

## Karten der Verdichtungsempfindlichkeit von Böden

### 1. Vorbemerkung

Die Wahrscheinlichkeit einer erheblichen Bodenverdichtung ist besonders hoch, wenn

- die Befahrungen in Phasen hoher Bodenfeuchte (Winterhalbjahr oder nach starken Niederschlägen) durchgeführt werden
- große Kräfte (hohe Gesamtmassen und/oder hohe spezifische Flächendrücke) auf den Boden wirken,
- häufige Befahrungen vorgesehen sind oder
- stark humose Böden oder Böden mit Grund- und Stauwassereinfluss betroffen sind. Stark humose und vernässte Böden sind generell besonders verdichtungsempfindlich.

Für die Bewertung der Verdichtungsempfindlichkeit stehen verschiedene Bewertungsansätze zur Verfügung. Jeder Bewertungsansatz hat unter praktischen Gesichtspunkten Vor- und Nachteile.

Die folgenden Bodenbewertungen zur Verdichtungsempfindlichkeit der Böden berücksichtigen insbesondere Vernässungsmerkmale der Böden und die Häufigkeit des Auftretens von hohen Bodenfeuchten.

Hinsichtlich der vorliegenden Karten ist zu berücksichtigen, dass diese auf der Grundlage der Bodenkarte im Maßstab 1:50.000 (BK50) abgeleitet wurden, d.h. sie sind für einen mittleren Planungsmaßstab geeignet. Bei der BK50 sind Bodeneinheiten abgegrenzt, die auf Bodengesellschaften beruhen. Demnach können in einer scheinbar homogenen Bodeneinheit verschiedene Böden vergesellschaftet sein. Bewertet und in der Karte dargestellt ist jedoch nur der am weitesten verbreitete Boden der jeweiligen Bodeneinheit, der sogenannte Leitboden.

## 2. Bewertung anhand von Bodenmerkmalen

Im Folgenden wird eine Bewertung mit Hilfe der wesentlichen Einflussfaktoren vorgenommen, wozu der Grobboden- und Humusanteil, Feinbodeneigenschaften sowie Vernässungsstufe zählen.

Die folgende Bewertungsmatrix greift auf Kriterien zurück, die der digitalen Bodenkarte im Maßstab 1:50.000 (digBK50) entnommen werden können. Bauliche bzw. physikalische Vorbelastungen können allerdings nur vor Ort für konkrete Bauvorhaben ermittelt werden.

Eine landesweite Auswertung der Bodenkarte 1:50.000 mit Hilfe der Bewertungskriterien nach Abbildung 1 ist in Abbildung 2 dargestellt. Diese Karte vermittelt einen Überblick über die Verdichtungsempfindlichkeit der Oberböden (Mutterböden), die im Zuge von Planungsvorhaben als Grundlage für die Festlegung von erforderlichen Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen herangezogen werden kann.

Die Verdichtungsempfindlichkeit der Unterböden vermittelt Abbildung 3. Für diese Karte wurde unterstellt, dass die Oberböden entsprechend der üblichen Baupraxis im Baufeld vor der Baumaßnahme abgetragen und zwischengelagert werden, so dass die mechanischen Lasteinträge direkt auf die Unterböden wirken. Die Mächtigkeit des unterstellten Abtrags der Oberböden richtet sich dabei nach der Mächtigkeit des obersten humosen Bodenhorizonts der Kartiereinheiten der BK50. Im Regelfall schwankt die Bodenabtragsmächtigkeit zwischen 10 und 30 cm. Ausgenommen vom Abtrag der Oberböden sind die Standorte, bei denen der Oberboden bereits tragfähig ist, weil der Grobbodenanteil  $\geq 75\%$  beträgt. Weiterhin sind Anmoor- und Moorböden von einem Oberbodenabtrag ausgenommen worden, weil bei diesen Böden angenommen werden kann, dass der Unterboden entsprechend humos und damit ebenso verdichtungsempfindlich ist. Rückt der durch Grund- oder Stauwasser vernässte Horizont näher an die Bodenoberfläche, weil der Oberboden für den Baubetrieb ausgehoben wird, dann wird dieser geringere Flurabstand für die Bewertung der Verdichtungsempfindlichkeit herangezogen. Die Einstufungen der Bewertungskriterien „Grundwasserstufe“ nach Abbildung 1 werden um die Abtragsmächtigkeit korrigiert. Abbildung 3 stellt also die Verdichtungsempfindlichkeit der Unterböden unter Berücksichtigung der vorgenannten Bewertungsannahmen dar.

Auf den meisten Standorten führt die Bewertung von Oberboden und Unterboden zum gleichen Ergebnis (vgl. Abbildung 2 und Abbildung 3).

Bei der Bauplanung empfiehlt sich die getrennte kleinräumige Bewertung der Verdichtungsempfindlichkeit sowohl für die Ober- als auch für die Unterböden, um deren ggf. unterschiedliche Empfindlichkeiten in die Abwägung einbeziehen zu können, ob der Oberboden vor Baubeginn besser abgetragen werden sollte oder nicht.

Für vollzugspraktische Fragestellungen werden in Abbildung 4 die Standorte hervorgehoben auf denen der übliche Mutterbodenabtrag ggf. nicht erfolgen sollte. So sind Unterböden insbesondere dann besonders gefährdet, wenn vernässte Bodenhorizonte bzw. –schichten durch einen Oberbodenabtrag erheblich näher an die Oberfläche geraten. Bei diesen Konstellationen sollte vor Baubeginn kritisch geprüft werden, ob der übliche Oberbodenabtrag besser unterlassen wird, um den vernässten und damit verdichtungsempfindlichen Unterboden vor mechanischen Lasteinträgen besser zu schützen. Hier übernimmt der Oberboden eine gewisse Schutzfunktion für den vernässten Unterboden.

Der nicht abgetragene Oberboden darf durch Befahrungen und sonstige mechanische Lasteinträge nicht in den Unterboden verpresst werden. Dazu sind geeignete Vermeidungsmaßnahmen wie das Anlegen von Baustraßen, lastverteilende Maßnahmen und die Bauzeitenplanung in den möglichst trockenen Sommermonaten etc. zu ergreifen.

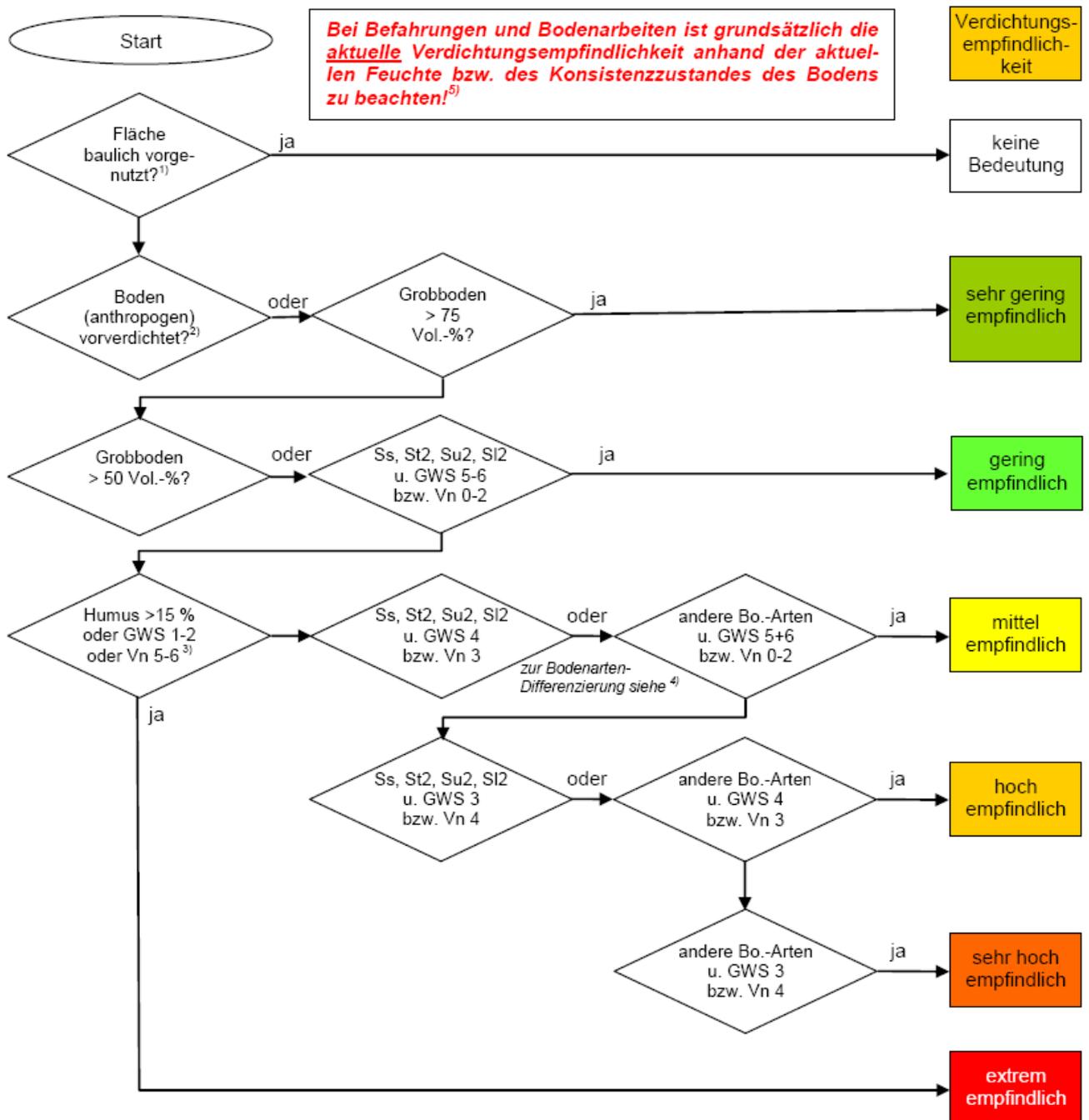


Abbildung 1: Matrix zur Bewertung der Verdichtungsempfindlichkeit anhand von Bodenmerkmalen

- 1) Anhand der BK50 nicht bewertbar. Vor Ort sind unterschiedlich baulich vorge-nutzte Teilflächen des Baufeldes getrennt zu bewerten. Beispielsweise unterliegen baulich nicht genutzte Grünflächen innerhalb von Bauliegschaften den Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes.
- 2) Anhand der BK50 nicht bewertbar. Geeignete Schwellenwerte für Vor-Ort-Bewertungen: Packungsdichte PD4+5 bzw. effektive Lagerungsdichte 4+5 (>1,75).
- 3) Vernässungsmerkmale des Bodens werden nach KA5 anhand der Grundwasserstufen (GWS) oder des Vernässungsgrades (Vn) bewertet.
- 4) Der Körnungseinfluss wird in Abhängigkeit von den Vernässungsmerkmalen und dem kapillaren Aufstieg differenziert nach sandigen (Ss, St2, Su2, Sl2) und anderen Bodenarten.
- 5) Höhere Bodenfeuchten und die damit verbundenen weichen, breiigen oder zähflüssigen Bodenkonsistenzen bedingen regelmäßig eine hohe bis extrem hohe aktuelle Verdichtungsempfindlichkeit

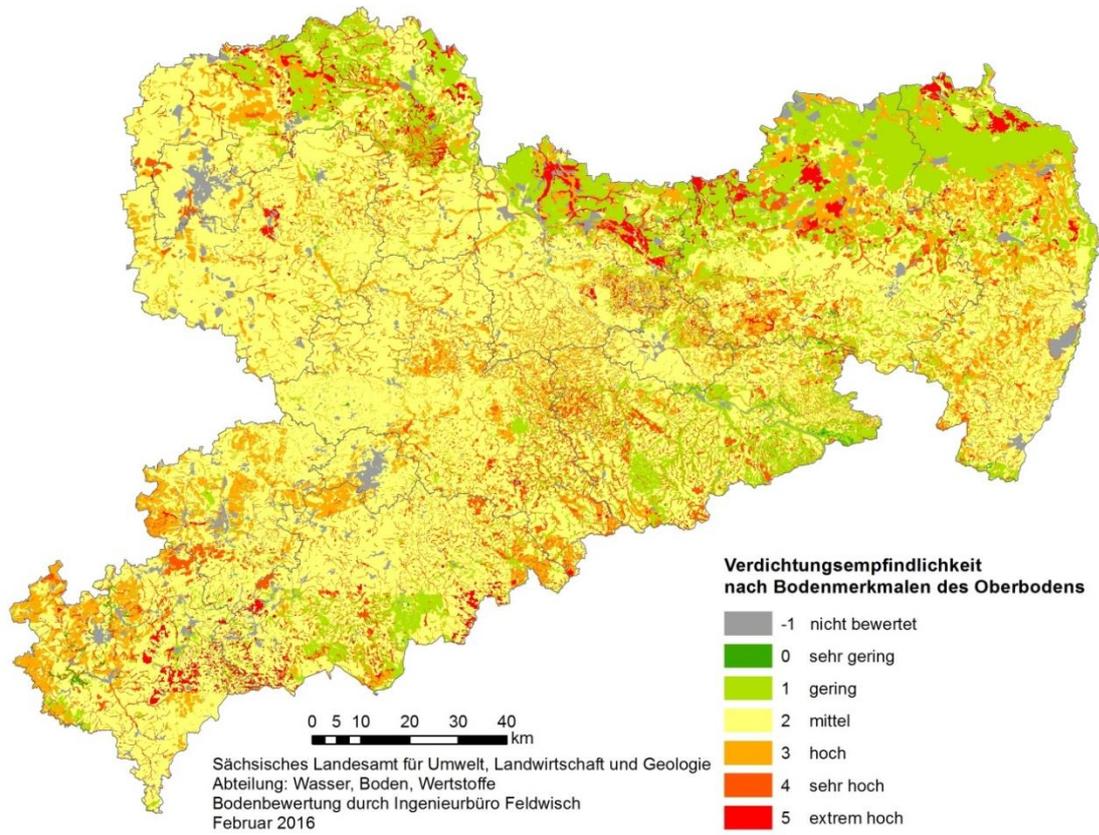


Abbildung 2: Verdichtungsempfindlichkeit anhand von Oberbodenmerkmalen der BK50

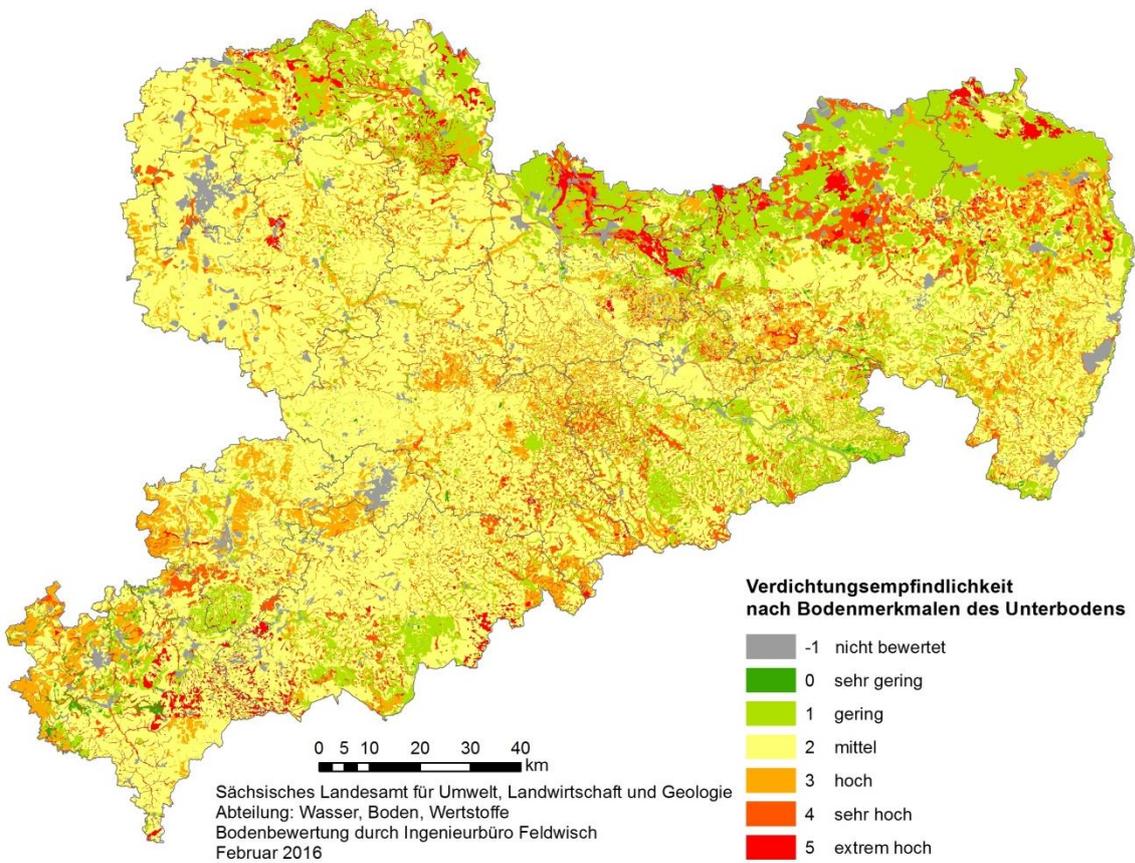


Abbildung 3: Verdichtungsempfindlichkeit anhand von Unterbodenmerkmalen der BK50

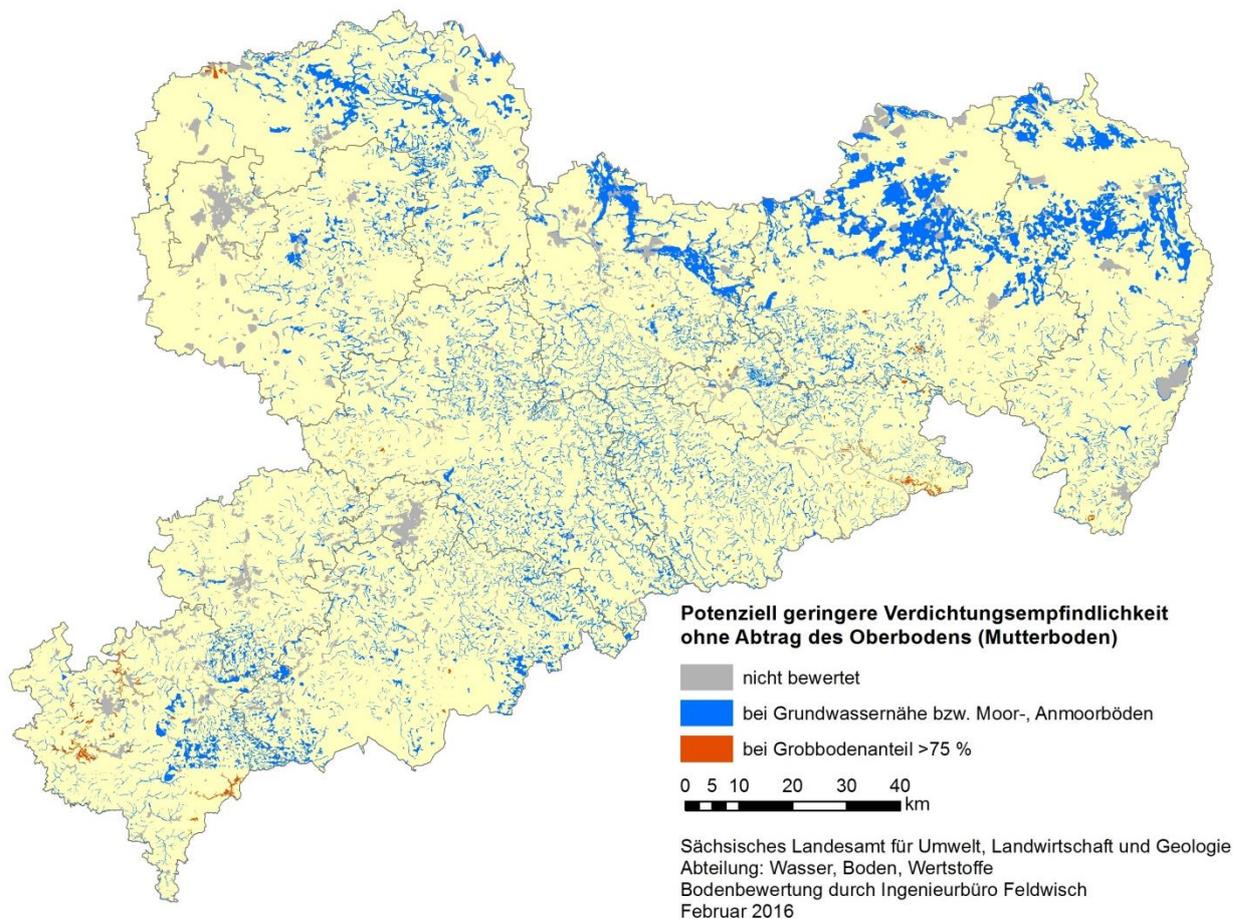


Abbildung 4: Potenziell geringere Verdichtungsempfindlichkeit ohne Oberbodenabtrag nach BK50

### 3. Die Bewertung der Häufigkeit von hohen Bodenfeuchten

Die Verdichtungsempfindlichkeit der Böden wird entscheidend durch den witterungsabhängigen Bodenwassergehalt geprägt. Daher wird die vorgenommene Bewertung der Bodenmerkmale (Abbildung 1) erweitert um den Einfluss des Klimas. So können, die im Jahresgang wechselnden Bodenfeuchten bei der Bewertung der Verdichtungsempfindlichkeit der Böden berücksichtigt werden.

Als Maß für den Witterungseinfluss werden mit Hilfe der klimatischen Wasserbilanz (KWB) und den Bodenkennwerten Feldkapazität und Totwasser Ganglinien der monatlichen Bodenfeuchten berechnet. Diese werden ausgewertet im Hinblick auf die Häufigkeit auftretender hoher Bodenfeuchten, d.h. Bodenwassergehalt liegt über 90% des Bodenwassergehaltes bei pF 1,8).<sup>1</sup> Als Auswertungsergebnis liegt zu jedem Kalendermonat eine Karte vor, die zeigt wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass in dem jeweiligen Kalendermonat auf den jeweiligen Böden hohe Bodenfeuchten erreicht werden (s. Anhang).

<sup>1</sup> Hinweise zur Bilanzierung der Ganglinie monatliche Bodenwassergehalte für den Bodenspeicher 0 – 50 cm Bodentiefe: Eingangswerte: Ganglinie KWB Monate von 1993 – 2013 regionalisiert im 1-km-Raster (ReKIS 2014), Bodenparameter pF1.8 und pF4.2 abgeleitet nach Dehner et al. (2015) von Bodenart, Grobboden- und Humusgehalt der BK50 für mittlere Lagerungsdichten.

Annahmen für die vereinfachte Bilanzierung: Bodenwassergehalte können nur Werte zwischen pF1.8 und pF4.2 annehmen, eine Verdunstungsreduktion aufgrund geringer Bodenfeuchten findet nicht statt, Oberflächenabfluss ist unberücksichtigt.

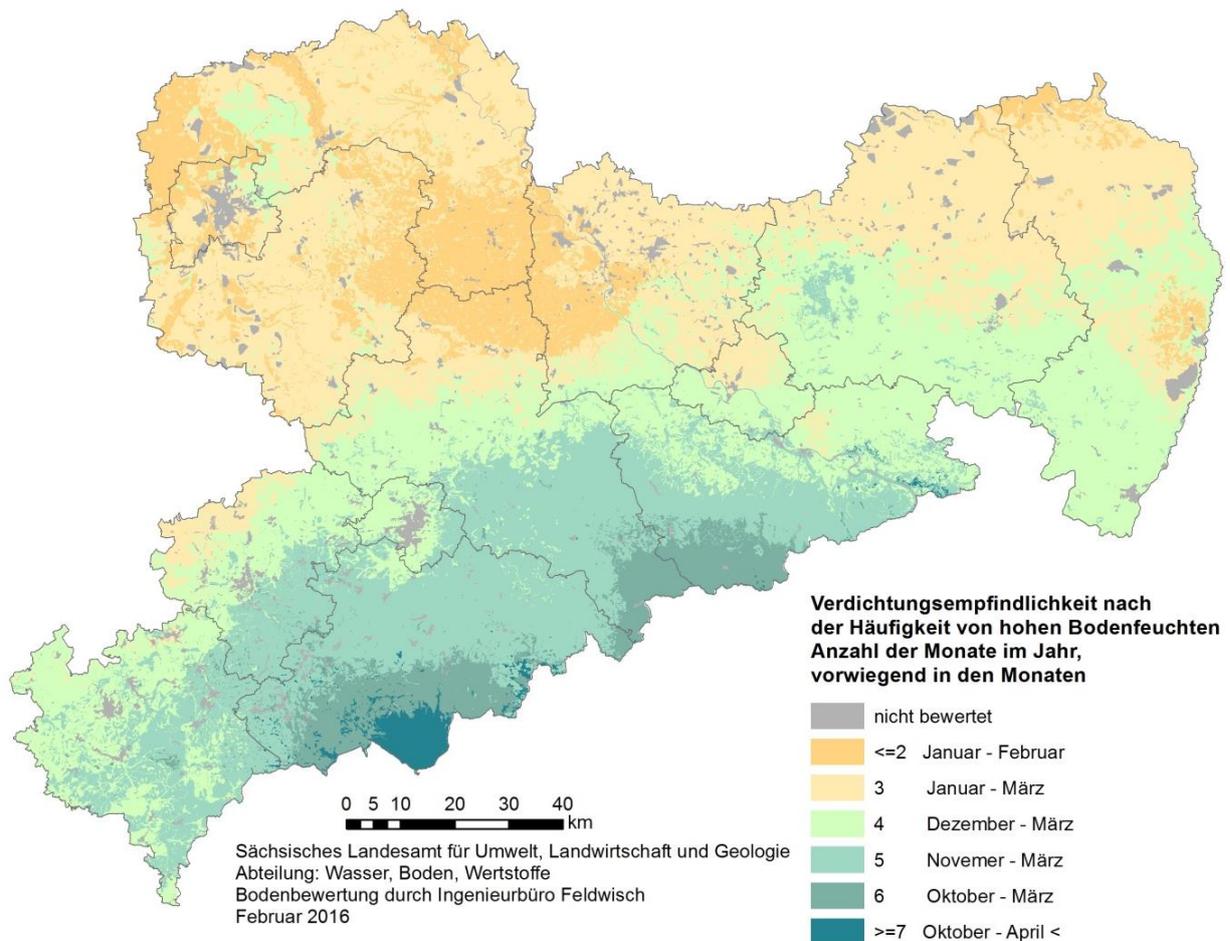


Abbildung 5: Karte der Anzahl der Monate pro Jahr mit sehr häufig hohen Bodenfeuchten

Die Einzelkarten für die 12 Monate sind wiederum in einer Karte zusammengefasst. Diese zeigt die Anzahl der Monate je Kalenderjahr in denen sehr häufig (mehr als 80% der Monate des jeweiligen Kalendermonats) hohe Bodenfeuchten erreicht werden (Abbildung 5). Die Auswertung ermöglicht es, für jede Bodeneinheit die Kalendermonate zu ermitteln, in denen bei einem durchschnittlichen Witterungsverlauf hohe Bodenfeuchten wahrscheinlich sind und insofern eine besondere Verdichtungsempfindlichkeit der Böden angenommen werden kann. Diese Information kann beispielsweise bei der Bauzeitenplanung berücksichtigt werden, indem Bauvorhaben soweit wie möglich in Zeitspannen hineingelegt werden, in denen bei einem durchschnittlichen Witterungsverlauf hohe Bodenfeuchten selten sind.

Diese Auswertungen geben regionale Trends im langjährigen Durchschnitt wieder und vernachlässigen insbesondere Nutzungs- und kleinräumige Bodenunterschiede, die durch die Bodenkarte 1:50.000 nicht wiedergegeben werden. Insofern dürfen die in den Auswertekarten dargestellten Zeitspannen der Monate mit sehr feuchten bis nassen Böden nicht für kleinräumige Fragestellungen unmittelbar herangezogen werden. Auch werden bei dieser vereinfachten Bodenfeuchteeermittlung nicht Stau- und Grundwasser Eigenschaften berücksichtigt. Stau- und Grundwassereigenschaften werden hingegen bei der Bewertung der Bodenmerkmale berücksichtigt (Abbildung 1).

Die beiden Bewertungsansätze – Bodenmerkmale (Abbildung 1) und Häufigkeit von hohen Bodenfeuchten (Abbildung 5) - wurden anschließend miteinander verknüpft (Tabelle 1). Folgende Konventionen liegen dem Klassifizierungsschema zugrunde:

- a) extrem steinige Böden bleiben unabhängig von der Klasse der klimabedingten Einflüsse unempfindlich gegen mechanische Einwirkungen (Klasse 0).
- b) Die Klassen der Verdichtungsempfindlichkeiten nach den Bodenmerkmalen können durch die Auswertung ‚Häufigkeit hoher Bodenfeuchte‘ höher gestuft aber nicht niedriger eingestuft werden. Die Bewertungsmatrix berücksichtigt, dass die Dauer der hohen Bodenfeuchte im Winterhalbjahr unterschiedlich lang anhält. Dadurch nimmt das Risiko der Verdichtungsempfindlichkeit entsprechend zu.

Tabelle 1: Klassifizierungsschema Verdichtungsempfindlichkeit nach Bodenmerkmalen und der Häufigkeit hoher Bodenfeuchten

Klasse der Verdichtungsempfindlichkeit nach Bodenmerkmalen	Monate pro Jahr mit sehr häufig hohen Bodenfeuchten, vorwiegend in den Monaten (> 80% des jeweiligen Kalendermonats mit Bodenwassergehalten > 0,9 pF1,8)			
	<= 3 Jan – März	4 Dez. - März	5 – 6 Okt./Nov. – März/April	>= 7 > Okt. - Apr. <
0	0	0	0	0
1	1	1	2	2
2	2	3	3	4
3	3	4	4	5
4	4	4	5	5
5	5	5	5	5

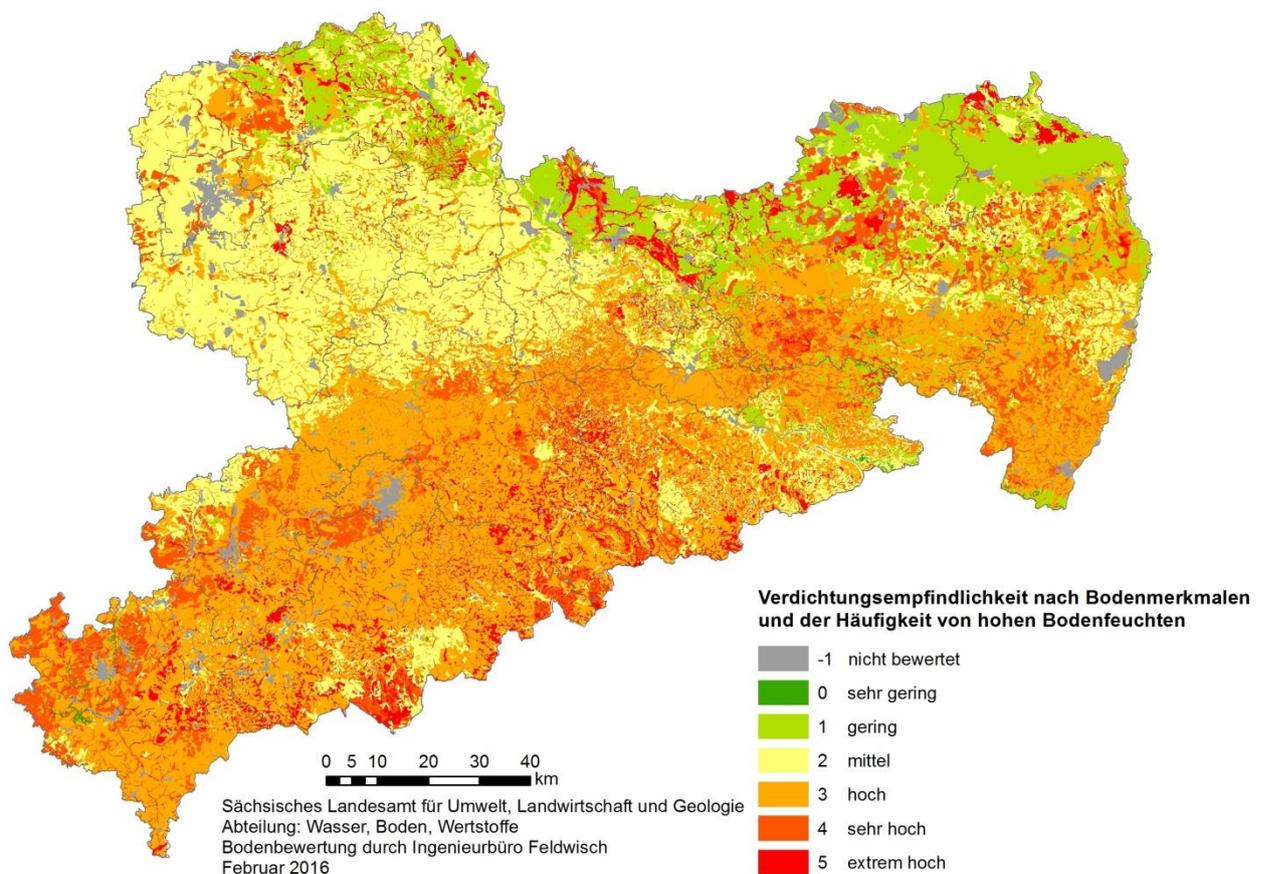


Abbildung 6: Synthesekarte Verdichtungsempfindlichkeit nach Bodenmerkmalen und der Häufigkeit von hohen Bodenfeuchten

## Anhang: Häufigkeit hoher Bodenfeuchten nach Monaten

