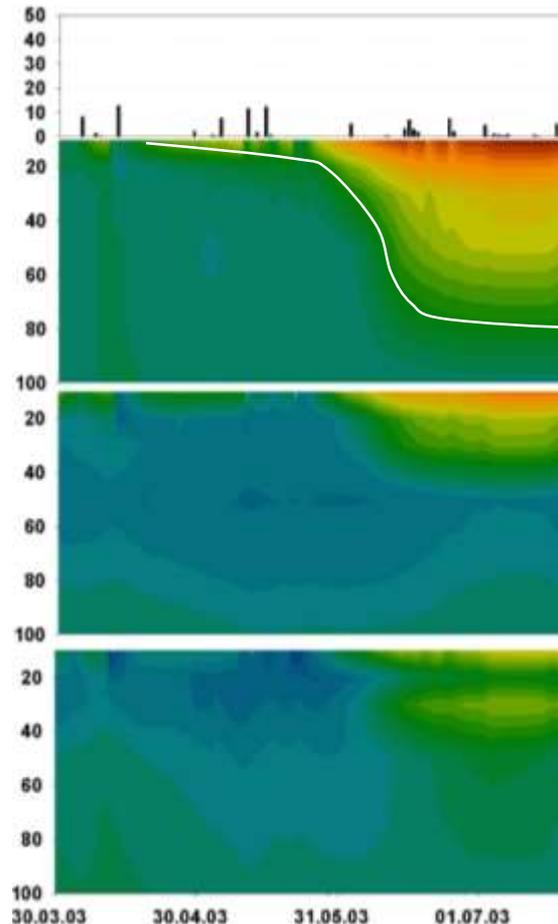
Nettoerlöse +4% (NT) bis +6% (MT)

Bodenwassergehalt - Mistelbach

2002 (Mais)



2003 (Winterweizen)



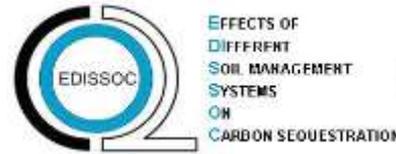
Konventionelle BB

Mulchsaat

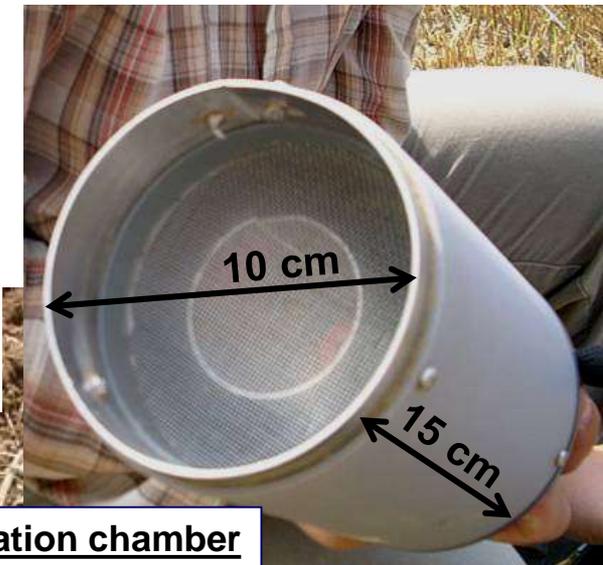
Direktsaat

Verringerte Bearbeitungsintensität in Kombination mit besserer Bodenbedeckung und höheren Gehalten an organischer Substanz führt einerseits zu **besserer Wasserinfiltration** (verminderter Abfluss) und zu **geringerer unproduktiver Verdunstung** von der Bodenoberfläche (Evaporation)

Messung der Bodenatmung



EFFECTS OF
DIFFERENT
SOIL MANAGEMENT
SYSTEMS
ON
CARBON SEQUESTRATION



10 cm

15 cm

Kohlendioxidemissionen aus Böden hervorgerufen u.a. durch Abbauprozesse von Bodenorganismen

Kohlenstoff im Boden (C) durch Organismen unter Zuhilfenahme von Sauerstoff (O₂) abgebaut Sauerstoff -> CO₂

Infrared Gas Analyzer
EGM-4, PP Systems
(only CO₂ analysis)

Soil respiration chamber
SRC-1, PP Systems

Temperatursensor

→ Determination of CO₂ fluxes based on increase of concentration per time interval

$$F_C = \frac{c_{CO_2}(t_n) - c_{CO_2}(t_{n-1})}{t_n} \cdot \frac{V}{A}$$

Simplified equation

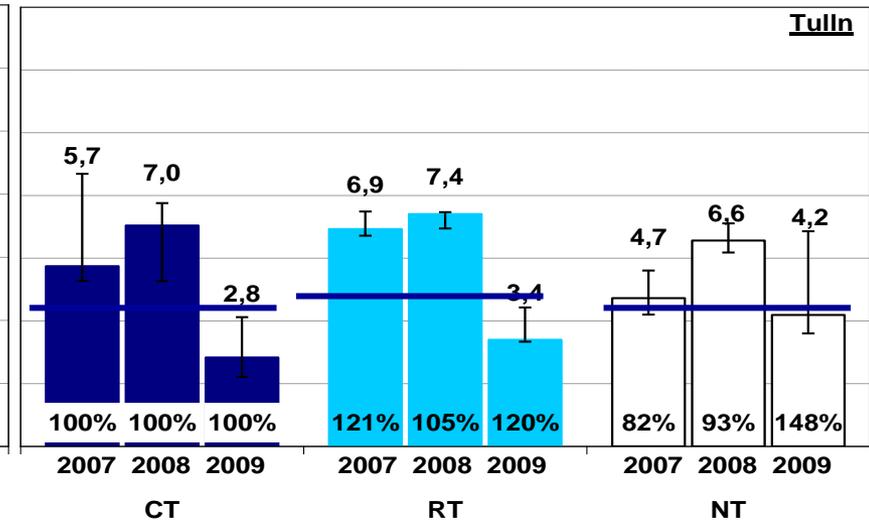
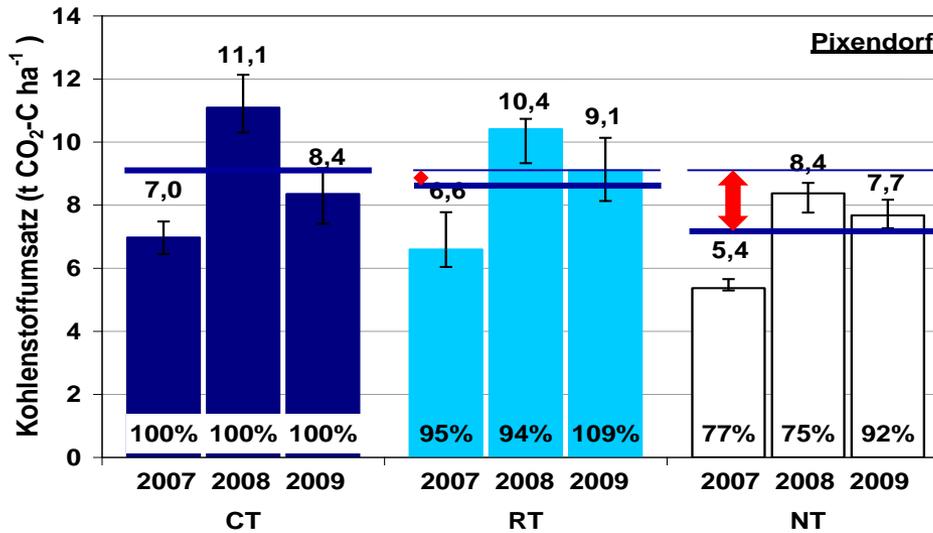
F _C	CO ₂ -Fluss (g CO ₂ m ⁻² h ⁻¹)
c _{CO₂} (t _n)	CO ₂ -Konzentration zum Zeitpunkt t _n
c _{CO₂} (t _{n-1})	CO ₂ -Konzentration zum Zeitpunkt t _{n-1}
V	Volumen des Messzylinders
A	Querschnittsfläche des Messzylinders

Kohlenstoffverluste: Pixendorf and Tulln 2007-2009



Pixendorf Sandiger Schluff Beginn 1998

Tulln Lehmiger Ton Beginn 2003



	2007	2008	2009
Jahresmitteltemperatur (°C)	11,2	11,5	10,4
Jahresniederschlag (mm)	674,1	710,7	906,4

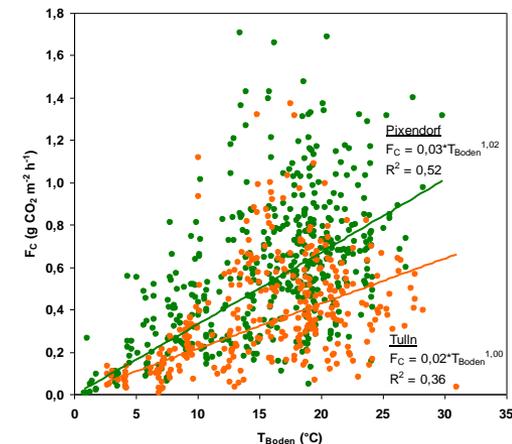
trocken warm feucht warm nass kühl

CT ~ MT > NT

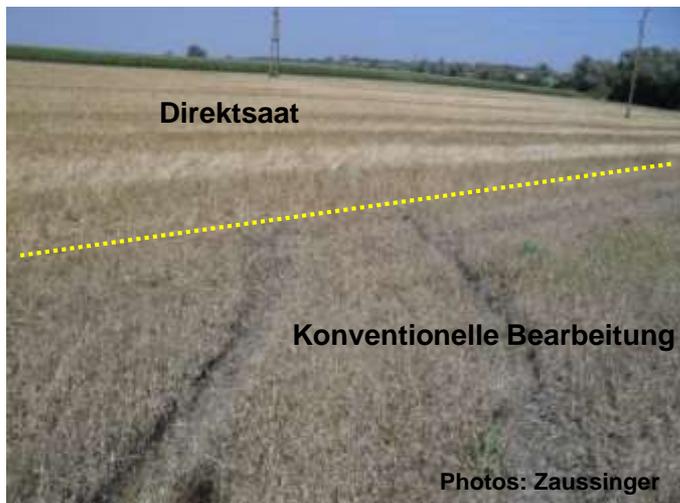
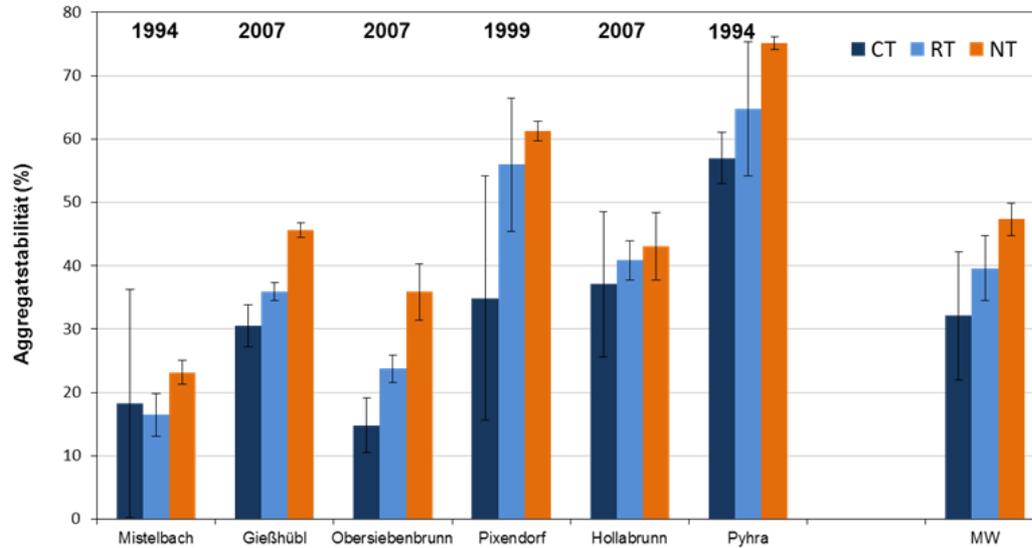
OC Änderung in 10 Jahren

	MT	NT
% SOC 10 yr	0,03	0,40
Pixendorf	0,03	0,40
Tulln	-0,17	0,01

Einfluss der Temperatur auf Bodenatmung



Einfluss der Bodenbearbeitung auf Aggregatstabilität





Änderung der Fruchtfolge



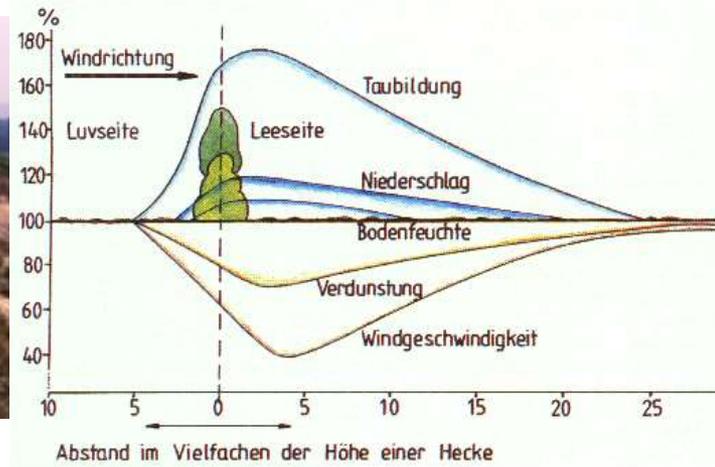
Bodenbearbeitungsmaßnahmen



Konturbearbeitung
Streifenanbau



Terrassierung inkl.
Retentionsmaßnahme



begraste Abflussmulde

Anbau möglichst erosionshemmender Kulturarten:

- das sind solche mit möglichst hoher Bodenbedeckung zum Zeitpunkt des Auftretens erosiver Niederschläge/Starkwinde
- sollen in einer Fruchtfolge möglichst oft vertreten sein
- „immergrünes Feld“



Bodenbedeckung



Pflanze

Zusammenfassung



- Klimawandel führt zu relativer Verschiebung in der Wasserbilanz, davon sind vor allem geringmächtige sowie sandige und kiesige Böden negativ betroffen
- Zunahme der Evaporation aufgrund Verkürzung der Wachstumsperiode und längere Brachezeiten
- **Höhere Temperaturen** führen zu **höherer Verdunstung** und damit z.T. **höherem Pflanzenwasserbedarf** verschiedener Kulturen
- Zusätzlicher Wasserbedarf wird tw. durch geringfügig höhere Niederschläge ausgeglichen, ansonsten Erhöhung des Bewässerungsbedarfes
- **Starkregenereignisse** und **Starkwinde** im Sommer werden zunehmen -> Zunahme der Gefährdung durch Bodenerosion durch Wasser und Wind

Mögliche Maßnahmen:

- **Anpassung der Fruchtfolge** (ev. weniger Sommerungen, wenn keine Bewässerung vorhanden)
- Bewässerung mit **wassersparenden Verfahren** (Tropfbewässerung: Wirtschaftlichkeit!)
- Verminderung des Bodenverlustes durch **Bodenschutzmaßnahmen**
- Verbesserung der **Speicherfähigkeit der Böden** (Steigerung des Humusgehaltes)
- Verminderung der **Bodenevaporation** (unproduktive Verdunstung) durch Mulchabdeckung
- **Windschutzanlagen** zur Verminderung der Starkwinde, aber auch zur Verminderung der Verdunstung
- Überlegungen hinsichtlich möglicher Wasserzuleitung und -verteilung im Nordosten NÖ.