

7. Facharbeitsgruppensitzung

Berechnungen und Prognose von Bodenbewegungen mit Sensitivitätsanalyse im Rheinischen Braunkohlerevier

Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



Düsseldorf

16.01.2018

Vorgehen / Projektskizze

2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

1. Sichtung und Einarbeitung in die vom LANUV zur Verfügung gestellten Daten (Höhenzeitfolge, geologisches Schichtprofil, Grundwasserganglinien)
2. Erstellung des Schichtmodells auf Basis des Schichtprofils vom LANUV
3. Anpassung und Auswertung der Spannungen auf Basis der Grundwasserganglinien vom LANUV
4. Anpassung der Bodenbewegungsprognose an das Schichtmodell des vorgegeben Höhenfestpunktes
5. Kalibrierung der Bodenbewegungsprognose auf Basis der Höhenzeitfolge

Daran anschließend erfolgt dann die eigentliche

6. Sensitivitätsanalyse



2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

6. Sensitivitätsanalyse

mit Variation von:

- a) Ausgangsteifigkeit nichtbindig
- b) Ausgangsteifigkeit bindig
- c) Ausgangskonsolidationsbeiwert
- d) Teufenabhängige Steifigkeitszunahme nichtbindig
- e) Teufenabhängige Steifigkeitszunahme bindig
- f) Hebungsfaktor nichtbindig
- g) Hebungsfaktor bindig

2.2 Bewertung der Eingangsdaten

Variation GW-Ganglinie:

- a) Verschiebung aller Grundwasserganglinien parallel nach oben
- b) Verschiebung aller Grundwasserganglinien parallel nach unten
- c) Verschiebung einzelner Grundwasserganglinien im Absenkungsmaximum um ± 20 m (Annahme: 7 GW-Leiter \times 2 = 14 Fallunterscheidungen)

Variation Schichtmächtigkeit:

- d) „Stauchung“ aller bindigen und „Dehnung“ aller nichtbindigen Schichten
- e) „Dehnung“ aller bindigen und „Stauchung“ aller nichtbindigen Schichten
- f) Reduzierung der zu betrachtenden Endteufe bzw. der untersten Schicht
- g) Erhöhung der zu betrachtenden Endteufe bzw. der untersten Schicht

2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

1. Sichtung und Einarbeitung in die vom LANUV zur Verfügung gestellten Daten (Höhenzeitfolge, geologisches Schichtprofil, Grundwasserganglinien)
2. Erstellung des Schichtmodells auf Basis des Schichtprofils vom LANUV
3. Anpassung und Auswertung der Spannungen auf Basis der Grundwasserganglinien vom LANUV
4. Anpassung der Bodenbewegungsprognose an das Schichtmodell des vorgegeben Höhenfestpunktes
5. Kalibrierung der Bodenbewegungsprognose auf Basis der Höhenzeitfolge

Daran anschließend erfolgt dann die eigentliche

6. Neuberechnung mit Eingangsdaten aus vorhandenem Modell



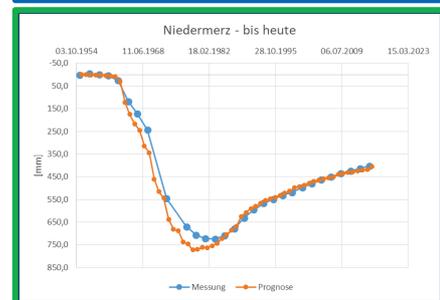
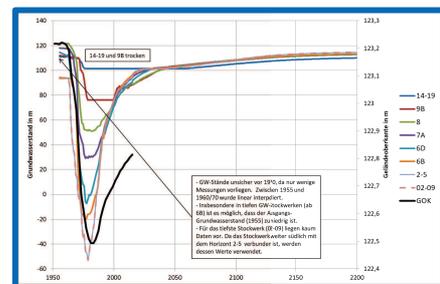
Erste Ergebnisse



= Einwirkung =

= Reaktion =

= Widerstand =



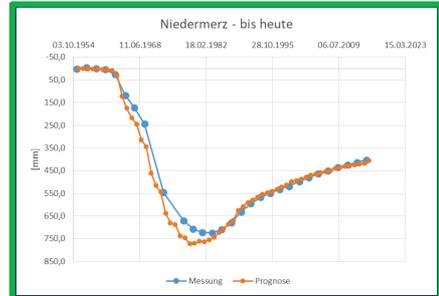
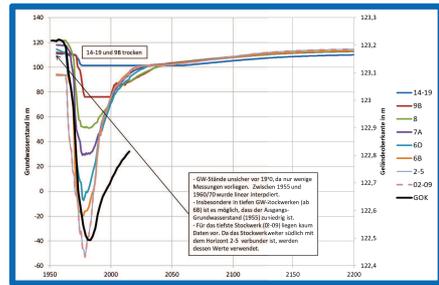
Querschnitt in m	Stärkenmäßig in m	Bezeichnung der Gebirgsschichten	Geotechnische Klassifizierung nach DIN 4083	Einheit	Werte in m
0,3	0,3	Mutterboden			100
0,8	2,2	Schluff			100
0,7	4,2	Feinkies-Grobkies, gelb-braun			100
0,7	3,0	Feinkies-Grobkies, grau-bunt, mit Steinen gerundet			10
12,8	3,1	Feinkies-Grobkies, grau-bunt, teilweise mit Feuersteingeröllern, Lage aus Sand		n. def.	110
13,5	0,7	Feinkies-Grobkies, gelb-braun			100
14,2	0,7	K o n i e, teilweise holzig			100
14,6	0,4	Ton, grau, stark feinsandig			100
15,2	0,6	Feinsand, -grau, gelblich			100
16,3	3,1	Ton, dunkelgrau, Lage aus Schluff			100
21,3	1,7	Ton, grau, schluffig			100
22,2	0,9	Feinsand-Mittelsand, grau			100
23,3	1,1	Ton, dunkelgrau-braun, teilweise humos, schluffig			100
26,5	2,2	Feinsand-Mittelsand, grau			100
31,3	0,8	Ton, grau, schluffig			100



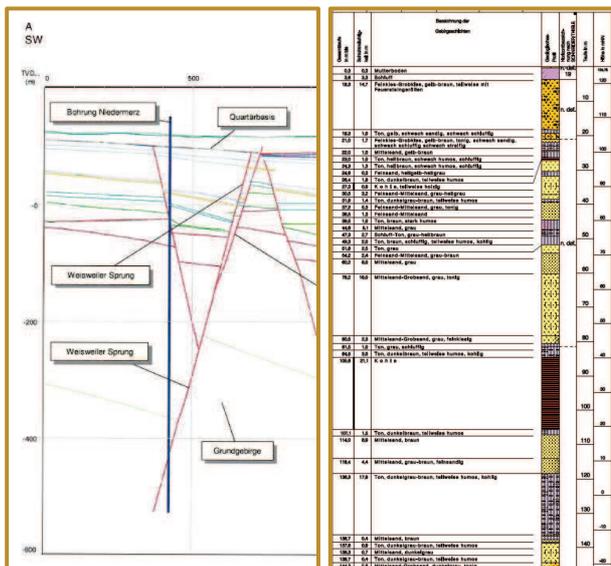
Grundwasser-
absenkung = Einwirkung =

Setzungen /
Hebungen = Reaktion =

Boden-
eigenschaften = Widerstand =



2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt



Geologie

Interpretation
durch geol.
Dienst

Geologie Profil			
horizont	oberkante_m	bemerkung	
14-19	123,2	nicht-bindig	
9C	101,5	bindig	
9B	96,7	nicht-bindig	
9A	75,4	bindig	
8	69,5	nicht-bindig	
7F/7D/7B	37	Flöz	
7A	34	nicht-bindig	
6E	10,3	Flöz	
6D	0	nicht-bindig	
6C	-25,3	Flöz	
6B	-53,4	nicht-bindig	
6A	-53,8	Flöz	
2-5	-72	nicht-bindig	
1	-182,8	bindig	
02-09	-187,4	nicht-bindig	
Tertiärbasis	-370		



2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

Geologie Niedermerz gem. Vorage LANUV			
Tiefenlage [m NN]	Horizont	Mächtigkeit [m]	Anmerkung
123,2	14-19	21,7	
101,5	9C	4,8	
96,7	9B	21,3	
75,4	9A	5,9	
69,5	8	32,5	
37	7F/7D/7B	3	
34	7A	23,7	

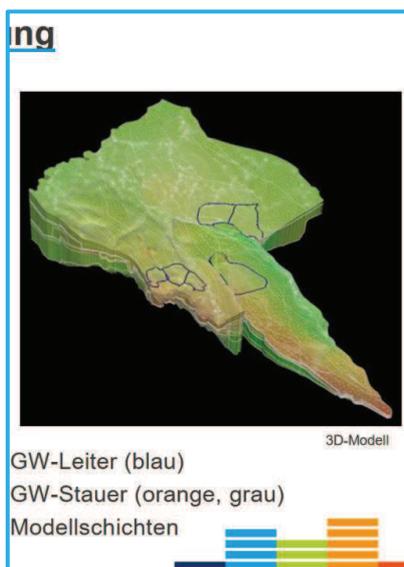
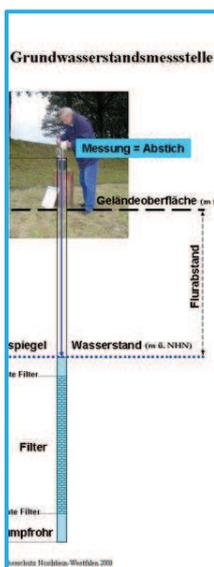
Geologie



Geologie Profil		
horizont	oberkante_m	bemerkung
14-19	123,2	nicht-bindig
9C	101,5	bindig
9B	96,7	nicht-bindig
9A	75,4	bindig
8	69,5	nicht-bindig
7F/7D/7B	37	Flöz
7A	34	nicht-bindig
6E	10,3	Flöz
6D	0	nicht-bindig
6C	-25,3	Flöz
6B	-53,4	nicht-bindig
6A	-53,8	Flöz
2-5	-72	nicht-bindig
1	-182,8	bindig
02-09	-187,4	nicht-bindig
Tertiärbasis	-370	



2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt



Grundwasser



Grundwasserstände in allen Grundwasserleitern von 1955 bis 2017					
14-19		9B		8	
datum	wasserstd_m	datum	wasserstd_m	datum	wasserstd_m
01.10.1955	110,90	01.10.1955	111,95	01.10.1955	
01.10.1956	110,87	01.10.1956	111,82	01.10.1956	
01.10.1957	110,84	01.10.1957	111,69	01.10.1957	
01.10.1958	110,81	01.10.1958	111,56	01.10.1958	
01.10.1959	110,78	01.10.1959	111,43	01.10.1959	
01.10.1960	110,75	01.10.1960	111,3	01.10.1960	
23.10.1961	111,65	01.10.1961	111,17	01.10.1961	
15.10.1962	112,40	01.10.1962	111,04	30.11.1962	
22.10.1963	111,28	01.10.1963	110,91	26.10.1963	
12.10.1964	110,05	01.10.1964	110,78	07.10.1964	
18.10.1965	109,48	01.10.1965	110,65	06.10.1965	
03.10.1966	111,25	01.10.1966	110,52	15.10.1966	
24.10.1967	112,10	01.10.1967	110,39	18.10.1967	
21.10.1968	110,35	01.10.1968	110,26	18.10.1968	
21.10.1969	109,59	01.10.1969	110,13	17.10.1969	
26.10.1970	110,05	01.10.1970	110	16.10.1970	
15.10.1971	108,45	01.10.1971	109,06	15.10.1971	
16.10.1972	107,36	05.10.1972	101,23	16.10.1972	
16.10.1973	105,94	04.10.1973	99,13	16.10.1973	
18.10.1974	103,04	04.10.1974	97,63	18.10.1974	
17.10.1975	101,93	01.10.1975	92,77	17.10.1975	
15.10.1976	101,5*	01.10.1976	84,54	15.10.1976	
14.10.1977	101,5*	01.10.1977	79,03	14.10.1977	
16.10.1978	101,5*	02.10.1978	76*	16.10.1978	
17.10.1979	101,5*	03.10.1979	76*	16.10.1979	
15.10.1980	101,5*	02.10.1980	76*	15.10.1980	
15.10.1981	101,5*	02.10.1981	76*	15.10.1981	
15.10.1982	101,5*	01.10.1982	76*	15.10.1982	
14.10.1983	101,5*	01.10.1983	76*	14.10.1983	
13.10.1984	101,5*	01.10.1984	76*	01.10.1984	
14.10.1985	101,5*	01.10.1985	76*	01.10.1985	
11.10.1986	101,5*	01.10.1986	76*	01.10.1986	
12.10.1987	101,5*	01.10.1987	76*	12.10.1987	
11.10.1988	101,5*	01.10.1988	76*	17.10.1988	
14.10.1989	101,5*	01.10.1989	76*	14.10.1989	



2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

Datum	GW-St						
	14-19	9C	9B	9A	8	7F/7D/7B	7A
01.10.1955	110,90		111,95		122,00		118,00
01.10.1956	110,87		111,82		121,93		117,91
01.10.1957	110,84		111,69		121,86		117,83
01.10.1958	110,81		111,56		121,79		117,74
01.10.1959	110,78		111,43		121,71		117,66
01.10.1960	110,75		111,30		121,64		117,57
01.10.1961	111,65		111,17		121,57		117,68
01.10.1962	112,40		111,04		121,50		117,66
01.10.1963	111,28		110,91		120,26		116,92
01.10.1964	110,05		110,78		119,11		114,94
01.10.1965	109,48		110,65		117,78		113,08
01.10.1966	111,25		110,52		115,69		110,99
01.10.1967	112,10		110,39		113,16		102,71
01.10.1968	110,35		110,26		109,75		96,76
01.10.1969	109,59		110,13		105,47		88,91
01.10.1970	110,05		110,00		87,81		63,33
01.10.1971	108,45		109,06		77,96		49,53
01.10.1972	107,36		101,23		66,69		46,50
01.10.1973	105,94		99,13		57,40		42,69
01.10.1974	103,04		97,63		57,10		40,07
01.10.1975	101,93		92,77		52,45		32,09
01.10.1976	101,50		84,54		51,84		29,06
01.10.1977	101,50		79,03		51,86		30,13
01.10.1978	101,50		76,00		51,27		29,40
01.10.1979	101,50		76,00		52,09		30,90
01.10.1980	101,50		76,00		51,55		29,92
01.10.1981	101,50		76,00		51,01		30,92
01.10.1982	101,50		76,00		51,00		30,09
01.10.1983	101,50		76,00		51,70		31,45
01.10.1984	101,50		76,00		51,87		31,89
01.10.1985	101,50		76,00		53,36		33,91

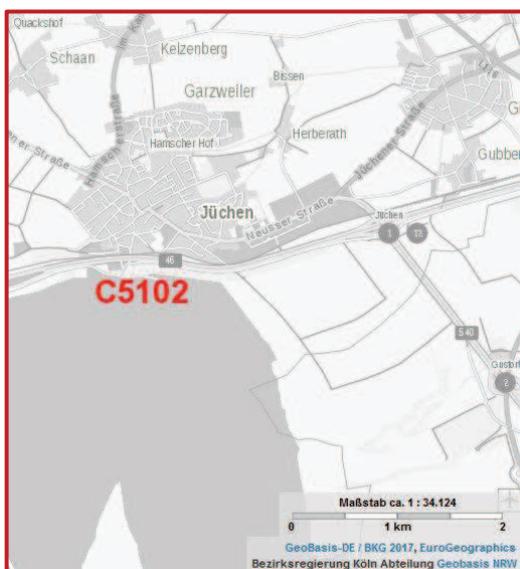
Grundwasser



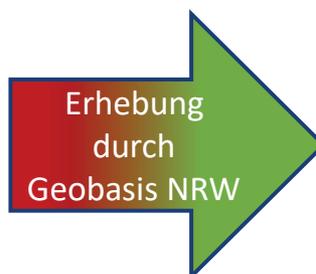
Grundwasserstände in allen Grundwasserleitern von 1955 bis 2017				
14-19	9B	8		
01.10.1955	110,90	111,95		
01.10.1956	110,87	111,82		
01.10.1957	110,84	111,69		
01.10.1958	110,81	111,56		
01.10.1959	110,78	111,43		
01.10.1960	110,75	111,30		
01.10.1961	111,65	111,17		
01.10.1962	112,40	111,04		
01.10.1963	111,28	110,91		
01.10.1964	110,05	110,78		
01.10.1965	109,48	110,65		
01.10.1966	111,25	110,52		
01.10.1967	112,10	110,39		
01.10.1968	110,35	110,26		
01.10.1969	109,59	110,13		
01.10.1970	110,05	110		
01.10.1971	108,45	109,06		
01.10.1972	107,36	101,23		
01.10.1973	105,94	99,13		
01.10.1974	103,04	97,63		
01.10.1975	101,93	92,77		
01.10.1976	101,5*	84,54		
01.10.1977	101,5*	79,03		
01.10.1978	101,5*	76*		
01.10.1979	101,5*	76*		
01.10.1980	101,5*	76*		
01.10.1981	101,5*	76*		
01.10.1982	101,5*	76*		
01.10.1983	101,5*	76*		
01.10.1984	101,5*	76*		
01.10.1985	101,5*	76*		
01.10.1986	101,5*	76*		
01.10.1987	101,5*	76*		
01.10.1988	101,5*	76*		
01.10.1989	101,5*	76*		



2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt



Messung GOK



Leitniveaumment	
5103900006	
datum	gok_m
01.06.1951	123,217
01.06.1953	123,217
01.06.1955	123,215
01.06.1957	123,221
01.06.1959	123,218
01.05.1961	123,212
01.05.1963	123,191
01.06.1965	123,099
01.05.1967	123,044
01.06.1969	122,973
01.05.1973	122,671
01.06.1977	122,547
01.06.1979	122,51
01.05.1981	122,494
01.05.1983	122,493
01.04.1985	122,507



2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

Datum	GOK [mNN]	Gesamt [mm]	
01.06.1951	123,217	0,0	0
01.06.1953	123,217	0,0	0
01.06.1955	123,215	2,0	-2
01.06.1957	123,221	-4,0	4
01.06.1959	123,218	-1,0	1
01.05.1961	123,212	5,0	-5
01.05.1963	123,191	26,0	-26
01.06.1965	123,099	118,0	-118
01.05.1967	123,044	173,0	-173
01.06.1969	122,973	244,0	-244
01.05.1973	122,671	546,0	-546
01.06.1977	122,547	670,0	-670
01.06.1979	122,51	707,0	-707
01.05.1981	122,494	723,0	-723
01.05.1983	122,493	724,0	-724
01.04.1985	122,507	710,0	-710
01.05.1987	122,528	670,0	-670

Messung GOK



Leitnivellement	
5103900006	
datum	gok_m
01.06.1951	123,217
01.06.1953	123,217
01.06.1955	123,215
01.06.1957	123,221
01.06.1959	123,218
01.05.1961	123,212
01.05.1963	123,191
01.06.1965	123,099
01.05.1967	123,044
01.06.1969	122,973
01.05.1973	122,671
01.06.1977	122,547
01.06.1979	122,51
01.05.1981	122,494
01.05.1983	122,493
01.04.1985	122,507
01.05.1987	122,528



2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

Geologie & Grundwasser & Messung GOK

Datum	GW-Stand [mNN]											
	14-19	9C	9B	9A	8	7F/7D/7B	7A	6E	6D	6C	6B	6
01.10.1955	110,90		111,95		122,00		118,00		114,50		94,20	
01.10.1956	110,87		111,82		121,93		117,91		114,07		94,11	
01.10.1957	110,84		111,69		121,86		117,83		113,63		94,02	
01.10.1958	110,81		111,56		121,79		117,74		113,20		93,93	
01.10.1959	110,78		111,43		121,71		117,66		112,76		93,84	
01.10.1960	110,75		111,30		121,64		117,57		112,33		93,76	

...

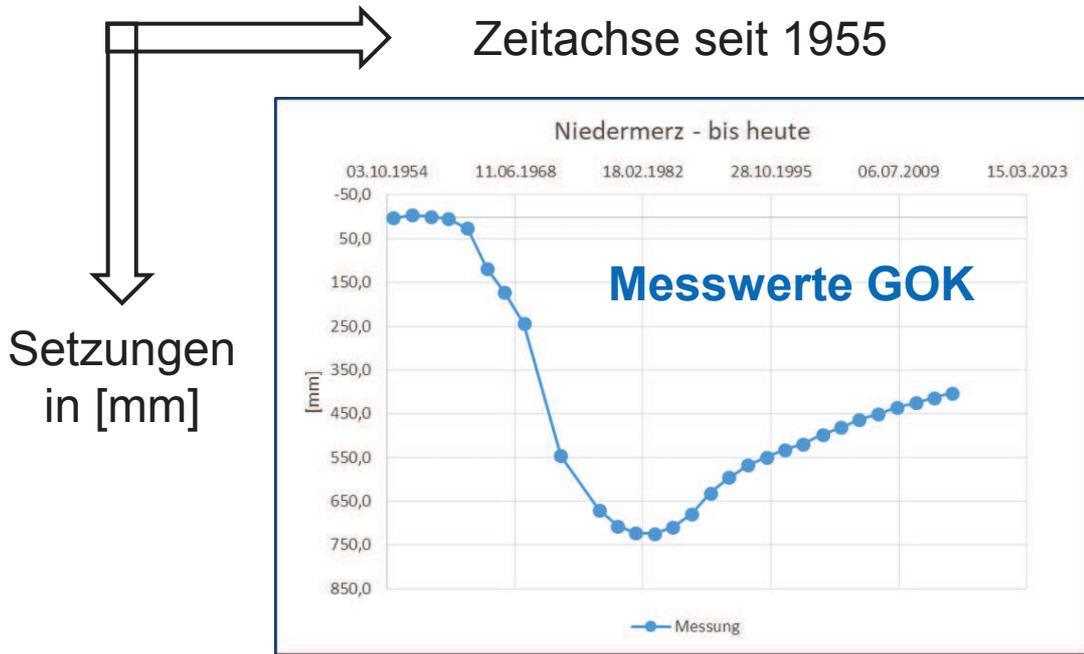
Datum	Spannungsänderung													
	14-19		9C			9B			9A			6		
	UK	21,7	Spannungsänderung	101,5	4,8	Spannungsänderung	Spannungsänderung	96,7	21,3	Spannungsänderung	Spannungsänderung	75,4	5,9	Spannungsänderung
GW(=0)	110,90	m ³	UK	OK	Mitte	OK	GW-Stand	Δh	m ³	UK	Trockenf.	OK	UK	Mitte
Δh	[m]	[m]	Δσ ^z	Δσ ^z	Δσ ^z	Δσ ^z	[mNN]	[m]	[m]	Δσ ^z	Δσ ^z	Δσ ^z	Δσ ^z	Δσ ^z
01.10.1955	0,00	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00	111,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01.10.1956	0,03	9,38	0,23	0,23	1,22	0,73	111,82	0,13	1,22	0,00	1,22	0,64	0,64	0,93
01.10.1957	0,03	9,35	0,23	0,23	1,22	0,73	111,69	0,13	1,22	0,00	1,22	0,64	0,64	0,93
01.10.1958	0,03	9,32	0,23	0,23	1,22	0,73	111,56	0,13	1,22	0,00	1,22	0,64	0,64	0,93
01.10.1959	0,03	9,32	0,23	0,23	1,22	0,73	111,43	0,13	1,22	0,00	1,22	0,64	0,64	0,93

...

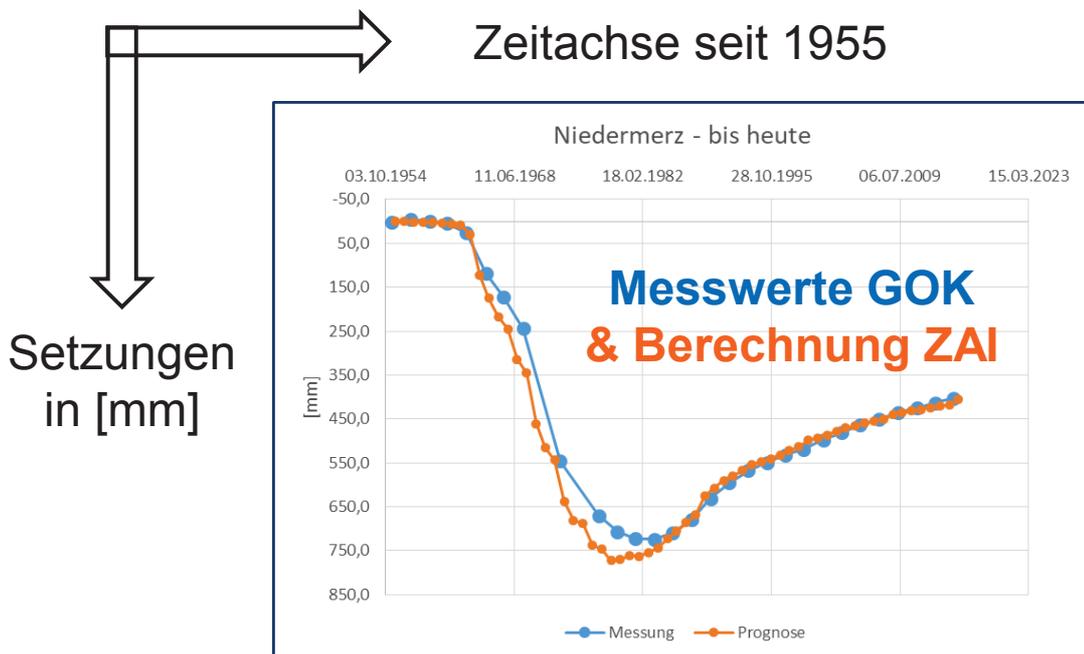
Datum	Gesamtsetzungen												
	14-19	9C	9B	9A	8	7F/7D/7B	7A	6E	6D	6C	6B	6A	2-5
	variabel	4,8	21,3	5,9	32,5	3	23,7	10,3	25,3	28,1	0,4	18,2	110,8
	s [mm]												
01.10.1955	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01.10.1956	0,01	0,00	0,19	0,00	0,10	0,00	0,07	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	-0,01
01.10.1957	0,03	0,00	0,39	0,01	0,19	0,00	0,14	0,01	0,63	0,01	0,00	0,00	-0,03
01.10.1958	0,04	0,01	0,58	0,02	0,29	0,01	0,21	0,02	0,94	0,02	0,00	0,00	-0,04
01.10.1959	0,06	0,03	0,77	0,03	0,38	0,01	0,28	0,03	1,25	0,03	0,00	0,00	-0,05
01.10.1960	0,07	0,05	0,97	0,05	0,48	0,02	0,34	0,06	1,56	0,05	0,00	0,01	-0,06
01.10.1961	0,28	0,07	1,53	0,08	0,92	0,02	0,44	0,09	2,05	0,08	0,01	0,01	0,41



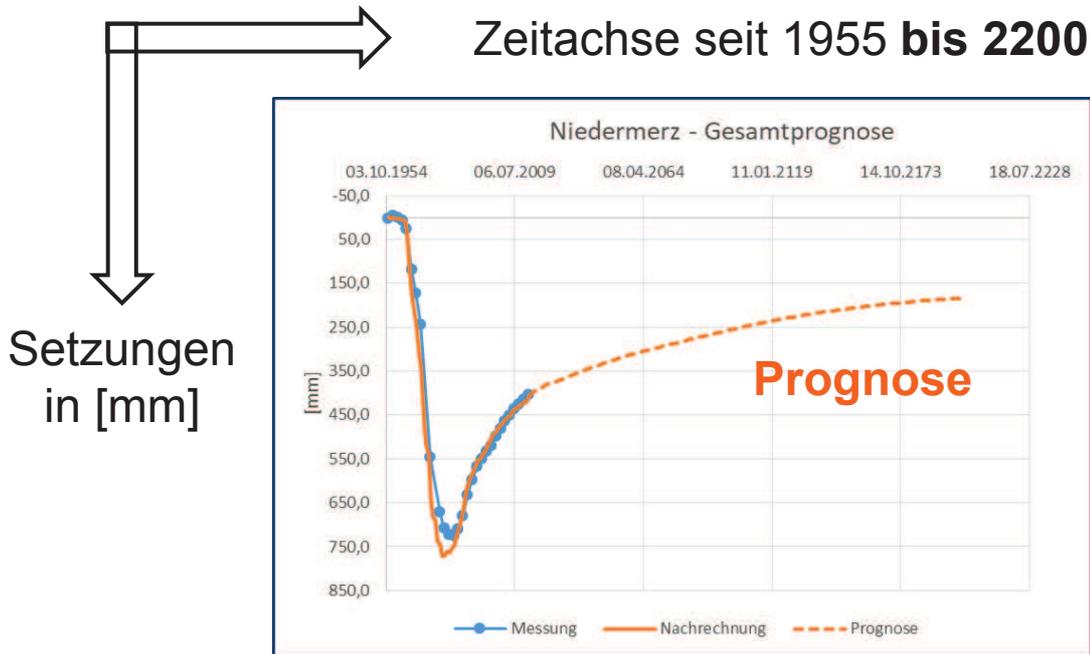
2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt



2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt



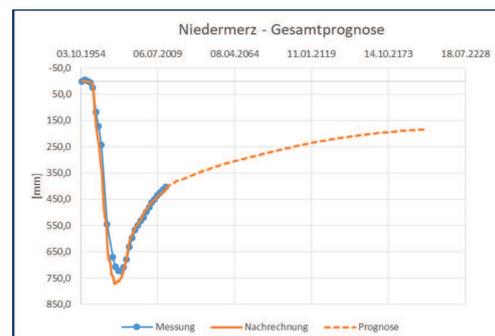
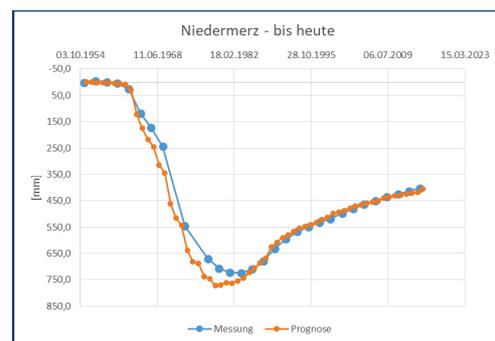
2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt



2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

Fazit Modellierung Niedermerz:

- ▼ Datenbereitstellung über LANUV ✓
- ▼ Modellerstellung & Kalibrierung ✓
- ▼ Sehr gute Abbildung Setzungen ✓
- ▼ Sehr gute Abbildung Hebungen ✓
- ▼ Prognose bis 2200 ✓
- ▼ Basis für Sensitivitätsanalyse ✓

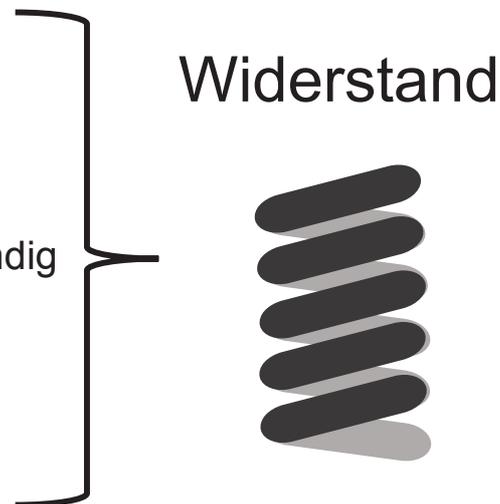


2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

6. Sensitivitätsanalyse

mit Variation von:

- a) Ausgangsteifigkeit nichtbindig
- b) Ausgangsteifigkeit bindig
- c) Ausgangskonsolidationsbeiwert
- d) Teufenabhängige Steifigkeitszunahme nichtbindig
- e) Teufenabhängige Steifigkeitszunahme bindig
- f) Hebungsfaktor nichtbindig
- g) Hebungsfaktor bindig

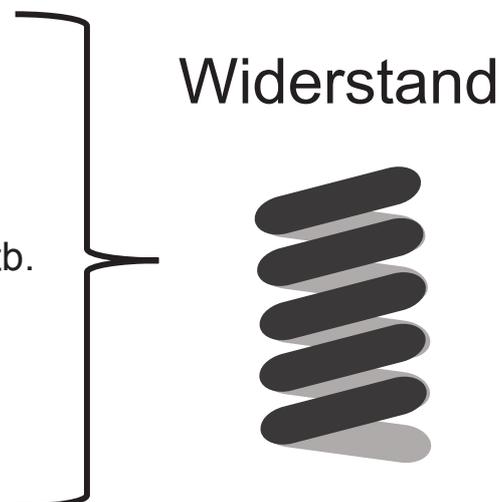


2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

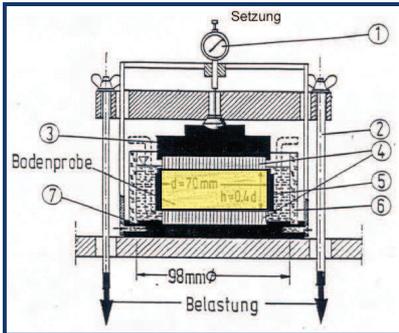
6. Sensitivitätsanalyse

mit Variation von:

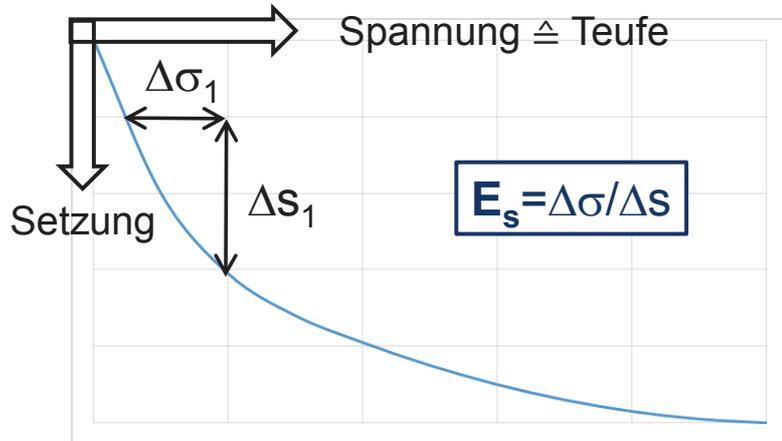
- a) **Ausgangsteifigkeit** nichtbindig
- b) Ausgangsteifigkeit bindig
- c) Ausgangskonsolidationsbeiwert
- d) **Teufenabhängige Steifigkeitszunahme** nichtb.
- e) Teufenabhängige Steifigkeitszunahme bindig
- f) **Hebungsfaktor** nichtbindig
- g) **Hebungsfaktor** bindig



2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

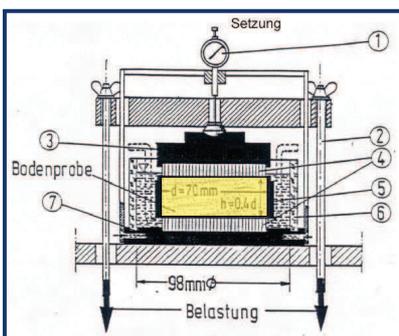


Steifigkeit

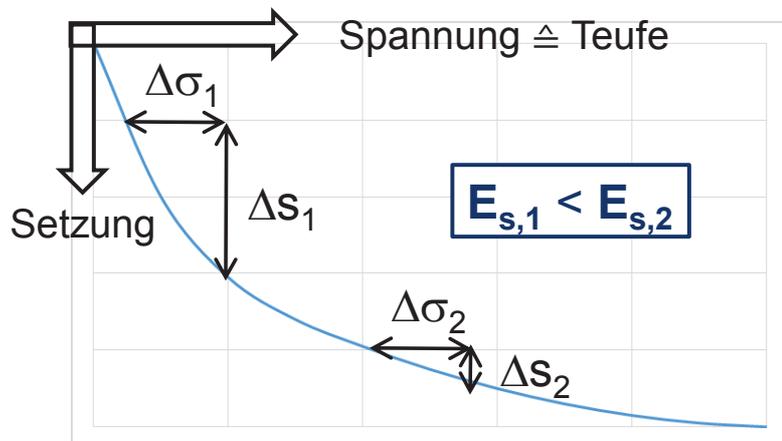


- Abschnittsweise Linearisierung: E_s

2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

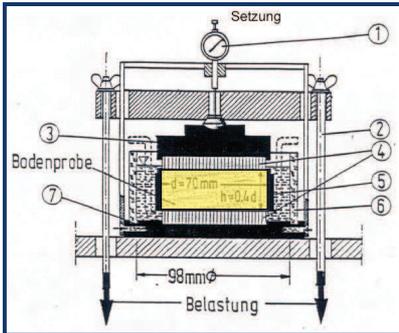


Steifigkeit

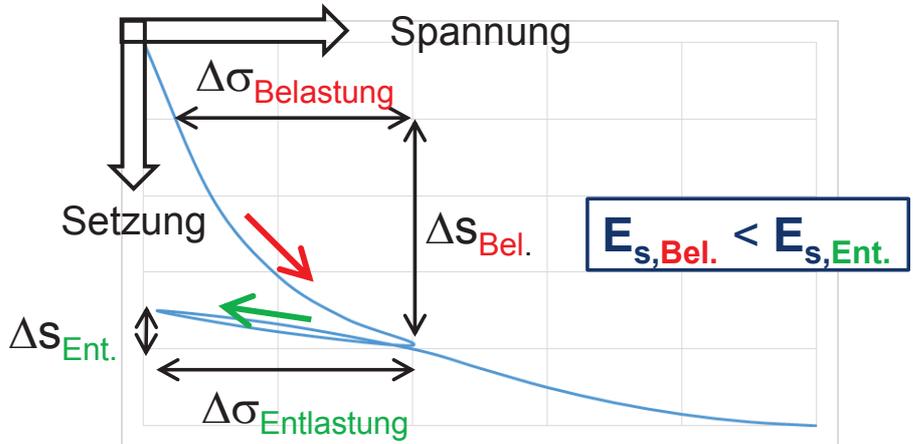


- Abschnittsweise Linearisierung: E_s
- Steifigkeitszunahme mit der Tiefe

2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt



Steifigkeit

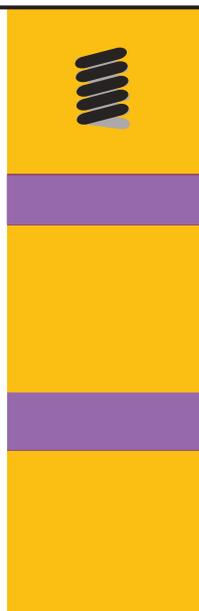


- Abschnittsweise Linearisierung: E_s
- Steifigkeitszunahme mit der Tiefe
- Steiferes Verhalten bei Entlastung

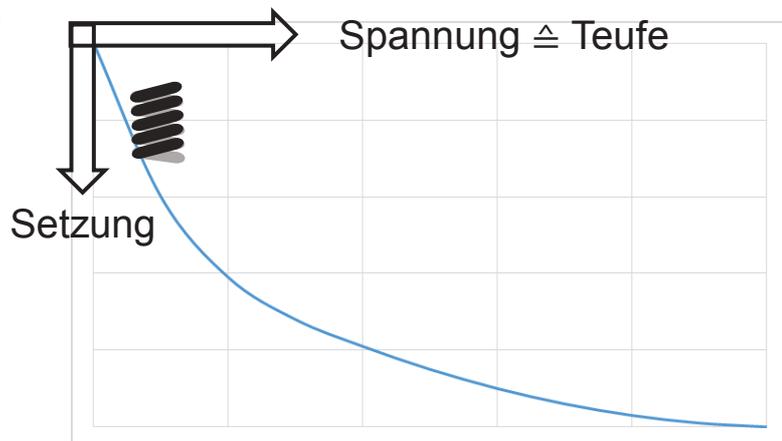
2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

GOK

100 %



Ausgangsteifigkeit

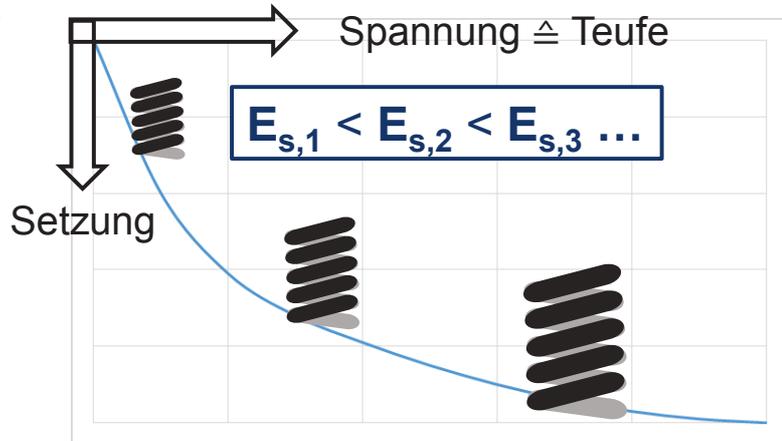
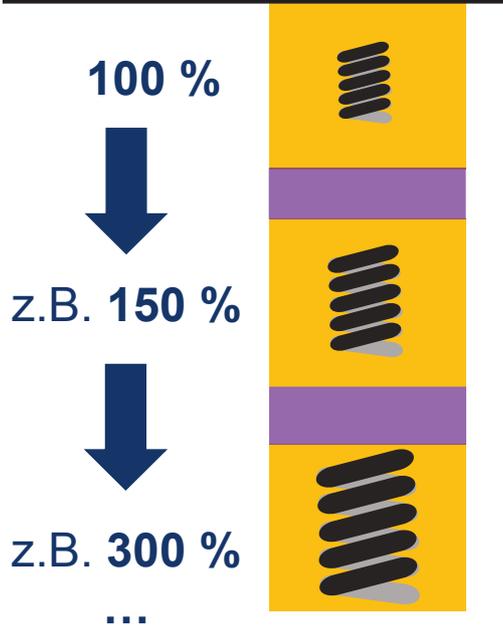


- Abschnittsweise Linearisierung: E_s

2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

teufenabhängige Steifigkeitszunahme

GOK

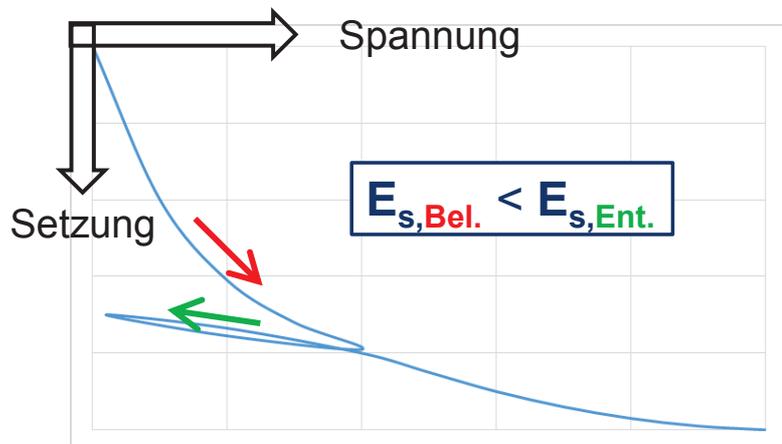


- Abschnittsweise Linearisierung: E_s
- Steifigkeitszunahme mit der Tiefe

2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

Hebungsfaktor

GOK



z.B. $\Delta h = 70 \% \cdot \Delta s$

- Abschnittsweise Linearisierung: E_s
- Steifigkeitszunahme mit der Tiefe
- Steiferes Verhalten bei Entlastung

2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

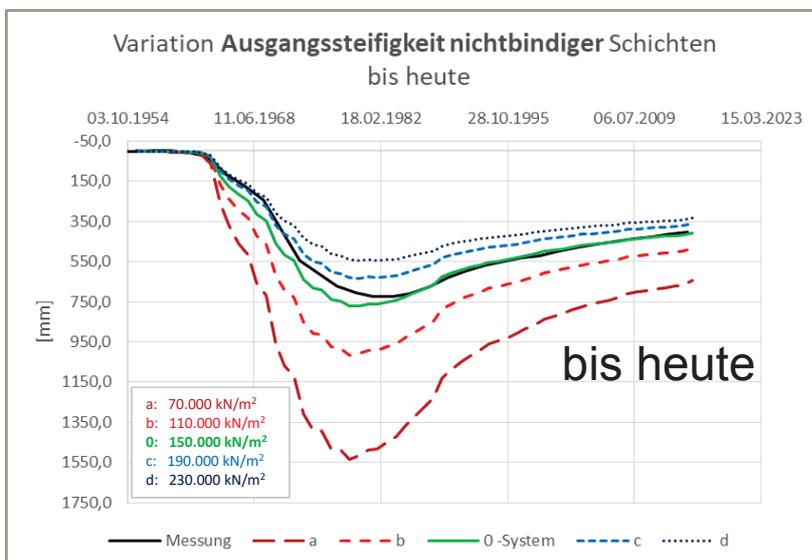
6. Sensitivitätsanalyse

mit Variation von:

2.1 Parametervariation				Index				
				a	b	0	c	d
Nr.	Parameter	Ausgangswert	Einheit	Reduzierung	0-System	0-System	Erhöhung	Erhöhung
1	Ausgangsteifigkeit nichtbindig	150.000	[kN/m ²]	70.000	110.000	150.000	190.000	230.000
2	Ausgangsteifigkeit bindig	15.000	[kN/m ²]	5.000	10.000	15.000	20.000	25.000
3	Ausgangskonsolidationsbeiwert	1,E-10	[m ² /s]	1,E-12	1,E-11	1,E-10	1,E-09	1,E-08
4	Teufenabhängige Steifigkeitszunahme nichtbindig	Es,nb (z)	[%]	-50%	-25%	Es,nb (z)	25%	50%
5	Teufenabhängige Steifigkeitszunahme bindig	Es,b (z)	[%]	-50%	-25%	Es,b (z)	25%	50%
	Teufenabhängige Steifigkeitszunahme: Variation bzw. Berechnung erfolgt nach			= 100% + (Es(z)-100%)*(100%+ij%)				
6	Hebungsfaktor nichtbindig	0,8	[-]	0,2	0,5	0,8	0,9	1
7	Hebungsfaktor bindig	0,66	[-]	0,33	0,5	0,66	0,9	1

2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

a) Ausgangsteifigkeit nichtbindig



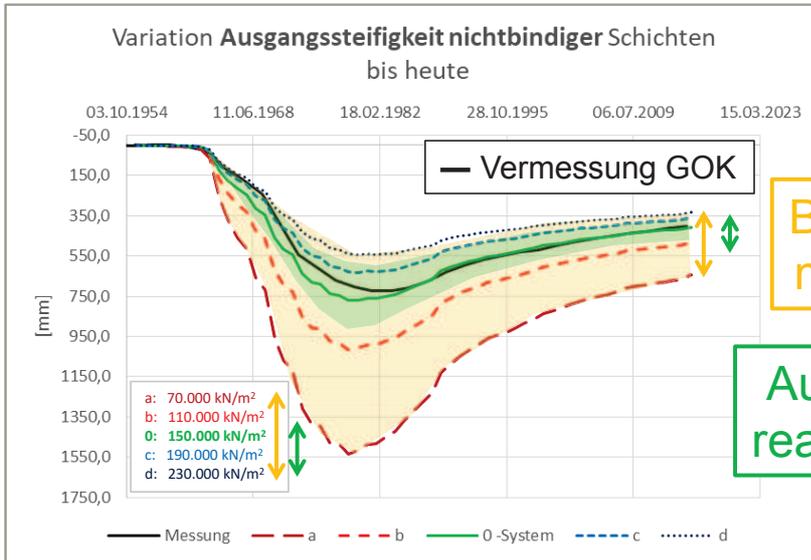
- Erhöhung

- 0-System

- Reduzierung

2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

a) Ausgangsteifigkeit nichtbindig



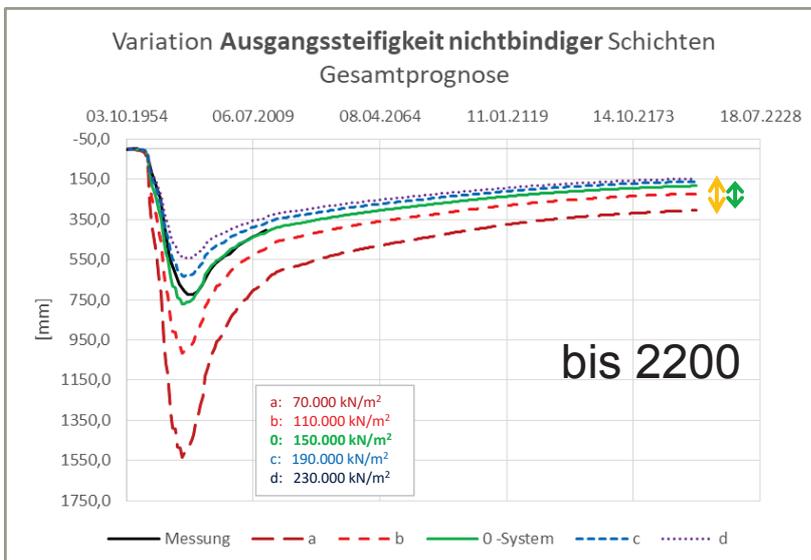
Bodenmech. theoretisch möglicher Wertebereich

Aufgrund der Messdaten realistischer Wertebereich



2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

a) Ausgangsteifigkeit nichtbindig



- Erhöhung

- 0-System

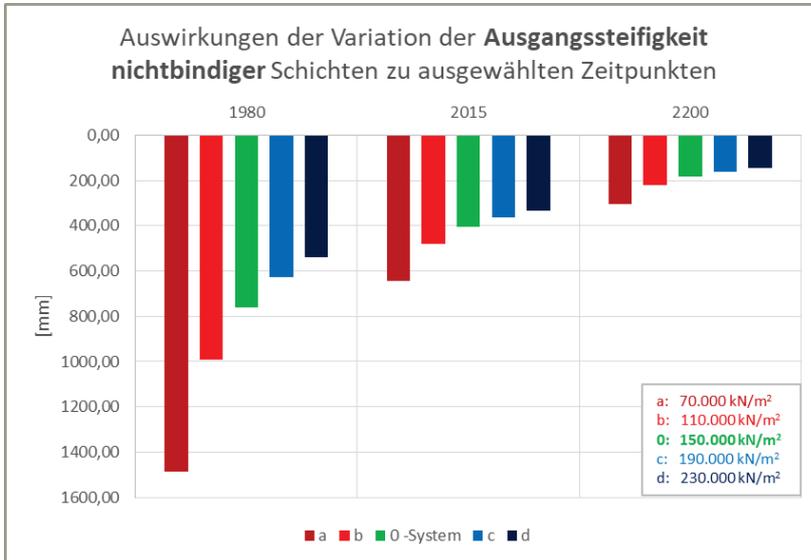
- Reduzierung

theoret. > realist. Streuweite



2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

a) Ausgangsteifigkeit nichtbindig



- Erhöhung

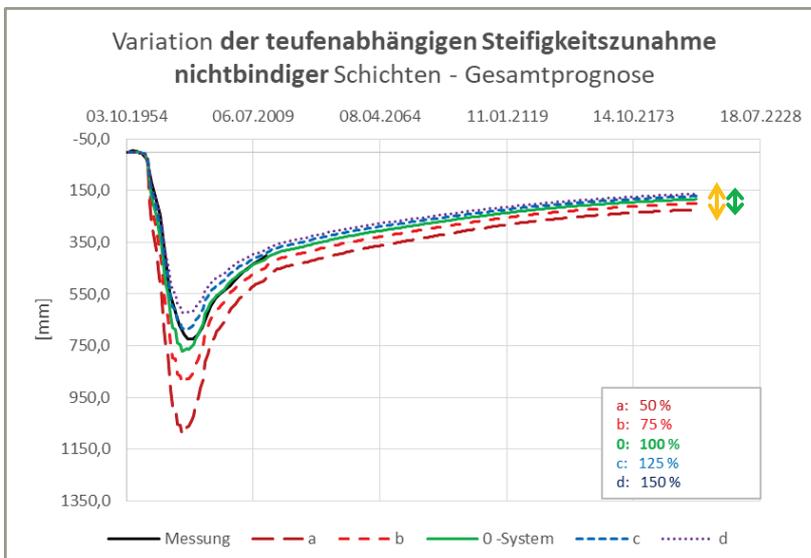
- 0-System

- Reduzierung

durchgängig
Einfluss auf Ergebnis

2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

d) Teufenabhängige Steifigkeitszunahme nichtbindig



- Erhöhung

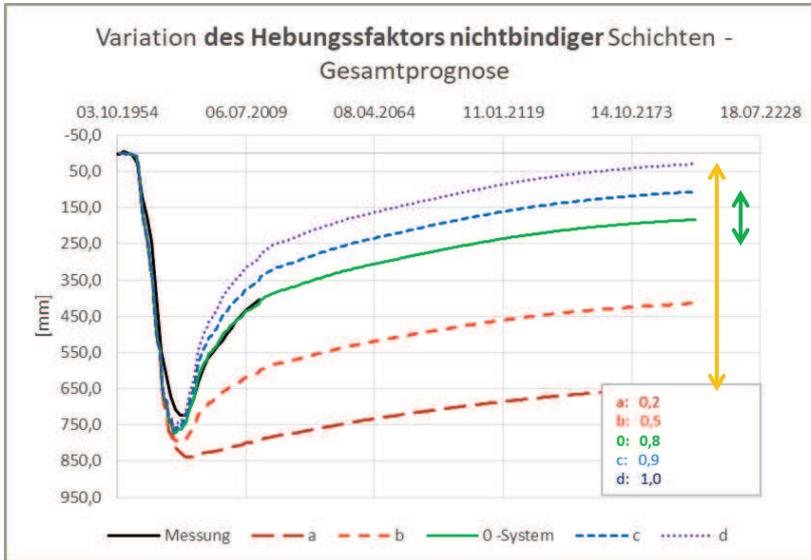
- 0-System

- Reduzierung

theoret. > realist.
Streuweite

2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

f) Hebungsfaktor nichtbindig

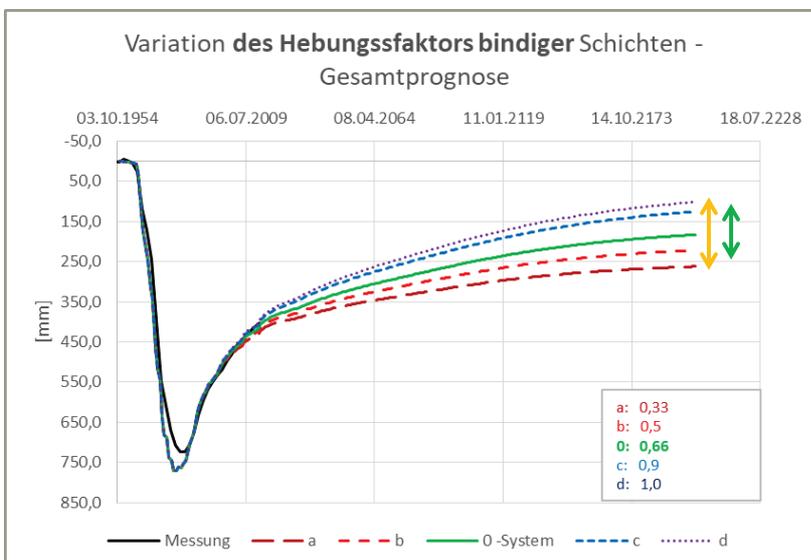


- Erhöhung
- 0-System
- Reduzierung

theoret. >> realist.
Streuweite

2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

g) Hebungsfaktor bindig

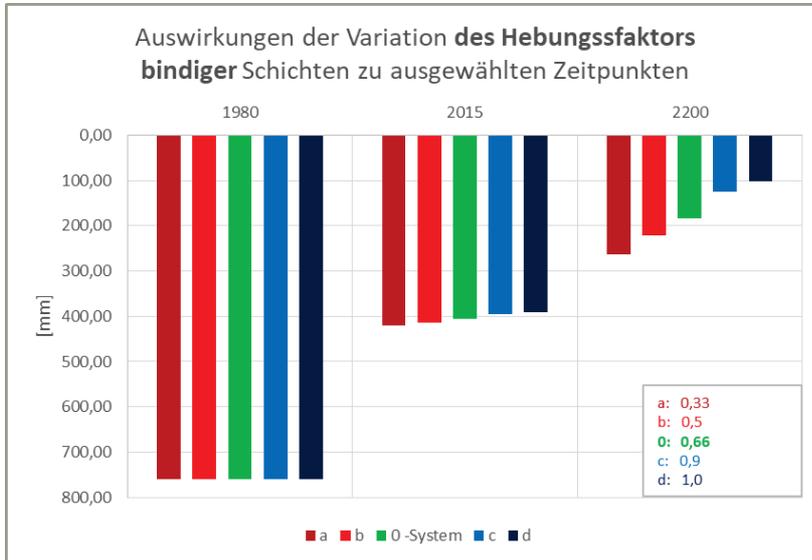


- Erhöhung
- 0-System
- Reduzierung

theoret. > realist.
Streuweite

2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

g) Hebungsfaktor bindig



- Erhöhung

- 0-System

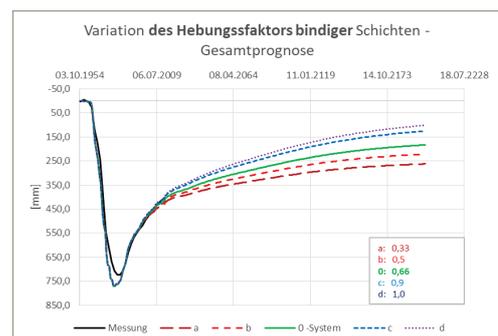
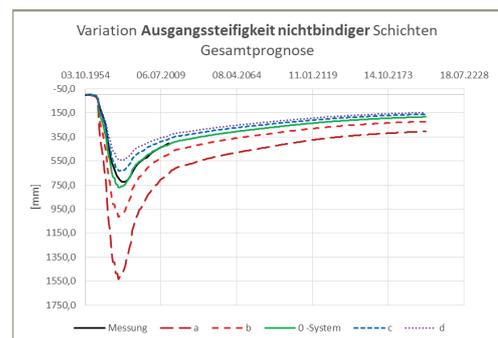
- Reduzierung

bis heute (2015)
kaum Einfluss

2.1 Sensitivitätsstudie an einem vorgegebenen Höhenfestpunkt

Fazit Variation Bodenkennwerte:

- ▼ 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



2.2 Bewertung der Eingangsdaten

Variation GW-Ganglinie:

- a) Verschiebung aller Grundwasserganglinien parallel nach oben
- b) Verschiebung aller Grundwasserganglinien parallel nach unten
- c) Verschiebung einzelner Grundwasserganglinien im Absenkungsmaximum um ± 20 m (Annahme: 7 GW-Leiter \times 2 = 14 Fallunterscheidungen)

Variation Schichtmächtigkeit:

- d) „Stauchung“ aller bindigen und „Dehnung“ aller nichtbindigen Schichten
- e) „Dehnung“ aller bindigen und „Stauchung“ aller nichtbindigen Schichten
- f) Reduzierung der zu betrachtenden Endteufe bzw. der untersten Schicht
- g) Erhöhung der zu betrachtenden Endteufe bzw. der untersten Schicht

2.2 Bewertung der Eingangsdaten

Variation GW-Ganglinie:

- a) Verschiebung aller Grundwasserganglinien parallel nach oben
- b) Verschiebung aller Grundwasserganglinien parallel nach unten
- c) Verschiebung einzelner Grundwasserganglinien im Absenkungsmaximum um ± 20 m (Annahme: 7 GW-Leiter \times 2 = 14 Fallunterscheidungen)

Einwirkung



2.2 Bewertung der Eingangsdaten

Variation GW-Ganglinien

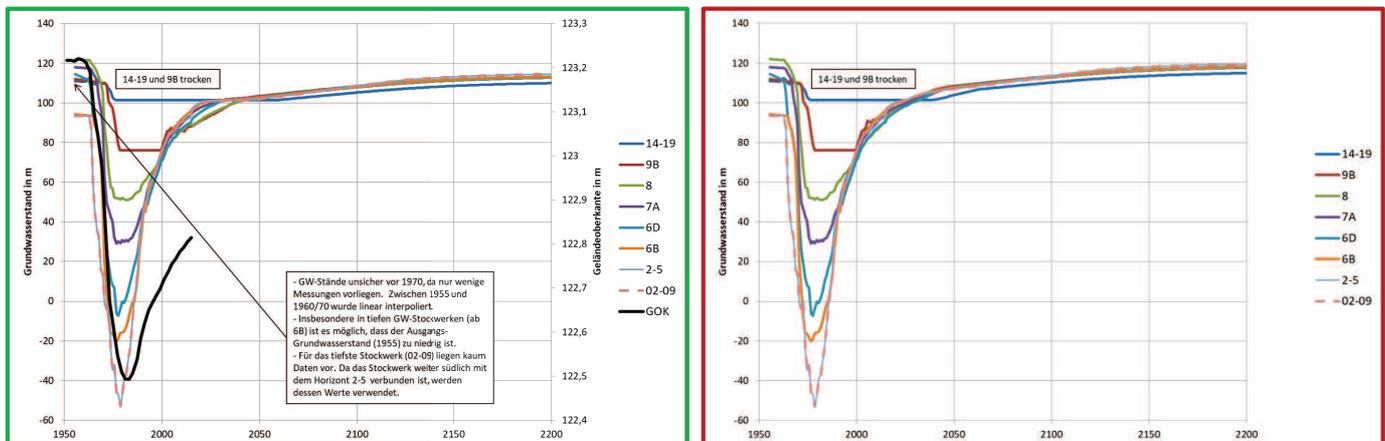
mit Variation von:

2.2 Variation der Grundwasser-Ganglinien		Index														
Nr.	Parameter	a	c	d	e	f	g	n	o	b	h	i	k	l	m	p
		Erhöhung [m]						0-System		Reduzierung [m]						
1	Endwert aller Ganglinien	5								-10						
2	Minimum der Ganglinie für Schicht 8		10								-10					
3	Minimum der Ganglinie für Schicht 7A			10								-10				
4	Minimum der Ganglinie für Schicht 6D				10								-10			
5	Minimum der Ganglinie für Schicht 6B					10								-10		
6	Minima der Ganglinien für Schichten 2-5 & 02-09						10								-10	
7	Minima der Ganglinien aller Schichten ab Schicht 8							10								-10



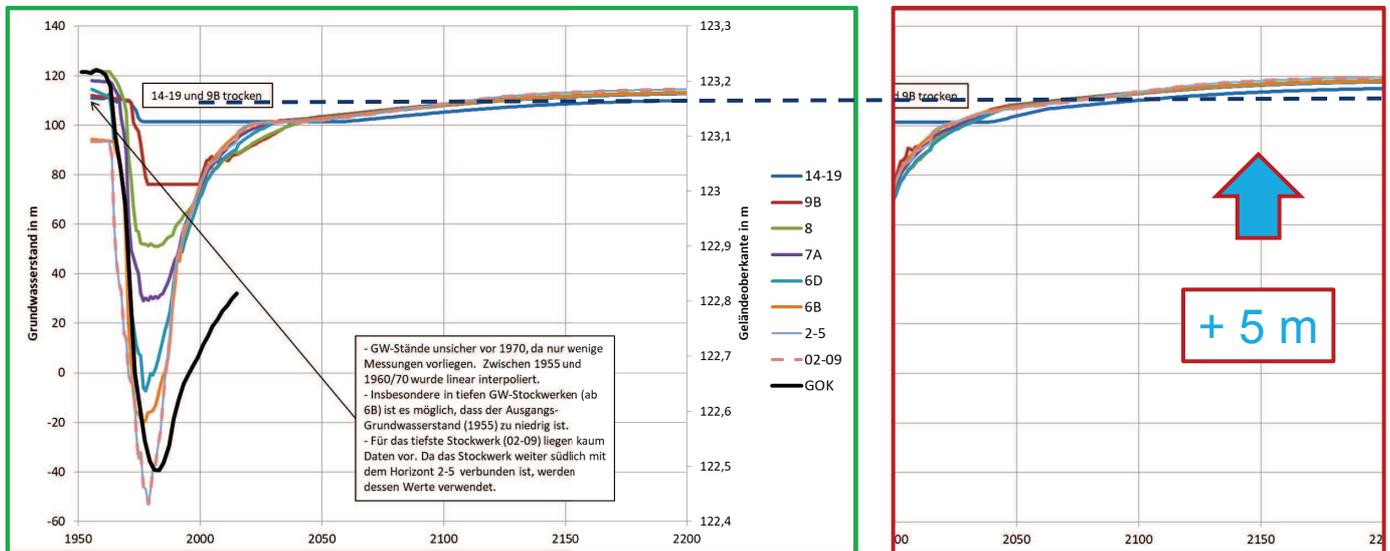
2.2 Bewertung der Eingangsdaten

a) Endwert aller GW-Ganglinien 5 m höher



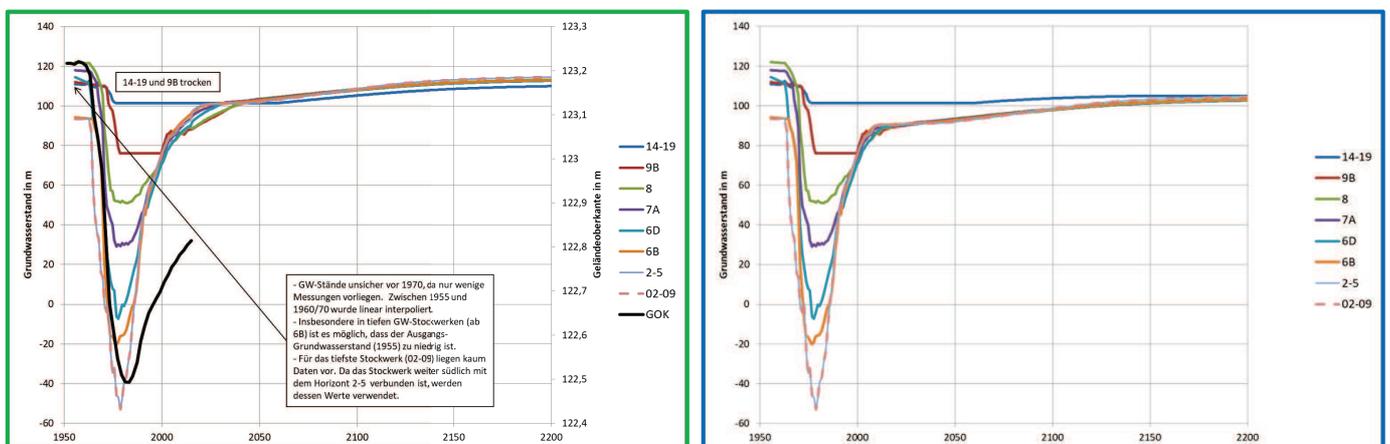
2.2 Bewertung der Eingangsdaten

a) Endwert aller GW-Ganglinien 5 m höher



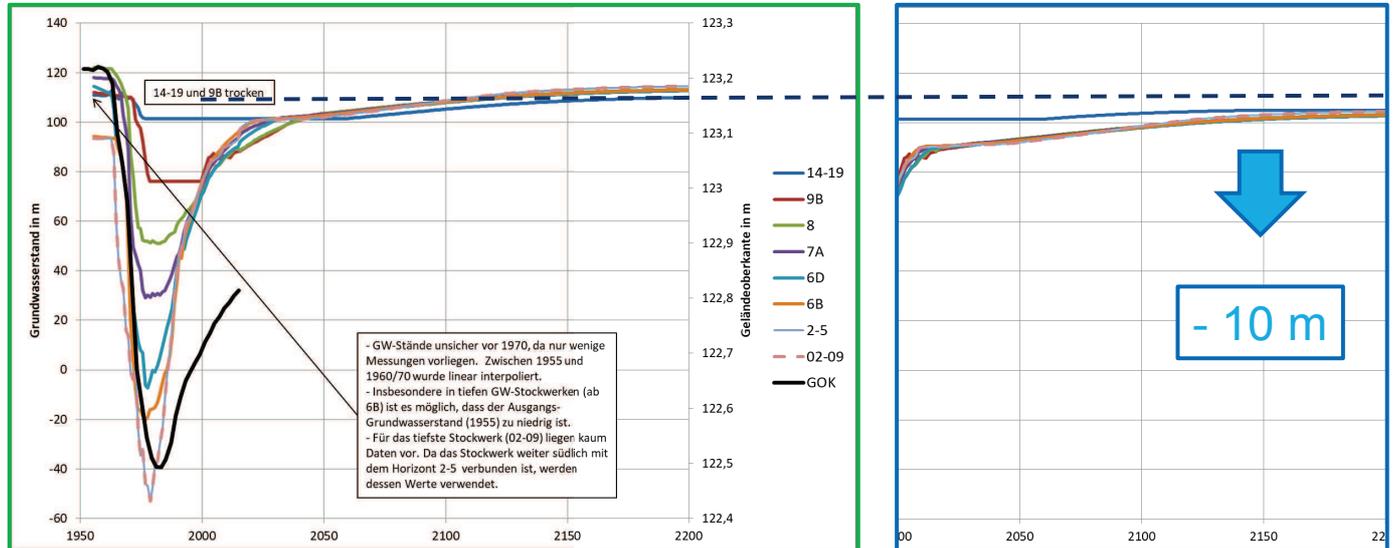
2.2 Bewertung der Eingangsdaten

b) Endwert aller GW-Ganglinien 10 m tiefer



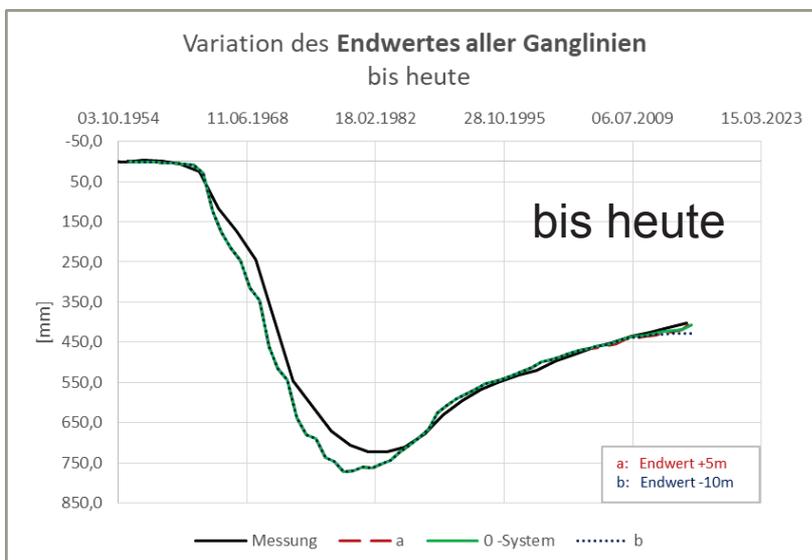
2.2 Bewertung der Eingangsdaten

b) Endwert aller GW-Ganglinien 10 m tiefer



2.2 Bewertung der Eingangsdaten

a) & b) Endwert aller GW-Ganglinien 5 m höher & 10 m tiefer



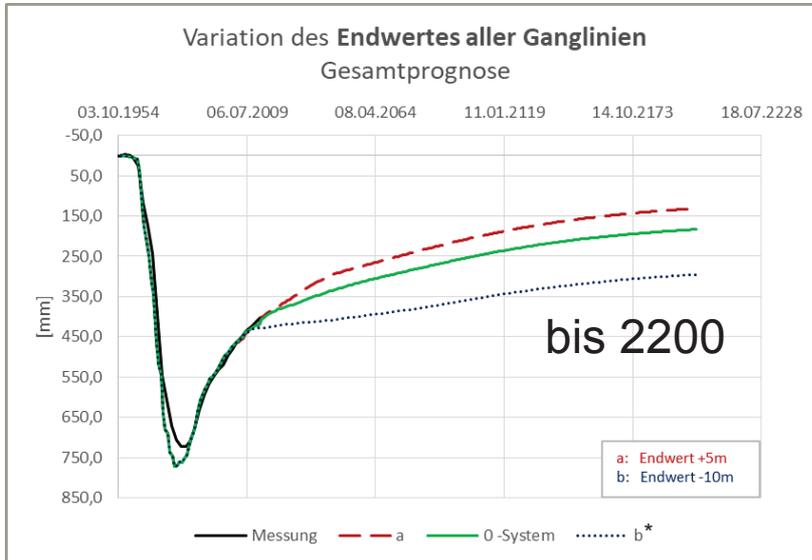
- Erhöhung

- 0-System

- Reduzierung

2.2 Bewertung der Eingangsdaten

a) & b) Endwert aller GW-Ganglinien 5 m höher & 10 m tiefer

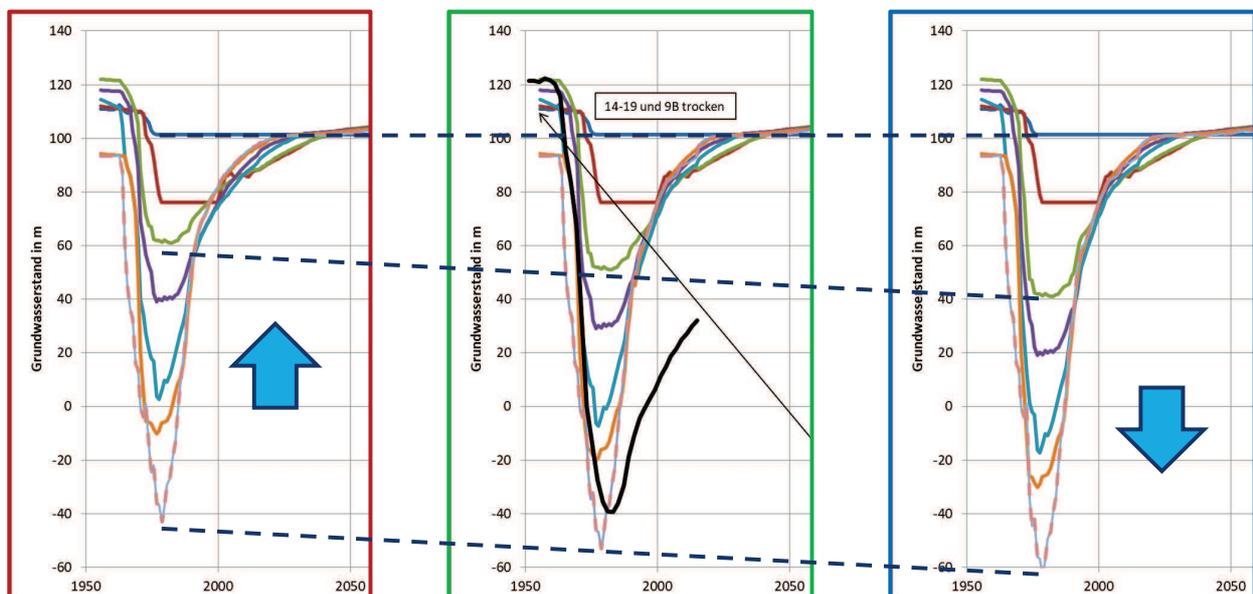


- Erhöhung
- 0-System
- Reduzierung

* „Knick“ in Kurve aufgrund künstlich generierter GW-Ganglinien

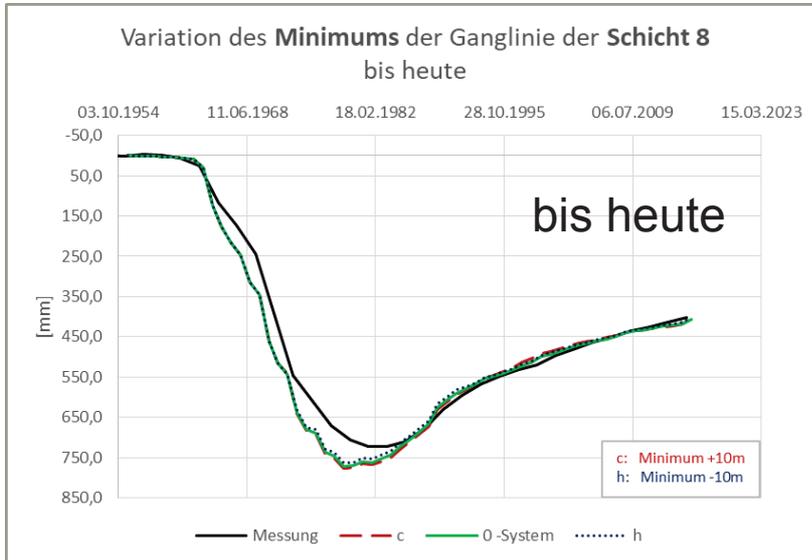
2.2 Bewertung der Eingangsdaten

c) bis m) Minima jeweils 10 m höher & 10 m tiefer



2.2 Bewertung der Eingangsdaten

c) & h) Minimum nur **Schicht 8** um 10 m höher & um 10 m tiefer



- Erhöhung

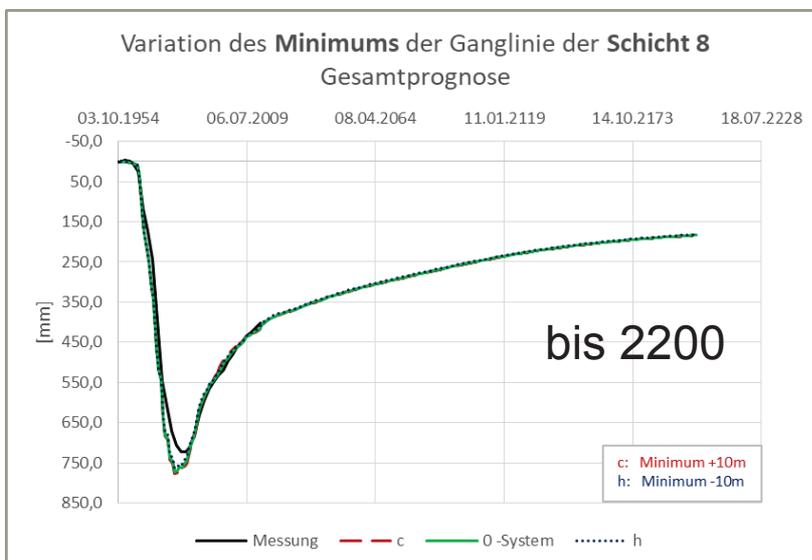
- 0-System

- Reduzierung



2.2 Bewertung der Eingangsdaten

c) & h) Minimum nur **Schicht 8** um 10 m höher & um 10 m tiefer



- Erhöhung

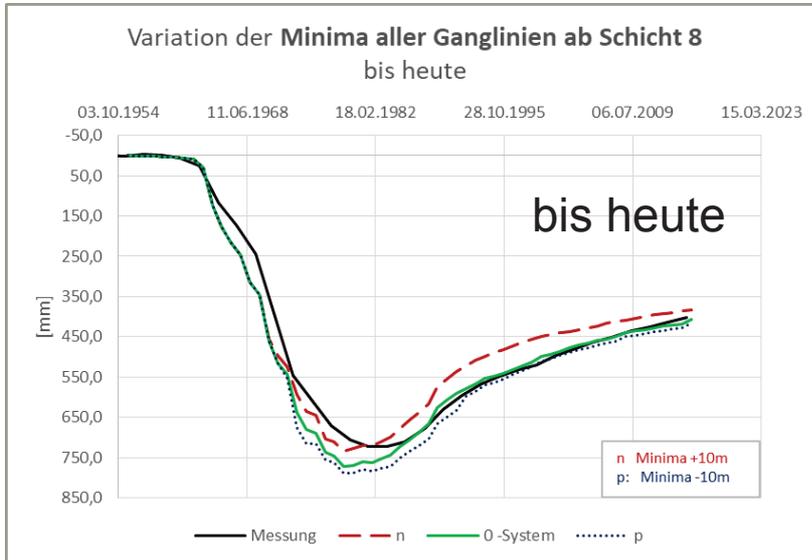
- 0-System

- Reduzierung



2.2 Bewertung der Eingangsdaten

c) bis m) Minima **aller Schichten** gleichzeitig 10 m höher & 10 m tiefer



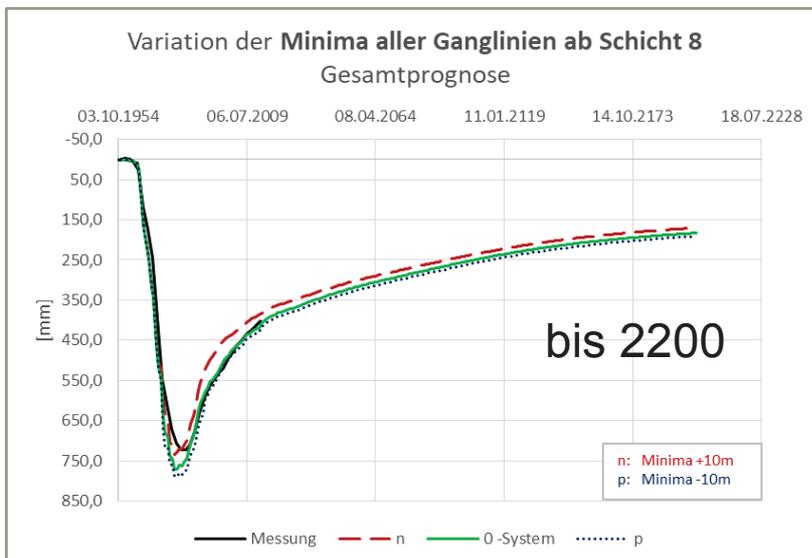
- Erhöhung

- 0-System

- Reduzierung

2.2 Bewertung der Eingangsdaten

c) bis m) Minima **aller Schichten** gleichzeitig 10 m höher & 10 m tiefer



- Erhöhung

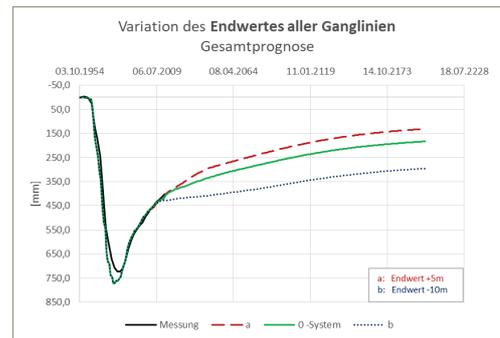
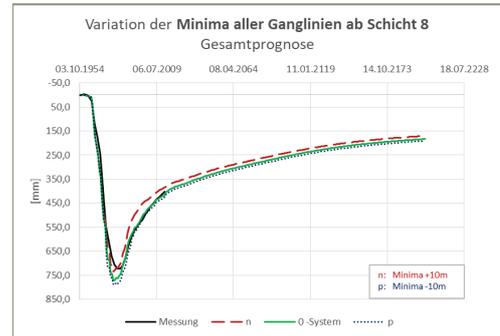
- 0-System

- Reduzierung

2.2 Bewertung der Eingangsdaten

Fazit Variation 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



Vorgehen / Projektskizze

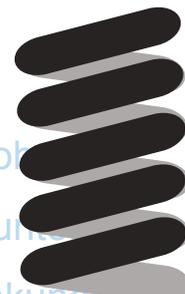
2.2 Bewertung der Eingangsdaten

Variation GW-Ganglinie:

- a) Verschiebung alle **Widerstand / Modell** nach oben
- b) Verschiebung aller Grundwasserganglinien parallel nach unten
- c) Verschiebung einzelner Grundwasserganglinien im Absenkungsmaximum um ± 20 m (Annahme: 7 GW-Leiter \times 2 = 14 Fallunterscheidungen)

Variation Schichtmächtigkeit:

- d) „Stauchung“ aller bindigen und „Dehnung“ aller nichtbindigen Schichten
- e) „Dehnung“ aller bindigen und „Stauchung“ aller nichtbindigen Schichten
- f) Reduzierung der zu betrachtenden Endteufe bzw. der untersten Schicht
- g) Erhöhung der zu betrachtenden Endteufe bzw. der untersten Schicht



2.2 Bewertung der Eingangsdaten

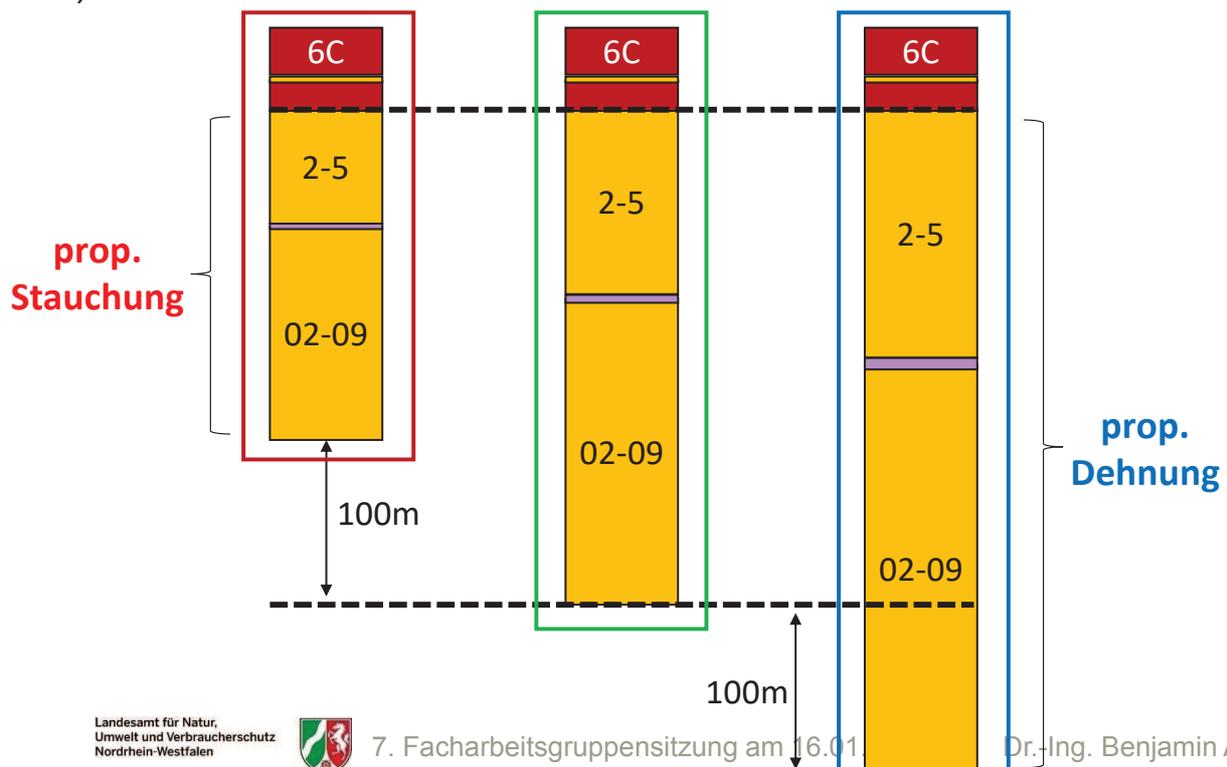
Variation der Schichtmächtigkeiten

mit Variation von:

2.2 Variation der Schichtenmächtigkeiten		Index						
		a	c	e	0	b	d	f
Nr.	Parameter	Stauchung		0-System		Dehnung		
1	Schichtunterkante der Schicht 02-09 [m]	100				-100		
2	Schichtunterkante aller bindigen Schichten		x				x	
3	Schichtunterkante aller bindigen Schichten OHNE KOHLE			x				x

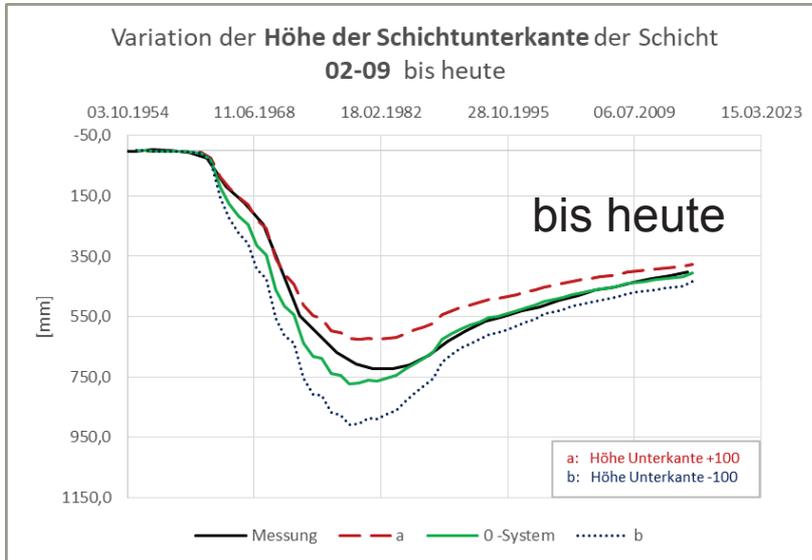
2.2 Bewertung der Eingangsdaten

a) & b) Unterkante 02-09 um 100 m höher & um 100 m tiefer



2.2 Bewertung der Eingangsdaten

a) & b) Unterkante 02-09 um 100 m höher & um 100 m tiefer



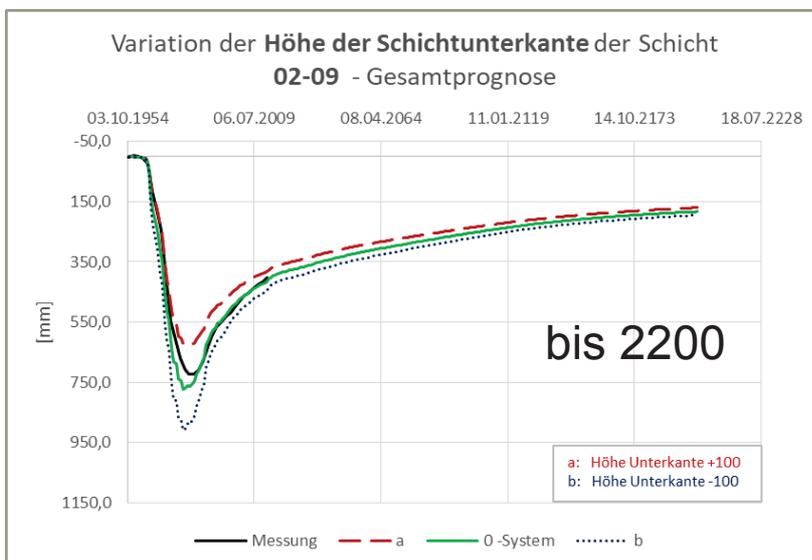
- Stauchung

- 0-System

- Dehnung

2.2 Bewertung der Eingangsdaten

a) & b) Unterkante 02-09 um 100 m höher & um 100 m tiefer



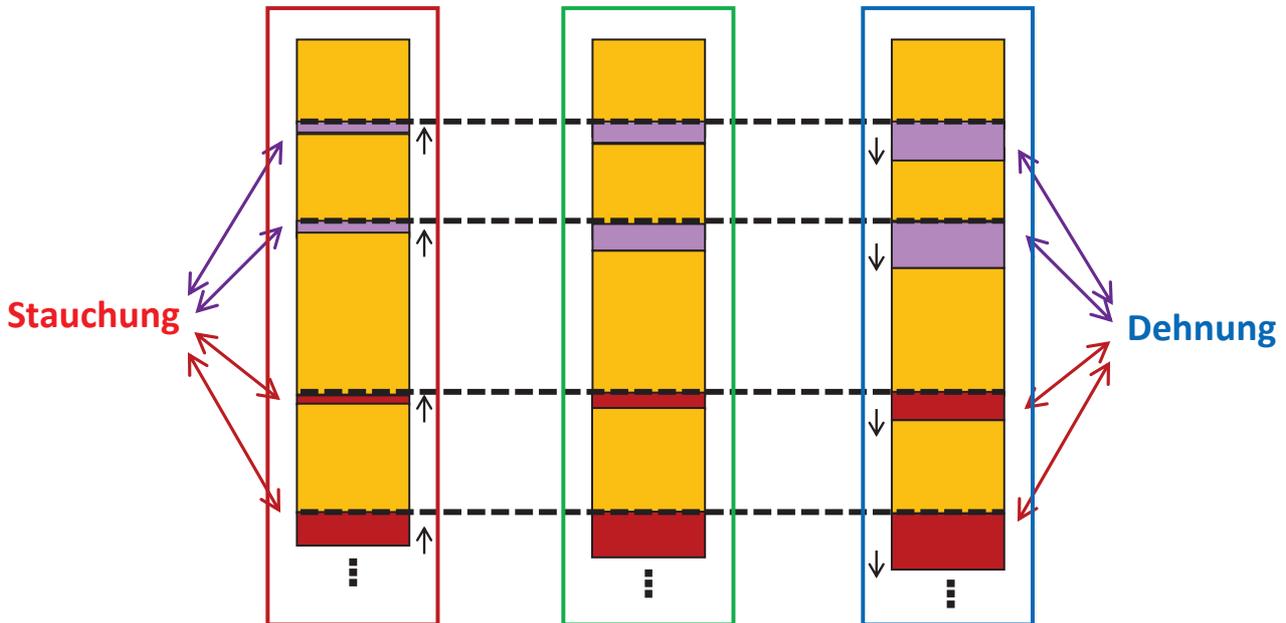
- Stauchung

- 0-System

- Dehnung

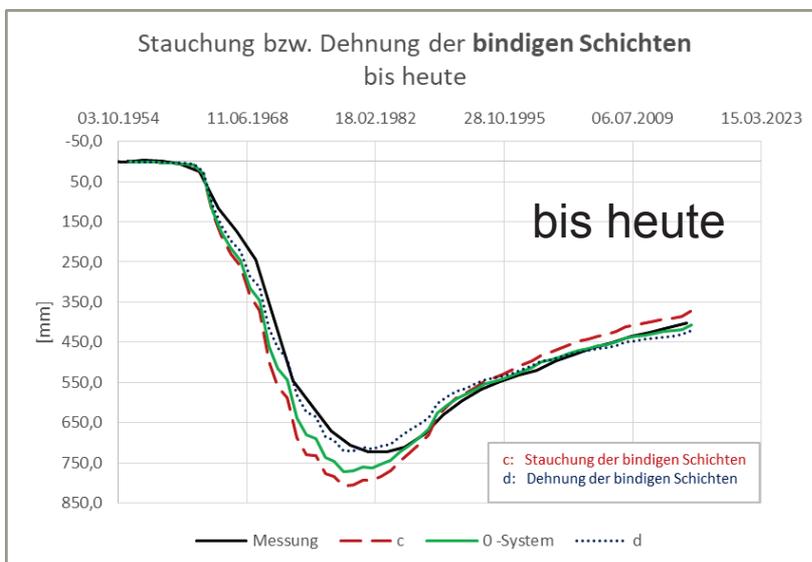
2.2 Bewertung der Eingangsdaten

c) & d) Stauchung & Dehnung der bindigen Schichten



2.2 Bewertung der Eingangsdaten

c) & d) Stauchung & Dehnung der bindigen Schichten



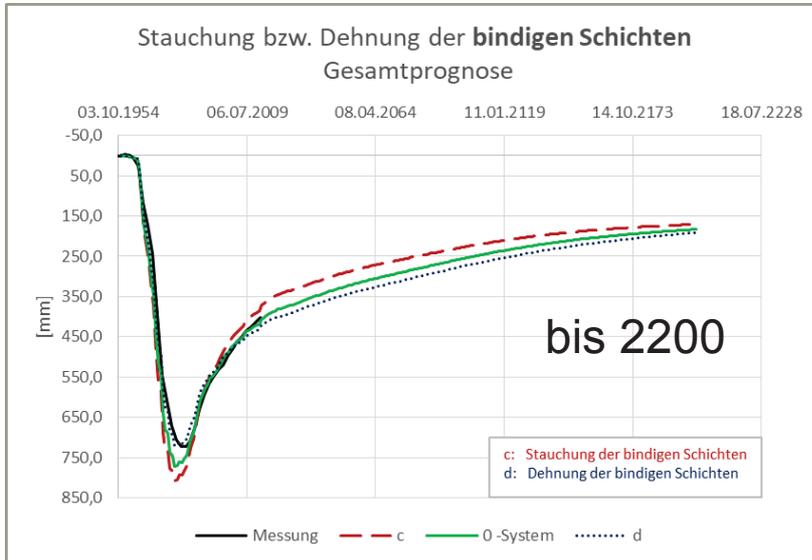
- Stauchung

- 0-System

- Dehnung

2.2 Bewertung der Eingangsdaten

c) & d) Stauchung & Dehnung der bindigen Schichten



- Stauchung

- 0-System

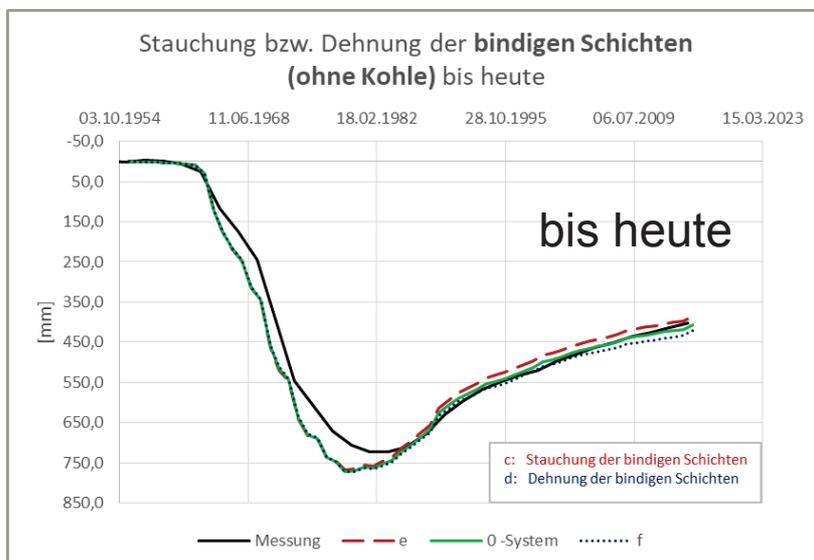
- Dehnung



2.2 Bewertung der Eingangsdaten

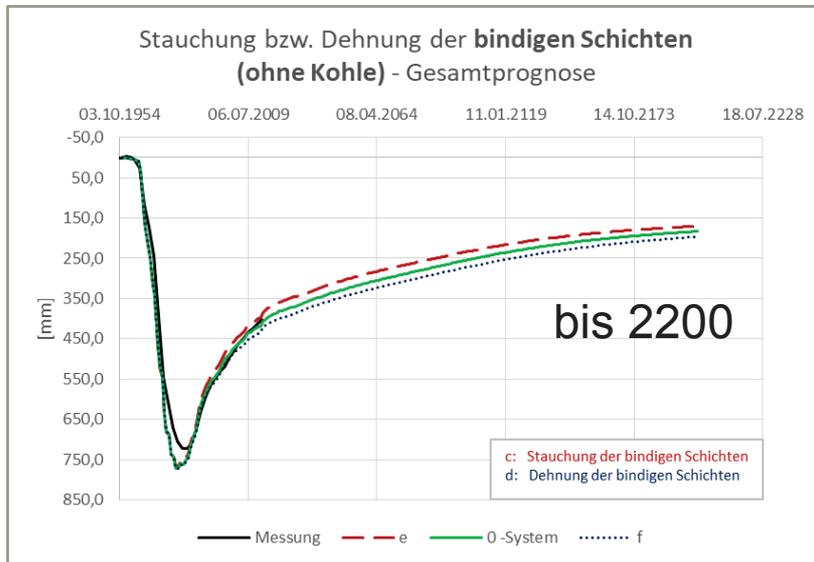
e) & f) Stauchung & Dehnung der bindigen Schichten

(ohne Kohle)



2.2 Bewertung der Eingangsdaten

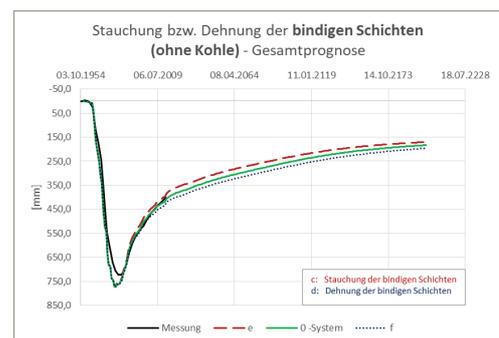
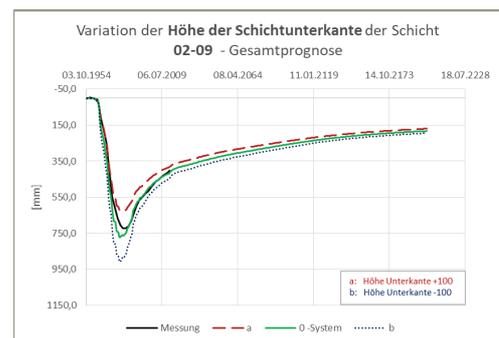
e) & f) Stauchung & Dehnung der bindigen Schichten (ohne Kohle)



2.2 Bewertung der Eingangsdaten

Fazit Variation 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“



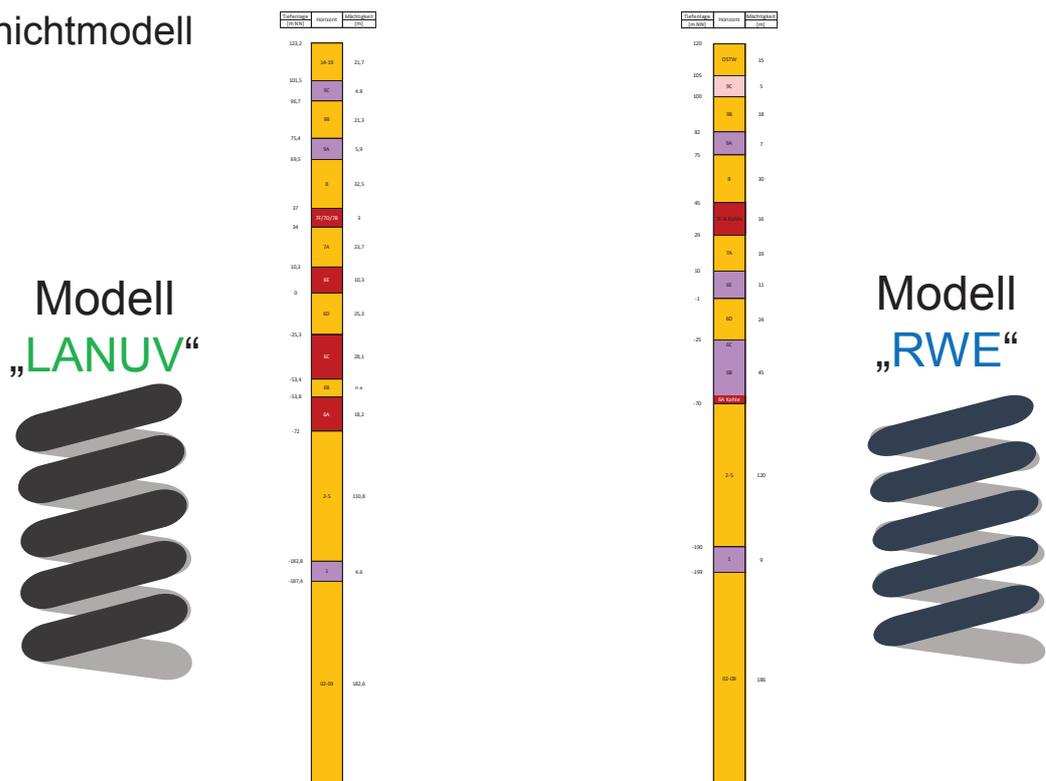
2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

- Analog zu erstem Punkt
- **Neuberechnung** mit abweichenden **Eingangsdaten** (Schichtprofil, GW)



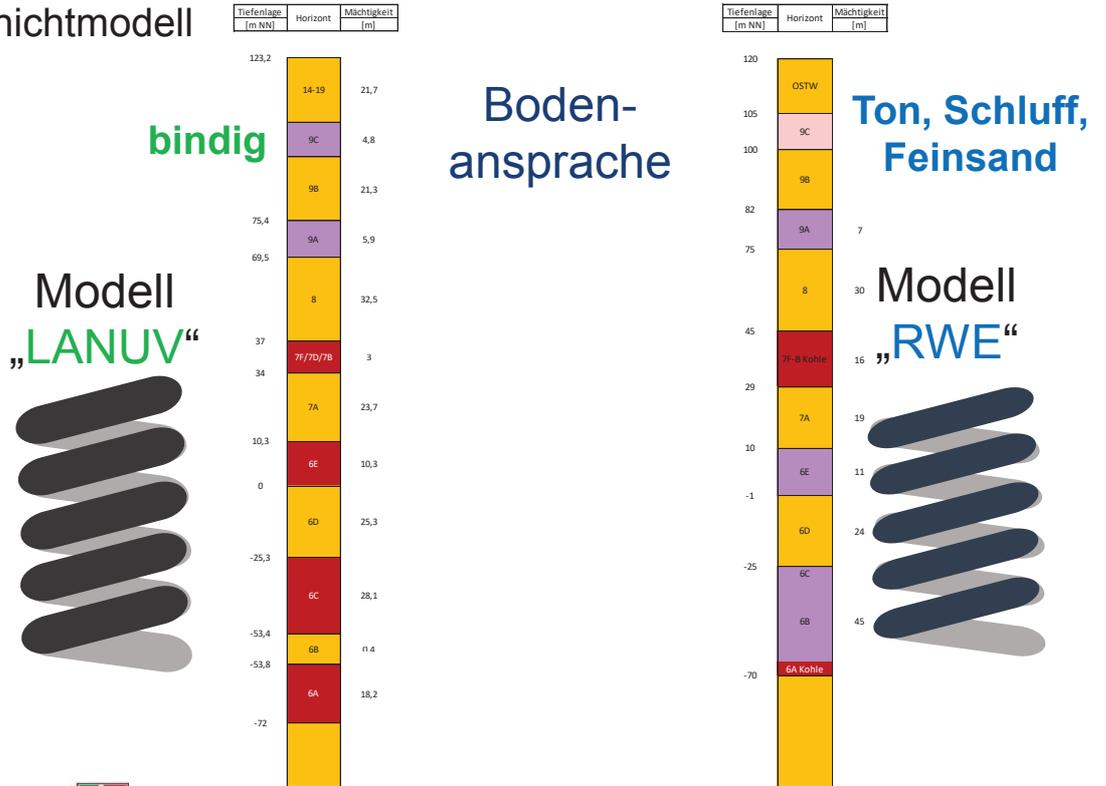
2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

a) Vergleich Schichtmodell



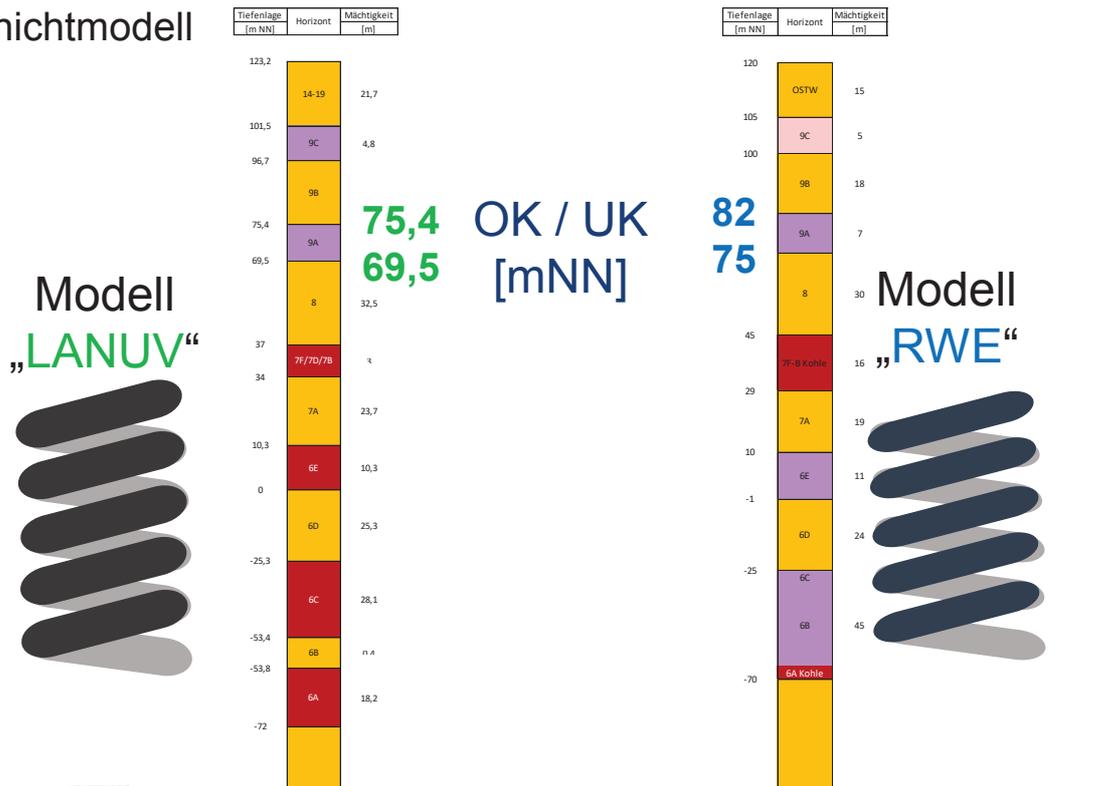
2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

a) Vergleich Schichtmodell



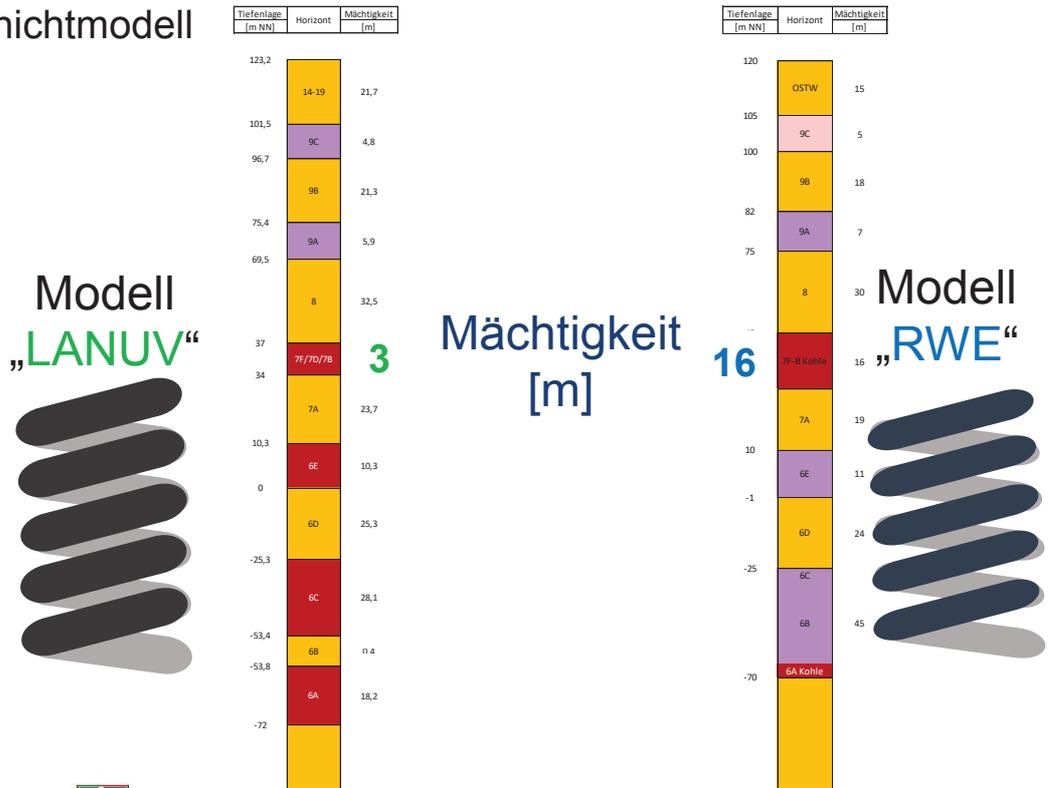
2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

a) Vergleich Schichtmodell



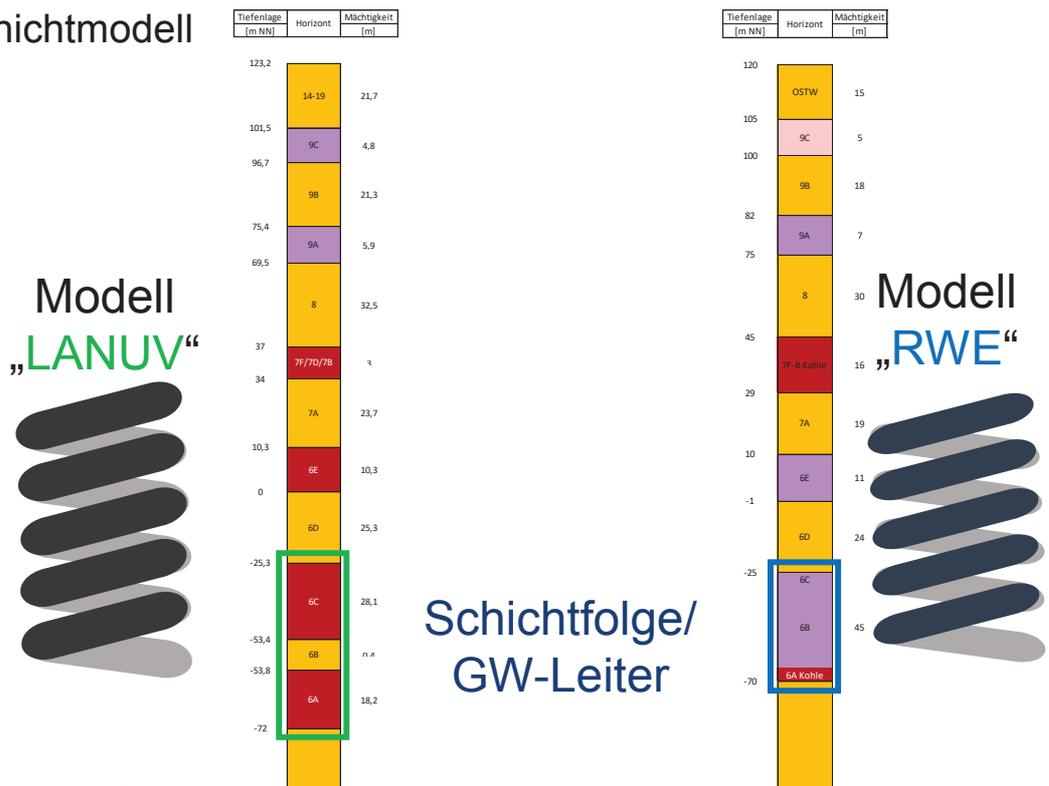
2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

a) Vergleich Schichtmodell



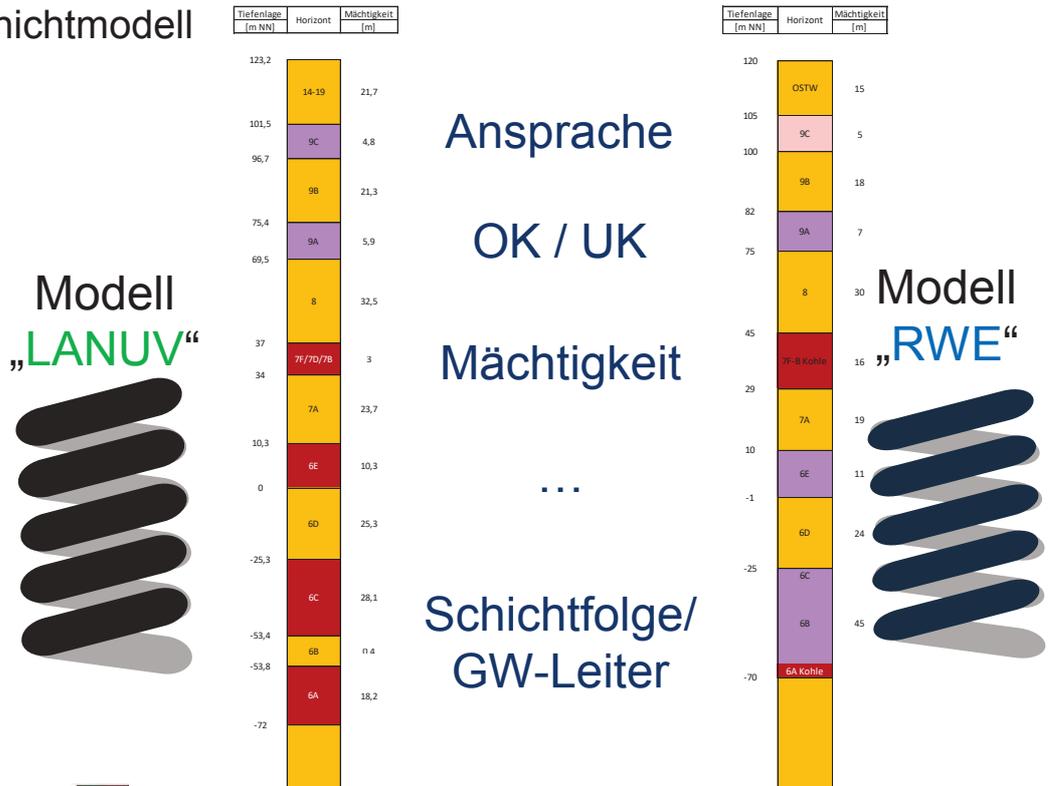
2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

a) Vergleich Schichtmodell



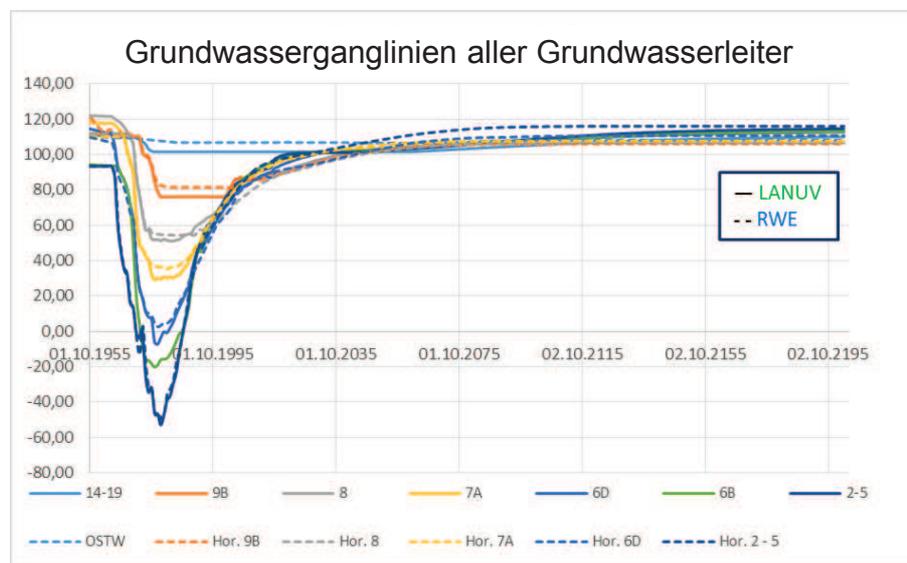
2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

a) Vergleich Schichtmodell



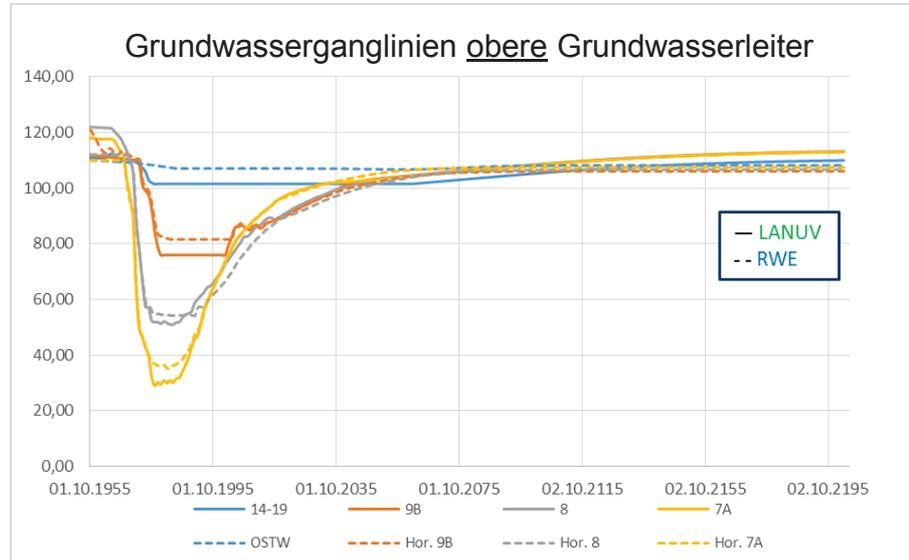
2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

b) Vergleich GW-Ganglinien



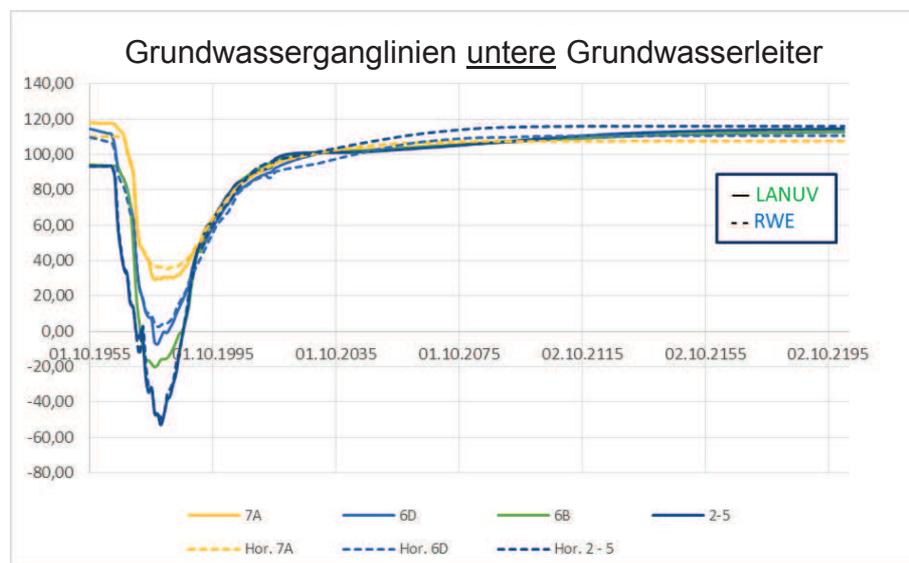
2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

b) Vergleich GW-Ganglinien



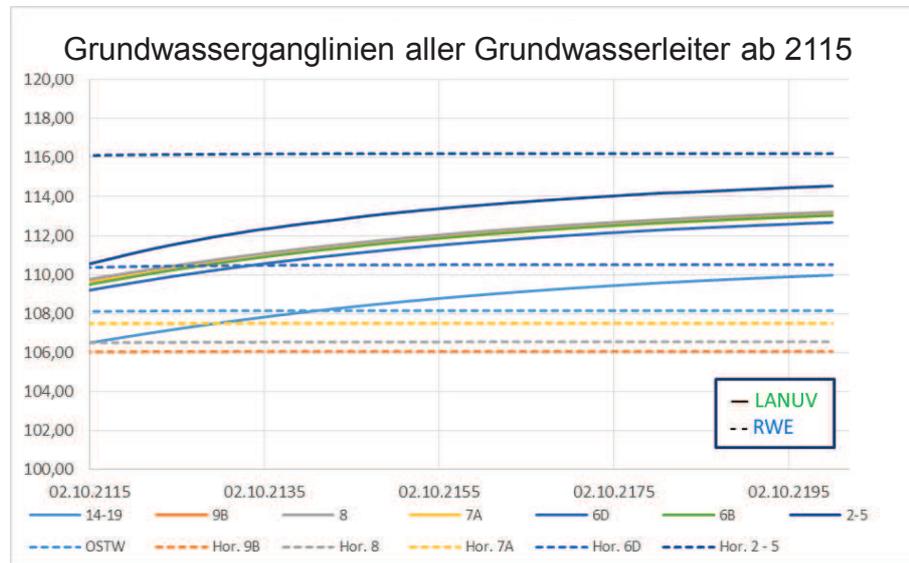
2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

b) Vergleich GW-Ganglinien



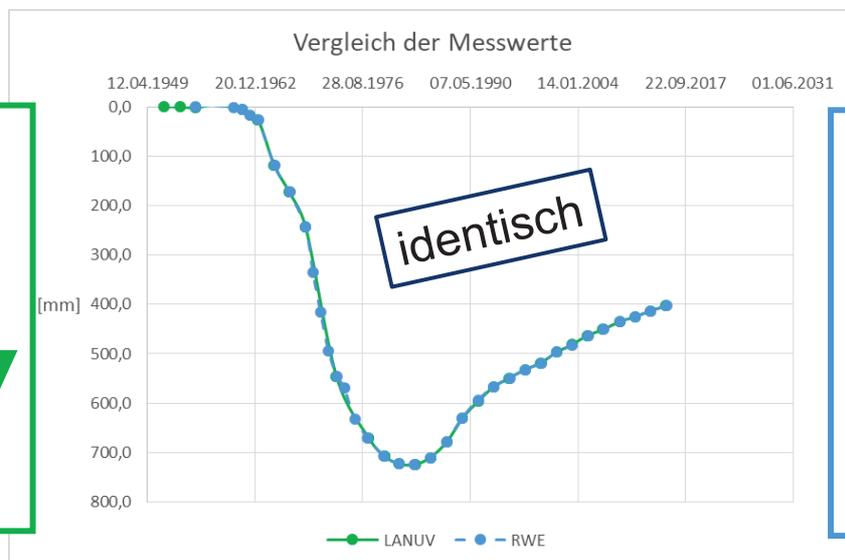
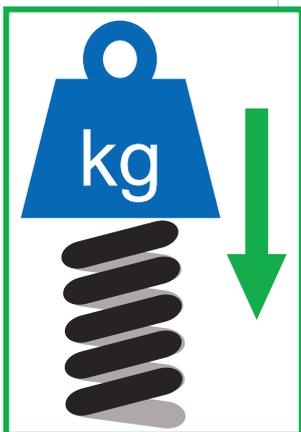
2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

b) Vergleich GW-Ganglinien



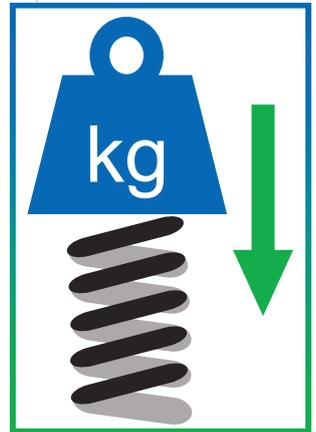
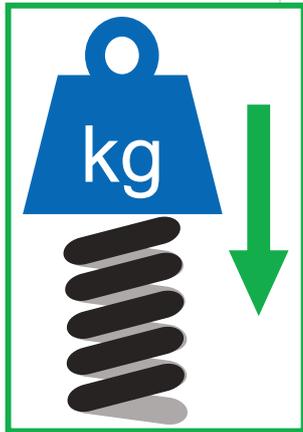
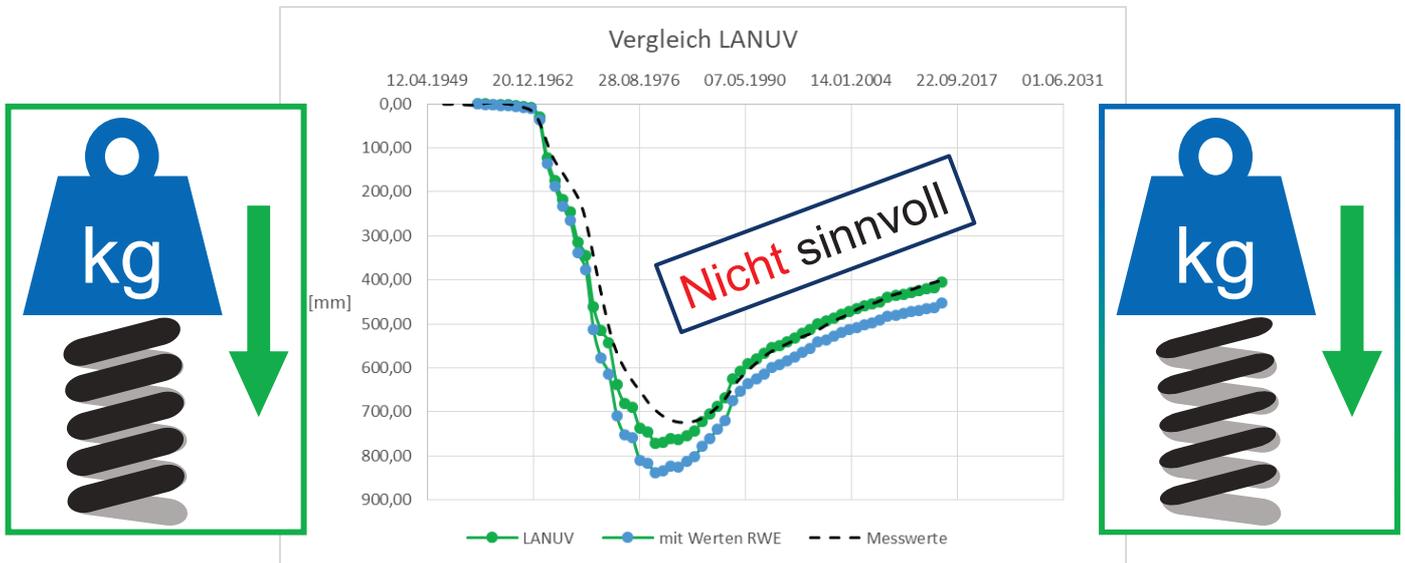
2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

c) Vergleich Messdaten



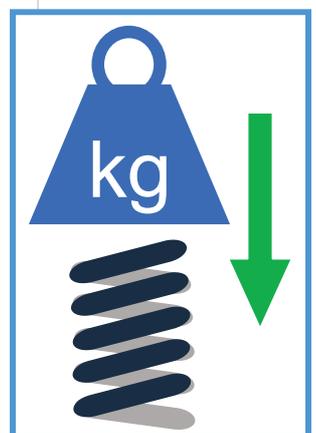
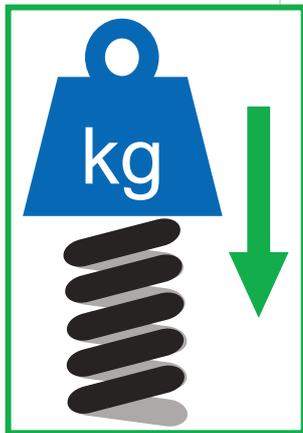
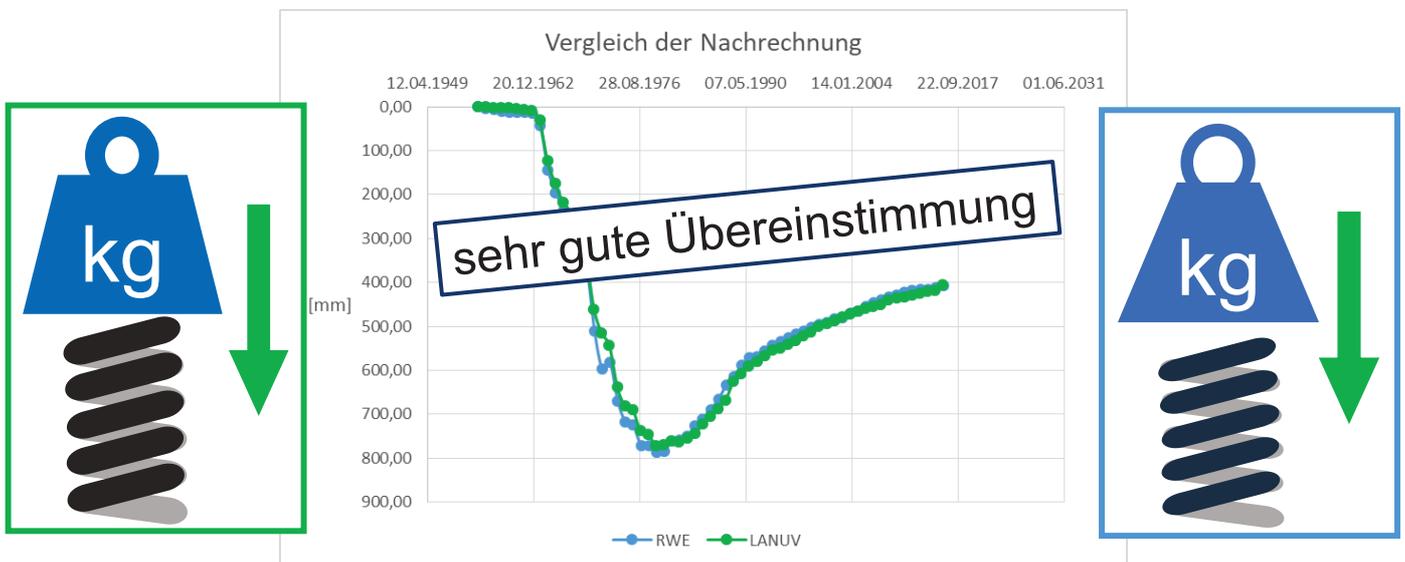
2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

d) Modell LANUV ohne Kalibrierung mit Bodenkennwerten RWE



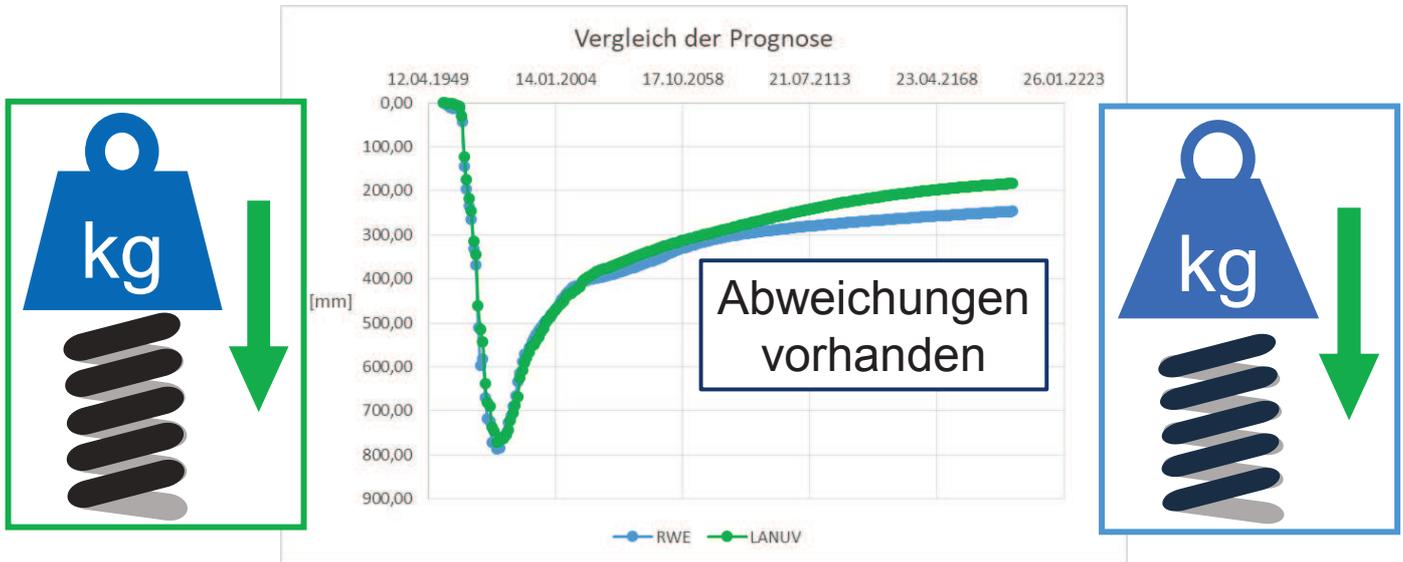
2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

e) Vergleich Nachrechnung mit Kalibrierung



2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

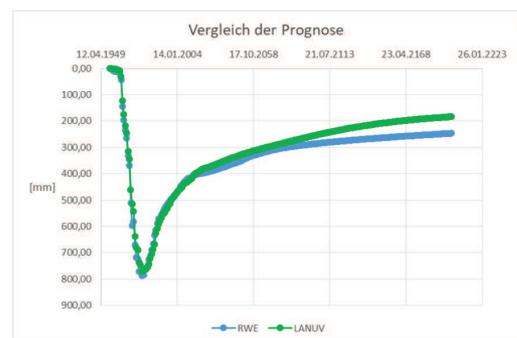
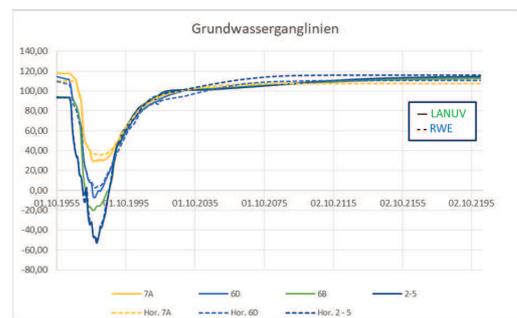
f) Vergleich Prognose mit Kalibrierung



2.3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt

Fazit Vergleich Niedermerz:

- ▼ 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 ✎



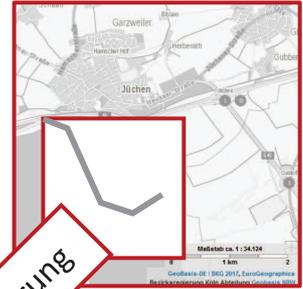
Erste Ergebnisse

Geologie + **Grundwasser** ⇒ **Bodenverhalten** ⇒ **Bewegungen**

Horizont	Profilnummer	Profilhöhe	Profilbreite	Profiltiefe	Profilart	Profilbeschreibung
10	10	0,00	0,00	0,00	10	10
11	11	0,00	0,00	0,00	11	11
12	12	0,00	0,00	0,00	12	12
13	13	0,00	0,00	0,00	13	13
14	14	0,00	0,00	0,00	14	14
15	15	0,00	0,00	0,00	15	15
16	16	0,00	0,00	0,00	16	16
17	17	0,00	0,00	0,00	17	17
18	18	0,00	0,00	0,00	18	18
19	19	0,00	0,00	0,00	19	19
20	20	0,00	0,00	0,00	20	20
21	21	0,00	0,00	0,00	21	21
22	22	0,00	0,00	0,00	22	22
23	23	0,00	0,00	0,00	23	23
24	24	0,00	0,00	0,00	24	24
25	25	0,00	0,00	0,00	25	25
26	26	0,00	0,00	0,00	26	26
27	27	0,00	0,00	0,00	27	27
28	28	0,00	0,00	0,00	28	28
29	29	0,00	0,00	0,00	29	29
30	30	0,00	0,00	0,00	30	30
31	31	0,00	0,00	0,00	31	31
32	32	0,00	0,00	0,00	32	32
33	33	0,00	0,00	0,00	33	33
34	34	0,00	0,00	0,00	34	34
35	35	0,00	0,00	0,00	35	35
36	36	0,00	0,00	0,00	36	36
37	37	0,00	0,00	0,00	37	37
38	38	0,00	0,00	0,00	38	38
39	39	0,00	0,00	0,00	39	39
40	40	0,00	0,00	0,00	40	40
41	41	0,00	0,00	0,00	41	41
42	42	0,00	0,00	0,00	42	42
43	43	0,00	0,00	0,00	43	43
44	44	0,00	0,00	0,00	44	44
45	45	0,00	0,00	0,00	45	45
46	46	0,00	0,00	0,00	46	46
47	47	0,00	0,00	0,00	47	47
48	48	0,00	0,00	0,00	48	48
49	49	0,00	0,00	0,00	49	49
50	50	0,00	0,00	0,00	50	50



GW-Änderungen
Strömungskräfte
Potentialdifferenzen
Spannungsänderung
Kompression
Solidation ...
Setzungen
Rücksetzungen ...



Realität
Modell

Interpretation

Interpretation

Bodenmechanik

Kalibrierung



Modell
ZAI



Erste Ergebnisse

Geologie + **Grundwasser** ⇒ **Bodenverhalten** ⇒ **Bewegungen**

Horizont	Profilnummer	Profilhöhe	Profilbreite	Profiltiefe	Profilart	Profilbeschreibung
10	10	0,00	0,00	0,00	10	10
11	11	0,00	0,00	0,00	11	11
12	12	0,00	0,00	0,00	12	12
13	13	0,00	0,00	0,00	13	13
14	14	0,00	0,00	0,00	14	14
15	15	0,00	0,00	0,00	15	15
16	16	0,00	0,00	0,00	16	16
17	17	0,00	0,00	0,00	17	17
18	18	0,00	0,00	0,00	18	18
19	19	0,00	0,00	0,00	19	19
20	20	0,00	0,00	0,00	20	20
21	21	0,00	0,00	0,00	21	21
22	22	0,00	0,00	0,00	22	22
23	23	0,00	0,00	0,00	23	23
24	24	0,00	0,00	0,00	24	24
25	25	0,00	0,00	0,00	25	25
26	26	0,00	0,00	0,00	26	26
27	27	0,00	0,00	0,00	27	27
28	28	0,00	0,00	0,00	28	28
29	29	0,00	0,00	0,00	29	29
30	30	0,00	0,00	0,00	30	30
31	31	0,00	0,00	0,00	31	31
32	32	0,00	0,00	0,00	32	32
33	33	0,00	0,00	0,00	33	33
34	34	0,00	0,00	0,00	34	34
35	35	0,00	0,00	0,00	35	35
36	36	0,00	0,00	0,00	36	36
37	37	0,00	0,00	0,00	37	37
38	38	0,00	0,00	0,00	38	38
39	39	0,00	0,00	0,00	39	39
40	40	0,00	0,00	0,00	40	40
41	41	0,00	0,00	0,00	41	41
42	42	0,00	0,00	0,00	42	42
43	43	0,00	0,00	0,00	43	43
44	44	0,00	0,00	0,00	44	44
45	45	0,00	0,00	0,00	45	45
46	46	0,00	0,00	0,00	46	46
47	47	0,00	0,00	0,00	47	47
48	48	0,00	0,00	0,00	48	48
49	49	0,00	0,00	0,00	49	49
50	50	0,00	0,00	0,00	50	50



GW-Änderungen
Strömungskräfte
Potentialdifferenzen
Spannungsänderung
Kompression
Solidation ...
Setzungen
Rücksetzungen ...



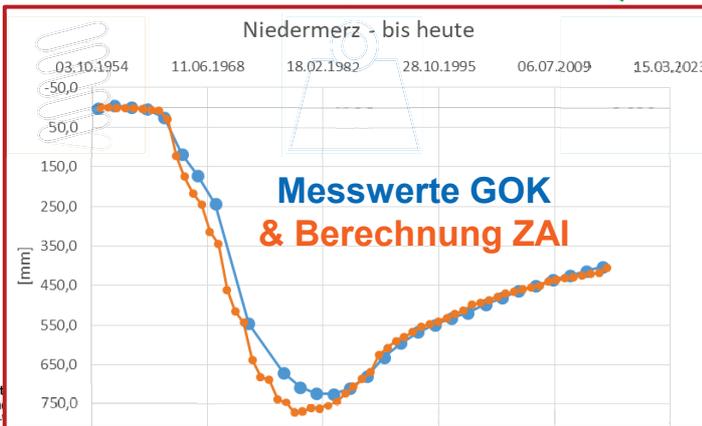
Realität
Modell

Interpretation

Interpretation

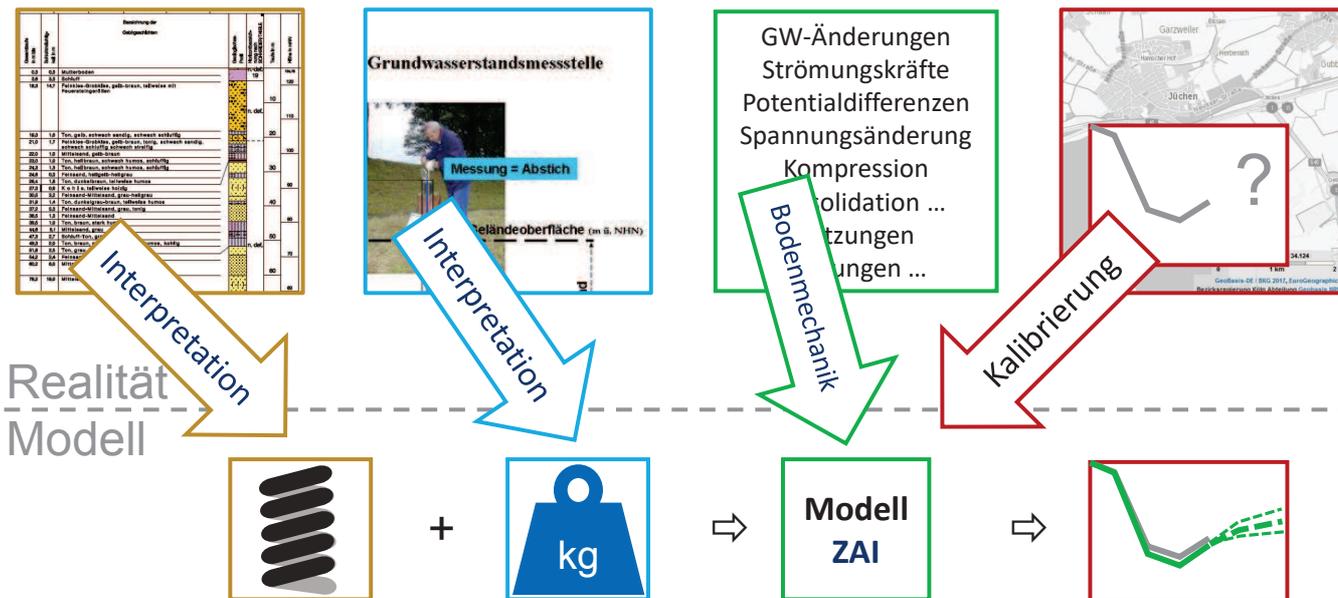
Bodenmechanik

Kalibrierung



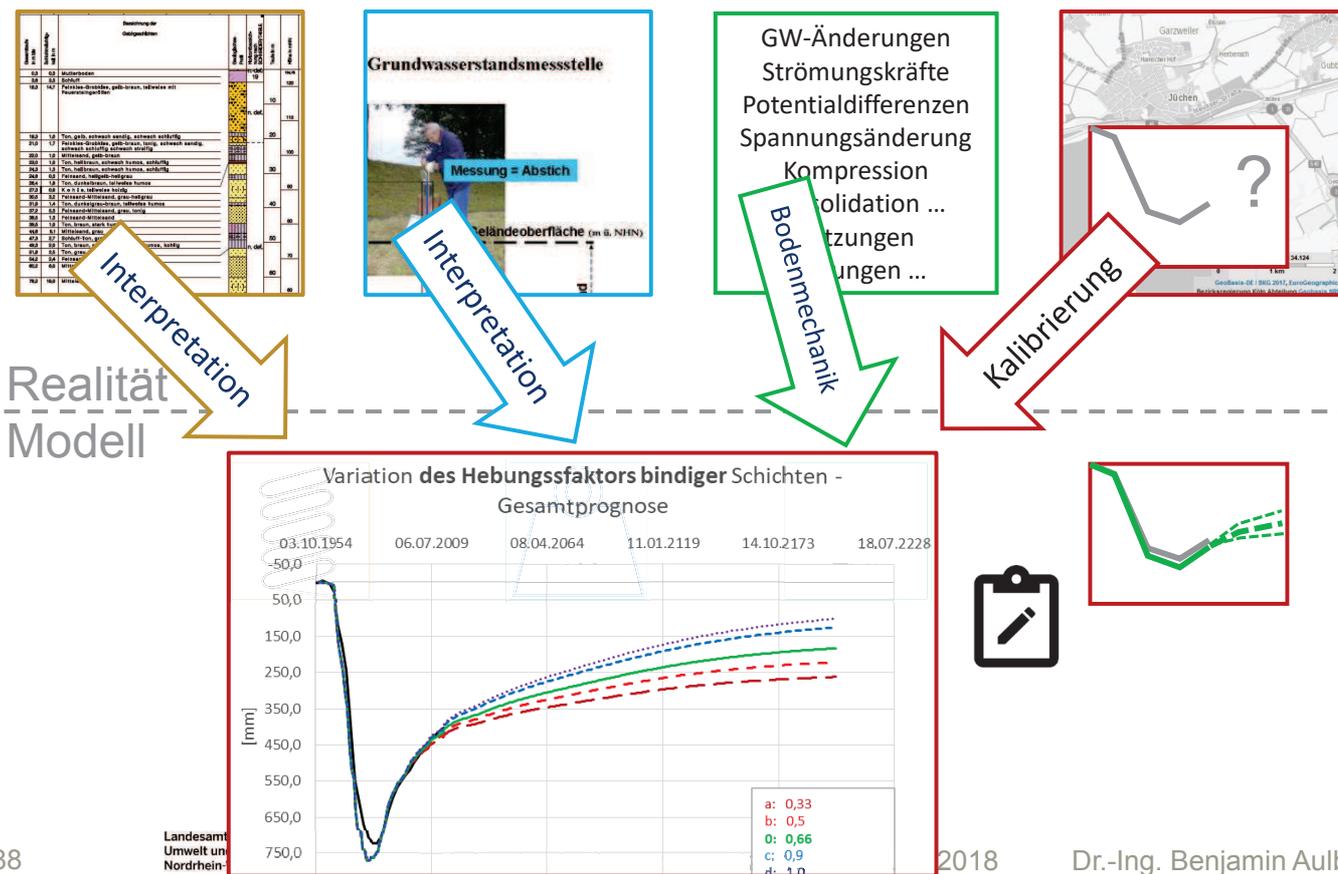
Erste Ergebnisse

Geologie + **Grundwasser** ⇒ **Bodenverhalten** ⇒ **Bewegungen**



Erste Ergebnisse

Geologie + **Grundwasser** ⇒ **Bodenverhalten** ⇒ **Bewegungen**



Erste Ergebnisse

Geologie + **Grundwasser** ⇒ **Bodenverhalten** ⇒ **Bewegungen**

Horizont	Profilnummer	Profilhöhe	Profilbreite	Profiltiefe	Profilart	Profilbeschreibung
10	10	0,00	0,00	0,00	10	10
11	11	0,00	0,00	0,00	11	11
12	12	0,00	0,00	0,00	12	12
13	13	0,00	0,00	0,00	13	13
14	14	0,00	0,00	0,00	14	14
15	15	0,00	0,00	0,00	15	15
16	16	0,00	0,00	0,00	16	16
17	17	0,00	0,00	0,00	17	17
18	18	0,00	0,00	0,00	18	18
19	19	0,00	0,00	0,00	19	19
20	20	0,00	0,00	0,00	20	20
21	21	0,00	0,00	0,00	21	21
22	22	0,00	0,00	0,00	22	22
23	23	0,00	0,00	0,00	23	23
24	24	0,00	0,00	0,00	24	24
25	25	0,00	0,00	0,00	25	25
26	26	0,00	0,00	0,00	26	26
27	27	0,00	0,00	0,00	27	27
28	28	0,00	0,00	0,00	28	28
29	29	0,00	0,00	0,00	29	29
30	30	0,00	0,00	0,00	30	30
31	31	0,00	0,00	0,00	31	31
32	32	0,00	0,00	0,00	32	32
33	33	0,00	0,00	0,00	33	33
34	34	0,00	0,00	0,00	34	34
35	35	0,00	0,00	0,00	35	35
36	36	0,00	0,00	0,00	36	36
37	37	0,00	0,00	0,00	37	37
38	38	0,00	0,00	0,00	38	38
39	39	0,00	0,00	0,00	39	39
40	40	0,00	0,00	0,00	40	40
41	41	0,00	0,00	0,00	41	41
42	42	0,00	0,00	0,00	42	42
43	43	0,00	0,00	0,00	43	43
44	44	0,00	0,00	0,00	44	44
45	45	0,00	0,00	0,00	45	45
46	46	0,00	0,00	0,00	46	46
47	47	0,00	0,00	0,00	47	47
48	48	0,00	0,00	0,00	48	48
49	49	0,00	0,00	0,00	49	49
50	50	0,00	0,00	0,00	50	50
51	51	0,00	0,00	0,00	51	51
52	52	0,00	0,00	0,00	52	52
53	53	0,00	0,00	0,00	53	53
54	54	0,00	0,00	0,00	54	54
55	55	0,00	0,00	0,00	55	55
56	56	0,00	0,00	0,00	56	56
57	57	0,00	0,00	0,00	57	57
58	58	0,00	0,00	0,00	58	58
59	59	0,00	0,00	0,00	59	59
60	60	0,00	0,00	0,00	60	60
61	61	0,00	0,00	0,00	61	61
62	62	0,00	0,00	0,00	62	62
63	63	0,00	0,00	0,00	63	63
64	64	0,00	0,00	0,00	64	64
65	65	0,00	0,00	0,00	65	65
66	66	0,00	0,00	0,00	66	66
67	67	0,00	0,00	0,00	67	67
68	68	0,00	0,00	0,00	68	68
69	69	0,00	0,00	0,00	69	69
70	70	0,00	0,00	0,00	70	70
71	71	0,00	0,00	0,00	71	71
72	72	0,00	0,00	0,00	72	72
73	73	0,00	0,00	0,00	73	73
74	74	0,00	0,00	0,00	74	74
75	75	0,00	0,00	0,00	75	75
76	76	0,00	0,00	0,00	76	76
77	77	0,00	0,00	0,00	77	77
78	78	0,00	0,00	0,00	78	78
79	79	0,00	0,00	0,00	79	79
80	80	0,00	0,00	0,00	80	80
81	81	0,00	0,00	0,00	81	81
82	82	0,00	0,00	0,00	82	82
83	83	0,00	0,00	0,00	83	83
84	84	0,00	0,00	0,00	84	84
85	85	0,00	0,00	0,00	85	85
86	86	0,00	0,00	0,00	86	86
87	87	0,00	0,00	0,00	87	87
88	88	0,00	0,00	0,00	88	88
89	89	0,00	0,00	0,00	89	89
90	90	0,00	0,00	0,00	90	90



GW-Änderungen
Strömungskräfte
Potentialdifferenzen
Spannungsänderung
Kompression
Solidation ...
Setzungen
Rutschungen ...



Interpretation

Interpretation

Bodenmechanik

Kalibrierung

Realität
Modell



Erste Ergebnisse

Geologie + **Grundwasser** ⇒ **Bodenverhalten** ⇒ **Bewegungen**

Horizont	Profilnummer	Profilhöhe	Profilbreite	Profiltiefe	Profilart	Profilbeschreibung
10	10	0,00	0,00	0,00	10	10
11	11	0,00	0,00	0,00	11	11
12	12	0,00	0,00	0,00	12	12
13	13	0,00	0,00	0,00	13	13
14	14	0,00	0,00	0,00	14	14
15	15	0,00	0,00	0,00	15	15
16	16	0,00	0,00	0,00	16	16
17	17	0,00	0,00	0,00	17	17
18	18	0,00	0,00	0,00	18	18
19	19	0,00	0,00	0,00	19	19
20	20	0,00	0,00	0,00	20	20
21	21	0,00	0,00	0,00	21	21
22	22	0,00	0,00	0,00	22	22
23	23	0,00	0,00	0,00	23	23
24	24	0,00	0,00	0,00	24	24
25	25	0,00	0,00	0,00	25	25
26	26	0,00	0,00	0,00	26	26
27	27	0,00	0,00	0,00	27	27
28	28	0,00	0,00	0,00	28	28
29	29	0,00	0,00	0,00	29	29
30	30	0,00	0,00	0,00	30	30
31	31	0,00	0,00	0,00	31	31
32	32	0,00	0,00	0,00	32	32
33	33	0,00	0,00	0,00	33	33
34	34	0,00	0,00	0,00	34	34
35	35	0,00	0,00	0,00	35	35
36	36	0,00	0,00	0,00	36	36
37	37	0,00	0,00	0,00	37	37
38	38	0,00	0,00	0,00	38	38
39	39	0,00	0,00	0,00	39	39
40	40	0,00	0,00	0,00	40	40
41	41	0,00	0,00	0,00	41	41
42	42	0,00	0,00	0,00	42	42
43	43	0,00	0,00	0,00	43	43
44	44	0,00	0,00	0,00	44	44
45	45	0,00	0,00	0,00	45	45
46	46	0,00	0,00	0,00	46	46
47	47	0,00	0,00	0,00	47	47
48	48	0,00	0,00	0,00	48	48
49	49	0,00	0,00	0,00	49	49
50	50	0,00	0,00	0,00	50	50
51	51	0,00	0,00	0,00	51	51
52	52	0,00	0,00	0,00	52	52
53	53	0,00	0,00	0,00	53	53
54	54	0,00	0,00	0,00	54	54
55	55	0,00	0,00	0,00	55	55
56	56	0,00	0,00	0,00	56	56
57	57	0,00	0,00	0,00	57	57
58	58	0,00	0,00	0,00	58	58
59	59	0,00	0,00	0,00	59	59
60	60	0,00	0,00	0,00	60	60
61	61	0,00	0,00	0,00	61	61
62	62	0,00	0,00	0,00	62	62
63	63	0,00	0,00	0,00	63	63
64	64	0,00	0,00	0,00	64	64
65	65	0,00	0,00	0,00	65	65
66	66	0,00	0,00	0,00	66	66
67	67	0,00	0,00	0,00	67	67
68	68	0,00	0,00	0,00	68	68
69	69	0,00	0,00	0,00	69	69
70	70	0,00	0,00	0,00	70	70
71	71	0,00	0,00	0,00	71	71
72	72	0,00	0,00	0,00	72	72
73	73	0,00	0,00	0,00	73	73
74	74	0,00	0,00	0,00	74	74
75	75	0,00	0,00	0,00	75	75
76	76	0,00	0,00	0,00	76	76
77	77	0,00	0,00	0,00	77	77
78	78	0,00	0,00	0,00	78	78
79	79	0,00	0,00	0,00	79	79
80	80	0,00	0,00	0,00	80	80
81	81	0,00	0,00	0,00	81	81
82	82	0,00	0,00	0,00	82	82
83	83	0,00	0,00	0,00	83	83
84	84	0,00	0,00	0,00	84	84
85	85	0,00	0,00	0,00	85	85
86	86	0,00	0,00	0,00	86	86
87	87	0,00	0,00	0,00	87	87
88	88	0,00	0,00	0,00	88	88
89	89	0,00	0,00	0,00	89	89
90	90	0,00	0,00	0,00	90	90

Erste Ergebnisse

Geologie + **Grundwasser** ⇒ **Bodenverhalten** ⇒ **Bewegungen**

Horizont	Profilnummer	Profilhöhe	Profiltiefe	Profilbreite	Profilfarbe	Profiltextur	Profilstruktur	Profilzusammensetzung	Profilzustand	Profilmerkmal	Profilbeschreibung
10	10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22	22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24	24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
31	31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
32	32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
33	33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
34	34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
35	35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
36	36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37	37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
38	38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39	39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
40	40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
41	41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
42	42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
43	43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
44	44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
46	46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
47	47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48	48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
49	49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50	50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
51	51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
52	52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
53	53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
54	54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
55	55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
56	56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
57	57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
58	58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
59	59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
60	60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
61	61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
62	62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
63	63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
64	64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65	65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
66	66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
67	67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
68	68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
69	69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
70	70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
71	71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
72	72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
73	73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
74	74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
75	75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
76	76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
77	77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
78	78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
79	79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
80	80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
81	81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
82	82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
83	83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
84	84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
85	85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
86	86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
87	87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
88	88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
89	89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
90	90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
91	91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
92	92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
93	93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
94	94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
95	95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
96	96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
97	97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
98	98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
99	99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



GW-Änderungen
Strömungskräfte
Potentialdifferenzen
Spannungsänderung
Kompression
Solidation ...
Setzungen
Rutschungen ...



Realität
Modell



Erste Ergebnisse

Geologie + **Grundwasser** ⇒ **Bodenverhalten** ⇒ **Bewegungen**

Horizont	Profilnummer	Profilhöhe	Profiltiefe	Profilbreite	Profilfarbe	Profiltextur	Profilstruktur	Profilzusammensetzung
----------	--------------	------------	-------------	--------------	-------------	--------------	----------------	-----------------------

2.4 Darstellung der Ergebnisse

- Bericht – allgemein verständlich

2.5 Kalibrierung & 2.6 Berechnung für weitere Punkte

- Analog zu erstem Punkt
- Zunächst 6 weitere Punkte
- ggf. auch mehr



Organisatorischer Ablauf

Projektzeitplan Stand: 11.01.2018

Sensitivitätsanalyse Bodenbewegungsprognose	Projektzeitplan	Auftragserteilung	Leistungszeitraum																																				
			Monate	24.07.2017	August			September			Oktober			November			Dezember			Januar			Februar			März			April										
Leistungsphasen	Wochen	KW 30	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Bereitstellung Unterlagen LANUV			☑	...																																			
Beraterremium																																							
Facharbeitsgruppe																																							
Folien(erstellung) von ZAI fürs LANUV							☑	→	07.11.																														
1 Sensitivitätsstudie																																							
1.1 Einarbeitung Unterlagen und Eingangsdaten							☑																																
1.2 Modellerstellung								☑																															
1.3 Parametervariation									☑																														
2 Bewertung Eingangsdaten																																							
2.1 Variation GW-Ganglinien																																							
2.2 Variation Schichtmächtigkeiten																																							
3 Neuberechnung für einen Höhenfestpunkt																																							
3.1 Einarbeitung Unterlagen und Eingangsdaten																																							
3.2 Modellerstellung																																							
3.3 Vergleichsrechnungen																																							
4 Darstellung der Ergebnisse																																							
Abstimmung weiteres Vorgehen mit LANUV																																							
Übergabe Zwischenbericht zur Abstimmung																																							
5 Kalibrierung des Bodenbewegungsmodells																																							
5.1 für weitere sechs Punkte																																							
6 Berechnung einer Bodenbewegungsprognose																																							
6.1 für sechs Punkte																																							
Abschlussbericht und Abstimmung																																							

	August			September			Oktober			November			Dezember			Januar			Februar			März			April													
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
	Urlaub / Nicht verfügbar																																					
Ziegler																																						
Aulbach																																						
Knops																																						
Schröder																																						



