

Wissenschafts-Dialog 2026 – Bundesnetzagentur – 22. – 23. September Bonn

Bodenkundliche Baubegleitung im Stromnetzausbau: Schützen, steuern, sanieren – wie wirksam ist der Bodenschutz in der Baupraxis?



'Bodenschutz in der Baupraxis' im Blickpunkt der Wissenschaft Andreas Lehmann

Ausgewählte Titel zum Bodenschutz beim Bau peer-reviewter Zeitschriften bis 2020:

J. L. B. Culley, B. K. Dow, E. W. Presant, A. J. Mac Lean (1982):

Recovery of productivity on Ontario soils by an oil pipeline installation. Canadian Journal of Soil Science



T. Batey (2015): **The installation of underground pipelines: effects on soil properties.** Soil Use and Management



P. Shi, Y. Huang, H.-B. Chen, Y.-F. Wang, J. Xiao, L.-D. Chen (2015):

Quantifying the Effects of Pipeline Installation. Agronomy, Soils & Environmental Quality



A.W. Fedkenheuer (2000): **Reclamation of Pipeline Disturbances.** American Society of Agronomy



B. Stock, J. Rinklebe, A. Skowronek (2014): **Bodenschutz bei Baumaßnahmen:**

derzeitiger Stand und aktuelle Herausforderungen Die Bodenkultur



Ausgewählte Titel zum Bodenschutz beim Bau peer-reviewter Zeitschriften ab 2020 bis heute:

R. Horn, A. Mordhorst, H. Fleige (2021): **Consequences of gas pipeline hauling on changes in soil properties over 3 years.** Soil Use and Management



Th. Brehm, S. Culman (2022):

Pipeline installation effects on soils and plants: A review and quantitative synthesis Soil Science of America Journal



Th. Brehm, S. Culman (2023):

Soil degradation and crop yield declines persist 5 year after pipeline installations Soil Science of America Journal

J. Trenz, J. Ingwersen, A. Schade, E. Memic, J. Hartung, S. Graef-Hönniger (2025):

Unveiling the effects of construction measures and heat emissions from underground power cables on maize growth and yield. Soil & Tillage Research

J. Trenz, J. Ingwersen, A. Schade, E. Memic, J. Hartung, J. Hartung, S. Graef-Hönniger (2025):

Impact of construction measures and heat emissions from the operation of underground power cables on spelt (*Triticum spelta* L.) growth and yield. Journal of Agriculture and Food Research



J. Ingwersen, A. Schade, A. Lehmann, J. Trenz, M. Schreiber, Ch. Drefke, H. Schramm, Ch. Bidlingmaier, S. Graef-Hönniger, Th. Streck (2026):

Field Studies on the Influence of High-Voltage Direct Transmission Underground Cable on Soils Along the SuedLink Route in Southwest Germany. Journal of Plant Nutrition Science and Soil Science

Culley et al. (1982):



Recovery of productivity on Ontario soils by an oil pipeline installation. Canadian Journal of Soil Science

Bau:

- 842 km Pipeline im Süden Kandas
- Bau 9/1975-3/1976, N=26
- hohe Diversität bei Böden und Witterung
- Keine Oberbodentrennung
- keine Vorgaben zum Bodenschutz

Versuchsansatz:

Ertragserhebungen mit Wiederholungen

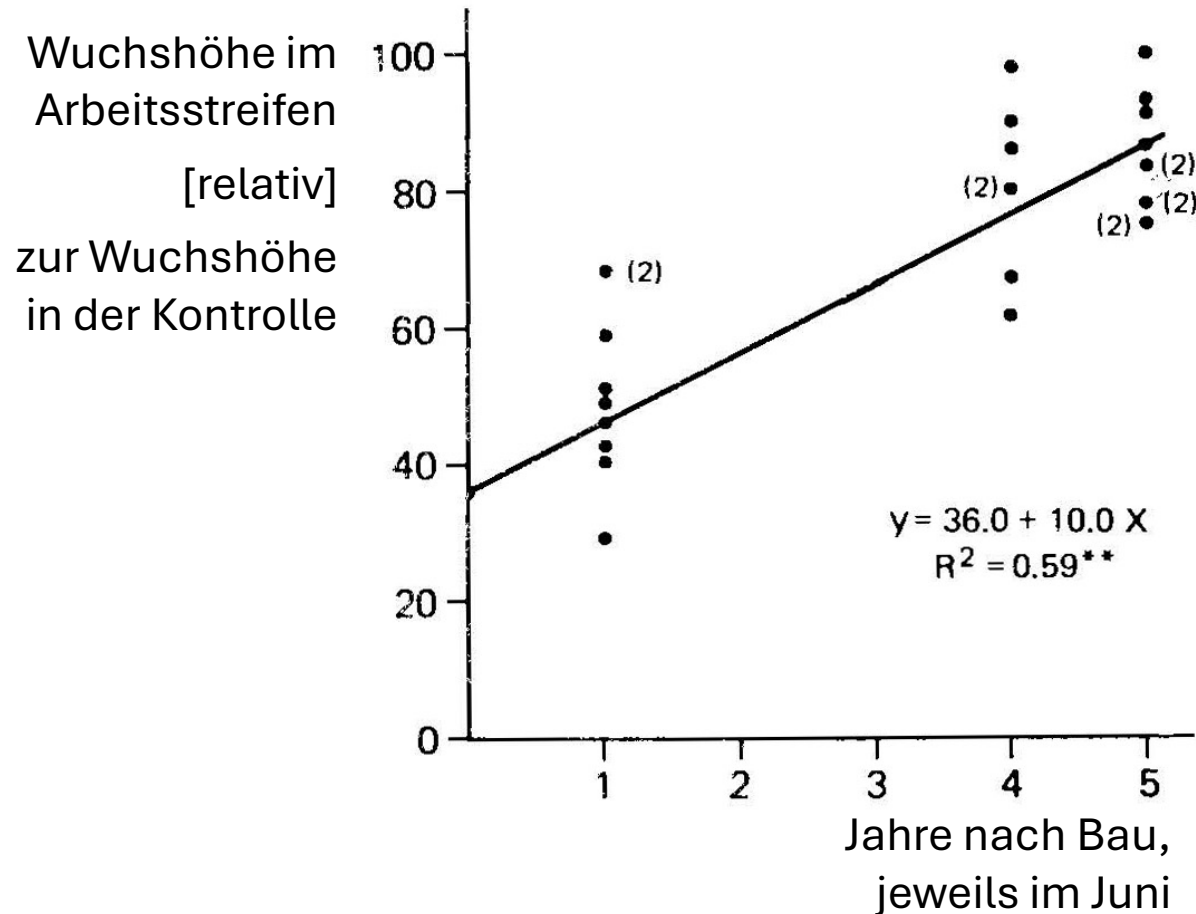
über Rohrgraben, Arbeitsstreifen, Kontrolle, im 1., 2., 3., 4., 5. Jahr

Culley et al. (1982):



Recovery of productivity on Ontario soils by an oil pipeline installation. Canadian Journal of Soil Science

Ergebnisse:

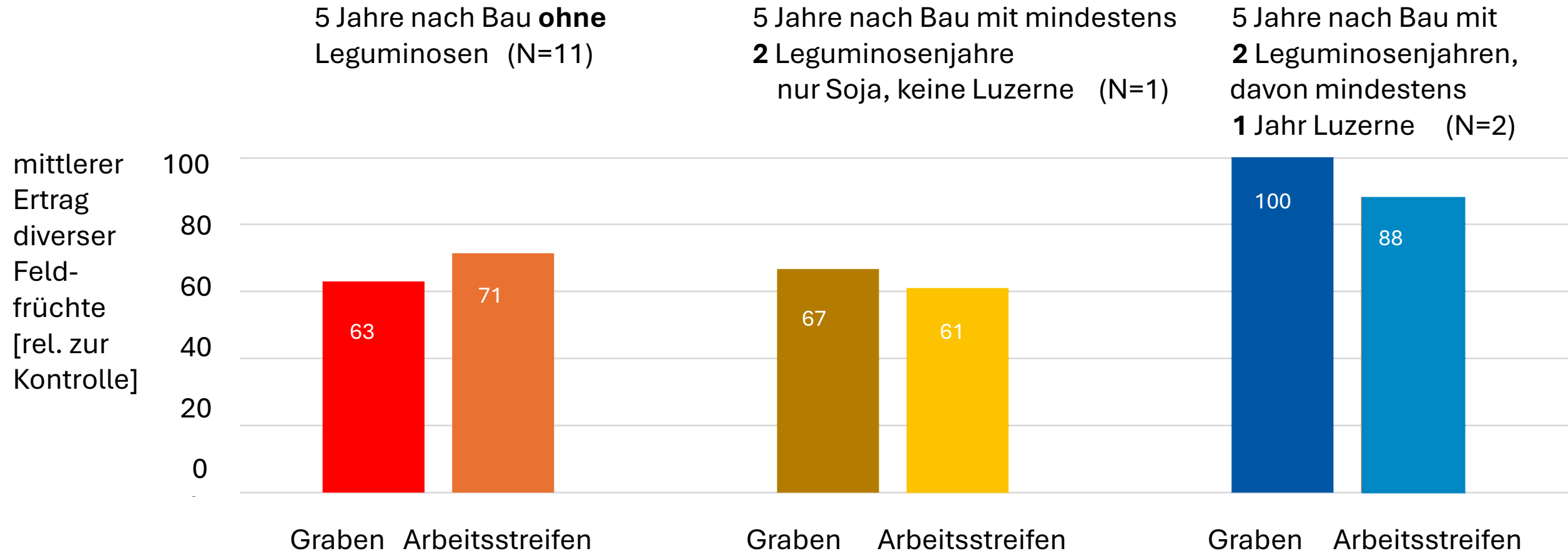


Culley et al. (1982):

Recovery of productivity on Ontario soils by an oil pipeline installation. Canadian Journal of Soil Science



Ergebnisse:



Batey (2015): The installation of underground pipelines: effects on soil properties

Zielsetzung, Methode

Zusammenfassung der Erfahrung von mehr als 60 Untersuchungen aus den Jahren 1977 bis 2012, Dokumentation der Technik des Pipelinebaus, auch des samt Oberbodenabtrags und der Mietenerstellung.

Ergebnisse

- Vermeidungsmaßnahmen gegen Bodenverdichtungen sind keine praktikable Option beim Leitungsbau
- der Pipelinebau beschränkt sich normalerweise auf den Zeitraum von April bis Oktober
- es ist gute Praxis, bei starkem Regen die Arbeit zu unterbrechen, was jedoch selten gemacht wird
- bei tiefreichendem schlammigen Boden wird dieser beiseite geschoben und als flache Schicht über die Arbeitsbreite verteilt, damit der Schlamm entwässert und trocknen kann

Remediation

Die zwei wichtigsten Punkte bei der Rekultivierung nach Pipelinebau:

- Reparatur fehlerhaft wiederhergestellter Drainagen
- Lockerung von verdichtetem Unterboden

Schlussfolgerungen

- Verdichtungen des Unterbodens unbedingt vor dem Wiederauftrag des Oberbodens lockern

P. Shi, Y. Huang, H.-B. Chen, Y.-F. Wang, J. Xiao, L.-D. Chen (2015):



Quantifying the Effects of Pipeline Installation. Agronomy, Soils & Environmental Quality. **China**

Bau:

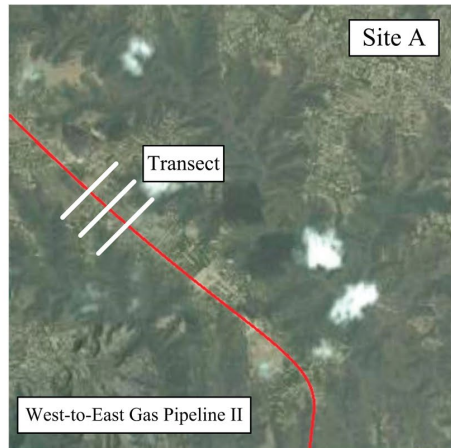
drei Erdgas-Pipelines ($\varnothing$ 102, 71, 41 cm) in West-China (s. Abb.)
2, 6, 8 Jahre nach Bau in 2004, 2010, 2012

Versuchsanlage:

neun Transekte an drei Orten

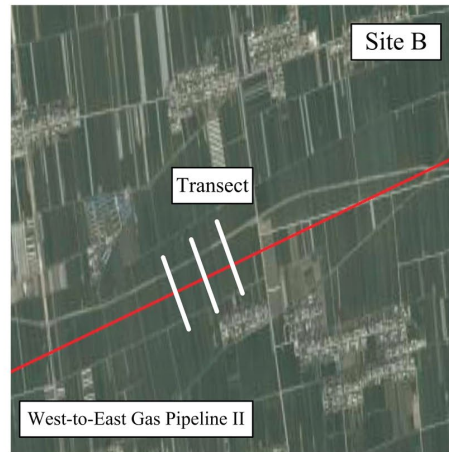
Messung und Auswertung:

Ertragserhebungen und Varianzanalyse



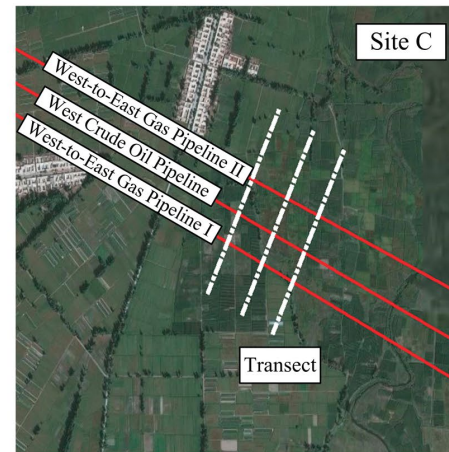
Lößböden

8,8°C, 482 mm



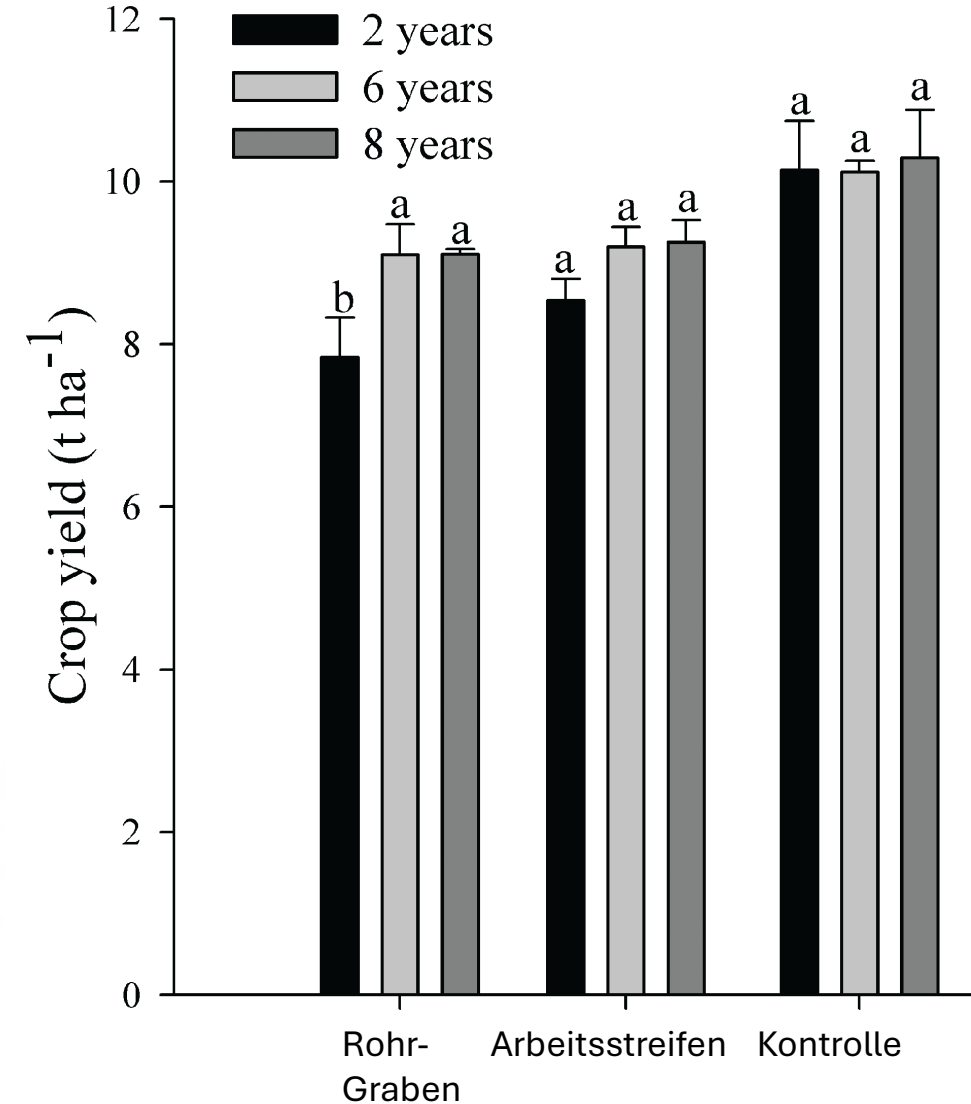
sandig-lehmige Böden

13,6°C, 614 mm



gebleichte Sandböden

7°C, 130 mm





Aussagen und Forderungen:

Bei Baumaßnahmen kann der Boden unmittelbar präventiv geschützt werden.

In der Planungsphase sind die benötigten Lager-, Arbeits- und Bewegungsräume realistisch darzustellen.

Eine direkte Befahrung des B-Horizontes ist dringend zu vermeiden.

Eingrünung des Oberbodens kann stabilisierend und schützend wirken.

Die Grenzen des Zulässigen müssen gezogen und eine Überschreitung in der Baupraxis verhindert werden.

Zu praktikablen Bewertungsmethoden und zu kompensatorischen Hilfsmaßnahmen wird noch erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf gesehen.

Die verpflichtende, bedarfsgerechte Hinzuziehung von Bodenexperten zu ausgewählten Bauvorhaben könnte hoheitlich geregelt werden.

Zur Erreichung des individuellen Wollens und Könnens muss ein Bewusstsein für die Umweltrelevanz des Bodens beim Bauen geschaffen werden.

Für eine angemessene Qualifikation der Beteiligten ist eine dauerhafte Etablierung des Themas in Forschung, Lehre und Ausbildung gefordert.

B. Horn, A. Mordhorst, H. Fleige (2021): Consequences of gas pipeline hauling on changes in soil properties over 3 years

Soil Use and Management



Bau:

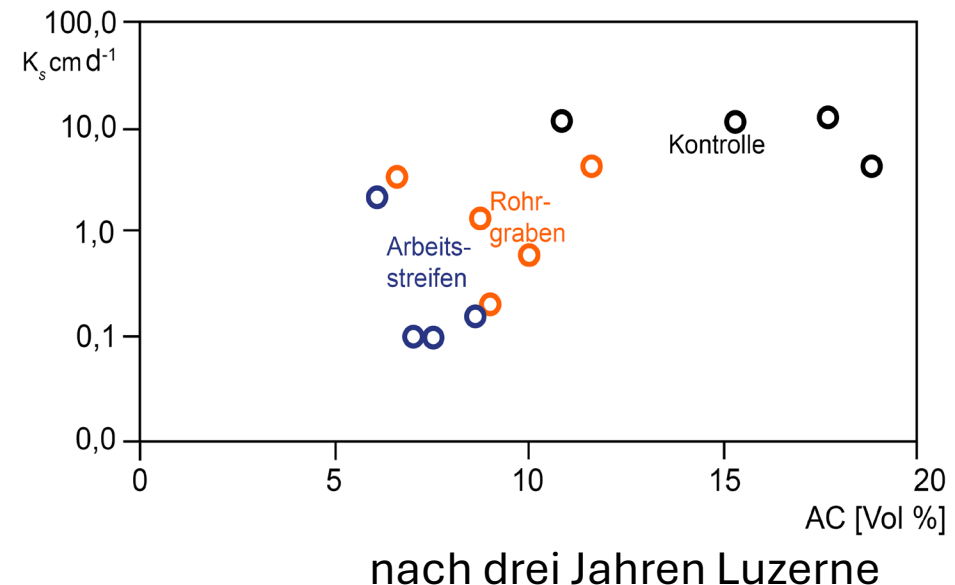
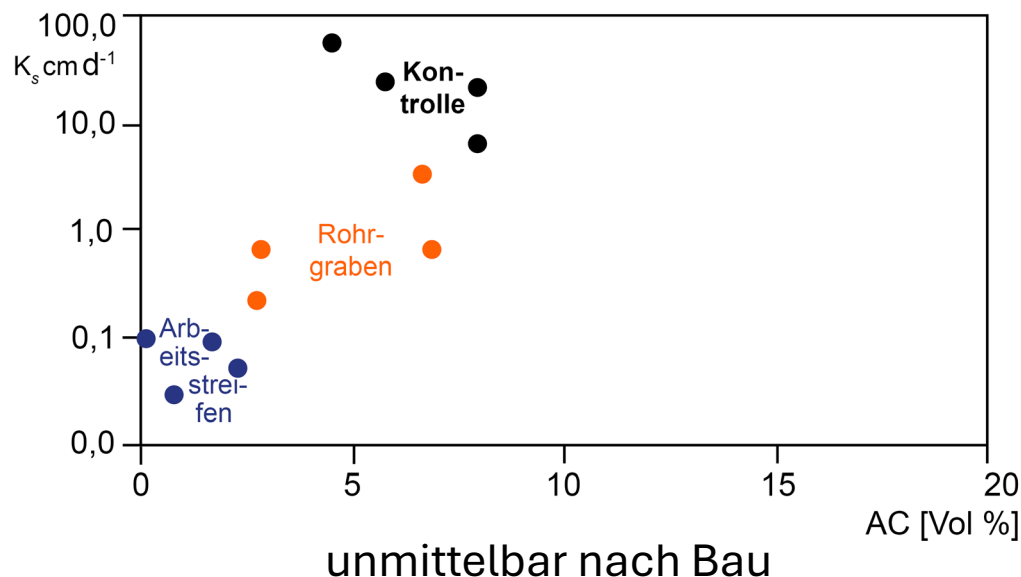
Pipeline in 2011 in Mecklenburg-Vorpommern, 8,1°C Jahresmitteltemperatur, 560 mm Jahresniederschlag (2011: 800 mm, davon über 250 mm im Juli und August), 56-67% Sand und 8 bis 19 % Ton

Versuchsansatz:

Beprobung mit 388 Stechzylinder in 50 und 80 cm Tiefe unmittelbar nach Bau und nach 3 Jahren Luzerneanbau

Messung und Auswertung:

hydraulische Leitfähigkeit (K_s), Lagerungsdichte, pF-WG-Kurve, auch Luftkapazität (AC)



Theresa **Brehm**, Steve Culman (2022):



Pipeline installation effects on soils and plants: A review and quantitative synthesis

Soil Science of America Journal

Core Ideas

34 Studien zu den Auswirkungen des Pipelinebaus auf Böden und Pflanzen wurden ausgewertet:

- der Pipelinebau verursacht anhaltende Bodenbeeinträchtigungen für Jahre oder Jahrzehnte
- Bodenverdichtung und Durchmischung der Bodenhorizonte schränken Bodenfunktionen ein
- 21 von 34 Studien berichteten von verringerten Pflanzenbiomassen nach dem Pipelinebau

Theresa **Brehm**, Steve Culman (2023):



Soil degradation and crop yield declines persist 5 year after pipeline installations

Soil Science of America Journal

Core Ideas

drei Pipelines wurden 5 Jahren nach Installation in Ohio auf 29 Farmen bewertet:

- Bodenbeeinträchtigungen bestanden länger als vorgesehen, das zeigten insbesondere bodenphysikalische Parameter
- der Körnermaisertrag lag 2020 und 2021 im Arbeitsstreifen um 24% und 20% unter dem der Kontrolle
- der Sojabohnenertrag lag 2020 und 2021 im Arbeitsstreifen um 7% und 13% unter dem der Kontrolle
- auch optimierter Pipelinebau und Rekultivierung konnten Bodenbeeinträchtigungen nicht vermeiden

J. INGWERSEN, A. Schade, A. Lehmann, J. Trenz, M. Schreiber, Ch. Drefeke, H. Schramm, Ch. Bidlingmaier, S. Graeff-Hönninger, Th. Streck, K. Wieland (2026): **Field Studies on the Influence of High-Voltage Direct Transmission Underground Cables on Soils Along the SuedLink route in Southwest Germany** SuedLink

J of Plant Nutrition and Soil Science

J. **Trenz**, J. Ingewersen, a. Schade, E. Memic, J. Hartung, S. Graeff-Hönninger (2025): Unveiling the effects of construction measures and heat emissions from underground power cables on maize growth and yield. Soil & Tillage Research

J. **Trenz**, J. Ingewersen, a. Schade, E. Memic, J. Hartung, S. Graeff-Hönninger (2025): Impact of construction measures and heat emissions from the operation of underground power cables on spelt (*Triticum spelta* L.) growth and yield. J of Agriculture and Food Research

Bau:

Erdkabelsimulation in 2021 an vier Orten in Südwestdeutschland, 8,1-10,7°C Jahresmitteltemperatur, 625-728 mm

Versuchsanlage:

vierortige Spaltanlage mit 24fach wiederholter Kontrolle, dreifach wiederholt: Kaltgraben und Warmgraben, Rückverdichtung der Kabelgräben mit Grabenwalze und Baggerschaufel, Kabelbettung in Sand und Bodenmaterial, alle Standorte über drei Versuchsjahre, zwei weitergeführte Standorte sind aktuell im fünften Versuchsjahr
Simulation eines Erdkabelbetriebs mit 100% Auslastung und einer Verlustwärme von 32 Watt m⁻¹

Messung und Auswertung:

aufwändige Erfassung von Klima-, Boden- und Pflanzenparametern, Praxisbewirtschaftung

J. INGWERSEN et al. (2026)

Kochendorf
Parabraunerde aus Löss



Tu3
35% Ton

T: Jahresmitteltemperatur
N: Jahresniederschlag

Boxberg
Braunerde-Terra fusca aus Muschelkalk



Tu2
55% Ton

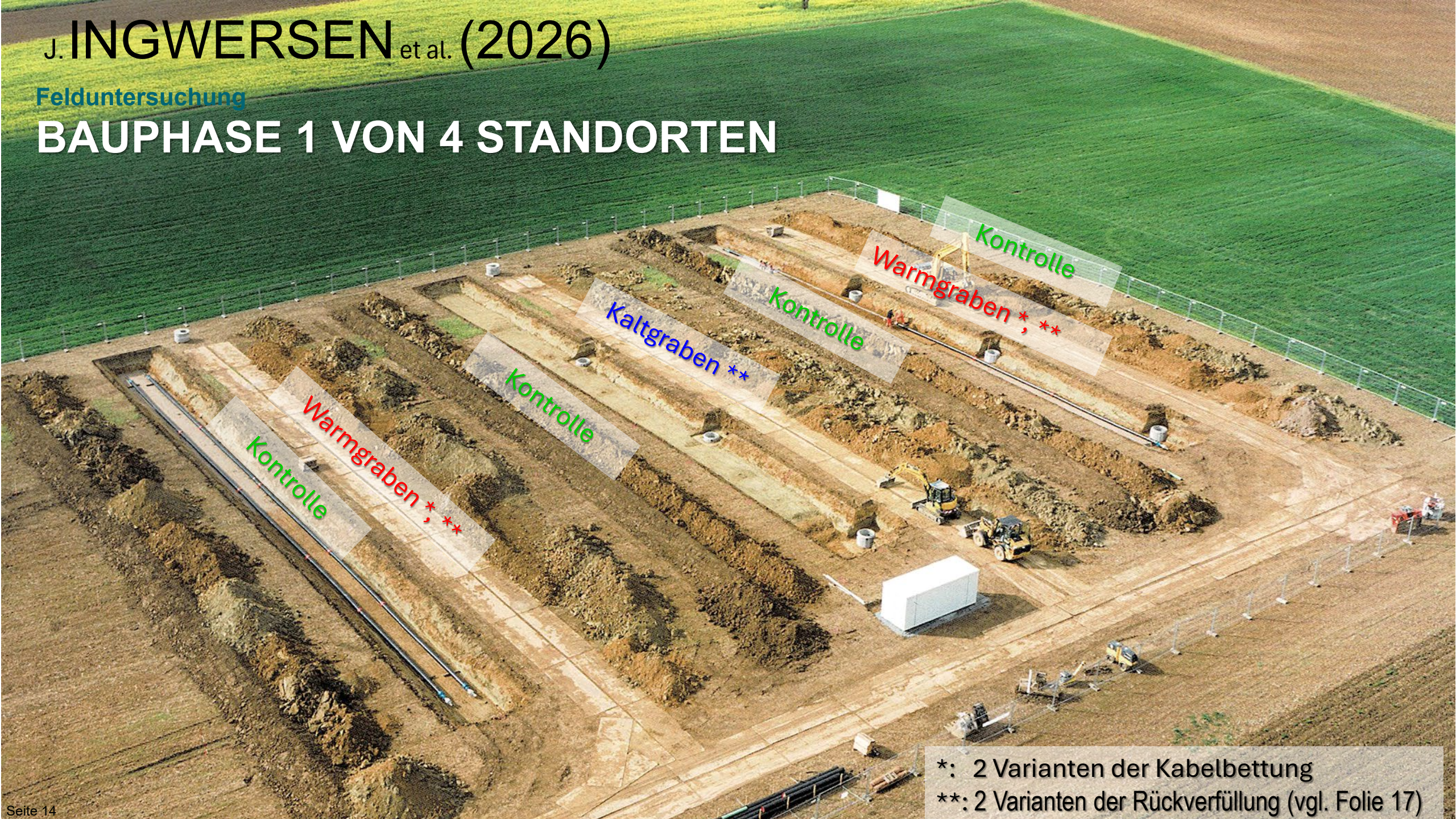
J. INGWERSEN et al. (2026)

Felduntersuchung

BAUPHASE 1 VON 4 STANDORTEN



BAUPHASE 1 VON 4 STANDORTEN



Kontrolle

Warmgraben *, **

Kontrolle

Kaltgraben **

Kontrolle

Warmgraben *, **

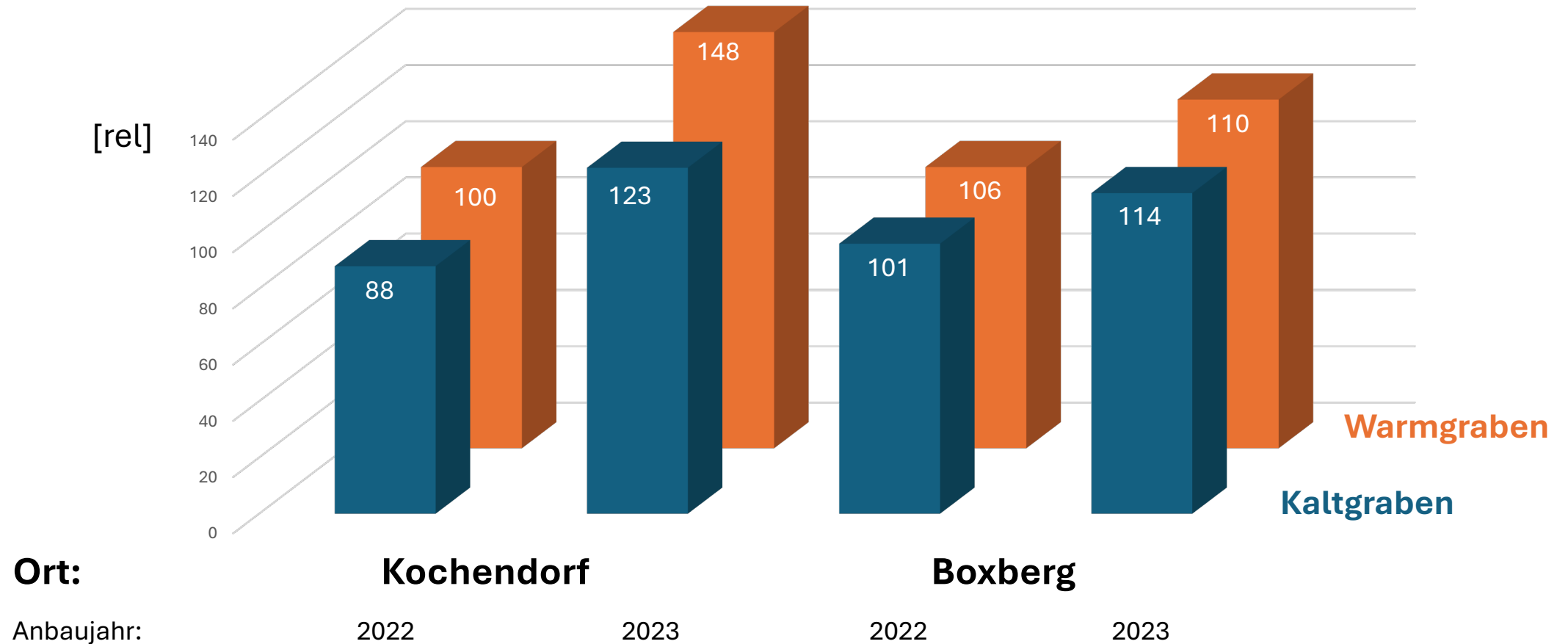
Kontrolle

*: 2 Varianten der Kabelbettung
**: 2 Varianten der Rückverfüllung (vgl. Folie 17)

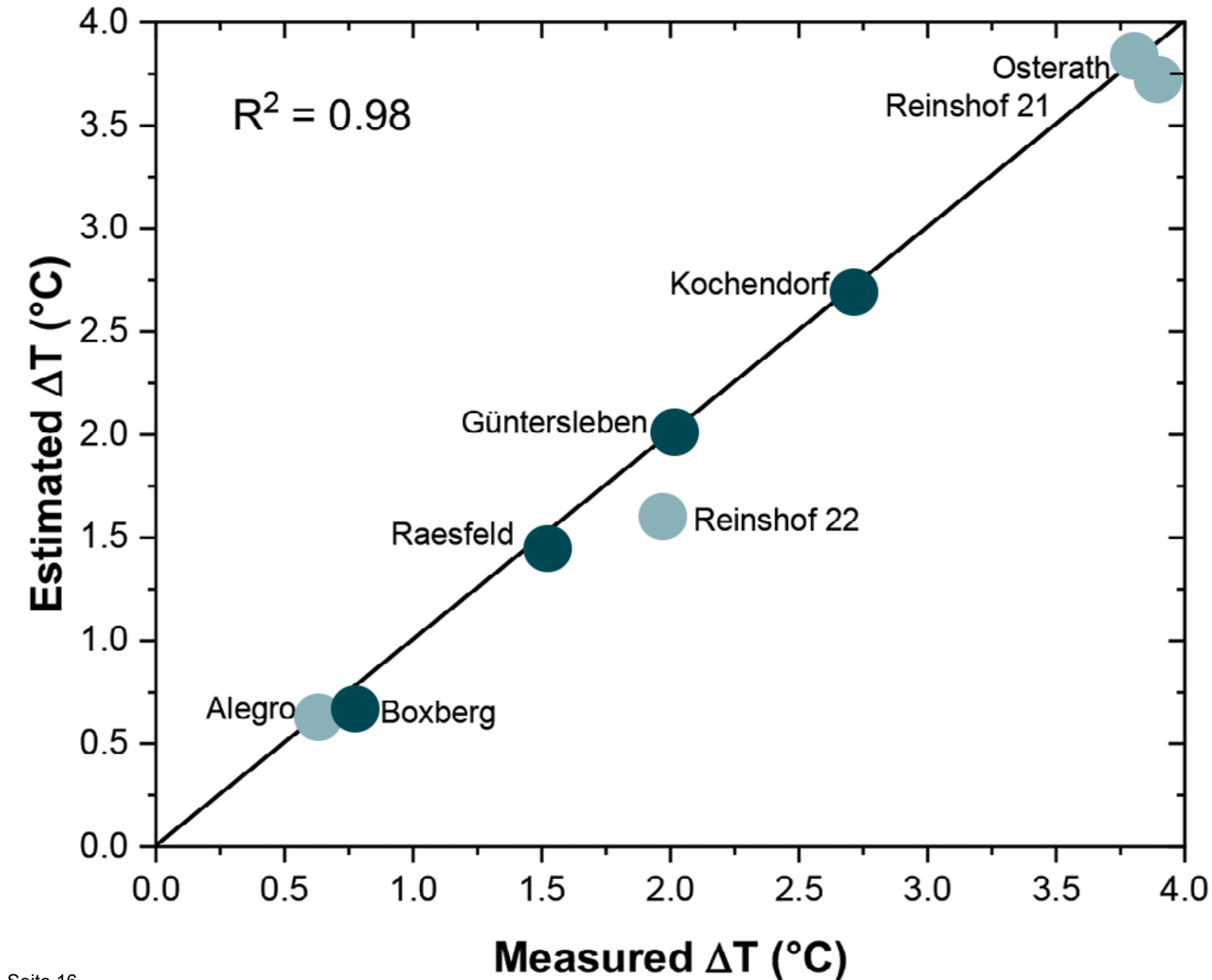
J. Trenz et al. (2025)

ERNTEERTRÄGE

Kochendorf (Mais) und Boxberg (Dinkel) über Kalt- und Warmgraben im Vergleich zur Kontrolle (100)



ΔT IM OBERBODEN ÜBER DEM KABELGRABEN



gemessene und mittels
multipler linearer Regression berechnete
 ΔT -Werte

Eingangsparameter für die Regressionsberechnung:

- Verlustwärme
- Textur
- Jahresmitteltemperatur

- für 3 eigene Versuchsstandorte und
- 5 weitere Versuchsstandorte gemäß Literatur

Lagerungsdichten (LD) im Vergleich

UR: gewachsener Boden, WALZE: prozentuales Δ der LD des mit der Grabenwalze verdichteten Grabenfüllung zur Vergleichsbasis, BAGGER: prozentuales Δ der LD des mit der Baggerschaufel verdichteten Grabenfüllung zur Vergleichsbasis, t-Test: Wahrscheinlichkeit [%] mit der die berechneten Unterschiede nicht bestehen (Irrtumswahrscheinlichkeit)

WALZE - UR

Vergleichsbasis UR (100%)

KOCHENDORF-LÖSS		
Tiefe	Δ	t-Test
40 cm	1	83
55 cm	-6	3
60 cm	-6	7
70 cm	-6	1
100 cm	4	13
110 cm	3	34

BOXBERG-SCHICHT		
Tiefe	Δ	t-Test
Ca. 45	-8	19

BAGGER - UR

Vergleichsbasis UR (100%)

KOCHENDORF-LÖSS		
Tiefe	Δ	t-Test
40 cm	-7	0
55 cm	-16	0
60 cm	-16	1
70 cm	-16	0
100 cm	-8	2
110 cm	-11	0

BOXBERG-SCHICHT		
Tiefe	Δ	t-Test
Ca. 45	-13	2

BAGGER - WALZE

Vergleichsbasis BAGGER (100%)

KOCHENDORF-LÖSS		
Tiefe	Δ	t-Test
40 cm	-8	36
55 cm	-11	35
60 cm	-11	35
70 cm	-9	14
100 cm	-11	1
110 cm	-14	8

BOXBERG-SCHICHT		
Tiefe	Δ	t-Test
ca. 45	-5	42

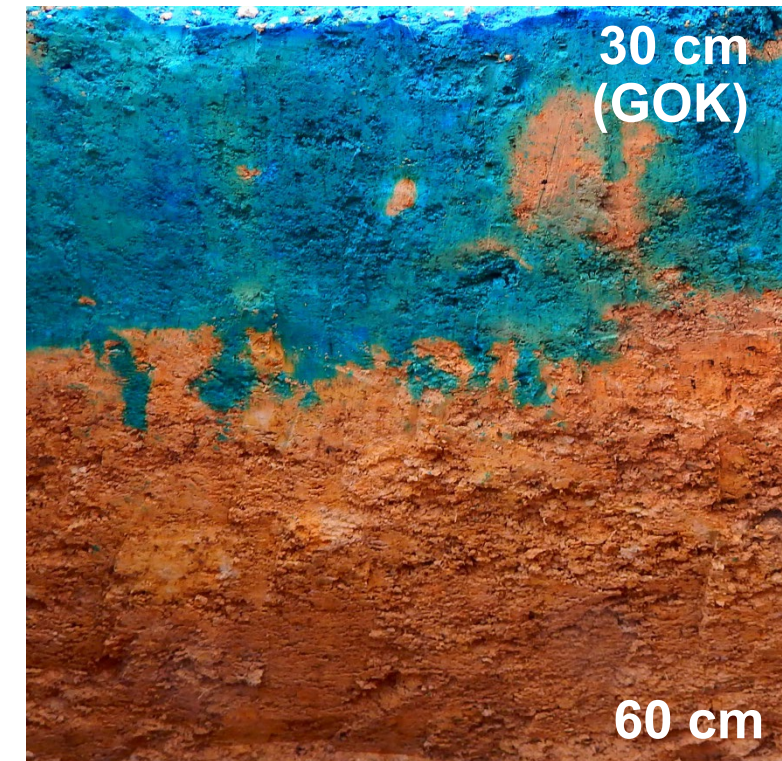


TRACERVERSUCH BOXBERG

im Unterboden 2 Jahre nach Bau

Kontrolle

Sickerzeit: 3 h
Makroporen: ~ 60 pro m²
Infiltrationsrate: 400 mm/h
Infiltrationstiefe: > 90 cm



Warmgraben

Sickerzeit: 24 h
Makroporen: keine sichtbar
Infiltrationsrate: 3- 4 mm/h
Infiltrationstiefe: 20-25 cm

BIOPOREN

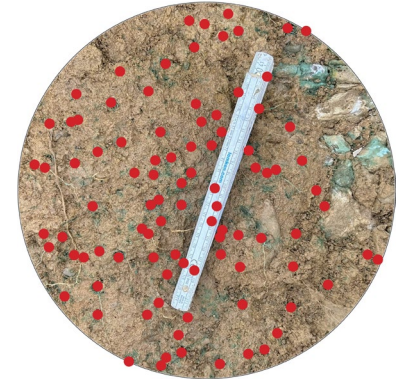
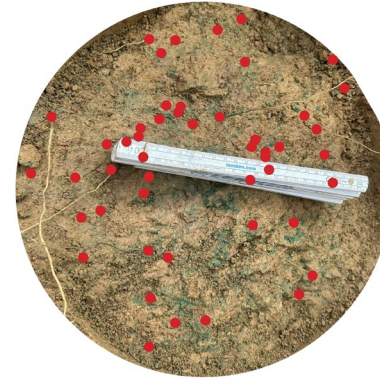
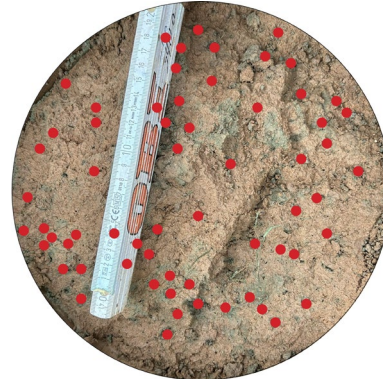
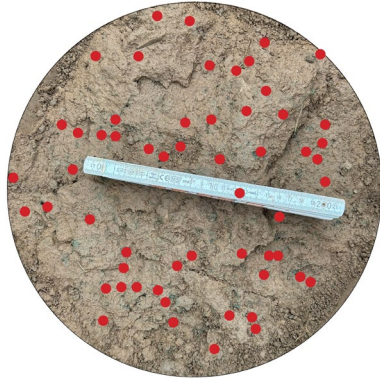
3 JAHRE

NACH BAU

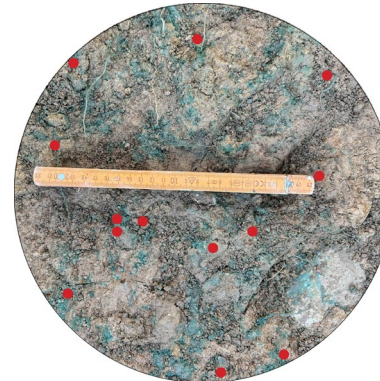
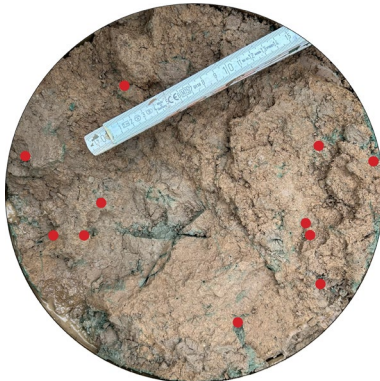
Kochendorf
Parabraunerde

Boxberg
Braunerde-Terra fusca

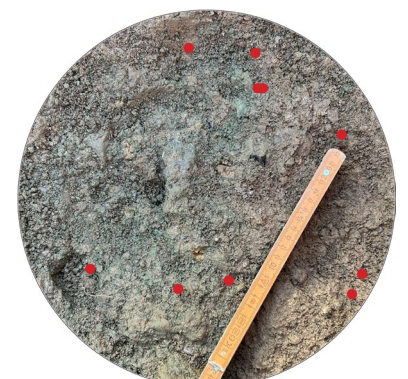
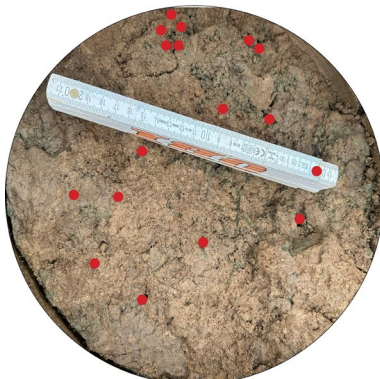
Kontrolle



Kaltgraben



Warmgraben



BIOPOREN

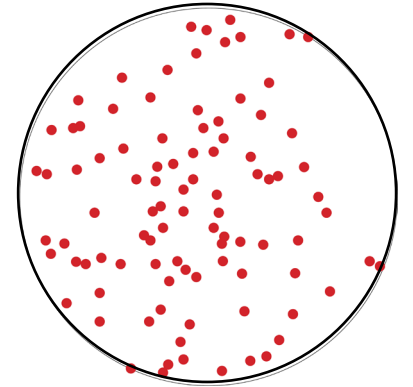
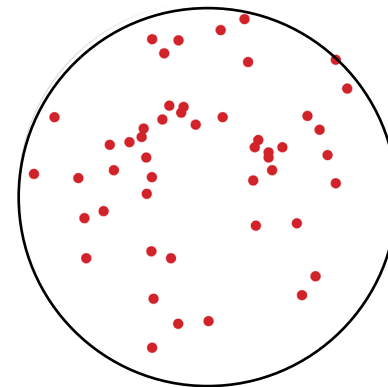
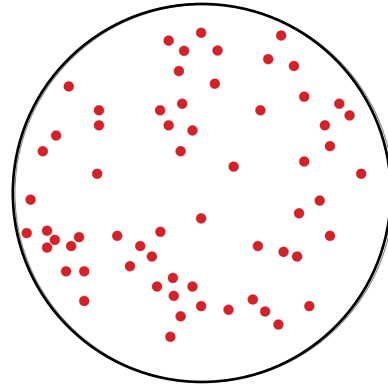
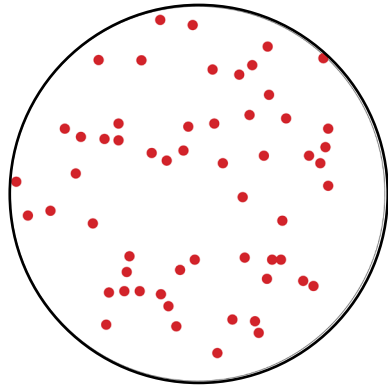
3 JAHRE

NACH BAU

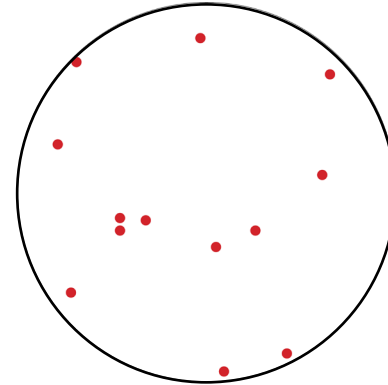
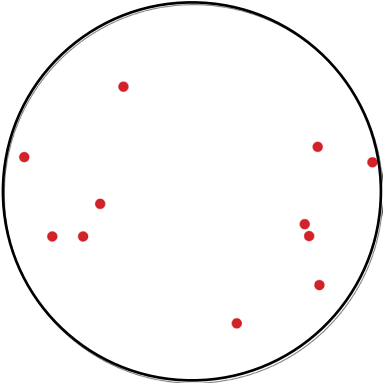
Kochendorf
Parabraunerde

Boxberg
Braunerde-Terra fusca

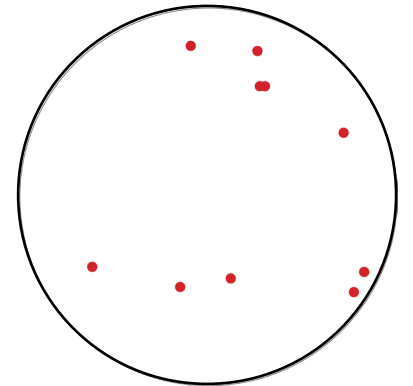
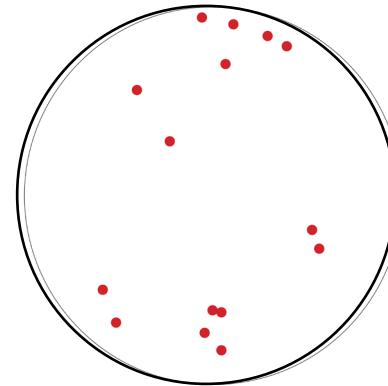
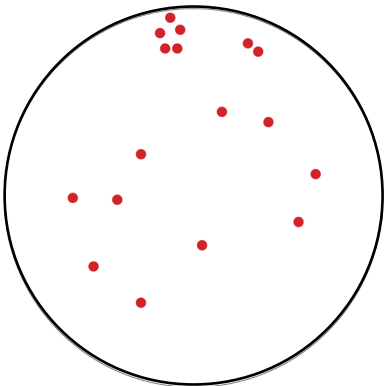
Kontrolle



Kaltgraben



Warmgraben

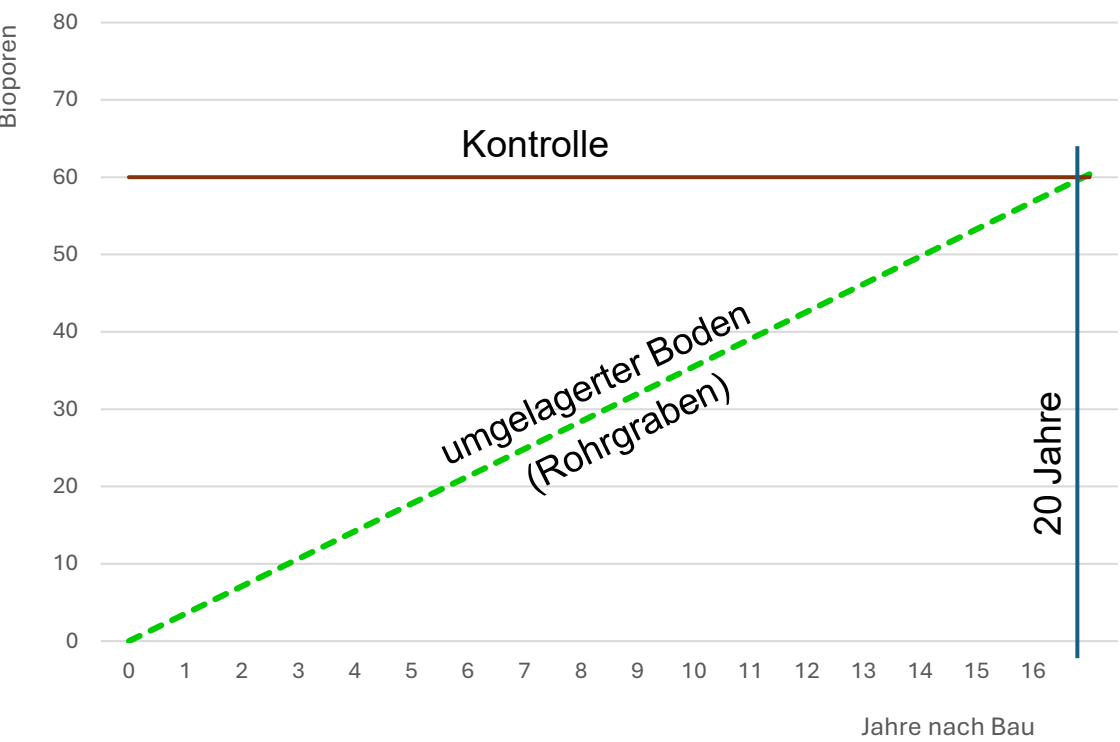


BIOPOREN
 3 JAHRE
 NACH BAU

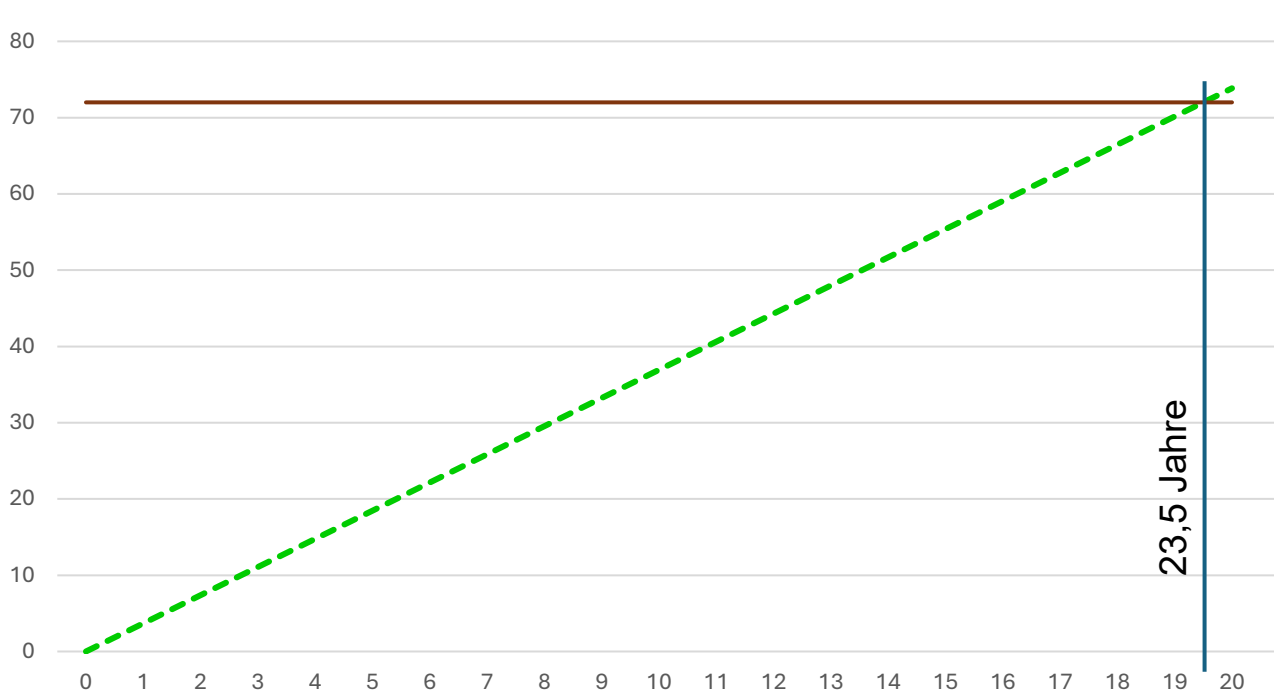
Ort:	Kochendorf			Boxberg		
Bodentyp:	Parabraunerde			Braunerde-Terra fusca		
	$\overline{X}$			$\overline{X}$		
Wiederholung	1.	2.		1.	2.	
Kontrolle	57	63	60	49	95	72
Kaltgraben	11		11	11		11
Warmgraben	15		15	15	10	13

ORIENTIERENDE HOCHRECHNUNG DER ZEIT BIS ZUM ERREICHEN DER URSPRÜNGLICHEN BIOPORENZAHL IM OBEREN UNTERBODEN

Parabraunerde, Kochendorf



Braunerde-Terra fusca, Boxberg



Fazit:

- die Handhabung des Bodenschutz beim Bau, in der Vergangenheit und in anderen Ländern weicht deutlich vom der heute in Deutschland praktizierten ab
- die Zeiträume zur Wiederherstellung der Bodenstruktur können deutlich länger als 5 Jahre sein
- der Einsatz von Leguminosen beschleunigt die Wiederherstellung der Struktur und der Ertragsfähigkeit von Böden
- die Dauer für die Wiederstellung ist abhängig von
 - Bodenfeuchte beim Bau
 - Bautechnik und Bauablauf
 - Bodentextur
- der Forschungsbedarf zum Erfassen relevanter Bodenparameter und zum Minimieren der Bodenbeeinträchtigungen durch optimierten Bau und Rekultivierung ist weiterhin hoch