

Tagungsbeitrag zur: DBG Jahrestagung 2011
 Kommission I
 Titel der Tagung: „Böden verstehen, Böden
 nutzen, Böden fit machen“
 Veranstalter: DBG
 Termin und Ort der Tagung: 03.-09.09.11
 Berlin
 Berichte der DBG

Bodenverdichtungen durch die Verlegung von Erdkabeln für Offshore- Windparks in Ostfriesland

**Alexander Zink*, Stephan Gebhardt, Heiner
 Fleige, Rainer Horn**

1 Einleitung

Der Anschluss moderner Offshore-Windparks erfolgt über Hochspannungsgleichstromübertragung mit Erdkabeln. Die damit verbundenen Tiefbaumaßnahmen in Form von Linienbaustellen, führen zu deutlichen Veränderungen der meist landwirtschaftlich genutzten Böden in den Marschen- und Geestlandschaften von Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Mechanische Belastungen durch Baustellenverkehr (mit Radlasten bis zu 6,5 Mg) entlang der Trassen und Bodenumlagerungen im Bereich der offenen Kabelgräben verändern die physikalischen Bodeneigenschaften der zum Teil empfindlichen und sehr fruchtbaren Böden.

Mit bodenkundlichen Untersuchungen im Anschluss an eine Baumaßnahme in Niedersachsen (Rheiderland) wurden für den sensiblen Hohertragsboden der Kalkmarsch baubedingte ertragsrelevante Bodenveränderungen ermittelt, klassifiziert und bewertet.

**Tabelle 1: Bodeneigenschaften im
 Heinitzpolder, Rheiderland, Niedersachsen**

McN / Kalkmarsch, landwirtschaftlich genutzt, konservierende Bodenbearbeitung										
Tiefe [cm]	Horizont	C org. [%]	pH Wert CaCl ₂	S [Gew %]	U	T	Bodenart KA 5	ρ _t [g/cm ³]	PV _{1,8} [Vol %]	
20-35	tmeAp2	2,6	7,3	8	57	35	Tu3	1,31	50	
35-50	tmeGo	1,2	7,4	4	50	46	Tu2	1,18	55	
50-90	tmeGro	1,5	7,4	1	55	44	Tu3	1,04	59	

*Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde
 Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
 Olshausenstraße 40, 24105 Kiel
 Email: a.zink@soils.uni-kiel.de

2 Material und Methoden

Die Untersuchung der Kalkmarsch (Tab.1) erfolgte durch horizontspezifische Entnahmen von gestörten und ungestörten Bodenproben. Die Proben wurden im Bereich der Baustrasse, des Kabelgrabens und an einer nahe gelegenen Referenzfläche in drei Tiefen (20, 50 und 80 cm) entnommen. Im Labor wurde neben der Grundanalytik (Textur, pH, Corg, dB, PGV) die gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf) mittels Haubenpermeameter (Hartge, 1966), die Luftkapazität (LK) über definierte Entwässerung (-60 hPa) und die mechanische Stabilität in Form der Vorbelastung (PV_{1,8}) im dränierten Ödometerversuch (DVWK, 1995) bestimmt.

Ertragsrelevante Beeinträchtigungen wurden unter Anwendung des Belastbarkeitskonzeptes (Horn und Fleige, 2009) anhand definierter Maßnahmenwerte von ausgewählten Bodenfunktionen ausgewiesen (UBA, 2004).

Mit Hilfe des CVT (Compaction Verification Tool) (Zink et al., 2011) wurde versucht schadhafte (ertragsmindernde) Verdichtungen im Unterboden nachzuweisen und die Beeinträchtigung der Bodenfunktionen zu quantifizieren. Das Unterschreiten der Maßnahmenwerte von zwei Bodenfunktionen (kf < 10 cm/d und LK < 5 vol%); Klasse IV) wird dabei als schadhafte Verdichtung klassifiziert. Nimmt dieser Klassenanteil gegenüber der Referenz um mehr als 25 % zu, gilt der Verdichtungsschaden als nachgewiesen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Baubedingte Beeinflussung der gesättigten Wasserleitfähigkeit und der Luftkapazität

Die im Unterboden ton- und schluffreiche Kalkmarsch zeigt auch im Referenzzustand unter landwirtschaftlicher Nutzung Messwerte nur knapp über (kf) bzw. schon unter (LK) den Maßnahmenwerten der ertragsrelevanten Bodenfunktionen (Abb. 1).

Durch die mechanischen Belastungen im Bereich der *Baustrasse* ist es bis in 50 cm Tiefe zu signifikanten Abnahmen der Wasserleitfähigkeit (kf) und zu einer

Komprimierung der weiten Grobporen (LK) gekommen.

Offensichtlich haben die Spannungseinträge der Maschinen die geringe Eigenstabilität des Bodens (vgl. PV Tab.1) bis in den Unterboden überschritten und ihn bis in größere Tiefen plastisch verformt. Damit einher erfolgten Setzungen, Schervorgänge und irreversible Veränderungen des Porenraumes und der Porengeometrie, die sich anhand der untersuchten Bodenfunktionsparameter aufzeigen lassen.

Die Umlagerung, Homogenisierung und Rückverfüllung bzw. Rückverdichtung des Bodens im Bereich des *Kabelgrabens* verminderte die gesättigte Wasserleitfähigkeit im Unterboden signifikant bis in 80 cm Tiefe und die Luftkapazität signifikant bis in 50 cm Tiefe.

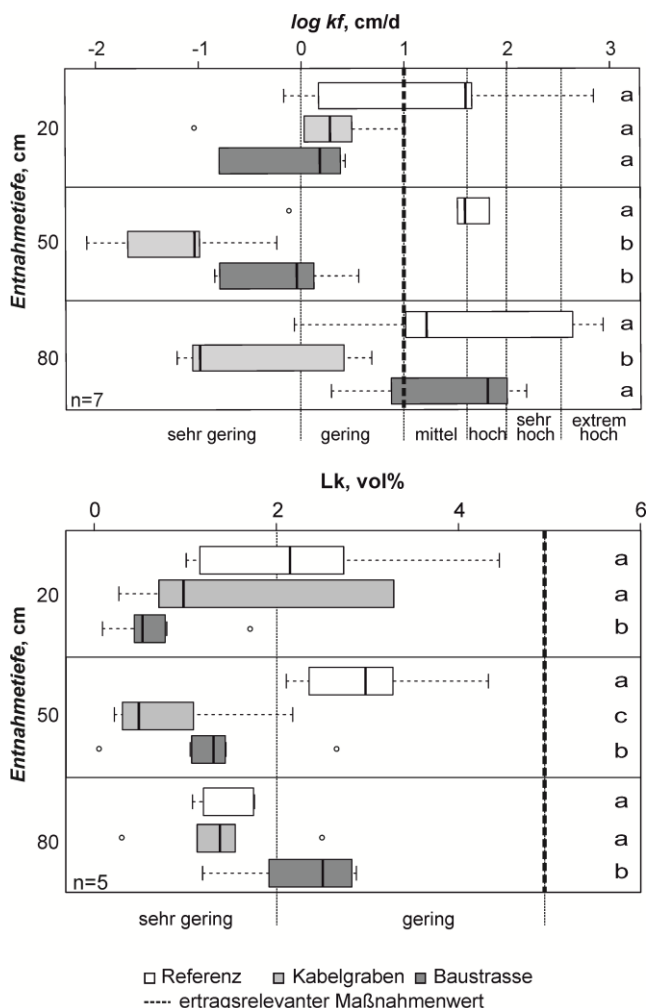


Abb. 1: Vergleich der gesättigten Wasserleitfähigkeit (kf) und der Luftkapazität (LK) im und außerhalb des Baustellenbereiches, Klassifizierung nach DVWK, 1997, (n= siehe Abb. Tukey $p < 0,05$)

In diesen Bauabschnitten ist davon auszugehen, dass die natürliche Gefügestruktur des Bodens bis in die Grabensolltiefe von 1,60 m gestört wurde. Durch die Homogenisierung und Rückverdichtung kommt es hier zu einer Abnahme des Grobporenanteils und die Kontinuität des Sekundärporensystems geht verloren. Die gesättigte Wasserleitfähigkeit ist deutlich unter ihren Maßnahmenwert ($kf < 10 \text{ cm/d}$) reduziert und wurde damit ertragsrelevant beeinflusst.

Nachweis der Verdichtung anhand von ertragsrelevanten Maßnahmenwerten

Die Anwendung des CVT zeigt eine vermeintlich schadhafte Unterbodenverdichtung (Zunahme der prozentualen Anteile der Klasse IV) in beiden Baustellenbereichen bis in 50 cm Tiefe (Zunahme $> 25\%$) (Abb.2).

Im tieferen Unterboden (80 cm) lässt sich vermeintlich schadhafte Verdichtung nur im Bereich des Kabelgrabens aufzeigen, die Baustrasse weist in dieser Tiefe keine verifizierten Veränderungen auf.

Die Verdichtungswirkung kann als sehr hoch bezeichnet werden, da nach den Baumaßnahmen nahezu alle Messwerte beide ertragsrelevanten Maßnahmenwerte unterschreiten. Die hohe prozentuale Zunahme der Anteile der Degradationsklasse IV (60-74 %) lässt vermuten, dass ein Nachweis der Verdichtung im Unterboden hier möglich wäre, für eine Beweissicherung nach CVT reicht die Wiederholungsanzahl der Beprobung jedoch in diesem Fall nicht aus.

4 Zusammenfassung

Die Kalkmarschen erweisen sich als verdichtungsempfindlich und sensibel gegenüber Bautätigkeiten. Durch die Baumaßnahmen wurden die gesättigte Wasserleitfähigkeit und die Luftkapazität im Bereich der Baustrasse, wie auch im Bereich des Kabelgrabens bis in den Unterboden (50 cm Tiefe) ertragsrelevant beeinträchtigt. Mit der Anwendung des CVT

konnten schadhafte Verdichtungsfolgen im Unterboden (Baustrasse bis 50 cm; Kabelgraben bis 80 cm) aufgezeigt werden. Eine Verifizierung der Bodenschadverdichtung wäre über zusätzliche Messwiederholungen möglich.

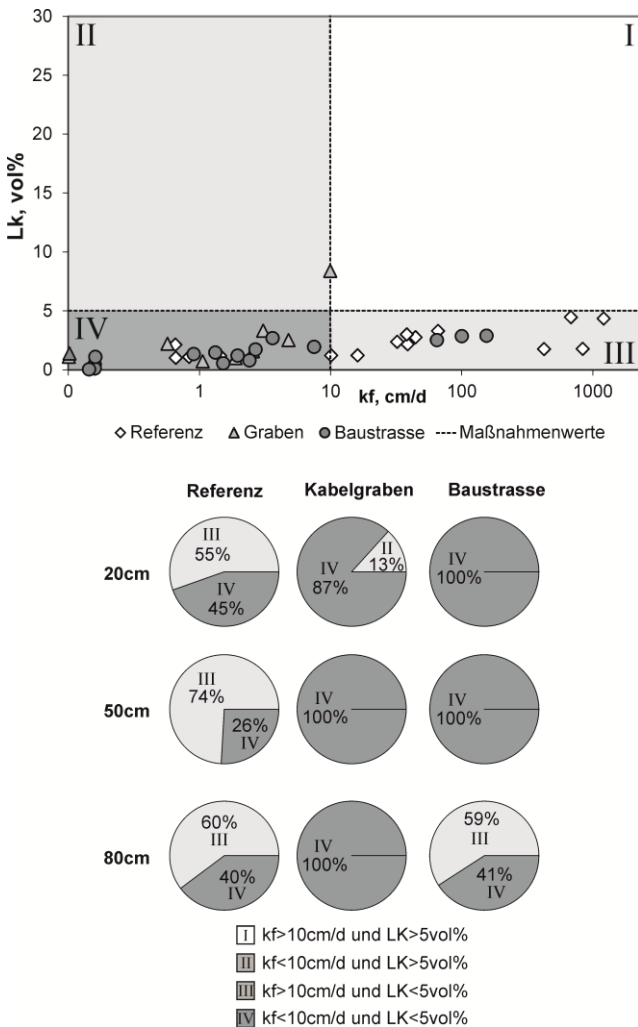


Abb. 2: Baubedingte Veränderungen der Luftkapazität (LK) und der hydraulischen Leitfähigkeit (kf) im Vergleich zu ihren ertragsrelevanten Maßnahmenwerten (n =15) (oben: Einzelmessungen; unten: Prozentanteile der Degradationsklassen)

5 Literatur

(1) DVWK (1995): Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden; Teil I: Mechanische Belastbarkeit. Merkblätter zur Wasserwirtschaft Heft 234.

(2) DVWK, 1997. Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden, Teil II: Auflastabhängige Veränderungen von bodenphysikalischen Kennwerten. Merkblätter zur Wasserwirtschaft Heft 235

(3) Hartge, K.H., 1966. Ein Haubenpermeameter zur schnellen Durchmessung zahlreicher Stechzylinderproben. Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 7, 155–163.

(4) Horn, R., Fleige, H., 2009. Risk assessment of subsoil compaction for arable soils in Northwest Germany. Soil & Tillage Research 102, 201–208.

(5) UBA (2004): Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden / Regelungen zur Gefahrenabwehr Umweltbundesamt. 46/04: 122 S

(6) Zink, A., Fleige, H., Horn, R., 2011. Verification of harmful subsoil compaction in loess soils. Soil & Tillage Research 114, 127–134.