



TOP 3 Erste Ergebnisse der Literaturrecherche „Methodenvergleich Bodenbewegungsprognose“

28.11.2017

Fallbeispiele

Ergebnisse der Literaturrecherche

- 36 Fallbeispiele für die Prognose von Bodenbewegungen infolge Grundwasserstandsänderungen
 - 4 der Kategorie „Festgestein“
 - 8 der Kategorie „Tagebaubetrieb Lockergestein“
 - 20 der Kategorie „Lockergestein, weitere Fälle“
 - (Rest: ohne Kategorie, z. B. Salzbergwerke, Erdgasgewinnung)
- Gefundene methodische Ansätze
 - Auswertung von Bodenbewegungsmessungen
 - Auswertung von Satellitendaten (Kartierung, Momentaufnahmen)
 - „Handbuchformeln“ (Analytische Formeln mit stark vereinfachten Annahmen)
 - **Berechnung für einzelne Bodenprofile mittels empirischer Bodenmodelle (z. B. Ziegler und Aulbach)**
 - **Bodenbewegung als Add-On zur Grundwassermodellierung mittels analytischer Formeln (z. B. MODFLOW IBS) oder empirischer Bodenmodelle (z. B. MODFLOW SUB)**
 - **Bodenmechanische Finite-Elemente-Modelle (z. B. Plaxis)**

LANUV 28.11.2017

2

Fallbeispiele

Kategorie Festgestein

Nr.	Region	Quelle
10	Santa Cruz	Hanson 1994
28	Limburger und Aachener Steinkohlenrevier	Cloostermann & Wings 2011, Rosner, 2011
29	Sächsisches Steinkohlenrevier	Fenk & Tzscharschuch 2007
32	Griechenland	Nikos 2016

- Wenig Literatur zu Berechnungen der Bodenbewegung im Festgestein. Prozesse:
 - Bergsenkung infolge einstürzender Stollen nach Materialentnahme
 - Flutung von Bergwerken
- Die Flutung des Bergwerks wirkt sich auch auf das Deckgebirge aus → Kategorie Lockergestein

LANUV 28.11.2017



Fallbeispiele

Kategorie Tagebau im Lockergestein

Nr.	Region	Quelle
14	Australien	Helm 1987
21	Mitteldeutsches Revier	Berkner & Thieme 2005; Lieske & Schade 2016
22	Lausitzer Revier	Berkner & Thieme 2005;
23	Lausitzer Revier	Wolkersdorfer & Thiem 1998
24	Polen	pers. Kontakt Weidner
25	allgemein	Fenk 2008
26	Rheinisches Braunkohlenrevier	Hügel 1995
27	Florina, Griechenland	Loupsakis et al. 2004

- Mitteldeutsches und Lausitzer Braunkohlerevier: Stilllegung einiger Tagebaue infolge Änderung der politischen Rahmenbedingungen nach 1990
- Keine Prognoserechnungen der Bodenbewegung, sondern Planung von Maßnahmen gegen die Folgen des Wiederanstiegs in wiedervernässenden ehemaligen Feuchtgebieten

LANUV 28.11.2017



Fallbeispiele

Kategorie Lockergestein, weitere Fälle

- Vergleichsweise viele Studien
- Meist Setzungen infolge zu hoher Entnahmen für öffentliche und industrielle Wasserversorgung
- Oft Mehrschichtsysteme
- Meist keine Hebungen, nur Rückgang der Setzungsraten
- Anwendungsfälle
 - Dichte Besiedlung in Flussdeltas (Mekong, Yangtze, Jakarta)
 - Trockengebiete (USA)

Nr.	Region	Quelle
14	Australien	Helm 1987
10	Santa Cruz	Hanson 1994
31	Changzhou (China)	Xu 2015
32	Griechenland	Nikos 2016
1	California (Los Banos-Kettleman)	Larson 2001
2	Arizona (Tucson basin and Avra valley)	Hanson 1989
4	Houston (Texas)	Kasmarek 2002
5	Jakarta	Kooi 2015
6	Mekong, Vietnam	Minderhoud 2017
7	Madrid (Spanien)	Ezquerro 2014
8	Delft	
11	Hangu (China)	Shearer 1998
12	Shanghai (China, Shi)	Shi 2008
13	Holly Cite (California)	Sneed 2008
17	Murcia (Spanien)	Tomas 2010
20	Taipei Basin, Taiwan	Chen 2007
30	Shanghai (China, Zhang)	Zhang 2012
33	Arizona (Pinal Active Management Area)	Liu 2014
35	Bologna (Italien)	Modoni 2013
37	Korea	Kim 2007

LANUV 28.11.2017



Auswahlkriterien, Bewertungsmatrix

- Gegebenheiten des Untersuchungsgebiets
 - Tiefe, Fläche, Auftreten von Hebungen
- Berücksichtigung der bodenmechanischen Prozesse
 - vereinfacht, empirisch, numerisch
- Übertragung in die Fläche
 - Interpolation, flächenhafte Berechnung
- Besonderheiten (z.B. Methodenvergleiche)

Kriterium	Ausprägung	Punkte	Faktor
Tiefe	ca. 10 m	1	0,5
	ca. 100 m	2	
	ca. 1000 m	3	
Fläche	Kantenlänge des Untersuchungsgebiets 10 km	1	0,5
	Kantenlänge 50 km	2	
	Kantenlänge 100 km	3	
Bodenmechanische Prozesse	Elastisch, Porenwasserdruck	1	1
	Konsolidierung (z. B. Terzaghi)	2	
	Weitere Prozesse (z. B. Kriechen)	3	
Übertragung der Bodenbewegung in die Fläche	Statistik, historische Daten	1	0,5
	Interpolation aus einzelnen Punkten	2	
	flächige Berechnung, gekoppelt	3	
Übereinstimmung mit Referenzfall	Grundwasseranstieg, Geländehebungen, Braunkohle	3	1

LANUV 28.11.2017



Ausgewählte Fallbeispiele

Nr.	Kat.	Region	Quelle	Bewertung	Steckbrief Fallbeispiel	Steckbrief Methode
0	B	Referenzbeispiel Rheinisches Braunkohlenrevier	Ziegler & Aulbach, 2016	-	x	ZAI-Methode, 1D
5	L	Jakarta, Indonesien	Kooi, 2015	6,5	x	D-Settlement, 1D, Interpolation
8	L	Delft, Niederlande	Deltares	6,5	(x) über 5	D-Settlement, 1D, Interpolation, oberflächlich
14	L	Australien	Helm, 1987	6,5	(x) über 5	COMPAC, 1D, wenn im Vgl. mit ZAI und D-Settlement sinnvoll
22	B	Lausitzer Braunkohlenrevier, Deutschland	Berkner & Thieme, 2005; Wolkersdorfer & Thiem, 1998	6,5	x	Terzaghi, Empirische, manuelle Berechnung, 1D (eher wissenschaftlich motiviert)
1	L	Los Banos-Kettleman, Kalifornien, USA	Larson, 2001	7	x	Modflow IBS, 3D
13	L	Holly Cite, Kalifornien, USA	Sneed, 2008	5,5	(x) über 1	Modflow IBS, 3D
20	L	Taipei Basin, Taiwan	Chen, 2007	7	x	Modflow IBS, compaction rate model
11	L	Hangu, China	Shearer, 1998	7,5	x	Modflow IDP, 3D
6	L	Mekong, Vietnam	Minderhoud, 2017	7	x	Modflow SUB-CR, 3D
31	L	Changzhou, China	Xu, 2015	5,5	x	Finite-Elemente-Methode Plaxis, 3D
26	B	Rheinisches Braunkohlenrevier, Deutschland	Hügel, 1995	8	(x) über 0 bzw. 31	Finite-Elemente-Methode Plaxis, 2D
27	B	Florina, Griechenland	Loupsakis, 2004	6	(x) über 31	Finite-Elemente-Methode Plaxis, 2D
29	F	Sächsisches Steinkohlenrevier, Deutschland	Fenk & Tzscharschuch, 2007	6	x	Analytische Berechnung der Auftriebswirkung, 1D

LANUV 28.11.2017



Steckbriefe

Steckbrief „Fallbeispiel“

Der Steckbrief „Fallbeispiel“ beschreibt einen Anwendungsfall und verweist auf eine Methode.

Steckbrief „Methode“

Eine Methode dient zur Prognose der Bodenbewegung infolge Grundwasserspiegeländerung. Sie sollte allgemein sein, und kann dann für mehrere Anwendungsfälle angewendet werden.

Bausteine:

- Grundwasserhydraulik
- Bodenmechanik
- Interpolation in die Fläche.

LANUV 28.11.2017



Steckbrief „Fallbeispiel“ (Entwurf)

Name des Fallbeispiels (Detailliert beschreiben)	Kategorie: Festgestein / Bergbau im Lockergestein / sonstige GWF-Förderung im Lockergestein
Beizugehörige Untersuchungen und Fragestellungen:	 Abbildungsumschreibung
Land:	
Fläche:	
Besonderheiten:	
Mensch	
Ursachen der Bodenbewegung:	
Folgen:	
Bedeutung und Problemlösung:	
Stakeholder:	
Geologie	
Material (Lockergestein, Feib):	
Tiefe:	
Zeitraum der Anthropogenen Einwirkungen:	
Besonderheiten:	

Datengrundlage	
Bodenmechanik	Grundwasserhydraulik
Messungen der Bodenbewegung:	Messungen Grundwasserdruckhöhe:
Anfangsbedingungen Bodenmechanik:	Anfangsbedingungen Hydrogeologie:
Bestimmung bodenmechanischer Parameter:	Bestimmung hydraulischer Parameter:
Flächenhafte Informationen:	Flächenhafte Informationen:
Prognoserechnungen	
Bodenmechanik	Grundwasserhydraulik
Methoden Bodenbewegungsprognose: Querverweis zu Methodensteckbrief	Methoden Grundwasserströmungs-Prognose: Querverweis zu Methodensteckbrief
Auflösung Bodenbewegungsmodell:	Auflösung Grundwassermodell:
Berechnung von Hebungen ja / nein	Grundwasserwiederanstieg ja / nein
Flächenhafte Informationen:	Flächenhafte Informationen:
Besonderheiten:	Besonderheiten:
Erfahrungswerte, Ausblick, Forschungs- und Entwicklungsbedarf:	

LANUV 28.11.2017

Steckbrief „Methode“ (Entwurf)

Methode	PLAXIS
Anwendungsbereich	
Anwendungsfälle	Querverweis zu Fallbeispiel-Steckbrief(en) und ggf. weiteren Anwendungsfällen
Größenordnung/Komplexität	
Kopplung der bodenmechanischen und hydraulischen Prozesse	
Grundwasserhydraulik	
Funktionsprinzip	
Grundgleichungen	
Lösungsverfahren	
Rechenzeitbedarf	
Eingabe	
Randbedingungen	
Parameter	
Einbindung Bodenmechanik	
Ausgabe	
Genauigkeit	
Verfügbarkeit	
Referenz (Publikation o.Ä.)	
Produkt und Hersteller	
Besonderheiten	
Interpolationsverfahren	
Algorithmus	
Vorgehensweise	
Eingangsdaten	
Ausgabe	
Verfügbarkeit des Verfahrens	
Referenz (Publikation o. Ä.)	

Bodenmechanik	
Funktionsprinzip	
Grundgleichungen und Prozesse	
Lösungsverfahren	
Rechenzeitbedarf	
Eingabe	
Randbedingungen	
Parameter	
Einbindung Grundwasserhydraulik	
Ausgabe	
Genauigkeit	
Verfügbarkeit	
Referenz (Publikation o.Ä.)	
Produkt und Hersteller	
Besonderheiten	
Interpolationsverfahren	
Algorithmus	
Vorgehensweise	
Eingangsdaten	
Ausgabe	
Verfügbarkeit des Verfahrens	
Referenz (Publikation o. Ä.)	

LANUV 28.11.2017

Entwurf Bewertungsmatrix für Methoden

LANUV 28.11.2017

11

Zeitplan/Ausblick



Aktuell

- Erstellung Zwischenbericht (letztes Quartal 2017)
 - Bodenmechanische Grundlagen
 - Hydrogeologische und bergbauliche Gegebenheiten in rheinischen Revier
 - Steckbriefe für Fallbeispiele
 - Steckbriefe für Methoden
- Expertenbefragung

Ausblick

- Erstellung Abschlussbericht (erstes Quartal 2018)
 - Vergleichende Zusammenstellung der Methoden und Fallbeispiele
 - Bewertung und Empfehlungen
- Präsentation

LANUV 28.11.2017

12