

Unterboden-Bewirtschaftung im INTERREG-Projekt „Blue Transition“ - Fünf Zentimeter für mehr Humus und **WASSERSCHUTZ (!)** -

Feldversuch



Foto:
INGUS

Vom **definierten Tieerpflügen**
(+5 cm) im Versuch,...

&

Überführung in die Praxis



Foto:
LWK NRW

...bis zur **Unterboden-Bewirtschaftung**
(bis 50 cm Tiefe) in der Praxis

1. Fragestellung & Zielsetzung

... des OOWV mit BGR im Teilprojekt GE-3 Humus

- Wie gelingt es, auf humusärmeren Standorten, Humus aufzubauen und gleichzeitig eine N-Auswaschung zu verhindern / reduzieren?

oder

Wie kann **Nährhumus** (organ. Dünger, Erntereste, Zwischenfrüchte) im Ackerbau „schadlos“, d.h. ohne CO₂-Verluste (Klimaschutz) und **ohne NO₃-Verluste** (**Wasserschutz**), **in wachsenden Dauerhumus überführt werden?**

- Dazu INGUS als Subunternehmer des OOWV mit:

Umsetzungskonzept & 3-jährigem Feldversuch &
Transfer in Praxis in Form der sog. „**Unterboden-Bewirtschaftung**“

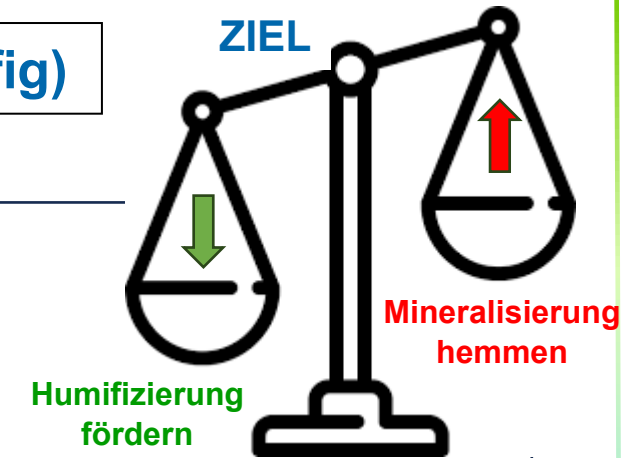
- Wissenschaftliche Hintergründe / Veranlassung:

- Forschungen Prof. Nieder TU Braunschweig zu Vorteilen der Krumenvertiefung ca. 1970 - 1990
- Forschungen Prof. Don TI Braunschweig – Thünen Working Paper 112 (2018), Zitat:
„**Es verdichten sich die Hinweise, dass gerade die tiefere Einbringung von organischer Substanz ein Potenzial zur Bodenkohlenstoffanreicherung hat.**“



... Herausforderung und INGUS-Ansatz im Feldversuch (2-stufig)

1. **Zunächst 1-malige definierte flächenhafte Krumenvertiefung f_{KV}** (nicht p_{KV}) zur Humusgehalts-Verdünnung und Schaffung einer starken C- und N-Senke im Boden
→ als **“Grundlegende (Fang-)Maßnahme C- und N (u. a. NO_3)“** und Vorbedingung zur Erhöhung der Dauerhumus-Menge in intensiv genutzten Ackerböden
2. **Danach Humusaufbau und Mineralisierungssteuerung** über natürliche Einbindung der als Nährhumus (jeglicher Art) zugeführten C- und N-Mengen in Dauerhumus als **„Ergänzende Maßnahme“**
→ **Ziel** ist die Wiederherstellung des ursprünglichen (nicht verdünnten) Humus-Gleichgewichtes und eine damit erreichte **Erhöhung der Dauerhumus-Menge!**

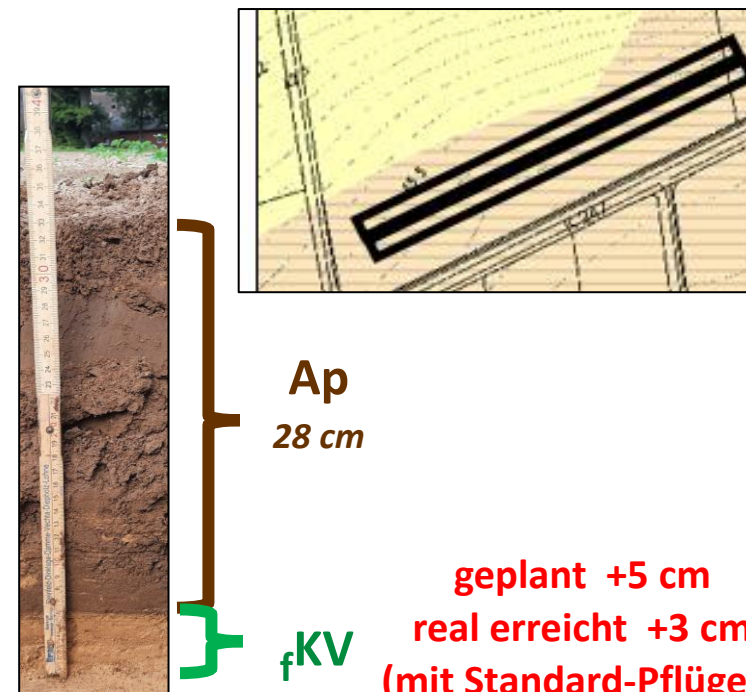


2. Umsetzung und Ergebnisse flächenhafte Krumenvertiefung (f_{KV})

Humus-Gleichgewichtsstandorte
qualifiziert ausgewählt
(Bodenkartierung)
8 Landwirte und 8 Flächen

Herbst 2023 / Frühj. 2024

Hauptmaßnahme auf jeder Fläche:
**Einmalige flächenhafte
Krumenvertiefung** (Tieferpflügen)
zur Humusgehalts-Verdünnung
als C- und N-Fangmaßnahme



Ziel: Mineralisierungssteuerung von zugeführtem Nährhumus durch

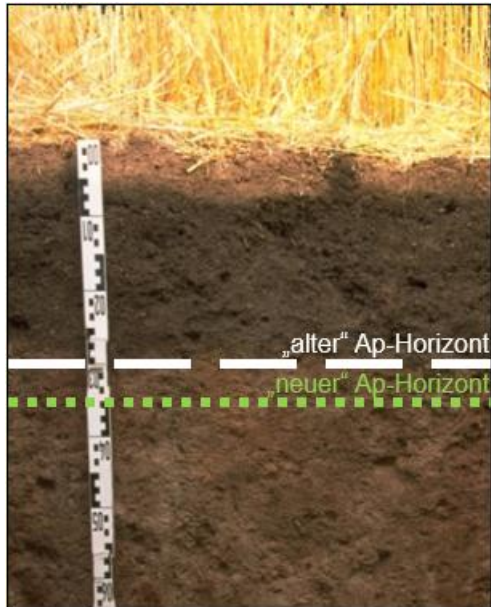
Förderung der Humifizierung und **Hemmung der Mineralisierung von C und N**

bis Wiederherstellung des ursprünglichen Humusgleichgewichtes erreicht ist

[Zzgl. **Ergänzende Maßnahmen zur Nährhumus-Zufuhr** über organische Substanz] **gemacht, aber heute nicht Thema**
(verschiedenster Art) als Bodenfutter

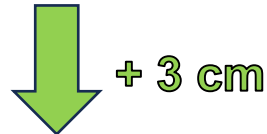
... fKV im Herbst 2023 (vor Wi-Getreide) u. Frühj. 2024 (zu Mais) + Humuspotential

Standörtlichen Humusgehalt durch fKV verdünnen und auf größeres Bodenvolumen ausweiten



2,46 % Humus

Ø 29 cm Ap-Mächtigkeit



Ø 32 cm Ap-Mächtigkeit

4.060 t Boden/ha



4.480 t Boden/ha

100 t Humus/ha



110 t Humus/ha

**2,23 % Humus
(Verdünnung)**

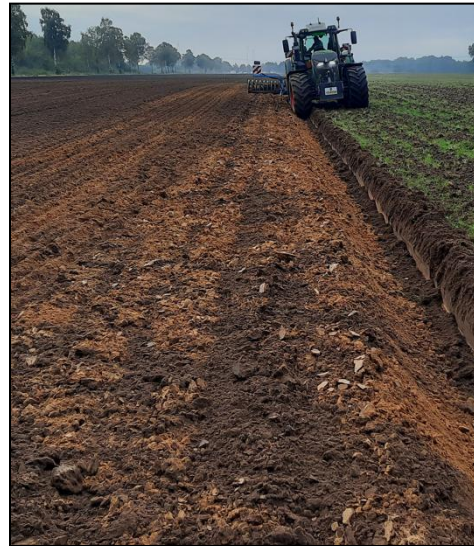
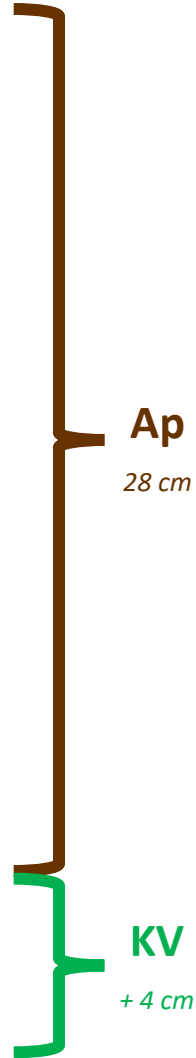
2,46 % Humus altes Gleichgewicht geschätzt nach 10-20 J. wieder erreicht

- Ap-Mächtigkeit wurde im Ø um 3 cm erhöht
- Ackerkrume wird um Ø 420 t/ha Bodenmenge erweitert
- Potenzial von Ø 10 t/ha Mehrung der Humusmenge neu geschaffen



Im Feldversuch techn. Umsetzung der fKV erreicht und Voraussetzungen für Erhöhung der Dauerhumusmenge /ha geschaffen

Umsetzung der f_{KV} – hier Schlag: HPS.00076 am 10.10.2023



Erreichte Verdünnung der Humus-Gehalte durch f_{KV} (Glühverlust-Methode)

KV-Parzelle	Zeitpunkt	Humusgehalt		Kohlenstoff (Corg.)		Gesamt-Stickstoff (N)		C/N-Verhältnis	
				%					
1	vor KV	2,32		1,35		0,09		15	
	nach KV	1,9		1,11		0,08		14	
3	vor KV	2,96		1,72		0,09		19	
	nach KV	3,31		1,92		0,1		20	
5	vor KV	2,29		1,33		0,11		12	
	nach KV	2,32		1,35		0,11		13	
7	vor KV	2,42		1,41		0,1		14	
	nach KV	2,25		1,31		0,1		14	
9	vor KV	2,72		1,58		0,13		12	
	nach KV	2,27		1,32		0,1		13	
11	vor KV	3,56		2,07		0,12		17	
	nach KV	2,71		1,58		0,1		16	
13	vor KV	1,98		1,15		0,11		10	
	nach KV	2,36		1,37		0,11		12	
15	vor KV	1,44		0,84		0,07		12	
	nach KV	1,15		0,67		0,05		13	
Veränderung durch die KV in %			-14		-13		-11		1



Wert gesunken



Wert gestiegen



Wert gleich geblieben



f_{KV} bewirkt eine deutliche Verdünnung des ...

- Humusgehaltes
- Kohlenstoffs
- Gesamt-Stickstoffs

in der vertieften Krume
(Beprobung Corg sehr anspruchsvoll)



Schaffung einer C- und N-Senke gelungen

Zusammenfassung bisherige Untersuchungsergebnisse im Feldversuch

Grundnährstoffgehalt in der vertieften Krume:

- Nach der f_{KV} geringere Grundnährstoff-Gehalte - Erwartung eingetreten

Humusgehalt in der vertieften Krume:

- Nach der f_{KV} geringere Humus-Gehalte - Erwartung eingetreten

Herbst-Nmin in der Krume:

- Herbst-Nmin-Werte unmittelbar nach der f_{KV} leicht erhöht.
- Nach einem Jahr sind die Herbst-Nmin-Werte niedriger.
- Erwartung: Langfristig geringere Herbst-Nmin-Werte - Erwartung wahrscheinlich



Die Bodenuntersuchungen belegen die **Verdünnung des Humusgehaltes und Schaffung einer C- und N-Senke durch die f_{KV} .**
Die Fangwirkung setzt eingriffsbedingt erst etwas verzögert ein.

3. Transfer in die Praxis:

System „Unterboden-Bewirtschaftung“ für mehr Wasserschutz etc.

Ausgangslage: Bodenzustände in NI, Beobachtungen aus dem Gelände!

- Viele Ackerböden sind in einem „schlechten“ Bodenzustand
- Großflächig ausgeprägte Grenzsichten, Grubbersohlen, Pflugsohlen und Verdichtungen im Unterboden (30-50 cm) bis hin zu bodenphysikalisch gänzlich kollabierten Böden mit:

- Gefügearmut
- hohen Eindringwiderständen
- wenigen bis fehlenden Regenwurmgängen
- abnehmender Regeninfiltration/-verdaulichkeit
- verkürzten Wurzelräumen und schlechten Wurzelbildern (verringerte We, FKWe, nFWKe, Nährstofferschließung)

Erfassung über den von INGUS entwickelten **BASIS-TERRA-TEST**

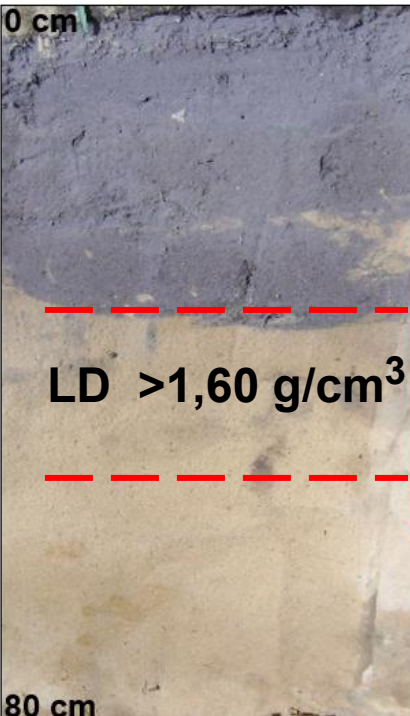


...und so sehen Schadbilder im Gelände häufig aus (1)

z.B. Regenmenge 08/2023 – 07/2024 in der Region Nordhannover ca. **1.150 mm**

Im Frühjahr/-sommer 2024 gab es dieses Bild auf vielen Grundwasser fernen Flächen als Beweis für großflächig verdichtete Unterböden mit verringerter Regeninfiltration und verkürztem Wurzelraum



		Schadbild	Verdichtungskraft
	0 cm		
	5 cm	Druckrollenverdichtung	Druck
	10 cm	Grubbersohlenverdichtung	Zug
	30 cm	Pflugsohlenverdichtung	Zug
	50 cm	Unterbodenverdichtung	Druck und Vibration
80 cm			

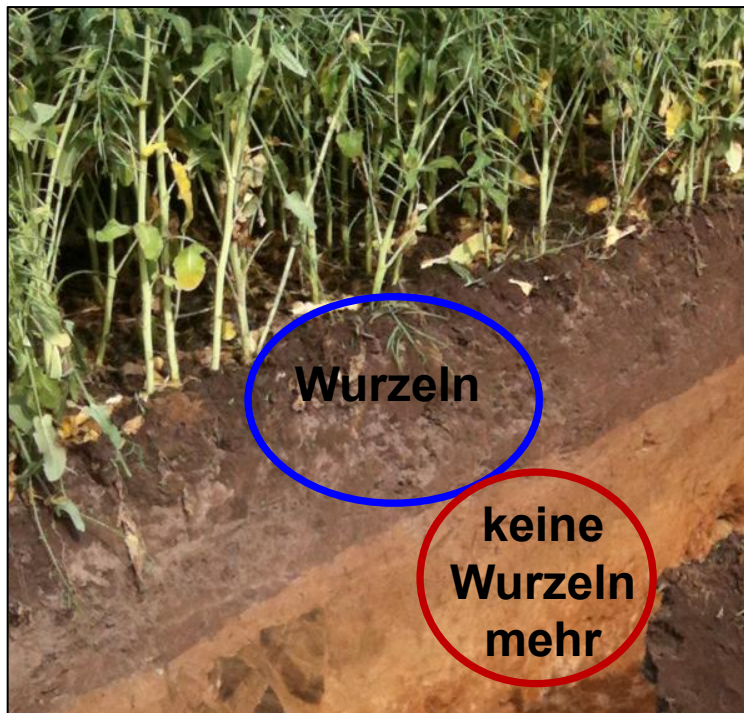
LD >1,60 g/cm³

Zone für künftige Unterboden-Bewirtschaftung

...uns so sehen Schadbilder im Gelände häufig aus (2)

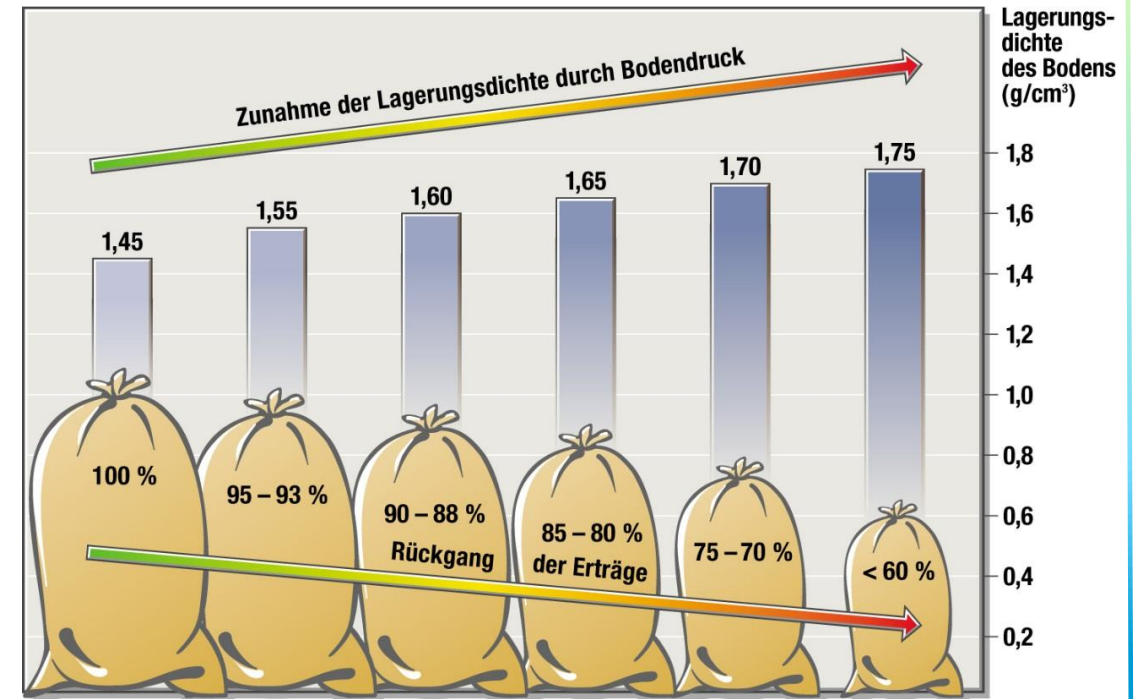
Massive Pflugsohlen- und Unterbodenverdichtung Bsp. Geschiebelehm Boden 45 Bodenpunkte

Profilgrube INGUS

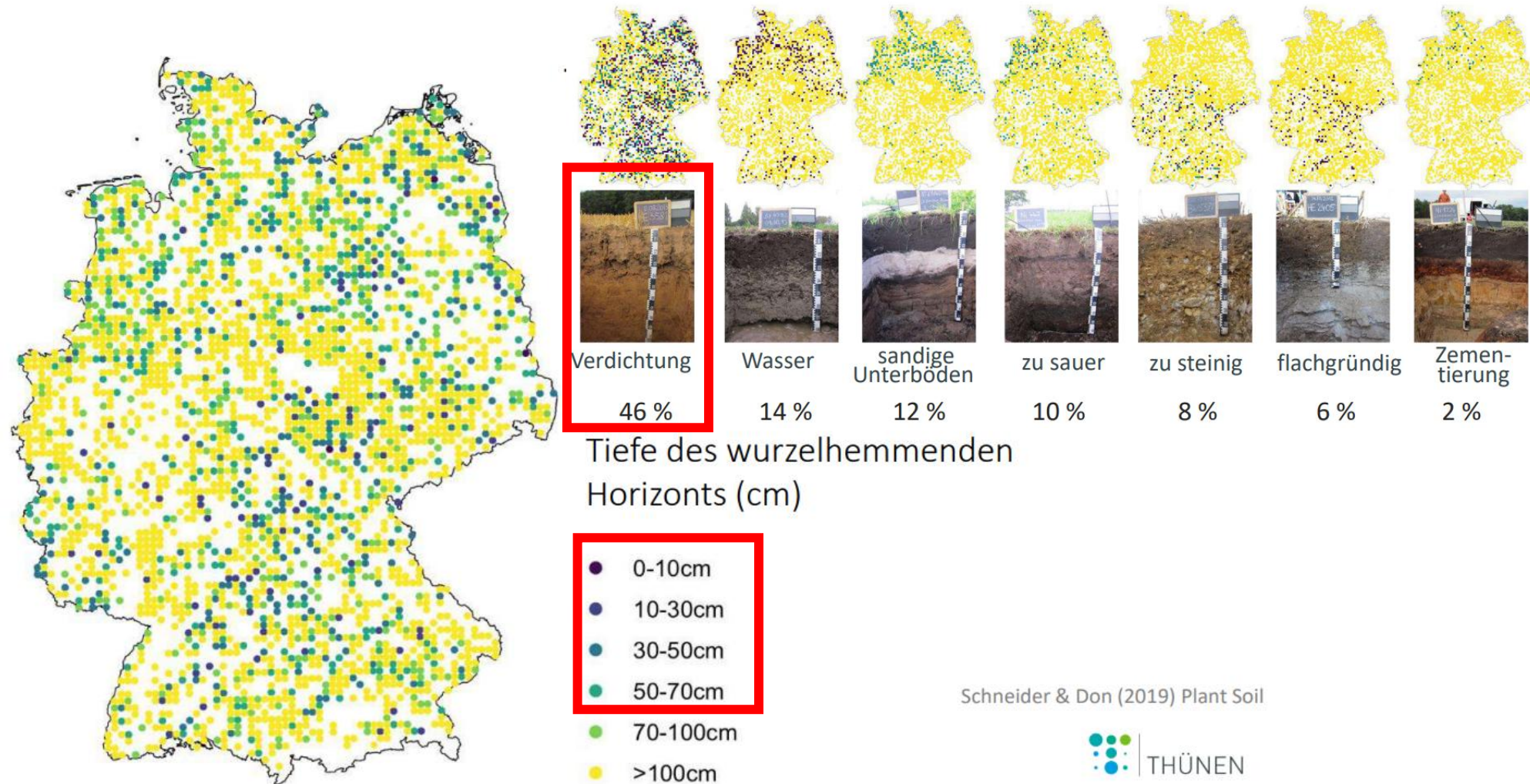


35-55 cm
LD
>1,65 g/cm³

Ertragsverluste von 10 bis 20 % und mehr

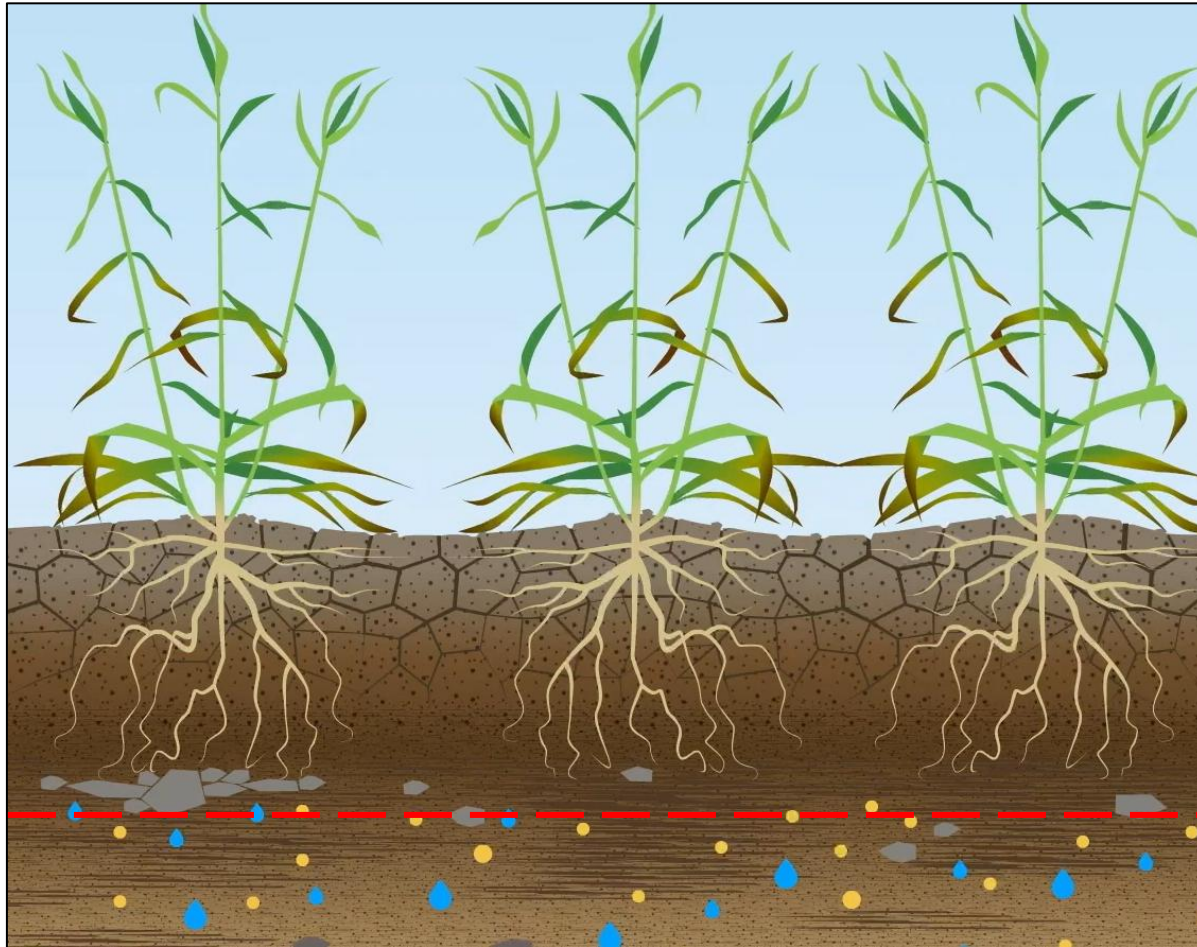


Ausmaß Durchwurzelungshemmung lt. bundesweiter Bo-Zustandserhebung Ldw. TI (2012-2018)

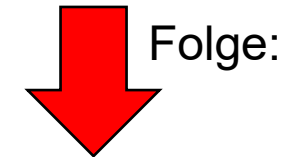


71 % der LF betroffen

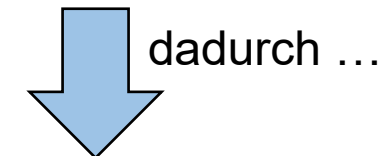
...die Folgen der Unterboden-Verdichtung (bzw. verborgene Ressourcen reaktivieren)



Viele Ackerböden sind in ihrer Durchwurzelbarkeit stark gehemmt



Großes Potenzial bleibt ungenutzt
(Bodenwasser und Nährstoffe)



Geringere und ungenutzte Widerstandskraft gegenüber Klimaveränderungen

Der Unterboden ist dem Ackerbau für die Idw. Produktion zunehmend verlorengegangen!

Wie kommt man aus dieser Lage wieder raus?

Zunächst ungeschädigte (gesunde) Böden als **Leitbild** definieren

Lehmboden (80 BP)

Foto: Website
BMLEH Boden
des Jahres 2023
Ackerboden



- Starke Lebendverbauung + Bioturbation
- Keine Grenzschichten durch Grubber/Pflug
- Keine Unterboden-Verdichtung
- Fließende Übergänge zw. Ober- u. Unterboden mit „**Humuswolke**“ bis ca. 50 cm
- Funktionierende Regenwurmgänge
- Tiefe Wurzelraumerschließung
- + neue Anforderungen...
- Humusaufbau, C-/N-Einbau, Biodiversität
- Schwammäcker, Klimaresilienz, Landschaftswasserhaushalt, Hochwasserschutz

Sandboden (30 BP)

Foto: INGUS
Raum
Nordhannover



„**Unterboden-Bewirtschaftung**“ als mögliche Lösung (auch für mehr Bodenproduktivität)

Mit richtiger „**Unterboden-Bewirtschaftung**“ wieder zu gesunden, leistungsfähigen Böden

Ziel: Den Unterboden (30-50 cm) für den Ackerbau (wieder) erschließen.

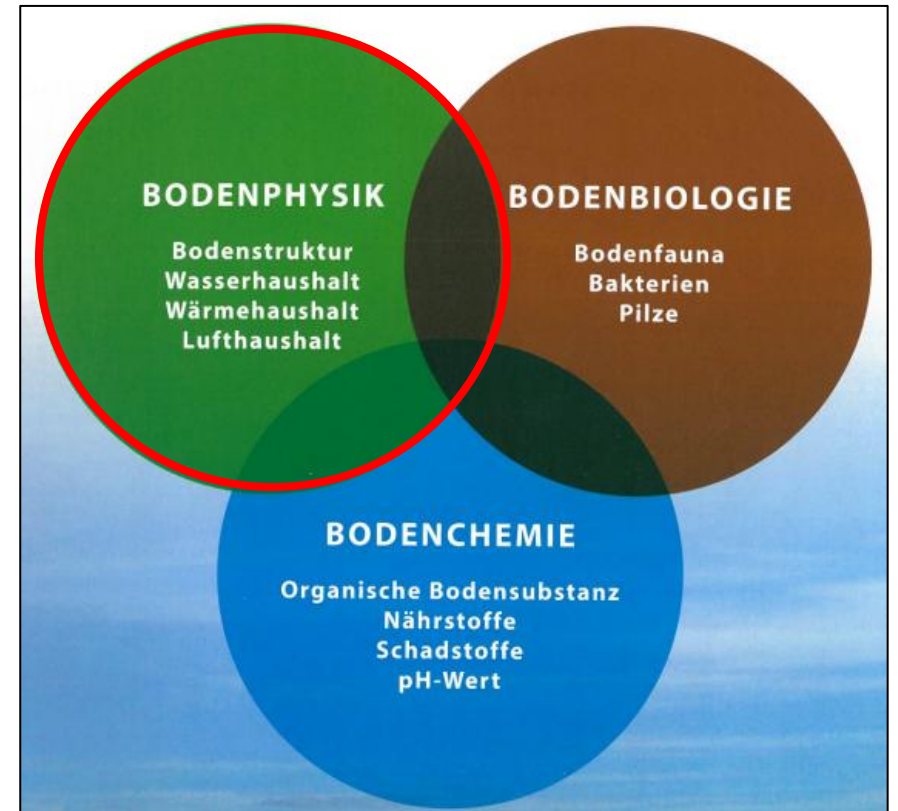
Feststellung:

Viele Ackerböden sind im Unterboden (30-50 cm) so stark vorgeschädigt (verdichtet), dass sie ohne mechanischen Lockerungs-Impuls nicht mehr gesunden können.

Daher die Frage...

Mit welchen Maßnahmen können ldw. Betriebe gesunde, ertragreiche und multifunktionale Böden schaffen?

- Carbon-Farming & Humusaufbau
- **Minderung NO_3 -Auswaschung (wirksame N-Senke) & Verbesserung, Wurzelraum-/Nährstoff-Erschließung**
- **Verbesserung Wasserhaushaltes (Regenverdaulichkeit/ Infiltration, Wasserspeicherung/-durchlässigkeit)**
- **Deutliche Minderung von Erosion und Oberflächenabfluss (P-Austrag) in Oberfl.gewässer**



Die 3 „zusammengehörenden“ Komponenten der „Unterboden-Bewirtschaftung“ (1)

1. Mechanische Tiefenlockerung als Vor-/Impulsleistung (Vorsicht: Nicht TOTLOCKERN!)

- Ganzflächige Unterboden-Lockerung mit Tiefenlockerer bis 45-50 cm) **nur alle 4 bis 5 Jahre** (Geräte müssen zum Boden passen, **nur in trockenen Jahren im Sommer!!!**)
- Wechseltiefes Grubbern bzw. Lockern und Grenzschichten aufheben/vermeiden
- Oberboden (Ackerkrume) mit Unterboden (0-50 cm) verbinden, Übergänge schaffen

Tiefenlockerer: Verschiedene Geräte mit unterschiedlichen Scharformen (je nach Boden)

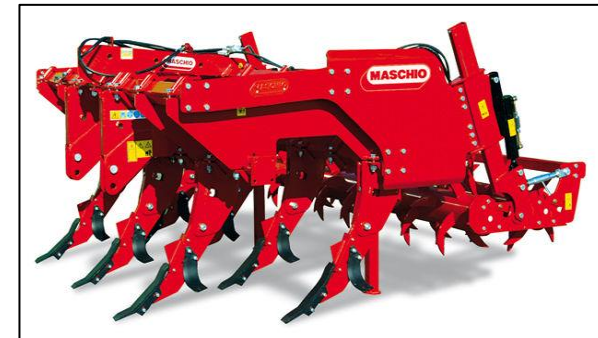
Ziel: **Unterboden heben, brechen und etwas mischen**



Flügelschare für leichte Böden (z.B. Sand)



Meißelschare für schwerere Böden (z.B. Löss)



2. Biologische Stabilisierung und humusmehrende Maßnahmen durch „Futterangebot“ für das Bodenleben

- Pfahl-/Tiefwurzler als Hauptfrüchte (Raps, Ackergras)
- Möglichst viele & vielfältige Zwischenfrüchte mit Pfahlwurzeln (**grüne Brücken**)
- Ernterückstände auf dem Feld belassen (z.B. Getreidestroh)
- Organische Dünger (vielfältiger Art)



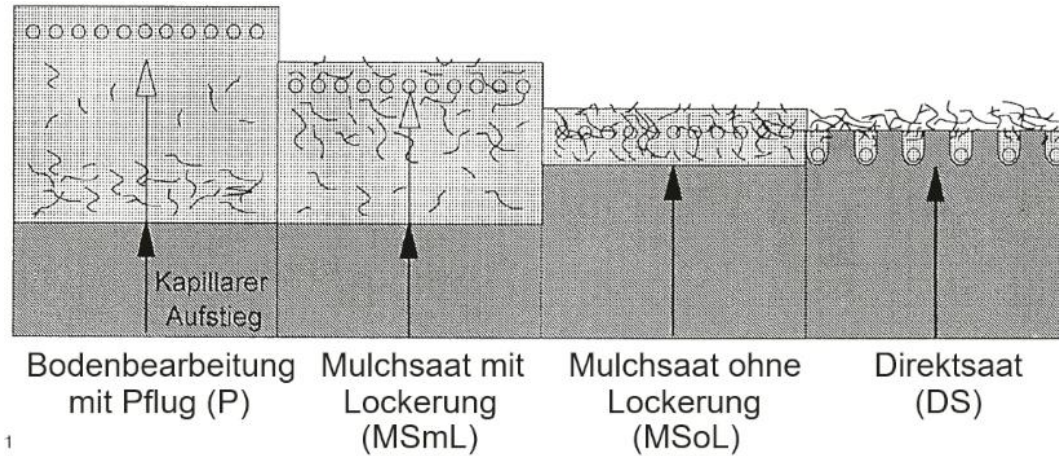
3. Regelmäßige Kalkung

- Auf Sand eher Erhaltungskalkung mit pH-Zielwerten 5,2 bis 5,8, da kaum Ton für Ton-Humuskomplexe und Gefahr Ca-Auswaschung
- Auf schweren Böden auch Gefügekalkung mit pH-Zielwerten 6,2 bis 6,8



Ober- und Unterboden-Bearbeitung kombinieren

Alle Formen der Oberboden-Bewirtschaftung lassen sich mit der Unterboden-Bewirtschaftung kombinieren...



Bisher meist Bodenbewirtschaftungssysteme ohne Unterbodeneingriff

Neues Ziel:
grenzschichtenfreie, verzahnte Einbindung der Unterboden-Bewirtschaftung in die bisherige Ackerkrumen-Bewirtschaftung

3-Komponenten-System
Unterboden-Bewirtschaftung
mit Tiefenlockerung inkl.
humusmehrender Maßnahmen



d.h. überwiegend flach arbeiten (+/- oft),
aber tief lockern nur so oft wie nötig

... und so sehen Ergebnisse nach 10 bis 20 Jahren Unterboden-Bewirtschaftung aus

nach 10 - 20 Jahren **LEITBILD** näherungsweise erreicht...



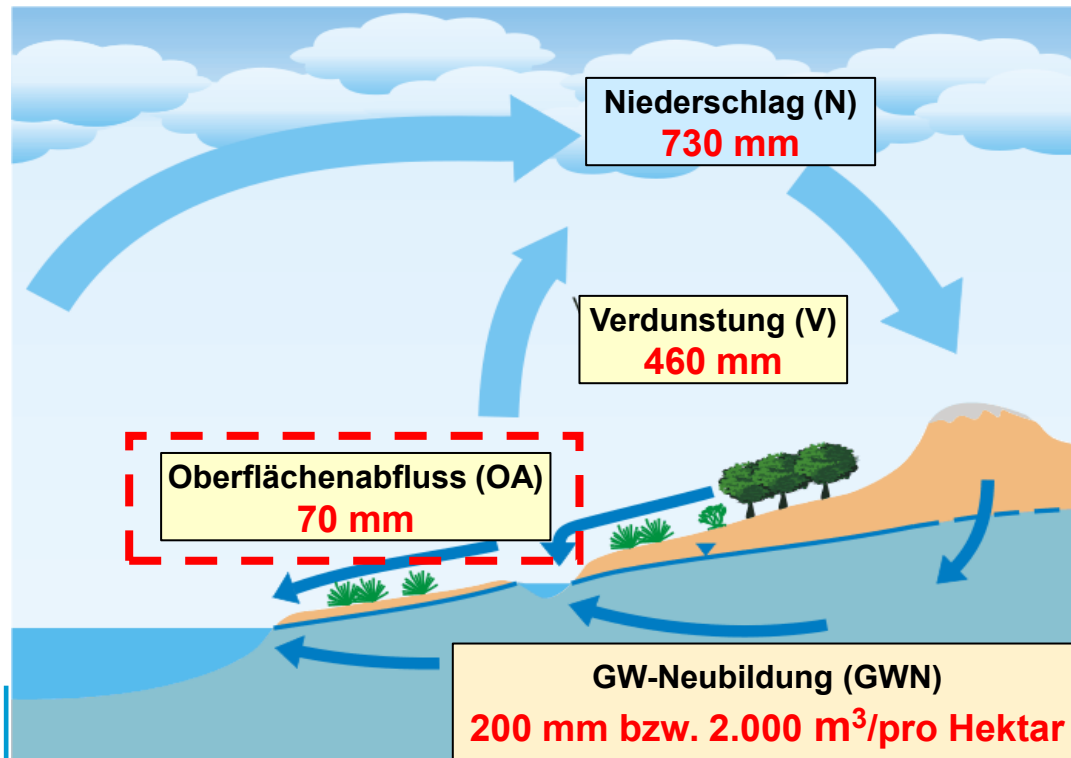
Die „**Unterboden-Bewirtschaftung**“ (Wichtig! mechanisch, biologisch und chemisch)...

- über Tiefenlockerer ist eine Form der **fKV** ohne Erzeugung von (neuen) Grenzschichten und daher dem Tieferpflügen deutlich überlegen,
 - ist eine Form der Bodenbewirtschaftung, mit der das Leitbild eines gesunden und multifunktionalen Ackerbodens erreicht werden kann,
 - sie fördert und verbessert...
 - das **Bodengefüge** und damit das **Porenvolumen**, die **Wurzeltiefe** und damit den **Wurzelraum**,
 - die **Wasserinfiltration**, **-speichermenge** (FKWe/nFKWe) und **-durchlässigkeit** (Grundwasser-Neubildung)
 - die **Schwamm-** und damit **Wasserrückhaltefunktion im Landschaftswasserhaushalt** (Hochwasserschutz)
 - den **Humusaufbau** und die **Humusmenge** (Schaffung C- und N-Senke)
 - das **Nährstoffangebot**, die **Nährstoffverfügbarkeit/-ausnutzung** (weniger NO₃-Auswaschung)
 - die **Biodiversität** des Bodenlebens
 - in der Summe die **Ertragssicherheit** und **Ertragshöhe**
- ➔ **WIN-WIN-Situation für Landwirtschaft (Ertrag) und WASSERSCHUTZ.**

FAZIT (2)

Ziel der “Unter-Bodenbewirtschaftung” → **Wasserspeicherung & -durchlässigkeit von Ackerböden erhöhen und wachsenden Oberflächenabfluss (OA) spürbar reduzieren, z.B. um >30 mm/Jahr**

$$\text{GWN} = \text{N} - \text{V} - \text{OA}$$



Tendenz durch Klimawandel & Unterbodenverdicht.

nimmt ab

nimmt zu

nimmt zu

nimmt ab

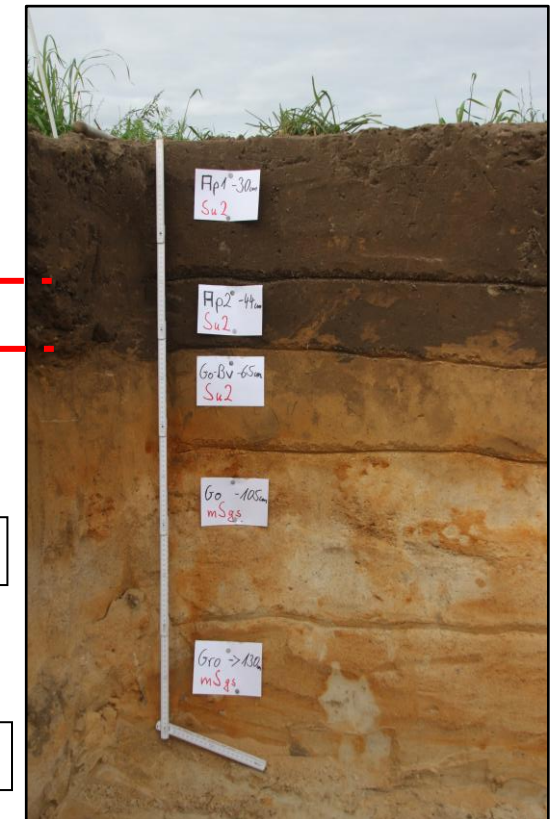
28 cm

45 cm

Umkehr!

Umkehr!

Gelungene Maßnahme



INGUS-Empfehlung:

„Unterboden-Bewirtschaftung“ als neue Freiwillige Vereinbarung im Kooperationsmodell
und ggf. auch als Nds. Agrar-Umwelt-Maßnahme (Ziele WRRL)

Vorteile:

- Multifunktionale Maßnahme mit umfassenden positiven Wirkungen für **Gewässerschutz**, Bodenschutz, Klimaschutz, Biodiversität, u.v.m.
- Geringe Kosten/ha/a, zumal nur max. alle 3 bis 5 Jahre erforderlich

Zur Erinnerung: INGUS-Maßnahmenvorschläge an NLWKN vom 08.08.2022:

I.?) Tiefenlockerung zur Steigerung der Schwammwirkung von Ackerböden

I.?) Tiefwurzelnde Kulturen zur Steigerung der Schwammwirkung von Acker

...leider keine Aufnahme mehr in den aktuell gültigen EU-notifizierten Maßnahmenkatalog vom 16.06.2025 mehr gefunden

Am 08.08.2022 für NLWKN-Seenkompetenzzentrum u. EU-not. Katalog FV ausgearbeitet:

Neu: Maßnahmenbezeichnung:

I.?) Tiefenlockerung zur Steigerung der Schwammwirkung von Ackerböden

Fachliche Begründung:

Die Unterbodenlockerung mit Tiefengrubbern dient der Beseitigung verdichteter und damit wasserstauender Grenzschichten (z. B. Pflugsohlen) zwischen dem Oberboden (Ackerkrume) und dem Unterboden (30 bis 50 cm) sowie dem Aufbrechen von Unterbodenverdichtungen. Dadurch wird die Infiltrationsleistung (Regenverdaulichkeit) und Schwammwirkung entsprechend behandelter Ackerflächen angehoben. Dies wiederum mindert den Oberflächenabfluss und die Erosionsgefahr erheblich. Die Maßnahme fördert die mechanische Unterbodenlockerung im Jahr der Durchführung.

Voraussetzungen für die Förderung, Mindestanforderungen:

Durchführung nur nach der Ernte von Wintergetreide innerhalb von 14 Tagen ab dem Erntetermin und bei geringem Bodenwassergehalt.

Führen einer Schlagkartei.

Jährliche Förderung:

Der Maximalbetrag und die dahinterliegenden Berechnungsgrundlagen müssten von der LWK NI im Auftrag des NLWKN entwickelt werden.

Unsere Kontakte für Nachfragen...

INGUS Ingenieurdienst Umweltsteuerung GmbH

Dr. Franz Antony

Hubertusstraße 2

30163 Hannover

E-Mail: f.antony@ingus-net.de

Tel.: 0511 / 54 30 10-21

Moritz Helmts

Hauptstraße 38

28857 Syke

E-Mail: m.helmts@ingus-net.de

Tel.: 04242 / 93 71-74