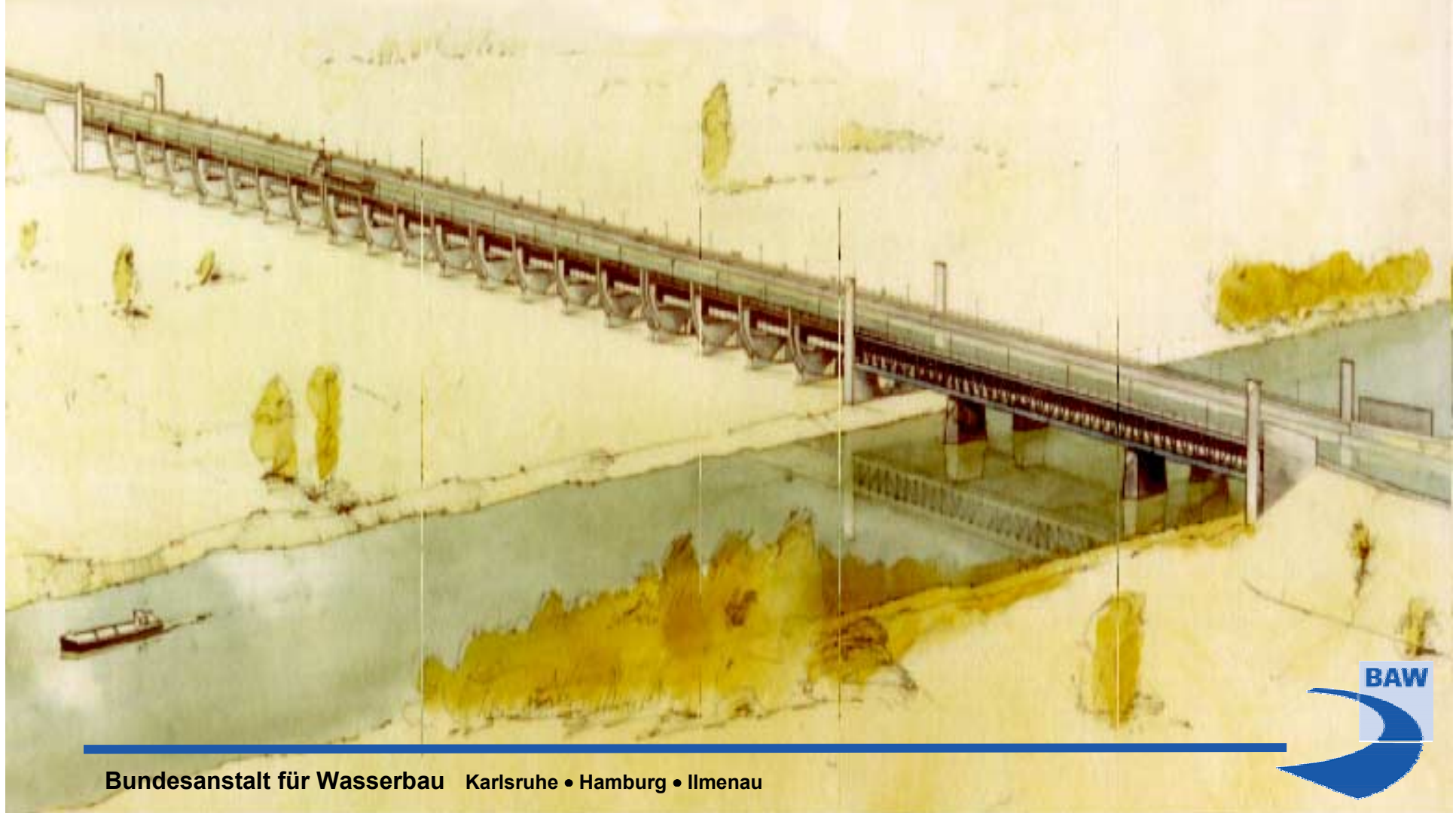


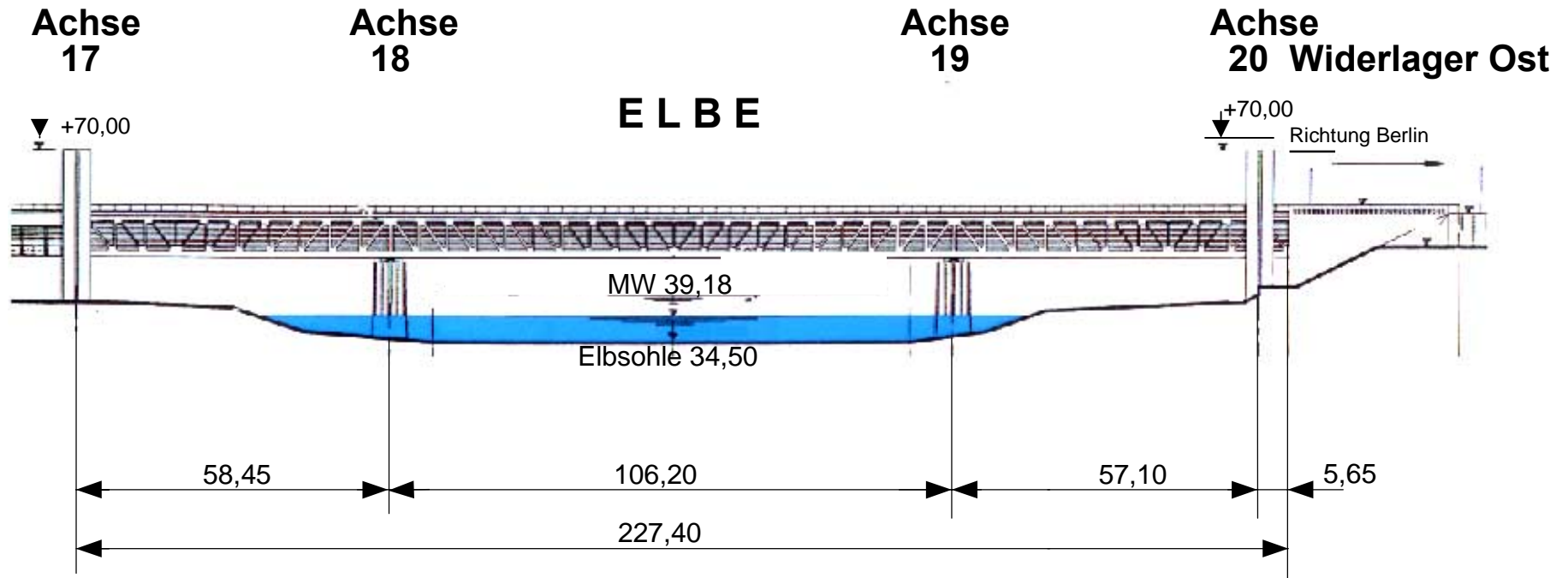
Setzungen der Strompfeiler der Kanalbrücke über die Elbe bei Magdeburg

Dipl.-Ing. N. Kunz

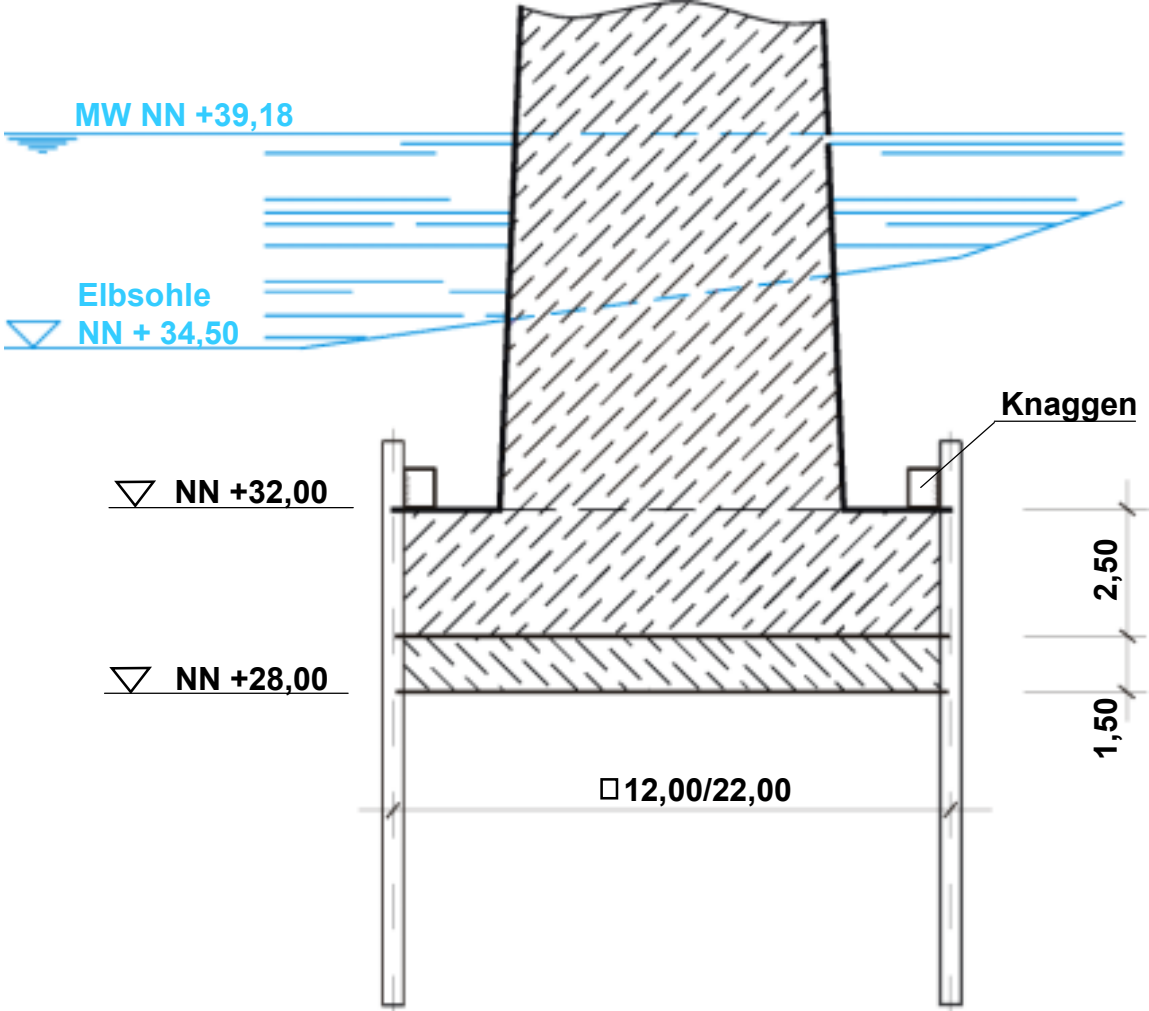




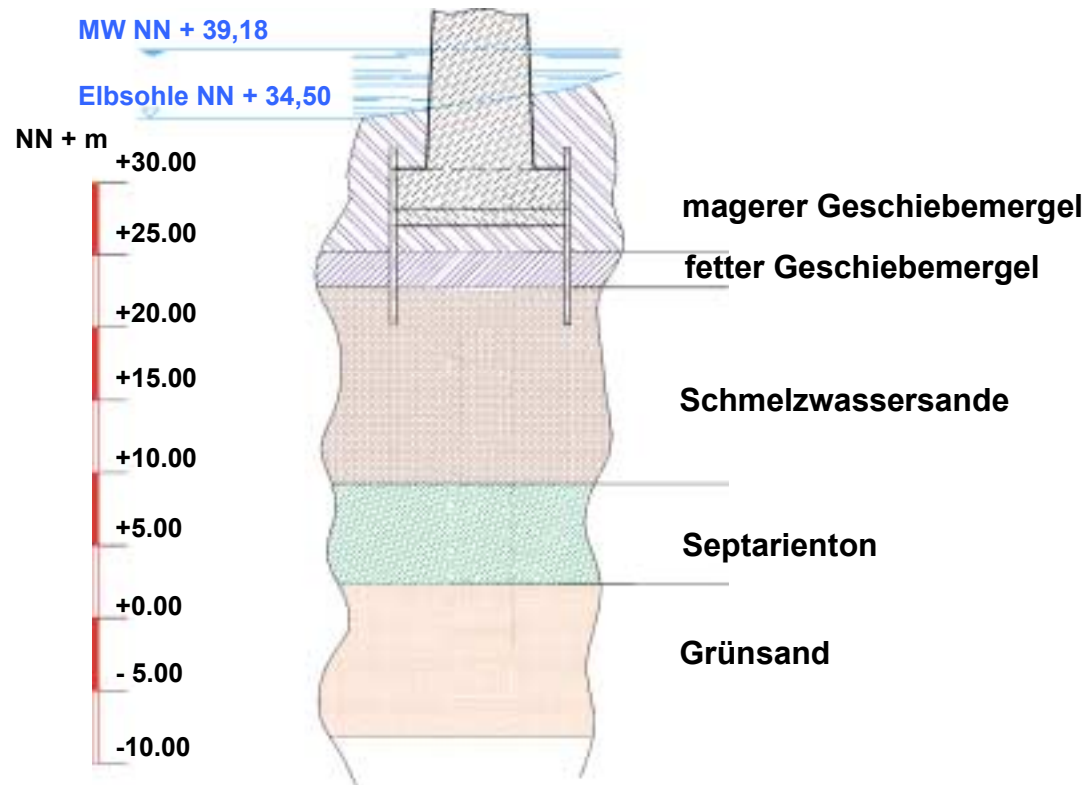
Ansicht Strombrücke



Pfeilergründung



Baugrundaufbau

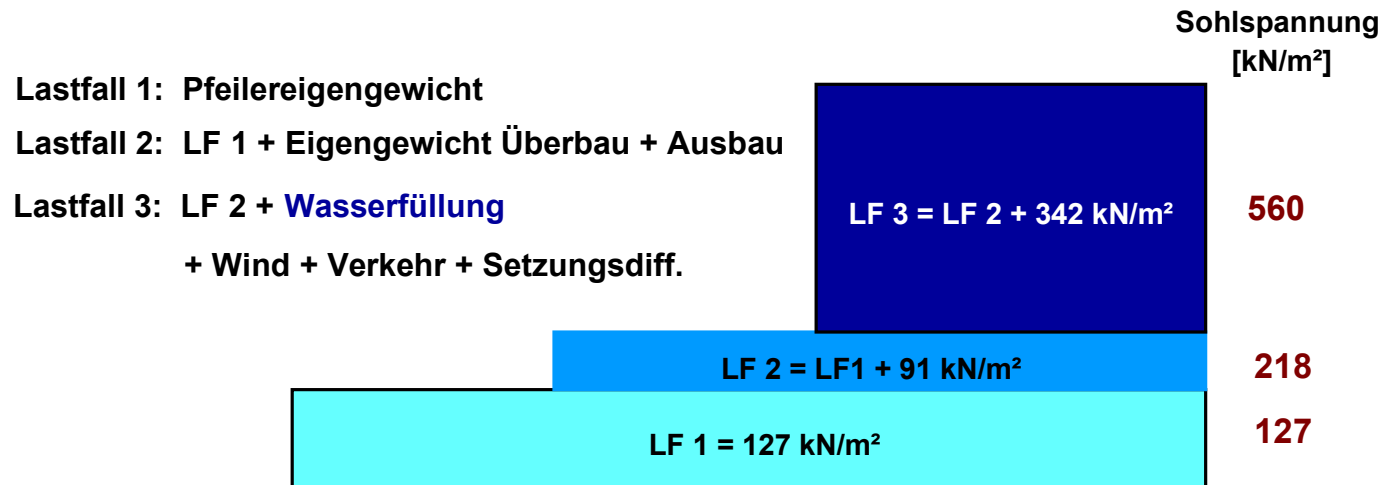


Bodenschicht	Steifemodul [MN/m ²]
Magerer Geschiebe- mergel	σ_v [kN/m ²] E_s 0-200: 25 200-400: 38 400-800: 60
Fetter Geschiebe- mergel	σ_v [kN/m ²] E_s 0-200: 17 200-400: 25 400-800: 35
Schmelzwassersande	100
Septarienton	σ_v [kN/m ²] E_s 400-550: 15

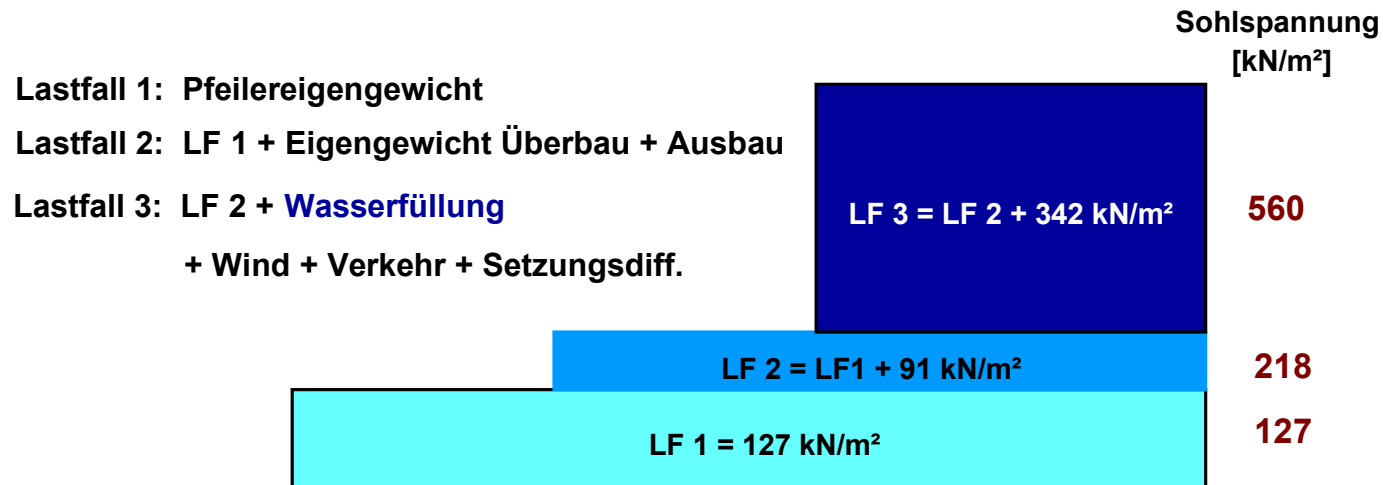
Mit dem Nachweis der Überkonsolidation des Baugrundes:

- Ansatz der Wiederbelastungsmoduln aus den Oedometerversuchen
- Abminderung der rechnerischen Setzungen auf 66% nach DIN 4017

Belastungsregime Strompfeiler



Setzungsberechnung in der Statik



Ansätze:

- nach DIN 4019, Teil 1
- Setzungseinflussfaktoren nach KANY „Berechnung von Flächengründungen“
- Grenztiefe z



Setzungsberechnung in der Statik

Lastfall	Sohlspannung [kN/m ²]	Setzung [mm] cal. 66%
Lastfall 1: Pfeilereigengewicht		
Lastfall 2: LF 1 + Eigengewicht Überbau + Ausbau		
Lastfall 3: LF 2 + Wasserfüllung + Wind + Verkehr + Setzungsdiff.		
LF 1 = 127 kN/m ²	127	27 18
LF 2 = LF1 + 91 kN/m ²	218	49 32
LF 3 = LF 2 + 342 kN/m ²	560	120 79

Ansätze:

- nach DIN 4019, Teil 1
- Setzungseinflussfaktoren nach KANY „Berechnung von Flächengründungen“
- Grenztiefe z



Setzungsberechnung in der Statik

Lastfall	Sohlspannung [kN/m ²]	Setzung [mm] cal. 66%
Lastfall 1: Pfeilereigengewicht		
Lastfall 2: LF 1 + Eigengewicht Überbau + Ausbau		
Lastfall 3: LF 2 + Wasserfüllung + Wind + Verkehr + Setzungsdiff.		
LF 1 = 127 kN/m ²	127	27 18
LF 2 = LF1 + 91 kN/m ²	218	49 32
LF 3 = LF 2 + 342 kN/m ²	560	120 79

Die Lager der Strombrücke müssen vor der Wasserfüllung eingebaut werden und sind aufgrund ihrer für eine Lastabtragung von 13 500 t erforderlichen Größe ($d_{\text{Lager}} = 2,20 \text{ m}$, Gewicht 30 ... 40 t) nachträglich nur unter äußerst hohem Aufwand nachzustellen.

→ Ziele der geotechnischen Bauwerksüberwachung:

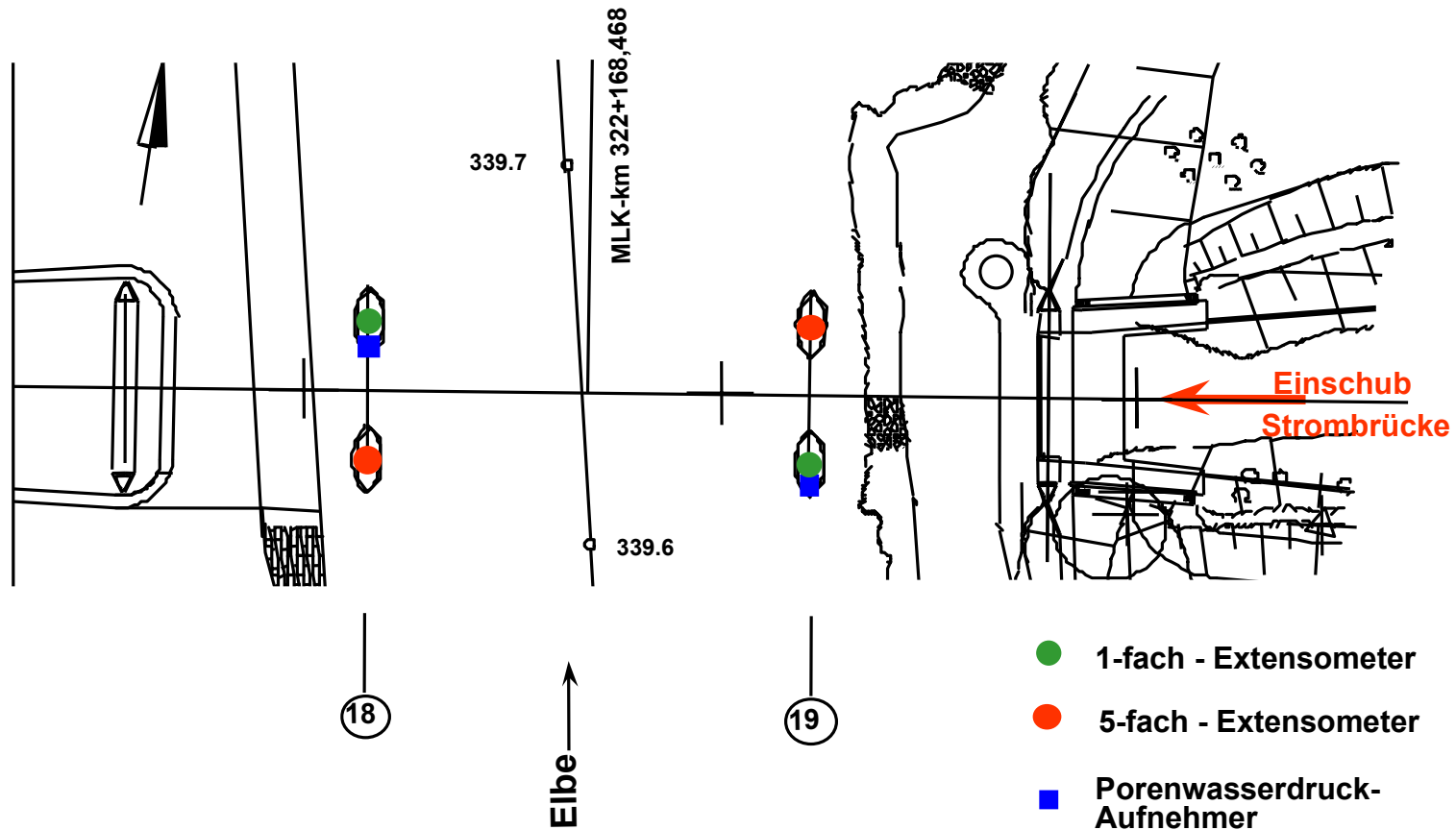
- Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit
- Setzungsprognose für Wasserfüllung der Strombrücke



Setzungsmessungen



Lageplan - Strombrücke



Datei:Lagepl1a.ppt/Lie



Einbau der Extensometer



- Spundwandkasten einseitig offen
- Einbau während Hochwasser
- Wasserspiegelschwankungen bis 0,5 m / 12 h
- Bohrung von einem Stelzenponton
- Ansatzpunkt 10 m unter Wasserspiegel
- Materialtransport nur per Kran
- Arbeiten mit Taucherunterstützung





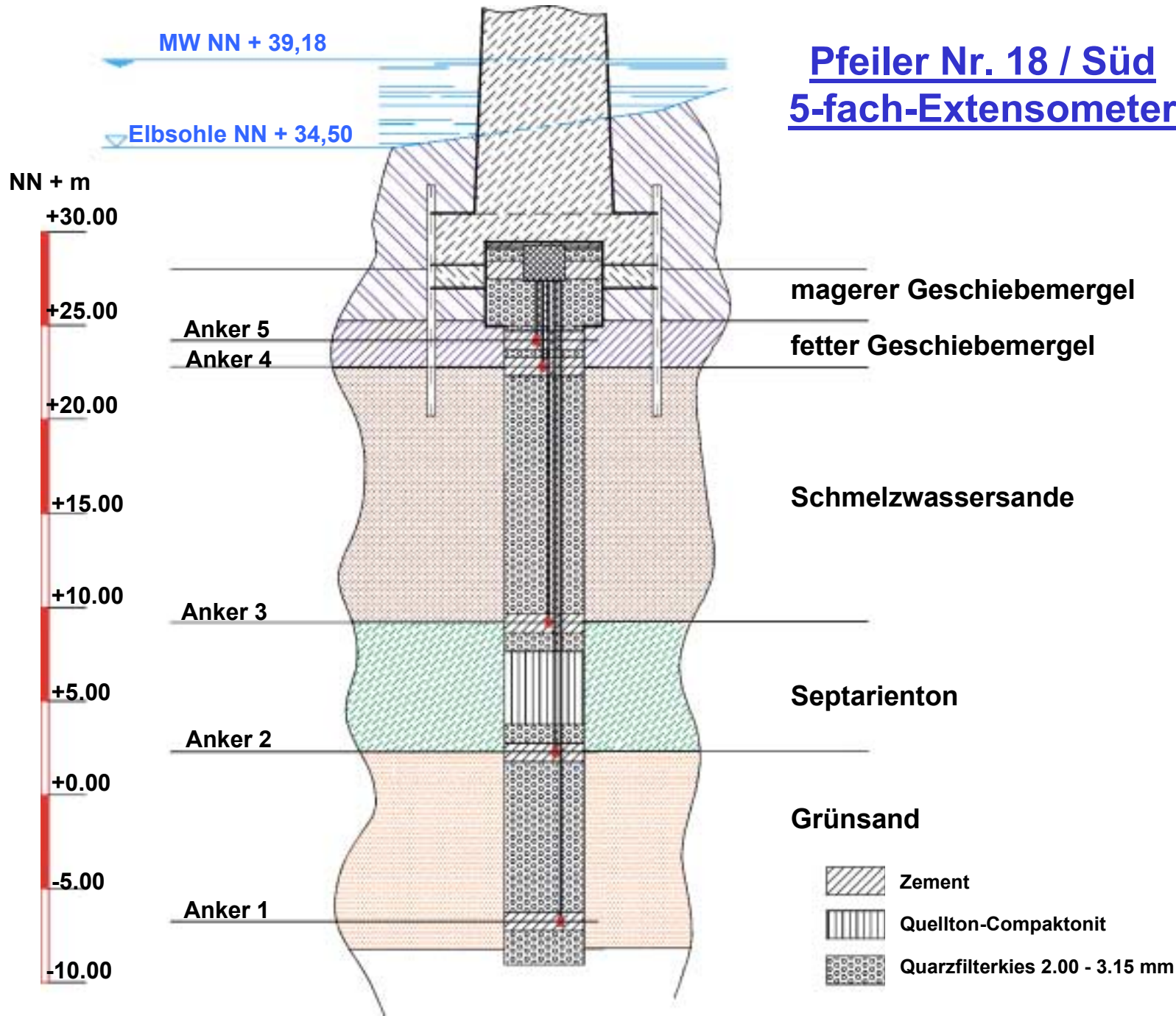
- **Glasfaserstangenextensometer GKSE 16**
der Fa. GLÖTZL
- max. Länge ca. 35 m
- Wegaufnehmer mit 200 mm Meßweg
- Extensometerkopf druckwasserdicht und
wasserdicht vergossen
- Datenlogger mit Kabelreserve



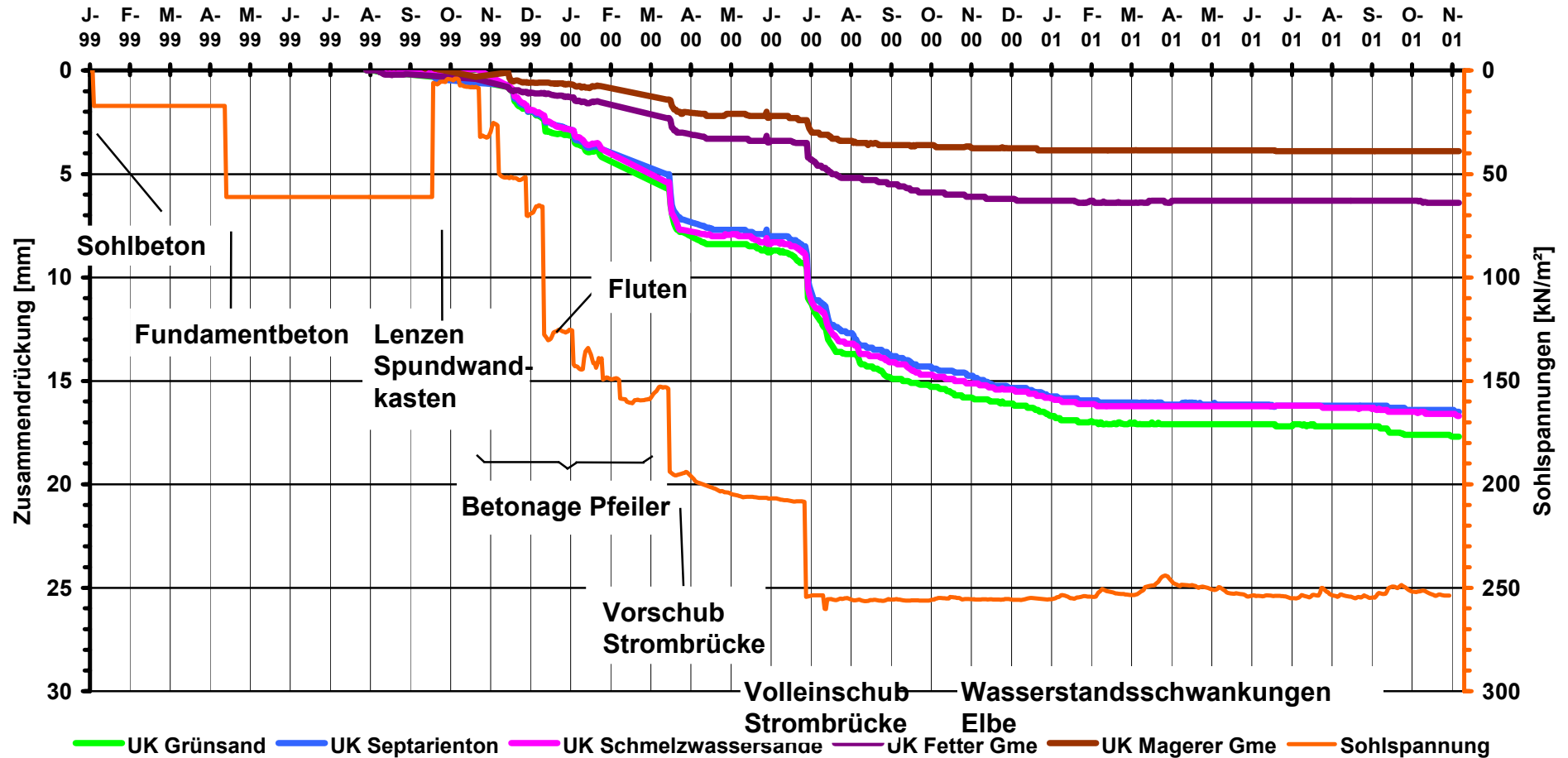
Pfeiler Nr. 18 / Süd 5-fach-Extensometer



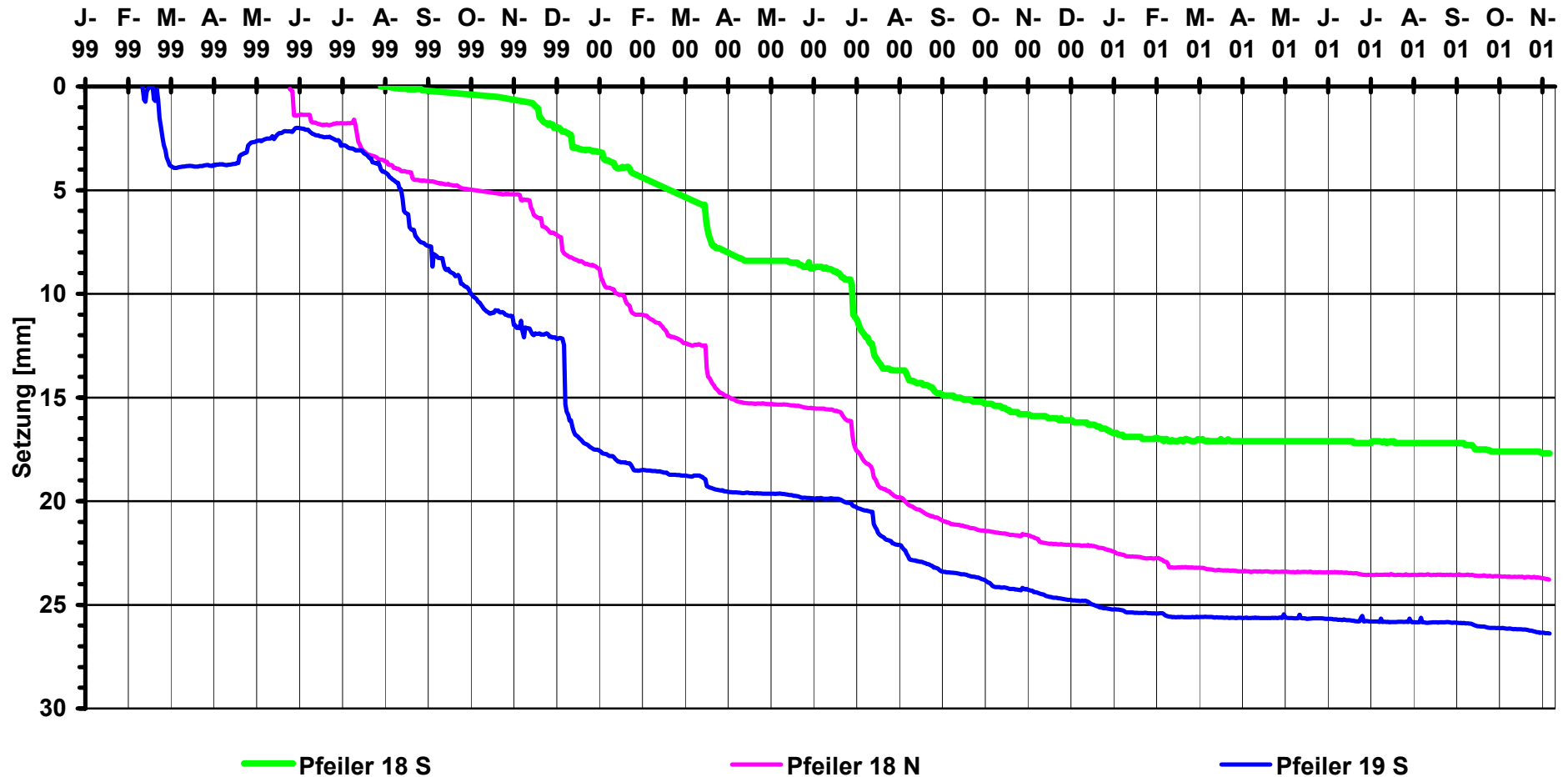
BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Karlsruhe Hamburg Ilmenau



Messergebnisse Pfeiler 18 S bis November 2001



Messergebnisse aller Pfeiler bis November 2001



Setzungsprognose auf Grundlage der DIN 4019

Diplomarbeit an der Bauhausuniversität Weimar

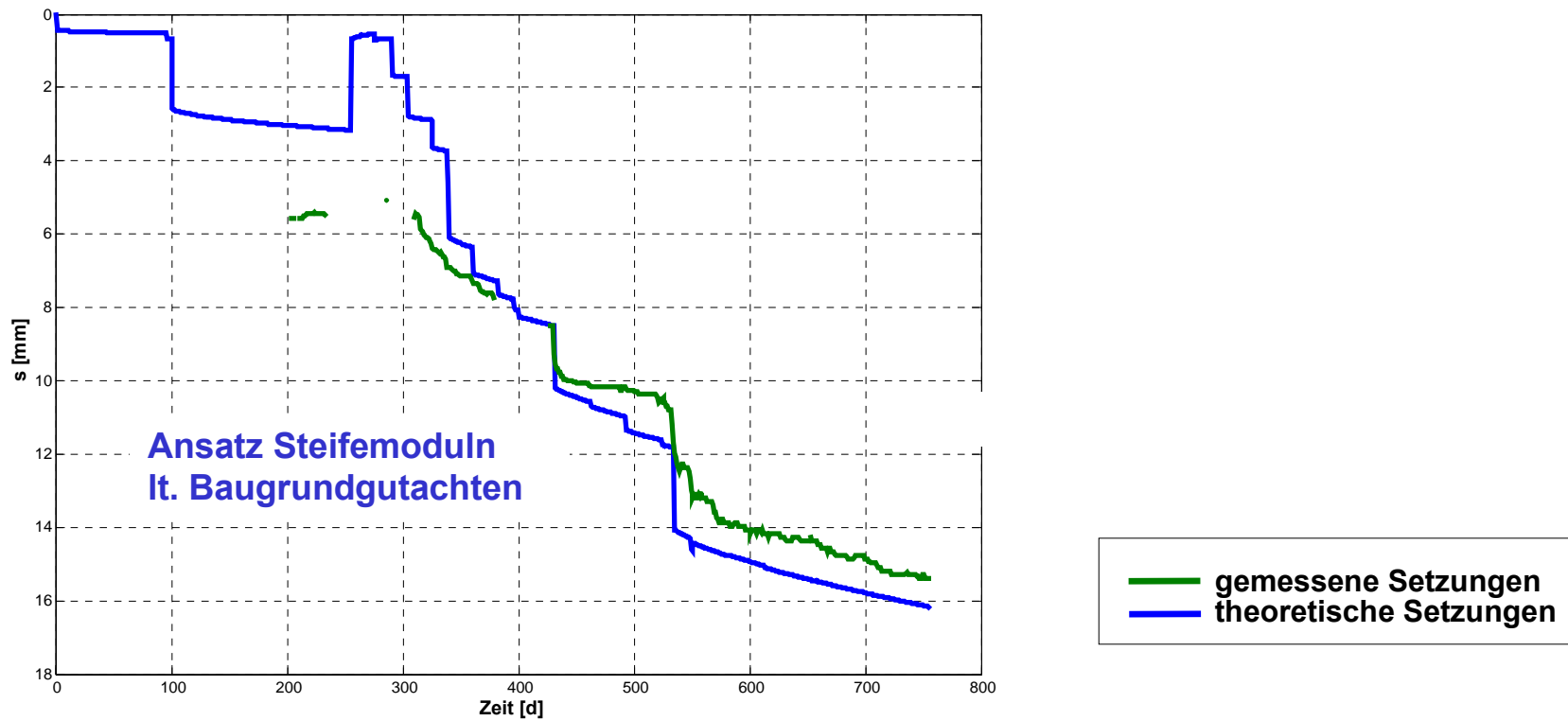
Grundlagen:

- Flächengründung
- Spundwandkasten undurchlässige, steife Begrenzung
(für Geschiebemergel gilt so die eindimensionale Konsolidationstheorie)
- Spannungsabhängigkeit des Steifemoduls

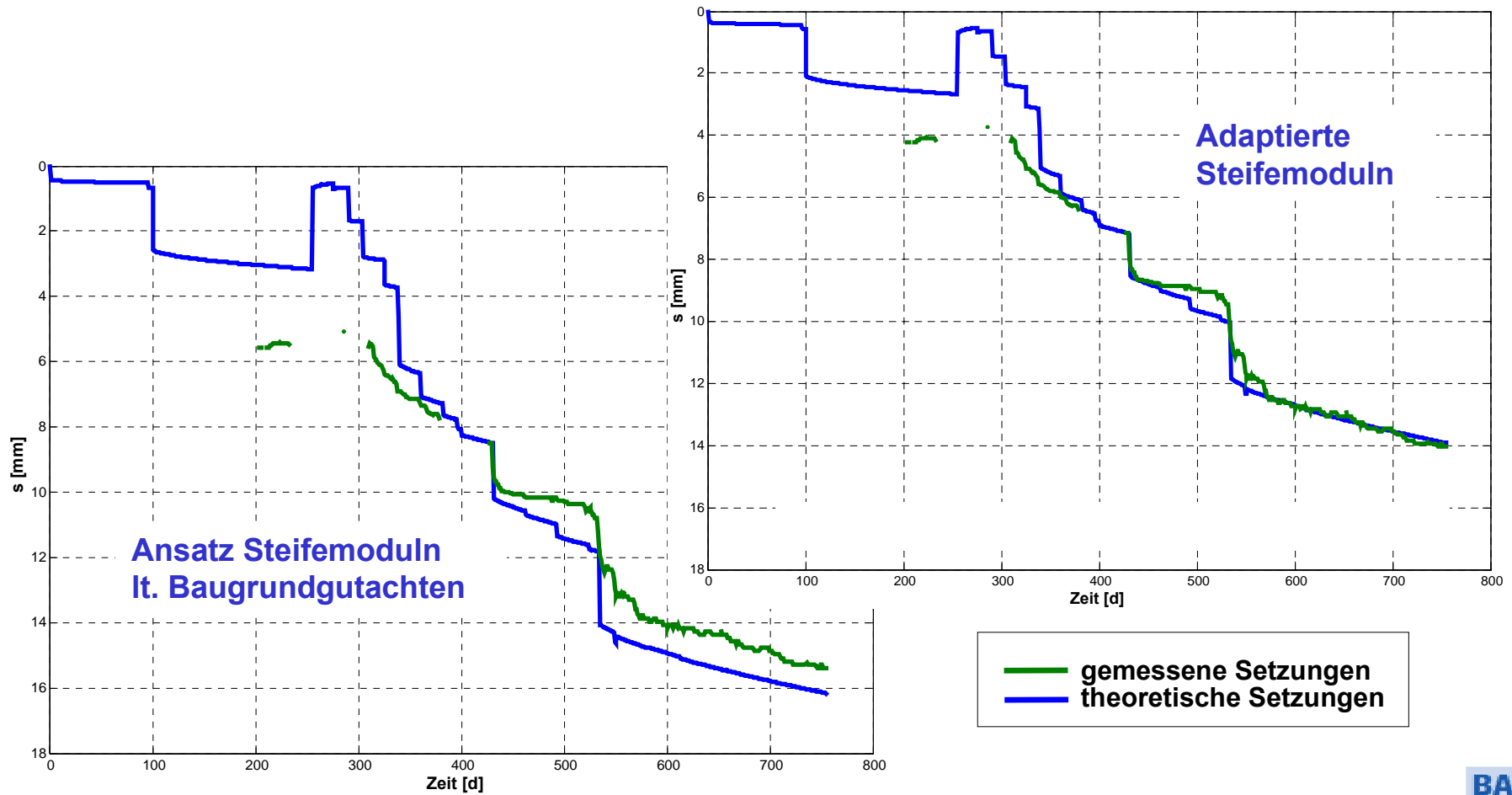
$$E_s = f(\sigma') \quad \text{mit} \quad \sigma' = f(U(t))$$



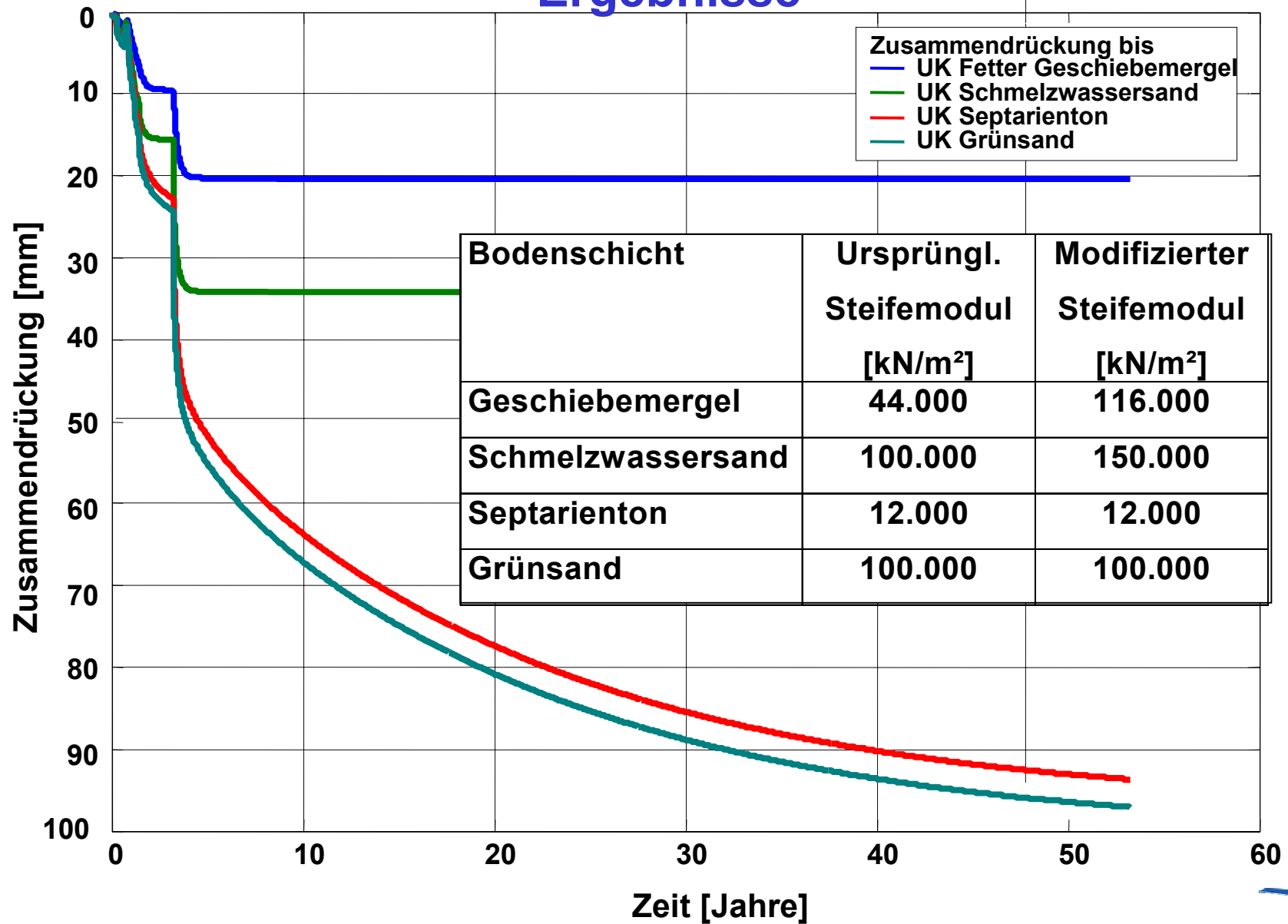
Adaption der Steifemoduln



Adaption der Steifemoduln



Ergebnisse



Setzungsprognose mittels Finite-Element-Berechnung

Ansätze:

- radialsymmetrisches Modell
- flächengleich mit Originalgründung
(Spundwandanteil geringer als im Original)
- Spundwandkasten gleiche Durchlässigkeit wie Geschiebemergel ($1 \cdot 10^{-10}$ m/s)
- während der Wasserfüllung löst sich der Spundwandkasten vom Fundament
- Steifezahlen laut Baugrundgutachten
- Setzungen entsprechend DIN 4019 auf 66% abgemindert, da überkonsolidierte Böden



Ergebnisse

Setzungen bis November 2001 (Nachrechnung der Messwerte):

	FE-Berechnung [mm]	Messung [mm]	Statik
Magerer Geschiebemergel			
Fetter Geschiebemergel			
Schmelzwassersand			
Septarienton			
Grünsand			
Σ	25,8	22,5 [*]	25,8

 Zuschlag von 5 mm für Setzungen aus der Fundamentplatte



Ergebnisse

Setzungen bis November 2001 (Nachrechnung der Messwerte):

	FE-Berechnung [mm]	Messung [mm]	Statik
Magerer Geschiebemergel	7	5,9	
Fetter Geschiebemergel	7,7	4,5	
Schmelzwassersand	4,7	11,1	
Septarienton	3,9		
Grünsand	2,5	1,0	
Σ	25,8	22,5 ⁺	25,8

 Zuschlag von 5 mm für Setzungen aus der Fundamentplatte



Ergebnisse

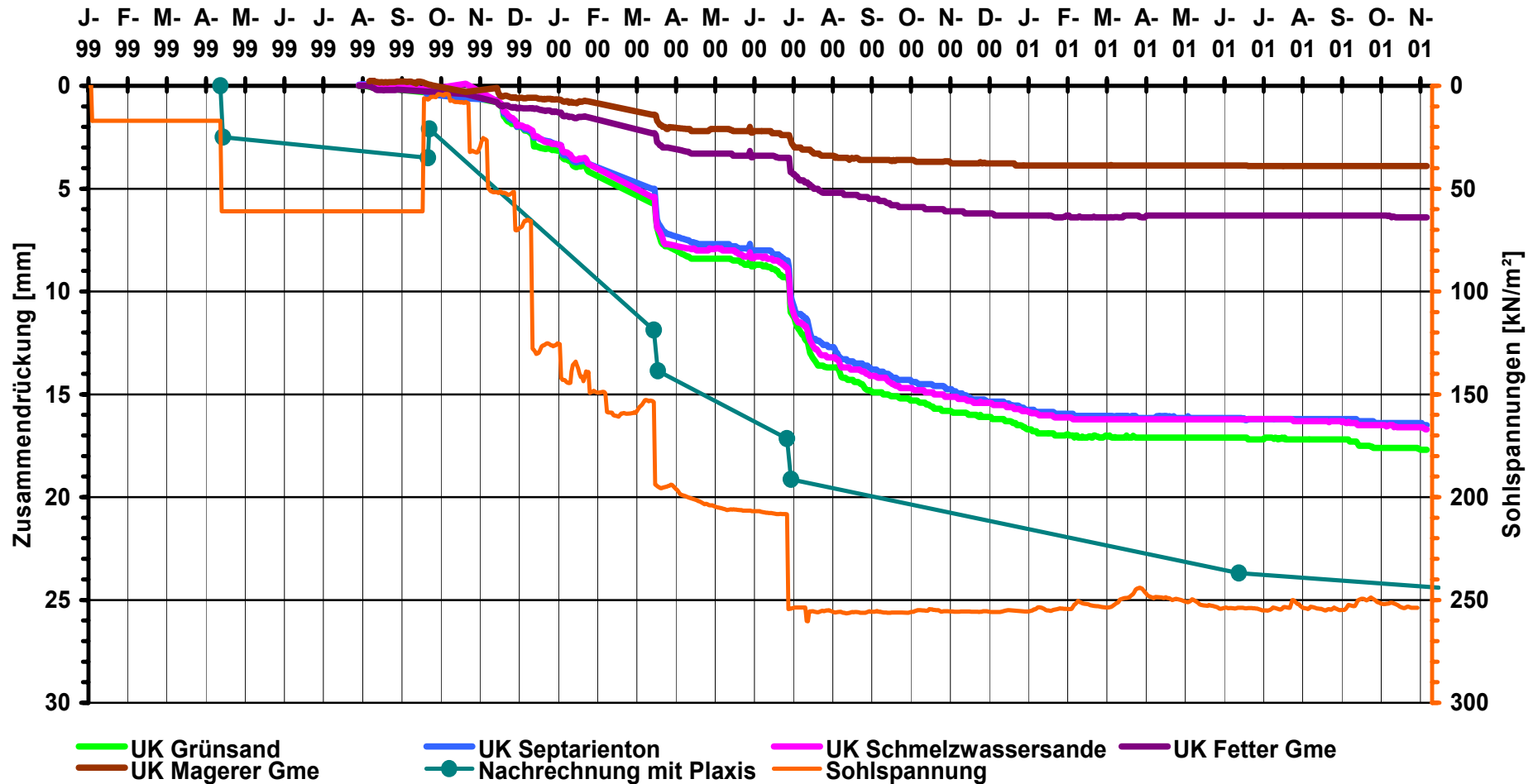
Setzungen bis November 2001 (Nachrechnung der Messwerte):

	FE-Berechnung [mm]	Messung [mm]	Statik
Magerer Geschiebemergel	7	5,9	19,4
Fetter Geschiebemergel	7,7	4,5	
Schmelzwassersand	4,7	11,1	6,4
Septarienton	3,9		
Grünsand	2,5	1,0	
Σ	25,8	22,5 [*]	25,8

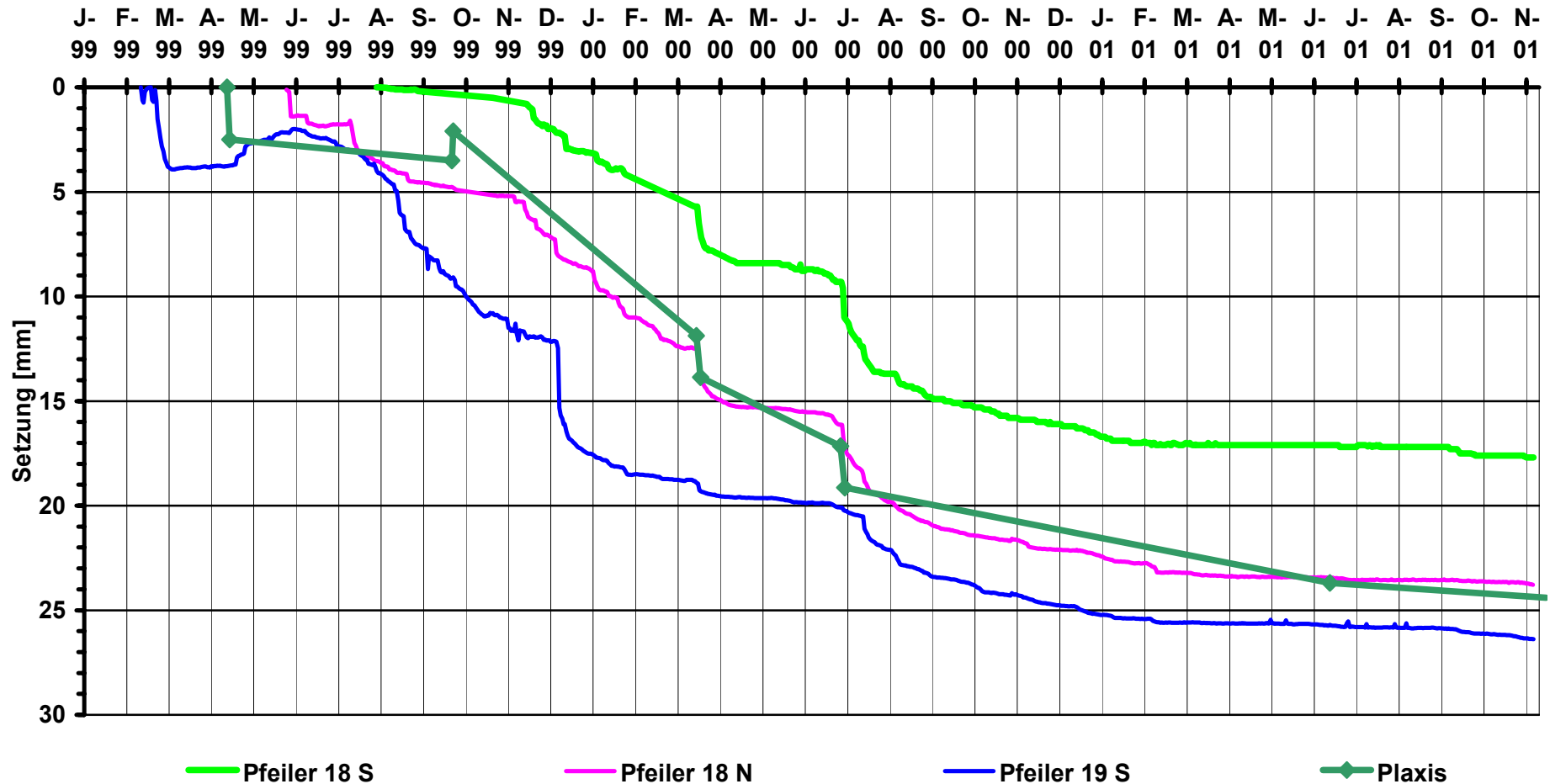
 Zuschlag von 5 mm für Setzungen aus der Fundamentplatte



FE - Nachrechnung Pfeiler 18 S



Gemessene Setzungen aller Pfeiler und FE-Nachrechnung

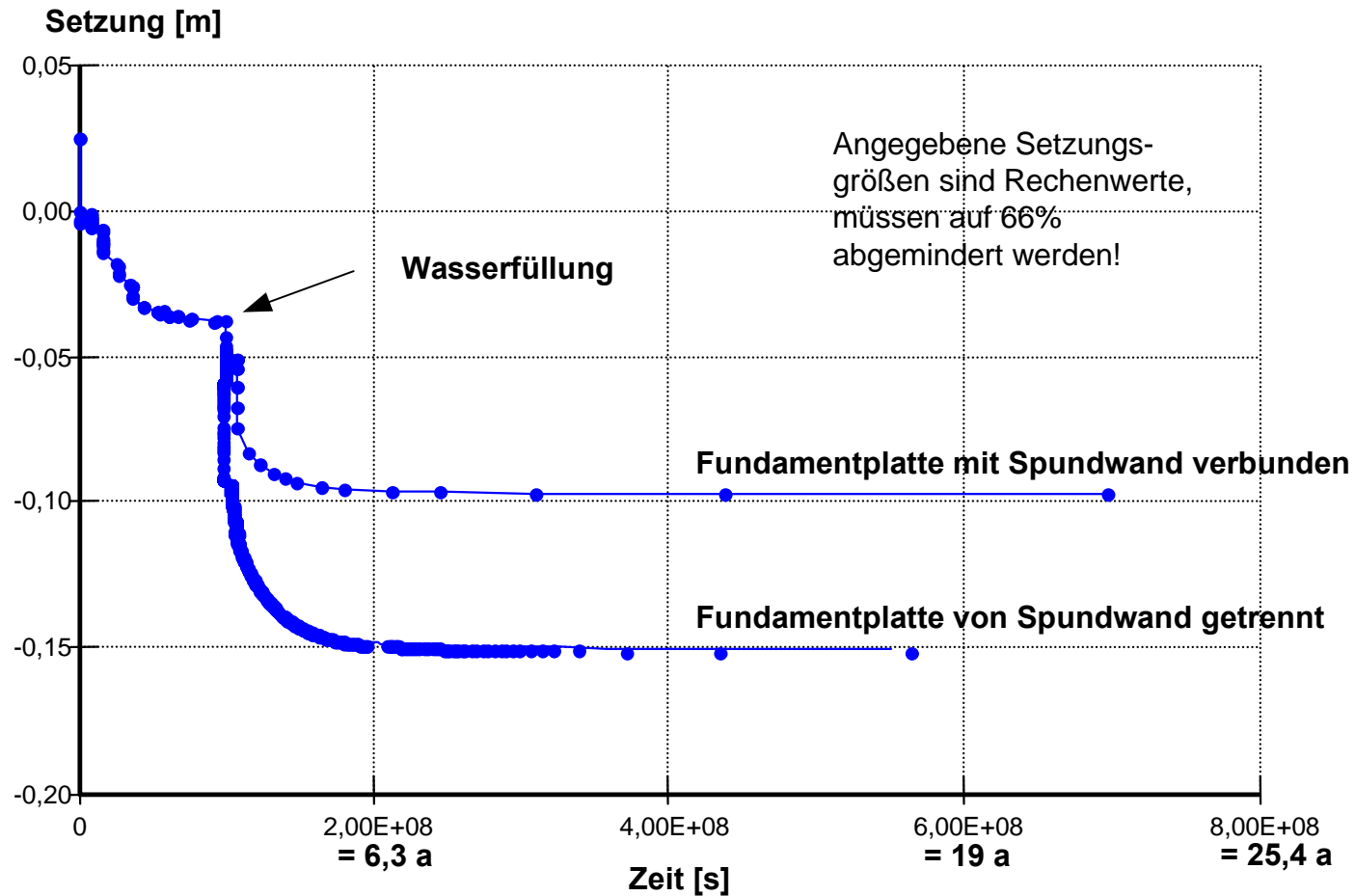


Prognose der Endsetzungen

	Statik	DIN 4019 (Spw.-kasten steife Begrenzung)	FE-Berechnung	
			Platte mit Spundwand verbunden	Platte von Spundwand gelöst
Gesamtsetzungen [mm]	79	100	69	106
Setzungsdauer [a]		50	≈ 20	



Zeit-Setzungslinie



Schlussfolgerungen

- durch Ansatz des Steifemoduls Es ist unter Abminderung der Ergebnisse auf 66% eine Setzungsprognose überkonsolidierter Lockergesteine nach DIN 4019 möglich
- Setzungsberechnungen müssen dem statischen System und dem Baugrund entsprechen
- Wahl eindeutiger statischer Systeme







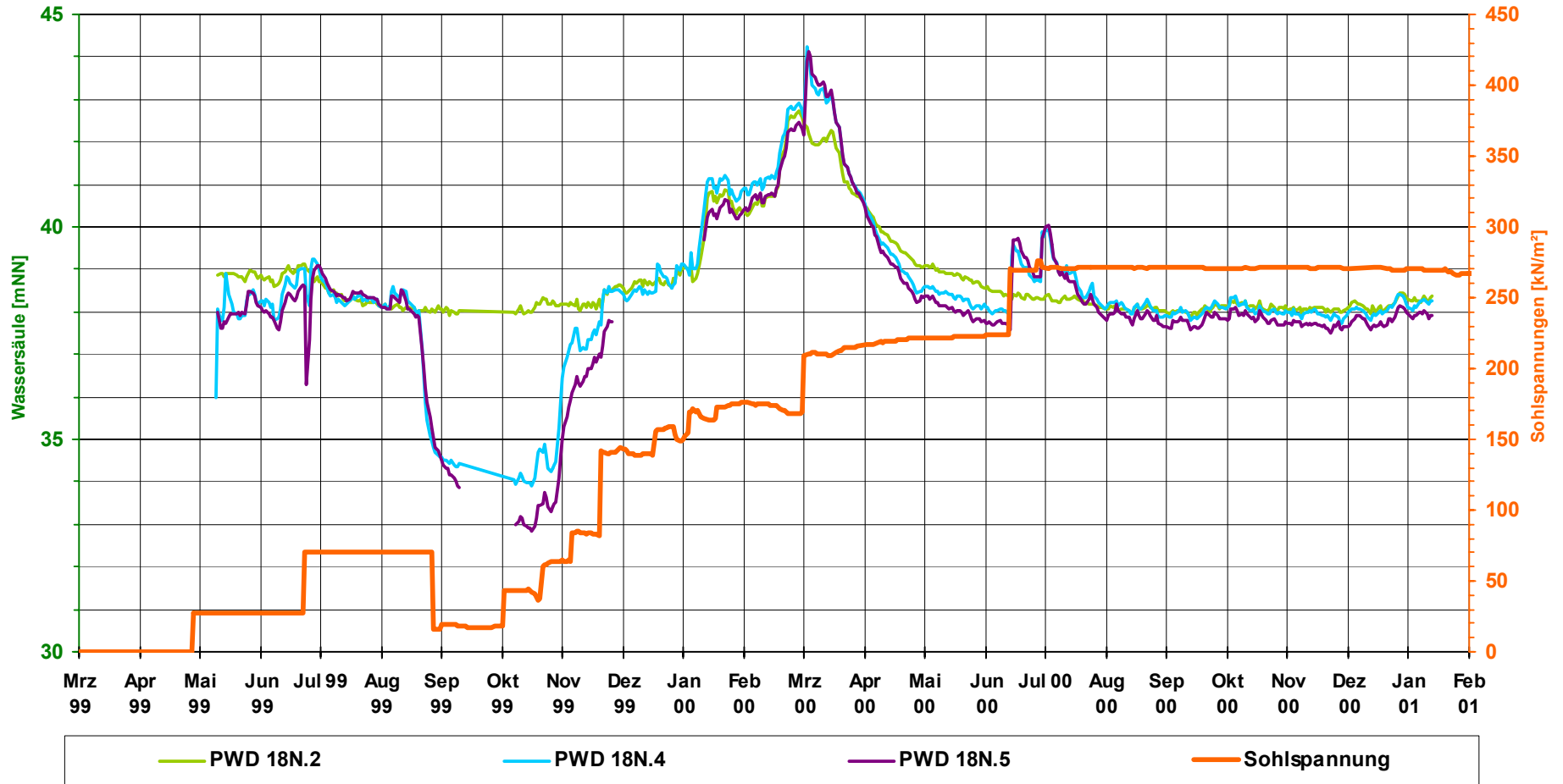


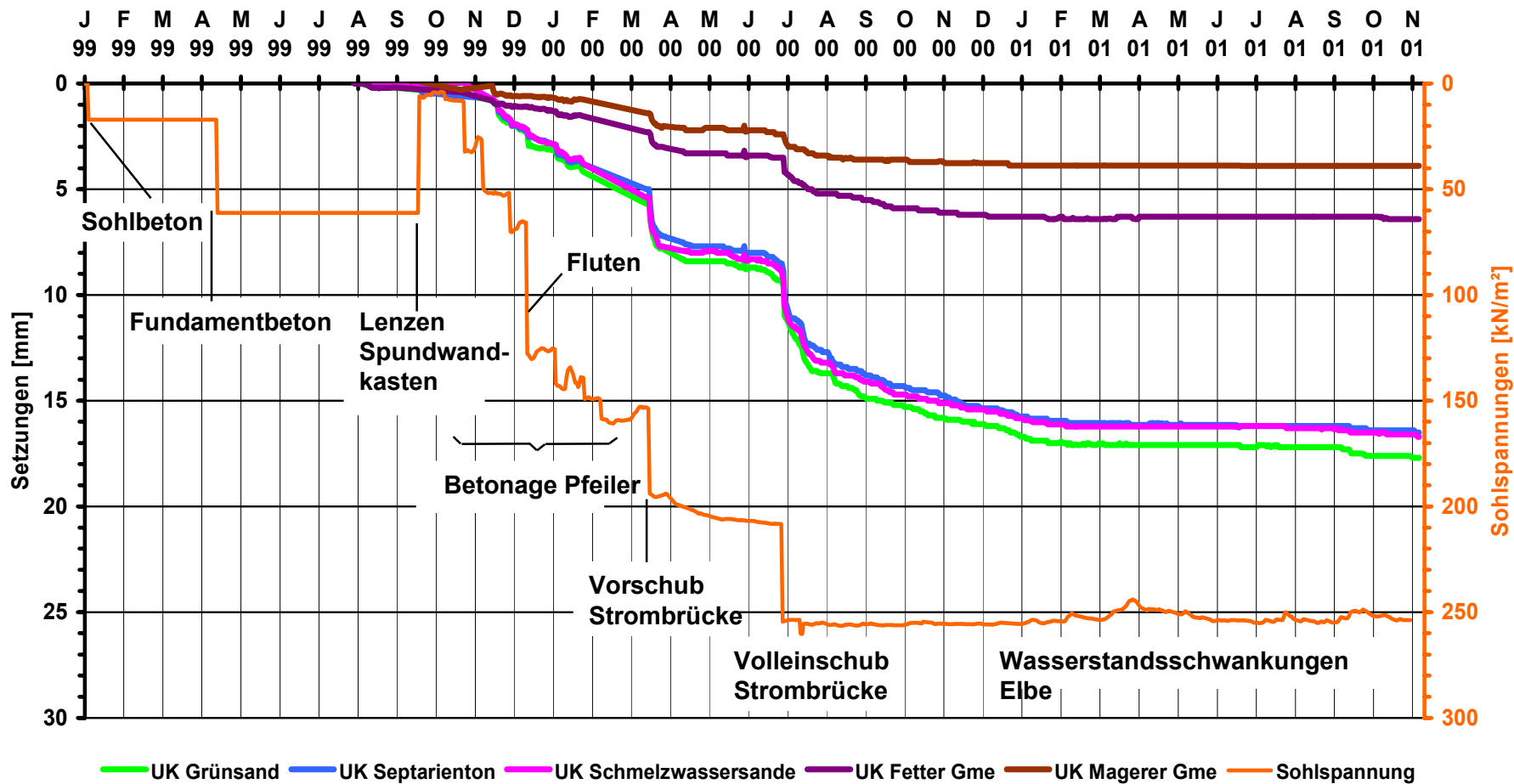
Berechnungsschritte

1. Baugrubenaushub
2. Fundamentplatte
3. 100 Tage Konsolidation
4. Lenzen des Spundwandkastens
5. Teilbetonage Pfeiler
6. 137 Tage Konsolidation
7. Fluten Spundwandkasten
8. Betonage Pfeiler
9. 94 Tage Konsolidation
10. Teileinschub Strombrücke
11. 114 Tage Konsolidation
12. Volleinschub Strombrücke
13. 720 Tage Konsolidation
- 13A. 210 Tage Konsolidation (bis Januar 2001)
14. Platte von Kasten lösen
15. 100% Wasserfüllung
16. Konsolidation bis max. PWÜ = 1 kN/m²



Porenwasserdrücke Geschiebemergel

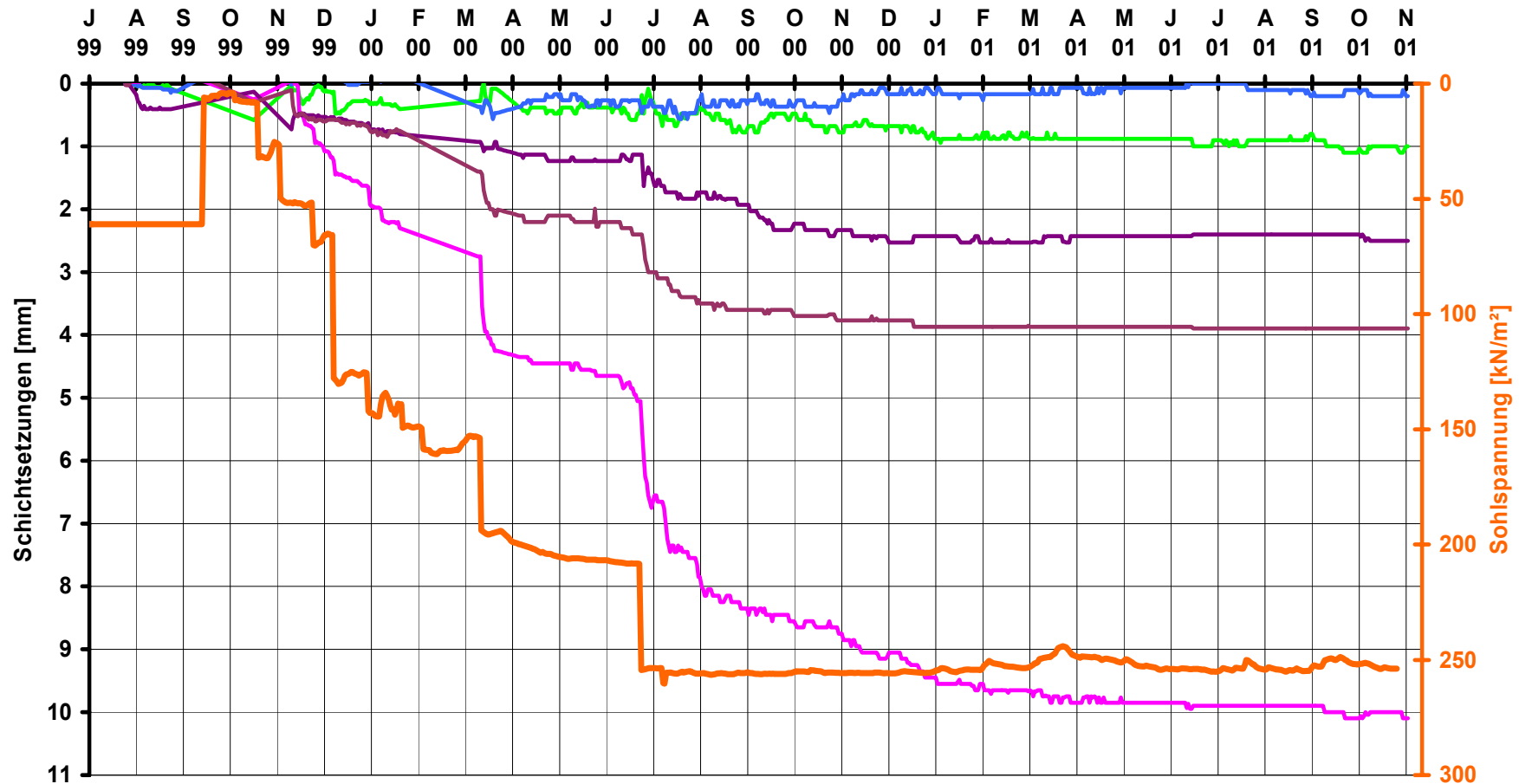




Kanalbrücke Magdeburg, Strompfeiler
 1. Auswertung Extensometermessungen

Pfeiler 18 Süd, Gesamtsetzungen

Auftr.: 7.02.10056.01
 Datum: 16.11.02
 Anlage: 6



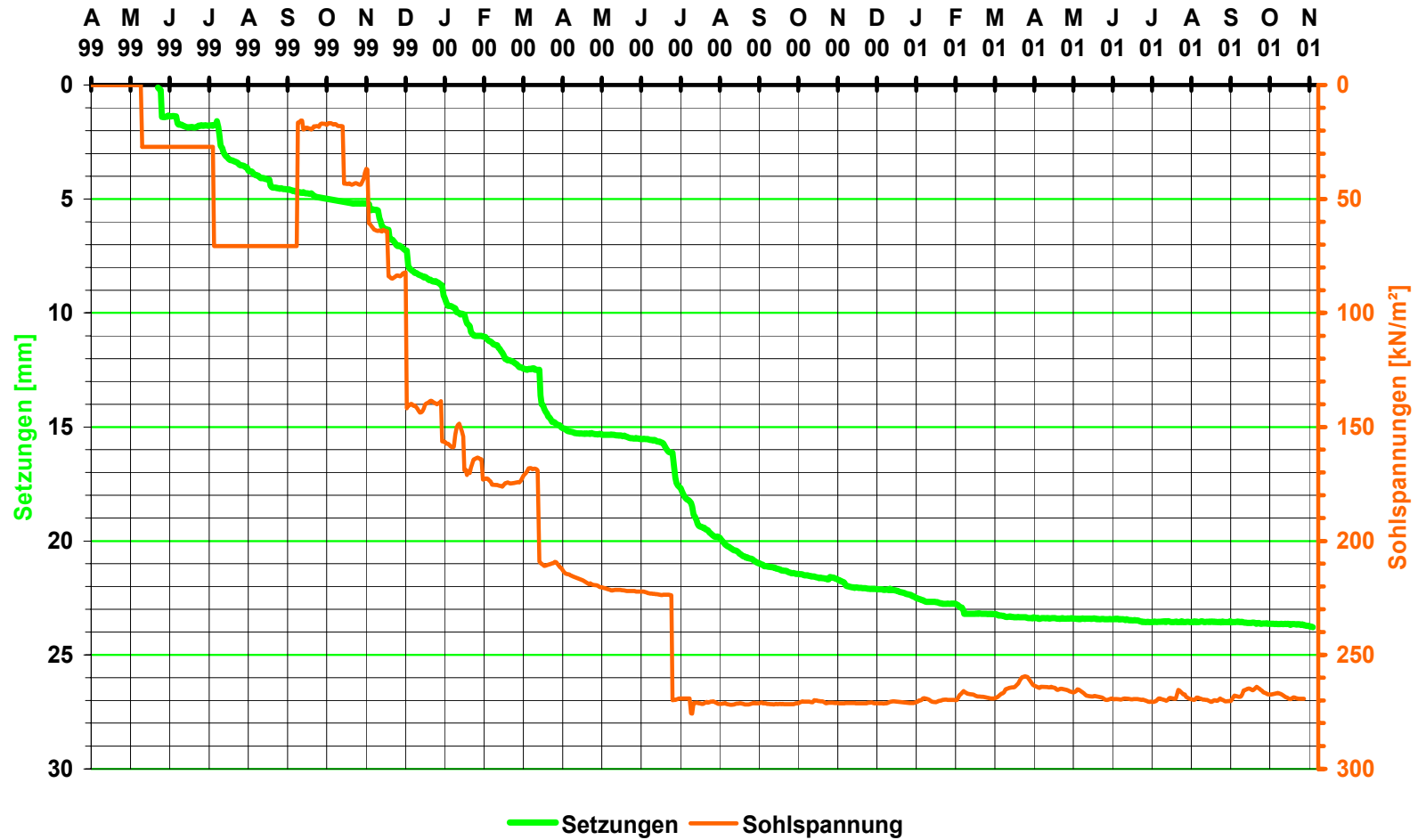
— Grünsand — Septarienton — Schmelzwassersande — Fetter Gme — Magerer Gme — Sohlspannung



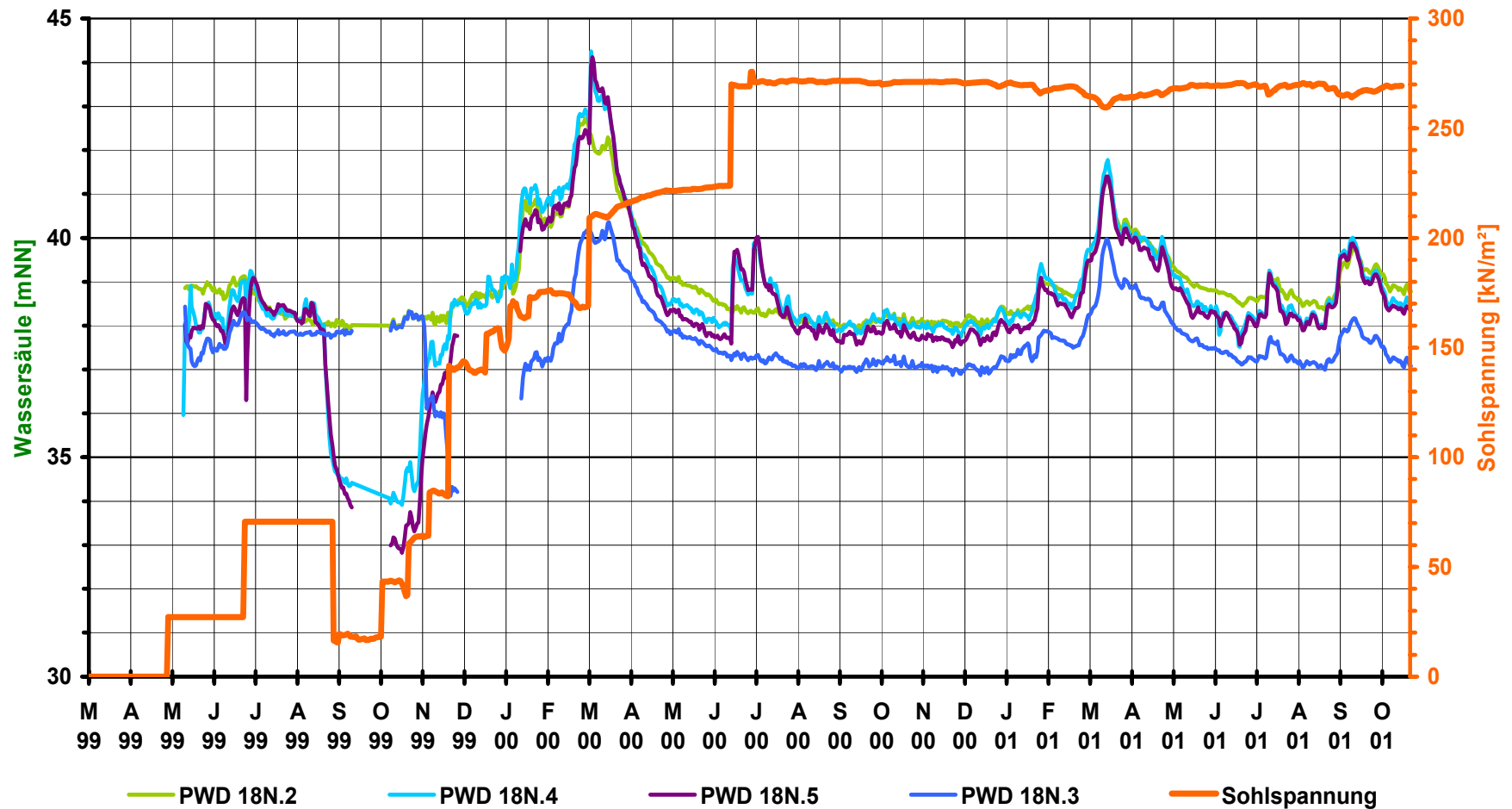
Kanalbrücke Magdeburg, Strompfeiler
1. Auswertung Extensometermessungen

Pfeiler 18 Süd, Setzungen der Einzelschichten

Auftr.: 7.02.10056.01
 Datum: 10.01.02
 Anlage: 7



	Kanalbrücke Magdeburg, Strompfeiler 1. Auswertung Extensometermessungen	Auftr.: 7.02.10056.01 Datum: 16.11.02
	Pfeiler 18 Nord, Gesamtsetzungen	Anlage: 8



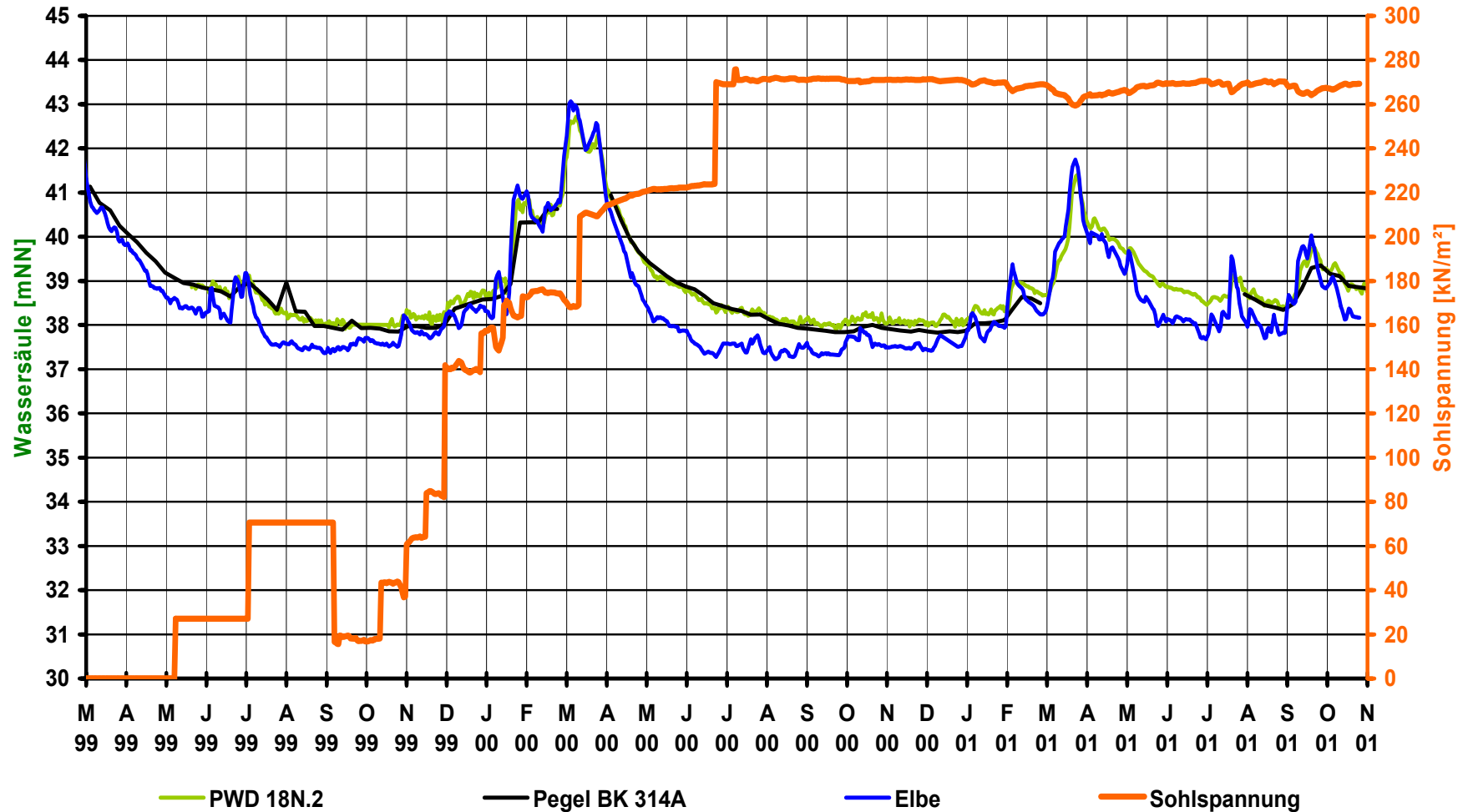
Kanalbrücke Magdeburg, Stropfweiler
1. Auswertung Extensometermessungen

Pfeiler 18 Nord, Porenwasserdrücke

Auftr.: 7.02.10056.01

Datum: 10.01.02

Anlage: 9



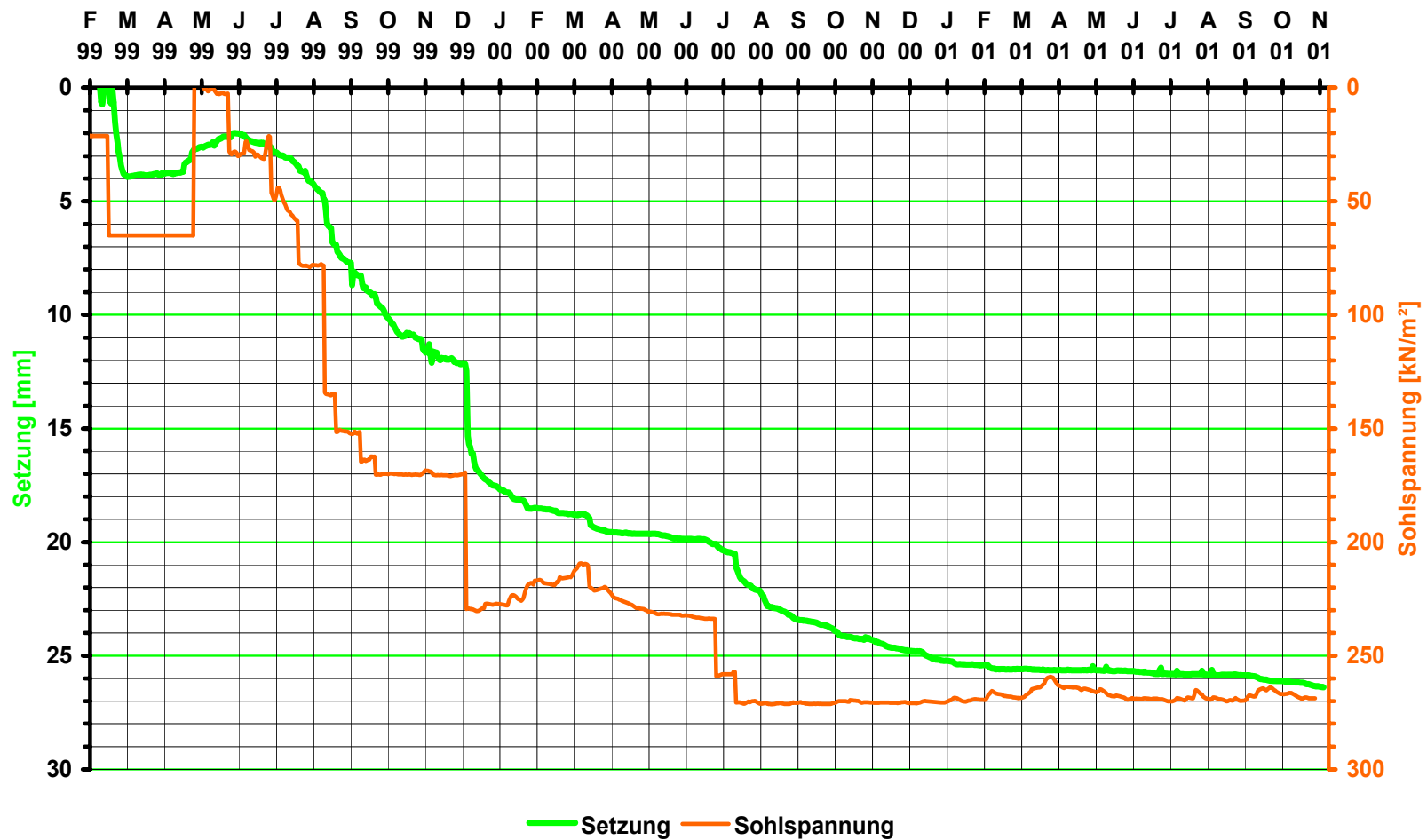
Kanalbrücke Magdeburg, Strompfeiler
1. Auswertung Extensometermessungen

Pfeiler 18 Nord

Aufr.: 7.02.10056.01

Datum: 10.01.02

Anlage: 10



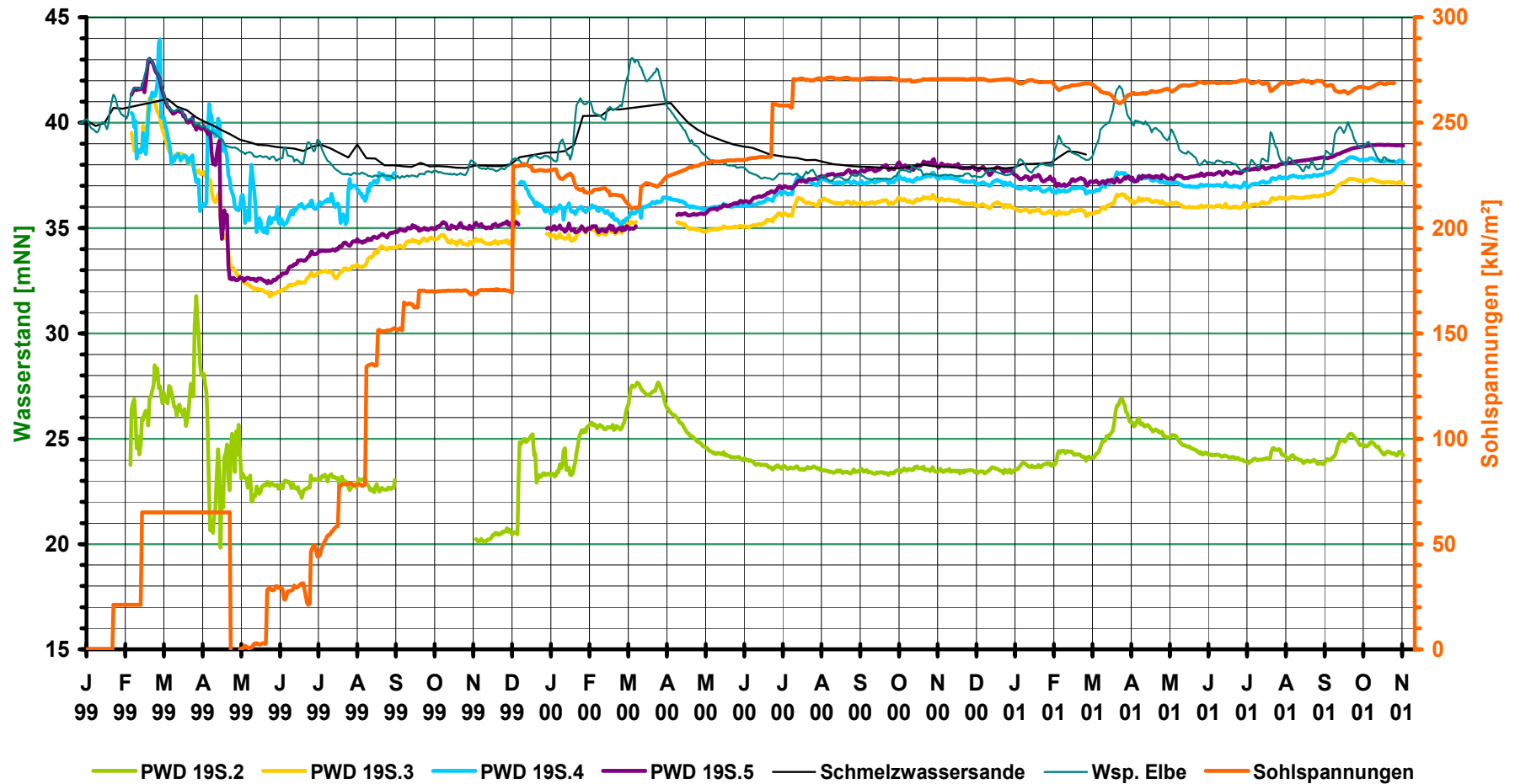
Kanalbrücke Magdeburg, Strompfeiler
1. Auswertung Extensometermessungen

Pfeiler 19 Süd, Setzungen

Aufr.: 7.02.10056.01

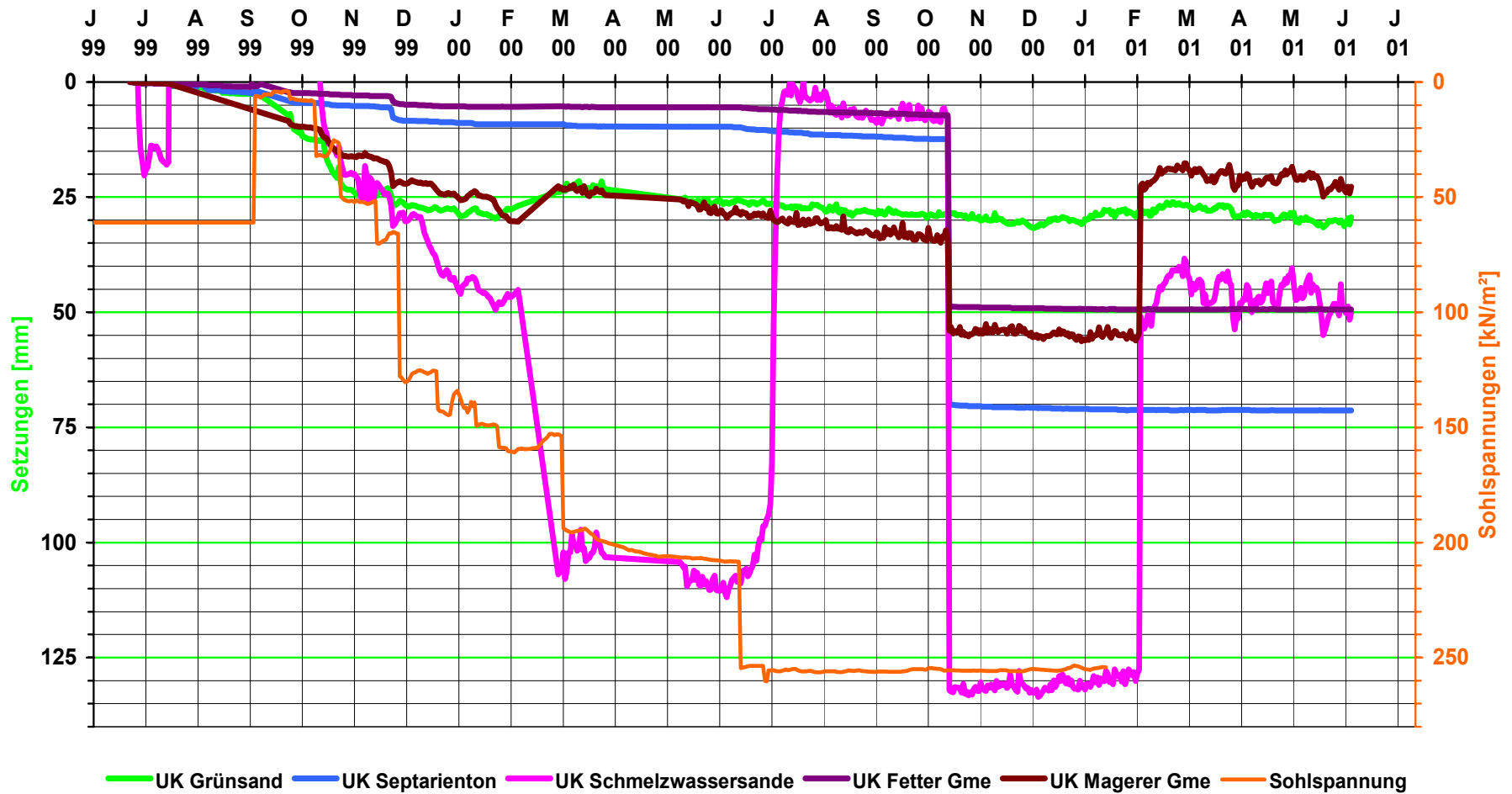
Datum: 16.01.02

Anlage: 11



Kanalbrücke Magdeburg, Stropfweiler
 1. Auswertung Extensometermessungen
Pfeiler 19 Süd, Porenwasserdrücke

Auftr.: 7.02.10056.01
 Datum: 16.01.02
 Anlage: 12



Kanalbrücke Magdeburg, Strompfeiler
1. Auswertung Extensometermessungen

Pfeiler 19 Nord, Setzungen

Aufr.: 7.02.10056.01

Datum: 10.01.02

Anlage: 13