

**Tagungsbeitrag zu:**

Jahrestagung der DBG, Kommission VI

**Titel der Tagung:** Horizonte des Bodens**Veranstalter:** DBG**Termin und Ort:** 2.-7.9.2017, Göttingen**Berichte der DBG** (nicht begutachtete online Publikation), <http://www.dbges.de>**Natürliche und anthropogene Bodenverdichtungen in Schleswig-Holstein: Nachweis von schädlichen Bodenveränderungen**H. Fleige<sup>1</sup>, A. Mordhorst<sup>1</sup>, B. Burbaum<sup>2</sup>,  
E. Cordsen<sup>2</sup>, M. Filipinski<sup>2</sup>, R. Horn<sup>1</sup>**Zusammenfassung**

Viele Bodentypen Schleswig-Holsteins weisen durch pedo-/geogenetische Prozesse bereits natürliche Verdichtungen im Unterboden auf. Der flächenhafte Anteil dieser natürlichen Verdichtungen liegt auf Basis der BÜK S.-H. 250 unter Berücksichtigung von Leit- und Begleitböden in Schleswig-Holstein bei 43%. Durch anthropogene Bodenverdichtungen kann der Anteil, auch bei Böden ohne natürliche Verdichtungsercheinungen, entsprechend höher liegen.

Zur Erfassung des Verdichtungszustandes wurden bei 1115 Bodenleitprofilen der Datenbank des LLUR S.-H. u.a. die Luftkapazität (LK) und gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf) ausgewertet und im Hinblick auf kritische Grenzwerte (LK = <5 Vol.% und kf =<10 cm/d) bewertet. Es zeigte sich, dass der Verdichtungsstatus in deutlicher Abhängigkeit vom Bodentyp steht. Podsole und sandige Braunerden sind nicht bzw. kaum

betroffen, während beispielsweise Pararendzinen (als Resultat starker Erosion in Kuppen- und Oberhanglage) aufgrund des anstehenden Geschiebemergels einen hohen natürlichen Verdichtungsstatus aufweisen. Eine anthropogene Bodenverdichtung konnte bei Pseudogleyen und Pseudogley-Parabraunerden nachgewiesen werden. Über ein Drittel der kf- (und ein Viertel der LK-Werte) sind in den primär wasserleitenden Sw- bzw. Sw-Al-Horizonten geringer als in den wasserstauenden Sd- bzw. Sd-Bt-Horizonten, was der Pedogenese der Bodentypen widerspricht.

**Schlüsselworte:** Bodenverdichtung Wasserleitfähigkeit, Luftkapazität, Pseudogley, Pseudogley-Parabraunerde, Pararendzina

**Einleitung**

Verdichtungen in Böden können das Resultat von pedogenen Prozessen (z.B. Einlagerungsverdichtung im Bt-Horizont von Parabraunerden), geogenen Prozessen (z.B. durch Gletscherauflast verdichteter Geschiebemergel, Schichtungen) und/oder anthropogenen Ursprungs (Eigenstabilität < Normalspannung bzw. Auflast) sein.

Zur Verifizierung von „schädlichen Bodenveränderungen“ (BBodSCHG), z.B. im Zuge von Beweissicherungsverfahren (ZINK et al. 2013), ist es notwendig, den natürlichen vom anthropogenen Anteil an der Verdichtung zu unterscheiden.

Im Folgenden wird der Verdichtungsstatus verschiedener Bodentypen S.-H. aufge-

<sup>1</sup> Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, CAU Kiel

<sup>2</sup> Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR), Flintbek

zeigt, sowie an einigen Bodentypen exemplarisch der anthropogene Anteil an der Verdichtung nachgewiesen.

## Material und Methoden

Insgesamt wurden 1115 Bodenleitprofile der Datenbank des LLUR S.-H. im Hinblick auf bodenphysikalische Parameter (hier: kf und LK) zur Erfassung ihres *Verdichtungsstatus* ausgewertet. Die Leitprofile wurden insb. seit Beginn der 70'er Jahre im Zuge der bodenkundlichen Landesaufnahme 1:25, später ab (2007) für die BÜK 1:50 kontinuierlich, bzw. konzentriert für Waldstandorte BZE I (1990) und BZE II (2006–2007) und zusätzlich für BDF (1989–1992) erhoben. Bei über 85% der Leitprofile liegen LK und/oder kf Messungen vor. Die Auswertung erfolgte u.a. horizont- und nutzungsspezifisch (d.h. Acker, Grünland und Wald).

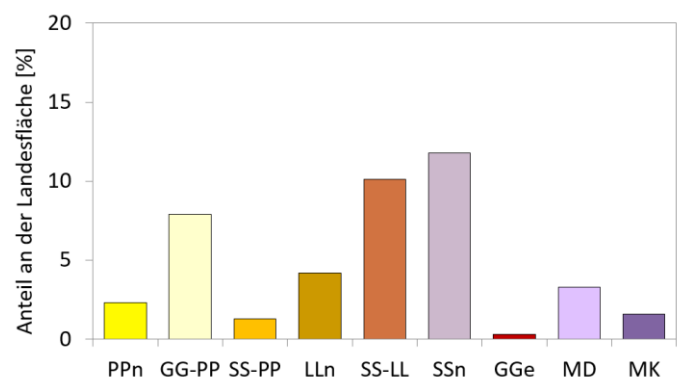
Der Verdichtungsstatus umfasst hier sowohl *natürliche* als auch mögliche *anthropogene* Verdichtungen im Unterboden. In einem 2. Schritt wurde versucht, den *anthropogenen Anteil* an der Bodenverdichtung zu quantifizieren, bzw. den Nachweis potenziell *schädlicher Bodenveränderungen* (Bodenschadverdichtungen) am Bsp. dafür geeigneter Bodentypen zu führen.

Die Bewertung des Verdichtungsstatus erfolgte über kritische Grenzwerte für LK = < 5 Vol.% und kf = < 10 cm/d (vgl. UBA 2004, HORN & FLEIGE 2009, ZINK et al 2011).

- Klasse I: LK und kf unterschreiten nicht ihren kritischen Grenzwert
- Klasse II und III: kf oder LK unterschreitet den kritischen Grenzwert
- Klasse IV: LK und kf unterschreiten ihren kritischen Grenzwert (potenzielle Bodenschadverdichtung)

## Ergebnisse und Diskussion

Der flächenhafte Anteil von Bodentypen mit natürlicher Verdichtung in S.-H. (abgeleitet auf Basis der BÜK S.-H. 250, hier Leit- und Begleitböden) liegt bei ca. 43% (nur Leitböden 46%, FLEIGE 2017). Den höchsten Flächenanteil weisen die sandig-lehmigen (SS-)LL und SSn (Jungmoränenlandschaft, teilweise auch Hohe Geest) auf, gefolgt von den verdichteten bzw. verkitteten Unterbodenhorizonten der (GG-)PP der Geest, sowie den tonigen Dwog-, und Knickhorizonten der Marsch (Abb. 1).



**Abb. 1: Flächenhafte Verbreitung von Leit- und Begleitböden (nach BÜK S.-H. 250) mit natürlichen Verdichtungen in Schleswig-Holstein (GGe abgeleitet nach Holthusen et al. 2015)**

Der Verdichtungsstatus (Abb. 2) und der abgeleitete anthropogene Anteil (Abb. 3) wird am Beispiel von Pseudogleyen Schleswig-Holsteins dargestellt. Wenn LK und kf für das jeweils gleiche Profil kombiniert betrachtet werden (Wertepaare), dann liegen 39% der Sw-Horizonte (46% der Sd-Horizonte) unter Acker und Grünlandnutzung im potenziell problematischen Bereich (Klasse IV) (unter Wald nur 7%). Bei 30% der Werte liegt zumindest ein Parameter in den Sw-Horizonten unterhalb der Grenzwertes.

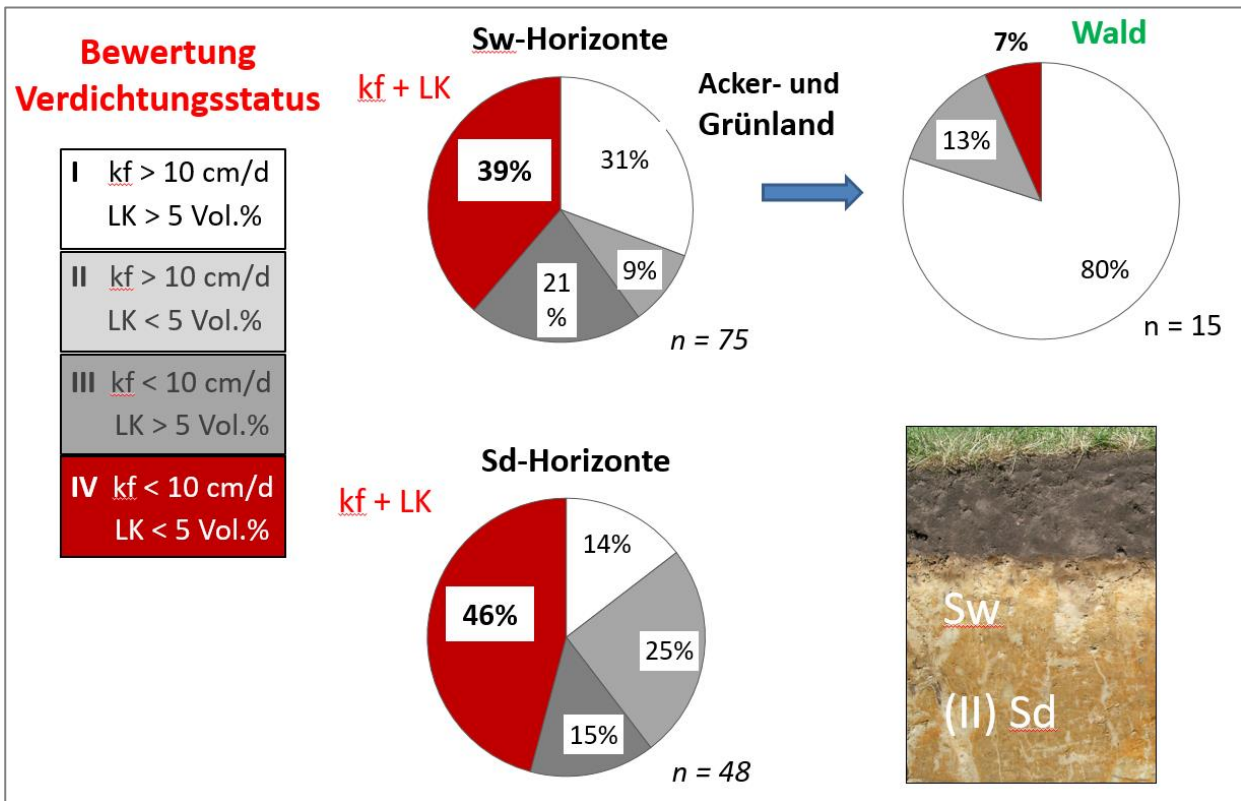


Abb. 2: Bewertung des Verdichtungsstatus (Sw- und Sd-Horizonte) von Pseudogleyen in Schleswig-Holstein

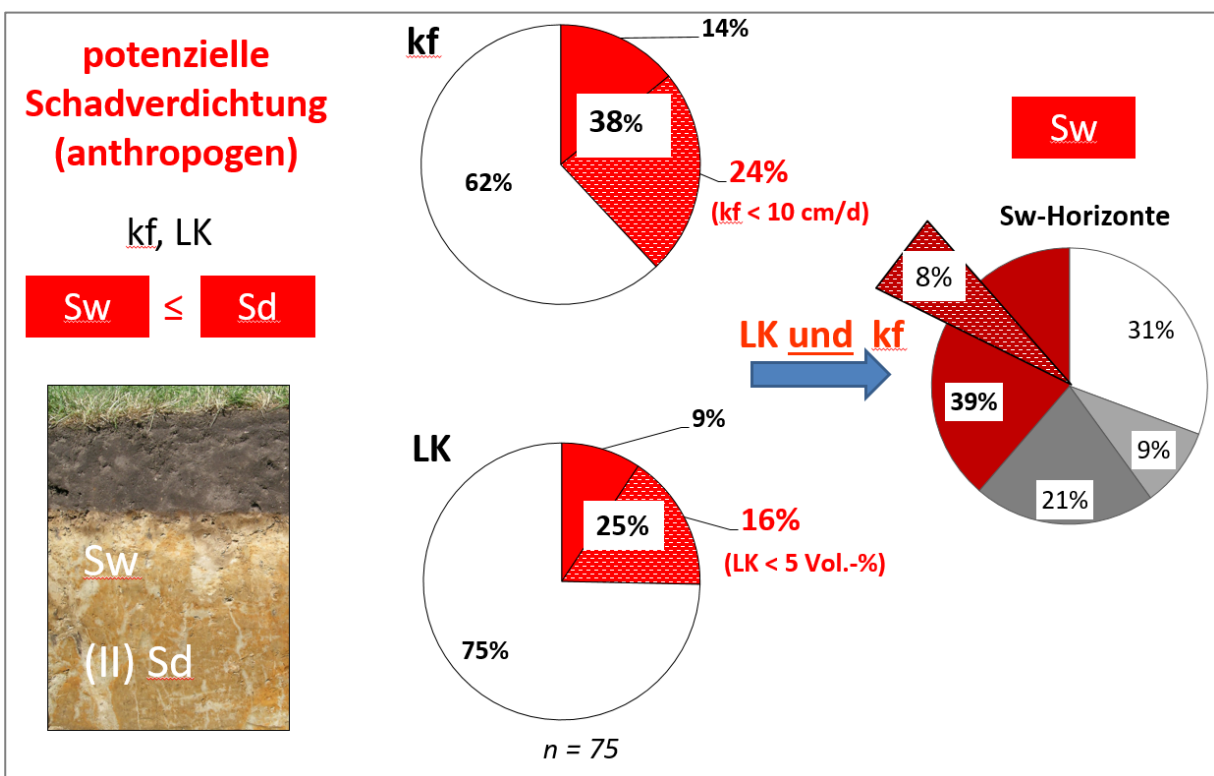


Abb. 3: Abgeleiteter anthropogener Anteil der Bodenverdichtung von Pseudogleyen (Sw-Horizonte) in Schleswig-Holstein

Der Verdichtungsstatus gibt noch keinen Hinweis über den anthropogenen Anteil an der Verdichtung. Wenn die kf bzw. die LK im ursprünglich wasserleitenden Sw-Horizont nun geringer als im Sd- Horizont ist, widerspricht das der Pedogenese des Bodentyps. 38% der kf-Werte und 25% der LK-Werte (von 75 Profilen) sind im Sw geringer als im Sd-Horizont, der größere Teil davon liegt jeweils unterhalb des definierten kritischen Grenzwertes. Die Kombination beider Grenzwerte führt zu einem anthropogenen Anteil an der schädlichen Bodenveränderung (Bodenschadverdichtung, Klasse IV) im Sw-Horizont von (mindestens) 8% (der anthropogene Anteil kann auch höher liegen, nur sind die Werte von kf und LK im Sw dann nicht geringer als im pedogen verdichteten Sd-Horizont).

Tab. 1 gibt einen Überblick über den Verdichtungszustand von Unterbodenhorizonten ausgewählter Bodentypen. Es wird deutlich, dass bei Podsolen und (sandigen) Braunerden (erwartungsgemäß) LK und kf nicht im kritischen Bereich liegen. Hier ist zu diskutieren, ob andere bodenphysikalische

Grenzwerte herangezogen werden sollten. Eine Auswertung der effektiven Lagerungsdichte im Hinblick auf einen in der Literatur genannten Grenzwert von  $>1,7$  (z.B. HORN & FLEIGE 2009) zeigt, dass dieser beispielsweise bei Braunerden ( $n = 95$ ) in den Bv-Horizonten bei jedem 5. Profil überschritten ist.

Durch Bodenerosion sind Kolluvisole im Jungmoränengebiet S.-H. weit verbreitet (nach BÜK S.-H. 250 als Begleitboden in der Jungmoränenlandschaft 16%, 20% in bestimmten geomorphen Einheiten, vgl. RICHTER ET AL. 2007), trotz lockerer Ablagerung weisen sie einen Anteil von 18% der Klasse IV auf (potenziell anthropogen bedingt, aber über die gewählte Methodik nicht nachweisbar). Pararendzinen aus anstehendem Geschiebemergel in Kuppen- und Oberhanglage weisen einen sehr hohen Verdichtungszustand mit einem Anteil von 65% an Klasse IV auf, hier sind Ertragsverluste im Vergleich zu Normparabraunerden bekannt (GOECK ET AL. 1988).

**Tab. 1: Verdichtungsstatus und abgeleiteter anthropogener Anteil untersuchter Bodentypen in Schleswig-Holstein**

Bodentyp	Horizont	n	Verdichtungs- status %-Anteil Klasse 4	Anthropogener Anteil in %		
				LK	kf	LK+kf
Podsol	<u>Bh/Bs</u>	79	1			
Braunerde	<u>Bv</u>	109	4			
<u>Kolluvisol</u>	<u>M</u>	38	18			
<u>Pseudogley- Parabraunerde</u>	<u>Sw-Al</u>	28	18	25	34	6
<u>Pseudogley</u>	<u>Sw</u>	75	39	25	38	8
<u>Knick-/Dwogmarsch</u>	<u>Sw</u>	42	48	(17)	(18)	-
<u>Pararendzina</u>	<u>eC</u>	23	65			

Bei Pseudogleyen und Pseudogley-Parabraunerden konnte eine anthropogene Bodenverdichtung nachgewiesen werden. Bei über einem Drittel bzw. einem Viertel der untersuchten Bodentypen waren die kf- bzw. LK-Werte im Sw- bzw. SwAl-Horizont geringer als im Sd- bzw. SdBt-Horizont, was nicht mit der Pedogenese des Bodentyps übereinstimmt. Unter Berücksichtigung beider Grenzwerte liegt die schädliche Bodenveränderung bei mindestens 6-8%.

Der Verdichtungsstatus von den tonigen durch Staunässe geprägten Dwog- und Knickmarschen (in der Regel unter Grünland) ist bereits natürlich hoch. Eine Ableitung des anthropogenen Anteils ist erschwert, da bereits die Sw-Horizonte häufig sehr geringe LK- und kf-Werte unterhalb des Grenzwertes aufweisen.

## Literatur

- GOECK, J., CORNSEN, E., GEISLER, G., BLUME H.-P. (1988): Einfluß der Erosion auf die Standortproduktivität im Silomaisanbau. - Journal Agronomy & Crop Science, 161, S. 57-64
- FLEIGE, H. (2017): Natürliche und anthropogene Bodenverdichtungen in Schleswig-Holstein: Vorhersage der Bodenstabilität und Nachweis von schädlichen Bodenveränderungen; In: ZIMMERMANN, I., MORDHORST, A., FLEIGE, H. (2017): Festschrift für Rainer Horn, Schriftenreihe Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Universität Kiel, NR. 111, S. 29-39.
- HOLTHUSEN, D., NEUGEBAUER, T., BURBAUM, B., FLEIGE, H., HORN, R. (2015): Brauneisengleye in Schleswig-Holstein – auf der Fährte des Raseneisensteins. Natur- und Landeskunde: Zeitschrift für Schleswig-Holstein, Hamburg und Mecklenburg 122, 33-43.
- HORN, R., FLEIGE, H. (2009): Risk assessment of subsoil compaction for arable soils in Northwest Germany at farm scale. Soil and Tillage Res. 102, 201-208.
- RICHTER, F.-H., FLEIGE, H., BLUME, H.-P., HORN, R. (2007): Bodengesellschaften von Geomorphen Einheiten unter Berücksichtigung des Gefügestils im Stormarer Jungmoränengebiet (Brandenburger Stadium) in Nordwestdeutschland. J. Plant Nutr. Soil Science, 170, 682-692.
- UBA (2004): Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden / Regelungen zur Gefahrenabwehr Umweltbundesamt. 46/04: 122 S
- ZINK, A., FLEIGE, H., HORN, R. (2011): Verification of harmful subsoil compaction of Luvisols. Soil & Tillage Research 114 (2011) 127–134.
- ZINK, A., FLEIGE, H., GEBHARDT, S., HORN, R. (2013): Verification of Subsoil Compaction on Cable Construction Sites. Advances in Geocology, 42, 148-163.