

Bereits vor 2000 Jahren forderte *Lucius Iunius Moderatus Columella* (4 – 70 n. Chr.) in seinen „12 Büchern von der Landwirtschaft“ (*De re rusticae libri duodecim*), dass sich die klügsten Köpfe mit dem Boden beschäftigen müssen, um das Römische Reich vor dem Untergang zu bewahren!

Natürliche CO₂-Bindung

Grüne Felder, lebendige Böden – Landwirtschaft im Wandel

Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen

Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer, Michael Billensteiner



1

FLIEßGLEICHGEWICHTE = INSTABILE VORRÄTE



Humusbilanz = C-Eintrag - C-Verlust

Die Humusbildung ist hochkomplexes System. Die jährliche Zufuhr (z.B. durch Düngung, Ernterückstände), der Abbau von organischer Substanz im Boden und komplexe Vorgänge wie Ton-Humus-Komplexe, mikrobielle Aktivität (Humifizierung/Mineralisierung) und Bodenbearbeitung sind relevant.

Wichtige Faktoren sind der Tongehalt (Humusbindung), der pH-Wert (Beeinflussung der Mikrobenaktivität) sowie die Bodenbearbeitung (intensiv erhöht Abbau vs. extensiv verlangsamt Abbau).

Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen

Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Billensteiner

Stand 20260112 | Seite 2 von 42

lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

2

NETTO-NULL-EMISSIONEN

- Österreich muss nach gängigen Szenarien mittels technischer Senken jährlich zwischen 1,7–6,3 Millionen Tonnen CO₂ der Atmosphäre entnehmen, um bis 2040 klimaneutral zu werden.
- Theoretische Potenziale (0-20 cm)
 - Humusgehalt = $C_{org} \times 1,725$
 - Lagerungsdichte = $1,346 \text{ g cm}^{-3}$
 - 2,5 % Humus -> 40 t/ha C -> 146 t/ha CO₂
- 0,5 % Humus-Steigerung bedeutet eine Speicherung von ca. 30 t/ha CO₂
- 1,3 Mio. Hektar Ackerland Ö -> 30.9 Mio Tonnen CO₂

Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen

Philipp Zenger, Markus Sundi, Wolfgang Angeringer & Michael Bilenzeiner

Stand 20260112 | Seite 3 von 42

ENTWICKLUNG HUMUSGEHALT IM BODEN

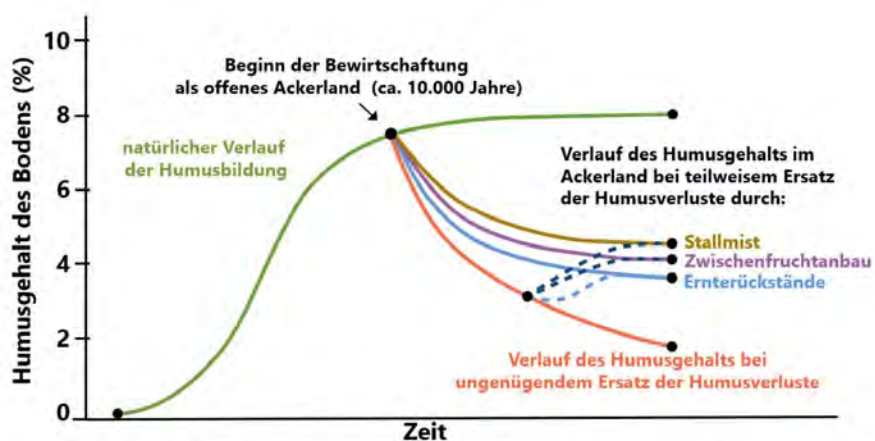


Abbildung 1: Zeitliche Entwicklung des Humusgehalts landwirtschaftlich genutzter Böden (nach Gisi 1997)

Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen

Philipp Zenger, Markus Sundi, Wolfgang Angeringer & Michael Bilenzeiner

Stand 20260112 | Seite 4 von 42

STOCKING IN DER BIOMASSE - PHOTOSYNTHESE



6 MOLEKÜLE KOHLENSTOFFDIOXID + 6 MOLEKÜLE WASSER => 1 MOLEKÜL GLUCOSE + 6 MOLEKÜLE SAUERSTOFF



Natürliche CO₂-Bindung / Anna Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen

Stand 20260112 | Seite 6 von 42

lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

5

Biodiversität

Landschaftsbild

**Biotop-
verbund**



**Wasser-
rückhalt**

CO₂-Speicherung

Erosionsschutz

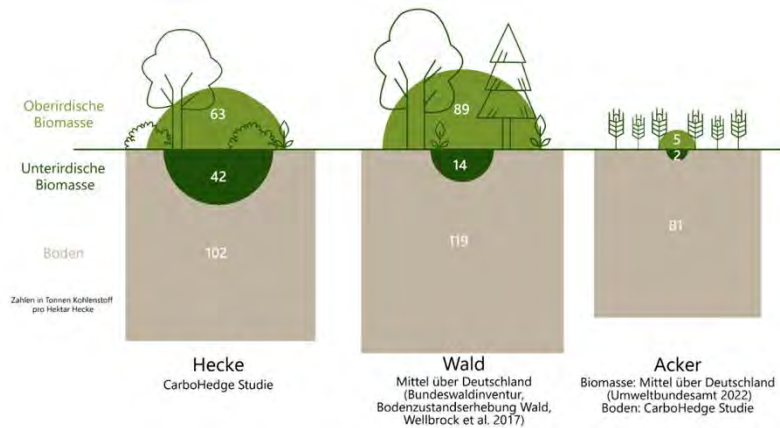
Natürliche CO₂-Bindung / Anna Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen

Stand 20260112 | Seite 7 von 42

lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

6

ACKERLAND, FORST & HECKEN



nach Drexler, Thünen Insitut 2022

Hecken speichern im Schnitt **119 Tonnen mehr C_{org} pro Hektar** als Äcker.
(+ 437 Tonnen CO_2)

Natürliche CO_2 -Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Bilensteiner

Stand 20260112 | Seite 8 von 42

lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

7

GRASLAND MACHT GLOBAL GESEHEN 2/3 DER LN AUS KULTURGRÜNLAND STMK: CA. 50%

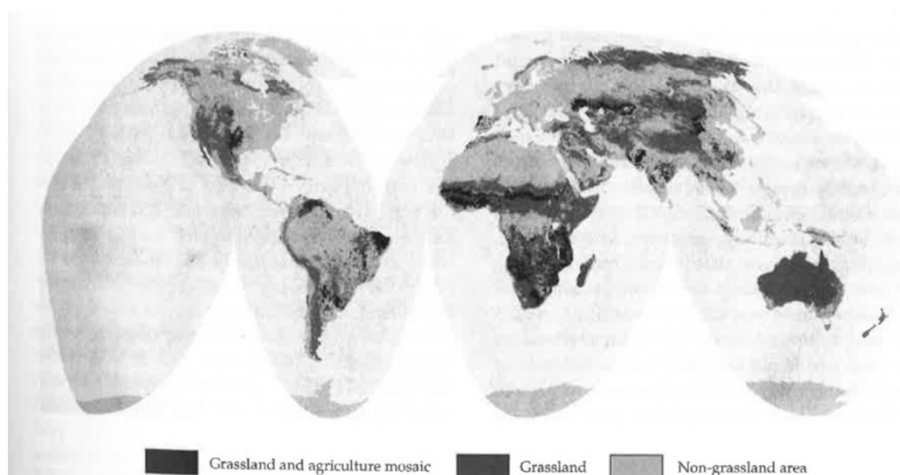


Figure 1.2 The global grassland/agriculture mosaic. With permission from White *et al.* (2000).

(Aus: Gibson 2009)

Natürliche CO_2 -Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Bilensteiner
Stand 20260112 | Seite 9 von 42

lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

8

IN ZAHLEN: ALMEN SCHÜTZEN DAS KLIMA!

**Grünlandböden
speichern mehr
Kohlenstoff als
Äcker und Wälder
zusammen...**

**Almböden
speichern nach den
Mooren am
meisten Kohlenstoff**

Table 1

Area of land use, average soil organic carbon (SOC) and total SOC stock in the layer 0–30 cm of the soil.

Land use	Area (ha)	Average soil C stock (t C/ha)	Total soil C stock (Mt C)
Cropland	1283374	62.4	80.0
Mountain grassland	11775	113.0	1.1
Extensively used grassland	323450	94.7	25.2
Intensively used grassland	458575	91.5	36.0
Vineyards	40317	49.1	2.0
Forest	4020000	106.0	128.2
Peatland	21000	220.0	4.6
Settlements	568000	39.6	22.5
Unmanaged land/ unsurveyed land	1667300	n.a.	n.a.

(Quelle: BAUMGARTEN *et al.* (2021), Geoderma 402)

Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Billenstein
Stand 20260112 | Seite 10 von 42

lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

9

WIRTSCHAFTSGRÜNLAND: DICHTER GRASNARBE



Foto: Angeringer



Foto: Angeringer

Haupt-Durchwurzelung in obersten 10cm,
Wurzeln der Grünlandpflanzen
(ausdauernde Stauden) gehen aber bis
2m Tiefe und weiter

Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Billenstein
Stand 20260112 | Seite 12 von 42

lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

10

Versuchswesen LK Steiermark Referat Pflanzenbau, Am Tieberhof in Gleisdorf

Zusammenarbeit mit engagierten Landwirten!



11

BODENMOBIL – WIR SETZEN BEIM BODEN AN

KAHE –
Kompetenz-
Zentrum für
Acker,
Humus und
Erosions-
schutz
in Feldbach

myHumus.at



Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Billensteiner
Stand 20260112 | Seite 16 von 42

lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

12

BODEN – LEBENSTRÄGER DER ERDE

Bodenlebewesen im Oberboden (bis 30 cm Bodentiefe)

▪ Bakterien, Pilze, Algen	200 - 2.000 g/m ²
▪ Insekten	30 - 250 g/m ²
▪ Regenwürmer	40 - 400 g/m ²
SUMME	270 - 2.650 g/m²

= 2.700 - 25.000 kg/ha (600 kg = 1 GVE)

= 4,5 bis **41 GVE/ha** („Kühe“/ha)
müssen „gefüttert“ werden!

nach Drexler, Thünen Institut 2022

Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Billenstein

Stand 20260112 | Seite 8 von 42



Wimpertierchen



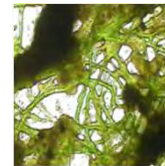
Springschwanz



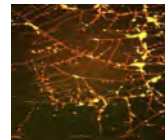
Regenwurm



Hornmilbe



Algen



Pilzgeflecht, angefärbt



Doppelfüßer, Bandfüßer



Assel



Lederlaufkäfer

Quelle: Bauchhenß, 2005

lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

13

BODENPHYSIK – PENETROLOGGERMESSUNGEN ZEIGEN ANSCHAULICH VERDICHTUNGEN



Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Billenstein
Stand 20260112 | Seite 17 von 42



lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

14

DOPPELRINGINFILTRATIONSMESSUNGEN – HÖHERE CO₂ SPEICHERUNG! >> ++ WASSERAUFNAHME!

Humus kann das 20-fache seines Eigengewichtes an Wasser speichern!



Mit Begrünungen und Bodenschonung kann die Wasseraufnahme um 2 Liter Wasser pro m²/Starkregen verbessert werden – 10 Jahre lang, also um bis zu 20 Liter pro m² und Starkregen (bei + 0,1% Humus/Jahr).

Bsp: Gnas: 85 km² Fläche, davon 32 km² Acker:
3.200 ha*20 m³ =
zusätzliche Aufnahme von 64.000 m³ Wasser pro Regen!

15

BODENBEARBEITUNGSVERSUCH PFLUG - GRUBBER



- Zweck: Feststellung der pflanzenbaulichen Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren und -zeitpunkte
- 18 Parzellen (je 600m²)
- Versuchslayout: Blockanlage, 6 Varianten in 3 Wiederholungen
- GLÖZ 6 Thematik

16

BEGRÜNUNGSVERSUCH - BLÜHMISCHUNGEN



- Zweck: Feststellen des Aufgangs diverser Begrünungen auf einer mit Pflug oder Grubber bearbeiteten Ackerfläche bei einer frühen und einer späten Aussaat.
- 48 Parzellen (je 510m²)
- Versuchslayout: Tastversuch, 1 Wiederholung

Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
 Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Bilensteiner
 Stand 20260112 | Seite 23 von 42

IK Landwirtschaftskammer
 Steiermark

17

DROHNENEINSATZ – UNTERSAAT BLÜHMISCHUNGEN

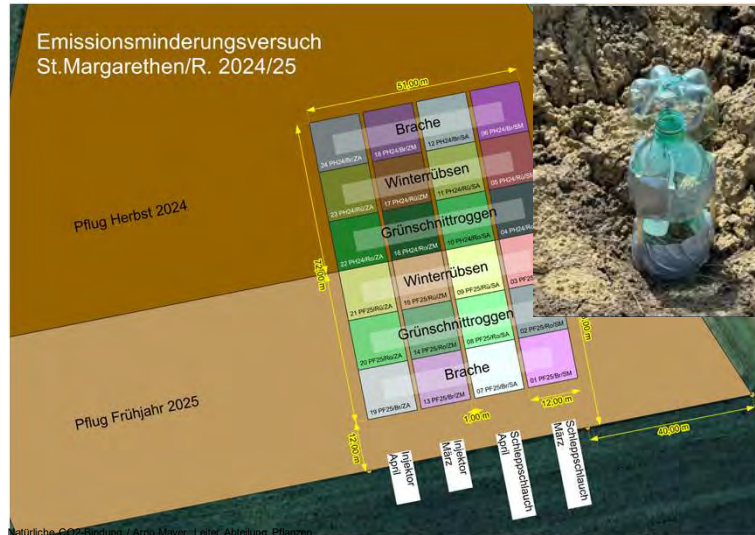


Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
 Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Bilensteiner
 Stand 20260112 | Seite 24 von 42

IK Landwirtschaftskammer
 Steiermark

18

EMISSIONSMINDERUNGSVERSUCH – NEC-RICHTLINIE



- Zweck: Vergleich der Ammoniakabgasungen und der pflanzenbaulichen Auswirkungen auf Körnermais durch unterschiedliche Bodenbearbeitungszeitpunkt, Begrünungen, Gülleausbringungszeitpunkte und Ausbringungstechniken
- 24 Parzellen (je 144m²)
- Versuchslayout: Tastversuch, 1 Wiederholung
- C-Kreislauf, Humusaufbau mit Wirtschaftsdüngern

Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Billensteiner
Stand 20260112 | Seite 25 von 42

lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

19

BLÜHSTREIFEN IM KÜRBISANBAU SICHERN ERTRAG



Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Billensteiner
Stand 20260112 | Seite 27 von 42

lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

20

VIELFÄLTIGE LEBENSRAÜME FÖRDERN WILDINSEKTEN



Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
 Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Billensteiner
 Stand 20260112 | Seite 28 von 42

lk Landwirtschaftskammer
 Steiermark

21

PROJEKTE –ZUSÄTZLICHE RESSOURCEN

SCHWERPUNKT BIODIVERSITÄT, BODEN, HUMUSAUFBAU, C-SPEICHERUNG

Projekt „Vielfalt am Ackerrand“, bis September 2027

- Beratung, Bildung und Anlage von Hecken in Leibnitz und Deutschlandsberg

Arbeitsgruppe Landwirtschaft, „NaturVerbunden“ Steiermark

- Erarbeitung von Lösungen und Synergien zwischen Produktion und Naturschutz

Markt der Artenvielfalt 2025, Graz Herrengasse

- Präsentation der LK zu dem Thema „Lebensmittel sichern durch Artenvielfalt“.

Projekt CARA mit TU Graz

- Simulation von Starkregenereignissen auf unterschiedliche Böden und Bewirtschaftung

CNSOIL Boden.Pioniere mit BOKU

- Wissenschaftlicher Vergleich von Bodenpaaren mit unterschiedlicher Bewirtschaftung

Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
 Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Billensteiner
 Stand 20260112 | Seite 30 von 42

lk Landwirtschaftskammer
 Steiermark

22

Mit Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union

Bundesministerium
Land- und Forstwirtschaft,
Regionen und Wasserwirtschaft

LE 14-20

Europäische
Landwirtschaftsförderung für
die Entwicklung des
ruralen Raums
über Investitionen in Europa
und Entwicklungszusammenarbeit

eip-agri
INNOVATION & INVESTITION

EIP-Projekt Ammosafe

Emissionsarme Düngung durch Nährstoffrückgewinnung

Christian Werni, MSc.
LK Steiermark, Referat Pflanzenbau



23

PROJEKT „VIELFALT AM ACKERRAND“

Kooperationsbündnis

lk
landwirtschaftskammer
steiermark

 REGIONALMANAGEMENT
Südweststeiermark

Projektpartner

 grünes
handwerk

 DIE STEIRISCHE
JAGD
Natur verpflichtet.

 HUMUS+
Modell Ökoregion Kalindorf

Mit Unterstützung von Land und Europäischer Union

 Das Land
Steiermark

 WIR leben Land
Gemeinsame Agrarpolitik Österreich

 Kulturreisort von der
Europäischen Union

 Deutschlandsberg • Leibnitz •

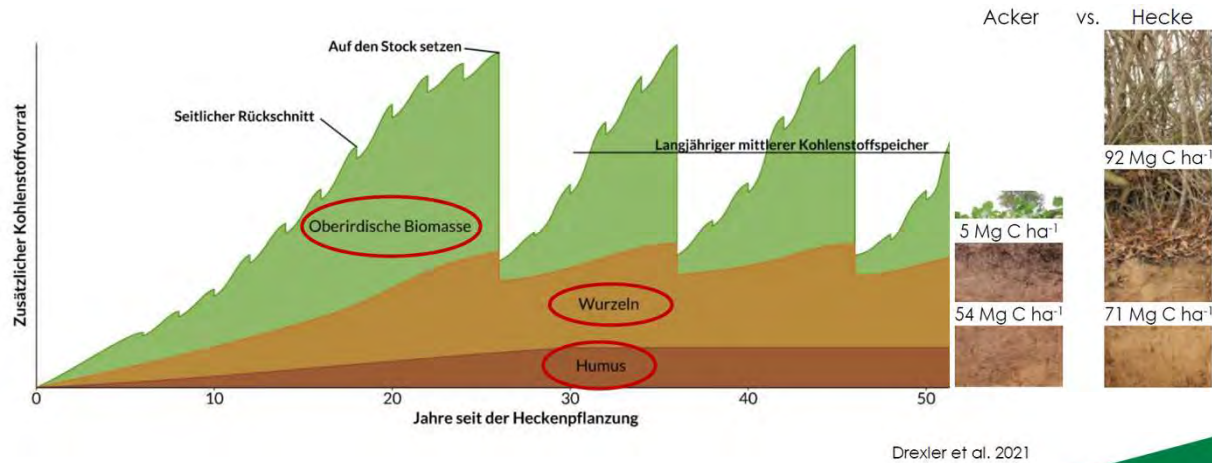
lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

Natürliche CO₂-Bindung / Anna Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
Philip Dörner, Markus Sand, Wolfgang Angerer & Michael Wernstauer

Stand 20260112 | Seite 32 von 42

24

KOHLENSTOFFSPEICHERUNG - HECKE



Speicherung von **zusätzlich 104 ± 42 t C ha⁻¹** im Vergleich zum Acker

Vielfalt am Ackerrand / Philipp Zenger
Stand 2025/2024 | Seite 14 von 63

lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

25

NBSOIL

NATURE-BASED
SOLUTION FOR SOIL
MANAGEMENT



Co-funded by
the European Union

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Research Infrastructure Agency (ERIA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



UK Research
and Innovation

This work has received funding from UK Research and Innovation (UKRI) under the UK government's Horizon Europe funding guarantee grant number 100019607.

Project funded by

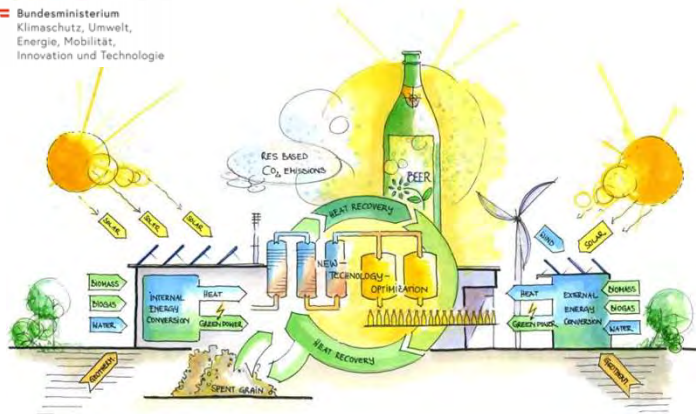
Swiss State Secretariat for Education, Research and Innovation (SERI)
SERI-2019-00001
SERI-2019-00001

This work has received funding from the Swiss State Secretariat for Education, Research and Innovation (SERI).

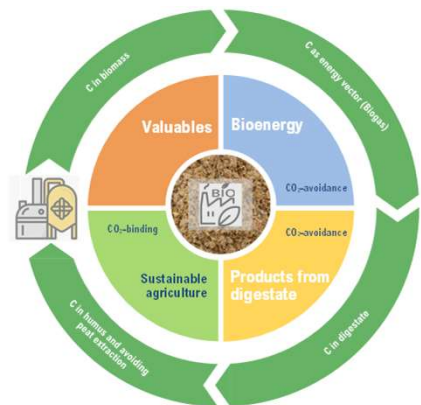
© BOKU 11.2024

26

NEUE PRODUKTE AUS LEBENSMITTELRESTSTOFFEN – ERHÖHUNG DER WERTSCHÖPFUNG UND WEITERE EMISSIONSREDUKTION BZW. ZUSÄTZLICHE C – SPEICHERUNG DURCH HUMUSAUFBAU IM BODEN ?



Hochwertige Produkte durch kaskadische
Verwertungszyklen von Reststoffen aus der
Lebensmittelindustrie



27

LK-Klimabilanzierung Projekt „Climate Farm Demo“

27

- EU-Länder, die Klimabilanzierungstools breit anwenden

80 +

- Partnerorganisationen (Wissenschaft, Forschung, Beratung)

1.500

- Teilnehmende Pilot Demo Betriebe (vom Norden Finnlands bis ins südlichste Spanien)

4.500

- Veranstaltungen auf landwirtschaftlichen Betrieben

Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Billenstein
Stand 20260112 | Seite 38 von 42

lk

28

Ablauf einer Klimabilanzierung am Betrieb

- Betriebsrundgang (Sichtung des Betriebes)
- Datenaufnahme (am Betrieb)
- Datenaufbereitung (im Büro)
- Besprechung der Ergebnisse des Audits mit Landwirt:in
- **Setzen der geeigneten Maßnahmen am Betrieb**
 - Klimawandelanpassung (z.B. Kultivierung klimaresilienter Pflanzenarten)
 - Klimawandelabschwächung (z.B. Vermeidung synthetischer Düngemittel)

Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
 Philipp Zenger, Markus Sundt, Wolfgang Angeringer & Michael Billensteiner
 Stand 20260112 | Seite 40 von 42

lk

29

CO₂-BINDUNG VON STEIRISCHEM KÖRNERMAIS

Auf 50 % der steirischen Äcker: je mehr Mais, desto höher die CO₂-Bindung!

Spitzenwerte bis zu 32 Tonnen Gesamt CO₂ Bindung Pflanze&Boden, entspricht CO₂ Ausstoß von 60.000 Auto-km! + Sauerstoffproduktion für 60 Personen/Jahr je Hektar



Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
 Philipp Zenger, Markus Sundt, Wolfgang Angeringer & Michael Billensteiner
 Stand 20260112 | Seite 35 von 42

lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

30

CO₂ – WIR FÜRCHTEN UNS NICHT!

GANZ IM GEGENTEIL:

CO₂ ist...

- ... die Hauptkohlenstoffquelle für autotrophe Organismen - Basis der Nahrungskette
- ... Grundlage für die Photosynthese in der Pflanzenzelle
- ... Voraussetzung für die Ertragsbildung im Pflanzenbau
- ... gesunde Böden speichern mehr CO₂
- ... ein Klimaregulator
- ... ein Rohstoff (Lagerung, Fermentation)

**CO₂ ist
überlebensnotwendig!**

Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Billensteiner
Stand 20260112 | Seite 36 von 42

lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

31

KLIMAFITTER PFLANZENBAU SICHERT WERTSCHÖPFUNG



Danke für die
Aufmerksamkeit!

Arno Mayer
Abteilung Pflanzen

Natürliche CO₂-Bindung / Arno Mayer, Leiter Abteilung Pflanzen
Philipp Zenger, Markus Sundl, Wolfgang Angeringer & Michael Billensteiner
Stand 20260112 | Seite 37 von 42

lk Landwirtschaftskammer
Steiermark

32