



Flurabstandsprognose im Rheinischen Revier

5. Sitzung des Beratungsgremiums

17.05.2019

24.07.2019

TOP 3 Sachstand des Projekts

1. Zeitplan
2. Referenzzustand



TOP 3 Sachstand des Projekts

1. Zeitplan

Stand April 2019

Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



Projekttitle:
Flurabstandsprognose im Rheinischen Revier

Nr.	Aufgabe	2016		2017				2018				2019				2020			
		Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	
1	Bodenbewegungsberechnungen																		
1.1	Ermittlung von Fokusbereichen																		
1.2	Prüfung der Berechnungsmöglichkeiten																		
1.3	Zusammenstellung der Datengrundlage																		
1.3.1	Grundwasserganglinien																		
1.3.2	Geologisches Schichtprofil																		
1.4	Bodenbewegungsprognose																		
1.4.1	Kalibrierung des Bodenbewegungsmodells																		
1.4.2	Berechnung der Bodenbewegungen																		
1.5	Interpolation der Ergebnisse in die Fläche																		
1.5.1	Methodenrecherche																		
1.5.2	Interpolation																		
1.6	Methodenvergleich																		

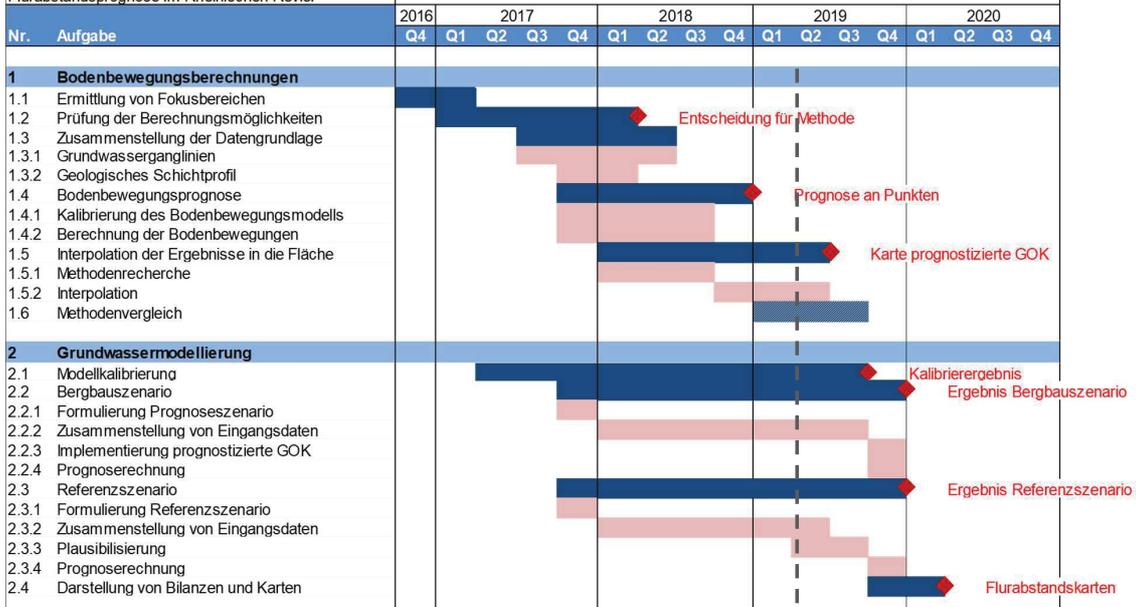
Entscheidung für Methode

Prognose an Punkten

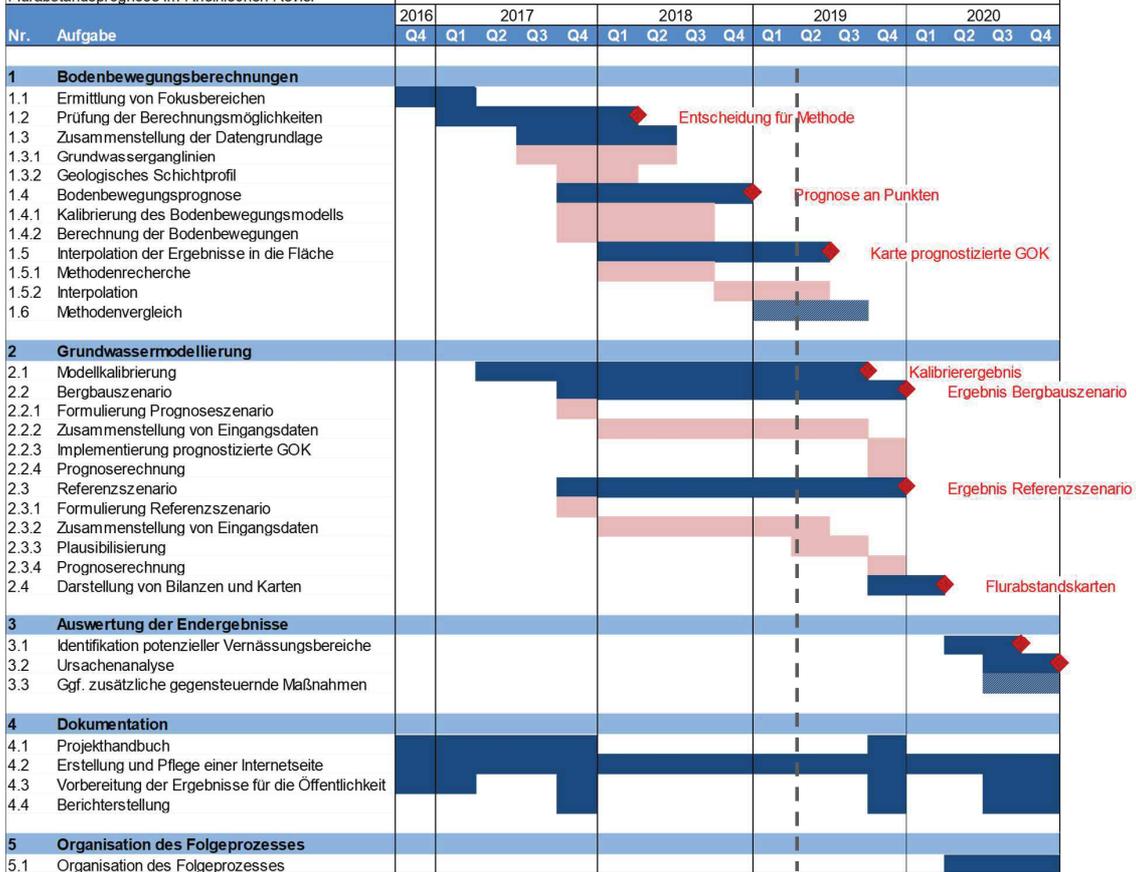
Karte prognostizierte GOK



Projekttitle:
Flurabstandsprognose im Rheinischen Revier



Projekttitle:
Flurabstandsprognose im Rheinischen Revier



TOP 3 Sachstand des Projekts

2. Referenzzustand

Referenzzustand

Umsetzung:

Damit im Vergleich zum Szenario, das den Bergbau abbildet, nur bergbaubedingte Unterschiede herausgearbeitet werden können, müssen außer den bergbaubedingten Annahmen alle anderen Einflussfaktoren in beiden Szenarien gleich sein.

Der Referenzzustand ist ein hypothetischer Zustand ohne Bezug zu einem genauen Datum.

Referenzzustand

Benötigte Eingangsdaten:

- Ursprüngliche Geologie im Tagebaubereich
- Referenz-Geländeoberkante
- Fließgewässer
- Grundwasser-Neubildung im Tagebaubereich
- Überströme über Modellränder
- Entnahmen

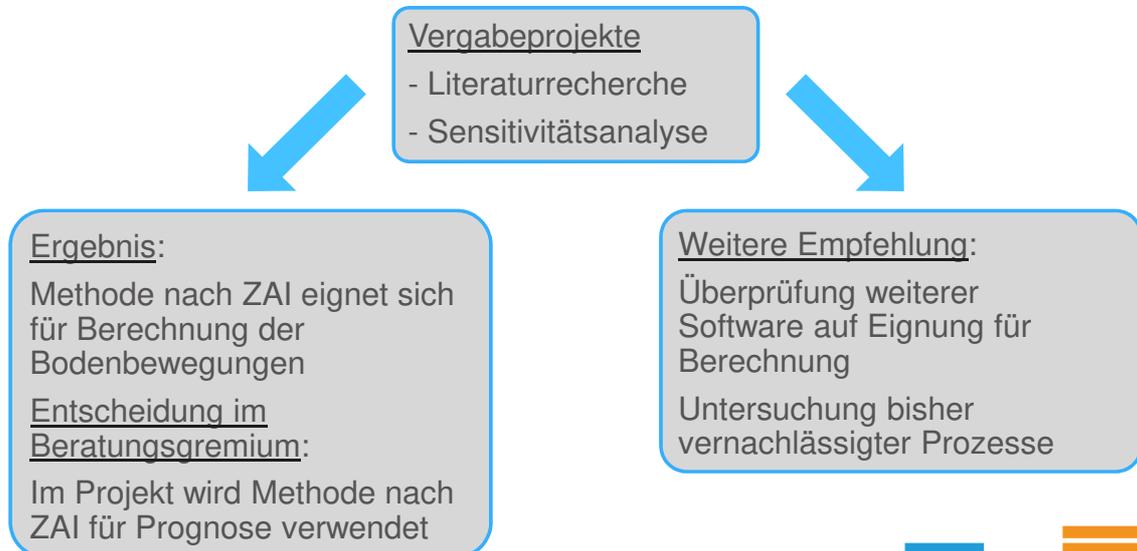
9

TOP 4 Ergebnisse der Vergabeprojekte

1. Berechnung und Prognose von Bodenbewegungen mit Sensitivitätsanalyse
2. Methodenvergleich für die Bodenbewegungsprognose im Rheinischen Braunkohlenrevier

Anlass

Prüfung der bisher angewendeten Methode für die im Projekt benötigte Prognose der Bodenbewegungen

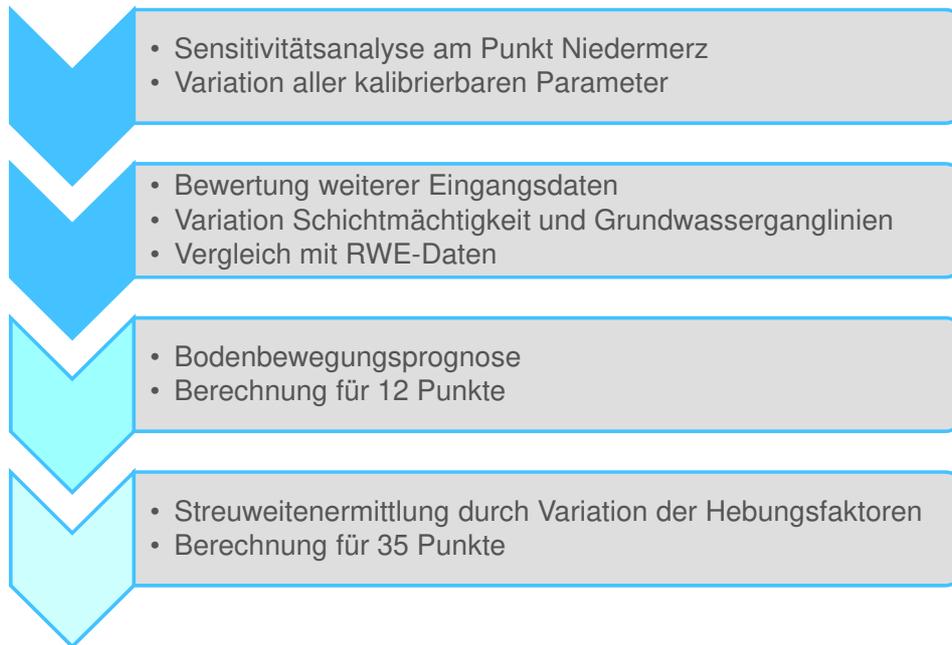


TOP 4 Ergebnisse der Vergabeprojekte

1. Berechnung und Prognose von Bodenbewegungen mit Sensitivitätsanalyse



Projektfahrplan

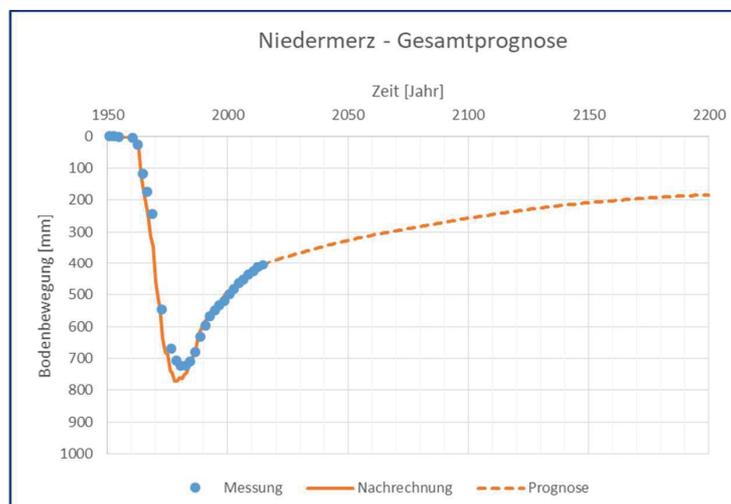


LANUV 24.07.2019

13

Sensitivitätsanalyse

Durchführung am Punkt Niedermerz nach Modellerstellung und Kalibrierung



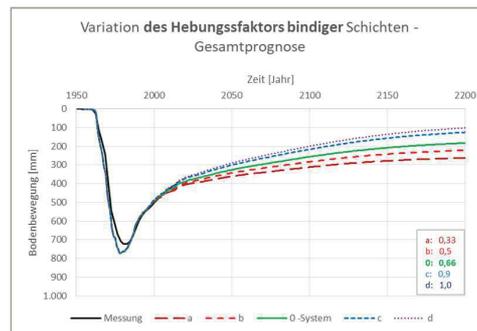
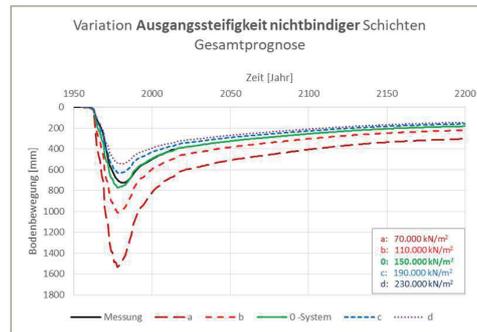
LANUV 24.07.2019

14

Sensitivitätsanalyse

Variation aller Eingangsparameter:

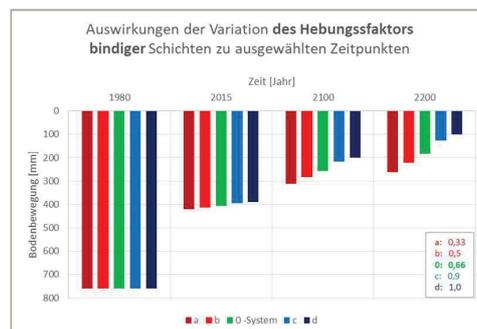
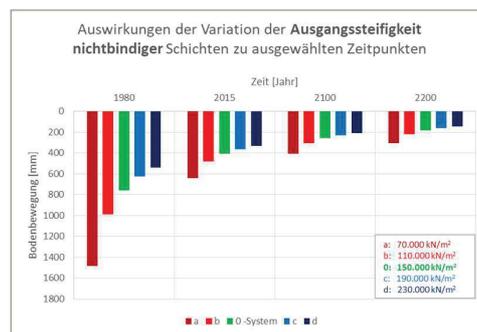
- Variation innerhalb theoretisch denkbarer Wertebereiche
 - Wahrscheinlicher Wertebereich geringer als theoretischer Wertebereich
- Einfluss der Parameter auf Bodenbewegungen variiert:
- Ausmaß der Setzungen/Hebungen
 - Beeinflusster Zeitraum



Sensitivitätsanalyse

- Einfluss der Parameter auf Bodenbewegungen variiert:
 - Ausmaß der Setzungen/Hebungen
 - Beeinflusster Zeitraum

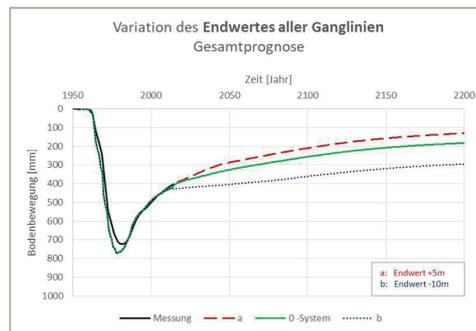
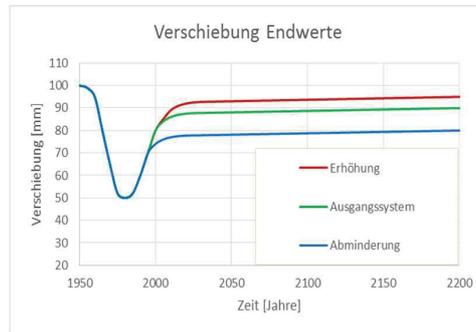
- Einige Parameter beeinflussen Prognose in 2200 kaum



Bewertung weiterer Eingangsdaten

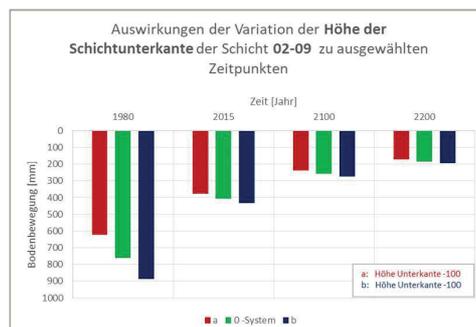
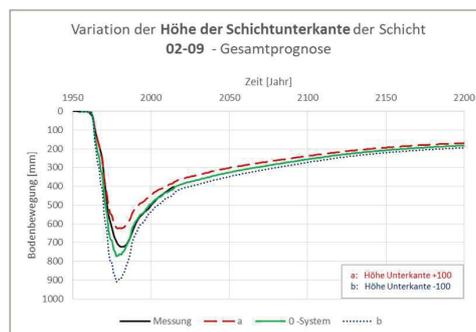
Variation der Gw-Stände:

- Unterschätzung/Überschätzung der prognostizierten Gw-Stände
- Gw-Stände haben signifikanten Einfluss auf Prognose in 2200
- Korrekte Prognose des Gw-Wiederanstiegs ist bedeutsam



Bewertung weiterer Eingangsdaten

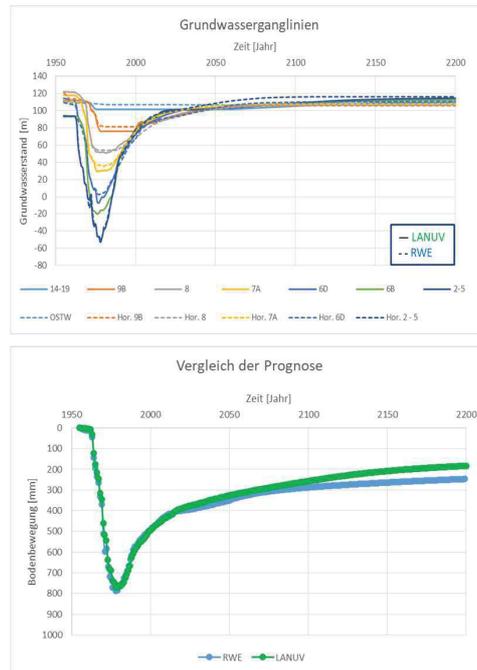
- Variation Geologie spielt untergeordnete Rolle



Bewertung weiterer Eingangsdaten

Eingehende Datengrundlage:

- Unterschiedliche Gw-Stände aus LANUV- bzw. RWE-Modell
 - Unterschiedliche Schichtmodelle
 - Erstellung individueller Bodenbewegungsmodelle
-
- Ergebnisse der Kalibrierung vergleichbar
 - Geringe Unterschiede in der Prognose

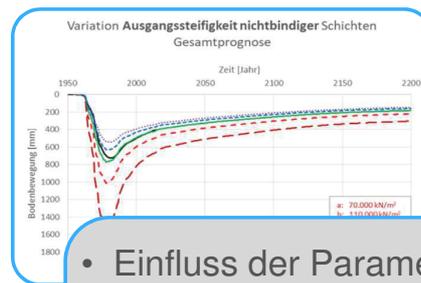


LANUV 24.07.2019

19

Sensitivitätsanalyse

2.1 Parametervariation	Einheit	Index				
		Reduktion	Ausgangsw.	Erhöhung		
Ausgangsteiligkeit nichtbindig	[kN/m ²]	70.000	110.000	150.000	190.000	230.000
Ausgangsteiligkeit bindig	[kN/m ²]	5.000	10.000	15.000	20.000	25.000
Ausgangskonsolidationsbeiwert	[m ² /s]	6,2E-13	6,2E-12	6,2E-11	6,2E-10	6,2E-09
Tiefenabhängige Steilheitszunahme nichtbindig	[%]	-50%	-25%	0%	25%	50%
Tiefenabhängige Steilheitszunahme bindig	[%]	-50%	-25%	0%	25%	50%

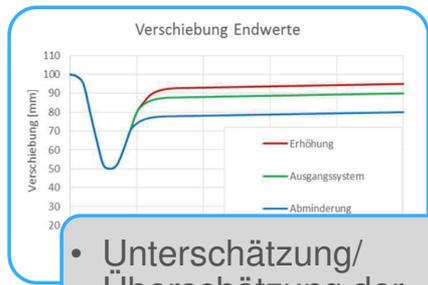


- Variation innerhalb theoretisch denkbarer Wertebereiche
- Wahrscheinlicher Wertebereich geringer als theoretischer Wertebereich

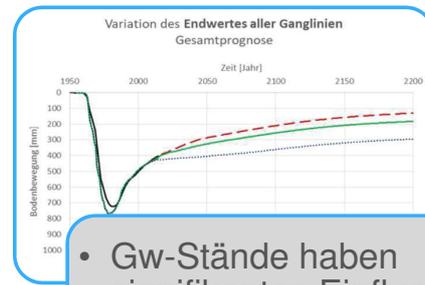
- Einfluss der Parameter auf Bodenbewegungen variiert:
 - Ausmaß der Setzungen/Hebungen
 - Beeinflusster Zeitraum
- Einige Parameter beeinflussen Prognose in 2200 kaum

20

Bewertung weiterer Eingangsdaten



- Unterschätzung/Überschätzung der prognostizierten Gw-Stände



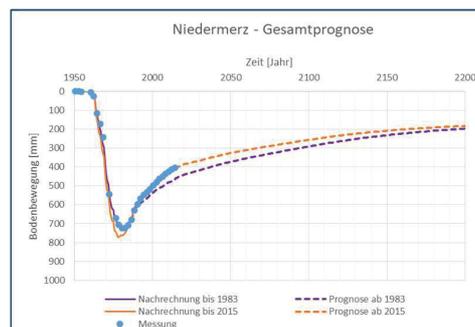
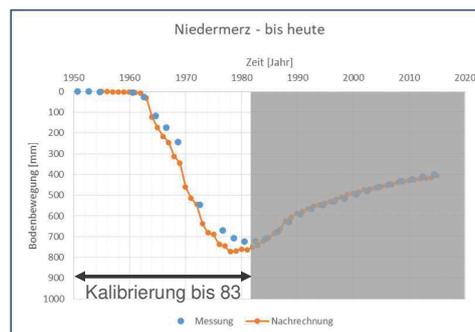
- Gw-Stände haben signifikanten Einfluss auf Prognose in 2200
- Korrekte Prognose des Gw-Wiederanstiegs ist bedeutsam

21

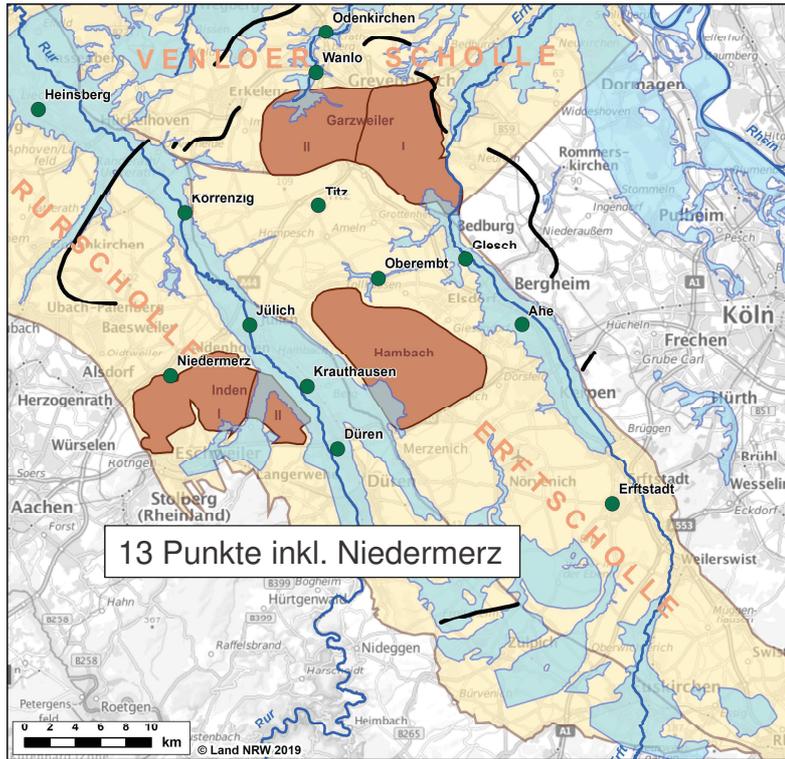
Bewertung weiterer Eingangsdaten

Verkürzter Kalibrierzeitraum:

- Nur Kalibrierung der Setzung
- Vergleich der prognostizierten Hebungen mit gemessenen Werten
- Geringe Abweichungen während der Hebungsphase
- Endprognose (2200) dennoch zutreffend



Bodenbewegungsprognose

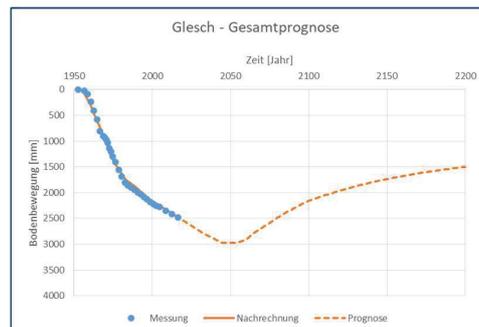
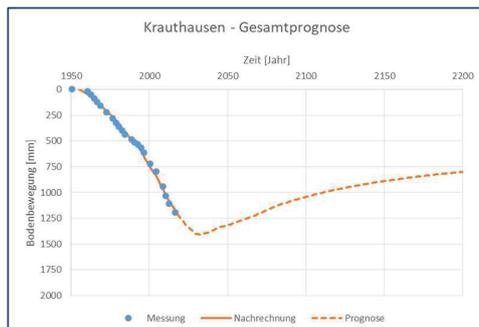
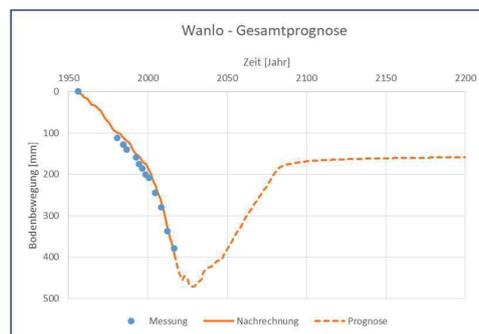
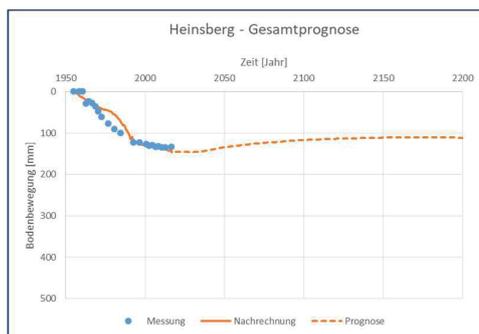


Bodenbewegungsberechnung

- durch LANUV beauftragt
- Fließgewässer
- -50 m Absenkung im Liegendleiter (2012 - 1955)
- Modellgebiet
- Braunkohlentagebau
- Flurabstand 1953 < 7 m

13 Punkte inkl. Niedmerz

Bodenbewegungsprognose



Bodenbewegungsprognose

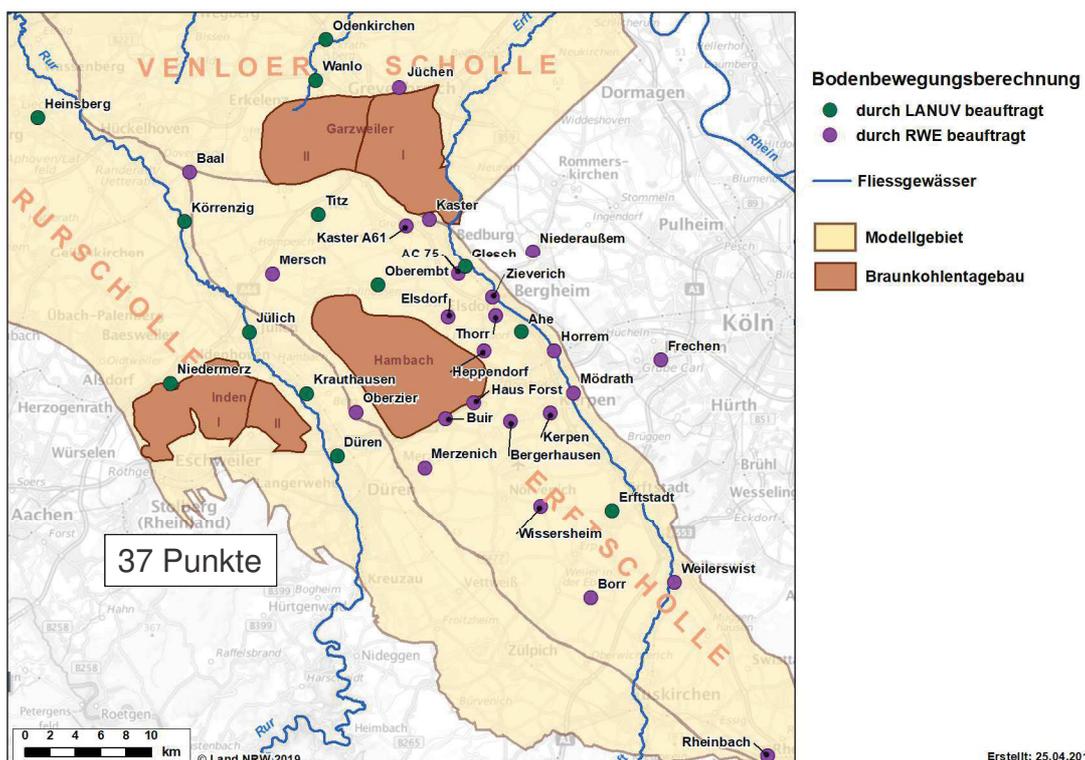
Ergebnisse:

- Setzungen auf Erftscholle am größten und auf Venloer Scholle am geringsten
- Maximal prognostizierte Setzungen: 0,2 m bis 4,3 m
- Zeitpunkt maximaler Setzung: 1980 bis 2060
- Mit geringmächtigen bindigen Schichten:
 - Setzungsverlauf parallel zu Grundwasserganglinien
 - Hebungen innerhalb Prognosezeitraum abgeschlossen
- Mit mächtigen bindigen Schichten:
 - Deutlich zeitverzögerter Setzungs-/Hebungsverlauf

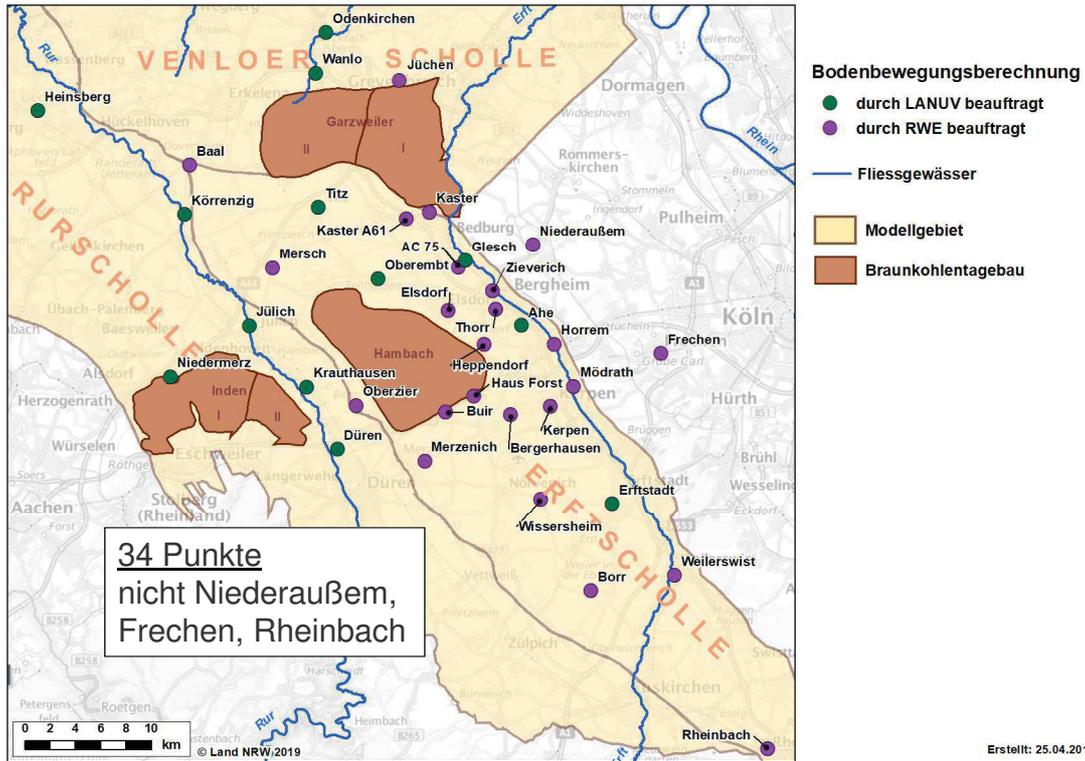
LANUV 24.07.2019

25

Bodenbewegungsprognose



Streuweitenermittlung

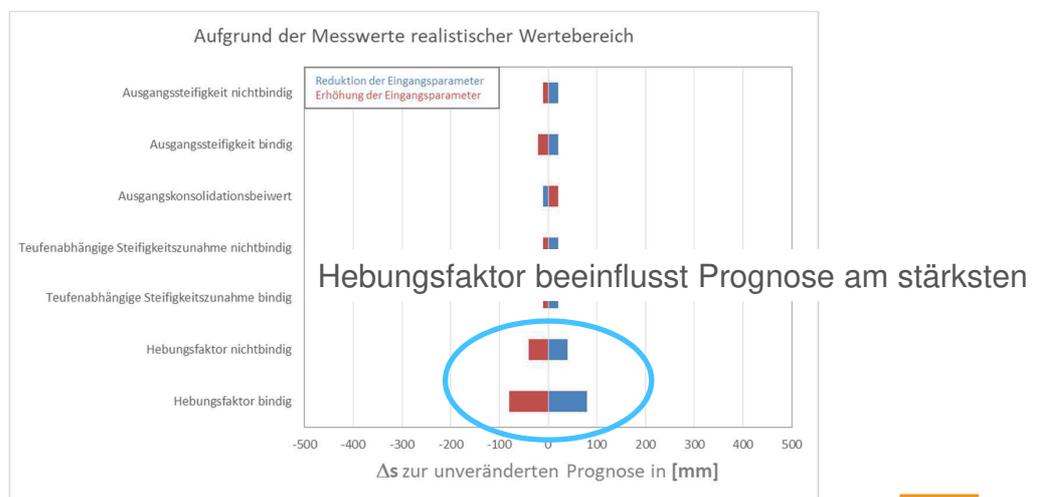


27

Erstellt: 25.04.2019

Streuweitenermittlung

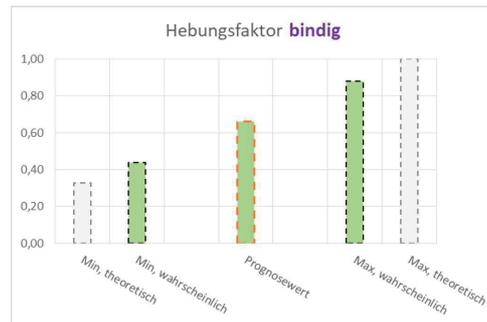
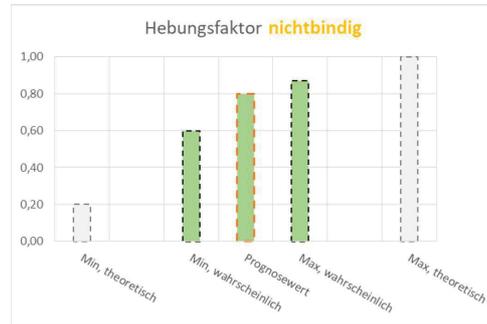
Grundlage: Ergebnis der Sensitivitätsanalyse
Prognoseabweichung am Punkt Niedermerz in 2200 infolge von
Parametervariation im wahrscheinlichen Wertebereich



Streuweitenermittlung

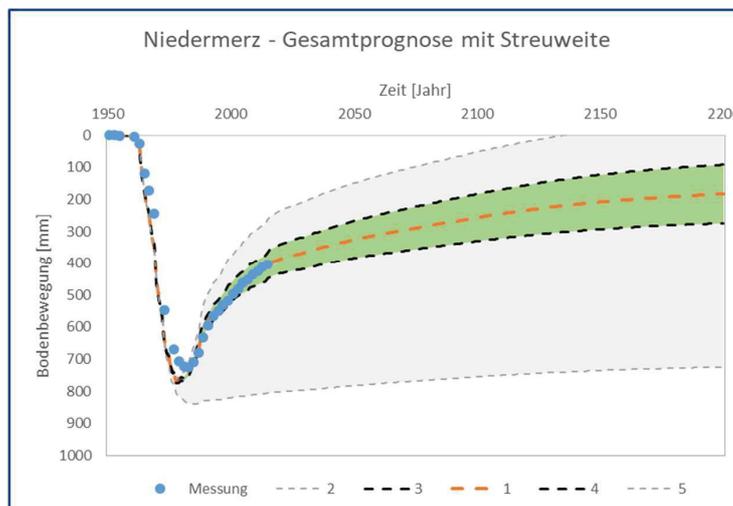
Vorgehensweise:

- Variation der Hebungsfaktoren innerhalb
 - theoretisch möglichem
 - wahrscheinlichem Wertebereich
- Wahrscheinlicher Wertebereich für nichtbenge Schichten (z.B. Sand) enger als für bindige Schichten (z.B. Ton)

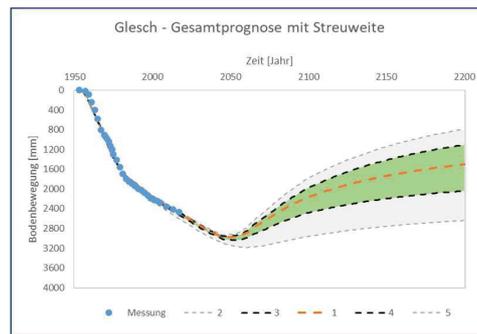
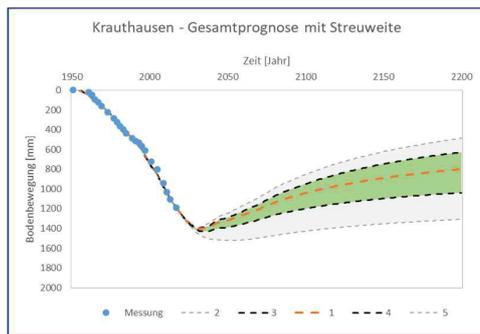
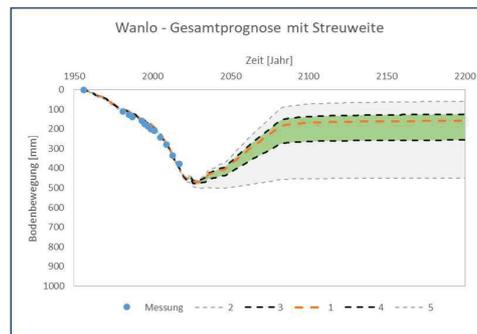
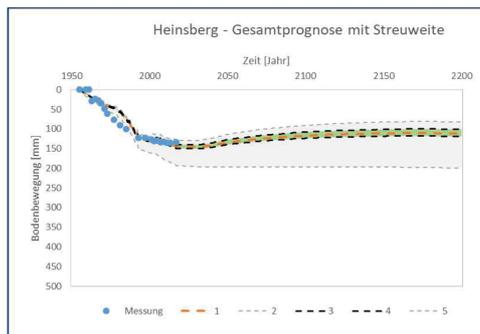


Streuweitenermittlung

Theoretisch mögliche und wahrscheinlich Streuweite der Prognose am Punkt Niedermerz



Streuweitenermittlung



LANUV 24.07.2019

31

Streuweitenermittlung

Ergebnisse:

- Tendenziell auf Erftscholle am größten und auf Venloer Scholle am geringsten
- Größter Einfluss neben Hebungsfaktor: Betrag maximaler Setzung
- Streuweite: ± 10 cm bis ± 50 cm (für die meisten Punkte)
- Minimal: ± 2 cm am Punkt Heinsberg (10 % der maximalen Setzung)
- Maximal: ± 120 cm am Punkt Heppendorf (< 20 % der maximalen Setzung)
- Streuweite an Punkten mit bereits gemessener Hebung prozentual am geringsten (auch wenn Hebung nur in einzelner Schicht)
- Mit mächtigen bindigen Schichten:
 - Vergleichsweise größere Streuweite

LANUV 24.07.2019

32

Zusammenfassung

- Ergebnisse sind geeignet für Darstellung des nach aktuellen Vorgaben gültigen Bergbauszenarios und bilden Grundlage für Interpolation der Geländeoberfläche 2200
- Fokus von Kalibrierung: jüngere Vergangenheit
 - Grundwasserganglinien insb. vor 1970 fehlerbehaftet
 - Unsicherheiten in tiefen Stockwerken größer
- Hebungsfaktoren sind Eingangsparameter mit größter Unsicherheit
- Gw-Wiederanstieg hat signifikanten Einfluss auf Hebungen
- Nachkalibrierung des Bodenbewegungsmodells notwendig sobald
 - großräumig Hebungen auftreten → Leitnivelemessungen!
 - abweichende Tendenz zwischen Messung und Berechnung auftritt
- Abgleich der Eingangsdaten notwendig, sobald relevante Veränderungen der Abbauplanungen feststehen

LANUV 24.07.2019

33

TOP 4 Ergebnisse der Vergabeprojekte

2. Vergleichende Anwendung verschiedener Methoden zur Prognose von Bodenbewegungen

Anlass

Ergebnis Vergabeprojekt „Literatur- und Methodenrecherche“

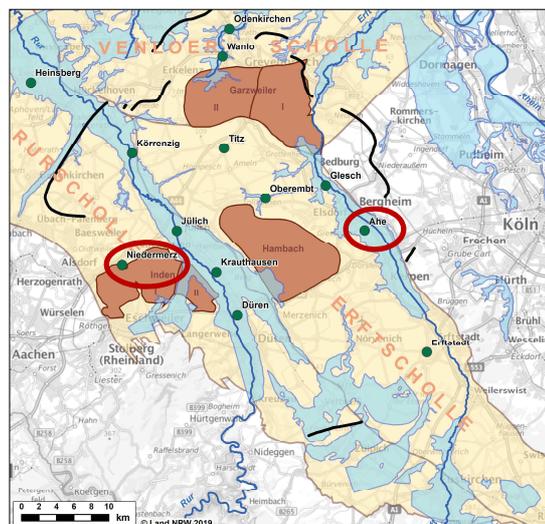
- Das Programm der ZAI GmbH eignet sich für die Bodenbewegungsprognose
- Folgende Software ist neben diesem Programm möglicherweise ebenso geeignet für die Berechnung:
 - PLAXIS 1D
 - D-Settlement
 - MODFLOW (verschiedene Programmiererweiterungen)
- Folgende Prozesse sollen auf ihre Relevanz untersucht werden:
 - Bodenkriechen
 - Hydraulisch-mechanische Kopplung

LANUV 24.07.2019

35

Ziel

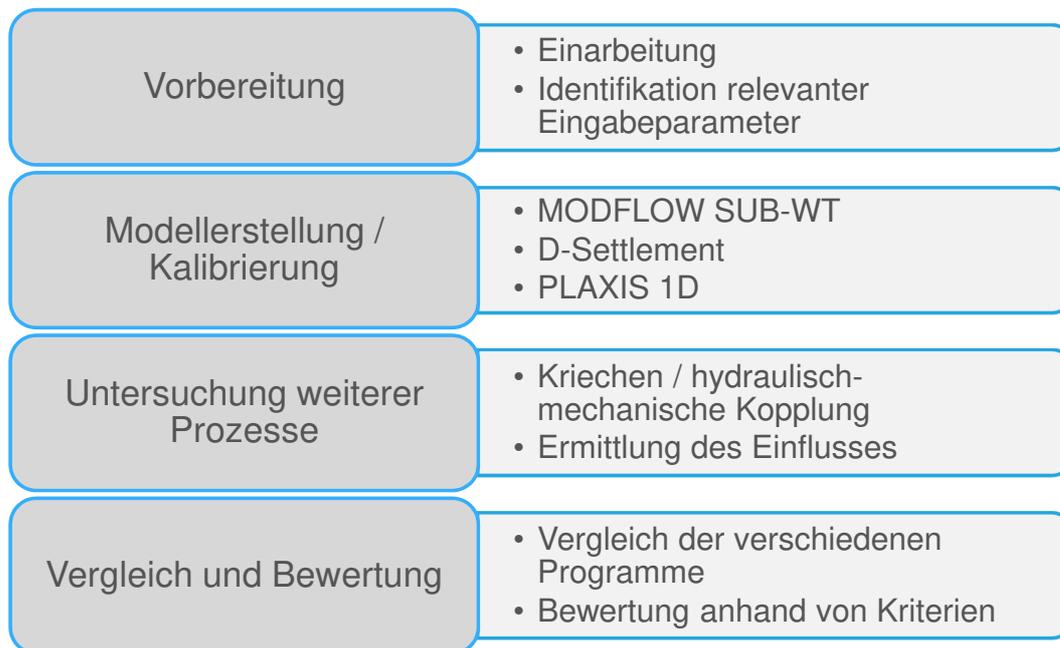
- Bodenbewegungsprognose
 - 3 weitere Programme
 - 2 Punkte (Niedermerz, Ahe)
- Vergleich mit bisher verwendeter Methode
- Ermittlung des Einflusses bisher vernachlässigter Prozesse



LANUV 24.07.2019

36

Vorgehen im Projekt



Zusammenfassung

- Anlass des Projekts: Empfehlungen aus dem Vergabeprojekt „Literatur- und Methodenrecherche“
- Ziel: Bewertung verschiedener Software hinsichtlich Eignung für Bodenbewegungsprognose und Vergleich der Programme
- Relevant für die Organisation des Folgeprozesses
- Im Rahmen der Projektphase der „Flurabstandsprognose“ keinen Einfluss auf Vorgehen im Projekt oder Zeitplan

TOP 5 Weiteres Vorgehen im Projekt

