



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für
Geologie und Bergwesen

Kernfragen zur Bodenfruchtbarkeit: Wie entwickeln sich die Humusgehalte und das Bodengefüge?

Michael Weller

Dezernat 22 – Landesaufnahme und Analytik
Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt

Halle, den 26.11.2015



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für
Geologie und Bergwesen

Entwicklung der Humusgehalte

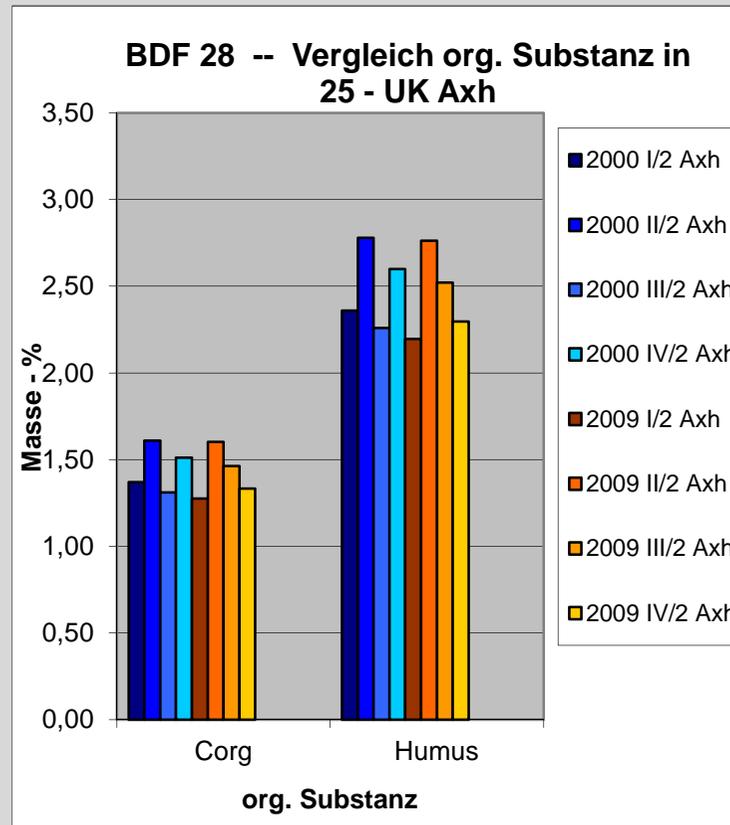
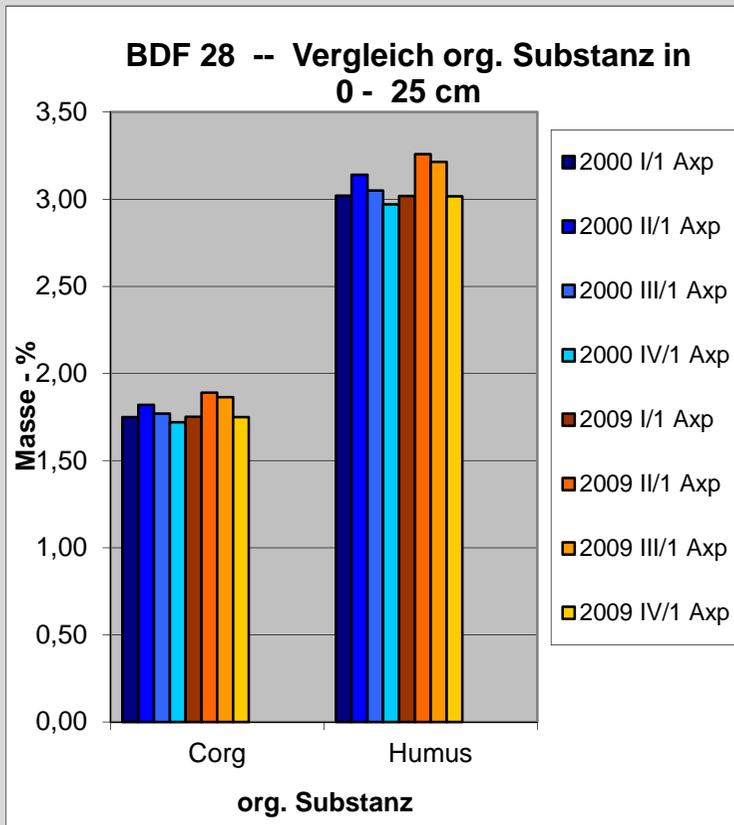
Michael Weller

Dezernat 22 – Landesaufnahme und Analytik
Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt

Halle, den 26.11.2015

Beispiel für keine signifikante Humusgehaltsveränderung:

BDF 28 Ladeburg, Pseudogley-Tschernosem aus Lehm-Fließ-erden, Nutzung: Acker; Beprobungsintervall: 2000-2009



Beispiel für keine signifikante Humusgehaltsveränderung:

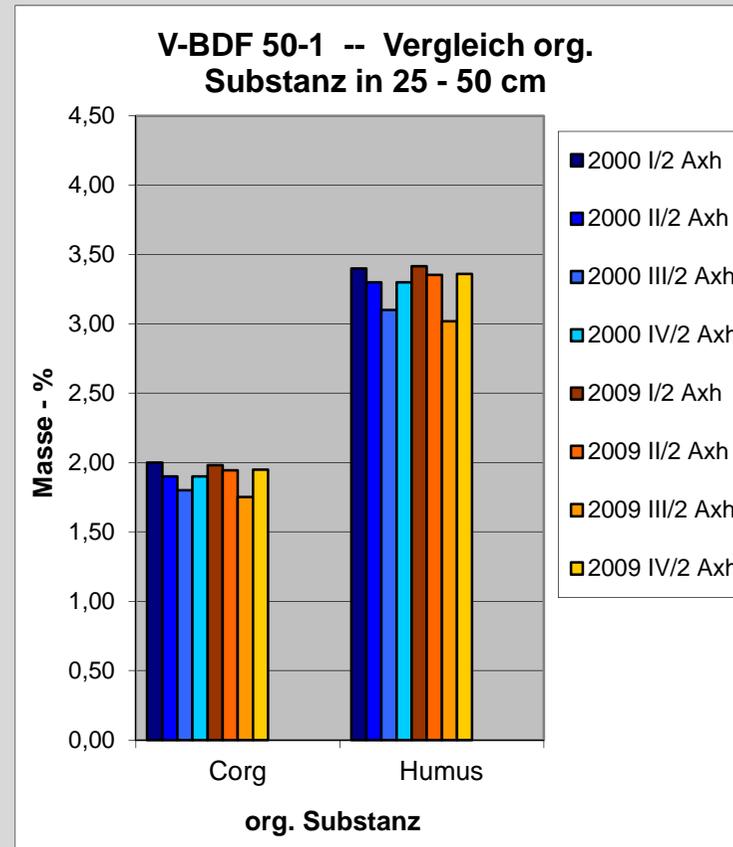
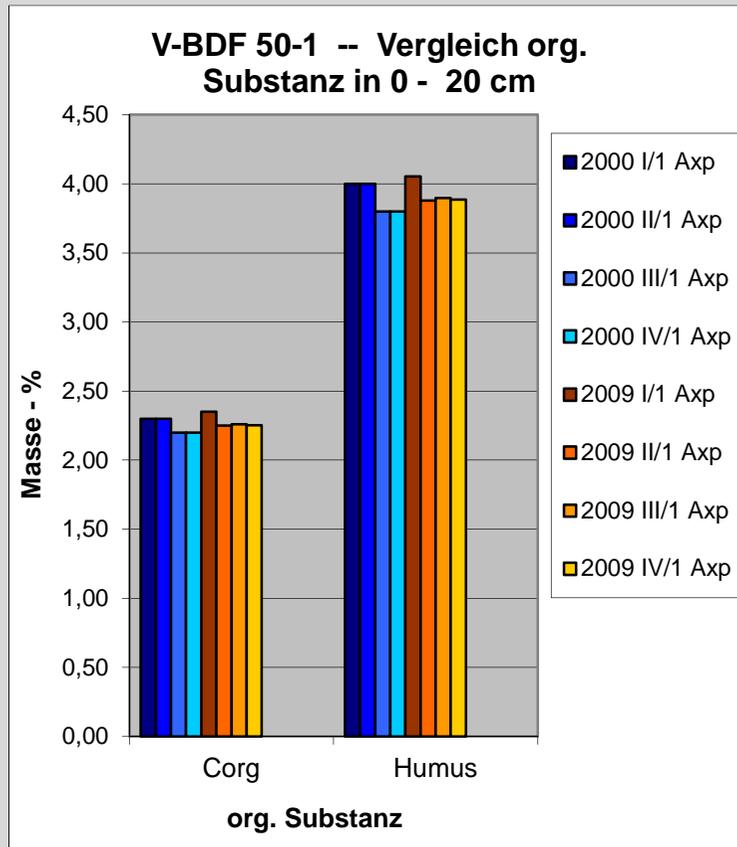
V-BDF 50-1 Lettewitz 1, Pseudogley-Tschernosem aus Löss,

Nutzung: Acker; Beprobungsintervall: 2000-2009

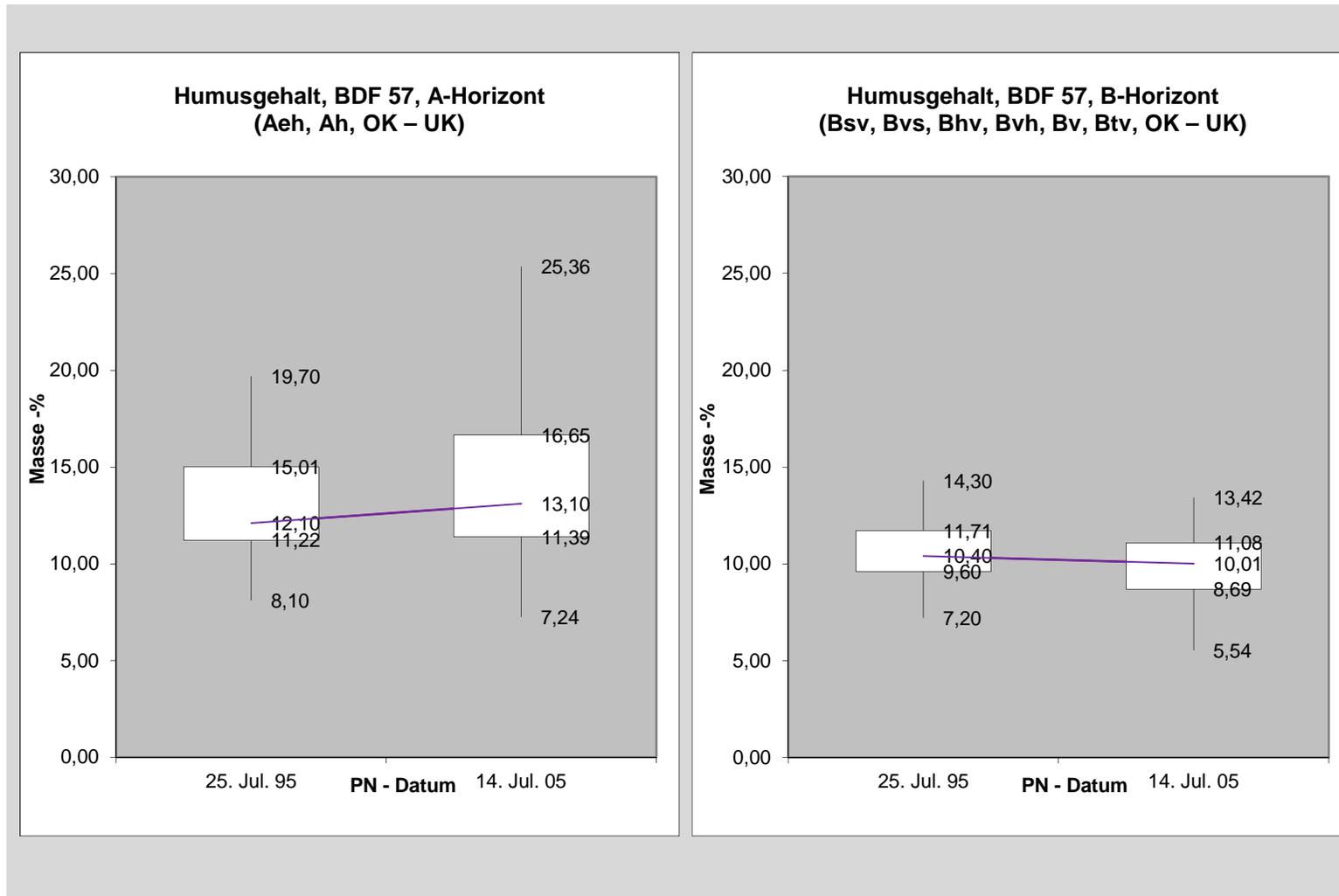


SACHSEN-ANHALT

Landesamt für
Geologie und Bergwesen



Beispiel für keine signifikante Humusgehaltsveränderung: BDF 57 Schierke, schwach podsolige Braunerde aus Lehm, Fichtenwald im Nationalpark Harz; Beprobungsintervall: 1995-2005



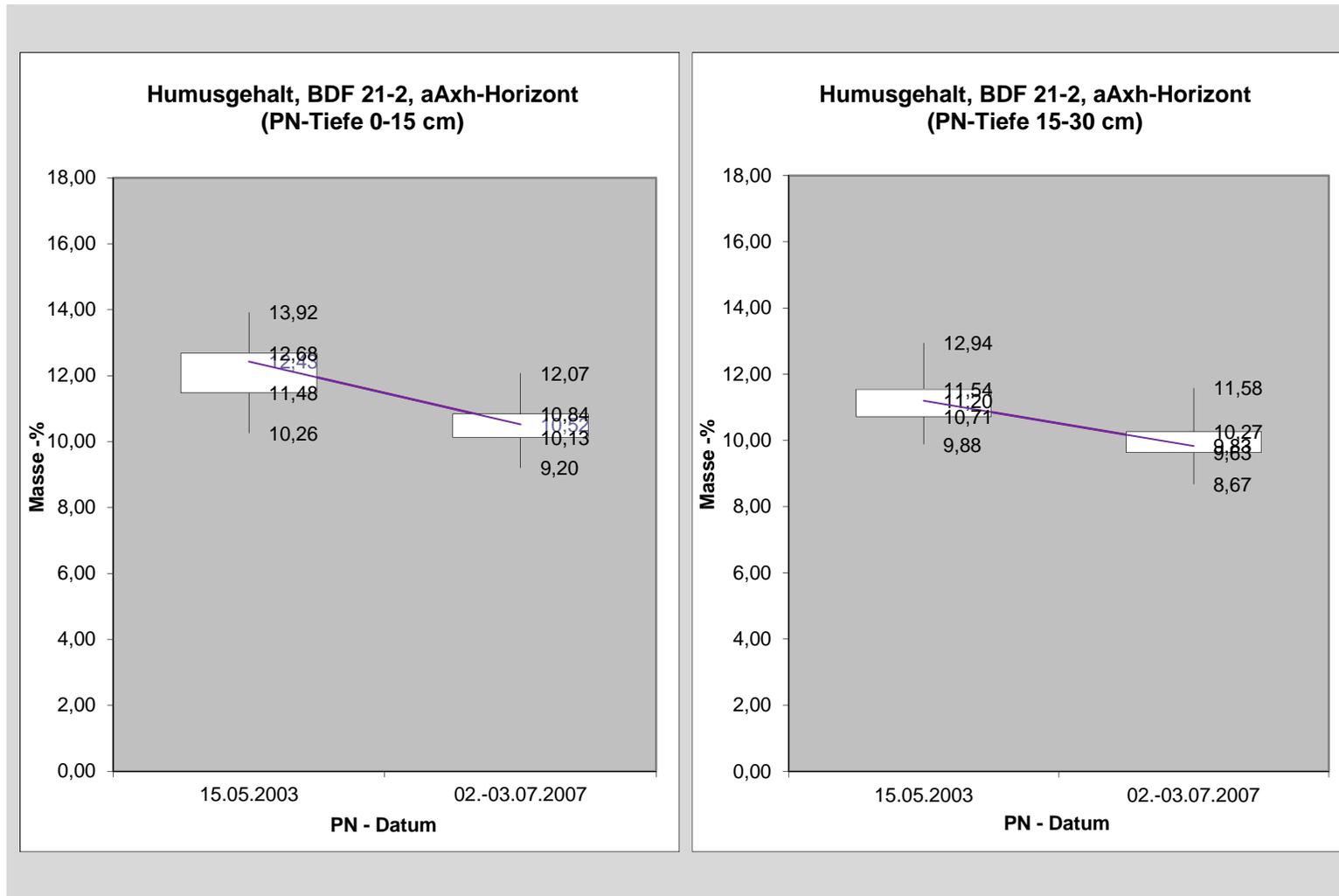
Beispiel für deutliche Humusgehaltsveränderung:

BDF 21-2 Biberwerder 2, Vega-Humusgley aus Auenlehm,
Auenwald im Naturschutzgebiet; Beprobungsintervall: 2003-2007



SACHSEN-ANHALT

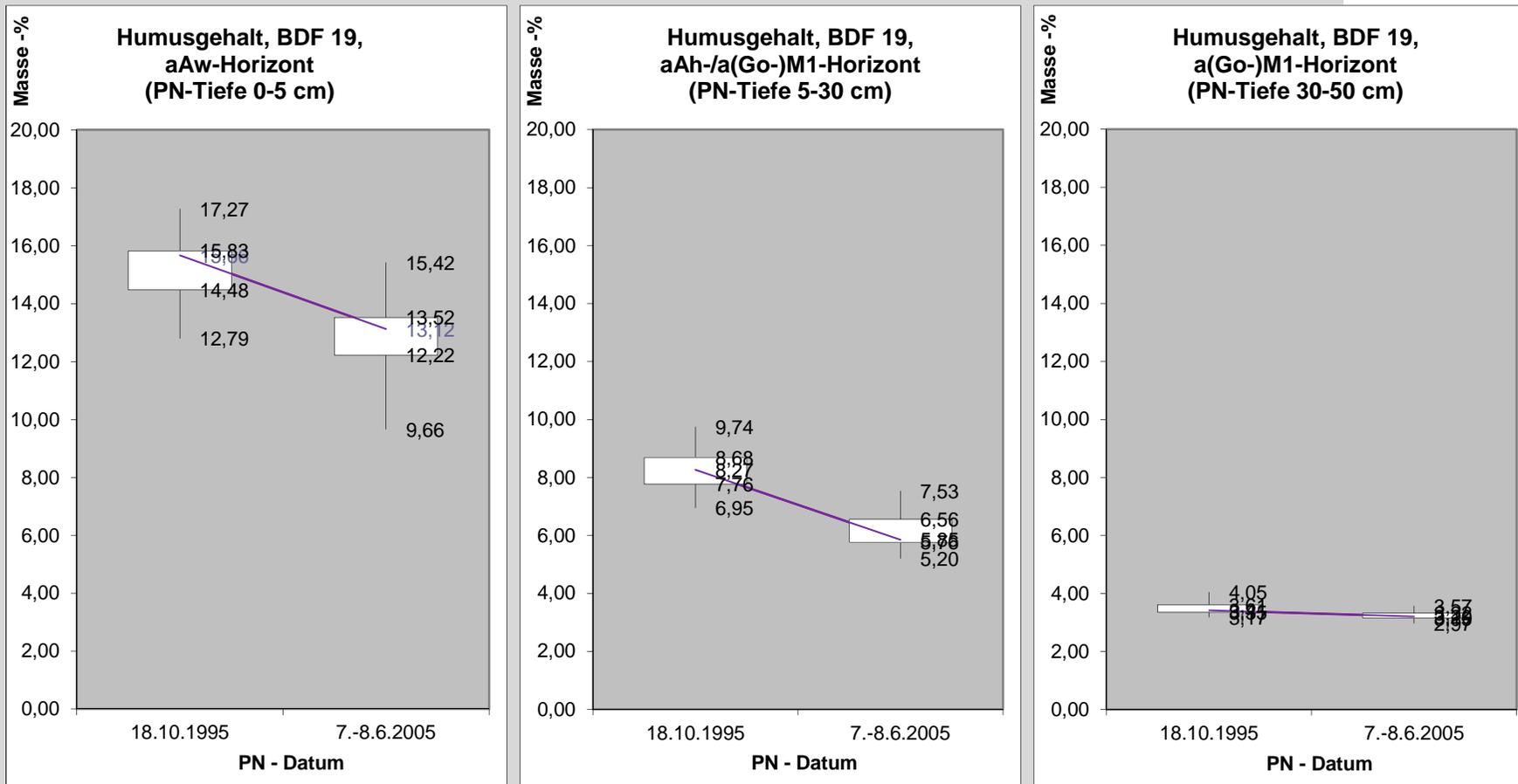
Landesamt für
Geologie und Bergwesen



Beispiel für deutliche Humusgehaltsveränderung:

BDF 19 Barby, Gley-Vega aus Auenton,

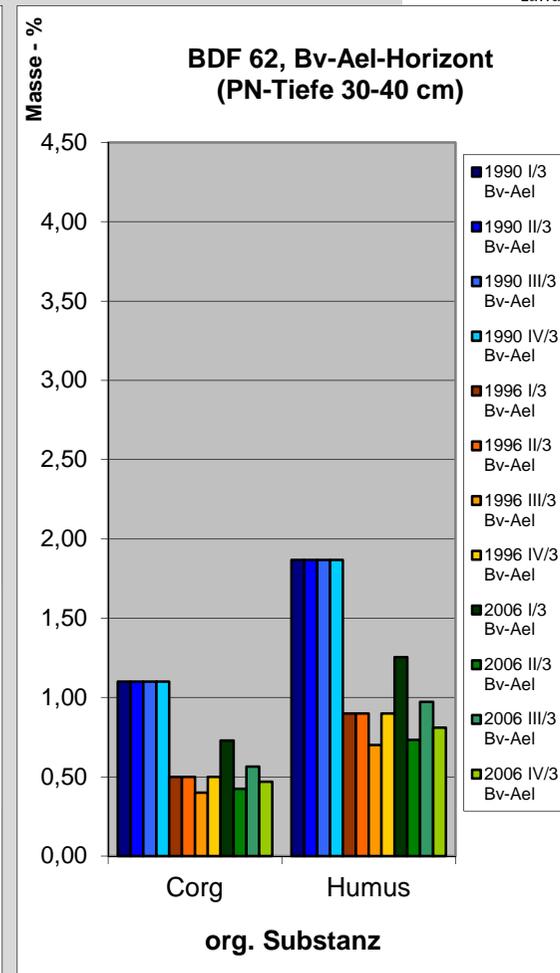
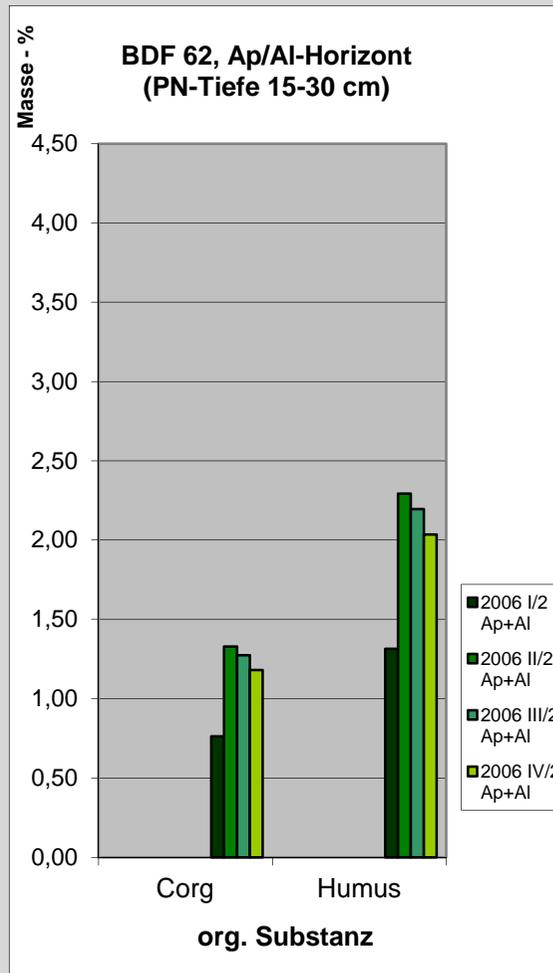
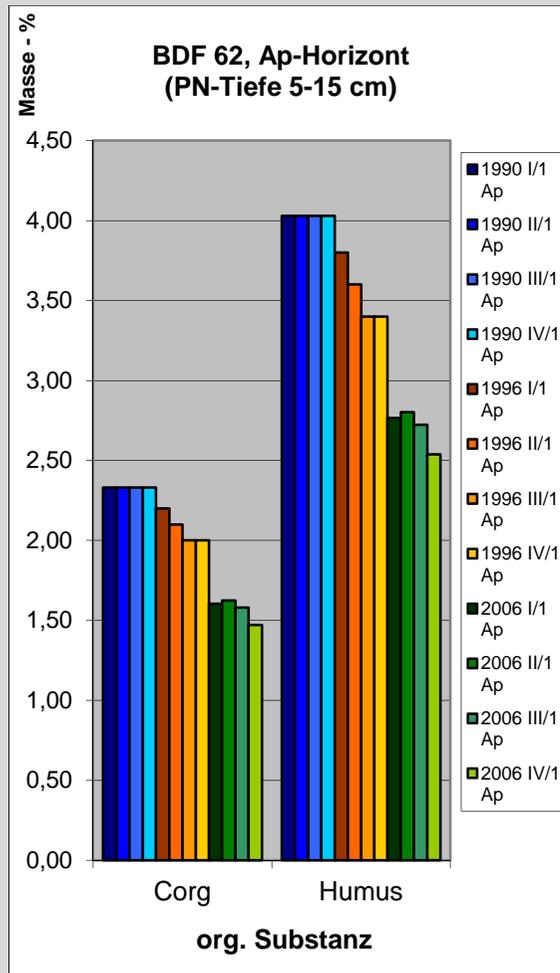
Nutzung: Grünland; Beprobungsintervall: 1995-2005



Beispiel für deutliche Humusgehaltsveränderung:

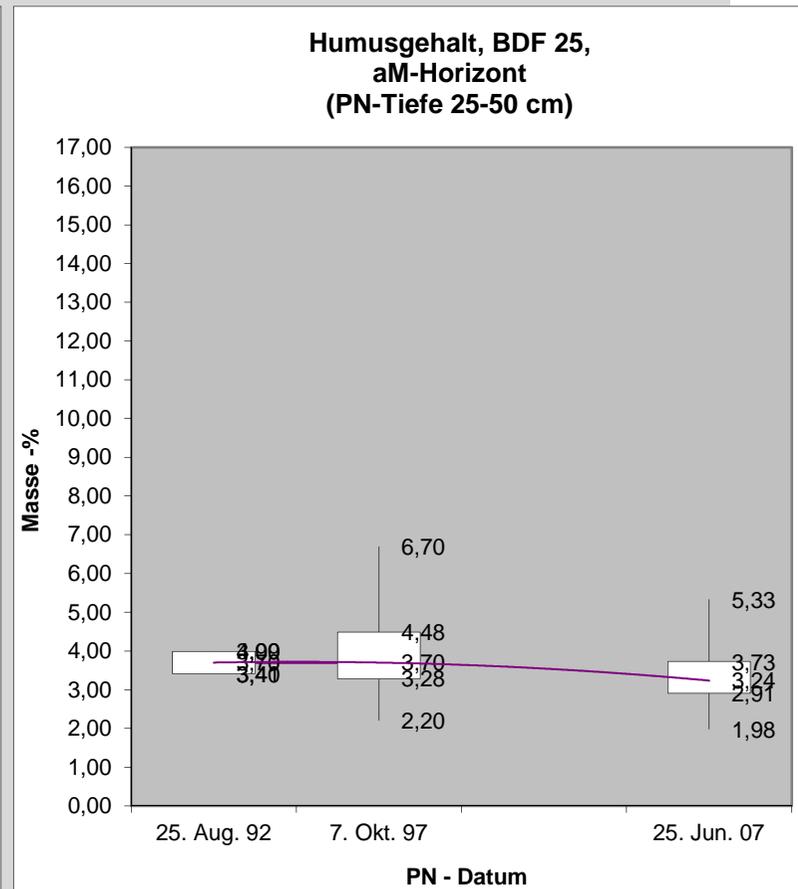
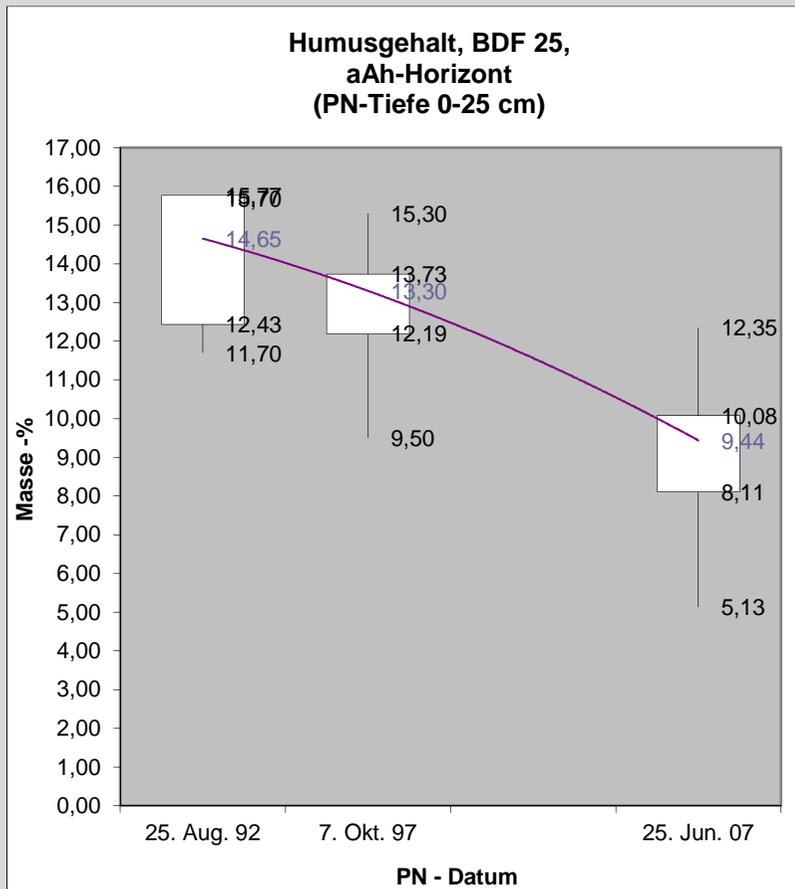
BDF 62 Siptenfelde, Braunerde-Fahlerde aus Hanglöss,

Nutzung: Acker; Beprobungsintervall: 1990-1996-2006



Beispiel für starke Humusgehaltsveränderung:

BDF 25 Salegaster Aue, Pseudovergleyte Gley-Vega aus Auenlehm, Auenwald; Beprobungsintervall: 1992-1997-2007



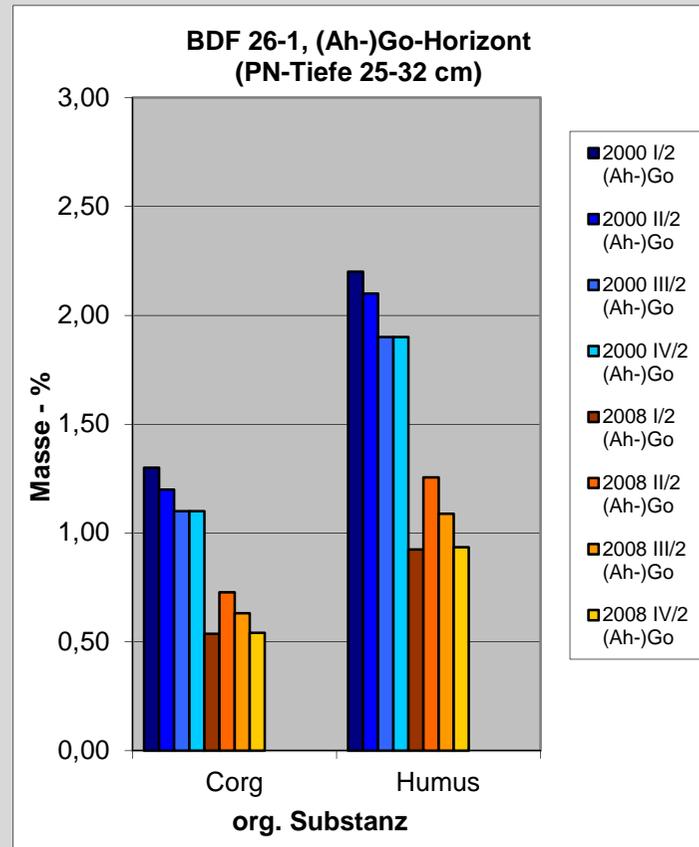
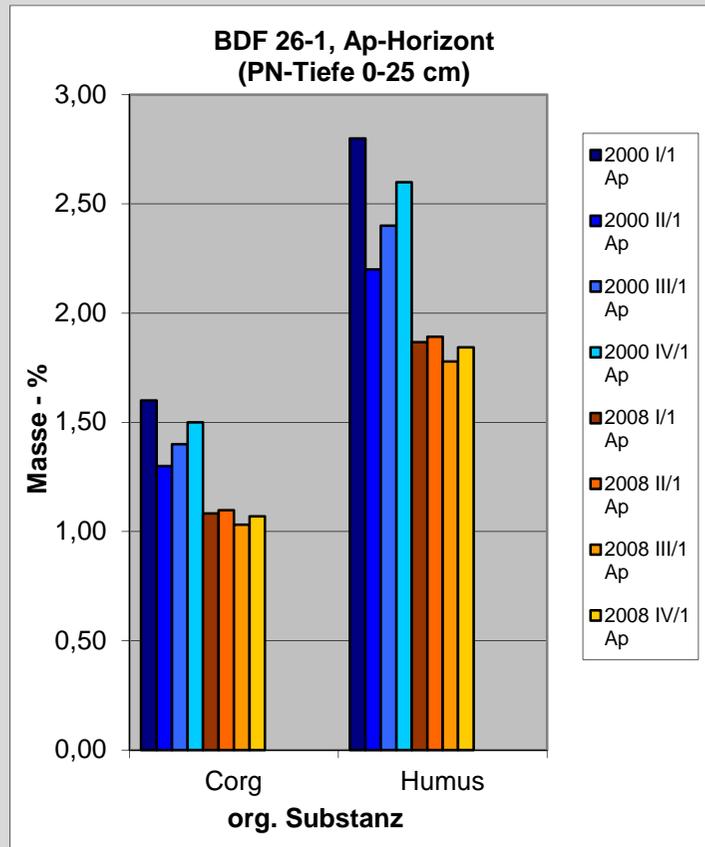
Beispiel für starke Humusgehaltsveränderung:

V-BDF 26-1 Miesterhorst, Brauneisengley aus Niederungssand
(Drömling), Nutzung: Acker; Beprobungsintervall: 2000-2008



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für
Geologie und Bergwesen



Summarische Auswertung der Humusgehaltsveränderungen: Gewachsene Böden

Auswertung der sog. „gewachsenen Böden“ (d. h. ohne die Kippen-Standorte): Berücksichtigt wurden alle auswertbaren Standorte, inklusive Länge des Beprobungsintervalls und Mächtigkeit der beprobten Schicht.

Ergebnis, über alle 32 auswertbaren Standorte gemittelt (Veränderungen sowohl signifikanter als auch nicht signifikanter Art):

C_{org} -Gehaltsveränderung von $-0,15 \text{ g kg}^{-1} \text{ y}^{-1}$,
das entspricht $-0,26 \text{ Masse-\% Humus in 10 Jahren}$

aufgesplittet nach Nutzung:

19 Ackerstandorte: C_{org} -Gehalt: $+0,06 \text{ g kg}^{-1} \text{ y}^{-1}$ (9x Ab-, 10x Zunahme),
das entspricht **+0,10 M.-% Humus in 10 Jahren**

6 Grünlandstandorte: C_{org} -Gehalt: $-0,40 \text{ g kg}^{-1} \text{ y}^{-1}$ (6x Abnahme),
das entspricht **-0,69 M.-% Humus in 10 Jahren**

7 Waldstandorte: C_{org} -Gehalt: $-0,81 \text{ g kg}^{-1} \text{ y}^{-1}$ (5x Ab-, 2x Zunahme),
das entspricht **-1,40 M.-% Humus in 10 Jahren**

Summarische Auswertung der Humusgehaltsveränderungen: Kippenböden

Auswertung der Kippenböden:

Insgesamt zeigen von den 12 Kippenböden 6 C_{org} -Abnahme und 6 C_{org} -Zunahme (jeweils beide PN-Tiefen zusammen betrachtet).

C_{org} -Abnahme findet eher auf den ackerbaulich genutzten bzw. eher auf den älteren Standorten statt, C_{org} -Zunahme eher auf forstlich oder als Grünland genutzten bzw. auf den jüngeren Kippen.

Mittelwert der C_{org} -Veränderungen [$\text{g kg}^{-1} \text{yr}^{-1}$]
über alle Flächen und PN-Tiefen gemittelt (je BDF 2 PN-Tiefen):

12 Kippenstandorte: C_{org} -Gehalt: $+0,02 \text{ g kg}^{-1} \text{y}^{-1}$,
das entspricht **+0,03 M.-% Humus in 10 Jahren**

Auswertung nach Bellamy et al. (2005)



Betrachtet man die Veränderung der C_{org} -Gehalte gegliedert nach Ausgangsgehalten, so wie dies Bellamy et al. für England und Wales durchgeführt haben, so ergibt sich folgendes Bild:

Bei der Gruppe mit dem Ausgangs- C_{org} -Gehalt von 0-2 % zeigten 7 Standorte Corg-Ab- und 7 Corg-Zunahme. Alles AL, außer 1x GL (Abnahme), 1x F (Abnahme).

Mittelwert aus allen Tiefen, mit Berücksichtigung der Mächtigkeiten:
-0,02 g kg⁻¹ y⁻¹, das entspricht -0,03 M.-% Humus in 10 Jahren

Bei der Gruppe mit dem Ausgangs- C_{org} -Gehalt von 2-3 % zeigten 4 Standorte C_{org} -Ab- und 4 C_{org} -Zunahme. Alles AL, außer 1x GL (Abnahme).

Mittelwert aus allen Tiefen, mit Berücksichtigung der Mächtigkeiten:
+0,14 g kg⁻¹ y⁻¹, das entspricht +0,24 M.-% Humus in 10 Jahren

Bei der Gruppe mit dem Ausgangs-Corg-Gehalt von 3-5 % zeigten beide Standorte Corg-Abnahme. Alles GL.

Mittelwert aus allen Tiefen, mit Berücksichtigung der Mächtigkeiten:
-0,19 g kg⁻¹ y⁻¹, das entspricht -0,33 M.-% Humus in 10 Jahren

Auswertung nach Bellamy et al. (2005)

Bei der Gruppe mit dem Ausgangs- C_{org} -Gehalt von 5-10 % zeigten 5 Standorte C_{org} -Ab- und 2 C_{org} -Zunahme. Alles F, außer 2x GL (Abnahme).

Mittelwert aus allen Tiefen, mit Berücksichtigung der Mächtigkeiten:
-0,87 g kg⁻¹ y⁻¹, das entspricht -1,50 M.-% Humus in 10 Jahren

Die Gruppen mit Ausgangs- C_{org} -Gehalten von 10-20 % und 20-30 % sind im sachsen-anhaltischen Monitoring vertreten, es liegen aber noch keine auswertbaren Zeitreihenergebnisse vor.

Bei der Gruppe mit dem Ausgangs- C_{org} -Gehalt von >30 % gibt es nur 1 Standort. Hierbei handelt es sich um einen Hochmoorstandort, in dessen Torf sich der C_{org} -Anteil in 10 Jahren in den oberen 5 cm um 1/2 % verringert hat, während er sich in den darunterfolgenden 10 cm um 1/2 ‰ erhöht hat.

Mittelwert aus allen Tiefen, mit Berücksichtigung der Mächtigkeiten:
-0,13 g kg⁻¹ y⁻¹, das entspricht -0,22 M.-% Torf in 10 Jahren

→ Die Aussage zum Torfgehalt ist jedoch unter Vorbehalt zu sehen, da auch der Mineralgehalt sich verändert haben könnte, z. B. infolge Immission. Dies muss noch genauer untersucht werden.



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für
Geologie und Bergwesen

Beispiele für C_{org} -Gehaltsveränderungen in Europa



a) England und Wales

Quelle: Bellamy, Pat H., Loveland, Peter J., Bradley, R. Ian, Lark, R. Murray und Kirk, Guy J. D. (2005): **Carbon losses from all soils across England and Wales 1978-2003**. – *nature*, Bd. 437, pp. 245-248.

Zusammenfassung der Ergebnisse:

Von einigen Unstimmigkeiten zw. Text und Abbildungen abgesehen, sind die Kernaussagen klar und wie folgt:

Standorte mit $<2\%$ C_{org} zeigten einen C_{org} -Gehaltsanstieg.

Standorte mit $2-3\%$ C_{org} zeigten über alle Standorte gemittelt einen Gehaltsanstieg, jedoch nicht die Ackerstandorte; diese wiesen gemittelt einen, wenn auch sehr kleinen, Verlust auf.

Standorte mit $3-5\%$ C_{org} zeigten einen leichten Verlust.

Alle anderen Standortklassen zeigen höhere C_{org} -Verluste über den Untersuchungszeitraum.

Ackerstandorte mit $0-2\%$ C_{org} -Ausgangsgehalt zeigten einen Anstieg der C_{org} -Gehalte. Alle anderen Ackerstandorte zeigten laut der Studie im Mittel einen C_{org} -Gehaltsverlust. Wird über die Gesamtheit der Ackerstandorte gemittelt, so ist ein C_{org} -Verlust festzustellen.

Beispiele für C_{org} -Gehaltsveränderungen in Europa



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für
Geologie und Bergwesen

b) Niedersachsen

Quelle: Fleck, Stefan und Höper, Heinrich (2011):
Klimafolgenmonitoring. – Präsentation auf der **Tagung "20 Jahre Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen"**, Hannover:
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, 05.-06.12.2011.

Quelle: Fortmann, Heike, Rademacher, Peter, Groh, Hubert und Höper, Heinrich (2012): **Stoffgehalte und -vorräte im Boden und deren Veränderungen**. – in: **Tagungsband 20 Jahre Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen**, pp. 48-69. – (= GeoBerichte 23). – Hannover: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie.

Beispiele für C_{org} -Gehaltsveränderungen in Europa



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für
Geologie und Bergwesen

Zusammenfassung der Ergebnisse:

Sowohl im Mineralboden als auch im [Auflage-]Humus von Forststandorten ist über einen Beobachtungszeitraum von 18 Jahren hinweg eine deutliche Abnahme (an den meisten Standorten Abnahme, an einigen Zunahme; Abnahmen deutlich stärker als Zunahmen) der Humusvorräte festzustellen (mit signifikanter Korrelation zw. beiden Kompartimenten). Für 21 Forst-BDFs wurden Humussalden berechnet (9 Laubbaum- und 12 Nadelbaumflächen). In Summe zeigte sich ein C_{org} -Verlust von 690 t/ha in 10 Jahren. Klammert man eine Laubbaumfläche aus, die als Bodentyp Niedermoor hat, so bleibt immer noch ein summarischer Verlust von 290 t/ha in 10 Jahren.

Bei landwirtschaftlichen Standorten ist über rd. 20 Jahre hinweg hingegen kein einheitlicher Trend festzustellen.

Beispiele für C_{org} -Gehaltsveränderungen in Europa



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für
Geologie und Bergwesen

c) Österreich

Quelle: Dersch, G. und Böhm, K. (1997): **Beiträge des Bodenschutzes zum Schutz der Atmosphäre und des Weltklimas.** – In: Blum, W. E. H. et al. (eds.): **Bodenschutz in Österreich.** – Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Österreich, pp. 411-432.

Zusammenfassung der Ergebnisse:

Der gewichtete mittlere Humusgehalt (C_{org}) nahm zw. 1958-72 und 1994 in Niederösterreich um etwa 16%, in Oberösterreich um etwa 6% ab (Oberboden, 0-20 cm). Verglichen wurden die Ergebnisse der Bodenkartierung aus den Jahren 1958-72 mit denen der Bodenzustandsinventuren von 1994, mit jeweils über 1.000 Analyseergebnissen.

Beispiele für C_{org} -Gehaltsveränderungen in Europa



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für
Geologie und Bergwesen

d) Bayern

Quelle: Capriel, Peter und Seiffert, Detlef (2009): **20 Jahre Boden-Dauerbeobachtung in Bayern – Teil 3: Entwicklung der Humusgehalte zwischen 1986 und 2007.** – Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weihenstephan. – 2. unveränd. Aufl. 2011.

Zusammenfassung der Ergebnisse:

Beobachtungszeitraum: 1986-2007

50 Acker-BDF: keine signifikante Veränderung

23 Acker-BDF: signifikante Abnahme, im Mittel -12% C_{org} -

Ein Drittel dieser Standorte (8 BDF) hatten 1986 C_{org} -Gehalte oberhalb der standorttypischen Spannweiten für Bayern, die übrigen lagen innerhalb dieser Spannweiten.

19 Acker-BDF: signifikante Zunahme, im Mittel +14% C_{org} -

5 von diesen Standorten hatten 1986 C_{org} -Gehalte unterhalb der standorttypischen Spannweiten für Bayern, 12 lagen innerhalb, und 1 lag oberhalb dieser Spannweiten.

12 Grünland-BDF: keine signifikante Veränderung

6 Grünland-BDF: signifikante Abnahme, im Mittel -19% C_{org} -

3 Grünland-BDF: signifikante Zunahme, im Mittel +29% C_{org} -

Beispiele für C_{org} -Gehaltsveränderungen in Europa

e) Belgien

Quellen: Verschiedene, *zit. in: Capriel, Peter und Seiffert, Detlef (2009): 20 Jahre Boden-Dauerbeobachtung in Bayern, Teil 3: Entwicklung der Humusgehalte zwischen 1986 und 2007. – Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2. unveränd. Aufl. 2011, pp. 41f.*

Zusammenfassung der Ergebnisse:

Ackerland: signifikante Abnahme der C_{org} -Vorräte

Grünland: Abnahme bzw. auch Zunahme der C_{org} -Vorräte
(je nach Studie)



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für
Geologie und Bergwesen

Beispiele für C_{org} -Gehaltsveränderungen in Europa

f) Frankreich

Quellen: Verschiedene, *zit. in: Capriel, Peter und Seiffert, Detlef (2009): 20 Jahre Boden-Dauerbeobachtung in Bayern, Teil 3: Entwicklung der Humusgehalte zwischen 1986 und 2007. – Freising-Weißenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2. unveränd. Aufl. 2011, p. 42.*

Zusammenfassung der Ergebnisse:

Betrachtet wurden die C_{org} -Vorräte in 0-30 cm Tiefe in landwirtschaftlichen Böden.

Abnahme in verschiedenen Regionen: im Westen (Bretagne, Poitou-Charentes), im Norden und Osten (Lorraine).

Zunahme dagegen in anderen Regionen (z. B. Île de France).

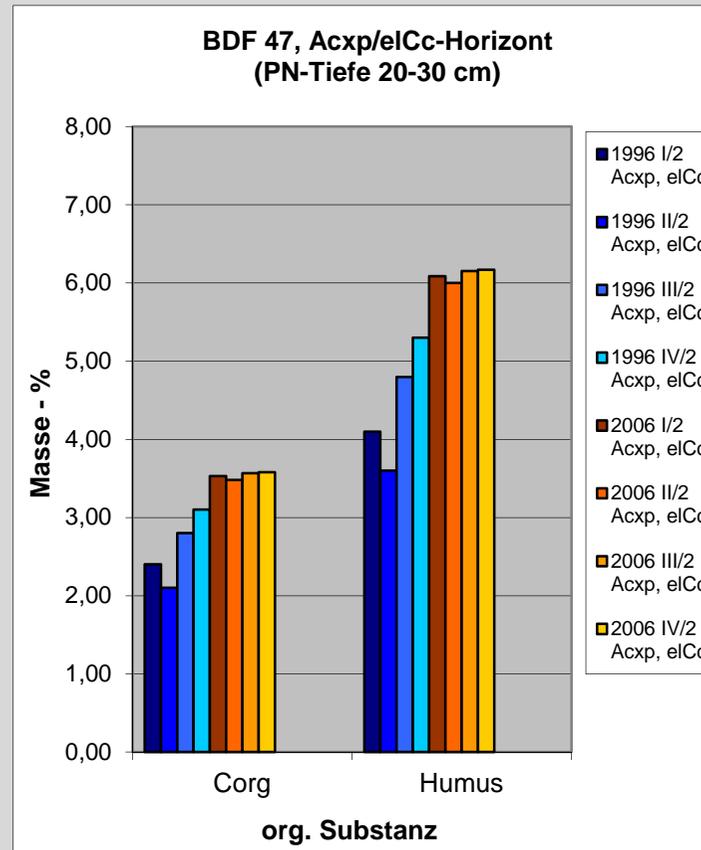
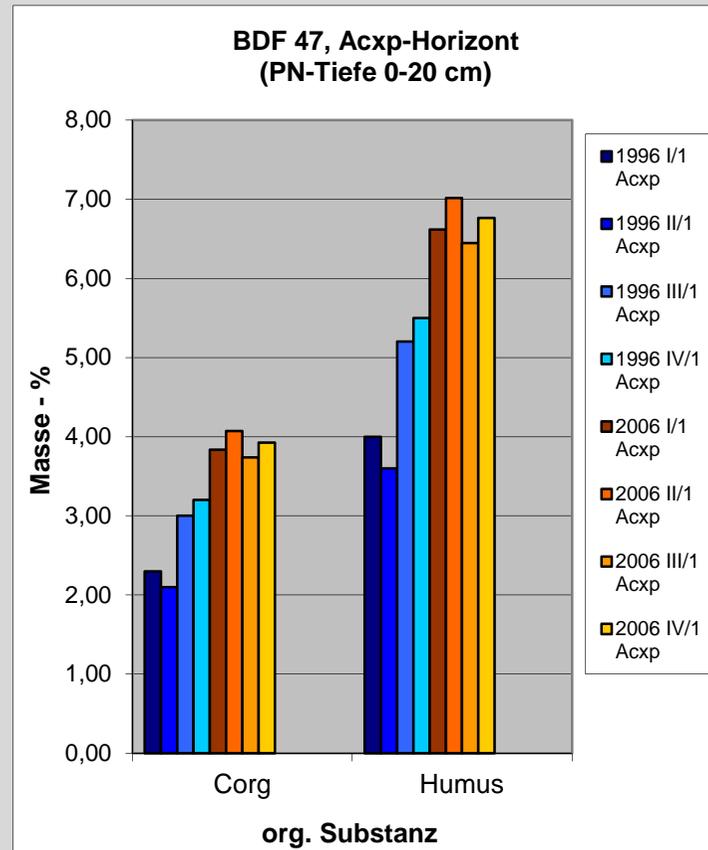


SACHSEN-ANHALT

Landesamt für
Geologie und Bergwesen

Beispiel für starke Humusgehaltsveränderung nach oben:

BDF 47 Teutschenthal, Kolluvisol-Kalktschernosem aus Kolluvialsand-löss über Löss, Nutzung: Acker; Beprobungsintervall: 1996-2006



Mögliche Ursachen für C_{org} -Abnahme



Bewirtschaftungsbedingte Ursachen

Ackerland

- a) **Fruchtfolge:** höherer Mais- und Hackfruchtanteil
(Mais: auch als Energiepflanze)
- b) **Düngung:** stark abnehmende Bedeutung des Stallmistes
- c) **Düngung:** weniger Ausbringung von humifizierbarem org. Material
(Reste aus der Biogas-Erzeugung sind außerdem nicht so gut zur Humuserhaltung geeignet wie z. B. Mist)
- d) **Betriebsstruktur:** abnehmende Zahl von Gemischtbetrieben zugunsten spezialisierter Betriebe (Rückgang der Familienbetriebe)

Grünland

- a) Rückgang des Viehbesatzes
- b) Rückgang der Bearbeitungsintensität
- c) Rückgang der Düngung
- d) Güllewirkung geringer als auf Acker, da nicht eingearbeitet

Forst

zunehmende Entnahme auch von Ästen und Zweigen für z. B. Pellets
(dies blieb früher im Wald)

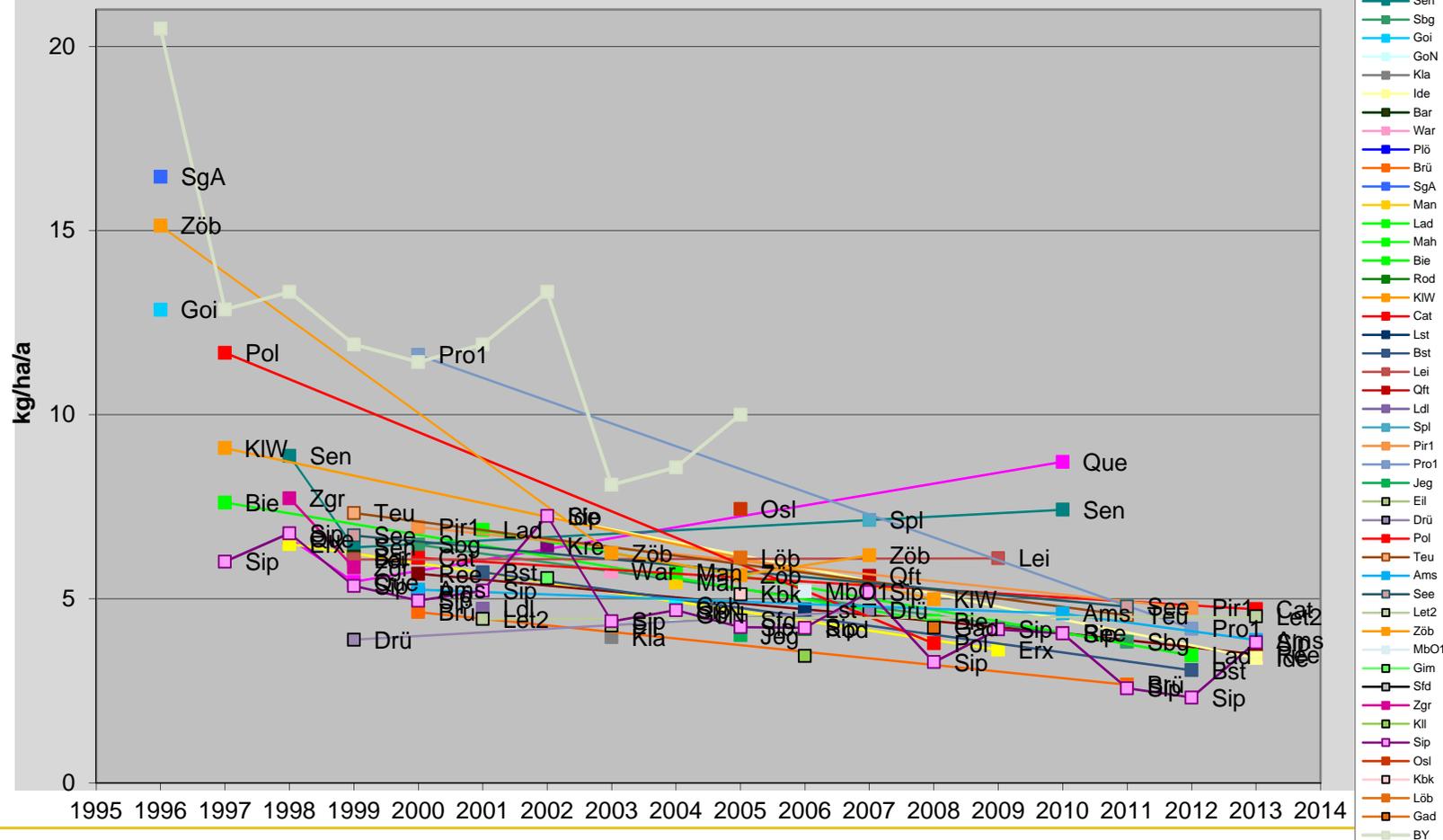
Mögliche Ursachen für C_{org}-Abnahme



Immissionsbedingte Ursachen

- Einfluss verminderter S-Einträge

S im Staubbiederschlag



Mögliche Ursachen für C_{org} -Abnahme



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für
Geologie und Bergwesen

Immissionsbedingte Ursachen

- Einfluss verminderter S-Einträge

These: Die S-Einträge hatten einen Peak von den 70er bis Mitte der 90er Jahre (der "Saure Regen"); seither fällt die Depositionsrate stetig ab. Kann es sein, dass die hohen S-Einträge zu einer Erhöhung der Humusgehalte geführt haben? Dann pegeln diese sich jetzt möglicherweise aufgrund der stark gesunkenen S-Einträge wieder auf einen niedrigeren Gleichgewichtszustand ein! (Humus stellt ein Fließgleichgewicht dar, d. h. Schwefel wird beim Humus ständig zu- und abgeführt!)

Mögliche Ursachen für C_{org} -Abnahme



Ursachen, die sich möglicherweise aus dem Klimawandel ergeben

a) **Zunehmende mikrobielle Aktivität als Folge des Temperaturanstiegs** (im Winter oft verbunden mit hoher Feuchte) und dadurch Humusabbau

b) **Priming Effects**

Quelle: Kuzyakov, Yakov (2010): **Priming effects: Interactions between living and dead organic matter.** – Soil Biology and Biochemistry 42, Issue 9, pp 1363–1371.

Zusammenfassung der Ergebnisse:

Priming effects (PEs) according to **increased rhizodeposition under elevated CO_2** . Enhanced root-exudate inputs can stimulate decomposition of soil carbon (C) by priming soil microbial activity.

Dies bedeutet, dass durch CO_2 -Anstieg bewirkte erhöhte Wurzelausscheidungen dazu führen, dass die Mikroben verstärkt org. Bodensubstanz zersetzen.



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für
Geologie und Bergwesen

Entwicklung des Bodengefüges

Michael Weller

Dezernat 22 – Landesaufnahme und Analytik
Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt

Halle, den 26.11.2015

Kriterien zur Feststellung einer sogenannten Schadverdichtung



Index von Lebert/Brunotte/Sommer, veröffentlicht in den UBA- Texten Nr. 46 von 2004:

LEBERT, M.; BRUNOTTE, J. & SOMMER, C. (2004): Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden/Regelungen zur Gefahrenabwehr. – UBA-Texte 46/04, Umweltbundesamt, Berlin.

Danach ist eine **nutzungsbedingte Schadverdichtung** gegeben, wenn folgende drei Kriterien bei einer Beprobungstiefe gleichzeitig gegeben sind:

- a) das Grobporenvolumen $1 \leq 5 \%$ ist (dies ist der Anteil der Poren mit $> 50 \mu\text{m}$ Durchmesser)
- b) der k_f -Wert (gesättigte Wasserleitfähigkeit) $\leq 1,16\text{E-}04 \text{ cm/s}$ ist (das sog. Geomittel aus mehreren Einzelmessungen einer Tiefe)
- c) die effektive Lagerungsdichte sich im Bereich $Ld4/Ld5$ befindet.

BDF-Probennahme: Entnahme ungestörter Bodenproben zur Bestimmung der Porenverteilung (Stechzylindervolumen 100 cm^3) sowie der Wasserdurchlässigkeit (Stechzylindervolumen 250 cm^3)



Auswertungsmethodik zur Verdichtungsgefährdung

In Sachsen-Anhalt wird ein Bodenmonitoringsystem mit 70 Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) und weiteren 10 Referenzstandorten (V-BDF) betrieben. An Proben von diesen Standorten werden unter anderem bodenphysikalische Untersuchungen durchgeführt, i. e. zur Porenverteilung, zur Lagerungsdichte und zur (gesättigten) Wasserdurchlässigkeit.

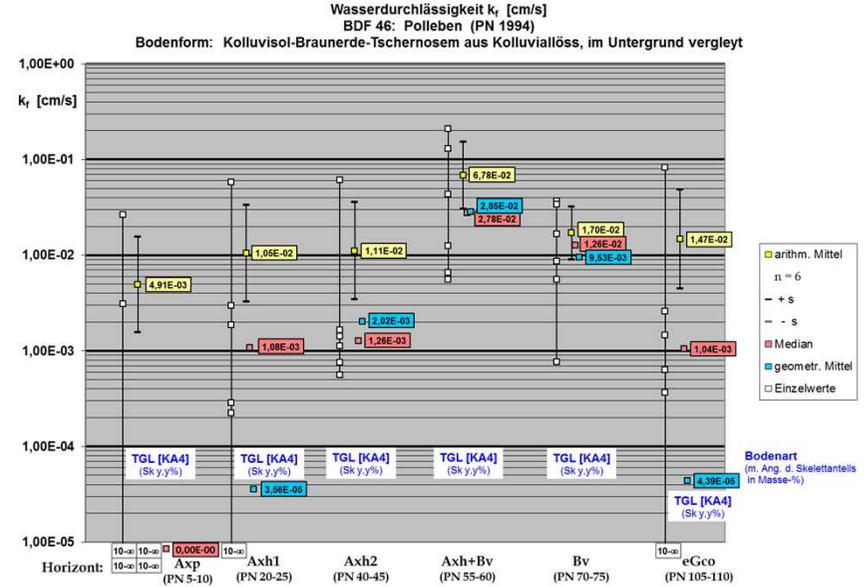
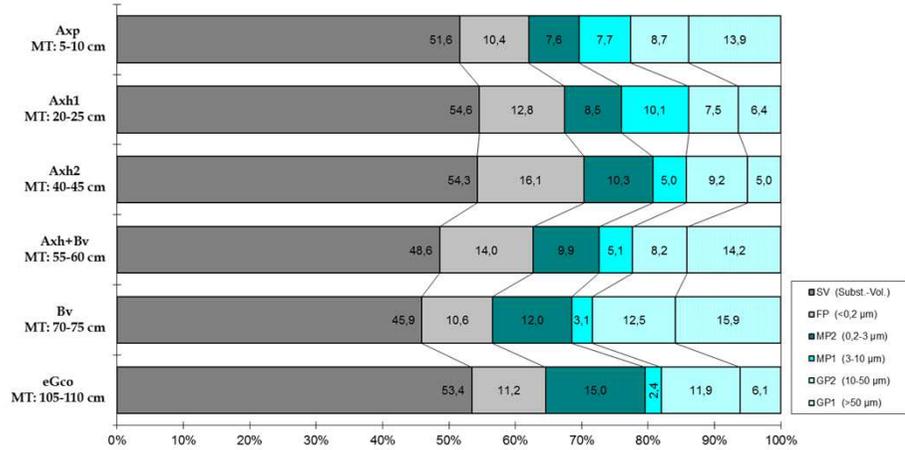
Diese Untersuchungen können, obwohl die entsprechende Probennahme zum Probennahmetermin an jeweils einer Profilgrube, d. h. einem Probennahmepunkt je Standort vollzogen wurde, durch zusammenfassende Betrachtung in Form eines Poolings im Sinne von Zeitreihen ausgewertet werden.

Dies wurde zur Fragestellung einer möglichen Schadverdichtungstendenz für 38 der 80 Standorte durchgeführt, wovon wiederum 16 Standorte eingehend betrachtet wurden, davon 10 Kippbodenstandorte (7x Acker-, 2x Forstnutzung, 1x Brache) und 6 Standorte mit gewachsenem Boden (6x Ackernutzung).

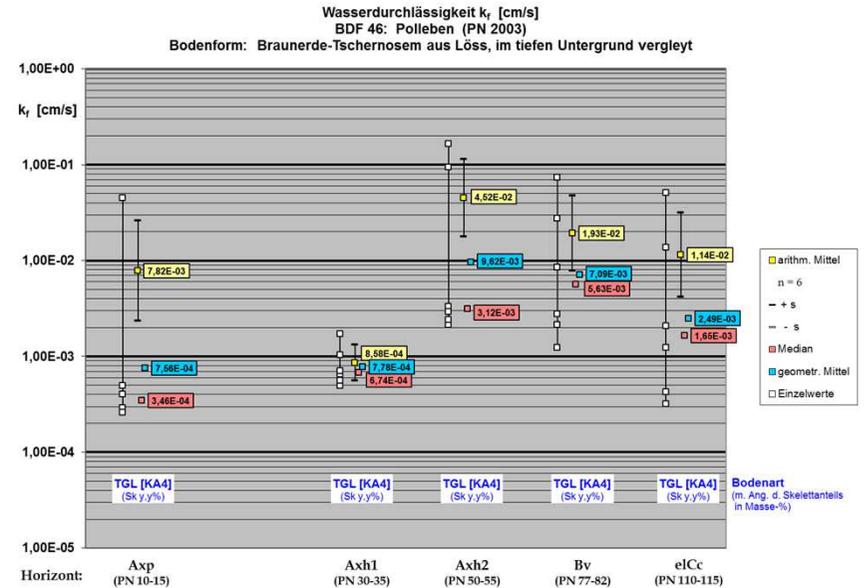
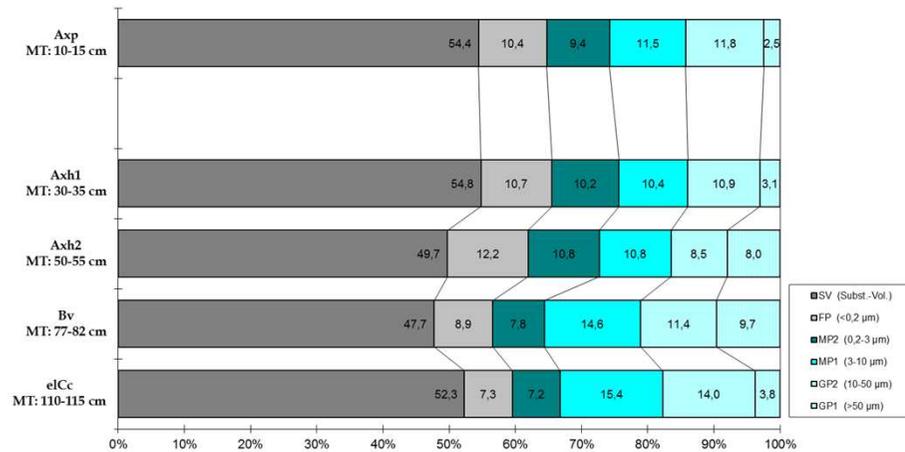
Bei 22 weiteren Standorten wurde eine Übersichtsauswertung durchgeführt.

BDF Polleben: Veränderung der Porenverteilung und Wasserdurchlässigkeit 1994-2003-2013

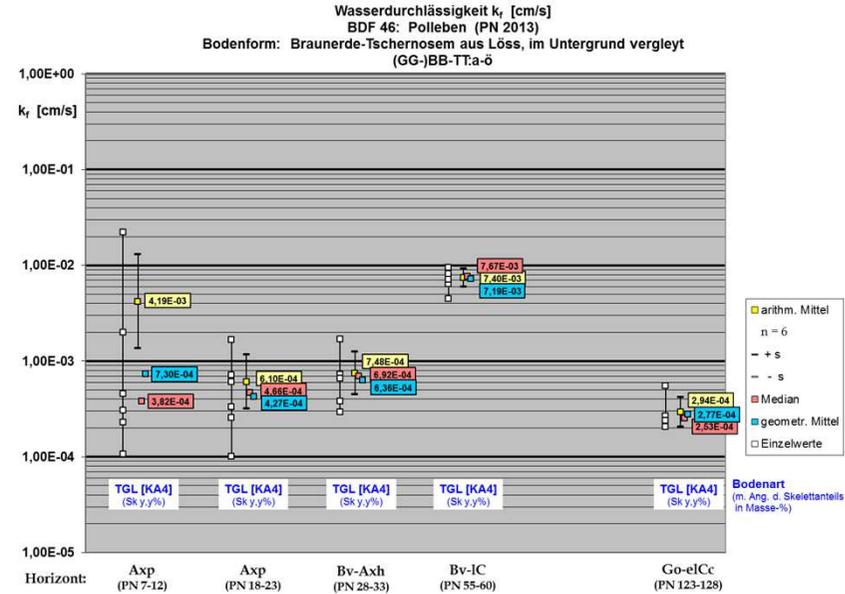
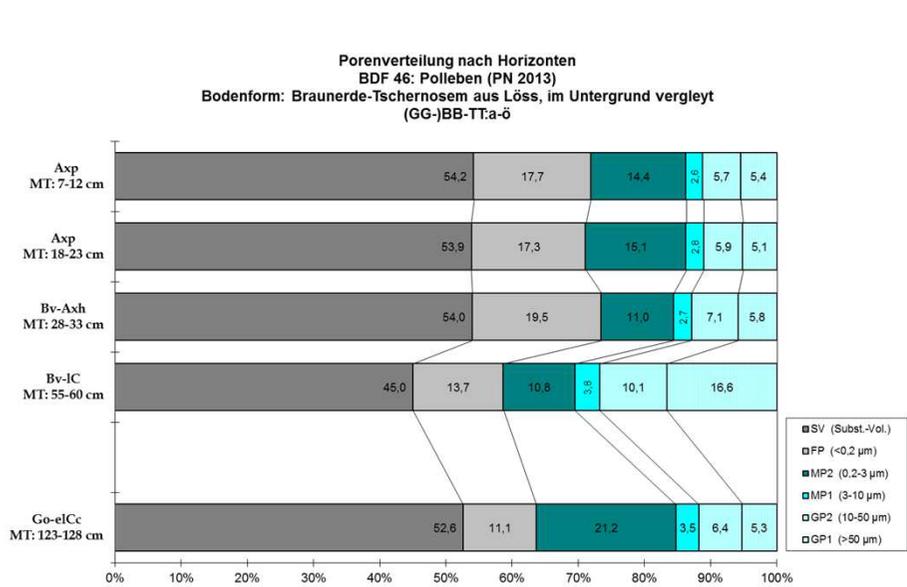
Porenverteilung nach Horizonten
BDF 46: Polleben (PN 1994)
 Bodenform: Kolluvisol-Braunerde-Tschernosem aus Kolluviallöss, im Untergrund vergleyt



Porenverteilung nach Horizonten
BDF 46: Polleben (PN 2003)
 Bodenform: Braunerde-Tschernosem aus Löss, im tiefen Untergrund vergleyt



BDF Polleben: Veränderung der Porenverteilung und Wasserdurchlässigkeit 1994-2003-2013



BDF Polleben: Im Unterboden verbrauchte Schwarzerde (Braunerde-Tschernosem) aus teils kolluvialem Löss im Mansfelder Land; Lage: im Mittel- bis Unterhangbereich am Beginn eines Muldentälchens. Angelegt wurde die BDF 1994; Wiederbeprobungen für bodenphysikalische und bodenchemische Untersuchungen fanden 2003 und 2013 statt. Nutzung: Ackerbau

Analyse: Es wurde ein und dieselbe Substratschicht in relativ engen Tiefenstufen bis 1,10-1,20 m beprobt. Am lockersten und daher mit der geringsten Lagerungsdichte, dem größten Luftporenanteil und der höchsten Wasserdurchlässigkeit ist der Standort in einer Tiefe von rd. 50-80 cm – dort wirken offensichtlich die Bearbeitungsdrücke nicht mehr verändernd ein, und darunter nimmt die Lagerungsdichte aufgrund der dann durch die darüberliegende Substratpackung immer höher werdenden Auflast wieder zu. Man kann davon ausgehen, dass der Boden ursprünglich oberhalb von 50-80 cm noch lockerer war als er heute in dieser Tiefe ist und generell eine hohe Wasserdurchlässigkeit hatte, und dass er infolge der ackerbaulichen Nutzung in den oberen 50 cm verdichtet wurde, wobei dieser Zustand als stabil betrachtet werden kann und definitiv nicht von einer Schadverdichtung zu sprechen ist.

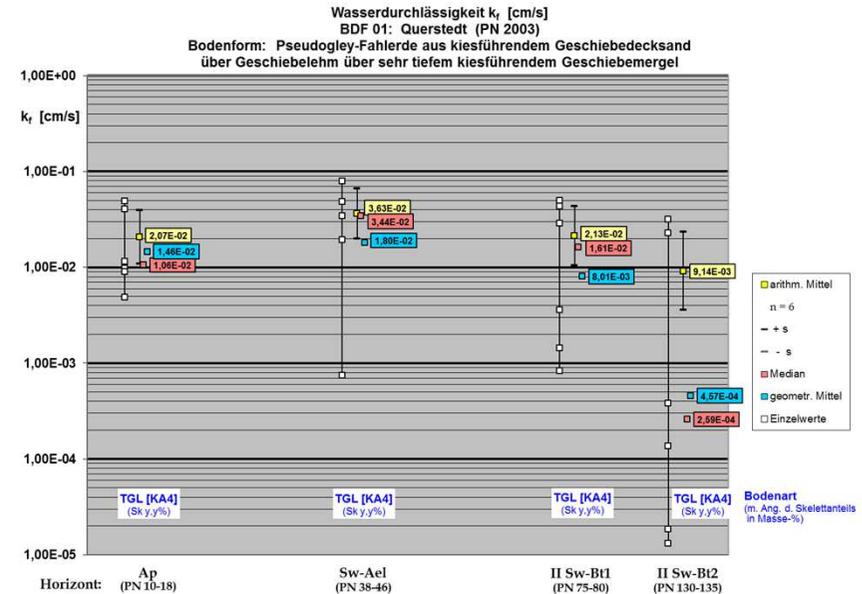
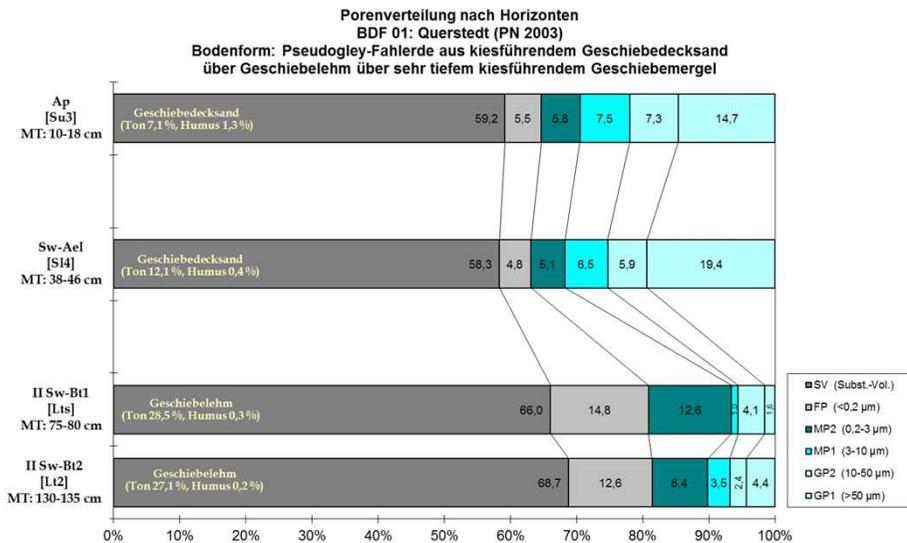
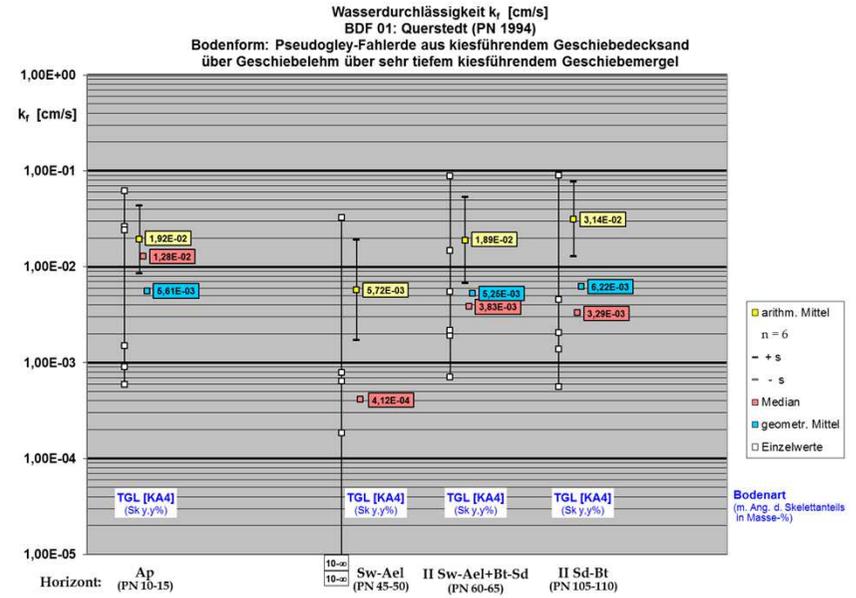
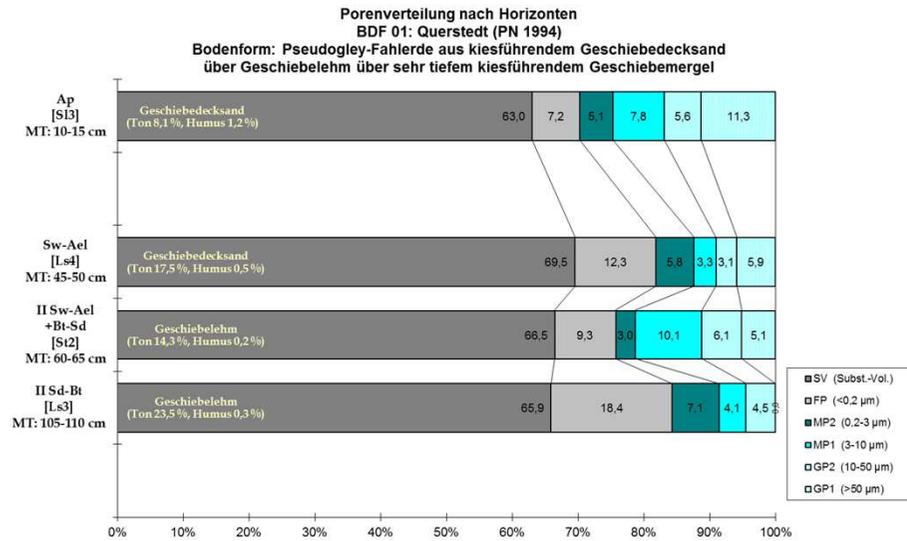
In der Zeitreihenbetrachtung der bodenphysikalischen Parameter ist der Standort unauffällig.

**Auswertung der Untersuchung ungestörter Bodenproben im Hinblick auf Schadverdichtungen
nach dem Index von Lebert/Brunotte/Sommer**

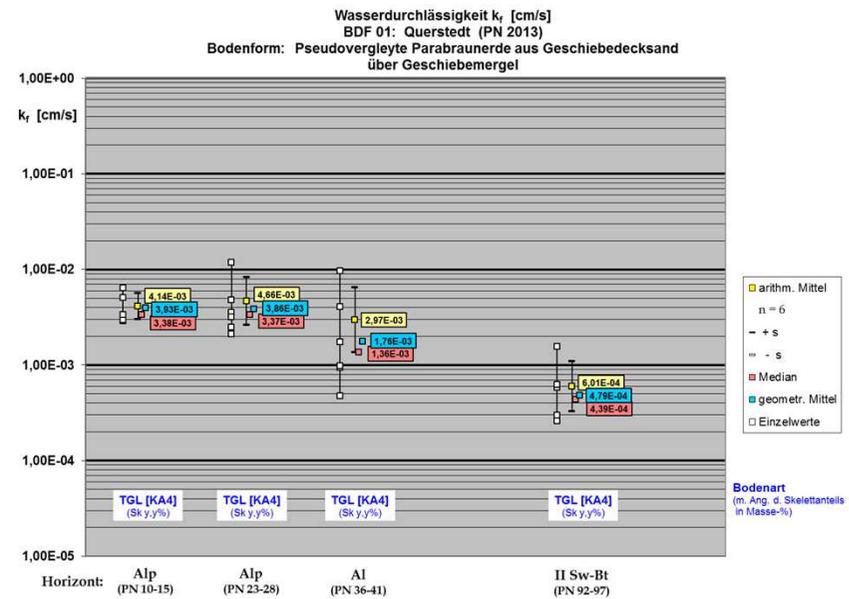
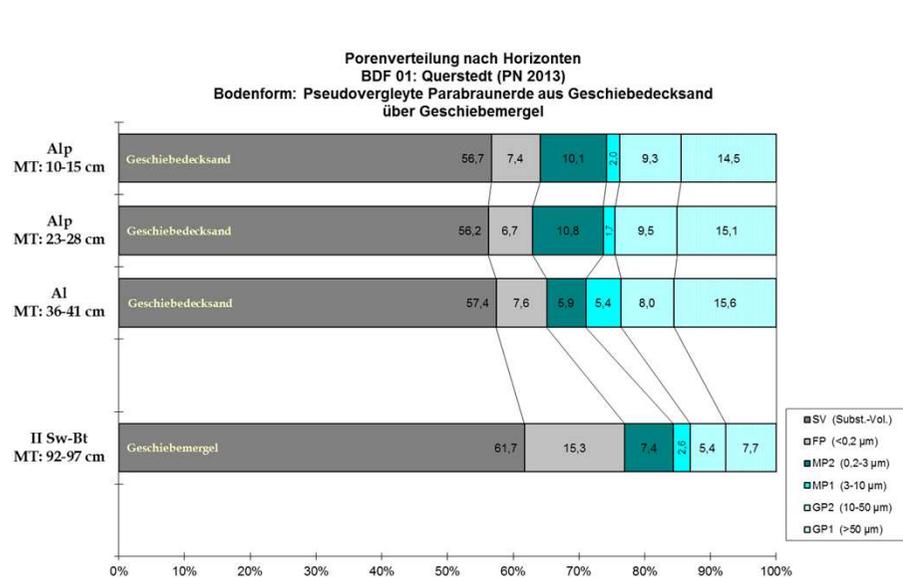
BDF Polleben

Horizont / Entnahmetiefe	PN-Jahr	TRD-Mittel [g/cm ³]	Tongehalt [M.-%]	Ld-Mittel (= TRD + 0,009*Ton)	Ld-Stufe n. KA 4	Ld-Stufe n. KA 5	Schadverdichtung? (--> alle drei Kriterien müssen erfüllt sein!)			Kommentar
							--> GP1 ≤ 5 Vol.-% [= grobe Grobporen, > 50 µm Ø]	--> k _r ≤ 1,16E-04 cm/s (Geomittel)	--> Ld4/Ld5 [= effektive Lagerungsdichte]	
							nach: Lebert / Brunotte / Sommer (UBA-Texte 46/04)			
Axp MT: 5-10 cm	1994	1,332	15,9	1,476	Ld 2	Ld 2	---	X	---	
Axh1 MT: 20-25 cm		1,408	16,2	1,554	Ld 2	Ld 3	---	---	---	
Axh2 MT: 40-45 cm		1,394	21,2	1,585	Ld 2	Ld 2	X	---	---	
Axh+Bv MT: 55-60 cm		1,255	22,2	1,455	Ld2	Ld2	---	---	---	
Bv MT: 70-75 cm		1,194	18,8	1,363	Ld1	Ld2	---	---	---	
eGco MT: 105-110 cm		1,411	16,6	1,560	Ld 2	Ld 3	---	---	---	
Axp MT: 10-15 cm	2003	1,409	19,0	1,580	Ld 2	Ld 3	X	---	---	
Axh1 MT: 30-35 cm		1,416	18,1	1,579	Ld 2	Ld 3	X	---	---	
Axh2 MT: 50-55 cm		1,294	24,6	1,516	Ld 2	Ld 2	---	---	---	
Bv MT: 77-82 cm		1,264	18,2	1,428	Ld 2	Ld 2	---	---	---	
eICc MT: 110-115 cm		1,406	12,7	1,520	Ld 2	Ld 2	X	---	---	
Axp MT: 7-12 cm	2013	1,422	19,0	1,593	Ld 2	Ld 3	---	---	---	
Axp MT: 18-23 cm		1,414	16,9	1,566	Ld 2	Ld 3	---	---	---	
Bv-Axh MT: 28-33 cm		1,427	18,1	1,590	Ld 2	Ld 3	---	---	---	
Bv-IC MT: 55-60 cm		1,208	24,6	1,429	Ld 2	Ld 2	---	---	---	
Go-eICc MT: 123-128 cm		1,424	12,7	1,538	Ld 2	Ld 2	---	(X)	---	k _r bei 2,77E-04 (Median bei 2,53E-04)

BDF Querstedt: Veränderung der Porenverteilung und Wasserdurchlässigkeit 1994-2003-2013



BDF Querstedt: Veränderung der Porenverteilung und Wasserdurchlässigkeit 1994-2003-2013



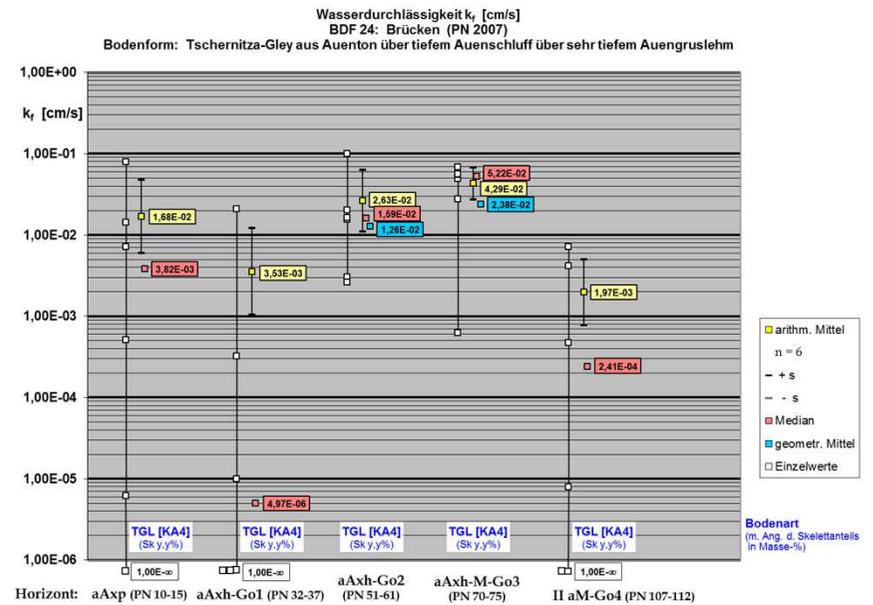
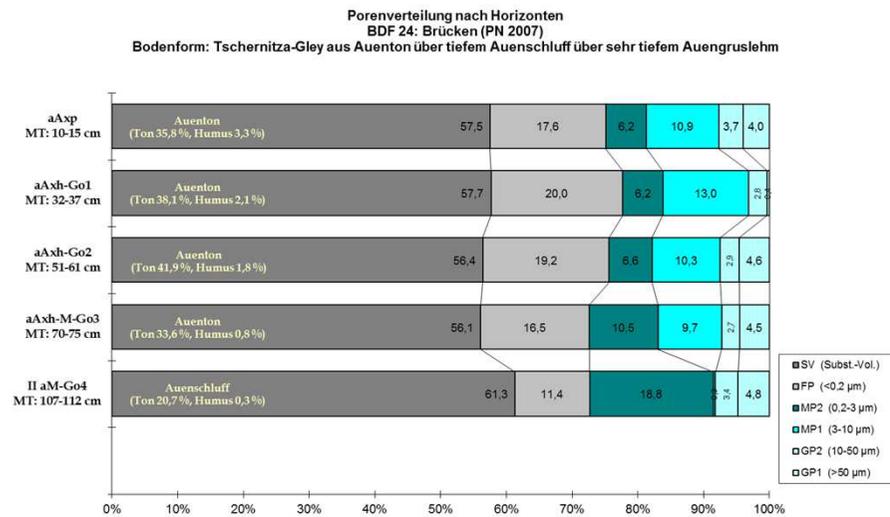
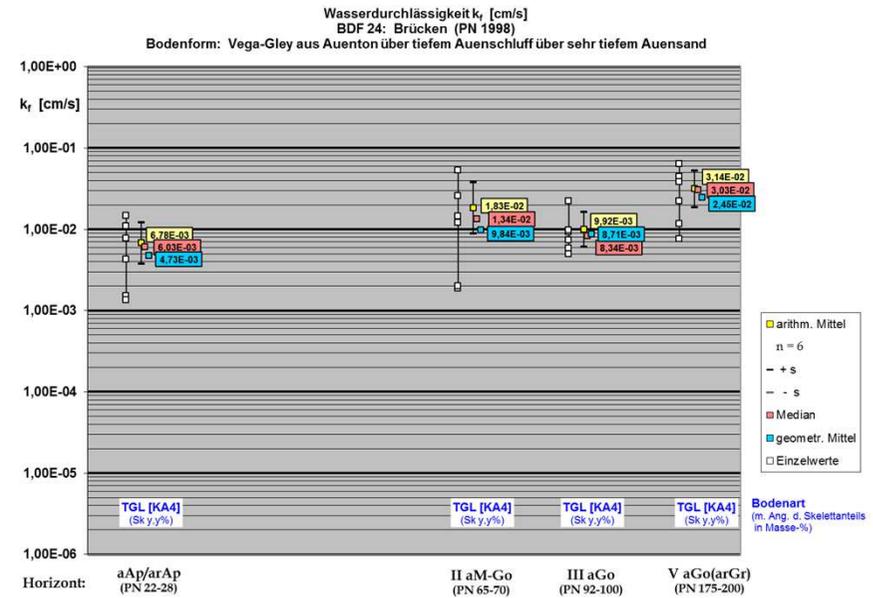
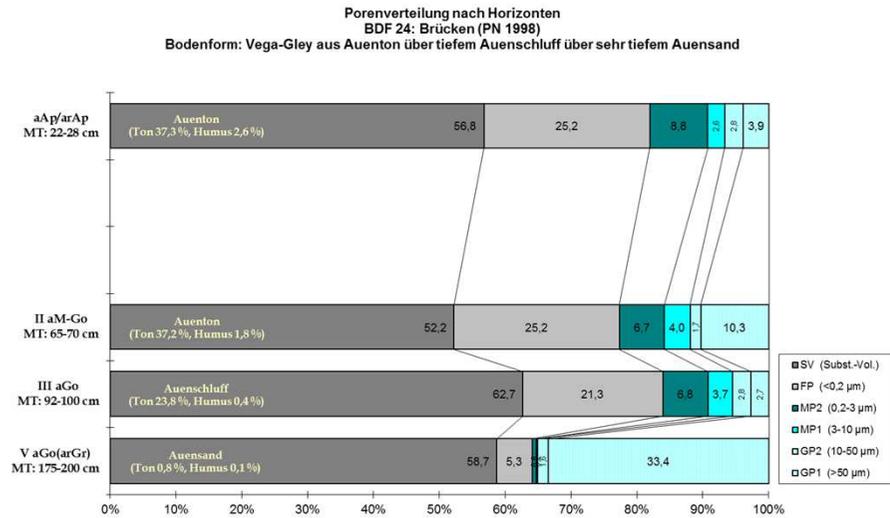
BDF Querstedt: Übergangsbodentyp zw. Parabraunerde bzw. Fahlerde und Pseudogley; Verdichtungen betreffen zum einen den Tonanreicherungshorizont, der auf natürliche Weise entstanden ist. Dieser liegt in unterschiedlichem Abstand zur Geländeoberfläche. Allerdings wurde 1994 auch eine oberflächennahe Verdichtung im Sw-Ael festgestellt, die nutzungsbedingt war und als Schadverdichtung eingeordnet werden muss. Angelegt wurde die BDF 1994; Wiederbeprobungen für bodenphysikalische und bodenchemische Untersuchungen fanden 2003 und 2013 statt. Nutzung: Ackerbau

Analyse: Es wurden dieselben Substratschichten beprobt, 2013 der Oberboden in besonders engen Tiefenstufen. Die 1994 festgestellte Schadverdichtung im Sw-Ael war offensichtlich bereits 2003 wieder verschwunden; die geogenen Verdichtungen aufgrund der Tonverlagerung sind je nach Profilstandort unterschiedlich ausgeprägt.

Auswertung der Untersuchung ungestörter Bodenproben im Hinblick auf Schadverdichtungen nach dem Index von Lebert/Brunotte/Sommer

Horizont / Entnahmetiefe	PN-Jahr	TRD-Mittel [g/cm ³]	Tongehalt [M.-%]	Ld-Mittel (= TRD + 0,009*Ton)	Ld-Stufe n. KA 4	Ld-Stufe n. KA 5	Schadverdichtung? (→ alle drei Kriterien müssen erfüllt sein!)			Kommentar
							→ GP1 < 5 Vol.-% [= grobe Grobporen, > 50 µm Ø]	→ k _r ≤ 1,16E-04 cm/s (Geomittel)	→ Ld4/Ld5 [= effektive Lagerungsdichte]	
							nach: Lebert / Brunotte / Sommer (UBA-Texte 46/04)			
Ap MT: 10-15 cm	1994	1,648	8,1	1,720	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
Sw-Ael MT: 45-50 cm		1,821	17,5	1,978	Ld 4	Ld 4	(X)	X	X	Verdichtung als geg. betr.; Staumerkmale sind vorh.
II Sw-Ael+Bt-Sd MT: 60-65 cm		1,740	14,3	1,868	Ld 4	Ld 4	(X)	---	X	
II Sd-Bt MT: 105-110 cm		1,730	23,5	1,941	Ld 4	Ld 4	X	---	X	
Ap MT: 10-18 cm	2003	1,587	7,1	1,650	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
Sw-Ael MT: 38-46 cm		1,546	12,1	1,655	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
II Sw-Bt1 MT: 75-80 cm		1,721	28,5	1,977	Ld 4	Ld 4	X	---	X	
II Sw-Bt2 MT: 130-135 cm		1,815	27,1	2,059	Ld 5	Ld 5	X	(X)	X	Verdichtung als geg. betr.; Staumerkmale sind vorh.
Alp MT: 10-15 cm	2013	1,492	7,1	1,556	Ld 2	Ld 3	---	---	---	
Alp MT: 23-28 cm		1,481	7,7	1,550	Ld 2	Ld 3	---	---	---	
Al MT: 36-41 cm		1,274	12,9	1,390	Ld 1	Ld 2	---	---	---	
II Sw-Bt MT: 92-97 cm		1,681	27,8	1,931	Ld 4	Ld 4	---	(X)	X	

BDF Brücken: Veränderung der Porenverteilung und Wasserdurchlässigkeit 1998-2007



Auswertung der Untersuchung ungestörter Bodenproben im Hinblick auf Schadverdichtungen nach dem Index von Lebert/Brunotte/Sommer

BDF Brücken: Vega-Gley aus Auenton über tiefem Auenschluff über sehr tiefem Auensand, angelegt 1998 in der Goldenen Aue; Wasserstand bei 160-200 cm; Nutzung: Ackerbau

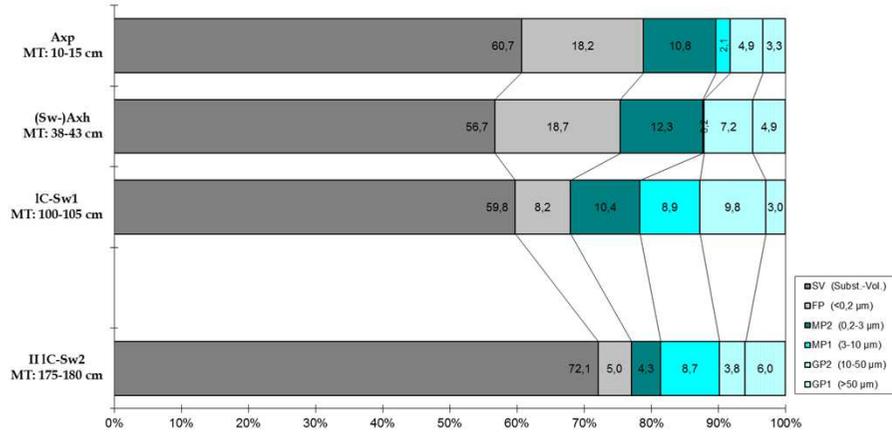
Schadverdichtung? (--> alle drei Kriterien müssen erfüllt sein!)	
--> GP1 ≤ 5 Vol.-%	[= grobe Grobporen, > 50 µm Ø]
--> $k_f \leq 1,16E-04$ cm/s (Geomittel)	
--> Ld4/Ld5	[= effektive Lagerungsdichte]
nach: Lebert / Brunotte / Sommer (UBA-Texte 46/04)	
Kommentar	

Horizont / Entnahmetiefe	PN-Jahr	TRD-Mittel [g/cm ³]	Tongehalt [M.-%]	Ld-Mittel (= TRD + 0,009*Ton)	Ld-Stufe n. KA 4	Ld-Stufe n. KA 5	Schadverdichtung?			Kommentar
aAp/arAp MT: 22-28 cm	1998	1,436	37,3	1,772	Ld 3	Ld 3	X	---	---	
II aM-Go MT: 65-70 cm		1,329	37,2	1,663	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
III aGo MT: 92-100 cm		1,639	23,8	1,854	Ld 4	Ld 4	X	---	X	
V aGo(arGr) MT: 175-200 cm		1,574	0,8	1,581	Ld 2	Ld 3	---	---	---	
aAxp MT: 10-15 cm	2007	1,467	35,8	1,790	Ld 3	Ld 3	X	(X)	(X)	Verdichtungstendenz klar vorh.; Ld4 fast erreicht!
aAxb-Go1 MT: 32-37 cm		1,488	38,1	1,831	Ld 4	Ld 4	X	X	X	Unterbodenverdichtung klar vorhanden; 1998 n.b.
aAxb-Go2 MT: 51-61 cm		1,467	41,9	1,844	Ld 4	Ld 4	X	---	X	
aAxb-M-Go3 MT: 70-75 cm		1,442	33,6	1,744	Ld 3	Ld 3	X	---	---	
II aM-Go4 MT: 107-112 cm		1,643	20,7	1,829	Ld 4	Ld 4	X	X	X	

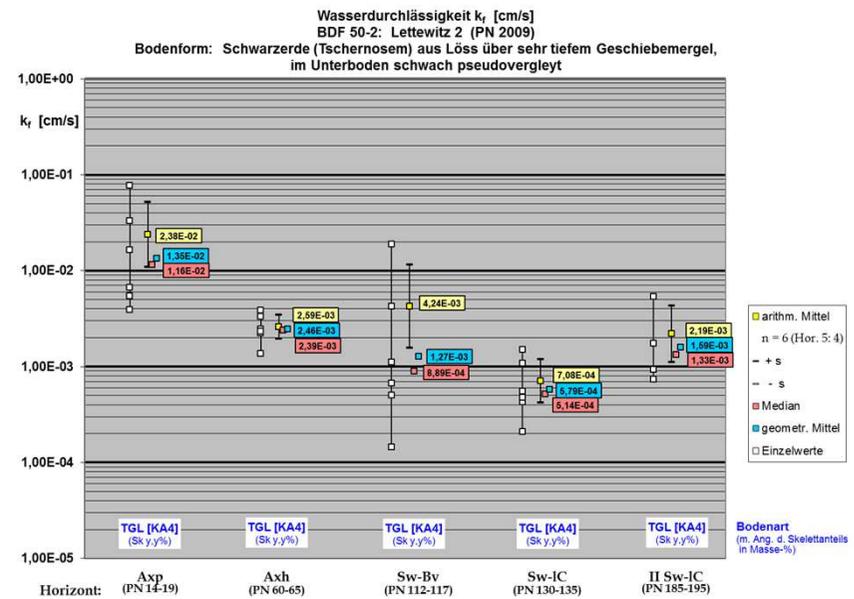
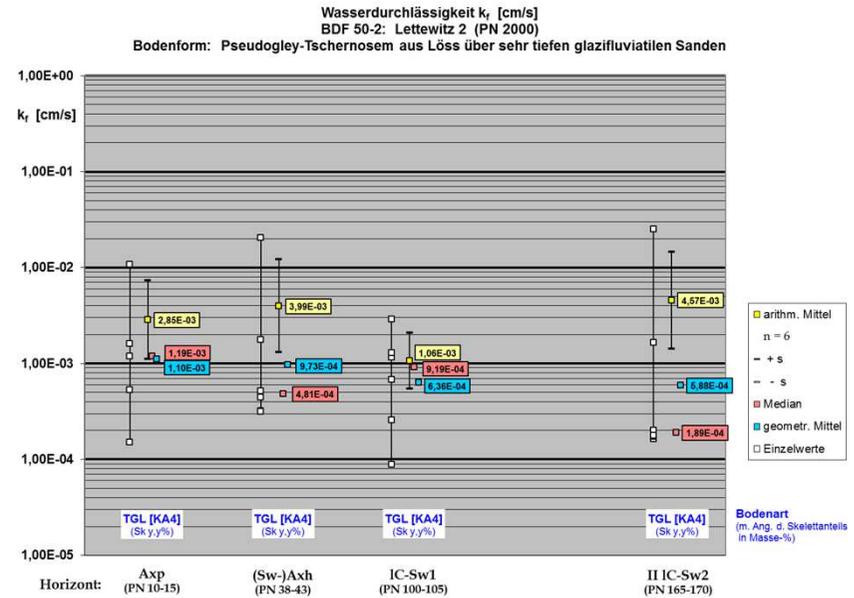
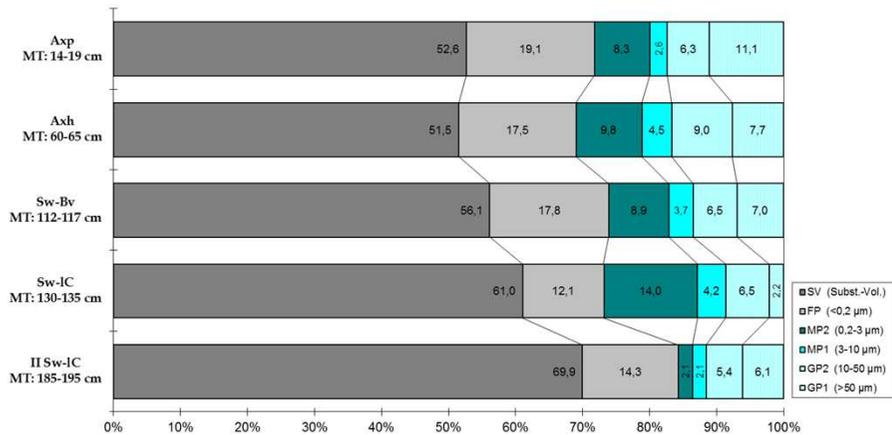
Analyse: Es wurden dieselben Substratschichten beprobt, allerdings 1998 nicht der Pflugsohlen- und der darunterliegende Bereich. 2007: Ap (hier als aAxp angesprochen) klar schadverdichtet, v. a. im Pflugsohlenbereich! 2007 ebenfalls verdichtet: die den Ton unterlagernde Schluffschicht in ca. 1 m Tiefe.

BDF Lettewitz 2: Veränderung der Porenverteilung und Wasserdurchlässigkeit 2000-2009

Porenverteilung nach Horizonten
 BDF 50-2: Lettewitz 2 (PN 2000)
 Bodenform: Pseudogley-Tschernosem aus Löss über sehr tiefen glazifluvialen Sanden



Porenverteilung nach Horizonten
 BDF 50-2: Lettewitz 2 (PN 2009)
 Bodenform: Schwarzerde (Tschernosem) aus Löss über sehr tiefem Geschiebemergel, im Unterboden schwach pseudovergleyt



Auswertung der Untersuchung ungestörter Bodenproben im Hinblick auf Schadverdichtungen nach dem Index von Lebert/Brunotte/Sommer

BDF Lettewitz 2: Schwarzerde (Tschernosem) aus Löss über tiefen glazifluviatilen Sanden bzw. Geschiebelehm, in unterschiedlichem Maße pseudovergleyt, angelegt 2000 auf dem Lettewitzer Löss-Plateau nordwestlich von Halle (Lage: auf der Plateauebene);
Nutzung: Ackerbau

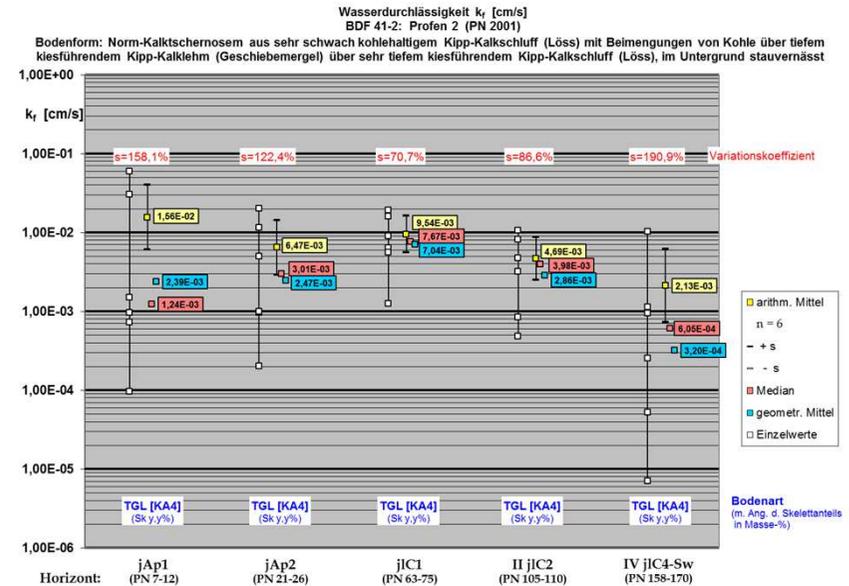
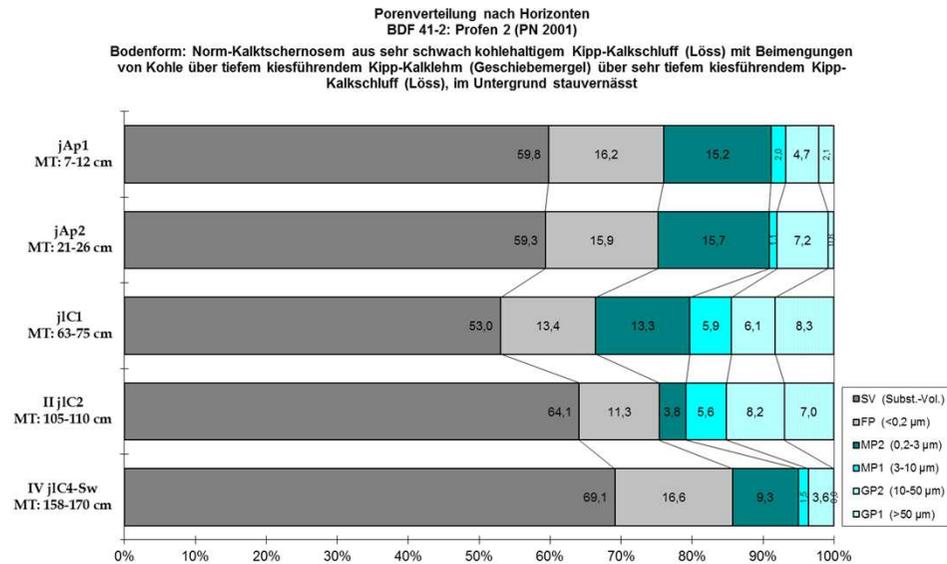
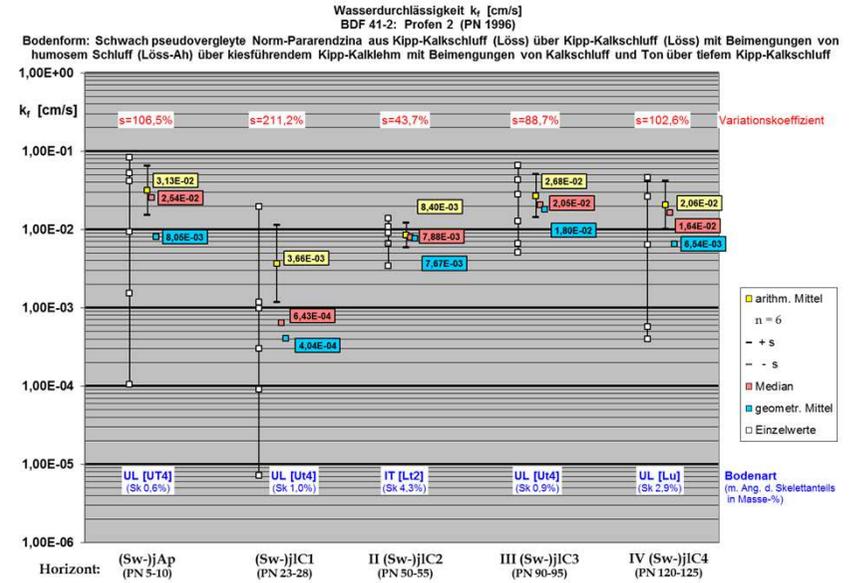
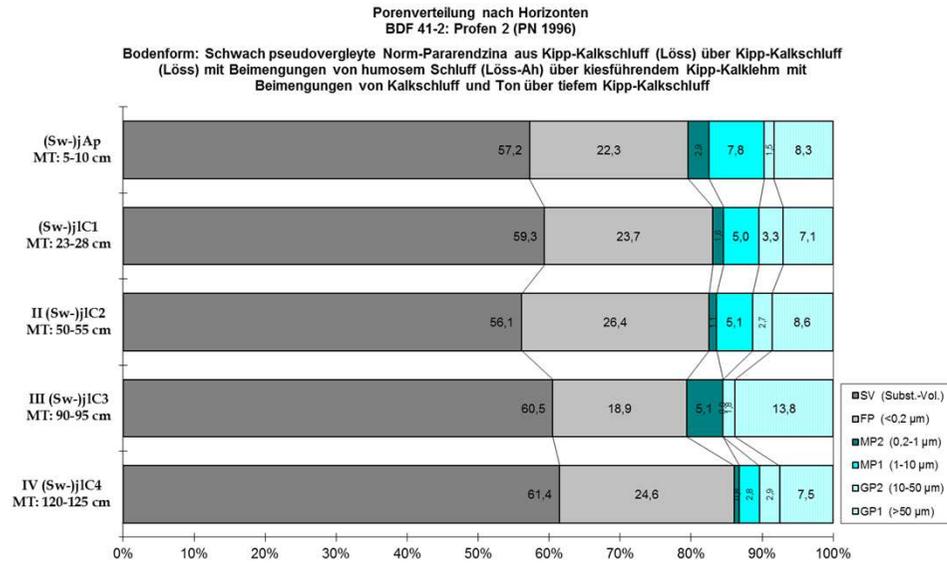
Schadverdichtung? (--> alle drei Kriterien müssen erfüllt sein!)	
--> GP1 ≤ 5 Vol.-%	[= grobe Grobporen, > 50 µm Ø]
--> $k_f \leq 1,16E-04$ cm/s (Geomittel)	
--> Ld4/Ld5	[= effektive Lagerungsdichte]
nach: Lebert / Brunotte / Sommer (UBA-Texte 46/04)	
	Kommentar

Horizont / Entnahmetiefe	PN-Jahr	TRD-Mittel [g/cm³]	Tongehalt [M.-%]	Ld-Mittel (= TRD + 0,009*Ton)	Ld-Stufe n. KA 4	Ld-Stufe n. KA 5	GP1	k_f	Ld4/Ld5	Kommentar
Axp MT: 10-15 cm	2000	1,550	17,8	1,710	Ld 3	Ld 3	X	---	---	
(Sw-)Axh MT: 38-43 cm		1,466	23,1	1,674	Ld 3	Ld 3	X	(X)	---	GP1 und k_f tendieren in Richtung Schadverdichtung!
IC-Sw1 MT: 100-105 cm		1,579	9,4	1,664	Ld 3	Ld 3	X	(X)	---	GP1 und k_f tendieren in Richtung Schadverdichtung!
II IC-Sw2 MT: 175-180 cm		1,904	6,8	1,965	Ld 4	Ld 4	---	(X)	X	k_f und Ld tendieren in Richtung Schadverdichtung!

Axp MT: 14-19 cm	2009	1,353	17,8	1,513	Ld 2	Ld 2	---	---	---	
Axh MT: 60-65 cm		1,342	23,1	1,550	Ld 2	Ld 3	---	---	---	
Sw-Bv MT: 112-117 cm		1,519	19,6	1,695	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
Sw-IC MT: 130-135 cm		1,615	9,4	1,700	Ld 3	Ld 3	X	(X)	---	GP1 und k_f tendieren in Richtung Schadverdichtung!
II Sw-IC MT: 185-195 cm		1,868	6,8	1,930	Ld 4	Ld 4	---	---	X	

Analyse: Es wurden dieselben Substratschichten beprobt, allerdings 2009 nicht der Pflugsohlenbereich; im Tiefenbereich 170-200 cm stand im Profil von 2000 glazifluviatiler Sand an, im Profil von 2009 Geschiebemergel. Die 2000 im Axp und Axh zu erkennende Tendenz zur Schadverdichtung war 2009 nicht anzutreffen. Dafür traten solche Erscheinungen in der (2000 nicht beprobten) Tiefe um 130 cm auf, deren Ursache jedoch nicht geklärt werden konnte.

V-BDF Profen 2: Veränderung der Porenverteilung und Wasserdurchlässigkeit 1996-2001



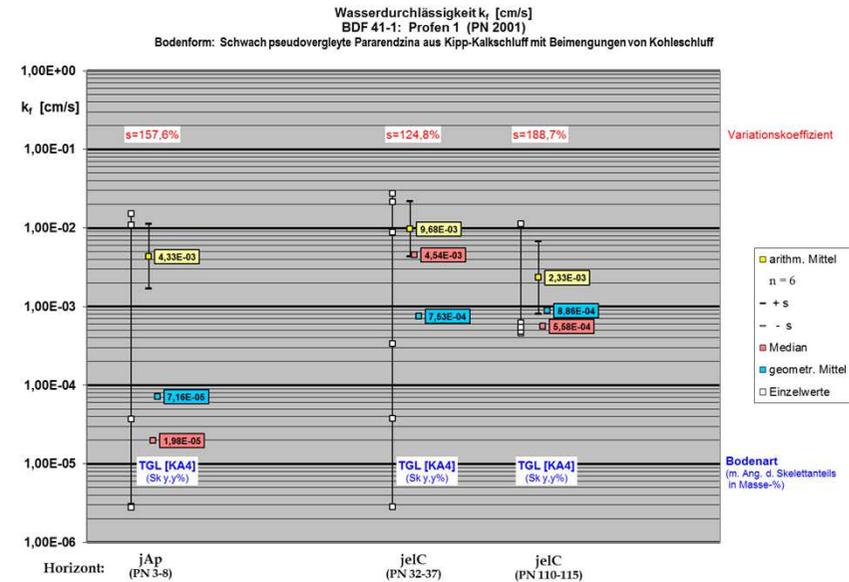
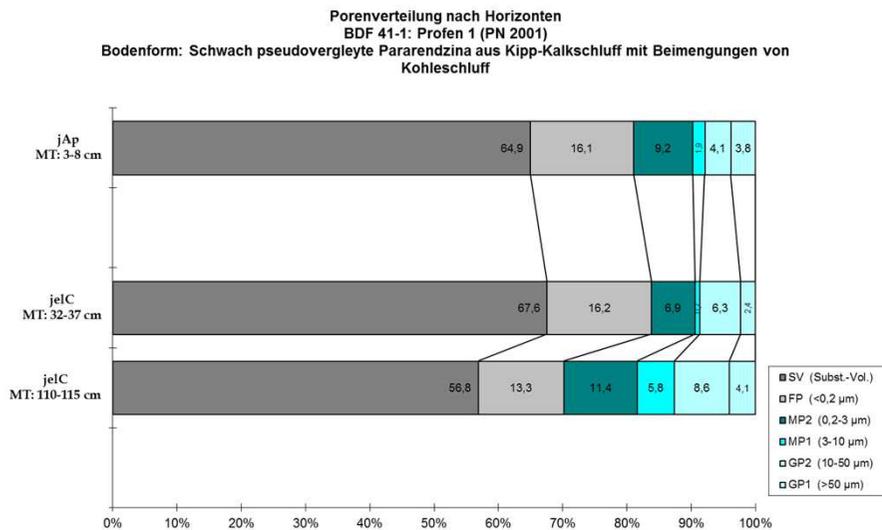
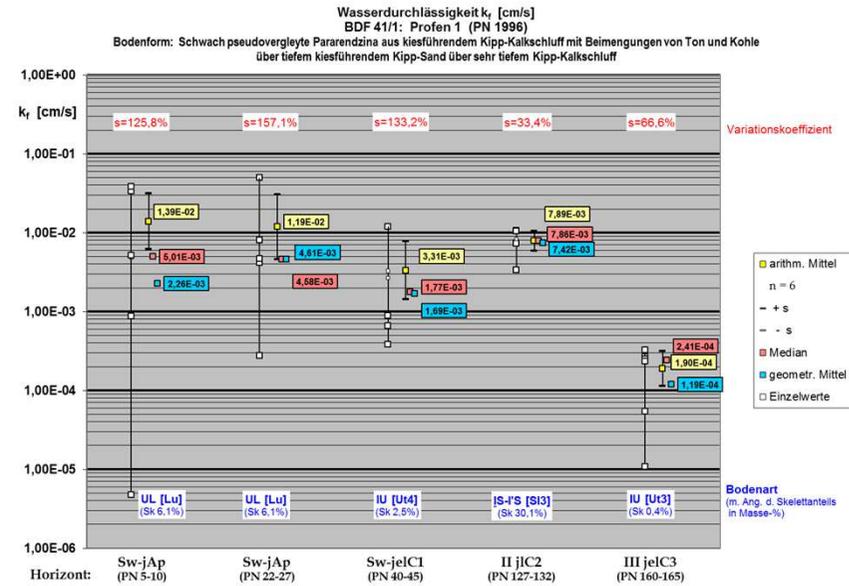
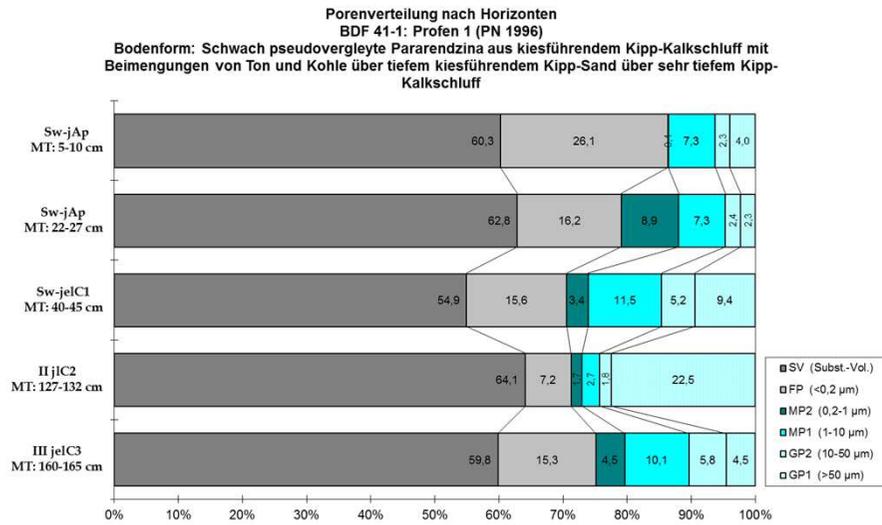
Auswertung der Untersuchung ungestörter Bodenproben im Hinblick auf Schadverdichtungen nach dem Index von Lebert/Brunotte/Sommer

V-BDF Profen 2: Kippe des Braunkohlentagebaus; entstanden vor 1945 in Vorwärtsschüttung durch Absetzer mit starrem Ausleger; Kulturbodenüberzug (bis 80 cm) überwiegend aus Löss, in Handverkipfung hergestellt durch französische Kriegsgefangene; Nutzung: Ackerbau

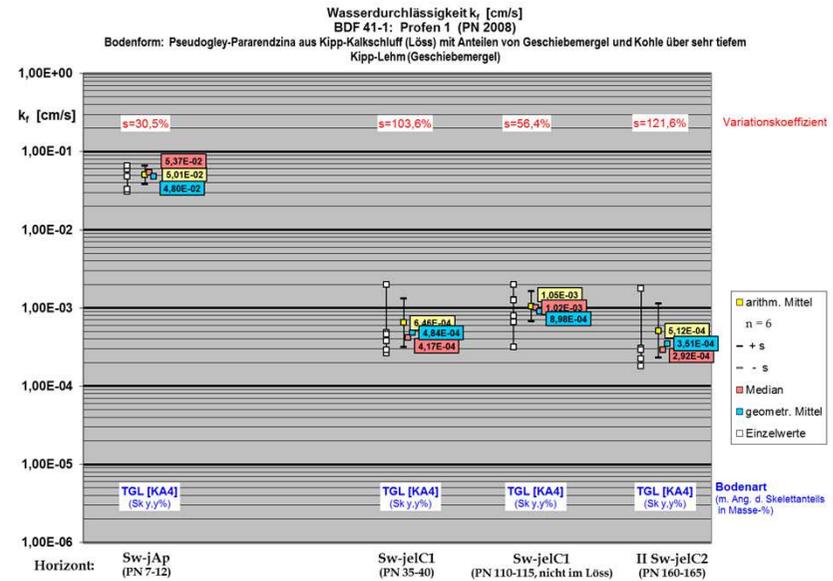
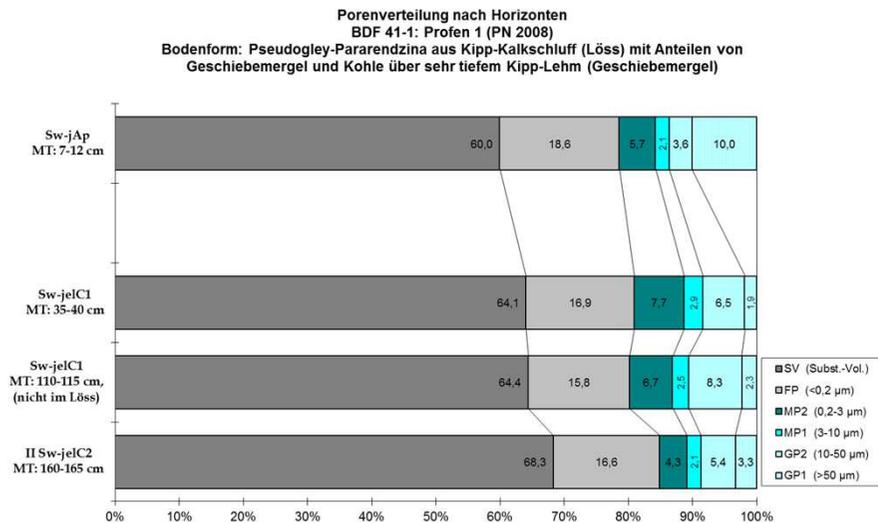
Horizont / Entnahmetiefe	PN-Jahr	TRD-Mittel [g/cm ³]	Tongehalt [M.-%]	Ld-Mittel (= TRD + 0,009*Ton)	Ld-Stufe n. KA 4	Ld-Stufe n. KA 5	Schadverdichtung? (--> alle drei Kriterien müssen erfüllt sein!)			Kommentar
							--> GP1 < 5 Vol.-% [= grobe Grobporen, > 50 µm Ø]	--> k _r ≤ 1,16E-04 cm/s (Geomittel)	--> Ld4/Ld5 [= effektive Lagerungsdichte]	
							nach: Lebert / Brunotte / Sommer (UBA-Texte 46/04)			
(Sw-)jAp MT: 5-10 cm	1996 (Alter: über 51 Jahre)	1,504	21,5	1,697	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
(Sw-)jIC1 MT: 23-28 cm		1,572	22,6	1,776	Ld 3	Ld 3	---	(X)	---	k _r -Geomittel = 4,04E-04
II (Sw-)jIC2 MT: 50-55 cm		1,456	23,5	1,667	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
III (Sw-)jIC3 MT: 90-95 cm		1,587	29,3	1,851	Ld 4	Ld 4	---	---	X	
IV (Sw-)jIC4 MT: 120-125 cm		1,632	20,4	1,816	Ld 4	Ld 4	---	---	X	
jAp1 MT: 7-12 cm	2001 (Alter: über 56 Jahre)	1,532	19,2	1,705	Ld 3	Ld 3	X	---	---	
jAp2 MT: 21-26 cm		1,522	19,5	1,698	Ld 3	Ld 3	X	---	---	
jIC1 MT: 63-75 cm		1,365	18,8	1,534	Ld 2	Ld 2	---	---	---	
II jIC2 MT: 105-110 cm		1,684	18,8	1,853	Ld 4	Ld 4	---	---	X	
IV jIC4-Sw MT: 158-170 cm		1,818	20,2	2,000	Ld 4	Ld 4	X	(X)	X	k _r -Geomittel = 3,20E-04

Analyse: Schichtenfolge bis in 75 cm Tiefe vergleichbar (obwohl unterschiedliche Bodentypen ausgebildet sind). Es kann kein Trend zur Schadverdichtung festgestellt werden, obwohl das Porenvolumen 2001 in drei Horizonten geringer ausfällt. Auffällig ist, dass die Luftkapazität 2001 viel geringer ausfällt.

BDF Profen 1: Veränderung der Porenverteilung und Wasserdurchlässigkeit 1996-2001-2008



BDF Profen 1: Veränderung der Porenverteilung und Wasserdurchlässigkeit 1996-2001-2008



Analyse: Schichtenfolge vergleichbar, wenn auch das Mischungsverhältnis von Löss und Geschiebemergel schwankt. In der Tiefe 100-130 wurde 1996 eine Sandschicht erfasst. Von 1996 zu 2008 deutliche Abnahme der Wasserdurchlässigkeit in der dritten und vierten Messtiefe, sodass in 2008 ab 35 cm Tiefe ein Trend zur Schadverdichtung festgestellt werden kann. Eine Schadverdichtung im Ap in 2001 konnte rückgängig gemacht werden.

Folgende Folie: Auswertung der Untersuchung ungestörter Bodenproben im Hinblick auf Schadverdichtungen nach dem Index von Lebert/Brunotte/Sommer

BDF Profen 1: Kippe des Braunkohlentagebaus; entstanden 1965-1970 als Absetzerschüttung quartären Mischmaterials mit nachfolgendem Kulturbodenüberzug (80 cm) durch Zugbetrieb in Rückwärtsschüttung; Nutzung: Ackerbau

BDF Profen 1

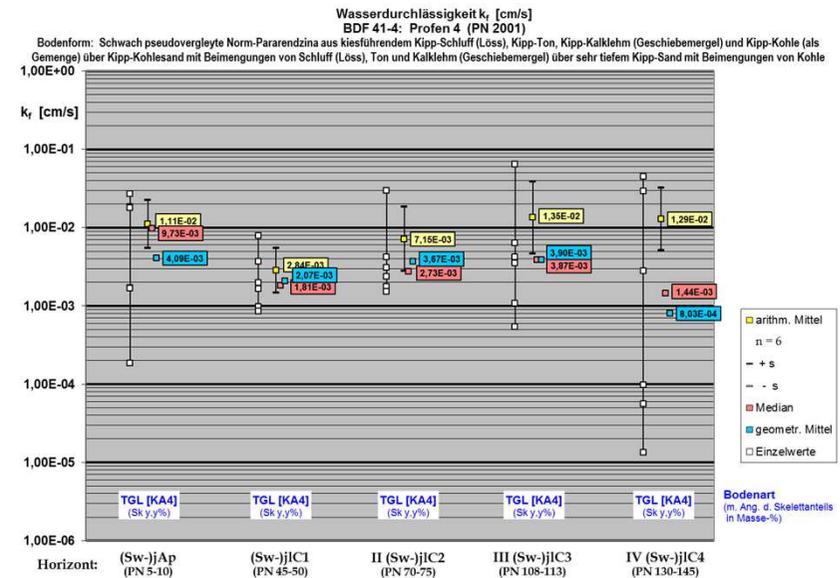
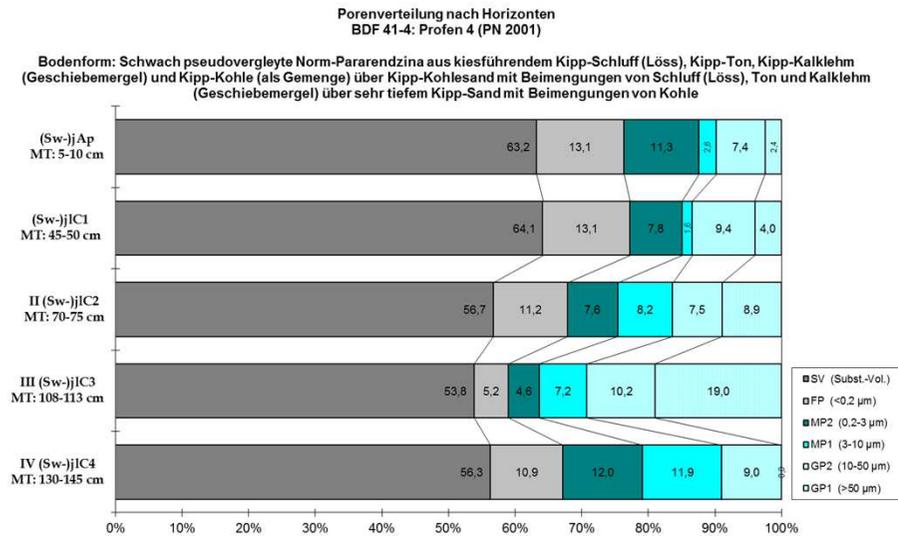
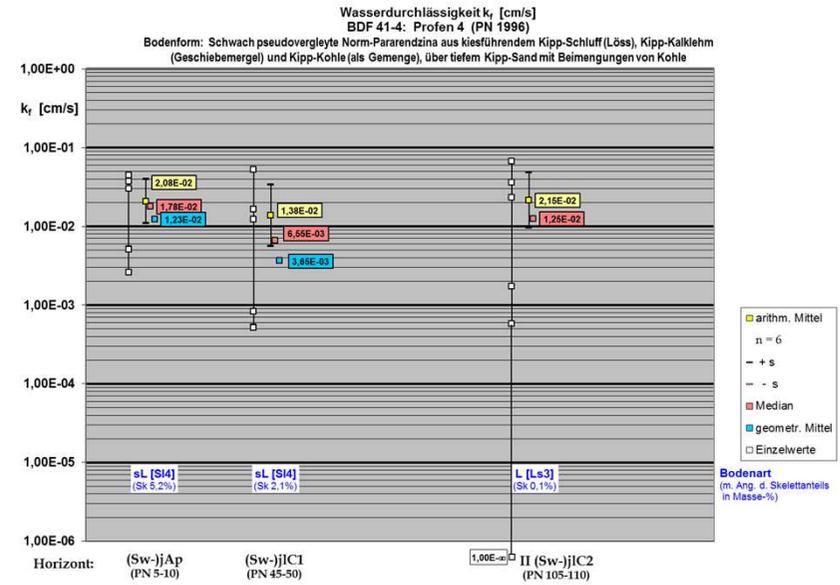
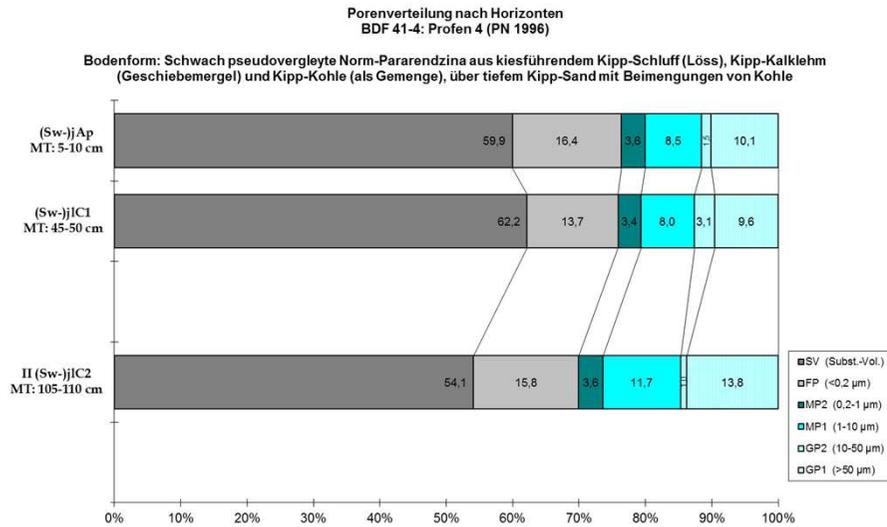
Schadverdichtung? (--> alle drei Kriterien müssen erfüllt sein!)		
--> GP1 ≤ 5 Vol.-%	[= grobe Grobporen, > 50 µm Ø]	
--> $k_f \leq 1,16E-04$ cm/s (Geomittel)		
--> Ld4/Ld5	[= effektive Lagerungsdichte]	
nach: Lebert / Brunotte / Sommer (UBA-Texte 46/04)		Kommentar

Horizont / Entnahmetiefe	PN-Jahr	TRD-Mittel [g/cm ³]	Tongehalt [M.-%]	Ld-Mittel (= TRD + 0,009*Ton)	Ld-Stufe n. KA 4	Ld-Stufe n. KA 5				
Sw-jAp MT: 5-10 cm	1996 (Alter: 26 Jahre)	1,577	25,1	1,803	Ld 4	Ld 4	X	---	X	
Sw-jAp MT: 22-27 cm		1,672	25,1	1,898	Ld 4	Ld 4	X	---	X	
Sw-jelC1 MT: 40-45 cm		1,466	17,3	1,622	Ld3	Ld3	---	---	---	
II jIC2 MT: 127-132 cm		1,700	8,4	1,776	Ld3	Ld3	---	---	---	
III jelC3 MT: 160-165 cm		1,592	16,3	1,739	Ld3	Ld3	X	(X)	---	

jAp MT: 3-8 cm	2001 (Alter: 31 Jahre)	1,676	21,7	1,871	Ld 4	Ld 4	X	X	X	Schadverdichtung!
n. b.										
jelC MT: 32-37 cm		1,753	19,5	1,929	Ld 4	Ld 4	X	---	X	
jelC MT: 110-115 cm		1,482	20,6	1,668	Ld3	Ld3	X	---	---	
n. b.										

Sw-jAp MT: 7-12 cm	2008 (Alter: 38 Jahre)	1,583	22,3	1,784	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
n. b.										
Sw-jelC1 MT: 35-40 cm		1,710	20,8	1,897	Ld 4	Ld 4	X	((X))	X	k_f -Geomittel = 4,84E-04
Sw-jelC1 MT: 110-115 cm (nicht im Löss)		1,673	20,8	1,861	Ld 4	Ld 4	X	((X))	X	k_f -Geomittel = 8,98E-04
II Sw-jelC2 MT: 160-165 cm		1,803	20,3	1,986	Ld 4	Ld 4	X	(X)	X	k_f -Geomittel = 3,51E-04

V-BDF Profen 4: Veränderung der Porenverteilung und Wasserdurchlässigkeit 1996-2001



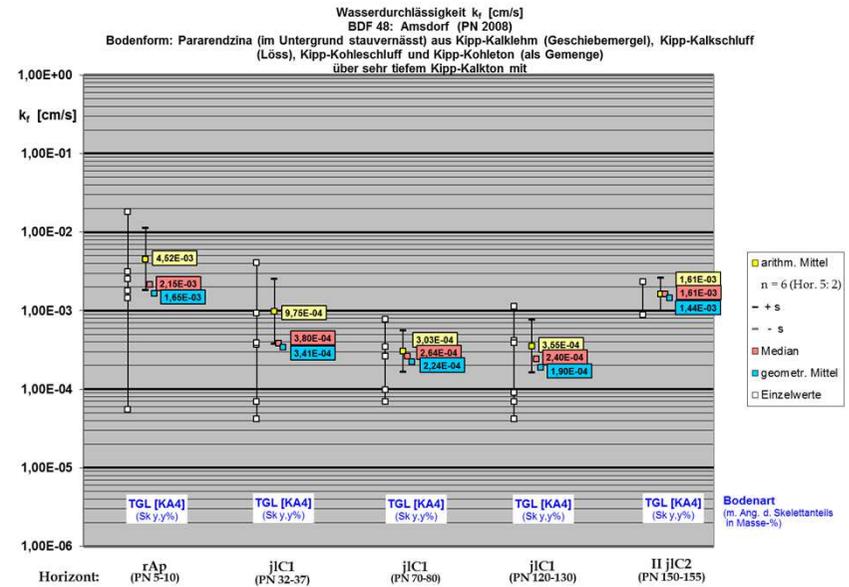
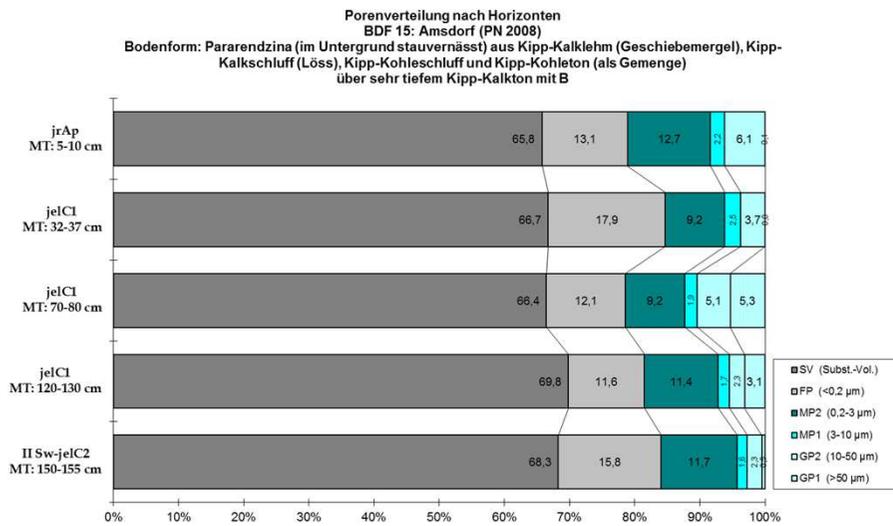
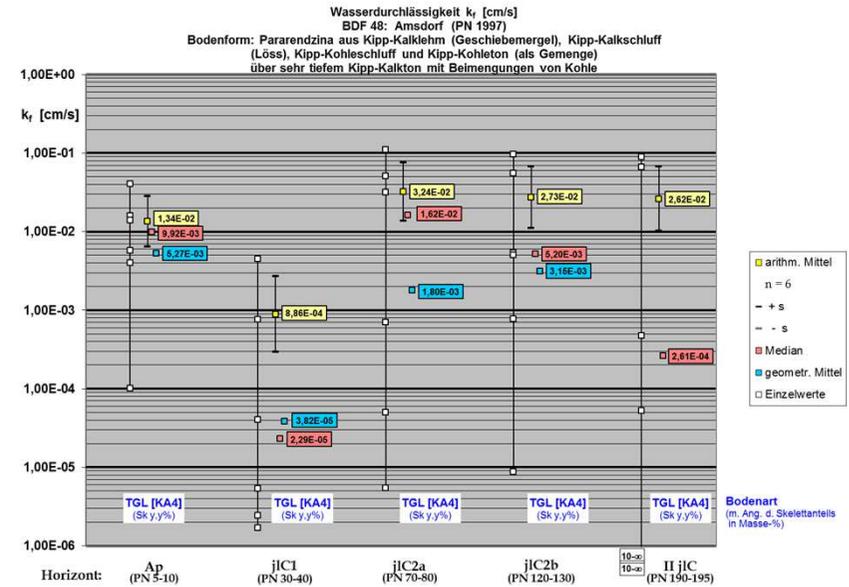
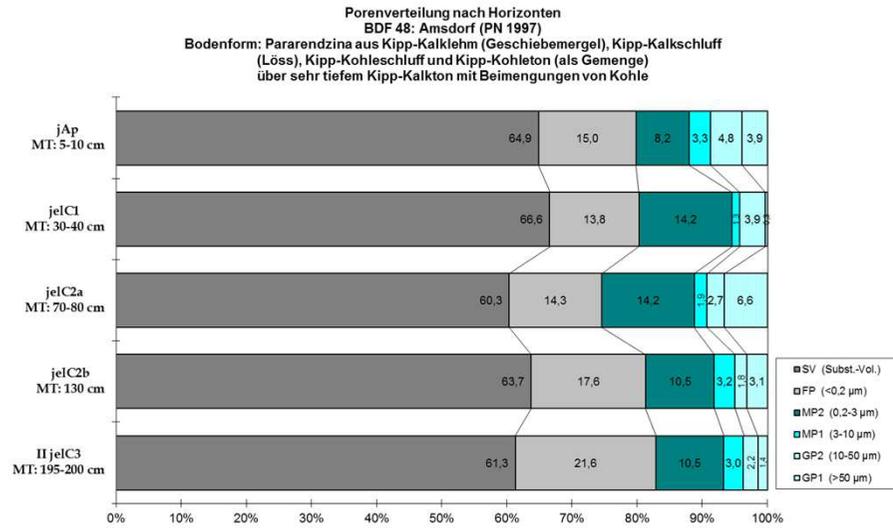
Auswertung der Untersuchung ungestörter Bodenproben im Hinblick auf Schadverdichtungen nach dem Index von Lebert/Brunotte/Sommer

V-BDF Profen 4: Kippe des Braunkohlentagebaus; entstanden 1970-1972; Absetzerschüttung kulturfähigen Materials (bis 1 m); Nutzung: Ackerbau

Horizont / Entnahmetiefe	PN-Jahr	TRD-Mittel [g/cm³]	Tongehalt [M.-%]	Ld-Mittel (= TRD + 0,009*Ton)	Ld-Stufe n. KA 4	Ld-Stufe n. KA 5	Schadverdichtung? (--> alle drei Kriterien müssen erfüllt sein!)			Kommentar
							--> GP1 < 5 Vol.-% [= grobe Grobporen, > 50 µm Ø]	--> $k_f \leq 1,16E-04$ cm/s (Geomittel)	--> Ld4/Ld5 [= effektive Lagerungsdichte]	
							nach: Lebert / Brunotte / Sommer (UBA-Texte 46/04)			
(Sw-)jAp MT: 5-10 cm	1996 (Alter: 24 Jahre)	1,554	16,5	1,702	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
(Sw-)jIC1 MT: 45-50 cm		1,610	16,3	1,758	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
II (Sw-)jIC2 MT: 105-110 cm		1,403	20,4	1,586	Ld 2	Ld 3	---	(X)	---	1 Probe war dicht; wenn Geomittel zu berechnen wäre, läge es unter dem Schwellenwert!
(Sw-)jAp MT: 5-10 cm	2001 (Alter: 29 Jahre)	1,610	20,4	1,794	Ld 3	Ld 3	X	---	---	Lagerungsdichte hat zugenommen, Anteil an GP1 ist deutlich gesunken,
(Sw-)jIC1 MT: 45-50 cm		1,641	22,1	1,840	Ld 4	Ld 4	X	---	X	k_f -Werte nehmen tendenziell ab, aber noch keine Schadverdichtung!
II (Sw-)jIC2 MT: 70-75 cm		1,429	30,6	1,704	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
III (Sw-)jIC3 MT: 108-113 cm		1,398	11,5	1,501	Ld 2	Ld 2	---	---	---	
IV (Sw-)jIC4 MT: 130-145 cm		1,474	18,9	1,644	Ld 3	Ld 3	X	---	---	

Analyse: Schichtenfolge vergleichbar. Von 1996 zu 2001 Zunahme der Lagerungsdichte und damit Abnahme des Porenvolumens, vor allem der Luftkapazität in den beiden obersten Messtiefen, d. h. bis 50 cm Tiefe. Die Wasserdurchlässigkeit nimmt tendenziell ebenfalls ab. Eine Schadverdichtung ist gegenwärtig noch nicht gegeben, zeichnet sich aber für die Zukunft bereits ab. Eventuell kann sie durch Tiefenlockerung behoben werden.

BDF Amsdorf: Veränderung der Porenverteilung und Wasserdurchlässigkeit 1997-2008



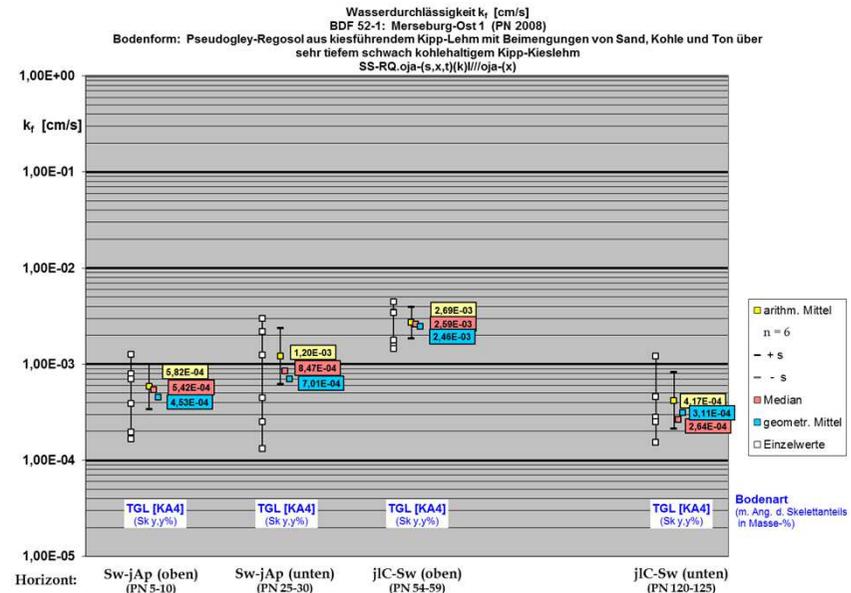
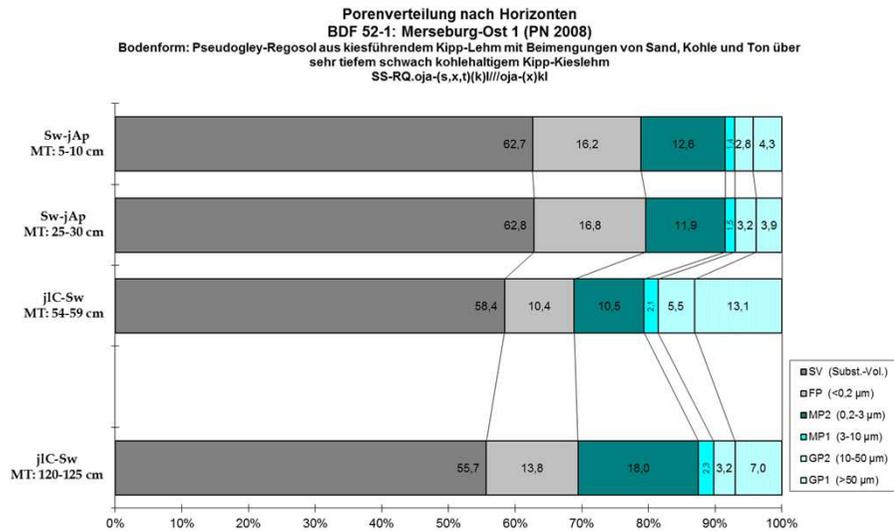
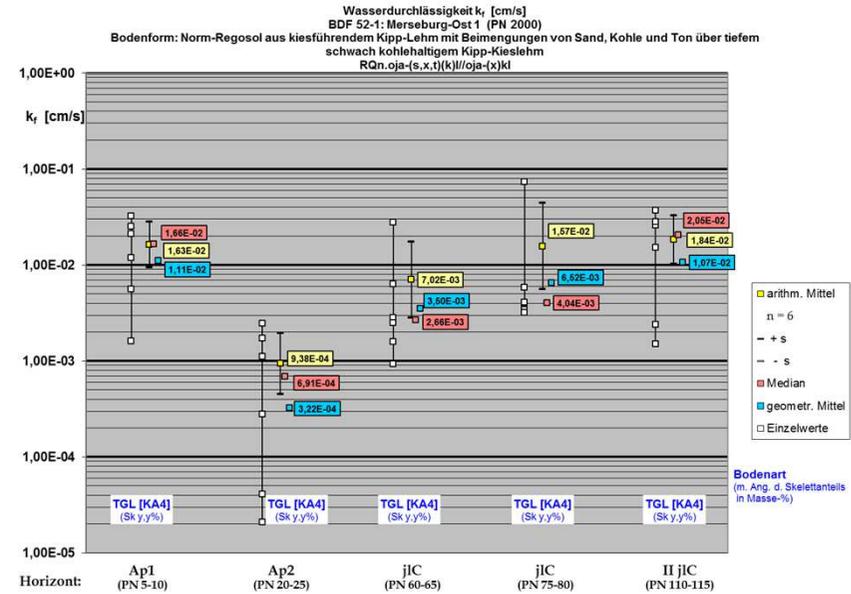
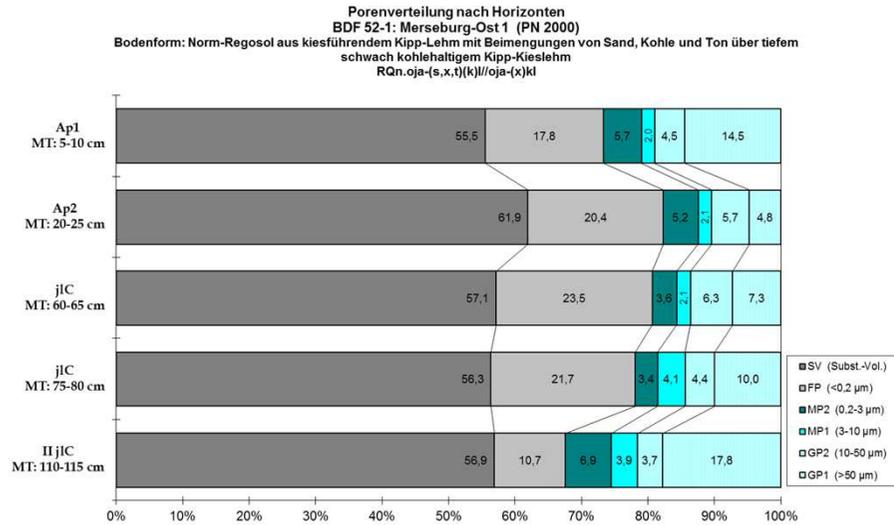
Auswertung der Untersuchung ungestörter Bodenproben im Hinblick auf Schadverdichtungen nach dem Index von Lebert/Brunotte/Sommer

BDF Amsdorf: Kippe des Braunkohlentagebaus; entstanden 1983-1984; Bandabsetzer-Schüttung pleistozänen und tertiären Mischmaterials und anschließend kulturfähigen Materials (Löss-Geschiebemergel-Gemenge) mit nachfolgender Planierung (E-Planiertrauen; Zielmächtigkeit der Kulturbodenschicht: 1 m ± 20 cm); Nutzung: 1984-1996 Ackerbau, dann Flächenstilllegung mit Grasensaat; später Errichtung eines Windparks

Horizont / Entnahmetiefe	PN-Jahr	TRD-Mittel [g/cm ³]	Tongehalt [M.-%]	Ld-Mittel (= TRD + 0,009*Ton)	Ld-Stufe n. KA 4	Ld-Stufe n. KA 5	Schadverdichtung? (--> alle drei Kriterien müssen erfüllt sein!)			Kommentar
							--> GP1 ≤ 5 Vol.-% [= grobe Grobporen, > 50 µm Ø]	--> k _f ≤ 1,16E-04 cm/s (Geomittel)	--> Ld4/Ld5 [= effektive Lagerungsdichte]	
							nach: Lebert / Brunotte / Sommer (UBA-Texte 46/04)			
jrAp MT: 5-10 cm	1997 (Alter: 13 Jahre)	1,685	18,9	1,855	Ld 4	Ld 4	X	---	X	
jeIC1 MT: 30-40 cm		1,740	15,9	1,883	Ld 4	Ld 4	X	X	X	
jeIC2a MT: 70-80 cm		1,583	19,8	1,761	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
jeIC2b MT: 130 cm		1,626	24,0	1,842	Ld 4	Ld 4	X	---	X	
II jeIC3 MT: 190-200 cm		1,587	30,1	1,858	Ld 4	Ld 4	X	X	X	
jrAp MT: 5-10 cm	2008 (Alter: 24 Jahre)	1,736	16,9	1,888	Ld 4	Ld 4	X	---	X	deutliche Zunahme der Lagerungsdichte!
jeIC1 MT: 32-37 cm		1,754	24,4	1,974	Ld 4	Ld 4	X	(X)	X	kf: 3,41E-04; Zunahme d. Lag.dichte!
jeIC1 MT: 70-80 cm		1,767	14,2	1,895	Ld 4	Ld 4	---	(X)	X	kf: 2,24E-04; deutliche Zunahme d. Lag.dichte!
jeIC1 MT: 120-130 cm		1,864	13,2	1,983	Ld 4	Ld 4	X	(X)	X	kf: 1,90E-04; deutliche Zunahme d. Lag.dichte!
II Sw-jeIC2 MT: 150-155 cm		1,748	20,8	1,935	Ld 4	Ld 4	X	---	X	deutliche Zunahme der Lagerungsdichte!

Analyse: Schichtenfolge vergleichbar. Von 1997 zu 2008 deutliche Zunahme der Lagerungsdichte bei Abnahme des Porenvolumens, vor allem auch der Luftkapazität, in allen Messtiefen; die Wasserdurchlässigkeit stellte sich in der Tiefe von 30-130 cm auf ein ähnliches, niedriges Niveau ein, welches knapp über dem Indexwert für Schadverdichtung liegt. Ab 140 cm beginnt sich Stauvernässung einzustellen.

BDF Merseburg-Ost 1: Veränderung der Porenverteilung und Wasserdurchlässigkeit 2000-2008



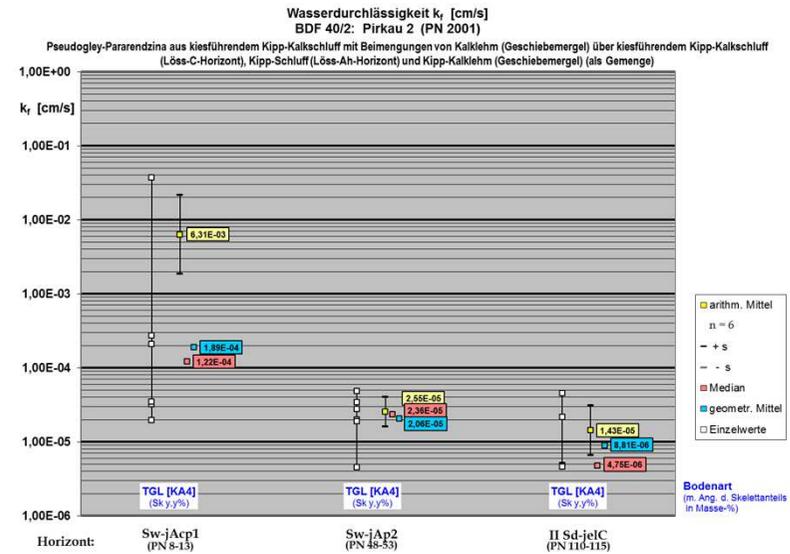
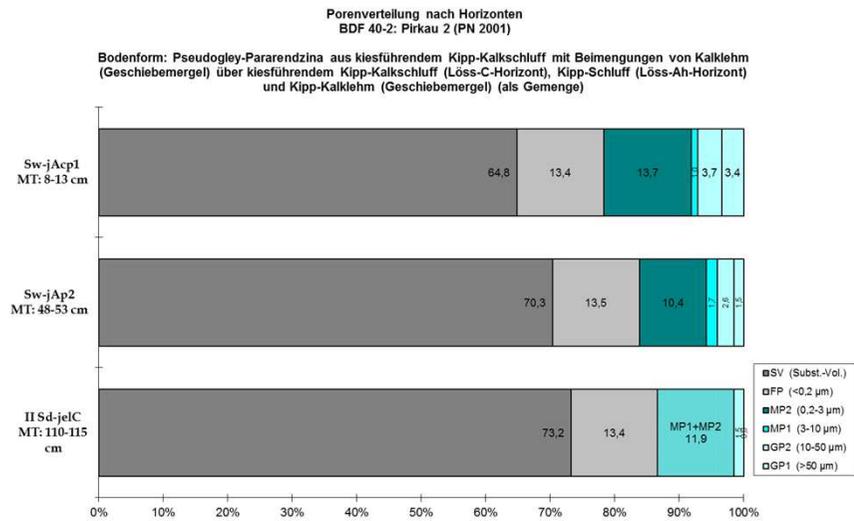
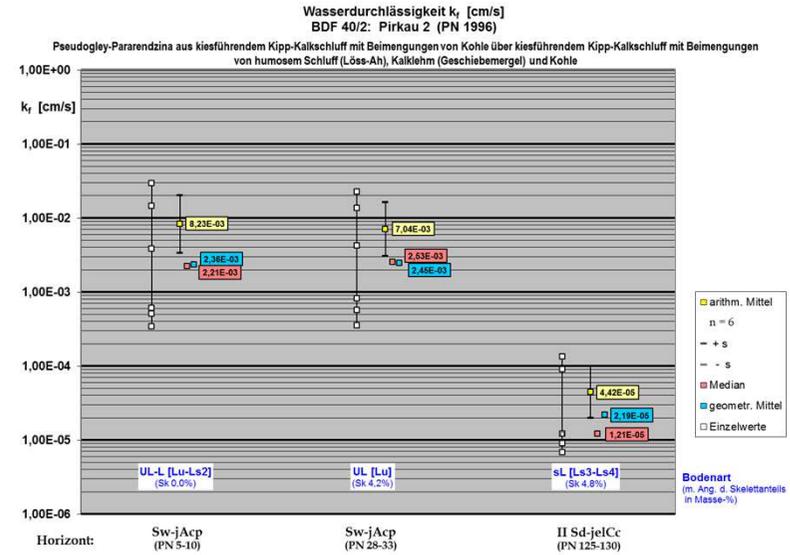
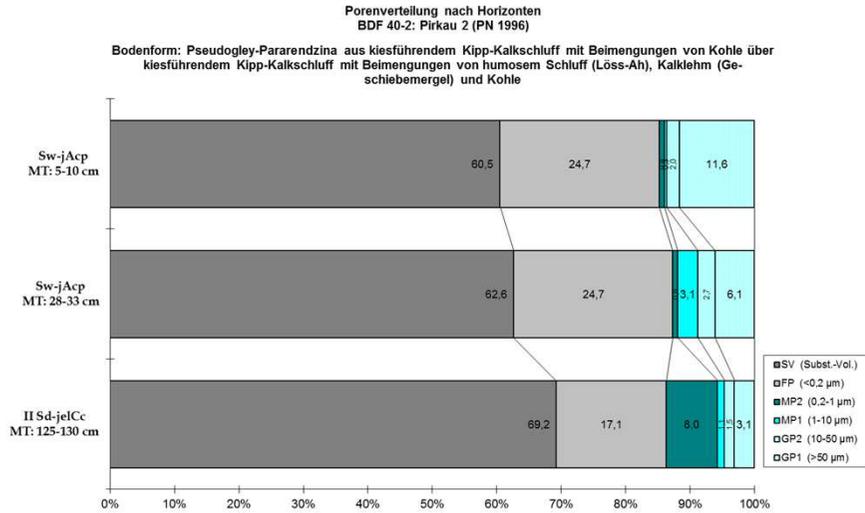
Auswertung der Untersuchung ungestörter Bodenproben im Hinblick auf Schadverdichtungen nach dem Index von Lebert/Brunotte/Sommer

BDF Merseburg-Ost 1: Kippe des Braunkohlentagebaus, entstanden 1982; selektiver Kulturbodenauftrag (Auenlehm) durch Absetzer-Hochschüttung in 70-120 cm, teils 150 cm Mächtigkeit; Nutzung: Ackerbau; Getreide-Blattfrucht-Fruchtfolge (2x Getreide, 1x Blattfrucht); Tiefenlockerung (vor dem 11.06.2002 durchgeführt)

Horizont / Entnahmetiefe	PN-Jahr	TRD-Mittel [g/cm³]	Tongehalt [M.-%]	Ld-Mittel (= TRD + 0,009*Ton)	Ld-Stufe n. KA 4	Ld-Stufe n. KA 5	Schadverdichtung? (--> alle drei Kriterien müssen erfüllt sein!)			Kommentar
							--> GP1 < 5 Vol.-% [= grobe Grobporen, > 50 µm Ø]	--> $k_r \leq 1,16E-04$ cm/s (Geomittel)	--> Ld4/Ld5 [= effektive Lagerungsdichte]	
							nach: Lebert / Brunotte / Sommer (UBA-Texte 46/04)			
Ap1 MT: 5-10 cm	2000 (Alter: 18 Jahre)	1,440	25,0	1,665	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
Ap2 MT: 20-25 cm		1,585	24,9	1,809	Ld 4	Ld 4	X	(X)	X	Verdichtung als gegeben betrachtet; Staumerkmale sind vorhanden
jlC MT: 60-65 cm		1,473	27,2	1,718	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
jlC MT: 75-80 cm		1,453	25,9	1,686	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
II jlC MT: 110-115 cm		1,482	16,0	1,626	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
Sw-jAp MT: 5-10 cm	2008 (Alter: 26 Jahre)	1,604	22,1	1,803	Ld 4	Ld 4	X	(X)	X	Verdichtung als gegeben betrachtet; Staumerkmale sind vorhanden
Sw-jAp MT: 25-30 cm		1,658	19,4	1,833	Ld 4	Ld 4	X	(X)	X	Verdichtung als gegeben betrachtet; Staumerkmale sind vorhanden
jlC-Sw MT: 54-59 cm		1,553	14,4	1,683	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
jlC-Sw MT: 120-125 cm		1,492	23,8	1,706	Ld 3	Ld 3	---	(X)	---	kf-Geomittel bei 3,11E-04, Median bei 2,64E-04!

Analyse: Substrat bis 50 cm Tiefe vergleichbar. In diesem Tiefenbereich von 2000 zu 2008 deutliche Zunahme der Lagerungsdichte bei Abnahme des Porenvolumens, vor allem auch der Luftkapazität; die Wasserdurchlässigkeit stellte sich in dieser Tiefe auf ein ähnliches, niedriges Niveau ein, welches knapp über dem Indexwert für Schadverdichtung liegt. In den oberen 30-50 cm beginnt sich Stauernässung einzustellen, welche vom Landbewirtschafteter zunächst als Grundwasseranstieg interpretiert wurde.

V-BDF Pirkau 2: Veränderung der Porenverteilung und Wasserdurchlässigkeit 1996-2001



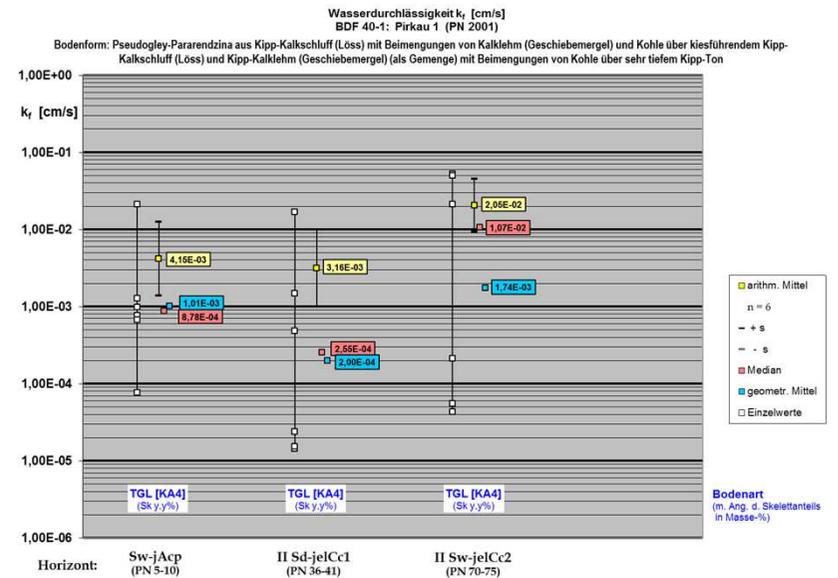
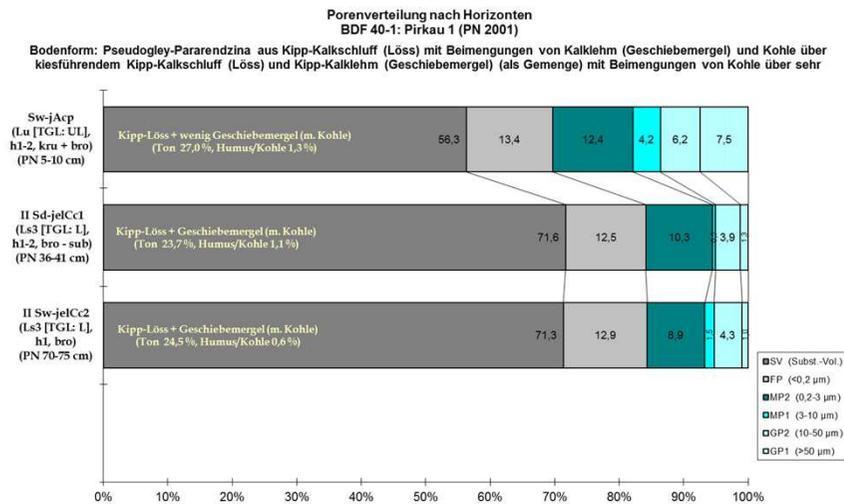
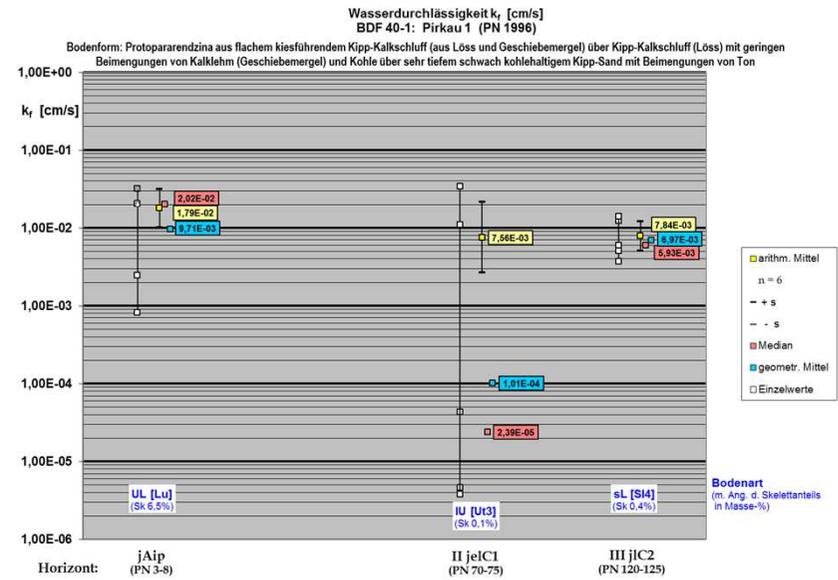
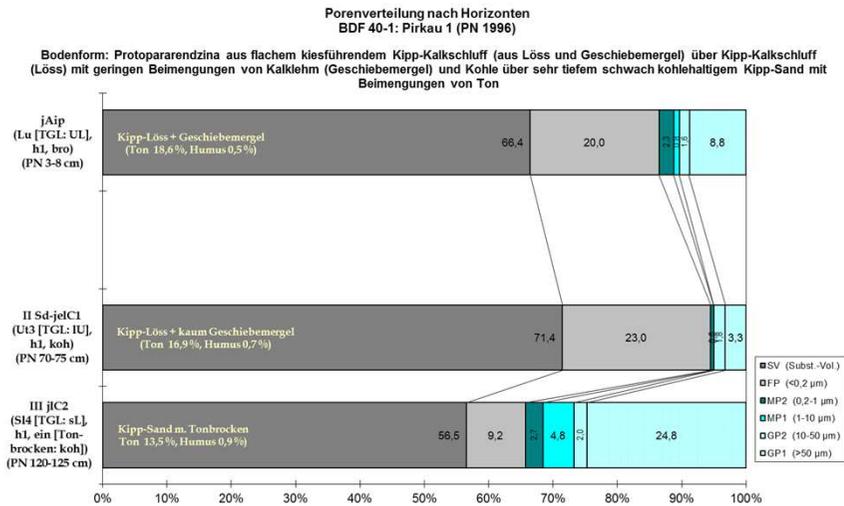
**Auswertung der Untersuchung ungestörter Bodenproben im Hinblick auf Schadverdichtungen
nach dem Index von Lebert/Brunotte/Sommer**

V-BDF Pirkau 2: Kippe des Braunkohlentagebaus; entstanden 1980-1984; Absetzer-Hochschüttung
kulturfähigen Materials (bis 2 m) mit nachfolgender Planierung; Nutzung: Ackerbau

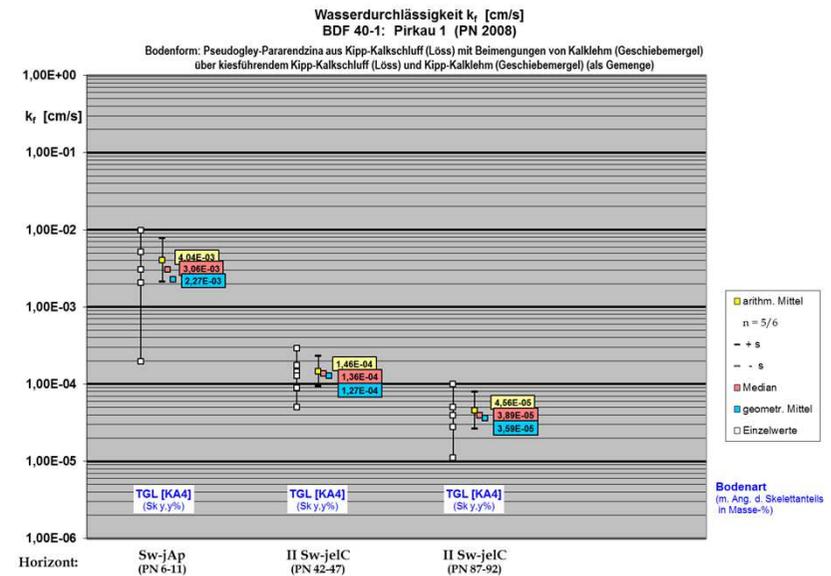
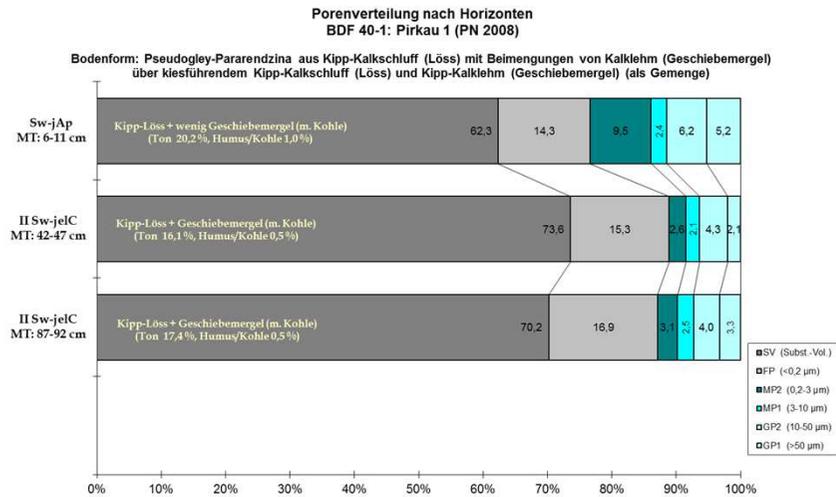
Horizont / Entnahmetiefe	PN-Jahr	TRD-Mittel [g/cm ³]	Tongehalt [M.-%]	Ld-Mittel (= TRD + 0,009*Ton)	Ld-Stufe n. KA 4	Ld-Stufe n. KA 5	Schadverdichtung? (--> alle drei Kriterien müssen erfüllt sein!)			Kommentar
							--> GP1 < 5 Vol.-% [= grobe Grobporen, > 50 µm Ø]	--> k _f ≤ 1,16E-04 cm/s (Geomittel) --> Ld4/Ld5 [= effektive Lagerungsdichte]	nach: Lebert / Brunotte / Sommer (UBA-Texte 46/04)	
Sw-jAcp MT: 5-10 cm	1996 (Alter: 12 Jahre)	1,587	20,1	1,768	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
Sw-jAcp MT: 28-33 cm		1,646	20,5	1,830	Ld 4	Ld 4	---	---	X	
II Sd-jelCc MT: 125-130 cm		1,834	17,2	1,989	Ld 4	Ld 4	X	X	X	
Sw-jAcp1 MT: 8-13 cm	2001 (Alter: 17 Jahre)	1,665	24,0	1,881	Ld 4	Ld 4	X	(X)	X	kf-Geomittel: 1,89E-04 kf-Median: 1,22E-04
Sw-jAp2 MT: 48-53 cm		1,829	22,8	2,035	Ld 5	Ld 5	X	X	X	jAp2 durch Tiefenlockerung entstanden
II Sd-jelC MT: 110-115 cm		1,934	21,3	2,126	Ld 5	Ld 5	X	X	X	

Analyse: Schichtenfolge vergleichbar. Von 1996 zu 2001 deutliche Abnahme des Porenvolumens sowie der Wasserdurchlässigkeit in allen Messtiefen; trotz Tiefenlockerung konnte die Verdichtungszunahme nicht verhindert werden. Es ist anzunehmen, dass die Verkippungsmethode (Absetzer-Hochschüttung) für den Gefügezusammenbruch verantwortlich ist.

BDF Pirkau 1: Veränderung der Porenverteilung und Wasserdurchlässigkeit 1996-2001-2008



BDF Pirkau 1: Veränderung der Porenverteilung und Wasserdurchlässigkeit 1996-2001-2008



Analyse: Schichtenfolge 1996 anders als 2001/2008, deshalb nicht vergleichbar. An den PN-Stellen 2001/2008 dagegen gleiche Schichtenfolge. Von 2001 zu 2008 deutliche Abnahme des Porenvolumens sowie der Wasserdurchlässigkeit in der 2. und 3. Messtiefe; nur im Ap konnte die Verdichtung verhindert werden, obwohl auch dort das PV deutlich abnahm. Es ist zu erwarten, dass die Verdichtung analog zu Pirkau 2 weiter voranschreitet, da gleiches Material und selbe Verkippungsmethode!

Folgende Folie: Auswertung der Untersuchung ungestörter Bodenproben im Hinblick auf Schadverdichtungen nach dem Index von Lebert/Brunotte/Sommer

BDF Pirkau 1 Kippe des Braunkohlentagebaus; entstanden 1994-1996; Absetzer-Hochschüttung kulturfähigen Materials (bis 2 m) mit nachfolgender Planierung; Nutzung: Ackerbau

BDF Pirkau 1

Horizont / Entnahmetiefe	PN-Jahr	TRD-Mittel [g/cm ³]	Tongehalt [M.-%]	Ld-Mittel (= TRD + 0,009*Ton)	Ld-Stufe n. KA 4	Ld-Stufe n. KA 5	Schadverdichtung? (--> alle drei Kriterien müssen erfüllt sein!)			Kommentar
							--> GP1 ≤ 5 Vol.-% [= grobe Grobporen, > 50 µm Ø]	--> k _r ≤ 1,16E-04 cm/s (Geomittel)	--> Ld4/Ld5 [= effektive Lagerungsdichte]	
							nach: Lebert / Brunotte / Sommer (UBA-Texte 46/04)			
jAip MT: 3-8 cm	1996 (Alter: 0 Jahre)	1,763	18,6	1,930	Ld 4	Ld 4	---	---	X	
II Sd-jelC1 MT: 70-75 cm		1,901	16,9	2,053	Ld 5	Ld 5	X	X	X	Schadverdichtung auch am Profil diagnostiziert; reiner Löss
III jIC2 MT: 120-125 cm		1,507	13,5	1,628	Ld 3	Ld 3	---	---	---	Sandschicht
Sw-jAcp MT: 5-10 cm	2001 (Alter: 5 Jahre)	1,466	27,0	1,709	Ld 3	Ld 3	---	---	---	
II Sd-jelCc1 MT: 36-41 cm		1,868	23,7	2,081	Ld 5	Ld 5	X	(X)	X	trotz etwas zu hohen k _r -Wertes Schadverdichtung, da am Profil diagnostiziert
II Sw-jelCc2 MT: 70-75 cm		1,859	24,5	2,079	Ld 5	Ld 5	X	---	X	
Sw-jAp MT: 6-11 cm	2008 (Alter: 12 Jahre)	1,640	20,2	1,822	Ld 4	Ld 4	---	---	X	
II Sw-jelC MT: 42-47 cm		1,942	16,1	2,087	Ld 5	Ld 5	X	(X)	X	trotz etwas zu hohen k _r -Wertes Schadverdichtung, da am Profil diagnostiziert
II Sw-jelC MT: 87-92 cm		1,888	17,4	2,045	Ld 5	Ld 4	X	X	X	

Hier ein Beispiel für einen Bandabsetzer.
(Tagebau Welzow-Süd, 2012)



Abstract mit Fazit

In Sachsen-Anhalt wird ein Bodenmonitoringsystem mit 70 Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) und weiteren 10 Referenzstandorten (V-BDF) betrieben. An Proben von diesen Standorten werden unter anderem bodenphysikalische Untersuchungen durchgeführt, i. e. zur Porenverteilung und zur (gesättigten) Wasserdurchlässigkeit. Diese Untersuchungen können, obwohl die entsprechende Probennahme zum Probennahmetermin an jeweils einer Profilgrube, d. h. einem Probennahmepunkt je Standort vollzogen wurde, durch zusammenfassende Betrachtung in Form eines **Poolings im Sinne von Zeitreihen ausgewertet** werden. **Dies wurde zur Fragestellung einer möglichen Schadverdichtungstendenz für 38 der 80 Standorte durchgeführt**, wovon wiederum 16 Standorte eingehend betrachtet wurden, davon 10 Kippenbodenstandorte (7x Acker-, 2x Forstnutzung, 1x Brache) und 6 Standorte mit gewachsenem Boden (6x Ackernutzung). Bei 22 weiteren Standorten wurde eine Übersichtsauswertung durchgeführt.

Im Ergebnis ist festzustellen, dass **von 8 Kippenstandorten aus bindigem Substrat 6 eine Tendenz zur Verdichtungszunahme zeigen**. Von diesen 6 befinden sich 5 unter Ackernutzung, 1 ist Brache mit Grasansaat (zz. Windpark). Die beiden nicht-bindigen Kippenstandorte zeigen keine Verdichtungstendenz.

Von 28 betrachteten gewachsenen Standorten (das Hochmoor auf dem Brocken wurde nicht mit einbezogen) **zeigen die allermeisten keine Veränderung**. 2 Standorte sind als Tonböden substratabhängig grundsätzlich verdichtet (1x Grünland, 1x Acker). **2 Ackerstandorte zeigen eine Schadverdichtungstendenz. Eine Entdichtungsentwicklung ist auf 3 gewachsenen Ackerstandorten festzustellen**. Bei 2 Standorten (1x Acker, 1x Forst) muss die Probennahmestelle noch auf die Lage von Wegen/Rückegassen überprüft werden.

Für die **Verdichtungsneigung der Kippenbodenstandorte** gibt es folgende **Erklärungsansätze** (nach Vogler/Vogler/Altermann/Rosche 2005):

- 1) zu große Abwurfhöhen bei der Schüttung der Flächen mit dem Absetzer
- 2) Planieren der Flächen bei zu großer Bodenfeuchte
- 3) Bodenbearbeitung und Ernte bei ungünstigem Bodenfeuchtezustand
- 4) Bodendruck der Bearbeitungsmaschinen
- 5) Gefügezusammenbrüche durch Frosteinwirkungen.

Als eine weitere Ursache der mangelnden Gefügestabilität der Kippenböden könnte unzureichender Gehalt an organischer Bodensubstanz vermutet werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass ein Trend zur Schadverdichtung nur bei Kippenböden festzustellen ist; die deutlichste Schadverdichtung zeigen diejenigen Kippen, die in Absetzer-Hochschüttung hergestellt wurden – dies sind auch gleichzeitig die jüngsten Kippen. Die älteste Kippe, deren Kulturbodenüberzug in Handverkipfung hergestellt wurde, zeigt keinerlei Verdichtungserscheinungen.

Quellenverzeichnis

- (1) LEBERT, M.; BRUNOTTE, J. & SOMMER, C. (2004): Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden/Regelungen zur Gefahrenabwehr. – UBA-Texte 46/04, Umweltbundesamt, Berlin.
- (2) KNAUF, C. (1988): Gutachten zur Kippe As 1025, Tgb. Golpa-Nord. – Unveröffentlichtes Gutachten. – VEB Kombinat GFE Halle – Stammbetrieb –, Fachbereich Bodengeologie Halle, Halle (Saale).
- (3) VOGLER, F. & VOGLER, E. (1999): Boden-Dauerbeobachtungsflächen auf Kippenstandorten im Raum Golpa-Nord: Nutzungsgeschichte der BDF Golpa-Nord. – Unveröffentlichter Ergebnisbericht. – Dr. Vogler und Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Böhlitz-Ehrenberg.
- (4) VOGLER, F.; VOGLER, E.; ALTERMANN, M. & ROSCHE, O. (2005): Untersuchungen zum Gehalt an Organischer Bodensubstanz auf den Dauerbeobachtungsflächen der Böden aus anthropogen aufgeschütteten natürlichen Substraten (Kippenböden) – Abschlussbericht –. – Unveröffentlichter Bericht. – Dr. Vogler und Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Theißen, und Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz, Halle (Saale).
- (5) VOGLER, F. & VOGLER, E. (1998): Boden-Dauerbeobachtungsflächen auf Kippenstandorten im Raum Zeitz – Hohenmölsen: Charakteristik der Bewirtschafter. – Unveröffentlichter Ergebnisbericht. – Dr. Vogler und Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Böhlitz-Ehrenberg.
- (6) VOGLER, F. & VOGLER, E. (1999): Boden-Dauerbeobachtungsflächen auf Kippenstandorten im Raum Amsdorf: Nutzungsgeschichte der BDF Amsdorf. – Unveröffentlichter Ergebnisbericht. – Dr. Vogler und Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Böhlitz-Ehrenberg.
- (7) Dr. Vogler und Partner (Hrsg.) (1994): Exkursionsführer: Die Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft im Raum Etzdorf-Stedten (Tgb. Amsdorf). – Unveröffentlicht. – Dr. Vogler und Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Dölzig.
- (8) VOGLER, F. & VOGLER, E. (1999): Ergebnisse feldbodenkundlicher Aufnahmen auf einer Kippenfläche im Tagebau Merseburg-Ost im mitteldeutschen Braunkohlenrevier zur Neuanlage einer Boden-Dauerbeobachtungsfläche. – Unveröffentlichter Ergebnisbericht. – Dr. Vogler und Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Böhlitz-Ehrenberg.
- (9) VOGLER, F. & VOGLER, E. (2000): Neuanlage einer Boden-Dauerbeobachtungsfläche im ehemaligen Tagebau Merseburg-Ost, Kreis Merseburg-Querfurt, Land Sachsen-Anhalt: Arbeitsbericht 2000. – Unveröffentlichter Bericht. – Dr. Vogler und Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Böhlitz-Ehrenberg.
- (10) VOGLER, F. & VOGLER, E. (2002): Boden-Dauerbeobachtungsflächen auf dem Kippenstandort im Raum Merseburg-Ost: Nutzungsgeschichte der BDF Nr. 52 "Merseburg-Ost". – Unveröffentlichter Ergebnisbericht. – Dr. Vogler und Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Leipzig.
- (11) Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV), Länderbereich Westsachsen/Thüringen, Borna (Hrsg.) (1996): Abschlußbetriebsplan Tagebau Profen-Nord – Absetzer-Kippe 1062 –. – Unveröffentlicht.
- (12) VEB BKW "Gustav Sobottka" – Röblingen, Kombinatbetrieb des VE BKK Bitterfeld (Hrsg.) (1987): Technischer Betriebsplan 1988 – Jahresplan der Wiederurbarmachung – Tagebau Amsdorf. – Unveröffentlicht.
- (13) HEINZE, T. (2012): Bandabsetzer. – aus: <http://www.fotocommunity.de/pc/pc/display/27433721>, 2014-04-08.