

Bodenstruktur schützen – was kann der Landwirt tun, was muss er tun?

Pflanzenbautagung der LELF Brandenburg – 8. Dezember 2022



Gliederung

- Böden – unsere Lebensgrundlage
- Bodenstruktur – Definition und Bedeutung
- Beurteilung der Bodenstruktur
- Bodenstrukturverbessernde ackerbauliche Maßnahmen
- Zusammenfassung

Böden – *entscheidende* Grundlage für das Pflanzenwachstum

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Bild LfL Bayern

Böden – *entscheidende* Grundlage für das Pflanzenwachstum



- Böden speichern Wasser



- Böden speichern Nährstoffe



- Böden -> dienen der Verankerung von Pflanzen und versorgen die Pflanzen mit Wasser & Nährstoffen



Bild LfL Bayern



Böden – *entscheidende* Grundlage für das Pflanzenwachstum



- Böden speichern Wasser



- Böden sind für die Nährstoffaufnahme



- Böden

versor



-> gute Bodenstruktur auf Ackerflächen => Voraussetzung für Pflanzenkeimung sowie Wasser- & Nährstoffaufnahme durch Pflanzen für gutes Wachstum!
-> Notwendigkeit für Strukturert halt und –verbesserung von Ackerböden!

© LfULG



Definition Bodenstruktur bzw. Bodengefüge (LfL Bayern 2021)

- Böden weisen i.d.R. eine spezifische Struktur bzw. ein Gefüge auf.
 - Das Bodengefüge oder die Bodenstruktur ist die räumliche Anordnung der festen Bodenbestandteile.
 - Das Bodengefüge bestimmt Menge und Form der Poren, die in wechselnden Anteilen mit Luft und Wasser gefüllt sind und in denen Wurzeln als Grundlage für das Pflanzenwachstum wachsen können. Die Porosität muss bis in große Bodentiefen gegeben sein.
- > Die Eignung eines Bodens als Pflanzenstandort hängt davon ab, wie gut durchwurzelbar der Boden ist.



Definition Bodenstruktur bzw. Bodengefüge (LfL Bayern 2021)

- Böden weisen i.d.R. eine spezifische Struktur bzw. ein Gefüge auf.

- Da räumlich eine gute Struktur ist im gesamten Bodenprofil erforderlich!
- Da die Poren, gefüllt mit Wasser und Luft, als Voraussetzung für sichere und gute Ertragsbildung! Die Poren, gefüllt mit Wasser und Luft, sind Voraussetzung für sichere und gute Ertragsbildung!

Eine gute Struktur ist im gesamten Bodenprofil erforderlich!
-> Grundlage für Erschließung des gesamten Bodens durch Wurzeln als Voraussetzung für sichere und gute Ertragsbildung!

-> Die Eignung eines Bodens als Pflanzenstandort hängt davon ab, wie gut durchwurzelbar der Boden ist.



© LfULG

Zielsetzung: Schaffung einer für das Pflanzenwachstum günstigen Bodenstruktur (LfL Bayern 2021)

- Sie bietet der Saat gute Keim- und Auflaufbedingungen im Krümenbereich (schnelle Erwärmung, Kapillarwasseranschluss, unverdichtete Oberfläche),
- sie ermöglicht den Wurzeln ein gleichmäßiges und tiefes Eindringen, gewährleistet eine gute Wasserspeicherung und Nährstoffverfügbarkeit --> d. h. tiefere Bodenbereiche/ Unterböden müssen durchwurzelbar sein,
- sie sorgt für genügend grobe, luftführende Poren, die den Wurzeln und Bodenlebewesen das Atmen ermöglichen.

Gute Struktur?

Beurteilung der Bodenstruktur in der Krume & im Oberboden z. B. mit der Spatendiagnose (LfL Bayern 2021)



[Link: Bodenstruktur erkennen und beurteilen \(bbg-bayern.de\)](https://www.bbg-bayern.de)

Übersicht – Günstige Bodenstruktur

Oberfläche

- | je nach Anforderung rau bis fein
- | Einzelaggregate erkennbar
- | nicht verschlammte Oberfläche
- | Makroporen (Regenwurmgänge) erkennbar
- | Regenwurmlosung
- | Bedeckung mit Mulchmaterial
- | **Oberboden**
- | Krümelgefüge bzw. Mischgefüge aus Krümeln und locker-porösen Bröckeln
- | gleichmäßig dichte Feindurchwurzelung
- | Ernterückstände weitgehend abgebaut bzw. in Rotte
- | gleichmäßig braune Farbe
- | erdiger Geruch
- | **Übergangsbereich**
- | allmählicher Übergang
- | **Unterboden**
- | kein Plattengefüge erkennbar
- | lockeres (nicht verdichtetes) Kohärent- (typisch für Lössböden), Einzelkorn- (typisch für Sandböden) oder Aggregatgefüge
- | ungestörte Tiefendurchwurzelung
- | zahlreiche vertikal verlaufende Makroporen (Regenwurmgänge)

Quelle: [Beurteilung der Bodenstruktur - Boden, Altlasten - sachsen.de](https://www.sachsen.de/boden/143226)

Übersicht – Ungünstige Bodenstruktur

Oberfläche

- zu fein bzw. zu grob Oberflächenverschlammung bzw. Krustenbildung
- keine Makroporen (Regenwurmgänge) erkennbar
- nicht genügende Bodenbedeckung (z. B. durch Mulchmaterial)
- **Oberboden**
- Klumpengefüge
- scharfkantig, wenig poröse Aggregate (z. B. Polyeder oder Prismen)
- ungleichmäßige und gestörte Feindurchwurzelung
- unverrottete und ungleichmäßig verteilte Ernterückstände (z. B. Strohmatratzen) mit Verpilzungen
- graublaue Verfärbungen
- fauliger Geruch
- **Übergangsbereich**
- abrupter Übergang
- **Unterboden**
- Plattengefüge erkennbar
- verdichtetes Kohärent- (typisch für Lössböden), Einzelkorn- (typisch für Sandböden) oder Aggregatgefüge
- gestörte Tiefendurchwurzelung
- wenige bzw. keine vertikal verlaufende Makroporen (Regenwurmgänge)

Quelle: [Beurteilung der Bodenstruktur - Boden, Altlasten - sachsen.de](https://www.sachsen.de/boden/13682.htm)

Strukturbeurteilung „mit dem Auge“ -> gute und schlechte Bodenstruktur erkennen am Pflanzenwachstum, am Gefüge, am Wurzelbild uvm.....

„gute
Struktur“

„schlechte
Struktur“



Schlechte Bodenstruktur auf Ackeroberflächen:

-> Strukturbeurteilung **anhand der Vorgänge** auf der Ackerfläche
z. B. gehemmte Wasserversickerung durch Oberflächenverschlämmung infolge
Bodenaggregatzerfall -> Folge -> Wassererosion!



Folgen schlechter Bodenstruktur auf Ackeroberflächen -> z. B. Wassererosion auf Ackerflächen

-> Ursachenforschung betreiben und Problemlösung erarbeiten!



Folgen schlechter Bodenstruktur auf Ackeroberflächen -> z. B. Wassererosion auf Ackerflächen

-> Ursachenforschung betreiben und Problemlösung erarbeiten!

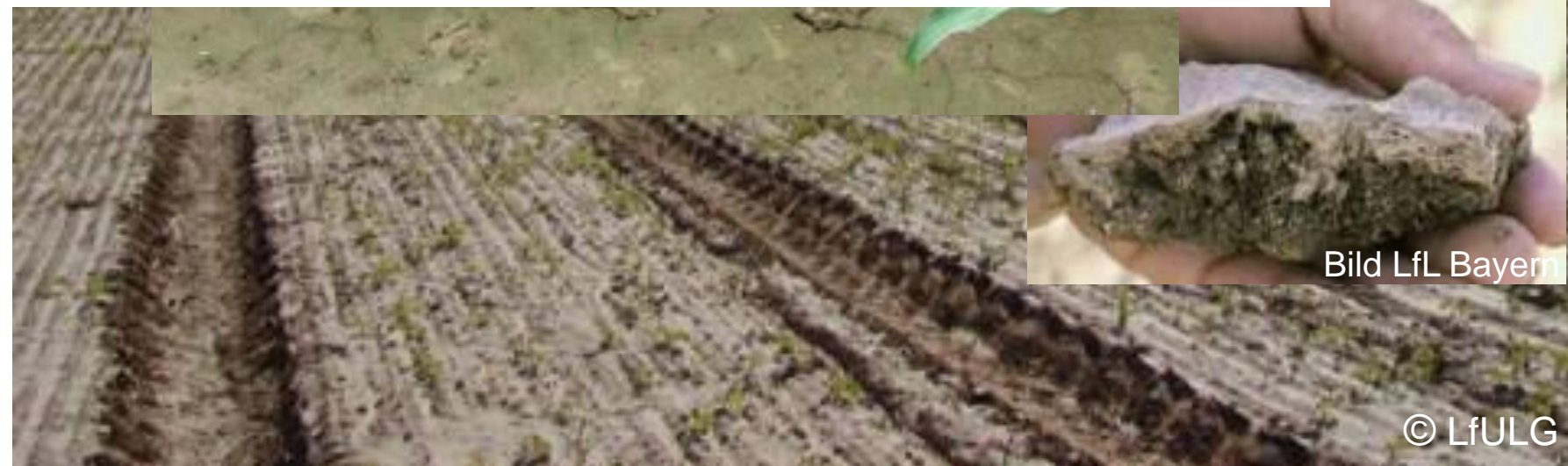


Folgen schlechter Bodenstruktur auf Ackeroberflächen -> z. B. Wassererosion auf Ackerflächen

-> Ursachenforschung betreiben und Problemlösung erarbeiten!



Bodenstruktur
Was kann – was muss der
Landwirt konkret tun?



Bestimmende Einflussfaktoren für den Bodengefüge- bzw. -strukturzustand (Auswahl)

- Bodenart (Sand, Schluff, Ton)
- Menge und Art der organischen Substanz*
- biologische Aktivität*
- Form der Bodenbearbeitung*
- Belastung durch aufliegende Bodenschichten und Maschinen*
- Wasserhaushalt(*)

* -> Einflussmöglichkeiten für den Landwirt gegeben!

Quelle: <https://www.boden.sachsen.de/bodengefuge-bodenstruktur-18926.html>

Entscheidender Einflussfaktor bezüglich Bodenstruktur auf Ackerflächen



-> Art und Weise der Bodenbearbeitung

Bodenbearbeitungsverfahren



-> Wendende Bodenbearbeitung mit Pflug



-> Nichtwendende – konservierende -
Bodenbearbeitung mit bzw. ohne
Lockerung



-> Direktsaat (ohne Bodenbearbeitung)

Wendende Bearbeitung mit dem Pflug

-> Wirkung auf die Bodenstruktur

-> hohe Eingriffsintensität in den Boden

-> keine Bedeckung des Bodens mit Pflanzenresten

-> feinkrümelige Bodenoberfläche nach Saatbettbereitung

 infiltrationshemmende & erosionsfördernde Verschlämmung!



Wendende Bearbeitung mit dem Pflug

-> Wirkung auf die Bodenstruktur

-> hohe Eingriffsintensität in den Boden

-> keine Bedeckung des Bodens mit Pflanzenresten

-> feinkrümelige Bodenoberfläche nach Saatbettbereitung

 infiltrationshemmende & erosionsfördernde Verschlämmung!



Bild: LfULG



Bild: LfULG

Wendende Bearbeitung mit dem Pflug

-> Wirkung auf die Bodenstruktur

-> hohe Eingriffsintensität in den Boden

-> keine Bedeckung des Bodens mit Pflanzenresten

-> feinkrümelige Bodenoberfläche nach Saatbettbereitung

 infiltrationshemmende & erosionsfördernde Verschlämmung!

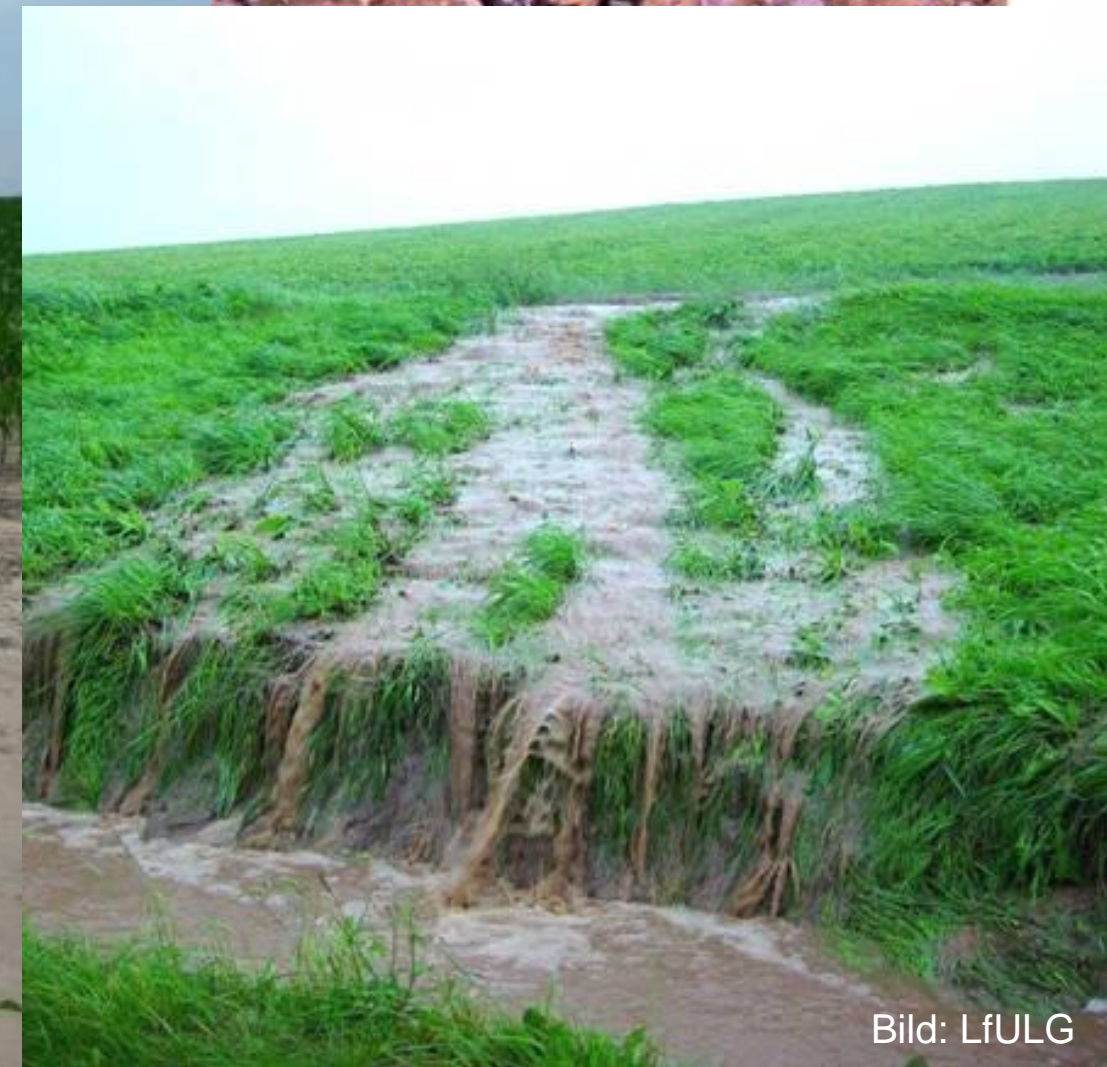


Bild: LfULG

Bodenbearbeitungsverfahren



-> Wendende Bodenbearbeitung mit Pflug



-> Nichtwendende – konservierende -
Bodenbearbeitung mit bzw. ohne
Lockerung



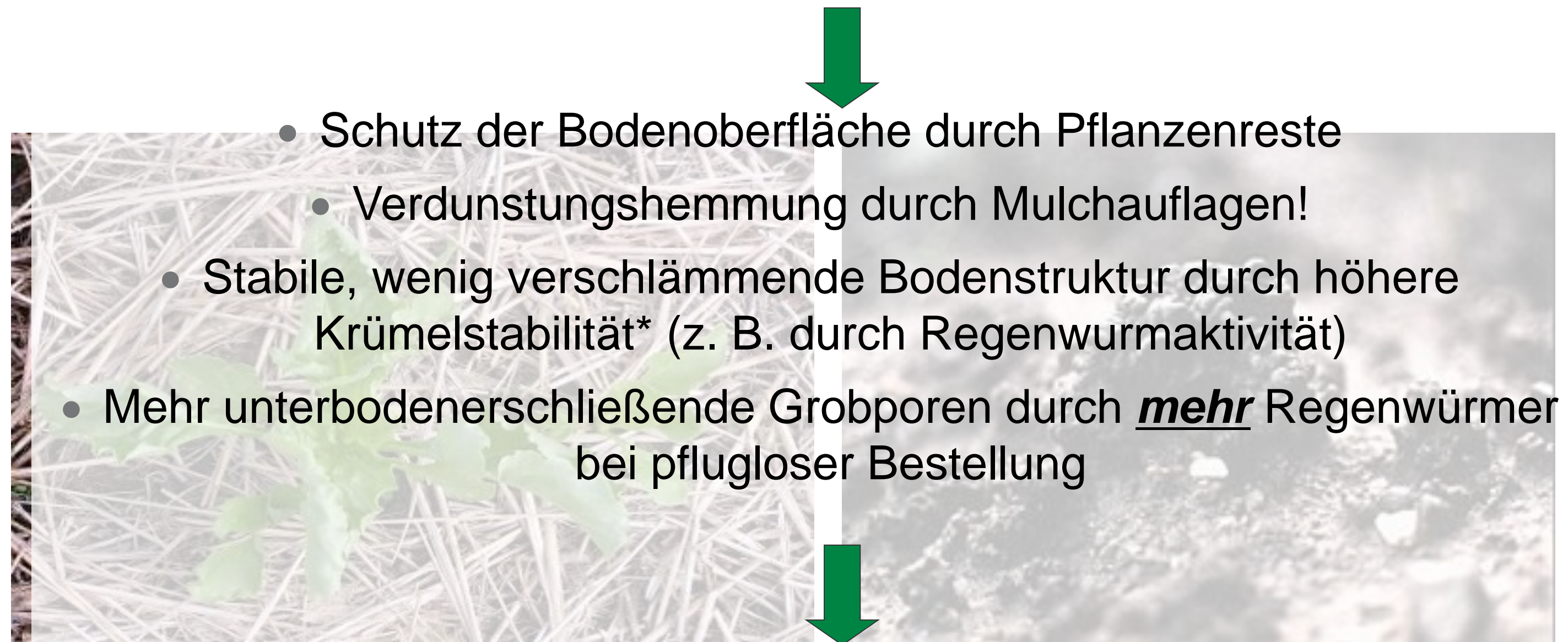
-> Direktsaat (ohne Bodenbearbeitung)

Effekte der konservierenden Bodenbearbeitung & Direktsaat



!

Effekte der konservierenden Bodenbearbeitung & Direktsaat



Infiltrationsfördernder & abtragsmindernder/-verhindernder
Bodenstrukturzustand

!

Gute Struktur -> Beispiel Erosionsminderung auf Ackerflächen

Vergleich verschiedener Parameter nach wendender und achtjährig nichtwendender Bodenbearbeitung & Direktsaat - Ergebnisse aus

Beregnungsversuchen - Bodenbearbeitungsversuch Lüttewitz/Südzucker AG (nach Nitzsche et al. 2002/LfULG)

	Pflug	Konservie- rend	Direktsaat
Mulchbedeckung [%]	1	13	77
Humus* [%]	2,0	2,2	2,5
Mikrobielle Biomasse* [$\mu\text{g C}_{\text{mic}} / \text{g}$]	415	626	575
Aggregatstabilität [%]	20	22	25
Regenwürmer [Anzahl / m ²]	125	312	358
davon Tiefgräber (<i>L. terrestris</i>)	4	37	29
Makroporen [Anzahl / m ²]	264	493	775
Infiltrationsrate [%]	40	70	86
Relativer Bodenabtrag [%]	100	20	2

Wirkungszusammenhang

-> Zufuhr organischer Substanz und gute
Bodenstruktur



Organische Substanz -> hohe biologische Aktivität
(Regenwürmer, Bakterien, Pilze....)



hohe Aggregatstabilität



geringe Verschlämmung, viel Makroporen



Gute Infiltration -> verminderte Wassererosion



Voraussetzung:

Zufuhr von Pflanzenresten an der Bodenoberfläche

Gute Struktur -> Beispiel Erosionsminderung auf Ackerflächen

Vergleich verschiedener Parameter nach wendender und achtjährig nichtwendender Bodenbearbeitung & Direktsaat - Ergebnisse aus

Beregnungsversuchen - Bodenbearbeitungsversuch Lüttewitz/Südzucker AG (nach Nitzsche et al. 2002/LfULG)

	Pflug	Konservie- rend	Direktsaat
Mulchbedeckung [%]	1	13	77
Humus* [%]	2,0	2,2	2,5
Mikrobielle Biomasse* [$\mu\text{g C}_{\text{mic}} / \text{g}$]	415	626	575
Aggregatstabilität [%]	20	22	25
Regenwürmer [Anzahl / m^2]	125	312	358
davon Tiefgräber (<i>L. terrestris</i>)	4	37	29
Makroporen [Anzahl / m^2]	264	493	775
Infiltrationsrate [%]	40	70	86
Relativer Bodenabtrag [%]	100	20	2

Regenwürmer – wichtige Partner für gute Bodenstruktur in der Krume und im Unterboden

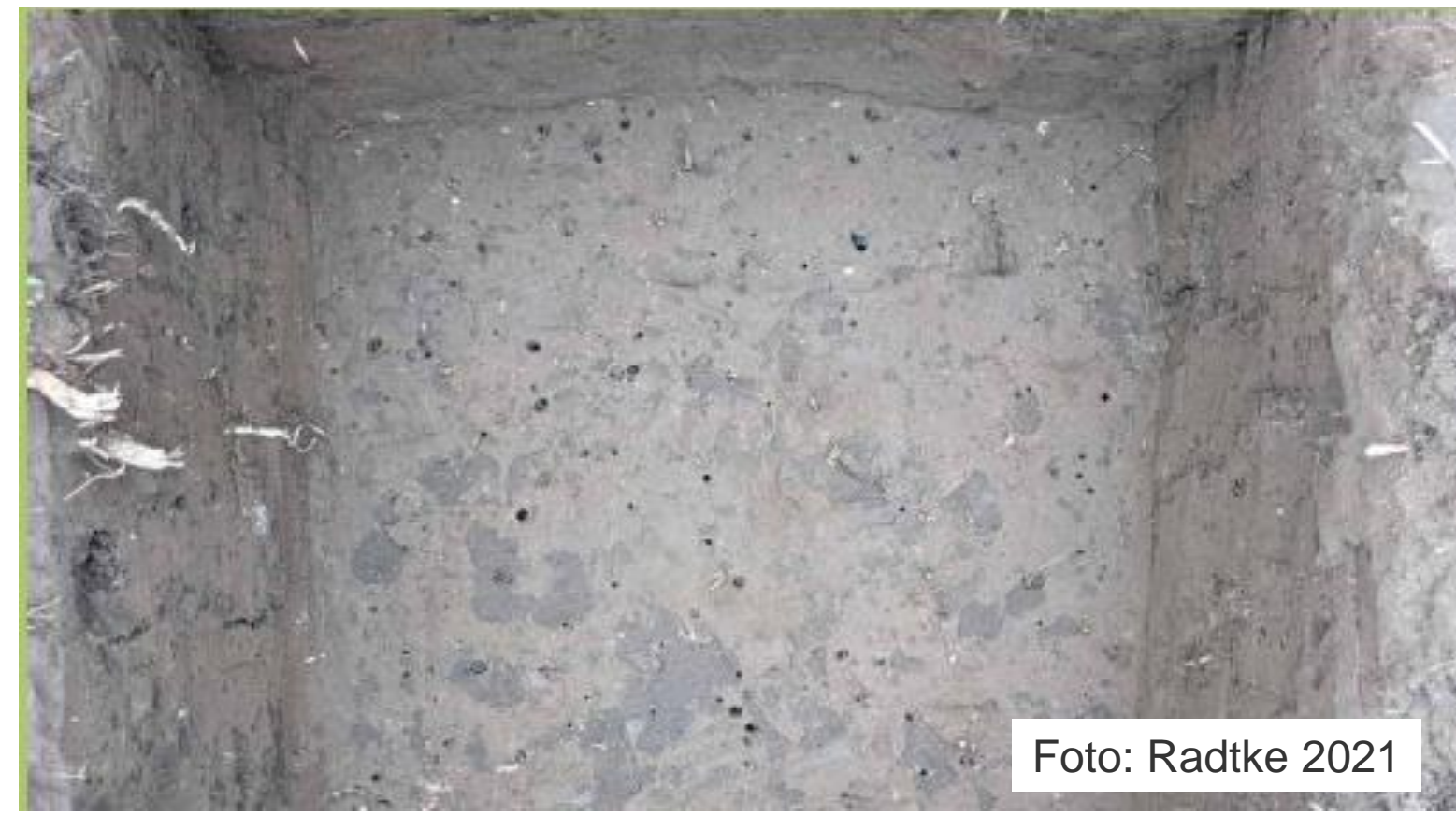


© LIULG

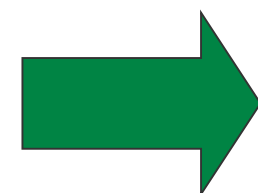
Wirkungen von Regenwürmern – Verbesserung der Funktionalität von Böden



....sie erzeugen stabile
Bodenkrümel



....sie erzeugen viele tiefreichende infiltrations-
fördernde Poren



Verbesserung der Wasserversickerung

Mulchmaterial fördert Regenwürmer, Pilze, Bakterien...



Wasserinfiltration in gut strukturierten Ackerböden

→ rasche Versickerung in der Krume und in größere Bodentiefen durch Makroporen (z. B. Regenwurmgänge) → Durchfeuchtung des Unterbodens

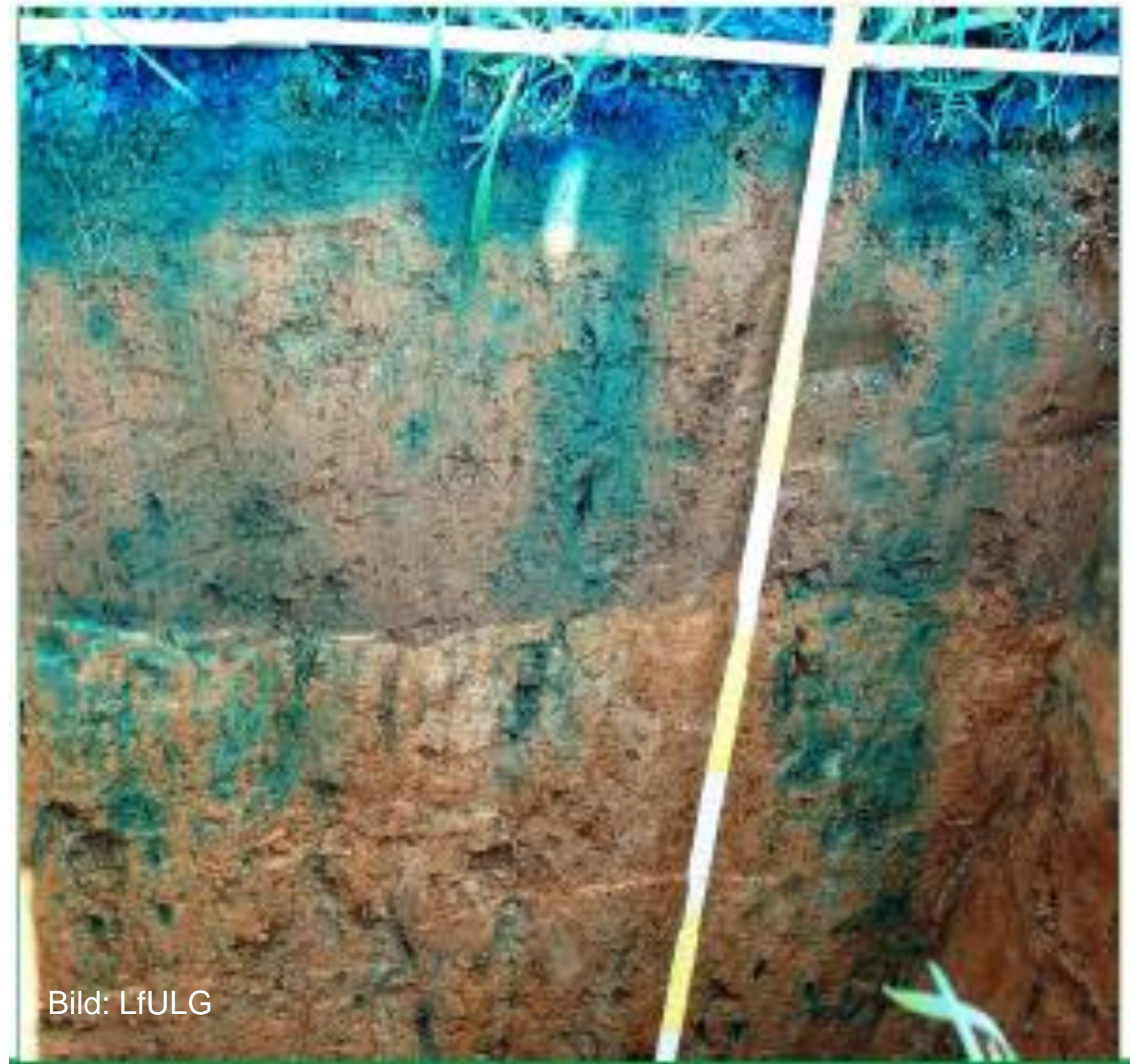


Bild: LfULG

Gute Struktur -> Beispiel Erosionsminderung auf Ackerflächen

Vergleich verschiedener Parameter nach wendender und achtjährig nichtwendender Bodenbearbeitung & Direktsaat - Ergebnisse aus Berechnungsversuchen - Bodenbearbeitungsversuch Lüttewitz/Südzucker AG (nach Nitzsche et al. 2002/LfULG)

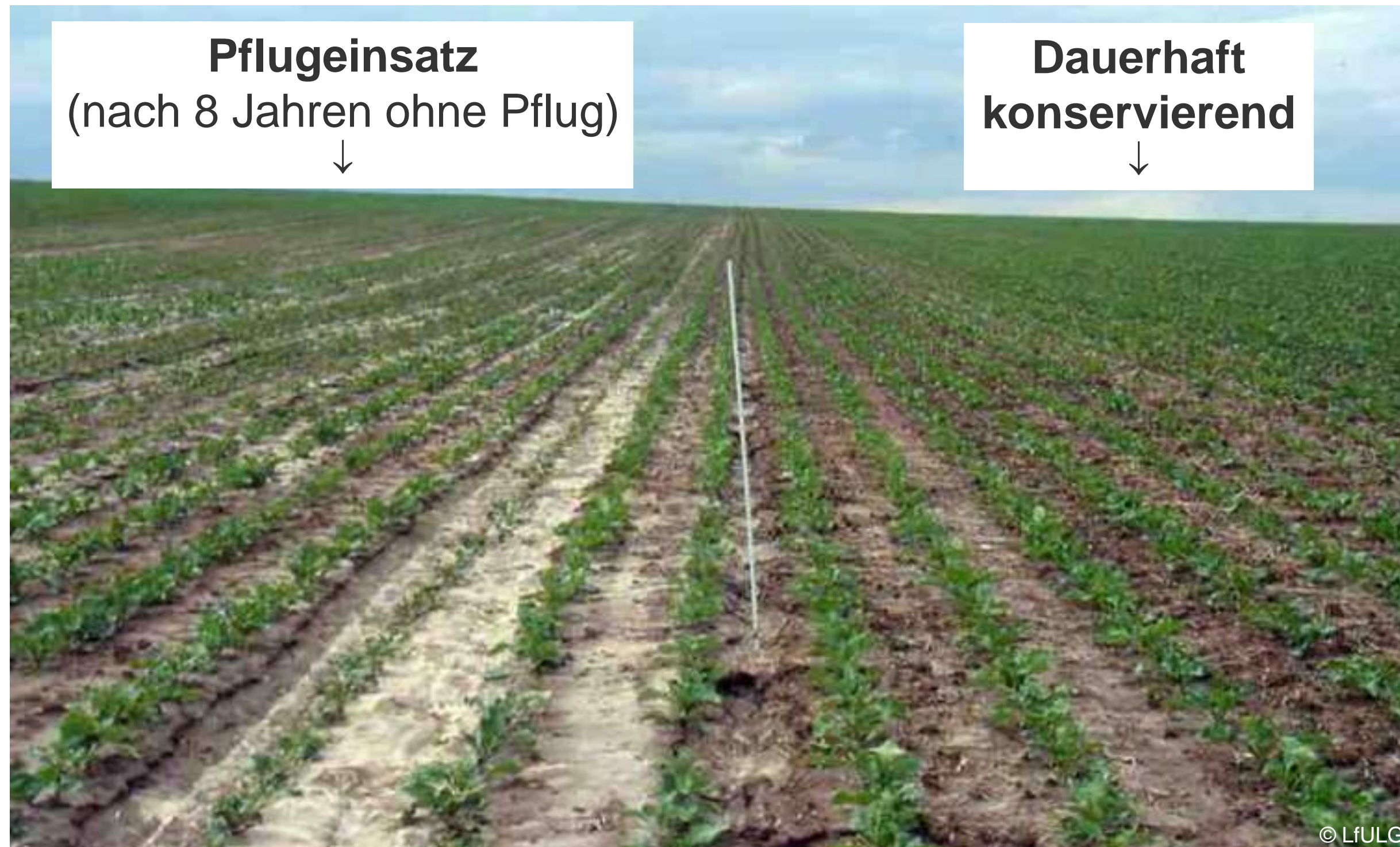
LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



	Pflug	Konservie- rend	Direktsaat
Mulchbedeckung [%]	1	13	77
Humus* [%]	2,0	2,2	2,5
Mikrobielle Biomasse* [$\mu\text{g C}_{\text{mic}} / \text{g}$]	415	626	575
Aggregatstabilität [%]	20	22	25
Regenwürmer [Anzahl / m^2]	125	312	358
davon Tiefgräber (<i>L. terrestris</i>)	4	37	29
Makroporen [Anzahl / m^2]	264	493	775
Infiltrationsrate [%]	40	70	86
Relativer Bodenabtrag [%]	100	20	2

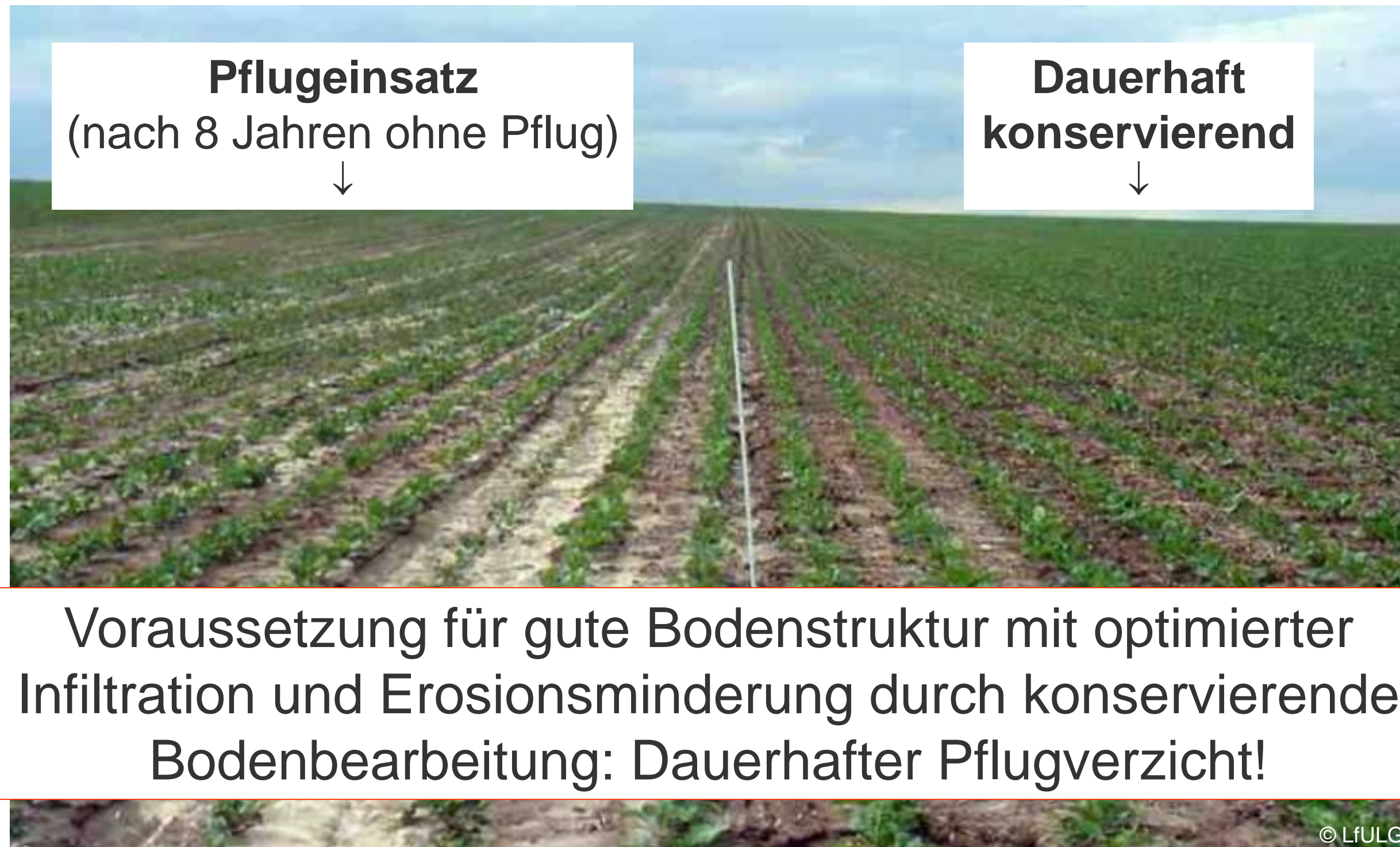
Bodenerosion nach einem Gewitter

(Niederschlag: 55 mm/45 min, Sächsisches Lößhügelland)



Bodenerosion nach einem Gewitter

(Niederschlag: 55 mm/45 min, Sächsisches Lößhügelland)



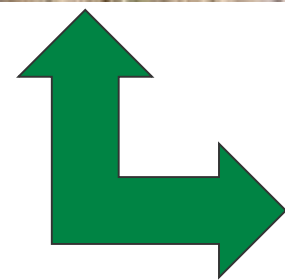
Gute Bodenstruktur durch Streifenbearbeitung und Direktsaat -> Wirksame Minderung/Verhinderung der Wassererosion



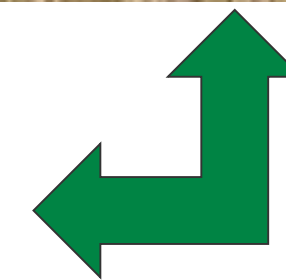
Streifenbearbeitung



Direktsaat



-> Infiltration: ~ 100 %*
-> Bodenabtrag: ~ 3 g Boden/m² *



* Beregnungsversuche mit 38 mm / 20 min, 3 Messwiederholungen)

Maßnahmen einer nachhaltigen boden- und strukturschonenden Bodenkultur auf Ackerflächen:

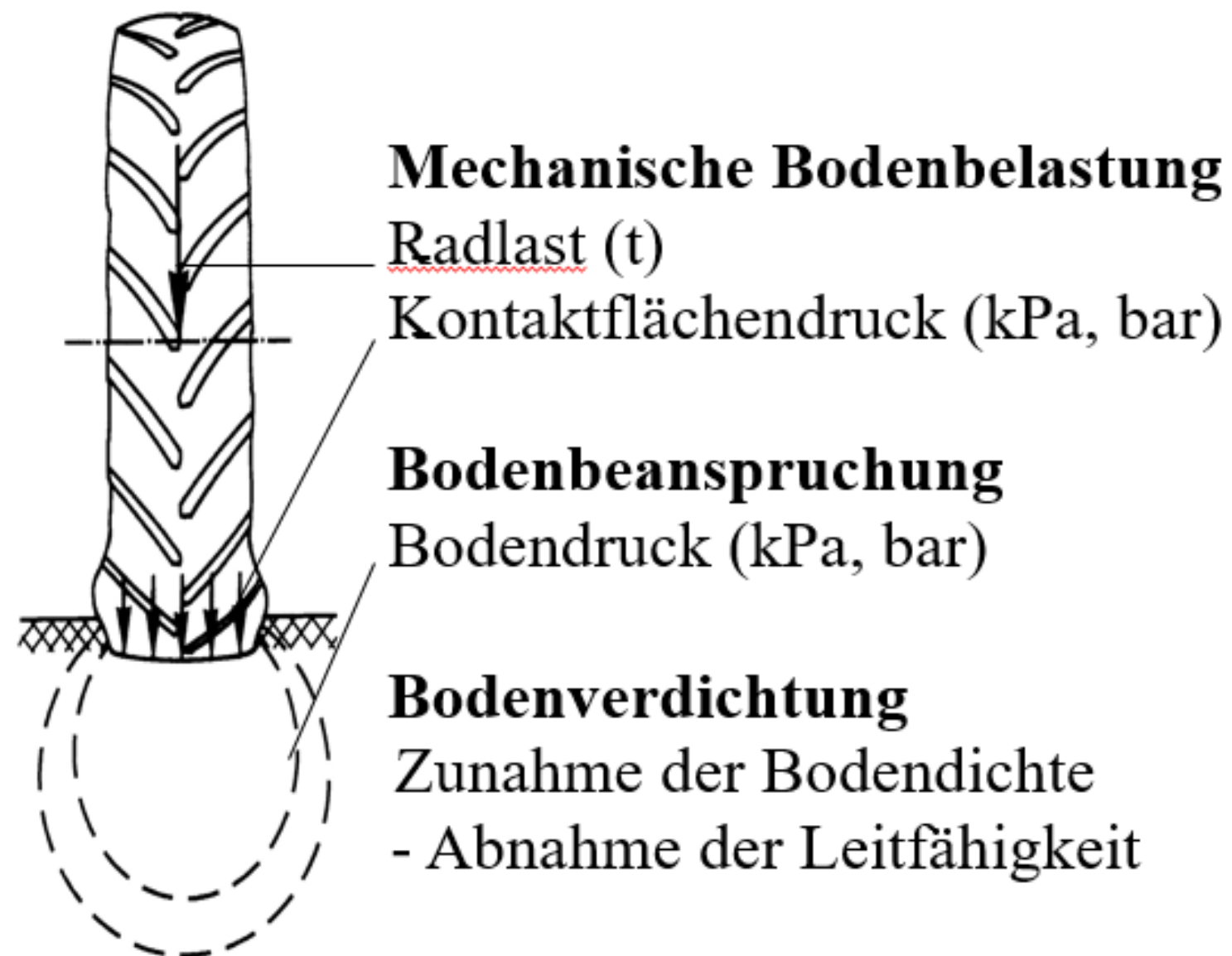
- ✓ Dauerhafte Bedeckung des Ackerbodens mit ständigem „Futterangebot“ für die biologische Verbauung der Krume & Regenwurmförderung durch Anbau vielfältiger Fruchtfolgen mit ggf. mehrjährigem Feldfutteranbau und dem Anbau von Zwischenfrüchten
- ✓ Belassen von Stroh und Ausbringung organischer Düngung
- ✓ Konsequenter Bodengefügeschutz durch bodenschonende – pfluglose Bearbeitung und Striptill/Direktsaat sowie Einsatz gefügeschonender Technik.
- ✓ Kalkung



Bodenstruktur erhalten und verbessern durch Kalkung



Gefügeschutz auf Ackerflächen – gute Struktur durch Schutz vor schädlicher Bodenverdichtung



Bedeutung grundlegender Begriffe (nach Sommer, 1998)

Handlungsschwerpunkt Bodengefügeschutz

Schutz der Krume und des Unterbodens vor schädlicher Verdichtung durch Knetung, Scherung, Bodenbearbeitung, Befahrung bei Aussaat, Pflanzenschutz, Ernte, Transport....

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Handlungsschwerpunkt Bodengefügeschutz

Schutz der Krume und des Unterbodens vor schädlicher Verdichtung durch Knetung, Scherung, Bodenbearbeitung, Befahrung bei Aussaat, Pflanzenschutz, Ernte, Transport....

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Handlungsschwerpunkt Bodengefügeschutz

Schutz der Krume und des Unterbodens vor schädlicher Verdichtung durch Knetung, Scherung, Bodenbearbeitung, Befahrung bei Aussaat, Pflanzenschutz, Ernte, Transport....

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Handlungsschwerpunkt Bodengefügeschutz

Schutz der Krume und des Unterbodens vor schädlicher Verdichtung durch Knetung, Scherung, Bodenbearbeitung, Befahrung bei Aussaat, Pflanzenschutz, Ernte, Transport....

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Bodengefüge schützen!

Durch Bodengefügeschutz

-> tiefreichende Durchporung des Bodens!



-> gute Wasserversickerung!



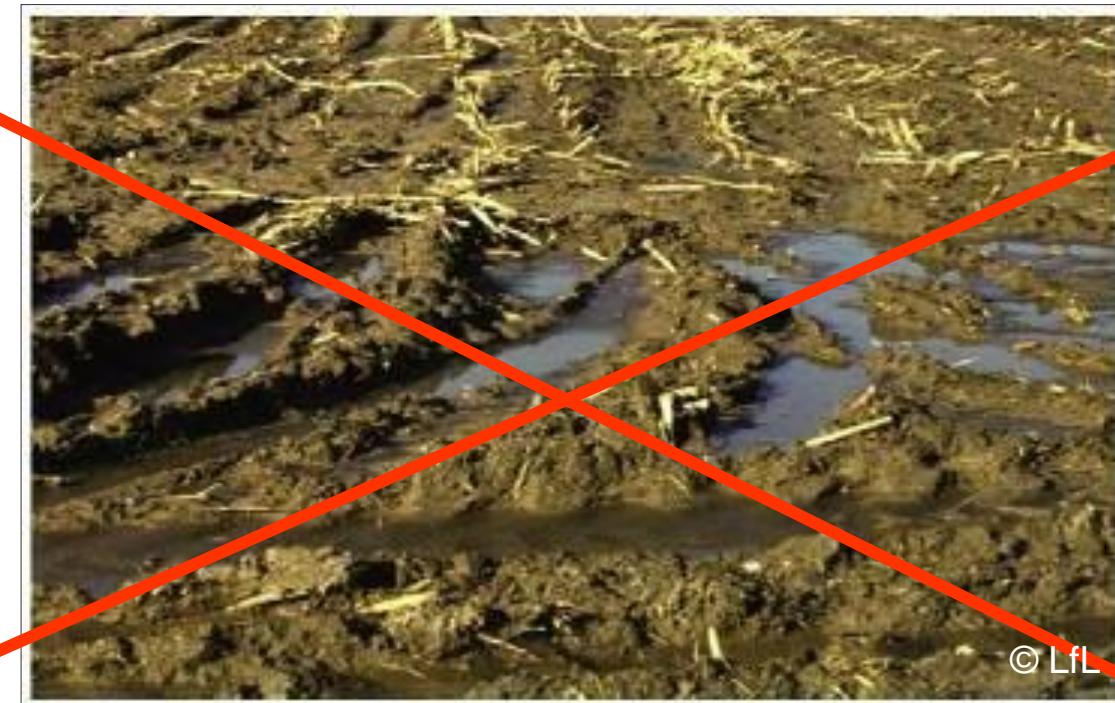
-> wirksamer Erosionsschutz!



-> weniger Bodenbearbeitung



-> gutes Wurzel- und Pflanzenwachstum!



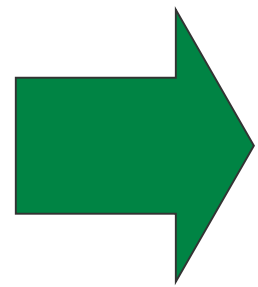
Gefügeschonende Lösungen (Auswahl) für eine gute Bodenstruktur

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Wirkungen von Regenwürmern

-> Durchporung von Schadverdichtungen -> Wiederherstellung der guten Struktur und der Funktionalität von Böden (Wurzelwachstum, Wasserversickerung....)



Verzicht auf tief lockernde –
gefügeschädigende Bearbeitung!



Schlussfolgerungen

- Eine gute Bodenstruktur bzw. ein gutes Bodengefüge sind die entscheidenden Voraussetzungen für die sichere Keimung, das ungestörte Wachstum und die gute Ertragsbildung bei unseren Ackerkulturen.
- Die wichtigsten Einflussfaktoren für eine gute Struktur auf Ackerflächen sind die beständige Zufuhr an organischer Substanz (Stroh, Mulch, organische Düngung) zur Förderung der biologischen Aktivität (Regenwürmer, Bakterien & Pilze) verbunden mit einer boden- und gefügeschonenden Bearbeitung und Befahrung im Rahmen vielfältiger Fruchtfolgen mit umfassendem Feldfutter- und Zwischenfruchtanbau.
- Dauerhaft konservierende Bearbeitung, Strip Till und Direktsaat reduzieren die Bodenbearbeitungsintensität auf Ackerflächen mit direkten Wirkungen auf Humusgehalt, Aggregatstabilität und Durchporung von Ackerflächen. Sie sind daher die wichtigsten Maßnahmen zum Aufbau & Erhalt einer guten Bodenstruktur und einer guten Bodenfunktionalität.
- Der Aufbau einer guten Bodenstruktur ist kostengünstig durch acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen erreichbar mit direkten Wirkungen für den Schutz von Ackerböden vor Erosion und für eine effiziente Nutzung von Niederschlägen zur Anpassung des Ackerbaus an den Klimawandel.

