



Deltares

**Unabhängiges Forschungsinstitut für
Wasser, Boden und Infrastruktur**

Facts and figures



- Legal form: Foundation under Dutch law
- Workforce: 840
- Number of nationalities: 28
- Annual turnover: 113 million euros
- Locations: Delft and Utrecht
- National and international activities
- Unique in-house facilities

Bodenbewegungs- und Flurabstandsprognose

Projektteam



dr. Alexander Rohe
Geotechnik
Projektleiter



Dr.-Ing. Bernhard Becker
Grundwasserwirtschaft
stellv. Projektleiter



ir. Neeltje Goorden
(HM-gekoppelte) Modellierung, GIS-Methoden



dr. Hendrik Kooi
Mathematische
Modellierung



dr. ir. Cornelis Zwanenburg
Geotechnische Prozesse



Steckbrief „Fallbeispiel“

Aktuell geplant:
Neun Fallbeispiele in
drei Kategorien mit
zugehörigen Methoden

Textliche Beschreibung
und Zusammenfassung
im Steckbriefformat

Hier: aktuelle Entwürfe
mit beispielhaften Ein-
tragungen

Fallbeispiel Jakarta	Land: Indonesien
Kategorie: weitere Fälle der Grundwasserförderung Bisherige Untersuchungen und Fragestellungen z. B. Schäden an Gebäuden durch Hebungen zu erwarten? (Delt) oder zu erwartende Flurabstände (diese Ausschreibung)	Fläche: ca. 3000 km ² Besonderheiten z. B. gute/unvollständige Datengrundlage, Einbeziehung der Stakeholder, Konflikthierende Rechtslage
Mensch Ursachen der Bodenbewegung: Grundwasserentnahmen aus tiefen Grundwasserleitern Folgen: Setzungen Bedeutung und Problemstellung Gefährdung durch Hochwasser nimmt zu. Stakeholder: Bewohner der Stadt Grundwasserentnehmer	Geologie Material (Lockergestein, Fels): Sand, Ton, Torf Tiefe: Bis 400 Meter unter Geländeoberkante Zeitraum: 1970 bis heute: Setzungen Besonderheiten z. B. Küstennähe, dicht besiedelt, z. T. geotechnische Belastung durch Bauwerke, Schiefstellung durch ungleichmäßige Bodenbewegung, besonders weicher Boden, Torflinsen, Schollenrandstörungen
Datengrundlage Bestimmung der Bodenparameter z. B. Extensiomertmessungen Messungen Grundwasserdrukhöhe (Auflösung, Tiefe, Schichten, Zeitraum, Messmethode) Messungen Setzungen z. B. Nivellement, GPS, Laser Imaging Detection and Ranging (LIDAR) oder Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR Satellitenaufnahmen) Anfangsbedingungen Grundwasserhydrologie z. B. 1970 wird als unbeeinflusster Grundwasserzustand angenommen Anfangsbedingungen für Bodenmechanik Konsolidierungszustand zu Beginn der Messungen Besonderheiten zeitlich veränderliche Bodenparameter (infolge Trocknung und Wiederbefeuchtung)	Prognose der Bodenbewegung Methode(n): z. B. „Mekong-Delta“ oder „Giese“ oder „RWTH“. Es können hier mehrere, eine oder gar keine Methode genannt werden. Auflösung Grundwassermodell z. B. 500 x 500 m oder variabel Auflösung Bodenbewegungsmodell Drei Bodensäulen im Untersuchungsgebiet (Jakarta) oder gesamtes Untersuchungsgebiet (Mekong-Delta) Übertragung in die Fläche z. B. Interpolation, Verschneidung mit anderen Informationen, flächiges Modell Ergänzende Informationen z. B. vernachlässigte Prozesse, besondere Prozesse wegen besonderer Geologie Erfahrungswerte, Ausblick, Forschungs- und Entwicklungsbedarf z. B. Veränderung der Grundwasserstände ist von größerer Bedeutung für die Prognose als die absoluten Grundwasserdrukhöhen Hebungen berechnet? Enthält der Kalibrierungszeitraum schon Hebungen?
Gibt es flächenhafte Informationen und wie wurden sie erzeugt?	



Steckbrief „Methode“

Methode Name der Methode	Anwendungsbeispiel Der Name kann z. B. aus dem Anwendungsfall, bei dem die Methode erstmals angewendet wurde, abgeleitet werden (z. B. Jakarta, Mekong-Delta), aus einer Publikation abgeleitet werden (z. B. Giese 2007) oder sich auf die Organisation, die die Methode entwickelt hat (z. B. RWTH Aachen). Nach Möglichkeit soll der Name den bereits etablierten Sprachgebrauch (dann insbesondere in der Facharbeitsgruppe „Flurabstandsprognose“) widerspiegeln.	Bodenmechanik Funktionsprinzip	Bodenmechanisches Modell für einzelne Punkte (rheinisches Braunkohlenrevier, Jakarta), flächige Berechnung, gekoppelt mit Grundwassermodell (Mekong-Delta)
Kopplung der Prozesse	Technische Umsetzung, Auswirkung auf die Ergebnisse, Frage: Notwendigkeit, Vernachlässigbarkeit. Wie wirken sich Vereinfachungen im Grundwassermodell auf die Bodenbewegung aus? Detailstudien lassen sich möglicherweise schwer auf den Großraum übertragen. (Beispiel: Baugrube), Anwendbarkeit auf die hydrogeologische Komplexität	Grundgleichungen und Prozesse	z. B. elastisches Stoffgesetz, plastische Verformung, Hysterese, primäre und sekundäre Konsolidierung (Terzaghi, Bjerrum), Kriechen (viskoplastische Verformung nach den Haas 1994)
Größenordnung/Komplexität	Stratigraphische Komplexität	Lösungsverfahren	z. B. Finite-Elemente-Methode, stationär/instationär
Einsetzbar für Hebungen	ja/nein/vielfach	Einbindung Grundwasserhydraulik	Als externe Zeitreihe (Jakarta, rheinisches Braunkohlenrevier), gekoppelt (Mekong-Delta)
Grundwasserhydraulik Funktionsprinzip	z. B. Grundwassermodell (rheinisches Braunkohlenrevier, Mekong-Delta und Jakarta)	Eingabe	Bodenprofil, Belastung an der Oberfläche, Grundwasserganglinien je Schicht
Grundgleichungen	Grundwasserströmungsgleichungen	Parameter	z. B. Setzungsmodul, Parameter a (recompression or swelling constant), b (compression constant), c (secondary compression constant), overconsolidation ratio
Lösungsverfahren	Finite Volumen (Mekong-Delta, Jakarta), Finite Differenzen oder Finite Elemente (rheinisches Braunkohlenrevier), stationär/instationär	Ausgabe	Höhenlage über die Zeit je Schicht
Eingabe	Randbedingungen, Hydrogeologisches System, Netzgeometrie ... (ggf. eigene Zelle)	Produkt und Hersteller	D-Settlement von Deltares (Jakarta), RWTH Aachen (rheinisches Braunkohlenrevier), SUB-CR (Deltares)
Randbedingungen	1., 2., 3. Ordnung, h, Q, Leakage, Neumann ...	Referenz (Publikation, User-Manual o. ä.)	Open Source, Research Code (RWTH Aachen) oder kommerzielle Software (D-Settlement) (Transparenz)
Parameter	Durchlässigkeitsbeiwerte, Speicherkoeffizient, Leakage-Parameter	Verfügbarkeit	Open Source, Research Code (RWTH Aachen) oder kommerzielle Software (D-Settlement) (Transparenz)
Produkt und Hersteller	IMOD/MODFLOW von Deltares (Mekong-Delta, Jakarta), GW3d von RWE (rheinisches Braunkohlenrevier)	Besonderheiten	Hysterese-Effekte; unterschiedliche Parameter für Be- und Entlastung, Auswahl verschiedener Bodenmechanischer Modelle (D-Settlement), Features zur Sensitivitäts- und Genauigkeitsanalyse
Ausgabe	z. B. Grundwasserstände an Modellknoten, Fließvektoren auf Zellen	Interpolationsverfahren Algorithmus	z. B. Thiessen-Polygone; entfällt für Mekong-Delta, da hier bereits eine flächenhafte Bodenbewegungsprognose berechnet wurde, Geodätisches Modell
Genauigkeit	Spannbreite der Ergebnisse	Vorgehensweise	(die Arbeitsschritte, z. B. GIS-Operationen die nacheinander ausgeführt werden, Korrekturen die manuell oder programmgestützt ausgeführt werden müssen)
Referenz (Publikation, User-Manual o. ä.)	Peukert & Helmbold 2000 (rheinisches Braunkohlenrevier), Vermeulen 2005 (Mekong-Delta, Jakarta)	Eingangsdaten	z. B. Höhenmessungen an Gebäuden, Rasterdaten aus Satellitenbildern
Verfügbarkeit	Open Source (Mekong-Delta, Jakarta), Firmencode (rheinisches Braunkohlenrevier), kommerzielle Software (z. B. Feflow)	Ausgabe Verfügbarkeit des Verfahrens	z. B. als ArcGIS- oder QGIS-Plugin
Besonderheiten	Auflösung variabel (MOD/MODFLOW), Verfeinerungsbereiche mit Dreieckselementen um die Tagebaue	Referenz (Publikation, User-Manual o. ä.)	z. B. Kuhlmann et al., Bergschadenforum RWE, 2010, 2012

Deltares

Projektplan

Kalenderwoche 2017/2018	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	4
Termin beim Auftraggeber	A								B				
Telefonkonferenz			x		x		x		x		x		
Milenstein	Projektbeginn												Zwischenbericht
Tätigkeit (Kurzfassung)													
Übergabe von Daten und Literatur durch Auftraggeber													
1 Beschreibung der hydrogeologischen und bergbaulichen Bedingungen im rheinischen Braunkohlenrevier													
Beschreibung der bisherigen Methoden und Datengrundlagen													
Review													
2 Recherche akademischer Literatur													
Review													
Auswahl der Fallbeispiele													
Konzeption Expertenbefragung mit Auftraggeber													
Ausführung der Expertenbefragung													
3 Darlegung der bodenmechanischen und hydraulischen Gesetzmäßigkeiten													
Review													
4a Fallbeispiele Lockergestein - Tagebaubetrieb													
4b Fallbeispiele Lockergestein - weitere Fälle													
4c Fallbeispiele Festgestein													
Review													
5 Zusammenstellung der Methoden und Praxisbeispiele, Vergleich mit der vorliegenden Fragestellung und Situation													
Review													
6 Bewertung der Vergleichbarkeit der Methoden und Praxisbeispiele													
Review													
Gesamtdarstellung													
7 Zwischenbericht Erstellung													
Umsetzung Kommentare Auftraggeber im Zwischenbericht													
Abschlussbericht Entwurf													
Umsetzung Kommentare Auftraggeber im Endbericht													
Abschlussbericht													

Deltares

Projektplan

Kalenderwoche 2017/2018	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4
Termine beim Auftraggeber											C	
Telefonkonferenz	x		x		x		x		x			x
Meilenstein	icht										Abschlussbericht	
Position	Tätigkeit (Kurzfassung)											
	Übergabe von Daten und Literatur durch Auftraggeber											
1	Beschreibung der hydrologischen und bergbaulichen Bedingungen im Rheinischen Braunkohlenrevier											
	Beschreibung der bisherigen Methoden und Datengrundlagen											
	Review											
2	Recherche akademischer Literatur											
	Review											
	Auswahl der Fallbeispiele											
	Konzeption Expertenbefragung mit Auftraggeber											
	Ausführung der Expertenbefragung											
3	Darlegung der bodenmechanischen und hydraulischen Gesetzmäßigkeiten											
	Review											
4a	Fallbeispiele Lockergestein - Tagebaubetrieb											
4b	Fallbeispiele Lockergestein - weitere Fälle											
4c	Fallbeispiele Festgestein											
	Review											
5	Zusammenstellung der Methoden und Praxisbeispiele, Vergleich mit der vorliegenden Fragestellung und Situation											
	Review											
6	Bewertung der Vergleichbarkeit der Methoden und Praxisbeispiele											
	Review											
	Gesamtdarstellung											
7	Zwischenbericht Erstellung											
	Umsetzung Kommentare Auftraggeber im Zwischenbericht											
	Abschlussbericht Entwurf											
	Umsetzung Kommentare Auftraggeber im Endbericht											
	Abschlussbericht											