

Treffen der Facharbeitsgruppe zum

Berechnungen und Prognose von Bodenbewegungen mit Sensitivitätsanalyse im Rheinischen Braunkohlerevier

Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



03.04.2019

Rückblick / Meilensteine

- ▼ 24.07.2017 Auftragserteilung
- ▼ 17.08.2017 1. Arbeitstreffen / Kick-Off Meeting
- ▼ 13.12.2017 2. Arbeitstreffen
- ▼ 16.01.2018 Präsentation bei Facharbeitsgruppentreffen
- ▼ **28.03.2018** **Übergabe Zwischenbericht**
- ▼ 17.05.2018 Besprechung bei ZAI (Bo, Le, Zie, Au)
 - Zwischenbericht
 - weiteres Vorgehen

Rückblick / Meilensteine

- ▼ 17.07.2018 1. Auftragserweiterung
- ▼ 24.07.2018 Übergabe Zwischenergebnisse
- ▼ **01.10.2018** **Zwischenbericht final**
- ▼ 16.10.2018 2. Auftragserweiterung
- ▼ 19.11.2018 Übergabe Zwischenergebnisse
- ▼ **11.01.2019** **Übergabe Abschlussbericht**
- ▼ 06.02.2019 3. Arbeitstreffen



Aufgabenstellung / Gliederung

- ▼ **Sensitivitätsanalyse** am Punkt Niedermerz
 - Sensitivitätsstudie (Parametervariation)
 - Bewertung der Eingangsdaten
 - Neuberechnung (Vergleich RWE)
 - Kalibrierung bis lediglich 1983
- ▼ Prognose für **12 weitere Punkte**
- ▼ **Variation Hebungsfaktoren** für 35 Punkte



- 1 Einleitung
- 2 Fachgrundlagen
- 3 Bodenbewegungsmodell
- 4 Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse
 - 4.1 Sensitivitätsstudie
 - 4.2 Bewertung Eingangsdaten
 - 4.3 Neuberechnung Höhenfestpunkt

Zwischenbericht

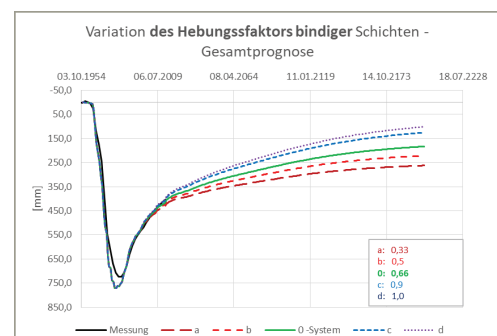
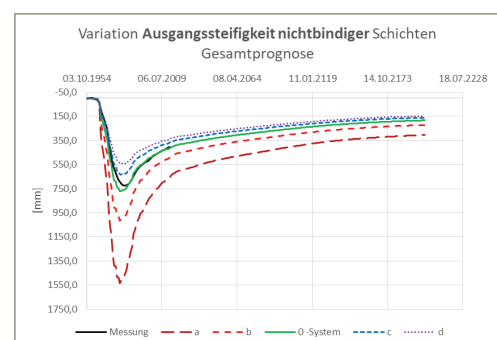
5



4 Ergebnisse Sensitivitätsanalyse

4.1 Sensitivitätsstudie

- ▼ Variation sämtlicher Eingangswerte in Abstimmung mit LANUV
- ▼ Variation innerhalb theoretisch denkbarer Wertebereiche
- ▼ Tatsächliche Streuweite i.d.R. deutlich geringer (vgl. Messwerte)
- ▼ Auswirkungen sowohl quantitativ als auch zeitlich verschieden

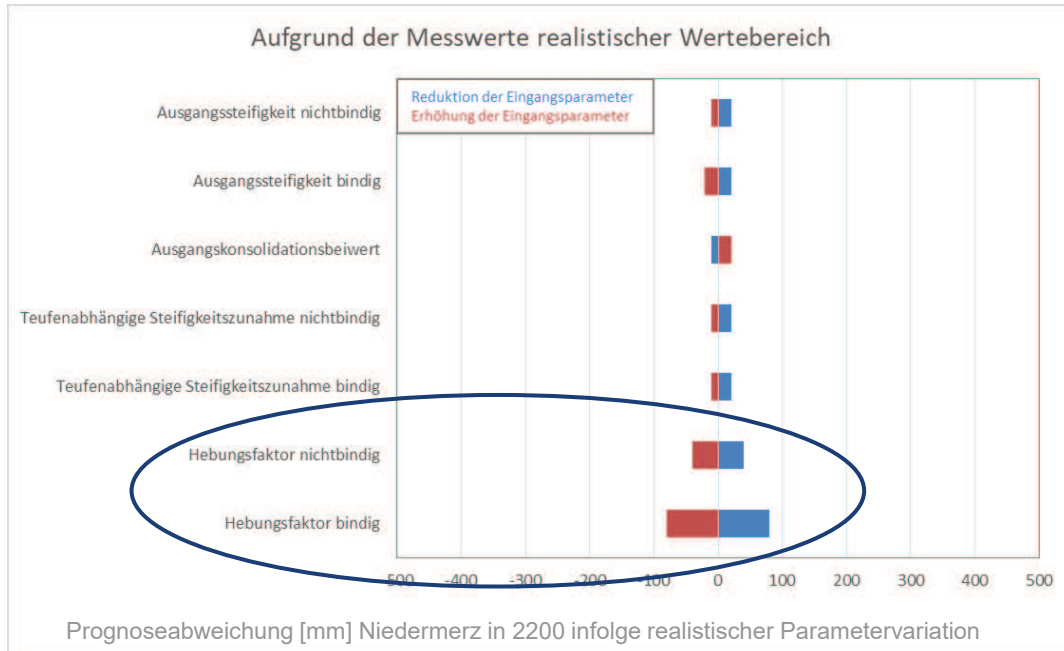


6



4.1 Sensitivitätsstudie

▼ Einfluss der Hebungsfaktoren am relevantesten ⇒ 6 Variation

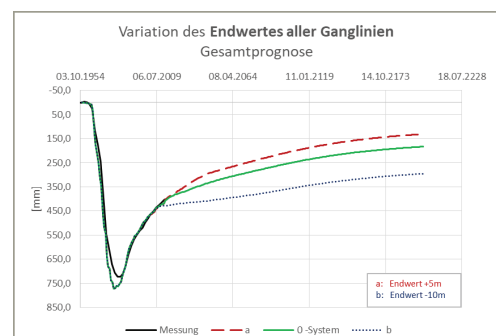
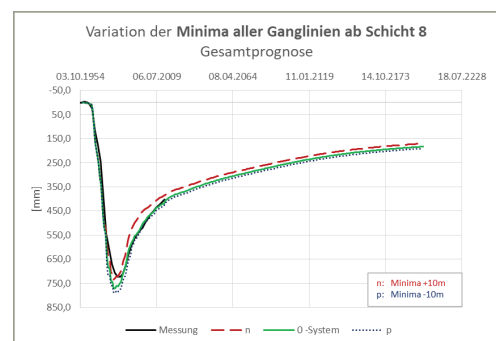


7



4.2 Bewertung Eingangsdaten – GW-Ganglinien

- ▼ Variation der GW-Ganglinien in Abstimmung mit LANUV
- ▼ Variation innerhalb sinnvoller Wertebereiche
- ▼ Abweichung der Minima von untergeordneter Bedeutung
- ▼ Richtige Prognose des GW-Wiederanstiegs ist bedeutsam

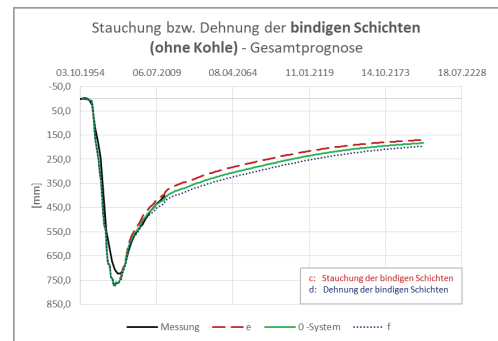
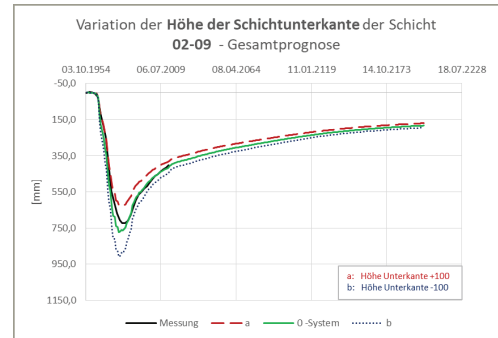


8



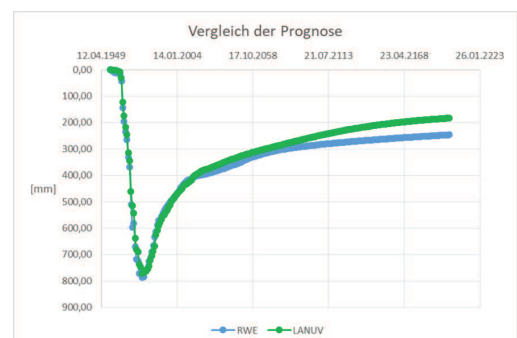
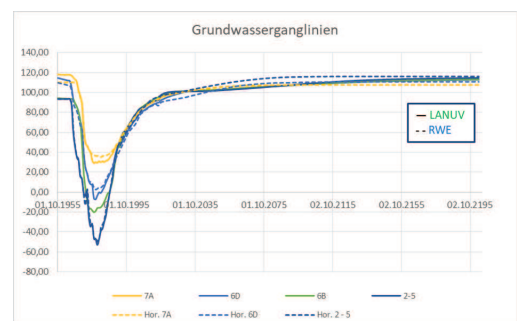
4.2 Bewertung Eingangsdaten – Schichtmächtigkeiten

- ▼ Variation der Schichtmächtigkeiten in Abstimmung mit LANUV
- ▼ Variation innerhalb sinnvoller bzw. denkbarer Wertebereiche
- ▼ Mächtigkeit der untersten Schicht relevant, aber gut „kalibrierbar“
- ▼ Mächtigkeit der bindigen Schichten sind ggf. später „nachzukalibrieren“



4.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

- ▼ Unterschiede in den Eingangsdaten (Schichtmodell & GW-Ganglinien)
- ▼ Übertragung der Bodenkennwerte zwischen den Modellen nicht sinnvoll
- ▼ Beide Modelle liefern nach Kalibrierung vergleichbare, sehr gute Ergebnisse
- ▼ Geringe Unterschiede bei der Prognose, aber Anpassungen später möglich



Aufgabenstellung / Gliederung

4 Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse

...

4.4 Neuberechnung Messwerte bis 1983

5 Prognoseergebnisse für weitere Punkte

6 Variation der Hebungs faktoren

Zwischenbericht

NEU



Aufgabenstellung / Gliederung

4 Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse

...

4.4 Neuberechnung Messwerte bis 1983

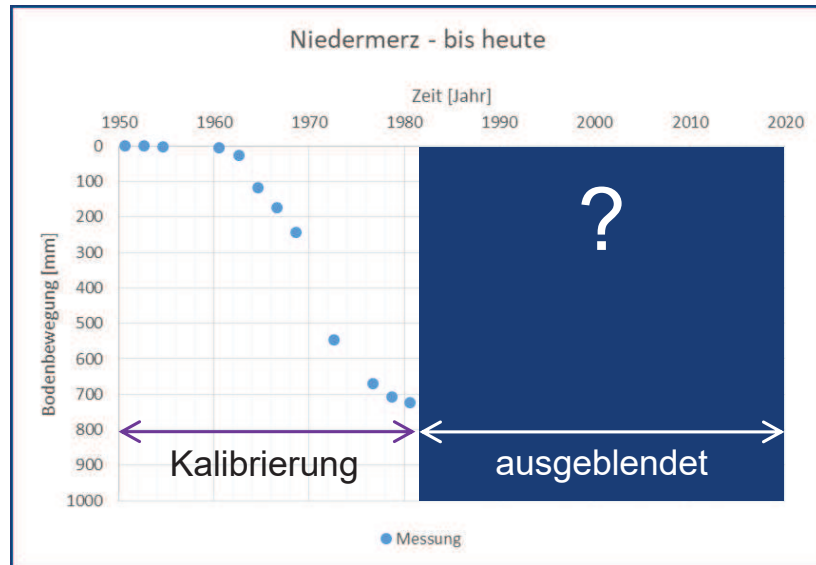
5 Prognoseergebnisse für weitere Punkte

6 Variation der Hebungs faktoren



4 Ergebnisse Sensitivitätsanalyse

4.3 Neuberechnung Messwerte bis 1983



13



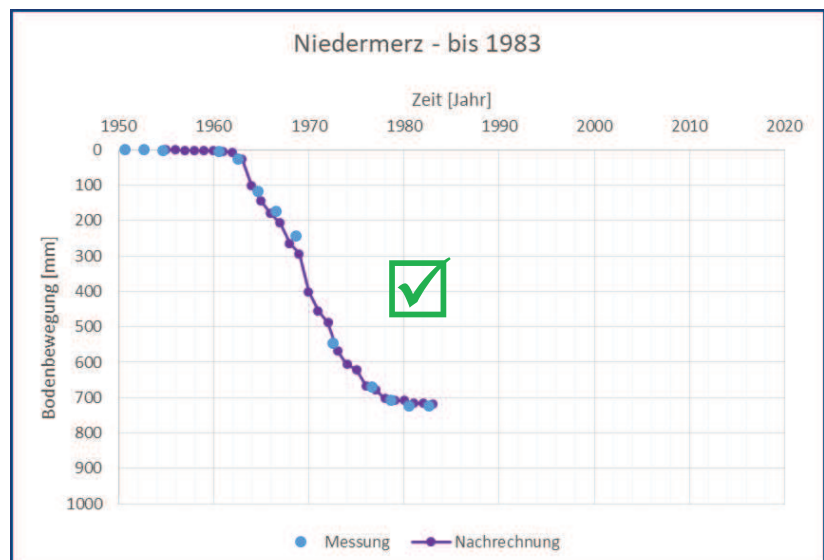
4 Ergebnisse Sensitivitätsanalyse

4.3 Neuberechnung Messwerte bis 1983

Kalibrierung mit frei gewählten Hebungsfaktoren

entsprechend der Mittelwerte
des theoretisch möglichen
Wertebereichs

- nichtbindig = **0,60**
- bindig = **0,66**



14



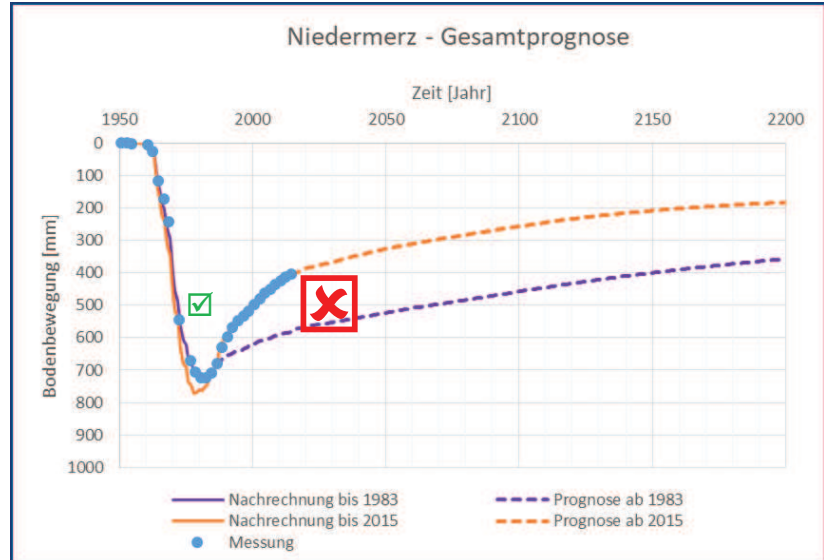
4 Ergebnisse Sensitivitätsanalyse

4.3 Neuberechnung Messwerte bis 1983

Kalibrierung mit frei gewählten Hebungsfaktoren

entsprechend der Mittelwerte
des theoretisch möglichen
Wertebereichs

- nichtbindig = **0,60**
- bindig = **0,66**



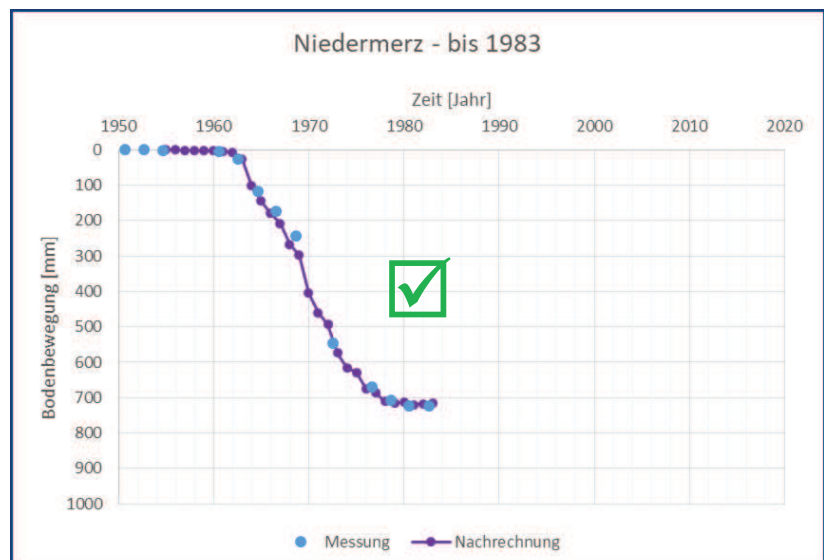
4 Ergebnisse Sensitivitätsanalyse

4.3 Neuberechnung Messwerte bis 1983

Kalibrierung mit auf Erfahrung beruhenden Hebungsfaktoren

entsprechend der bei den
weiteren Punkten ebenfalls
verwendeten Werten

- nichtbindig = **0,80**
- bindig = **0,66**



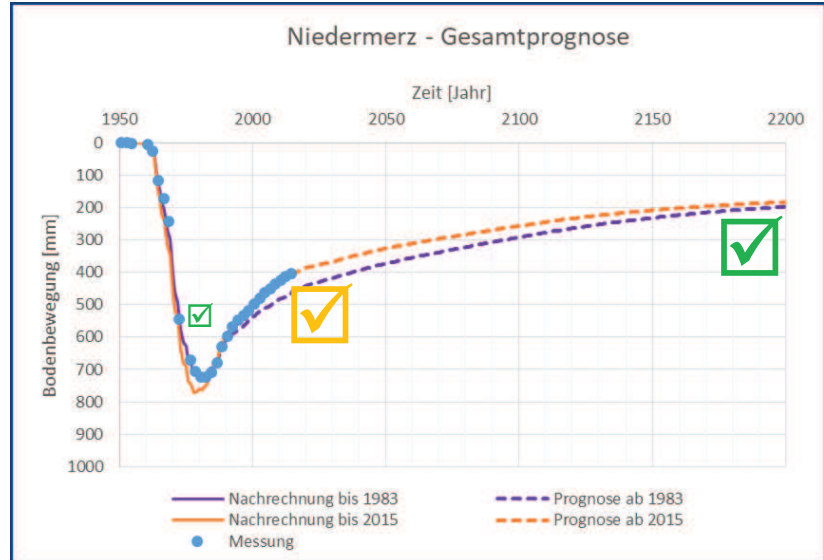
4 Ergebnisse Sensitivitätsanalyse

4.3 Neuberechnung Messwerte bis 1983

Kalibrierung mit auf Erfahrung beruhenden Hebungsfaktoren

entsprechend der bei den weiteren Punkten ebenfalls verwendeten Werten

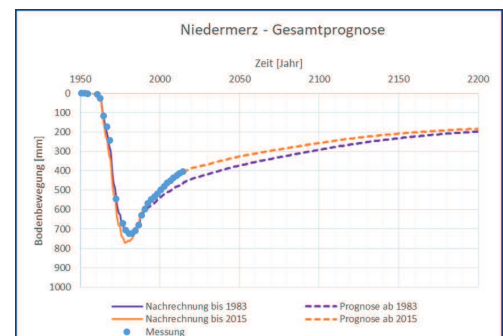
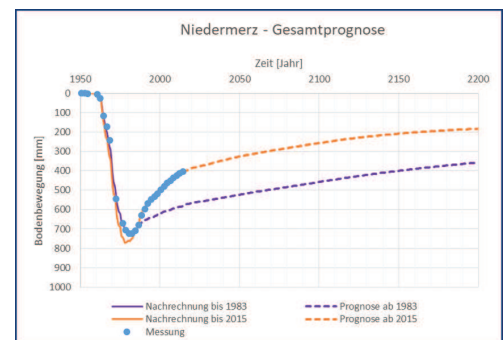
- nichtbindig = **0,80**
- bindig = **0,66**



4 Ergebnisse Sensitivitätsanalyse

4.3 Neuberechnung Messwerte bis 1983

- ▼ Reines Setzungsverhalten mit versch. Materialparametersätzen abbildbar
- ▼ Hebungsfaktoren falsch gewählt:
 - ⇒ mit Hebungsbeginn deutliche Abweichung
 - ⇒ unmittelbare Nachkalibrierung möglich
- ▼ Hebungsfaktoren in richtiger Größenordnung:
 - ⇒ zeitverzögerte, geringe Abweichungen
 - ⇒ Endprognose dennoch zutreffend



4 Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse

...

4.4 Neuberechnung Messwerte bis 1983

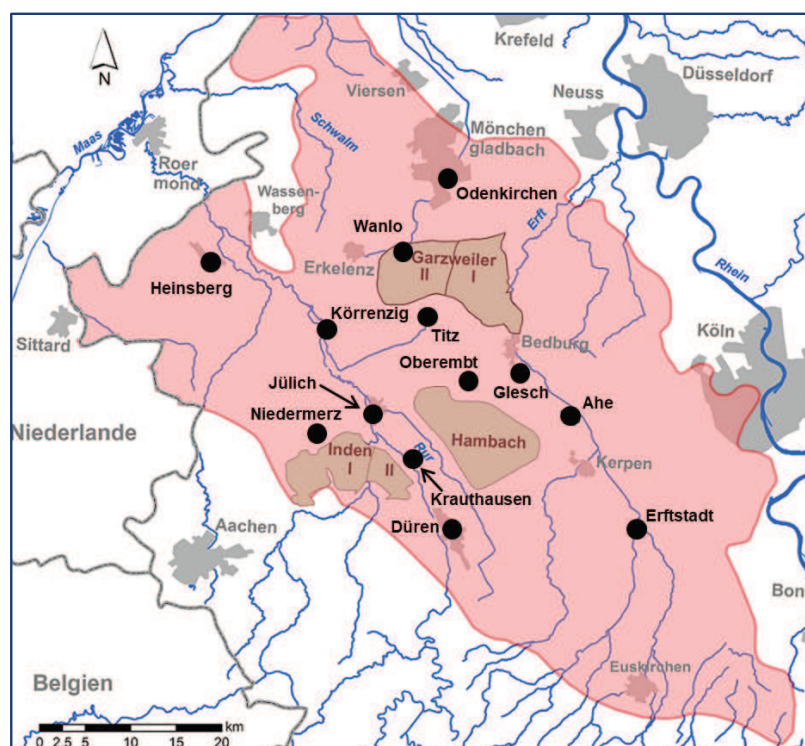
5 Prognoseergebnisse für weitere Punkte

6 Variation der Hebungs faktoren

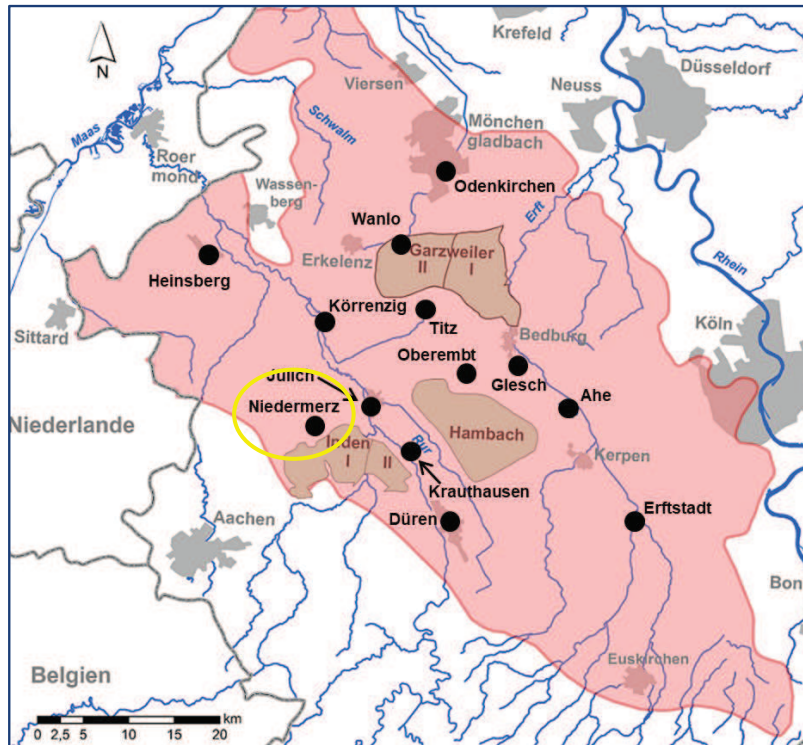


5 Prognoseergebnisse weitere Punkte

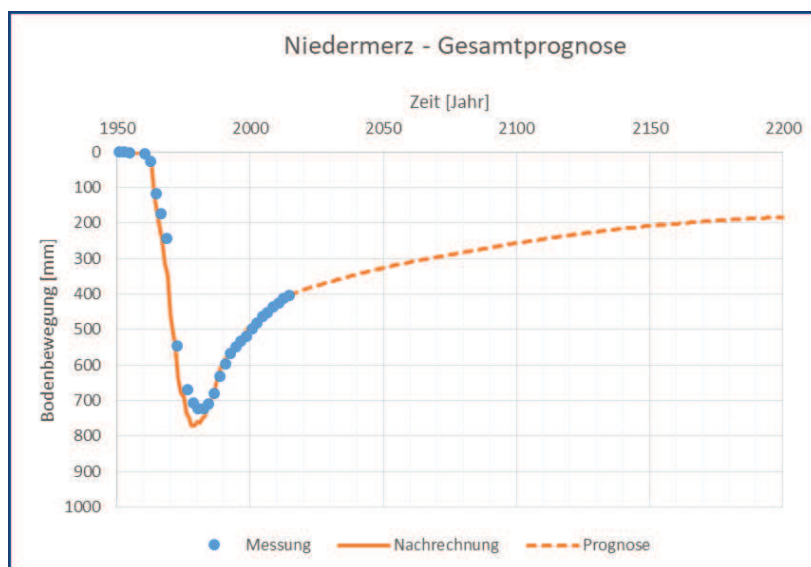
Lage der Punkte



Niedermerz

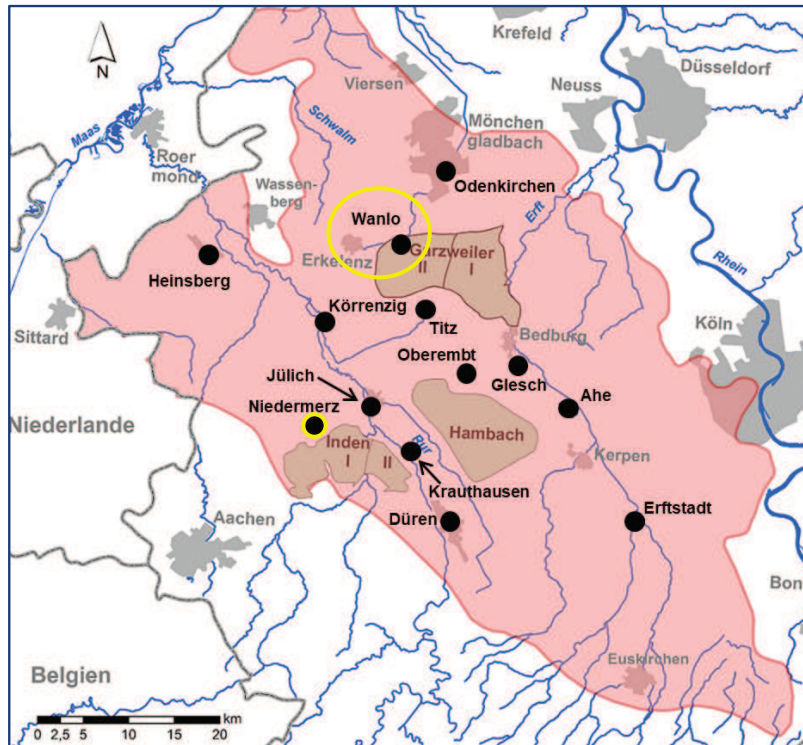


Niedermerz



5 Prognoseergebnisse weitere Punkte

Wanlo



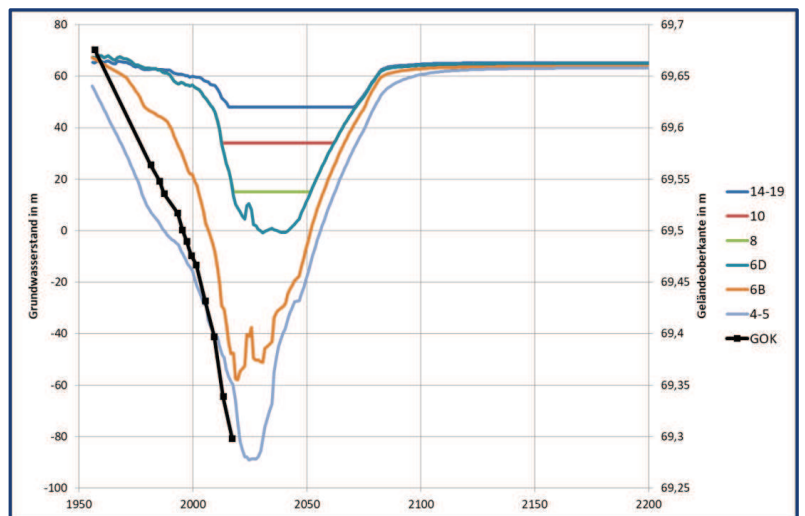
5 Prognoseergebnisse weitere Punkte

Wanlo

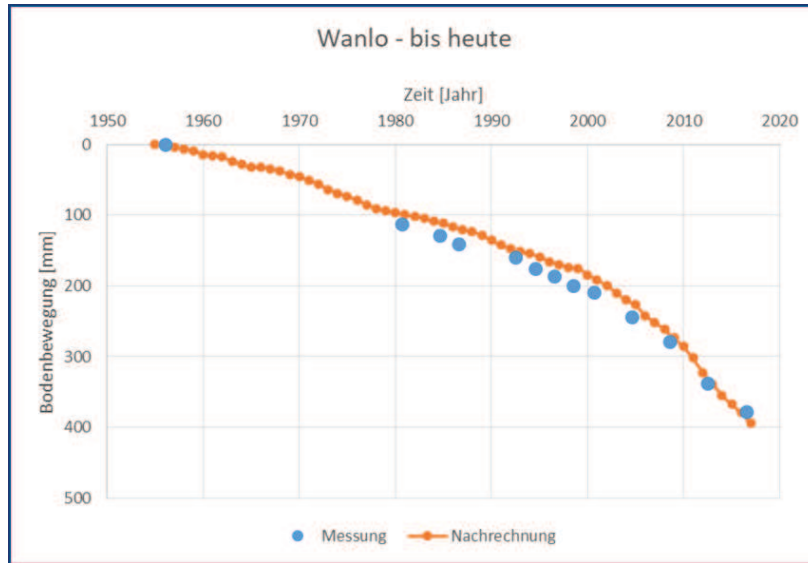
- ▼ Eingangsdaten bereitgestellt vom LANUV
- ▼ Grundwasserganglinien ⇨
- ▼ Geologie & Messung GOK



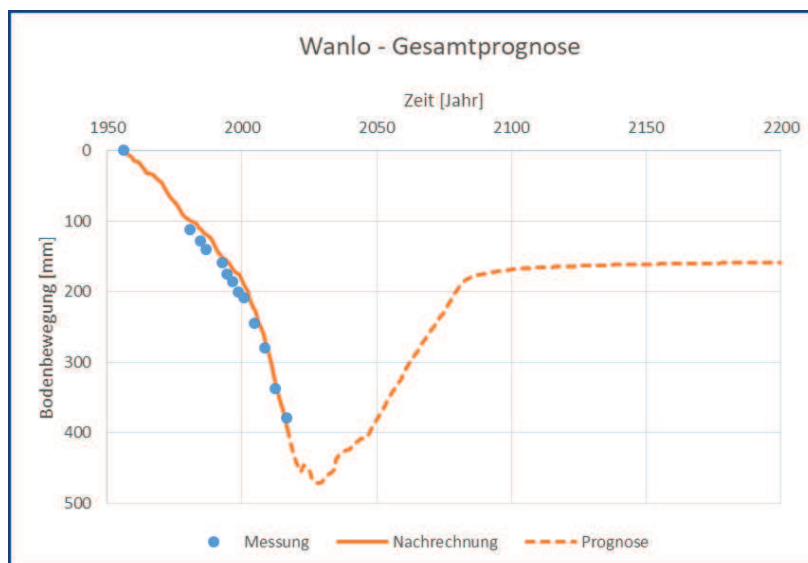
Geologie			Leitnivelement	
horizont	oberkante m	bemerkung	datum	gok_m
14-19, 12	69,7	nicht-bindig	01.10.1956	69,676
11C	48	bindig	01.06.1981	69,564
10	46	nicht-bindig	01.05.1985	69,548
9C	34	bindig	01.05.1987	69,536
8	31	nicht-bindig	01.04.1993	69,517
6D	15	nicht-bindig	01.05.1995	69,501
6D Schluff	-50	bindig	01.04.1997	69,49
6D	-69	nicht-bindig	01.04.1999	69,476
6C	-90	Flöz	01.06.2001	69,467
6B	-99	nicht-bindig	01.05.2005	69,432
6A	-133	Flöz	01.05.2009	69,397
4-5*	-149	nicht-bindig	01.04.2013	69,339
* Unterkante	-460		01.04.2017	69,298



Wanlo

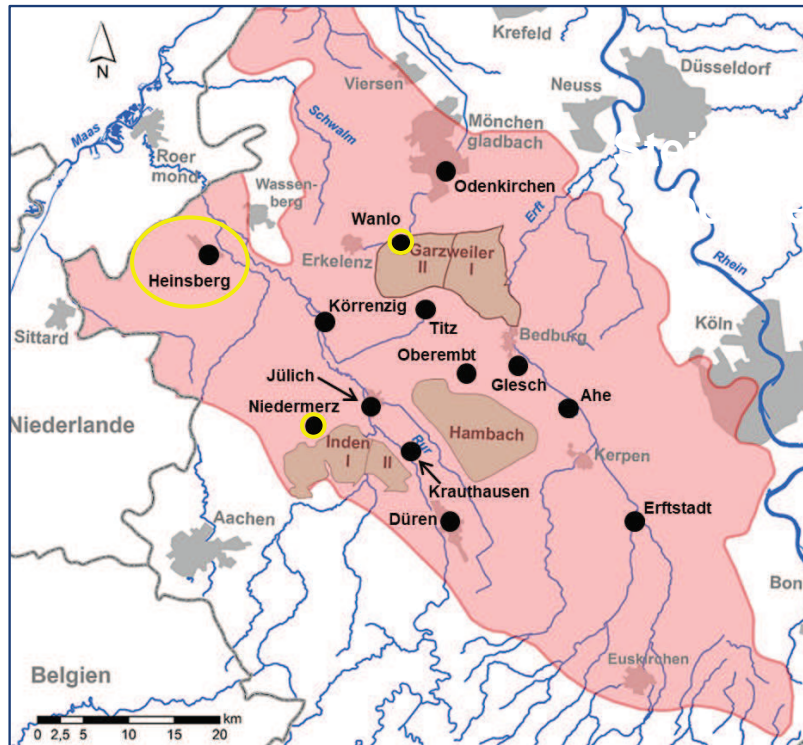


Wanlo



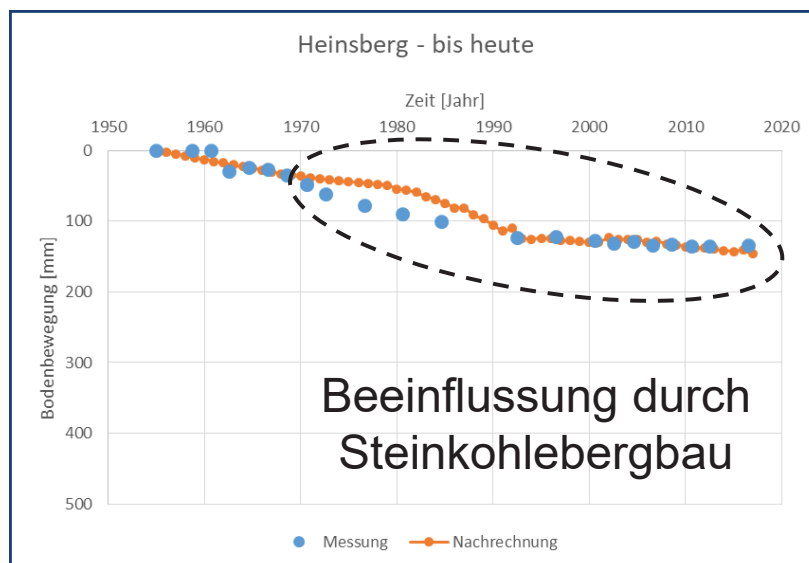
5 Prognoseergebnisse weitere Punkte

Heinsberg

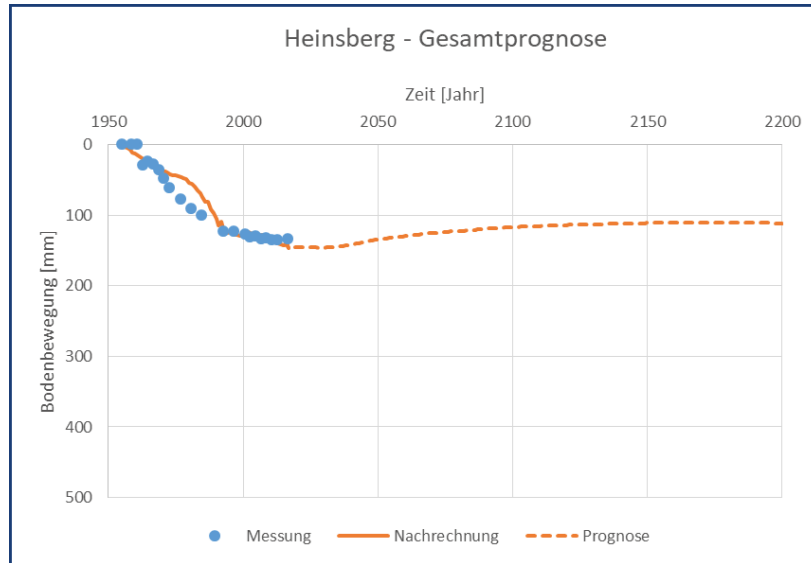


5 Prognoseergebnisse weitere Punkte

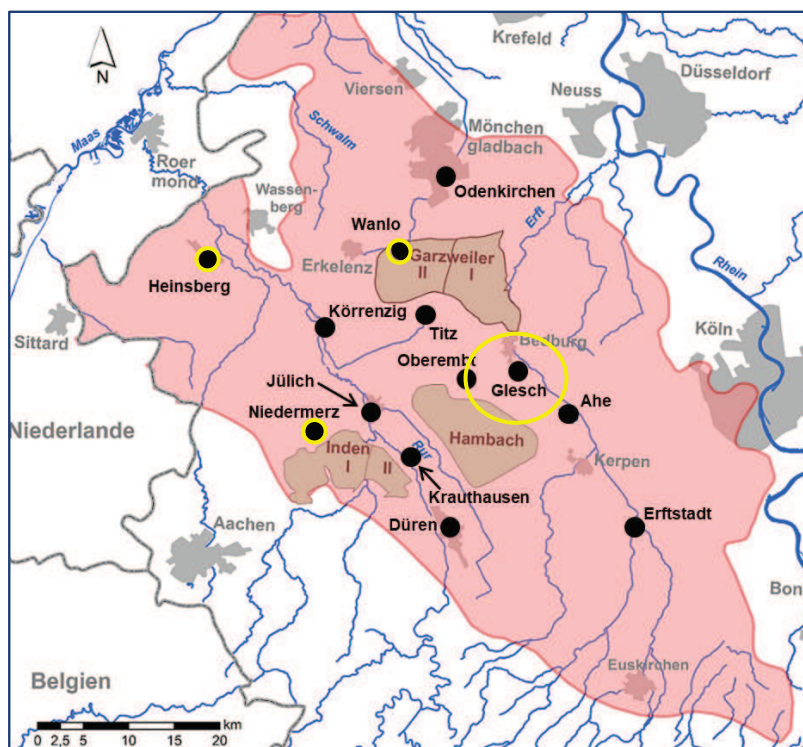
Heinsberg



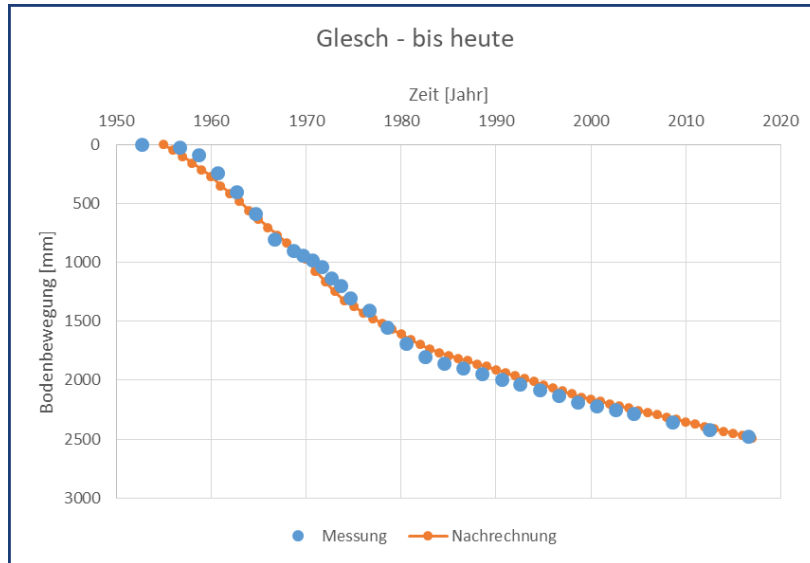
Heinsberg



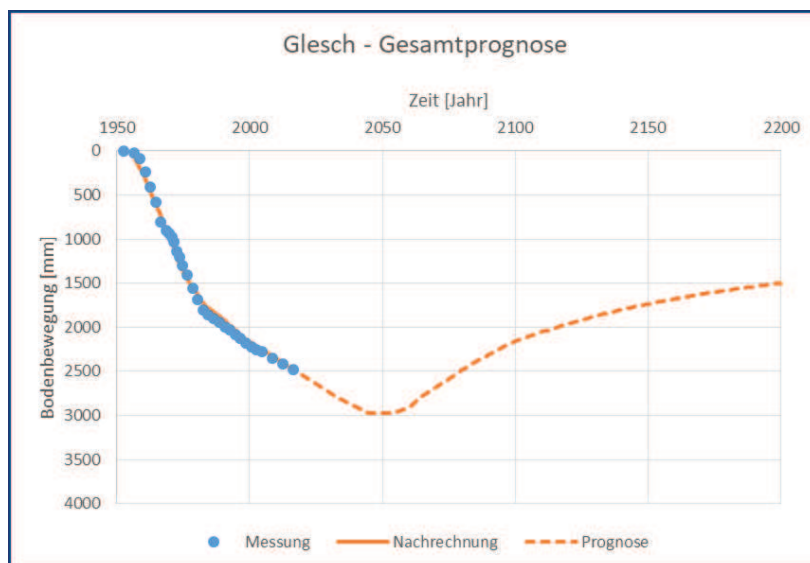
Glesch



Glesch

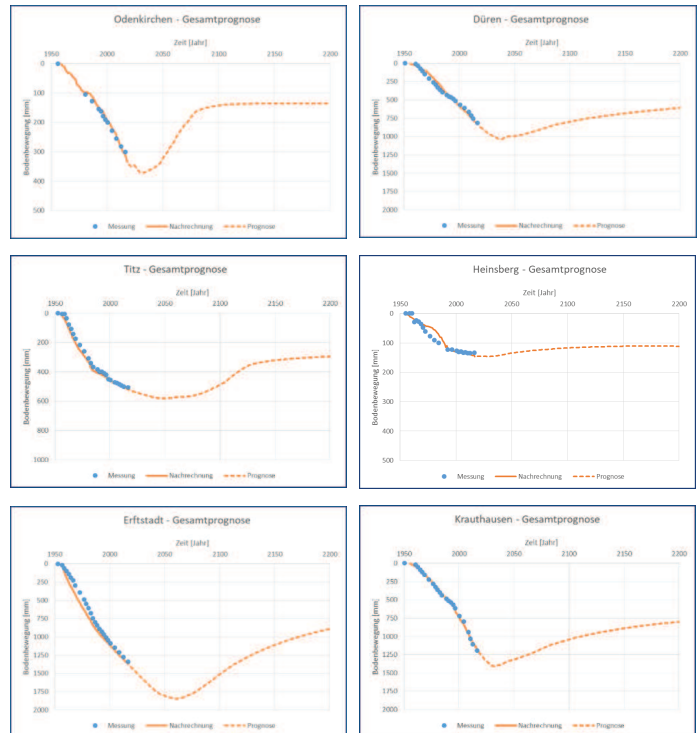


Glesch



12 weitere Punkte

- ▼ 12 weitere Punkte nachgerechnet und prognostiziert ✓
- ▼ generell sehr gute Abbildung des gemessenen Verhaltens ✓
- ▼ Nur teilweise geringfügige Abweichungen
 - ⇒ Steinkohlebergbau
 - ⇒ GW-Ganglinien?



Aufgabenstellung / Gliederung

4 Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse

...

4.4 Neuberechnung Messwerte bis 1983

5 Prognoseergebnisse für weitere Punkte

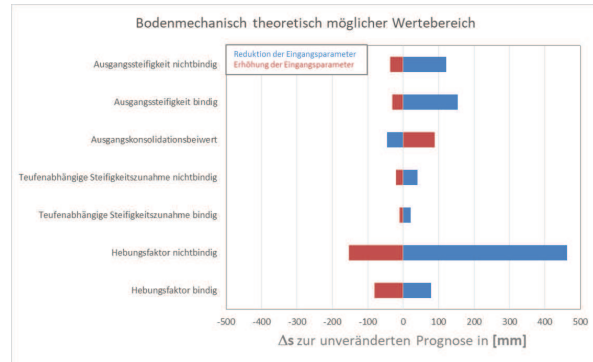
6 Variation der Hebungs faktoren



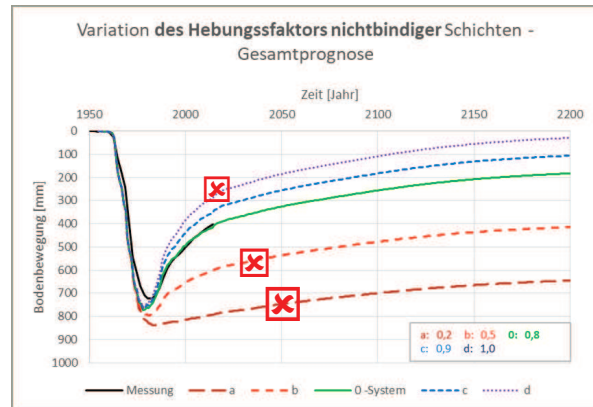
6 Variation der Hebungsfaktoren

Erkenntnis Sensitivitätsstudie

- ▼ Wahl des Hebungsfaktors beeinflusst Prognoseergebnis sehr deutlich



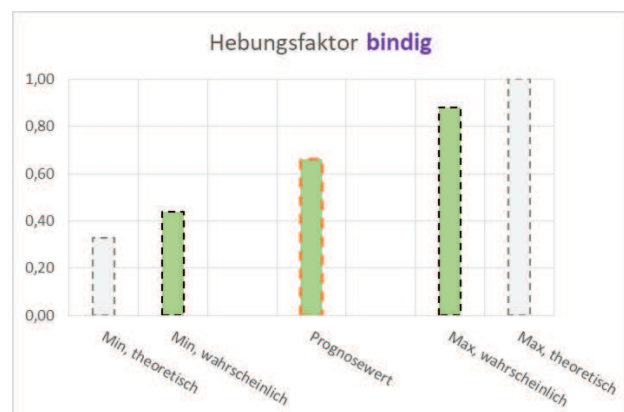
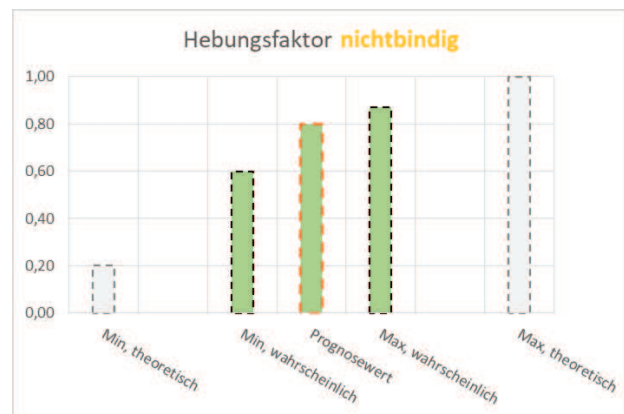
- ▼ Theoretisch möglicher Wertebereich kann (für Niedermerz) bereits ausgeschlossen werden



6 Variation der Hebungsfaktoren

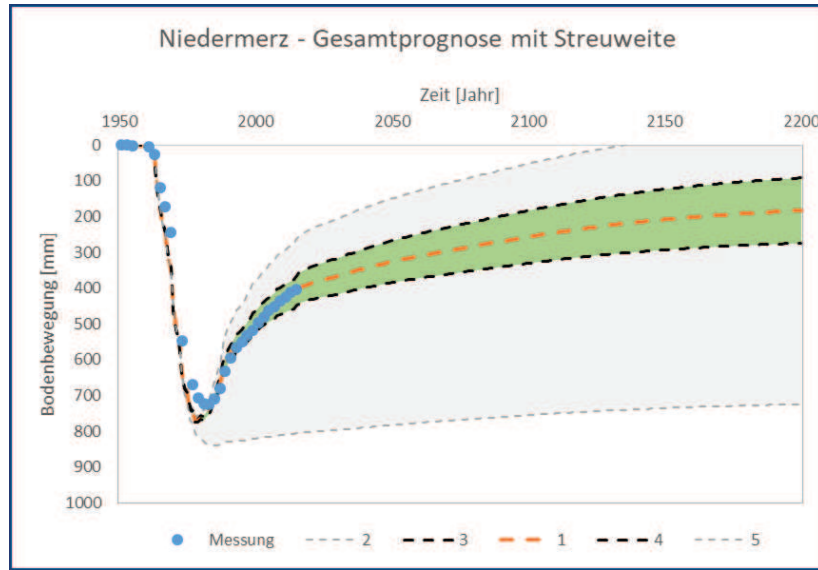
Vorgehensweise

- ▼ Jeweils verschiedene Werte:
 - wahrscheinliche Werte
 - theoretisch mögliche Werte
- ▼ **nichtbindige** Böden
 - bereits teilw. kalibriert / Erfahrung
 - engere wahrscheinliche Grenzen
- ▼ **bindige** Böden
 - noch keine Erfahrungswerte
 - weitere wahrscheinliche Grenzen



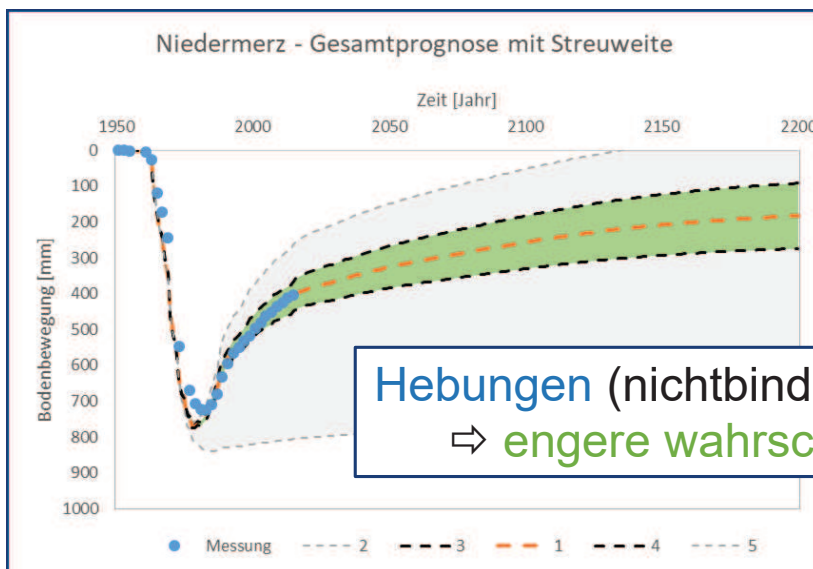
6 Variation der Hebungsfaktoren

Niedermerz



6 Variation der Hebungsfaktoren

Niedermerz



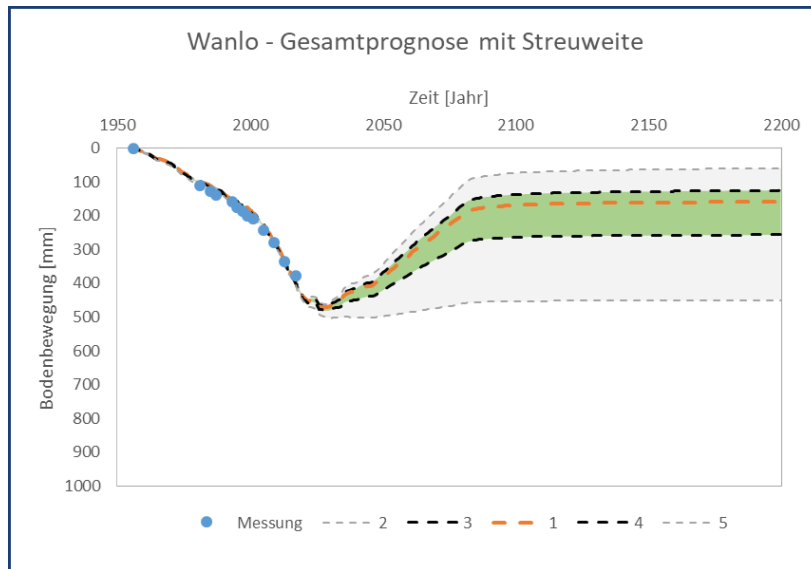
Fall	Hebungsfaktor [-]		Beschreibung
	nichtbindig	bindig	
2	1,00	1,00	Max. theoretisch
3	0,85	0,88	Max. wahrscheinlich
1	0,80	0,66	Prognose
4	0,75	0,44	Min. wahrscheinlich
5	0,20	0,33	Min. theoretisch

Hebungen (nichtbindig) bereits eingetreten
 ⇒ engere wahrscheinliche Grenzen



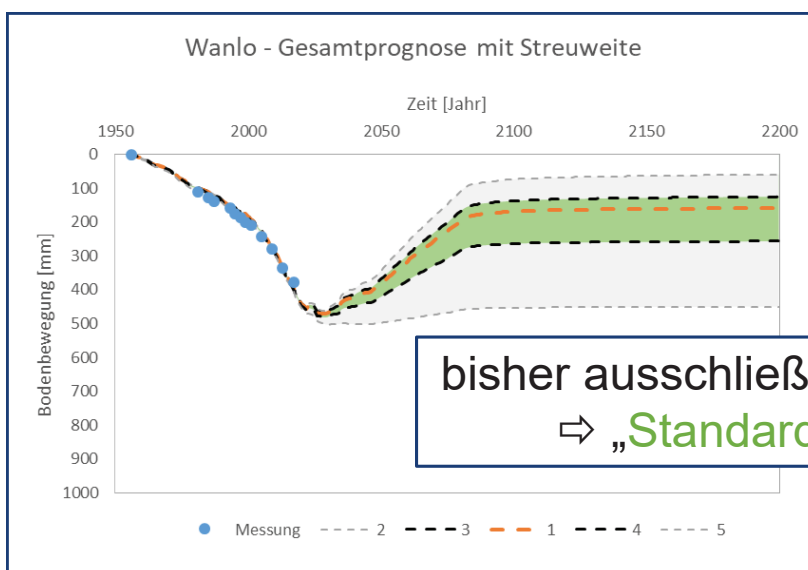
6 Variation der Hebungsfaktoren

Wanlo



6 Variation der Hebungsfaktoren

Wanlo



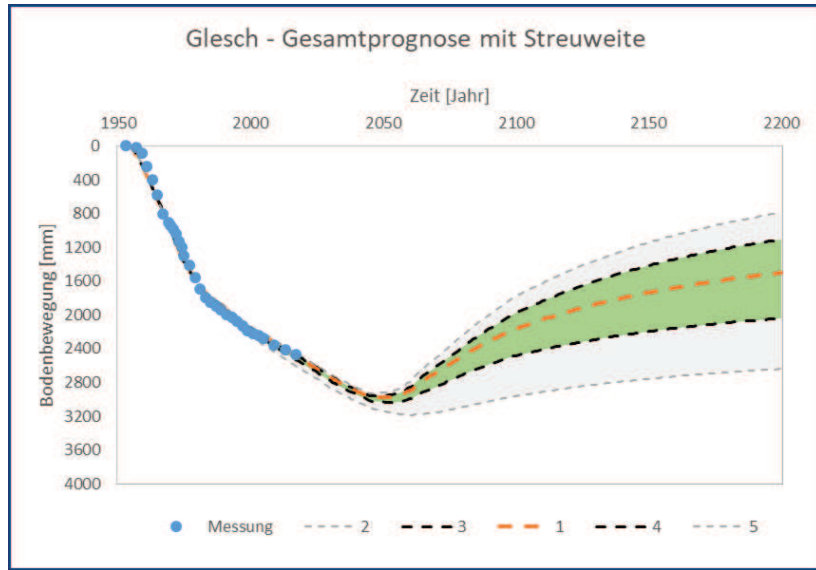
2	1,00	1,00
3	0,87	0,88
1	0,80	0,66
4	0,60	0,44
5	0,20	0,33

bisher ausschließlich Setzungen
⇒ „Standardgrenzen“



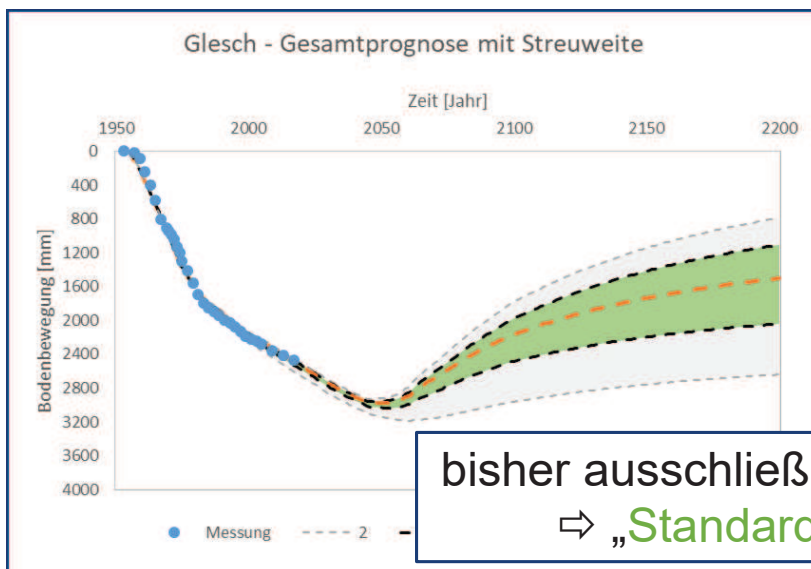
6 Variation der Hebungsfaktoren

Glesch



6 Variation der Hebungsfaktoren

Glesch



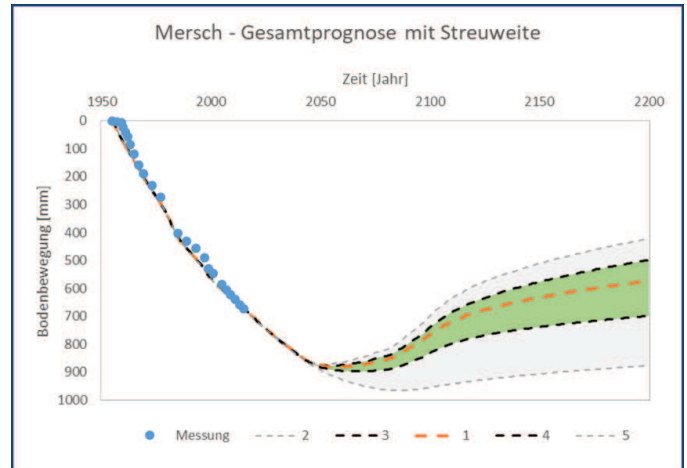
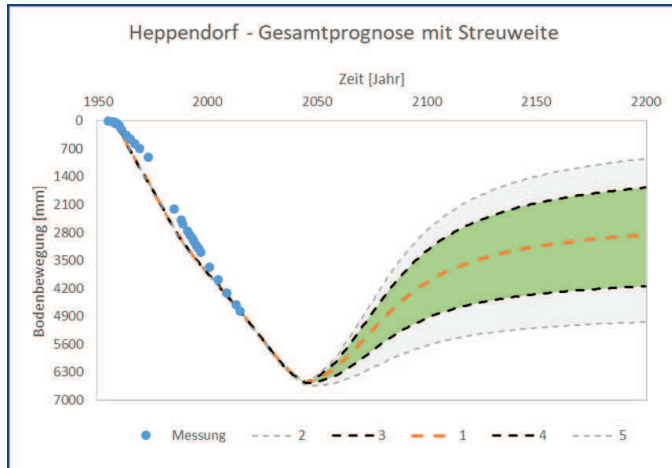
	1	2
2	1,00	1,00
3	0,87	0,88
1	0,80	0,66
4	0,60	0,44
5	0,20	0,33

bisher ausschließlich Setzungen
=> „Standardgrenzen“



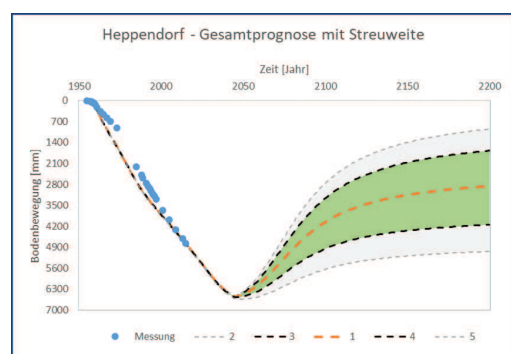
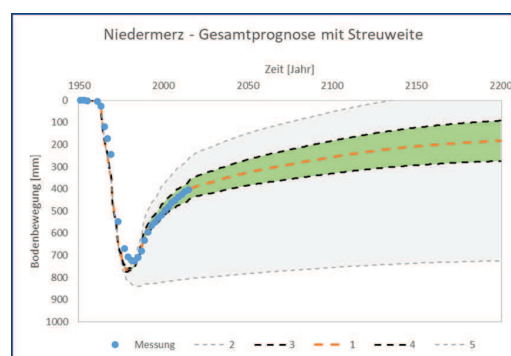
Heppendorf vs. Mersch

Bandbreite der Streuweite



Streuweiten für 35 Punkte

- ▼ Variation der Hebungsfaktoren für 13 „LANUV“- Punkte und für 22 „RWE“-Punkte
- ▼ Theoretische Streuweite an einigen Punkten bereits als unrealistisch zu bewerten
- ▼ Wahrscheinliche Streuweite schwankt und ist u.a. abhängig von
 - bereits eingetretenen Hebungen
 - Bodenschichtung & GW-Entwicklung



- ...
 - 4 Ergebnisse Sensitivitätsanalyse
 - ...
 - 4.4 Neuberechnung Messwerte bis 1983
 - 5 Prognoseergebnisse für weitere Punkte
 - 6 Variation der Hebungs faktoren
- Zwischenbericht
- Abschlussbericht



„It all starts with solid ground engineering“

