

Forschungsprojekt - „Unteres Hausfeld“

Von der Idee bis zum Ergebnis

Ing. Franz URBAN, Projektleitung MA 29

Dipl.-Ing. Joachim WAGNER, operativer Projektleiter TU Wien

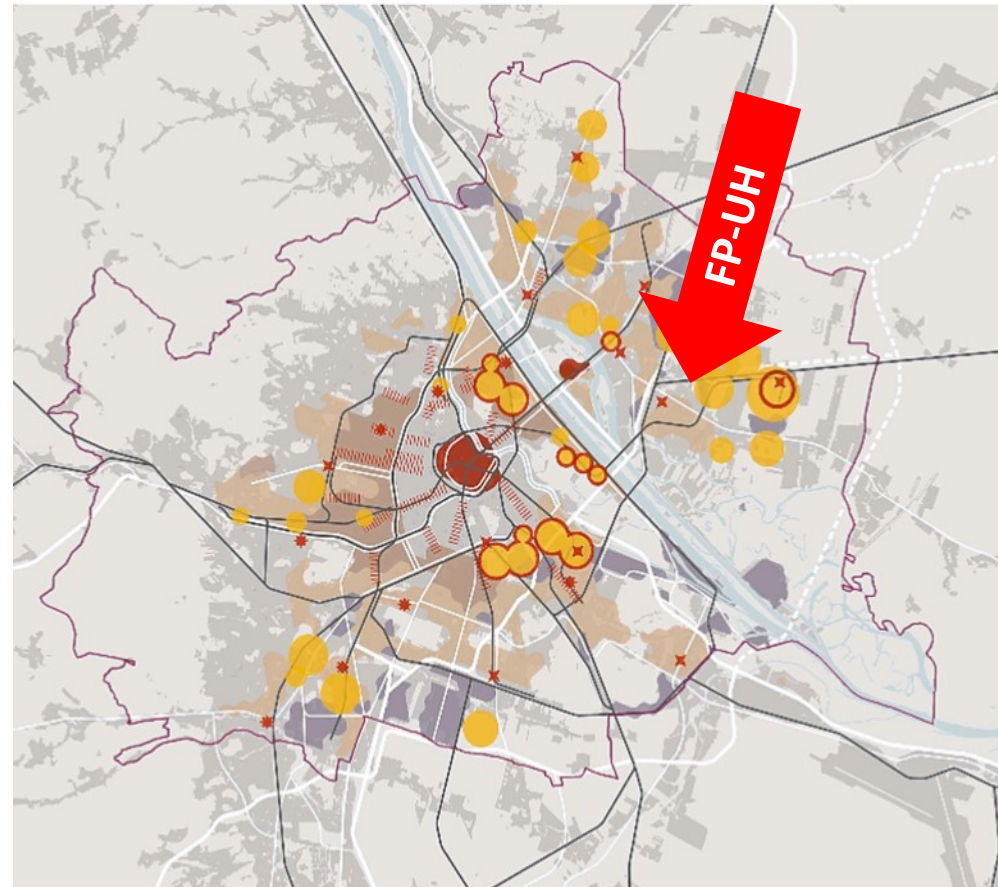
- Wirtschaftliches Bauen
- Zukunftsorientierte Grundlagen schaffen
- CO₂ Emissionen verringern
- Ressourcen effizient einsetzen
(jedoch keine Sicherheiten aufgeben)
- SMART CITY Strategie umsetzen



- Änderung der Normenlage bei der Bemessung von Pfählen
ÖN B 1997-1-3: 2015
- Viele Großbauvorhaben kommen auf die Stadt Wien zu
- Gebiet mit Entwicklungspotenzial für Wohnen und Arbeiten - Stadterweiterung

STEP2025
LEITBILD SIEDLUNGSENTWICKLUNG

VERS. 2.2 (20140127)
INHALTE FOKIERT,
GRAFIK IN BEARBEITUNG
DURCH DR. IN. N. P. M. J. J. J. J.



■ Magistratsabteilung 29

- Hr. SR Dipl.-Ing. Herrmann Papouschek
- Hr. Ing. Franz Urban
- Fr. Dipl.-Ing.ⁱⁿ Juliana Reimoser
- Hr. Dipl.-Ing. Martin Schmidt
- Hr. Dipl.-Ing. Alexander Pekarek
- Hr. Dipl.-Ing. Nikolaus Hödlmoser
- Hr. OWKM Eduard Kuresch

■ TU Wien

- Hr. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dietmar Adam
- Hr. Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Blovsky
- Hr. Dipl.-Ing. Joachim Wagner, BSc
- Fr. Dipl.-Ing.ⁱⁿ Christina Marzy, BSc
- Fr. Dipl.-Ing.ⁱⁿ Anna Freuis, BSc
- Hr. Dipl.-Ing. Alexander Stöglehner, BSc
- Hr. Dipl.-Ing. Johannes Meusburger, BSc
- Hr. Manuel Stadlbauer, BSc

■ Magistratsabteilung 27

■ Magistratsabteilung 28

■ Magistratsabteilung 39

■ Magistratsabteilung 41

■ Smart Minerals

■ Geotechnik ADAM ZT

■ Wien Energie Forschung und Innovation

■ MAYER Ingenieurleistungen ZT

■ Schimetta Consult

■ ÖBB/ASFINAG

■ ARGE FP-UH PORR und KELLER

Geotechnische Ziele

- Optimierung der Bemessung auf Basis von In-Situ-Versuchen
- Ermittlung des Verformungsverhaltens
- Ermittlung der Versagensgrenzen (zerstörende Versuche)
- Praktische Anwendung der einzelnen Bauverfahren



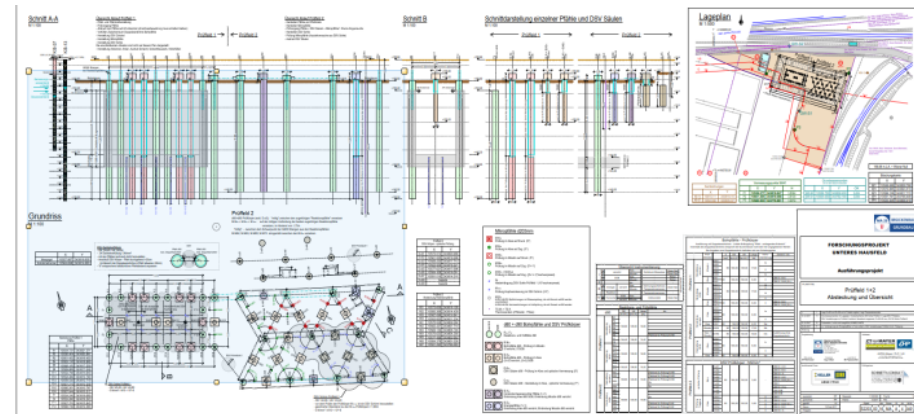
Ökologische Ziele

- Ressourcensparendes Bauen
- CO₂ - Einsparungen durch Reduktion der Betonkubatur
- CO₂ - Einsparungen durch Einsatz von klinkerärmeren Zementsorten
- Verringerung der Aushubkubaturen
- Beurteilung der Auswirkungen der Herstellung von DS-Elementen auf das Grundwasser
- Verwendung alternativer Betonsorten zur Pfahlherstellung



Bauwirtschaftliche Ziele

- Planungssicherheit erhöhen
- Ausführungsrisiko reduzieren
- Schaffung der Grundlagen für faire Ausschreibungen
- Vergleich unterschiedlicher Bauverfahren
- Reduktion des Claim Management Potentials



- Projektidee Februar 2016
- Vergabe Bauauftrag Dezember 2016
- Baubeginn Jänner 2017
- Erweiterung Februar 2017
(Energiepfähle, Horizontalverschiebeversuche, Zementuntersuchungen)
- Fertigstellung Oktober 2018
- Berichtsvorlage Mai 2019
- Projektskosten: € 4,3 Mio.
- Förderfähige Kosten: ca. € 0,8 Mio.
(50 % EWR Förderung)
- 88 geotechnische Standardversuche
- 2 Energiepfahlversuche
- 2 Horizontalverschiebeversuche
- 7 Zementuntersuchungen

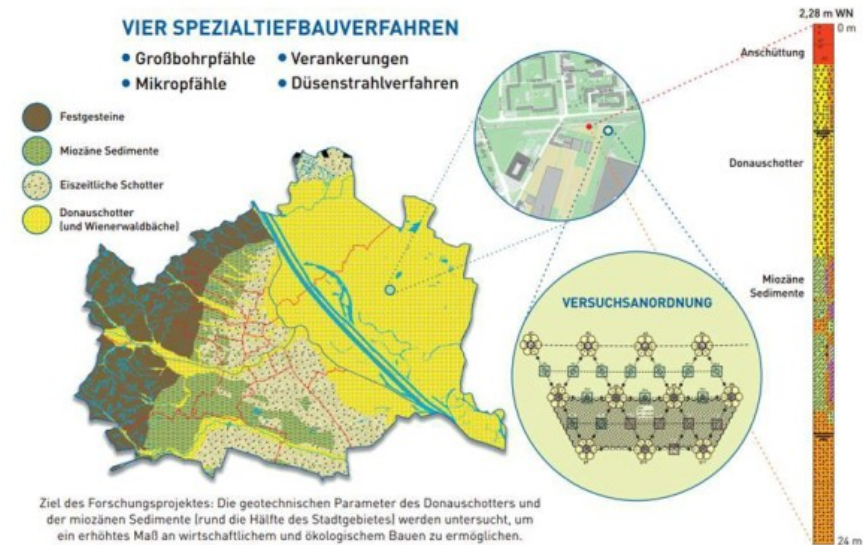


Dieses Projekt wird aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung kofinanziert.

Durch das EFRE Programm waren zusätzliche Versuche möglich

- Horizontalverschiebeversuche 2 Stk.
(4 Wochen)
- Energiepfahlversuche 2 Stk.
(6 Monate)
- Zementuntersuchungen 7 Stk.

50 % Förderung wurde in Aussicht gestellt
(Förderfähige Kosten rd. € 0,8 Mio.)



Europäische Union Investitionen in Wachstum & Beschäftigung. Österreich.

Betontechnologische Untersuchungen

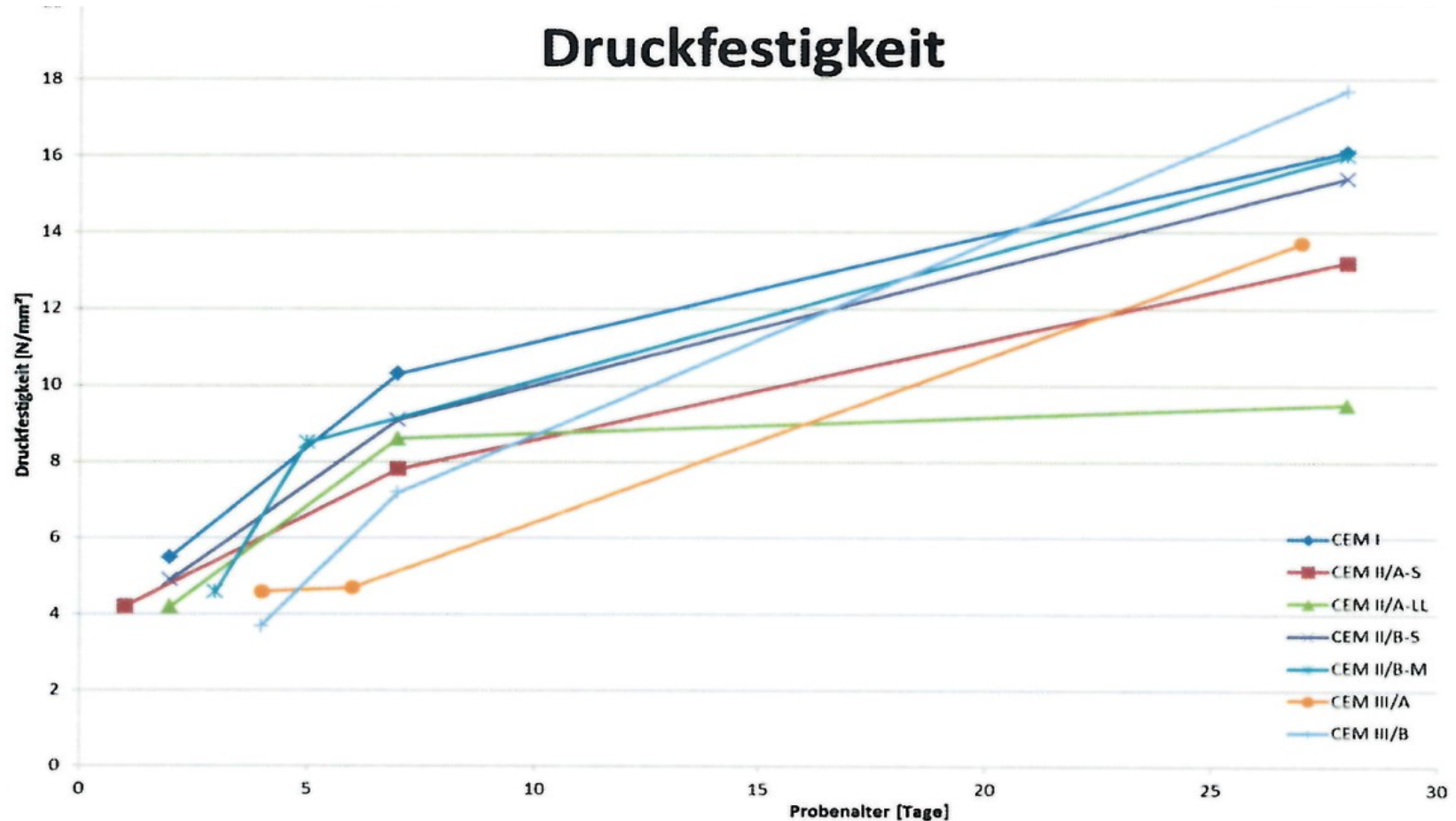
Folgende Zemente wurden untersucht

			CO ₂ -Emission (bezogen auf die Klinker- komponente)*	CO ₂ -Emissionen (bezogen auf die Klinkerkomponente) Bandbreite gem. EN 197-1
		Zementart	kg CO ₂ /t Zement	kg CO ₂ /t Zement
Bohrpfähle	DSV	CEM II/A-LL 42,5 R	620	618 bis 727
		CEM II/B-S 42,5	570	502 bis 611
		CEM II/B-M (S-L) 32,5 R	490	502 bis 611
DSV		CEM I 42,5 N-SR 0	710	734 bis 773
		CEM II/A-S 42,5 R	590	618 bis 727
		CEM III/A 32,5 N	420	271 bis 495
		CEM III/B 32,5 N	220	155 bis 263

*Emissionen bezogen auf die konkrete Zusammensetzung der im Projekt "Unteres Hausfeld" untersuchten Zemente

ANMERKUNG 1: Die Berechnungsgrundlage bezieht sich auf den Nachhaltigkeitsbericht 2016 der österreichischen Zementindustrie:

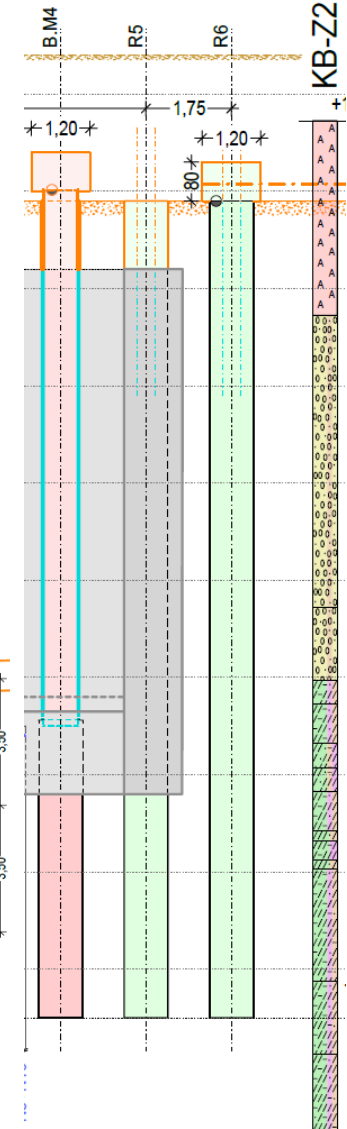
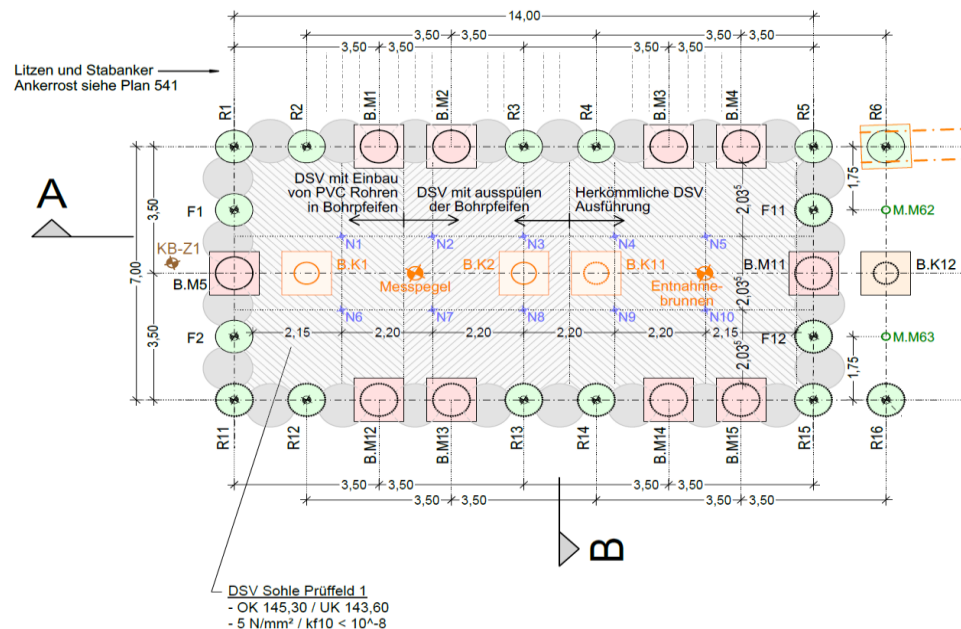
Entwicklung der Druckfestigkeit der Zementsuspension der DSV Säulen



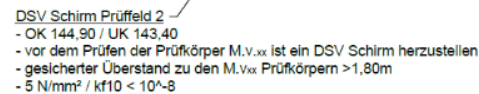
- Die 7 Zemente die bei der DS-Bodenvermörtelung getestet wurden decken die gesamte Spannweite der Normenzemente von CEM I bis CEM III/B ab.
- Der Zement CEM III/B hat wesentlich höhere Erhärungszeiten (Erstarrungsende > 40 HR).
- Nach 28 Tagen wurde bei den Festigkeitswerten von CEM III/B keine Minderfestigkeit festgestellt.
- Wesentliches Einsparungsmöglichkeit bei der Klinkerproduktion und den CO₂ Emissionen.

■ Untersuchungsprogramm:

- Axiale Probelbelastungen an **Großbohrpfählen im Kies und den miozänen Sedimenten:**
 - 12 Stk. verrohrt gebohrt
 - 12 Stk. SOB-Verfahren
- 20 Untersuchungsprüfungen an **Verpressanker im Kies:**
 - Stabanker
 - Litzenanker



- Untersuchungsprogramm:
 - 27 Axiale Probebelastungen an **Mikropfählen**:
 - Druck / Zug
 - Kies / miozäne Sedimente
 - 5 Axiale Probebelastungen an **DS-Säulen** im Kies
 - 2 Axiale Belastungsversuche an **Energiepfählen**
 - **2 Horizontalbelastungsversuche** an **Großbohrpfählen**
 - 12 Stk. Herausziehversuche an **Mikropfahlverankerungen** in **DS-Dichtsohlen**



Impressionen Versuchsfeld



Herstellung Großbohrpfähle



Herstellung Mikropfähle



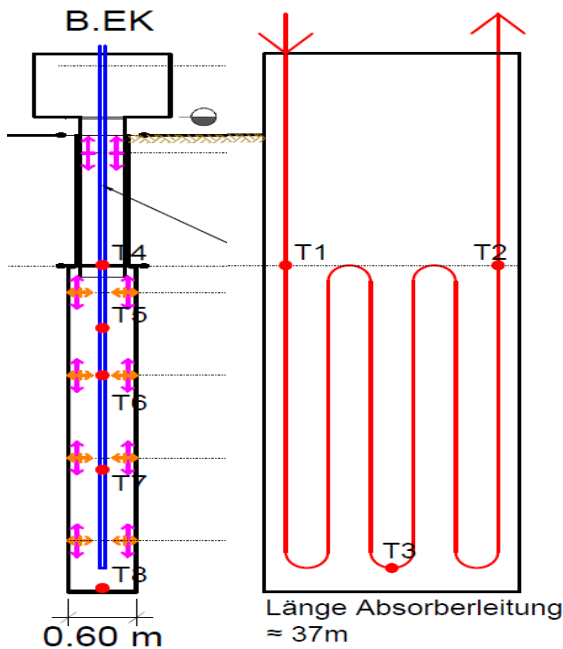
Herstellung Anker



Herstellung DS-Säulen

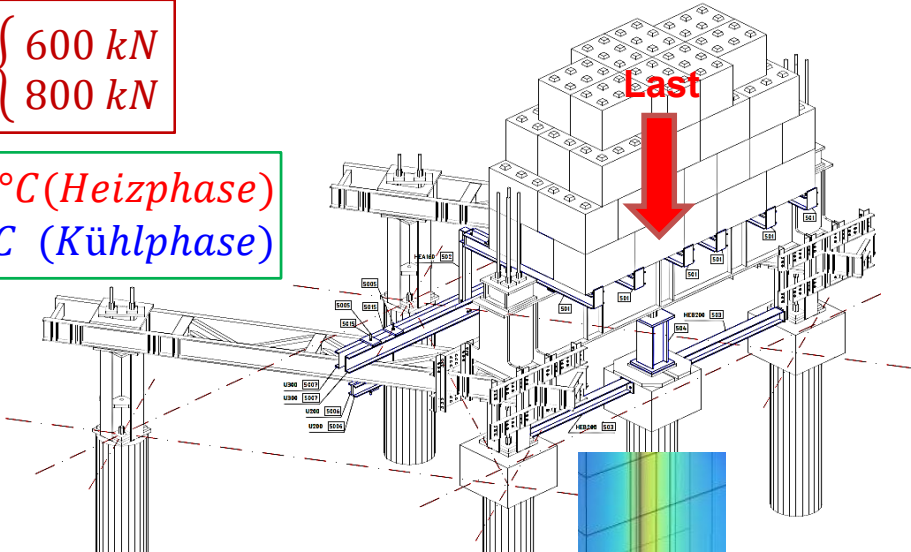


Energiepfahlversuche



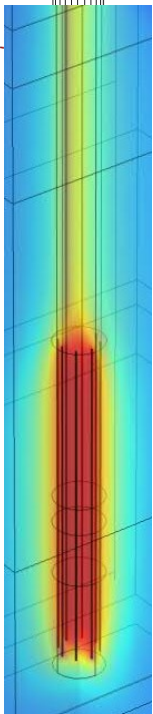
$$V = \text{const} = \begin{cases} 600 \text{ kN} \\ 800 \text{ kN} \end{cases}$$

$$T_{\text{soll}} = \begin{cases} +35^{\circ}\text{C} (\text{Heizphase}) \\ +2^{\circ}\text{C} (\text{Kühlphase}) \end{cases}$$



Heizcontainer

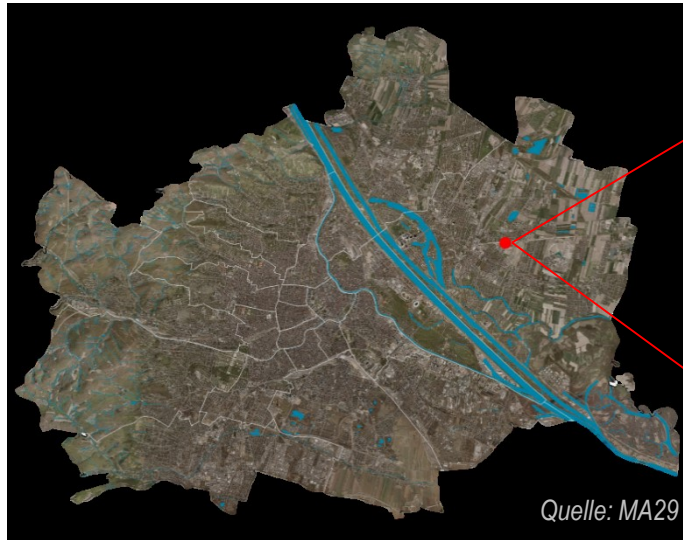
Messcontainer



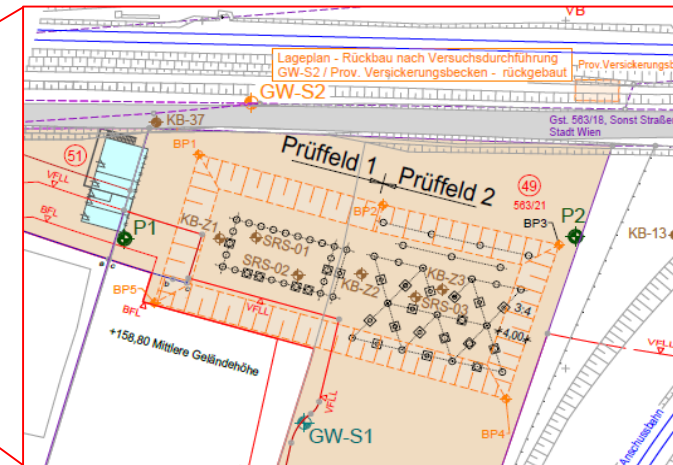


Max. Prüflasten 6 MN $\approx$ 600 to
Max. Startgewicht Airbus A380 = 560 to

Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ – Versuchsfeld, Geologie



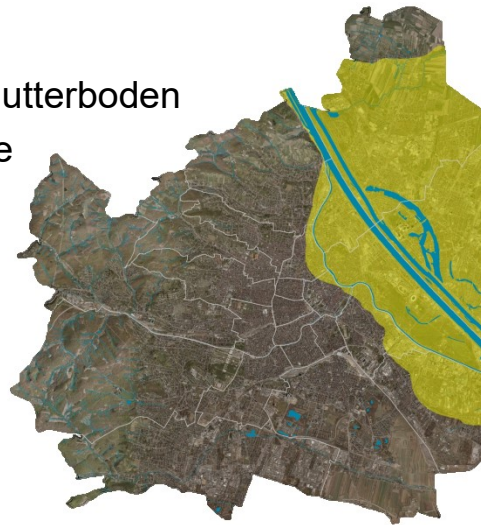
Quelle: MA29



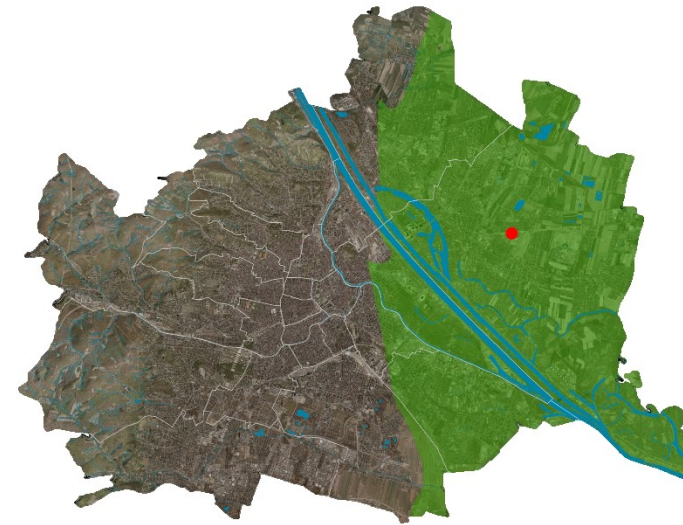
Ausbreitung der **quartären Sedimente**:

■ Geologie:

- Anschüttungen und Mutterboden
- Quartäre Ausedimente
- **Quartäre Sedimente**
„Donauschotter“
- **Miozäne Sedimente**
(Oberes Pannonium)



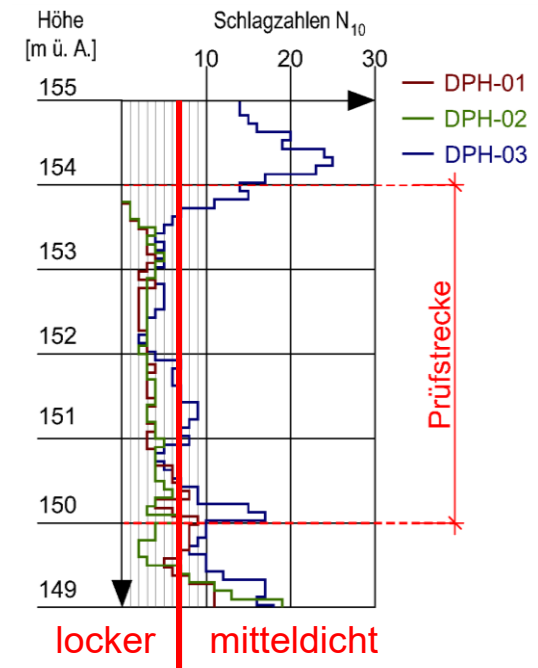
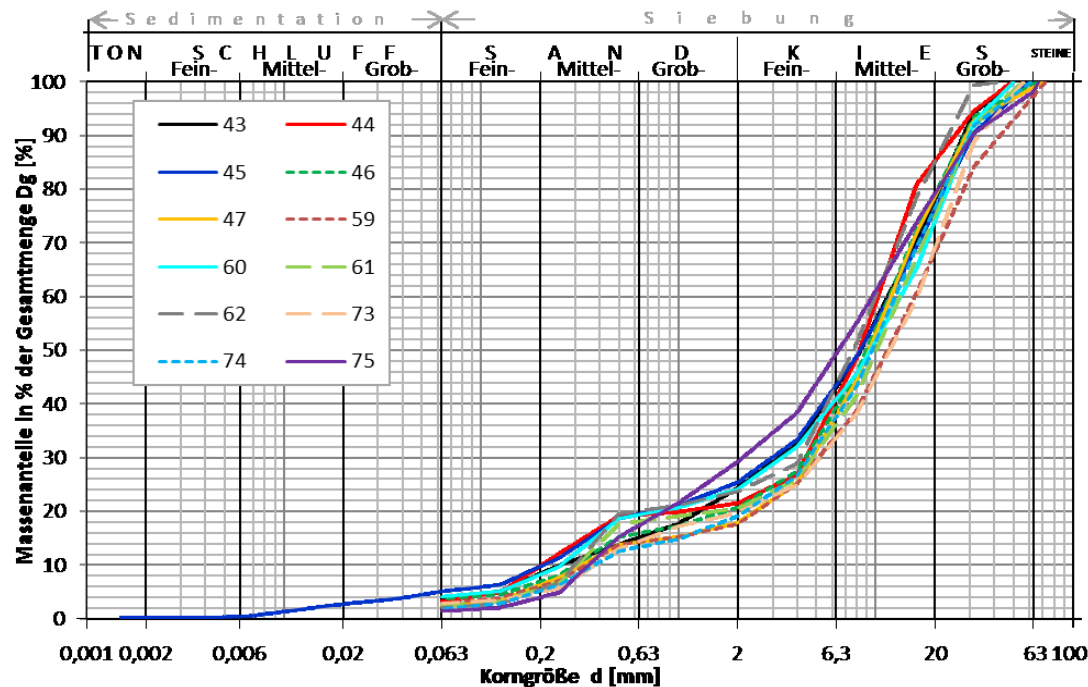
Ausbreitung der **miozänen Sedimente**:



Untergrundverhältnisse – Quartäre Sedimente „Donauschotter“

- Quartäre Sedimente im Bereich der Prüfstrecken:
 - Sandige Kiese
 - Lagerungsdichte: locker bis mitteldicht

Korngrößenverteilungen im Bereich der Prüfstrecken Kies:



Untergrundverhältnisse – Miozäne Sedimente

■ Miozäne Sedimente im Bereich der Prüfstrecken:

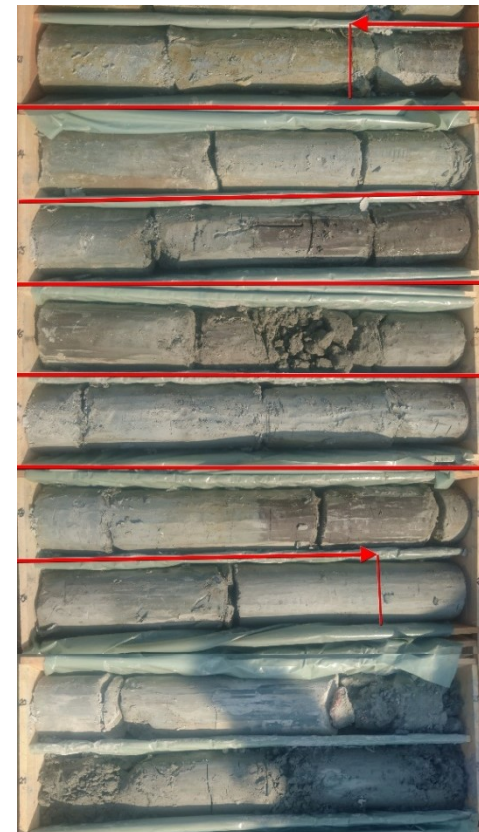
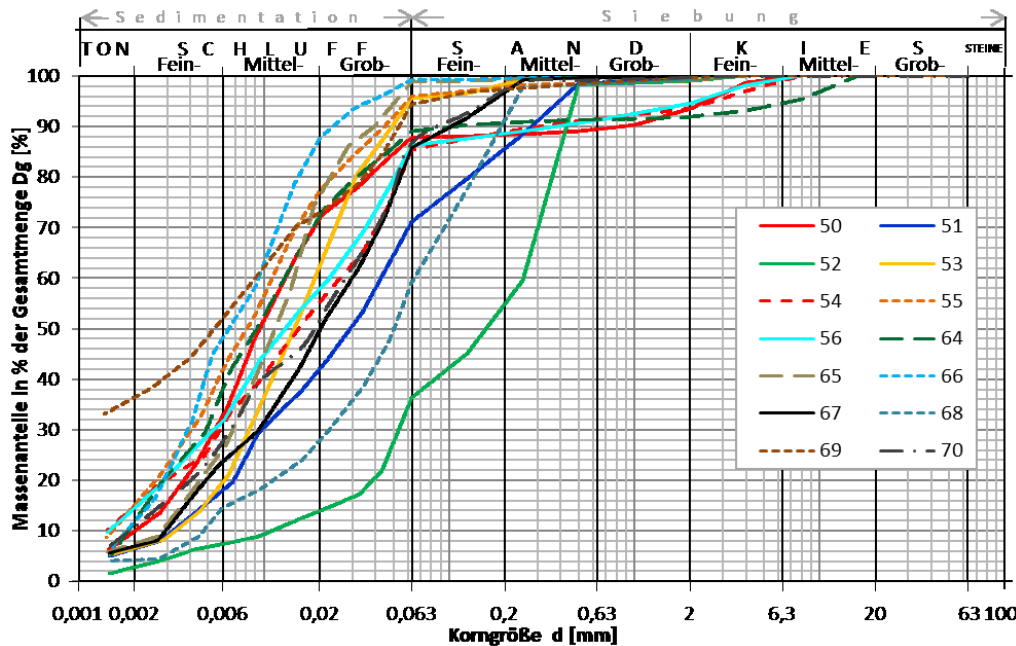
- Wechselgelagerte Sande, Schluffe und Tone
- Konsistenz: sehr steif bis fest

Konsistenzband gemäß EN ISO 14688-2:

I_c	>1,0	1,0	0,75	0,5	0,25	0	
	fest	halbfest	steif	weich	sehr weich	breiig	flüssig
	w_s	w_p				w_L	

0,9
sehr steif → ÖNORM B 1997-1-3

Korngrößenverteilungen im Bereich der Prüfstrecken Miozän:



Messtechnik zur Erfassung der Widerstände

■ Axiale Probelbelastungen

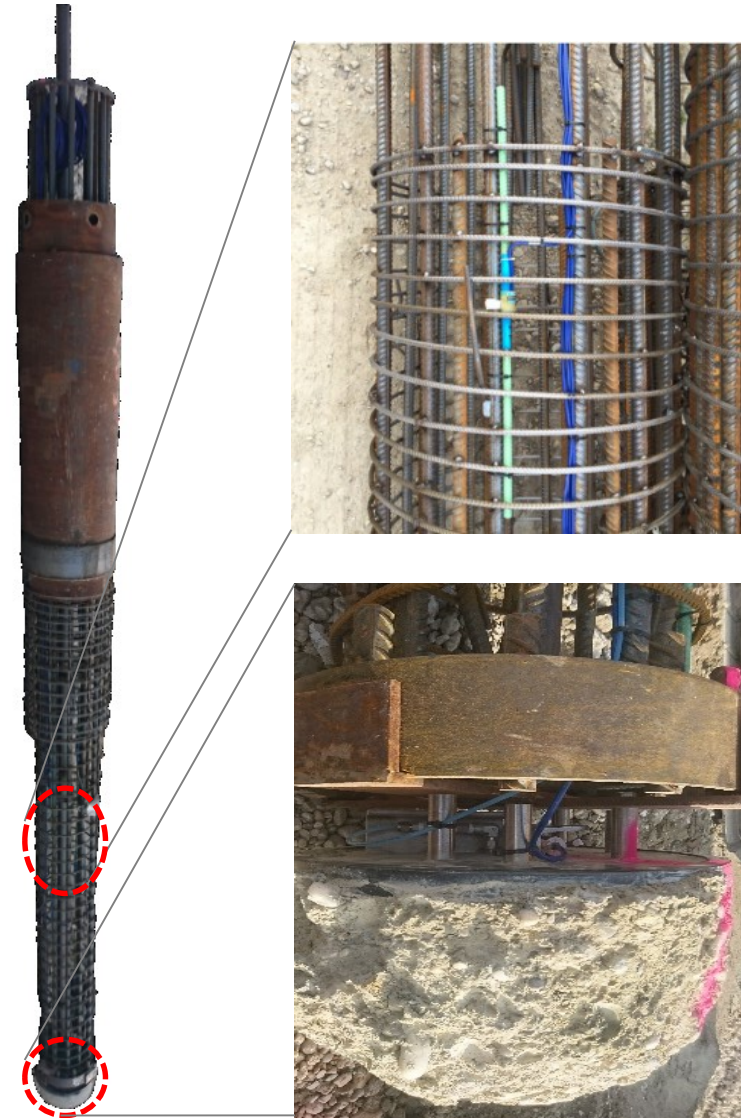
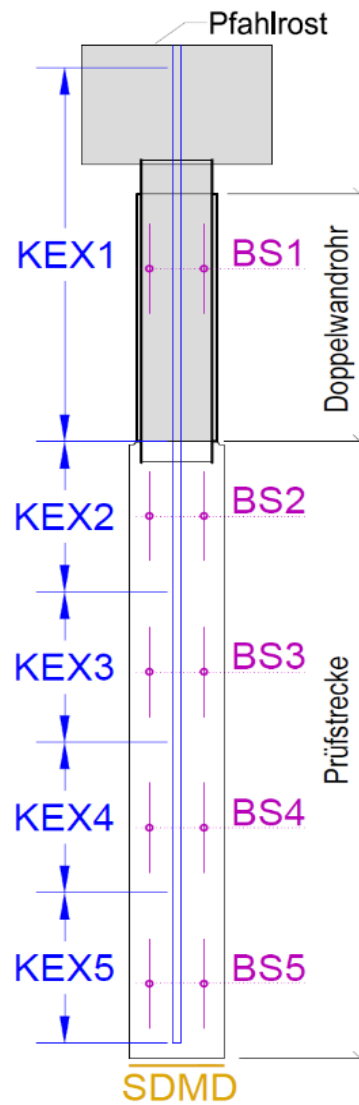
- Mantelwiderstand:
 - Kettenextensometer **KEX**
 - Bewehrungssensoren **BS**
- Sohlwiderstand:
 - Sohldruckmessdose **SDMD**

■ Horizontalverschiebeversuche an Großbohrpfählen

- Biegelinie:
 - Ketteninklinometer

■ Energiepfähle

- Querdehnung:
 - Dehnungsaufnehmer
- Temperaturverlauf:
 - Temperatursensoren



Messtechnik zur Erfassung des Last-Verschiebungsverhaltens



W_v 3 vertikale Wegaufnehmer
 W_h 2 horizontale Wegaufnehmer
 W_{mech} ... 1 mechanische Messuhr

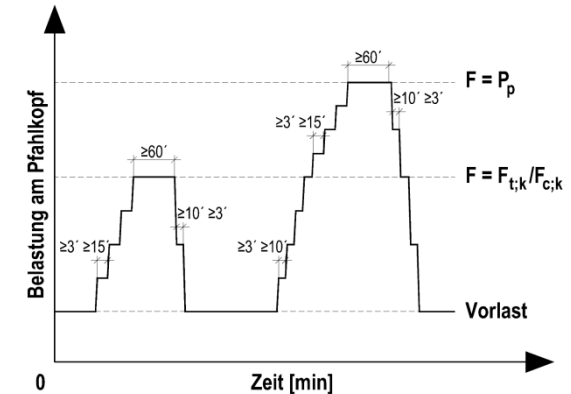
KMD ... Kraftmessdose
 Präzisionsnivelement

Axiale Probebelastungen an Großbohrpfählen – Versuchskonzept

■ Versuchsreihen:

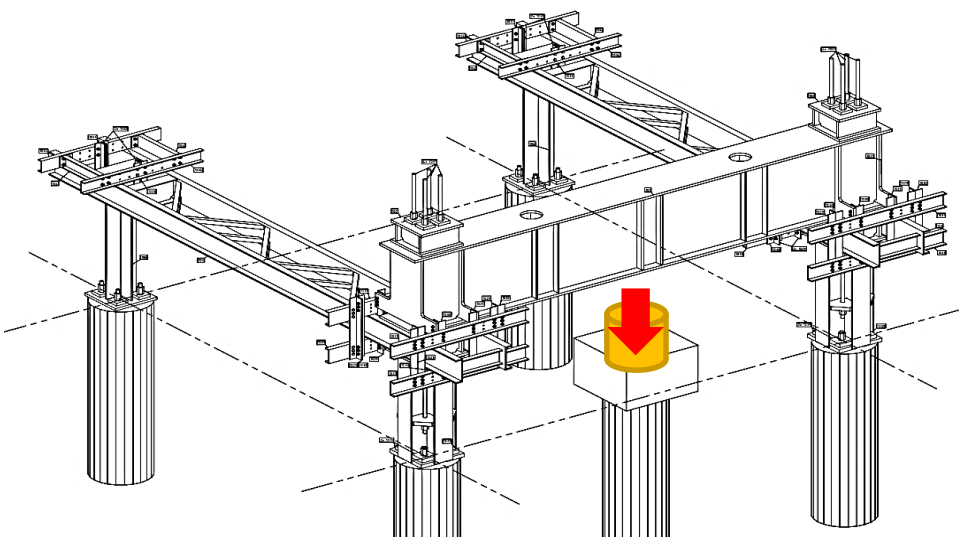
Großbohrpfahlversuchsreihe	Prüffeld	Bodenart im Lastabtragungsbereich	Herstellungstyp	Anzahl	Länge [m]	Ø [cm]	Länge Prüfstrecke [m]

*Herstellung mit „CO₂-armen“ Zementen



Versuchsablauf entsprechend der EA-Pfähle

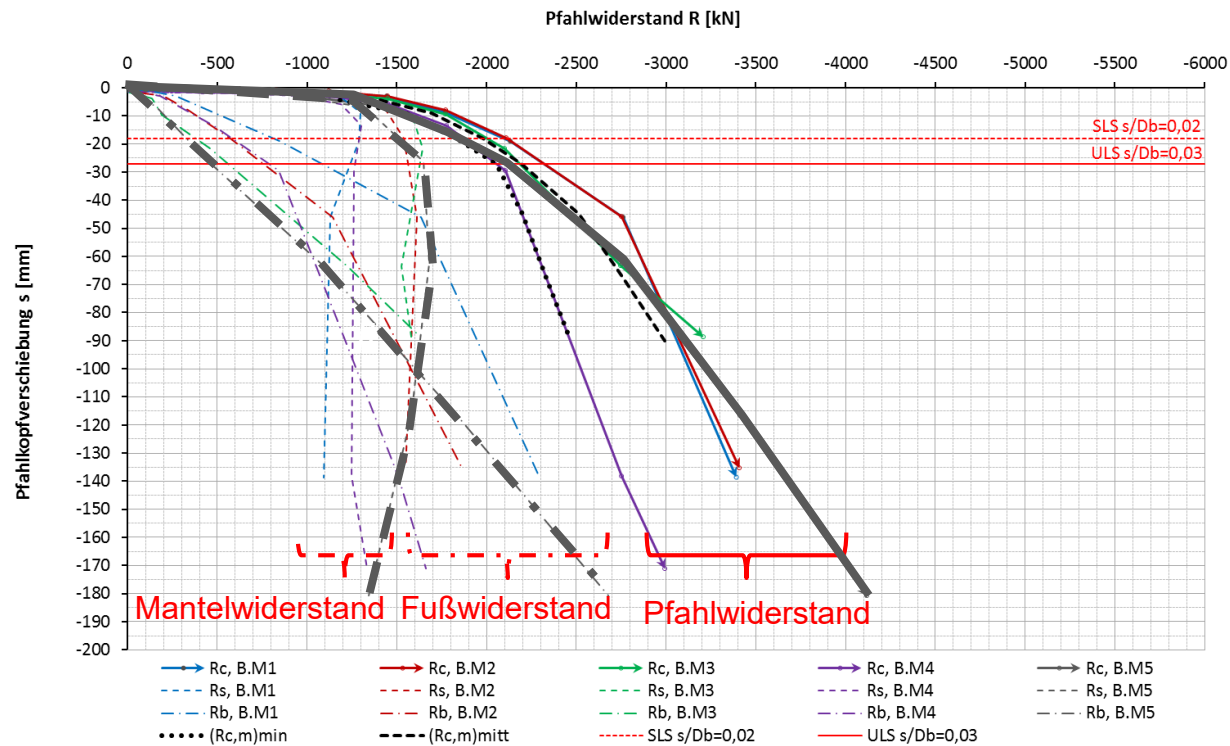
- 2 Belastungszyklen bis max. 6000 kN
- Min. Beobachtungszeiten je Laststufe:
 - 15 min bei Erstbelastung bzw.
 - 10 min bei Zweitbelastung
 - 60 min bei der höchsten Laststufe je Zyklus im Kies
 - 180 min bei der höchsten Laststufe je Zyklus im Miozän
- Max. Verschiebungszuwachs je Laststufe:
 - Vorlast bis $F_{c;k} < 0,1$ mm in 20 min
 - $F_{c;k}$ bis $P_p < 0,1$ mm in 5 min



Axiale Probebelastungen an Großbohrpfählen – Ergebnisse

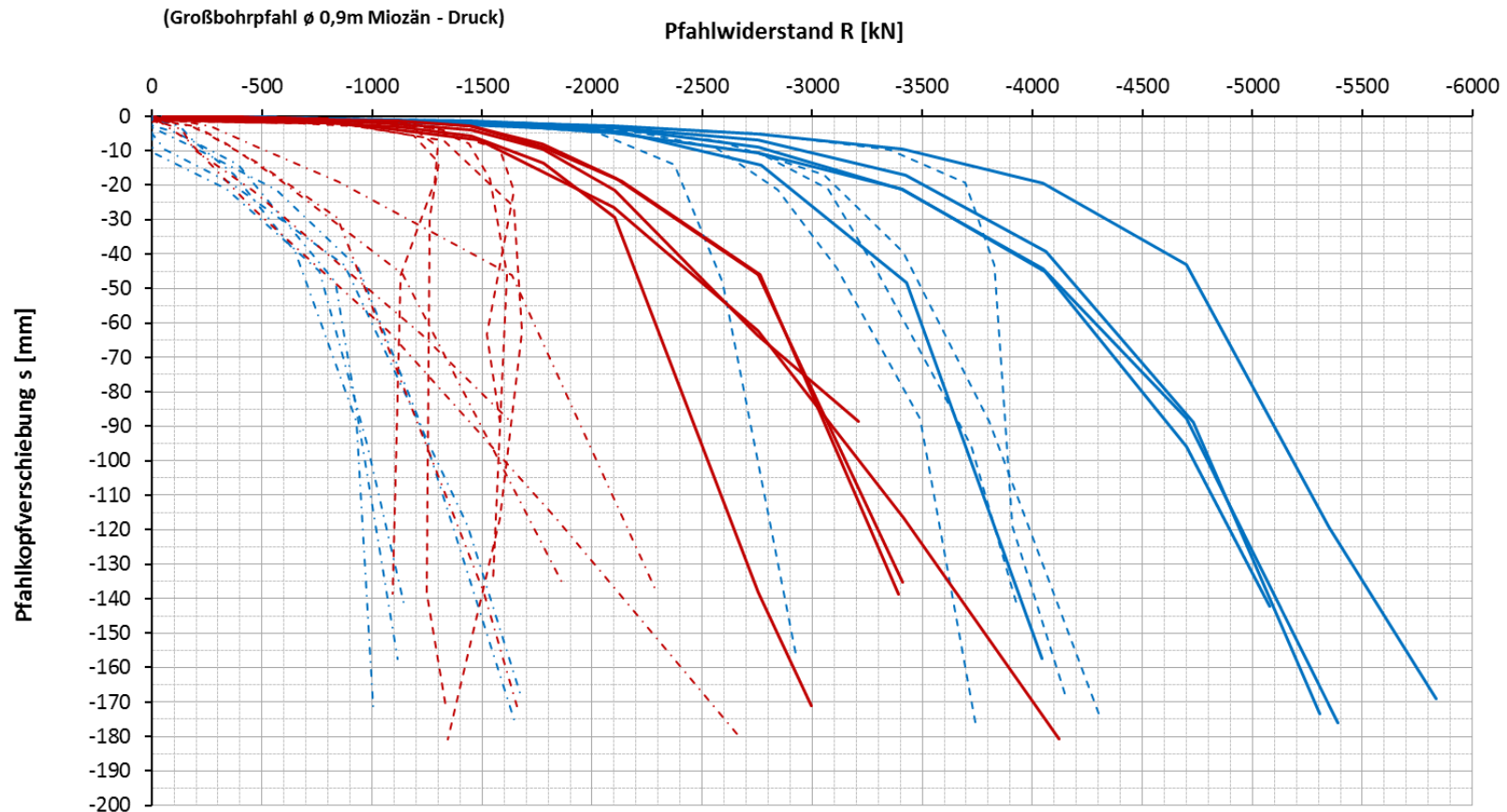
- **Widerstands-Verschiebungslinien** für Pfahl-, Pfahlmantel- und Pfahlfußwiderstand:

Verrohrte Bohrpfähle Ø 0,9m, mit Wasserauflast, B.M 1-5, miozäne Sedimente:



Axiale Probebelastungen an Großbohrpfählen – Ergebnisse

- Gegenüberstellung der Widerstands-Verschiebungslinien miozäne Sedimente:
Verrohrte Bohrpfähle B.M 1-5 / SOB-Pfähle B.M 11-15

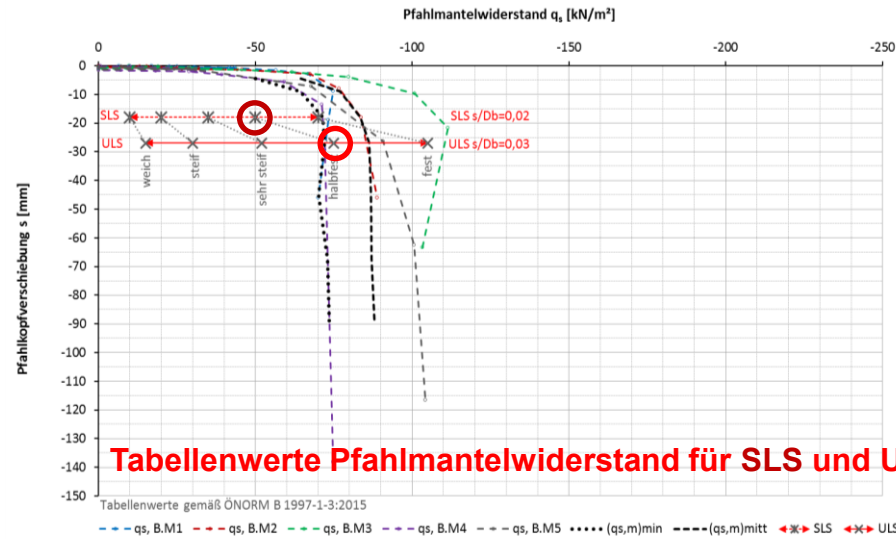


⇒ **Besseres Last-Setzungsverhalten der SOB-Pfähle → aufgrund höheren Pfahlmantelwiderstandes**

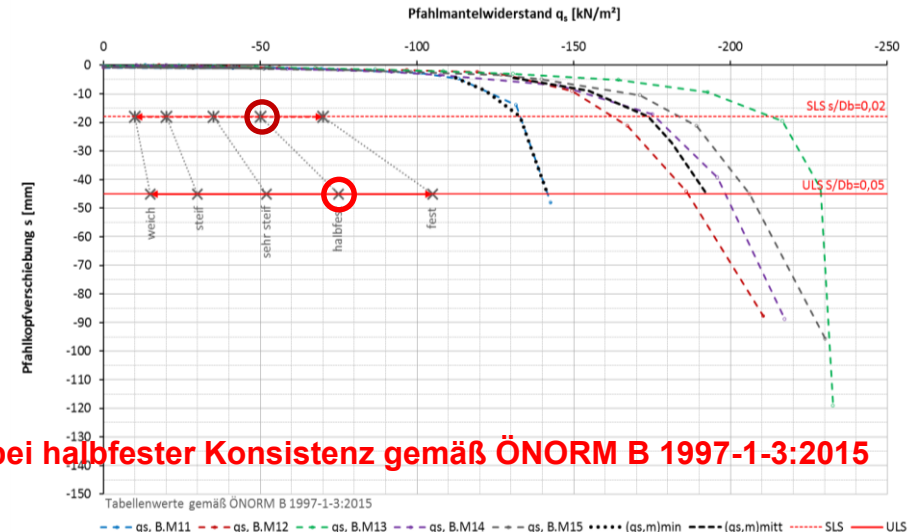
Axiale Probebelastungen an Großbohrpfählen – Ergebnisse

■ Pfahlmantelwiderstands-Verschiebungslinien miozäne Sedimente:

Verrohrte Bohrpfähle $\varnothing$ 0,9m, mit Wasserauflast, B.M 1-5:



SOB-Pfähle $\varnothing$ 0,9m, B.M 11-15:



Tabellenwerte Pfahlmantelwiderstand für SLS und ULS bei halbfester Konsistenz gemäß ÖNORM B 1997-1-3:2015

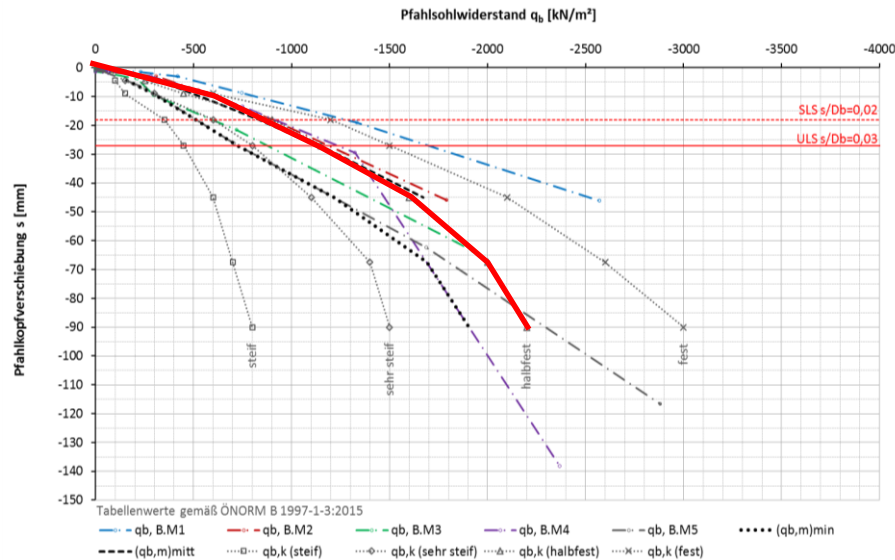
⇒ Setzung bei vollmobilisiertem Pfahlmantelwiderstand 10 – 30 mm

⇒ KEIN vollmobilisierter Pfahlmantelwiderstand

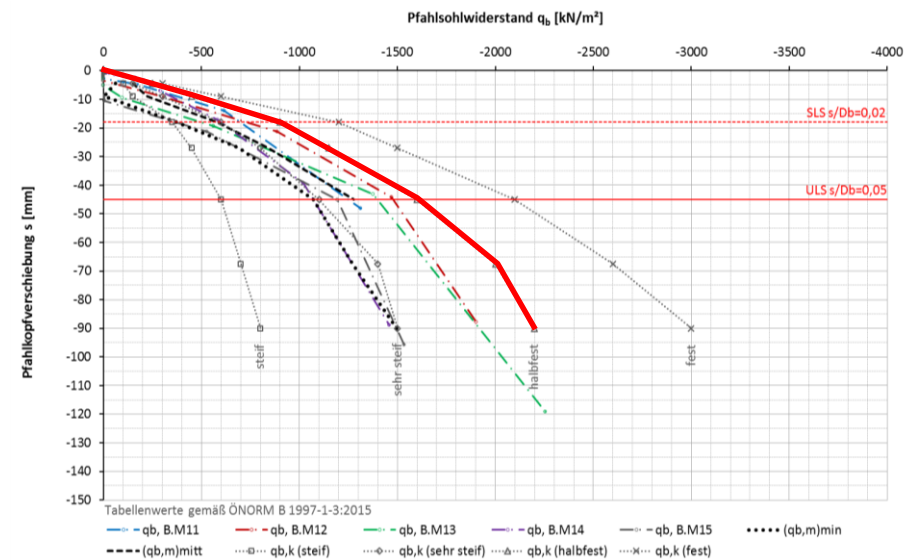
Axiale Probebelastungen an Großbohrpfählen – Ergebnisse

■ Pfahlsohlwiderstands-Verschiebungslinien miozäne Sedimente:

Verrohrte Bohrpfähle Ø 0,9m, mit Wasserauflast, B.M 1-5:



SOB-Pfähle Ø 0,9m, B.M 11-15:

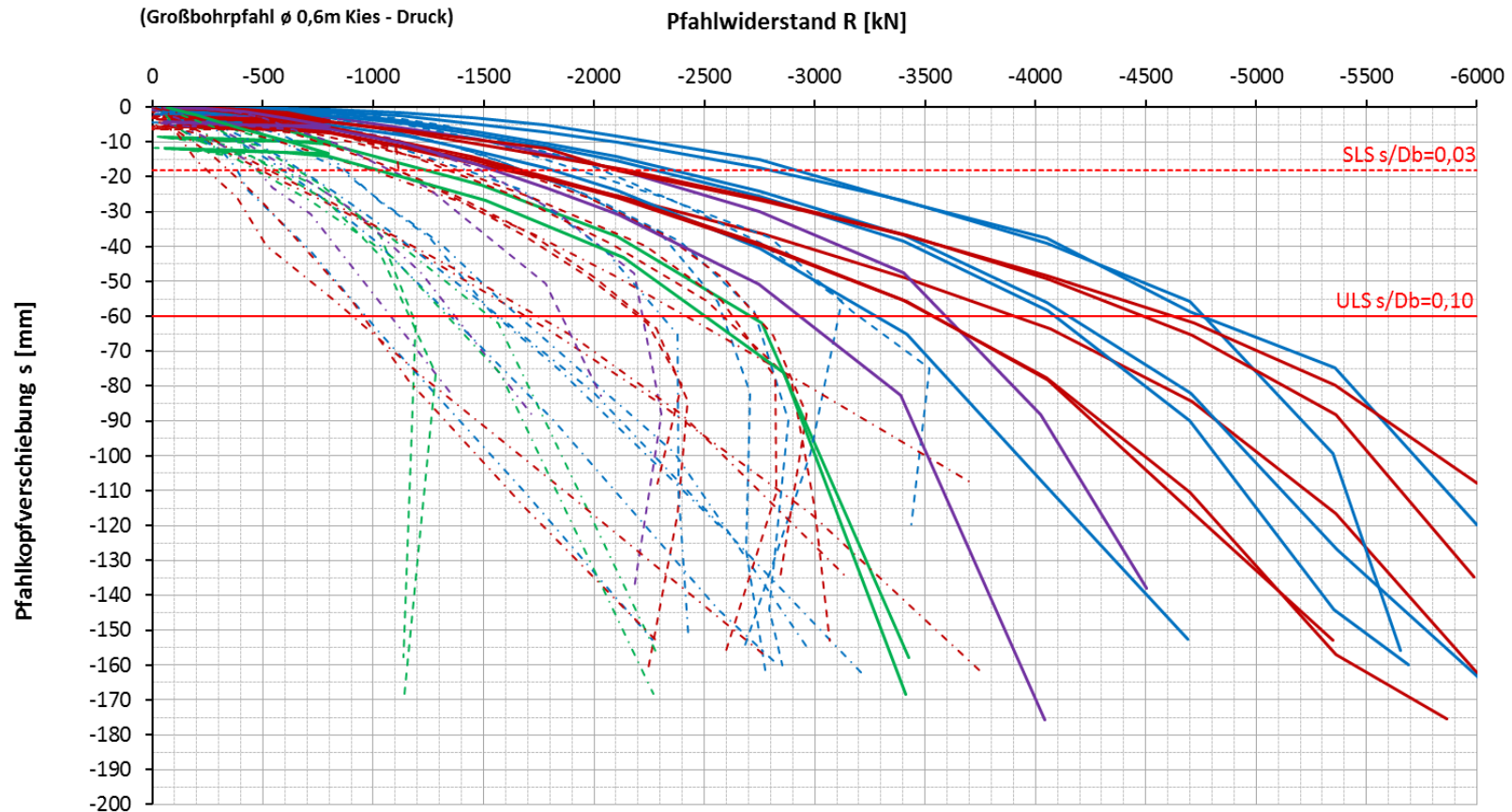


Tabellenwerte Pfahlsohlwiderstand bei halbfester Konsistenz gemäß ÖNORM B 1997-1-3:2015

⇒ Kontinuierliche Zunahme des Pfahlsohlwiderstandes

Axiale Probebelastungen an Großbohrpfählen – Ergebnisse

- Gegenüberstellung der Widerstands-Verschiebungslinien quartäre Sedimente:
Verrohrte Bohrpfähle B.K 51-45, B.K 1-2 / SOB-Pfähle B.M 11-15, B.K 11-12

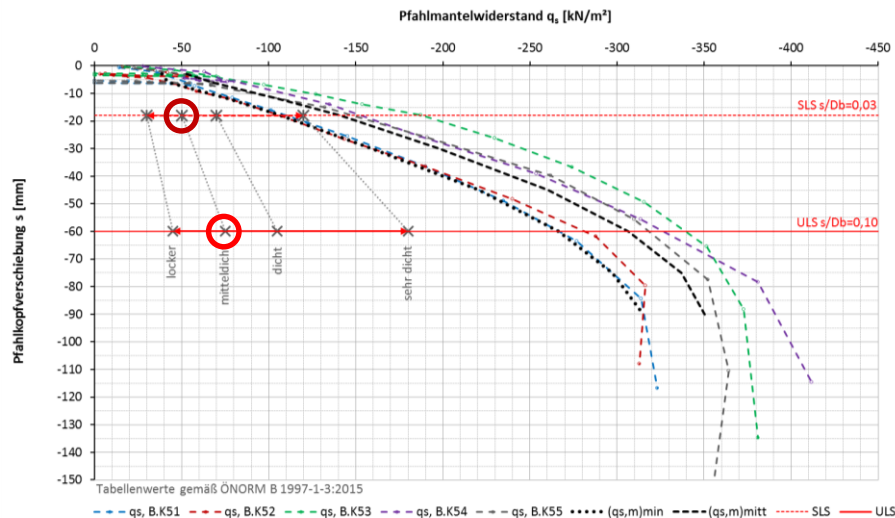


- ⇒ Etwas besseres Last-Setzungsverhalten der SOB-Pfähle
- ⇒ Besseres Last-Setzungsverhalten der Pfähle im Prüffeld 2 → wegen höherer Lagerungsdichte

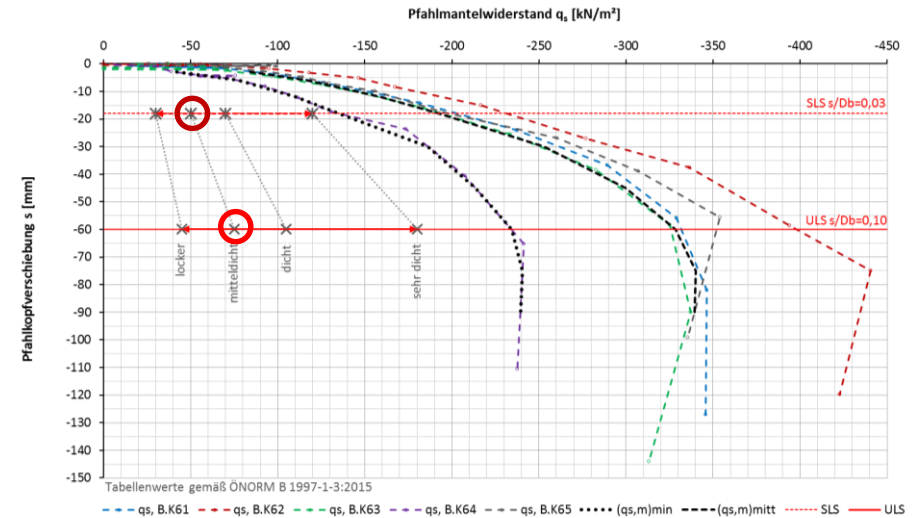
Axiale Probebelastungen an Großbohrpfählen – Ergebnisse

■ Pfahlmantelwiderstands-Verschiebungslinien quartäre Sedimente:

Verrohrte Bohrspfähle $\varnothing$ 0,6m, B.K 51-55:



SOB-Pfähle $\varnothing$ 0,6m, B.K 61-65:



Tabellenwerte Pfahlmantelwiderstand für SLS und ULS bei mitteldichter Lagerungsdichte gemäß ÖNORM B 1997-1-3:2015

⇒ Setzung bei vollmobilisiertem Pfahlmantelwiderstand 80 - 90 mm

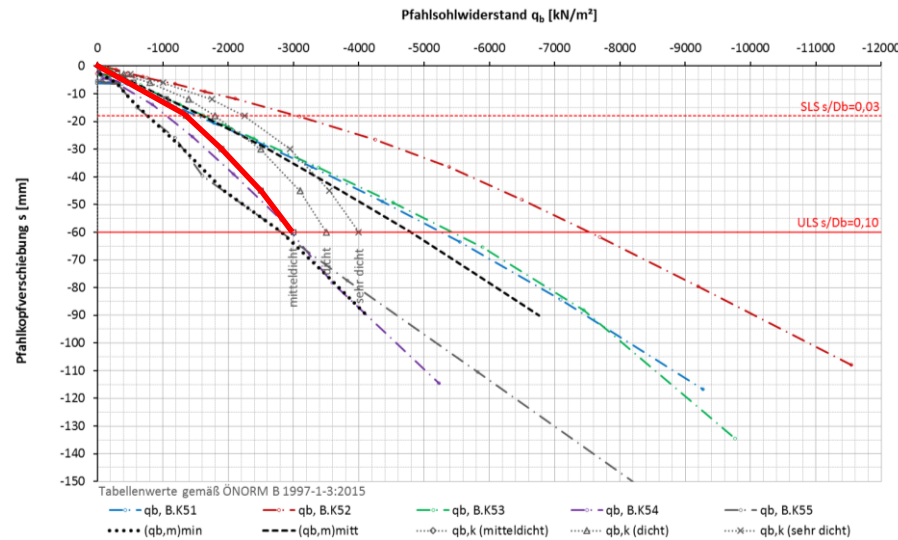
⇒ Setzung bei vollmobilisiertem Pfahlmantelwiderstand 55 - 90 mm

⇒ Der Pfahlmantelwiderstand des sandigen Kieses „Donauschotter“ liegt deutlich über den Tabellenwerten der Norm für nichtbindige Böden !

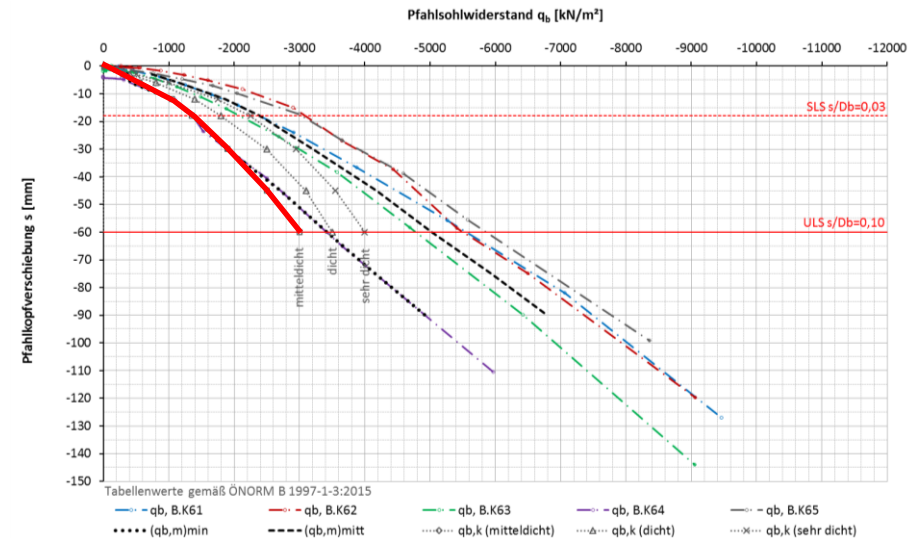
Axiale Probebelastungen an Großbohrpfählen – Ergebnisse

■ Pfahlsohlwiderstands-Verschiebungslinien quartäre Sedimente:

Verrohrte Bohrpfähle $\varnothing 0,6\text{m}$, B.K 51-55:



SOB-Pfähle $\varnothing 0,6\text{m}$, B.K 61-65:



Tabellenwerte Pfahlsohlwiderstand bei mitteldichter Lagerungsdichte gemäß ÖNORM B 1997-1-3:2015

⇒ Kontinuierliche Zunahme des Pfahlsohlwiderstandes

Ableitung charakteristischer Pfahlwiderstände

- **Verwendung der Ergebnisse von Probelastungen bei vergleichbaren Bedingungen:**

- **ÖNORM B 1997-1-3:2015:**

„Ermittlung der Pfahlwiderstände von axial auf Druck und/oder Zug beanspruchten Pfählen mit Hilfe von Erfahrungswerten von ausgeführten Pfahlgründungen und/oder Probelastungen, deren Zuverlässigkeit unter vergleichbaren Bedingungen nachgewiesen wurde.“

$$R_{c;k} = \min \left\{ \frac{(R_{c;m})_{mitt}}{\xi_1}; \frac{(R_{c;m})_{min}}{\xi_2} \right\}$$

ξ für n =	1	2	3	4	≥ 5
ξ ₁	1,40	1,30	1,20	1,10	1,00
ξ ₂	1,40	1,20	1,05	1,00	1,00
n Anzahl der probelasteten Pfähle					

- **EA-Pfähle:**
 - Gleicher Pfahltyp, ähnliche Querschnittsabmessungen und ähnliche Einbindelängen im tragfähigen Baugrund
 - Ähnliche Baugrundverhältnisse – besonders für die tragfähigen Bodenschichten im Hinblick auf Bodenart und mittlere Konsistenz bzw. Lagerungsdichte
 - Bestätigung der Vergleichbarkeit durch einen Sachverständigen für Geotechnik

Brückentagung 2019



 Europäische Union Investitionen in Wachstum & Beschäftigung Österreich

Wien!
voraus
Das Zukunftsressort

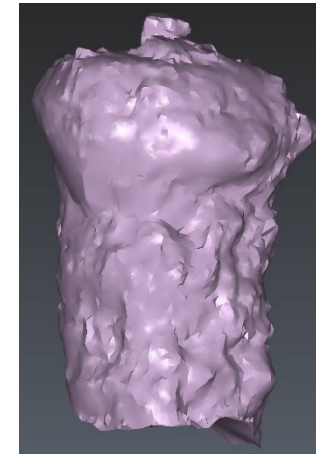
StoDt+Wien

Wien!
voraus
Das Zukunftsressort

StoDt+Wien



- BRÜCKENBAU
-
- GRUNDBAU

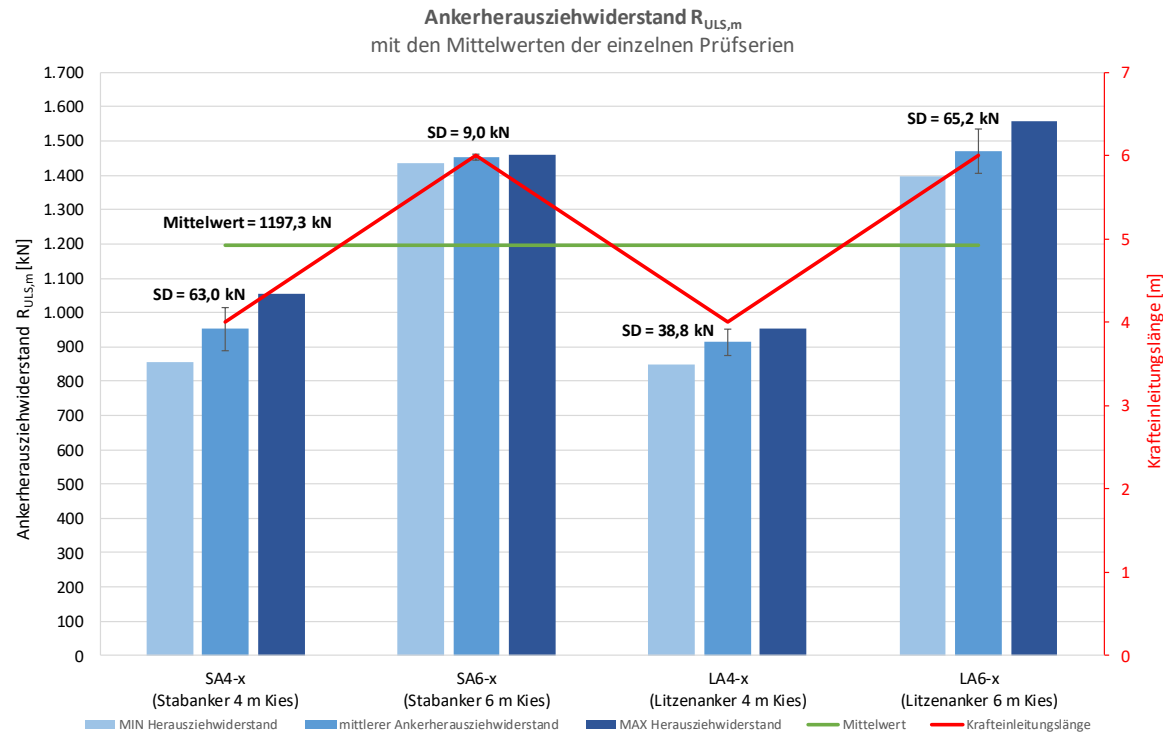
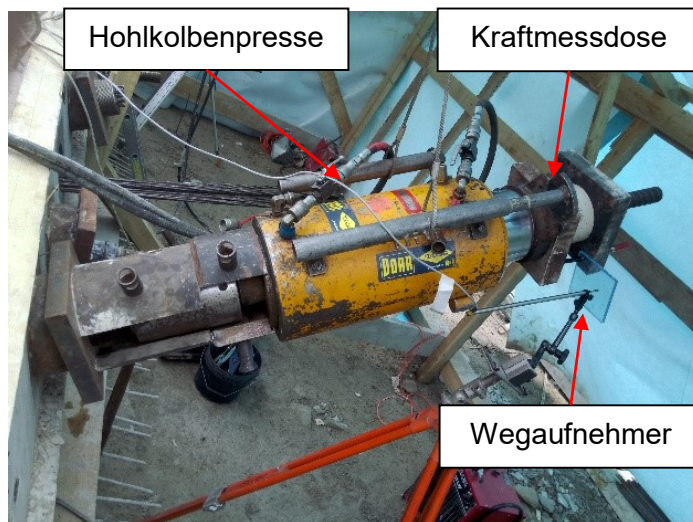
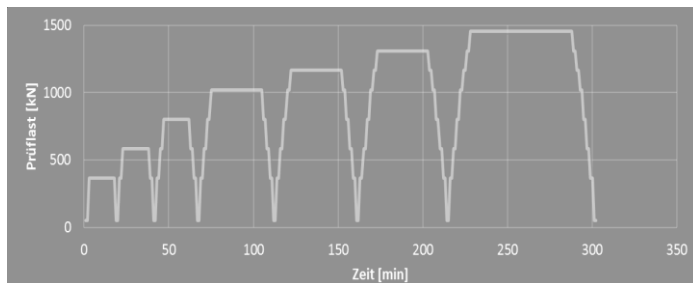


37/51

Untersuchungsprüfungen an Verpressankern – Quartäre Sedimente

Versuchsablauf entsprechend:

- ÖNORM EN B1537 und
- EN ISO 22477-5 7 ENTWURF
(gültig seit 15.03.2019)



- Litzen- und Stabanker
- Drehschlagbohrung $\varnothing$ 133mm

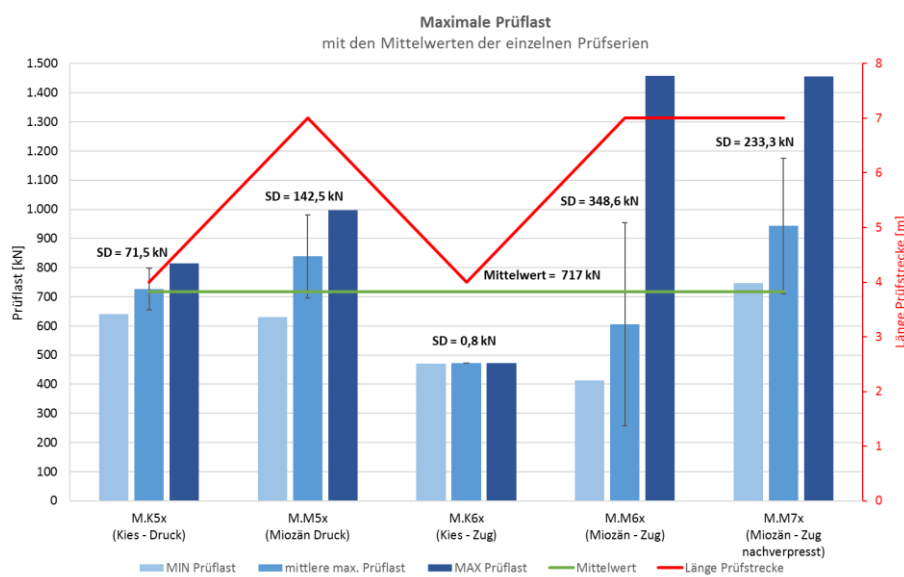
⇒ $R_{ULS,m,max} = 264 \text{ kN/m}$... maximaler Herauszieh Widerstand

⇒ $R_{ULS,m,min} = 212 \text{ kN/m}$... minimaler Herauszieh Widerstand

⇒ $R_{ULS,m,mitt} = 238 \text{ kN/m}$... mittlerer Herauszieh Widerstand

Axiale Probelbelastungen an Mikropfählen

■ Quartäre Sedimente



DRUCK:

⇒ $R_{C,ULS,m,min} = 170 \text{ kN/m}$... minimaler Pfahlwiderstand

⇒ $*q_{s,m,min} = 267 \text{ kN/m}^2$ *) ... minimaler Pfahlmantelwiderstand

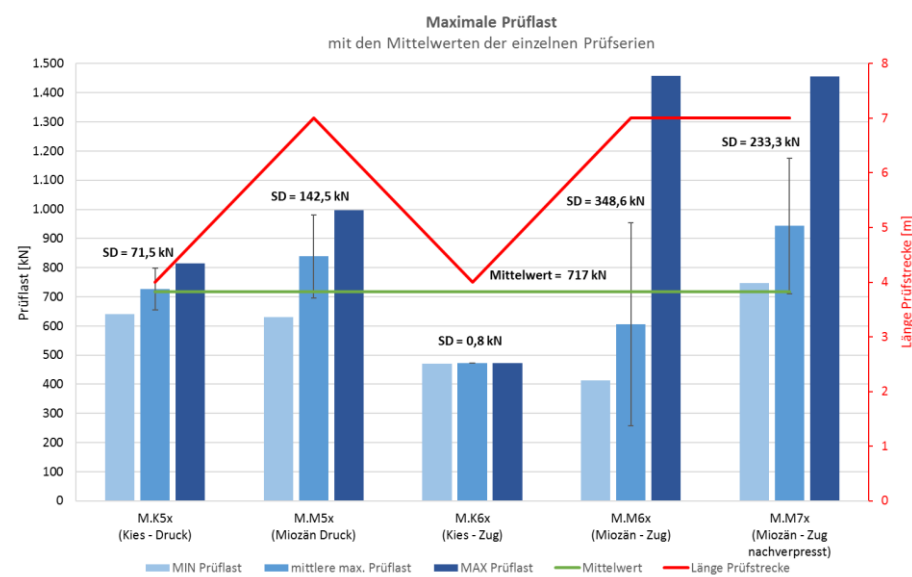
ZUG:

⇒ $R_{t,ULS,m,min} = 118 \text{ kN/m}$... minimaler Pfahlwiderstand

⇒ $*q_{s,m,min} = 185 \text{ kN/m}^2$ *) ... minimaler Pfahlmantelwiderstand

*mittlere Pfahlmantelwiderstand berechnet mit dem Bohrdurchmesser Ø 203 mm

■ Miozäne Sedimente



DRUCK:

⇒ $R_{C,ULS,m,min} = 90 \text{ kN/m}$... minimaler Pfahlwiderstand

⇒ $*q_{s,m,min} = 141 \text{ kN/m}^2$... minimaler Pfahlmantelwiderstand

ZUG:

⇒ $R_{t,ULS,m,min} = 67 \text{ kN/m}$... minimaler Pfahlwiderstand

⇒ $*q_{s,m,min} = 106 \text{ kN/m}^2$... minimaler Pfahlmantelwiderstand

ZUG, nachverpresst:

⇒ $R_{t,ULS,m,min} = 107 \text{ kN/m}$... minimaler Pfahlwiderstand

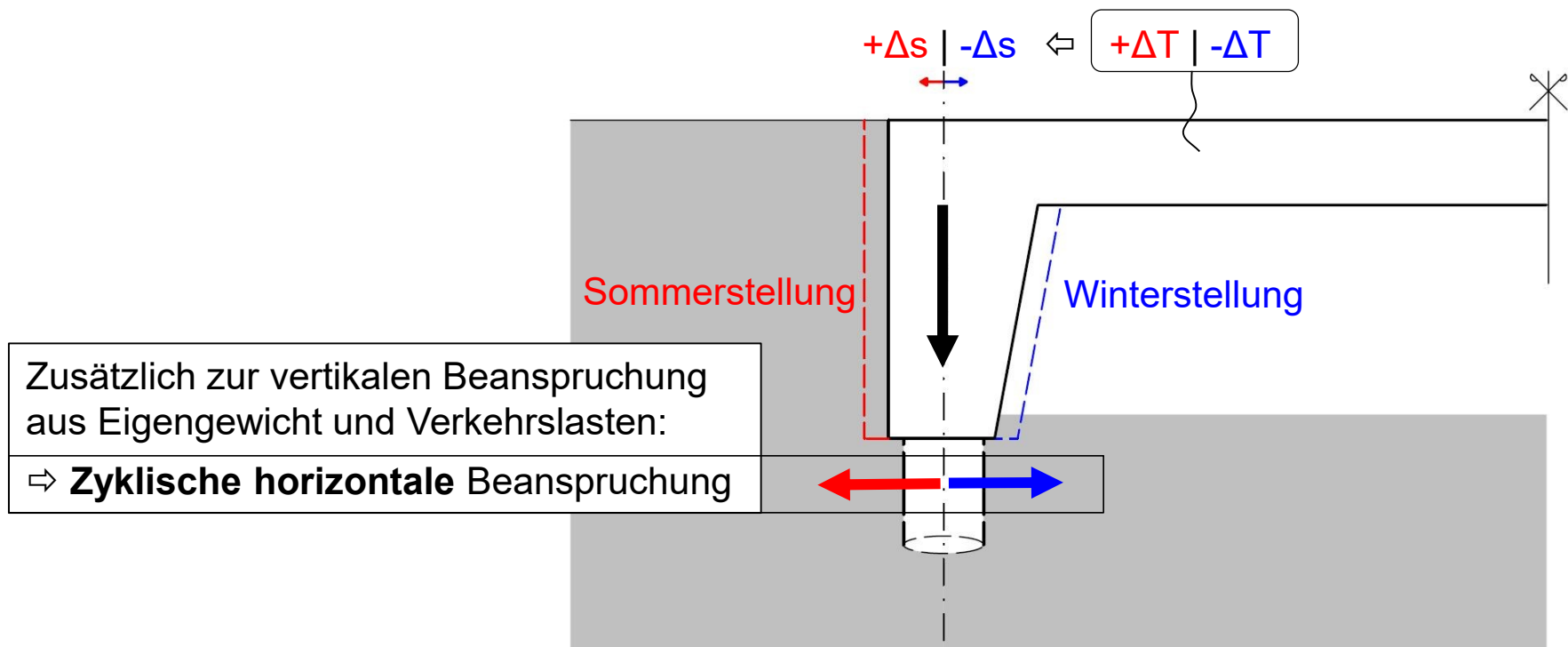
⇒ $*q_{s,m,min} = 168 \text{ kN/m}^2$... minimaler Pfahlmantelwiderstand

Horizontalbelastungsversuche an Großbohrpfählen

■ Motivation und Anwendung: **Integrale Brücken**

- keine Lager
- keine Fugen

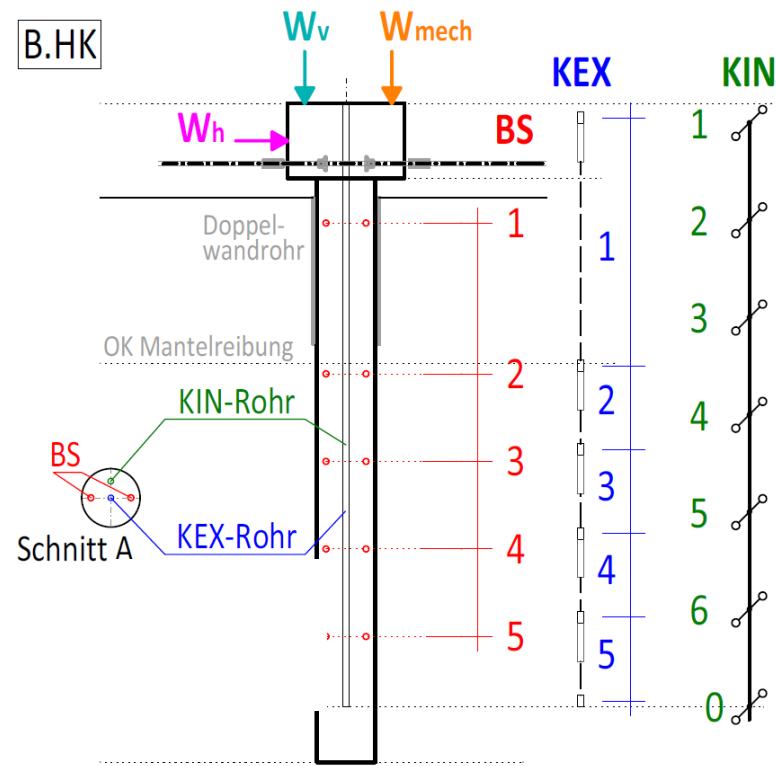
⇒ Übertragung von **Längsverformungen des Tragwerks** zufolge **Temperaturänderungen** auf die **Gründung**



Horizontalbelastungsversuche an Großbohrpfählen

2 Versuche

Versuchsablauf



Bewehrungssensoren (BS)

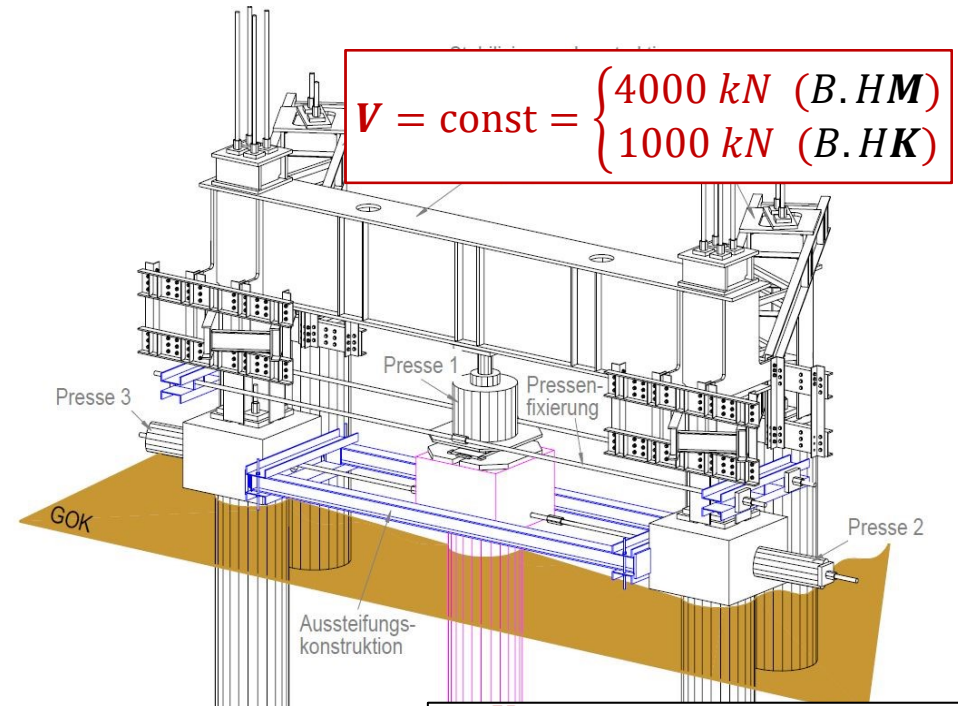
⇒ Verformungsmessungen

Kettenextensometer (KEX)

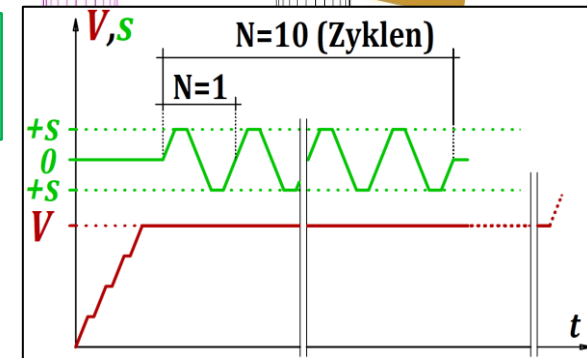
⇒ Verformungsmessungen

Ketteninklinometer (KIN)

⇒ Messung der Biegelinie

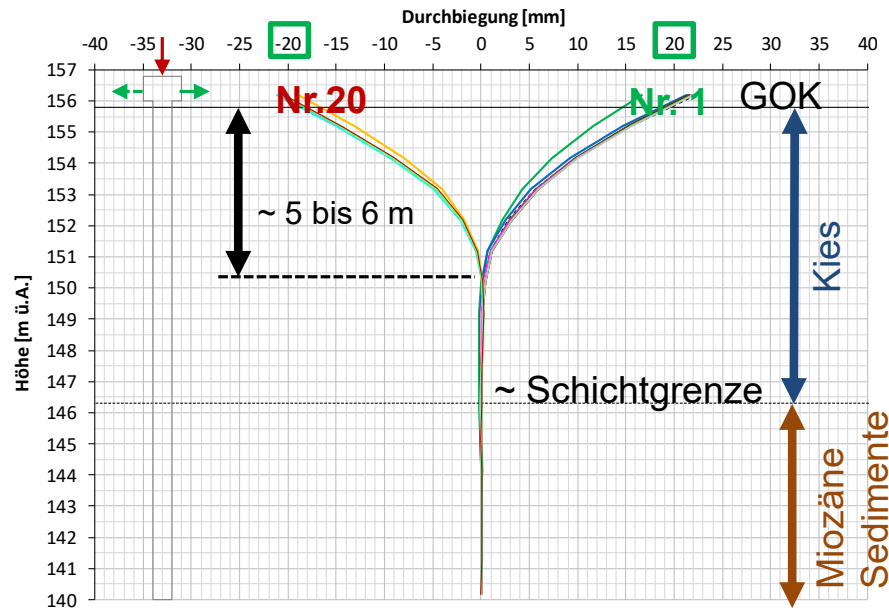


$$s_{soll} = \begin{cases} \pm 20 \text{ mm} & (\text{B.HM}) \\ \pm 42 \text{ mm} & (\text{B.HK}) \end{cases}$$



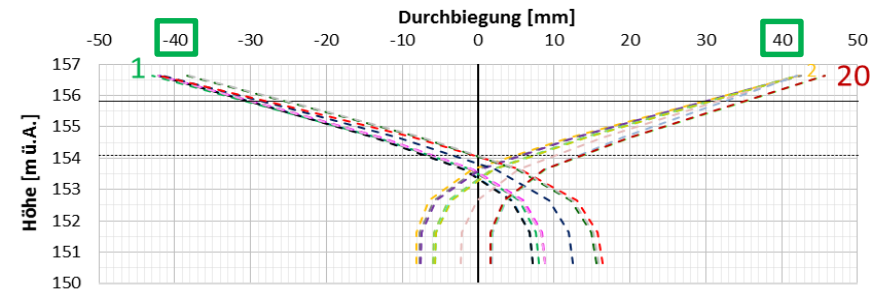
Horizontalbelastungsversuche an Großbohrpfählen – Ergebnisse

■ Pfahlkopfverschiebung B.HM



- ⇒ nahezu gleichbleibende Biegeform
- ⇒ nur mehr geringe Verformungen ab ~5 bis 6 m u. GOK

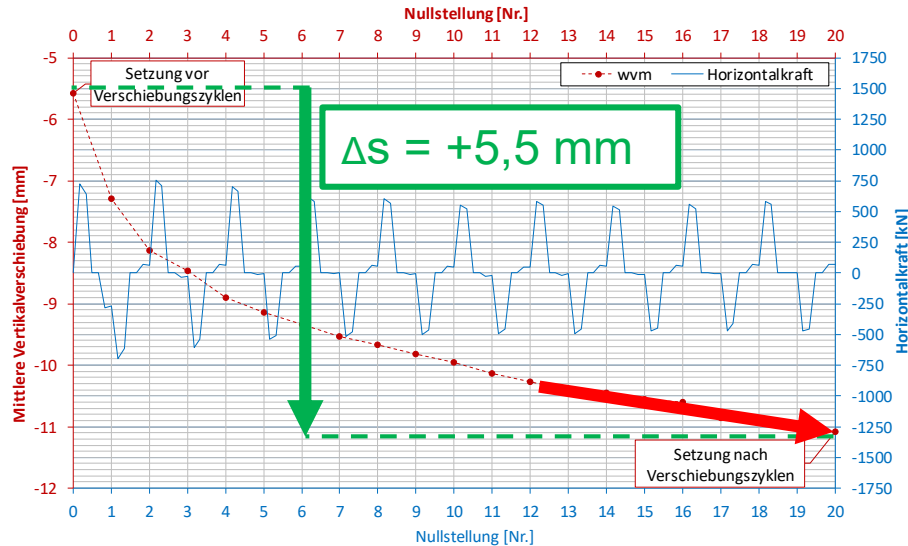
■ Pfahlkopfverschiebung B.HK



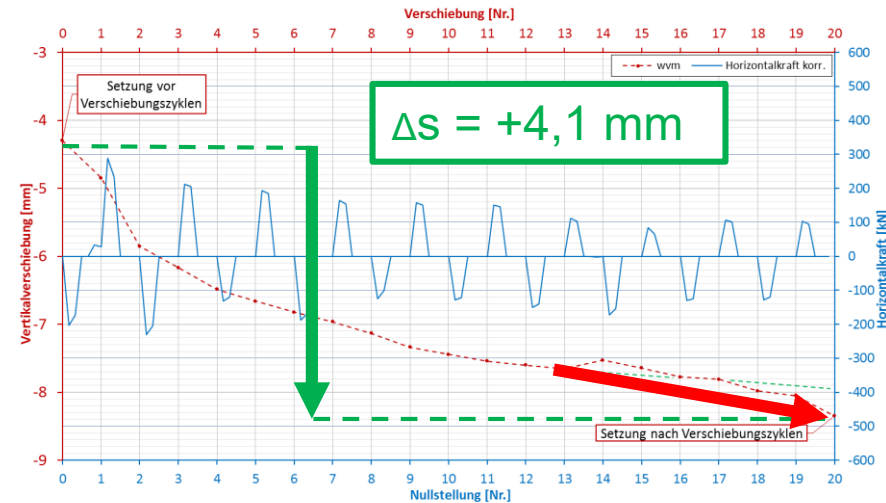
- ⇒ Biegeform: Verformungen + Verdrehung nehmen zu
- ⇒ Verformungen über die gesamten Pfahllänge

Horizontalbelastungsversuche an Großbohrpfählen – Ergebnisse

■ Pfahlkopfverschiebung B.HM



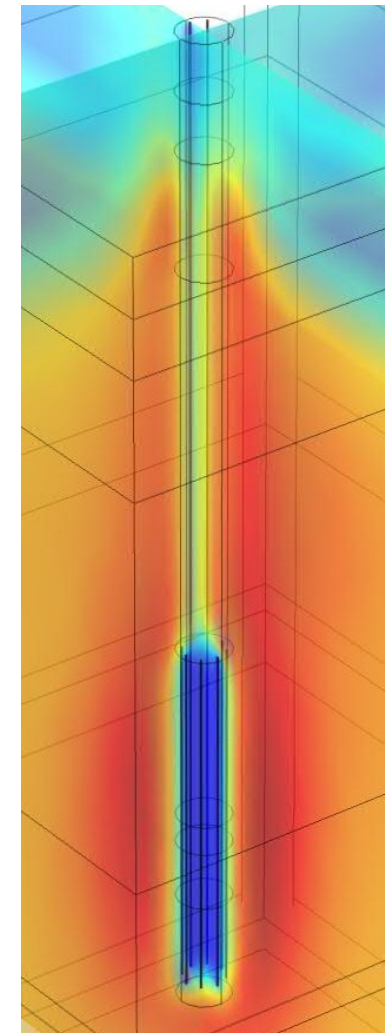
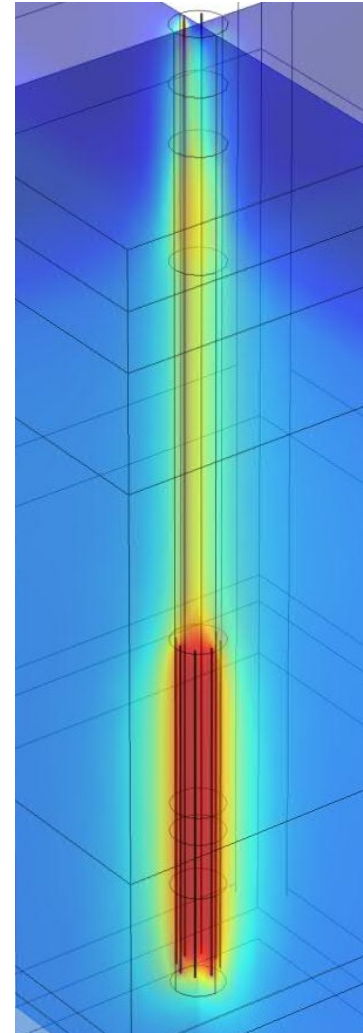
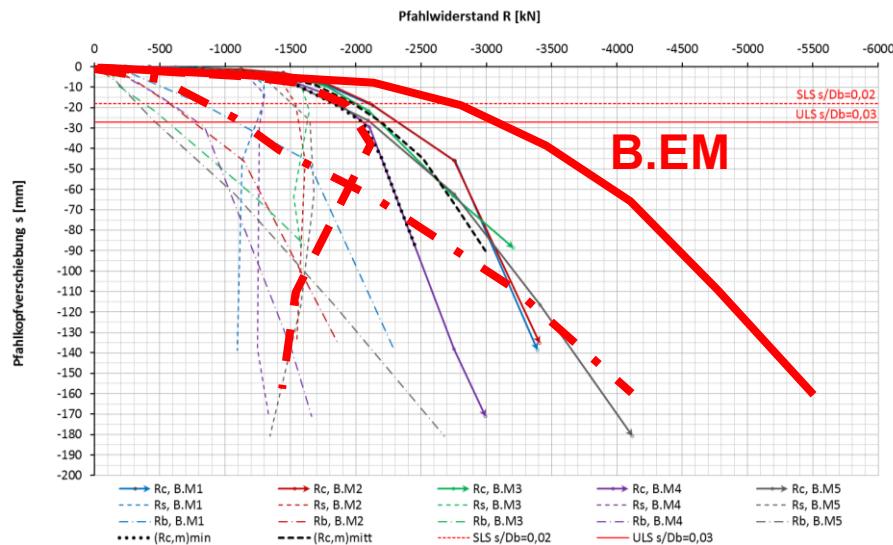
■ Pfahlkopfverschiebung B.HK



- ⇒ Erhöhung der vertikalen Pfahlkopfverschiebung durch die horizontale Beanspruchung
- ⇒ Abklingen der Verschiebungszunahme
- ⇒ Umlagerung der Lastableitung in tiefere Bodenschichten

Axiale Belastungsversuche an Energiepfählen

- Motivation:
 - Untersuchung zum Last-Verformungsverhaltens bei mechanisch und thermisch belasteten Pfählen
- Ergebnis
 - Kein nachteiligen Einfluss der thermisch bedingten Verschiebungen des Pfahls auf Pfahltragfähigkeit und das Last-Verformungsverhalten



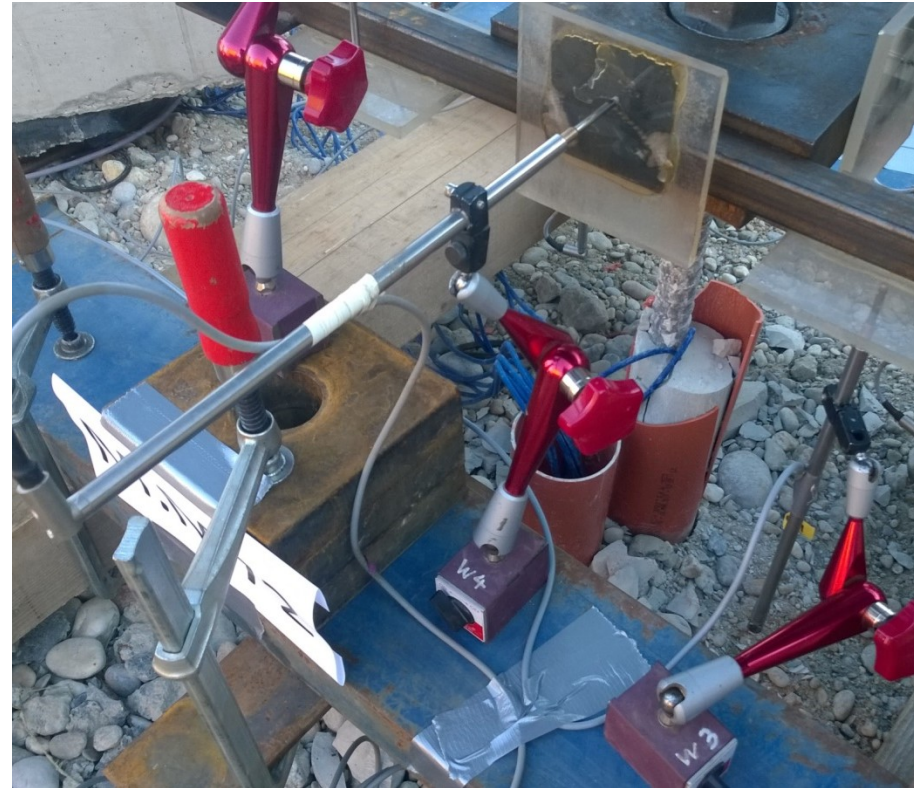
Mehrwert für die Stadt Wien

- Wirtschaftlichere Auslegung der Gründung für alle Hoch- und Tiefbauprojekte für mehr als **50 % der Fläche** der Stadt Wien möglich. Keine Reduktion der Sicherheiten.
- Das **Baugrundrisiko** wird minimiert.
- Der Spielraum für **Spekulation und Claimmanagement** wird für die AN geringer.
- Der Fachbereich Grundbau, Geotechnische Beratung, kann **unmittelbar** die **Ergebnisse des FPUH in die künftigen Bauvorhaben der Stadt Wien** einfließen lassen.
- Ergebnisse kommen **allen** Bauvorhaben **zu gute** (öffentlichen Hand und Private).
- Erhöhen der **Kompetenz der Stadt Wien** gegenüber den ausführenden AN.
- Die **Stadt Wien** hat einen großen Anteil bei der **Forschung** beigetragen.



Mehrwert für die Stadt Wien

- Einsparung von Beton und damit verbundenen Zement. Dadurch **Reduktion** des **CO₂ - Ausstoßes**.
- Reduktion von **Aushubmaterial** und damit verbunden **Deponierungsmengen**.
- Durch die **Materialeinsparung** gibt es auch **Einsparung von Transportwegen**.
- Durch Festlegung von **Zementsorten** mit **geringerem Klinkeranteil** kann wesentlich die **CO₂ - Belastung** durch die Produktion **reduziert** werden.
- Der Klinkeranteil kann bei den Bauhilfsmaßnahmen wie z.B. DS-Körper reduziert werden.
- **Ökologische Zuschlagskriterien** können dadurch entwickelt werden.



Theoretisches Wissen

- 6 Wissenschaftliche Arbeiten
- Forschungsbericht der TU Wien
- Betontechnologische Untersuchungen MA 39
- Zementuntersuchungen Smart Minerals
- 3D-Vermessungen MA 41
- Ergebnisse und Interpretation der Energiepfahlversuche Geotechnik ADAM

Praktisches Wissen

- Der Stand der Technik wurde verifiziert und validiert
- Erfahrungen für die Versuchsdurchführung wurden gewonnen
- Wirtschaftliches Versuchspotential in Abhängigkeit der Projektgröße definiert
- Eingrenzung der nicht verifizierten Alternativen durch Versuche des AN
- Neuer Wissenstand schafft die Grundlage einer fairen Ausschreibung
- Die Stadt Wien ist auf Augenhöhe mit den Auftragnehmern

Veröffentlichung der Ergebnisse

- TU Wien
Forschungsbericht in den Mitteilungen
des Instituts für die Geotechnik der
TU Wien (in Vorbereitung)
- TU Wien:
www.publik.tuwien.ac.at
- Stadt Wien:
www.wien.gv.at/verkehr/grundbau/fpuh.html



Weiterführende Untersuchungen

- Zementuntersuchungen (im Hinblick auf Zementsorten mit geringeren Wasserbedarf)
- Herstellungsmethoden von Mikropfähle (gerammt, gebohrt, mit / ohne Wasserauflast...)
- Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit von Beton im Bezug auf deren Verarbeitung
- Objektive Ermittlung des CO₂ - Fingerabdruckes der Baustoffe
- Wissenschaftliche Bewertung der drei Faktoren: Wirtschaftlichkeit, CO₂ - Einsparung, Bauzeit



**Danke für Ihre
Aufmerksamkeit.**