



Erdkabel und Freileitungen – Auswirkungen auf das Schutzgut Boden –



1. Ziele des Bodenschutzes bei Bauvorhaben
2. Betroffenheit des Bodens bei Erdkabeln im Vergleich zu Freileitungen
– Wirkfaktoren und Einflussfaktoren
3. Fotos baubedingter Bodenschäden beim Leitungsbau
4. Höchstspannungsleitung Osnabrück-Wehrendorf
5. Fazit zum Vergleich Erdkabel versus Freileitungen
6. Bodenschutz bei der Erdverkabelung

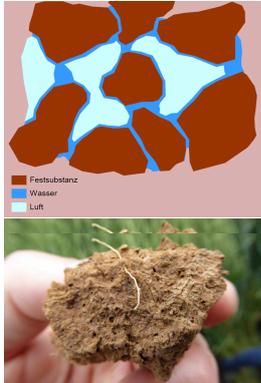
Dr. Norbert Feldwisch
Vizepräsident Bundesverband Boden e.V.
<http://www.bvboden.de>
Ingenieurbüro Feldwisch
www.ingenieurbuero-feldwisch.de

1. Ziele des Bodenschutzes bei Bauvorhaben

- **Quantitatives Ziel** – Reduzierung Flächen-/Bodenverbrauch
- **Qualitative Ziele**
 - Lenkung von Bodeninanspruchnahmen möglichst auf nicht schutzwürdige und unempfindliche Böden
 - **Vermeidung Bodenverdichtung + Gefügeschäden**
 - Schonender Umgang mit Bodenmaterial
 - sachgerechte Verwertung von Bodenaushub
 - Erhaltung / Wiederherstellung naturnaher Böden (durchwurzelbare Bodenschicht!)
 - Minderung Bodenerosion
 - Minderung Schadstoffeinträge + -freisetzungen

Info!

Bauprojekte berühren generell alle Bodenschutzziele, wobei standort- und projektspezifisch verschiedene Empfindlichkeiten u. Wirkungen relevant sind!



Bodengefüge

- Porenvolumen: 45-55 Vol.-%
- Wasserspeichervermögen: bis zu 400 Liter je m² bis 1 m Bodentiefe

Info!

Das Bodengefüge bestimmt entscheidend die Leistungsfähigkeit der Böden in den Wasser- und Nährstoffkreisläufen.

Bodenbiologie → sehr bedeutsam für das Bodengefüge
→ Schlüsselarten: Regenwürmer, insb. tiefgrabende



Abbildung 5: Fotografische Beispiele von Makroporen (Regenwurmgänge) (Fotos: Otto Ehrmann)
Links: Aufsicht Regenwurmgänge in 40 cm Bodentiefe (Zollstock oben 60 cm)
Rechts: Regenwurmgänge in der Profilwand, mit Wurzeleinwachsungen

Info!

- Nach Bauabschluss ist es eine sehr anspruchsvolle und langwierige Zielsetzung, porenreiche und funktionstüchtige Böden wieder herzustellen.



Mechanische Überlastung → Gefügeschädigungen (Plattengefüge)

Bewertung von Bodenfunktionen und deren Beeinträchtigungen

Beispiel – Beeinträchtigung der Wasserspeicherfunktion durch Verdichtung



Lage des Bodenprofils:	landwirtschaftlich genutzte Rekultivierungsschicht einer Deponie
Bodentyp:	staunasser Auftragsboden (120 cm)
Feinbodenart:	mittel toniger Schluff (Ut3)
Verdichtung/ Vernässung:	starker Stauwassereinfluss wegen baubedingter Dichtlagerung ca. 3 dm unter Flur
effektiver Wurzelraum:	aktuell: 3 dm ohne Verdichtung: 12 dm
Wasserspeicher im effektiven Wurzelraum (nutzbare Feldkapazität)	aktuell: 69 Liter je m² ohne Verdichtung: 276 Liter je m²
vorherrschender Abflusstyp:	aktuell: Sättigungsabfluss ohne V.: Tiefensickerung

Fazit!

Baubedingte Schäden der natürlichen Bodenfunktionen können erfasst und bewertet werden.



© Ingenieurbüro Feldwisch



Mechanische Belastung

→ Gestörter Lufthaushalt
(Anaerobe Bodenzonen)

Visuelle Hinweise:

- bläuliche Verfärbung (oben)
- Bleichung + Rostflecken (rechts)

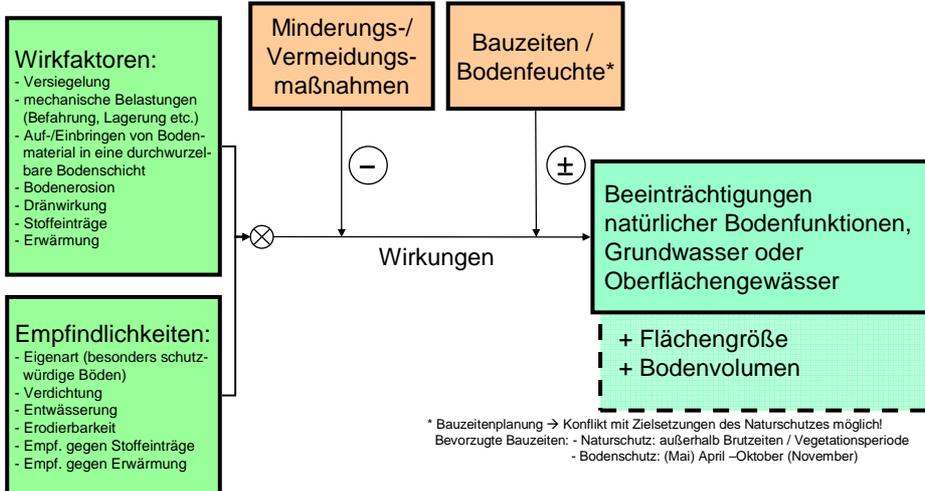
Aufwuchsschäden



Gefügeschäden / schädliche Verdichtungen
→ „Beinigkeit“ oder „Hakenslagen“ der Pfahlwurzel von Zuckerrüben

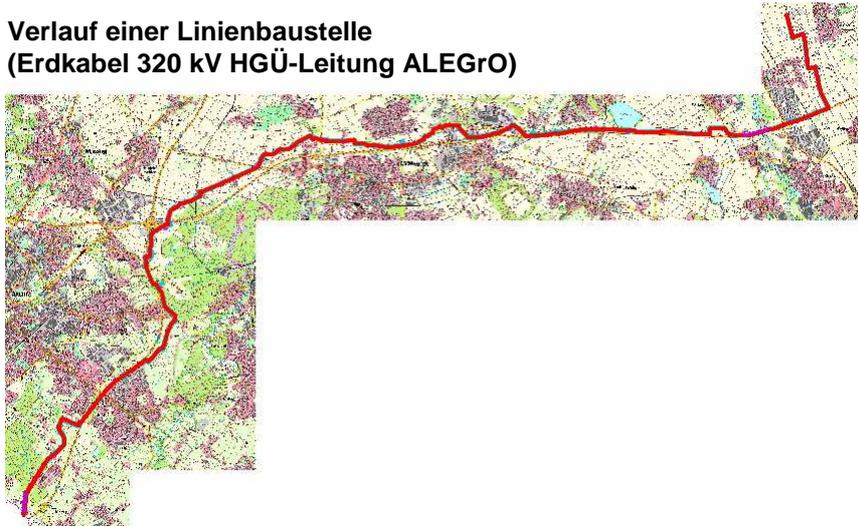
Fotos: © Dr. J. Botschek

2. Betroffenheit der Böden

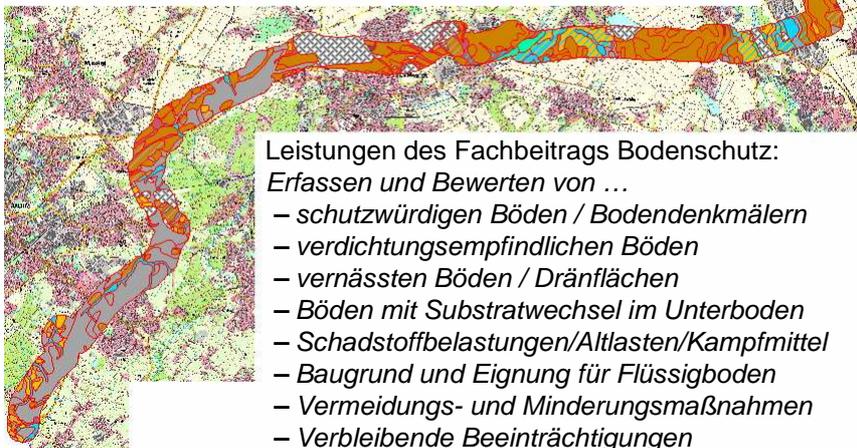


Fachbeitrag Boden zu Linienbaustellen

Verlauf einer Linienbaustelle (Erdkabel 320 kV HGÜ-Leitung ALEGrO)



Untersuchungskorridor ALEGrO mit Bodenkarte



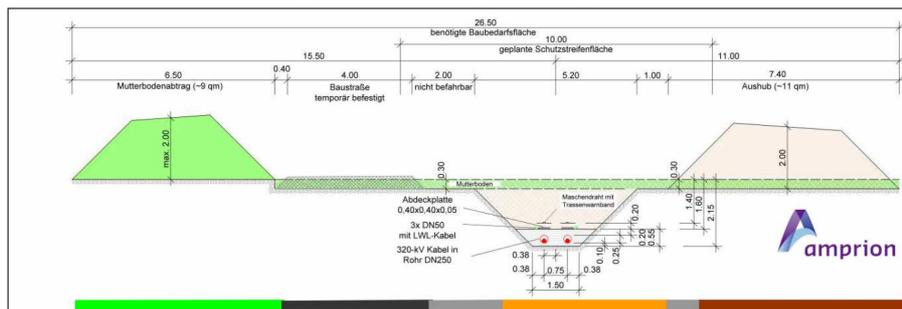
- Leistungen des Fachbeitrags Bodenschutz:
Erfassen und Bewerten von ...
- schutzwürdigen Böden / Bodendenkmälern
 - verdichtungsempfindlichen Böden
 - vernässten Böden / Dränflächen
 - Böden mit Substratwechsel im Unterboden
 - Schadstoffbelastungen/Altlasten/Kampfmittel
 - Baugrund und Eignung für Flüssigböden
 - Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen
 - Verbleibende Beeinträchtigungen

Fazit

Planungsaufwand für Erdkabel deutlich größer als für Freileitungen!

Trassenquerschnitt

- 320 kV HGÜ ALEGrO (1 GW Übertragsleistung)



Orte	Oberbodenmiete	Fahrweg	Abstand	Kabelgraben	Ab.	Unterbodenmiete
Intensitäten	sehr gering	sehr hoch	mittel	sehr hoch	mi.	gering
Faktoren	Verdichtung (Vd.)	Verdichtung	Vd.	Verdichtung, Vermischung, Entwässerung, Erwärmung, Verlust Eigenart	Vd.	Verdichtung

Abbildung 4: Regelarbeitsquerschnitt ALEGrO bei offener Kabelverlegung und beidseitigem Acker/Grünland mit Wirkorten, -intensitäten und -faktoren

HGÜ ALEGro Erdkabel Aushubvolumen für ca. 35 km Grabenverlegung

1. Oberbodenabtrag

- 0,35 m Oberbodenmächtigkeit
- 20,0 m Baubedarfsfläche ohne Mietenfläche für Oberboden
- 7,0 m³ Aushub je lfd. Meter bzw. ca. 245.000 m³

2. Graben (Unterboden / Untergrund)

- 2,15 m Grabensohle uGOK → 1,85 m mächtig
- 1,50 m Sohlbreite
- 5,00 m obere Grabenbreite (Oberkante Unterboden)
- 6,0 m³ Aushub je lfd. Meter bzw. ca. 210.000 m³

(Hinweis: Kalkulationen ohne Aufweitungen für Muffenbauwerke, Sonderbaustellen und Auflockerungen durch Aushub.)

HGÜ ALEGro fiktiv Freileitung Aushubvolumen für 35 km Strecke

vereinfachte Annahmen: alle 400 m ein Plattenfundament mit den Maßen 12x12 m (Baugrube 16x16x2,2 m = 256 m² bzw. 563 m³)

1. Oberbodenabtrag

- 0,35 m Oberbodenmächtigkeit
- 90 m³ Aushub je Maststandort bzw. ca. 7.900 m³

2. Unterboden / Untergrund

- 1,85 m bis Grabensohle
- 473 m³ Aushub je Maststandort bzw. ca. 41.400 m³

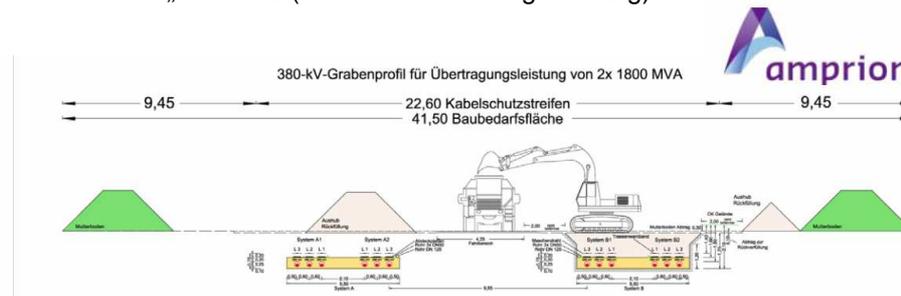
(Hinweis: Kalkulationen vereinfacht und ohne technische Klärung, welche Fundamentmaße und Mastabstände tatsächlich für eine fiktive/alternative Freileitung benötigt würden sowie ohne Berücksichtigung von ggf. kürzerer Trassenführung, weil Querriegel bei Erdverkabelungs-Variante überspannt und nicht umfahren werden müssten.)

Ungefähres Verhältnis der Aushubvolumina

→ Erdkabel 490.000 m³ : Freileitung 49.300 m³ bzw. **10 : 1**

Trassenquerschnitt

- 380 kV AC „Raesfeld“(3600 MVA Übertragsleistung)

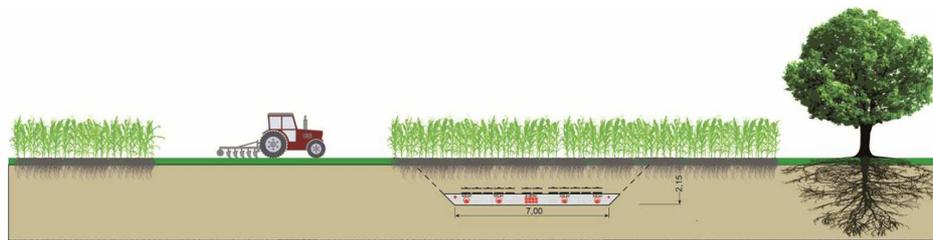


Dimensionen

- Trassenlänge ca. 3,5 km
- 41,5 m breite Baubedarfsfläche
- 2 mal 5,5 m breite Grabensohle = 11 m
- 2,15 m Aushubtiefe = Grabensohle
- ca. 31,6 m³ Grabenaushub je lfd. Meter (inkl. Oberboden)
- (zum Vergleich ALEGro: ca. 13 m³/m, allerdings bei „nur“ 1 GW)

Trassenquerschnitt

– Vorrangfall HGÜ-Erdverkabelung nach Rekultivierung im Betrieb



Legende

- alle Maßangaben in Meter -

Trassenmarkband mit Maschendraht

Abdeckplatte 0,40x0,40x0,05

500-kV-DC-Kabel
im Schutzrohr
30-kV-Neutralleiter
im Schutzrohr

Lichtwellleiter, Schutzbegleitleiter,
Temperatur- und Lastmonitoring



Annahmen / Dimensionen

- 500 kV, 2 Kabel je Pol mit Neutralleiter
- MI-Kabel mit 2 GW oder VPE-Kabel mit 4 GW
- 7,00 m breite Grabensohle
- 2,15 m Aushubtiefe = Grabensohle
- ca. 19 m³ Grabenaushub je lfd. Meter (inkl. Oberboden)
- (zum Vergleich ALEGrO: ca. 13 m³/m, allerdings bei „nur“ 1 GW)

DBU Zentrum für Umweltkommunikation | Osnabrück, 14.04.2016

Folie 15

Schlussfolgerungen zur Volumenbetroffenheit

– Vergleich Erdkabel mit Freileitung –

- Übertragungsleistung und AC/DC-Technik entscheidend
- Erdverkabelung beansprucht deutlich mehr Boden-/Aushubvolumen als die technisch mindestens gleichwertige Freileitung
 - AC-Technik: ca. 20-30:1 (Erdkabel : Freileitung)
 - DC-Technik: ca. 10-20:1 (Erdkabel : Freileitung)
- Wahrscheinlichkeit von erheblichen Bodenbeeinträchtigungen steigt u. a. mit dem Aushubvolumen
 - Erdverkabelungen sind aus Sicht des Bodenschutzes ungünstiger als Freileitungen

DBU Zentrum für Umweltkommunikation | Osnabrück, 14.04.2016

Folie 16

Baugrube Muffenbauwerk 380 KV-Leitung Raesfeld (Wechselstrom)



© Ingenieurbüro Feldwisch

Baustellenimpressionen 380kV Erdkabel Raesfeld



© Ingenieurbüro Feldwisch



© Ingenieurbüro Feldwisch

Mischplatz „Flüssigboden“



© Ingenieurbüro Feldwisch



DBU Zentrum für Umweltkommunikation | Osnabrück, 14.04.2016

Folie 21

Vormontage und Stocken





© D. Heitbaum, amprion GmbH

Seilzugarbeiten



© 50Hertz Transmission GmbH



© D. Heitbaum, amprion GmbH



© D. Heitbaum, amprion GmbH

DBU Zentrum für Umweltkommunikation | Osnabrück, 14.04.2016

Folie 23

Korrosionsschutz
→ Bleianreicherung im Boden



Das Bleiproblem unter Masten ist mittlerweile durch die Verwendung bleifreier Korrosionsschutzmittel gelöst.

© Bodenschutzfachstellen der Kantone Schweiz 2010

Folie 24

3. Fotos baubedingten Bodenschäden beim Leitungsbau



DBU Zentrum für Umweltkommunikation | Osnabrück, 14.04.2016

Folie 25

Schädliche Verdichtungen möglich während der
→ Bauphase
→ Rekultivierungsphase



Überschreiten der Tragfähigkeit der Böden

DBU Zentrum für Umweltkommunikation | Osnabrück, 14.04.2016

Folie 26

Bodenerosion möglich während der
→ Bauphase oder
→ als Folge der Bodengefügeschäden



Erosionsgraben auf einer Linienbaustraße
© Ingenieurbüro Feldwisch

Folie 27



© Dr. J. Botschek

DBU Zentrum für Umweltkommunikation | Osnabrück, 14.04.2016

Folie 28



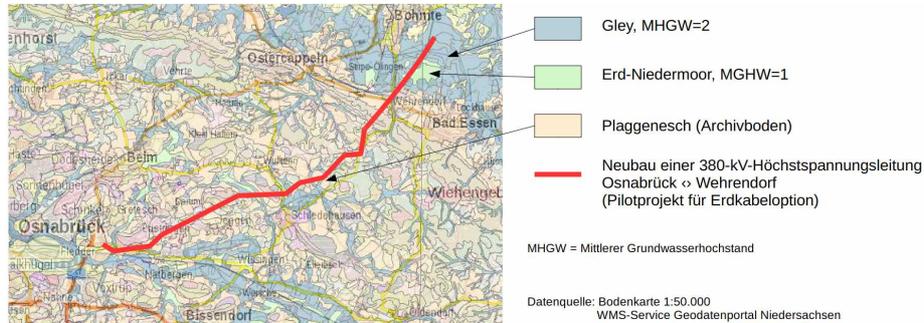
© Dr. J. Botschek



© Dr. J. Botschek

Lüstringen-Wehrendorf, Verlauf einer Trassenvariante

– Betroffenheit des Schutzgutes Boden im Falle der Erdverkabelung –



- Bodenlandschaft rund um Osnabrück ist stark durch Grundwasserböden wie zum Beispiel Gleye und Niedermoore geprägt, die u. a. extrem verdichtungs-empfindlich sind.
- Auch schutzwürdige Archivböden wie Plaggenesche kommen verbreitet vor.
- Fazit: Sehr hohe Betroffenheit des Schutzgutes Boden mit hohen Beeinträchtigungspotenzial zu erwarten, insbesondere bei der Erdverkabelung.

DBU Zentrum für Umweltkommunikation | Osnabrück, 14.04.2016

Folie 33

5. Fazit zum Vergleich Erdkabel versus Freileitungen!

1. Freileitungen sind mit erheblich geringeren Bodenbeeinträchtigungen verbunden und insofern aus Sicht des Boden-/Gewässerschutzes zu bevorzugen.
2. Zu erwartende erhebliche Beeinträchtigungen (vermehrt bei der Erdverkabelung) ...
 - ... Bodenverdichtungen (Fahrtrasse, Mischplätze, Graben)
 - ... Bodenerwärmungen → Bodenbiologie (z. B. Schlüsselarten wie tiefgrabende Regenwurmarten)
 - ... Pflanzenwachstum (landwirtschaftlicher Ertrag)
 - ... Eigenart der Böden (natürliche Schichtung, Archivfunktionen)
3. Beeinträchtigungen können begrenzt, aber nicht vollständig vermieden werden.
4. Besondere Betroffenheit des Bodens macht eine bodenkundliche Baubegleitung zwingend nötig.

6. Bodenschutz bei der Erdverkabelung

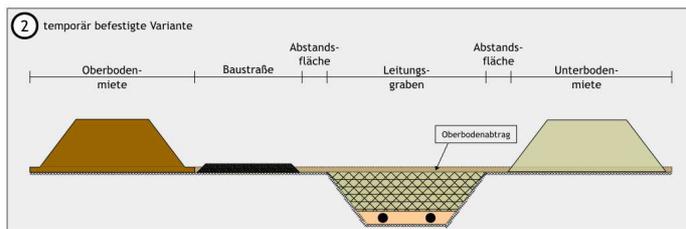
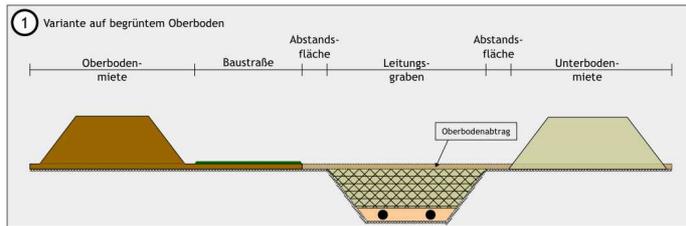


Baustraßen



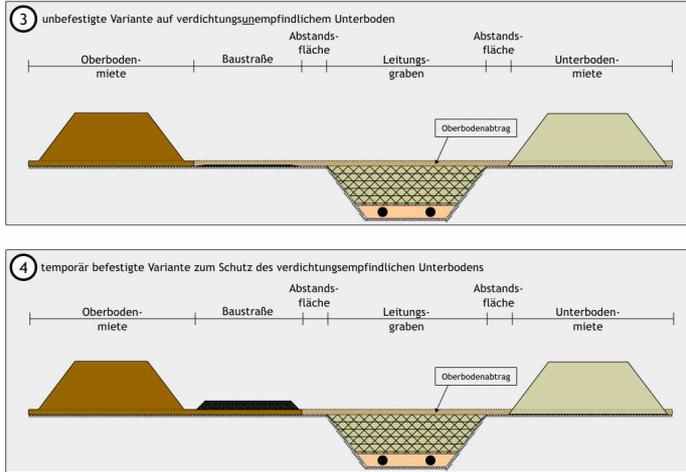
© Ingenieurbüro Feldwisch

Baustraßen



© Ingenieurbüro Feldwisch

Baustraßen



© Ingenieurbüro Feldwisch

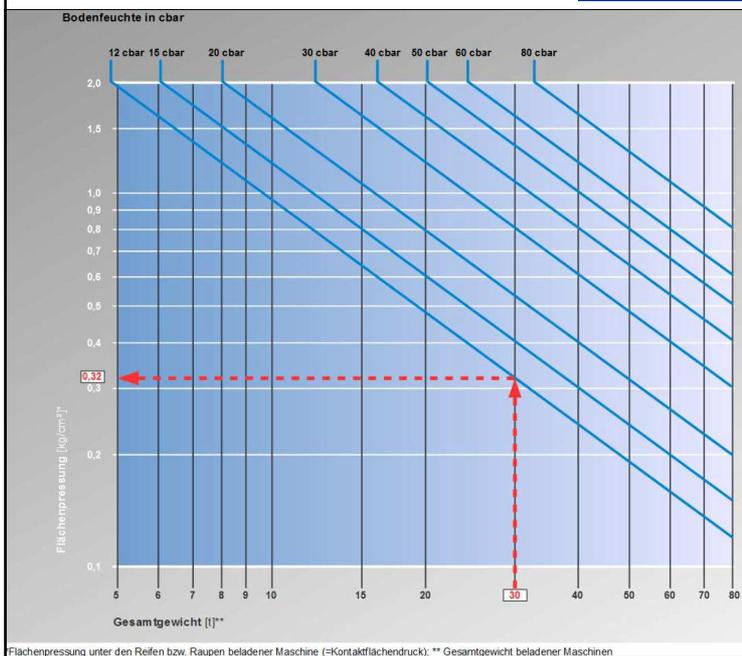
Baustraßen



© Dr. Susanne Frey-Wehrmann



© Dr. G. Dumbeck



Wasserspannung
im Boden und
max.
Bodenpressung

Folie 41

Flächenpressung unter den Reifen bzw. Raupen beladener Maschine (=Kontaktflächendruck). ** Gesamtwicht beladener Maschinen



Beispiel Vernässung - Wasserhaltung

Vernässungen
Zufluss wildabfließenden Wassers



© Ingenieurbüro Feldwisch

Vernässungen
temporäre Wasserhaltung



Wasserhaltung mit Sandfang (Container) und geregelter
Ableitung in einen Vorflutgraben



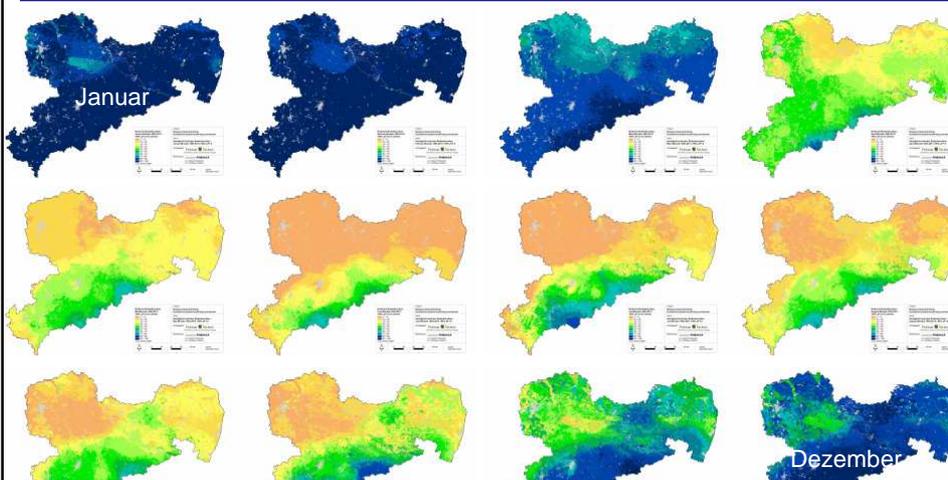
© Ingenieurbüro Feldwisch

Vernässungen temporäre Wasserhaltung



Qualitative Beeinträchtigungen durch Einleitungen von Sumpfungswasser aus dem Baufeld (Sand, Schwebstoffe, Nährstoffe)

Bodenfeuchte / Verdichtungsempfindlichkeit ist vorhersehbar.
→ Beispiel: Auswertung langjähriger Klimadatenreihen aus Sachsen (1993-2013)



Info!

Im Winterhalbjahr ist i.d.R. mit zu nassen Böden zu rechnen!
→ Bauzeitenplanung außerhalb vernässter Monate!



Beispiel Flächenfreimachung

DBU Zentrum für Umweltkommunikation | Osnabrück, 14.04.2016

Folie 47

Flächenfreimachung

- **Flächendeckende physikalische Einwirkungen bei der Flächenfreimachung - Wurzelstöcken ziehen oder fräsen?**



Foto: Michael Wolf



Foto: Norbert Feldwisch



Foto: Georg Juritsch



Beispiel Bodenabtrag

Abtrag



© Ingenieurbüro Feldwisch

Das Abschieben von Boden mit Raupen belastet das Bodengefüge.



Abtrag



© Ingenieurbüro Feldwisch

Bodenabtrag mit Raupenbaggern bodenschonend möglich.



Beispiel Zwischenlagerung

Zwischenlagerung



- Mengenabschätzung
- Festlegung der Flächen und Flächengrößen für Lagerflächen
- Kein Befahren der Mieten

Zwischenlagerung



© Ingenieurbüro Feldwisch

Begrünung





Beispiel Bodenkundliche Baubegleitung

DBU Zentrum für Umweltkommunikation | Osnabrück, 14.04.2016

Folie 55

Bodenkundliche Baubegleitung



Aufgaben:

- Sorgt für die Umsetzung der Bodenschutzmaßnahmen im Bauablauf.
- Verstöße / Schäden werden protokolliert, Maßnahmen zur Beseitigung ergriffen.

H25645866_4

Veröffentlichungen zur Baubegleitung (Auswahl)

Leitfaden "Bodenkundliche Baubegleitung",
Bundesverband Boden e. V.
(Erich Schmidt Verlag)



DBU Zentrum für Umweltkommunikation | Osnabrück, 14.04.2016

Feldwisch, N. (2012): Vorsorgender Bodenschutz bei
Baumaßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur
und der Durchgängigkeit. Schriftenreihe: Böden und
Bodenschutz in Hessen. Heft 10.



Folie 57

Schrift "Umweltbaubegleitung", 2012
Ausschuss der Verbände und Kammern der
Ingenieure und Architekten für die
Honorarordnung e.V. – AHO

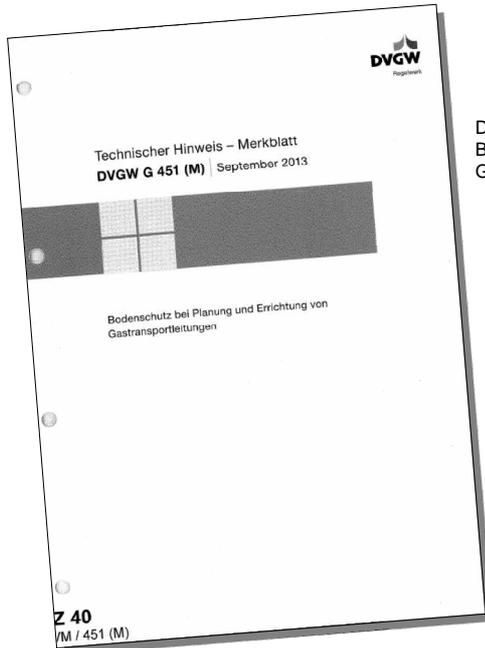


DBU Zentrum für Umweltkommunikation | Osnabrück, 14.04.2016

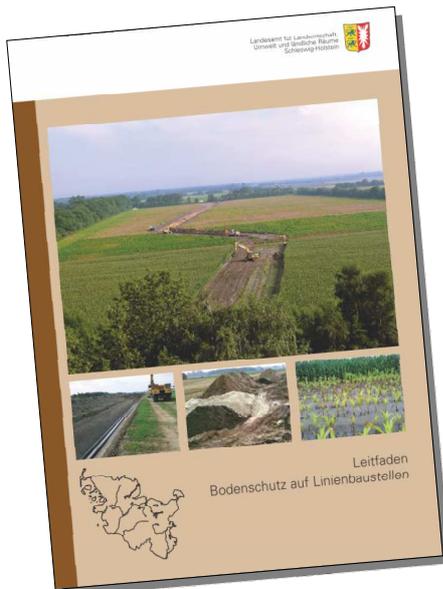
Merkblatt „Ökologische Baubegleitung ...“.
DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e. V.



Folie 58



DVGW G 451 (M)
Bodenschutz bei Planung und Errichtung von
Gastransportleitungen



Veröffentlichung in Vorbereitung

Arbeitshilfen aus Hessen, Veröffentlichungen in Vorbereitung

Ingenieurbüro **Feldwisch**



DBU Zentrum für Umweltkommunikation | Osnabrück, 14.04.2016

Folie 61



<http://www.ingenieurbuero-feldwisch.de>
Nachhaltige Landentwicklung | Bodenschutz | Gewässerschutz | Landwirtschaft