



Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums: Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete.



JUSTUS-LIEBIG-
UNIVERSITÄT
GIESSEN

Mulchanwendung im Gemüsebau: Chancen und Herausforderungen für eine klimaresiliente Praxis

Bryan Dix

Professur für Ökologischen Landbau mit
Schwerpunkt nachhaltige Bodennutzung

Justus-Liebig-Universität Giessen
Karl-Glöckner-Str. 21 C
35394 Gießen

Bryan.Dix@agrar.uni-giessen.de
Tel.: +49 641 99-37743

<https://www.uni-giessen.de/fbz/fb09/institute/pflbz2/oekolandbau>



Ernährungssystem in der Krise



Mulchanwendung im Gemüseanbau

- Mulchen ist eine uralte Methode
- Als Mulch wird jedes bodenbedeckende Material bezeichnet
- Verbessert die **Wassernutzungseffizienz**, **Stickstoffnutzungseffizienz** und **Ertragsleistung** sowie den **Erosionsschutz**
- Die Wirkung von Mulchmaterialien hängt von der Umgebung, Beschaffenheit und Ausbringungsmenge ab.
- Häufig verwendete Mulchmaterialien sind:
 - Stroh, Wickroggen, Klee gras, Kompost, Kompostvlies, Plastikfolie, Abdeckvlies aus Plastikgewebe.
- Umweltgefährdung: **Plastikrückstände**, **NO₃⁻**, **N₂O**
- **(Kohlenstoffsequestrierung)**

30.10.2024



Quelle: <https://www.folien-luecke.de/de/produkte/agrar/pla-folie-mulchfolie>



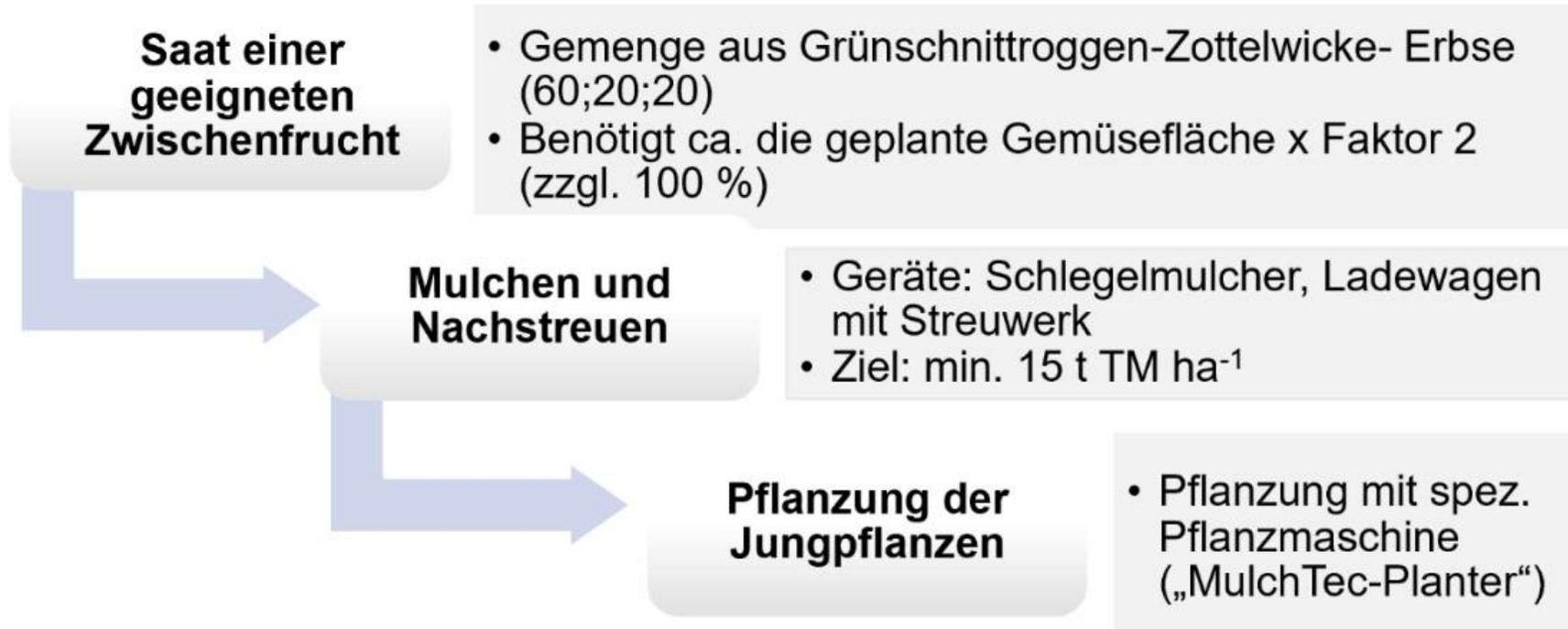
Quelle: Forschungsgemeinschaft Biologisch Abbaubare Werkstoffe e.V. / Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau Weihenstephan

Prinzip des Kombi-Mulch-Verfahrens



Kombi-Mulch-Verfahren verbindet die **optimale Bodenstruktur** des *In-situ*-Mulch-Verfahrens mit einer **sicheren Unkrautunterdrückung** durch die Nutzung des Transfer-Mulchs.

Kombi-Mulch-Verfahren in der Praxis



Varianten im Exaktversuch

WR1 (Nehmerfläche)

Kombi-Mulch-Verfahren

- *In situ* produziertes Mulchmaterial
- + aufgestreutes externes Mulchmaterial
- Bodenbearbeitung vor Aussaat der Zwischenfrucht

WR2 (Nehmerfläche)

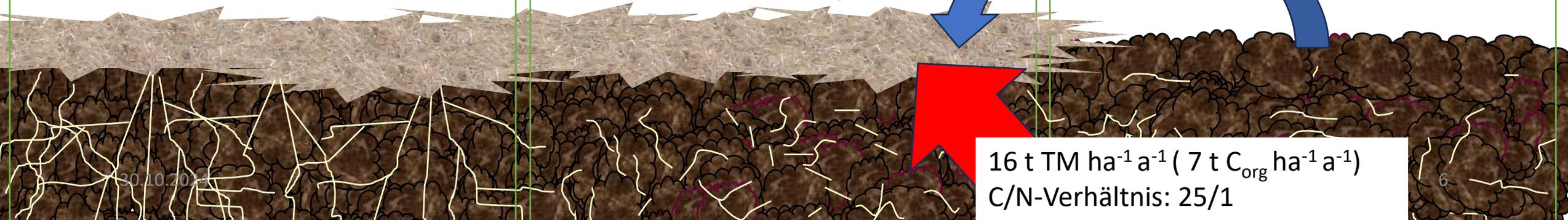
Kombi-Mulch-Verfahren + Bodenbearbeitung

- *In situ* produziertes Mulchmaterial wird aufgeladen und nach Bodenbearbeitung nachgestreut
- Bodenbearbeitung vor Aussaat der Zwischenfrucht und vor Pflanzung

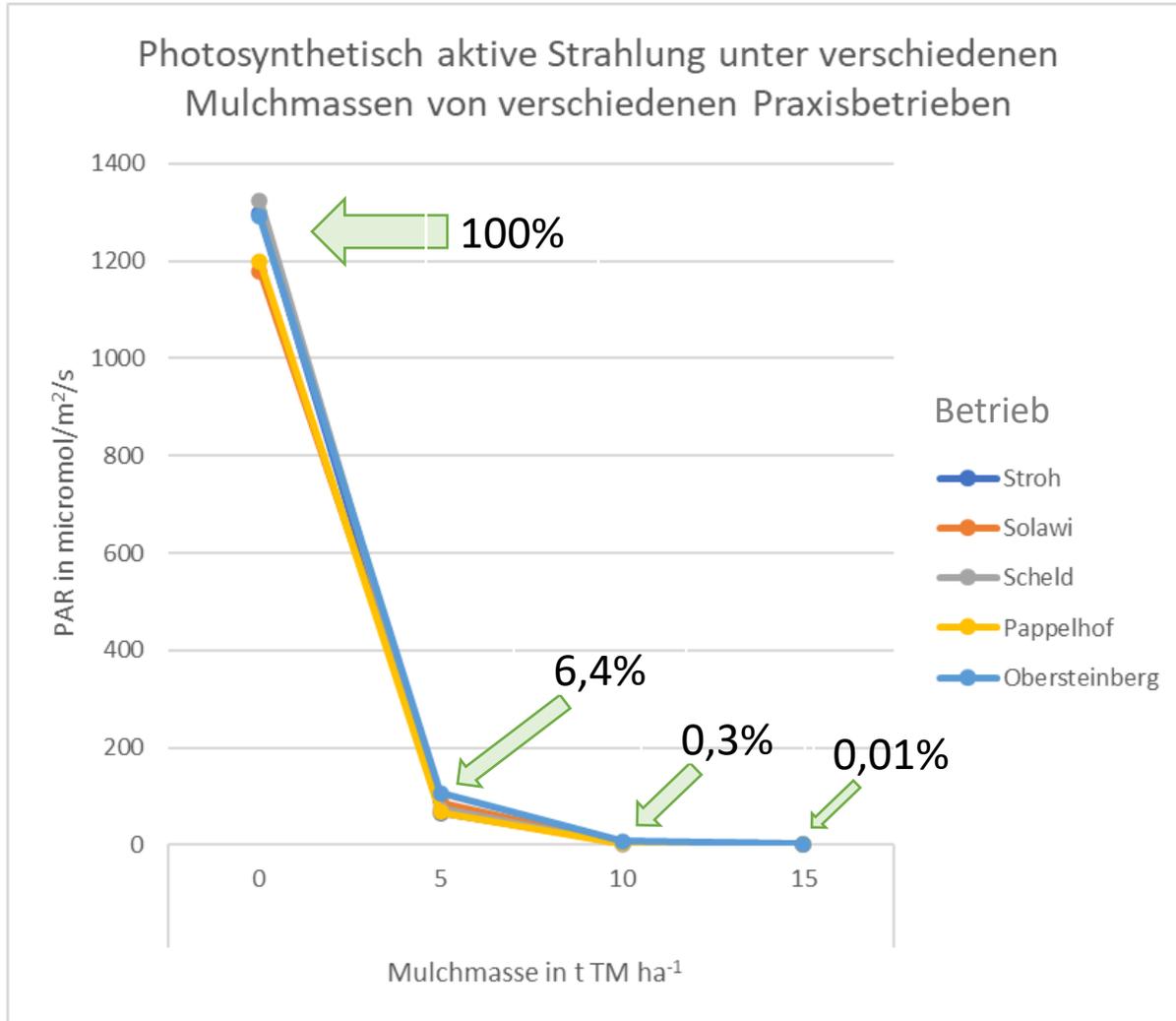
KM (Geberfläche)

Kontrolle (Geberfläche)

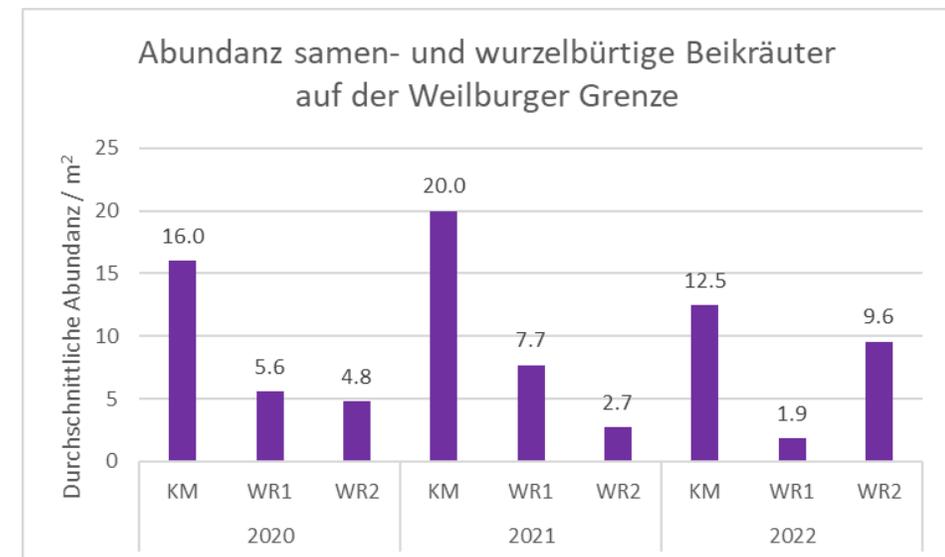
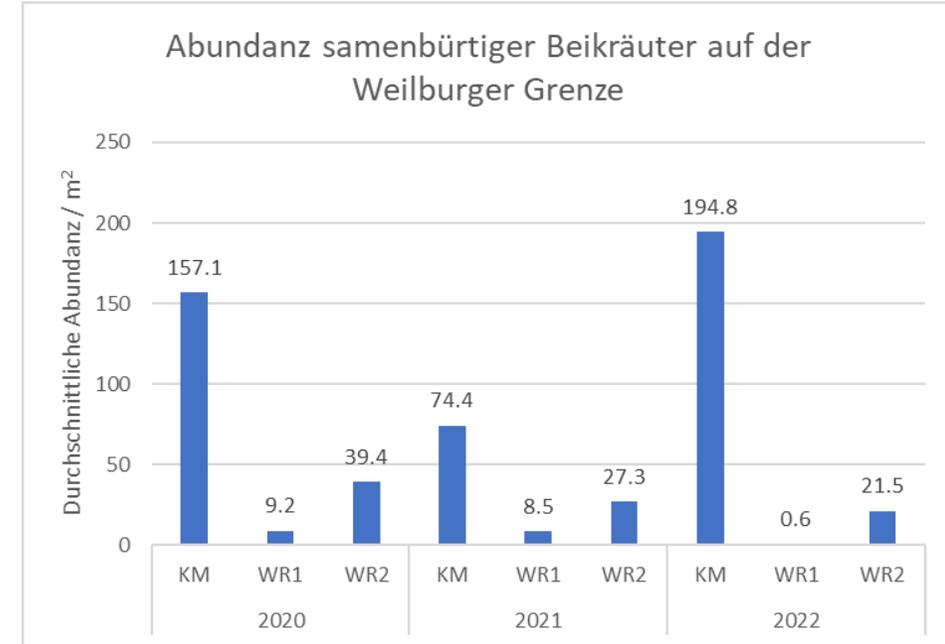
- *In situ* produziertes Mulchmaterial wird abgetragen
- Bodenbearbeitung vor Aussaat der Zwischenfrucht und vor Pflanzung



Mulch beschattet den Boden und unterdrückt Beikräuter



30.10.2024



Mulch beschattet den Boden und unterdrückt Beikräuter

Hokkaido-Kürbis mit Mulch

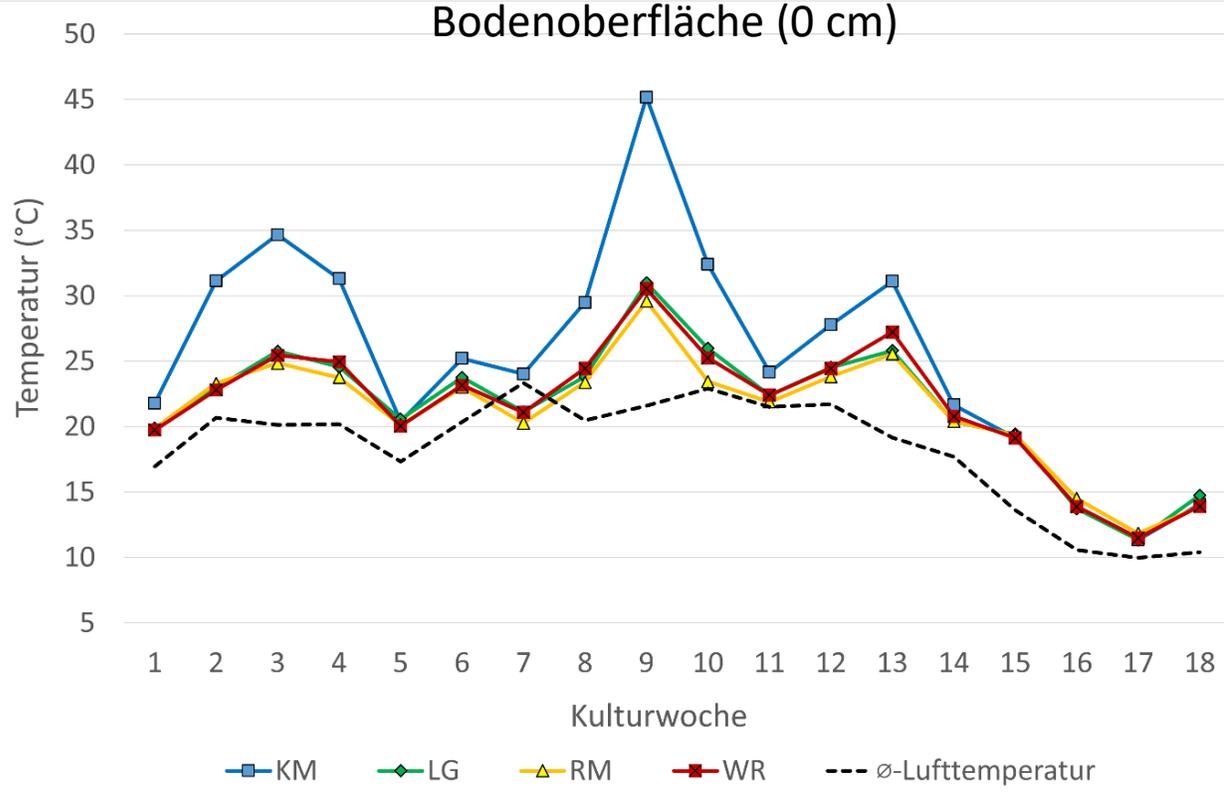


Hokkaido-Kürbis ohne Mulch

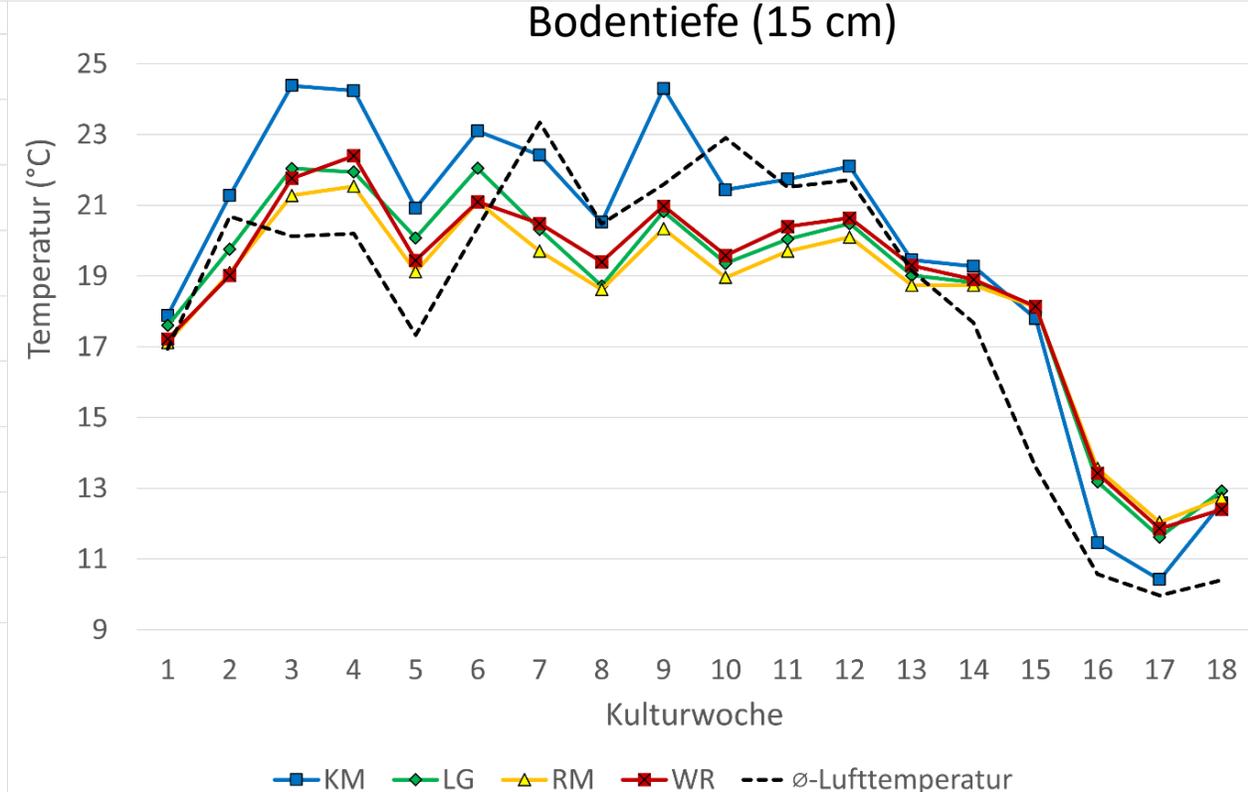


Mulch beschattet den Boden und beeinflusst die Bodentemperatur

Bodenoberfläche (0 cm)



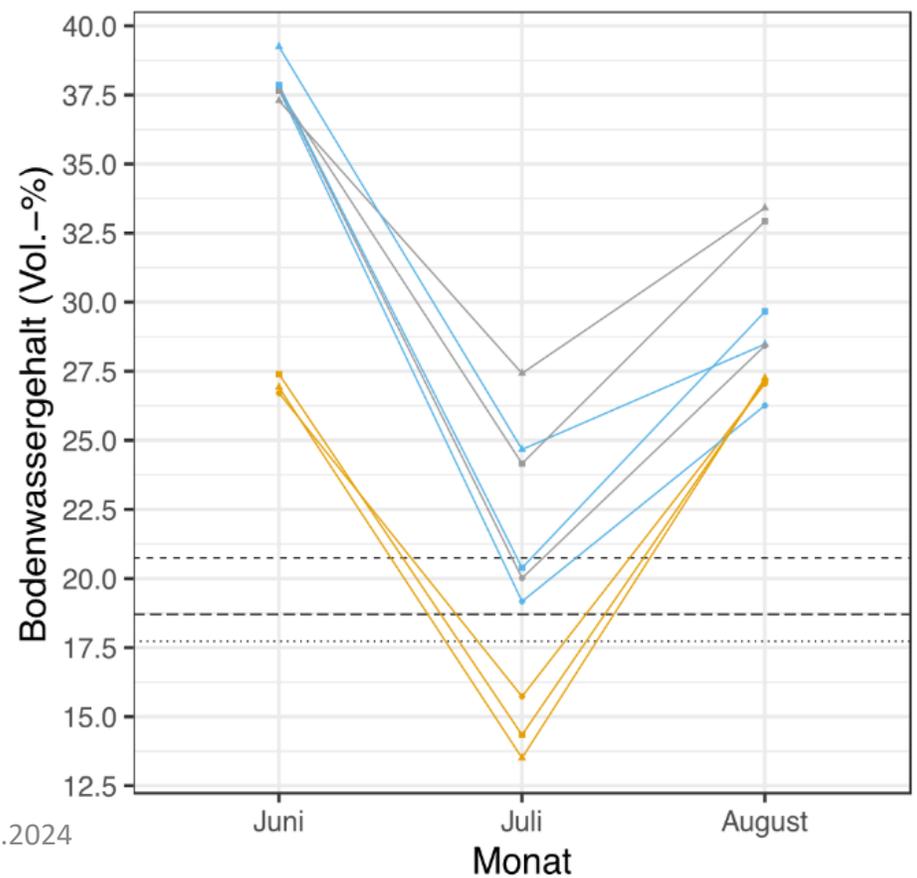
Bodentiefe (15 cm)



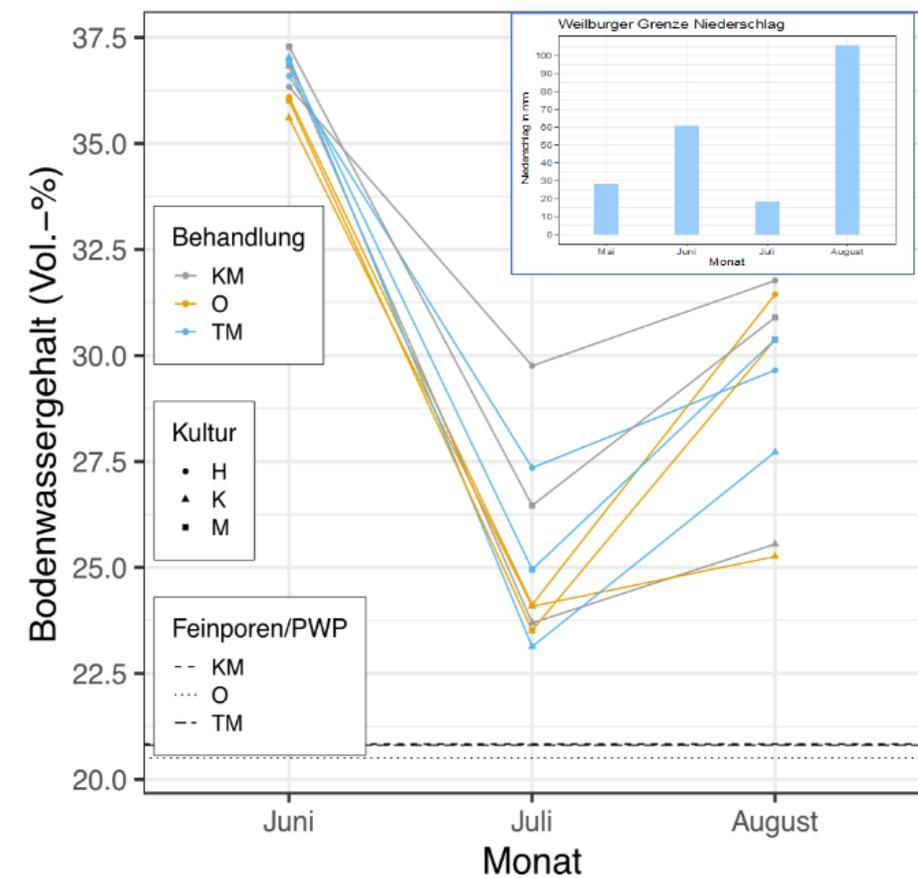
Mulch beschattet den Boden und beeinflusst den Bodenwassergehalt

Bodenwassergehalt mit permanentem Welkepunkt in versch. Versuchsvarianten während der Vegetationsperiode 2020 auf der Weilburger Grenze in 0-10 cm und 10-30 cm Bodentiefe

Weilburger Grenze 0–10cm



Weilburger Grenze 10–30cm





30.10.2021

17

Nährstoffgehalt verschiedener Mulchmaterialien bei 15 t TM ha⁻¹

Mulchmaterial	C/N-Verhältnis	Mittelwert N [%]	Mittelwert C [%]	N-Menge bei 15 t TM ha ⁻¹	C-Menge bei 15 t TM ha ⁻¹
Luzernegras	15,82:1	2,85	45,09	427,5 kg	6.763,5 kg
Wickroggen Erbsengemenge	25,2:1	1,85	46,62	277,5 kg	6.993,0 kg
Roggen	46,02:1	1,02	46,87	153,0 kg	7030,5 kg

Feldrotte verschiedener Mulchmaterialien

- Mulch wurde kontinuierlich abgebaut (Trockenmasse und Mulchschicht-Höhe)
- Luzernegras wurde am schnellsten abgebaut
- Roggenmulch am langsamsten
- C/N Verhältnis spielt bei Verrottungsprozess eine entscheidende Rolle

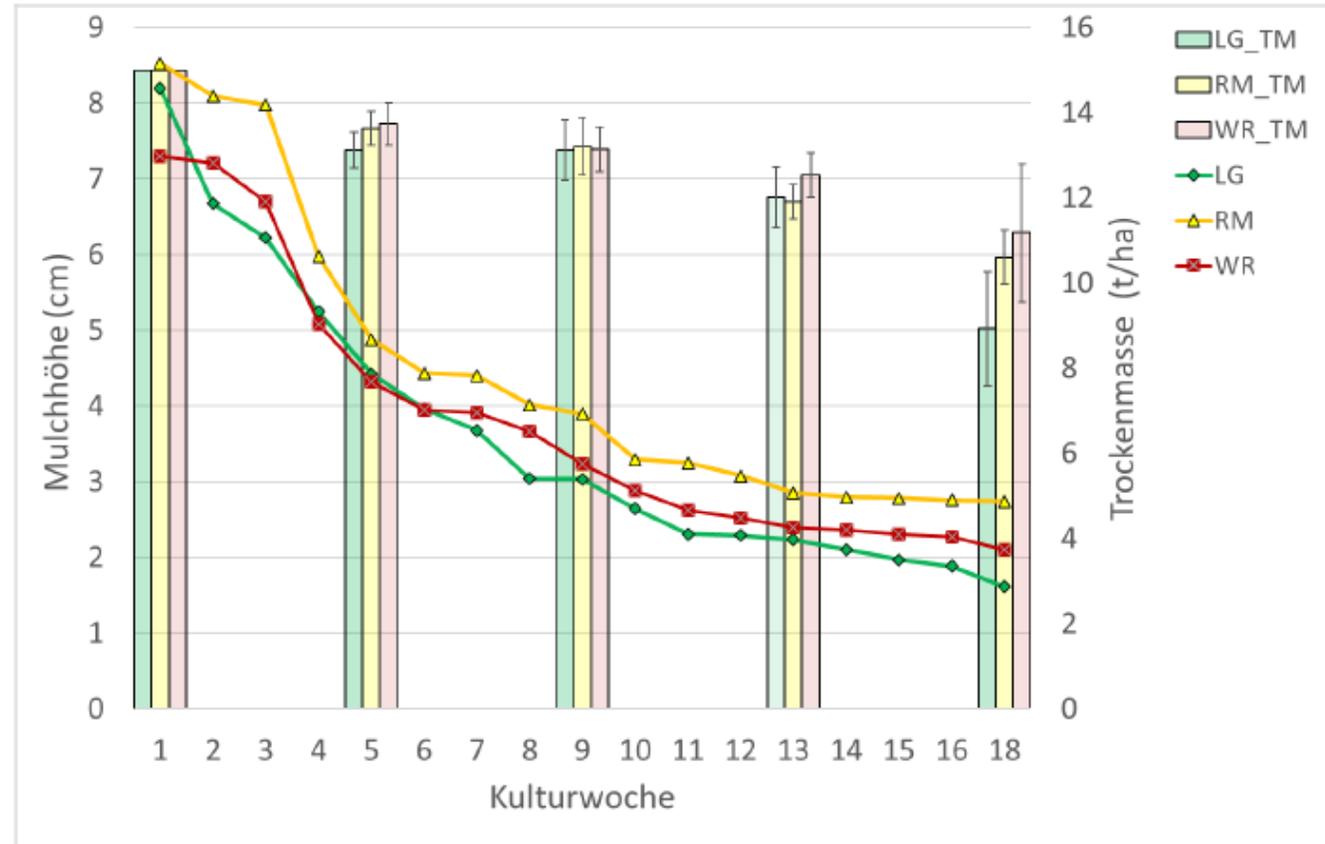
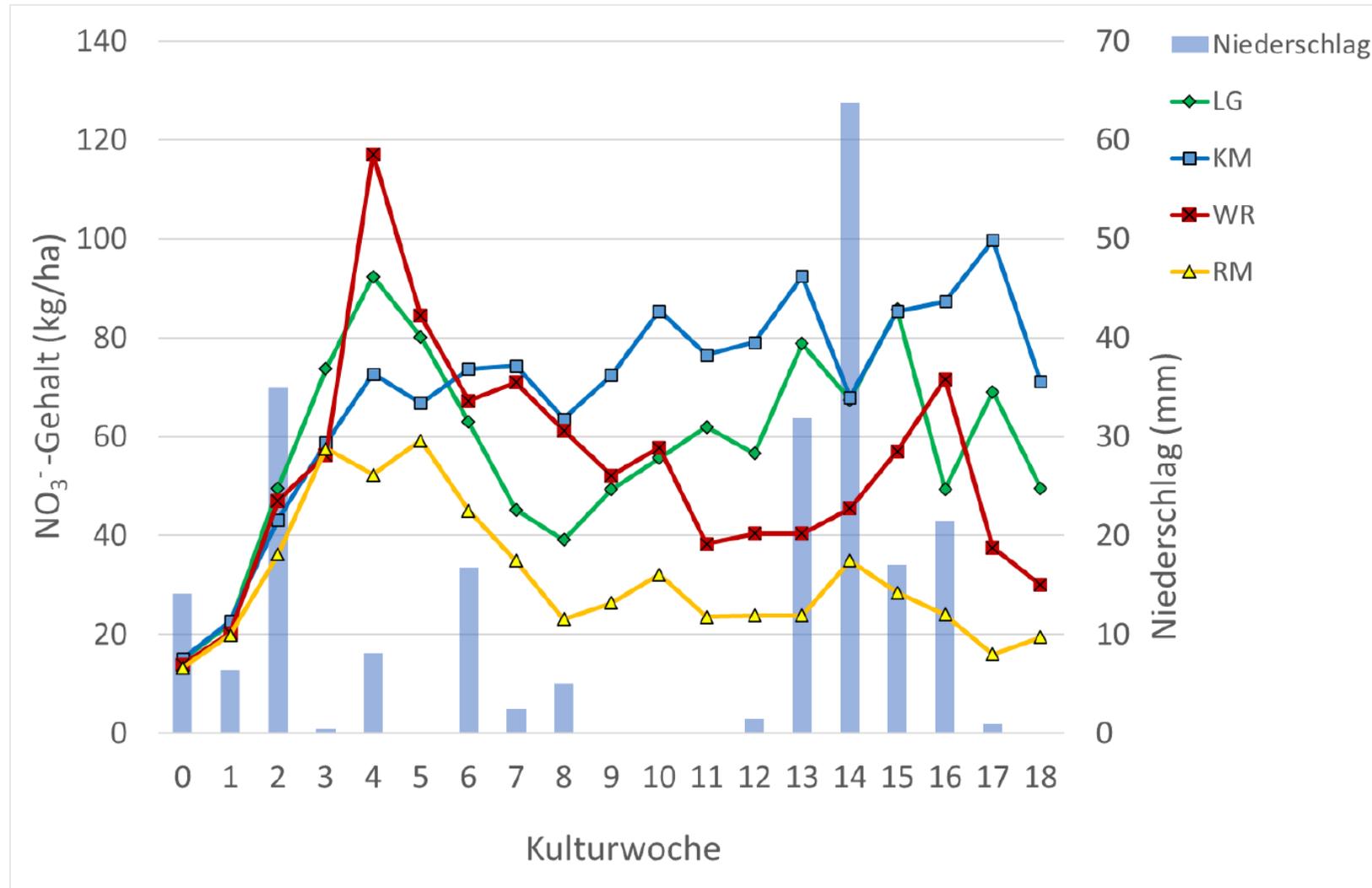


Abb. 16: Mulchhöhe (cm) und Trockenmasse (TM) des Mulches (t/ha) während der 18 Kulturwochen; KM = Kein Mulch, LG = Luzernegras, RM = Roggenmulch, WR = Erbse-Wickroggen.

Abbildung aus Master-Thesis von Christian Dyroff

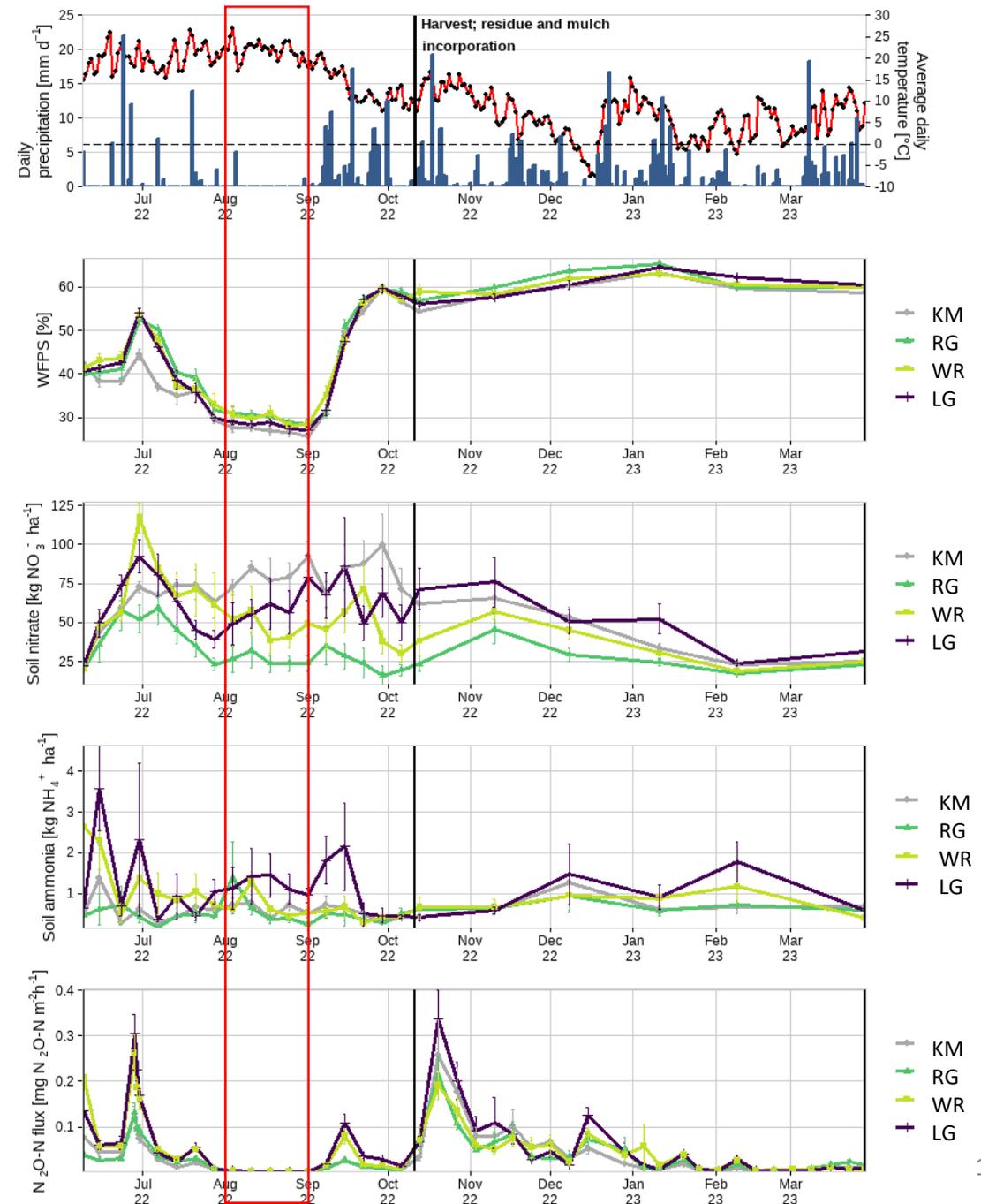
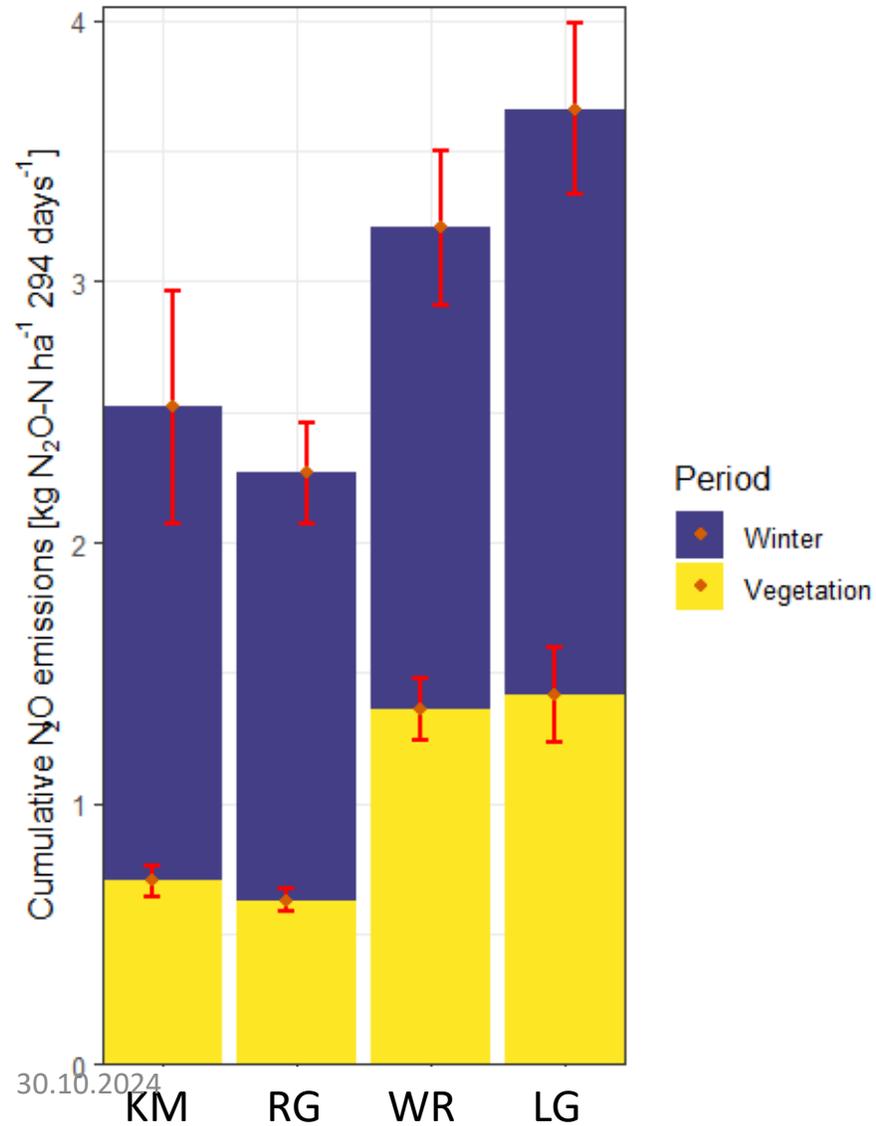
Nitratkonzentration im Boden während der Vegetationsperiode



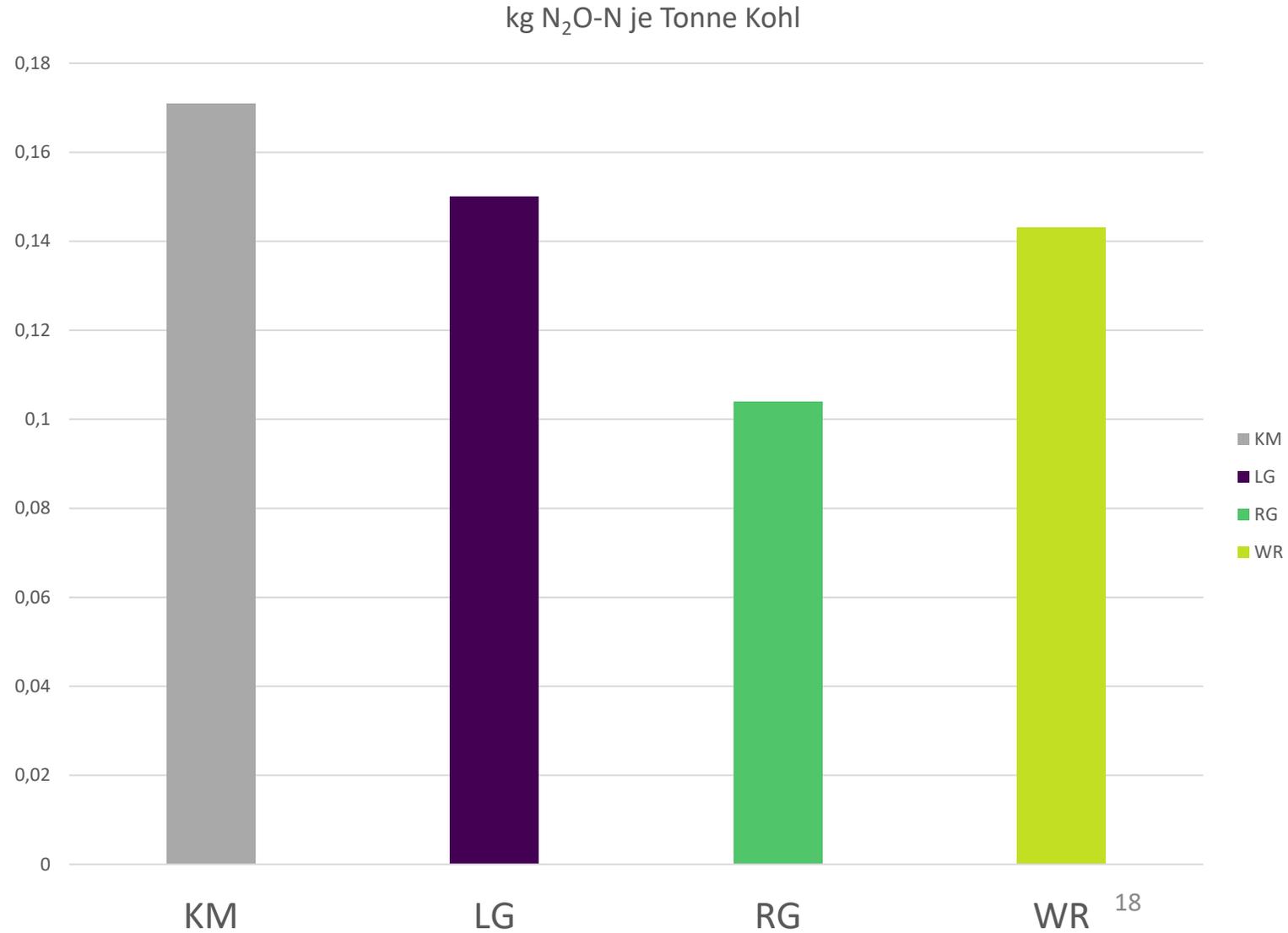
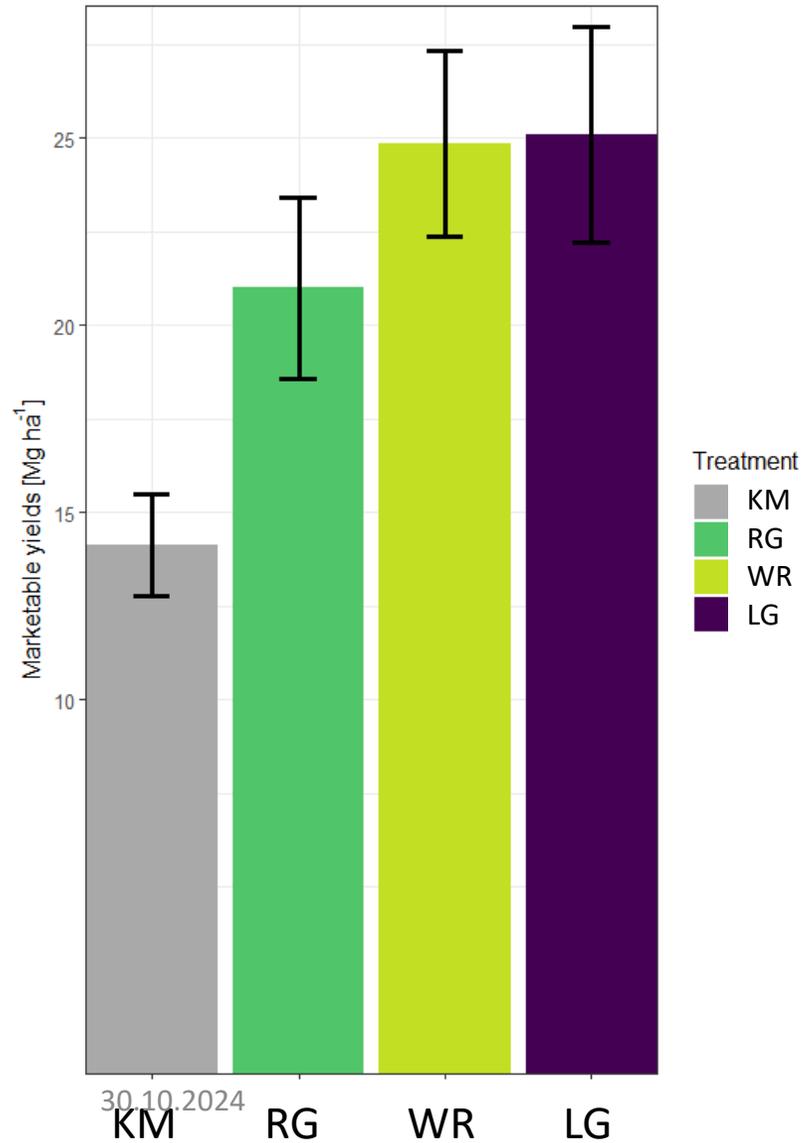




Flächenbezogene N_2O -Emissionen bei versch. Mulchmaterialien



Ertragsbezogene N₂O-Emissionen bei versch. Mulchmaterialien

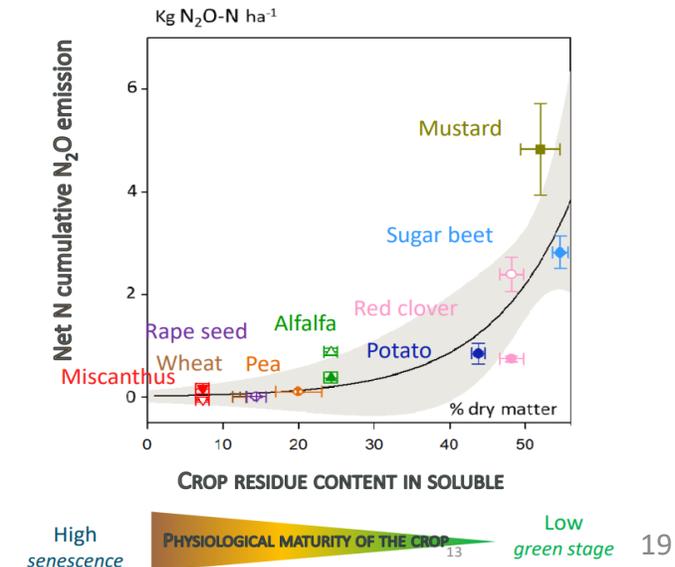
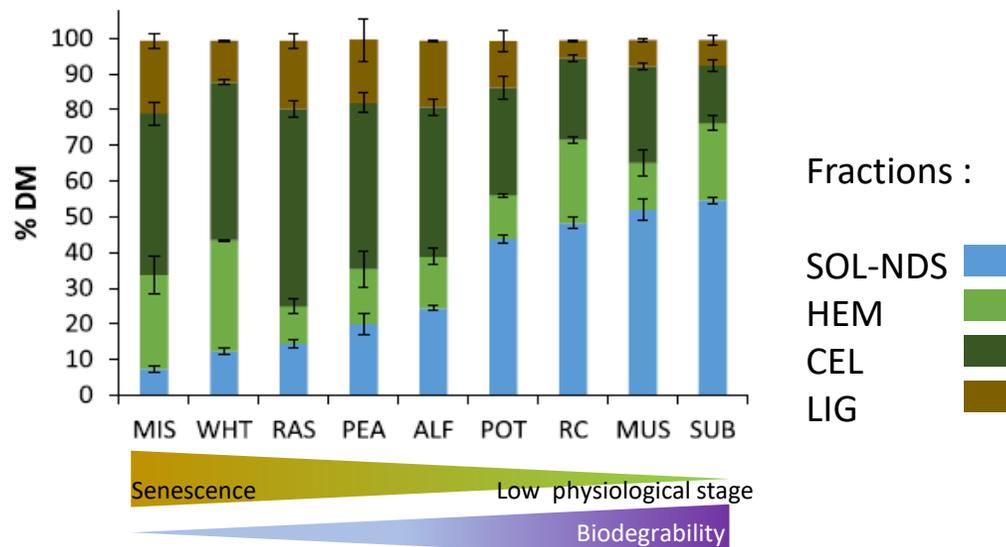


Diskussion zu N₂O-Emissionen

- N₂O Minderungsstrategien empfehlen die Einarbeitung von organischen Materialien mit weitem C/N-Verhältnis (Abalos et al. 2022)
- N₂O Emissionsminderung könnte durch N-Immobilisierung, erhöhte NUE und niedrigere Temperaturen unter Mulch erklärt werden
- Chemische Beschaffenheit von Pflanzenrückständen spielt eine entscheidende Rolle bei der N-Mobilisierung und N₂O-Emissionen

SUB = Zuckerrübe
 WHT = Weizen
 RAS = Raps
 POT = Kartoffel
 PEA = Erbse
 MUS = Senf
 RC = Rotklee
 ALF = Luzerne
 MIS = Miscanthus

30.10.2024







30.10.2024

21



- 36 Parzellen (3 Pseudoreplikate je Parzelle)
- In Summe 108 Bodenkerne je Beprobung
- Bodenkerne wurde unterteilt (-10; -30; -50; -70; -100 cm)
- In Summe 1080 Bodenproben (540 Proben in 2020 und 540 Proben in 2023)



Untersuchungsmethode Corg-Vorrat

- Bodenkerne wurden unterteilt in -10, -30, -50, -70 und -100 cm mit Korrekturfaktoren nach (Walter *et al.* 2016)
- Böden wurden nach DIN 11464 aufbereitet
- C_{org} - Analyse wurde auch DIN 19539 mit SoliTOC durchgeführt (Elementar Analysesysteme GmbH)
- Kohlenstoffvorräte (1m) wurden nach Methode M4 (Poeplau *et al.* 2017) berechnet.

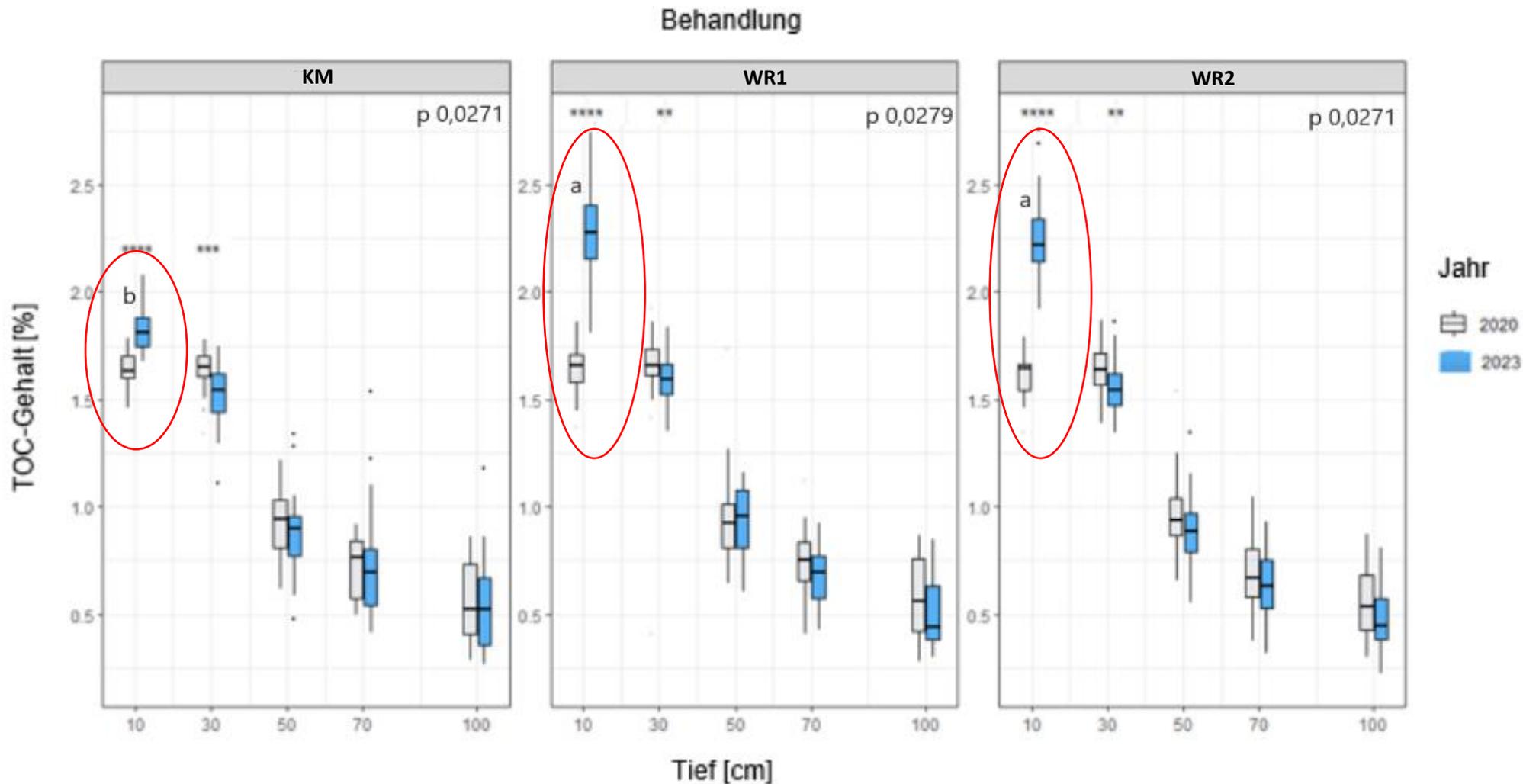
$$BD_{\text{fine soil}} = \frac{\text{mass}_{\text{sample}} - \text{mass}_{\text{rock fragments}}}{\text{volume}_{\text{sample}} - \frac{\text{mass}_{\text{rock fragments}}}{\rho_{\text{rock fragments}}}}$$

$$\text{SOC}_{\text{stock}_i} = \text{SOC}_{\text{con fine soil}} \times \text{BD}_{\text{fine soil}} \times \text{depth}_i \\ \times (1 - \text{rock fragments fraction})$$





TOC-Gehalt (%) im Feinboden



C_{org}-Vorratsänderungen



Variante/Jahr	C _{org} -Stock 0-10 cm (in t ha ⁻¹)	C _{org} -Stock 10-30 cm (in t ha ⁻¹)	C _{org} -Stock 30-50 cm (in t ha ⁻¹)	C _{org} -Stock 50-70 cm (in t ha ⁻¹)	C _{org} -Stock 70-100 cm (in t ha ⁻¹)	C _{org} -Stock 0-100 cm (in t ha ⁻¹)
KM/2020	19,94	43,73	25,06	19,82	22,98	131,53
KM/2023	22,07	40,91	23,50	19,29	22,13	127,91
WR1/2020	18,94	42,09	25,10	20,05	23,27	129,44
WR1/2023	26,44	40,88	25,26	18,35	20,68	131,60
WR2/2020	19,74	44,07	25,76	18,90	23,14	131,60
WR2/2023	27,37	41,71	23,98	17,49	20,17	130,71

KM	-3,62 t C _{org}	-9,2 ‰ ha ⁻¹ a ⁻¹
WR1	+2,15 t C _{org}	+5,5 ‰ ha ⁻¹ a ⁻¹
WR2	-0,89 t C _{org}	-2,3 ‰ ha ⁻¹ a ⁻¹

+1,4 ‰ ha⁻¹ a⁻¹

Diskussion und Schlussfolgerung zu C_{org}

- Hohe Mengen von Ernterückständen auf dem Feld erhöhen den C_{org} -Anteil im Oberboden (Abalos *et al.* 2022)
- Positive Primingeffekte könnten zur C_{org} -Minderung im Unterboden führen
- Die Lagerungsdichte hat einen großen Einfluss auf die Kohlenstoffvorräte (Poeplau *et al.* 2017)
- Die Anwendung der gleichen Lagerungsdichte oder “equivalent soil mass” (ESM) ist unumgänglich.



Schlussfolgerungen:

- Mulchanwendung hat das Potenzial THG Emissionen einzusparen und C-Vorräte aufzubauen
- Langzeitversuche und mikrobielle Untersuchungen sind notwendig um die N und C-Dynamik nachvollziehen zu können

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass

- die Bodenfeuchtigkeit im Mulch höher ist
- die Bodentemperaturen im Mulch niedriger und stabiler sind
- die Pflanzen im Mulch besser wachsen, und zu höheren Erträgen führen
- Mulchmaterialien mit einem C/N-Verhältnis <30 erhöhen die flächenbez. N₂O-Emissionen
- Weites C/N kann N₂O-Emissionen tendentiell senken
- C und N-Dynamik ist nicht voll nachvollziehbar und benötigt weiterer Untersuchungsparameter

Vorteile:

- Verringerung der Evaporation
- Effiziente Unkrautunterdrückung
- Erhöhte Pflanzengesundheit
- Ertragsstabilität und Tendenz zu größeren Marktfrüchten / höheren Erträgen
- Erosionsschutz und Humusreproduktion
- Höhere Klimaresilienz

Herausforderungen:

- Die benötigte Menge an organischem Mulchmaterial (15 t TM ha⁻¹) kann nicht vollständig auf der zu mulchenden Fläche produziert werden
- Der Anbau im Mulch bedarf spezieller Maschinen
- Hohe Investitionskosten
- Anfangs langsames Wachstum wärmeliebender Jungpflanzen
- (Potentiell höhere Treibhausgasemissionen bei Materialien mit C/N <30)



Professur für Ökologischen
Landbau mit dem Schwerpunkt
der nachhaltigen Bodennutzung

JUSTUS-LIEBIG-
UNIVERSITÄT
GIESSEN

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Bryan.Dix@agrar.uni-giessen.de

Tel.: +49 641 99-37743

^{30.10.2024}
<https://www.uni-giessen.de/fbz/fb09/institute/pflbz2/oekolandbau>



Gibt es bis hierher Fragen?



JUSTUS-LIEBIG-
UNIVERSITÄT
GIESSEN

Kohlenstoffsequestrierung in einem Auengley-Vega-Boden nach drei Jahren Feldgemüsebau im Kombi-Mulch-Verfahren

Dix, B. A.¹; Hauschild, M. E.¹; Niether, W.¹; Gauly, S. K.¹ & Gattinger, A.¹

Professur für Ökologischen Landbau, JLU Gießen, Karl-Glöckner-Str. 21 C, 35394 Gießen, Deutschland

<http://www.uni-giessen.de/oekolandbau>





Bedeutung von Bodenkohlenstoff

- SOC hat einen **positive Einfluss** auf bodenphysikalische, -chemische und -biologische Eigenschaften (Amelung *et al.* 2018)
- “SOC gilt als **Garant der Bodenfruchtbarkeit** und Substrat für das Bodenbiom. (Kögel-Knaber 2009, p.11)
- Böden sind nach den Ozeanen die größten **Kohlenstoffreservoir** der Welt (Lal 2004).
- SOC bis in 1 m Tiefe hat einen enormen Einfluss auf die Dynamik des **globalen Kohlenstoffkreislaufs** (Lal 2004)
- Die "**4 per mille**" Initiative (Paris World Conference in 2015) konkretisiert dessen Bedeutung für die Klimamitigation.



<https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/soil-carbon-storage-84223790/>



Exaktversuch „Weilburger Grenze“

Vollrandomisierter Parzellenversuch

- 3 Gemüsekulturen (Weißkohl, Hokkaidokürbis, Zuckermais)
- Wickroggen-Erbsengemenge als Zwischenfrucht (ZW)
- 4 (12) Wiederholungen
- 36 Parzellen, Größe = ca. 60 m²

Fruchtfolge

ZW* – W. Kohl – ZW* – Mais – ZW* –
Hokkaidokürbis

Gemüsekulturen	Varietät	Düngung
W. Kohl	Korsuma RZ F1	220 kg N ha ⁻¹
Hokkaidokürbis	Fictor	120 kg N ha ⁻¹
Mais	Damaun	140 kg N ha ⁻¹



Behandlungen im Exaktversuch

MB1 (Nehmerfläche)

Kombi-Mulch-Verfahren

- *In situ* produziertes Mulchmaterial
- + aufgestreutes externes Mulchmaterial
- Bodenbearbeitung vor Aussaat der Zwischenfrucht

MB2 (Nehmerfläche)

Kombi-Mulch-Verfahren + Bodenbearbeitung

- *In situ* produziertes Mulchmaterial wird aufgeladen und nach Bodenbearbeitung nachgestreut
- Bodenbearbeitung vor Aussaat der Zwischenfrucht und vor Pflanzung

O (Geberfläche)

Kontrolle (Geberfläche)

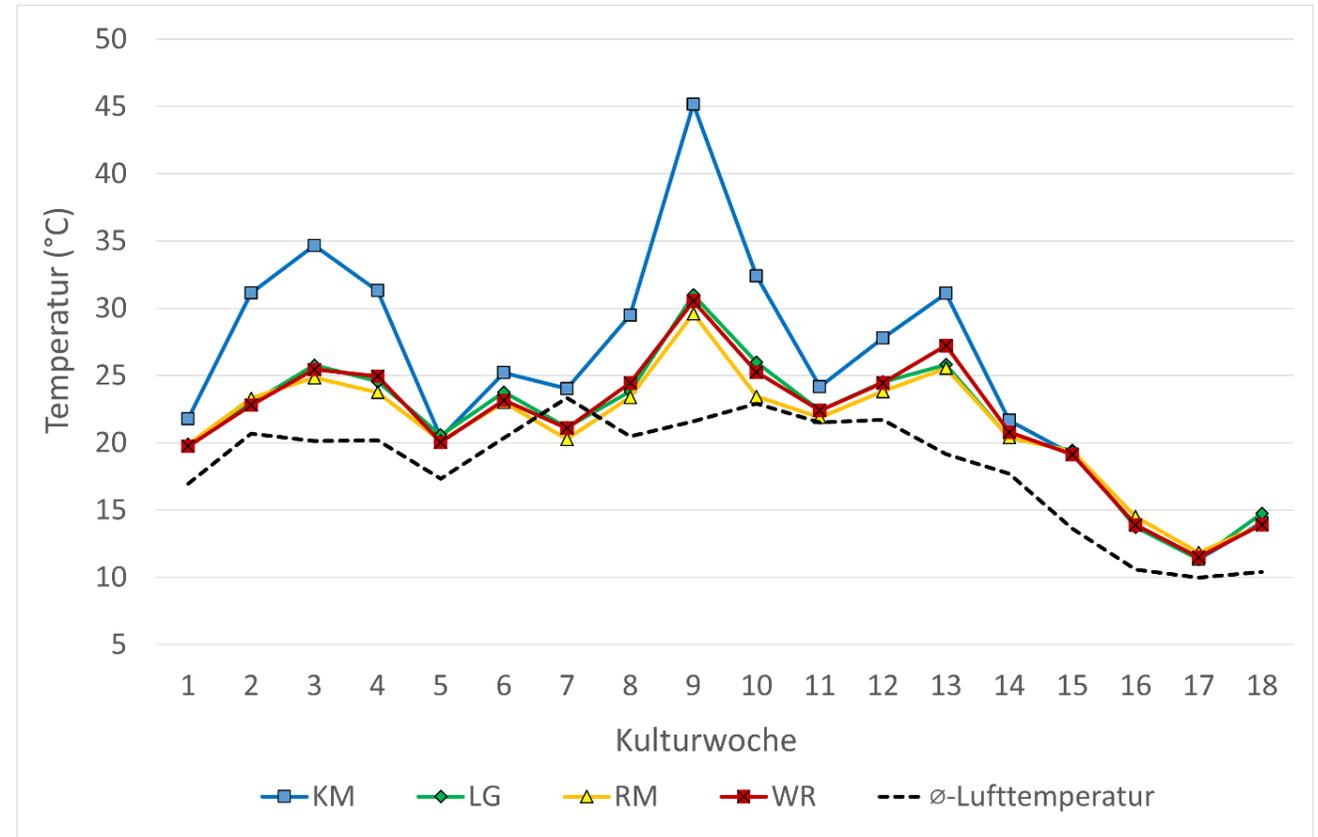
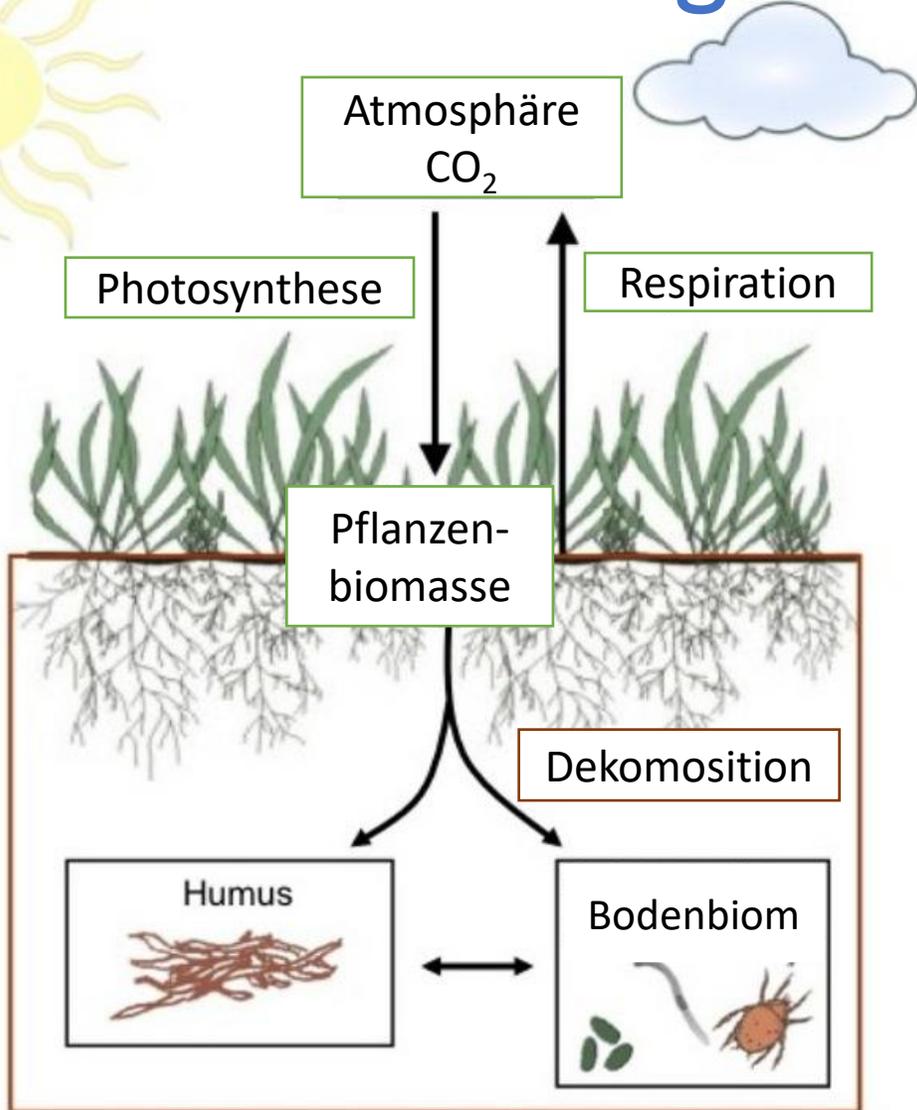
- *In situ* produziertes Mulchmaterial wird abgetragen
- Bodenbearbeitung vor Aussaat der Zwischenfrucht und vor Pflanzung

16 t TM ha⁻¹ a⁻¹ (7 t C_{org} ha⁻¹ a⁻¹)
C/N-Verhältnis: 25/1





Bodenmanagement = SOC Management



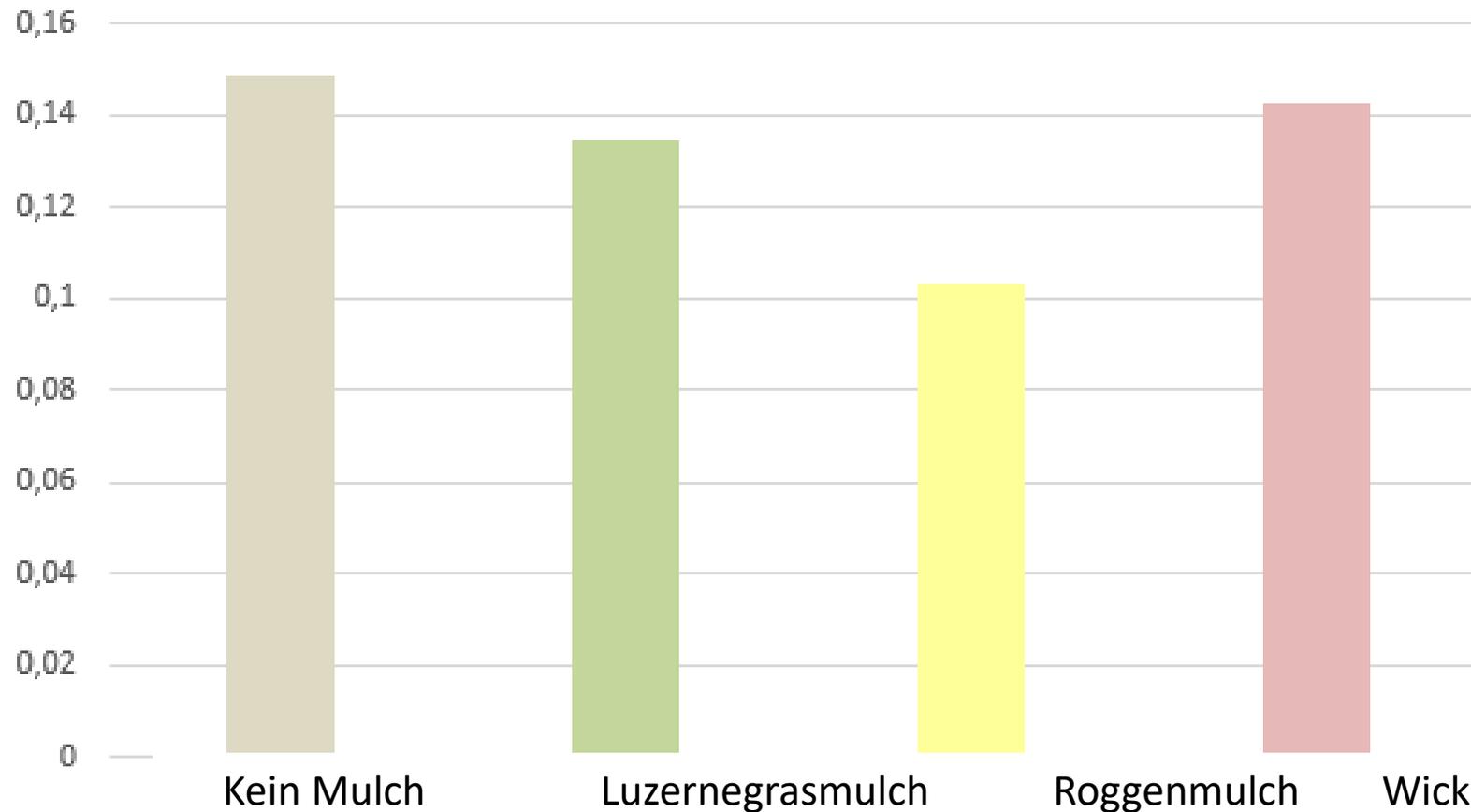
Mulchen führt zu höheren Erträgen



30.10.2024

37

kg N₂O-N emissionen pro Tonne Kohl



■ KM
■ LG
■ RM
■ WR

NONM, with
 0.171±0.06 kg N₂O-
 N Mg-1 FM-1 ,
 followed by AFGM,
 VRPM, and RYEM
 at 0.150±0.03,
 0.143±0.04, and
 0.104±0.04 kg N₂O-
 N Mg-1 FM-
 1 respectively wozu
 das?
 wozu das?

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass

- die Bodenfeuchtigkeit unter Mulch höher ist
- die Bodentemperaturen unter Mulch niedriger und stabiler sind
- die Pflanzen im Mulch besser wachsen die Erträge jedoch zwischen den Systemen vergleichbar hoch sind (bei guten Bedingungen)

→ Gesteigerte Klimaresilienz

- Roggenmulch die Treibhausgasemissionen nicht erhöht, sogar tendentiell senken kann
- N₂O-Emissionen im Winter gemindert werden können
- Die Emissionsfaktoren nach IPCC für Ernterückstände überschätzen die N₂O-Emissionen für die Anwendung von Roggen als Mulchmaterial
- Mulchmaterialien mit einem C/N-Verhältnis <30 die N₂O-Emissionen erhöhen können
- N-Dynamik nicht voll nachvollziehbar ist und weiterer Untersuchungsparameter benötigt