



Kann Humusaufbau das Klima retten? Potenzial und Risiken für die Landwirtschaft

DI Franz Xaver Hölzl, Boden.Wasser.Schutz.Beratung



Tätigkeitsbereich



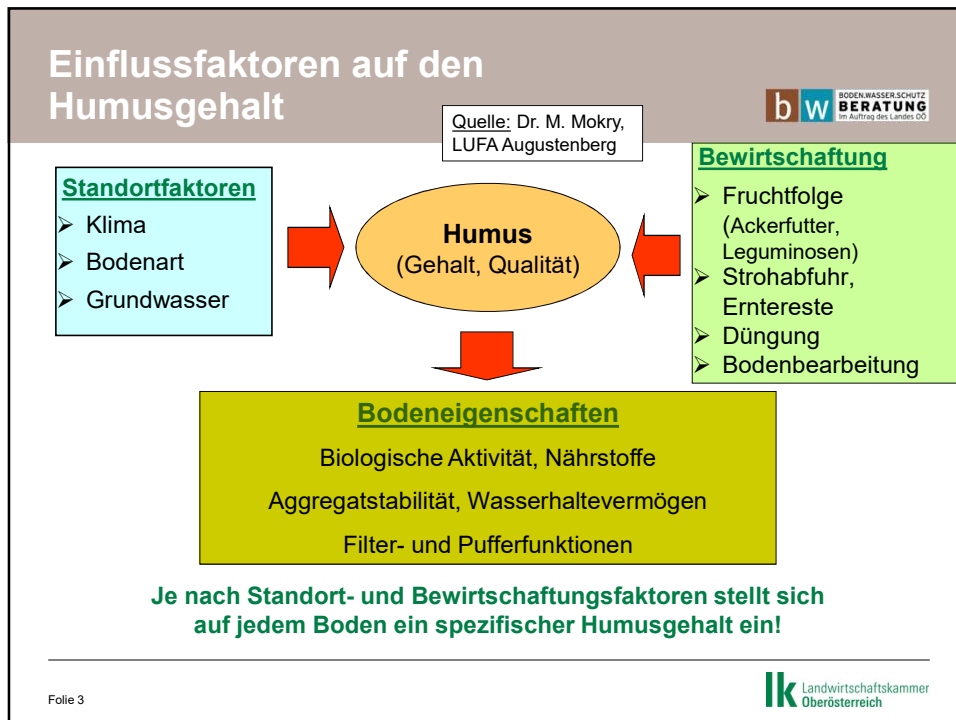
www.bwsb.at

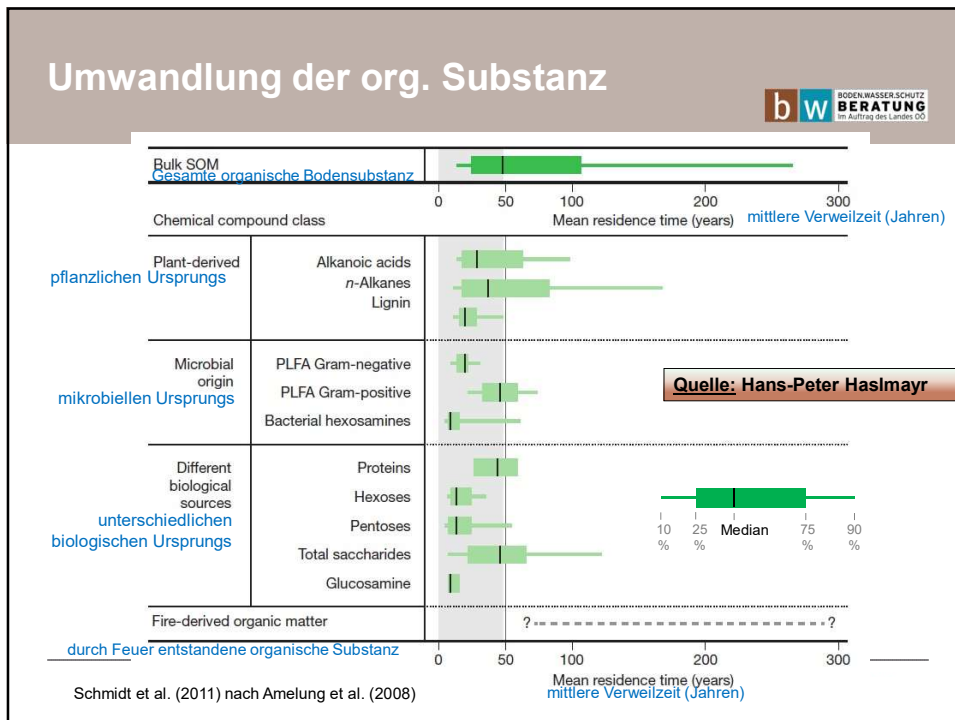
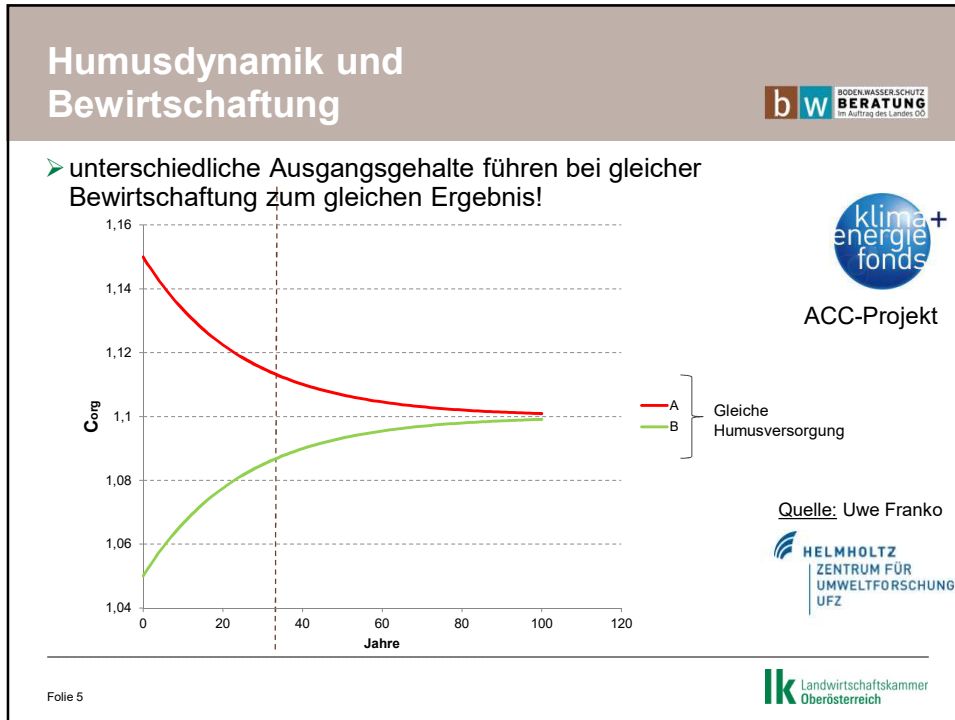


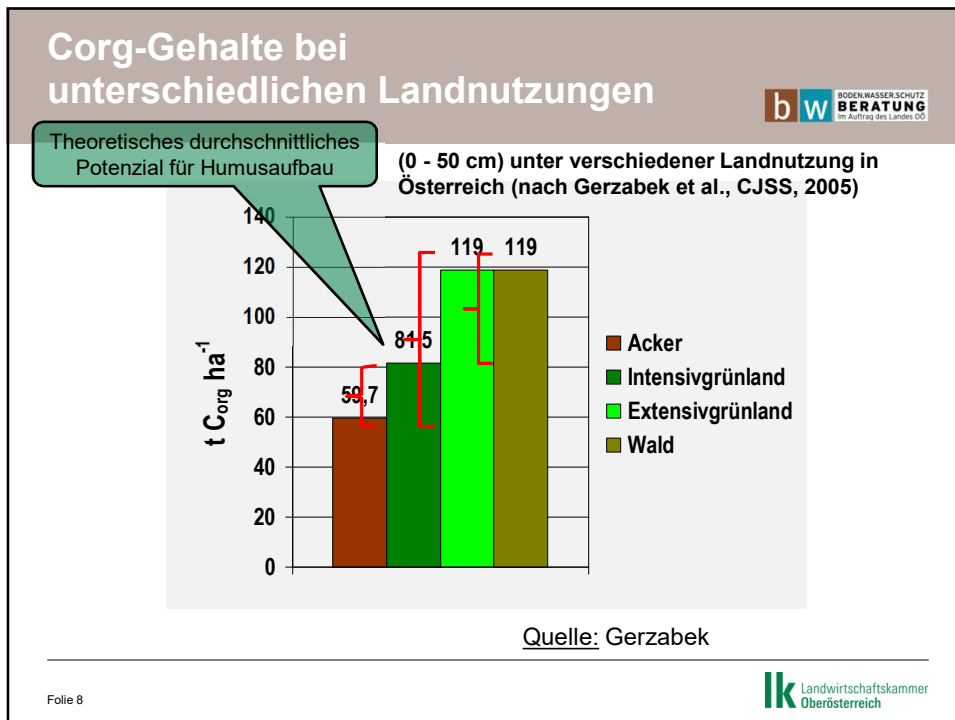
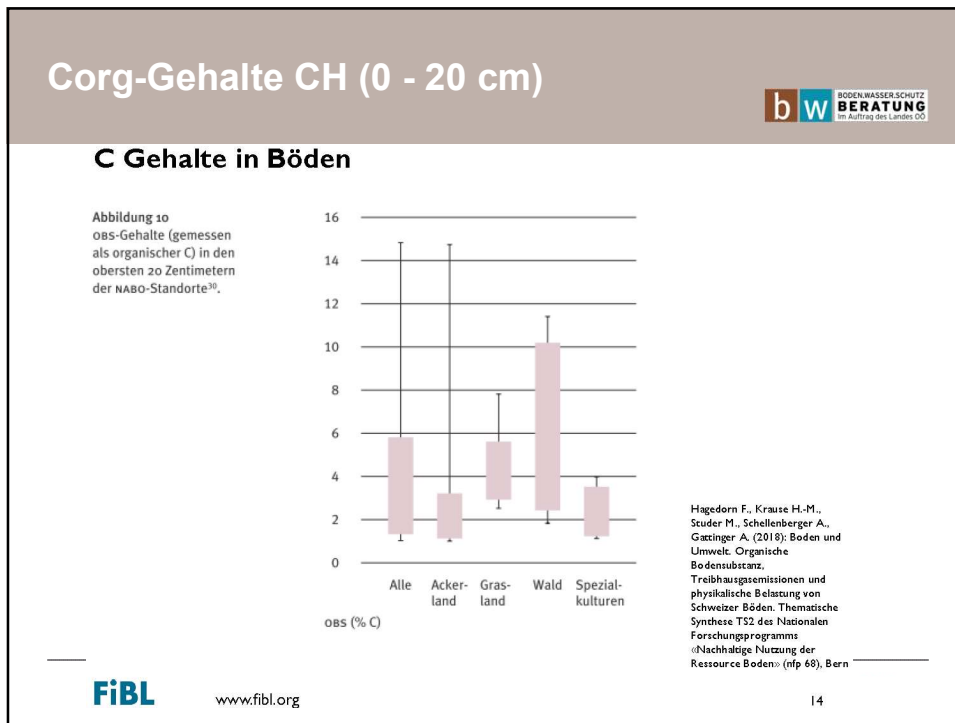
Arbeitsschwerpunkte

- Fachbereich Boden, Humus, Zwischenfrucht, Erosion, Oberflächengewässer
- Fachbereich Düngung, NID
- Fachbereich Klima, NEC
- Beratungen Klärschlamm, Abwasserentsorgung, Rekultivierung
- CC: Klärschlamm, Nitrat, Grundwasser
- Mitarbeit in Fachgremien (Fachbeirat BMNT, ÖKL, ÖNORM, ALVA, ARGE EUF, ÖBG, ÖAG, ÖWAV, Fachbeirat OÖ, ...)









Optimale Humusgehalte



- Einstufung der Humusgehalte gem. Tabelle 4 SGD 8

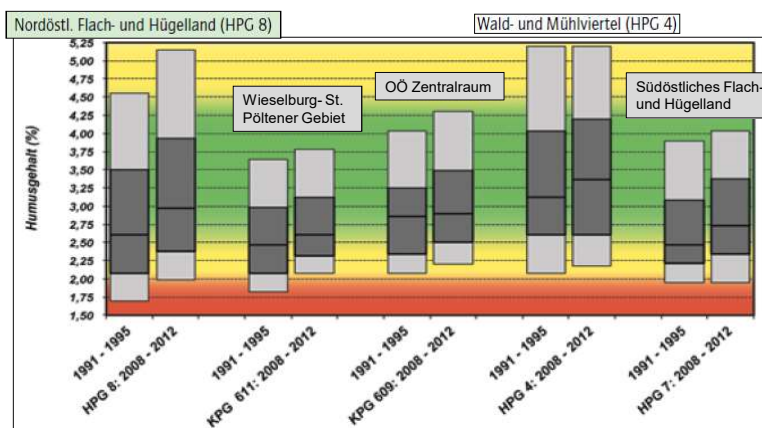
	Gehaltsklasse A	Gehaltsklasse C	Gehaltsklasse E
	niedrig	mittel	hoch
Ackerland	< 2%	2 - 4,5%	> 4,5%
Grünland	< 4,5%	4,5 - 9%	> 9%

- Bei suboptimalen Humusgehalten am A – Verbesserung der Humusbilanz durch Zufuhr von organ. Substanz (Wirtschaftsdünger, Sekundärrohstoffe), Vermeidung der Abfuhr von Ernterückständen, reduzierte Bodenbearbeitung, gezielter Zwischenfruchtbau

Folie 9

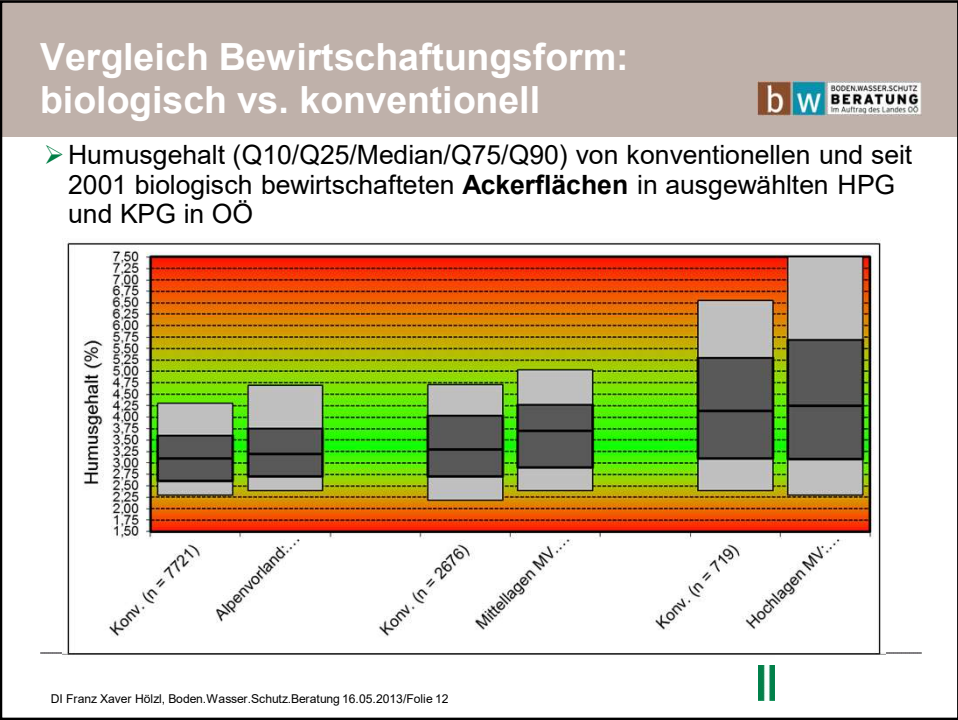
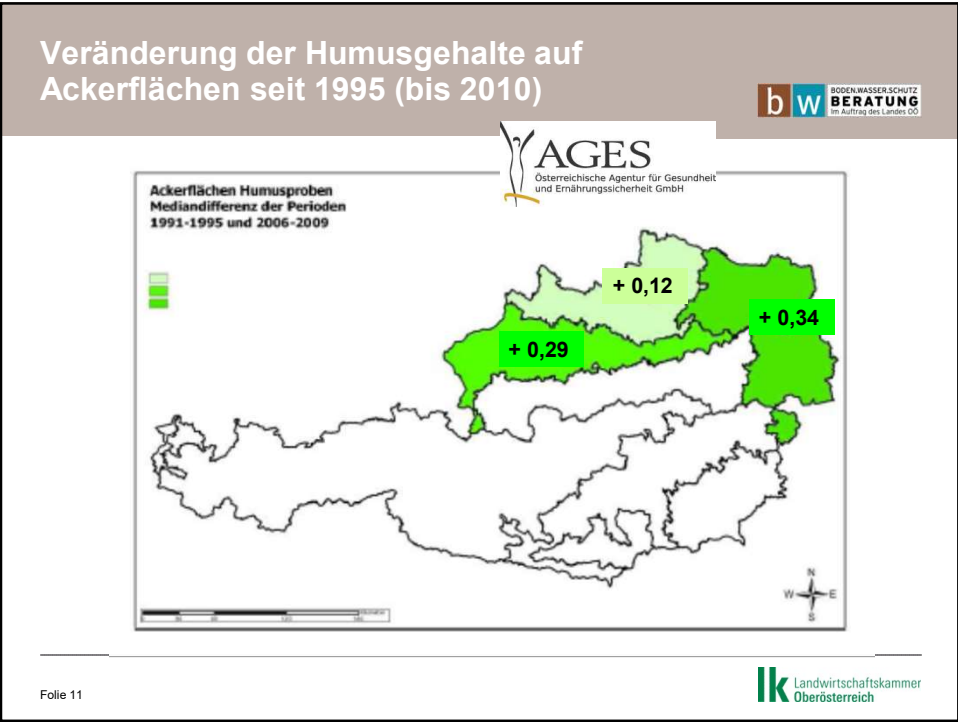


Entwicklung der Humusgehalte 1990 bis 2015 (20 - 25 Jahre)



Folie 10

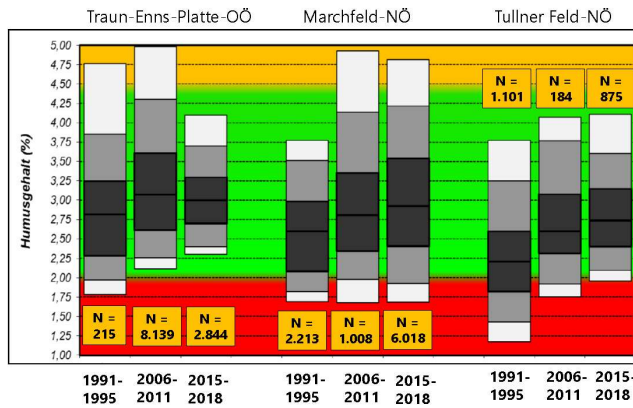




Entwicklung der Corg-Gehalte 1990 bis 2020



Verlauf der Humusgehalte in 3 ausgewählten Regionen (Vorbeugender Grundwasserschutz)



Probenzahlen in den Regionen sind von ÖPUL-Verpflichtungen und anderen Aktionen abhängig und daher sehr uneinheitlich. Innerhalb des dunkelgrauen Bereiches liegen 50% der Werte (Median ist die schwarze Linie), im hellgrauen Bereich sind die jeweils weiteren 15% niedrigeren und höheren Werte (innerhalb des hell- und dunkelgrauen Bereiches somit 80% der Werte). Im weißen Bereich sind die jeweils weiteren 5% der niedrigeren und höheren Werte enthalten (somit sind insgesamt 90% der Humuswerte dargestellt). Mögliche „Ausreißer“ (5% der Werte liegen darunter und 5% darüber) sind nicht enthalten. Mittels der eBod kann der **standörtliche Humusgehalt** besser interpretiert und bewertet werden: Ob es zu einem Humusaufbau oder -abbau gekommen ist.

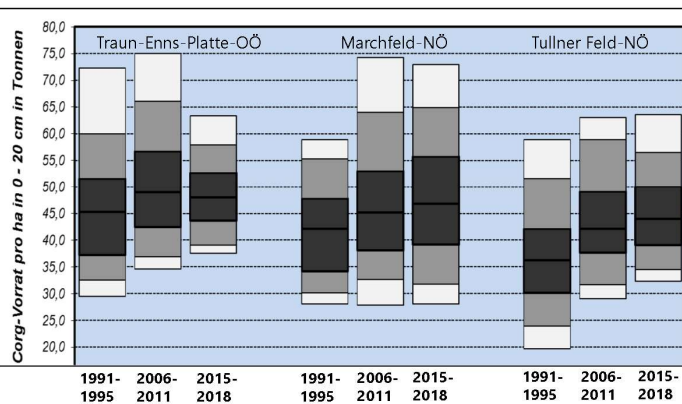
Folie 13



Entwicklung der Corg-Gehalte 1990 bis 2020



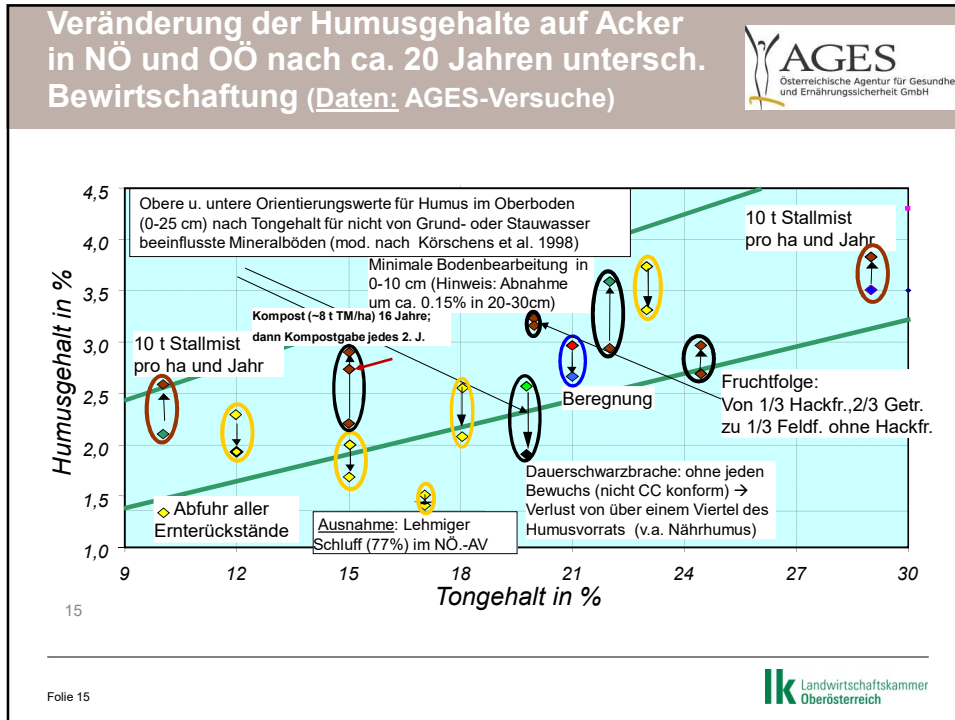
Verlauf der Corg-Vorräte (t in 0-20 cm pro ha) in 3 ausgewählten Regionen (Vorbeugend. Grundwasserschutz)



Steigerungen der Corg-Vorräte um 2,5 -7,5 Tonnen im Verlauf von ca. 25 Jahren, im Mittel von 100 – 300 kg Corg pro ha und Jahr. Höhere Steigerungen sind bei standörtlichen niedrigeren Humusgehalten möglich. Bei bereits mittleren und höheren Humusgehalten ist auch die Stabilisierung auf diesem Niveau als positiv zu bewerten.

Folie 14





C-Sequestrierung Humuszertifizierung

- Private Initiativen:
 - Logo: Lagerhaus Steiermark, ZUKUNFT ERDE
 - Logo: HUMUS AUFBAUEN
 - Logo: ANNEHMUNG DES LANDWIRTS IN LAUSCHAUT
- Green Deal – Farm to Fork
- Paris 2015 – „+4 %/a-Initiative“
- Jeweils analysebezogene Ansätze

Humus-Zertifikate

CarbonCert

top agrar online

positerra

Die Initiative KlimaBauer

365

Fokus / News

Klimaziele 2030

Green Deal: Kohlenstoffbindung in Land- und Forstwirtschaft kommt auf den Prüfstand

Ebnen die verschärften Klimaziele bis 2030 Europas Landwirten neue Geschäftsmodelle? Davon zeigte sich Kommissionsvizepräsident Timmermans am Donnerstag in Brüssel überzeugt

1000000 von Thomas A. Friedrich

Folie 16

ik Landwirtschaftskammer Oberösterreich

Erosions-Unsicherheit



- Analysebezogene Ansätze – Unsicherheiten
 - Erosions-Unsicherheit
 - Probenahme-Unsicherheit
 - Bodenformen
 - Definition Probenahmetiefe
 - Varianz auf der Fläche
 - Grobanteil und Lagerungsdichte
 - Analyse-Unsicherheit
 - Verlagerungs-Unsicherheit
 - Permanenz-Unsicherheit
 - C-Sättigungs-Unsicherheit – Fairness
 - Auswertungs-Unsicherheit
 - Bewirtschaftungs-Unsicherheit
 - Klima-Unsicherheit

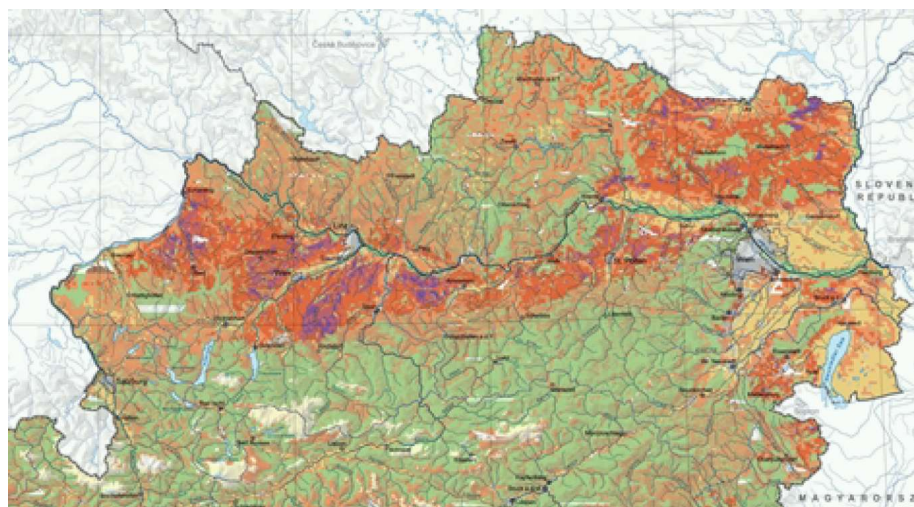


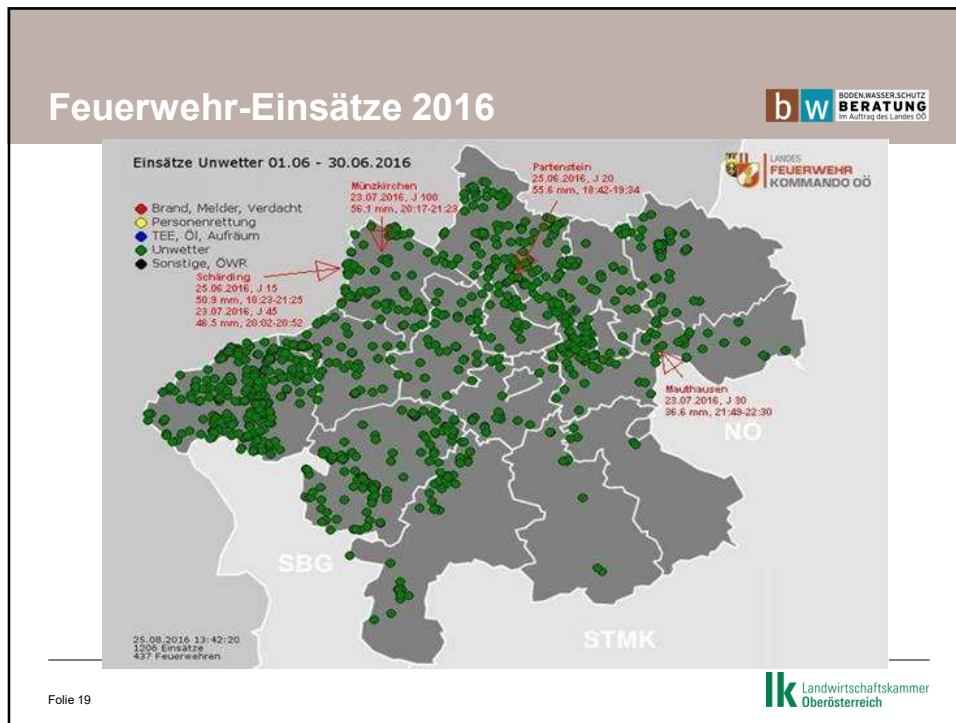
Folie 17

Humuszertifizierung



- Erosionsgefährdungskarte Ö-Nord





Probenahme-Unsicherheit

b w **BODENWASSERSCHUTZ BERATUNG**
Im Auftrag des Landes OÖ

- Auswahl der Fläche:
 - Gleiche langjährige Bewirtschaftung
 - Berücksichtigung der Bodenformen
 - Definition der Probenahmetiefe (10 cm, 20 cm, 50 cm, 100 cm)



Pseudogley,
Ritzlhof, BWSB



Folie 20

lk Landwirtschaftskammer
Oberösterreich

Probenahme-Unsicherheit



Räumliche Variabilität der C_{org} -Gehalte (%) im Ackerland (Körschens, 2009 und 2010)



1,64	1,71	1,74	1,76	1,64	1,67	1,68	1,68	1,68	1,75
1,67	1,63	1,69	1,67	1,71	1,76	1,77	1,69	1,64	1,77
1,67	1,67	1,69	1,67	1,60	1,71	1,64	1,68	1,66	1,63
1,69	1,62	1,66	1,68	1,64	1,72	1,67	1,70	1,69	1,74
1,61	1,66	1,70	1,66	1,74	1,69	1,63	1,68	1,72	1,69
1,67	1,69	1,68	1,68	1,74	1,67	1,67	1,69	1,66	1,65
1,66	1,73	1,60	1,67	1,65	1,67	1,73	1,73	1,63	1,69
1,70	1,61	1,77	1,70	1,64	1,74	1,69	1,62	1,60	1,65
1,72	1,70	1,71	1,68	1,66	1,66	1,63	1,64	1,65	1,60
1,63	1,67	1,63	1,67	1,69	1,67	1,62	1,62	1,61	1,61

Streuung der Werte durch Beprobung

- kleinräumige Inhomogenitäten
1,56 (2,68 % Humus) bis 1,93 (3,32 % Humus)
- GPS-Probenahme – Verbesserung?

Mittelwert: 1,68 Spannweite: 0,37

C_{org} -Gehalte in % in der Krume von 100 Teilparzellen mit je 0,25 m² – statischer Versuch Bad Lauchstädt, ungedüngte Variante

Folie 21



Probenahme-Unsicherheit



- **Grobanteil** - mineralische Gemeineteilteile > 2 mm (Grus, Steine, Schotter und Kies)



- **Lagerungsdichte** - hoher Aufwand



Kosten!

Folie 22

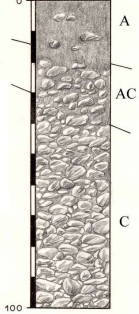


Probenahme-Unsicherheit

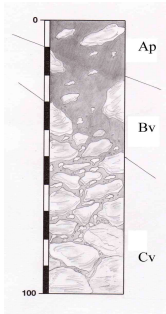


- **Grobanteil** - mineralische Gemengteile > 2 mm
(Grus, Steine, Schotter und Kies)

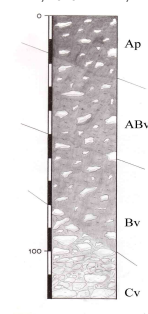
Pararendsina
Härsching, KB 39
ID 10, 420 ha = 2,3 %



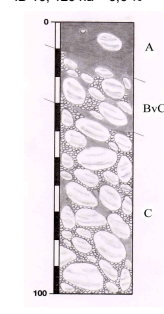
Felsbraunerde
Weitersfelden, KB 182, ID
ID 6, 1070 ha = 6,6 %



Felsbraunerde
Weitersfelden, KB 182,
ID 14; 2010 ha = 12,4 %



LS-Braunerde
Weitersfelden, KB 182,
ID 10; 120 ha = 0,6 %



Folie 23

ik Landwirtschaftskammer
Oberösterreich

Analyse-Unsicherheit



Organische Substanz (nach ÖNORM L 1080):

alle im Boden vorkommenden lebenden und abgestorbenen organischen Materialien

Humus: gesamte tote organische Substanz

Organischer Kohlenstoff (Corg):

analytisch bestimmt

- nasse Veraschung
- trockene Verbrennung ÖNORM L1080

Annahme:

- mittlerer C-Gehalt der organischen Substanz von 58 %
- $C_{org} \times 1,72 = \text{organische Substanz („Humus“)}$
- Maßeinheiten: % oder $g\ kg^{-1}$
- **Toleranz im Labor: $\pm 0,2\ %$**



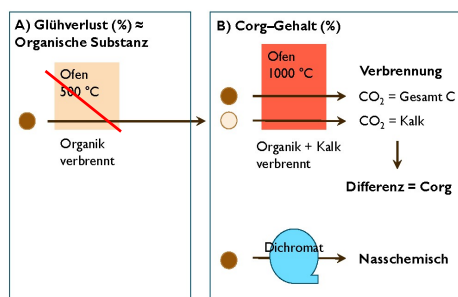
Folie 24

ik Landwirtschaftskammer
Oberösterreich

Analyse-Unsicherheit

- ÖNORM L 1080 – 650 °C: org-C + schwarzer C
- Geeignete Methode für jede Humustheorie
- Akkreditiertes Labor

$$\text{Humus} = \text{C-Gehalt (\%)} * 1.7$$



Verlagerungs-Unsicherheit

- Wenn der Humusaufbau durch Verlust von C von einem anderen Ort erfolgt, bedeutet dies keinen Nettogewinn.
- Daher ist eine klare Definition der Systemgrenze erforderlich.
- Bei der Kompostierung ist eigentlich eine Verlagerung der C-Quellen gegeben.
- Biokohle – letzte kaskadische Nutzung (z.B. Marillenkerne, KWK, ...)
- **Bodenfruchtbarkeit heißt Mineralisierung!**
- Wird eine Bewirtschaftung von Ackerflächen ausschließlich der C-Sequestrierung unterworfen, führt das unweigerlich zu Mindererträgen.
- Wenn diese durch verstärkten Import kompensiert werden (zB Urwaldsoja, Übersee-Rindfleisch, ...), ist dies bei einer ganzheitlichen Betrachtung kontraproduktiv.



Quelle:
Wiesmeyer et al.,
Bonares 2020

Permanenz-Unsicherheit



- Der aufgebaute, gewonnene Humus kann jederzeit wieder verloren gehen!
- Daher ist bei CO₂-Zertifikaten ganz klar der zeitliche Horizont festzulegen.
 - 5 oder 10 Jahre sind jedenfalls zu kurz!
 - bedeutend längere Verpflichtungszeiträume von 30 bis 100 Jahren und mehr
 - zB Golden Standard* 30 Jahre?
 - „Ewigkeitsklausel“ – irreversible C-Sequestrierung



Folie 27

ik Landwirtschaftskammer
Oberösterreich

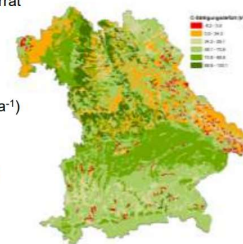
C-Sättigungs-Unsicherheit - Fairness



- Für Böden nahe der standortspezifischen Humussättigung – kein Potenzial, Steigerung nur ganz schwer erreichbar!
- Humusaufbau wäre eigentlich nur dann rel. leicht erreichbar und lukrativ bzw. leichter nachzuweisen, wenn vorher Humus entsprechend abgebaut worden ist.
- Leichte Böden haben ein geringeres, schwere Böden ein höheres Humus-Aufbau-Potenzial.

C-Sequestrierungspotential bayerischer Böden

- Begrenztes SOC-Speicherpotential, abhängig vom Feinanteil (Schluff+Ton)
- C-Sequestrierungspotential (C-Sättigungsdefizit) = C-Speicherpotential – aktueller C-Vorrat
- Ackerböden im Mittel nur zu 50% C-gesättigt, Grünland zu 73%
- Insgesamt können zusätzlich 108 Mt C gespeichert werden (35 t ha⁻¹)



→ Humusaufbau ist nahezu flächendeckend in Bayern über mehrere Jahrzehnte möglich

Folie 28

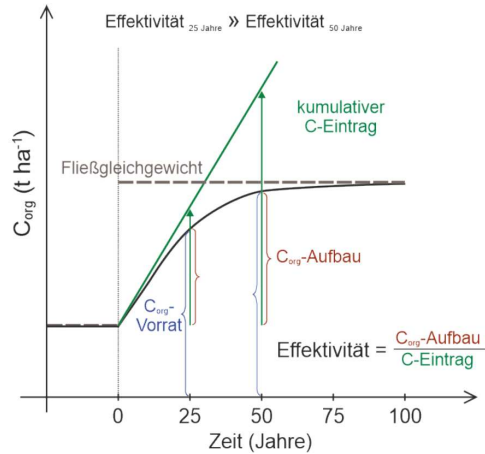


Institut für Ökologischen Landbau,
Bodenkultur und Ressourcenschutz

C-Sättigungs-Unsicherheit - Fairness



- Der nicht-lineare Zusammenhang zwischen dem C-Eintrag und dem C_{org} -Aufbau führt zu stetig abnehmender Effektivität der C_{org} -Akkumulation.
- Die Effektivität der C-Speicherung ergibt sich aus dem Verhältnis des C_{org} -Aufbaus zum C-Eintrag.



Quelle:
Wiesmeyer et al.,
Bonares 2020

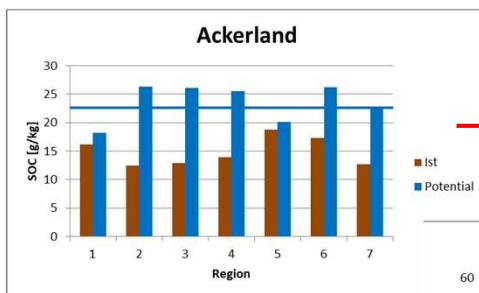
Folie 29



C-Sättigungs-Unsicherheit - Fairness



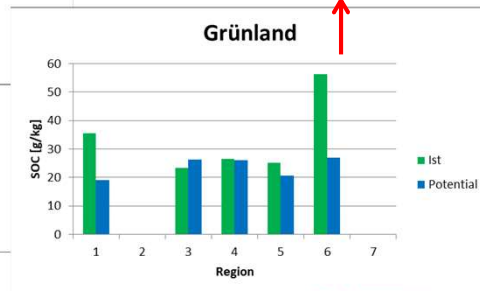
- NÖ: Humusgehalte in Oberböden nach Bezirken



Quelle: Hans-Peter Haslmayr

➔ SOC-Akkumulation möglich

Potenzial erschöpft!



Linien...Mediane der Ist-Situation und Sättigungspotentiale

- Region 1: GD, ZT, WT
- Region 2: MI, HB, KO, TU, GF
- Region 3: ME, PL, WU (West, Nord)
- Region 4: AM, SB, LF
- Region 5: WN, NK
- Region 6: BN, BL, MD, WU (Ost)
- Region 7: HO, KR (WENZEL unpubl.)

Auswertungs-Unsicherheit



➤ Drei Datenpunkte sind statistisch problematisch!



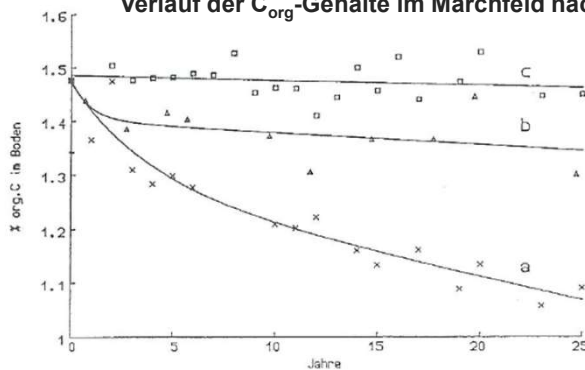
Folie 31



Auswertungs-Unsicherheit



Methodische Unsicherheiten – zeitliche Variabilität - Verlauf der C_{org}-Gehalte im Marchfeld nach 25 Jahren



Abnahme des Gehaltes an organischem Kohlenstoff im Boden (als Maß für den Humusgehalt) bei verschiedener Bewirtschaftung

- a = Dauerschwarzbrache (ungedüngt und bewuchsfrei)
- b = Dauerweizen ohne organische Düngung
- c = Dauerweizen mit jährlicher Strohdüngung durch 7 Jahre

Getreide, jährliche Strohdüngung
mit Getreide ohne org. Düngung

Dauerschwarzbrache



(Oberländer & Roth 1993)

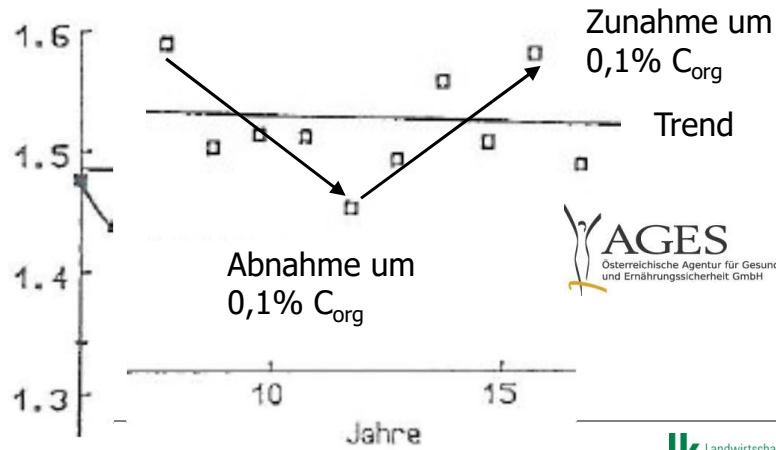
Folie 32



Auswertungs-Unsicherheit



Regelmäßige Messungen erforderlich, um Verlauf des Corg-Gehaltes richtig zu belegen (Ausschnitt aus Roth & Oberländer 1993)

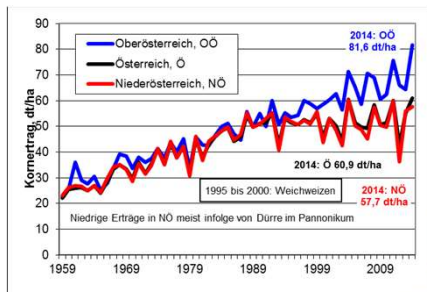


Folie 33

Bewirtschaftungs-Unsicherheit



- Ertragsentwicklung
 - OÖ – NÖ
 - Bio - Konventionell



Erträge OÖ: Konventionell und Bio 2017- 2020

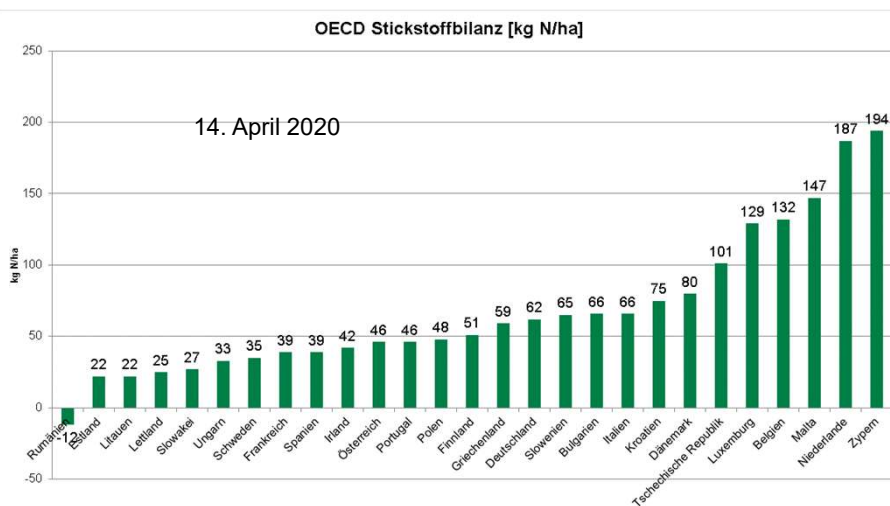
Kultur	t/ha		% von Konv. Bioertrag
	Konventionell	Bio	
Weichweizen	7,3	3,9	53
Wintergerste	7,5	4,2	56
Ölraps	3,8	1,4	37
Roggen	5,7	3,2	56
Hafer	4,8	3,3	69
Körnermais	11,2	6,9	62
Sojabohne	3,2	2,6	81
			Ø 59 %

Quelle: AMA, Ertragshebungen 2021



Folie 34

OECD-N-Bilanz 2018 (kg N/ha LN)



Bewirtschaftungs-Unsicherheit

- Sichere Humussteigerung:
 - Neuaufnahme in die Fruchtfolge von Klee gras, Feldfutter, ... möglichst dauerhafte Begrünung – Potenzial?
 - Umwandlung von Acker in Grünland oder Wald
 - Umwandlung von Acker in dauerhaft bewachsene Sonderkulturen (Aroniabeere, Obst – Walnüsse, ...)
 - Wiedervernässung von (Grünland-)Flächen – Auflassung von Dränagen
 - Agroforst
- keine sichere Humussteigerung in einer gleichbleibenden Ackerfruchtfolge?



Bewirtschaftungs-Unsicherheit



- Reduktionsverpflichtung von Düngemitteln (green deal)
- Wegfall von Pflanzenschutzmitteln (Bsp. Soja, Mais u. alle Kulturen – Drahtwurm, Grünland – Engerlinge)
- Steigender Schädlingsdruck – Ertragsunsicherheit
- Bodenbearbeitung – immer wichtiger werdende phytosanitäre Maßnahme



Folie 37



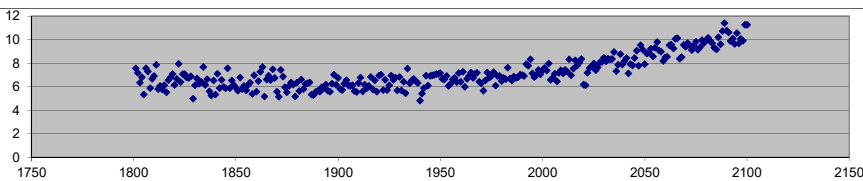
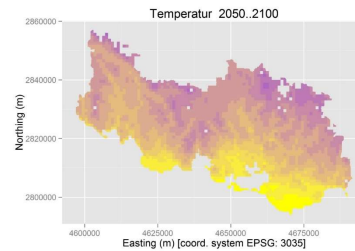
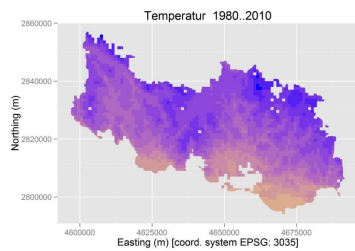
Klima-Unsicherheit



ACC-Projekt

Erwartete Klimaänderung im Mühlviertel
Datenbasis: BOKU-MET

Quelle: Herbert Formaier, BOKU



Folie 38




Die Uhr im Boden: biologische aktive Zeit!

Wirkung von Boden & Klima als *biologic active time:BAT*

Gleiche Zufuhr


BAT_j=44 d




Unterschiedliches Ergebnis

1000	1500
SAND	LEHM

BAT_j=29 d





Folie 39




ACC-Projekt

Quelle: Uwe Franko



Klima-Unsicherheit

b w BODENWASSER-SCHUTZ BERATUNG im Auftrag des Landes OÖ

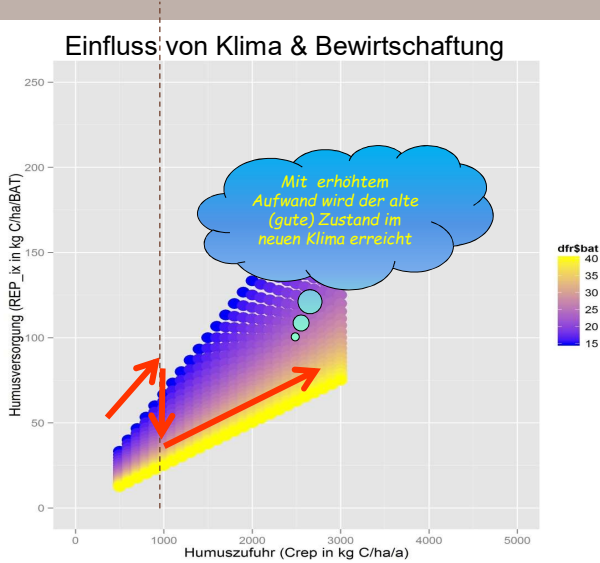


ACC-Projekt

Quelle: Uwe Franko

Einfluss von Klima & Bewirtschaftung



Mit erhöhtem Aufwand wird der alte (gute) Zustand im neuen Klima erreicht

Folie 40

Humusgehalte – Zertifizierung



➤ Resümee:

- Grundsätzlich sind alle Instrumente und Systeme zu begrüßen, die Maßnahmen zum Humusaufbau bis zu einem standortspezifischen Optimum in der Bewirtschaftungspraxis implementieren.
- Der **freiwillige analysebezogene Zertifikatehandel** kann auch ein derartiges Instrument sein, wenn alle Unsicherheiten klar und transparent dargestellt und vermittelt werden!
- Gesicherter Humusaufbau bei Land-Nutzungs-Änderung:
 - A → G, A → S, A → Wald
 - A → A (?)
 - Agroforst



Folie 41

lk Landwirtschaftskammer
Oberösterreich

Speicherung von C_{org} um jeden Preis?



Nährstoffe

Energie
(gespeicherte Sonnenenergie)

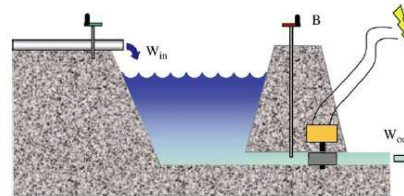
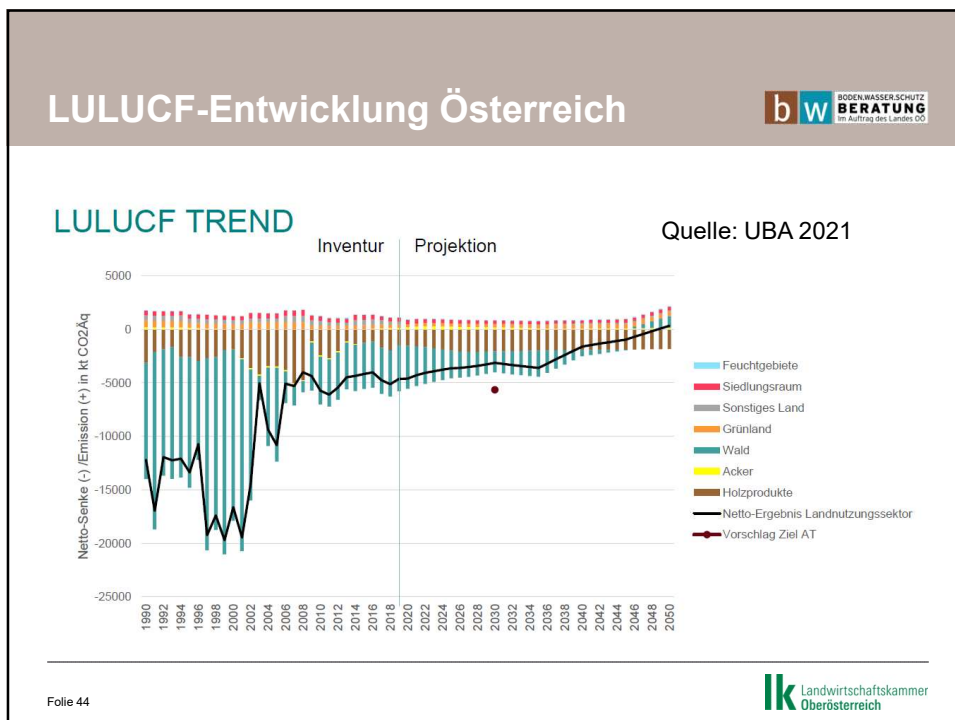
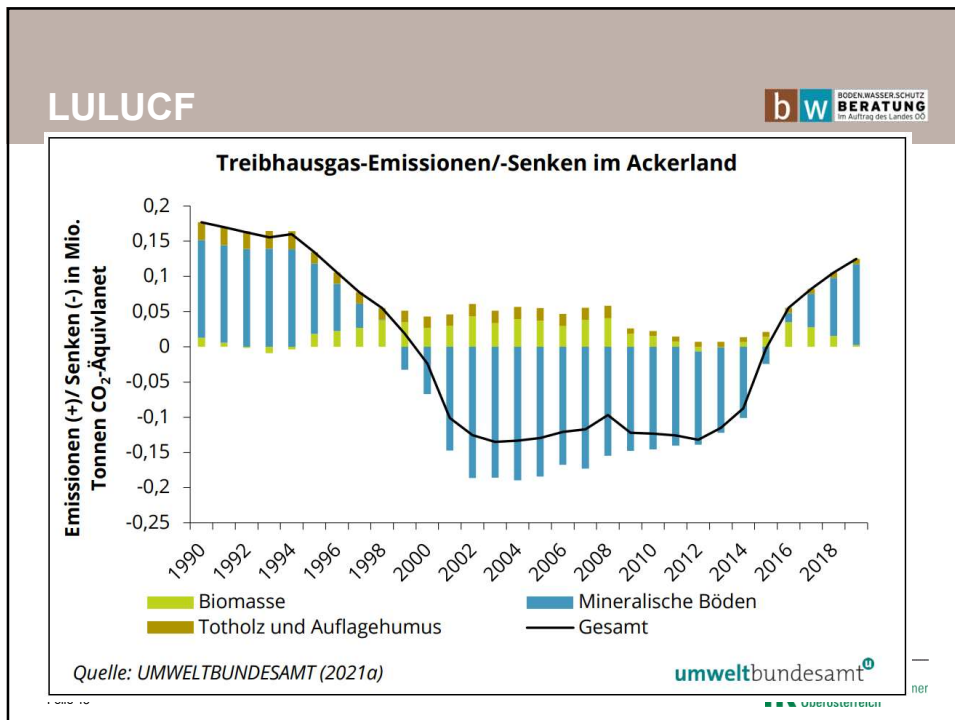


Fig. 2. Illustration of hypothetical hydroelectric plant. If rate of water inflow (W_{in}) is fixed, then opening valve B temporarily increases power generation, but at the expense of water storage. As pressure diminishes, rate of outflow (W_{out}) also declines until $W_{out} = W_{in}$. The amount of water stored can be increased by partially closing valve B, but at the temporary expense of power generation.

Quelle: Hans-Peter Haslmayr

Das „Bodenkohlenstoff-Dilemma“ (Janzen, 2006):
Wird bei aller Begeisterung für die C-Fixierung im Boden nicht übersehen, dass der Nutzen der org. Substanz dann am besten wirksam wird, wenn diese zerfällt?

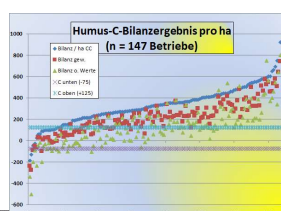


Humusgehalte - Zertifizierung



➤ Resümee:

- **Analysebezogener Zertifikatshandel in der aktuellen Form wird kritisch gesehen**
 - zahlreiche Unsicherheiten – Risikoabwägung
 - Aufwand-Erlös-Situation genau betrachten
- **Maßnahmenbezogene Humus-Bewirtschaftung**
 - Fruchtfolge - Feldfutter, Begrünung, keine Abfuhr von Ernterückständen, organische Düngung, reduzierte Bodenbearbeitung und Direktsaat, mineralische Düngung
 - Maßnahmen teilweise über das ÖPUL abgedeckt (Bio, UBB, Begrünung/System Immergrün, Mulch- u. Direktsaat bzw. Strip-Till, ...)
 - Humusbilanzierung



Folie 45

ik Landwirtschaftskammer
Oberösterreich

Humusgehalte - Zertifizierung



➤ Resümee:

- Zielkonflikt – Aufrechterhaltung und Erweiterung der Produktion/nationale Eigenversorgung und C-Sequestrierung
- Zielkonflikt – Ausbau Erneuerbarer Energien (NaWaRo) und C-Speicherung
- Ö-Ziel 2030 von 5,65 Mio. T C-Speicherung kaum möglich
- Neben der ev. C-Speicherung ist jedenfalls die Substitutionswirkung von land- und forstwirtschaftlichen Rohstoffen (Biomasse und Biogas statt fossilen Produkten) dem Sektor Landwirtschaft anzurechnen
- Agro-PV ist dem Sektor Landwirtschaft anzurechnen



Folie 46

ik Landwirtschaftskammer
Oberösterreich



**Danke
für Ihre
Aufmerksamkeit!**

DI Franz Xaver Hölzl
Auf der Gugl 3, 4021 Linz
050/6902-1425
bwsb@lk-ooe.at
www.bwsb.at

