Diploma Thesis

Field-scale axial load tests on bored piles in typical Viennese ground

submitted in satisfaction of the requirements for the degree of

Diplom-Ingenieur

of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

Diplomarbeit

Großmaßstäbliche axiale Belastungsversuche an Großbohrpfählen im typischen Wiener Baugrund

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Joachim Wagner, BSc

Matr.Nr.: 0835054

unter der Anleitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Dietmar Adam**

Institut für Geotechnik
Forschungsbereich Grundbau, Boden- und Felsmechanik
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13/E220, A-1040 Wien

Wien, im April 2019 _____

Kurzfassung

Die Optimierung von Bauteilen ist oft wirtschaftlich motiviert, wobei seit einigen Jahren auch die Optimierung in ökologischer Hinsicht, im Sinne eines ressourceneffizienten Bauens, zunehmend an Bedeutung gewinnt. Um nun einen der am häufigsten im Spezialtiefbau eingesetzten Bauteil – den Großbohrpfahl – zu optimieren bedarf es genauer Kenntnisse über die Einwirkungen auf den Pfahl und die aktivierbaren Widerstände des Pfahls. Die Einwirkungen sind meisten hinlänglich bekannt und daher liegt das wirkliche Optimierungspotenzial beim Pfahlwiderstand und hierbei speziell in der Kenntnis des Baugrundwiderstands. Der Baugrundwiderstand wurde dabei bisher großteils aus Erfahrungs- oder Tabellenwerten abgeleitet. Aufgrund der geänderten Normenlage ist es nun möglich, die tatsächlichen Baugrundwiderstände anhand von Probebelastungen zu bestimmen und für vergleichbare Bodenverhältnisse als Bemessungsgrundlage heranzuziehen.

Die Stadt Wien als einer der größten öffentlichen Auftraggeber Österreichs hat dieses Optimierungspotenzial erkannt und das Forschungsprojekt *„Unteres Hausfeld“* mit großmaßstäblichen Belastungsversuchen an verschiedenen Gründungselementen initiiert. Das Hauptziel dabei war die Erfassung der Baugrundwiderstände für den typischen Wiener Baugrund. Für die Versuche wurde ein Standort im größten Stadterweiterungsgebiet Wiens mit den in Wien am häufigsten vorkommenden Bodenarten, den quartären Sedimenten (sandige Kiese, „Donauschotter“) und den miozänen Sedimenten (Sande, Schluffe, Tone) gewählt.

In der vorliegenden Arbeit wird nach einer kurzen Einführung (Kapitel 1) im darauffolgenden Kapitel 2 das Forschungsprojekt *„Unteres Hausfeld“* beschrieben. Es soll einen Überblick über die normativen Grundlagen, den Bauablauf und die Versuchsvariationen geben. Im Kapitel 3 werden die Untergrundverhältnisse im Projektgebiet allgemein und detailliert für das Versuchsfeld dargestellt.

Den Kern dieser Arbeit stellt das Kapitel 4 dar, welches sich den axialen Belastungsversuchen an Großbohrpfählen widmet. Es beinhaltet sämtliche Angaben zu den hergestellten Pfählen und eine Beschreibung der sechs Versuchsreihen. Im Weiteren werden die Versuchseinrichtung, die Versuchsdurchführung und die Versuchsauswertung beschrieben. Ein eigener Abschnitt widmet sich der möglichen Ableitung von charakteristischen Pfahlwiderständen aus den Ergebnissen von Probebelastungen. Im letzten Abschnitt dieses Kapitels werden die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen einander gegenübergestellt und mit den Tabellenwerten aus der ÖNORM B 1997-1-3 [21] verglichen.

Abschließend erfolgen im Kapitel 5 eine kritische Beurteilung der Konzeption und Durchführung der Versuche sowie eine Beschreibung der dabei gewonnenen Erkenntnisse. Ausgewählte Ergebnisse der Versuche werden zusammenfassend dargestellt und es wird ein Ausblick über mögliche weitere Untersuchungen gegeben.

Im Anhang befinden sich die Versuchsauswertungen der 24 Belastungsversuche an Großbohrpfähle.

Abstract

The optimization of building components is often economically motivated, and for some years optimization has become increasingly important in ecological aspects in terms of resource-efficient construction. The optimization of one of the most frequently used components in civil engineering, the bored pile, requires precise knowledge of the impacts on the pile and the activatable resistances of the pile. The effects are most well-known and therefore the real potential for optimization can be found in the pile resistance and especially in the knowledge of ground resistance. So far, the subsoil resistance has largely been derived from experience or table values. Due to the changed standards, it is now possible to determine the actual ground resistances on the basis of test loads and to use them for comparable soil conditions as a basis for assessment.

The City of Vienna, as one of the largest public contracting authorities in Austria, recognized this optimization potential and initiated the research project *"Unteres Hausfeld"* with large-scale load tests on various foundation elements. The main objective was to record the subsoil resistances for the typical Viennese ground. A location in the largest city extension area of Vienna was selected for the experiments with the most frequently occurring soil types in Vienna, the quaternary sediments (sandy gravels, *"Donauschotter"*) and the Miocene sediments (sands, silts, clays).

After a short introduction in Chapter 1 in the following Chapter 2 the research project *"Unteres Hausfeld"* is described. It should provide an overview of the normative basics and current standards, the construction process and the experimental test variations. In Chapter 3, the background conditions in the project area are presented in general and in detail for the test field.

The core of this work is Chapter 4, which is dedicated to the axial load tests on bored piles. It contains all information on the installed piles and a description of the six test series. In the following, the experimental device, the experimental procedure and the experimental evaluation are described. A separate section is devoted to the possible derivation of characteristic pile resistances from the results of test loads. In the last section of this chapter, the results of the individual test series are evaluated and compared with the table values from ÖNORM B 1997-1-3 [21].

Finally, in Chapter 5, a critical assessment of the conception and execution of the experiments is given, as well as a description of the gained knowledge. Selected results of the experiments are summarized and an outlook on possible further research investigations is given.

In the appendix the test evaluation of the 24 axial load tests on bored piles is presented.

Vorwort

Die Geschichte begann bei einer Autofahrt als mein Telefon läutete und der Betreuer meines 1. Diplomarbeitsthemas Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Blovsky anrief – ich hatte aus beruflichen Gründen 1,5 Jahre nicht an meiner Diplomarbeit gearbeitet und mein erster Gedanke war, dass es jetzt wohl an der Zeit sei diese fertigzustellen – und so nahm ich den Anruf an. Zu meiner Überraschung ging es nicht um die Diplomarbeit, sondern darum, ob ich mir vorstellen kann, an einem Forschungsprojekt mitzuwirken. Nach einer kurzen Projektbeschreibung des Forschungsprojekts *„Unteres Hausfeld“* wurde mein Interesse sehr schnell geweckt und ich sagte zu. So begann am 01.01.2017 mein Dienstverhältnis an der TU Wien am Institut für Geotechnik unter der Leitung von Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dietmar Adam und dem zuständigen Projektleiter für das Forschungsprojekt Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Blovsky.

Nach einer kurzen Einarbeitungsphase begann die Bauphase des Projekts und somit meine Zeit der Baubetreuung am Versuchsfeld im 22. Wiener Gemeindebezirk. Als Unterstützung konnten wir fünf sehr motivierte und engagierte Studenten für das Verfassen von wissenschaftlichen Arbeiten im Rahmen des Forschungsprojekts gewinnen. Die Aufgaben wurden im Team aufgeteilt und es entstand eine sehr gute Zusammenarbeit mit allen Projektbeteiligten. Für mich persönlich war es eine große Bereicherung, in diesem Team mitwirken zu dürfen.

Im Sommer 2018 kam es für mich doch sehr überraschend, als unser Projektleiter die TU Wien verließ und somit Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dietmar Adam und ich zusätzliche Aufgaben übernehmen mussten. Doch alles hat zwei Seiten und so entstand für mich die Möglichkeit, dass ich im Rahmen des Forschungsprojektes meine Diplomarbeit verfassen konnte und zwar als Teil des abschließenden Forschungsberichts. Die Arbeiten am Versuchsfeld wurden im Oktober 2018 abgeschlossen, danach erfolgten die abschließenden Auswertungen der Versuche und die Ausarbeitung des Forschungsberichts.

Für mich stellte das Projekt eine große Herausforderung dar und durch meinen zweiten Job im elterlichen Baubetrieb bin ich teilweise an die Grenzen meiner Belastbarkeit gestoßen. Im Nachhinein betrachtet überwiegt jedenfalls die Freude darüber, dass ich vor fast 2,5 Jahren zugesagt habe, bei diesem Projekt mitzuwirken. Ich durfte Teil eines tollen Teams am Institut für Geotechnik und des Forschungsprojekts sein und ich konnte viel Neues lernen. Aus diesem Grund möchte ich mich bei folgenden Personen sehr herzlich bedanken:

Mein ganz besonderer Dank gebührt Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dietmar Adam, der mir die Möglichkeit gegeben hat auf seinem Institut mitzuwirken. Ich versuchte die Herausforderungen mit vollem Engagement zu bewältigen und ich konnte dabei immer auf seine Unterstützung zählen. Darüber hinaus bedanke ich mich für die Betreuung meiner Diplomarbeit und für die sehr wertschätzende Zusammenarbeit.

Sehr herzlich danke ich auch Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Blovsky, allem voran dafür, dass er am Beginn dieses Projektes an mich gedacht hat und mich zur Mitarbeit eingeladen hat. Die Zusammenarbeit war sehr freundschaftlich und unkompliziert. Durch seine jahrelange Erfahrung konnte ich

sehr viel von ihm lernen, selbst nach seiner Zeit an der TU Wien stand er mir immer wieder bei Fragen zur Verfügung, auch dafür: Herzlichen Dank.

Alleine hätte ich dieses Projekt definitiv nicht geschafft und ich bin sehr stolz auf das starke Team von motivierten Studenten, das wir seitens der TU Wien stellen konnten. Ich bedanke mich sehr herzlich für die hervorragende Zusammenarbeit und die Unterstützung beim Forschungsprojekt bei Dipl.-Ing.in Anna Freuis, Dipl.-Ing.in Christiana Marzy, Dipl.-Ing. Johannes Meusburger, Manuel Stadlbauer, BSc. und Dipl.-Ing. Alexander Stöglehner.

An dieser Stelle möchte ich mich auch bei allen Kolleginnen und Kollegen vom Institut bedanken, ich wurde sehr nett aufgenommen und sie haben mich immer unterstützt, wenn ich etwas gebraucht habe.

Das Projekt hätte es nicht gegeben, wären da nicht die engagierten Mitarbeiter der MA 29, die das Forschungsprojekt initiiert und abgewickelt haben. Für die gute Zusammenarbeit möchte ich mich bei Hr. Ing. Franz Urban, Fr. Dipl.-Ing.in Juliana Reimoser, Hr. Dipl.-Ing. Martin Schmidt, Hr. Eduard Kuresch und bei allen weiteren Projektbeteiligten bedanken.

Wenn ich nun auf meine Studienzeit zurückblicke, dann waren es die vielen netten Kollegen, die diesen Lebensabschnitt sehr bereichert haben. Ganz besonders dankbar bin ich für die Freundschaften, die mit Kollegen entstanden sind und schon über Jahre bestehen. Ein großes Dankeschön an all meine Freunde für die Unterstützung in diversen Lebenslagen, die guten Gespräche und die gemeinsamen Unternehmungen, woraus ich immer viel Kraft schöpfe. Einen ganz speziellen Dank widme ich an dieser Stelle Dipl.-Ing. Walter Müller, den ich als meinen Lehrer an der HTL Krems kennenlernen durfte und der mich in weiterer Folge für die Geotechnik begeistert hat. Ich danke ihm für die vielen interessanten Gespräche und dafür, dass ich immer auf seine Unterstützung zählen kann.

Abschließend danke ich meiner Familie, meinen beiden Brüdern Daniel und Clemens, dass wir so ein unkompliziertes Verhältnis haben und dass wir uns immer gegenseitig unterstützen – worauf ich sehr stolz bin. Meine Eltern haben durch ihre Berufstätigkeit als Unternehmer schon sehr früh mein Interesse für das Bauwesen geweckt. Sie haben mir jede Ausbildung ermöglichte, die ich machen wollte, und mich immer in meinen Entscheidungen unterstützt. Durch ihre liebevolle Erziehung haben sie mich geprägt und sie haben mir beigebracht, Herausforderungen anzunehmen. Liebe Mama, lieber Papa: Danke, von ganzem Herzen!

Schönbach, am 31.03.2019 Joachim Wagner

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 9

1.1 Einführung 9

1.2 Allgemeine Hinweise 10

2 Projektbeschreibung FPUH 13

2.1 Veranlassung Ziele 13

2.2 Projektbeteiligte 14

2.3 Normative Grundlagen 15

2.4 Versuchsfeld 17

2.4.1 Prüffeld 1 17

2.4.2 Prüffeld 2 20

2.4.3 Prüfträger 23

3 Untergrundverhältnisse 25

3.1 Allgemeines 25

3.2 Geologie im Projektgebiet 25

3.2.1 Höhenlage und Morphologie 25

3.2.2 Allgemeine Geologie und Schichten 25

3.2.3 Schichtgrenzen und Störungen 26

3.3 Grundwasser 26

3.3.1 Grundwassermessungen 27

3.4 Baugrunderkundungen 28

3.4.1 Kernbohrungen 29

3.4.2 Rammsondierungen 35

3.4.3 Schürfe 39

3.5 Bodenphysikalische Laboruntersuchungen 39

3.5.1 Quartäre Sedimente („Donauschotter“) 40

3.5.2 Miozäne Sedimente 43

4 Axiale Belastungsversuche an Großbohrpfählen 47

4.1 Allgemeines 47

4.2 Beschreibung der Großbohrpfähle 48

4.3 Pfahlherstellung 51

4.4 Belastungseinrichtung 54

4.5 Messeinrichtungen 55

4.5.1 Allgemeines ... 55
4.5.2 Messwerterfassungssystem I (MWES I) ... 55
4.5.3 Messwerterfassungssystem II (MWES II) ... 59
4.6 Versuchsablauf ... 65
4.7 Generelle Auswertungsmethodik ... 69
4.7.1 Theoretische Grundlagen ... 69
4.7.2 Rohdatenaufbereitung ... 70
4.7.3 Eingabe der Versuchsparameter ... 70
4.7.4 Messdaten MWES I ... 71
4.7.5 Messdaten MWES II ... 71
4.7.6 Berechnungen mit den Daten aus dem MWES I ... 72
4.7.7 Berechnungen mit den Daten aus dem MWES II ... 72
4.8 Versuchsauswertung ... 74
4.9 Ableitung charakteristischer Pfahlwiderstände ... 75
4.10 Ergebnisse der Versuchsreihen ... 81
4.10.1 Versuchsreihen in den miozänen Sedimenten ... 82
4.10.1.1 Versuchsreihe B.M 1-5 (verrohrte Bohrpfähle) ... 85
4.10.1.2 Versuchsreihe B.M 11-15 (SOB-Pfähle) ... 90
4.10.1.3 Vergleich der Versuchsreihen in den miozänen Sedimenten ... 95
4.10.2 Versuchsreihen in den quartären Sedimenten („Donauschotter“) ... 98
4.10.2.1 Versuchsreihe B.K 51-55 (verrohrte Bohrpfähle) ... 101
4.10.2.2 Versuchsreihe B.K 1-2 (verrohrte Bohrpfähle) ... 107
4.10.2.3 Versuchsreihe B.K 61-65 (SOB-Pfähle) ... 113
4.10.2.4 Versuchsreihe B.K 11-12 (SOB-Pfähle) ... 118
4.10.2.5 Vergleich der Prüfreihen im Kies ... 123

5 Zusammenfassung und Ausblick ... 127

Quellenverzeichnis ... 133

Tabellenverzeichnis ... 139

Abbildungsverzeichnis ... 141

Liste häufig verwendeter Symbole ... 145

ANHANG A ... 149

Versuchsauswertungen Großbohrpfähle

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Einführung

Im Auftrag der Stadt Wien wurde im Rahmen des Forschungsprojektes *„Unteres Hausfeld“* (kurz: FPUH) ein umfangreiches Versuchsprogramm mit diversen Gründungselementen und Spezialtiefbauverfahren umgesetzt. Die Hauptmotivation dafür war das Last-Verformungsverhalten verschiedener Gründungselemente im repräsentativen Wiener Baugrund näher zu untersuchen, um daraus entsprechende Baugrundwiderstände für vergleichbare Verhältnisse ableiten zu können. Zusätzlich wurden verschiedene geotechnische, ökologische und bauwirtschaftliche Fragestellungen untersucht. An folgende Spezialtiefbauverfahren wurden Belastungsversuche bzw. Untersuchungsprüfungen durchgeführt:

- Großbohrpfähle (Herstellung verrohrt und im SOB-Verfahren)
- Mikropfähle (zug- und druckbeansprucht)
- Düsenstrahlverfahren (DS-Säulen)
- Verankerungen (Stab- und Litzensysteme)

Ergänzend dazu wurde auch das Tragverhalten von Energiepfählen (Großbohrpfähle unter thermischer Beanspruchung) und Großbohrpfählen unter zyklischer, horizontaler Beanspruchung mit gleichzeitiger Vertikallast untersucht.

Das Institut für Geotechnik der Technische Universität Wien wurde vom Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 29 – Brücken- und Grundbau, mit der geotechnischen Begleitung beauftragt. Dies umfasste:

- Die Erstellung von Versuchskonzepten, Auswertungen und Berichten für:
    - Belastungsversuche an Großbohrpfählen, Mikropfählen, Verankerungen von Mikropfählen in Düsenstrahldichtsohlen und DS-Säulen
    - Untersuchungsprüfungen an Verpressankern
    - Horizontalbelastungsversuche an Großbohrpfählen unter gleichzeitiger statischer Vertikallast
- Die Baubetreuung über die gesamte Bauzeit des Forschungsprojektes von 01/2017 bis 10/2018
- Die Aufbereitung der gemessenen Daten bei den Energiepfahlversuchen in Zusammenarbeit mit der Geotechnik Adam ZT GmbH
- Bodenphysikalische Laboruntersuchungen

1.2 Allgemeine Hinweise

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit den Belastungsversuchen an Großbohrpfählen im Zuge des Forschungsprojekts *„Unteres Hausfeld“* wobei in weiterer Folge die wesentlichen Teile in den abschließenden Forschungsbericht [60] übernommen werden.

Gliederung

Die vorliegende Diplomarbeit gliedert sich im Wesentlichen in 4 Bereiche:

- Projektbeschreibung und Zusammenfassung der normativen Grundlagen
- Beschreibung der Untergrundverhältnisse
- Versuchs- und Ergebnisbericht zu den axialen Belastungsversuchen an Großbohrpfählen
- Zusammenfassung und Ausblick

Anhang

Im Anhang befinden sich die einzelnen Versuchsauswertungen aller 24 axialen Belastungsversuche an Großbohrpfählen.

Nutzung von Synergien

Das Team der TU Wien welches am Projekt beteiligt war, setzte sich aus dem Institutsvorstand und Projektleiter ab 08/2018 Hrn. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dietmar Adam, dem Projektleiter bis 08/2018 Hrn. Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Blovsky und sieben motivierten Studierenden zusammen, wobei der Autor dieser Arbeit auch als Projektmitarbeiter am Institut für Geotechnik der TU Wien für das Forschungsprojekt operativ leitend tätig war.

Die Aufgabengebiete wurden unter den Projektbeteiligten aufgeteilt und insgesamt sechs Diplomarbeiten und eine Projektarbeit verfasst. Zwischen den Arbeiten wurden einzelne Textpassagen beziehungsweise Abschnitte voneinander übernommen. Dies war weniger der Aufwandsminderung geschuldet, als vielmehr der Nutzung von Synergien, um ein widerspruchsfreies Gesamtwerk zu schaffen und mehr zeitliche Ressourcen für die detaillierte Betrachtung der jeweiligen Thematik zur Verfügung zu haben. Eine Übersicht, über die im Rahmen des FPUH erstellten, wissenschaftlichen Arbeiten wird in Tabelle 1.1 geboten.

Ergänzend wird angemerkt, dass die Abschnitte 2.1 und 2.3 in enger Abstimmung mit dem Auftraggeber des Forschungsprojektes (MA 29) und Hrn. Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Blovsky [SB], dem ursprünglichen wissenschaftlichen Projektleiter, verfasst wurden. Diese sind daher in den wissenschaftlichen Arbeiten in nahezu identer Form vorhanden.

Tabelle 1.1: Wissenschaftliche Arbeiten an der TU Wien im Rahmen des FPUH.

Themengebiet	Art	Bearbeiter/in	Quelle
Großbohrpfähle (axiale PB)	Projektarbeit/ Diplomarbeit Diplomarbeit	Manuel Stadlbauer/ Christina Marzy Joachim Wagner	[14] [9] -
Mikropfähle und Anker	Diplomarbeit	Johannes Meusburger	[11]
DSV-Körper und Herausziehversuche	Diplomarbeit	Christina Marzy	[9]
Energiepfähle	Diplomarbeit	Anna Freuis	[7]
Horizontalverschiebeversuche	Diplomarbeit	Alexander Stöglehner	[15]

Notationen

Es wurde versucht, bei sowohl in der Literatur als auch im Forschungsprojekt vorkommenden Unterschieden in der Begriffs- und Variablenzeichnung eine weitgehend einheitliche Notation zu verfolgen. Zur Schaffung von Klarheit bei Unsicherheiten und Doppeldeutigkeiten dient das angefügte Symbolverzeichnis.

Zitierweise

Die Präpositionen „gemäß“, „nach“ und „laut“ deuten auf ein indirektes Zitat bzw. eine nachempfundene Tabelle oder Abbildung hin, während die Präposition „aus“ (oder „von“ bei Bildern von Webseiten) eine direkte Übernahme von Abbildungen kennzeichnet.

Kapitel 2

Projektbeschreibung FPUH

2.1 Veranlassung Ziele

Die Stadt Wien hat als einer der größten öffentlichen Auftraggeber Österreichs ein Forschungsprojekt mit großmaßstäblichen Versuchen initiiert. Die Motivation für dieses Forschungsprojekt war die Erfassung von Baugrundwiderständen diverser Gründungs- und Verbauelemente für den typischen Wiener Baugrund.

Dafür wurde ein Standort der Stadt Wien im 22. Wiener Gemeindebezirk herangezogen, wo die geologischen Verhältnisse im größten Wiener Stadterweiterungsgebiet – dem 21. und 22. Wiener Gemeindegebiet – großräumig sehr homogen sind. Durch diese Grundlage wird die Möglichkeit geschaffen, dass die Ergebnisse bei vergleichbaren Baugrundverhältnissen für zukünftige Bauprojekte herangezogen werden können. Voraussetzung hierfür ist jeweils eine Prüfung der Vergleichbarkeit durch einen Sachverständigen für Geotechnik.

Im Falle von Pfahlgründungen bietet die Norm (ÖNORM B 1997-1-3 [21]) die Möglichkeit, die Bemessung anhand von Ergebnissen aus Pfahlprobebelastungen durchzuführen. Aus diesen sind in der Regel verlässlichere Pfahlwiderstände ableitbar und eine wirtschaftlichere Bemessung unter tatsächlichen Verhältnissen möglich. Darüber hinaus lassen sich das Last-Verformungsverhalten bzw. die Gebrauchstauglichkeit anhand von Pfahlprobebelastungen für Druckbeanspruchung besser einschätzen, als unter Zugrundelegung von Tabellenwerten. Für die Beurteilung des Gebrauchstauglichkeitsverhaltens zugbeanspruchter Pfähle sind im Übrigen Probebelastungen immer zwingend erforderlich.

Es wurden somit für folgende Gründungselemente Probebelastungen bis zum Erreichen eines Versagenszustandes durchgeführt:

- Großbohrpfähle
- Mikropfähle
- Düsenstrahl-Gründungssäulen

Darüber hinaus wurden an Verpressankern normgemäße Untersuchungsprüfungen durchgeführt. Weiters wurden folgende Grundsatzversuche umgesetzt:

- Mikropfähle als Verankerungen in Düsenstrahl-Dichtsohlen
- Energiepfähle (Großbohrpfähle unter thermomechanischer Beanspruchung)
- Großbohrpfähle mit kombinierter (vertikaler und horizontaler) Beanspruchung

Zusätzlich zur Untersuchung der geotechnischen Parameter war ein weiteres vonseiten der MA 29 definiertes Ziel des Forschungsprojekts, Erkenntnisse über wirtschaftliche und ökologische Aspekte der einzelnen Bauverfahren zu gewinnen.

In ökologischer Hinsicht sollte die mögliche Reduktion der CO_2-Emissionen durch Baumaßnahmen untersucht werden. Dafür stehen unterschiedliche Möglichkeiten, wie z.B. die Einsparung von Betonkubatur oder die Verwendung von „CO_2-armen“ Zementen (Zemente mit reduziertem Klinkeranteil), zur Verfügung. Diese wurden zur Herstellung von Pfählen und DS-Säulen verwendet und konventionell hergestellten Gründungselementen gegenübergestellt, um daraus Einsatzgrenzen der „CO_2-armen“ Zemente zu ermitteln. Ein weiterer Aspekt war, den Einfluss einzelner Baumaßnahmen auf das Grundwasser zu untersuchen.

Aus wirtschaftlicher Sicht konnten durch das Forschungsprojektviele Erfahrungen zu den einzelnen Bauverfahren, deren Abwicklung und Anwendungsmöglichkeiten gesammelt werden. Es war möglich, Bauverfahren hinsichtlich verschiedener Eigenschaften zu vergleichen und einander gegenüberzustellen. Dies soll als Grundlage bei entsprechenden zukünftigen Bauvorhaben einfließen und somit zu einer fairen, kooperativen und wirtschaftlichen Bauabwicklung beitragen.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass sich diese Arbeit mit den Probebelastungen an Großbohrpfählen des Projektes befasst. Die Versuchsergebnisse werden in ihrer Gesamtheit in den Forschungsbericht der Tu Wien [60] aufgenommen und alle weiterführenden Fragestellungen wurden vonseiten der MA 29 bearbeitet.

2.2 Projektbeteiligte

Die MA 29 der Stadt Wien war als Auftraggeber auch für die Bereiche Projektleitung, örtliche Bauaufsicht und geotechnische Begutachtung verantwortlich. Die weiteren, für das Forschungsprojekt erforderlichen Aufgabenbereiche wurden an externe Stellen vergeben. Um einen Überblick über die alle Projektbeteiligten zu geben, sind diese in der Tabelle 2.1 angeführt.

Tabelle 2.1: Projektbeteiligte am FPUH.

Zuständigkeit	Name
Auftraggeber:	Stadt Wien, MA 29 – Brücken- und Grundbau
Projektleitung:	Stadt Wien, MA 29 – Brücken- und Grundbau
Technische Planung:	AKPSA Mayer/ Ö+P/ LIS Mayer Ingenieurleistungen ZT-GmbH Öhlinger + Partner ZT GmbH
Geotechnischer Gutachter:	Stadt Wien, MA 29 – Brücken- und Grundbau
Geotechnische Begleitung:	TU Wien, Institut für Geotechnik,
Prüfingenieur:	Schimetta Consult ZT Ges.m.b.H
Planung Energiepfahlversuche:	Geotechnik Adam ZT GmbH
Örtliche Bauaufsicht:	Stadt Wien, MA 29 – Brücken und Grundbau
Bauausführung:	ARGE FPUH Keller Grundbau GmbH und Porr Bau GmbH

Fortsetzung Tabelle 2.1: Projektbeteiligte am FPUH.

Zuständigkeit	Name
Grundeigentümer:	Stadt Wien, MA 28 – Straßenverwaltung und Straßenbau
Baustoffprüfungen:	Stadt Wien, MA 39 – Prüf- Überwachungs- und Zertifizierungs-stelle
Energietechnik:	Wien Energie GmbH
Projektpartner:	ASFINAG und ÖBB-Infrastruktur AG

2.3 Normative Grundlagen

Die österreichische Normengrundlage basierte mit der ÖNORM EN 1997-1 [19] aus dem Jahr 2006 sowie der ÖNORM B 1997-1-1 [20] aus den Jahren 2010 und 2013 vor dem Erscheinen der aktuellen ÖNORM B 1997-1-3 [21] im Jahr 2015 in der gängigen Praxis vielfach auf Erfahrungswerten vergleichbarer Projekte oder Tabellenwerten der ÖNORM B 4440[23]. Letztere stammte aus dem Jahr 2001, beruhte auf dem globalen Sicherheitskonzept und sah demnach eine globale Absicherung zur Grenzkraft in der Größenordnung von η = 1,3 bis 2,0 je nach Lastfallgruppe und Anzahl der unter gleichen Verhältnissen ausgeführten Probebelastungen vor.

In der Entwurfsfassung der ÖNORM B 1997-1 aus dem Jahr 2006, die bereits auf dem Teilsicherheitskonzept des Eurocode 7 basierte, wurden erstmals national Streuungsfaktoren ξ_1 und ξ_2 zur Ableitung charakteristischer Werte aus statischen Pfahlprobebelastungen für alle Bemessungssituationen eingeführt. Diese Streuungsfaktoren sind umso kleiner, je größer die Anzahl der durchgeführten Probebelastungen ist.

Für die Ermittlung der axialen charakteristischen Werte der Pfahlwiderstände stehen gemäß der aktuellen Pfahlbemessung (ÖNORM EN 1997-1 in Kombination mit ÖNORM B 1997-1-1 und ÖNORM B 1997-1-3) folgende unterschiedliche Vorgehensweisen zur Verfügung:

a) Statische Pfahlprobebelastungen

   Absicherung der versuchstechnisch erhaltenen Grenztragfähigkeiten mittels

   • Streuungsfaktoren (ξ_1 und ξ_2) und

   • Teilsicherheitsbeiwerte (γ_E und γ_R).

b) Dynamische Pfahlprobebelastungen (für axial auf Druck beanspruchte Pfähle nur dann, wenn deren Ergebnisse an statischen Probebelastungen kalibriert wurden)

   Absicherung der versuchstechnisch erhaltenen Grenztragfähigkeiten mittels

   • Streuungsfaktoren (ξ_5 und ξ_6) und

   • Teilsicherheitsbeiwerte (γ_E und γ_R).

c) Auswertung von Proberammungen mittels anerkannter Rammformeln für auf Druck beanspruchte Verdrängungspfähle

   Absicherung der versuchstechnisch erhaltenen Grenztragfähigkeiten mittels

   • Streuungsfaktoren (ξ_5 und ξ_6) und

   • Teilsicherheitsbeiwerte (γ_E und γ_R).

d) Berechnungen mit Hilfe von Tabellenwerten für axial auf Druck und/oder Zug beanspruchte Bohrpfähle gemäß Anhang C der Norm unter Anwendung von

   • Modellfaktoren ($\eta_{P;c}$ und $\eta_{P;t}$)

   • Teilsicherheitsbeiwerte (γ_E und γ_R).

   Gemäß ÖNORM EN 1997-1 [19] dürfen die mit einem Rechenmodell erzielten Ergebnisse durch Modellfaktoren angepasst werden, um auf der sicheren Seite zu liegen. Für Verfahren zur Ermittlung von Pfahlwiderständen mit Hilfe von Tabellenwerten müssen Modellfaktoren berücksichtigt werden, um das bisherige Sicherheitsniveau des globalen Sicherheitskonzepts zu erhalten.

e) Ermittlung der Pfahlwiderstände von axial auf Druck beanspruchten Mikropfählen gemäß Anhang D (Tabellenwerte) der Norm unter Anwendung von

   • Modellfaktoren ($\eta_{P;c}$ und $\eta_{P;t}$)

   • Teilsicherheitsbeiwerte (γ_E und γ_R).

f) Ermittlung der Pfahlwiderstände von axial auf Druck und/oder Zug beanspruchten Pfählen mit Hilfe von Erfahrungswerten von ausgeführten Pfahlgründungen und/oder Probebelastungen, deren Zuverlässigkeit unter vergleichbaren Bedingungen nachgewiesen wurde unter Anwendung von

   • Modellfaktoren ($\eta_{P;c}$ und $\eta_{P;t}$)

   • Teilsicherheitsbeiwerte (γ_E und γ_R).

   Gemäß normativem Anhang A der ÖNORM B 1997-1-3 [21] gilt:

   „Werden charakteristische Pfahlwiderstände weder aus Pfahlprobebelastungen, noch aus den Tabellen (Anhänge C und D) hergeleitet, sondern auf der Grundlage von Erfahrungswerten festgelegt, so sind auch auf diese die Modellfaktoren gemäß den Zeilen 5 und 6 der Tabelle A.1 anzuwenden.“

Im Detail wurden im Anhang A der ÖNORM B 1997-1-3 [21] folgende Modellfaktoren festgelegt:

Tabelle 2.2: Modellfaktoren gemäß Anhang A der ÖNORM B 1997-1-3 aus [21] (adaptiert).

	Fall	Symbol	Wert
1	Pfahlwiderstände auf axialen Druck aus statischen Pfahlprobebelastungen	$\eta_{P;c}$	1,0
2	Pfahlwiderstände auf axialen Zug aus statischen Pfahlprobebelastungen	$\eta_{P;t}$	1,0
3	Pfahlwiderstände auf axialen Druck mittels Tabellenwerten der Anhänge C und D	$\eta_{P;c}$	1,3
4	Pfahlwiderstände auf axialen Zug mittels Tabellenwerten der Anhänge C und D	$\eta_{P;t}$	2,5
5	Pfahlwiderstände auf axialen Druck aufgrund von vergleichbarer Erfahrung	$\eta_{P;c}$	$\geq 1{,}3$
6	Pfahlwiderstände auf axialen Zug aufgrund von vergleichbarer Erfahrung	$\eta_{P;t}$	$\geq 2{,}5$

Die ÖNORM B 1997-1-3 [21] ermöglicht für axiale Beanspruchung nunmehr eine getrennte Nachweisführung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit und den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass durch die Wahl von Pfahlprobebelastungen als Bemessungsmöglichkeit anstelle von Tabellen- oder Erfahrungswerten keine Änderung des Sicherheitsniveaus im Sinne einer Veränderung von Teilsicherheitsbeiwerten vorgenommen wird.

2.4 Versuchsfeld

Als Projektstandort wurde vonseiten der MA 29 ein Grundstück der Stadt Wien im 22. Wiener Gemeindebezirk, südlich der Ostbahn Strecke 117 und östlich des Contiweges gewählt. Der rote Punkt in Abbildung 2.1 markiert den Projektstandort innerhalb von Wien.

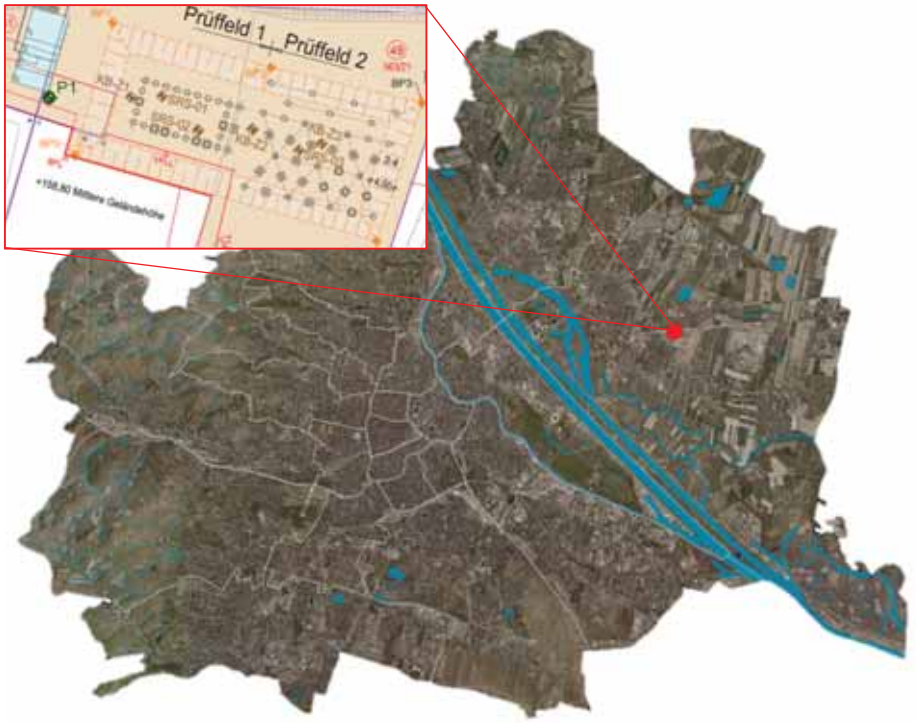


Abbildung 2.1: Standort des Forschungsprojektes innerhalb Wiens [MA29] und [27].

Auf diesem Grundstück wurden das Versuchsfeld, das Baubüro und die Lagerflächen platziert. Das Versuchsfeld wurde in zwei Prüffelder unterteilt, denen die einzelnen Versuche zugeordnet wurden. Der Ausschnitt aus dem Übersichtslageplan in Abbildung 2.1 zeigt das Versuchsfeld, wobei sich Prüffeld 1 im westlichen und das Prüffeld 2 im östlichen Teil des Versuchsfelds befindet. Im nächsten Abschnitt wird nun auf die einzelnen Prüffelder näher eingegangen, um einen Überblick über die Versuchsanordnung und den Bauablauf zu geben.

2.4.1 Prüffeld 1

Zu Beginn wurden im Prüffeld 1 die Großbohrpfähle hergestellt. Die Herstellung erfolgte dabei sowohl im SOB-Verfahren (Schneckenortbetonbohrpfahlverfahren) als auch mittels verrohrter Bohrung. Die Pfähle wurden in Form eines Rechtecks mit rund 7 m x 14 m angeordnet, da das Prüffeld 1 in weiterer Folge zu einem Schachtbauwerk ausgebaut wurde. Sämtliche Pfähle in der zukünftigen

Schachtwand reichten dabei bis in die miozänen Sedimente und hatten einen Durchmesser von 900 mm. Bei den Großbohrpfählen wurde zwischen Versuchs-, Reaktions- und Füllpfählen unterschieden. Entlang der Mittellinie des Schachtes wurden vier Versuchspfähle mit einem Durchmesser von 600 mm im Kies hergestellt, für die Herstellung dieser Pfähle wurden „CO_2-arme“ Zemente verwendet. Die Anordnung der einzelnen Pfähle im Grundriss ist in Abbildung 2.2 dargestellt, mit entsprechender Legende in Abbildung 2.3.

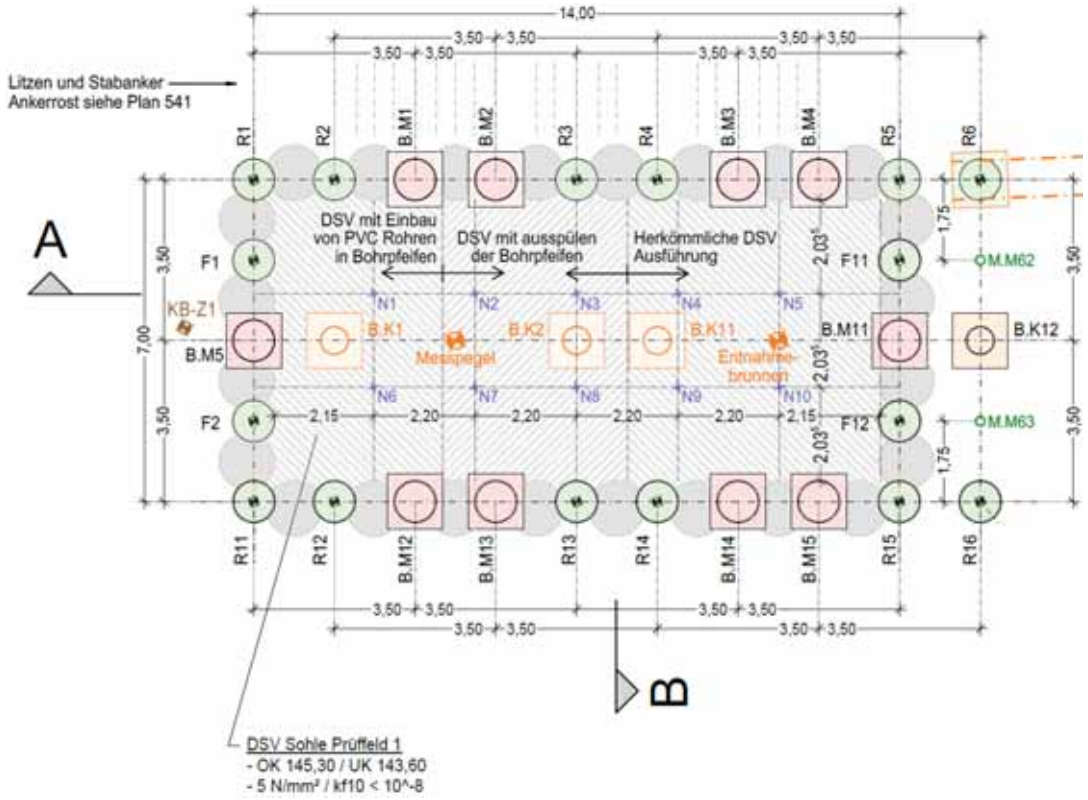


Abbildung 2.2: Grundriss Prüffeld 1 [27].

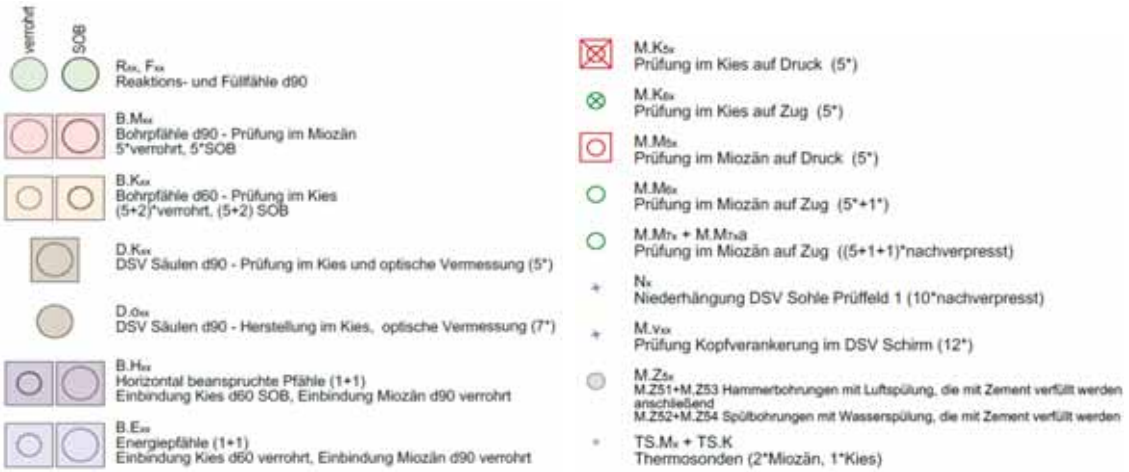


Abbildung 2.3: Legende zu den Abbildungen der Prüffelder [27].

Im Prüffeld 1 wurden folgende Versuchspfähle für axiale Pfahlprobebelastungen hergestellt:

- 5 Stk. Großbohrpfähle Ø 90cm, verrohrt gebohrt, ~6 m Prüfstrecke im Miozän
- 5 Stk. Großbohrpfähle Ø 90cm, SOB-Verfahren, ~6 m Prüfstrecke im Miozän
- 2 Stk. Großbohrpfähle Ø 60cm, verrohrt gebohrt, ~4 m Prüfstrecke im Kies, CO_2-arm
- 2 Stk. Großbohrpfähle Ø 60cm, SOB-Verfahren, ~4 m Prüfstrecke im Kies, CO_2-arm

Nach Abschluss der Pfahlherstellung wurden bei den Versuchspfählen quaderförmige Verstärkungen („Pfahlköpfe“) zur Aufnahme der Spaltzugkräfte im Lasteinleitungsbereich hergestellt und die axialen Probebelastungen durchgeführt.

Im Anschluss an die Versuche wurden die Pfahlköpfe wieder abgebrochen und es wurde mit den DS-Arbeiten begonnen. Für die Schachtwände wurden DS-Säulen als Zwickelabdichtung zwischen den Pfählen hergestellt. Als Schachtsohle wurde eine rückverankerte DS-Dichtsohle in den miozänen Sedimenten hergestellt. Ein Schnitt durch das Prüffeld 1 ist in Abbildung 2.4 dargestellt. Dieser zeigt die Höhenlage der einzelnen Bauteile, sowie das Bodenprofil der Aufschlussbohrung KB-Z2.

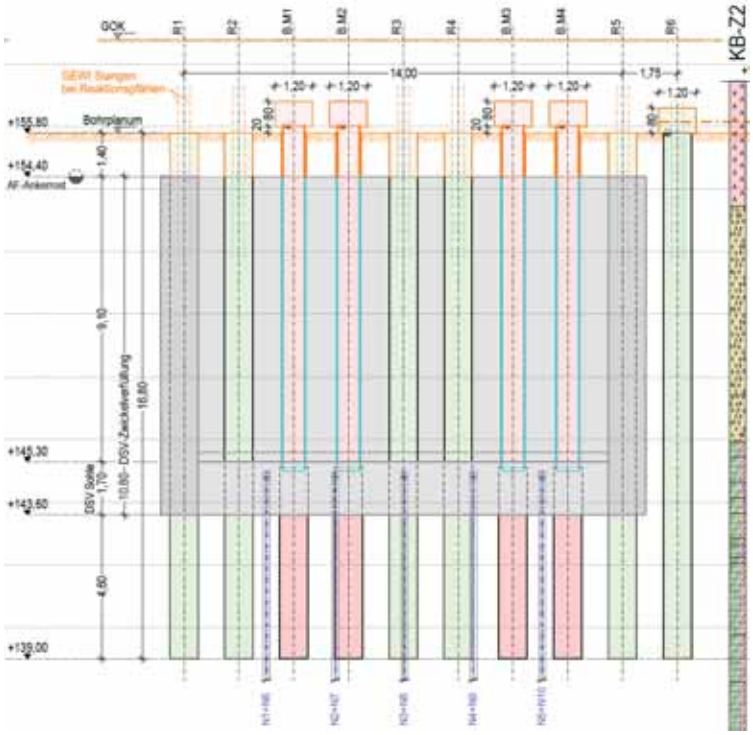


Abbildung 2.4: Schnitt Prüffeld 1 [27].

Im nächsten Bauabschnitt wurde ein umlaufender Pfahlrost, auf einer Höhe von 154,4 m ü. A. errichtet. Dieser diente zum einen als aussteifendes Element für den späteren Schacht und zum anderen wurde dieser auch als Ankerrost verwendet. Nach Fertigstellung dieses Pfahl- und Ankerrosts wurden folgende 20 Verpressanker im Kies für Untersuchungsprüfungen hergestellt:

- 5 Stk. Stabanker mit ~4 m Verpressstrecke im Kies
- 5 Stk. Stabanker mit ~6 m Verpressstrecke im Kies
- 5 Stk. Litzenanker mit ~4 m Verpressstrecke im Kies
- 5 Stk. Litzenanker mit ~6 m Verpressstrecke im Kies

Nach einer Aushärtephase von 21 Tagen erfolgten die Untersuchungsprüfungen. Danach waren sämtliche Belastungsversuche im Prüffeld 1 abgeschlossen und es folgten Pumpversuche im Inneren des Schachts, um dessen Dichtheit zu prüfen und die Leckagewasserrate zu bestimmen. Nun erfolgte der Schachtaushub, dabei wurden die chemischen Eigenschaften des Grundwassers und des Aushubmaterials bestimmt, um eine mögliche Beeinflussung der Qualität durch die DS-Arbeiten zu erfassen. Ein positiver Nebeneffekt der Schachtherstellung war, dass einzelne Pfähle bzw. Teile davon freigelegt wurden und speziell die Querschnittsabmessungen verifiziert werden konnten.

Beim Schacht wurden eine Betonsohle und eine Schachtdecke aus Stahlbeton hergestellt. Abschließend wurde das Prüffeld 1 bis zur ursprünglichen Geländeoberkante verfüllt und an der Oberfläche rekultiviert.

2.4.2 Prüffeld 2

Das Prüffeld 2 wurde ausschließlich für die Durchführung von Versuchen konzipiert und hatte die Abmessungen von rund 20 m x 25 m. Bei der Planung wurde darauf geachtet, dass die Anzahl der Reaktionspfähle möglichst geringgehalten wurde. Es ergab sich eine Anordnung von Versuchselementen und Reaktionspfählen in Form von gleichseitigen Dreiecken, damit wurde ein Verhältnis der Reaktionspfähle zu Versuchselementen von 1 zu 2,7 erreicht. Die Anordnung der einzelnen Versuchselemente und der Reaktionspfähle im Grundriss ist in Abbildung 2.5 dargestellt, mit entsprechender Legende in Abbildung 2.3.

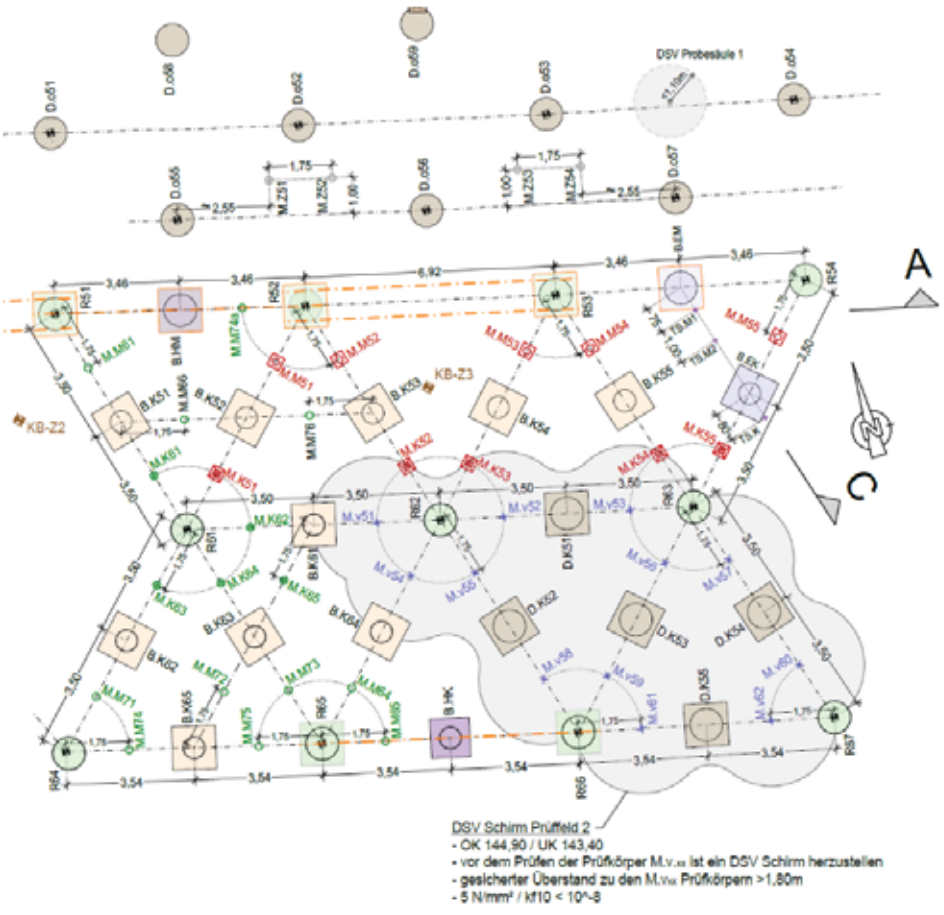


Abbildung 2.5: Grundriss Prüffeld 2 [27].

Begonnen wurde im Prüffeld 2 wiederum mit der Herstellung der Großbohrpfähle im SOB-Verfahren sowie mittels verrohrter Bohrung. Die Reaktionspfähle und Versuchspfähle, die bis in die miozänen Sedimente reichten, wurden mit einem Durchmesser von 900 mm hergestellt. Die kürzeren Versuchspfähle im Kies wurden mit einem Durchmesser von 600 mm hergestellt. Ebenfalls wurden im Prüffeld 2 auch die Pfähle für die Grundsatzversuche an Energiepfählen und mit horizontal belasteten Großbohrpfählen hergestellt.

Im Anschluss an die Herstellung der Großbohrpfähle erfolgte die Herstellung der Mikropfähle für die axialen Probebelastungen und für die Herausziehversuche. Es wurde wiederum zwischen Prüfstrecken im Kies und in den miozänen Sedimenten unterschieden. Bei der Herstellung wurde auch berücksichtigt, ob es sich um Druck- oder Zugversuche handelte, um entsprechend der Vorgaben den Mantelwiderstand oberhalb der Prüfstrecke „auszuschalten".

Der nächste Schritt bestand in der Herstellung der DS-Säulen. Dabei wurden fünf Stück für axiale Probebelastung im Kies hergestellt. Weitere sechs Stück wurden am nördlichen Rand des Prüffelds 2 hergestellt, um diese später freilegen, vermessen und Proben für Druckversuche entnehmen zu können. Dies war von Interesse, da für die Herstellung der DS-Elemente unterschiedliche Zemente (konventionelle und „CO_2-arme") verwendet wurden. Im Zuge der Herstellung kamen folgende Verfahren zur Durchmesserkontrolle der DS-Säulen zum Einsatz:

- ACI – Acoustic Column Inspector akustische Durchmesserkontrolle im Zuge der Pegelstangenmessung [48]
- Thermische Reichweitenermittlung (Tempjet) [10]

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Vergleiche und Gegenüberstellungen der unterschiedlichen Zemente bei der Anwendung des Düsenstrahlverfahrens durch die MA 29 erfolgten.

Im südöstlichen Bereich des Prüffelds 2 wurde nach den Pfahlprobebelastungen noch eine DS-Dichtsohle in den miozänen Sedimenten hergestellt. Damit wurden die dafür vorgesehenen Mikropfähle in diesem Bereich „eingedüst", um in weiterer Folge den Herausziehwiderstand der Mikropfahlverankerungen in DS-Dichtsohlen zu bestimmen (Herausziehversuche).

Im Prüffeld 2 wurden ebenfalls Pfahlköpfe zur Aufnahme der Spaltzugspannungen im Lasteinleitungsbereich bei Großbohrpfählen und DS-Säulen hergestellt. Bei den druckbelasteten Mikropfählen wurden im obersten Bereich der entsprechenden Pfähle Knicksicherungen in Form von Betonplomben hergestellt.

Abbildung 2.6 zeigt einen Schnitt durch das Prüffeld 2, in dem die Höhenlage und Abmessungen einiger Versuchselemente ersichtlich sind.

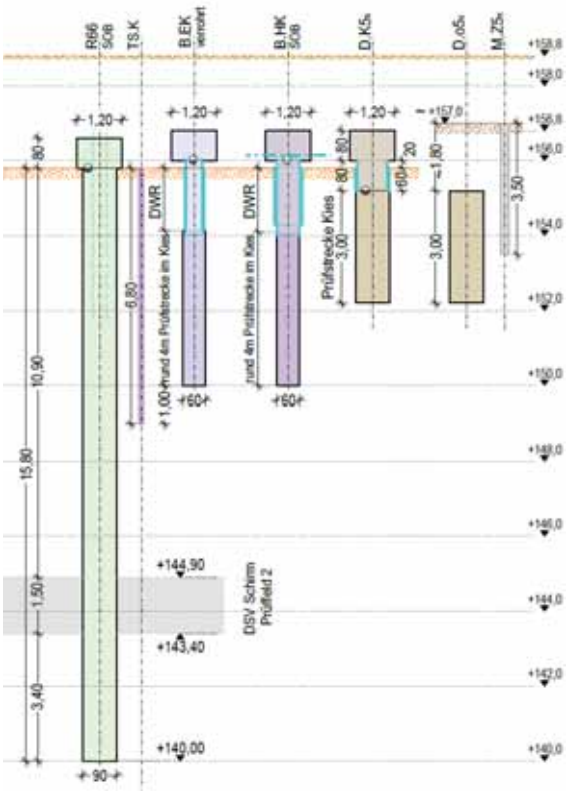


Abbildung 2.6: Schnitt Prüffeld 2 [27].

Zusammengefasst ergaben sich somit für das Prüffeld 2 folgende axiale Probebelastungen:

- Großbohrpfähle:
  - 5 Stk. Großbohrpfähle Ø 60cm, verrohrt gebohrt, ~4 m Prüfstrecke im Kies
  - 5 Stk. Großbohrpfähle Ø 60cm, SOB-Verfahren, ~4 m Prüfstrecke im Kies
- Mikropfähle:
  - 5 Stk. Druckversuche, Mikropfähle Ø 20,3cm, ~4 m Prüfstrecke im Kies
  - 5 Stk. Zugversuche, Mikropfähle Ø 20,3cm, ~4 m Prüfstrecke im Kies
  - 6 Stk. Druckversuche, Mikropfähle Ø 20,3 cm, ~7 m Prüfstrecke im Miozän
  - 6 Stk. Zugversuche, Mikropfähle Ø 20,3 cm, ~7 m Prüfstrecke im Miozän
  - 5 Stk. Zugversuche, Mikropfähle nachverpresst Ø 20,3 cm, ~7 m Prüfstrecke im Miozän
- DS-Säulen:
  - 5 Stk. DS-Säulen, planmäßig Ø 90 cm, ~3 m Prüfstrecke im Kies

Außerdem wurden im Prüffeld 2 folgende Grundsatzversuche angeordnet:

- 1 Stk. Energiepfahlversuch Ø 90cm, verrohrt gebohrt, ~6 m Prüfstrecke im Miozän
- 1 Stk. Energiepfahlversuch Ø 60cm, verrohrt gebohrt, ~4 m Prüfstrecke im Kies
- 1 Stk. Horizontalbelastungsversuch, Großbohrpfahl Ø 90cm, verrohrt gebohrt, ~16 m Prüfstrecke
- 1 Stk. Horizontalbelastungsversuch, Großbohrpfahl Ø 60cm, SOB-Verfahren, ~4 m Prüfstrecke im Kies
- 12 Stk. Herausziehversuche an Mikropfahlverankerungen in DS-Dichtsohlen

Nach Abschluss der Versuche wurden die nördlichen Pfahlroste im Prüffeld 2 abgebrochen und das Gelände bis zur ursprünglichen Geländeoberkante wieder verfüllt und rekultiviert.

2.4.3 Prüfträger

Ein wesentliches Element für die Belastungsversuche stellte der Prüfträger dar. Beide Prüffelder wurden so geplant, dass alle Belastungsversuche mit einem Prüfträger durchgeführt werden konnten. Die Voraussetzung dafür war, dass die Reaktionspfähle und Prüfpfähle in einem speziellen Raster angeordnet wurden. Die Stahlkonstruktion an sich wurde eigens für das Forschungsprojekt von der ARGE FPUH geplant und gefertigt. Der Prüfträger ist in Abbildung 2.7 dargestellt und wurde auf eine maximale Prüflast von 6000 kN ausgelegt.

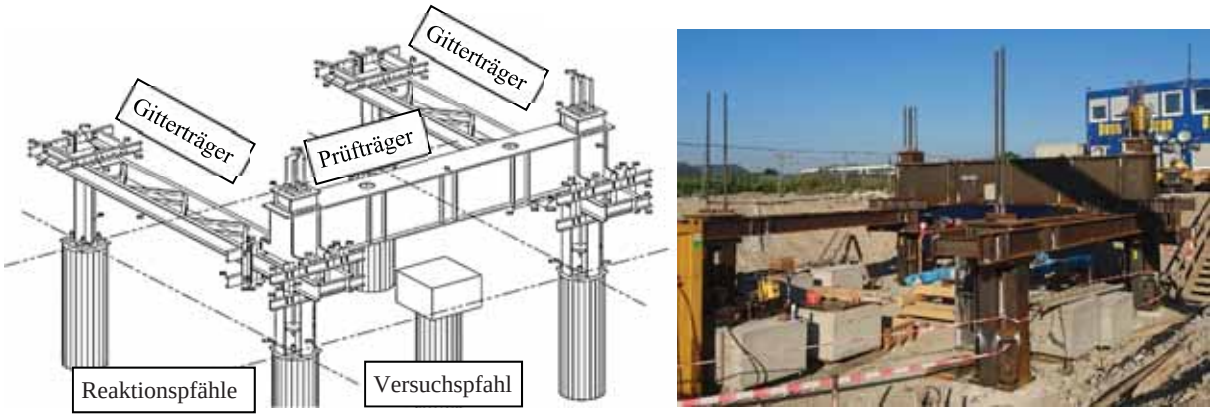


Abbildung 2.7: 3D-Planung Prüfträger der ARGE FPUH aus [50], Foto [TU].

Zur Lastableitung wurden bei der Herstellung der Reaktionspfähle GEWI-Stangen am Bewehrungskorb montiert und einbetoniert. Für die Montage des Prüfträgers wurden Stahlstützen auf die entsprechenden Reaktionspfähle aufgesetzt, worauf wiederum der Prüfträger aufgelagert wurde. Mit vorgespannten GEWI-Zugstangen wurde dieser kraftschlüssig mit den Reaktionspfählen verbunden. Der dadurch entstandene Stahlrahmen wurde in Querrichtung mit zwei Gitterträgern gegen Kippen gesichert, welche wiederum auf Reaktionspfählen aufgelagert wurden. Die Lastableitung (auf Zug und Druck) erfolgte somit über jeweils zwei Reaktionspfähle in den Boden. Die Abmessungen der Reaktionspfähle sind in Tabelle 2.3 aufgelistet. Für die Energiepfahlversuche wurde die Stahlkonstruktion erweitert, sodass es möglich war die Belastung in Form einer Totlast aufzubringen.

Tabelle 2.3: Großbohrpfähle - hergestellte Reaktionspfahlserien [9].

Reaktions-pfahlserie	Prüffeld	Herstellungsart	Anzahl	Länge [m]	Ø [cm]
Rx	1	verrohrt	6	16,80	90
R1x	1	SOB	6	16,80	90
R5x	2	verrohrt	4	15,80	90
R6x	2	SOB	7	15,80	90

Kapitel 3

Untergrundverhältnisse

3.1 Allgemeines

Der Auftraggeber (MA 29 der Stadt Wien) hat im Vorfeld ein Geotechnisches Gutachten [53] für das Forschungsprojekt erstellt. Aus diesem Gutachten wird einleitend im Abschnitt 3.2 zitiert (*in kursiver Schrift*). In weiterer Folge werden die Grundwasserverhältnisse und die Baugrunderkundungen im Versuchsfeld angegeben.

Zusätzlich wurden am Institut für Geotechnik der TU Wien Laboruntersuchungen an entnommenen Bodenproben durchgeführt. In der gegenständlichen Diplomarbeit wird in 3.5 darauf Bezug genommen. Die Laboruntersuchungen werden in ihrer Gesamtheit in den Forschungsbericht der TU Wien [60] aufgenommen.

3.2 Geologie im Projektgebiet

3.2.1 Höhenlage und Morphologie

„Geomorphologisch liegt das Gebiet am Rand der eigentlichen Donauniederung zum Marchfeld. Es wurde von nacheiszeitlichen Ablagerungen des Donaustromes und seiner Zubringer aufgeschüttet und geologisch und morphologisch geprägt. Aufgrund der Entfernung zur Donau stand es jedoch nicht mehr im Einflussbereich der regelmäßigen Überschwemmungen und auch am Rand bzw. außerhalb des vor der Regulierung weitverzweigten Netzes von Altarmen. Die in der geologischen Karte eingetragene „äußerste beobachtete Hochwassergrenze an der Donau“ liegt jedoch noch deutlich nördlicher.“

„Das weitgehend ebene und flache Gelände liegt etwa zwischen 158,7 bis 158,8 m ü. A. Mögliche natürliche Senken und Rinnen bzw. ehemals wassergefüllte Flussarme wurden im Zuge der menschlichen Besiedlung und Nutzung weitgehend aufgefüllt und eingeebnet.“

3.2.2 Allgemeine Geologie und Schichten

„Geologisch liegt das Gebiet im Wiener Becken und in den Talalluvionen der Donau. Nach der geologischen Karte der GBA 1:50.000, Blatt Wien, liegt es an der Grenze zwischen „Auen des jüngeren Anteils der heutigen Talböden an der Donau (Postglazial)“ und den „älteren und höheren Fluren des jüngeren Anteils der heutigen Talböden“. Auf der geologischen Karte von Brix (1972) 1:50.000 liegt es im Bereich der Praterterrasse, daher auf dem Niveau der jüngsten

(würmzeitlichen) Terrasse, die von der rezenten Donau morphologisch und sedimentär überprägt wurde. Es ist jedenfalls dem Quartär/Holozän zuzurechnen. Unter dem Quartär folgen die miozänen Sedimente des Wiener Beckens (Oberes Pannonium).“

„Folgender Schichtaufbau ist zu erwarten:

- *Anschüttungen (Schicht A)*
- *Mutterboden (Schicht A)*
- *Ausedimente (Schicht B)*
- *Donauschotter (Schicht C)*
- *Miozäne Sedimente des Oberen Pannonium des Wiener Beckens (Schicht D)“*

„An der Oberfläche liegt Mutterboden bzw. Anschüttungen. Darunter ist für den natürlichen Untergrund mit bis zu mehreren Metern mächtigen Ausedimenten (Aulehmen und Ausanden) zu rechnen. Dabei handelt es sich um schluffige Feinsande bis Schluffe von geringer Lagerungsdichte bzw. weicher Konsistenz und graubrauner Farbe. Meist sind sie humos und durchwurzelt.“

3.2.3 Schichtgrenzen und Störungen

„Das Wiener Becken ist als tektonisches Einbruchsbecken entstanden und daher von einem Störungssystem begrenzt sowie von Störungen und Brüchen durchzogen. Infolge dessen werden im Wiener Becken immer wieder Erdbeben registriert. Die meisten Störungen sind nur in tieferen Schichten des Wiener Beckens, z.B. durch Sprünge in der Lage der Schichtgrenzen oder in seismischen Profilen erkennbar.“

„Im gegenständlichen Gebiet zeigt die Unterkante der Ausedimente (bzw. die Donauschotteroberkante) ein gewisses natürliches Relief um wenige Meter, ebenso, wenn auch in geringerem Ausmaß, die Unterkante der Donauschotter. Dieses Relief ist jedoch als ablagerungsbedingte Schichtgrenze (durch Erosion und Sedimentation entstanden), und nicht als tektonische Störung zu sehen.“

3.3 Grundwasser

Im Donauschotter findet man den ersten freien Grundwasserhorizont, dieser lag im Bereich des Versuchsfeldes während der Bauphase zwischen 153,5 – 154,0 m ü. A. Der Bemessungswasserstand lag bei 154,83 m ü. A.

In den miozänen Schichten, die sich unterhalb des Donauschotter befinden, variiert die Durchlässigkeit, je nach Sandanteil bzw. Schluffanteil, stark. Es wurden dichte Schluffpakete angetroffen, die eine grundwasserstauende Wirkung haben, jedoch sind die miozänen Sedimente nicht als absoluter Stauer anzusehen. [53]

Gespanntes Grundwasser wurde innerhalb der sandigen Schichten der miozänen Sedimente angetroffen, das bis zum freien Grundwasserspiegel im Donauschotter aufspiegelt. Grundsätzlich sind die Sandschichten als voll wassergesättigt anzunehmen [53].

3.3.1 Grundwassermessungen

Während der Bauphase wurden seitens der TU Wien Grundwasserstandsmessungen in zwei Pegeln nahe dem Versuchsfeld durchgeführt. Die Lage der beiden Pegel GW-S1 und GW-S2 ist in der Abbildung 3.3 ersichtlich – die Pegel sind mit einem blau-strichlierten Rechteck markiert. Es wurden jeweils der Wasserstand und die Grundwassertemperatur gemessen. Das Bezugsniveau der Abstichmessung lag beim GW-S1 auf 159,77 m ü. A. Dieser Pegel wurde von 02.02.2017 bis 01.10.2018 gemessen. Beim Pegel GW-S2 lag das Bezugsniveau der Abstichmessung auf 159,08 m ü. A. Dieser Pegel wurde von 02.02.2017 bis 16.03.2018 gemessen. Die Messungen wurden vorzeitig beendet, da durch benachbarte Bauarbeiten der Pegel überschüttet wurde.

Die Diagramme in Abbildung 3.1 und Abbildung 3.2 zeigen die Grundwasserganglinien sowie die Temperaturverläufe des Grundwassers der beiden Pegel. Der Schwankungsbereich des Grundwassers liegt im beobachteten Zeitraum bei ~0,5 m und die Grundwassertemperatur liegt im Bereich von 12,2°C bis 14,2°C.

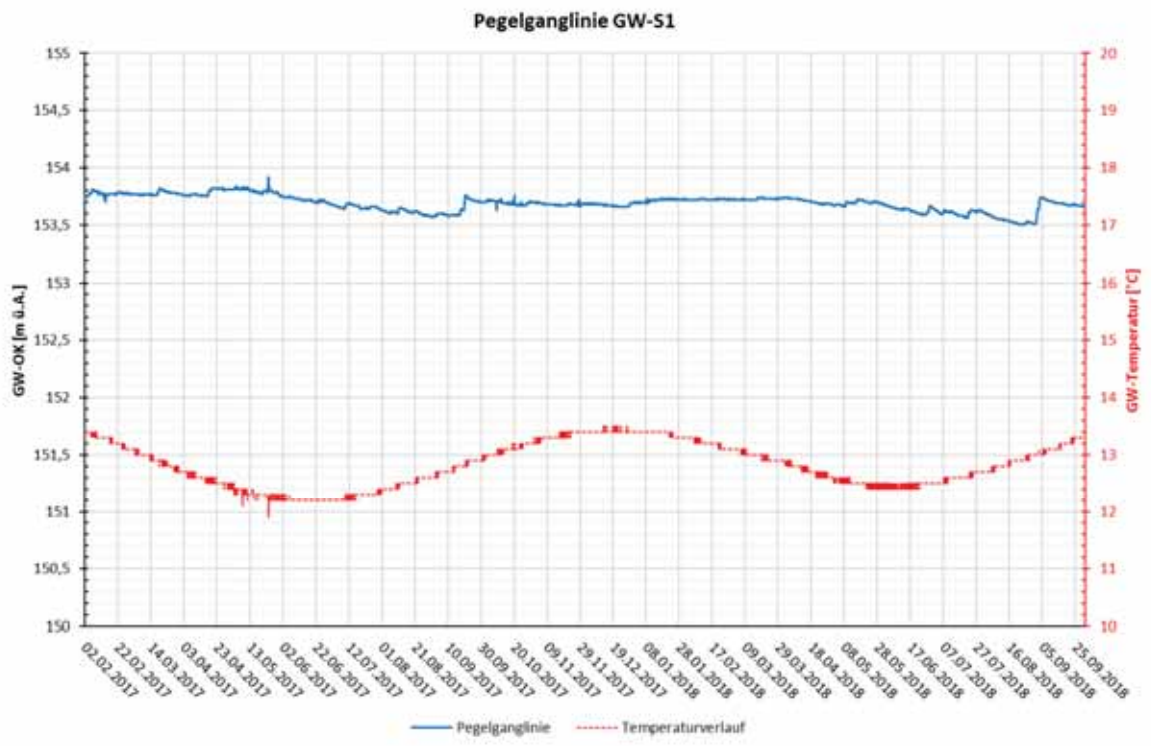


Abbildung 3.1: Pegelganglinie GW-S1 [TU].

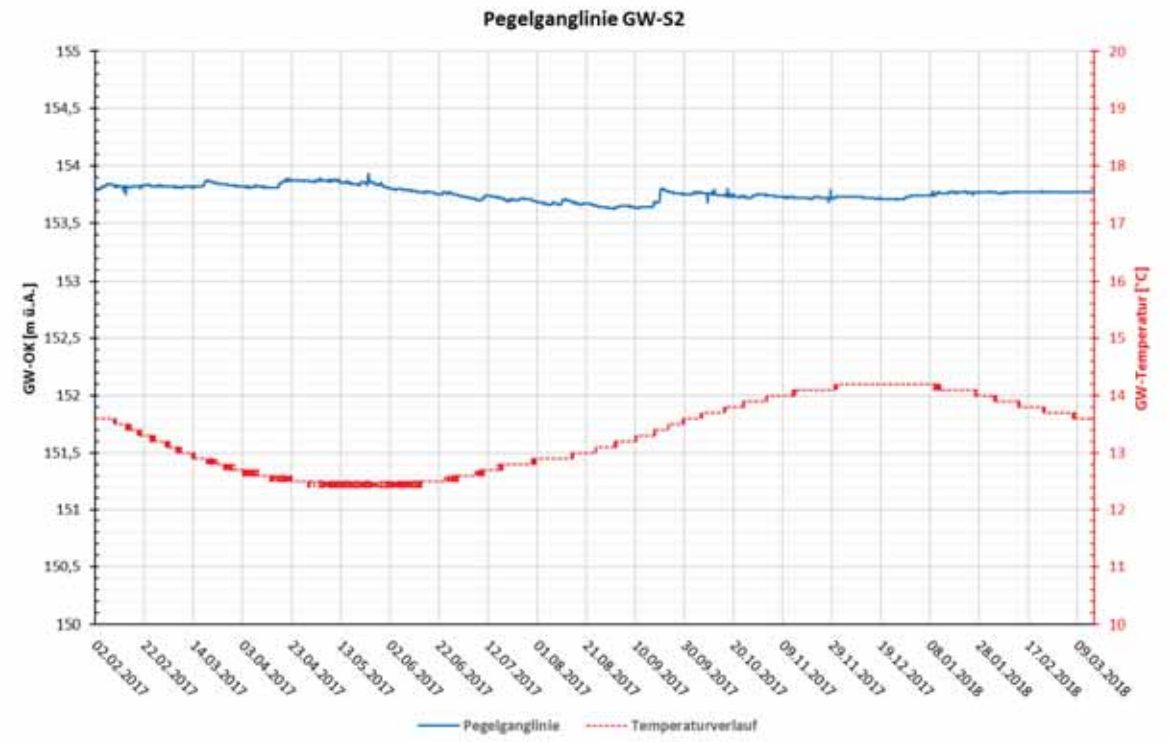


Abbildung 3.2: Pegelganglinie Pegel GW-S2 [TU].

3.4 Baugrunderkundungen

Im Geotechnischen Gutachten [53] sind eine Vielzahl an Kernbohrungen und Schürfe im Projektgebiet und dessen Umkreis enthalten, welche gemäß [53] ein homogenes Bild über den geologischen Aufbau zeigen.

Während der Bauphase wurde das Versuchsfeld näher erkundet, dazu wurden drei Kernbohrungen (KB-Z1 bis KB-Z3) und drei Rammsondierungen hergestellt. Die Lage der Aufschlüsse im Nahbereich des Versuchsfeldes ist in Abbildung 3.3 dargestellt. Die Erkundungen sind mit strichlierten Rechtecken markiert und wie folgt farblich getrennt:

- Kernbohrungen – rot
- Rammsondierungen – grün
- Schürfe – braun
- Pegel – blau

Die einzelnen Aufschlüsse sind in den folgenden Abschnitten dargestellt.

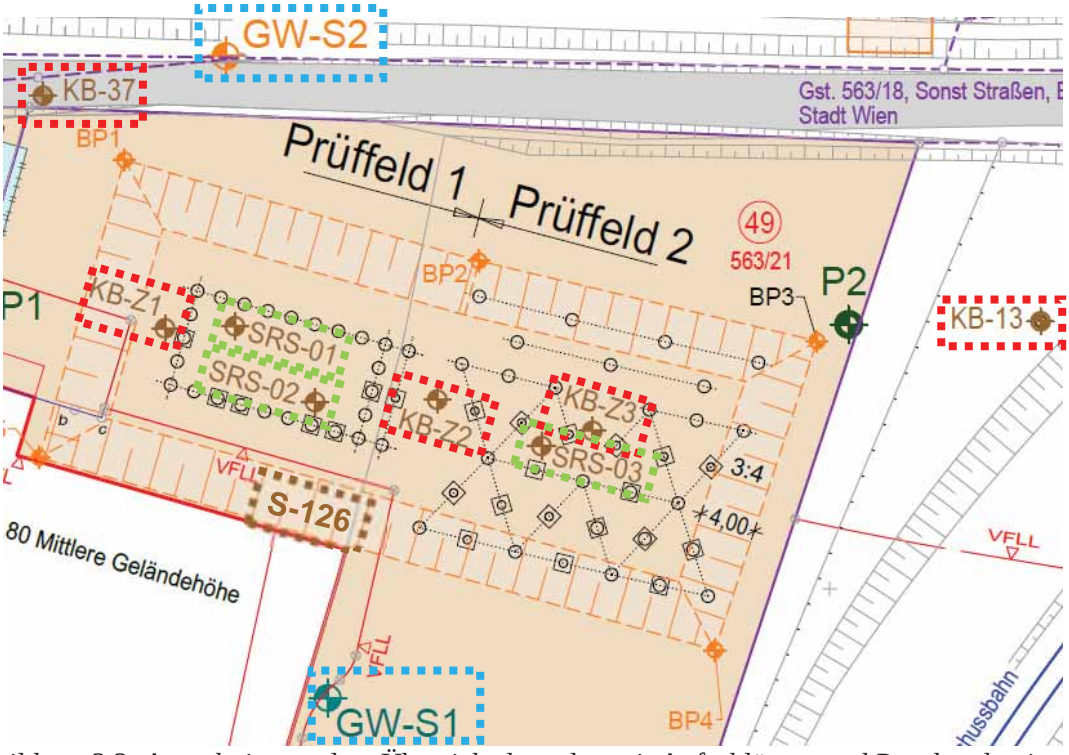


Abbildung 3.3: Ausschnitt aus dem Übersichtslageplan mit Aufschlüssen und Pegeln adaptiert aus [27].

3.4.1 Kernbohrungen

Die Kernbohrungen KB-37 (Abbildung 3.4) und KB-13 (Abbildung 3.5) aus dem Geotechnischen Gutachten [53] dienten aufgrund der Nähe zum Versuchsfeld als Planungsgrundlage für das Forschungsprojekt. Diese beiden Bohrungen liegen am westlichen bzw. östlichen Rand des Versuchsfeldes. Die Kernbohrungen KB-Z1 (Abbildung 3.6), KB-Z2 (Abbildung 3.7) und KB-Z3 (Abbildung 3.8) wurden am Ende der Bauphase im August 2018 hergestellt, alle drei lagen im Versuchsfeld. Die drei Kernbohrungen zeigten im oberen Bereich eine Anschüttung, welche durch Grabungs- bzw. Verfüllarbeiten nach den Probebelastungen entstanden. Sämtliche Prüfstrecken der Versuche lagen im gewachsenen Boden. Abbildung 3.9 zeigt Fotos der Bohrkerne der Bohrungen KB-Z1 bis Z3.

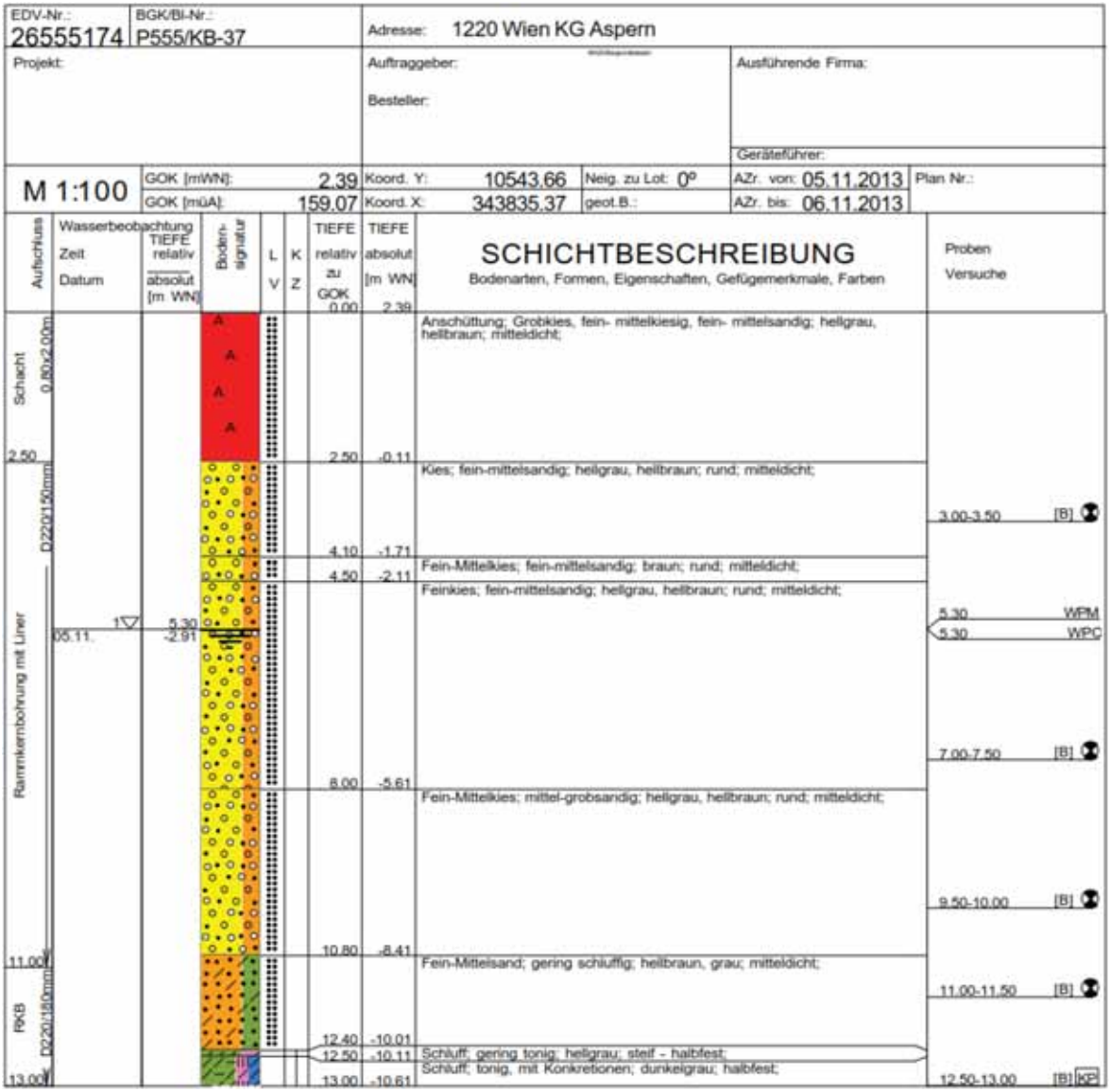


Abbildung 3.4: Kernbohrung KB-37 aus [53].

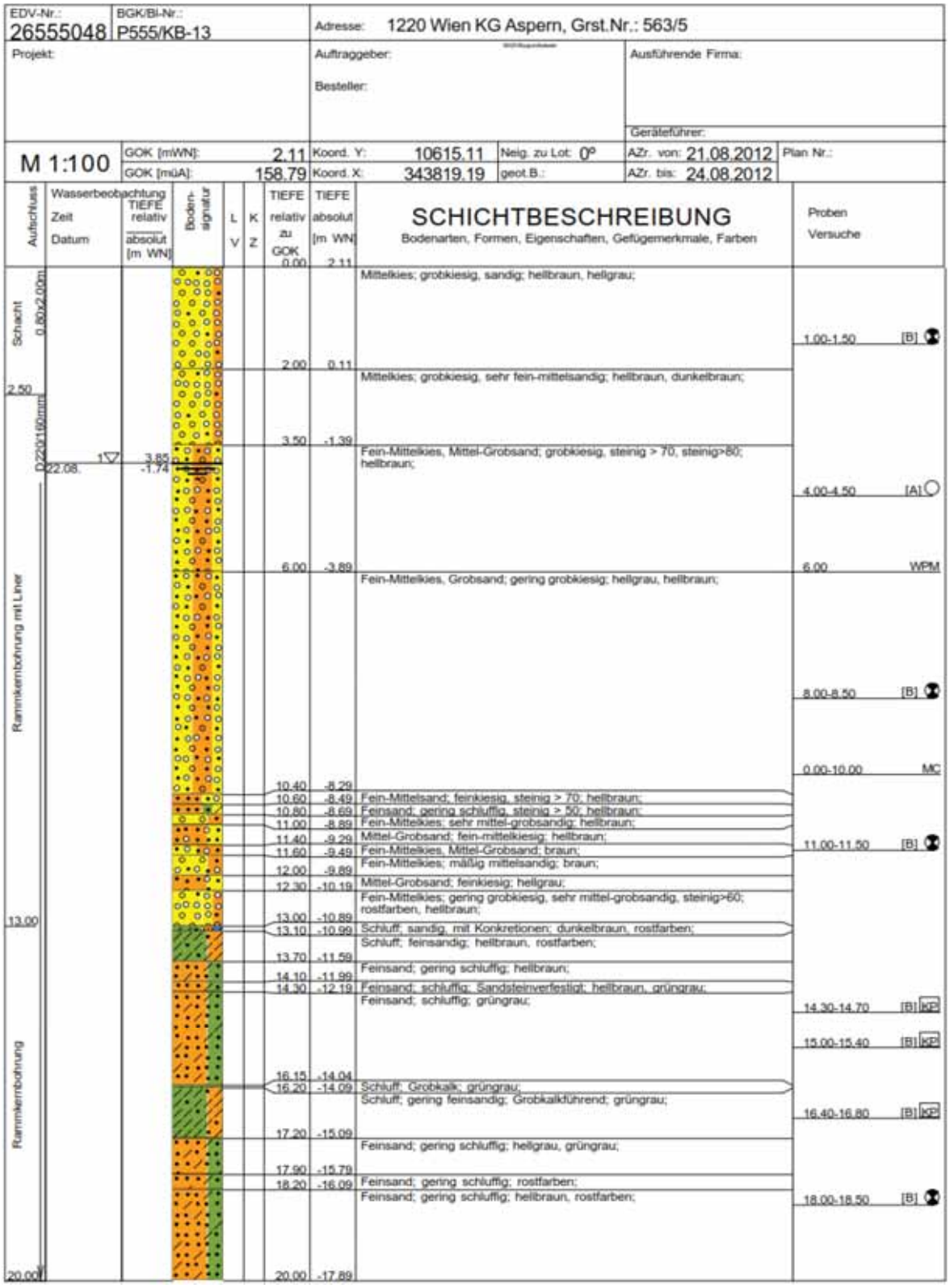


Abbildung 3.5: Kernbohrung KB-13 aus [53].

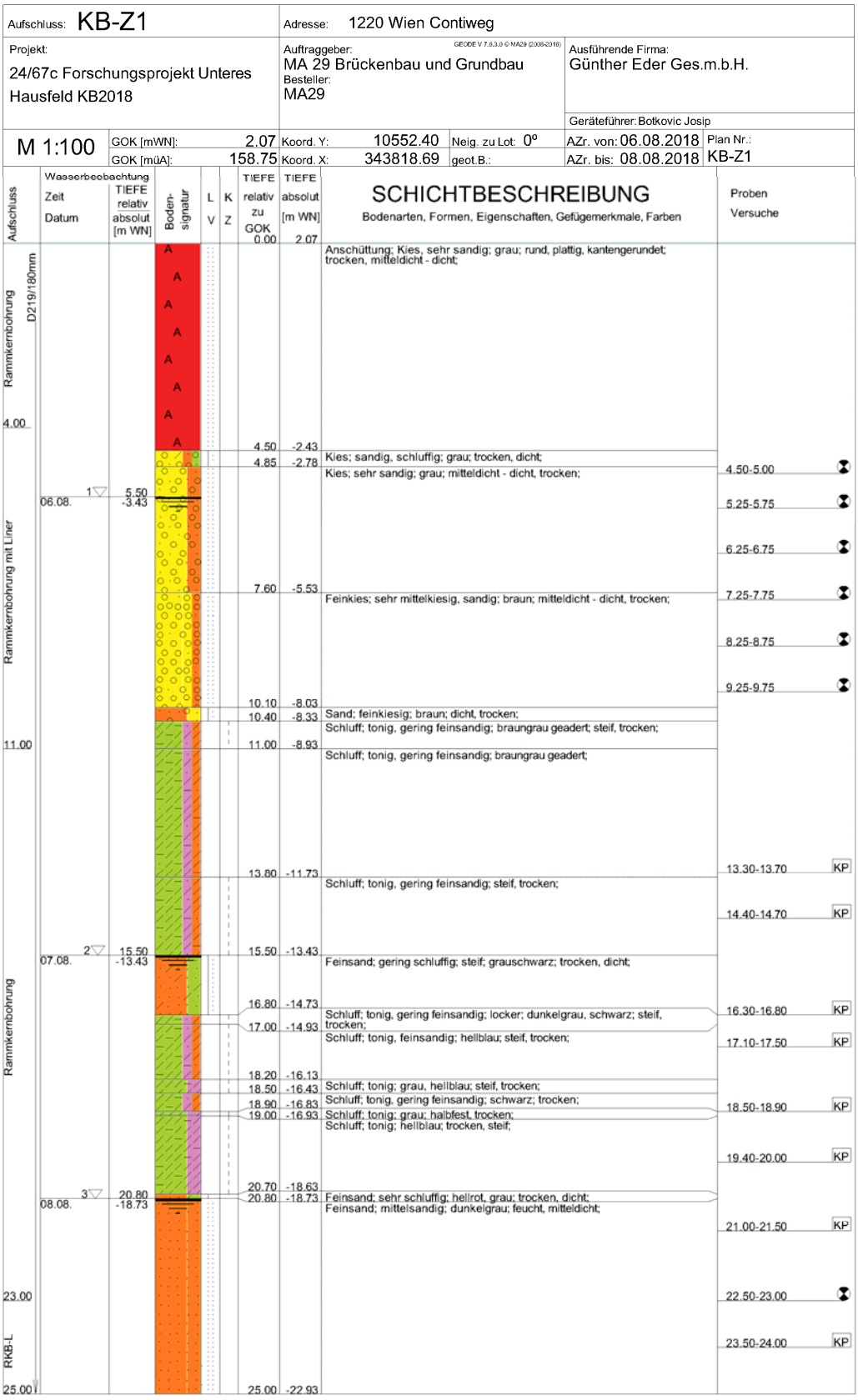


Abbildung 3.6: Kernbohrung KB-Z1 [MA 29].

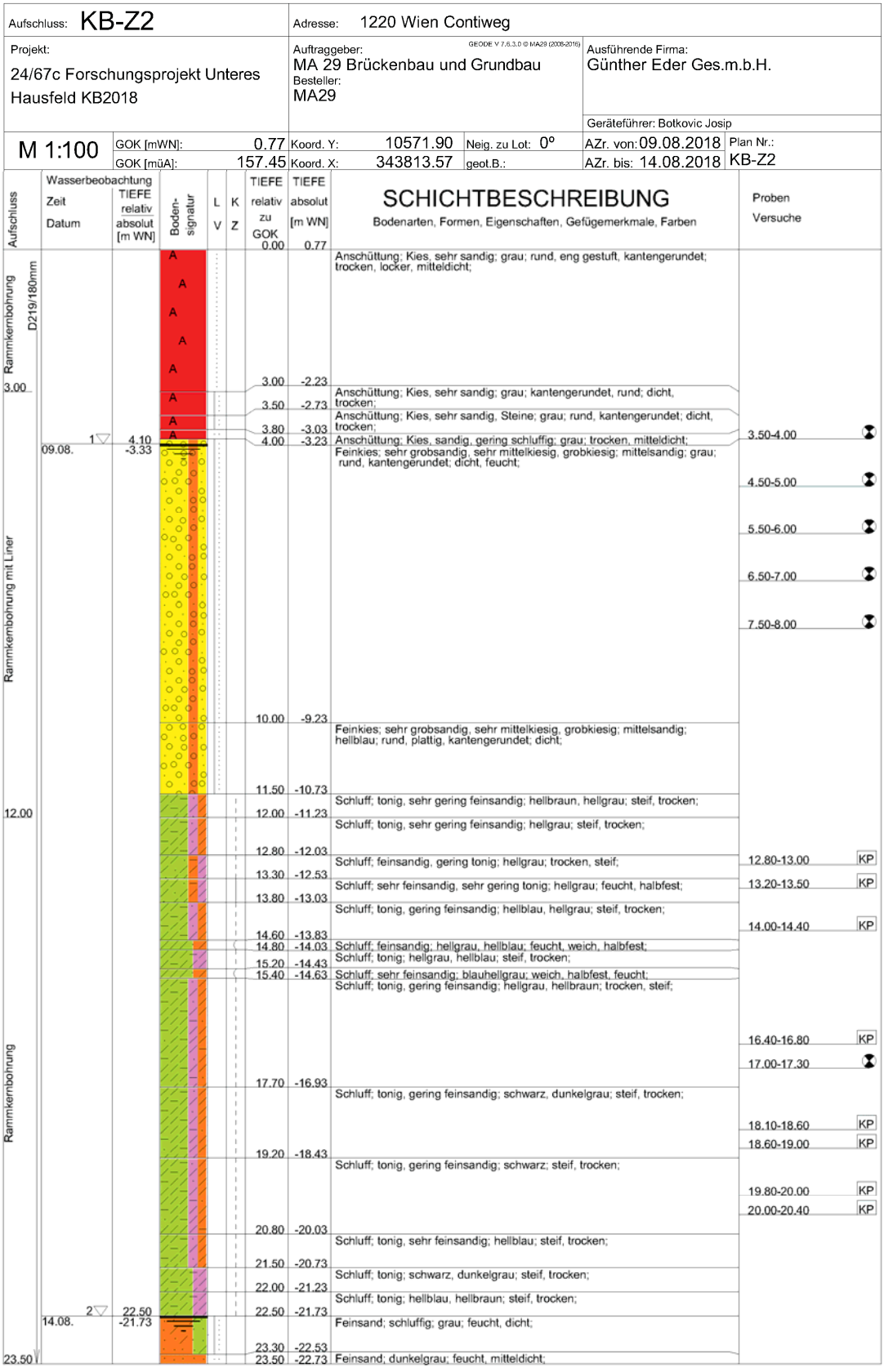


Abbildung 3.7: Kernbohrung KB-Z2 [MA 29].

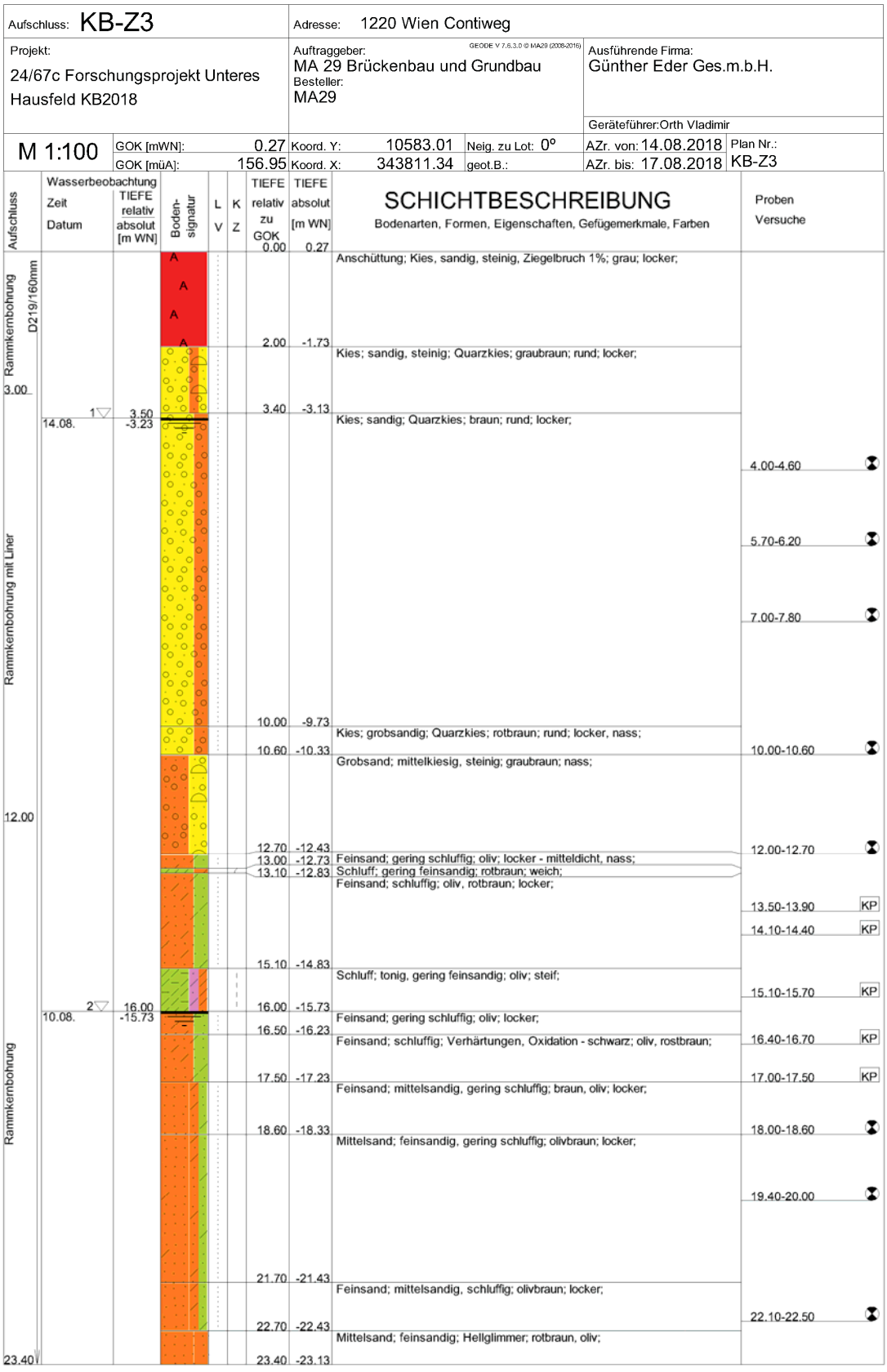


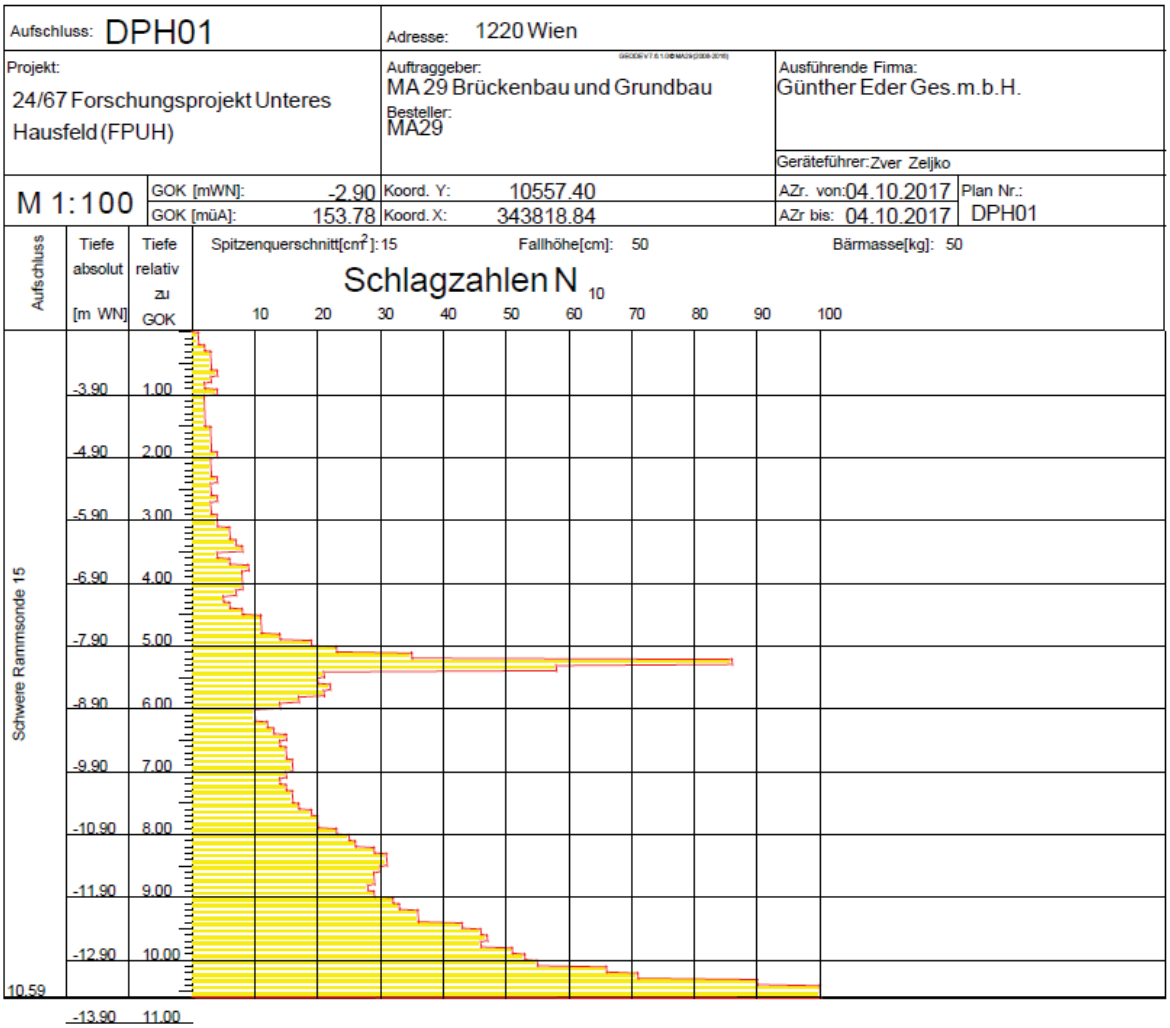
Abbildung 3.8: Kernbohrung KB-Z3 [MA 29].

Abbildung 3.9: Bohrkerne der Kernbohrungen KB-Z1 (links), KB-Z2 (Mitte) und BK-Z3 (rechts) [TU].

3.4.2 Rammsondierungen

Es wurden 3 Rammsondierungen vor Beginn der DS-Arbeiten im Prüffeld 1 im Oktober 2017 durchgeführt. Die Rammsondierungen erfolgten mit der Schweren Rammsonde SRS bzw. DPH (Dynamic Probing Heavy). DPH-01 (Abbildung 3.10) und DPH-02 (Abbildung 3.11) wurden im Prüffeld 1 und

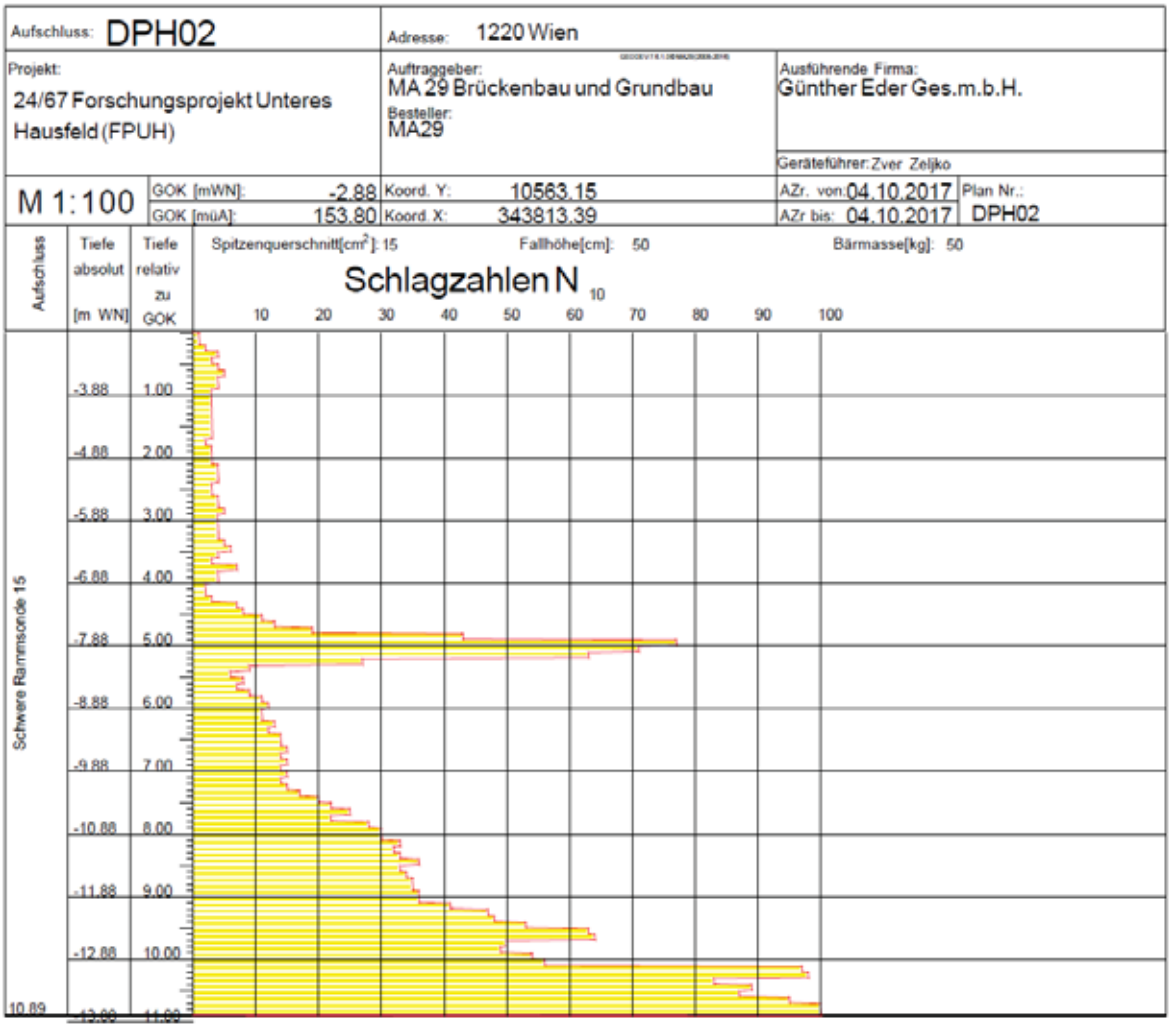
DPH-03 (Abbildung 3.12) im Prüffeld 2 positioniert – die genaue Lage ist in Abbildung 3.3 ersichtlich.



bis TIEFE [cm] -->

<-- bis TIEFE [m]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0		1	1	2	3	3	3	4	3	2
1	4	2	2	2	2	2	3	3	3	3
2	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3
3	4	4	6	6	7	8	4	6	9	8
4	8	8	7	5	6	8	11	11	11	14
5	19	23	35	86	58	21	20	22	21	17
6	14	10	10	12	13	15	14	15	15	16
7	16	15	14	15	16	16	17	19	20	20
8	23	25	26	29	31	31	30	29	29	28
9	29	32	33	36	36	43	46	47	46	51
10	53	55	66	71	90	100	100			

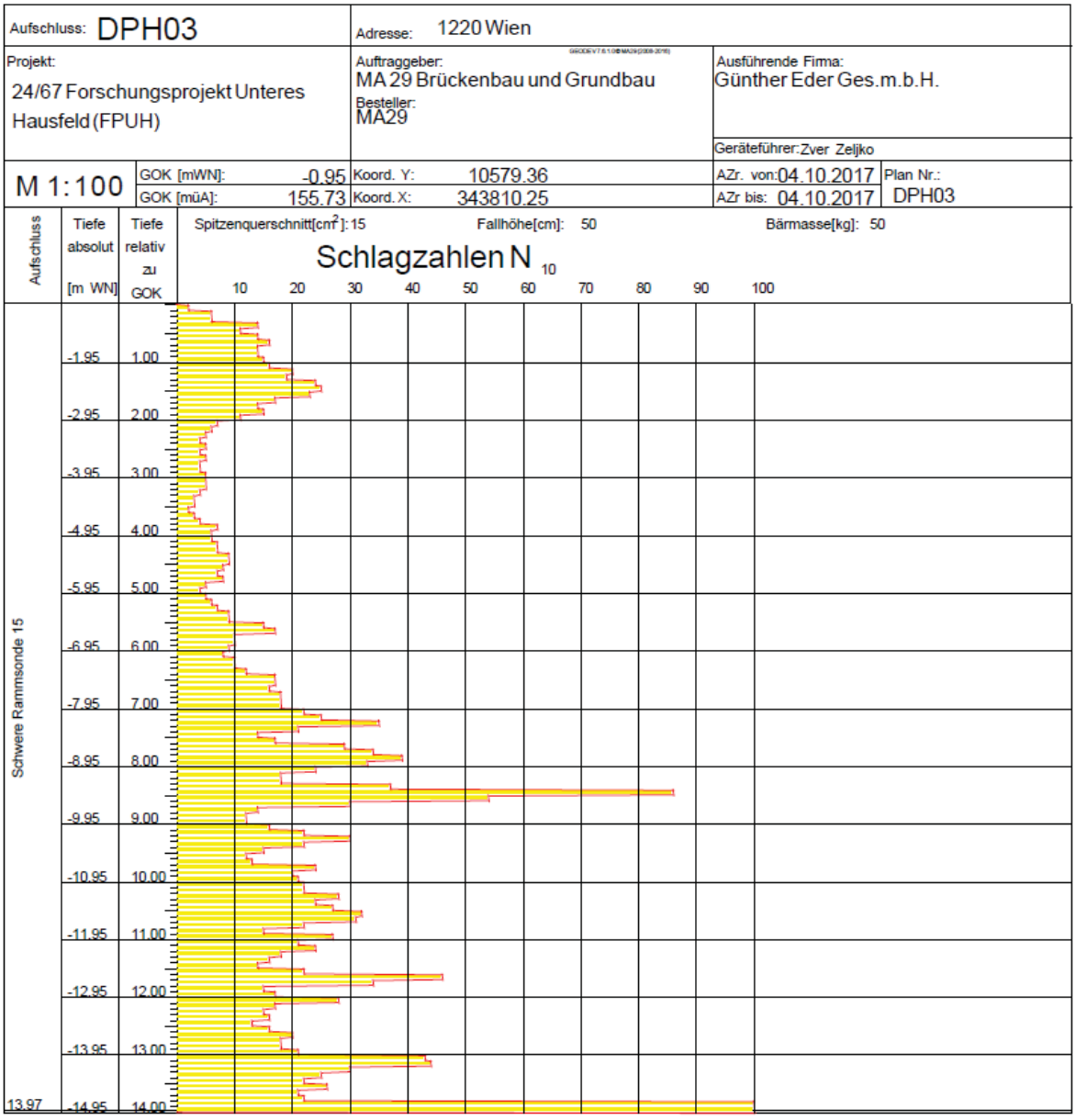
Abbildung 3.10: Rammsondierung DPH-01 (SRS-01) [MA 29].



bis TIEFE [cm] -->

<-- bis TIEFE [m]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0		1	1	2	4	3	4	5	4	4
1	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
2	3	3	4	4	4	3	3	4	4	5
3	4	4	4	4	5	6	4	3	7	4
4	4	2	2	3	7	8	11	13	19	43
5	77	71	63	27	9	6	8	7	9	11
6	12	11	11	13	12	14	14	15	14	15
7	14	15	14	15	17	20	22	25	22	28
8	30	30	33	32	33	36	33	34	35	35
9	36	36	41	47	48	53	63	64	50	49
10	54	56	97	98	83	89	87	95	100	100

Abbildung 3.11: Rammsondierung DPH-02 (SRS-02) [MA 29].



bis TIEFE [cm] -->

<-- bis TIEFE [m]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0		2	6	6	14	11	14	16	14	14
1	15	16	20	19	24	25	23	17	14	15
2	11	7	6	5	4	5	4	5	4	4
3	5	5	5	4	3	3	2	3	4	7
4	6	6	7	7	9	9	8	7	8	5
5	4	5	6	7	9	9	15	17	10	10
6	9	8	10	10	12	17	17	16	18	18
7	18	22	25	35	21	14	17	29	34	39
8	33	24	18	18	37	86	54	30	14	12
9	12	16	22	30	22	15	12	13	24	20
10	21	22	22	28	24	27	32	31	22	15
11	27	21	24	18	16	14	22	46	34	15
12	17	28	17	15	16	13	16	20	18	18
13	21	43	44	30	25	22	26	21	22	100
14	100									

Abbildung 3.12: Rammsondierung DPH-03 (SRS-03) [MA 29].

3.4.3 Schürfe

Aus dem Baugrundkataster der MA 29 wurde zusätzlich ein Schürf im Nahbereich der Versuchsfelder erhoben. Der Schurf S-126 (Abbildung 3.13) aus dem Jahr 2012 liegt am südlichen Rand des Versuchsfelds, die genaue Lage zeigt Abbildung 3.3. Dieser Bodenaufschluss ist auch im Geotechnischen Gutachten [53] enthalten und zeigt unterhalb der Deckschichten den quartären sandigen Kies im oberen Bereich.

Abbildung 3.13: Schurf S-126 aus [53].

3.5 Bodenphysikalische Laboruntersuchungen

Während der Bauphase von 02/2017 – 10/2018 wurden insgesamt 86 Bodenproben entnommen, die in weiterer Folge im Erdbaulabor des Institutes für Geotechnik an der TU Wien näher untersucht wurden. Bei der Probenahme wurde darauf geachtet, möglichst viele Proben aus dem Bereich der Prüfstrecke der Versuchselemente zu erhalten. Konkret erfolgte die Entnahme der Bodenproben:

- im Zuge der Herstellung der Grundwasserpegel GW-S1 und GW-S2,
- im Zuge der jeweiligen Pfahlherstellung,
- im Zuge des Schachtaushubes im Prüffeld 1 und
- aus den Kernkisten der Aufschlussbohrungen KB-Z1 bis KB-Z3.

Für die nichtbindigen Böden der quartären Sedimente (Donauschotter, Sand) und die bindigen Böden der miozänen Sedimente wurde das Laborprüfprogramm wie folgt festgelegt.

Bei nichtbindigen Böden wurden nachfolgende Laborversuche durchgeführt:

- Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung
- Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebung und in einem Fall durch kombinierte Siebung und Sedimentation
- Standard Proctorversuch
- Bestimmung der Durchlässigkeit an grob- und gemischtkörnigen Proben im Zylinder bei Verdichtung mit einfacher Proctordichte
- Bestimmung der lockersten und dichtesten Lagerung

Zusätzlich wurden im Kies ein Großrahmenscherversuch 500 mm x 500 mm (Korngrößen 0,063 – 31,5 mm) und zwei TU Wien Abrasimeter Standardversuche (nass und trocken) durchgeführt. Dafür wurden beim Aushub des Schachtes im Prüffeld 1 rund 400 kg Kies entnommen.

Bei bindigen Bodenproben wurden nachfolgende Laborversuche durchgeführt:

- Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung
- Bestimmung der Fließgrenze (Casagrande) und Ausrollgrenze
- Bestimmung der Korndichte mittels Kapillarpyknometer
- Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Sedimentation und ergänzende Siebung (Größtkorn ≤ 8 mm)
- Einaxialer Druckversuch (Probendurchmesser 36 mm, < 25 kN Axialkraft)
- Kompressionsversuch mit Schleife im Oedometer
- Direkter Scherversuch 100 mm x 100 mm ("Wiener Routinescherversuch") mit konstantem Porenvolumen und Bestimmung des Restscherwinkels (bei Korngrößen ≤ 2 mm)

Die für das Forschungsprojekt relevanten Bodenschichten im Versuchsfeld waren die quartären Sedimente und die miozänen Sedimente, die nachfolgend näher beschrieben werden. Zu diesen beiden Schichten wird jeweils eine Übersicht der Laborergebnisse in Abbildung 3.15 und Abbildung 3.18 dargestellt. Das detaillierte Laborprüfprogramm sowie die Ergebnisse aller Laboruntersuchungen sind im Anhang des Forschungsberichtes der TU Wien [60] enthalten.

3.5.1 Quartäre Sedimente („Donauschotter“)[1]

Im gegenständlichen Projektgebiet befindet sich der Donauschotter direkt unter den Anschüttungen bzw. dem Mutterboden, die Oberkante liegt ca. zwischen 156,5 und 157,0 m ü. A. Die rezenten Donauschotter sind vor allem sandige Kiese, wobei eine gewisse Bandbreite der Korngrößenverteilung anzutreffen ist. Die meisten sind fein bis grobkiesig dominiert. Der Sandanteil ist meist fein- bis

[1] Als Anmerkung sei erwähnt, dass als Kurzform für die quartären Sedimente im Projekt wie auch teilweise in dieser Arbeit die Bezeichnung „Kies“ verwendet wurde.

mittelsandig mit einer Fehlkörnung im Grobsand-Bereich. Der Sandgehalt liegt unter 30%. Eine Übersicht der Kornverteilungslinien aus dem Donauschotter ist in Abbildung 3.14 gezeigt.

Sandlagen wurden nur teilweise in tieferen Zonen im Übergang zu den miozänen Sedimenten festgestellt. Sandfreie oder sandarme Lagen wurden zwar nicht in den Aufschlüssen angetroffen, deren Vorhandensein ist jedoch gemäß [53] grundsätzlich für den Donauschotter dokumentiert und kann nicht vollständig ausgeschlossen werden. Wenn sie auftreten, sind sie nur i.A. wenige Dezimeter mächtig. Steine und Blöcke wurden vereinzelt bei der Pfahlherstellung speziell an der Schichtgrenze zu den miozänen Sedimenten angetroffen. Generell liegt der Steinanteil meist unter 10%. Der angetroffene Donauschotter hat eine Färbung von hellgrau über graubraun bis hellbraun (siehe Abbildung 3.9).

Der Gesteinsinhalt ist gemäß [53] vorwiegend Quarz-, Kristallin- Sandstein- und Karbonatschotter mit isometrischer (kubischer) Kornform und guter Kornrundung („Rundschotter“). Die Donauschotter sind grundsätzlich für ihre hohe bis sehr hohe Abrasivität bekannt, dies zeigen auch die Ergebnisse der TU Wien Abrasimeter Standardversuche in [59].

Für die Ableitung der Lagerungsdichte der nichtbinidgen Böden aus den Schlagzahlen der Schweren Rammsondierungen (DPH) gibt es keine theoretisch begründbaren und allgemein gültige Zusammenhänge [13]. Es werden daher im gegenständlichem Projekt nach Vorgabe der MA 29 die Richtwerte aus der ÖNORM B 5016 [24] gemäß Tabelle 3.1 herangezogen.

Tabelle 3.1: Richtwerte zur Bestimmung des Verdichtungsgrads anhand von Schlagzahlen für die schwere Rammsonde (DPH) gemäß ÖNORM B 5016 [24].

Schlagzahlen je 10 cm Eindringtiefe n_{10} (DPH)	Bodenzustand		Relative Dichte bezogen auf Proctordichte D_{pr}
	nichtbindiger und schwach bindiger Boden	bindiger Boden	%
bis 2	sehr locker	weich	bis 90
3 bis 7	locker	steif	über 90 bis unter 95
8 bis 12	mitteldicht	halbfest	ab 95 bis unter 97
13 bis 15			ab 97 bis unter 98
16 bis 30	dicht	halbfest	ab 98 bis unter 100
über 30	sehr dicht	fest	ab 100

Ein Vergleich mit den empirischen Beziehungen im sandigen Kies nach Gstöttner (1987) gemäß Tabelle 3.2 zeigt, dass in beiden Tabellen die Schlagzahlen für den Übergang der Lagerungsdichte von locker auf mitteldicht gleich angegeben werden. Entsprechend der Rammsondierungen DPH-01, DPH-02 und DPH-03 ist dies der relevante Bereich in Bezug auf die Lagerungsdichte des Donauschotters im Versuchsfeld.

Tabelle 3.2: Abschätzung der Lagerungsdichte und des Steifemoduls anhand schweren Rammsondierungen im sandigen Kies (saGr) nach Gstöttner 1987 [13].

Lagerungsdichte	DPH N_{10}, [-]	Steifemodul E_s, [MN/m²]
sehr locker	≤ 4	10
locker	4 – 8	10 – 20
mitteldicht	8 – 12	20 – 55
dicht	12 – 20	50 – 75
sehr dicht	> 20	> 75

Die Lagerungsdichte des Donauschotters reicht somit von locker (in den oberen Bereichen) bis mitteldicht (im unteren Bereich). Die Rammsondierungen zeigen im westlichen Teil des Versuchsfeldes (Prüffeld 1) eine geringere Lagerungsdichte als im östlichen Teil (Prüffeld 2). Die beiden Rammsondierungen im Prüffeld 1 (DPH-01 und DPH-02) zeigen sehr hohe Schlagzahlen im untersten Bereich des Donauschotters, was auf eine mögliche Blocklage hinweisen könnte.

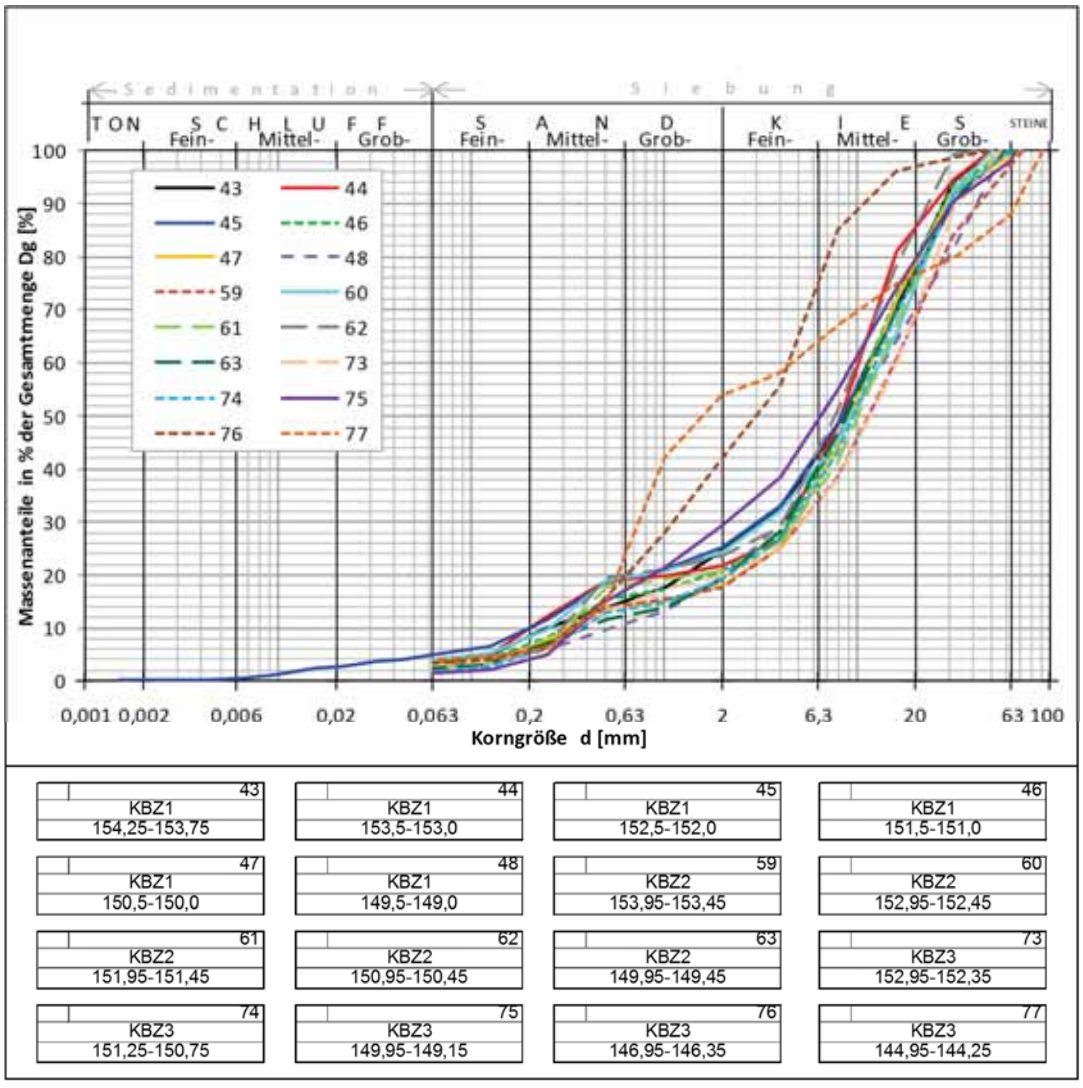


Abbildung 3.14: Übersicht Kornverteilungslinien aus den quartären Sedimenten aus [59].

Eine Übersicht der Laborergebnisse des Donauschotters aus den Untersuchungen der TU Wien [59] ist in Abbildung 3.15 dargestellt. Dafür wurden die Bodenproben aus den 3 Kernbohrungen KB-Z1, KB-Z2 und KB-Z3 herangezogen.

Übersicht Laborergebnisse "Donauschotter"			**Bandbreite**		**Mittel-wert**	**Standard-abweichung**	**Anzahl der Versuche**
			von	bis			
WASSERGEHALT							
natürlicher Wassergehalt	$w_n \geq$	[%]	2,6	7,4	4,1	1,32	16
DICHTE							
Korndichte	ρ_s	[g/cm³]	2,6	2,7	2,7	0,03	15
KORNVERTEILUNG							
Steine	Co	[%]	0,0	2,5	0,4	0,77	15
Kies	Gr	[%]	58,0	81,1	76,6	5,91	15
Sand	Sa	[%]	14,8	38,8	20,0	5,88	15
Schluff	Si (Si+Cl)	[%]	1,6	4,9	3,0	0,85	15
Ton	Cl (-)	[%]	0,2	0,2	0,2	0,00	1
Klammerwerte, falls Tongehalt nicht bestimmt							-
Ungleichförmigk.	C_u	[-]	13,4	57,2	38,6	11,18	15
Krümmungszahl	C_c	[-]	0,8	9,5	4,4	2,04	15
Grobfaktor	G	[cm²]	155,1	205,3	191,5	11,70	15
PROCTORDICHTE							
Proctordichte	ρ_{Pr}	[g/cm³]	2,1	2,3	2,2	0,05	4
opt. Wassergehalt	w_{Pr}	[%]	5,6	7,8	6,4	0,85	4
SCHERVERSUCH 3 - Punkt			*Großscherversuch D ≤ 31,5 mm*				
Reibungsw inkel	φ	[°]	33,0		33,0	0,00	1
Kohäsion	c	[kN/m²]	3,4		3,4	0,00	1
DURCHLÄSSIGKEIT konst. Druckh							
bei Versuchstemp.	k_T	[m/s]	1,50E-05	1,5E-03	4,69E-04	6,2E-04	10
Durchl. bei 10°C	k_{10}	[m/s]	1,10E-05	1,20E-03	3,57E-04	4,70E-04	10
Hydraul. Gradient	i	[-]	0,36	0,44	0,38	0,02	10
Porenanteil	n	[-]	0,20	0,26	0,22	0,02	10
ABRASIVITÄT							
Endw assergehalt	w_{end}	[%]	7,9	8,1	8,0	0,1	2
TU Wien Abrasivitätsindex							-
AIW	AIWtr	[-]	90	101	95	5,50	2
trocken/nass	AIWn	[-]	270	286	278	8,00	2
Zerkleinerungsgrad	ΔG_{AIWtr}	[-]	24,30	27,37	25,83	1,53	2
trocken/nass	ΔG_{AIWn}	[-]	30,53	34,50	32,52	1,98	2
Wassereinfluss	f_W	[-]	0,31	0,37	0,34	0,03	2

Abbildung 3.15: Übersicht Laborergebnisse der quartären Sedimente gemäß [59].

3.5.2 Miozäne Sedimente[2]

Die Miozänoberkante, die der Unterkante der Donauschotter entspricht, zeigt naturgemäß ein gewisses Relief. Bei einem gedachten West–Ost Schnitt durch das Versuchsfeld zeigt sich folgender Verlauf:

[2] Als Anmerkung sei einleitend erwähnt, dass als Kurzform für diese Bodenschicht im Projekt wie auch in dieser Arbeit teilweise die Bezeichnung „Miozän“ verwendet wurde.

Beginnend bei KB-37 bis zur KB-Z1 liegt die Oberkante der miozänen Schichten bei ~148,5 m ü. A., danach fällt die Oberkante auf eine Höhe von ~146,0 m ü. A. bei KB-Z2 ab. Dieser Verlauf setzt sich fort bis zur KB-Z3, wo die Oberkante des Miozäns auf ~144,5 m ü. A. liegt. Im Bereich der KB-13 steigt die Oberkante wieder auf eine Höhe von ~145,5 m ü. A. an. Daraus ergibt sich ein Höhenunterschied der Oberkante des Miozän im Bereich des Versuchsfelds von bis zu 3 m.

Die miozänen Schichten bestehen aus wechselgelagerten Sanden, Schluffen und Tonen. Darunter folgen laut [53] mehrere Meter mächtige resche Fein-Mittelsande. Die Schluffschichten bestehen nahezu ausschließlich aus leicht plastischen bis mittelplastischen Schluffen. Bei den Tonschichten handelt es sich vor allem um leicht plastische bis mittelplastische Tone. Abbildung 3.16 zeigt die Bodenbezeichnungen gemäß ÖNORM B 4400-1 [22]. Die Sandschichten bestehen aus (teilweise stark schluffigen) Fein- bis Mittelsanden. Eine Übersicht der Kornverteilungslinien in den miozänen Sedimenten ist in Abbildung 3.17 dargestellt.

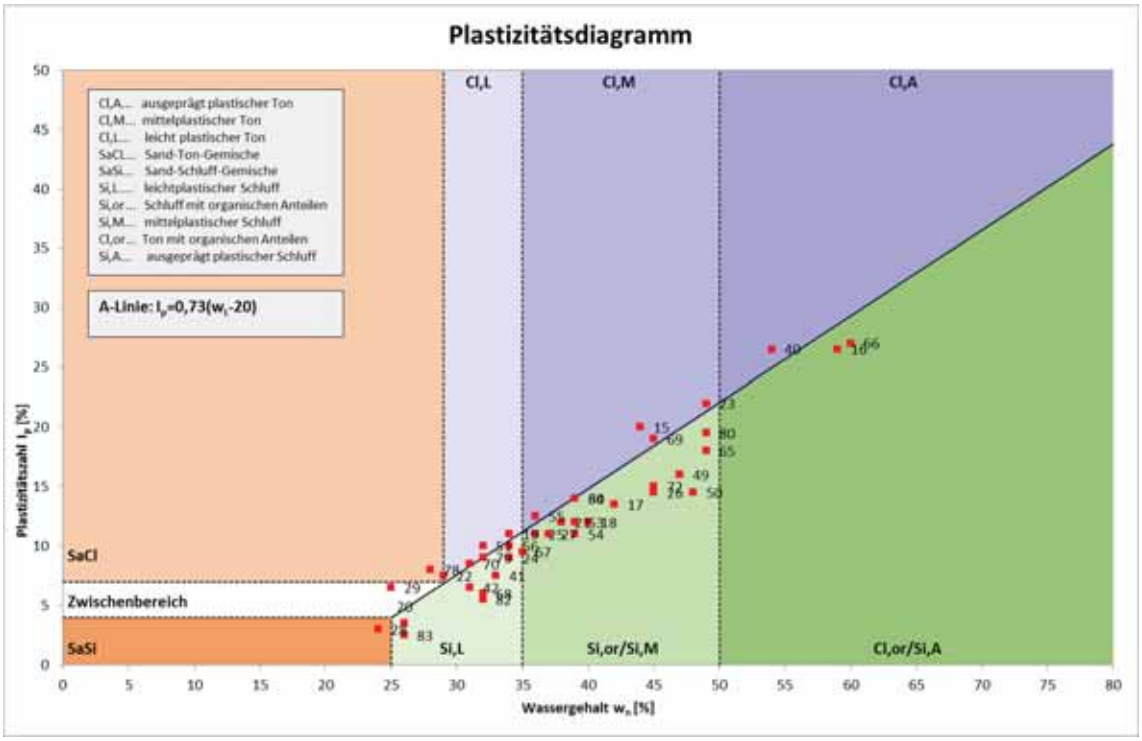


Abbildung 3.16: Bodenbezeichnungen nach ÖNORM B 4400-1 aus [59].

Gemäß [53] beinhalten vor allem die Schluffschichten und untergeordnet auch die Sandschichten häufig Konkretionen und Verhärtungen, die von wenigen Millimetern bis zu mehreren Zentimetern Größe reichen können.

In Abbildung 3.9 ist die mögliche Farbpalette der miozänen Sedimente zu erkennen, wobei entsprechend [53] die Schichten unter einem Verwitterungseinfluss die vorgefundene ocker- und rostfarbene, grau-, braun- bis olivgrüne, sowie hell- bis dunkelbraune Färbung aufweisen. Die unverwitterten Schichten zeigen graue, dunkelgraue bis blaugraue Farben. Die miozänen Sedimente sind entsprechend [53] grundsätzlich als voll wassergesättigt anzunehmen.

Die Lagerungsdichte beziehungsweise Konsistenz der Sand- und Schluffschichten variiert stark. In [53] ist dazu angegeben, dass diese grundsätzlich mit zunehmender Tiefe ansteigen. Die Konsistenz der schluff-dominierten Schichten schwankt zwischen weich bis fest. Die Lagerungsdichte der sand-dominierten Schichten wird in [53] mit mitteldicht bis dicht angegeben.

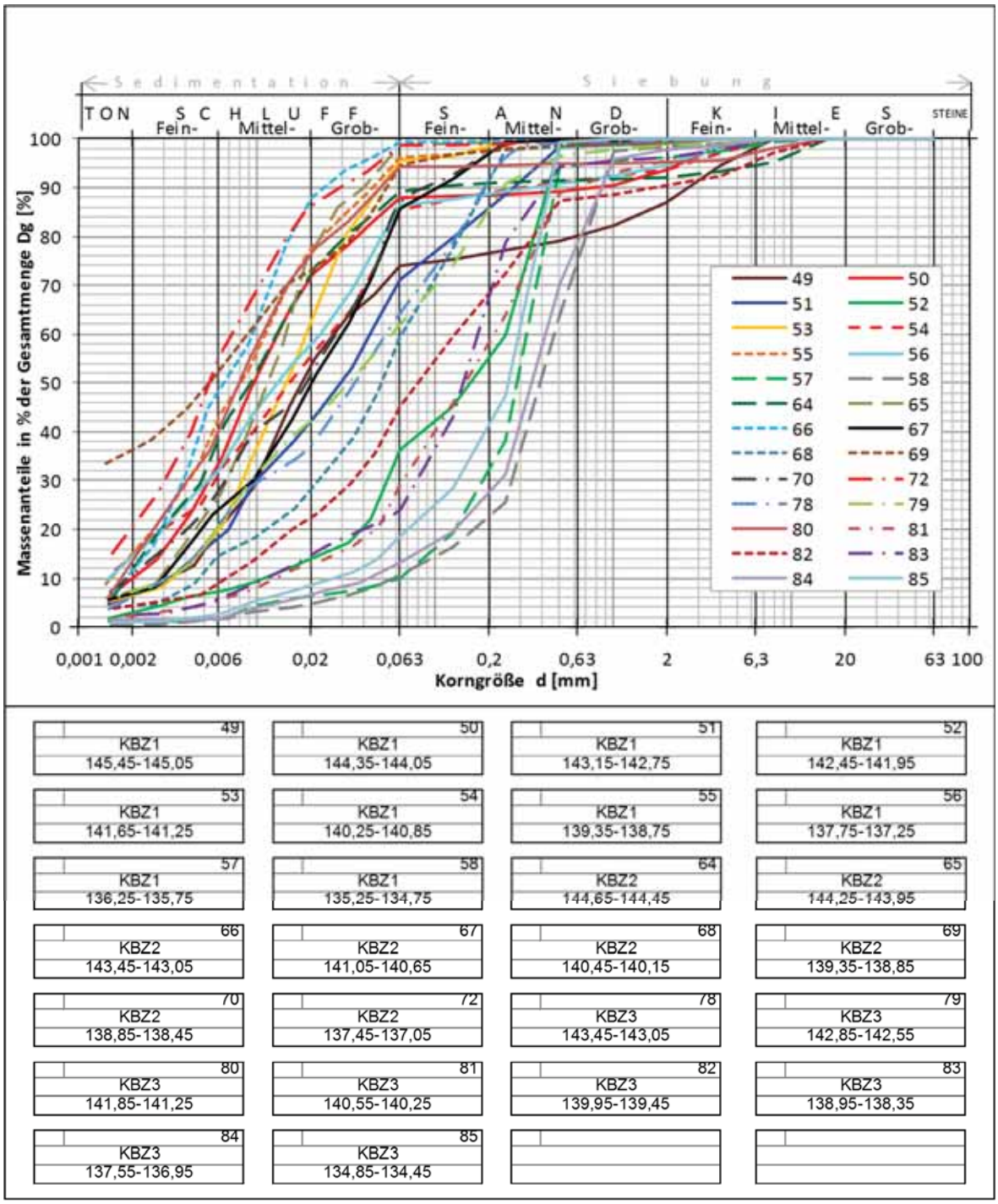


Abbildung 3.17: Übersicht Kornverteilungslinien aus den miozänen Sedimenten aus [59].

Eine Übersicht der Laborergebnisse der miozänen Sedimente aus den Untersuchungen der TU Wien [59] ist in Abbildung 3.18 dargestellt. Dafür wurden die Bodenproben aus den Kernbohrungen KB-Z1, KB-Z2 und Z3 herangezogen.

Übersicht Laborergebnisse miozäne Sedimente			Bandbreite		Mittel-wert	Standard-abweichung	Anzahl der Versuche
			von	bis			
WASSERGEHALT							
natürlicher Wassergehalt	$w_n \geq$	[%]	16,4	33,8	22,6	4,8	23
KONSISTENZ							
Fließgrenze	w_L	[%]	23,5	60,0	38,0	9,2	21
Plastizitätsgrenze	w_P	[%]	20,0	33,5	26,4	3,7	21
Plastizitätszahl	I_P	[%]	1,5	27,0	11,6	6,1	21
Konsistenzzahl	I_C	[-]	0,7	1,7	1,3	0,3	20
DICHTE							
Korndichte	ρ_s	[g/cm³]	2,68	2,83	2,75	0,04	23
Feuchtdichte	ρ	[g/cm³]	1,88	2,18	2,04	0,08	50
Trockendichte	ρ_d	[g/cm³]	1,40	1,87	1,66	0,13	50
Porenanteil	n	[-]	0,32	0,49	0,40	0,05	50
KORNVERTEILUNG							
Steine	Co	[%]	0,0	0,0	0,0	0,00	23
Kies	Gr	[%]	0,0	12,9	2,8	3,54	23
Sand	Sa	[%]	0,6	84,8	27,3	28,07	23
Schluff	Si (Si+Cl)	[%]	11,7	91,4	60,7	23,81	23
Ton	Cl (-)	[%]	0,9	36,3	9,2	7,58	23
Klammerwerte, falls Tongehalt nicht bestimmt							-
Ungleichförmigk.	C_u	[-]	5,1	22,9	11,7	5,26	20
Krümmungszahl	C_c	[-]	0,5	3,1	1,3	0,70	20
Grobfaktor	G	[cm²]	0,6	69,0	20,2	18,63	23
EINAXIALER DRUCKVERSUCH							
Einax. Druckfestigk	q_u	[kN/m²]	38	695	251	202	50
Bruchstauchung	ε_f	[-]	0,009	0,144	0,059	0,032	50
KOMPRESSIONSVERSUCH							
Steifemodul	$E_{oed,1}$	[MN/m²]	9,3	40,3	21,7	9,4	9
Erstbelastung	gültig bei σ	[kN/m²]	*251 - 497*				-
Steifemodul	$E_{oed,2}$	[MN/m²]	35,5	78,9	53,8	14,0	9
Zweitbelastung	gültig bei σ	[kN/m²]	*251 - 497*				-
GEOLOG. VORBELASTUNG NACH CASAGRANDE							
Vorbelastungssp.	$\sigma_{V\,max}$	[kN/m²]	304	1242	728	304	9
SCHERVERSUCH e = konstant							
Reibungswinkel	φ	[°]	21,5	33,5	26,8	3,6	23
Restscherwinkel	φ_R	[°]	9,0	33,5	24,5	6,3	23

Abbildung 3.18: Übersicht Laborergebnisse der miozänen Sedimente gemäß [59].

Kapitel 4

Axiale Belastungsversuche an Großbohrpfählen

4.1 Allgemeines

Bei der Betrachtung des Tragwiderstandes von Pfählen wird zwischen dem inneren- und dem äußeren Tragwiderstand unterschieden. Während der innere Tragwiderstand den Widerstand gegen ein Versagen des Werkstoffes selbst beschreibt, bezieht sich der äußere Tragwiderstand auf die Tragfähigkeit des Untergrunds. Da in diesem Projekt der äußere Tragwiderstand untersucht werden sollte, wurde der innere Tragwiderstand bei allen Pfählen so bemessen, dass dieser über der maximal möglichen Prüflast der Belastungseinrichtung (6000 kN) lag. Bei axial auf Druck beanspruchten Pfählen setzt sich gemäß [21] der äußerer Tragwiderstand R_c [MN] folgendermaßen aus Pfahlfußwiderstand R_b [MN] und Pfahlmantelwiderstand R_s [MN] zusammen:

$$R_c = R_b + R_s = q_b \cdot A_b + \sum_i q_{s,i} \cdot A_{s,i} \tag{4.1}$$

q_b ..... Pfahlfußwiderstand [MN/m²]
$q_{s,i}$ ..... Pfahlmantelwiderstand in der jeweiligen Schicht i [MN/m²]
A_b ..... Pfahlfußfläche [m²]
$A_{s,i}$ ..... Pfahlmantelfläche in der jeweiligen Schicht i [m²]

Das Ziel des vorliegenden Projekts war es, anhand von Versuchen den Pfahlfußwiderstand und den Pfahlmantelwiderstand getrennt voneinander zu erfassen und dies speziell für folgende Bodenarten zu quantifizieren:

- Quartäre Sedimente („Donauschotter“) – im Projekt teilweise als Kies bezeichnet.
- Miozäne Sedimente – im Projekt teilweise als Miozän bezeichnet.

Dazu wurden der Pfahlmantelwiderstand oberhalb der jeweiligen Prüfstrecke, mit Doppelwandrohren aus Stahl, quasi ausgeschaltet.

Zusätzlich zur Untersuchung des Tragverhaltens verschiedener Bodenschichten wurden zwei unterschiedliche Herstellungsverfahren eingesetzt:

- Kelly-Bohrverfahren – Herstellung mit verrohrter Bohrung
- Schneckenortbetonbohrpfahlverfahren (SOB-Verfahren)

Unter Betrachtung der somit möglichen Kombinationen von Untergrundtyp und Herstellungsverfahren ergaben sich vier Versuchsreihen mit jeweils fünf gleichartigen Versuchspfählen. Die Durchführung von fünf Versuchen einer Pfahl-Bodenkombination beinhaltete die Möglichkeit, bei heranziehen der Ergebnisse für zukünftige Bemessungen die Streuungsfaktoren gemäß ÖNORM B 1997-1-3 [21] zu minimieren. Ergänzend zu den beschriebenen Versuchspfählen wurden vier weitere Pfähle mit „CO_2-armen“ Zementen hergestellt. Somit ergaben sich in Summe 24 axiale Probebelastungen von Großbohrpfählen.

Die Probebelastungen wurden entsprechend ÖNORM B 1997-1-3 [21] ausgeführt. Diese verweist im Anhang B „Statische Probebelastungen“ hinsichtlich Vorbereitung, Durchführung und Dokumentation der Ergebnisse von Pfahlprobebelastungen auf das Merkblatt „Empfehlungen für statische und dynamischer Pfahlprüfungen“ [4] von 1998. Als Nachfolgewerk gelten die Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ EA-Pfähle [1] von 2012. Diese Richtlinien werden bis zum Erscheinen einer entsprechenden europäischen Prüfnorm angewendet.

4.2 Beschreibung der Großbohrpfähle

Die 24 Versuchspfähle wurden, wie bereits in Abschnitt 2.4 beschrieben, in den beiden Prüffeldern angeordnet. Die Abmessungen der Pfähle waren je Versuchsreihe einheitlich und sind in Tabelle 4.1 angegeben. Die Bezeichnungen der Versuchsreihen entsprechen den Pfahlnummern der jeweiligen Reihe, mit der Änderung, dass stellvertretend für die fortlaufende Nummer einer Serie am Ende ein „x“ geschrieben wurde.

Tabelle 4.1: Großbohrpfähle - hergestellte Pfahlversuchsreihen, adaptiert aus [9].

Großbohr-pfahlver-suchsreihe	Prüf-feld	Bodenart im Lastabtragungsbe-reich	Herstellungs-art	Anzahl	Länge [m]	Ø [cm]	Länge Prüfstrecke [m]
B.Mx	1	Miozän	verrohrt	5	17,00	90	6,14
B.M1x	1	Miozän	SOB	5	17,00	90	6,10
B.Kx	1	Quartär	verrohrt	2	6,00	60	4,14
B.K1x	1	Quartär	SOB	2	6,00	60	4,10
B.K5x	2	Quartär	verrohrt	5	6,00	60	4,14
B.K6x	2	Quartär	SOB	5	6,00	60	4,10

Die verwendeten Betongüten und Zementbezeichnungen sind in Tabelle 4.2. aufgelistet. Dabei ist anzumerken, dass für die beiden Reihen B.Kx und B.K1x „CO_2-arme“ Zemente verwendet wurden, um diese mit den „konventionell“ hergestellten Pfählen vergleichen zu können.

Der verwendete Bau- und Betonstahl entsprach den in Österreich üblichen Stahlgüten, so wurde Betonstahl der Güte B 550B und Baustahl der Güte S 235 verwendet.

Tabelle 4.2: Großbohrpfähle – verwendete Betongüten mit Zementbezeichnungen gemäß [27].

Betongüte mit Zementbezeichnung	Zementtyp	Großbohrpfahlbezeichnung	Anzahl	Herstellungsart
C25/30/BS TB1/PB/F59/GK22 mit CEM II/A-LL 42,5 R	„konventionell“	B.Mxx	10	verrohrt & SOB
C25/30/BS TB1/PB/F59/GK16 mit CEM II/A-LL 42,5 R	„konventionell“	B.Kxx	10	verrohrt & SOB
C25/30/BS TB1/PB/F59/GK16 mit CEM II/B-S 42,5 N	„CO_2-arm“	B.K1 & B.K11	2	verrohrt & SOB
C25/30/BS TB1/PB/F59/GK16 mit CEM II/B-M (S-L) 32,5 R	„CO_2-arm“	B.K2 & B.K12	2	verrohrt & SOB

Die Tabelle 4.3 beinhaltet die Abmessungen, Höhenlage und Zuweisung der entsprechenden Schalungs- und Bewehrungspläne der einzelnen Versuchspfähle.

Tabelle 4.3: Großbohrpfähle - Abmessungen und Höhenlage Versuchspfähle aus [9].

Versuchspfahl	Pfahllänge[3] [m]	D[3] [cm]	OK Pfahlkopf[1] [m ü. A.]	OK Pfahl[1] [m ü. A.]	OK Krafteinleitungsstrecke[2] [m ü. A.]	UK Pfahl[2] [m ü. A.]	Schalungsplan	Bewehrungsplan
B.M1	17	90	156,78	156,01	145,15	139,01	[28]	[29]
B.M2	17	90	156,98	156,21	145,35	139,21	[28]	[29]
B.M3	17	90	156,35	155,58	144,72	138,58	[28]	[29]
B.M4	17	90	156,84	156,07	145,21	139,07	[28]	[29]
B.M5	17	90	156,74	155,97	145,11	138,97	[28]	[29]
B.M11	17	90	156,75	155,95[2]	145,05	138,95	[30]	[31]
B.M12	17	90	156,83	156,06	145,16	139,06	[30]	[31]
B.M13	17	90	156,87	156,10	145,20	139,10	[30]	[31]
B.M14	17	90	156,86	156,09	145,19	139,09	[30]	[31]
B.M15	17	90	157,20	156,43	145,53	139,43	[30]	[31]
B.K1	6	60	156,83	156,03[2]	154,14	150,03	[32]	[33]
B.K2	6	60	156,73	155,93[2]	154,07	149,93	[32]	[33]
B.K11	6	60	156,81	156,01[2]	154,11	150,01	[34]	[35]
B.K12	6	60	156,75	155,95[2]	154,05	149,95	[34]	[35]
B.K51	6	60	156,81	156,04	154,18	150,04	[36]	[37]
B.K52	6	60	156,83	156,06	154,20	150,06	[36]	[37]
B.K53	6	60	156,82	156,05	154,19	150,05	[36]	[37]
B.K54	6	60	156,90	156,13	154,27	150,13	[36]	[37]
B.K55	6	60	156,84	156,07	154,21	150,07	[36]	[37]
B.K61	6	60	156,78	156,01	154,11	150,01	[38]	[39]
B.K62	6	60	156,80	156,03	154,13	150,03	[38]	[39]
B.K63	6	60	156,78	156,01	154,11	150,01	[38]	[39]
B.K64	6	60	156,75	155,98	154,08	149,98	[38]	[39]
B.K65	6	60	156,80	156,03	154,13	150,03	[38]	[39]

[1] OK Pfahlkopf- und Pfahloberkante lt. Vermessung ARGE FPUH
[2] Rechenwert Pfahlmaße errechnet (z.B.: OK Pfahl Vermessung – Planmaß Pfahllänge)
[3] Planmaß Abmessungen gemäß zugehörigen Plänen

Die tatsächliche Höhenlage der Pfahloberkante wurde von der ARGE FPUH nach deren Herstellung vermessen, damit war die Lage der Prüfstrecke im Boden genau bestimmt.
Schnitte durch die Versuchspfähle je Reihe sind in Abbildung 4.1 und Abbildung 4.2 dargestellt. Die Abbildungen zeigen im oberen Bereich der Pfähle das Doppelwandrohr (Bereich ohne Pfahlmantelwiderstand) und darunter die jeweilige Prüfstrecke je Bodenschicht. Die Bodenprofile der Kernbohrungen KB-13 und KB-37 sind jeweils am linken Rand dargestellt und zeigen den Übergang vom Kies zum Miozän bei KB-13 auf ~145,5 m ü. A. und bei KB-37 auf ~148 m ü. A.

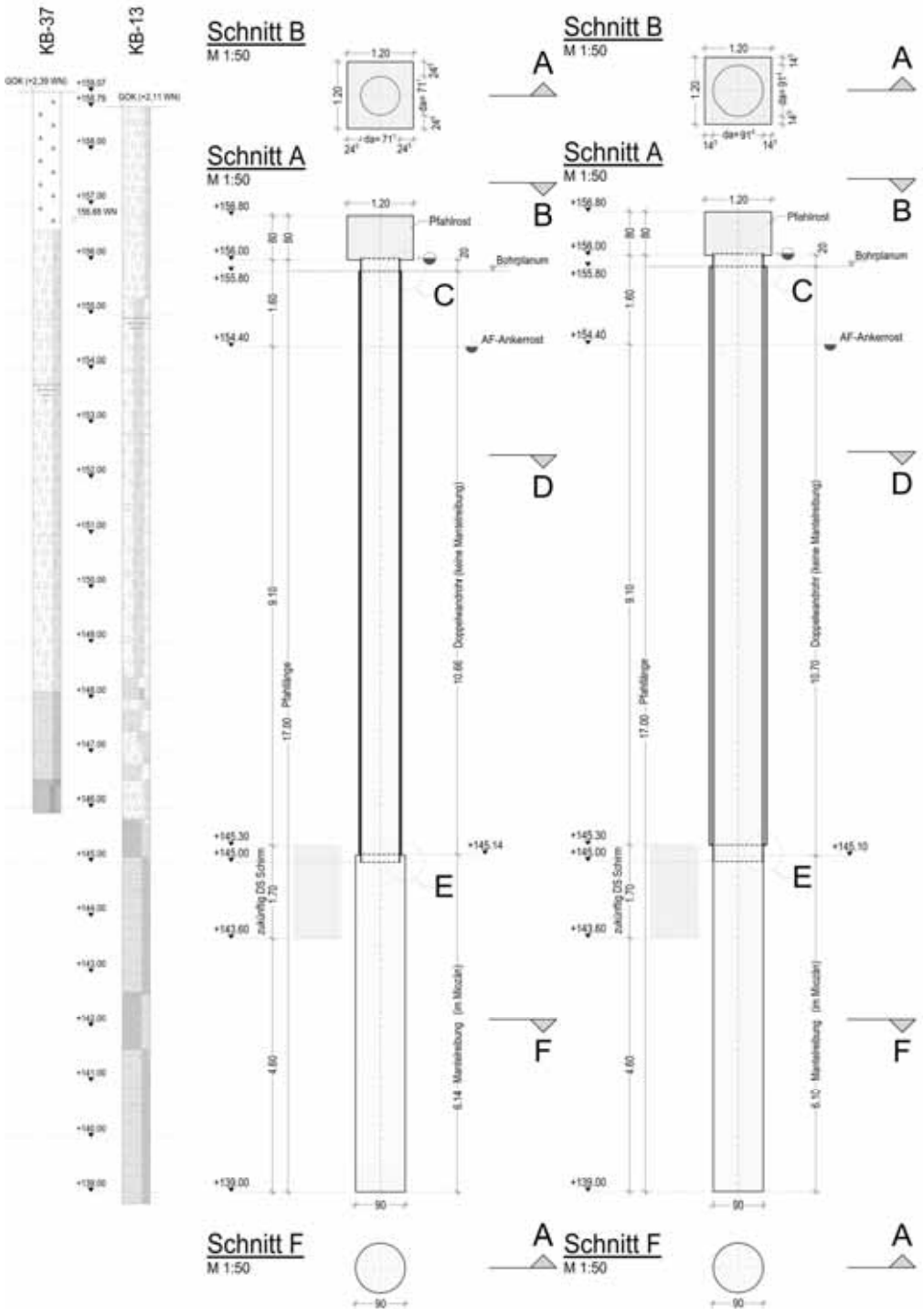


Abbildung 4.1: Bodenprofil und Abmessungen der Großbohrpfähle im Miozän bei verrohrter Herstellung aus [28] bzw. im SOB-Verfahren aus [30].

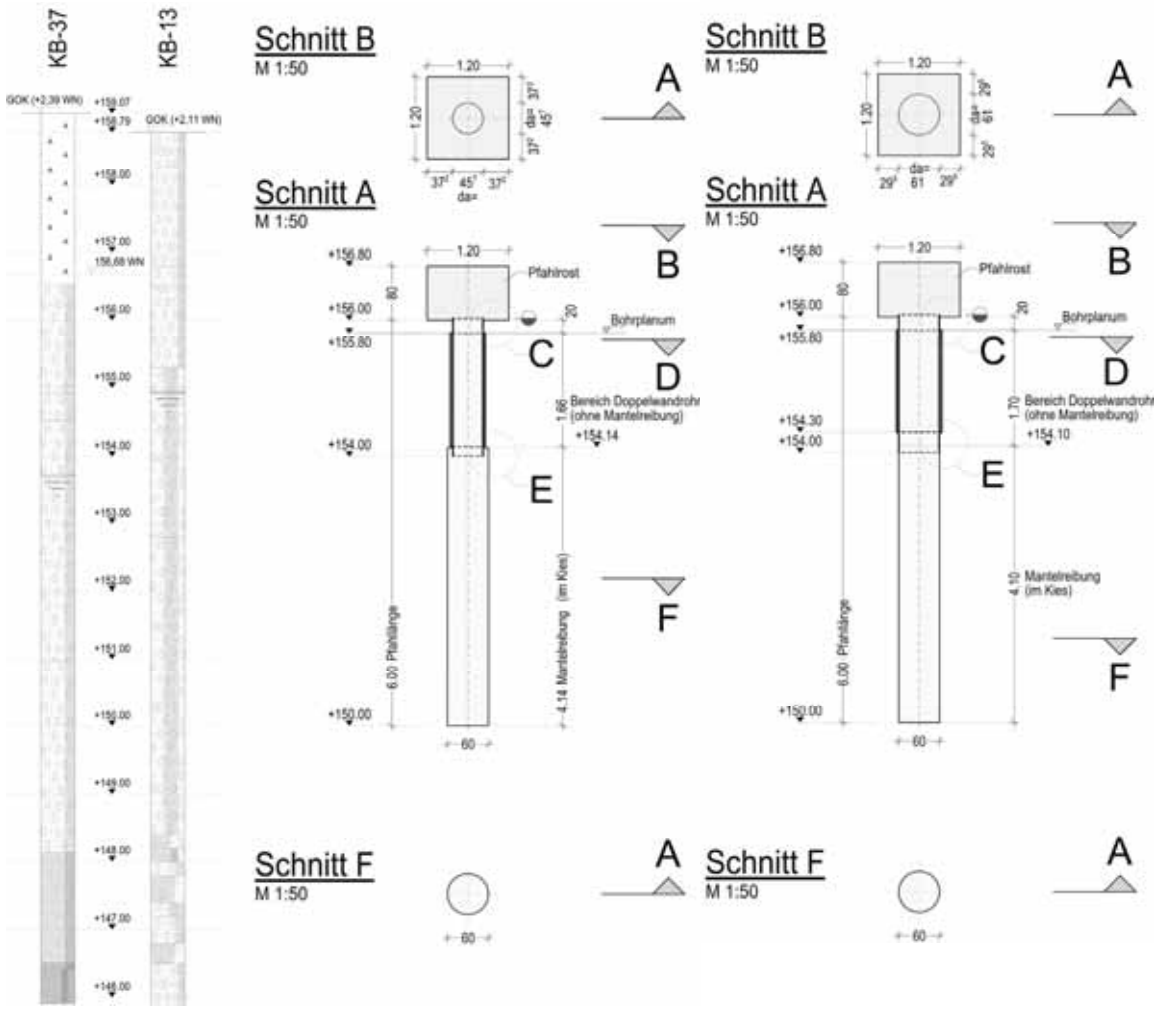


Abbildung 4.2: Bodenprofil und Abmessungen der Großbohrpfähle im Kies bei verrohrter Herstellung aus [36] bzw. im SOB-Verfahren aus [38].

4.3 Pfahlherstellung

Die Pfahlherstellung erfolgte durch die ARGE FPUH (Teilleistung der Fa. *Porr*). Diese verfasste über die Pfahlherstellung je Bauverfahren einen technische Endberichte [46], [47] mit einer detaillierten Beschreibung der Pfahlherstellung. Die wesentlichen Aspekte daraus sind nachfolgend angeführt.

Die Pfähle wurden entsprechend der Ausführungsnorm für Bohrpfähle ÖNORM EN 1536 [25] und der ÖBV Richtlinie Bohrpfähle [26] hergestellt. Die Dokumentation der Pfahlherstellung erfolgte mit normgemäßen Herstellungsprotokollen. Zusätzlich wurde eine Bodendokumentation durch die Entnahme von Bodenproben bei der Herstellung je 2 m Bohrfortschritt bzw. bei jedem Schichtwechsel durchgeführt. Diese Bodenproben wurden in Fächerkisten gelagert, wobei einzelne Proben für bodenphysikalische Laboruntersuchungen entnommen wurden.

Zu Beginn der Arbeiten wurde ein Bohrplanum auf der Höhe von 155,8 m ü. A. hergestellt und eine Drehbohranlage *BG 28* mit entsprechenden Hilfsgeräten eingerichtet. Die Drehbohranlage konnte für beide Herstellungsverfahren (SOB- Verfahren und Kelly-Bohrverfahren mit verrohrter Bohrung) ausgerüstet werden.

Wie bereits erwähnt, war eine besondere Anforderung an die Versuchspfähle, den Pfahlmantelwiderstand oberhalb der Prüfstrecke nahezu auszuschalten. Dazu wurden in diesen Bereichen „Doppelwandrohre“ im Zuge der Herstellung eingebaut. Diese Doppelwandrohre, dargestellt in Abbildung 4.3, bestand aus einem Innen- und einem Außenrohr, welche durch einen Luftraum voneinander entkoppelt waren. Am unteren Ende der beiden Rohre wurde ein 20 cm hohes, umlaufendes Stahlblech passgenau befestigt. Der entstandene Übergangsbereich wurde abgedichtet und eingefettet, um die Reibung zu minimieren. Am oberen Ende wurden temporäre Stahlbleche zur Fixierung beider Rohre angeschweißt und der Ringraum dazwischen mit Bauschaum abgedichtet – so konnte bei der Betonage kein Beton in den Ringraum eindringen. Als Anmerkung sei an dieser Stelle ergänzt, dass bei jenen Versuchspfählen, die sich im Prüffeld 1 befanden, die Ringräume zwischen den Stahlrohren nach den Versuchen mit Rücklaufsuspension der DSV verfüllt wurden.

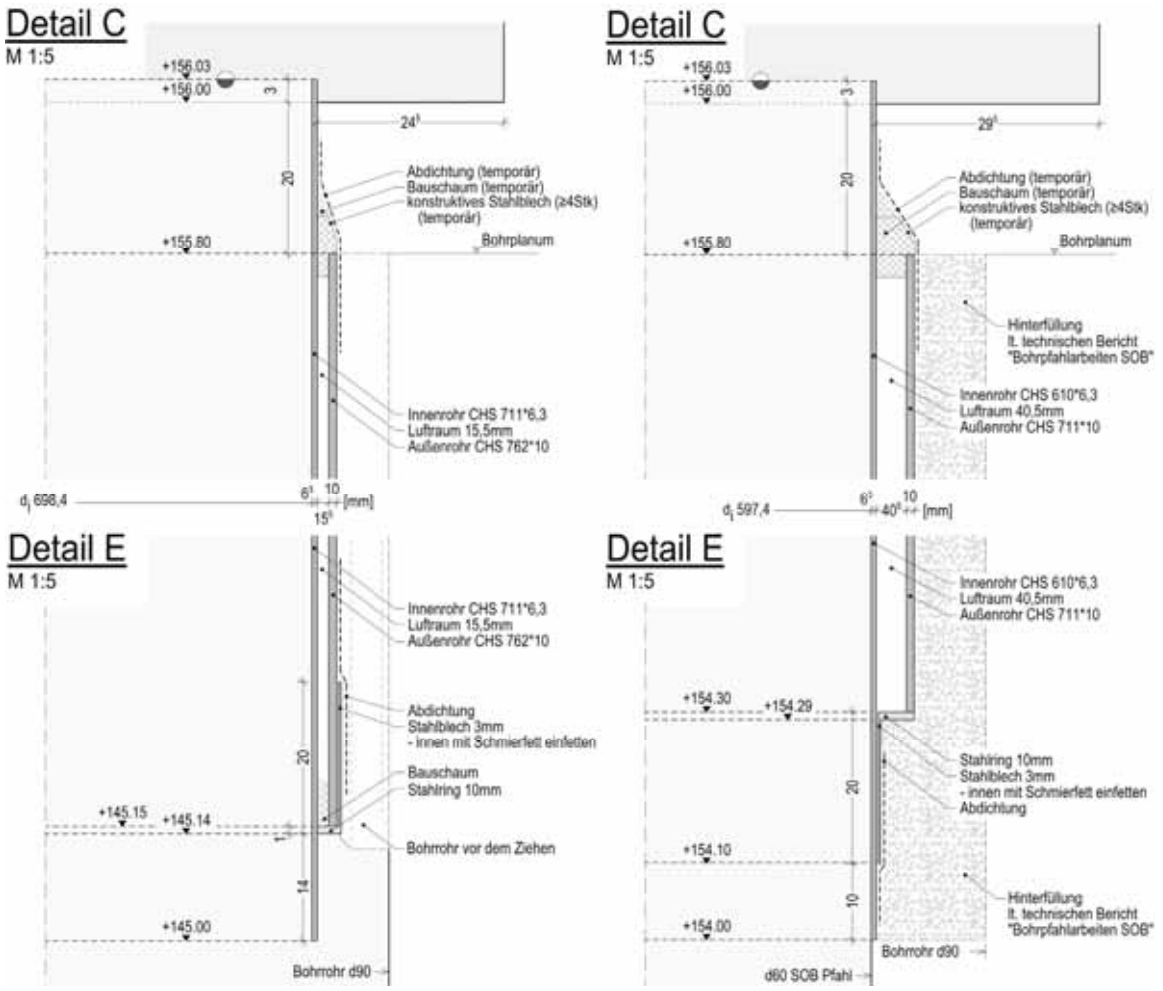


Abbildung 4.3: Detailplan des Doppelwandrohrs; links bei verrohrter Bohrung und rechts bei SOB-Pfählen; Planausschnitte aus [28] & [38].

Wie der Vergleich der beiden Details in Abbildung 4.3 zeigt, gab es eine unterschiedliche Ausführung der Fußdetails je nach Herstellungsart. Die Dimension der Rohre wurde je Versuchsreihe ebenfalls unterschiedlich gewählt. Eine Übersicht über die Abmessungen der verwendeten Bohrwerkzeuge und Stahlrohre wird in Tabelle 4.4 gegeben.

Im Weiteren werden nun die Arbeitsschritte für die Herstellung der Versuchspfähle je Bauverfahren gemäß [46] beschrieben.

Beim Kelly-Bohrverfahren mit verrohrter Bohrung wurde wie folgt vorgegangen:

- Ansetzen des ersten Rohrschusses mit der Bohrkrone:
  - Bohrrohr d_a = 880 mm, d_i = 800 mm (bei Pfahl d = 900 mm)
  - Bohrrohr d_a = 620 mm, d_i = 540 mm (bei Pfahl d = 600 mm)
- Lösen und Fördern des Bohrgutes mit an der Kelly-Stange geführtem Bohrwerkzeug, welches an die Bodenverhältnisse angepasst wurde.
- Verrohrung entsprechend des anstehenden Bodens ausreichend vorauseilend: ca. 1-2 m unter der Aushubsohle
- Bohren mit Wasserauflast im Miozän
- Säubern des Bohrlochs und Tiefenabnahme durch den Auftraggeber
- Bereitstellen der Bewehrungskörbe mit mittig geführtem Extensometerrohr – fertig verschweißt geliefert
- Anbringung der Pfahlinstrumentierung (Bewehrungssensoren und Sohldruckmessdose) und Überprüfung auf Funktionstüchtigkeit mittels Handauslesegerät
- Zusammenbau der Doppelwandrohre (Abmessungen siehe Tabelle 4.4) und des Bewehrungskorbs – Zentrierung und Fixierung des Bewehrungskorbes mit Abstandhalter
- Einbau zentrisch im Bohrrohr
- Betonieren im Kontraktorverfahren
- Überprüfung der Funktionstüchtigkeit der Messinstrumente mittels Handauslesegerät

Tabelle 4.4: Großbohrpfähle - Abmessungen Bohrwerkzeuge und Stahlrohre gemäß [46], [47].

Versuchsreihe:	B.Mx	B.Kx & B.K5x	B.M1x	B.K1x & B.K6x
Herstellungsart	verrohrt	verrohrt	SOB	SOB
D Planmaß [mm]	900	600	900	600
d_i Bohrrohr [mm]	800	540	1100[1]	800[1]-
d_a Bohrrohr [mm] d_a Bohrschnecke [mm]	880 -	620 -	- 898	- 597
d_a inkl. Freischnitt	900	640	-	-
Außenrohr	CHS 762 x 10	CHS 508 x 10	CHS 1060 x 10	CHS 711 x 10
Innenrohr	CHS 711 x 6,3	CHS 457 x 6,3	CHS 914 x 8	CHS 597 x 4

[1] Vorbohren bei SOB-Pfählen

Beim SOB-Verfahren erfolgte vorab eine verrohrte Bohrung zum Versetzen des Doppelwandrohrs. Dabei wurde folgendermaßen vorgegangen:

- Bohrung mittels Kelly-Bohrverfahren, verrohrt bis zur UK Doppelwandrohr:
  - Bohrrohr d_a = 1200 mm, d_i = 1100 mm (bei SOB d = 900 mm)
  - Bohrrohr d_a = 880 mm, d_i = 800 mm (bei SOB d = 600 mm)
- Einheben des Doppelwandrohres (Abmessungen siehe Tabelle 4.4) in das Bohrrohr
- Verfüllung des Innenrohrs und des Hohlraums zwischen Bohrrohr und Außenrohr mit SSM (Stabilisierte-Sand-Mischung)
- Ziehen des Bohrrohres
- Bohrung im Innenrohr mittels Endlosschnecke bis zur Pfahlunterkante – das geförderte Material dient zur Bohrlochstützung
- Bereitstellen der Bewehrungskörbe mit mittig geführtem Extensometerrohr – fertig verschweißt geliefert
- Anbringung der Pfahlinstrumentierung (Bewehrungssensoren) und Überprüfung auf Funktionstüchtigkeit mittels Handauslesegerät
- Betoniervorgang mittels Pumpen des Betons durch das Seelenrohr der Bohrschnecke (von der Sohle aufsteigend)
- Einbau des Bewehrungskorbes durch Eindrücken und/oder Einrütteln in den frischen Beton
- Überprüfung der Funktionstüchtigkeit der Messinstrumente mittels Handauslesegerät

Nach der Herstellung wurde bei allen Pfählen eine Integritätsprüfung durchgeführt.

Im Kopfbereich der Doppelwandrohre wurden die temporären Bleche zur Fixierung der beiden Rohre entfernt und Pfahlroste mit einer Abmessung von 1,2 m x 1,2 m x 0,8 m hergestellt. Diese dienten zur Lasteinleitung in den Pfahl und als Aufstandsfläche für die Belastungseinrichtung.

4.4 Belastungseinrichtung

Der Aufbau sowie die Durchführung der Versuche erfolgte durch die ARGE FPUH (Teilleistung der Fa. *Porr*), diese verfasste einen Technischen Bericht „Statische Probebelastungen“ [50], aus welchem im Weitern die Typenbezeichnungen übernommen wurden.

Der Aufbau für den jeweiligen Versuch startete mit dem Einbau des Kettenextensometers. Zentrisch über dem Pfahlkopf wurden danach eine Stahlplatte sowie die hydraulische Presse vom Typ *ZPE 1000* platziert. Im Anschluss erfolgte der Aufbau des Prüfträgers, welcher im Abschnitt 2.4.3 näher beschrieben ist. Vor Beginn des Versuches wurde die Kraftmessdose vom Typ *HBM 1-C6A/5MN* und eine Kalotte des Typs *HBM C6/500T/ZK* ebenfalls zentrisch über der Presse, als Zwischenglied zwischen der Presse und dem Prüfträger, montiert. Ein etwaiger Spalt wurde mit Stahlplatten und Futterblechen aufgefüllt. Abbildung 4.4 zeigt eine Skizze der beschriebenen Anordnung sowie ein Bild der aufgebauten Belastungseinrichtung.

Abbildung 4.4: Skizze und Bild – Aufbau der Belastungseinrichtung beim Großbohrpfahl [TU].

Der Versuchsablauf selbst wurde lastgesteuert durchgeführt, wobei für den Betrieb der Presse zwei Hydraulikaggregate verwendet wurden. Die Pumpe mit der größeren Förderleistung diente zur Laststeigerung zwischen den einzelnen Laststufen und wurde händisch gesteuert. Die zweite Pumpe hatte eine geringere Förderleistung und konnte mit einer automatischen Druckregelungsanlage gesteuert werden. Somit konnte die Kraft innerhalb einer Laststufe konstant gehalten werden. Die Hydraulikanlage war dermaßen dimensioniert, dass Drücke für eine maximalen Prüflast von 6000 kN erzeugt werden konnten.

Der Pressenhub der Presse *ZPE 1000* beträgt 200 mm, dieser wurde im Zuge der Versuche gemessen und im Feldprotokoll vermerkt. Der durchaus beachtliche Pressenhub wurde benötigt, um eine ausreichende Pfahlkopfverschiebung bis zum Versagen der Pfähle zu ermöglichen, wobei berücksichtigt wurde, dass ein Teil des Pressenhubs zur Mobilisierung des Widerstands der Reaktionspfähle und somit zur Verformung des Prüfträgers und der Reaktionspfähle diente.

4.5 Messeinrichtungen

4.5.1 Allgemeines

Die EA Pfähle [3] unterscheidet bei der Pfahlinstrumentierung zwischen grundsätzlichen, erhöhten und hohen Anforderungen. Entsprechend dem Prüfkonzept der TU Wien [56] wurde eine Instrumentierung entsprechend vorgeschlagen, die den hohen Anforderungen entsprach.

Im Weitern wird zwischen der Pfahlkopfinstrumentierung (Messwerterfassungssystem I) und der Instrumentierung zur Erfassung von Pfahlfuß- und Pfahlmantelwiderstand (Messwerterfassungssystem II) unterschieden.

4.5.2 Messwerterfassungssystem I (MWES I)

Das MWES I diente zur Erfassung von Prüfkraft, Temperatur, Pfahlkopfverschiebungen und zur Überwachung der Messbrücke und der Belastungseinrichtung.

Zur kontinuierlichen Messung der Prüfkraft wurde eine kalibrierte Kraftmessdose vom Typ *HBM 1-C6A/5MN* (siehe Abbildung 4.4) verwendet. Zur Messung der Außentemperatur wurde im Bereich der Presse ein Temperaturfühler vom Typ *PT 1000* montiert.

Die Pfahlkopfverschiebungen wurden in vertikaler und horizontaler Richtung gemessen. Dazu wurde für die kontinuierliche Messung der Vertikalverschiebung 3 Stk. und für die Horizontalverschiebungen 2 Stk. induktive Wegaufnehmer der Fa. *HBM* vom Typ *Wegtaster WA100MM-T* mit einem Messbereich von 0 – 100 mm und einer Linearitätsabweichung von 0,2 % verwendet. Zur Kontrolle wurde die Vertikalverschiebung mit einer mechanischen Messuhr vom Typ *GM 80-100T* gemessen und jeweils am Beginn und Ende jeder Laststufe im Feldprotokoll vermerkt. Abbildung 4.5 zeigt die montierten Messgeräte.

Sämtliche elektronischen Messaufnehmer wurden an einen A/D-Wandler vom Typ *Gantner Q.raxx A107* angeschlossen. Von diesem wurden die digitalen Signale an den Computer im Messcontainer vor Ort weitergeleitet. Mithilfe der Software *Signa Soft 6000* wurden die Messdaten mit einer Messrate von 5 Hz zeitsynchron aufzeichnet und in Echtzeit dargestellt.

Die Montage der Wegaufnehmer erfolgte mit entsprechenden Magnethalterungen auf der Messbrücke, dargestellt in Abbildung 4.5. Am Pfahlkopf wurden Plexiglasplatten befestigt, auf welchen die Wegaufnehmer positioniert wurden. Die Messbrücke bestand aus thermisch geschützten Stahlträgern, welche auf kreuzweise gestapelte Kanthölzern aufgelagert wurden. Der Mindestabstand der Auflager zum Prüfpfahl betrug gemäß [3] 2,5 m. Dieser Abstand wurde bei allen durchgeführten Versuchen eingehalten.

Die Verformungen der Messbrücke und der Reaktionspfähle wurde kontinuierlich mit einem Präzisionsnivellement vom Typ *LE71* überwacht. Die Datenerfassung erfolgte mit einem eigenen Laptop im Messcontainer, der via Bluetooth mit den Messsensoren verbunden war. Zusätzlich wurden mit einem Nivelliergerät je Laststufe die Verformungen der Belastungseinrichtung gemessen und im Feldprotokoll vermerkt.

Die Anordnung der Messaufnehmer im Pfahlkopfbereich sowie der Messbrücke ist in Abbildung 4.6, Abbildung 4.7 und die zugehörige Legende in Abbildung 4.8 dargestellt.

Abbildung 4.5: a) Wegaufnehmer, b) mechanische Messuhr, c) Messbrücke [TU].

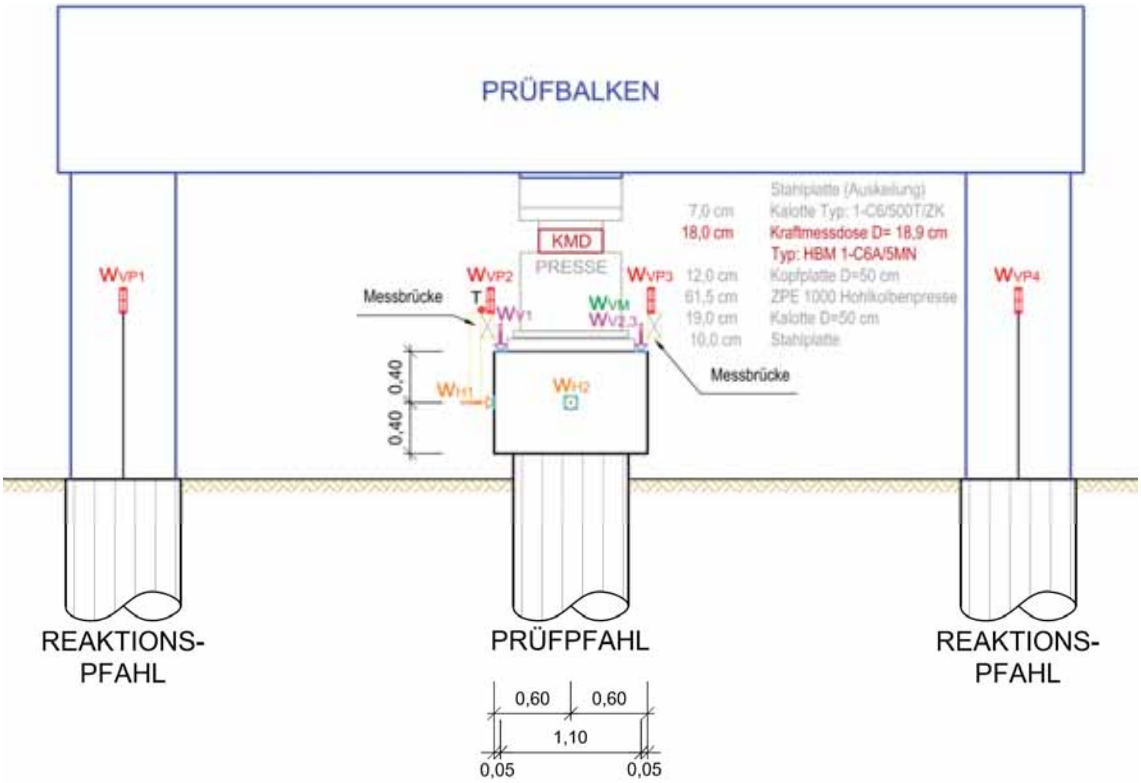


Abbildung 4.6: Instrumentierung Pfahlkopf Großbohrpfähle Ansicht, Planausschnitt aus [57].

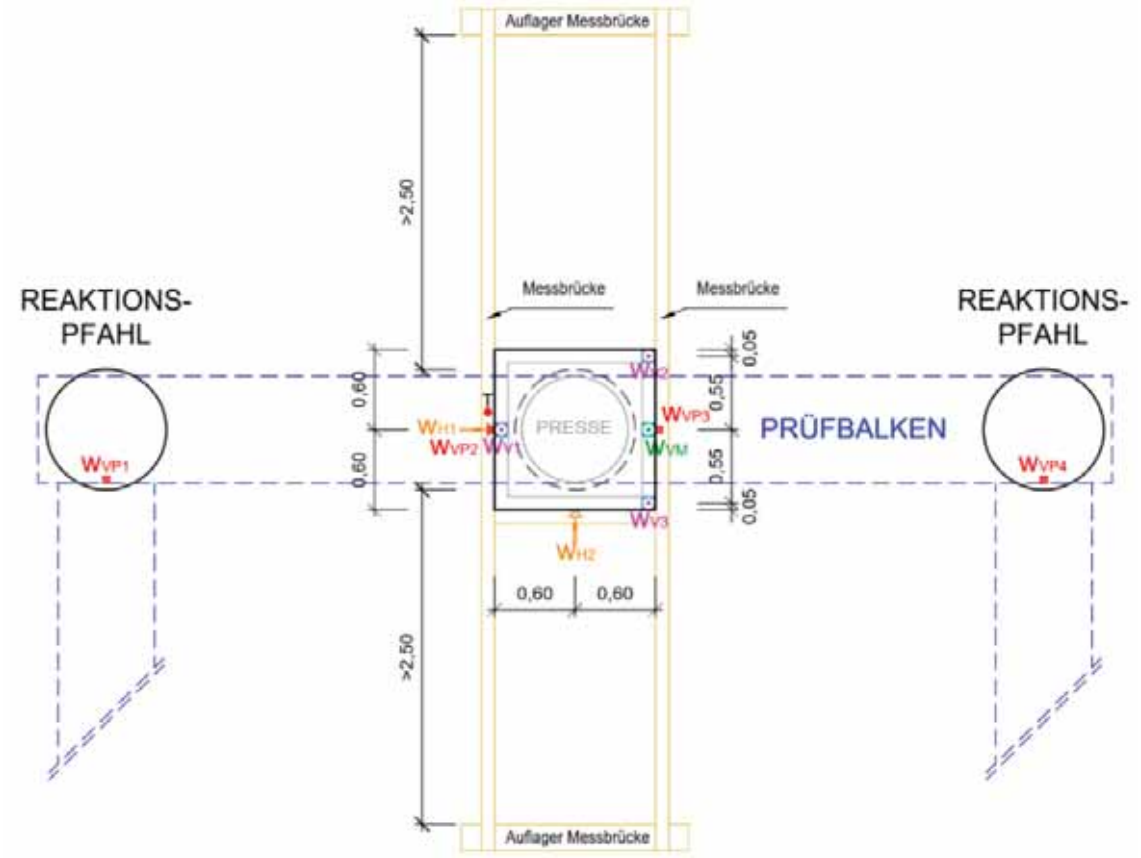


Abbildung 4.7: Instrumentierung Pfahlkopf Großbohrpfähle Grundriss, Planausschnitt aus [57].

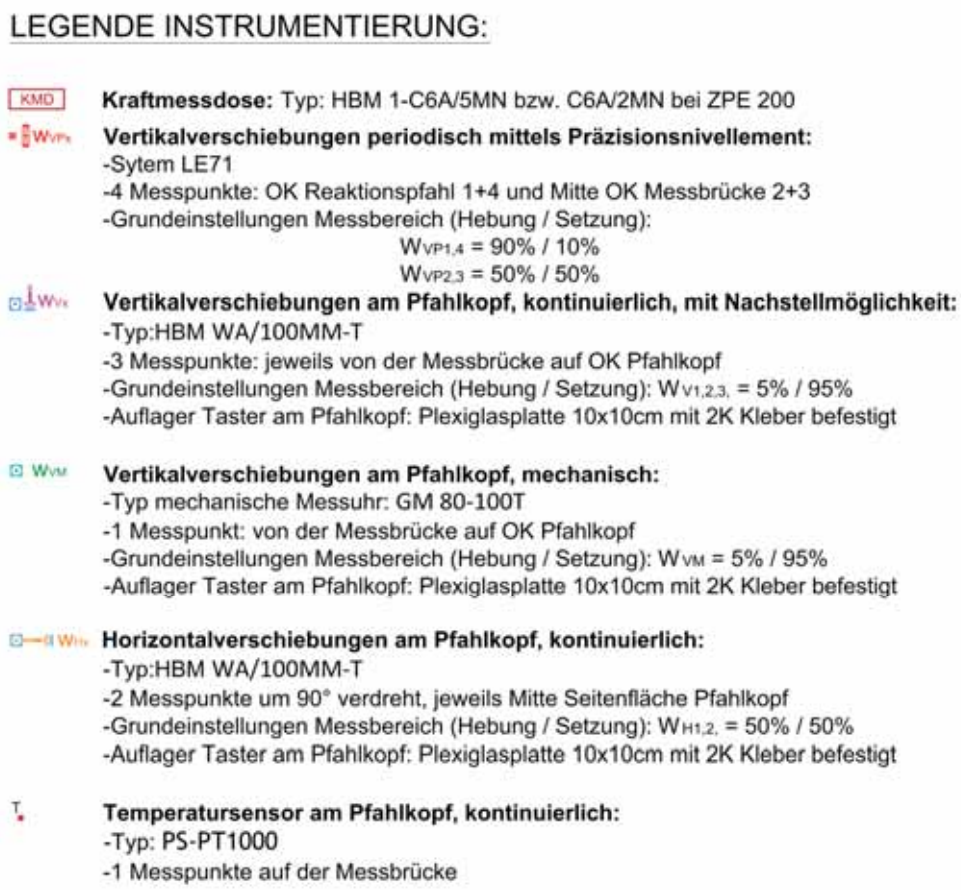


Abbildung 4.8: Instrumentierung Pfahlkopf Großbohrpfähle – Legende, Planausschnitt aus [57].

Der Pfahlkopfbereich wurde mit abgespannten Planen vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt, um den Temperatureinfluss auf die Messungen möglichst gering zu halten.

Die Installation und Betreuung des MWES I erfolgte durch die Fa. *Red Bernard* (Subunternehmer der ARGE FPUH). Vor Beginn einer Probebelastung erfolgte eine Kontrolle der Instrumentierung durch die TU Wien.

Während des Versuchs wurde ein Feldprotokoll für das MWES I erstellt. Es wurden vor Versuchsbeginn, am Anfang und am Ende jeder Laststufe, die relevanten Werte eingetragen. Somit wurden der tatsächlichen Prüfablauf dokumentiert und auch etwaige besondere Vorkommnisse eingetragen. Abbildung 4.9 zeigt, welche Werte in das Feldprotokoll eingetragen wurden.

Feldprotokoll Probebelastung

Prüfkörper:		Wetterbedingungen:		Anwesende:		besondere Versuchsbedingungen:	
Prüfung Nr.:							
Datum:							

Laststufe	Bemerkungen	Zeit	dt	vertikale Verschiebung				Manometer	Pressehub	KMD	Horizontal-verschiebung		Vertikal-verschiebung Reaktionspf.		Vertikal-verschiebung Messbrücke		Nivellement Differenzverformung					
																	R-Pf.:	MP Prüfb.	Diff.	R-Pf.:	MP Prüfb.	Diff.
[Nr.]		[HH:MM]	[min]	w_{V1} [mm]	w_{V2} [mm]	w_{V3} [mm]	w_{VM} [mm]	[bar]	[mm]	[kN]	w_{H1} [mm]	w_{H2} [mm]	w_{VP1} [mm]	w_{VP4} [mm]	w_{VP2} [mm]	w_{VP3} [mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
Warnwert				95					190	5800	20		10		1		5					
Abbruchwert									200	6000			15				10					
Messintervall je Laststufe			Anfang Beobachtung																			

Abbildung 4.9: Ausschnitt aus dem Feldprotokoll Probebelastungen [TU].

In Tabelle 4.5 sind die Komponenten des MWES I noch einmal zusammengefasst.

Tabelle 4.5: Komponenten des Messwerterfassungssystems I (MWES I).

Komponente	Bez.	Typ	Beschreibung	Stk.
Kraftmessdose	KMD	*HBM 1-C6A/5MN*	Messung der Vertikalkraft	1
Manometer		*k. A.*	Messung und Kontrolle des hydr. Drucks	1
Temperaturfühler	T	*PT 1000*	Temperaturmessung am Probepfahlkopf	1
Wegaufnehmer vertikal	$W_{V,1-3}$	*HBM WA100*MM-T 0,2% Linearitätsabw.	Messung der Vertikalverschiebung am Probepfahlkopf	3
mechanische Messuhr	W_{mech}	*GM 80/100 T*	Kontrolle der Vertikalverschiebung am Probepfahlkopf	1
Wegaufnehmer horizontal	$W_{H,1-2}$	*HBM WA100*MM-T 0,2% Linearitätsabw.	Messung der Horizontalverschiebung am Probepfahlkopf	5
Präzisions-nivellement	$W_{VP,1-4}$	*LE 71*	Kontrolle der Vertikalverschiebung der Messbrücke und Reaktionspfähle	1
Nivellement		k. A.	Kontrolle der Verformungen des Prüfträgers	1
A/D-Wandler + Software		*Gantner Q.raxx A107 + SignaSoft 6000*	Sammlung und Darstellung der elektr. Messwerte	1
Desktop-PC/ Laptop		k. A.	Erfassung, Darstellung und Sicherung der Daten	2

4.5.3 Messwerterfassungssystem II (MWES II)

Das MWES II wurde zur Ermittlung des Pfahlmantel- und des Pfahlfußwiderstandes installiert. Dazu wurden die Längsdehnungen entlang des Pfahls und der Sohldruck gemessen.

Durch die direkte Messung des Sohldrucks kann über die Differenz zwischen eingeleiteter Kraft und dem Pfahlfußwiderstand der Pfahlmantelwiderstand berechnet werden. Eine direkte Messung des Sohldrucks erfolgte bei sechs Pfählen, wobei diese herstellungsbedingt nicht bei SOB-Pfählen eingebaut werden konnte.

Diese Pfähle wurden auch mit Dehnungsaufnehmern ausgestattet, womit auch der Längskraftverlauf im Pfahl berechnet werden konnte. Über die Kraftdifferenz zwischen zwei Messquerschnitten ließ sich wiederum der Pfahlmantelwiderstand berechnen. Die Differenz aus eingeleiteter Kraft und Pfahlmantelwiderstand ergab den Pfahlfußwiderstand. Wie gut die unterschiedlichen Berechnungen mit den jeweiligen Messwerten übereinstimmten, konnte anhand dieser sechs „vollinstrumentieren“ Pfähle verifiziert werden und ist im Abschnitt 4.7 näher beschrieben.

Bei den weiteren 18 Pfählen wurden die Längsdehnungen mit einem Kettenextensometer, und bei 12 davon redundant mit Bewehrungssensoren, gemessen. Tabelle 4.6 zeigt die Variation der Instrumentierung mit den entsprechenden Pfahlnummern.

Tabelle 4.6: Großbohrpfähle – Variation der Instrumentierung, adaptiert aus [27].

TYP	KEX [1]	BS [2]	SMD [3]	Pfahlnummern	Anzahl
Ia	✔	✔ SB	✔	B.K51, B.K52, B.K53	3
Ib	✔	✔ SB	✔	B.M1, B.M2, B.M5	3
Ic	✔	✔ RB	-	B.K61, B.K62, B.K63	3
Id	✔	✔ RB	-	B.M11, B.M13, B.M14	3
II	✔	-	-	B.K54, B.K55, B.M3, B.M4, B.K64, B.K65, B.M12, B.M15, B.K1, B.K2, B.K11, B.K12	12

[1] Kettenextensometer, [2] Bewehrungssensoren, [3] Sohldruckmessdose
SB Bewehrungssensor Modell „Sister Bar“
RB Bewehrungssensor Modell „Rebar Strainmeter“

Zu Beginn der Arbeiten erfolgte eine Installationsassistenz durch die *Fa. Scanrock GmbH* mit einer Einschulung der jeweils zuständigen Projektbeteiligten auf die verwendete Messtechnik. Im Weiteren wurde die Messtechnik der *Fa. Geokon* von der ARGE FPUH bei der Herstellung der Versuchspfähle entsprechend montiert. Die Überprüfungen erfolgten durch die örtliche Bauaufsicht der MA 29 gemeinsam mit der TU Wien. Die Datenerfassung des MWES II bei den Versuchen selbst erfolgte durch die TU Wien.

Messung des Sohldrucks

Um den Sohldruck direkt messen zu können, wurden – wie bereits zuvor erwähnt – bei 6 Pfählen, die mittels verrohrter Bohrung hergestellt wurden, eine Sohldruckmessdose vom Typ *Geokon 4855* eingebaut.

Die *Geokon 4855* Druckmessdosen bestehen aus zwei Edelstahlplatten, welche am Rand derart zusammengeschweißt sind, dass ein dünner Hohlraum dazwischen frei bleibt. Dieser Zwischenraum ist mit entlüftetem Hydrauliköl gefüllt und mit zwei Schwingsaitenaufnehmern verbunden. Die Verwendung von entlüftetem, bläschenfreiem Hydrauliköl garantiert, dass der Steifemodul der Druckmessdose größer als jener des umliegenden Betons ist und stellt sicher, dass der gemessene Druck charakteristisch für den gesamten Bohrpfahlquerschnitt ist und nicht nur in den Randbereichen eingeleitet wird [64].

Die Durchmesser der Druckmessdosen wurden an den Pfahldurchmesser angepasst. Bei den Pfählen im Miozän (D 900mm) betrug dieser 750 mm und bei den Pfählen im Kies (D 600 mm) 450 mm.

Vor der Montage wurde bei den Druckmessdosen eine Betonplombe hergestellt, damit ein sattes Aufliegen im Erdreich sichergestellt werden konnte, dargestellt in Abbildung 4.10.

Abbildung 4.10: a) Schalung Betonplombe, b) Eindrücken der SDMD, c) Montage der SDMD [TU].

Für die Montage der Druckmessdosen am Bewehrungskorb wurden vom Planer Stahlbleche vorgesehen. Die entsprechende Skizze des Pfahlfußes ist in Abbildung 4.11 dargestellt.

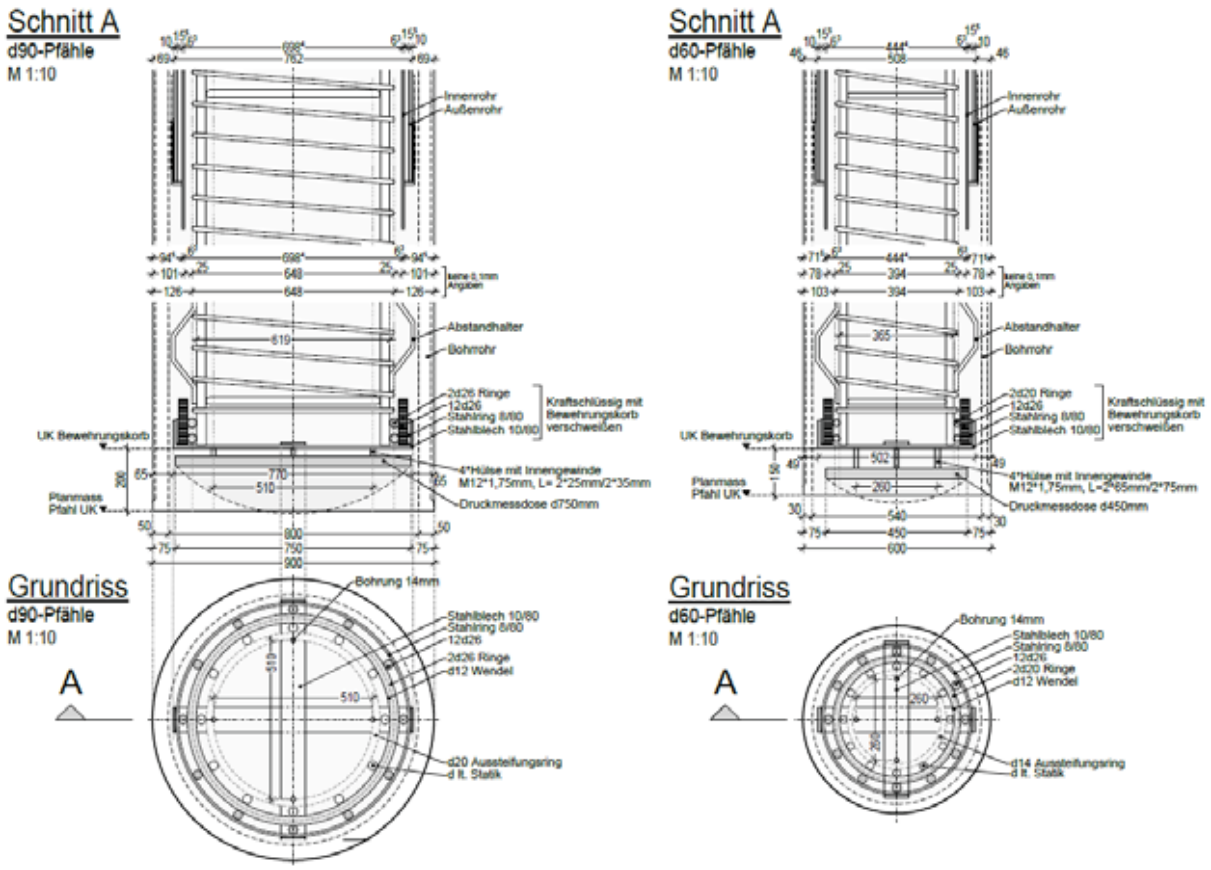


Abbildung 4.11: Montage Druckmessdose - Pfahlfuß, Planausschnitt aus [45].

Für die Herstellung der Pfähle mit Sohldruckmessdose war es erforderlich, vor dem Einheben des Bewehrungskorbes Beton mit einem Schalengreifer ins Bohrloch einzubringen, um Hohlräumen unter der Druckmessdose vorzubeugen.

Damit der Kraftschluss nach Einbau und Betonage sichergestellt war, wurde vor Versuchsbeginn mit der dafür vorgesehenen hydraulischen Nachspannvorrichtung Öl nachgepresst, bis ein Anstieg des Sohldrucks messbar war. Dies war erforderlich, da sich die Druckmessdose aufgrund der höheren Temperaturen während des Hydratationsvorgangs des Betons ausdehnen konnte. Nach Abkühlung zog sich das Metall der Messdose wieder zusammen und es hätten Hohlräume zwischen Beton und Messgerät entstehen können [64].

Messung der Längsdehnungen

Für die Messung der Längsdehnungen kamen zwei unterschiedliche Systeme zum Einsatz. Einerseits wurde ein Kettenextensometer verwendet, das bei jedem Pfahl eingebaut wurde. Andererseits wurden 12 Pfähle zusätzlich mit Dehnungsaufnehmern ausgestattet.

Das **Kettenextensometer** (KEX) vom Typ *Geokon 1300-A9* (Abbildung 4.12) war in fünf Messabschnitte untergliedert. Damit konnte sowohl die Information über die integrale Verformung jedes einzelnen Pfahlabschnitts gewonnen werden als auch die Gesamtverformung des Pfahls zwischen Pfahlkopf und Pfahlfuß errechnet werden. Da das Kettenextensometer nicht dauerhaft mit dem Hüllrohr verbunden wurde, konnte es als Messsystem bei allen Probebelastungen verwendet werden. Der schematische Aufbau ist in Abbildung 4.12 dargestellt, wobei die wesentlichen Bestandteile des verwendeten Extensometers nachfolgend aufgelistet sind:

- 6 Ankerpunkte (Anchor), mit pneumatisch aktivierbaren Dornen, zur Fixierung
- 5 Messaufnehmer (Transducer) inkl. Messkabel, zur Verformungsmessung
- Kohlefasergestänge (Connecting Rod), zur längenmäßig variablen Verbindung der Messabschnitte
- Druckluftleitungen und eine entsprechende Verteilerbox für die Druckluft

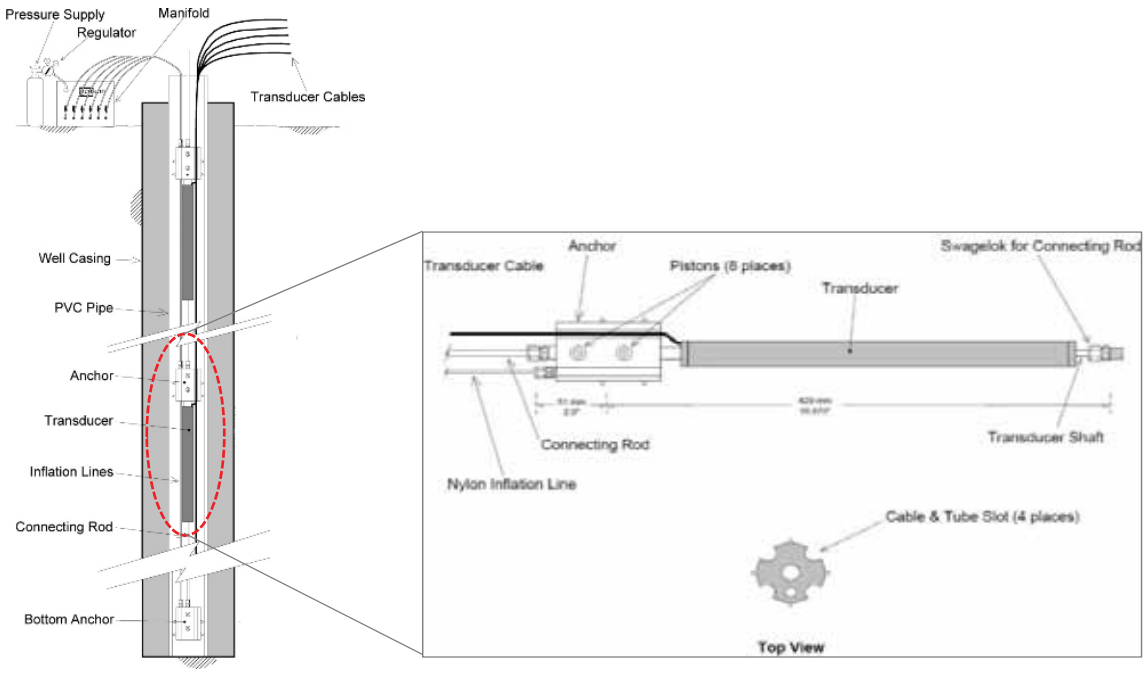


Abbildung 4.12: Aufbau des Kettenextensometers (*Geokon 1300-A9)* aus [61].

Bei der Herstellung der Pfähle wurde ein zentrisch angeordnetes, glattes Stahlrohr 57 mm x 2,9 mm über die gesamte Länge eingebaut. In dieses wurde vor Versuchsbeginn das Kettenextensometer eingesetzt.

Die Länge der Messabschnitte wurde für jede Versuchsreihe eigenes konfiguriert, wobei jeweils der oberste Messabschnitt im Bereich ohne Mantelwiderstand, zur nachträglichen, rechnerischen Bestimmung des Elastizitätsmoduls des Betons, angeordnet wurde. Die weiteren vier Messabschnitte wurden, zur abschnittsweisen Berechnung der Längskräfte gleichmäßig in der Prüfstrecke verteilt (Abbildung 4.14).

Das Einsetzen des vorbereiteten Kettenextensometers in das Stahlrohr erfolgte mit Hilfe eines Krans. Die Verankerung der Messhorizonte erfolgte von unten nach oben, beginnend mit dem ersten Ankerpunkt. Bei den weiteren Ankerpunkten wurde vor der Fixierung der Ausgangswert der Messaufnehmer manuell eingestellt, um die Verformungen aus der Druckbelastung (Stauchung) messen zu können. Der Einbau des Kettenextensometers wurde bei jedem Pfahl protokolliert, damit die Höhenlage der Messabschnitte für die weitere Auswertung bekannt war.

Als **Dehnungsaufnehmer** wurden Bewehrungssensoren vom Typ *Geokon 4911* („Sister Bars“) bzw. vom Typ *Geokon 4911A* („Rebars“) verwendet, wobei zweitere bei den SOB-Pfählen zur Anwendung kamen, da diese schweißbar und robuster gebaut waren.

Ein Bewehrungssensor besteht aus einem kleinen Schwingsaiten-Dehnungsaufnehmer, installiert in der neutralen Achse eines 150 mm langen hochfesten Stahlelements. An das Stahlelement ist beidseitig ein Bewehrungsstahl angeschweißt [8]. Die Abbildung 4.13 zeigt den Aufbau beider Modelle.

Die Dehnungsaufnehmer wurden in fünf Messquerschnitten jeweils paarweise gegenüber angeordnet. Dabei lag der erste Messquerschnitt im Bereich ohne Mantelwiderstand und diente somit auch zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls des Betons. Die weiteren vier Messquerschnitte wurden gleichmäßig, zur Bestimmung des Längskraftverlaufs, in der Prüfstrecke verteilt (Abbildung 4.14). Um den Einfluss der Biegung auf die Verformungen bestimmen zu können, war es wesentlich, dass die Bewehrungssensoren je Messquerschnitt genau gegenüberliegend angeordnet wurden.

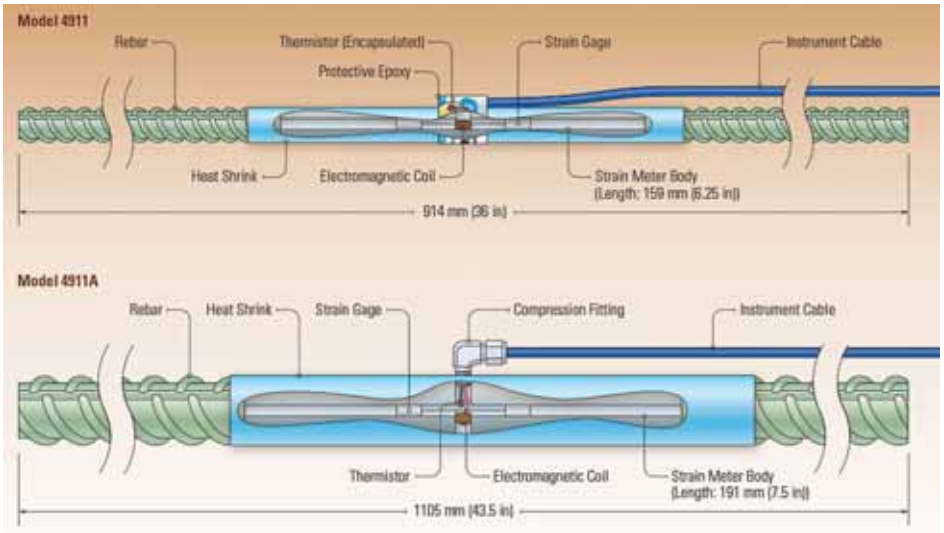


Abbildung 4.13: Aufbau der Bewehrungssensoren Modell 4911 „Sister Bars“ und Modell 4911A „Rebar Strainmeter“ [63].

Die Bewehrungssensoren „Sister Bars“ wurden mit Draht und Kabelbindern entlang der Längsbewehrung am Bewehrungskorb montiert (Abbildung 4.14). Bei den „Rebars“ (SOB-Pfähle) wurden die Sensoren an zwei zusätzliche Stäbe der Längsbewehrung geschweißt. Die Messkabel wurden jeweils bis zum Pfahlkopf entlang des Bewehrungskorbes geführt. Die Lage der Bewehrungssensoren war in den Bewehrungsplänen (Tabelle 4.3) angegeben. Je Pfahl wurde ein Instrumentierungsprotokoll der Sensoren erstellt, indem die Seriennummer, die Position und die Funktionsprüfungen (zu mehreren Zeitpunkten) dokumentiert wurden.

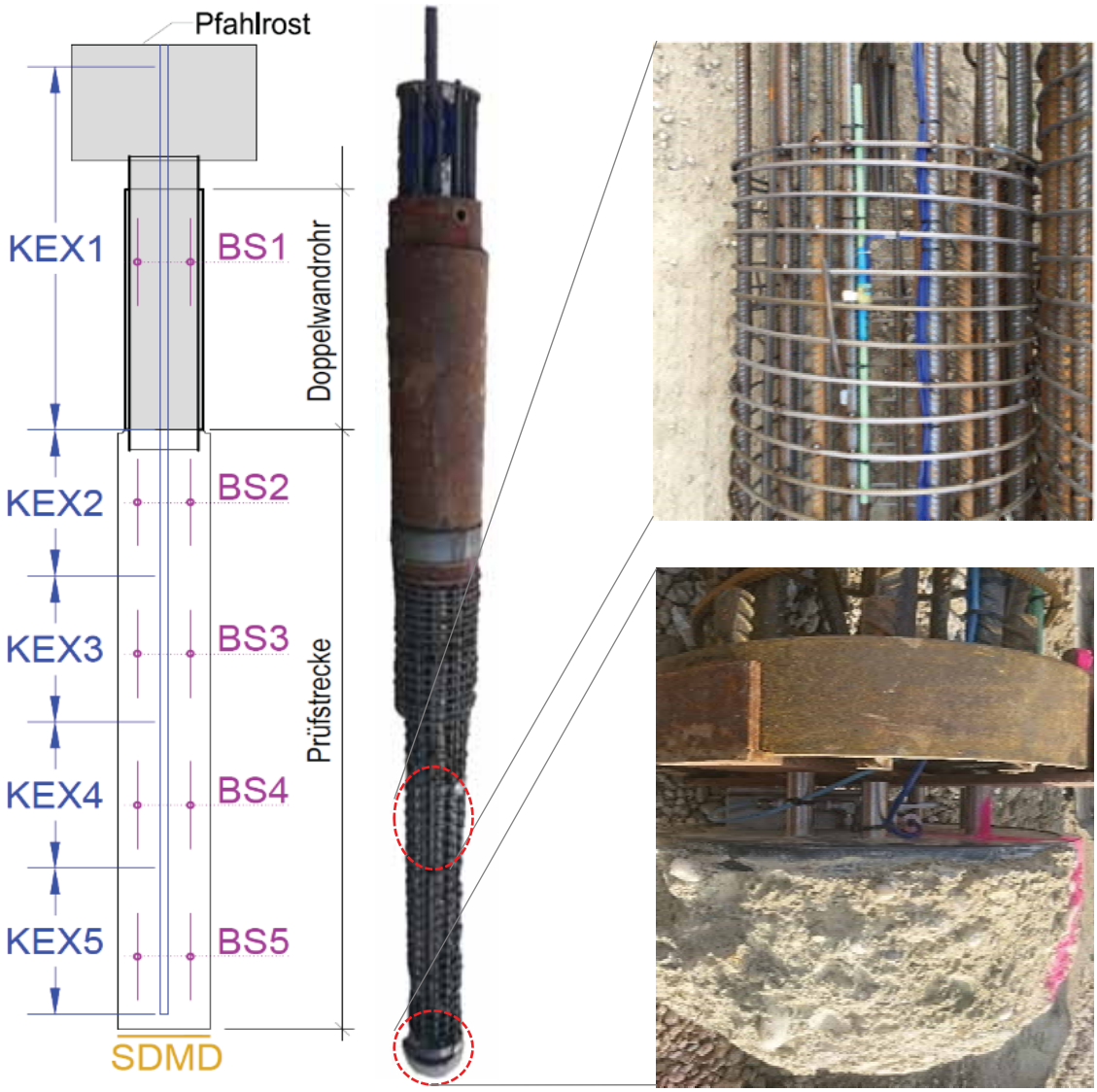


Abbildung 4.14: Anordnung der Pfahlinstrumentierung mit Ausführungsdetails, KEX… Kettenextensometer, BS… Bewehrungssensoren, SDMD… Sohldruckmessdose [TU].

Datenerfassung

Zur Datenerfassung wurden vor einem Versuch alle Sensoren des MWES II an den Datenlogger vom Typ Geokon 8002-16-1 (LC-2x16) angeschlossen. Dieser zeichnete die Messwerte und die Temperatur der Schwingsaitenaufnehmer alle 30 Sekunden zeitsynchron auf. Die Konfiguration des Datenloggers sowie der Datendownload erfolgten mit der Software *Geokon LogView*. Die Darstellung der Messwerte in Echtzeit war im Programm *Geokon LogView* prinzipell möglich und wurde nur fallweise zur Kontrolle der Messwerte verwendet, da eine längere Echtzeitdarstellung meistens zu Verbindungsprobleme zwischen Datenlogger und PC führte. Sämtliche Messdaten wurden nach einem Versuch mehrfach abgesichert.

In Tabelle 4.7 sind die Komponenten des MWES II noch einmal übersichtlich zusammengefasst.

Tabelle 4.7: Komponenten des Messwerterfassungssystems II (MWES II).

Komponente	Bez.	Typ	Beschreibung	Stk
Kettenextensometer	KEX	*Geokon 1300-A9*	Messung der Axialdehnungen	1
Dehnungsaufnehmer (Bewehrungssensoren)	BS	*Geokon 4911 bzw. 4911A*	Messung der Axialdehnungen und Temperatur	5x2
Sohldruckmessdose	SDMD	*Geokon 4855*	Messung des Sohldrucks	1
Datenlogger		*Geokon 8002-16-1 (LC-2x16)*	Aufzeichnung und Zwischenspeicherung der Messdaten	1
Laptop + Software		Laptop TU + *Geokon LogView*	Auslesung und Sicherung der Daten	1
Handauslesegerät		*Geokon GK-404*	Manuelle Messung der Messdaten	1

4.6 Versuchsablauf

Nach Aufbau und Kontrolle der gesamten Versuchseinrichtungen wurde mit dem Versuch begonnen. Die Grundlage für den Ablauf der Versuche bildet die EA-Pfahle [3], die Vorgaben für Belastungsstufen und -geschwindigkeiten enthält (Abbildung 4.15). Mit Hilfe dieser Vorgaben und den Randbedingungen aus der Versuchsanordnung wurden für die Versuche Prüfabläufe erstellt.

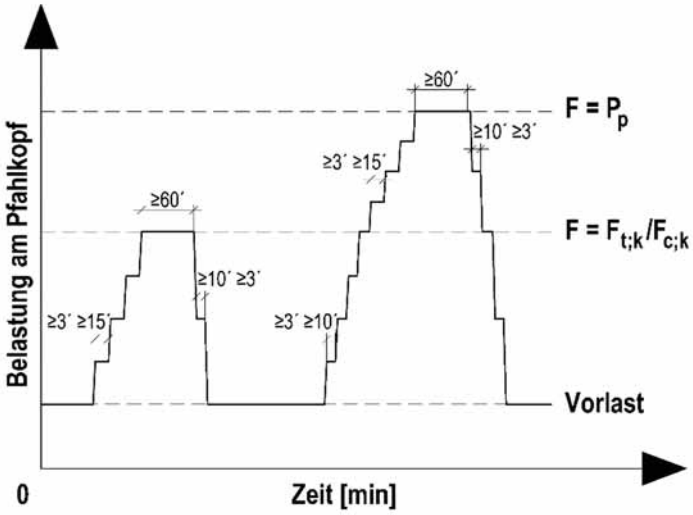


Abbildung 4.15: Empfohlene Belastungsstufen gemäß [3].

Konkret bestand der Prüfablauf aus 2 Lastzyklen. Im ersten Lastzyklus wurde die Last ausgehend von der Vorlast (50 kN) in vier Laststufen, bis zur charakteristischen Pfahlbeanspruchung $F_{c,k}$ (Gebrauchslast 800 kN), gesteigert und in zwei weiteren Stufen wieder auf das Vorlastniveau reduziert und auf diesem gehalten. Im zweiten Lastzyklus wurde die Last in vier Laststufen bis zur charakteristischen Pfahlbeanspruchung $F_{c,k}$ wiederbelastet und in zehn weiteren Laststufen bis zur maximalen Prüflast P_P (6000 kN) gesteigert. Zu Beginn des Forschungsprojekts war geplant, die Last in nur acht Laststufen bis zur maximalen Prüflast zu steigern. Nach der Durchführung der ersten sechs Versuche

wurde dieses Vorgehen angepasst, um einen exakteren Verlauf der Widerstands- Verschiebungslinie zwischen 1000 kN und 2000 kN zu erhalten.

Nach Erreichen der maximalen Prüflast bzw. bei Versagen des Prüfkörpers wurde die Last wieder bis zur Vorlast reduziert und der Versuch beendet.

Die Laststeigerung sollte zwischen den einzelnen Stufen gleichmäßig innerhalb von mindestens drei Minuten erfolgen, da es bei hohen Belastungsgeschwindigkeiten zu länger anhaltenden Kriechverformungen im System Pfahl – Boden kommen konnte [3].

Jede Laststufe wurde solange konstant gehalten, bis die Mindestbeobachtungszeit überschritten war und ein definiertes „Abklingen“ der Bewegungen durch Unterschreiten des Verschiebungszuwachses erreicht wurde. Die Mindestbeobachtungszeit je Laststufe betrug dabei 15 min bei der Erstbelastung einer Laststufe. Bei der Zweitbelastung sowie bei der Entlastung einer Laststufe betrug diese 10 min. Auf der höchsten Laststufe eines Lastzyklus wurde die Mindestbeobachtungszeit ausgedehnt, um Kriechumlagerungen im Untergrund und das Langzeitverhalten erfassen zu können [3]. Im bindigen, feinkörnigen Boden der miozänen Sedimente betrug die Mindestbeobachtungszeit 180 min und im nicht bindigen, grobkörnigen Kies 60 min. Wie bereits erwähnt, war das zweite Kriterium, das bei hohen Anforderungen gemäß [3] zu erfüllen ist, die Unterschreitung des Verschiebungszuwachses je Laststufe. Im ersten Lastzyklus mussten die Laststufen so lange gehalten werden, bis der Verschiebungszuwachs auf 0,1 mm innerhalb von 20 min abgeklungen war. Im zweiten Lastzyklus musste die Verschiebungsgeschwindigkeit, nach dem Erreichen der charakteristischen Pfahlbeanspruchung, unter 0,1 mm in 5 min liegen. Bei den höheren Laststufen wurde zusätzlich festgelegt, dass die Verschiebungsgeschwindigkeit nur mehr unter 0,5 mm in 5 min liegen musste, wenn die Pfahlkopfsetzung bereits über $0{,}1 \cdot D$ und damit in Setzungsbereichen lag, die ohnehin für die Gebrauchstauglichkeit der Pfähle nicht mehr relevant waren.

Bei den Versuchen gab es definierten Warn- und Abbruchkriterien, diese wurden im geplanten Prüfablauf definiert. Die Abbildung 4.16 zeigt diese Werte. Die Versuche wurden jeweils von einem(r) Mitarbeiter(in) der MA 29, ARGE FPUH und der TU Wien begleitet.

Messwert	Beschreibung	Warnwert	INFO an	Abbruchwert
KMD	**Kraftmessdose**	5,8 MN	TU	6 MN
PRESSE	**Pressenhub**	190mm	TU	200mm
w_{VP1+4}	**Vertikalverschiebung Reaktionspfahl** *Messung mit Präzisionslaser*	+10 mm	TU	+15 mm
$\Delta w_{RM1,3}$	**Differenzverformung zwischen Stahlfuß und Reaktionspfahlbeton** *Messung mit Nivellier*	+5 mm	ZT Mayer	+10 mm
$w_{H1,2}$	**Horizontalverschiebung Pfahlkopf** *Messung mit Wegaufnehmer*	±20mm	ZT Mayer	
w_{VP2+3}	**Vertikalverschiebung Messbrücke** *Messung mit Präzisionslaser*	±0,2mm	TU	
$w_{V1,2,3}$	**Vertikalverschiebung Pfahlkopf** *Messung mit Wegaufnehmer*	-95 mm	TU	
w_{VM}	**Vertikalverschiebung Pfahlkopf** *Messung mit mechanischer Messuhr*	-95 mm	TU	

Abbildung 4.16: Warn- und Abbruchwerte aus dem Prüfablauf [TU].

Für die Pfahlversuche gab es zwei unterschiede Prüfabläufe, zum einen für die Pfähle im Kies, siehe Abbildung 4.17, und zum anderen für die Pfähle im Miozän, siehe Abbildung 4.18.

PRÜFABLAUF: Großbohrpfahl Ø 60cm Kies

Bezeichnungen		Lasten					
Prüfkörper:	*B.K*	Vorbelastung	P_a =	50 kN			
Prüfung Nr.:		charakaristische Pfahlbeanspruchung	$F_{c;k}$ =	800 kN			
Datum:		maximale Prüflast	P_P =	6000 kN			
Laststufe	**Beschreibung**		**Zeiten[1] [min]**		**Prüflast F [kN]**	***Verschiebungs-zuwachs**	**Pressen-druck [bar]** A_P= 1809,5cm²
			Mindestzeit*	**Gesamzeit [min]**			
0	Vorlast	Laststeigerung	**0 min**	*0*	**50**		**3**
		Beobachtung	**15 min**	*15*	**50**		**3,1**
1	1. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*18*	**238**	**< 0,1mm**	**13**
		Beobachtung	**15 min**	*33*	**238**	**/ 20min**	**14,7**
2	1. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*36*	**425**	**< 0,1mm**	**23**
		Beobachtung	**15 min**	*51*	**425**	**/ 20min**	**26,3**
3	1. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*54*	**613**	**< 0,1mm**	**34**
		Beobachtung	**15 min**	*69*	**613**	**/ 20min**	**37,9**
4	1. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*72*	**800**	**< 0,1mm**	**44**
		Beobachtung	**60 min**	*132*	**800**	**/ 20min**	**49,5**
5	1. Entlastungszyklus	Lastreduktion	**3 min**	*135*	**425**		**23**
		Beobachtung	**10 min**	*145*	**425**		**26,3**
6	1. Entlastungszyklus	Lastreduktion	**3 min**	*148*	**50**		**3**
		Beobachtung	**15 min**	*163*	**50**		**3,1**
7	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*166*	**238**	**< 0,1mm**	**13**
		Beobachtung	**10 min**	*176*	**238**	**/ 20min**	**14,7**
8	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*179*	**425**	**< 0,1mm**	**23**
		Beobachtung	**10 min**	*189*	**425**	**/ 20min**	**26,3**
9	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*192*	**613**	**< 0,1mm**	**34**
		Beobachtung	**10 min**	*202*	**613**	**/ 20min**	**37,9**
10	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*205*	**800**	**< 0,1mm**	**44**
		Beobachtung	**10 min**	*215*	**800**	**/ 20min**	**49,5**
11	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*218*	**1125**	**< 0,1mm**	**62**
		Beobachtung	**15 min**	*233*	**1125**	**/ 5min**	**69,6**
12	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*236*	**1450**	**< 0,1mm**	**80**
		Beobachtung	**15 min**	*251*	**1450**	**/ 5min**	**86,1**
13	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*254*	**1775**	**< 0,1mm**	**98**
		Beobachtung	**15 min**	*269*	**1775**	**/ 5min**	**105,5**
14	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*272*	**2100**	**< 0,1mm**	**116**
		Beobachtung	**15 min**	*287*	**2100**	**/ 5min**	**124,8**
15	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*290*	**2750**	**< 0,1mm**	**152**
		Beobachtung	**15 min**	*305*	**2750**	**/ 5min²**	**163,4**
16	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*308*	**3400**	**< 0,1mm**	**188**
		Beobachtung	**15 min**	*323*	**3400**	**/ 5min²**	**202,0**
17	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*326*	**4050**	**< 0,1mm**	**224**
		Beobachtung	**15 min**	*341*	**4050**	**/ 5min²**	**240,6**
18	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*344*	**4700**	**< 0,1mm**	**260**
		Beobachtung	**15 min**	*359*	**4700**	**/ 5min²**	**279,2**
19	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*362*	**5350**	**< 0,1mm**	**296**
		Beobachtung	**15 min**	*377*	**5350**	**/ 5min²**	**317,8**
20	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	**3 min**	*380*	**6000**	**< 0,1mm**	**332**
		Beobachtung	**60 min**	*440*	**6000**	**/ 5min²**	**356,5**
21	2. Entlastungszyklus	Lastreduktion	**3 min**	*443*	**3400**		**188**
		Beobachtung	**10 min**	*453*	**3400**		**188**
22	2. Entlastungszyklus	Lastreduktion	**3 min**	*456*	**800**		**44**
		Beobachtung	**10 min**	*466*	**800**		**44**
23	2. Entlastungszyklus	Lastreduktion	**3 min**	*469*	**425**		**23**
		Beobachtung	**10 min**	*479*	**425**		**23**
24	2. Entlastungszyklus	Lastreduktion	**3 min**	*482*	**50**		**3**
		Beobachtung	**15 min**	*497*	**50**		**3**

[1] Beobachtungszeit pro Laststufe: Mindestzeit bzw. Unterschreiten des Verschiebungszuwachses.

[2] Bei einer Setzung über 0,1*d=60mm kann der zulässige Verschiebungszuwachs auf 0,5mm/5min erhöht werden.

Abbildung 4.17: Prüfablauf Großbohrpfahl d = 60 cm Kies (B.Kxx) [TU].

PRÜFABLAUF: Großbohrpfahl Ø 90cm Miozän

Bezeichnungen		Lasten					
Prüfkörper:	B.M	Vorbelastung	P_a =	50 kN			
Prüfung Nr.:		charakaristische Pfahlbeanspruchung	$F_{c;k}$ =	800 kN			
Datum:		maximale Prüflast	P_P =	6000 kN			
Laststufe	Beschreibung		Zeiten[1] [min] Mindestzeit*	Gesamtzeit [min]	Prüflast F [kN]	*Verschiebungs-zuwachs	Pressen-druck [bar] A_P= 1809,5cm²
0	Vorlast	Laststeigerung	0 min	0	50		3
		Beobachtung	15 min	15	50		3,1
1	1. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	18	238	< 0,1mm	13
		Beobachtung	15 min	33	238	/ 20min	14,7
2	1. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	36	425	< 0,1mm	23
		Beobachtung	15 min	51	425	/ 20min	26,3
3	1. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	54	613	< 0,1mm	34
		Beobachtung	15 min	69	613	/ 20min	37,9
4	1. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	72	800	< 0,1mm	44
		Beobachtung	180 min	252	800	/ 20min	49,5
5	1. Entlastungszyklus	Lastreduktion	3 min	255	425		23
		Beobachtung	10 min	265	425		26,3
6	1. Entlastungszyklus	Lastreduktion	3 min	268	50		3
		Beobachtung	15 min	283	50		3,1
7	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	286	238	< 0,1mm	13
		Beobachtung	10 min	296	238	/ 20min	14,7
8	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	299	425	< 0,1mm	23
		Beobachtung	10 min	309	425	/ 20min	26,3
9	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	312	613	< 0,1mm	34
		Beobachtung	10 min	322	613	/ 20min	37,9
10	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	325	800	< 0,1mm	44
		Beobachtung	10 min	335	800	/ 20min	49,5
11	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	338	1125	< 0,1mm	62
		Beobachtung	15 min	353	1125	/ 5min	69,6
12	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	356	1450	< 0,1mm	80
		Beobachtung	15 min	371	1450	/ 5min	86,1
13	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	374	1775	< 0,1mm	98
		Beobachtung	15 min	389	1775	/ 5min	105,5
14	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	392	2100	< 0,1mm	116
		Beobachtung	15 min	407	2100	/ 5min	124,8
15	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	410	2750	<0,1mm	152
		Beobachtung	15 min	425	2750	/ 5min²	163,4
16	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	428	3400	<0,1mm	188
		Beobachtung	15 min	443	3400	/ 5min²	202,0
17	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	446	4050	<0,1mm	224
		Beobachtung	15 min	461	4050	/ 5min²	240,6
18	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	464	4700	<0,1mm	260
		Beobachtung	15 min	479	4700	/ 5min²	279,2
19	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	482	5350	<0,1mm	296
		Beobachtung	15 min	497	5350	/ 5min²	317,8
20	2. Belastungszyklus	Laststeigerung	3 min	500	6000	<0,1mm	332
		Beobachtung	180 min	680	6000	/ 5min²	356,5
21	2. Entlastungszyklus	Lastreduktion	3 min	683	3400		188
		Beobachtung	10 min	693	3400		188
22	2. Entlastungszyklus	Lastreduktion	3 min	696	800		44
		Beobachtung	10 min	706	800		44
23	2. Entlastungszyklus	Lastreduktion	3 min	709	425		23
		Beobachtung	10 min	719	425		23
24	2. Entlastungszyklus	Lastreduktion	3 min	722	50		3
		Beobachtung	15 min	737	50		3

[1] Beobachtungszeit pro Laststufe: Mindestzeit bzw. Unterschreiten des Verschiebungszuwachses.

[2] Bei einer Setzung über 0,1*d=90mm kann der zulässige Verschiebungszuwachs auf 0,5mm/5min erhöht werden.

Abbildung 4.18: Prüfablauf Großbohrpfahl d = 90 cm Miozän (B.Mxx) [TU].

4.7 Generelle Auswertungsmethodik

Die Auswertung der Versuche erfolgte mit Hilfe einer Excel Tabelle [55], die eigens für das Projekt vom Team der TU Wien erstellt wurde. Der detaillierte Aufbau dieser Excel Tabelle ist in der Projektarbeit von Manuel Stadlbauer [14] beschrieben. In diesem Abschnitt werden die wesentlichen Teile der Auswertung näher beschrieben. Die Auswertungen der einzelnen Versuche sind im Anhang A enthalten und eine Gegenüberstellung der Ergebnisse erfolgt im Abschnitt 4.10.

4.7.1 Theoretische Grundlagen

Im Zuge der Pfahlversuche wurden Längsverformungen gemessen. Um von diesen Verformungen auf Spannungen und damit auf Kräfte schließen zu können, ist ein mechanisches Modell erforderlich. Bei Pfählen bietet sich die Modellierung als Stab an. Gemäß [12] ist diese Modellierung möglich, sobald die Stablänge fünfmal größer als die größte Querschnittsabmessung ist, dies trifft bei den Versuchspfählen zu. [14]

Sind die gemessenen Verformungen sehr klein, so können die Verformungen linearisiert werden. Dies hat den Vorteil, dass Kräftegleichgewicht, das für die analytische Lösung gebildet wird, ohne großen Fehler am idealen, unverformten System aufgestellt werden darf. Die Längsverformungen sind laut [12] dann ausreichend klein, wenn gilt:

$$\left|\frac{du}{dx}\right| = |\varepsilon(x)| \leq 0.1\ [\,] \tag{4.2}$$

Die gemessenen Verformungen bei den Versuchen sind wesentlich kleiner, womit die Verwendung einer geometrisch linearen Theorie zulässig ist [14].

Neben dieser geometrischen Linearität wird für die Auswertung der Versuche auch noch Materiallinearität angenommen, dies bedeutet, dass die Anwendung des Hooke'schen Gesetzes zulässig ist. Während Stahl über einen sehr großen linearen Bereich im Spannungs-Dehnungsdiagramm verfügt, ist Beton im Gegensatz dazu ein nicht lineares Material. Für kleine Dehnungen unter kurzzeitiger Belastung kann Beton allerdings näherungsweise linear elastisch angenommen werden [14].

Der effektive Elastizitätsmodul des Betons wurde bei jedem Versuch aus dem obersten Abschnitt der Verformungsmessungen ermittelt.

Für die Anwendung des Hooke'schen Gesetzes wird ein ideeller Betonquerschnitt mit einer größeren Fläche als der tatsächlichen Pfahlquerschnittsfläche herangezogen, der sich durch die Berücksichtigung des höheren E-Moduls des Bau- und Bewehrungsstahls im Verbundquerschnitt ergibt. Die Größe des ideellen Betonquerschnitts berechnet sich durch:

$$A_i = A_c + \frac{E_{bs}}{E_c} \cdot A_{bs} + \frac{E_{st}}{E_c} \cdot A_{st} \tag{4.3}$$

Wobei gilt:

A_i ..... Ideelle Betonquerschnittsfläche
A_c; E_c ..... Betonquerschnittsfläche, E-Modul Beton
A_{bs}; E_{bs} ..... Betonstahlquerschnittsfläche, E-Modul Betonstahl
A_{st}; E_{st} ..... Baustahlquerschnittsfläche, E-Modul Baustahl

Unter Berücksichtigung dieser theoretischen Voraussetzungen kann der Pfahl als Stab gemäß linearer Elastizitätstheorie 1. Ordnung modelliert werden [14].

4.7.2 Rohdatenaufbereitung

Die Daten aus den Messwerterfassungssystemen I und II mussten aufgrund des großen Umfangs für die weitere Verwendung entsprechend aufbereitet werden.

Beim MWES I wurde die Datenmenge mit Hilfe eines Matlab Tools bearbeitet, indem die Messrate von 5 Hz auf 0,5 Hz reduziert wurde (von fünf Messwerten pro Sekunde auf einen Messwert alle zwei Sekunden). Die Daten wurden in einer Excel-Datei in einem einheitlichen Format gespeichert.

Ein weiterer Bearbeitungsschritt war aufgrund des „Umsetzens“ der vertikalen Wegaufnehmer während der Versuchsdurchführung erforderlich. Diese hatten einen Messbereich von 100 mm; sobald also während einer Laststufe die Möglichkeit bestand, dass die Pfahlkopfsetzung einen größeren Wert annehmen konnte, wurden die Wegaufnehmer in Richtung des Pfahlkopfs versetzt und auf Null gesetzt. Die Setzungszunahme während des „Umsetzens“ wurde mit der mechanischen Messuhr gemessen und im Zuge der Messdatenaufbereitung zu den aufgezeichneten Setzungen addiert. Dadurch ergab sich ein kontinuierlicher Verlauf der Pfahlkopfsetzung. Die Messwerte wurden auf ihre Plausibilität geprüft und etwaige Auffälligkeiten wurden bereinigt.

Beim MWES II wurden die Rohdaten in eine Excel-Datei importiert und einheitlich formatiert. Es erfolgte wiederum eine Plausibilitätsprüfung und gegebenenfalls eine Bereinigung der Werte. Die Nullwerte der Sensoren wurden zu einem Zeitpunkt vor Versuchsbeginn bestimmt. Bei jenen Sensoren, die nur händisch ausgelesen werden konnten, wurden die Werte nachträglich zu den bekannten Zeitpunkten in die Datei eingetragen und die Zwischenwerte interpoliert.

Bei beiden Rohdatendateien wurden die Zeitpunkte Versuchsbeginn und -ende eingetragen, wonach diese in die vorbereitete Excel-Auswertungstabelle eingefügt werden konnten.

4.7.3 Eingabe der Versuchsparameter

Die ersten Eingaben in die Excel-Datei betrafen die Versuchsparameter. Dazu wurden im Tabellenblatt „P1_Versuchsdaten“ die allgemeinen Versuchsdaten und die Werte aus dem Feldprotokoll eingetragen. Wesentlich für die weitere Auswertung war die Eingabe von Beginn und Ende der Beobachtungszeit je Laststufe. Diese waren im Feldprotokoll vermerkt und konnten anhand des geplanten Prüfablaufs überprüft beziehungsweise bei fehlenden Zeitpunkten daraus abgeleitet werden.

Das Tabellenblatt „P2_Instrumentierung“ diente zur Eingabe sämtlicher Werte, die für die Auswertung der Sensoren des MWES II benötigt wurden. Aus den Kalibrierprotokollen der Sensoren wurden die Gage-Faktoren, mit entsprechender Zuweisung der Seriennummern, eingetragen. Weiters wurde aus den Instrumentierungsprotokollen der Bewehrungssensoren und der Sohldruckmessdose die Höhenlage der Messquerschnitte eingetragen. Die Höhenlage der fünf Messabschnitte des Kettenextensometers wurde aus den zugehörigen Einbauprotokollen entnommen. Auf Basis dieser Werte wurde von allen Messquerschitten und -abschnitten die absolute Höhenlage in Meter über Adria berechnet.

Im Tabellenblatt „P3_GeometrieMaterial“ werden die Abmessungen mit absoluter Höhenlage und die Materialkennwerte des Versuchspfahls eingetragen. Im zweiten Abschnitt können bis zu 22 unterschiedliche Querschnittsbereiche definiert werden, womit es möglich ist den Durchmesser und die Flächen von Bau- und Betonstahl abschnittsweise zu definieren. Diese Abschnitte werden in weiterer Folge für die Berechnung der Kräfte und der ideellen Betonquerschnittsflächen benötigt.

4.7.4 Messdaten MWES I

Das Einfügen der Daten vom MWES I erfolgte im Tabellenblatt „Daten1 MWES 1“. Die Daten werden von Versuchsbeginn bis -ende eingefügt. Die Zeitangabe wurde in Sekunden umgerechnet und die Versuchsdauer ermittelt. Aus den drei vertikalen Wegaufnehmer wurde der Mittelwert gebildet und es erfolgte eine Umrechnung der Einheiten. Die Kraft wurde von [N] in [kN] und der Weg von [m] in [mm] umgerechnet.

4.7.5 Messdaten MWES II

Für das Einfügen der Daten aus dem MWES II gab es wiederum ein eigenes Tabellenblatt „Daten 2 MWES 2“. Hier wurden die Nullwerte R_0 der Sensoren sowie die Messdaten von Versuchsbeginn bis -ende eingefügt. Wie beim MWES I wurde auch hier die Zeit in Sekunden umgerechnet und die Versuchsdauer ermittelt.

Die Messsensoren beim MWES II verwenden das Messprinzip der „schwingenden Saite“. Dieses besteht darin, dass eine Stahl-Saite zum Auslesen des aktuellen Messwertes in Schwingung versetzt wird. Die Schwingfrequenz ist dabei von der Spannung der schwingenden Saite abhängig, womit durch Messung der Schwingfrequenz [Hz] auf den gewünschten Messwert geschlossen werden kann. Das Ergebnis einer Messung wird als sogenanntes „Reading“ (R) ausgegeben, das gemäß [62] wie folgt definiert ist:

$$R = \frac{Hz^2}{1.000}\ [Digits] \tag{4.4}$$

Um von den Readings auf physikalische Größen schließen zu können, werden vonseiten der Hersteller Kalibrierungsfaktoren für jeden Sensor angegeben. Auf Basis von zwei Readings zu unterschiedlichen Zeitpunkten (R_0, R_i) ergeben sich die Messwerte zwischen diesen beiden Zeitpunkten.

Bei den Bewehrungssensoren wird die Dehnung ε_m in der Einheit [με] mit dem Kalibrierungsfaktor (Gage Factor) C [με/digits] wie folgt berechnet [62]:

$$\varepsilon_{m,i} = (R_i - R_0) \cdot C\ [\mu\varepsilon] \tag{4.5}$$

Beim Kettenextensometer wird die Verformungen D in der Einheit [mm] mit den polynomialen Kalibrierungsfaktoren (Gage Factors) A, B und C wie folgt berechnet [61]:

$$D_i = \left(A \cdot R_i^2 + B \cdot R_i + C\right) - \left(A \cdot R_0^2 + B \cdot R_0 + C\right)\ [\mathrm{mm}] \tag{4.6}$$

Um beim Extensometer die Dehnung ε_m dimensionslos zu berechnen, wird die Verformung D [mm] durch die Abschnittslänge [mm] dividiert.

Bei der Sohldruckmessdose wird der Druck *P* in der Einheit [MPa] mit den polynomialen Kalibrierungsfaktoren (Gage Factors) *A* und *B* wie folgt berechnet [64]:

$$P_i = \left(A \cdot R_i^2 + B \cdot R_i\right) - \left(A \cdot R_0^2 + B \cdot R_0\right) \text{ [MPa]} \tag{4.7}$$

Durch die Multiplikation des gemessenen Sohldrucks [MPa] mit der Pfahlfußfläche A_b [m²] ergab sich der Pfahlsohlwiderstand $R_{b,m}$ [MN].

Je Messwert wurde bei allen Sensoren auch die Temperatur gemessen und aufgezeichnet. Diese war während der Versuche (maximal 24 Stunden) im Boden konstant. Daher wurde die Temperatur bei den Berechnungen nicht berücksichtigt.

4.7.6 Berechnungen mit den Daten aus dem MWES I

Die Aufbereitung der Daten aus dem MWES I für die weitere Auswertung, sowie weiterführende Berechnungen erfolgten im Tabellenblatt „Basis 1 MWES 1“.

Zur Bestimmung der Widerstands-Verschiebungslinie wurde der Pfahlwiderstand *R* [kN] und die mittlere Pfahlkopfverschiebung *s* [mm] am Ende jeder Laststufe bestimmt und als Grundlage für das entsprechende Diagramm verwendet.

Zur Berechnung des Kriechmaßes α_y wurde die Pfahlkopfverschiebung *s* [mm] in der Beobachtungszeit je Laststufe zu den Zeitpunkten 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30… 180 und 200 Minuten nach Beginn der Beobachtungszeit bestimmt. Diese Werte wurden im Diagramm „Zeitverformung“ je Laststufe dargestellt. Um einen besseren Überblick zu bekommen, wurde die Pfahlkopfverschiebungen auch relativ je Laststufe (bezogen auf den Ausgangszustand der jeweiligen Laststufe) in einem zweiten Diagramm dargestellt. Entsprechend [21] ist das Kriechmaß α_y wie folgt definiert:

$$\alpha_y = \frac{s_2 - s_1}{log(t_2) - log(t_1)} \tag{4.8}$$

Mit:

s_1, s_2..... Pfahlkopfverschiebung zum Zeitpunkt t_1 und t_2

t_1, t_2..... festgelegte Berechnungszeitpunkte

Die ÖNORM B 1997-1-3 [21] gibt vor, dass die Zeitpunkte t_1 und t_2 am Ende einer Laststufe so gewählt werden sollen, dass die Verbindungslinie dieser Punkte im relativen, halblogarithmischen Zeitverformungsdiagramm bestmöglich einer Geraden entspricht. Die Zeitpunkte wurden entsprechend dieser Vorgabe manuell je Laststufe in das Tabellenblatt eingetragen. Zur Kontrolle wurde die Verbindungslinie im relativen Zeitverformungsdiagramm rot strichliert dargestellt. Das berechnete Kriechmaß α_y und der Pfahlwiderstand *R* [kN] wurde im Diagramm „Widerstands-Kriechmaßlinie“ für die Erstbelastung jeder Laststufe dargestellt.

4.7.7 Berechnungen mit den Daten aus dem MWES II

Die Verarbeitung der Daten aus dem MWES II für die weitere Auswertung sowie weiterführende Berechnungen erfolgten im Tabellenblatt „Basis 2 MWES 2“.

Für die Berechnungen der Normalkräfte im Pfahl wurden die Messwerte der Sensoren am Ende jeder Laststufe bestimmt. Die Messwerte wurden auf ihre Plausibilität geprüft. Dies erfolgte einerseits durch einen Vergleich der Messwerte von verschiedenen Messsystemen je Messquerschnitt (bei mehreren Sensoren) und andererseits durch die Kontrolle der einzelnen Messwertverläufe mit Hilfe der entsprechenden Diagramme.

Eine weitere wesentliche Grundlage für die Berechnungen der Normalkräfte stellte der Elastizitätsmodul des Betons E_c dar. Die EA-Pfähle [3] und [5] empfiehlt für die Ermittlung dieses, a priori unbekannten, Parameters eine Referenzmessstelle im Nahbereich der Lasteinleitung, um die gemessenen Verformungen direkt mit der eingeleiteten Kraft zu korrelieren. Bei den beschriebenen Versuchspfählen war im oberen Bereich, aufgrund des Doppelwandrohrs, kein relevanter Pfahlmantelwiderstand vorhanden und die gesamte Kraft wurde in den Pfahl eingeleitet. Es wurde nun aus den gemessenen Verformungen für den obersten Messquerschnitt der Bewehrungssensoren oder den ersten Abschnitt des Kettenextensometers der E_c-Modul errechnet. Dabei wurden für jede Laststufe die Spannung im Gesamtquerschnitt (entspricht der Fläche des Betons inklusive Bau- und Betonstahl) und die dazugehörige Dehnung ermittelt. Für diese Wertepaare wurde mittels der Methode der kleinsten Quadrate eine Regressionsgerade gefunden. Die Steigung dieser Geraden entspricht dem E-Modul des Gesamtquerschnitts E_i. Der E-Modul des Betons E_c [N/mm²] wurde auf Basis dieses Ergebnisses folgendermaßen errechnet:

$$E_c = \frac{E_i \cdot A_{ges} - (E_{bs}A_{bs} + E_{st}A_{st})}{A_c} \tag{4.9}$$

Dies ergibt sich aus der Betrachtung des Verbundquerschnitts und entsprechender Umformung der Gleichung (4.3) [14].

Im Weiteren wurden für alle gemessenen Verformungen (Bewehrungssensoren und/oder Kettenextensometer) die Längskraft F_m [kN] je Laststufe und Messquerschnitt bzw. –abschnitt, wie folgt berechnet:

$$F_m = E_c \cdot \varepsilon_m \cdot \left(A_c + \frac{E_{bs}}{E_c} \cdot A_{bs} + \frac{E_{st}}{E_c} \cdot A_{st}\right) \tag{4.10}$$

Dabei wurden den Messquerschnitten bzw. -abschnitten die Querschnittswerte der definierten Bereiche, wie in 4.7.3 beschrieben, zugewiesen. Die berechneten Kräfte wurden wiederum auf ihre Plausibilität geprüft und ein Längskraftverlauf je Laststufe bestimmt.

Durch die Variation der Instrumentierung, wie in Tabelle 4.6 dargestellt, ergab sich folgende prinzipielle Vorgehensweise bei der Festlegung der Längskraft:

- Typ Ia, Ib: Bei einem vollinstrumentieren Pfahl (KEX, BS, SDMD) wurden die Längskräfte aus den Messquerschnitten der Bewehrungssensoren verwendet. Die Werte des Kettenextensometers dienten zur Kontrolle und wurden bei fehlerhaften Werten herangezogen. Der Pfahlfußwiderstand wurde anhand des gemessenen Sohldrucks bestimmt und durch die Differenz der Kraft im untersten Messquerschnitt abzüglich des mittleren Pfahlmantelwiderstandes bis zur Pfahlunterkante verifiziert.

- Typ Ic, Id: Bei einem SOB-Pfahl (KEX, BS) wurden die Längskräfte aus den Messquerschnitten der Bewehrungssensoren verwendet. Die Werte des Kettenextensometers dienten zur Kontrolle und wurden bei fehlerhaften Werten herangezogen. Der Pfahlfußwiderstand wurde aus der Kraft im untersten Messquerschnitt abzüglich des mittleren Pfahlmantelwiderstands bis zur Pfahlunterkante berechnet.
- Typ II: Bei diesen Pfählen wurden die Längskräfte aus den Messabschnitten des Kettenextensometers verwendet. Der Pfahlfußwiderstand wurde aus der Kraft im untersten Messabschnitt abzüglich des mittleren Pfahlmantelwiderstands bis zur Pfahlunterkante berechnet.

Sollte bei einem Versuch die Vorgehensweise, zum Beispiel durch einen Ausfall eines Messgerätes oder aufgrund von fehlerhaften Messwerten, geändert worden sein, ist dies in den einzelnen Auswertungen entsprechend gekennzeichnet.

Aus dem Längskraftverlauf wurden in weiterer Folge die Pfahlwiderstände berechnet. Der Pfahlmantelwiderstand $q_{s,m}$ ergibt sich dabei aus der Differenz der Längskraft ΔF_m zweier Messquerschnitte dividiert durch die entsprechende Mantelfläche A_s zwischen diesen beiden Messquerschnitten. Der Pfahlmantelwiderstand berechnet sich somit folgendermaßen:

$$q_{s,m,i} = \frac{\Delta F_{m,i}}{A_{s,i}} \tag{4.11}$$

Die Berechnung des Pfahlmantelwiderstandes konnte aufgrund der Instrumentierung zwischen den Messquerschnitten 2–3, 3–4, 4–5 erfolgen. Der mittlere Pfahlmantelwiderstand wurde zwischen den Messquerschnitten 2–5 berechnet. Falls der Pfahlfußwiderstand nicht direkt gemessen wurde, wurde dieser anhand der Kraft im untersten Messquerschnitt 5 abzüglich des mittleren Pfahlmantelwiderstands bis zur Pfahlunterkante berechnet.

4.8 Versuchsauswertung

Die einzelnen Versuchsauswertungen der Großbohrpfähle können dem Anhang A entnommen werden. Diese enthalten am Deckblatt die Beschreibung des Versuchspfahls und Anmerkungen zum Versuch. Im Weiteren sind folgende Diagramme mit den zugehörigen Werten enthalten:

- Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung und der gemessene Pfahlsohlwiderstand
- Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert
- Absolute und Relative Zeitverformung je Laststufe
- Widerstands-Verschiebungslinie mit Aufteilung in Pfahlmantel- und Pfahlfußwiderstand
- Widerstands-Kriechmaßlinie je Laststufe
- Messwerte Kettenextensometer
- Messwerte Bewehrungssensoren
- Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe
- Ermittlung des Elastizitätsmoduls des Betons im Messquerschnitt 1
- Längskraftverlauf je Laststufe

- Ergebnisse Pfahlwiderstände (Pfahlmantel- und Pfahlsohlwiderstand)

Für das Forschungsprojekt wurde einheitlich festgelegt, dass Zug und Hebungen positiv und Druck und Setzungen negativ angegeben werden. Dementsprechend werden bei den Auswertungen der Großbohrpfähle Druckkräfte, Setzungen und daraus abgeleitete Werte negativ angegeben.

4.9 Ableitung charakteristischer Pfahlwiderstände

Das Ziel von Pfahlprobebelastungen ist die Ermittlung charakteristischer Pfahlwiderstandsgrößen $R_{c,k}$ für die Nachweise der Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS) und der Gebrauchstauglichkeit (SLS). Die ÖNORM B 1997-1-3 [21] gibt dazu im Abschnitt 7.2.2 nachfolgende Möglichkeit an: *„Ermittlung der Pfahlwiderstände von axial auf Druck und/oder Zug beanspruchten Pfählen mit Hilfe von Erfahrungswerten von ausgeführten Pfahlgründungen und/oder Probebelastungen, deren Zuverlässigkeit unter vergleichbaren Bedingungen nachgewiesen wurde.“*

Auch gemäß EA-Pfähle [3] ist es möglich, die Ergebnisse von Probebelastungen bei vergleichbaren Bedingungen zu verwenden, wobei bezüglich der Übertragbarkeit und Vergleichbarkeit folgende Bedingungen einzuhalten sind [3]:

- 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

Werden vergleichbare Ergebnisse aus Probebelastungen herangezogen, können diese gemäß [3] wie Versuchswerte bzw. Messergebnisse $R_{c,m}$ behandelt werden, um mit der Anwendung von Streuungsfaktoren ξ_i zu den charakteristischen Widerständen zu gelangen.

Der charakteristische Wert des äußeren Tragwiderstandes $R_{c,k}$ darf gemäß ÖNORM B 1997-1-3 [21] bei axial auf Druck beanspruchten Einzelpfählen aus den charakteristischen Werten des Pfahlfußwiderstandes $R_{b,k}$ und des Mantelwiderstandes $R_{s,k}$ wie folgt ermittelt werden:

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} \tag{4.12}$$

Dabei sind bei durch Probebelastungen ermittelten Tragwiderständen, zur Abdeckung der Unsicherheiten, Streuungsfaktoren ξ_1 und ξ_2 gemäß ÖNORM B 1997-1-1 [20] anzuwenden.

Tabelle 4.8: Streuungsfaktoren ξ zur Ableitung charakteristischer Werte aus statischen Pfahlprobebelastungen für alle Bemessungssituationen gemäß [20].

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 probebelasteten Pfähle

In Tabelle 4.8 sind die Streuungsfaktoren ξ_1 und ξ_2 angeführt, diese sind von der Anzahl der durchgeführten Pfahlprobebelastungen abhängig. Ab fünf Probebelastungen können beide Streuungsfaktoren mit 1,0 angenommen werden – daraus resultieren auch die fünf Probebelastungen je Versuchsreihe bei diesem Projekt.

Bei Tragwerken, die nicht in der Lage sind, Lasten von „weichen“ zu „steifen“ Pfählen umzulagern, gilt gemäß [21] für den charakteristischen Wert des Pfahlwiderstands aus Probebelastungen das Minimum aus folgende beiden Bedingungen:

$$R_{c;k} = min\left\{\frac{(R_{c;m})_{mitt}}{\xi_1}; \frac{(R_{c;m})_{min}}{\xi_2}\right\} \tag{4.13}$$

Mit:

$(R_{c;m})_{mitt}$ ..... Mittelwert des aus Pfahlprobebelastungen gemessenen Wertes
$(R_{c;m})_{min}$ ..... kleinster Wert von allen Messungen $R_{c,m}$
ξ_1 ..... Streuungsfaktor bezogen auf den Mittelwert der Pfahlprobebelastungen
ξ_2 ..... Streuungsfaktor bezogen auf den kleinsten Wert der Pfahlprobebelastungen

Sofern Tragwerke eine ausreichende Steifigkeit haben, um Lasten von „weichen“ zu „steifen“ Pfählen umzulagern, können gemäß [21] die Streuungsfaktoren durch 1,1 dividiert werden, vorausgesetzt, dass ξ_1 niemals kleiner als 1 wird. Somit ergibt sich $R_{c,k}$ aus dem Minimum folgender beiden Bedingungen:

$$R_{c;k} = min\left\{\frac{(R_{c;m})_{mitt}}{\xi_1/1{,}1}; \frac{(R_{c;m})_{min}}{\xi_2/1{,}1}\right\} \tag{4.14}$$

Wird der Pfahlwiderstand aufgrund der Ergebnisse aus Baugrunduntersuchungen ermittelt, gelten gemäß [21] die Gleichungen (4.15) und (4.16):

$$R_{b;k} = A_b \cdot q_{b;k} \tag{4.15}$$

$R_{b;k}$ ..... charakteristischer Wert des Pfahlfußwiderstands [MN]
A_b ..... Pfahlfußfläche [m²]
$q_{b;k}$ ..... charakteristischer Wert des Pfahlsohlwiderstands [MN/m²]

$$R_{s;k} = \sum_i A_{s;i} \cdot q_{s;i;k} \tag{4.16}$$

$R_{s;k}$ ..... charakteristischer Wert des Widerstands aus der Mantelreibung [MN]
$A_{s;i}$ ..... Pfahlmantelfläche in der Schicht i [m²]
$q_{s;i;k}$ ..... charakteristischer Wert des Pfahlmantelwiderstands in der Schicht i [MN/m²]

Bei der Ableitung der charakteristischen Widerstände ist entsprechend [3] zwischen folgenden zwei Bereiche zu unterscheiden:

- charakteristische Pfahlwiderstände im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) und
- charakteristische Pfahlwiderstände im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS)

In der ÖNORM B 1997-1 [19] sind die Grenzzustände von Pfahlgründungen angeführt. Auf das Erreichen des äußeren Tragwiderstandes von Einzelpfählen wird nun näher eingegangen. Entsprechend ÖNORM B 1997-1-3 [21] ist eine ausreichende Sicherheit gegen Versagen eines axial belasteten Einzelpfahls durch Bruch des Bodens in der Pfahlumgebung nachgewiesen, wenn das Bemessungskriterium (4.17) erfüllt ist:

$$F_{c;d} \leq R_{c;d} \tag{4.17}$$

Dabei ist $F_{c;d}$ der Bemessungswert der Druckbelastung eines Pfahles und $R_{c;d}$ der Bemessungswiderstand eines auf Druck belasteten Pfahles.
Der Bemessungswert des Pfahlwiderstandes $R_{c;d}$ für Druckpfähle wird entsprechend [21] nach Gleichung (4.18) bzw. (4.19) ermittelt.

$$R_{c;d} = \frac{R_{c;k}}{\eta_{P;c} \cdot \gamma_t} \tag{4.18}$$

$$R_{c;d} = \frac{R_{b;k}}{\eta_{P;c} \cdot \gamma_b} + \frac{R_{s;k}}{\eta_{P;c} \cdot \gamma_s} \tag{4.19}$$

Mit:

$\eta_{P;c}$ ..... Modellfaktor für Druckpfähle je nach Ermittlungsverfahren gemäß Tabelle 4.9
γ_b, γ_s, γ_t..... Teilsicherheitsbeiwerte für Pfahlwiderstände gemäß ÖNORM B 1997-1-1 [20]

Die Teilsicherheitsbeiwerte für Pfahlwiderstände gemäß ÖNORM B 1997-1-1 [20] werden in der gegenständlichen Arbeit nicht angeführt, da sich diese durch die Ableitung von Pfahlwiderständen aus Probebelastungen nicht verändern.

In der ÖNORM EN 1997-1-3, Anhang A [21] werden Modellfaktoren η_P angegeben, welche beim Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit für axial auf Druck und/oder Zug belastete Pfähle je nach Ermittlungsverfahren zur Anwendung kommen. Bei durch Probebelastungen ermittelten Pfahlwiderständen können die Modellfaktoren gemäß Tabelle 4.9 $\eta_{P,i}$ = 1,0 gesetzt werden. Für die Ermittlung von Pfahlwiderständen mit Hilfe von Tabellenwerten gemäß ÖNORM B 1997-1-3 [21] müssen höhere Modellfaktoren berücksichtigt werden, um das bisherige Sicherheitsniveau des globalen Sicherheitskonzepts aufrechterhalten zu können. Dies gilt auch bei der Ableitung der Pfahlwiderstände aus vergleichbaren Erfahrungswerten.

Die Modellfaktoren wurden bereits in Kapitel 2.3 (Tabelle 2.2) angeführt, werden jedoch zur besseren Übersicht nochmals in der nachfolgenden Tabelle 4.9 angegeben.

Tabelle 4.9: Modellfaktoren gemäß Anhang A der ÖNORM B 1997-1-3 aus [21] (adaptiert).

	Fall	Symbol	Wert
1	Pfahlwiderstände auf axialen Druck aus statischen Pfahlprobebelastungen	$\eta_{P;c}$	1,0
2	Pfahlwiderstände auf axialen Zug aus statischen Pfahlprobebelastungen	$\eta_{P;t}$	1,0
3	Pfahlwiderstände auf axialen Druck mittels Tabellenwerten der Anhänge C und D	$\eta_{P;c}$	1,3
4	Pfahlwiderstände auf axialen Zug mittels Tabellenwerten der Anhänge C und D	$\eta_{P;t}$	2,5
5	Pfahlwiderstände auf axialen Druck aufgrund von vergleichbarer Erfahrung	$\eta_{P;c}$	$\geq 1,3$
6	Pfahlwiderstände auf axialen Zug aufgrund von vergleichbarer Erfahrung	$\eta_{P;t}$	$\geq 2,5$

Entsprechend ÖNORM B 1997-1 [19] dürfen die Modellfaktoren für die Anpassung von Ergebnissen, welche mittels eines Rechenmodells ermittelt worden sind, verwendet werden, um „auf der sicheren Seite“ zu liegen.

Wesentlich für die Ableitung der Pfahlwiderstände aus Probebelastungen ist auch das Verständnis für die Setzungsabhängigkeit des Pfahlmantel- und Pfahlfußwiderstandes. Aufgrund der Setzungsabhängigkeit ist deren jeweiliger Mobilisierungsgrad stets zu berücksichtigen [1]. Entsprechend der Gleichung (4.20) wird der Pfahlwiderstand als Funktion der Setzung s geschrieben [2].

$$R_c(s) = R_b(s) + R_s(s) \tag{4.20}$$

Graphisch wird dieser Zusammenhang durch die Widerstands-Verschiebungslinie dargestellt. [18] Bei diesem Projekt konnte die Widerstands-Verschiebungslinie durch entsprechende Instrumentierung der Versuchspfähle getrennt für den Pfahlfuß- und Pfahlmantelwiderstand dargestellt werden. Diese werden im Abschnitt 4.10 für die einzelnen Versuchsreihen gegenübergestellt.

Den größtmöglichen Mantelwiderstand wird bei der Grenzsetzung s_{sg} [cm] erreicht. Dies zeigt sich durch einen Knick mit anschließend vertikalem Verlauf der Pfahlmantelwiderstands-Verschiebungslinie, was bedeutet, dass kein zusätzlicher Mantelwiderstand mehr aktiviert werden kann – teilweise wurde sogar ein Rückgang des Mantelwiderstandes festgestellt. Ab dieser Grenzsetzung findet der Übergang von einem elastischen zu einem plastischen Tragverhalten des Mantelwiderstandes statt [15]. Der Knick in der Mantelwiderstands-Setzungslinie fällt umso deutlicher aus, je größer der Anteil des Pfahlfußwiderstands am Gesamtwiderstand ist – also ob es sich um einen Mantelreibungspfahl oder Fußwiderstandspfahl handelt. [2]

Ist die Grenztragfähigkeit aus der Form der gemessenen Widerstands-Verschiebungslinie schwer erkennbar, kann „näherungsweise“ im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) für die Grenzsetzung s_g bzw. s_{ult} 10% des Pfahldurchmessers D_b, entsprechend Gleichung (4.21), angesetzt werden. [3]

$$s_g = s_{ult} = 0{,}10 \cdot D_b \tag{4.21}$$

Als Beispiel wird in Abbildung 4.19 ein Diagramm mit aus Messwerten $R_{m,i}$ abgeleiteten charakteristischen Pfahlwiderständen, im Grenzzustand der Tragfähigkeit, für „weiche“ und „steife“ Pfähle dargestellt.

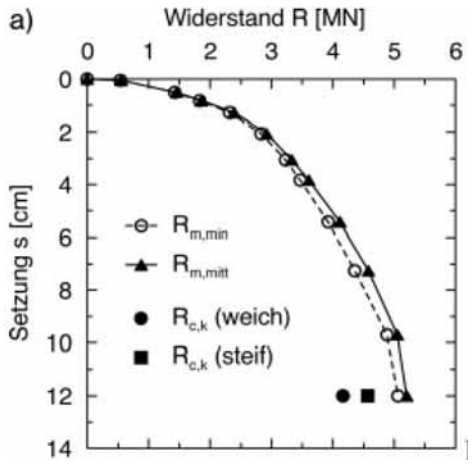


Abbildung 4.19: Beispiel abgeleiteter Pfahlwiderstände (ULS) [3].

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

Generell werden die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit einer Pfahlgründung, projektspezifisch aus den Anforderungen des gesamten Tragwerks, abgeleitet. Daher werden im Regelfall absolute Setzungen und/oder Setzungsdifferenzen maßgebend sein. [21]

Die ÖNORM B 1997-1-3 [21] nennt als Möglichkeiten für den Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, dass dieser auf Grund von vergleichbarer Erfahrung, durch Anwendung der Tabellenwerte aus [21] oder auf Grund der Ergebnisse von Probebelastungen erfolgen kann. Gemäß [21] ist eine ausreichende Sicherheit gegen das Eintreten eines Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit nachgewiesen, wenn das Bemessungskriterium in Gleichung (4.22) erfüllt ist.

$$E_d < C_d \tag{4.22}$$

E_d bezeichnet den Bemessungswert der Auswirkungen der Einwirkungen („effects of loadings“) aufgrund der maßgebenden Einwirkungskombination. In der Regel handelt es sich hierbei um Verformungen, Verdrehungen oder Verzerrungen. Die Grenze für das maßgebende Gebrauchstauglichkeitskriterium wird mit C_d definiert.

Der Teilsicherheitsbeiwert für den Bemessungswert der Beanspruchung E_d darf beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit gleich 1,0 gesetzt werden, soweit im Einzelfall keine andere Festlegung erforderlich ist. Der Modellfaktor η darf für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ebenfalls gleich 1,0 gesetzt werden [21].

Die ÖNORM B 1997-1-3 [21] gibt an, dass bei axial auf Druck beanspruchten Einzelpfählen, im Falle von Pfahlprobebelastungen, die für den Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit einwirkungsabhängigen Verformungen E_d direkt aus den Versuchsergebnissen abgeleitet werden können. Die so gewonnenen Korrelationen (z.B. eine charakteristische Widerstands-Verschiebungslinie) können unter der Voraussetzung von vergleichbaren Baugrundverhältnissen auf andere Anwendungsfälle übertragen werden.

In [3] wird hierzu angemerkt, dass als Grundlage für Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit eine qualifizierte Wichtung der Ergebnisse von mehreren Probebelastungen erfolgen sollte. Es sollen somit aus den Ergebnissen der Pfahlprobebelastungen eine beziehungsweise mehrere charakteristische Widerstands-Verschiebungslinien ermittelt werden – dies erfolgt in der

Regel durch einen Sachverständigen für Geotechnik. Für diese Vorgehensweise sollte der Mittelwert aus mehreren gemessenen Widerstands-Verschiebungslinien als charakteristische Widerstands-Verschiebungslinie gewählt werden und davon ausgehend sollten Zu- und Abschläge Δs_k festgelegt werden. Diese richten sich nach den zu erwartenden Streuungen des Pfahltragverhaltens, den Baugrundverhältnissen sowie den entsprechenden konstruktiven Randbedingungen des Tragwerkes.

Abbildung 4.20 zeigt eine mögliche Ableitung der charakteristischen Widerstände von Einzelpfählen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit aus Probebelastungen. Werden geringe Setzungsdifferenzen zwischen den Einzelpfählen eines Bauwerks erwartet, kann der charakteristische Pfahlwiderstand $R_{c,k}$ (SLS) unter Vorgabe einer zulässigen charakteristischen Setzung s_k entsprechend Abbildung 4.20a bestimmt werden. Werden im Gegensatz dazu erheblichen Setzungsdifferenzen der Einzelpfähle erwartet, sind mögliche obere Grenzwerte $s_{k,max}$ und untere Grenzwerte $s_{k,min}$ der Setzungen entsprechend Abbildung 4.20b zu ermitteln [3].

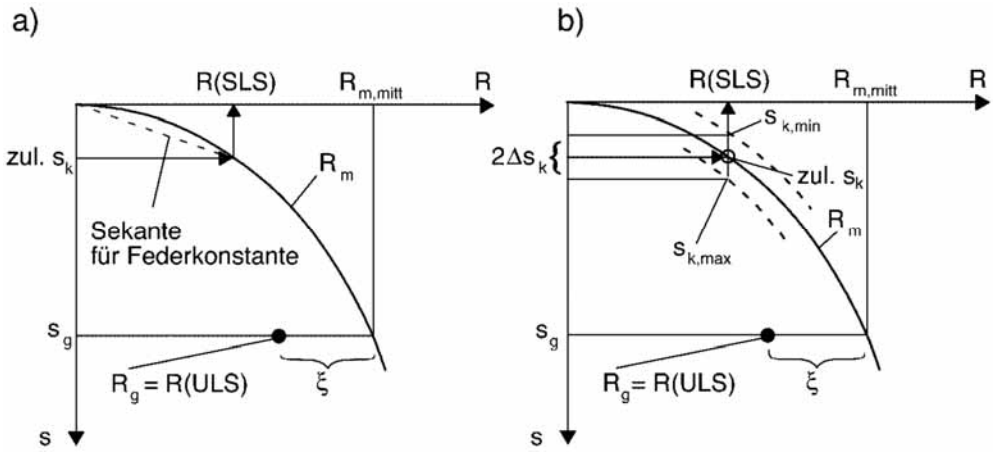


Abbildung 4.20: Mögliche Ableitung der Pfahlwiderstände (SLS) aus [3].

4.10 Ergebnisse der Versuchsreihen

In diesem Abschnitt werden die ermittelten Pfahlwiderstände der einzelnen Versuchsreihen einander gegenübergestellt und die kleinsten Werte, sowie die Mittelwerte bestimmt.

Zur Übersicht werden in Tabelle 4.10 ausgewählte Messergebnisse der an Großbohrpfählen durchgeführten Probebelastungen aufgelistet.

Tabelle 4.10: Übersicht ausgewählter Versuchsdaten der Großbohrpfähle.

Bodenart	Herstellung	Versuchsreihe	Prüfkörper	Gebrauchslast IST	Pfahlkopfsetzung bei Gebrauchslast	Kriechmaß bei Gebrauchslast	max. Prüflast IST	max. Pfahlkopfsetzung	Abbruchkriterium
				[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	
miozäne Sedimente	verrohrt	B.Mx	B.M1	808	0,8	0,89	3.391	142,7	Warnwert Pressenhub erreicht
			B.M2	799	0,9	0,35	3.410	138,5	max. Pressenhub erreicht
			B.M3	802	1,1	0,23	3.210	154,3	max. Pressenhub erreicht
			B.M4	806	1,9	1,30	3.050	177,5	max. Pressenhub erreicht
			B.M5	794	1,1	0,65	4.120	185,5	max. Pressenhub erreicht
	SOB	B.M1x	B.M11	801	1,0	0,60	4.069	157,5	max. Pressenhub erreicht
			B.M12	800	0,8	0,79	5.396	180,5	max. Pressenhub erreicht
			B.M13	801	0,8	1,10	6.035	169,1	max. Pressenhub erreicht
			B.M14	800	0,9	0,65	5.308	174,5	max. Pressenhub erreicht
			B.M15	807	1,1	0,56	5.086	142,3	max. Pressenhub erreicht
Kies („Donauschotter“)	verrohrt	B.K5x	B.K51	795	6,5	0,31	6.006	162,9	Warnwerte w_v, Pressenhub erreicht
			B.K52	800	3,8	0,32	6.025	108,1	kein Abbruch
			B.K53	800	4,0	0,77	5.987	135,0	kein Abbruch
			B.K54	798	5,7	1,11	5.423	156,2	Warnwert Pressenhub erreicht
			B.K55	805	6,5	0,21	5.868	177,7	Warnwert Pressenhub erreicht
		B.Kx	B.K1	808	10,0	0,58	3.440	159,2	Warnwert Pressenhub erreicht
			B.K2	797	13,2	0,68	3.434	172,1	Warnwert Pressenhub erreicht
	SOB	B.K6x	B.K61	797	1,5	0,05	6.022	165,6	max. Pressenhub erreicht
			B.K62	803	0,7	0,07	6.002	120,2	kein Abbruch
			B.K63	801	2,2	0,10	5.792	162,7	max. Pressenhub erreicht
			B.K64	800	4,6	0,23	4.725	160,7	max. Pressenhub erreicht
			B.K65	800	1,0	0,19	5.714	156,8	max. Pressenhub erreicht
		B.K1x	B.K11	816	3,0	0,40	4.506	173,2	Warnwert Pressenhub erreicht
			B.K12	803	5,4	0,23	4.096	177,0	Warnwerte w_v, Pressenhub erreicht

Es werden dabei die Pfahlkopfsetzung und das Kriechmaß auf dem vorgegebenen Gebrauchslastniveau angegeben, sowie die maximale Prüflast, die maximale Pfahlkopfsetzung und das eingetretene Abbruchkriterium des Versuches. Es zeigt sich, dass es bei drei Versuchen im Kies zu keinem Abbruch gekommen ist und die höchste Laststufe auf 6000 kN erreicht werden konnte. Die maximale

Pfahlkopfsetzung liegt bei allen Versuchen über dem Wert von $0{,}1 \cdot D_b$. Dementsprechend konnte das Versuchsziel des Herbeiführens eines „Versagenszustands“ bei allen Probebelastungen der Großbohrpfähle erreicht werden.

4.10.1 Versuchsreihen in den miozänen Sedimenten

Es wurden zwei Versuchsreihen, mit jeweils fünf Versuchen, an Großbohrpfählen mit der Prüfstrecke in den miozänen Sedimenten durchgeführt. Die Versuchsreihe B.M 1-5 wurde im Kellybohrverfahren mit verrohrter Bohrung hergestellt. Die Versuchsreihe B.M 11-15 wurde im SOB-Verfahren hergestellt. Somit besteht die Möglichkeit, die Pfahlwiderstände von Pfählen mit unterschiedlichen Herstellungsverfahren zu vergleichen.

Die Pfähle wurden alle im Prüffeld 1 angeordnet und somit auf eine Fläche von 14 m x 7 m verteilt. Die Prüfstrecke der Pfähle reichte von rund 145 m ü. A. bis 139 m ü. A.

Untergrundverhältnisse in der Prüfstrecke

Die nächstgelegenen Bodenaufschlüsse für diese Pfähle waren die Kernbohrungen KB-Z1 und KB-Z2, deren örtliche Lage in Abbildung 3.3 dargestellt ist. Die entsprechenden Bohrprofile sind im Abschnitt 3.4.1 enthalten.

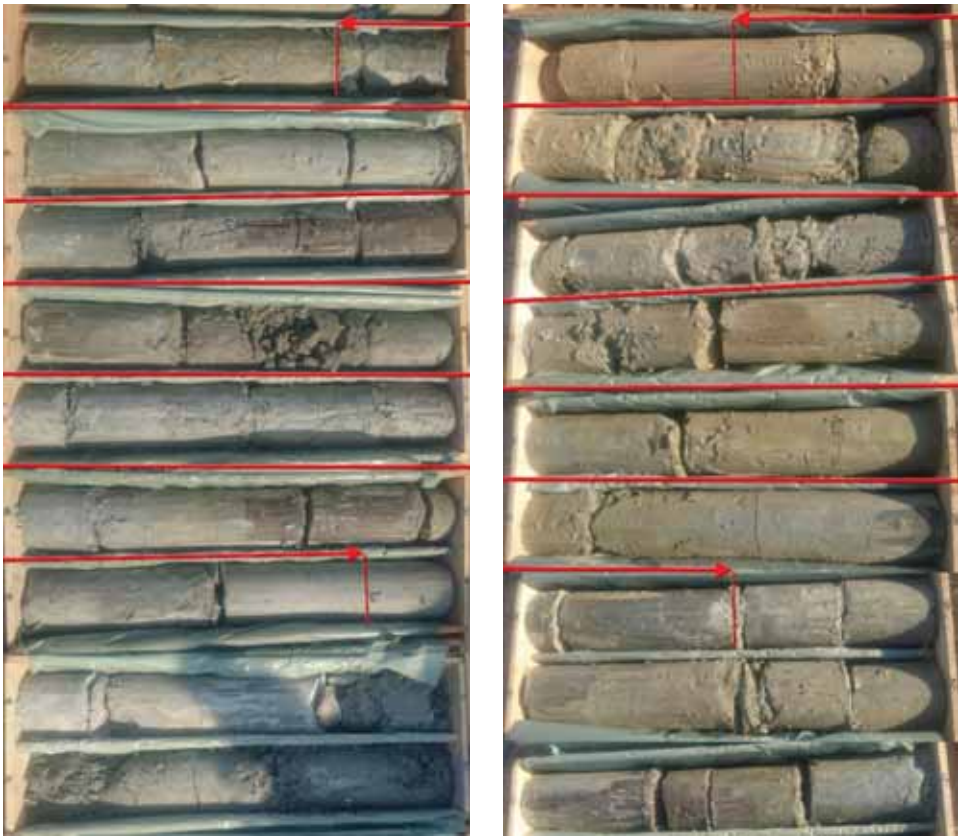


Abbildung 4.21: Kernbohrungen im Bereich der miozänen Sedimente mit Kennzeichnung der Lage der Prüfstrecke (rote Linie), links KB-Z1, rechts KB-Z2 [TU].

Abbildung 4.21 zeigt eine Zusammenstellung der gewonnenen Bodenaufschlüsse im Bereich der Prüfstrecke (rot gekennzeichnete Bereiche) für die beiden Aufschlussbohrungen. Am linken Bild ist

die KB-Z1 dargestellt, die sich westlich neben dem Prüffeld 1 befand und am rechten Bild ist die KB-Z2 dargestellt, die sich östlich vom Prüffeld 1, zwischen den beiden Prüffeldern befand. Abbildung 4.22 zeigt die Korngrößenverteilung der aus den Kernbohrungen gewonnenen Bodenproben im Entnahmebereiche innerhalb der Prüfstrecke gemäß den Laboruntersuchungen der TU Wien [59].

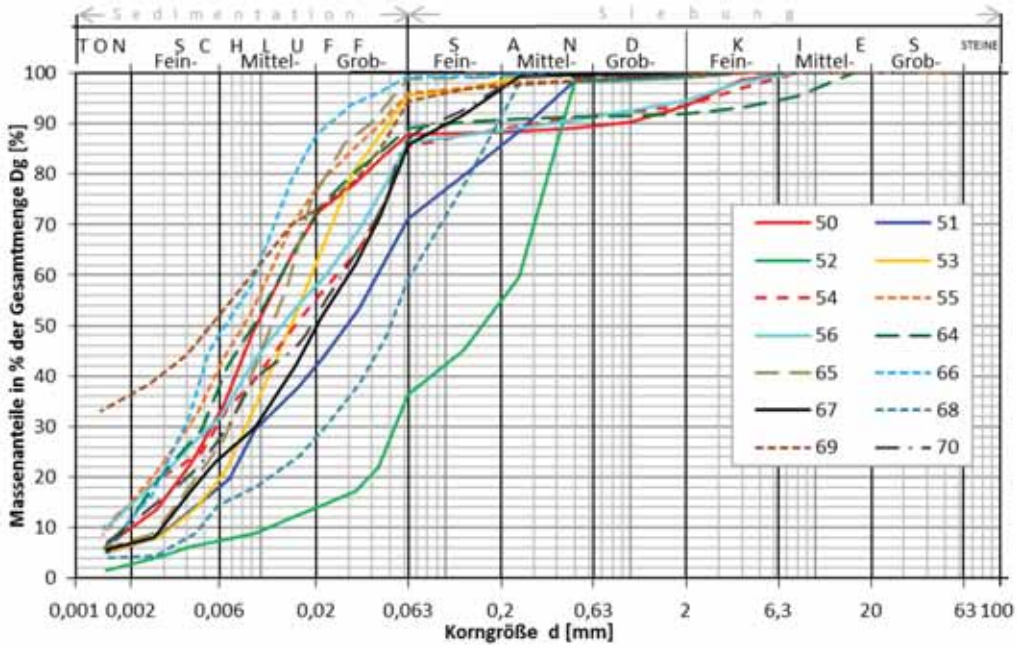


Abbildung 4.22: Korngrößenverteilung im Bereich der Prüfstrecke der miozänen Sedimente aus Bodenproben von KB-Z1 und KB-Z2 gemäß [59].

Tabelle 4.11: Konsistenz der Bodenproben von KB-Z1 und KB-Z2 im Bereich der Prüfstrecke gemäß [59].

Aufschluss	Probennummer	*OK* [m ü. A.]	*UK* [m ü. A.]	I_c [-]	$(q_u)_{mitt}$ [MN/m²]	Konsistenz
KB-Z1	50	144,35	144,05	1,41	0,12	fest
KB-Z1	51	143,15	142,75	1,46	0,62	fest
KB-Z1	52	142,45	141,95	-	-	-
KB-Z1	53	141,65	141,25	0,92	0,17	sehr steif
KB-Z1	54	140,25	140,85	1,72	0,59	fest
KB-Z1	55	139,35	138,75	1,29	0,55	fest
KB-Z1	56	136,25	135,75	1,74	0,48	fest
KB-Z2	64	144,65	144,45	1,65	-	fest
KB-Z2	65	144,25	143,95	0,94	-	sehr steif
KB-Z2	66	143,45	143,05	0,97	0,10	sehr steif
KB-Z2	67	141,05	140,65	1,02	0,10	halbfest
KB-Z2	68	140,45	140,15	1,43	0,06	fest
KB-Z2	69	139,35	138,85	1,21	0,61	fest
KB-Z2	70	138,85	138,45	1,69	0,24	fest

In Tabelle 4.11 sind die aus den Kernbohrungen gewonnenen Bodenproben und deren Entnahmebereiche innerhalb der Prüfstrecke angegeben. Um die Konsistenz entsprechend der Tabelle 4.12 aus der ÖNORM B 1997-1-3 [21] angeben zu können, werden in Tabelle 4.11 auch die Konsistenzzahl *Ic* und die mittleren einaxialen Druckfestigkeiten $(q_u)_{mitt}$ aus den Laboruntersuchungen der TU Wien [59] aufgelistet.

Bei Betrachtung der Laboruntersuchungen [59] und der KB-Z1 (siehe Abbildung 4.21) kann man hier für große Teile der Prüfstrecke einen mittelplastischen Schluff (grau-blau) mit halbfester bis fester Konsistenz erkennen. Daneben sind zwei dunkelbraune bis schwarze Bereiche in der Prüfstrecke enthalten, bei denen es sich um einen leicht bis mittelplastischen Ton mit fester Konsistenz handelt. Zusätzlich sind Sandschichten ungefähr in der Mitte der Prüfstrecke, sowie ca. einen Meter unterhalb der Prüfstrecke vorhanden.

Die KB-Z2 beinhaltet in weiten Bereichen der Prüfstrecke ebenso einen Schluff (braun bis grau-blau), mit steifer bis fester Konsistenz, wobei speziell im oberen Bereich der Prüfstrecke die Konsistenz geringer ist. Bei den dunkleren Stellen im unteren Bereich dieser Kernbohrung handelt es sich um einen leicht- bis mittelplastischen Ton mit fester Konsistenz. Feinsand kann ab einer Tiefe von ca. 135 m ü. A. festgestellt werden.

Zusammenfassend kann die Konsistenz der Prüfstrecke bei KB-Z1 als halbfest bis fest und bei KB-Z2 als halbfest angegeben werden.

Tabellenwerte aus ÖNORM B 1997-1-3

Die ÖNORM B 1997-1-3 [21] gibt im Anhang C Tabellenwerte für die Berechnung von Pfahlwiderständen von axial beanspruchten Bohrpfählen an. Um in weiterer Folge Vergleiche zu den gemessenen Pfahlwiderständen ziehen zu können, werden nachfolgend die entsprechenden Tabellen für bindige, feinkörnige Böden angegeben.

Als Kriterium für die Festlegung der Pfahlwiderstände wird bei den bindigen Böden die Konsistenz herangezogen. Dafür ist aus [21] die Tabelle 4.12 angegeben, die Zusammenhänge zwischen der Konsistenzzahl I_c und der Konsistenz feinkörniger Böden, sowie die Richtwerte für die zugehörige Druckfestigkeit q_u angibt.

Tabelle 4.12: Zusammenhänge zwischen der Konsistenzzahl und der Konsistenz feinkörniger Böden, adaptiert aus [21].

Konsistenzzahl	Konsistenz	Richtwerte für die zugehörige Druckfestigkeit q_u in MN/m²
0,00 bis ≤ 0,25	breiig	0
> 0,25 bis ≤ 0,50	sehr weich	0
> 0,50 bis ≤ 0,75	weich	0,03
> 0,75 bis ≤ 0,90	steif	0,06
> 0,90 bis ≤ 1,00	sehr steif	0,10
> 1,00 bis ≤ 1,25	halbfest	0,15
> 1,25	fest	≥ 0,20

Die Werte für die charakteristischen Pfahlmantelwiderstände $q_{s,k}$ in bindigen, feinkörnigen Böden für den Gebrauchstauglichkeits- und Grenztragfähigkeitsnachweis werden in Abhängigkeit von der Konsistenzzahl (ohne Mantelverpressung) in Tabelle 4.13 angegeben.

Tabelle 4.13: Charakteristische Pfahlmantelwiderstände $q_{s,k}$ in bindigen / feinkörnigen Böden, abhängig von der Konsistenz aus [21].

Konsistenz	Charakteristischer Wert des Pfahlmantelwiderstandes $q_{s;k}$	
	für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis [MN/m²]	für den Grenztragfähigkeitsnachweis [MN/m²]
weich	0,010	0,015
steif	0,020	0,030
sehr steif	0,035	0,052
halbfest	0,050	0,075
fest	0,070	0,105
Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.		

Die Werte für die charakteristischen Pfahlsohlwiderstände $q_{b,k}$ in bindigen, feinkörnigen Böden werden in Abhängigkeit von der Konsistenzzahl I_c und von der bezogenen Pfahlkopfsetzung s/D_b (ohne Fußverpressung) in Tabelle 4.14 angegeben.

Tabelle 4.14: Charakteristische Pfahlsohlwiderstände $q_{b;k}$ in bindigen, feinkörnigen Böden, abhängig von der Konsistenz aus [21].

Bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_b	Charakteristische Pfahlsohlwiderstände $q_{b,k}$ nach Konsistenz			
	steif [MN/m²]	sehr steif [MN/m²]	halbfest [MN/m²]	fest [MN/m²]
0,005	0,10	0,15	0,25	0,30
0,01	0,15	0,30	0,45	0,60
0,02	0,35	0,60	0,90	1,20
0,03	0,45	0,80	1,15	1,50
0,05	0,60	1,10	1,60	2,10
0,075	0,70	1,40	2,00	2,60
0,10 (= s_g/D_b)	0,80	1,50	2,20	3,00
Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.				

4.10.1.1 Versuchsreihe B.M 1-5 (verrohrte Bohrpfähle)

Bei der Versuchsreihe B.M 1-5 handelt es sich um Großbohrpfähle mit einem Durchmesser von 900 mm und einer Länge der Prüfstrecke von 6,14 m in den miozänen Sedimenten. Die Pfähle wurden mittels verrohrter Bohrung hergestellt, wobei mit Wasserauflast gebohrt wurde, um hydraulischem Grundbruch vorzubeugen. Die Pfähle wurden wie geplant hergestellt [46].

Eine Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ aus den einzelnen Versuchen ist in Tabelle 4.15 enthalten. Die bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_b für den Bereich von 0,005 bis 0,100 bzw. die zugehörige Setzung dient hierbei als Vergleichsbasis.

Tabelle 4.15: Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.M 1–5 (verrohrt).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlwiderstand**						
		je Belastungsversuch					Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$R_{c,m,1}$ [kN]	$R_{c,m,2}$ [kN]	$R_{c,m,3}$ [kN]	$R_{c,m,4}$ [kN]	$R_{c,m,5}$ [kN]	$(R_{c,m})_{mitt}$ [kN]	**$(R_{c,m})_{min}$ [kN]**
0,005	4,5	1.530	1.548	1.483	1.300	1.182	1.409	**1.182**
0,010	9	1.778	1.806	1.739	1.588	1.550	1.692	**1.550**
0,020	18	2.100	2.107	2.002	1.871	1.834	1.983	**1.834**
0,030	27	2.321	2.316	2.184	2.054	2.109	2.197	**2.054**
0,050	45	2.738	2.732	2.463	2.197	2.437	2.514	**2.197**
0,075	67,5	2.909	2.912	2.823	2.332	2.817	2.759	**2.332**
0,100	90	3.061	3.078	3.259	2.467	3.090	2.991	**2.467**

Das zugehörige Diagramm der Widerstands-Verschiebungslinien wird in Abbildung 4.23 gezeigt. Die einzelnen Versuche sind in unterschiedlichen Farben dargestellt, wobei in Ergänzung zum Pfahlwiderstand $R_{c,m,i}$ (durchgezogene Linien) der Pfahlmantelwiderstand $R_{s,m,i}$ (strichliert) und der Pfahlfußwiderstand $R_{b,m,i}$ (strich-punktiert) dargestellt werden.

Die abgeleiteten charakteristischen Widerstands-Verschiebungslinien sind in schwarz dargestellt. Die kleinsten Werte $(R_{c,m})_{min}$ wurden hierbei punktiert und die Mittelwerte $(R_{c,m})_{mitt}$ strichliert eingezeichnet.

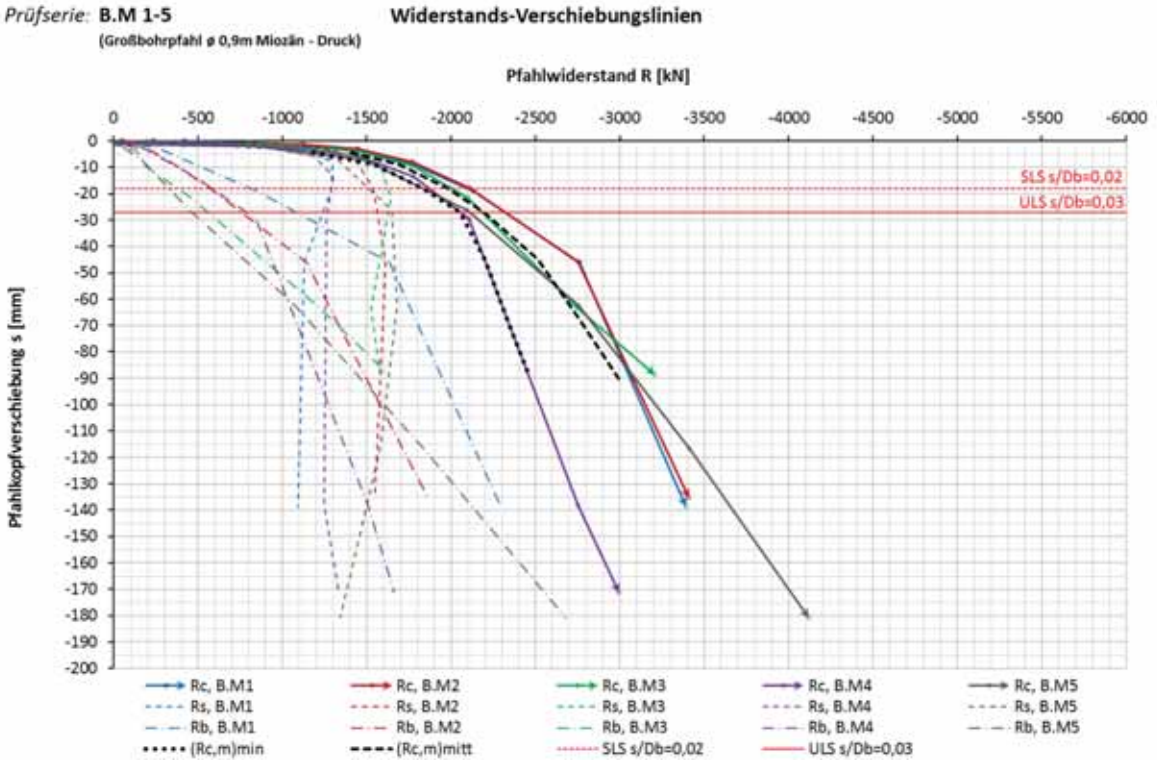


Abbildung 4.23: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.M 1–5 (verrohrt).

Die kleinsten Pfahlwiderstände wurden im Bereich geringer Setzungen beim Pfahl B.M 5 und ab einer Setzung von 27 mm beim Pfahl B.M 4 gemessen. Die Streuung der Werte nimmt mit steigender

Setzung zu, wobei auch hier der Pfahl B.M 4 am stärksten von den anderen Versuchen abweicht. Die geringste Grenztragfähigkeit wurde ebenfalls beim Pfahl B.M 4 gemessen und liegt bei 2100 kN bei einer Pfahlkopfsetzung von 29 mm. In Abbildung 4.23 ist somit die Grenztragfähigkeit (ULS) mit einer roten Linie bei einer bezogenen Pfahlkopfsetzung von s/D_b = 0,03 (s= 27 mm) dargestellt. Für die zulässige Setzung der Gebrauchstauglichkeit (SLS) wurde ein in der Praxis üblicher Wert von s/D_b = 0,02 (s = 18 mm) gewählt und mit einer rot-strichlierten Linie in Abbildung 4.23 eingetragen.

Bei dieser Versuchsreihe zeigt sich, dass der Pfahlmantelwiderstand bei allen Pfählen voll mobilisiert werden konnte. Die Grenzsetzung bei voll mobilisiertem Pfahlmantelwiderstand s_{sg} liegt im Bereich von ~10 mm beim Pfahl B.M 1 bis ~30 mm beim Pfahl B.M 5. Darüber wurden die zusätzlichen Lasten nur mehr vom Pfahlfußwiderstand übernommen.

Der Pfahlfußwiderstand entwickelt sich mit zunehmender Setzung kontinuierlich und annähernd linear. Eine Abnahme der Steigerung des Pfahlfußwiderstands (Knick der Linie) ist bei drei Versuchen im Bereich von 30 mm bis 50 mm Setzung erkennbar, was hohe Setzungen bei den weiteren Laststufen und somit einen Abbruch des Versuches zur Folge hatte.

Die gemessenen Pfahlmantelwiderstände zwischen dem obersten und untersten Messquerschnitt in der Prüfstrecke wurden auf die entsprechende planmäßige Mantelfläche bezogen und der Pfahlmantelwiderstand $q_{s,m,MQ2\text{-}5}$ bestimmt. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche $q_{s,m,1\text{-}5}$, sowie die Mittelwerte $(q_{s,m})_{mitt}$ und kleinsten Werte $(q_{s,m})_{min}$ sind in Abhängigkeit von der bezogenen Pfahlkopfsetzung s/D_b in Tabelle 4.16 enthalten. Das zugehörige Diagramm der Pfahlmantelwiderstands-Verschiebungslinien wird in Abbildung 4.24 gezeigt.

Tabelle 4.16: Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände $q_{s,m,MQ2\text{-}5}$, B.M 1–5 (verrohrt).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlmantelwiderstand $q_{s,m,MQ2\text{-}5}$**						
		je Belastungsversuch					Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$q_{s,m,1}$ [kN/m²]	$q_{s,m,2}$ [kN/m²]	$q_{s,m,3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,5}$ [kN/m²]	$(q_{s,m})_{mitt}$ [kN/m²]	**$(q_{s,m})_{min}$ [kN/m²]**
0,005	4,5	69	70	82	50	52	65	**50**
0,010	9	75	77	99	64	70	77	**64**
0,020	18	74	84	108	71	81	84	**71**
0,030	27	72	85	110	72	91	86	**72**
0,050	45	70	89	107	72	96	87	**70**
0,075	67,5	-	-	-	73	101	87	**73**
0,100	90	-	-	-	74	102	88	**74**

Die aus den Versuchen ermittelten Pfahlmantelwiderstände, für den Grenztragfähigkeitsnachweis (ULS) bei s/D_b = 0,03 (s = 27 mm), liegen bei 72 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 86 kN/m² für den Mittelwert. Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (SLS) bei s/D_b = 0,02 (s = 18 mm), liegen die Werte bei 71 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 84 kN/m² für den Mittelwert.

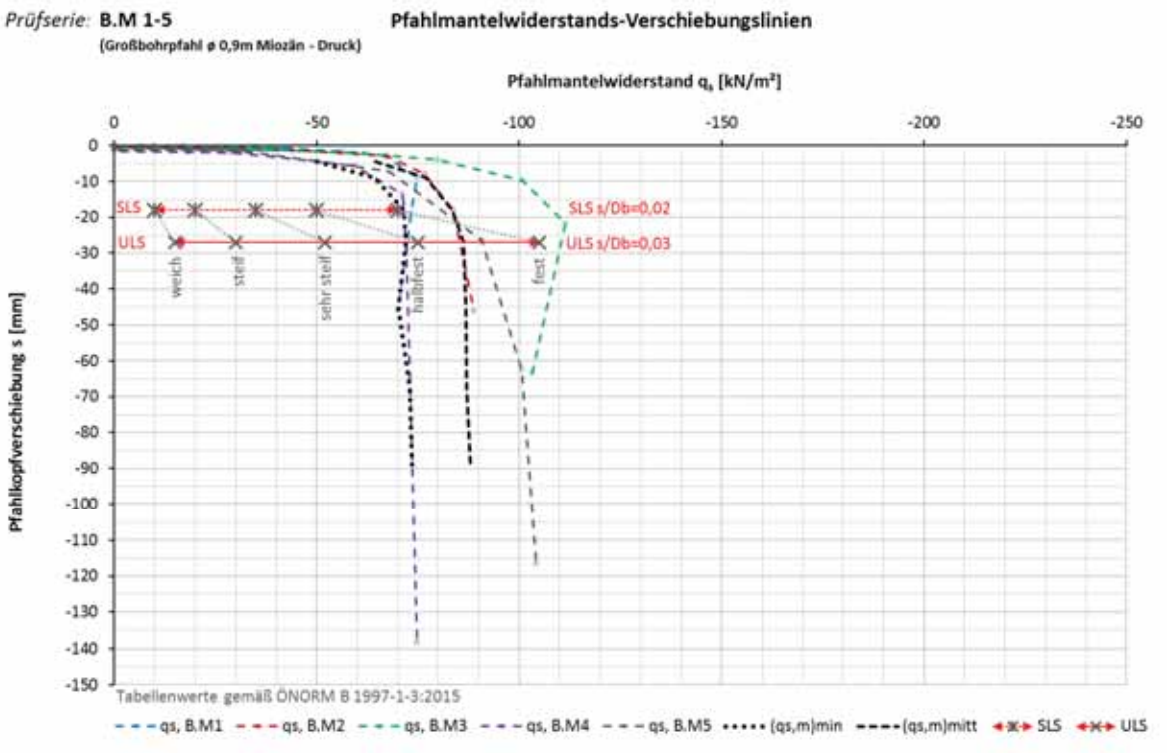


Abbildung 4.24: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.M 1–5 (verrohrt).

Für einen Vergleich dieser Ergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3 [21] werden die Werte der charakteristischen Pfahlmantelwiderstände $q_{s,k}$ entsprechend der Tabelle 4.13 herangezogen, diese sind auch in Abbildung 4.24 dargestellt. Durch die Anzahl von fünf Versuchen können die Streuungsfaktoren gemäß ÖNORM B 1997-1-1 [20] mit $\xi_1 = \xi_2 = 1{,}0$ angenommen werden. Bezieht man die Gleichung (4.13) auf den Pfahlmantelwiderstand gilt für die Ableitung charakteristischer Pfahlmantelwiderstände aus den Versuchsergebnissen $(q_{s,m})_{min} = q_{s,k}$. Die Vergleiche für den Grenztragfähigkeitsnachweis und den Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Konsistenzen sehr steif, halbfest und fest sind in Abbildung 4.25 dargestellt.

Vergleich Pfahlmantelwiderstand: Versuchergebnisse / ÖNORM B 1997-1-3:2015								
Versuchsreihe	Herstellverfahren	Konsistenz	Gebrauchstauglichkeits-nachweis s/Db = 0,02			Grenztragfähigkeits-nachweis s/Db = 0,03		
			Versuch $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich
B.M 1-5	verrohrt	sehr steif	71	35	+103%	72	52	+38%
		halbfest		50	+42%		75	-4%
		fest		70	+1%		105	-31%

Abbildung 4.25: Pfahlmantelwiderstand B.M 1-5 (verrohrt): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21].

Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis zeigt sich, dass der kleinste Pfahlmantelwiderstand dieser Versuchsreihe bei $s/D_b = 0{,}02$ um 42% über dem Tabellenwert bei halbfester Konsistenz liegt. Für

den Grenztragfähigkeitsnachweis liegt der kleinste Pfahlmantelwiderstand dieser Versuchsreihe bei s/D_b = 0,03 um 4% unter dem Tabellenwert bei halbfester Konsistenz.

Der Pfahlsohlwiderstand $q_{b,m}$ wurde bei den Pfählen B.M 1-3 direkt mit einer Sohldruckmessdose gemessen. Bei jenen Pfählen ohne Sohldruckmessdose wurde der Pfahlsohlwiderstand entsprechend Abschnitt 4.7.7 rückgerechnet. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche $q_{b,1\text{-}5}$, sowie die Mittelwerte $(q_{b,m})_{mitt}$ und kleinsten Werte $(q_{b,m})_{min}$ sind in Abhängigkeit der bezogenen Pfahlkopfsetzung s/D_b in der Tabelle 4.17 enthalten. Das zugehörige Diagramm der Pfahlsohlwiderstands-Verschiebungslinien wird in Abbildung 4.26 gezeigt.

Tabelle 4.17: Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.M 1–5 (verrohrt).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlsohlwiderstand q_b**						
		je Belastungsversuch					Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$q_{b,m,1}$ [kN/m²]	$q_{b,m,2}$ [kN/m²]	$q_{b,m,3}$ [kN/m²]	$q_{b,m,4}$ [kN/m²]	$q_{b,m,5}$ [kN/m²]	$(q_{b,m})_{mitt}$ [kN/m²]	**$(q_{b,m})_{min}$ [kN/m²]**
0,005	4,5	505	377	221	352	162	324	**162**
0,010	9	754	563	290	554	302	493	**290**
0,020	18	1.277	897	593	912	513	838	**513**
0,030	27	1.700	1.185	875	1.236	726	1.144	**726**
0,050	45	2.522	1.762	1.394	1.473	1.216	1.673	**1.216**
0,075	67,5	-	-	-	1.689	1.801	1.745	**1.689**
0,100	90	-	-	-	1.906	2.296	2.101	**1.906**

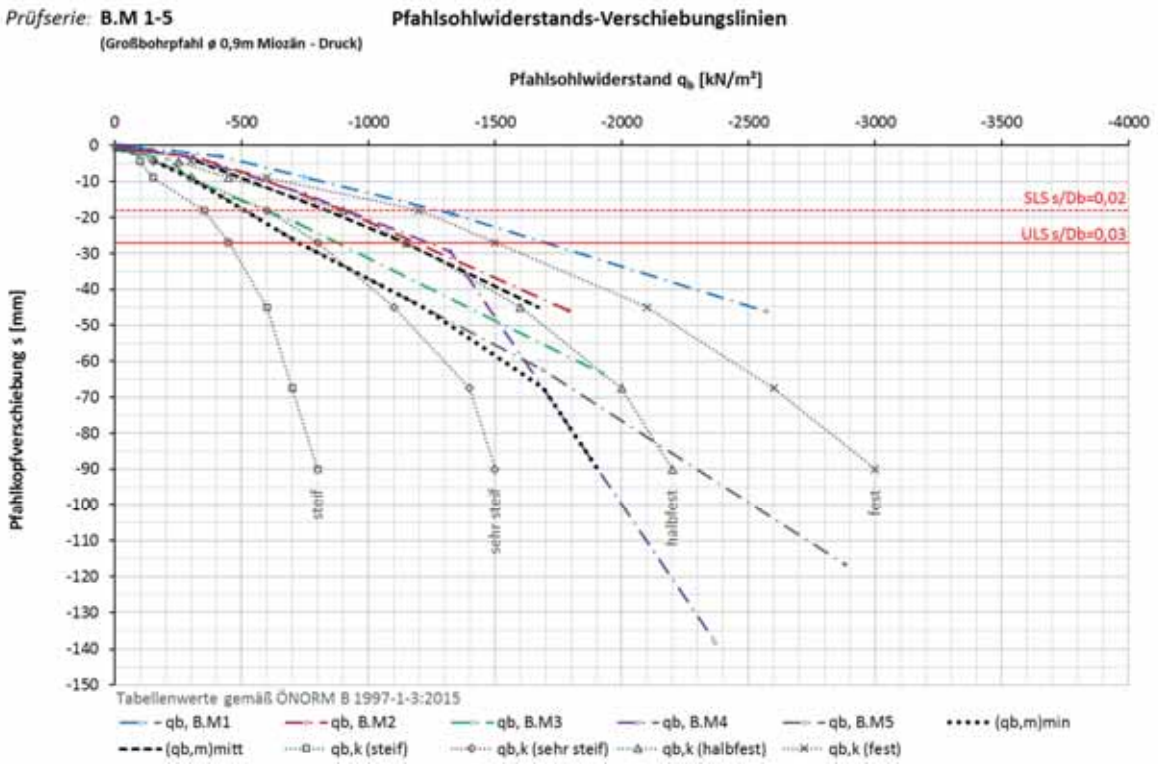


Abbildung 4.26: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.M 1–5 (verrohrt).

Die aus den Versuchen ermittelten Pfahlsohlwiderstände, für den Grenztragfähigkeitsnachweis (ULS) bei s/D_b = 0,03 (s = 27 mm), liegen bei 726 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 1144 kN/m² für den Mittelwert. Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (SLS) bei s/D_b = 0,02 (s = 18 mm), liegen die Werte bei 513 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 838 kN/m² für den Mittelwert.

Für einen Vergleich dieser Ergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3 [21] werden die Werte der charakteristischen Pfahlsohlwiderstände $q_{b,k}$ entsprechend der Tabelle 4.14 herangezogen, diese sind auch in Abbildung 4.26 dargestellt. Durch die Anzahl von fünf Versuchen können die Streuungsfaktoren gemäß ÖNORM B 1997-1-1 [20] mit $\xi_1 = \xi_2 = 1{,}0$ angenommen werden. Bezieht man die Gleichung (4.13) auf den Pfahlsohlwiderstand gilt für die Ableitung charakteristischer Pfahlsohlwiderstände aus den Versuchsergebnissen $(q_{b,m})_{min} = q_{b,k}$. Die Vergleiche für den Grenztragfähigkeitsnachweis und den Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Konsistenzen sehr steif, halbfest und fest sind in Abbildung 4.27 dargestellt.

Vergleich Pfahlsohlwiderstand: Versuchergebnisse / ÖNORM B 1997-1-3:2015								
Versuchsreihe	Herstellverfahren	Konsistenz	Gebrauchstauglichkeits-nachweis s/Db = 0,02			Grenztragfähigkeits-nachweis s/Db = 0,03		
			Versuch $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich
B.M 1-5	verrohrt	sehr steif	513	600	-15%	726	800	-9%
		halbfest		900	-43%		1150	-37%
		fest		1200	-57%		1500	-52%

Abbildung 4.27: Pfahlsohlwiderstand B.M 1-5 (verrohrt): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21].

Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis zeigt sich, dass der kleinste Pfahlsohlwiderstand dieser Versuchsreihe bei s/D_b = 0,02 um 43% unter dem Tabellenwert bei halbfester Konsistenz liegt. Für den Grenztragfähigkeitsnachweis liegt der kleinste Pfahlmantelwiderstand dieser Versuchsreihe bei s/D_b = 0,03 um 37% unter dem Tabellenwert bei halbfester Konsistenz.

4.10.1.2 Versuchsreihe B.M 11-15 (SOB-Pfähle)

Bei der Versuchsreihe B.M 11-15 handelt es sich um Großbohrpfähle mit einem Durchmesser von 900 mm und einer Länge der Prüfstrecke von 6,1 m in den miozänen Sedimenten. Die Pfähle wurden im SOB-Verfahren, wie geplant hergestellt [47].

Eine Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ aus den einzelnen Versuchen ist in Tabelle 4.18 enthalten. Die bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_b für den Bereich von 0,005 bis 0,100 bzw. die zugehörige Setzung, dient hierbei als Vergleichsbasis.

Tabelle 4.18: Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.M 11–15 (SOB).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlwiderstand**						
		je Belastungsversuch					Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$R_{c,m,1}$ [kN]	$R_{c,m,2}$ [kN]	$R_{c,m,3}$ [kN]	$R_{c,m,4}$ [kN]	$R_{c,m,5}$ [kN]	$(R_{c,m})_{mitt}$ [kN]	**$(R_{c,m})_{min}$ [kN]**
0,005	4,5	2.098	2.228	2.562	2.308	1.993	2.238	**1.993**
0,010	9	2.423	2.754	3.327	2.885	2.572	2.792	**2.423**
0,020	18	2.842	3.233	3.957	3.452	3.213	3.339	**2.842**
0,030	27	3.017	3.567	4.258	3.709	3.567	3.623	**3.017**
0,050	45	3.366	4.060	4.717	4.139	4.055	4.067	**3.366**
0,075	67,5	3.537	4.397	4.908	4.444	4.341	4.325	**3.537**
0,100	90	3.664	4.718	5.098	4.740	4.626	4.569	**3.664**

Das zugehörige Diagramm der Widerstands-Verschiebungslinien wird in Abbildung 4.28 gezeigt. Die einzelnen Versuche sind in unterschiedlichen Farben dargestellt, wobei in Ergänzung zum Pfahlwiderstand $R_{c,m,i}$ (durchgezogene Linien) der Pfahlmantelwiderstand $R_{s,m,i}$ (strichliert) sowie der der Pfahlfußwiderstand $R_{b,m,i}$ (strich-punktiert) dargestellt werden.

Die abgeleiteten, charakteristischen Widerstands-Verschiebungslinien sind in schwarz dargestellt. Die kleinsten Werte $(R_{c,m})_{min}$ wurden hierbei punktiert und die Mittelwerte $(R_{c,m})_{mitt}$ strichliert eingezeichnet.

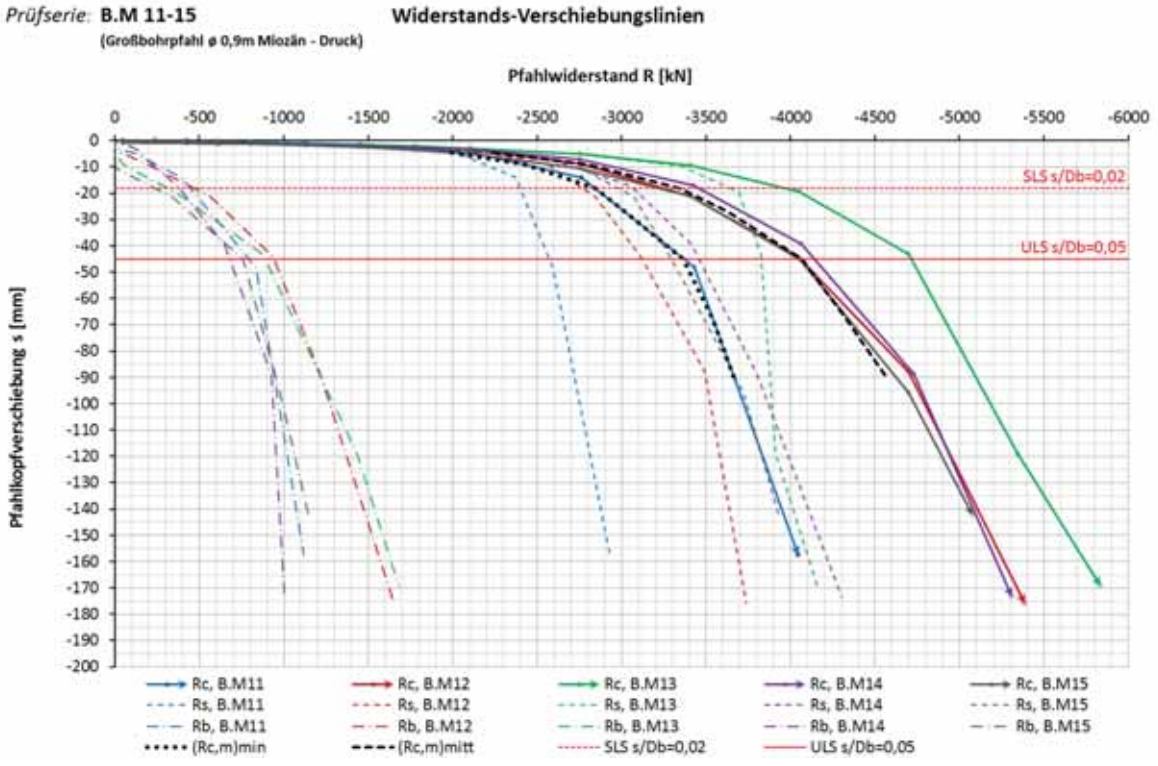


Abbildung 4.28: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.M 11–15 (SOB).

Die kleinsten Pfahlwiderstände wurden bei geringen Setzungen (<10 mm) beim Pfahl B.M 15 und in weiterer Folge beim Pfahl B.M 11 gemessen. Die geringste Grenztragfähigkeit wurde ebenfalls beim Pfahl B.M 11 gemessen und liegt bei 3400 kN bei einer Pfahlkopfsetzung von 48 mm. In Abbildung 4.28 ist somit die Grenztragfähigkeit (ULS) mit einer roten Linie bei einer bezogenen Pfahlkopfsetzung von s/D_b = 0,05 (s = 45 mm) dargestellt. Für die zulässige Setzung der Gebrauchstauglichkeit (SLS) wurde ein üblicher Wert aus der Praxis mit s/D_b = 0,02 (s = 18 mm) gewählt und mit einer rot-strichlierten Linie in Abbildung 4.28 eingetragen. Die Streuung aller Pfahlwiderstände-Verschiebungslinien nimmt mit steigender Setzung zu, wobei die Pfähle B.M 12, 14 und 15 einen sehr ähnlichen Verlauf zeigen. Der höchste Pfahlwiderstand wurde beim Pfahl B.M 13 erreicht.

Der Pfahlmantelwiderstand wurde bei diesen Pfählen, im Gegensatz zur Versuchsreihe B.M 1-5 (verrohrt), nicht voll mobilisiert. Das zeigt die Zunahme des Mantelwiderstands bei allen Pfählen bis zur höchsten Laststufen, wobei die Steigerung des Mantelwiderstands ab einer Setzung von ~20 mm abnimmt. Sehr deutlich ist auch zu erkennen, dass ein Großteil der Lastabtragung über den Pfahlmantelwiderstand erfolgt, womit sich auch das bessere Last-Setzungsverhalten der SOB-Pfähle im Vergleich zu den verrohrt hergestellten Pfählen begründet.

Durch die geringen Setzungen entwickelt sich der Pfahlfußwiderstand erst bei den höheren Laststufen und steigt kontinuierlich bis zur maximalen Setzung. Auch hier ist eine Abnahme der Steigerung des Pfahlfußwiderstandes mit zunehmender Setzung zu erkennen.

Die gemessenen Pfahlmantelwiderstände zwischen dem obersten und untersten Messquerschnitt in der Prüfstrecke wurden auf die entsprechende planmäßige Mantelfläche bezogen und der Pfahlmantelwiderstand $q_{s,m,MQ2\text{-}5}$ bestimmt. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche $q_{s,m,1\text{-}5}$, sowie die Mittelwerte $(q_{s,m})_{mitt}$ und kleinsten Werte $(q_{s,m})_{min}$ sind in Abhängigkeit von der bezogenen Pfahlkopfsetzung s/D_b in Tabelle 4.19 enthalten. Das zugehörige Diagramm der Pfahlmantelwiderstands-Verschiebungslinien wird in Abbildung 4.29 gezeigt.

Tabelle 4.19: Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_b, B.M 11–15 (SOB).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlmantelwiderstand $q_{s,m,MQ2\text{-}5}$**						
		je Belastungsversuch					Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$q_{s,m,1}$ [kN/m²]	$q_{s,m,2}$ [kN/m²]	$q_{s,m,3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,5}$ [kN/m²]	$(q_{s,m})_{mitt}$ [kN/m²]	**$(q_{s,m})_{min}$ [kN/m²]**
0,005	4,5	112	133	154	119	135	131	**112**
0,010	9	122	149	189	151	162	155	**122**
0,020	18	133	162	213	176	184	174	**133**
0,030	27	136	172	221	184	193	181	**136**
0,050	45	142	186	229	198	206	192	**142**
0,075	67,5	-	199	230	208	217	214	**199**
0,100	90	-	-	231	-	227	229	**227**

Die aus den Versuchen ermittelten Pfahlmantelwiderstände, für den Grenztragfähigkeitsnachweis (ULS) bei s/D_b = 0,05 (s = 45 mm), liegen bei 142 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 192 kN/m² für den Mittelwert. Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (SLS) bei s/D_b = 0,02 (s = 18 mm), liegen die Werte bei 133 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 174 kN/m² für den Mittelwert.

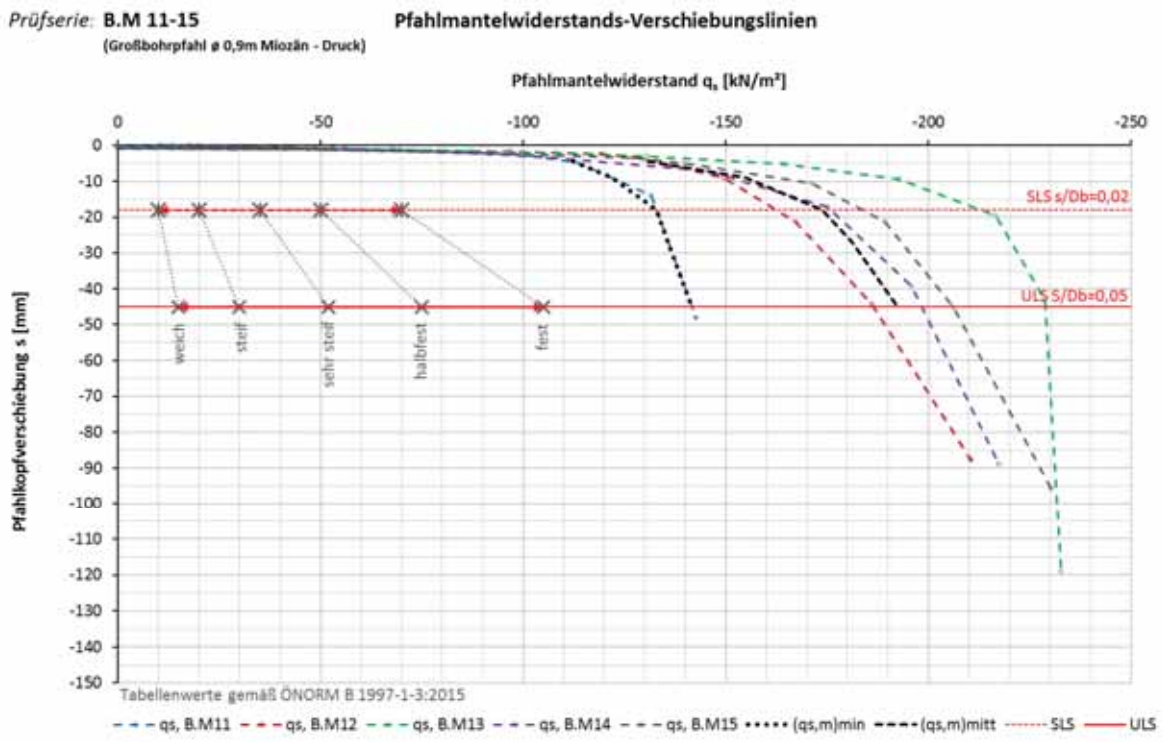


Abbildung 4.29: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.M 11–15 (SOB).

Für einen Vergleich dieser Ergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3 [21] werden die Werte der charakteristischen Pfahlmantelwiderstände $q_{s,k}$ entsprechend der Tabelle 4.13 herangezogen, diese sind auch in Abbildung 4.29 dargestellt. Durch die Anzahl von fünf Versuchen können die Streuungsfaktoren gemäß ÖNORM B 1997-1-1 [20] mit $\xi_1 = \xi_2 = 1{,}0$ angenommen werden. Bezieht man die Gleichung (4.13) auf den Pfahlmantelwiderstand gilt für die Ableitung charakteristischer Pfahlmantelwiderstände aus den Versuchsergebnissen $(q_{s,m})_{min} = q_{s,k}$. Die Vergleiche für den Grenztragfähigkeitsnachweis und den Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Konsistenzen sehr steif, halbfest und fest sind in Abbildung 4.30 dargestellt.

Vergleich Pfahlmantelwiderstand: Versuchergebnisse / ÖNORM B 1997-1-3:2015								
Versuchsreihe	Herstellverfahren	Konsistenz	Gebrauchstauglichkeits-nachweis s/Db = 0,02			Grenztragfähigkeits-nachweis s/Db = 0,05		
			Versuch $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich
B.M 11-15	SOB	sehr steif	133	35	+280%	142	52	+173%
		halbfest		50	+166%		75	+89%
		fest		70	+90%		105	+35%

Abbildung 4.30: Pfahlmantelwiderstand B.M 11-15 (SOB): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21].

Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis zeigt sich, dass der kleinste Pfahlmantelwiderstand dieser Versuchsreihe bei $s/D_b = 0{,}02$ um 166% über dem Tabellenwert bei halbfester Konsistenz liegt. Für

den Grenztragfähigkeitsnachweis liegt der kleinste Pfahlmantelwiderstand dieser Versuchsreihe bei s/D_b = 0,05 um 89% über dem Tabellenwert bei halbfester Konsistenz.

Der Pfahlsohlwiderstand wurde nicht direkt gemessen und somit entsprechend Abschnitt 4.7.7 rückgerechnet. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche $q_{b,1\text{-}5}$, sowie die Mittelwerte $(q_{b,m})_{mitt}$ und kleinsten Werte $(q_{b,m})_{min}$ sind in Abhängigkeit der bezogenen Pfahlkopfsetzung s/D_b in der Tabelle 4.20 enthalten. Das zugehörige Diagramm der Pfahlsohlwiderstands-Verschiebungslinien wird in Abbildung 4.31 gezeigt.

Tabelle 4.20: Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.M 11–15 (SOB).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlsohlwiderstand q_b**						
		je Belastungsversuch					Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$q_{b,m,1}$ [kN/m²]	$q_{b,m,2}$ [kN/m²]	$q_{b,m,3}$ [kN/m²]	$q_{b,m,4}$ [kN/m²]	$q_{b,m,5}$ [kN/m²]	$(q_{b,m})_{mitt}$ [kN/m²]	**$(q_{b,m})_{min}$ [kN/m²]**
0,005	4,5	156	59	0	231	0	89	**0**
0,010	9	376	301	83	348	0	221	**0**
0,020	18	697	731	492	601	371	578	**371**
0,030	27	880	1.033	820	778	690	840	**690**
0,050	45	1.247	1.480	1.397	1.071	1.192	1.278	**1.071**
0,075	67,5	-	1.702	1.658	1.271	1.345	1.494	**1.271**
0,100	90	-	-	1.919	-	1.497	1.708	**1.497**

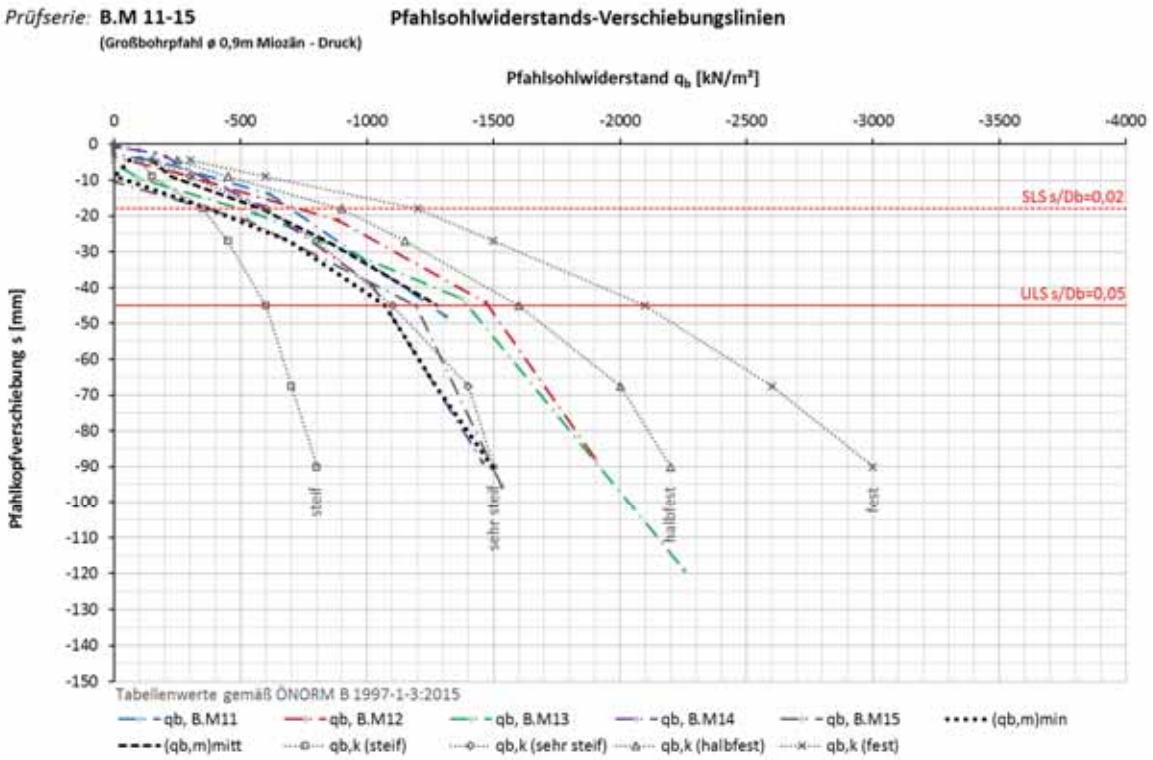


Abbildung 4.31: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.M 11–15 (SOB).

Die aus den Versuchen ermittelten Pfahlsohlwiderstände, für den Grenztragfähigkeitsnachweis (ULS) bei s/D_b = 0,05 (s = 45 mm), liegen bei 1071 kN/m² für den kleinsten Wert und bei

1278 kN/m² für den Mittelwert. Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (SLS) bei s/D_b = 0,02 (s = 18 mm), liegen die Werte bei 371 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 578 kN/m² für den Mittelwert.

Für einen Vergleich dieser Ergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3 [21] werden die Werte der charakteristischen Pfahlsohlwiderstände $q_{b,k}$ entsprechend der Tabelle 4.14 herangezogen, diese sind auch in Abbildung 4.31 dargestellt. Durch die Anzahl von fünf Versuchen können die Streuungsfaktoren gemäß ÖNORM B 1997-1-1 [20] mit $\xi_1 = \xi_2 = 1{,}0$ angenommen werden. Bezieht man die Gleichung (4.13) auf den Pfahlsohlwiderstand gilt für die Ableitung charakteristischer Pfahlsohlwiderstände aus den Versuchsergebnissen $(q_{b,m})_{min} = q_{b,k}$. Die Vergleiche für den Grenztragfähigkeitsnachweis und den Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Konsistenzen sehr steif, halbfest und fest sind in Abbildung 4.32 dargestellt.

Vergleich Pfahlsohlwiderstand: Versuchergebnisse / ÖNORM B 1997-1-3:2015								
Versuchsreihe	Herstellverfahren	Konsistenz	Gebrauchstauglichkeits-nachweis s/Db = 0,02			Grenztragfähigkeits-nachweis s/Db = 0,05		
			Versuch $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich
B.M 11-15	SOB	sehr steif	371	600	-38%	1071	1100	-3%
		halbfest		900	-59%		1600	-33%
		fest		1200	-69%		2100	-49%

Abbildung 4.32: Pfahlsohlwiderstand B.M 11-15 (SOB): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21].

Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis zeigt sich, dass der kleinste Pfahlsohlwiderstand dieser Versuchsreihe bei s/D_b = 0,02 um 59% unter dem Tabellenwert bei halbfester Konsistenz liegt. Für den Grenztragfähigkeitsnachweis liegt der kleinste Pfahlmantelwiderstand dieser Versuchsreihe bei s/D_b = 0,05 um 33% unter dem Tabellenwert bei halbfester Konsistenz.

4.10.1.3 Vergleich der Versuchsreihen in den miozänen Sedimenten

Die beiden Versuchsreihen unterscheiden sich im Herstellungsverfahren. Die Versuchsreihe B.M 1-5 wurde im Kellybohrverfahren mit verrohrter Bohrung und mit Wasserauflast hergestellt. Die Versuchsreihe B.M 11-15 wurde im SOB-Verfahren hergestellt. Bei beiden Versuchsreihen wurden die planmäßigen Pfahldurchmesser gemäß [46] und [47] hergestellt.

Die Abbildung 4.33 zeigt ein Diagramm mit der Gegenüberstellung des Pfahlwiderstand $R_{c,m,i}$ (durchgezogene Linien), des Pfahlmantelwiderstand $R_{s,m,i}$ (strichliert) sowie des Pfahlfußwiderstand $R_{b,m,i}$ (strich-punktiert) der beiden Versuchsreihen. Die Versuchsreihe B.M 1-5 ist in rot und die Versuchsreihe B.M 11-15 in blau dargestellt.

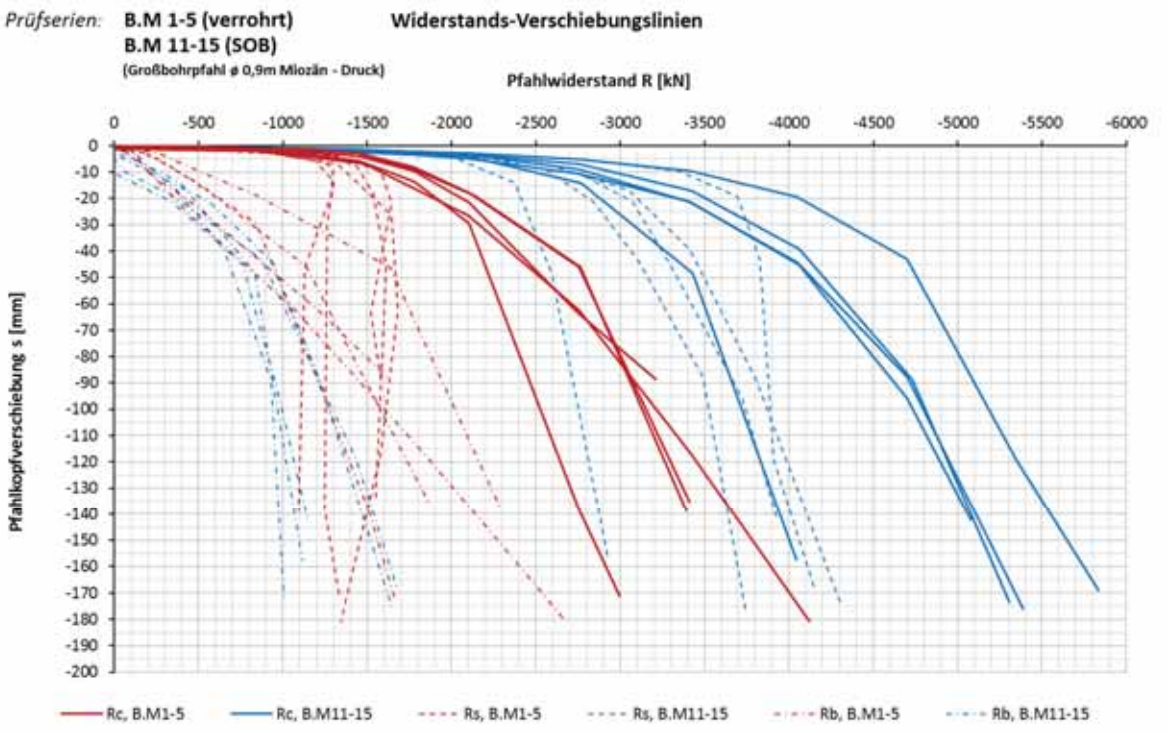


Abbildung 4.33: Diagramm zur Gegenüberstellung der Versuchsreihen B.M 1-5 (verrohrt) und B.M 11–15 (SOB).

Die Gegenüberstellung zeigt ein besseres Last-Setzungsverhalten der SOB-Pfähle (B.M 11-15). Beispielsweise lässt sich beim Vergleich der kleinsten Pfahlwiderstände bei einer Setzung von 27 mm, ein 50% höherer Wert bei den Ergebnissen der SOB-Pfähle erkennen. Begründet ist der höhere Pfahlwiderstand, durch den höheren Pfahlmantelwiderstand bei den SOB-Pfählen.

Es zeigt sich, dass der Pfahlmantelwiderstand bei der Versuchsreihe B.M 1-5 voll mobilisiert wurde, hingegen zeigten die SOB-Pfählen eine Zunahme des Mantelwiderstands bis zur höchsten Laststufe, wobei die Steigerung des Mantelwiderstands ab einer Setzung von ca. 20 mm abnimmt.

Beim Pfahlfußwiderstand wiederum sind die Ergebnisse der SOB-Pfähle etwas schlechter. Generell ist ersichtlich, dass sich bei allen Pfählen der Pfahlfußwiderstand kontinuierlich mit zunehmender Setzung bis zur höchsten Laststufe aufbaut.

In Abbildung 4.34 sind die Vergleiche der Pfahlmantel- und Pfahlsohlwiderstände aus den Versuchsreihen der miozänen Sedimente mit den Tabellenwerten aus der ÖNORM B 1997-1-3 [21] zusammengestellt.

Die Vergleiche des Pfahlmantelwiderstands zeigen, dass dieser bei den verrohrt hergestellten Pfählen sehr nahe an den Normwerten liegt, hingegen ist dieser bei den SOB-Pfählen sowohl für den Grenztragfähigkeits- als auch für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis deutlich über den Normwerten. Die Vergleiche des Pfahlsohlwiderstands zeigen bei beiden Versuchsreihen niedrigere Werte als die Tabellenwerte der Norm bei halbfester Konsistenz.

Miozäne Sedimente: Vergleich der Versuchergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3:2015													
Versuchsreihe	Herstellverfahren	Konsistenz	Pfahlmantelwiderstand						Pfahlsohlwiderstand					
			Gebrauchstauglichkeits-nachweis			Grenztragfähigkeits-nachweis			Gebrauchstauglichkeits-nachweis			Grenztragfähigkeits-nachweis		
			Versuch $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich
			s/Db = 0,02			s/Db = 0,03			s/Db = 0,02			s/Db = 0,03		
B.M 1-5	verrohrt	sehr steif	71	35	+103%	72	52	+38%	513	600	-15%	726	800	-9%
		halbfest		50	+42%		75	-4%		900	-43%		1150	-37%
		fest		70	+1%		105	-31%		1200	-57%		1500	-52%
			s/Db = 0,02			s/Db = 0,05			s/Db = 0,02			s/Db = 0,05		
B.M 11-15	SOB	sehr steif	133	35	+280%	142	52	+173%	371	600	-38%	1071	1100	-3%
		halbfest		50	+166%		75	+89%		900	-59%		1600	-33%
		fest		70	+90%		105	+35%		1200	-69%		2100	-49%

Abbildung 4.34: Vergleich der Versuchsergebnisse aus den Versuchsreihen der miozänen Sedimenten mit den Tabellenwerten aus [21].

4.10.2 Versuchsreihen in den quartären Sedimenten („Donauschotter“)

Es wurden vier Versuchsreihen an Großbohrpfählen mit der Prüfstrecke in den quartären Sedimenten („Donauschotter“) durchgeführt. Die Versuchsreihen B.K 51-55 und B.K 1-2 wurden im Kellybohrverfahren mit verrohrter Bohrung hergestellt. Im SOB-Verfahren wurden die Versuchsreihen B.M 61-65 und B.K 11-12 hergestellt. Somit besteht die Möglichkeit, die Pfahlwiderstände von Pfählen mit unterschiedlichen Herstellungsverfahren zu vergleichen.

Die Pfähle der Versuchsreihen B.K 51-55 und B.M 61-65 wurden alle im Prüffeld 2 angeordnet, dieses erstreckte sich über eine Fläche von ca. 20 m x 12 m. Die Prüfstrecke der Pfähle reichte von rund 154 m ü. A. bis 150 m ü. A.

Bei den Versuchsreihen B.K 1-2 und B.K 11-12 wurden, im Unterschied zu den anderen beiden Versuchsreihen, bei der Herstellung der Pfähle „CO_2-arme“ Zemente verwendet. Die Pfähle wurden in der Mitte des Prüffeld 1 angeordnet. Dadurch konnten im Zuge des Schachtaushubes im Prüffeld 1 drei Pfähle freigelegt werden. Die Prüfstrecke der Pfähle reichte, wie bei den anderen Versuchsreihen, von ca. 154 m ü. A. bis 150 m ü. A.

Untergrundverhältnisse in der Prüfstrecke

Die nächstgelegenen Bodenaufschlüsse für diese Pfähle waren die Kernbohrungen KB-Z1 (im Prüffeld 1), KB-Z2 und KB-Z3 (im Prüffeld 2) sowie die Rammsondierungen SRS 1-3. Die örtliche Lage der Bodenaufschlüsse ist in Abbildung 3.3 dargestellt. Die entsprechenden Bohrprofile und Rammprotokolle sind im Abschnitt 3.4 enthalten.

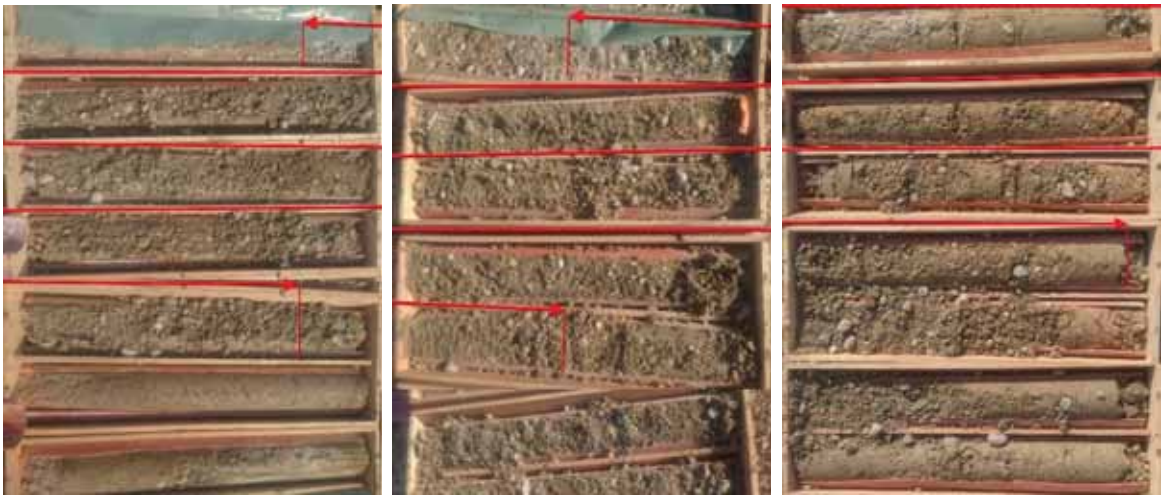


Abbildung 4.35: Kernbohrungen im Bereich der Prüfstrecke Kies, links KB-Z1, Mitte KB-Z2, rechts KB-Z2 [TU].

Die Abbildung 4.35 zeigt eine Zusammenstellung der gewonnenen Bodenaufschlüsse im Bereich der Prüfstrecke (rot gekennzeichnete Bereiche) für die drei Aufschlussbohrungen. Am linken Bild ist die KB-Z1 dargestellt, die sich westlich neben dem Prüffeld 1 befindet, in der Mitte ist die KB-Z2 dargestellt, die sich zwischen den beiden Prüffeldern befindet und am rechten Bild ist die KB-Z3 dargestellt, die sich in der Mitte des Prüffelds 2 befindet.
Die Aufschlussbohrungen zeigen im Bereich der Prüfstrecke sandige Kiese. Eine Zusammenstellung der Korngrößenverteilungen in der Prüfstrecke wird in Abbildung 4.36 dargestellt. Darauf ist eine

geringe Bandbreite der Korngrößenverteilung des sandigen Fein- bis Grobkieses zu erkennen. Der Sandanteil liegt bei allen Proben unter 30% und besteht aus Fein- bis Mittelsanden mit einer Fehlkörnung im Grobsand-Bereich.

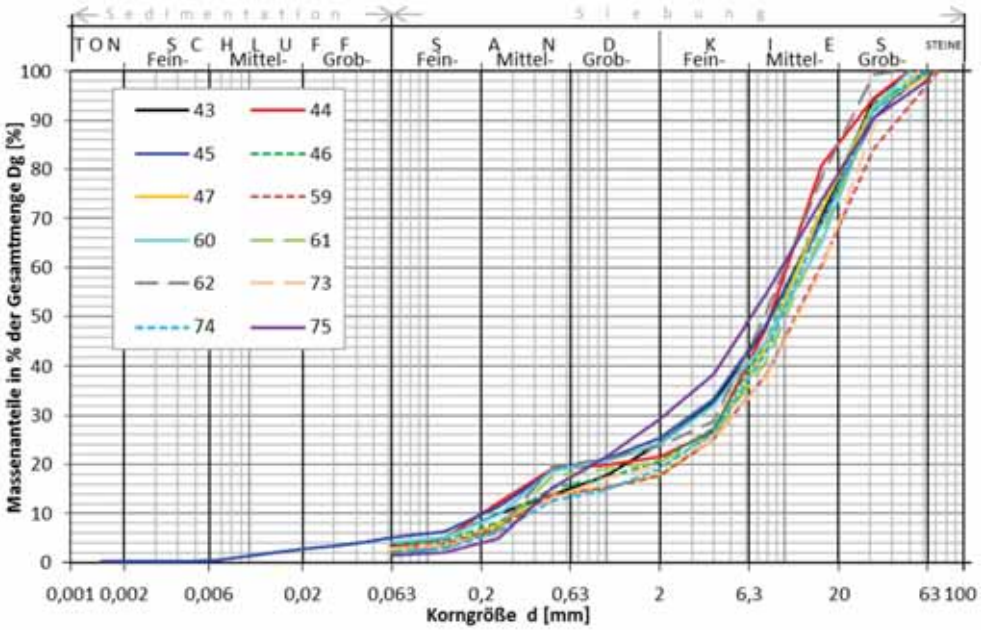


Abbildung 4.36: Korngrößenverteilung im Bereich der Prüfstrecke Kies aus Bodenproben von KB-Z1-3 gemäß [59].

Zur Bestimmung der Lagerungsdichte wurden drei schwere Rammsondierungen durchgeführt. Die Rammsondierungen DPH-01 und DPH-02 wurden im Prüffeld 1 positioniert, die Rammsondierung DPH-03 in der Mitte des Prüffelds 2.

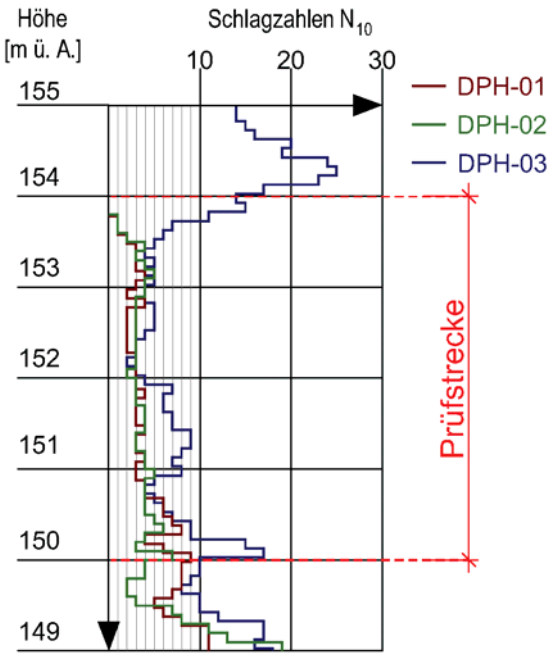


Abbildung 4.37: Gegenüberstellung der Rammsondierungen DPH-01, DPH-02 und DPH-03 im Bereich der Prüfstrecke Kies.

Abbildung 4.37 zeigt eine Gegenüberstellung dieser drei Rammsondierungen, im Bereich der Prüfstrecke von 150 m ü. A. bis 154 m ü. A. Wie bereits im Abschnitt 3.5.1 beschrieben, hat die MA 29 vorgegeben, dass für die Zusammenhänge zwischen den Schlagzahlen N_{10} der schweren Rammsondierungen (DPH) und der Lagerungsdichte des sandigen Kieses die Richtwerte aus Tabelle 3.1 entsprechend ÖNORM B 5016 [24] herangezogen werden. Die ÖNROM B 1997-1-3 [21] gibt Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen von Bohrloch-Rammsondierungen (SPT) und der Lagerungsdichte grobkörniger Böden an, jedoch wurden beim gegenständlichen Projekt keine SPT-Versuche durchgeführt.
Der Verlauf von DPH-01 und DPH-02 im Prüffeld 1 zeigt bei den oberen 3 m der Prüfstrecke geringe Schlagzahlen ≤ 4, entsprechend Tabelle 3.1 ist die Lagerungsdichte als locker einzustufen. Im untersten Meter der Prüfstrecke ist eine Zunahme der Schlagzahlen erkennbar. Die Schlagzahlen in diesem Bereich liegen im Bereich von 4 bis 8, entsprechend Tabelle 3.1 wird die Lagerungsdichte wiederum als locker eingestuft. Auch der Bereich unterhalb der Prüfstrecke wird als locker eingestuft.

Der Verlauf von DPH-03 im Prüffeld 2 zeigt zu Beginn hohe Schlagzahlen diese nehmen jedoch im oberen Bereich der Prüfstrecke auf Schlagzahlen <8 ab. Bei den obersten 2 m der Prüfstrecke wird die Lagerungsdichte daher gemäß Tabelle 3.1 als locker eingestuft. Bei den unteren 2 m der Prüfstrecke ist eine Zunahme der Schlagzahlen erkennbar. Die in diesem Bereich gemittelten Schlagzahlen liegen etwas über 8, daher wird entsprechend Tabelle 3.1 die Lagerungsdichte als mitteldicht eingestuft. Ebenso wird der Bereich unterhalb der Prüfstrecke als mitteldicht eingestuft.

Tabellenwerte aus ÖNORM B 1997-1-3

Die ÖNORM B 1997-1-3 [21] gibt im Anhang C Tabellenwerte für die Berechnung von Pfahlwiderständen von axial beanspruchten Bohrpfählen an. Um in weiterer Folge Vergleiche zu den gemessenen Pfahlwiderständen ziehen zu können, werden nachfolgend die entsprechenden Tabellen für nichtbindige, grobkörnige und nichtbindige, gemischtkörnige Böden angegeben.

Als Kriterium für die Festlegung der Pfahlwiderstände wird bei den nichtbindigen Böden die Lagerungsdichte herangezogen. Dafür ist aus [21] die Tabelle 4.21 angegeben, welche die Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen von Bohrloch-Rammsondierungen und der Lagerungsdichte grobkörniger Böden angibt.

Die Werte für die charakteristischen Pfahlmantelwiderstände $q_{s,k}$ in nichtbindigen, grobkörnigen Böden für den Gebrauchstauglichkeits- und Grenztragfähigkeitsnachweis werden in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte (ohne Mantelverpressung) in Tabelle 4.22 angegeben.

Tabelle 4.21: Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen von Bohrloch-Rammsondierungen und der Lagerungsdichte grobkörniger Böden aus [21].

Lagerungsdichte D	Lagerungsdichte	Richtwerte für Anzahl der Schläge N_{30} für 30 cm Eindringung
≤ 0,15	sehr locker	0 bis ≤ 4
> 0,15 bis ≤ 0,35	locker	> 4 bis ≤ 10
> 0,35 bis ≤ 0,65	mitteldicht	> 10 bis ≤ 30
> 0,65 bis ≤ 0,85	dicht	> 30 bis ≤ 50
> 0,85 bis ≤ 1,00	sehr dicht	> 50

Tabelle 4.22: Charakteristische Pfahlmantelwiderstände $q_{s,k}$ in nichtbindigen, grobkörnigen Böden, abhängig von der Lagerungsdichte aus [21].

Lagerungsdichte	Charakteristischer Wert des Pfahlmantelwiderstandes $q_{s;k}$	
	für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis [MN/m²]	für den Grenztragfähigkeitsnachweis [MN/m²]
locker	0,030	0,045
mitteldicht	0,050	0,075
dicht	0,070	0,105
sehr dicht	0,120	0,180
Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.		

Die Werte für die charakteristischen Pfahlsohlwiderstände $q_{b,k}$ in nichtbindigen, grobkörnigen und gemischtkörnigen Böden werden in Abhängigkeit der Lagerungsdichte und der bezogenen Pfahlkopfsetzung s/D_b (ohne Fußverpressung) in Tabelle 4.23 angegeben.

Tabelle 4.23: Charakteristische Pfahlsohlwiderstände $q_{b;k}$ in nichtbindigen Böden aus [21]

Bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_b	Charakteristische Pfahlsohlwiderstände $q_{b,k}$ nach Lagerungsdichte		
	mitteldicht [MN/m²]	dicht [MN/m²]	sehr dicht [MN/m²]
0,005	0,30	0,40	0,50
0,01	0,55	0,80	1,0
0,02	1,05	1,40	1,75
0,03	1,35	1,80	2,25
0,05	1,90	2,50	2,95
0,075	2,50	3,10	3,55
0,10 (= s_g/Db)	3,00	3,50	4,00
Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.			

4.10.2.1 Versuchsreihe B.K 51-55 (verrohrte Bohrpfähle)

Bei der Versuchsreihe B.K 51-55 handelt es sich um Großbohrpfähle mit einem planmäßigen Durchmesser von 600 mm und einer Länge der Prüfstrecke von 4,14 m in den quartären Sedimenten („Donauschotter“). Die Pfähle wurden mittels verrohrter Bohrung hergestellt, die dazu verwendete Verrohrung hatte gemäß [46] einen Außendurchmesser von 640 mm und war somit größer als der planmäßige Durchmesser, dies wurde bei der Auswertung der einzelnen Versuche berücksichtigt. Für die Gegenüberstellung der Versuche wurde die bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_b mit dem planmäßigen Pfahldurchmesser von 600 mm bestimmt, um eine einheitliche Vergleichsbasis bei allen Versuchsreihen im Kies zu erhalten.

Eine Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ aus den einzelnen Versuchen ist in der Tabelle 4.24 enthalten. Die bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_b für den Bereich von 0,005 bis 0,150 bzw. die zugehörige Setzung, dient hierbei als Vergleichsbasis.

Tabelle 4.24: Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 51–55 (verrohrt).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlwiderstand**						
		je Belastungsversuch					Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$R_{c,m,1}$ [kN]	$R_{c,m,2}$ [kN]	$R_{c,m,3}$ [kN]	$R_{c,m,4}$ [kN]	$R_{c,m,5}$ [kN]	$(R_{c,m})_{mitt}$ [kN]	**$(R_{c,m})_{min}$ [kN]**
0,005	3	638	678	724	661	589	658	**589**
0,010	6	772	1.053	1.019	833	776	890	**772**
0,020	12	1.161	1.789	1.601	1.289	1.197	1.408	**1.161**
0,030	18	1.591	2.100	2.149	1.673	1.624	1.827	**1.591**
0,050	30	2.381	2.976	2.992	2.319	2.293	2.592	**2.293**
0,075	45	3.209	3.875	3.834	2.988	2.971	3.376	**2.971**
0,100	60	3.910	4.624	4.488	3.540	3.535	4.019	**3.535**
0,125	75	4.423	5.190	4.983	3.962	3.976	4.507	**3.962**
0,150	90	4.824	5.594	5.385	4.257	4.296	4.871	**4.257**

Das zugehörige Diagramm der Widerstands-Verschiebungslinien wird in Abbildung 4.38 gezeigt. Die einzelnen Versuche sind in unterschiedlichen Farben dargestellt, wobei in Ergänzung zum Pfahlwiderstand $R_{c,m,i}$ (durchgezogene Linien) der Pfahlmantelwiderstand $R_{s,m,i}$ (strichliert) sowie der der Pfahlfußwiderstand $R_{b,m,i}$ (strich-punktiert) dargestellt werden.

Die abgeleiteten, charakteristischen Widerstands-Verschiebungslinien sind in schwarz dargestellt. Die kleinsten Werte $(R_{c,m})_{min}$ wurden hierbei punktiert und die Mittelwerte $(R_{c,m})_{mitt}$ strichliert eingezeichnet.

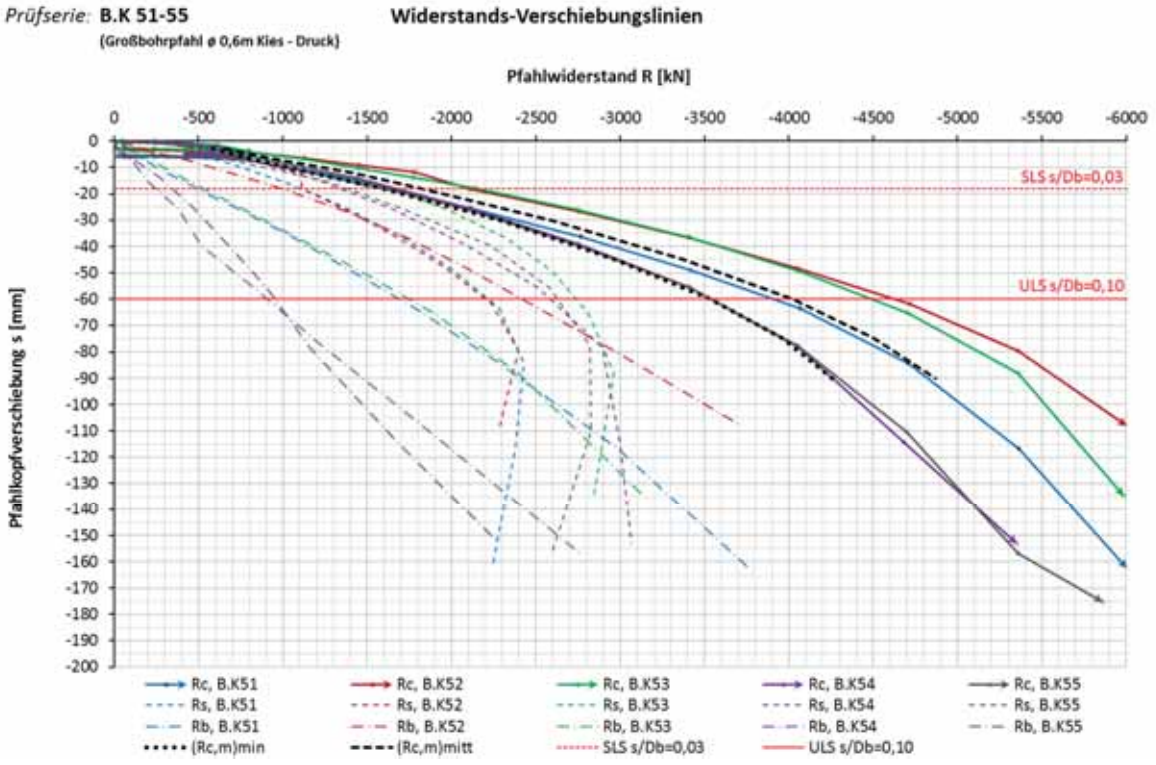


Abbildung 4.38: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 51–55 (verrohrt).

Die kleinsten Pfahlwiderstände wurden bei den Pfählen B.K 54 und B.K 55 gemessen, die einen sehr ähnlichen Verlauf der Widerstands-Verschiebungslinie zeigen. Die Pfähle B.K 52 und B.K 53 weisen den größten Pfahlwiderstand auf und zeigen ebenfalls einen sehr ähnlichen Verlauf der Widerstands-Verschiebungslinie. Ist die Grenztragfähigkeit aus dem Verlauf der gemessenen Widerstands-Verschiebungslinie schwer zu erkennen, kann entsprechend [3] die Grenzsetzung mit $s_g = s_{ult} = 0{,}1 \cdot D_b$ angenommen werden. In Abbildung 4.38 ist somit die Grenztragfähigkeit (ULS) mit einer roten Linie bei einer bezogenen Pfahlkopfsetzung von s/D_b = 0,10 (s = 60 mm) dargestellt. Für die zulässige Setzung der Gebrauchstauglichkeit (SLS) wurde ein üblicher Wert aus der Praxis mit s/D_b = 0,03 (s = 18 mm) gewählt und mit einer rot-strichlierten Linie in Abbildung 4.38 eingetragen.

Bei dieser Versuchsreihe zeigt sich, dass der Pfahlmantelwiderstand bei allen Pfählen voll mobilisiert werden konnte. Die Grenzsetzung bei voll mobilisiertem Pfahlmantelwiderstand s_{sg} liegt im Bereich von ~80 mm beim Pfahl B.K 52 bis ~90 mm beim Pfahl B. K 53. Darüber wurden die zusätzlichen Lasten nur mehr vom Pfahlfußwiderstand übernommen. Diese Werte liegen über der näherungsweisen Grenzsetzung gemäß [3] von $s_g = s_{ult} = 0{,}1 \cdot D_b$ = 60 mm.

Der Pfahlfußwiderstand entwickelt sich bei allen Pfählen mit zunehmender Setzung kontinuierlich und annähernd linear, wobei die Streuung der Werte sehr groß ist. Es ist zu erkennen, dass die Pfähle B.K 51, 52 und 53, die mit einer Sohldruckmessdose instrumentiert waren, einen höheren Pfahlfußwiderstand aufweisen, als jene Pfähle ohne Sohldruckmessdose. Eine mögliche Begründung dafür wäre, dass im Zuge der Herstellung der Pfähle, vor dem Einheben des Bewehrungskorbes, frischer Beton unter der Sohldruckmessdose eingebraucht wurde. Der Bewehrungskorb mit montierter Sohldruckmessdose wurde darauf versetzt. Durch das Gewicht des Bewehrungskorbes (inkl. Doppelwandrohr und Pfahlbeton) könnte der Beton unter der Sohldruckmessdose in den Kies eingedrückt worden sein und dadurch eine „Aufweitung“ des Pfahlfußes entstanden sein. Dafür würden auch die gemessenen Sohldrücke sprechen. Diese zeigen bei der Auswertung mit dem ausgeführten Pfahldurchmesser zu geringe Pfahlfußwiderstände, im Vergleich mit der Rückrechnung der Pfahlfußwiderstände, entsprechend Abschnitt 4.7.7.

Die gemessenen Pfahlmantelwiderstände zwischen dem obersten und untersten Messquerschnitt in der Prüfstrecke wurden auf die jeweilige Mantelfläche – berechnet mit dem ausgeführten Durchmesser von 640 mm – bezogen und der Pfahlmantelwiderstand $q_{s,m,MQ2\text{-}5}$ bestimmt. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche $q_{s,m,1\text{-}5}$, sowie die Mittelwerte $(q_{s,m})_{mitt}$ und kleinsten Werte $(q_{s,m})_{min}$ sind in Abhängigkeit von der bezogenen Pfahlkopfsetzung s/D_b in Tabelle 4.25 enthalten. Das zugehörige Diagramm der Pfahlmantelwiderstands-Verschiebungslinien wird in Abbildung 4.39 gezeigt.

Tabelle 4.25: Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 51–55 (verrohrt).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlmantelwiderstand $q_{s,m,MQ2\text{-}5}$**						
		je Belastungsversuch					Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$q_{s,m,1}$ [kN/m²]	$q_{s,m,2}$ [kN/m²]	$q_{s,m,3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,5}$ [kN/m²]	$(q_{s,m})_{mitt}$ [kN/m²]	**$(q_{s,m})_{min}$ [kN/m²]**
0,005	3	38	46	60	66	52	53	**38**
0,010	6	53	42	89	83	68	67	**42**
0,020	12	82	77	140	122	107	105	**77**
0,030	18	110	107	188	153	148	141	**107**
0,050	30	163	159	246	209	212	198	**159**
0,075	45	221	226	301	275	278	260	**221**
0,100	60	267	281	339	327	318	306	**267**
0,125	75	297	309	360	371	347	337	**297**
0,150	90	315	315	373	391	357	350	**315**

Die aus den Versuchen ermittelten Pfahlmantelwiderstände, für den Grenztragfähigkeitsnachweis (ULS) bei s/D_b = 0,10 = 60 mm, liegen bei 267 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 306 kN/m² für den Mittelwert. Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (SLS) bei s/D_b = 0,03 (s = 18 mm), liegen die Werte bei 107 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 141 kN/m² für den Mittelwert.

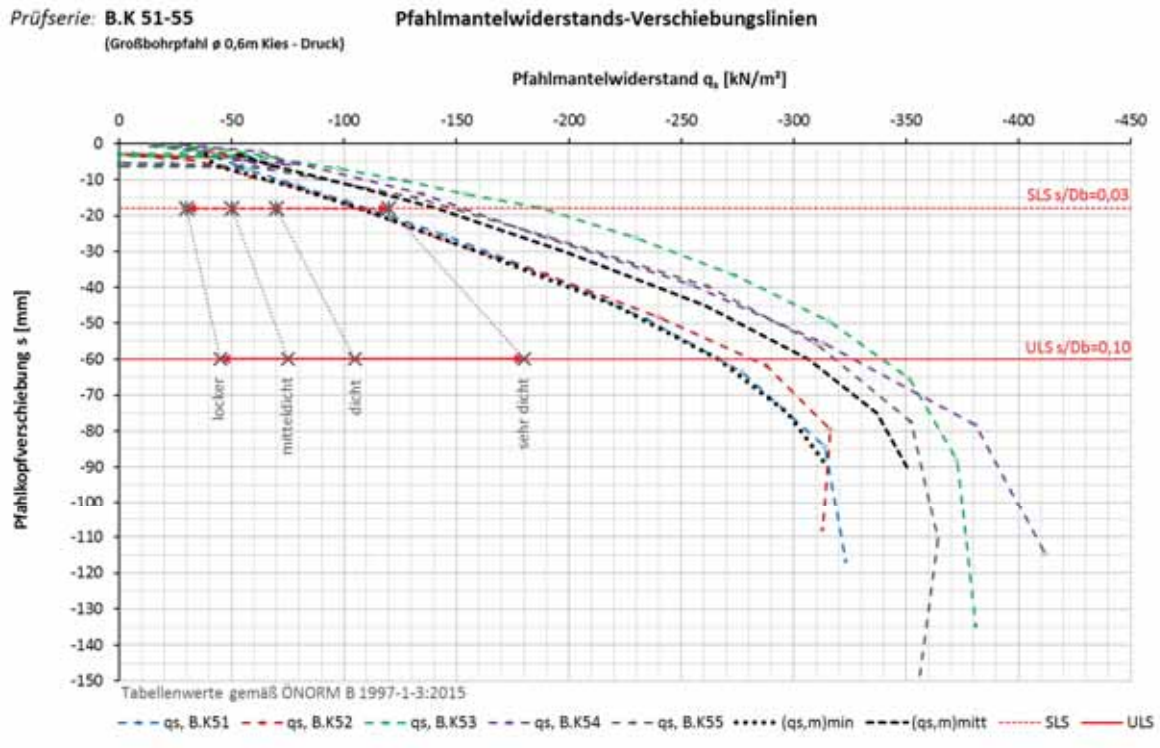


Abbildung 4.39: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 51–55 (verrohrt).

Für einen Vergleich dieser Ergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3 [21] werden die Werte der charakteristischen Pfahlmantelwiderstände $q_{s,k}$ entsprechend Tabelle 4.22 herangezo-

gen, diese sind auch in Abbildung 4.39 dargestellt. Alle Pfähle der Versuchsreihe waren im Prüffeld 2 angeordnet, dementsprechend werden die abgeleiteten Lagerungsdichten der Rammsondierung DPH-03 für den Vergleich verwendet. Durch die Anzahl von fünf Versuchen können die Streuungsfaktoren gemäß ÖNORM B 1997-1-1 [20] mit $\xi_1 = \xi_2 = 1{,}0$ angenommen werden. Bezieht man die Gleichung (4.13) auf den Pfahlmantelwiderstand gilt für die Ableitung charakteristischer Pfahlmantelwiderstände aus den Versuchsergebnissen $(q_{s,m})_{min} = q_{s,k}$. Die Vergleiche für den Grenztragfähigkeitsnachweis und den Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Lagerungsdichten locker, mitteldicht und dicht sind in Abbildung 4.25 dargestellt.

Vergleich Pfahlmantelwiderstand: Versuchergebnisse / ÖNORM B 1997-1-3:2015								
Versuchsreihe	Herstellverfahren	Lagerungsdichte	Gebrauchstauglichkeits-nachweis s/Db = 0,03			Grenztragfähigkeits-nachweis s/Db = 0,10		
			Versuch $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich
B.K 51-55	verrohrt	locker	107	30	+257%	267	45	+493%
		mitteldicht		50	+114%		75	+256%
		dicht		70	+53%		105	+154%

Abbildung 4.40: Pfahlmantelwiderstand B.K 51-55 (verrohrt): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21].

Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis zeigt sich, dass der kleinste Pfahlmantelwiderstand dieser Versuchsreihe bei $s/D_b = 0{,}03$ um 114% über dem Tabellenwert bei mitteldichter Lagerungsdichte liegt. Für den Grenztragfähigkeitsnachweis liegt der kleinste Pfahlmantelwiderstand dieser Versuchsreihe bei $s/D_b = 0{,}10$ um 256% über dem Tabellenwert bei mitteldichter Lagerungsdichte.

Tabelle 4.26: Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 51–55 (verrohrt).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlsohlwiderstand q_b**						
		je Belastungsversuch					Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$q_{b,m,1}$ [kN/m²]	$q_{b,m,2}$ [kN/m²]	$q_{b,m,3}$ [kN/m²]	$q_{b,m,4}$ [kN/m²]	$q_{b,m,5}$ [kN/m²]	$(q_{b,m})_{mitt}$ [kN/m²]	$(q_{b,m})_{min}$ **[kN/m²]**
0,005	3	273	554	321	95	46	258	**46**
0,010	6	499	1.086	570	287	286	546	**286**
0,020	12	967	2.125	1.087	704	500	1.076	**500**
0,030	18	1.525	3.063	1.630	1.056	763	1.607	**763**
0,050	30	2.689	4.636	2.763	1.663	1.313	2.613	**1.313**
0,075	45	4.020	6.189	4.143	2.345	1.932	3.726	**1.932**
0,100	60	5.262	7.531	5.438	2.965	2.820	4.803	**2.820**
0,125	75	6.404	8.809	6.553	3.488	3.679	5.786	**3.488**
0,150	90	7.479	10.060	7.543	4.128	4.582	6.758	**4.128**

Wie bereits beschrieben, wurde der Sohldruck bei den Pfählen B.K 51-53 direkt gemessen und auf die Pfahlfußfläche A_b – berechnet mit dem ausgeführten Durchmesser von 640 mm – bezogen. Die Verläufe zeigten teilweise zu geringe Werte gegenüber den rückgerechneten Pfahlsohlwiderständen.

Daher wurden bei diesen Pfählen die Verläufe des gemessenen Pfahlsohlwiderstandes anhand des rückgerechneten Pfahlsohlwiderstandes verifiziert und teilweise angepasst. Bei jenen Pfählen ohne Sohldruckmessdose wurde der Pfahlsohlwiderstand entsprechend Abschnitt 4.7.7 rückgerechnet. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche $q_{b,1\text{-}5}$, sowie die Mittelwerte $(q_{b,m})_{mitt}$ und kleinsten Werte $(q_{b,m})_{min}$, sind in Abhängigkeit der bezogenen Pfahlkopfsetzung s/D_b in der Tabelle 4.26 enthalten. Das zugehörige Diagramm von der Pfahlsohlwiderstands-Verschiebungslinien wird in Abbildung 4.41 gezeigt.

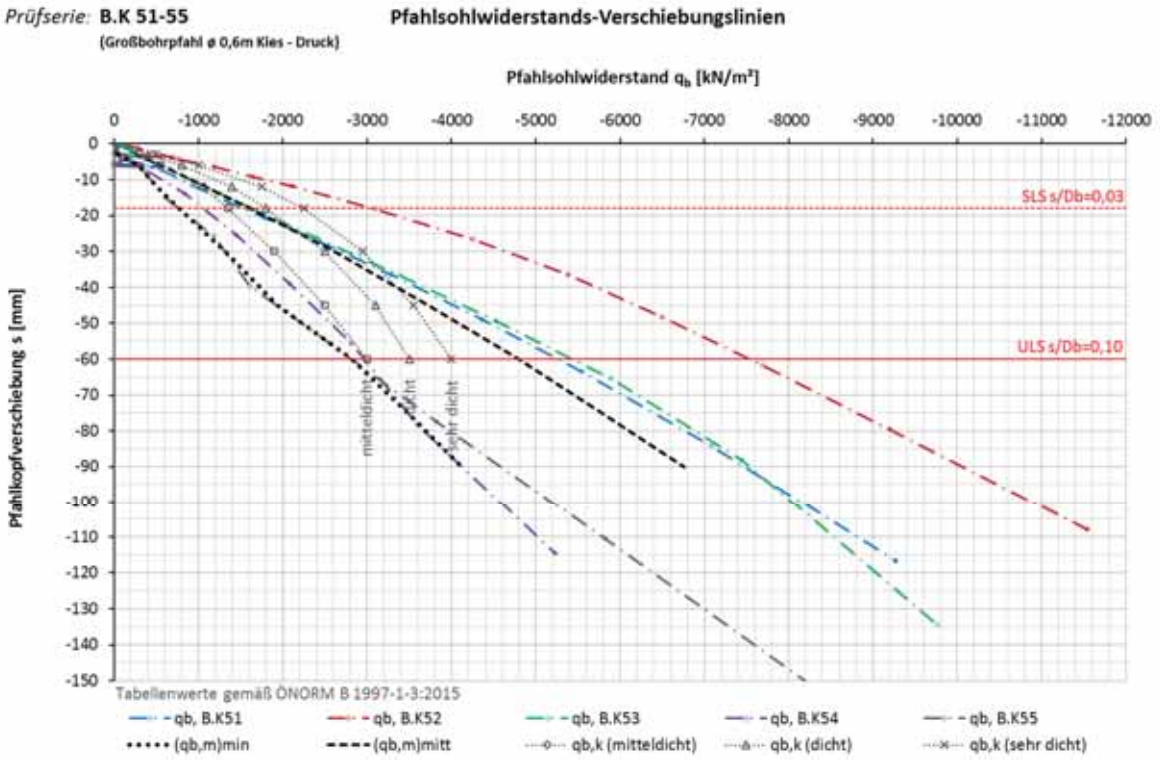


Abbildung 4.41: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 51–55 (verrohrt).

Die aus den Versuchen ermittelten Pfahlsohlwiderstände, für den Grenztragfähigkeitsnachweis (ULS) bei $s/D_b = 0{,}10$ ($s = 60$ mm), liegen bei 2820 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 4803 kN/m² für den Mittelwert. Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (SLS) bei $s/D_b = 0{,}03$ (s = 18 mm), liegen die Werte bei 763 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 1607 kN/m² für den Mittelwert.

Für einen Vergleich dieser Ergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3 [21] werden die Werte der charakteristischen Pfahlsohlwiderstände $q_{b,k}$ entsprechend der Tabelle 4.23 herangezogen, diese sind auch in Abbildung 4.41 dargestellt. Durch die Anzahl von fünf Versuchen können die Streuungsfaktoren gemäß ÖNORM B 1997-1-1 [20] mit $\xi_1 = \xi_2 = 1{,}0$ angenommen werden. Bezieht man die Gleichung (4.13) auf den Pfahlsohlwiderstand gilt für die Ableitung charakteristischer Pfahlsohlwiderstände aus den Versuchsergebnissen $(q_{b,m})_{min} = q_{b,k}$. Die Vergleiche für den Grenztragfähigkeitsnachweis und den Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Lagerungsdichten mitteldicht und dicht sind in Abbildung 4.42 dargestellt.

Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis zeigt sich, dass der kleinste Pfahlsohlwiderstand dieser Versuchsreihe bei $s/D_b = 0{,}03$ um 43% unter dem Tabellenwert bei mitteldichter Lagerungsdichte

liegt. Für den Grenztragfähigkeitsnachweis liegt der kleinste Pfahlsohlwiderstand dieser Versuchsreihe bei s/D_b = 0,10 um 6% unter dem Tabellenwert bei mitteldichter Lagerungsdichte.

Vergleich Pfahlsohlwiderstand: Versuchergebnisse / ÖNORM B 1997-1-3:2015								
Versuchsreihe	Herstellverfahren	Lagerungsdichte	Gebrauchstauglichkeits-nachweis s/Db = 0,03			Grenztragfähigkeits-nachweis s/Db = 0,10		
			Versuch $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich
B.K 51-55	verrohrt	locker	763	-	-	2820	-	-
		mitteldicht		1350	-43%		3000	-6%
		dicht		1800	-58%		3500	-19%

Abbildung 4.42: Pfahlsohlwiderstand B.K 51-55 (verrohrt): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21].

4.10.2.2 Versuchsreihe B.K 1-2 (verrohrte Bohrpfähle)

Bei der Versuchsreihe B.K 1-2 handelt es sich um Großbohrpfähle mit einem planmäßigen Durchmesser von 600 mm und einer Länge der Prüfstrecke von 4,14 m in den quartären Sedimenten („Donauschotter“). Bei der Herstellung der Pfähle wurden „CO_2-arme“ Zemente verwendet. Die Pfähle wurden mittels verrohrter Bohrung hergestellt, die dazu verwendete Verrohrung hatte gemäß [46] einen Außendurchmesser von 640 mm und war somit größer als der planmäßige Durchmesser, dies wurde bei der Auswertung der einzelnen Versuche berücksichtigt. Für die Gegenüberstellung der Versuche wurde die bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_b mit dem planmäßigen Pfahldurchmesser von 600 mm bestimmt, um eine einheitliche Vergleichsbasis bei allen Versuchsreihen im Kies zu erhalten.

Die beiden Pfähle wurden nach den Versuchen im Zuge des Schachtaushubes freigelegt. Die Abbildung 4.43 zeigt im Vordergrund die beiden Pfähle B.K 1 und B.K 2. Es ist zu erkennen, dass bei beiden Pfählen die Manteloberfläche sehr gleichmäßig ist. Durch Messung des Umfanges an mehreren Stellen ergab sich bei beiden Pfählen, ein mittlerer Außendurchmesser von ~680 mm, dieser wurde für die Auswertung nicht herangezogen.

Abbildung 4.43: Freigelegte Pfähle B.K 1 (verrohrt), B.K 2 (verrohrt) und B.K 11 (SOB) [TU].

Die Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ aus den einzelnen Versuchen ist in Tabelle 4.27 angegeben. Die bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_b für den Bereich von 0,005 bis 0,150 bzw. die zugehörige Setzung dient hierbei als Vergleichsbasis.

Tabelle 4.27: Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 1–2 (verrohrt).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlwiderstand**			
		je Belastungsversuch		Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$R_{c,m,1}$ [kN]	$R_{c,m,2}$ [kN]	$(R_{c,m})_{mitt}$ [kN]	**$(R_{c,m})_{min}$ [kN]**
0,005	3	407	236	321	**236**
0,010	6	578	399	489	**399**
0,020	12	876	731	803	**731**
0,030	18	1.236	1.017	1.126	**1.017**
0,050	30	1.813	1.630	1.722	**1.630**
0,075	45	2.314	2.172	2.243	**2.172**
0,100	60	2.707	2.502	2.605	**2.502**
0,125	75	2.850	2.833	2.841	**2.833**
0,150	90	2.954	2.943	2.948	**2.943**

Das zugehörige Diagramm der Widerstands-Verschiebungslinien wird in Abbildung 4.44 gezeigt. Die einzelnen Versuche sind in unterschiedlichen Farben dargestellt, wobei in Ergänzung zum Pfahlwiderstand $R_{c,m,i}$ (durchgezogene Linien) der Pfahlmantelwiderstand $R_{s,m,i}$ (strichliert) sowie der Pfahlfußwiderstand $R_{b,m,i}$ (strich-punktiert) dargestellt werden.

Die abgeleiteten, charakteristischen Widerstands-Verschiebungslinien sind in schwarz dargestellt. Die kleinsten Werte $(R_{c,m})_{min}$ wurden hierbei punktiert und die Mittelwerte $(R_{c,m})_{mitt}$ strichliert eingezeichnet.

Bei der Gegenüberstellung beider Pfähle ist ein ähnlicher Verlauf der Widerstands-Verschiebungslinien ersichtlich. Etwas geringere Pfahlwiderstände wurden beim Pfahl B.K 2 gemessen. Die geringste Grenztragfähigkeit wurde beim Pfahl B.K 1 gemessen und liegt bei 2750 kN bei einer Pfahlkopfsetzung von 62 mm. Dies liegt im Bereich der „näherungsweise“ Grenzsetzung im Grenzzustand der Tragfähigkeit gemäß [3] von $s_g = 0{,}1 \cdot D_b$ = 60 mm. In Abbildung 4.44 ist somit die Grenztragfähigkeit (ULS) mit einer roten Linie bei einer bezogenen Pfahlkopfsetzung von s/D_b = 0,10 (s= 60 mm) dargestellt. Für die zulässige Setzung der Gebrauchstauglichkeit (SLS) wurde ein üblicher Wert aus der Praxis mit s/D_b = 0,03 (s = 18 mm) gewählt und mit einer rot-strichlierten Linie in Abbildung 4.44 eingetragen.

Bei dieser Versuchsreihe zeigt sich, dass der Pfahlmantelwiderstand bei beiden Pfählen voll mobilisiert werden konnte. Die Grenzsetzungen bei voll mobilisiertem Pfahlmantelwiderstand s_{sg} liegt im Bereich von ~60 mm beim Pfahl B.K 1 bis ~75 mm beim Pfahl B. K 2. Darüber wurden die zusätzlichen Lasten nur mehr vom Pfahlfußwiderstand übernommen.

Der Pfahlfußwiderstand entwickelt sich kontinuierlich mit zunehmender Setzung. Eine Abnahme der Steigerung des Pfahlfußwiderstandes („Knick“ in der Linie) ist bei beiden Versuchen im Bereich der höchsten Laststufe bei 2750 kN zu erkennen.

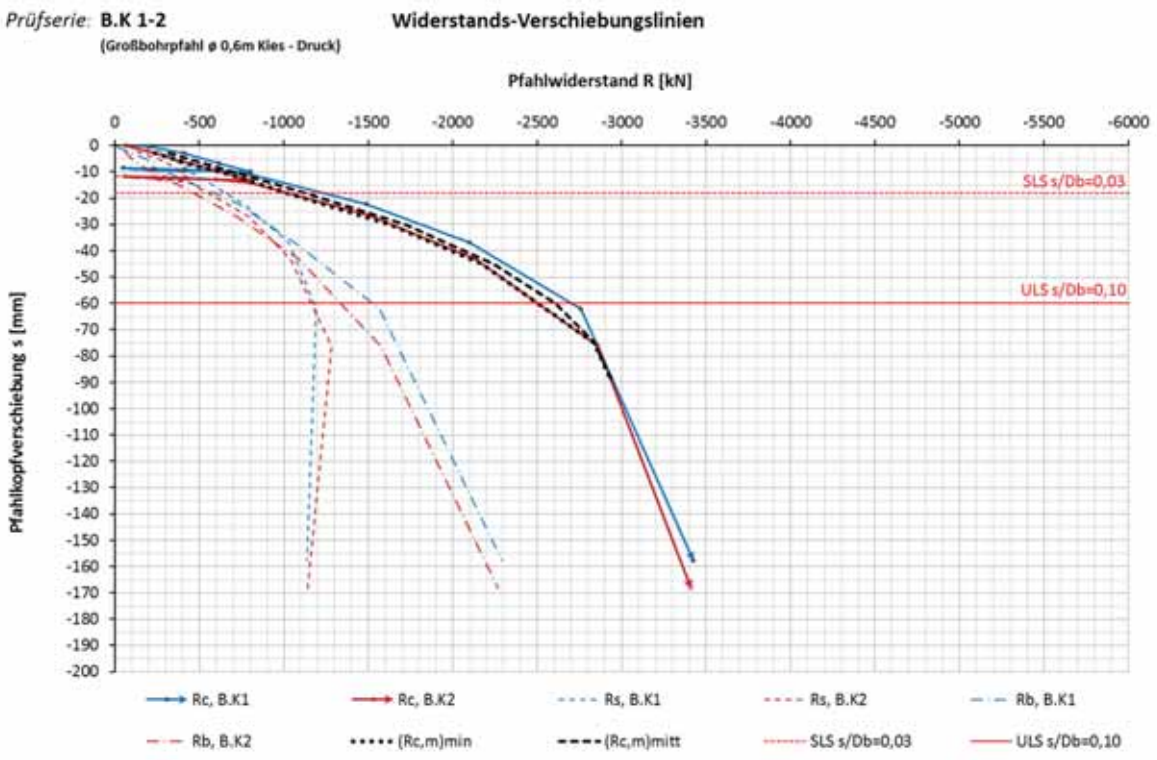


Abbildung 4.44: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 1–2 (verrohrt).

Die gemessenen Pfahlmantelwiderstände zwischen dem obersten und untersten Messquerschnitt in der Prüfstrecke wurden auf die entsprechende ausgeführte Mantelfläche bezogen und der Pfahlmantelwiderstand $q_{s,m,MQ2\text{-}5}$ bestimmt. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche $q_{s,m,1\text{-}5}$, sowie die Mittelwerte $(q_{s,m})_{mitt}$ und kleinsten Werte $(q_{s,m})_{min}$ sind in Abhängigkeit von der bezogenen Pfahlkopfsetzung s/D_b in Tabelle 4.28 enthalten. Das zugehörige Diagramm der Pfahlmantelwiderstands-Verschiebungslinien wird in Abbildung 4.45 dargestellt.

Tabelle 4.28: Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 1–2 (verrohrt).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlmantelwiderstand $q_{s,m,MQ2\text{-}5}$**			
		je Belastungsversuch		Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$q_{s,m,1}$ [kN/m²]	$q_{s,m,2}$ [kN/m²]	$(q_{s,m})_{mitt}$ [kN/m²]	**$(q_{s,m})_{min}$ [kN/m²]**
0,005	3	32	17	24	**17**
0,010	6	38	36	37	**36**
0,020	12	37	50	43	**37**
0,030	18	58	69	63	**58**
0,050	30	96	102	99	**96**
0,075	45	127	124	126	**124**
0,100	60	148	147	148	**147**
0,125	75	-	170	170	**170**

Die aus den Versuchen ermittelten Pfahlmantelwiderstände, für den Grenztragfähigkeitsnachweis (ULS) bei s/D_b = 0,10 (s = 60 mm), liegen bei 147 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 148 kN/m²

für den Mittelwert. Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (SLS) bei s/D_b = 0,03 (s = 18 mm), liegen die Werte bei 58 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 63 kN/m² für den Mittelwert.

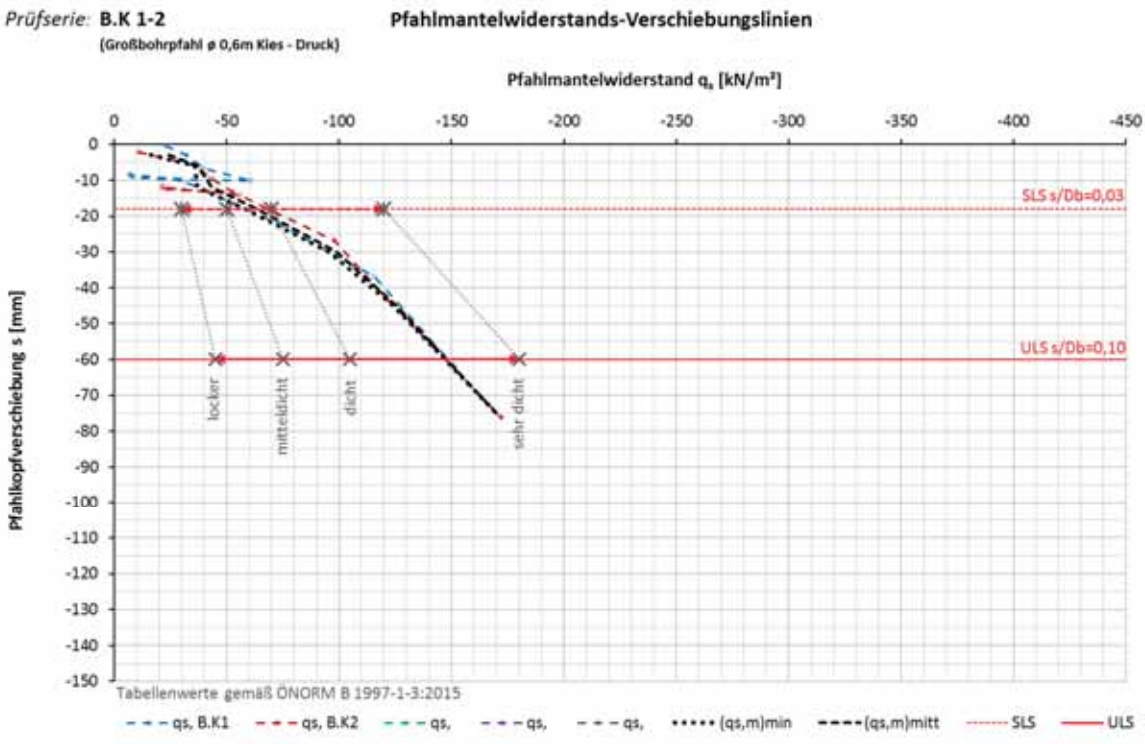


Abbildung 4.45: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 1–2 (verrohrt).

Für einen Vergleich dieser Ergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3 [21] werden die Werte der charakteristischen Pfahlmantelwiderstände $q_{s,k}$ entsprechend der Tabelle 4.22 herangezogen, diese sind auch in Abbildung 4.45 dargestellt. Alle Pfähle der Versuchsreihe waren im Prüffeld 1 angeordnet, dementsprechend werden die abgeleiteten Lagerungsdichten der Rammsondierung DPH-01 und DPH-02 für den Vergleich verwendet. Aufgrund von nur zwei Versuchen müssten die Streuungsfaktoren gemäß ÖNORM B 1997-1-1 [20] mit ξ_1 = 1,3 und ξ_2 = 1,2 angenommen werden, um charakteristische Pfahlmantelwiderstände aus den Versuchsergebnissen abzuleiten. Damit diese Versuchsreihe mit den weiteren Versuchsreihen im Kies verglichen werden kann, wurden bei den nachfolgenden Vergleichen die Messwerte nicht abgemindert und dementsprechend wurde statt $q_{s,k}$ das Kürzel $q_{s,m}$ verwendet. Die Vergleiche für den Grenztragfähigkeitsnachweis und den Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Lagerungsdichten locker, mitteldicht und dicht sind in Abbildung 4.46 dargestellt.

Vergleich Pfahlmantelwiderstand: Versuchergebnisse / ÖNORM B 1997-1-3:2015								
Versuchsreihe	Herstellverfahren	Lagerungsdichte	Gebrauchstauglichkeits-nachweis s/Db = 0,03			Grenztragfähigkeits-nachweis s/Db = 0,10		
			Versuch $q_{s,m}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{s,m}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich
B.K 1-2	verrohrt	locker	58	30	+93%	147	45	+227%
		mitteldicht		50	+16%		75	+96%
		dicht		70	-17%		105	+40%

Abbildung 4.46: Pfahlmantelwiderstand B.K 1-2 (verrohrt): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21].

Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis zeigt sich, dass der kleinste Pfahlmantelwiderstand dieser Versuchsreihe bei s/D_b = 0,03 um 93% über dem Tabellenwert bei lockerer Lagerungsdichte liegt. Für den Grenztragfähigkeitsnachweis liegt der kleinste Pfahlmantelwiderstand dieser Versuchsreihe bei s/D_b = 0,10 um 227% über dem Tabellenwert bei lockerer Lagerungsdichte.

Tabelle 4.29: Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 1–2 (verrohrt).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlsohlwiderstand q_b**			
		je Belastungsversuch		Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$q_{b,m,1}$ [kN/m²]	$q_{b,m,2}$ [kN/m²]	$(q_{b,m})_{mitt}$ [kN/m²]	$\mathbf{(q_{b,m})_{min}}$ **[kN/m²]**
0,005	3	333	218	276	**218**
0,010	6	668	349	509	**349**
0,020	12	1.160	958	1.059	**958**
0,030	18	1.809	1.446	1.628	**1.446**
0,050	30	2.825	2.458	2.642	**2.458**
0,075	45	3.823	3.476	3.650	**3.476**
0,100	60	4.750	4.160	4.455	**4.160**
0,125	75	-	4.843	4.843	**4.843**

Der Pfahlsohlwiderstand wurde nicht direkt gemessen und somit entsprechend Abschnitt 4.7.7 rückgerechnet. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche $q_{b,1\text{-}5}$ sowie die Mittelwerte $(q_{b,m})_{mitt}$ und kleinsten Werte $(q_{b,m})_{min}$ sind in Abhängigkeit der bezogenen Pfahlkopfsetzung s/D_b in der Tabelle 4.29 enthalten. Das zugehörige Diagramm der Pfahlsohlwiderstands-Verschiebungslinien ist in Abbildung 4.47 dargestellt.

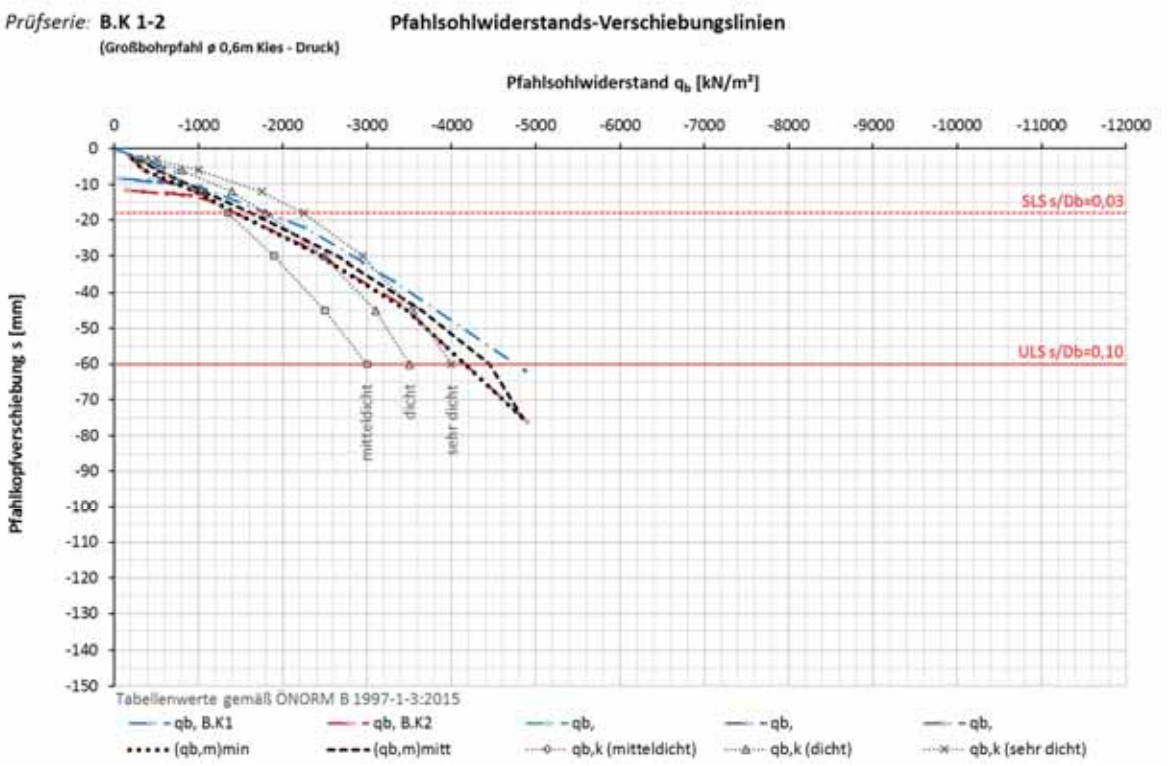


Abbildung 4.47: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 1–2 (verrohrt).

Die aus den Versuchen ermittelten Pfahlsohlwiderstände, für den Grenztragfähigkeitsnachweis (ULS) bei s/D_b = 0,10 (s = 60 mm), liegen bei 4160 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 4455 kN/m² für den Mittelwert. Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (SLS) bei s/D_b = 0,03 (s = 18 mm), liegen die Werte bei 1446 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 1628 kN/m² für den Mittelwert.

Für einen Vergleich dieser Ergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3 [21] werden die Werte der charakteristischen Pfahlsohlwiderstände $q_{b,k}$ entsprechend der Tabelle 4.23 herangezogen, diese sind auch in Abbildung 4.47 dargestellt. Damit diese Versuchsreihe mit den weiteren Versuchsreihen im Kies verglichen werden kann, wurden bei den nachfolgenden Vergleichen die Messwerte nicht um die Streuungsfaktoren gemäß [20] abgemindert und dementsprechend wurde statt $q_{b,k}$ das Kürzel $q_{b,m}$ verwendet. Die Vergleiche für den Grenztragfähigkeitsnachweis und den Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Lagerungsdichten mitteldicht und dicht sind in Abbildung 4.48 dargestellt.

Für einen lockere Lagerungsdichte werden in der ÖNORM B 1997-1-3 [21] keine Werte für den charakteristischen Pfahlsohlwiderstände $q_{b,k}$ angegeben. Ein Vergleich bei mitteldichter Lagerungsdichte zeigt für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis, dass der kleinste Pfahlsohlwiderstand dieser Versuchsreihe bei s/D_b = 0,03 um 7% über dem Tabellenwert liegt. Für den Grenztragfähigkeitsnachweis liegt der kleinste Pfahlsohlwiderstand dieser Versuchsreihe bei s/D_b = 0,10 um 39% über dem Tabellenwert.

Vergleich Pfahlsohlwiderstand: Versuchergebnisse / ÖNORM B 1997-1-3:2015								
Versuchsreihe	Herstellverfahren	Lagerungsdichte	Gebrauchstauglichkeits-nachweis s/Db = 0,03			Grenztragfähigkeit-nachweis s/Db = 0,10		
			Versuch $q_{b,m}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{b,m}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich
B.K 1-2	verrohrt	locker	1446	-	-	4160	-	-
		mitteldicht		1350	+7%		3000	+39%
		dicht		1800	-20%		3500	+19%

Abbildung 4.48: Pfahlsohlwiderstand B.K 1-2 (verrohrt): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21].

4.10.2.3 Versuchsreihe B.K 61-65 (SOB-Pfähle)

Bei der Versuchsreihe B.K 61-65 handelt es sich um Großbohrpfähle mit einem planmäßigen Durchmesser von 600 mm und einer Länge der Prüfstrecke von 4,10 m in den quartären Sedimenten („Donauschotter“). Die Pfähle wurden im SOB-Verfahren, wie geplant hergestellt [47].
Die Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ aus den einzelnen Versuchen ist in Tabelle 4.30 angegeben. Die bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_b für den Bereich von 0,005 bis 0,150 bzw. die zugehörige Setzung, dient hierbei als Vergleichsbasis.

Tabelle 4.30: Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 61–65 (SOB).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlwiderstand**						
		je Belastungsversuch					Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$R_{c,m,1}$ [kN]	$R_{c,m,2}$ [kN]	$R_{c,m,3}$ [kN]	$R_{c,m,4}$ [kN]	$R_{c,m,5}$ [kN]	$(R_{c,m})_{mitt}$ [kN]	$\mathbf{(R_{c,m})_{min}}$ **[kN]**
0,005	3	993	1.422	899	636	1.194	1.029	**636**
0,010	6	1.354	1.863	1.282	905	1.630	1.407	**905**
0,020	12	1.920	2.453	1.839	1.428	2.282	1.984	**1.428**
0,030	18	2.351	2.908	2.268	1.805	2.793	2.425	**1.805**
0,050	30	3.057	3.583	2.974	2.345	3.571	3.106	**2.345**
0,075	45	3.684	4.284	3.615	2.871	4.287	3.748	**2.871**
0,100	60	4.155	4.757	4.088	3.276	4.763	4.208	**3.276**
0,125	75	4.528	5.360	4.395	3.558	4.986	4.566	**3.558**
0,150	90	4.821	5.575	4.702	3.776	5.209	4.816	**3.776**

Das zugehörige Diagramm der Widerstands-Verschiebungslinien wird in Abbildung 4.49 gezeigt. Die einzelnen Versuche sind in unterschiedlichen Farben dargestellt, wobei in Ergänzung zum Pfahlwiderstand $R_{c,m,i}$ (durchgezogene Linien) der Pfahlmantelwiderstand $R_{s,m,i}$ (strichliert) sowie der Pfahlfußwiderstand $R_{b,m,i}$ (strich-punktiert) dargestellt werden.

Die abgeleiteten, charakteristischen Widerstands-Verschiebungslinien sind in schwarz dargestellt. Die kleinsten Werte $(R_{c,m})_{min}$ wurden hierbei punktiert und die Mittelwerte $(R_{c,m})_{mitt}$ strichliert eingezeichnet.

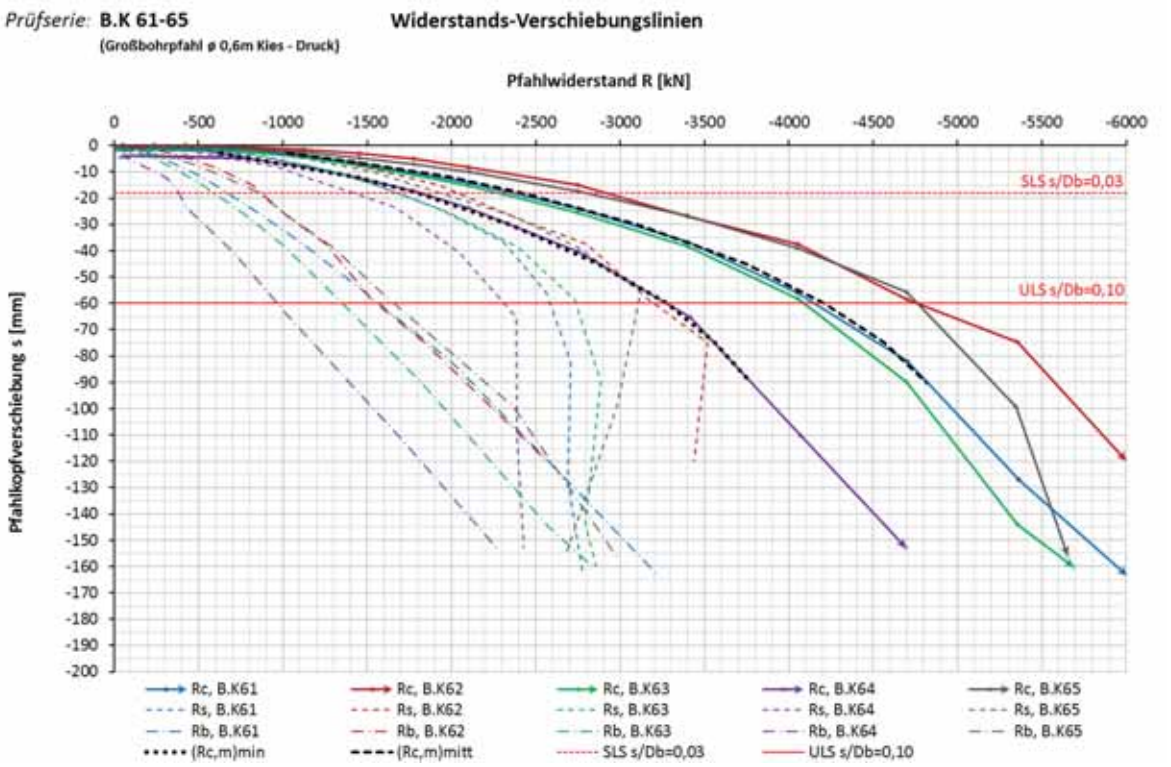


Abbildung 4.49: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 61–65 (SOB).

Die kleinsten Pfahlwiderstände wurden beim Pfahl B.K 64 gemessen. Die Widerstands-Verschiebungslinien der Pfähle B.K 61 und B.K 63 zeigen einen ähnlichen Verlauf und liegen nahe am Mittelwert dieser Versuchsreihe. Die Pfähle B.K 62 und B.K 65 zeigen ebenfalls einen ähnlichen Verlauf der Widerstands-Verschiebungslinien, wobei der Pfahl B.K 62 das beste Last-Verformungsverhalten dieser Versuchsreihe aufweist und die höchste Laststufe von 6000 kN erreicht. Ist die Grenztragfähigkeit aus dem Verlauf der gemessenen Widerstands-Verschiebungslinie schwer zu erkennen, kann entsprechend [3] die Grenzsetzung mit $s_g = s_{ult} = 0{,}1 \cdot D_b$ angenommen werden. In Abbildung 4.49 ist somit die Grenztragfähigkeit (ULS) mit einer roten Linie bei einer bezogenen Pfahlkopfsetzung von $s/D_b = 0{,}10$ (s= 60 mm) dargestellt. Für die zulässige Setzung der Gebrauchstauglichkeit (SLS) wurde ein üblicher Wert aus der Praxis mit $s/D_b = 0{,}03$ (s= 18 mm) gewählt und mit einer rot-strichlierten Linie in Abbildung 4.49 eingetragen.

Bei dieser Versuchsreihe zeigt sich, dass der Pfahlmantelwiderstand bei allen Pfählen voll mobilisiert werden konnte. Die Grenzsetzungen bei voll mobilisiertem Pfahlmantelwiderstand s_{sg} liegt im Bereich von ~55 mm beim Pfahl B.K 65 bis ~90 mm beim Pfahl B. K 63. Darüber wurden die zusätzlichen Lasten nur mehr vom Pfahlfußwiderstand übernommen. Bei Betrachtung der Pfahlfußwiderstands-Verschiebungslinien ist ersichtlich, dass sich diese kontinuierlich, annähernd linear und mit zunehmender Setzung aufbauen.

Die gemessenen Pfahlmantelwiderstände zwischen dem obersten und untersten Messquerschnitt in der Prüfstrecke wurden auf die entsprechende ausgeführte Mantelfläche bezogen und der Pfahlmantelwiderstand $q_{s,m,MQ2\text{-}5}$ bestimmt. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche $q_{s,m,1\text{-}5}$ sowie die Mittelwerte $(q_{s,m})_{mitt}$ und kleinsten Werte $(q_{s,m})_{min}$ sind in Abhängigkeit von der bezogenen Pfahlkopfsetzung s/D_b in Tabelle 4.31 enthalten. Das zugehörige Diagramm der Pfahlmantelwiderstands-Verschiebungslinien ist in Abbildung 4.50 dargestellt.

Tabelle 4.31: Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 61–65 (SOB).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlmantelwiderstand $q_{s,m,MQ2\text{-}5}$**						
		je Belastungsversuch					Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$q_{s,m,1}$ [kN/m²]	$q_{s,m,2}$ [kN/m²]	$q_{s,m,3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,5}$ [kN/m²]	$(q_{s,m})_{mitt}$ [kN/m²]	$(q_{s,m})_{min}$ **[kN/m²]**
0,005	3	88	116	78	42	96	84	**42**
0,010	6	119	152	110	77	122	116	**77**
0,020	12	166	194	158	110	166	159	**110**
0,030	18	203	231	194	135	198	192	**135**
0,050	30	262	293	250	186	272	253	**186**
0,075	45	307	357	296	214	324	300	**214**
0,100	60	332	398	326	234	352	328	**234**
0,125	75	342	440	332	241	346	340	**241**
0,150	90	346	434	337	239	339	339	**239**

Die aus den Versuchen ermittelten Pfahlmantelwiderstände, für den Grenztragfähigkeitsnachweis (ULS) bei s/D_b = 0,10 (s= 60 mm), liegen bei 234 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 328 kN/m² für den Mittelwert. Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (SLS) bei s/D_b = 0,03 (s= 18 mm), liegen die Werte bei 135 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 192 kN/m² für den Mittelwert.

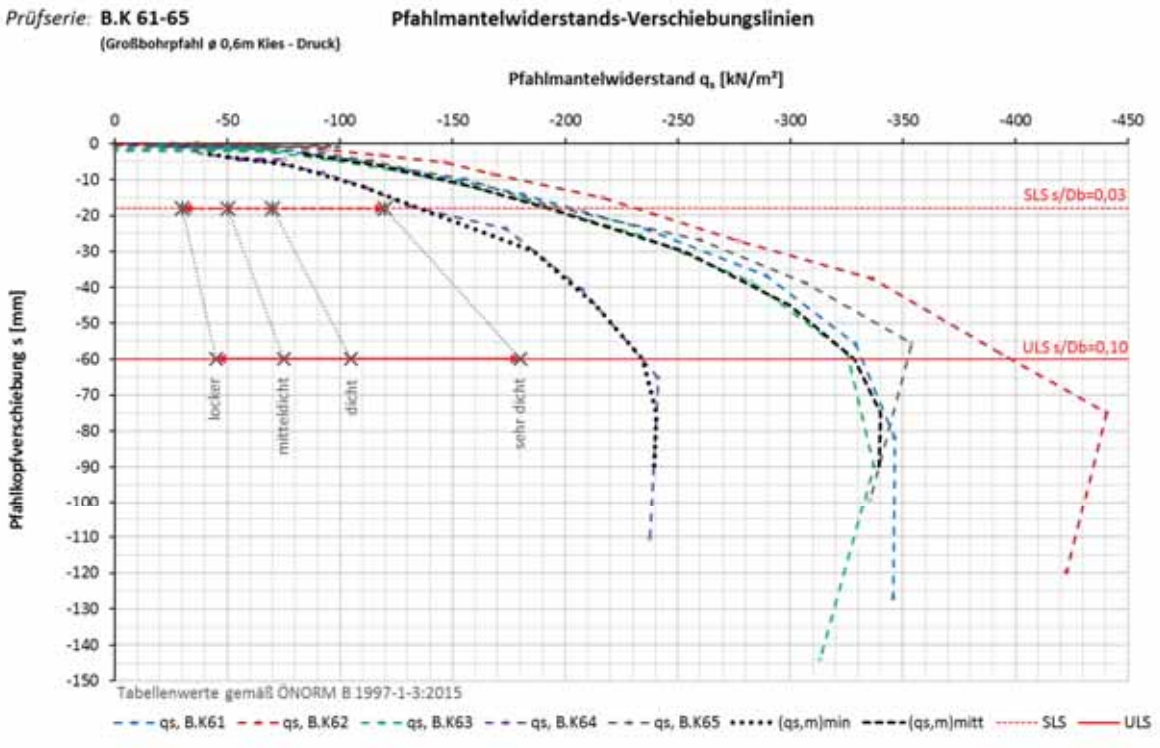


Abbildung 4.50: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 61–65 (SOB).

Für einen Vergleich dieser Ergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3 [21] werden die Werte der charakteristischen Pfahlmantelwiderstände $q_{s,k}$ entsprechend der Tabelle 4.22 herangezogen. Alle Pfähle der Versuchsreihe waren im Prüffeld 2 angeordnet, dementsprechend werden

die abgeleiteten Lagerungsdichten der Rammsondierung DPH-03 für den Vergleich verwendet. Durch die Anzahl von fünf Versuchen können die Streuungsfaktoren gemäß ÖNORM B 1997-1-1 [20] mit $\xi_1 = \xi_2 = 1{,}0$ angenommen werden. Bezieht man die Gleichung (4.13) auf den Pfahlmantelwiderstand gilt für die Ableitung charakteristischer Pfahlmantelwiderstände aus den Versuchsergebnissen $(q_{s,m})_{min} = q_{s,k}$. Die Vergleiche für den Grenztragfähigkeitsnachweis und den Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Lagerungsdichten locker, mitteldicht und dicht sind in Abbildung 4.51 dargestellt.

Vergleich Pfahlmantelwiderstand: Versuchergebnisse / ÖNORM B 1997-1-3:2015								
Versuchsreihe	Herstellverfahren	Lagerungsdichte	Gebrauchstauglichkeits-nachweis s/Db = 0,03			Grenztragfähigkeits-nachweis s/Db = 0,10		
			Versuch $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich
B.K 61-65	SOB	locker	135	30	+350%	234	45	+420%
		mitteldicht		50	+170%		75	+212%
		dicht		70	+93%		105	+123%

Abbildung 4.51: Pfahlmantelwiderstand B.K 61-65 (SOB): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21].

Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis zeigt sich, dass der kleinste Pfahlmantelwiderstand dieser Versuchsreihe bei $s/D_b = 0{,}03$ um 170% über dem Tabellenwert bei mitteldichter Lagerungsdichte liegt. Für den Grenztragfähigkeitsnachweis liegt der kleinste Pfahlmantelwiderstand dieser Versuchsreihe bei $s/D_b = 0{,}10$ um 212% über dem Tabellenwert bei mitteldichter Lagerungsdichte.

Tabelle 4.32: Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 61–65 (SOB).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlsohlwiderstand q_b**						
		je Belastungsversuch					Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$q_{b,m,1}$ [kN/m²]	$q_{b,m,2}$ [kN/m²]	$q_{b,m,3}$ [kN/m²]	$q_{b,m,4}$ [kN/m²]	$q_{b,m,5}$ [kN/m²]	$(q_{b,m})_{mitt}$ [kN/m²]	$(q_{b,m})_{min}$ **[kN/m²]**
0,005	3	694	1.205	570	363	859	738	**363**
0,010	6	1.137	1.741	951	412	1.463	1.141	**412**
0,020	12	1.828	2.549	1.563	1.062	2.303	1.861	**1.062**
0,030	18	2.381	3.087	2.086	1.360	3.036	2.390	**1.360**
0,050	30	3.369	3.873	2.993	1.890	3.901	3.205	**1.890**
0,075	45	4.485	4.788	3.943	2.710	4.954	4.176	**2.710**
0,100	60	5.552	5.507	4.783	3.419	5.860	5.024	**3.419**
0,125	75	6.582	6.508	5.609	4.163	6.820	5.936	**4.163**
0,150	90	7.491	7.364	6.434	4.925	7.779	6.799	**4.925**

Der Pfahlsohlwiderstand wurde nicht direkt gemessen und somit entsprechend Abschnitt 4.7.7 rückgerechnet. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche $q_{b,1\text{-}5}$, sowie die Mittelwerte $(q_{b,m})_{mitt}$ und kleinsten Werte $(q_{b,m})_{min}$ sind in Abhängigkeit von der bezogenen Pfahlkopfsetzung s/D_b in der Tabelle 4.32

enthalten. Das zugehörige Diagramm der Pfahlsohlwiderstands-Verschiebungslinien wird in Abbildung 4.52 dargestellt.

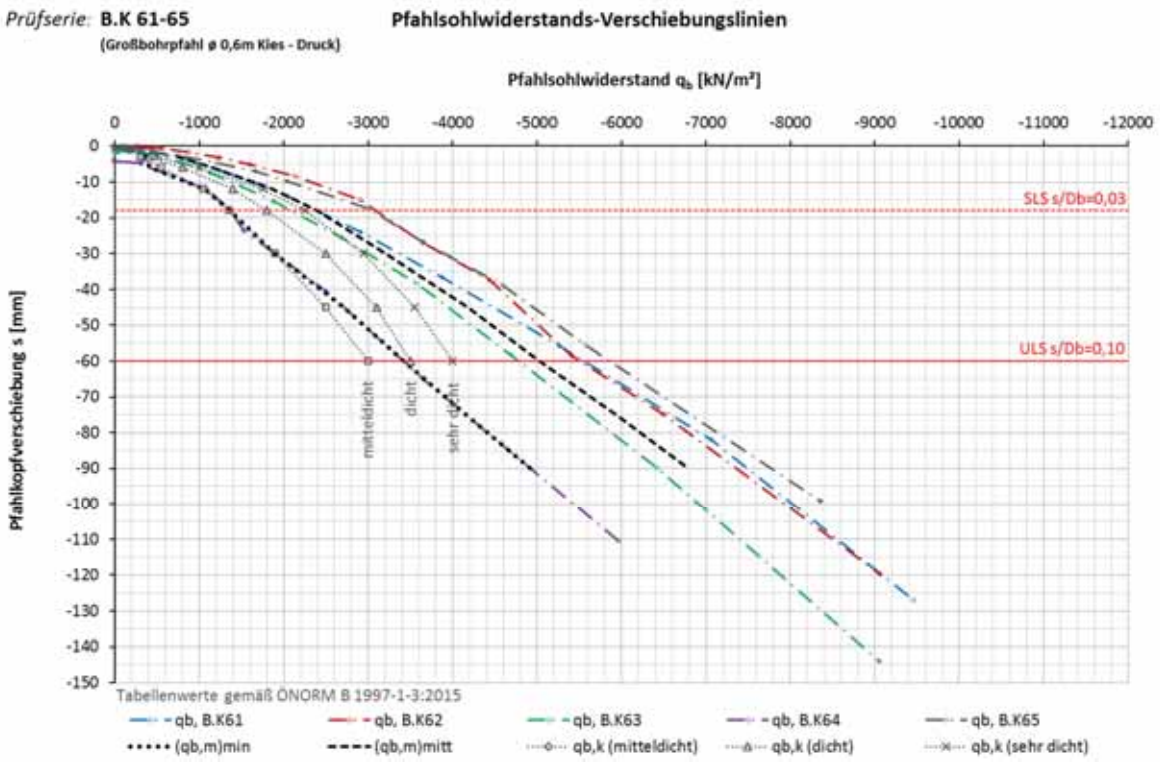


Abbildung 4.52: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 61–65 (SOB).

Die aus den Versuchen ermittelten Pfahlsohlwiderstände, für den Grenztragfähigkeitsnachweis (ULS) bei $s/D_b = 0{,}10$ ($s = 60$ mm), liegen bei 3419 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 5024 kN/m² für den Mittelwert. Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (SLS) bei $s/D_b = 0{,}03$ ($s = 18$ mm), liegen die Werte bei 1360 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 2390 kN/m² für den Mittelwert.

Für einen Vergleich dieser Ergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3 [21] werden die Werte der charakteristischen Pfahlsohlwiderstände $q_{b,k}$ entsprechend der Tabelle 4.23 herangezogen, diese sind auch in Abbildung 4.52 dargestellt. Durch die Anzahl von fünf Versuchen können die Streuungsfaktoren gemäß ÖNORM B 1997-1-1 [20] mit $\xi_1 = \xi_2 = 1{,}0$ angenommen werden. Bezieht man die Gleichung (4.13) auf den Pfahlsohlwiderstand gilt für die Ableitung charakteristischer Pfahlsohlwiderstände aus den Versuchsergebnissen $(q_{b,m})_{min} = q_{b,k}$. Die Vergleiche für den Grenztragfähigkeitsnachweis und den Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Lagerungsdichten mitteldicht, dicht und sehr dicht sind in Abbildung 4.53 dargestellt.

Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis zeigt sich, dass der kleinste Pfahlsohlwiderstand dieser Versuchsreihe bei $s/D_b = 0{,}03$ um 1% über dem Tabellenwert bei mitteldichter Lagerungsdichte liegt. Für den Grenztragfähigkeitsnachweis liegt der kleinste Pfahlsohlwiderstand dieser Versuchsreihe bei $s/D_b = 0{,}10$ um 14% über dem Tabellenwert bei mitteldichter Lagerungsdichte.

Vergleich Pfahlsohlwiderstand: Versuchergebnisse / ÖNORM B 1997-1-3:2015								
Versuchsreihe	Herstellverfahren	Lagerungsdichte	Gebrauchstauglichkeits-nachweis s/Db = 0,03			Grenztragfähigkeits-nachweis s/Db = 0,10		
			Versuch $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich
B.K 61-65	SOB	locker	1360	-	-	3419	-	-
		mitteldicht		1350	+1%		3000	+14%
		dicht		1800	-24%		3500	-2%

Abbildung 4.53: Pfahlsohlwiderstand B.K 61-65 (SOB): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21].

4.10.2.4 Versuchsreihe B.K 11-12 (SOB-Pfähle)

Bei der Versuchsreihe B.K 11-12 handelt es sich um Großbohrpfähle mit einem planmäßigen Durchmesser von 600 mm und einer Länge der Prüfstrecke von 4,10 m in den quartären Sedimenten („Donauschotter“). Bei der Herstellung der Pfähle wurden „CO_2-arme“ Zemente verwendet. Die Pfähle wurden im SOB-Verfahren, wie geplant hergestellt [47].

Auch der Pfahl B.K 11 wurde nach dem Versuch im Zuge des Schachtaushubs freigelegt. Abbildung 4.54 zeigt einen Vergleich der Manteloberfläche der Pfähle B.K 1 (verrohrt hergestellt) und B.K 11 (im SOB-Verfahren hergestellt). Es ist zu erkennen, dass der Pfahl B.K 11 eine rauere und ungleichmäßigere Manteloberfläche aufweist. Durch Messung des Umfanges an mehreren Stellen ergab sich beim Pfahl B.K 11 ein mittlerer Außendurchmesser von ~770 mm. Jedoch zeigten sich auch Einschnürungen, die etwas über dem planmäßigen Pfahldurchmesser lagen. Die Auswertung erfolgte mit dem planmäßigen Durchmesser von 600 mm.

Abbildung 4.54: Vergleich der Freigelegten Pfähle B.K 1 (verrohrt) und B.K 11 (SOB).

Die Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ aus den einzelnen Versuchen ist in Tabelle 4.33 angegeben. Die bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_b für den Bereich von 0,005 bis 0,150 bzw. die zugehörige Setzung, dient hierbei als Vergleichsbasis.

Das zugehörige Diagramm der Widerstands-Verschiebungslinien wird in Abbildung 4.55 gezeigt. Die einzelnen Versuche sind in unterschiedlichen Farben dargestellt, wobei in Ergänzung zum

Pfahlwiderstand $R_{c,m,i}$ (durchgezogene Linien) der Pfahlmantelwiderstand $R_{s,m,i}$ (strichliert) sowie der der Pfahlfußwiderstand $R_{b,m,i}$ (strich-punktiert) dargestellt werden.

Die abgeleiteten, charakteristischen Widerstands-Verschiebungslinien sind in schwarz dargestellt. Die kleinsten Werte $(R_{c,m})_{min}$ wurden hierbei punktiert und die Mittelwerte $(R_{c,m})_{mitt}$ strichliert eingezeichnet.

Tabelle 4.33: Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 11–12 (SOB).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlwiderstand**			
		je Belastungsversuch		Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$R_{c,m,1}$ [kN]	$R_{c,m,2}$ [kN]	$(R_{c,m})_{mitt}$ [kN]	**$(R_{c,m})_{min}$ [kN]**
0,005	3	756	594	675	**594**
0,010	6	1.129	741	935	**741**
0,020	12	1.685	1.224	1.454	**1.224**
0,030	18	2.117	1.546	1.831	**1.546**
0,050	30	2.749	2.075	2.412	**2.075**
0,075	45	3.304	2.565	2.935	**2.565**
0,100	60	3.592	2.933	3.263	**2.933**
0,125	75	3.823	3.234	3.528	**3.234**
0,150	90	4.042	3.440	3.741	**3.440**

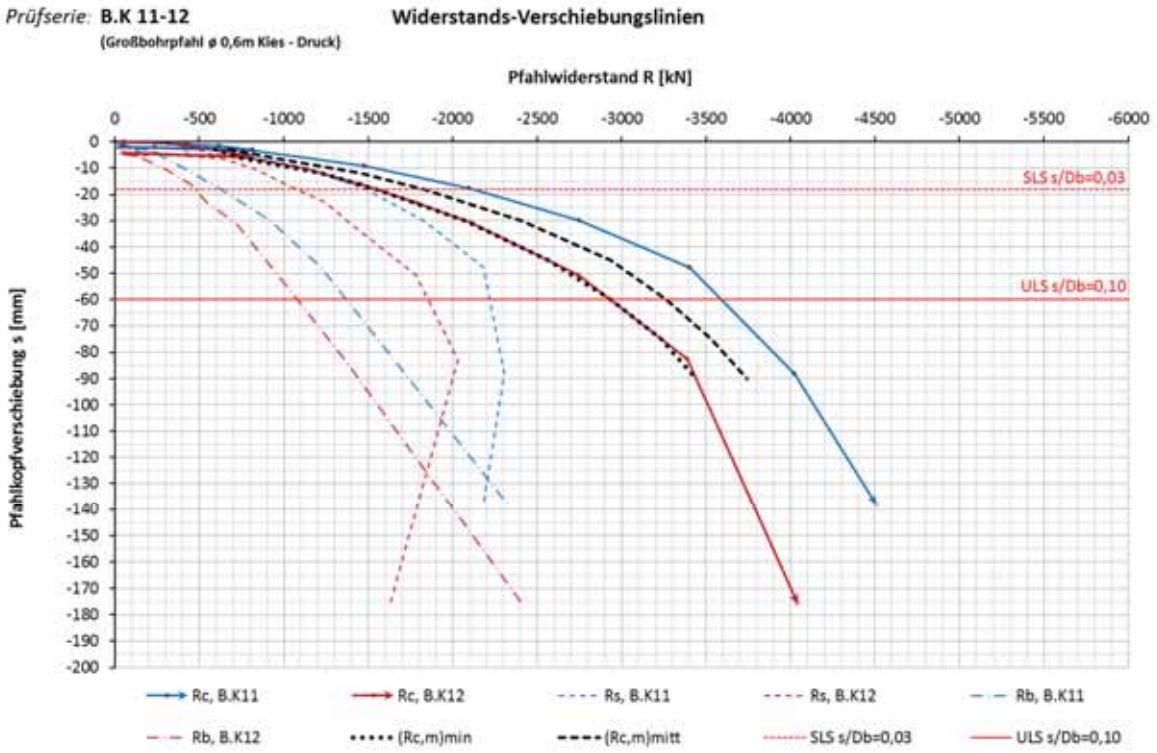


Abbildung 4.55: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 11–12 (SOB).

Der kleinere Pfahlwiderstand wurde beim Pfahl B.K 12 gemessen, wobei beide Pfähle einen ähnlichen Verlauf der Widerstands-Verschiebungslinie zeigen. Die „näherungsweise“ Grenzsetzung im Grenzzustand der Tragfähigkeit liegt gemäß [3] bei $s_g = 0{,}1 \cdot D_b$. In Abbildung 4.55 ist somit die

Grenztragfähigkeit (ULS) mit einer roten Linie bei einer bezogenen Pfahlkopfsetzung von s/D_b = 0,10 (s = 60 mm) dargestellt. Für die zulässige Setzung der Gebrauchstauglichkeit (SLS) wurde ein üblicher Wert aus der Praxis mit s/D_b = 0,03 (s = 18 mm) gewählt und mit einer rot-strichlierten Linie in Abbildung 4.55 eingetragen.

Bei dieser Versuchsreihe zeigt sich, dass der Pfahlmantelwiderstand bei beiden Pfählen voll mobilisiert werden konnte. Die Grenzsetzungen bei voll mobilisiertem Pfahlmantelwiderstand s_{sg} liegt im Bereich von ~80 mm beim Pfahl B.K 12 bis ~90 mm beim Pfahl B. K 11. Darüber wurden die zusätzlichen Lasten nur mehr vom Pfahlfußwiderstand übernommen. Der Pfahlfußwiderstand entwickelt sich kontinuierlich und bei beiden Versuchen mit zunehmender Setzung annähernd linear.

Die gemessenen Pfahlmantelwiderstände zwischen dem obersten und untersten Messquerschnitt in der Prüfstrecke wurden auf die entsprechende ausgeführte Mantelfläche bezogen und der Pfahlmantelwiderstand $q_{s,m,MQ2\text{-}5}$ bestimmt. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche $q_{s,m,1\text{-}5}$, sowie die Mittelwerte $(q_{s,m})_{mitt}$ und kleinsten Werte $(q_{s,m})_{min}$ sind in Abhängigkeit von der bezogenen Pfahlkopfsetzung s/D_b in Tabelle 4.34 enthalten. Das zugehörige Diagramm der Pfahlmantelwiderstands-Verschiebungslinien ist in Abbildung 4.56 dargestellt.

Tabelle 4.34: Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 11–12 (SOB).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlmantelwiderstand $q_{s,m,MQ2\text{-}5}$**			
		je Belastungsversuch		Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$q_{s,m,1}$ [kN/m²]	$q_{s,m,2}$ [kN/m²]	$(q_{s,m})_{mitt}$ [kN/m²]	**$(q_{s,m})_{min}$ [kN/m²]**
0,005	3	54	49	51	**49**
0,010	6	78	69	74	**69**
0,020	12	117	104	110	**104**
0,030	18	146	124	135	**124**
0,050	30	187	159	173	**159**
0,075	45	216	187	201	**187**
0,100	60	228	208	218	**208**
0,125	75	237	225	231	**225**

Die aus den Versuchen ermittelten Pfahlmantelwiderstände, für den Grenztragfähigkeitsnachweis (ULS) bei s/D_b = 0,10 (s = 60 mm), liegen bei 208 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 218 kN/m² für den Mittelwert. Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (SLS) bei s/D_b = 0,03 (s = 18 mm), liegen die Werte bei 124 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 135 kN/m² für den Mittelwert.
Für einen Vergleich dieser Ergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3 [21] werden die Werte der charakteristischen Pfahlmantelwiderstände $q_{s,k}$ entsprechend der Tabelle 4.22 herangezogen, diese sind auch in Abbildung 4.56 dargestellt. Alle Pfähle der Versuchsreihe waren im Prüffeld 1 angeordnet, dementsprechend werden die abgeleiteten Lagerungsdichten der Rammsondierung DPH-01 und DPH-02 für den Vergleich verwendet. Durch nur zwei Versuchen müssten die Streuungsfaktoren gemäß ÖNORM B 1997-1-1 [20] mit ξ_1 = 1,3 und ξ_2 = 1,2 angenommen werden, um charakteristische Pfahlmantelwiderstände aus den Versuchsergebnissen abzuleiten. Damit diese Versuchsreihe mit den weiteren Versuchsreihen im Kies verglichen werden kann, wurden bei den nachfolgenden Vergleichen die Messwerte nicht abgemindert und dementsprechend wurde statt $q_{s,k}$

das Kürzel $q_{s,m}$ verwendet. Die Vergleiche für den Grenztragfähigkeitsnachweis und den Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Lagerungsdichten locker, mitteldicht und dicht sind in Abbildung 4.57 dargestellt.

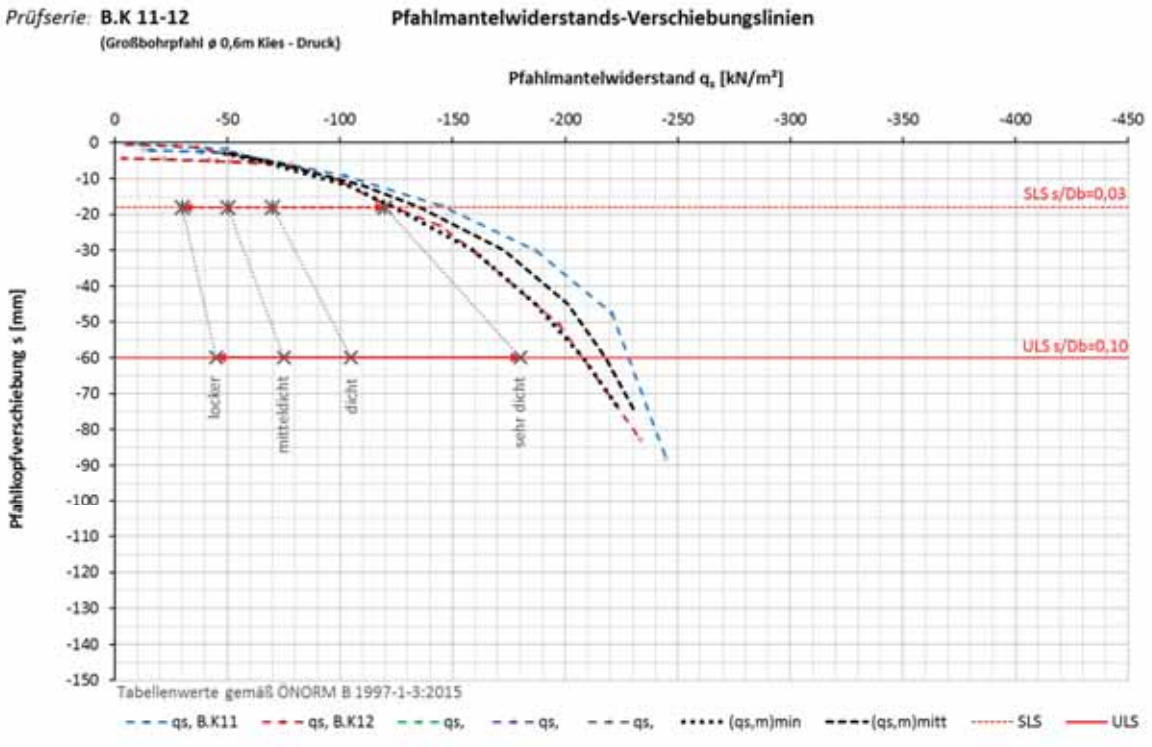


Abbildung 4.56: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 11–12 (SOB).

Vergleich Pfahlmantelwiderstand: Versuchergebnisse / ÖNORM B 1997-1-3:2015								
Versuchsreihe	Herstellverfahren	Lagerungsdichte	Gebrauchstauglichkeits-nachweis s/Db = 0,03			Grenztragfähigkeits-nachweis s/Db = 0,10		
			Versuch $q_{s,m}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{s,m}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich
B.K 11-12	SOB	locker	124	30	+313%	208	45	+362%
		mitteldicht		50	+148%		75	+177%
		dicht		70	+77%		105	+98%

Abbildung 4.57: Pfahlmantelwiderstand B.K 11-12 (SOB): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21].

Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis zeigt sich, dass der kleinste Pfahlmantelwiderstand dieser Versuchsreihe bei s/D_b = 0,03 um 313% über dem Tabellenwert bei lockerer Lagerungsdichte liegt. Für den Grenztragfähigkeitsnachweis liegt der kleinste Pfahlmantelwiderstand dieser Versuchsreihe bei s/D_b = 0,10 um 362% über dem Tabellenwert bei lockerer Lagerungsdichte.

Tabelle 4.35: Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 11–12 (SOB).

Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Setzung	**Pfahlsohlwiderstand q_b**			
		je Belastungsversuch		Mittelwert	**kleinster Wert**
s/D_b	s [mm]	$q_{b,m,1}$ [kN/m²]	$q_{b,m,2}$ [kN/m²]	$(q_{b,m})_{mitt}$ [kN/m²]	**$(q_{b,m})_{min}$ [kN/m²]**
0,005	3	634	364	499	**364**
0,010	6	1.031	587	809	**587**
0,020	12	1.643	1.205	1.424	**1.205**
0,030	18	2.223	1.672	1.948	**1.672**
0,050	30	3.255	2.474	2.865	**2.474**
0,075	45	4.156	3.165	3.661	**3.165**
0,100	60	4.852	3.819	4.335	**3.819**
0,125	75	5.503	4.469	4.986	**4.469**

Der Pfahlsohlwiderstand wurde nicht direkt gemessen und somit entsprechend Abschnitt 4.7.7 rückgerechnet. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche $q_{b,1\text{-}5}$, sowie die Mittelwerte $(q_{b,m})_{mitt}$ und kleinsten Werte $(q_{b,m})_{min}$ sind in Abhängigkeit von der bezogenen Pfahlkopfsetzung s/D_b in der Tabelle 4.35 enthalten. Das zugehörige Diagramm der Pfahlsohlwiderstands-Verschiebungslinien wird in Abbildung 4.58 gezeigt.

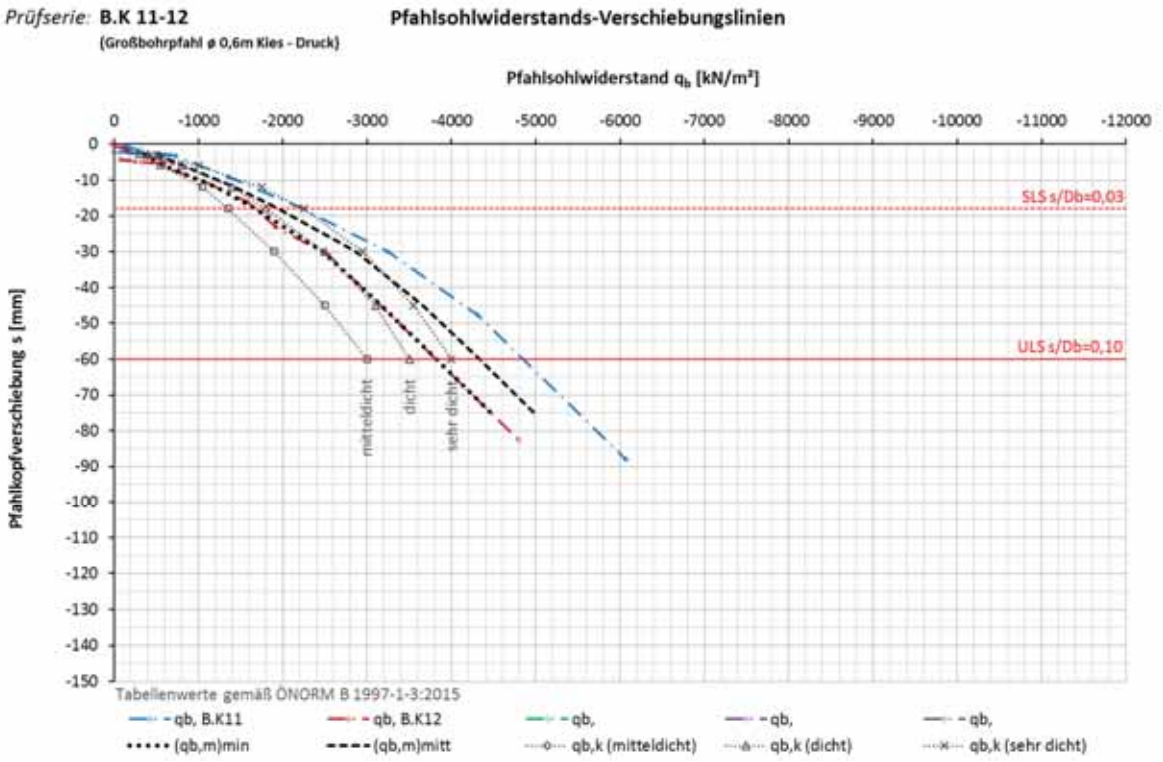


Abbildung 4.58: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 11–12 (SOB).

Die aus den Versuchen ermittelten Pfahlsohlwiderstände, für den Grenztragfähigkeitsnachweis (ULS) bei $s/D_b = 0{,}10$ ($s = 60$ mm), liegen bei 3819 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 4335 kN/m² für den Mittelwert. Für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (SLS) bei

s/D_b = 0,03 (s = 18 mm), liegen die Werte bei 1672 kN/m² für den kleinsten Wert und bei 1948 kN/m² für den Mittelwert.

Für einen Vergleich dieser Ergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3 [21] werden die Werte der charakteristischen Pfahlsohlwiderstände $q_{b,k}$ entsprechend der Tabelle 4.23 herangezogen, diese sind auch in Abbildung 4.58 dargestellt. Damit diese Versuchsreihe mit den weiteren Versuchsreihen im Kies verglichen werden kann, wurden bei den nachfolgenden Vergleichen die Messwerte nicht um die Streuungsfaktoren gemäß [20] abgemindert und dementsprechend wurde statt $q_{b,k}$ das Kürzel $q_{b,m}$ verwendet. Die Vergleiche für den Grenztragfähigkeitsnachweis und den Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Lagerungsdichten mitteldicht und dicht sind in Abbildung 4.59 dargestellt.

Vergleich Pfahlsohlwiderstand: Versuchergebnisse / ÖNORM B 1997-1-3:2015								
Versuchsreihe	Herstellverfahren	Lagerungsdichte	Gebrauchstauglichkeits-nachweis s/Db = 0,03			Grenztragfähigkeits-nachweis s/Db = 0,10		
			Versuch $q_{b,m}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{b,m}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich
B.K 11-22	SOB	locker	1672	-	-	3819	-	-
		mitteldicht		1350	+24%		3000	+27%
		dicht		1800	-7%		3500	+9%

Abbildung 4.59: Pfahlsohlwiderstand B.K 11-12 (SOB): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21].

Für einen lockere Lagerungsdichte werden in der ÖNORM B 1997-1-3 [21] keine Werte für den charakteristischen Pfahlsohlwiderstände $q_{b,k}$ angegeben. Ein Vergleich bei mitteldichter Lagerungsdichte zeigt für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis, dass der kleinste Pfahlsohlwiderstand dieser Versuchsreihe bei s/D_b = 0,03 um 24% über dem Tabellenwert liegt. Für den Grenztragfähigkeitsnachweis liegt der kleinste Pfahlsohlwiderstand dieser Versuchsreihe bei s/D_b = 0,10 um 27% über dem Tabellenwert.

4.10.2.5 Vergleich der Prüfreihen im Kies

Die vier Versuchsreihen unterscheiden sich im Herstellungsverfahren, im verwendeten Zement für den Pfahlbeton und der örtlichen Anordnung. Die Versuchsreihe B.K 51-55 und B.K 1-2 wurde im Kellybohrverfahren mit verrohrter Bohrung hergestellt. Die Versuchsreihe B.K 61-65 und B.K 11-12 wurde im SOB-Verfahren hergestellt. Bei den Versuchsreihen B.K 1-2 und B.K 11-12 wurden „CO_2-arme“ Zemente verwendet, örtlich wurden diese im Prüffeld 1 angeordnet, die beiden anderen Versuchsreihen wurden im Prüffeld 2 angeordnet.

Abbildung 4.60 zeigt ein Diagramm mit der Gegenüberstellung des Pfahlwiderstand $R_{c,m,i}$ (durchgezogene Linien), des Pfahlmantelwiderstand $R_{s,m,i}$ (strichliert) sowie des Pfahlfußwiderstand $R_{b,m,i}$ (strich-punktiert) der vier Versuchsreihen. Die Versuchsreihen sind farblich voneinander getrennt, indem B.K 51-55 in rot, B.K 1-2 in grün, B.K 61-65 in blau und B.K 11-12 in violett dargestellt sind.

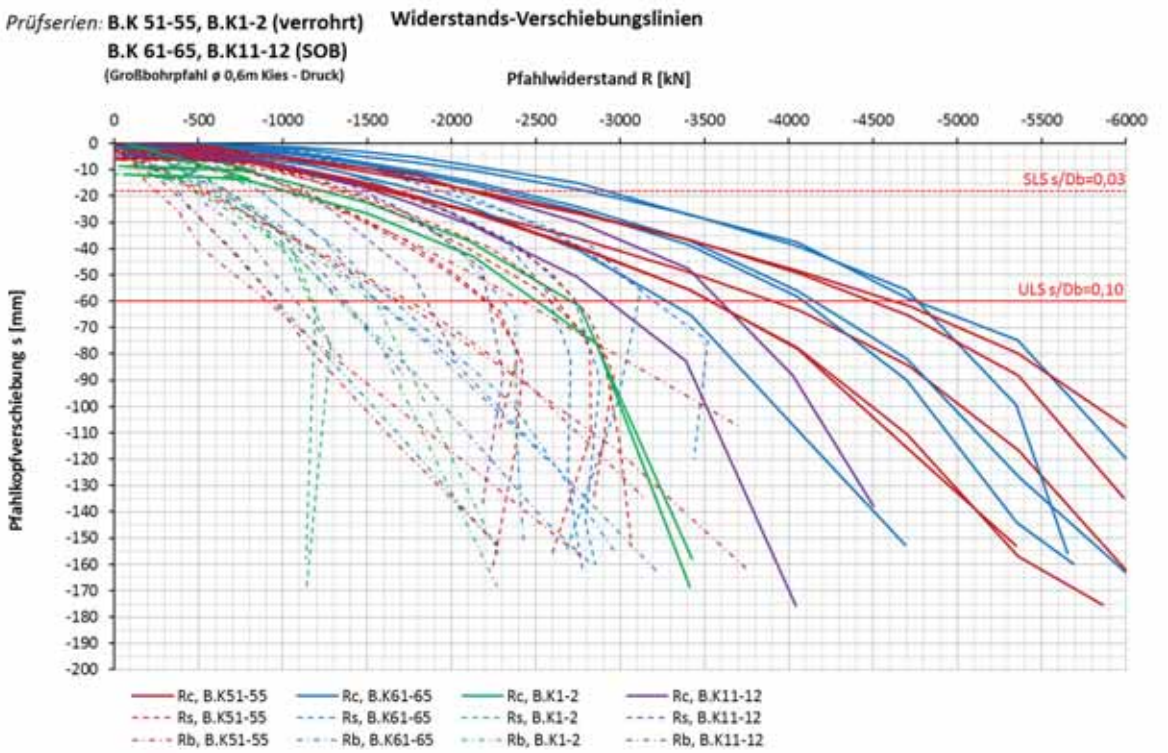


Abbildung 4.60: Diagramm zur Gegenüberstellung der Versuchsreihen B.K 51-55 (verrohrt), B.K 61–65 (SOB), B.K 1-2 (verrohrt) und B.K 11–12 (SOB).

Bei Betrachtung der Gegenüberstellung der Widerstands-Verschiebungslinien aller Versuchsreihen im Kies zeigt sich ein besseres Last-Setzungsverhalten jener Versuchsreihen, die im Prüffeld 2 (rot, blau) angeordnet sind. Dies lässt sich mit der höheren Lagerungsdichte entsprechend der Rammsondierungen DPH-03 im Prüffeld 2 begründen. Ein Einfluss des „CO_2-armen“ Zements auf das äußere Tragverhalten der Versuchsreihen im Prüffeld 1 kann dafür wohl ausgeschlossen werden.

Vergleicht man die unterschiedlichen Herstellungsverfahren, zeigt sich ein etwas besseres Last-Setzungsverhalten der SOB-Pfähle B.K 61-65 (blau) und B.K 11-12 (violett) gegenüber den verrohrt hergestellten Versuchsreihen B.K 51-55 (rot) und B.K 1-2 (grün). Beachtet man zusätzlich, dass die drei Pfähle der Versuchsreihe B.K 51-55 mit dem höchsten Pfahlwiderstand möglicherweise durch eine Aufweitung des Pfahlfußes (wie in Abschnitt 4.10.2.1 beschrieben) ein besseres Last-Setzungsverhalten aufweisen, ist der Unterschied noch deutlicher. Das bessere Last-Setzungsverhalten der SOB-Pfähle wird auf den höheren Pfahlmantelwiderstand zurückgeführt.

Es zeigt sich, dass die Grenzsetzungen bei voll mobilisiertem Pfahlmantelwiderstand s_{sg} bei allen Versuchen im Bereich von ~55 mm bis ~90 mm liegen. Deutlich ist auch zu erkennen, dass der Pfahlmantelwiderstand bei jenen Pfählen im Prüffeld 1 geringer ist als bei den Pfählen im Prüffeld 2. Beim Pfahlfußwiderstand ist hingegen kaum ein Unterschied zu erkennen. Generell ist ersichtlich, dass sich der Pfahlfußwiderstand kontinuierlich, annähernd linear und mit zunehmender Setzung aufbaut.

In Abbildung 4.61 sind die Vergleiche der Pfahlmantel- und Pfahlsohlwiderstände aus den Versuchsreihen der quartären Sedimente mit den Tabellenwerten aus der ÖNORM B 1997-1-3 [21] zusammengestellt.

Quartäre Sedimente "Donauschotter": Vergleich der Versuchergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3:2015															
Versuchsreihe	Herstellverfahren	Lagerungsdichte	Pfahlmantelwiderstand						Pfahlsohlwiderstand					
			Gebrauchstauglichkeits-nachweis			Grenztragfähigkeits-nachweis			Gebrauchstauglichkeits-nachweis			Grenztragfähigkeits-nachweis		
			Versuch $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich
			s/Db = 0,03			s/Db = 0,10			s/Db = 0,03			s/Db = 0,10		
B.K 51-55	verrohrt	locker	107	30	+257%	267	45	+493%	763	-	-	2820	-	-
		mitteldicht		50	+114%		75	+256%		1350	-43%		3000	-6%
		dicht		70	+53%		105	+154%		1800	-58%		3500	-19%
B.K 61-65	SOB	locker	135	30	+350%	234	45	+420%	1360	-	-	3419	-	-
		mitteldicht		50	+170%		75	+212%		1350	+1%		3000	+14%
		dicht		70	+93%		105	+123%		1800	-24%		3500	-2%
			$q_{s,m}$			$q_{s,m}$			$q_{b,m}$			$q_{b,m}$		
B.K 1-2	verrohrt	locker	58	30	+93%	147	45	+227%	1446	-	-	4160	-	-
		mitteldicht		50	+16%		75	+96%		1350	+7%		3000	+39%
		dicht		70	-17%		105	+40%		1800	-20%		3500	+19%
B.K 11-12	SOB	locker	124	30	+313%	208	45	+362%	1672	-	-	3819	-	-
		mitteldicht		50	+148%		75	+177%		1350	+24%		3000	+27%
		dicht		70	+77%		105	+98%		1800	-7%		3500	+9%

Abbildung 4.61: Vergleich der Versuchsergebnisse aus den Versuchsreihen der quartären Sedimenten mit den Tabellenwerten aus [21].

Die Vergleiche des Pfahlmantelwiderstands zeigen, dass diese bei den verrohrt hergestellten Pfählen und den SOB-Pfählen sowohl für den Grenztragfähigkeits- als auch für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis deutlich über den Normwerten liegen. Der Pfahlsohlwiderstand wird in der Norm nicht für eine lockere Lagerungsdichte angegeben. Es werden die ersten Werte ab einer mitteldichten Lagerungsdichte angeführt. Daher ist nur ein Vergleich bei den Versuchsreihen im Prüffeld 2 (B.K 51-55 und B.K 61-55) mit mitteldichter Lagerungsdichte möglich. Dabei zeigt sich, dass die verrohrt hergestellten Pfähle sowohl für den Grenztragfähigkeits- als auch für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis etwas unter den Normwerten liegen. Die SOB-Pfähle liegen für den Grenztragfähigkeits- als auch für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis in etwa im Bereich der Normwerte bei mitteldichter Lagerungsdichte.

Kapitel 5

Zusammenfassung und Ausblick

Die ÖNORM B 1997-1-3 [21] bietet die Möglichkeit, für die Ermittlung der charakteristischen Pfahlwiderstände Ergebnisse aus Probebelastungen heranzuziehen, wenn deren Zuverlässigkeit unter vergleichbaren Bedingungen nachgewiesen ist. Diese Möglichkeit veranlasste die Stadt Wien, ein Forschungsprojekt mit großmaßstäblichen Belastungsversuchen zu initiieren.

Im Rahmen des Forschungsprojektes „*Unters Hausfeld*“ (kurz: FPUH) wurden neben Versuchen an anderen lastabtragenden Elementen an insgesamt 24 Großbohrpfählen axiale Belastungsversuche durchgeführt. Dabei wurden 10 Belastungsversuche an Pfählen mit der Prüfstrecke in den miozänen Sedimenten („Miozänpfähle“) und 14 Belastungsversuche an Pfählen mit der Prüfstrecke in den quartären Sedimenten („Kiespfähle“) durchgeführt.

Untergrundverhältnisse

Im Vorfeld der Belastungsversuche wurde seitens der MA 29 der Untergrund in einem eigenen Geotechnischen Gutachten [53] beschrieben. Während der Bauphase wurden weitere Baugrunderkundungen in Form von drei Kernbohrungen durchgeführt. Die daraus entnommenen Bodenproben wurden im Erdbaulabor der TU Wien umfangreich untersucht. Zusätzlich wurden auf dem Versuchsgelände drei Schwere Rammsondierungen (DPH) zur Bestimmung der Lagerungsdichte von nichtbindigen Böden ausgeführt.

Zusammenfassend kann der Boden im Bereich der Prüfstrecke der „Miozänpfähle“ als mittelplastischer Schluff und mittelplastischer Ton mit einzelnen Sandlagen beschrieben werden, die Konsistenz reicht von sehr steif bis fest. Der Boden im Bereich der Prüfstrecke der „Kiespfähle“ ist vorrangig sandiger Kies mit lockerer Lagerungsdichte im Prüffeld 1 und mitteldichter Lagerungsdichte im Prüffeld 2.

Herstellung der Pfähle

Die Herstellung der Pfähle erfolgte einerseits im SOB-Verfahren und anderseits mittels verrohrter Bohrung mit Nenndurchmessern von 900 mm für die „Miozänpfähle“ und 600 mm für die „Kiespfähle“. Systembedingte Abweichungen der Nenndurchmesser von den tatsächlichen Durchmessern wurde in den Auswertungen berücksichtigt. Damit bestand die Möglichkeit, die beiden Herstellungsverfahren in Bezug auf die aktivierbaren Pfahlwiderstände zu vergleichen.

Die Pfähle waren so konzeptioniert, dass durch ein Doppelwandrohr kein Pfahlmantelwiderstand oberhalb der Prüfstrecke wirkte. Um den Pfahlmantel- und den Pfahlsohlwiderstand getrennt voneinander erfassen zu können, wurden die Pfähle bei der Herstellung entsprechend instrumentiert. Die

Ausführung der Versuchspfähle gestaltete sich aufgrund des Doppelwandrohrs und der Instrumentierung aufwändiger als bei konventionellen Pfählen.

Instrumentierung und Durchführung der axialen Belastungsversuche

Die Instrumentierung der Pfähle wurde im Vorfeld gut überlegt und sorgfältig geplant. Die verwendete Messtechnik wurde für die Messwerterfassung in zwei Systeme aufgeteilt:

Die Messtechnik am Pfahlkopf – zur Pfahlverschiebungsmessung und zur Erfassung der in den Pfahl eingeleiteten Kraft mittels elektronischer Messaufnehmer vom Typ *HBM Wegtaster WA100MM-T* und einer Kraftmessdose vom Typ *HBM 1-C6A/5MN* – funktionierte bis auf einzelne kurze Störungen weitgehend problemlos. Dabei bewährte sich die redundante Anordnung mehrerer Messsensoren, womit fehlende Daten durch das jeweils andere Messsystem ersetzt werden konnten. Die Messwerterfassung dieses Systems funktionierte ohne nennenswerte Probleme.

Das zweite Messwerterfassungssystem wurde für die messtechnische Ausstattung im Pfahlinneren verwendet und bestand aus einem Kettenextensometer mit fünf Messabschnitten sowie aus Bewehrungssensoren und Sohldruckmessdosen der *Fa. Geokon*. Einige Dehnungsaufnehmer waren bereits bei Versuchsbeginn defekt. Diese wurden vermutlich im Zuge der Pfahlherstellung beschädigt. Es gab auch Probleme mit der Messwerterfassung bei einigen Sensoren, bei denen die Aufzeichnung der Messwerte nur manuell durchgeführt werden konnte. Ein weiteres Problem – das überwiegend beim Kettenextensometer auftrat – war, dass bei einigen Versuchen die Messwerte ein starkes „Rauschen“ zeigten und daher manche Messdaten nicht für die Auswertung verwendet werden konnten. Die Ursache dafür konnte nicht ermittelt werden.

Insgesamt wurden in sechs Pfählen Sohldruckmessdosen eingebaut. Dabei funktionierten jene drei problemlos, die in „Miozänpfähle“ eingebaut wurden. Bei jenen Sohldruckmessdosen, die in den „Kiespfählen“ installiert wurden, zeigte die Auswertung der Versuche, dass diese zu geringe Messwerte ausgegeben hatten, was auf eine mögliche Pfahlfußaufweitung im Zuge der Pfahlherstellung hindeutete. Durch die redundante Verwendung mehrere Messsensoren konnten trotz der zum Teil ausgefallenen und fehlerhaften Messtechnik die Pfahlwiderstände getrennt voneinander erfasst werden.

Die Versuchsdurchführung der axialen Belastungsversuche erfolgte entsprechend der EA-Pfähle [3], die Belastung wurde in zwei Zyklen bis zum Versagen der Pfähle aufgebracht. Bei einer maximalen Prüfkraft von 6000 kN und einem maximalen Pressenhub von 200 mm konnte bei allen Versuchspfählen äußeres Versagen erreicht werden.

Zufolge der Versuchsanordnung gab es insgesamt vier Versuchsreihen mit jeweils fünf gleichartigen Pfählen sowie zwei Versuchsreihen mit je zwei gleichartigen Pfählen im Kies, für diese beiden Versuchsreihen wurden bei der Herstellung „CO_2-arme“ Zemente verwendet.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Instrumentierung der Pfähle sowie die Vorbereitung und Durchführung der axialen Belastungsversuche an Großbohrpfählen sehr gut funktionierten und die Projektziele erreicht werden konnten, die im Wesentlichen folgendermaßen definiert waren:

- Messtechnische Erfassung des äußeren Pfahlwiderstandes bis zum „Versagen“ mit den zugehörigen Pfahlverschiebungen für Erstbelastung, Entlastung und Zweitbelastung

- Aufteilung des äußeren Pfahlwiderstandes in Pfahlmantelwiderstand und Pfahlsohlwiderstand
- Erfassung der Verteilung des Pfahlmantelwiderstandes über die jeweilige Prüfstrecke sowie deren Mobilisierung in Abhängigkeit von der Last
- Gegenüberstellung der Ergebnisse je Versuchsreihe
- Ableitung der normgemäßen charakteristischen Pfahlmantelwiderstände und Pfahlsohlwiderstände unter Anwendung der normgemäßen Streuungsfaktoren ξ_1 und ξ_2
- Vergleich der Ergebnisse der charakteristischen Pfahlmantelwiderstände und Pfahlsohlwiderstände mit den Tabellenwerten aus der ÖNORM B 1997-1-3

Auswertung der axialen Belastungsversuche und Ableitung charakteristischer Pfahlwiderstände

Generell erfolge die Auswertung der axialen Belastungsversuche entsprechend der EA-Pfähle [3] mit Hilfe einer eigens für das Forschungsprojekt erstellten Excel-Tabelle [55]. Die besonderen Herausforderungen bei der Erstellung dieser Auswertungstabelle lagen in der Berücksichtigung der unterschiedlichen Steifigkeiten in den Messquerschnitten aufgrund unterschiedlicher Querschnitts-Zusammensetzungen und in der Bestimmung des E-Modul des Betons. Diese Werte stellten gemeinsam mit den gemessenen Dehnungen die Grundlage für die Berechnung der Längskräfte dar.

Aufgrund der jeweiligen Anzahl von vergleichbaren Belastungsversuchen wurden gemäß ÖNORM B 1997-1-3 [21] Streuungsfaktoren von $\xi_1 = 1{,}00$ und $\xi_2 = 1{,}00$ gewählt und damit jeweils der Mittelwert des aus den Pfahlprobebelastungen gemessenen Wertes $(R_{c;m})_{mitt}$ und des kleinsten Wertes $(R_{c;m})_{min}$ von allen vergleichbaren Messungen bestimmt.

Folgende Auswertungen wurden im Detail in tabellarischer und grafischer Form gemacht:

- Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung und gemessener Pfahlsohlwiderstand
- Absolute und relative Zeitverformung je Laststufe
- Widerstands-Verschiebungslinie mit Aufteilung in Pfahlmantel- und Pfahlfußwiderstand
- Widerstands-Kriechmaßlinie je Laststufe
- Messwerte der Pfahlinstrumentierung
- Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe
- Ermittlung des Elastizitätsmoduls des Betons
- Berechnung des Längskraftverlaufes je Laststufe
- Ermittlung des Pfahlmantel- und des Pfahlsohlwiderstands

Ergebnisse der axialen Belastungsversuche

Die Gegenüberstellung der Versuchsreihen innerhalb der „Miozänpfähle“ zeigte ein günstigeres Last-Setzungsverhalten der SOB-Pfähle gegenüber den Pfählen, die mittels Verrohrung unter Wasserauflast hergestellt wurden. Der höhere Pfahlwiderstand der SOB-Pfähle begründete sich durch den höheren Pfahlmantelwiderstand gegenüber den verrohrt hergestellten Pfählen.

Bei den „Kiespfählen“ zeigte die Gegenüberstellung der Versuchsreihen generell auch ein günstigeres Last-Setzungsverhalten der SOB-Pfähle gegenüber den mittels Verrohrung hergestellten Pfählen, wobei der Unterschied wesentlich geringer war als bei den „Miozänpfählen“. Der höhere Pfahlwiderstand der SOB- Pfähle konnte wiederum auf den höheren Pfahlmantelwiderstand zurückgeführt werden, dies sprach für eine bessere Verzahnung der Pfahloberfläche mit dem Kies bei den SOB-Pfählen. Freigelegte „Kiespfähle“ zeigten jedenfalls eine rauere und ungleichmäßigere Oberfläche bei den SOB-Pfählen. Bei den Kiespfählen wurde auch ein besseres Last-Setzungsverhalten jener Versuchsreihen beobachtet, die im Prüffeld 2 angeordnet waren. Dies ließ sich mit der höheren Lagerungsdichte des Kieses im Prüffeld 2 gegenüber jenem im Prüffeld 1 begründen. Ein Einfluss des „CO_2-armen“ Zements auf das äußerer Tragverhalten der Versuchsreihen im Prüffeld 1 konnte dafür wohl ausgeschlossen werden.

Vergleich der Versuchergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3:2015															
Versuchsreihe	Herstellverfahren	Konsistenz / Lagerungsdichte	Pfahlmantelwiderstand						Pfahlsohlwiderstand					
			Gebrauchstauglichkeitsnachweis			Grenztragfähigkeitsnachweis			Gebrauchstauglichkeitsnachweis			Grenztragfähigkeitsnachweis		
			Versuch $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{s,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ SLS [kN/m²]	Vergleich	Versuch $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Norm $q_{b,k}$ ULS [kN/m²]	Vergleich
Miozäne Sedimente			s/Db = 0,02			s/Db = 0,03			s/Db = 0,02			s/Db = 0,03		
B.M 1-5	verrohrt	sehr steif	71	35	+103%	72	52	+38%	513	600	-15%	726	800	-9%
		halbfest		50	+42%		75	-4%		900	-43%		1150	-37%
		fest		70	+1%		105	-31%		1200	-57%		1500	-52%
			s/Db = 0,02			s/Db = 0,05			s/Db = 0,02			s/Db = 0,05		
B.M 11-15	SOB	sehr steif	133	35	+280%	142	52	+173%	371	600	-38%	1071	1100	-3%
		halbfest		50	+166%		75	+89%		900	-59%		1600	-33%
		fest		70	+90%		105	+35%		1200	-69%		2100	-49%
Quartäre Sedimente			s/Db = 0,03			s/Db = 0,10			s/Db = 0,03			s/Db = 0,10		
B.K 51-55	verrohrt	locker	107	30	+257%	267	45	+493%	763	-	-	2820	-	-
		mitteldicht		50	+114%		75	+256%		1350	-43%		3000	-6%
		dicht		70	+53%		105	+154%		1800	-58%		3500	-19%
B.K 61-65	SOB	locker	135	30	+350%	234	45	+420%	1360	-	-	3419	-	-
		mitteldicht		50	+170%		75	+212%		1350	+1%		3000	+14%
		dicht		70	+93%		105	+123%		1800	-24%		3500	-2%
			$q_{s,m}$			$q_{s,m}$			$q_{b,m}$			$q_{b,m}$		
B.K 1-2	verrohrt	locker	58	30	+93%	147	45	+227%	1446	-	-	4160	-	-
		mitteldicht		50	+16%		75	+96%		1350	+7%		3000	+39%
		dicht		70	-17%		105	+40%		1800	-20%		3500	+19%
B.K 11-12	SOB	locker	124	30	+313%	208	45	+362%	1672	-	-	3819	-	-
		mitteldicht		50	+148%		75	+177%		1350	+24%		3000	+27%
		dicht		70	+77%		105	+98%		1800	-7%		3500	+9%

Abbildung 5.1: Vergleich der Versuchsergebnisse aller Versuchsreihen mit den Tabellenwerten aus [21].

Die Vergleiche der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten der ÖNORM B 1997-1-3 [21] aller Versuchsreihen der Belastungsversuche an Großbohrpfählen ist in Abbildung 5.1 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass insbesondere die gemessenen Pfahlmantelwiderstände in Abhängigkeit von der Konsistenz bzw. von der Lagerungsdichte des Bodens größer bzw. deutlich größer als die zugehörigen Tabellenwerte aus der ÖNORM B 1997-1-3 [21] sind. Im Gegensatz dazu sind die gemessenen Pfahlsohlwiderstände tendenziell geringer und nur zum Teil größer als die zugehörigen Tabellenwerte. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Tabellenwerte für vergleichsweise geringe bezogene Pfahlkopfsetzungen als Vergleichswerte herangezogen worden sind (bei den Miozänpfählen sowohl

für den Gebrauchstauglichkeits- als auch für den Grenztragfähigkeitsnachweis, bei den Kiespfählen nur für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis), die deutlich unter den theoretisch mobilisierbaren Werten bei größeren bezogenen Pfahlkopfsetzungen liegen.

Die in der ÖNORM B 1997-1-3 [21] angegebene Bemessung von Großbohrpfählen auf Basis von Belastungsversuchen (Pfahlprobebelastungen) bedeutet eine Erweiterung des Spektrums zur Ermittlung der charakteristischen Pfahlwiderstände und lässt sich anwenden, wenn die Zuverlässigkeit unter vergleichbaren Bedingungen nachgewiesen werden kann. Die im Rahmen des Forschungsprojektes *„Unteres Hausfeld“* (FPUH) durchgeführten Pfahlprobebelastungen an Pfählen unterschiedlicher Herstellungsart mit Lastabtragung in die quartären Sedimente und in die miozänen Sedimente hat einerseits das große Potenzial zur Optimierung der Pfahlbemessung aber auch deren Grenzen aufgezeigt. Die Bandbreite der ermittelten Pfahlwiderstände orientiert sich im Bereich von der unteren Grenze bzw. unterhalb der in der ÖNORM B 1997-1-3 angegebenen Tabellenwerte bis zur oberen Grenze und weit darüber. Entscheidend für die Beurteilung sind einerseits die Bodenarten, deren Konsistenz bzw. Lagerungsdichte, die eine entsprechend präzise Dokumentation erfordern, und andererseits das gewählte Pfahlherstellungsverfahren, das je nach Bodenart stark variierende Pfahlwiderstände nach sich ziehen kann.

Es hat sich gezeigt, dass sorgfältig ausgeführte Pfahlprobebelastungen ein wertvolles Planungswerkzeug für eine wesentlich präzisere Ermittlung der Pfahlwiderstände darstellen und folglich für eine höhere Planungs- und Ausführungssicherheit in Zukunft vermehrt in Betracht gezogen werden sollen.

QUELLENVERZEICHNIS

Literatur

[1] ADAM, D. (2016): Grundbau und Bodenmechanik: Studienunterlagen zur Vorlesung. Forschungsbereich Grundbau, Boden- und Felsmechanik. Institut für Geotechnik. Technische Universität Wien.

[2] BOLEY, C. (2012): Handbuch Geotechnik: Grundlagen, Anwendungen, Praxiserfahrungen. 1. Auflage. Wiesbaden: Vieweg & Teubner.

[3] DGGT Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (2012) e.V. (Hrsg.), EA-Pfähle, Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“; 2. Auflage.

[4] DGGT Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (1998), Arbeitskreis 2.1, Empfehlungen für statische und dynamische Pfahlprüfungen; Eigenverlag des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik, Technische Universität Braunschweig.

[5] FELLENIUS, B. H., (2001): From strain measurements to load in an instrumented pile. Geotechnical News Magazine, Vol. 19, No. 1, pp 35 38.

[6] FELLENIUS, B.Soil setup, variable concrete modulus, and residual load for tapered instrumented piles in sand. American Society of Civil Engineers, ASCE, Specialty Conference on Performance Confirmation of Constructed Geotechnical Facilities, University of Massachusetts, Amherst.

[7] FREUIS, A. (2018): Last-Verformungsverhalten von Energiepfählen im typischen Wiener Baugrund; Diplomarbeit, Technische Universität Wien – Institut für Geotechnik.

[8] HAYES, J. & SIMMONDS, T.: Interpreting strain measurements from load tests in Bored Piles, Loadtest Inc., Geokon Inc., USA.

[9] MARZY, C. (2018): Großmaßstäbliche Versuche zum Last-Verformungsverhalten von Großbohrpfählen, Düsenstrahlsäulen und der Rückverankerung von Düsenstrahlsohlen im typischen Wiener Baugrund; Diplomarbeit, Technische Universität Wien – Institut für Geotechnik.

[10] MEINHARD, K. (2012): Tempjet: Laufende Qualitätskontrolle und -sicherung – Software für thermische Durchmesserbestimmung von Düsenstrahlsohlen, In: World of PORR 160/2012.

[11] MEUSBURGER, J. (2018): Großmaßstäbliche Versuche zum Last-Verformungsverhalten von Mikropfählen und vorgespannten Ankern im typischen Wiener Baugrund; Diplomarbeit, Technische Universität Wien – Institut für Geotechnik.

[12] PICHLER, B., EBERHARDSTEINER, J. (2015): Skriptum zur Vorlesung Baustatik, Institut für Mechanik der Werkstoffe und Strukturen, Technische Universität Wien, Ausgabe Sommersemester 2015.

[13] PREGL, O. (2000): Handbuch der Geotechnik: Band 2 - Geologische Grundlagen, Erdbeben, Untergrunderkundungen, Feld- und Bauwerksmessungen; Wien: Institut für Geotechnik an der Universität für Bodenkultur (BOKU).

[14] STADLBAUER, M. (2019): Auswertung von Pfahlprobebelastungen im typischen Wiener Baugrund anhand des Beispiels eines verrohrten Großbohrpfahls; Projektarbeit, Technische Universität Wien – Institut für Geotechnik.

[15] STÖGLEHNER, A. (2018): Großmaßstäbliche Horizontalbelastungsversuche an Großbohrpfählen unter gleichzeitiger statischer Vertikallast im typischen Wiener Baugrund; Diplomarbeit, Technische Universität Wien – Institut für Geotechnik.

[16] WITT, K.-J. (Hrsg.) (2008): Grundbau-Taschenbuch Teil 1: Geotechnische Grundlagen, 7. Auflage, Berlin: Ernst & Sohn.

[17] WITT, K.-J. (Hrsg.) (2009): Grundbau-Taschenbuch Teil 2: Geotechnische Verfahren, 7. Auflage, Berlin: Ernst & Sohn.

[18] WITT, K.-J. (Hrsg.) (2009): Grundbau-Taschenbuch Teil 3: Gründungen und geotechnische Bauwerke, 7. Auflage. Berlin: Ernst & Sohn.

Normen und Richtlinien

[19] ÖNORM EN 1997-1 2014 11 15: Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln. Österreichisches Normungsinstitut, 1020 Wien.

[20] ÖNORM B 1997-1-1 2013 09 01: Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln – Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1997-1 und nationale Ergänzungen. Österreichisches Normungsinstitut, 1020 Wien.

[21] ÖNORM B 1997-1-3 2015 08 01: Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1-3: Pfahlgründungen. Österreichisches Normungsinstitut, 1020 Wien.

[22] ÖNORM B 4400-1 2010 03 15: Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden - Regeln zur Umsetzung der ÖNORMEN EN ISO 14688-1 und -2 sowie grundlegende Symbole und Einheiten. Österreichisches Normungsinstitut, 1020 Wien.

[23] ÖNORM B 4440 2001 09 01: Erd- und Grundbau: Großbohrpfähle, Tragfähigkeit. Österreichisches Normungsinstitut, 1020 Wien.

[24] ÖNORM B 5016 2018 11 01: Erdarbeiten für Rohrleitungen des Siedlungs- und Industriewasserbaus – Qualitätssicherung der Verdichtungsarbeiten. Österreichisches Normungsinstitut, 1020 Wien.

[25] ÖNORM EN 1536 2015 12 01: Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Bohrpfähle. Österreichisches Normungsinstitut, 1020 Wien.

[26] ÖBV-RL-BP (2013): Bohrpfähle, Österreichische Bautechnik Vereinigung, Ausgabe November 2013.

Projektunterlagen

[27] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ Absteckung und Übersicht. Prüffeld 1+2. Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-4-0401-L, vom 15.02.2017, Wien.

[28] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ d90 Bohrpfähle – Miozän (verrohrt), Schalung, Prüffeld 1, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-5-0503-A vom 09.02.2017, Wien.

[29] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ d90 Bohrpfähle – Miozän (verrohrt), Bewehrung, Prüffeld 1, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-6-0603-B vom 13.02.2017, Wien.

[30] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ d90 Bohrpfähle – Miozän (SOB), Schalung, Prüffeld 1, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-5-0504-A vom 06.02.2017, Wien.

[31] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ d90 Bohrpfähle – Miozän (SOB), Bewehrung, Prüffeld 1, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-6-604-B vom 20.03.2017, Wien.

[32] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ d60 Bohrpfähle –Kies (verrohrt), Schalung, Prüffeld 1, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-5-0511-A vom 7.03.2017, Wien.

[33] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ d60 Bohrpfähle –Kies (verrohrt), Bewehrung, Prüffeld 1, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-6-0611-B vom 13.02.2017, Wien.

[34] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ d60 Bohrpfähle –Kies (SOB), Schalung, Prüffeld 1, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-5-0512-A vom 7.03.2017, Wien.

[35] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ d60 Bohrpfähle –Kies (SOB), Bewehrung, Prüffeld 1, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-6-0612-A vom 7.03.2017, Wien.

[36] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ d60 Bohrpfähle –Kies (verrohrt), Schalung, Prüffeld 2, Ausführungsprojekt. Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-5-0561-A vom 7.03.2017, Wien.

[37] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ d60 Bohrpfähle –Kies (verrohrt), Bewehrung, Prüffeld 2, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-6-0661-A vom 18.03.2017, Wien.

[38] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ d60 Bohrpfähle –Kies (SOB), Schalung, Prüffeld 2, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-5-0562-A vom 18.03.2017, Wien.

[39] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ d60 Bohrpfähle –Kies (SOB), Bewehrung, Prüffeld 2, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-6-0662-A vom 18.03.2017, Wien.

[40] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ d90 Bohrpfähle –Reaktionspfähle (verrohrt), Schalung, Prüffeld 1, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-5-0501-A vom 06.02.2017, Wien.

[41] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ d90 Bohrpfähle –Reaktionspfähle (verrohrt), Bewehrung, Prüffeld 1, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-6-0601-B vom 09.02.2017, Wien.

[42] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ Druckmessdose, Pfahlfuß, Montageübersicht, Prüffeld 1+2, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-4-0431-A vom 06.02.2017, Wien.

[43] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ Statische Nachweisführung Probekörper, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-4-0891 vom 15.02.2017, Wien.

[44] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ Statische Nachweisführung Schacht, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-4-0892 vom 15.02.2017, Wien.

[45] AKPSA Mayer/Ö+P/LIS: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ Druckmessdose, Pfahlfuß, Montageübersicht, Prüffeld 1+2, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-4-0431-A vom 06.02.2017, Wien

[46] ARGE FPUH: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“, Technischer Endbericht – Bohrpfähle (verrohrt), Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-8-1841-A, vom 05.03.2019, Wien.

[47] ARGE FPUH: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“, Technischer Endbericht – Bohrpfähle (SOB), Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-8-1842-A, vom 05.03.2019, Wien.

[48] ARGE FPUH: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“, Technischer Ausführungsbericht – Kleinbohrpfähle, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-8-1843, vom 13.11.2018, Wien.

[49] ARGE FPUH: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“, Technischer Ausführungsbericht – Düsenstrahlarbeiten, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-8-1844, vom 16.11.2018, Wien.

[50] ARGE FPUH: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“, Technischer Abschlussbericht – Statische Probebelastung, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-8-1845-A, vom 05.03.2019, Wien.

[51] ARGE FPUH: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“, Technischer Endbericht – Litzenanker und Stabanker, Ausführungsprojekt, Plan-Nr.: S2203-00-16-MA-A-8-1846, vom 16.05.2018, Wien.

[52] Geotechnik Adam ZT GmbH: Forschungsprojekt Unteres Hausfeld Ergebnisse und Interpredation der Energiepfahlversuche, Rev.00 vom Dezember 2018, 2345 Brunn am Gebirge.

[53] MA 29 Brückenbau und Grundbau, Fachbereich Grundbau: Geotechnisches Gutachten für das Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“ in 1220 Wien – Version 1. Nr.: MA 29-G-BER-208460/2016 vom 01.09.2016, Wien.

[54] Technische Universität Wien – Institut für Geotechnik: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“, Teilbericht Großmaßstäbliche Horizontalbelastungsversuche an Großbohrpfählen unter gleichzeitiger statischer Vertikallast im typischen Wiener Baugrund, Rev.00 vom 12.12.2018, 1040 Wien.

[55] Technische Universität Wien – Institut für Geotechnik: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“, Excel-Tabelle zur Auswertung von Pfahlprobebelastungen, Stand 01.03.2019, 1040 Wien.

[56] Technische Universität Wien – Institut für Geotechnik: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“, Geotechnische Begleitung – Prüfkonzept, vom 7.10.2016, 1040 Wien.

[57] Technische Universität Wien – Institut für Geotechnik: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“, Skizze Instrumentierung Pfahlkopf, Stand, 02.05.2017, 1040 Wien.

[58] Technische Universität Wien – Institut für Geotechnik: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“, Ergebnisse der Bodenphysikalischen Untersuchungen Teil 1, Stand, 28.11.2017, 1040 Wien.

[59] Technische Universität Wien – Institut für Geotechnik: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“, Ergebnisse der Bodenphysikalischen Untersuchungen Teil 2, Stand, 05.03.2019, 1040 Wien.

[60] Technische Universität Wien – Institut für Geotechnik: Forschungsprojekt „Unteres Hausfeld“, Forschungsbericht, in Ausarbeitung, 1040 Wien.

Produktdatenblätter

[61] Geokon Model 1300 (Model A9) – Retrievable Extensometer. Instruction Manual. Doc. Rev. H. 11/10/16. Geokon Inc., Lebanon, USA.

[62] Geokon Models 4911A/4911 – VW Rebar Strain Meters. Instruction Manual. Doc. Rev. O 6/13. Geokon Inc., Lebanon, USA.

[63] Geokon Rebar Strain Meters and „Sister Bars“. Spec Sheet. Doc. Rev. F4 06/15. Geokon Inc., Lebanon, USA.

[64] Geokon Inc.: Geokon Model 4855 – Pile Tip Pressure Cell, Installation Manual, Doc. Rev. Q D 6/13, Lebanon, USA.

[65] Geokon Log View – Users Guide. Doc. Rev. F 12/6/16. Geokon Inc., Lebanon, USA.

[66] Geokon Model LC-2x16 – 16 Channel VW Datalogger. Doc. Rev. U 11/30/2016. Geokon Inc., Lebanon, USA.

[67] Geokon Model GK 404 – Vibrating Wire Readout. Spec Sheet. Doc. Rev. D.1. 05/15. Geokon Inc., Lebanon, USA.

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1.1: Wissenschaftliche Arbeiten an der TU Wien im Rahmen des FPUH. 11

Tabelle 2.1: Projektbeteiligte am FPUH. 14

Tabelle 2.2: Modellfaktoren gemäß Anhang A der ÖNORM B 1997-1-3 aus [21] (adaptiert). 16

Tabelle 2.3: Großbohrpfähle - hergestellte Reaktionspfahlserien [9]. 23

Tabelle 3.1: Richtwerte zur Bestimmung des Verdichtungsgrads anhand von Schlagzahlen für die schwere Rammsonde (DPH) gemäß ÖNORM B 5016 [24]..... 41

Tabelle 3.2: Abschätzung der Lagerungsdichte und des Steifemoduls anhand schweren Rammsondierungen im sandigen Kies (saGr) nach Gstöttner 1987 [13]. 42

Tabelle 4.1: Großbohrpfähle - hergestellte Pfahlversuchsreihen, adaptiert aus [9]. 48

Tabelle 4.2: Großbohrpfähle – verwendete Betongüten mit Zementbezeichnungen gemäß [27]. ... 49

Tabelle 4.3: Großbohrpfähle - Abmessungen und Höhenlage Versuchspfähle aus [9]. 49

Tabelle 4.4: Großbohrpfähle - Abmessungen Bohrwerkzeuge und Stahlrohre gemäß [46], [47].... 53

Tabelle 4.5: Komponenten des Messwerterfassungssystems I (MWES I)..... 59

Tabelle 4.6: Großbohrpfähle – Variation der Instrumentierung, adaptiert aus [27]. 60

Tabelle 4.7: Komponenten des Messwerterfassungssystems II (MWES II). 65

Tabelle 4.8: Streuungsfaktoren ξ zur Ableitung charakteristischer Werte aus statischen Pfahlprobebelastungen für alle Bemessungssituationen gemäß [20]. 76

Tabelle 4.9: Modellfaktoren gemäß Anhang A der ÖNORM B 1997-1-3 aus [21] (adaptiert). 78

Tabelle 4.10: Übersicht ausgewählter Versuchsdaten der Großbohrpfähle. 81

Tabelle 4.11: Konsistenz der Bodenproben von KB-Z1 und KB-Z2 im Bereich der Prüfstrecke gemäß [59]. 83

Tabelle 4.12: Zusammenhänge zwischen der Konsistenzzahl und der Konsistenz feinkörniger Böden, adaptiert aus [21]. 84

Tabelle 4.13: Charakteristische Pfahlmantelwiderstände $q_{s;k}$ in bindigen / feinkörnigen Böden, abhängig von der Konsistenz aus [21]. 85

Tabelle 4.14: Charakteristische Pfahlsohlwiderstände $q_{b;k}$ in bindigen, feinkörnigen Böden, abhängig von der Konsistenz aus [21]. 85

Tabelle 4.15: Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.M 1–5 (verrohrt). 86

Tabelle 4.16: Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände $q_{s,m,MQ2\text{-}5}$, B.M 1–5 (verrohrt). 87

Tabelle 4.17: Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.M 1–5 (verrohrt). 89

Tabelle 4.18: Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.M 11–15 (SOB). 91

Tabelle 4.19: Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_b, B.M 11–15 (SOB). 92

Tabelle 4.20: Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.M 11–15 (SOB). 94

Tabelle 4.21: Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen von Bohrloch-Rammsondierungen und der Lagerungsdichte grobkörniger Böden aus [21]. 100

Tabelle 4.22: Charakteristische Pfahlmantelwiderstände $q_{s,k}$ in nichtbindigen, grobkörnigen Böden, abhängig von der Lagerungsdichte aus [21]. 101

Tabelle 4.23: Charakteristische Pfahlsohlwiderstände $q_{b;k}$ in nichtbindigen Böden aus [21] 101

Tabelle 4.24: Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 51–55 (verrohrt). 102

Tabelle 4.25: Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 51–55 (verrohrt). 104

Tabelle 4.26: Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 51–55 (verrohrt). 105

Tabelle 4.27: Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 1–2 (verrohrt). 108

Tabelle 4.28: Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 1–2 (verrohrt). 109

Tabelle 4.29: Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 1–2 (verrohrt). 111

Tabelle 4.30: Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 61–65 (SOB). 113

Tabelle 4.31: Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 61–65 (SOB). 115

Tabelle 4.32: Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 61–65 (SOB). 116

Tabelle 4.33: Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 11–12 (SOB). 119

Tabelle 4.34: Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 11–12 (SOB). 120

Tabelle 4.35: Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 11–12 (SOB). 122

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.1: Standort des Forschungsprojektes innerhalb Wiens [MA29] und [27]. 17
Abbildung 2.2: Grundriss Prüffeld 1 [27]. 18
Abbildung 2.3: Legende zu den Abbildungen der Prüffelder [27]. 18
Abbildung 2.4: Schnitt Prüffeld 1 [27]. 19
Abbildung 2.5: Grundriss Prüffeld 2 [27]. 20
Abbildung 2.6: Schnitt Prüffeld 2 [27]. 22
Abbildung 2.7: 3D-Planung Prüfträger der ARGE FPUH aus [50], Foto [TU]. 23
Abbildung 3.1: Pegelganglinie GW-S1 [TU]. 27
Abbildung 3.2: Pegelganglinie Pegel GW-S2 [TU]. 28
Abbildung 3.3: Ausschnitt aus dem Übersichtslageplan mit Aufschlüssen und Pegeln adaptiert aus [27]. 29
Abbildung 3.4: Kernbohrung KB-37 aus [53]. 30
Abbildung 3.5: Kernbohrung KB-13 aus [53]. 31
Abbildung 3.6: Kernbohrung KB-Z1 [MA 29]. 32
Abbildung 3.7: Kernbohrung KB-Z2 [MA 29]. 33
Abbildung 3.8: Kernbohrung KB-Z3 [MA 29]. 34
Abbildung 3.9: Bohrkerne der Kernbohrungen KB-Z1 (links), KB-Z2 (Mitte) und BK-Z3 (rechts) [TU]. 35
Abbildung 3.10: Rammsondierung DPH-01 (SRS-01) [MA 29]. 36
Abbildung 3.11: Rammsondierung DPH-02 (SRS-02) [MA 29]. 37
Abbildung 3.12: Rammsondierung DPH-03 (SRS-03) [MA 29]. 38
Abbildung 3.13: Schurf S-126 aus [53]. 39
Abbildung 3.14: Übersicht Kornverteilungslinien aus den quartären Sedimenten aus [59]. 42
Abbildung 3.15: Übersicht Laborergebnisse der quartären Sedimente gemäß [59]. 43
Abbildung 3.16: Bodenbezeichnungen nach ÖNORM B 4400-1 aus [59]. 44
Abbildung 3.17: Übersicht Kornverteilungslinien aus den miozänen Sedimenten aus [59]. 45
Abbildung 3.18: Übersicht Laborergebnisse der miozänen Sedimente gemäß [59]. 46
Abbildung 4.1: Bodenprofil und Abmessungen der Großbohrpfähle im Miozän bei verrohrter Herstellung aus [28] bzw. im SOB-Verfahren aus [30]. 50
Abbildung 4.2: Bodenprofil und Abmessungen der Großbohrpfähle im Kies bei verrohrter Herstellung aus [36] bzw. im SOB-Verfahren aus [38]. 51
Abbildung 4.3: Detailplan des Doppelwandrohrs; links bei verrohrter Bohrung und rechts bei SOB-Pfählen; Planausschnitte aus [28] & [38]. 52

Abbildung 4.4: Skizze und Bild – Aufbau der Belastungseinrichtung beim Großbohrpfahl [TU]. 55

Abbildung 4.5: a) Wegaufnehmer, b) mechanische Messuhr, c) Messbrücke [TU]. 56

Abbildung 4.6: Instrumentierung Pfahlkopf Großbohrpfähle Ansicht, Planausschnitt aus [57]..... 57

Abbildung 4.7: Instrumentierung Pfahlkopf Großbohrpfähle Grundriss, Planausschnitt aus [57]. . 57

Abbildung 4.8: Instrumentierung Pfahlkopf Großbohrpfähle – Legende, Planausschnitt aus [57]. 58

Abbildung 4.9: Ausschnitt aus dem Feldprotokoll Probebelastungen [TU]. 58

Abbildung 4.10: a) Schalung Betonplombe, b) Eindrücken der SDMD, c) Montage der SDMD [TU]. 61

Abbildung 4.11: Montage Druckmessdose - Pfahlfuß, Planausschnitt aus [45]. 61

Abbildung 4.12: Aufbau des Kettenextensometers (*Geokon 1300-A9)* aus [61]. 62

Abbildung 4.13: Aufbau der Bewehrungssensoren Modell 4911 „Sister Bars“ und Modell 4911A „Rebar Strainmeter“ [63]..... 63

Abbildung 4.14: Anordnung der Pfahlinstrumentierung mit Ausführungsdetails, KEX… Kettenextensometer, BS… Bewehrungssensoren, SDMD… Sohldruckmessdose [TU]. 64

Abbildung 4.15: Empfohlene Belastungsstufen gemäß [3]. 65

Abbildung 4.16: Warn- und Abbruchwerte aus dem Prüfablauf [TU]. 66

Abbildung 4.17: Prüfablauf Großbohrpfahl d = 60 cm Kies (B.Kxx) [TU]. 67

Abbildung 4.18: Prüfablauf Großbohrpfahl d = 90 cm Miozän (B.Mxx) [TU]. 68

Abbildung 4.19: Beispiel abgeleiteter Pfahlwiderstände (ULS) [3]. 79

Abbildung 4.20: Mögliche Ableitung der Pfahlwiderstände (SLS) aus [3]. 80

Abbildung 4.21: Kernbohrungen im Bereich der miozänen Sedimente mit Kennzeichnung der Lage der Prüfstrecke (rote Linie), links KB-Z1, rechts KB-Z2 [TU]..... 82

Abbildung 4.22: Korngrößenverteilung im Bereich der Prüfstrecke der miozänen Sedimente aus Bodenproben von KB-Z1 und KB-Z2 gemäß [59]..... 83

Abbildung 4.23: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.M 1–5 (verrohrt). 86

Abbildung 4.24: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.M 1–5 (verrohrt). 88

Abbildung 4.25: Pfahlmantelwiderstand B.M 1-5 (verrohrt): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21]. 88

Abbildung 4.26: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.M 1–5 (verrohrt). 89

Abbildung 4.27: Pfahlsohlwiderstand B.M 1-5 (verrohrt): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21]. 90

Abbildung 4.28: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.M 11–15 (SOB). 91

Abbildung 4.29: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.M 11–15 (SOB). 93

Abbildung 4.30: Pfahlmantelwiderstand B.M 11-15 (SOB): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21]. 93

Abbildung 4.31: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.M 11–15 (SOB). 94

Abbildung 4.32: Pfahlsohlwiderstand B.M 11-15 (SOB): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21]. 95

Abbildung 4.33: Diagramm zur Gegenüberstellung der Versuchsreihen B.M 1-5 (verrohrt) und B.M 11–15 (SOB). 96

Abbildung 4.34: Vergleich der Versuchsergebnisse aus den Versuchsreihen der miozänen Sedimenten mit den Tabellenwerten aus [21]. 97

Abbildung 4.35: Kernbohrungen im Bereich der Prüfstrecke Kies, links KB-Z1, Mitte KB-Z2, rechts KB-Z2 [TU]. 98

Abbildung 4.36: Korngrößenverteilung im Bereich der Prüfstrecke Kies aus Bodenproben von KB-Z1-3 gemäß [59]. 99

Abbildung 4.37: Gegenüberstellung der Rammsondierungen DPH-01, DPH-02 und DPH-03 im Bereich der Prüfstrecke Kies. 99

Abbildung 4.38: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 51–55 (verrohrt). 102

Abbildung 4.39: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 51–55 (verrohrt). 104

Abbildung 4.40: Pfahlmantelwiderstand B.K 51-55 (verrohrt): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21]. 105

Abbildung 4.41: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 51–55 (verrohrt). 106

Abbildung 4.42: Pfahlsohlwiderstand B.K 51-55 (verrohrt): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21]. 107

Abbildung 4.43: Freigelegte Pfähle B.K 1 (verrohrt), B.K 2 (verrohrt) und B.K 11 (SOB) [TU]. 107

Abbildung 4.44: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 1–2 (verrohrt). 109

Abbildung 4.45: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 1–2 (verrohrt). 110

Abbildung 4.46: Pfahlmantelwiderstand B.K 1-2 (verrohrt): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21]. 111

Abbildung 4.47: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 1–2 (verrohrt). 112

Abbildung 4.48: Pfahlsohlwiderstand B.K 1-2 (verrohrt): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21]. 113

Abbildung 4.49: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 61–65 (SOB). 114

Abbildung 4.50: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 61–65 (SOB). 115

Abbildung 4.51: Pfahlmantelwiderstand B.K 61-65 (SOB): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21]. 116

Abbildung 4.52: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 61–65 (SOB). 117

Abbildung 4.53: Pfahlsohlwiderstand B.K 61-65 (SOB): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21]. 118

Abbildung 4.54: Vergleich der Freigelegten Pfähle B.K 1 (verrohrt) und B.K 11 (SOB). 118

Abbildung 4.55: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlwiderstände $R_{c,m}$ B.K 11–12 (SOB). 119

Abbildung 4.56: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlmantelwiderstände q_s, B.K 11–12 (SOB). 121

Abbildung 4.57: Pfahlmantelwiderstand B.K 11-12 (SOB): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21]. 121

Abbildung 4.58: Diagramm zur Gegenüberstellung der Pfahlsohlwiderstände q_b, B.K 11–12 (SOB). 122

Abbildung 4.59: Pfahlsohlwiderstand B.K 11-12 (SOB): Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Tabellenwerten aus [21]. 123

Abbildung 4.60: Diagramm zur Gegenüberstellung der Versuchsreihen B.K 51-55 (verrohrt), B.K 61–65 (SOB), B.K 1-2 (verrohrt) und B.K 11–12 (SOB). 124

Abbildung 4.61: Vergleich der Versuchsergebnisse aus den Versuchsreihen der quartären Sedimenten mit den Tabellenwerten aus [21]. 125

Abbildung 5.1: Vergleich der Versuchsergebnisse aller Versuchsreihen mit den Tabellenwerten aus [21]. 130

LISTE HÄUFIG VERWENDETER SYMBOLE

Abkürzungen

ARGE	Arbeitsgemeinschaft
BS	Bewehrungssensoren
DSV	Düsenstrahlverfahren
DPH	Dynamic Probing Heavy (Schwere Rammsondierung)
FPUH	Forschungsprojekt Unteres Hausfeld
GEWI	Gewindestabstahl
GOK	Geländeoberkante
KEX	Kettenextensometer
Kies	Kurzform im Projekt für die Bodenschicht quartäre Sedimente („Donauschotter“)
KMD	Kraftmessdose
LS	Laststufe
MA 29	Magistratsabteilung 29 – Brückenbau und Grundbau (Stadt Wien)
MQ	Messquerschnitt
m ü. A.	Meter über Adria
MWES	Messwerterfassungssystem
Miozän	Kurzform im Projekt für die Bodenschicht miozäne Sedimente
OK	Oberkante
SDMD	Sohldruckmessdose
SLS	Serviceability Limit State (Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit)
SOB	Schnecken(endlos)-Ortbeton-Bohrpfahl
SPT	Standard Penetration Test
TU	Technische Universität
UK	Unterkante
ULS	Ultimate Limit State (Grenzzustand der Tragfähigkeit)
W_{mech}	mechanische Messuhr
W_V	Wegaufnehmer Vertikal
W_H	Wegaufnehmer Horizontal

Griechische Buchstaben

α_y	Kriechmaß
γ_b	Teilsicherheitsbeiwert für den Pfahlfußwiderstand

γ_E Teilsicherheitsbeiwert für eine Beanspruchung

γ_R Teilsicherheitsbeiwert für einen Widerstand

$\gamma_{R;e}$ Teilsicherheitsbeiwert für den Erdwiderstand bzw. für den Querwiderstand

γ_s Teilsicherheitsbeiwert für den Pfahlmantelwiderstand

$\gamma_{s;t}$ Teilsicherheitsbeiwert für den Zugwiderstand eines Pfahls

γ_t Teilsicherheitsbeiwert für den Gesamtwiderstand eines Pfahls

γ Wichte

γ' Wichte unter Auftrieb

ε Dehnung

$\eta_{P;c}$ Modellfaktor für druckbeanspruchte Pfähle

$\eta_{P;t}$ Modellfaktor für zugbeanspruchte Pfähle

ξ_1, ξ_2 Streuungsfaktoren bei der Auswertung von statischen Pfahlprobebelastungen

ξ_3, ξ_4 Streuungsfaktoren bei der Ableitung der Pfahltragfähigkeit aus Baugrunduntersuchungen

ξ_5, ξ_6 Streuungsfaktoren bei der Auswertung von dynamischen Pfahlprobebelastungen

φ Winkel der inneren Reibung (auch: φ')

Lateinische Buchstaben

A_b Pfahlfußfläche, Pfahlsohlfläche

A_{bs} Betonstahlquerschnittsfläche

A_c Betonquerschnittsfläche

A_c ideelle Betonquerschnittsfläche

$A_{s,i}$ Pfahlmantelfläche je Schicht bzw. Abschnitt

A_{st} Baustahlquerschnittsfläche

D Pfahldurchmesser

D_b Pfahlfußdurchmesser

D_s Pfahlschaftdurchmesser

E_{bs} Elastizitätsmodul Betonstahl

E_c Elastizitätsmodul Beton

E_i ideeller Elastizitätsmodul

E_{st} Elastizitätsmodul Baustahl

E_s Steifemodul

F_m Pfahllängskraft

$F_{c;k}$ charakteristische Pfahlbeanspruchung (Gebrauchslast)

n Anzahl von Pfählen bzw. Versuchen

P_p Prüflast (Traglast)

q_b Pfahlsohlwiderstand

$q_{b,m}$	Pfahlsohlwiderstand gemessen
$q_{s,i}$	Pfahlmantelwiderstand je Schicht bzw. Abschnitt (auch/früher: Mantelreibung)
R	Pfahlwiderstand
R_c	Pfahlwiderstand auf Druck
$R_{c,k}$	Charakteristischer Pfahlwiderstand auf Druck
$R_{c;m}$	aus Probebelastungen gemessener Pfahlwiderstand auf Druck
R_t	Pfahlwiderstand auf Zug
$R_{t;m}$	aus Probebelastungen gemessener Pfahlwiderstand auf Zug
R_y	Kriechwiderstand
R_b	Pfahlfußwiderstand
R_s	Pfahlmantelwiderstand
s	Pfahlkopfverschiebung, Pfahlkopfsetzung
s_g	Grenzsetzung im Grenzzustand der Tragfähigkeit
s_k	Grenzsetzung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
s_{sg}	Grenzsetzung bei voll mobilisiertem Mantelwiderstand
s_{ult}	Setzung im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS)
t_i	Zeitpunkt
w_v	Vertikalverschiebung
w_h	Horizontalverschiebung

ANHANG A

Versuchsauswertungen Großbohrpfähle

Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

V E R S U C H S A U S W E R T U N G

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **01.03.2019**

Allgemeine Angaben:	
Prüfkörper:	**B.M1**
Prüffeld:	1
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Miozän
Herstellungsverfahren:	verrohrter Bohrpfahl

Versuchsdaten:	
Prüfung Nr.:	22
Prüfdatum:	29.08.2017
Versuchsbeginn:	15:40 Uhr
Versuchsende:	07:58 Uhr
Wetterbedingungen:	14:00 Uhr 29°C
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:		
Pfahldurchmesser D=	900,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	636172,51	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,78	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,01	müA
OK Prüfstrecke (PS):	145,11	müA
UK Pfahl:	138,97	müA
Länge ohne Mantelreibung:	11,67	m
Länge Prüfstrecke:	6,14	m
Pfahllänge:	17,04	m

Materialkennwerte:		
Betongüte:	**C25/30 / BS-TB1**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	39,44	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):	
Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	ja
Sohldruckmessdose (SDMD):	ja

		Sensornummer:		Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1		156,56 müA
GOK	MQ1	BS1.1	BS2.1	155,53 müA
keine Mantelreibung				
OK PS		KEX2		145,06 müA
Prüfstrecke	MQ2	BS2.1	BS2	144,73 müA
		KEX3		143,64 müA
	MQ3	BS3.1	BS3.2	143,03 müA
		KEX4		142,21 müA
	MQ4	BS4.1	BS4.2	141,33 müA
		KEX5		140,79 müA
	MQ5	BS5.1	BS5.2	139,68 müA
UK Pfahl		SDMD		139,10 müA

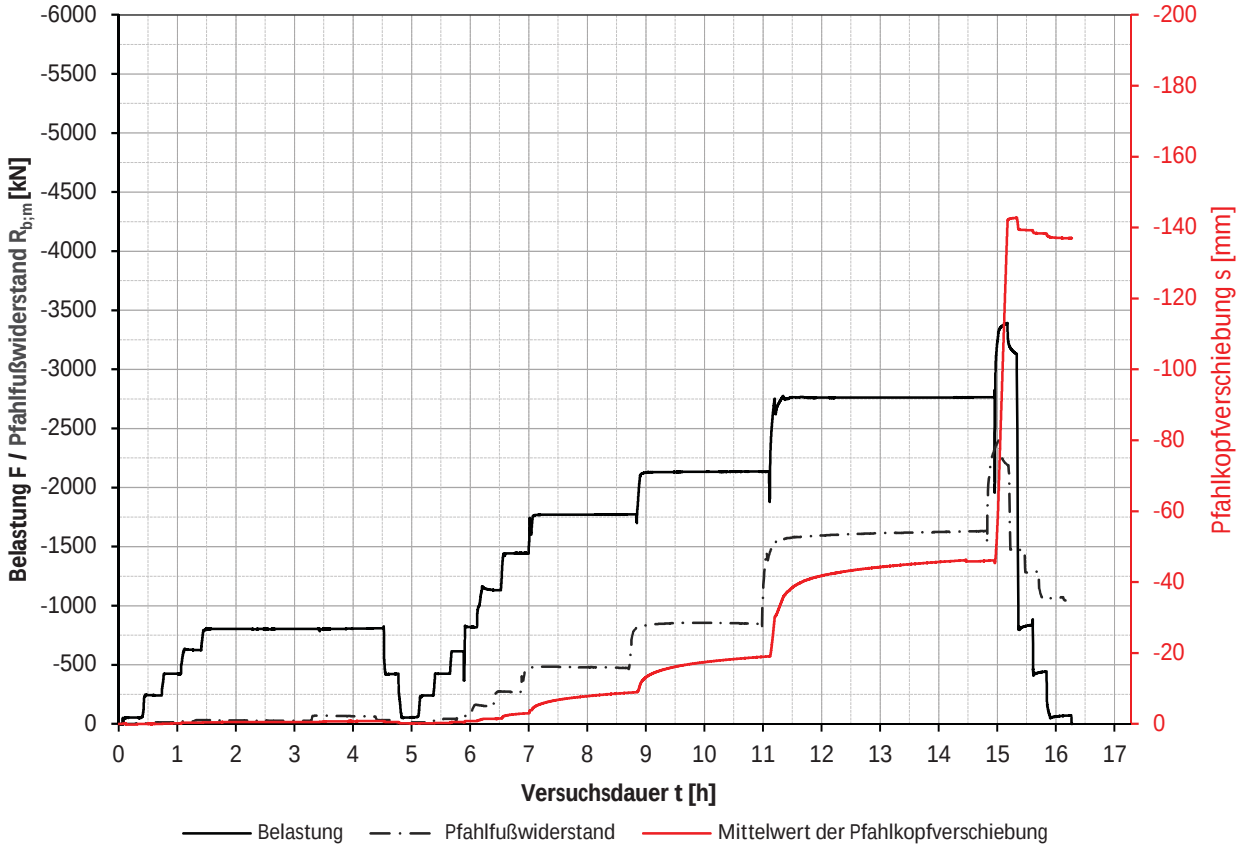
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

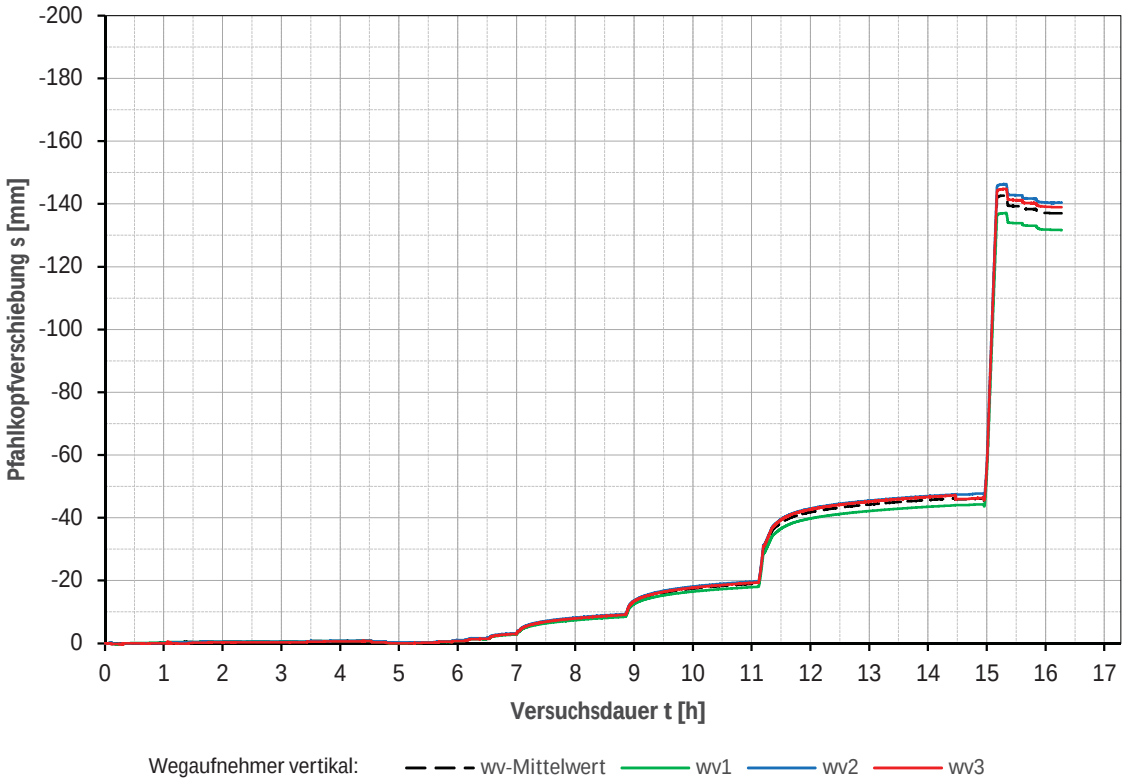
Anmerkungen:

Längskraftverlauf:
-Bei der LS 13 werden die Werte im MQ5 zwischen MQ4 und SDMD interpoliert.
-Bei den LS 14, 15 werden die Werte im MQ4 und MQ5 zwischen MQ3 und SDMD interpoliert.

Prüfkörper: **B.M1** **Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung und Pfahlfußwiderstand**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M1** **Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



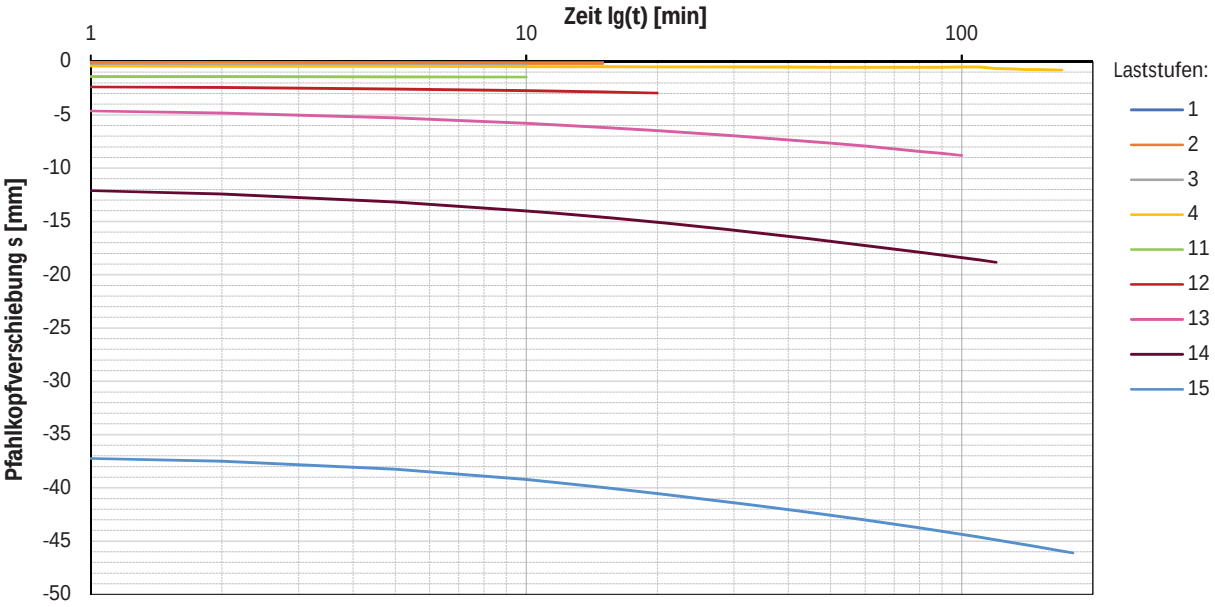
Prüfkörper: **B.M1 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y [mm]
0	15:40	16:02	-50	-52	0,00																		
1	16:08	16:23	-238	-241	-0,02	-0,03	-0,03	-0,04	-0,03	-0,02									2	5	-0,03	-0,04	**-0,02**
2	16:28	16:43	-425	-423	-0,18	-0,08	-0,08	-0,11	-0,17	-0,18									5	15	-0,11	-0,18	**-0,14**
3	16:48	17:03	-613	-624	-0,36	-0,35	-0,35	-0,35	-0,36										5	10	-0,35	-0,36	**-0,03**
4	17:10	20:10	-800	-809	-0,80	-0,43	-0,44	-0,44	-0,46	-0,48	-0,49	-0,50	-0,54	-0,66	-0,75	-0,77	-0,79		120	170	-0,66	-0,79	**-0,83**
5	20:16	20:26	-425	-424	-0,51	-0,51	-0,52	-0,52															
6	20:30	20:45	-50	-56	-0,13	-0,17	-0,17	-0,12	-0,12														
7	20:50	21:00	-238	-241	-0,18	-0,15	-0,15	-0,16											2	5	-0,15	-0,16	**-0,02**
8	21:06	21:17	-425	-424	-0,29	-0,28	-0,28	-0,28	-0,29										5	10	-0,28	-0,29	**-0,03**
9	21:21	21:31	-613	-614	-0,49	-0,49	-0,49	-0,49											1	5	-0,49	-0,49	**0,00**
10	21:36	21:46	-800	-818	-0,80	-0,78	-0,80	-0,80											1	5	-0,78	-0,80	**-0,03**
11	21:53	22:08	-1125	-1132	-1,48	-1,41	-1,42	-1,44	-1,46										5	10	-1,44	-1,46	**-0,06**
12	22:16	22:37	-1450	-1444	-2,96	-2,39	-2,44	-2,58	-2,73	-2,85	-2,94								15	20	-2,85	-2,94	**-0,77**
13	22:44	00:27	-1775	-1774	-8,88	-4,63	-4,83	-5,27	-5,79	-6,17	-6,48	-6,97	-7,93						40	100	-7,34	-8,82	**-3,71**
14	00:35	02:42	-2100	-2135	-18,97	-12,10	-12,43	-13,17	-14,01	-14,60	-15,08	-15,82	-17,26	-18,84					80	100	-17,88	-18,40	**-5,27**
15	03:04	06:37	-2750	-2764	-46,12	-37,24	-37,50	-38,26	-39,22	-39,96	-40,55	-41,40	-43,01	-44,90	-45,56	-45,74	-45,94	-46,11	170	180	-45,94	-46,11	**-6,86**
16	06:54	06:50	-3400	-3390	-138,66																		
22	07:05	07:15	-800	-837	-139,23	-139,34	-139,32	-139,29															
23	07:18	07:28	-425	-442	-138,31	-138,42	-138,40	-138,36															
24	07:34	07:49	-50	-69	-137,02	-137,25	-137,21	-137,14	-137,09														

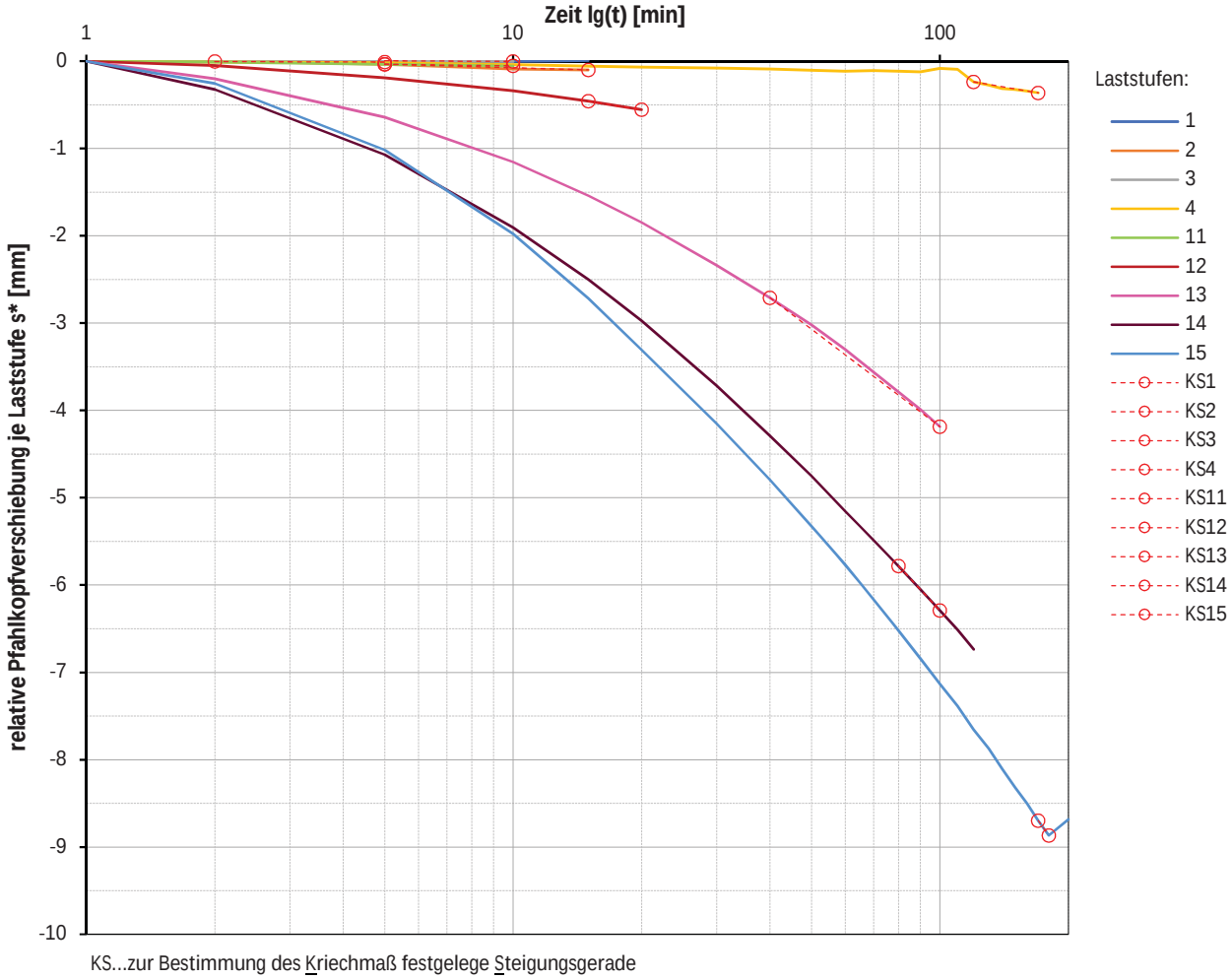
Prüfkörper: **B.M1** **Zeitverformung**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M1** **relative Zeitverformung je Laststufe**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

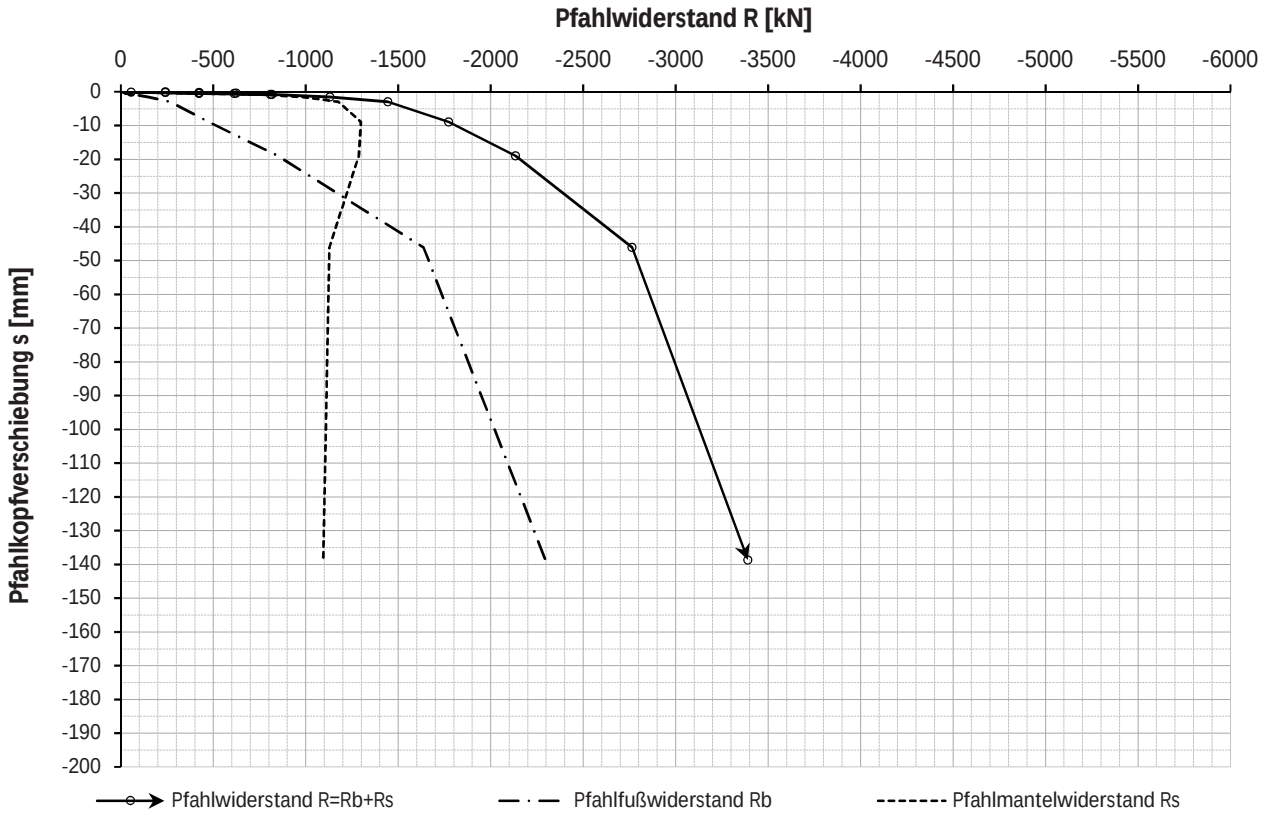


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.M1**

Widerstands-Verschiebungslinie

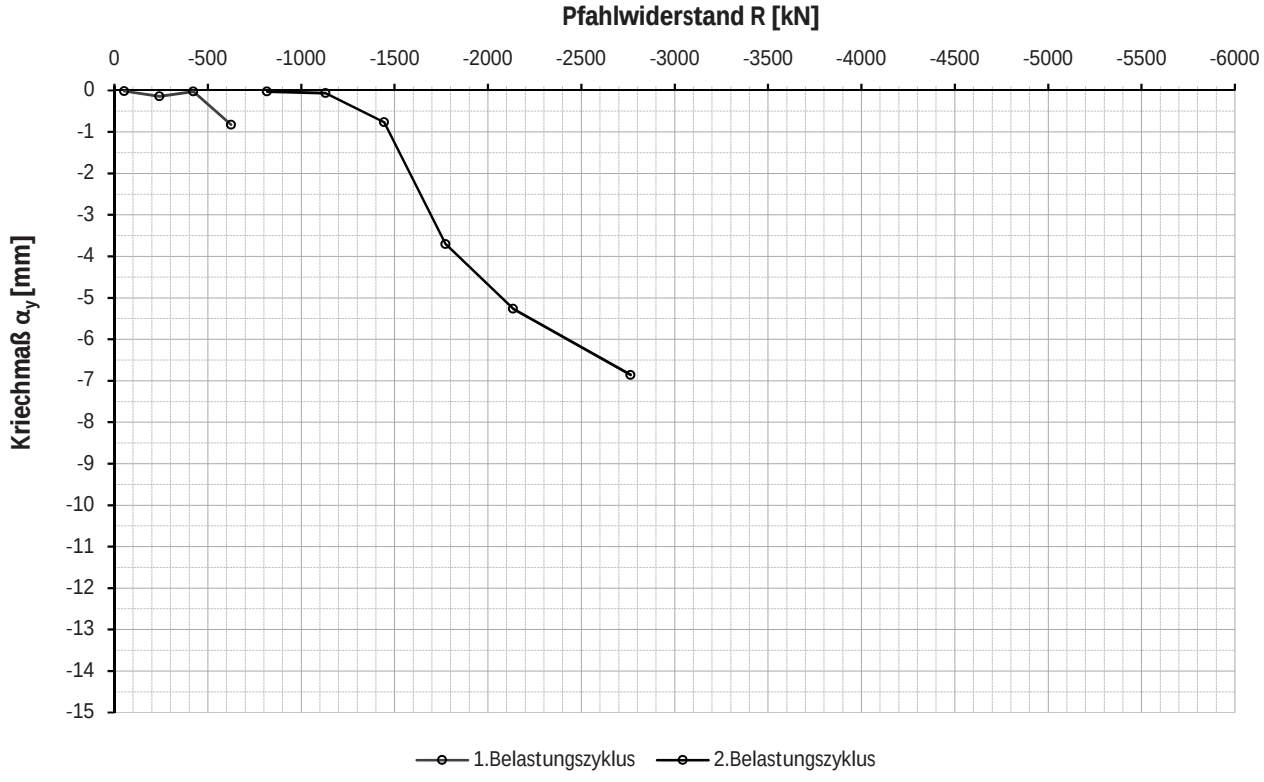
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M1**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M1** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 150,81 m	H: 144,35 m	H: 142,93 m	H: 141,50 m	H: 140,08 m	H: 150,81 m	H: 144,35 m	H: 142,93 m	H: 141,50 m	H: 140,08 m
1	16:23	-241	-0,0073	0,0000	0,0008	0,0050	0,0004	-0,0073	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	16:43	-423	-0,0165	-0,0044	0,0014	0,0022	-0,0013	-0,0165	-0,0044	0,0000	0,0000	-0,0013
3	17:03	-624	-0,0274	-0,0068	-0,0020	-0,0012	-0,0012	-0,0274	-0,0068	-0,0020	-0,0012	-0,0012
4	20:10	-809	-0,0386	-0,0215	-0,0138	-0,0115	-0,0057	-0,0386	-0,0215	-0,0138	-0,0115	-0,0057
5	20:26	-424	-0,0264	-0,0145	-0,0105	-0,0032	-0,0035	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	20:45	-56	-0,0087	-0,0037	-0,0014	0,0027	-0,0016	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	21:00	-241	-0,0134	-0,0040	-0,0035	-0,0012	-0,0011	-0,0134	-0,0040	-0,0035	-0,0012	-0,0011
8	21:17	-424	-0,0217	-0,0119	-0,0053	-0,0045	-0,0035	-0,0217	-0,0119	-0,0053	-0,0045	-0,0035
9	21:31	-614	-0,0307	-0,0137	-0,0085	-0,0064	-0,0054	-0,0307	-0,0137	-0,0085	-0,0064	-0,0054
10	21:46	-818	-0,0406	-0,0219	-0,0137	-0,0117	-0,0060	-0,0406	-0,0219	-0,0137	-0,0117	-0,0060
11	22:08	-1132	-0,0566	-0,0344	-0,0242	-0,0191	-0,0095	-0,0566	-0,0344	-0,0242	-0,0191	-0,0095
12	22:37	-1444	-0,0723	-0,0450	-0,0345	-0,0272	-0,0153	-0,0723	-0,0450	-0,0345	-0,0272	-0,0153
13	00:27	-1774	-0,0918	-0,0565	-0,0463	-0,0378	-0,0210	-0,0918	-0,0565	-0,0463	-0,0378	-0,0210
14	02:42	-2135	-0,1135	-0,0682	-0,0615	-0,0518	-0,0327	-0,1135	-0,0682	-0,0615	-0,0518	-0,0327
15	06:37	-2764	-0,1506	-0,0923	-0,0857	-0,0756	-0,0601	-0,1506	-0,0923	-0,0857	-0,0756	-0,0601
16	06:50	-3390	-0,1841	-0,1171	-0,1148	-0,1042	-0,0878	-0,1841	-0,1171	-0,1148	-0,1042	-0,0878
22	07:15	-837	-0,0671	-0,0395	-0,0469	-0,0499	-0,0490	-0,0671	-0,0395	-0,0469	-0,0499	-0,0490
23	07:28	-442	-0,0456	-0,0242	-0,0347	-0,0408	-0,0412	-0,0456	-0,0242	-0,0347	-0,0408	-0,0412
24	07:49	-69	-0,0250	-0,0113	-0,0219	-0,0287	-0,0325	-0,0250	-0,0113	-0,0219	-0,0287	-0,0325

Prüfkörper: **B.M1** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

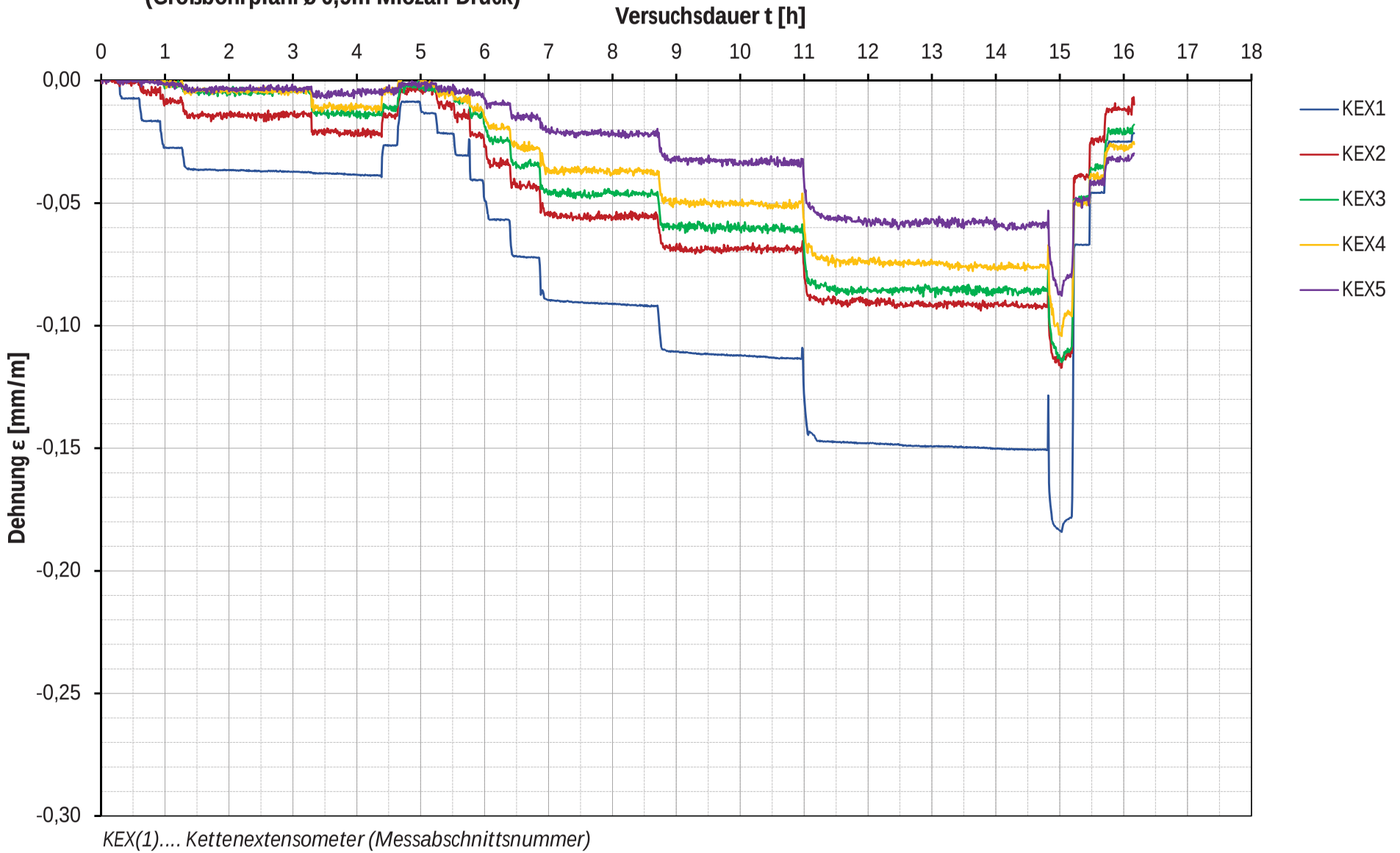
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Bewehrungssensoren (BS)

Laststufen			Messwerte - Bewehrungssensoren										korrigierte Messwerte - Bewehrungssensoren je MQ				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,BS1.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS1.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS2.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS2.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS3.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS3.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS4.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS4.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS5.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS5.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS3}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS4}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS5}$ [mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,53 m	H: 144,73 m	H: 144,73 m	H: 144,73 m	H: 143,03 m	H: 143,03 m	H: 141,33 m	H: 141,33 m	H: 139,68 m	H: 139,68 m	H: 155,53 m	H: 144,73 m	H: 143,03 m	H: 141,33 m	H: 139,68 m
1	16:23	-241	-0,0084	-0,0074	-0,0079	-0,0043	-0,0071	-0,0057	-0,0037	-0,0035	-0,0036	-0,0019	-0,0079	-0,0057	-0,0036	-0,0019	-0,0006
2	16:43	-423	-0,0174	-0,0146	-0,0160	-0,0083	-0,0117	-0,0100	-0,0065	-0,0065	-0,0065	-0,0042	-0,0160	-0,0100	-0,0065	-0,0038	-0,0014
3	17:03	-624	-0,0275	-0,0230	-0,0252	-0,0133	-0,0164	-0,0149	-0,0098	-0,0098	-0,0098	-0,0062	-0,0252	-0,0149	-0,0098	-0,0056	-0,0021
4	20:10	-809	-0,0354	-0,0290	-0,0322	-0,0216	-0,0324	-0,0270	-0,0188	-0,0257	-0,0222	-0,0150	-0,0322	-0,0270	-0,0222	-0,0136	-0,0051
5	20:26	-424	-0,0167	-0,0100	-0,0133	-0,0104	-0,0216	-0,0160	-0,0112	-0,0182	-0,0147	-0,0102	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	20:45	-56	0,0018	0,0070	0,0044	-0,0001	-0,0090	-0,0046	-0,0037	-0,0098	-0,0067	-0,0047	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	21:00	-241	-0,0071	-0,0025	-0,0048	-0,0043	-0,0148	-0,0096	-0,0067	-0,0130	-0,0099	-0,0069	-0,0048	-0,0043	-0,0099	-0,0062	-0,0008
8	21:17	-424	-0,0162	-0,0110	-0,0136	-0,0093	-0,0204	-0,0149	-0,0102	-0,0173	-0,0137	-0,0095	-0,0136	-0,0149	-0,0137	-0,0085	-0,0015
9	21:31	-614	-0,0253	-0,0198	-0,0226	-0,0151	-0,0265	-0,0208	-0,0141	-0,0215	-0,0178	-0,0120	-0,0226	-0,0208	-0,0178	-0,0110	-0,0026
10	21:46	-818	-0,0354	-0,0299	-0,0326	-0,0216	-0,0325	-0,0271	-0,0188	-0,0265	-0,0226	-0,0153	-0,0326	-0,0271	-0,0226	-0,0140	-0,0034
11	22:08	-1132	-0,0520	-0,0459	-0,0489	-0,0321	-0,0438	-0,0379	-0,0278	-0,0371	-0,0324	-0,0226	-0,0489	-0,0379	-0,0324	-0,0206	-0,0070
12	22:37	-1444	-0,0692	-0,0620	-0,0656	-0,0426	-0,0548	-0,0487	-0,0358	-0,0482	-0,0420	-0,0300	-0,0656	-0,0487	-0,0420	-0,0276	-0,0122
13	00:27	-1774	-0,0891	-0,0808	-0,0850	-0,0533	-0,0674	-0,0603	-0,0428	-0,0628	-0,0528	-0,0352	-0,0850	-0,0603	-0,0528	-0,0357	-0,0197
14	02:42	-2135	-0,1109	-0,1024	-0,1066	-0,0653	-0,0813	-0,0733	-0,0519	-0,0794	-0,0656	-0,0440	-0,1066	-0,0733	-0,0656	-0,0469	-0,0317
15	06:37	-2764	-0,1506	-0,1416	-0,1461	-0,0895	-0,1053	-0,0974	-0,0742	-0,1056	-0,0899	-0,0691	-0,1461	-0,0974	-0,0899	-0,0691	-0,0579
16	06:50	-3390	-0,1855	-0,1736	-0,1796	-0,1147	-0,1258	-0,1202	-0,0885	-0,1398	-0,1141	-0,0850	-0,1796	-0,1202	-0,1141	-0,0885	-0,0988
22	07:15	-837	-0,0592	-0,0422	-0,0507	-0,0305	-0,0458	-0,0382	-0,0260	-0,0705	-0,0482	-0,0383	-0,0507	-0,0382	-0,0482	-0,0444	-0,0587
23	07:28	-442	-0,0380	-0,0231	-0,0305	-0,0156	-0,0326	-0,0241	-0,0143	-0,0575	-0,0359	-0,0285	-0,0305	-0,0241	-0,0359	-0,0351	-0,0506
24	07:49	-69	-0,0173	-0,0060	-0,0116	-0,0036	-0,0176	-0,0106	-0,0032	-0,0429	-0,0230	-0,0187	-0,0116	-0,0106	-0,0230	-0,0253	-0,0408

Prüfkörper: **B.M1**

Messwerte Kettenextensometer

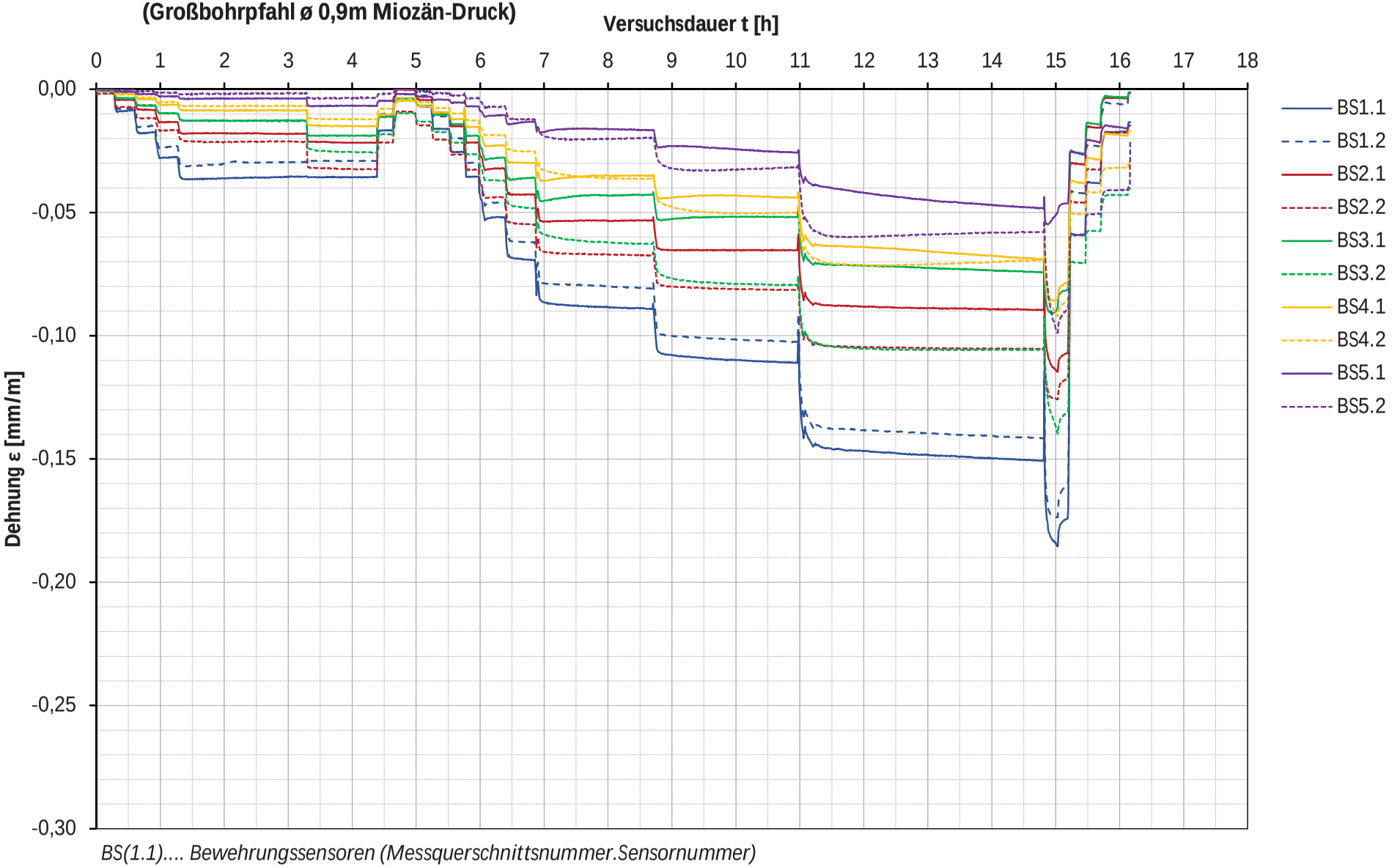
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.M1**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Messwerte Bewehrungssensoren

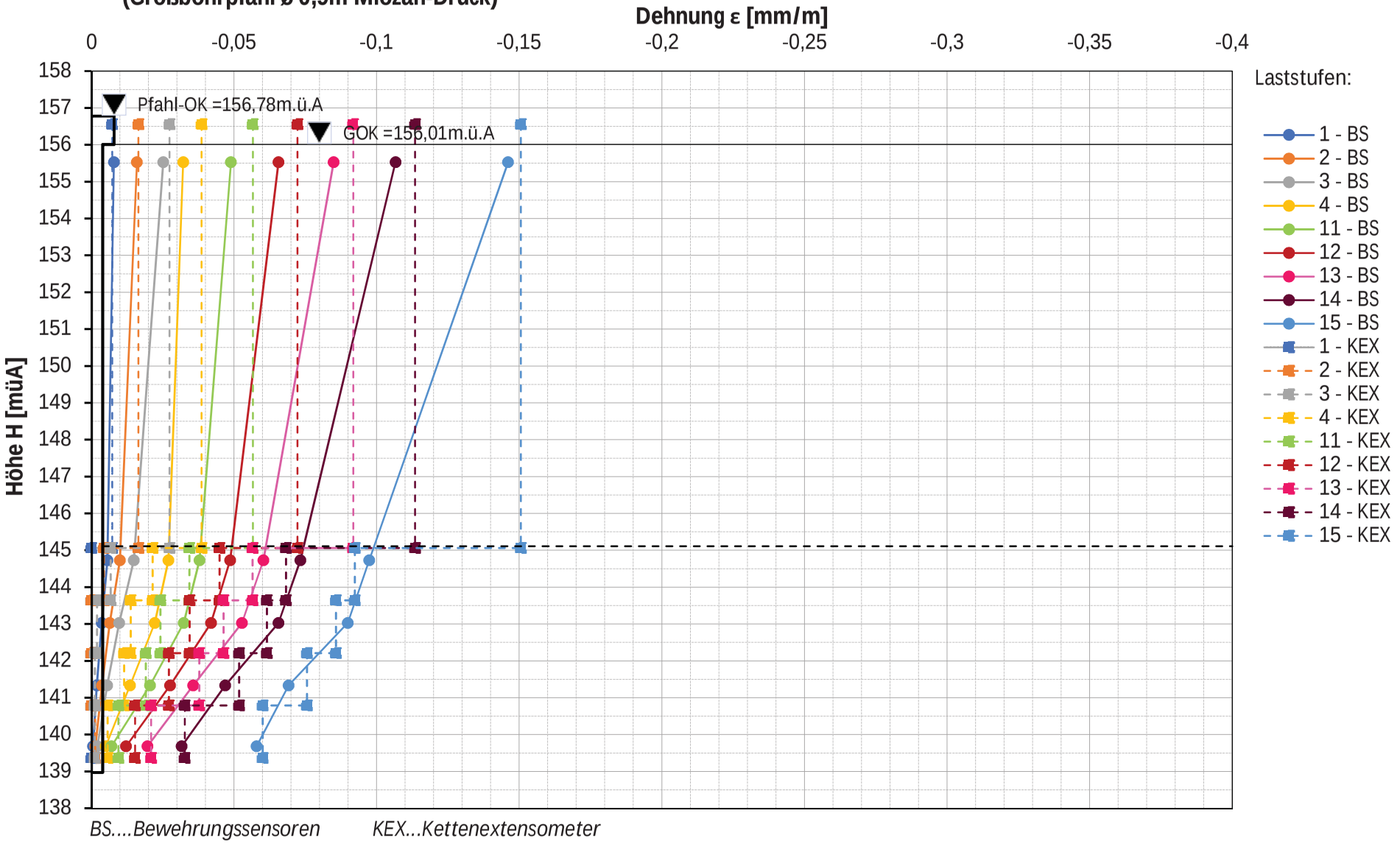


BS(1.1).... Bewehrungssensoren (Messquerschnittsnummer.Sensornummer)

Prüfkörper: **B.M1**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



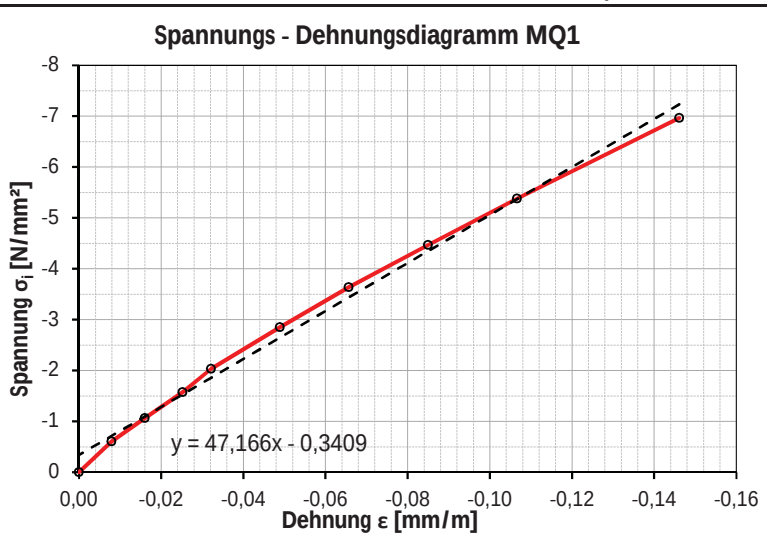
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.M1 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	BS1 ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-240,81	-0,61	-0,00792
2	-423,14	-1,07	-0,016
3	-624,49	-1,57	-0,02522
4	-808,58	-2,04	-0,0322
11	-1131,56	-2,85	-0,04894
12	-1444,25	-3,64	-0,06563
13	-1773,83	-4,47	-0,08495
14	-2134,79	-5,38	-0,10664
15	-2764,37	-6,96	-0,1461
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	47,17 N/mm²
Querschnittsnummer:	3
E-Modul Beton E_c=	**39,44 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	711	156,01	145,11	0,00	9543,00	14440,33	373051,93
2	Prüfstrecke	900	145,11	138,97	0,00	10798,00	492,88	624881,63
3	BS1	711	155,53	155,53	0,00	3769,91	14440,33	378825,02
4	BS2	900	144,73	144,73	0,00	16512,21	492,88	619167,42
5	BS3	900	143,03	143,03	0,00	16512,21	492,88	619167,42
6	BS4	900	141,33	141,33	0,00	3769,91	492,88	631909,72
7	BS5	900	139,68	139,68	0,00	3769,91	492,88	631909,72
8	mittel KEX1	711	156,56	145,06	0,00	9543,00	14440,33	373051,93
9	mittel KEX2	900	145,06	143,64	0,00	16512,00	492,88	619167,63
10	mittel KEX3	900	143,64	142,21	0,00	13641,00	492,88	622038,63
11	mittel KEX4	900	142,21	140,79	0,00	6959,00	492,88	628720,63
12	mittel KEX5	900	140,79	139,36	0,00	6080,00	492,88	629599,63

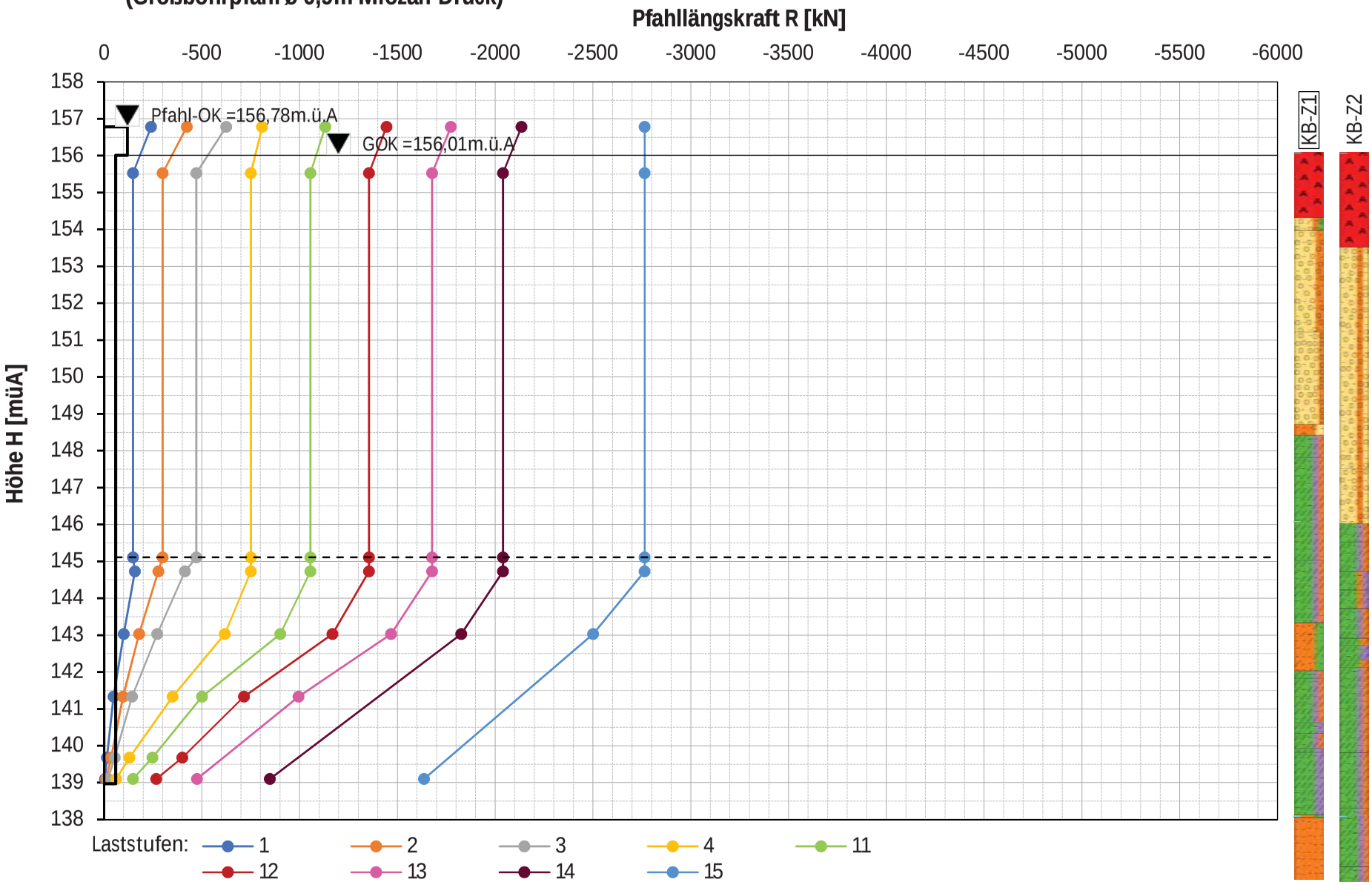
Prüfkörper: **B.M1** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN]	$F_{m,MQ1}$ [kN]	$F_{m,OK-PS}$ [kN]	$F_{m,MQ2}$ [kN]	$F_{m,MQ3}$ [kN]	$F_{m,MQ4}$ [kN]	$F_{m,MQ5}$ [kN]	$R_{b,m}$ [kN]	$R_{s,m}$ [kN]
		H: 156,78 m	H: 155,53 m	H: 145,11 m	H: 144,73 m	H: 143,03 m	H: 141,33 m	H: 139,68 m	H: 139,10 m	
1	16:23	-241	-148	-148	-158	-101	-49	-15	-6	-235
2	16:43	-423	-300	-300	-278	-180	-97	-36	-12	-411
3	17:03	-624	-472	-472	-413	-273	-144	-54	-21	-604
4	20:10	-809	-751	-751	-751	-618	-351	-130	-63	-746
7	21:00	-241	-121	-121	-121	-95	-31	-29	-14	-228
8	21:17	-424	-414	-414	-414	-382	-119	-90	-26	-398
9	21:31	-614	-578	-578	-578	-494	-169	-140	-44	-570
10	21:46	-818	-753	-753	-753	-630	-308	-157	-67	-751
11	22:08	-1132	-1055	-1055	-1055	-902	-502	-248	-148	-983
12	22:37	-1444	-1355	-1355	-1355	-1168	-716	-401	-267	-1177
13	00:27	-1774	-1678	-1678	-1678	-1468	-995		-475	-1299
14	02:42	-2135	-2040	-2040	-2040	-1826			-848	-1287
15	06:37	-2764	-2764	-2764	-2764	-2501			-1637	-1128

Prüfkörper: **B.M1**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

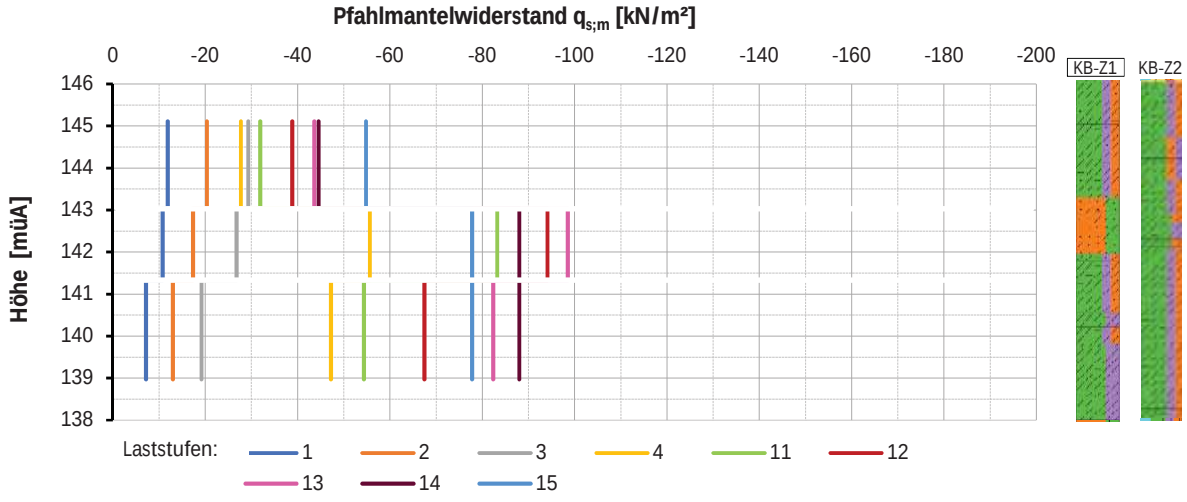


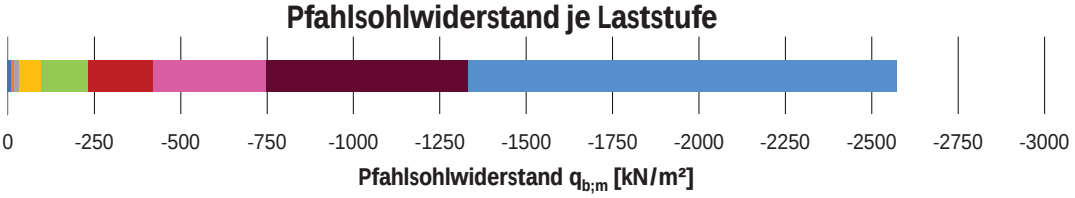
Prüfkörper: **B.M1** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,90 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-240,81	-0,02	0,0000	-12	-11	-7	-10	-9
2	-423,14	-0,18	-0,0002	-20	-17	-13	-17	-19
3	-624,49	-0,36	-0,0004	-29	-27	-19	-25	-33
4	-808,58	-0,80	-0,0009	-28	-56	-47	-43	-99
5	*-423,98*	*-0,51*	*-0,0006*					
6	*-55,70*	*-0,13*	*-0,0001*					
7	*-241,33*	*-0,18*	*-0,0002*					
8	*-424,36*	*-0,29*	*-0,0003*					
9	*-613,62*	*-0,49*	*-0,0005*					
10	*-818,08*	*-0,80*	*-0,0009*					
11	-1131,56	-1,48	-0,0016	-32	-83	-54	-57	-233
12	-1444,25	-2,96	-0,0033	-39	-94	-67	-67	-420
13	-1773,83	-8,88	-0,0099	-44	-99	-82	-75	-747
14	-2134,79	-18,97	-0,0211	-45	-88	-88	-73	-1.333
15	-2764,37	-46,12	-0,0512	-55	-78	-78	-70	-2.573
16	-3390,49	-138,66	-0,1541					
22	-836,89	-139,23	-0,1547					
23	-441,83	-138,31	-0,1537					
24	-69,35	-137,02	-0,1522					

Prüfkörper: **B.M1** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

VERSUCHSAUSWERTUNG

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **01.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.M2**
Prüffeld:	1
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Miozän
Herstellungsverfahren:	verrohrter Bohrpfahl

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	18
Prüfdatum:	10.08.2017
Versuchsbeginn:	09:57 Uhr
Versuchsende:	00:50 Uhr
Wetterbedingungen:	7:30, heiter - ab 21:12 Unwetter
besondere Versuchsbedingungen:	BS 2.1 defekt, BS 5.1 händische Ablesung, Probleme mit Datenlogger (tw. Ausfall Messtechnik, Leitung KEX gerissen), Unwetter

Geometrie Prüfkörper:

Pfahldurchmesser D=	900,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	636172,51	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,98	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,21	müA
OK Prüfstrecke (PS):	145,35	müA
UK Pfahl:	139,21	müA
Länge ohne Mantelreibung:	11,63	m
Länge Prüfstrecke:	6,14	m
Pfahllänge:	17,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30 / BS-TB1**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	39,22	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	ja
Sohldruckmessdose (SDMD):	ja

		Sensornummer:		Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1		156,80 müA
GOK	MQ1	BS1.1	BS2.1	155,73 müA
keine Mantelreibung				
OK PS		KEX2		145,30 müA
Prüfstrecke	MQ2	BS2.1	BS2.2	144,88 müA
		KEX3		143,87 müA
	MQ3	BS3.1	BS3.2	143,23 müA
		KEX4		142,45 müA
	MQ4	BS4.1	BS4.2	141,53 müA
		KEX5		141,02 müA
	MQ5	BS5.1	BS5.2	139,88 müA
UK Pfahl		SDMD		139,30 müA

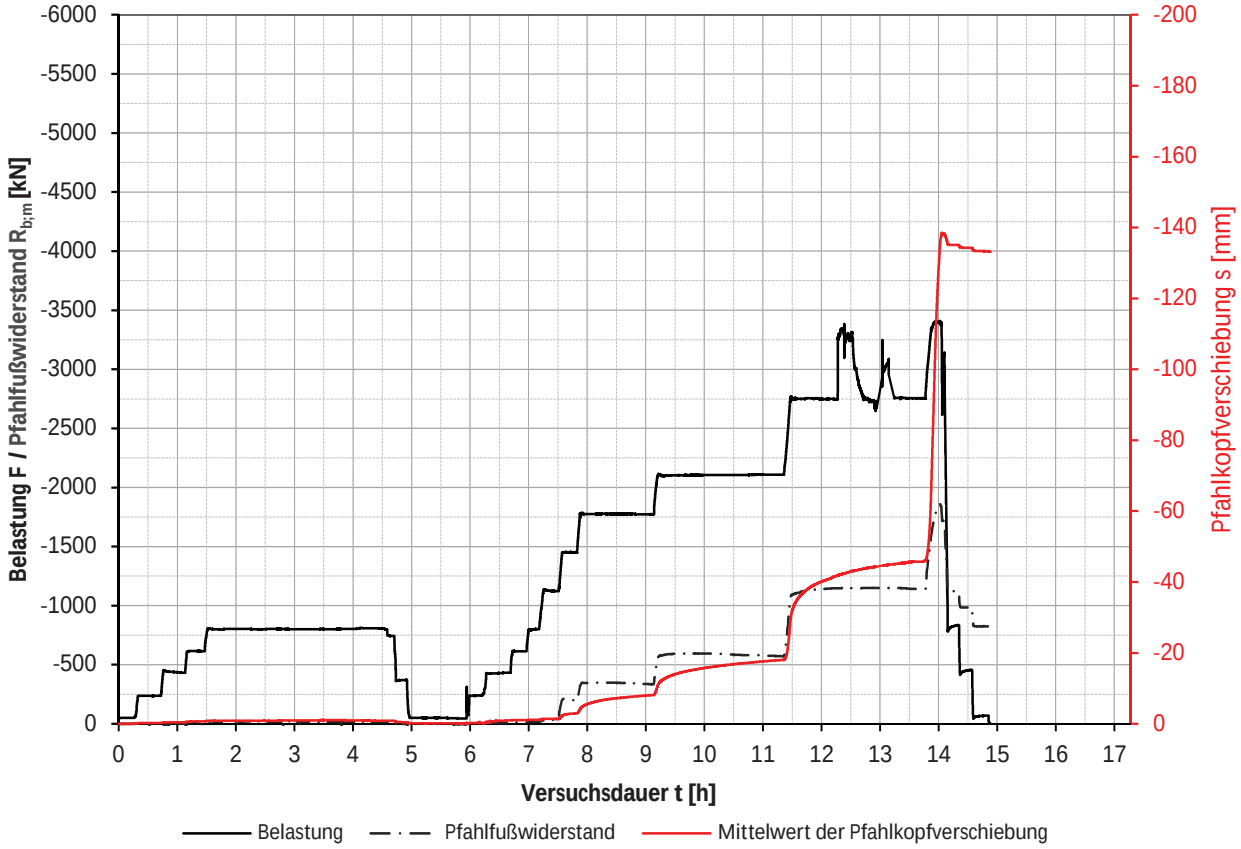
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

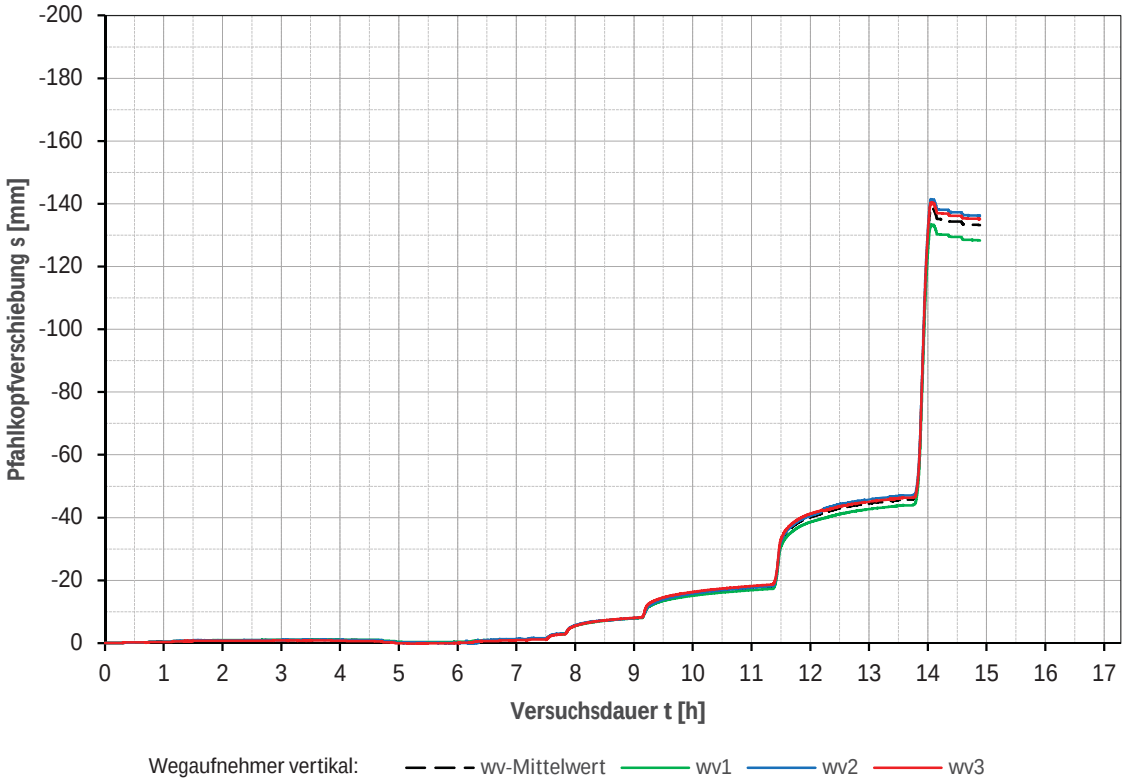
Anmerkungen:

Längskraftverlauf:
-Im MQ2 werden die Werte vom KEX verwendet.
-Bei der LS 15 wurde der Wert im MQ5 zwischen MQ4 und SDMD interpoliert.

Prüfkörper: **B.M2** **Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung und Pfahlfußwiderstand**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M2** **Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M2 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

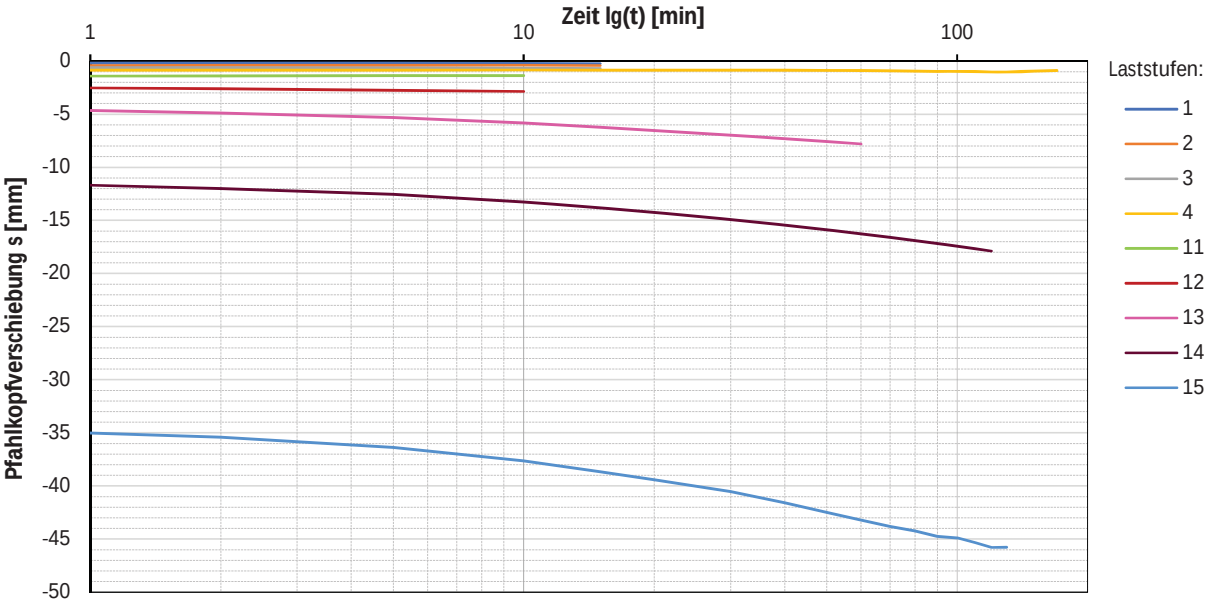
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y [mm]
0	09:57	10:12	50	-50	-0,06																		
1	10:17	10:36	238	-238	-0,24	-0,20	-0,20	-0,20	-0,22	-0,24									10	15	-0,22	-0,24	**-0,11**
2	10:44	11:04	425	-433	-0,45	-0,42	-0,42	-0,40	-0,40	-0,43									10	15	-0,40	-0,43	**-0,18**
3	11:08	11:24	613	-614	-0,69	-0,62	-0,63	-0,66	-0,68	-0,69									5	15	-0,66	-0,69	**-0,05**
4	11:31	14:31	800	-799	-0,89	-0,87	-0,87	-0,85	-0,84	-0,85	-0,87	-0,85	-0,90	-1,03	-0,94	-0,91	-0,89		40	120	-0,86	-1,03	**-0,35**
5	14:42	14:52	425	-372	-0,43	-0,50	-0,49	-0,48															
6	14:55	15:27	50	-51	-0,11	-0,16	-0,16	-0,15	-0,11	-0,10	-0,11	-0,11											
7	15:57	16:07	238	-241	-0,23	-0,24	-0,23	-0,20															
8	16:14	16:28	425	-429	-0,87	-0,46	-0,45	-0,65	-0,84										5	10	-0,65	-0,84	**-0,62**
9	16:42	16:53	613	-614	-1,05	-1,03	-1,03	-1,03	-1,05										2	10	-1,03	-1,05	**-0,03**
10	16:58	17:08	800	-832	-1,12	-1,13	-1,13	-1,13											2	5	-1,13	-1,13	**-0,01**
11	17:15	17:27	1125	-1122	-1,35	-1,41	-1,41	-1,37	-1,37										5	10	-1,37	-1,37	**0,01**
12	17:32	17:46	1450	-1448	-2,94	-2,52	-2,61	-2,76	-2,86										2	10	-2,61	-2,86	**-0,36**
13	17:50	19:00	1775	-1774	-8,02	-4,66	-4,88	-5,33	-5,83	-6,22	-6,54	-6,98	-7,81						40	60	-7,29	-7,81	**-2,94**
14	19:10	21:17	2100	-2109	-18,04	-11,68	-12,00	-12,55	-13,27	-13,82	-14,26	-14,92	-16,27	-17,89					90	120	-17,17	-17,89	**-5,79**
15	21:31	23:42	2750	-2754	-45,97	-35,01	-35,40	-36,38	-37,63	-38,65	-39,41	-40,53	-43,21	-45,78					70	120	-43,81	-45,78	**-8,45**
16	23:52	23:58	3400	-3410	-135,34	-100,62	-109,67	-128,71															
22	00:08	00:18	800	-738	-134,96	-135,11	-135,09	-135,06															
23	00:20	00:30	425	-456	-134,30	-134,33	-134,32	-134,30															
24	00:32	00:47	50	-70	-133,32	-133,47	-133,43	-133,38	-133,34														

Prüfkörper: **B.M2**

Zeitverformung

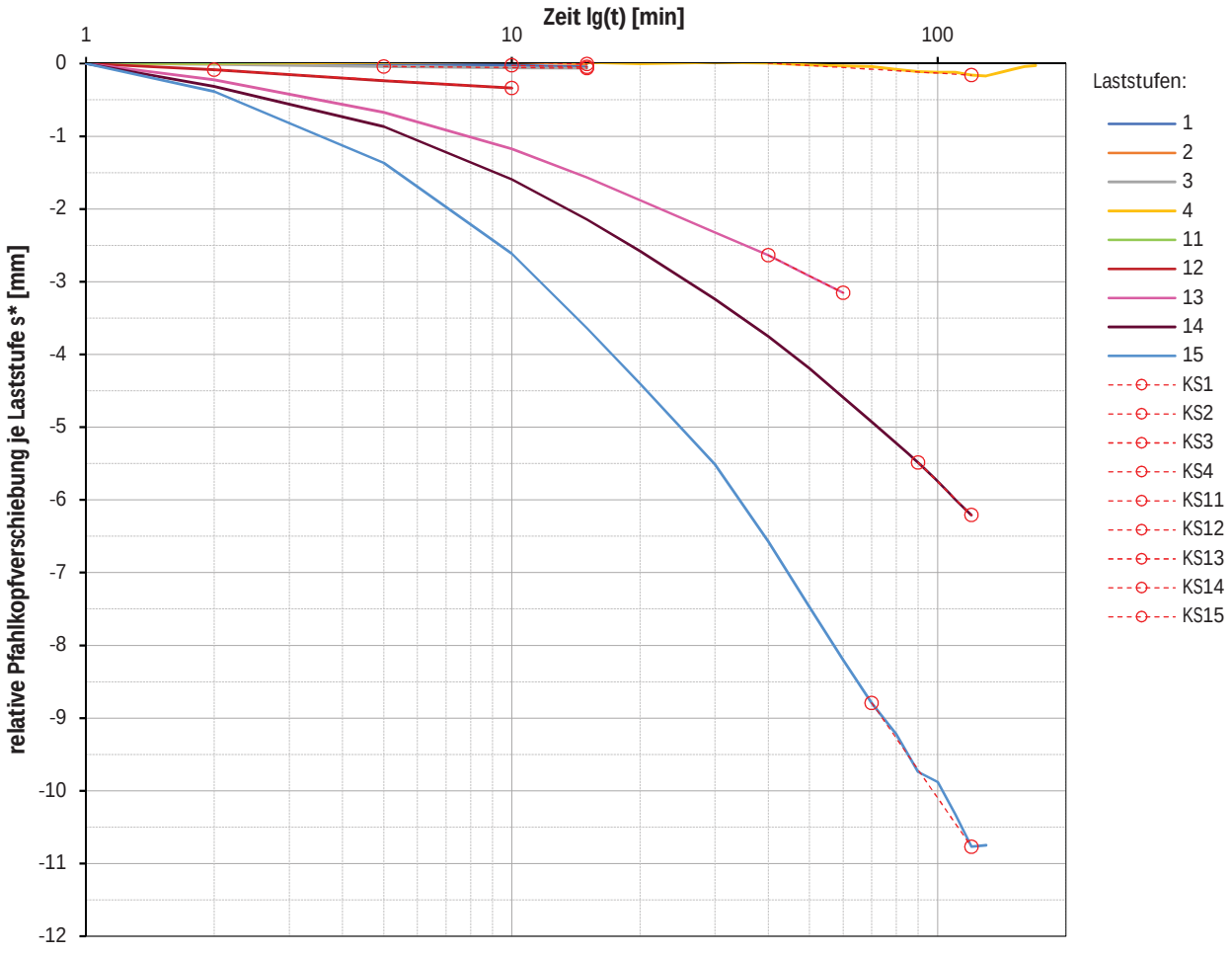
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M2**

relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

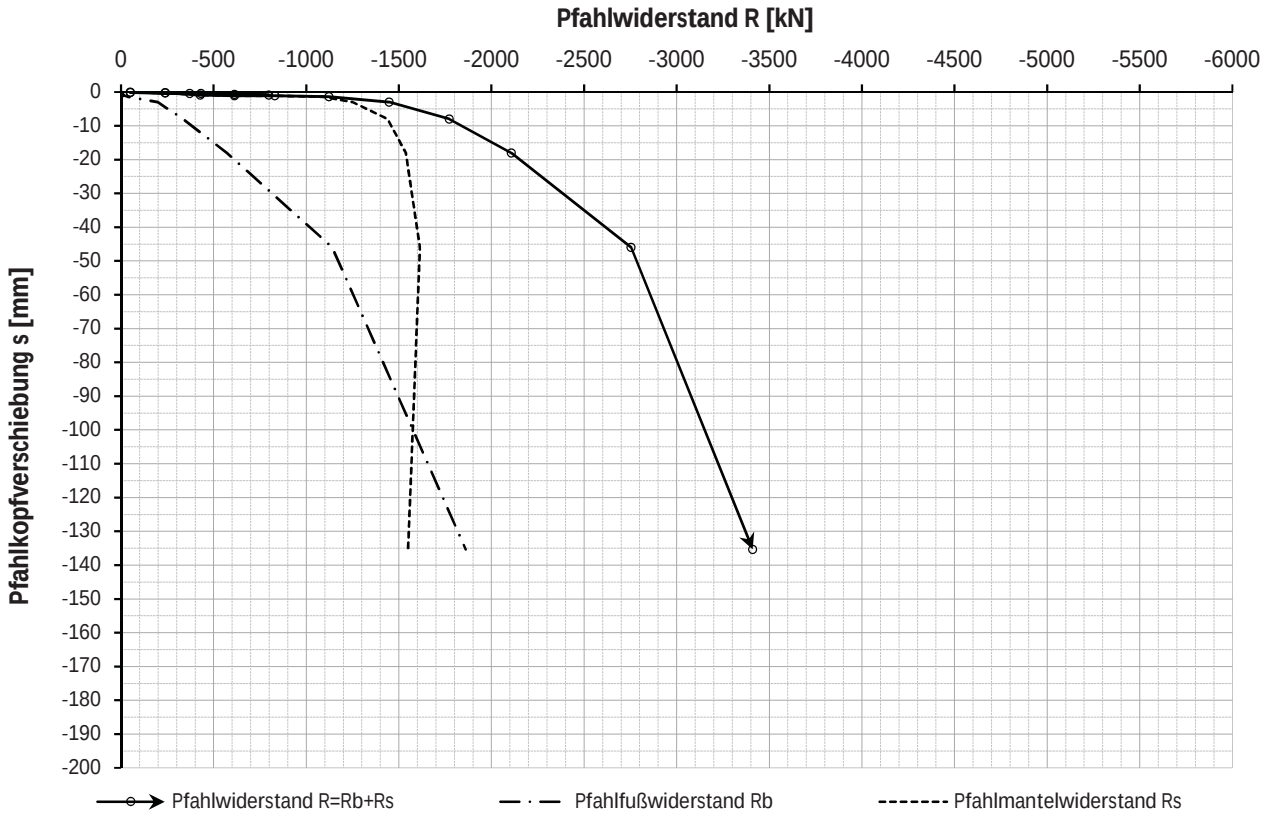


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.M2**

Widerstands-Verschiebungslinie

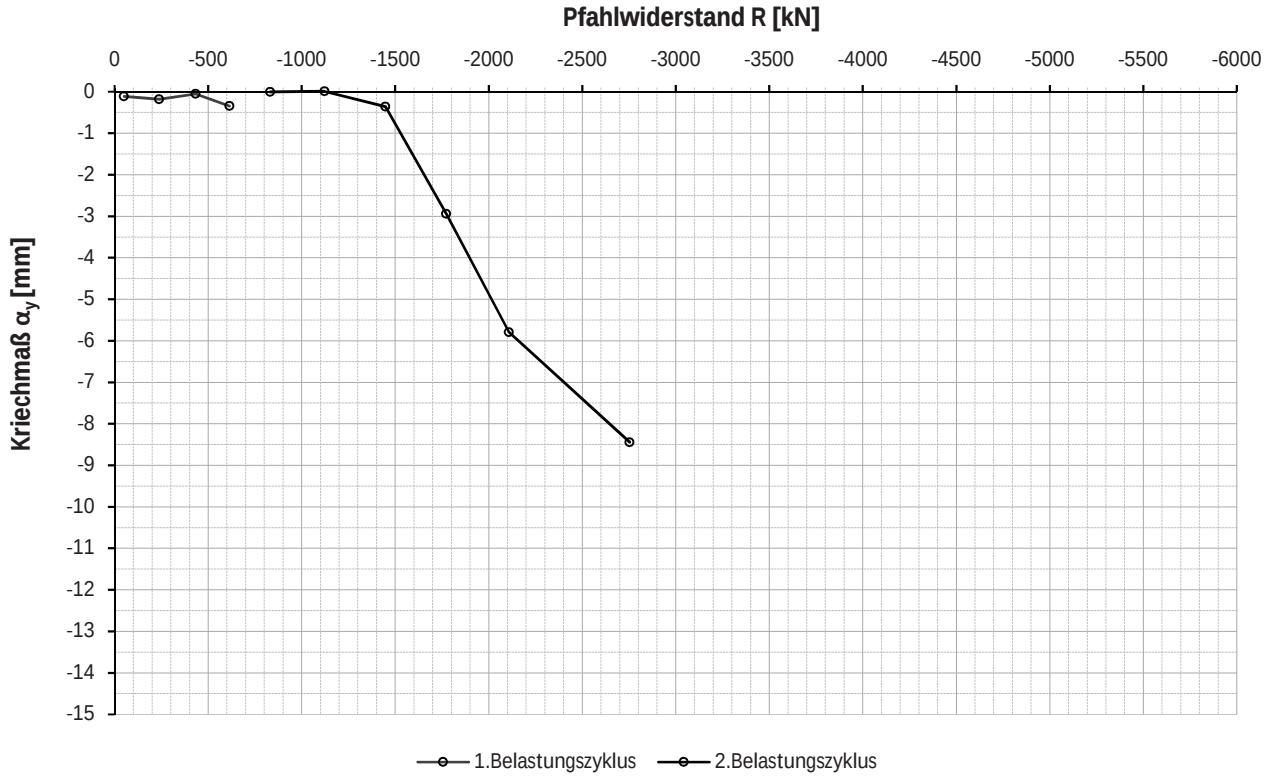
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M2**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M2** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 151,05 m	H: 144,59 m	H: 143,16 m	H: 141,74 m	H: 140,31 m	H: 151,05 m	H: 144,59 m	H: 143,16 m	H: 141,74 m	H: 140,31 m
1	10:36	-238	-0,0115	-0,0079	-0,0054	-0,0024	-0,0021	-0,0115	-0,0079	-0,0054	-0,0024	-0,0021
2	11:04	-433	-0,0219	-0,0104	-0,0057	-0,0064	-0,0031	-0,0219	-0,0104	-0,0057	-0,0064	-0,0031
3	11:24	-614	-0,0306	-0,0135	-0,0053	-0,0087	-0,0041	-0,0306	-0,0135	-0,0053	-0,0087	-0,0041
4	14:31	-799	-0,0408	-0,0178	-0,0109	-0,0109	-0,0058	-0,0408	-0,0178	-0,0109	-0,0109	-0,0058
5	14:52	-372	-0,0234	-0,0093	-0,0096	-0,0079	-0,0031	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	15:27	-51	-0,0070	-0,0019	-0,0045	-0,0021	-0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	16:07	-241	-0,0141	-0,0069	-0,0054	-0,0042	-0,0027	-0,0141	-0,0069	-0,0054	-0,0042	-0,0027
8	16:28	-429	-0,0229	-0,0117	-0,0057	-0,0053	-0,0026	-0,0229	-0,0117	-0,0057	-0,0053	-0,0026
9	16:53	-614	-0,0321	-0,0143	-0,0082	-0,0094	-0,0052	-0,0321	-0,0143	-0,0082	-0,0094	-0,0052
10	17:08	-832	-0,0417	-0,0173	-0,0110	-0,0114	-0,0050	-0,0417	-0,0173	-0,0110	-0,0114	-0,0050
11	17:27	-1122	-0,0570	-0,0253	-0,0191	-0,0160	-0,0069	-0,0570	-0,0253	-0,0191	-0,0160	-0,0069
12	17:46	-1448	-0,0740	-0,0423	-0,0317	-0,0296	-0,0176	-0,0740	-0,0423	-0,0317	-0,0296	-0,0176
13	19:00	-1774	-0,0928	-0,0521	-0,0388	-0,0375	-0,0234	-0,0928	-0,0521	-0,0388	-0,0375	-0,0234
14	21:17	-2109	-0,1129	-0,0643	-0,0486	-0,0495	-0,0313	-0,1129	-0,0643	-0,0486	-0,0495	-0,0313
15	23:42	-2754	-0,1504	-0,0885	-0,0726	-0,0720	-0,0548	-0,1504	-0,0885	-0,0726	-0,0720	-0,0548
16	23:58	-3410	-0,1853	-0,1111	-0,0989	-0,0945	-0,0784	-0,1853	-0,1111	-0,0989	-0,0945	-0,0784
22	00:18	-738	-0,0542	-0,0324	-0,0432	-0,0446	-0,0446	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
23	00:30	-456	-0,0400	-0,0242	-0,0347	-0,0384	-0,0420	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
24	00:47	-70	-0,0186	-0,0151	-0,0248	-0,0273	-0,0350	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Prüfkörper: **B.M2** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

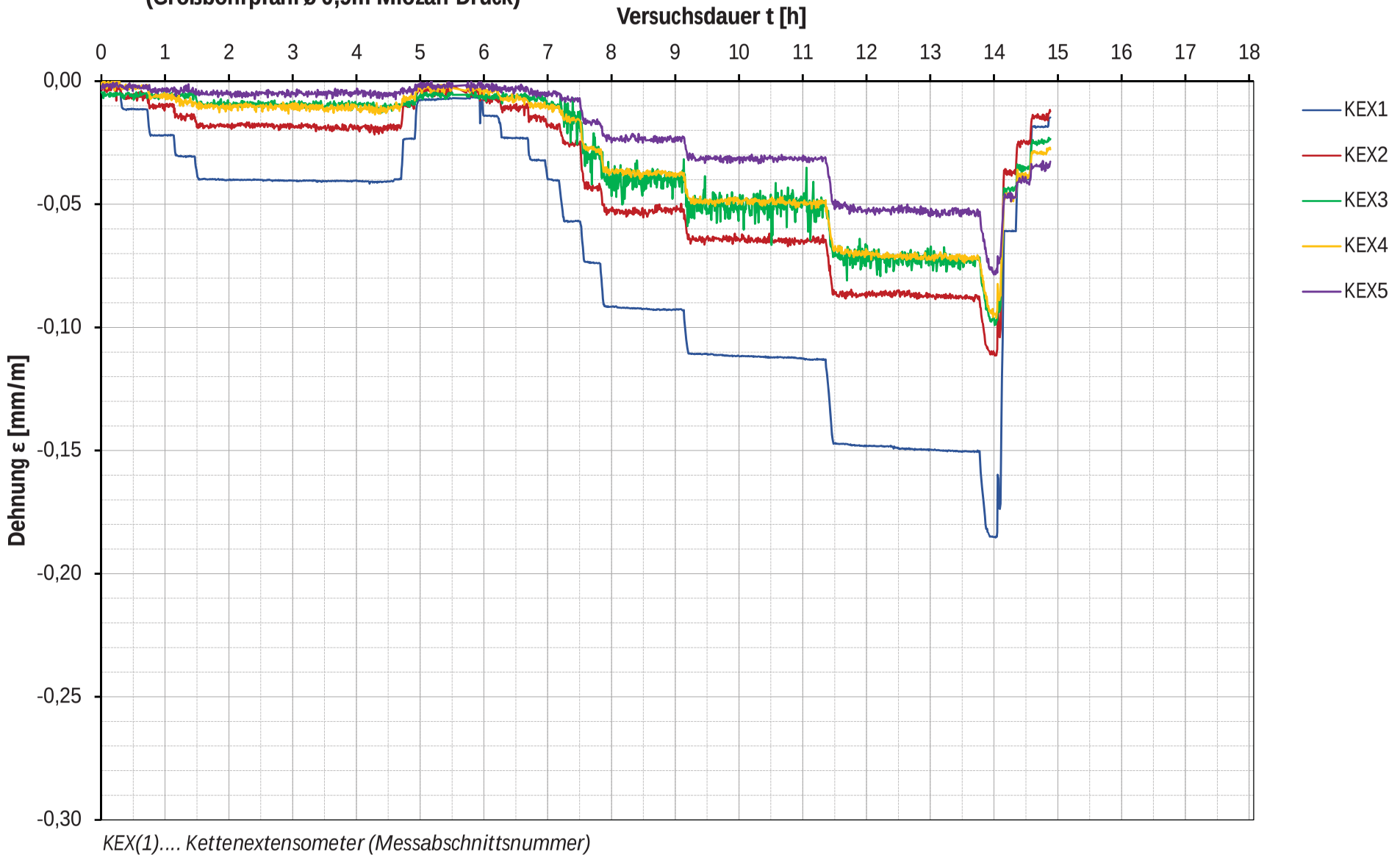
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Bewehrungssensoren (BS)

Laststufen			Messwerte - Bewehrungssensoren										korrigierte Messwerte - Bewehrungssensoren je MQ				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,BS1.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS1.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS2.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS2.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS3.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS3.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS4.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS4.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS5.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS5.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS3}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS4}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS5}$ [mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,73 m	H: 144,88 m	H: 144,88 m	H: 144,88 m	H: 143,23 m	H: 143,23 m	H: 141,53 m	H: 141,53 m	H: 139,88 m	H: 139,88 m	H: 155,73 m	H: 144,88 m	H: 143,23 m	H: 141,53 m	H: 139,88 m
1	10:36	-238	-0,0104	-0,0139	-0,0122	-	-0,0051	-0,0025	-0,0029	-0,0028	-0,0028	-0,0013	-0,0122	-0,0051	-0,0028	-0,0013	-0,0005
2	11:04	-433	-0,0198	-0,0241	-0,0220	-	-0,0091	-0,0045	-0,0054	-0,0056	-0,0055	-0,0026	-0,0220	-0,0091	-0,0055	-0,0029	-0,0010
3	11:24	-614	-0,0296	-0,0328	-0,0312	-	-0,0127	-0,0063	-0,0079	-0,0084	-0,0082	-0,0047	-0,0312	-0,0127	-0,0082	-0,0048	-0,0014
4	14:31	-799	-0,0412	-0,0420	-0,0416	-	-0,0166	-0,0083	-0,0104	-0,0117	-0,0110	-0,0063	-0,0416	-0,0166	-0,0110	-0,0065	-0,0026
5	14:52	-372	-0,0197	-0,0208	-0,0202	-	-0,0077	-0,0038	-0,0053	-0,0060	-0,0056	-0,0029	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	15:27	-51	-0,0034	-0,0035	-0,0035	-	-0,0005	-0,0003	-0,0013	-0,0016	-0,0014	0,0274	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	16:07	-241	-0,0124	-0,0134	-0,0129	-	-0,0046	-0,0023	-0,0036	-0,0046	-0,0041	-0,0016	-0,0129	-0,0046	-0,0041	-0,0019	-0,0007
8	16:28	-429	-0,0210	-0,0236	-0,0223	-	-0,0087	-0,0044	-0,0060	-0,0068	-0,0064	-0,0034	-0,0223	-0,0087	-0,0064	-0,0037	-0,0010
9	16:53	-614	-0,0299	-0,0327	-0,0313	-	-0,0127	-0,0063	-0,0083	-0,0092	-0,0087	-0,0048	-0,0313	-0,0127	-0,0087	-0,0050	-0,0016
10	17:08	-832	-0,0408	-0,0434	-0,0421	-	-0,0176	-0,0088	-0,0107	-0,0122	-0,0115	-0,0067	-0,0421	-0,0176	-0,0115	-0,0069	-0,0028
11	17:27	-1122	-0,0563	-0,0585	-0,0574	-	-0,0237	-0,0119	-0,0142	-0,0169	-0,0156	-0,0090	-0,0574	-0,0237	-0,0156	-0,0097	-0,0036
12	17:46	-1448	-0,0738	-0,0759	-0,0749	-	-0,0378	-0,0189	-0,0339	-0,0305	-0,0322	-0,0209	-0,0749	-0,0378	-0,0322	-0,0232	-0,0108
13	19:00	-1774	-0,0924	-0,0935	-0,0930	-	-0,0494	-0,0247	-0,0448	-0,0381	-0,0415	-0,0302	-0,0930	-0,0494	-0,0415	-0,0327	-0,0164
14	21:17	-2109	-0,1103	-0,1141	-0,1122	-	-0,0691	-0,0346	-0,0519	-0,0509	-0,0514	-0,0401	-0,1122	-0,0691	-0,0514	-0,0433	-0,0260
15	23:42	-2754	-0,1452	-0,1506	-0,1479	-	-0,0938	-0,0469	-0,0696	-0,0736	-0,0716	-0,0613	-0,1479	-0,0938	-0,0716	-0,0639	-0,0426
16	23:58	-3410	-0,1821	-0,1840	-0,1830	-	-0,1180	-0,0590	-0,0886	-0,0988	-0,0937	-0,0893	-0,1830	-0,1180	-0,0937	-0,0850	-0,0569
22	00:18	-738	-0,0458	-0,0466	-0,0462	-	-0,0292	-0,0146	-0,0299	-0,0431	-0,0365	-0,0394	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
23	00:30	-456	-0,0315	-0,0311	-0,0313	-	-0,0194	-0,0097	-0,0235	-0,0369	-0,0302	-0,0332	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
24	00:47	-70	-0,0121	-0,0092	-0,0106	-	-0,0065	-0,0032	-0,0132	-0,0279	-0,0205	-0,0232	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Prüfkörper: **B.M2**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

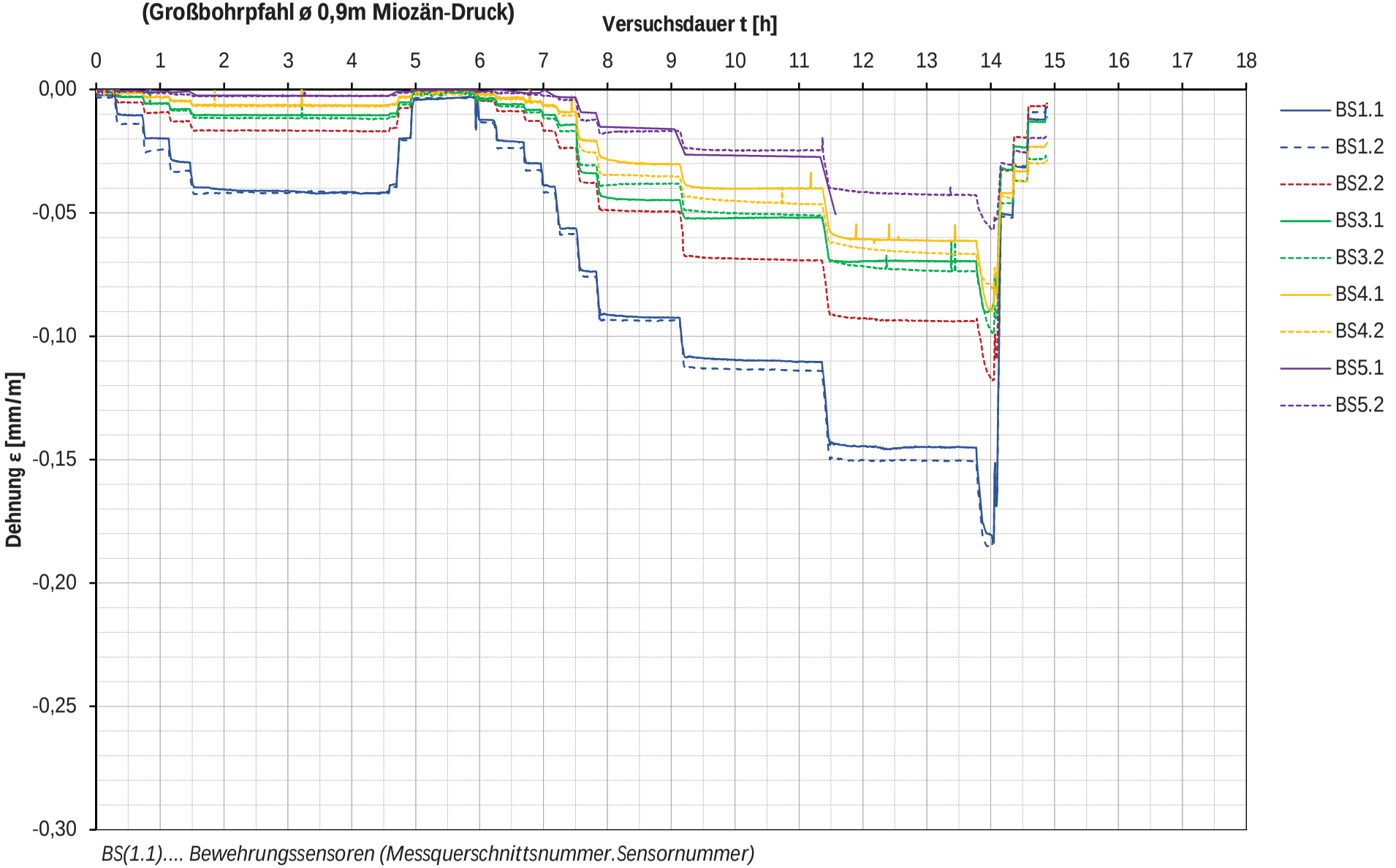
Messwerte Kettenextensometer



KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.M2**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Messwerte Bewehrungssensoren

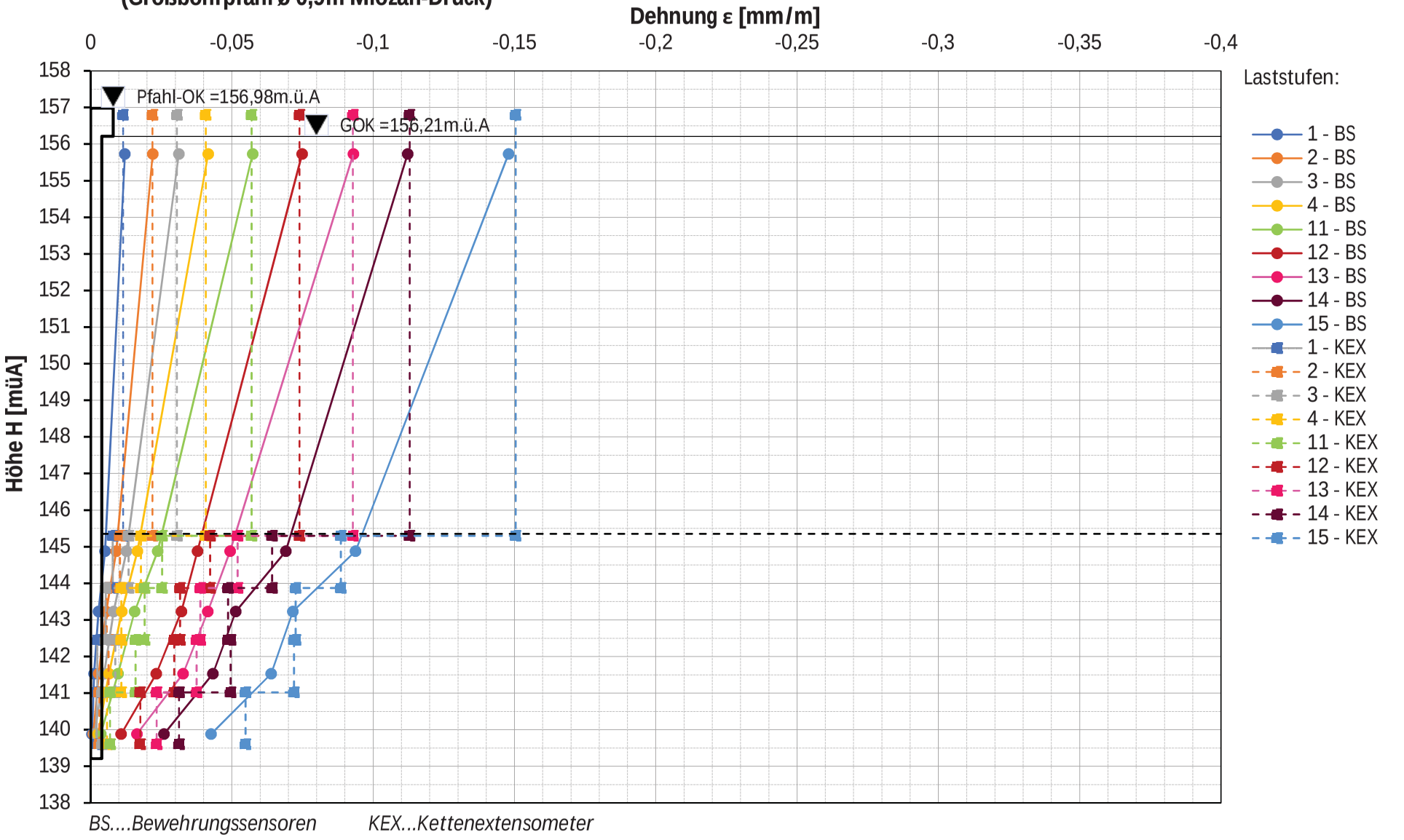


BS(1.1).... Bewehrungssensoren (Messquerschnittsnummer.Sensornummer)

Prüfkörper: **B.M2**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



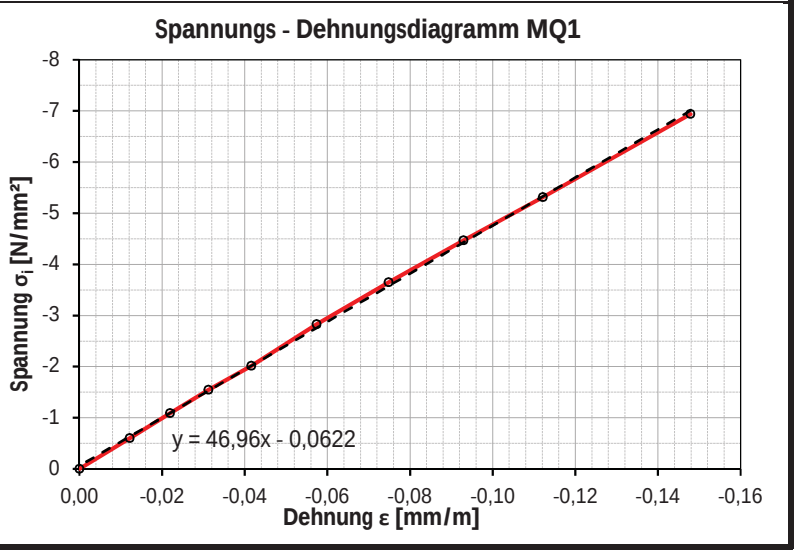
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.M2 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	BS1.MW ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-237,81	-0,60	-0,01216
2	-432,59	-1,09	-0,02199
3	-614,18	-1,55	-0,03123
4	-799,11	-2,01	-0,04162
11	-1122,48	-2,83	-0,05738
12	-1448,27	-3,65	-0,07488
13	-1773,65	-4,47	-0,09298
14	-2108,55	-5,31	-0,1122
15	-2754,25	-6,94	-0,14789
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	46,96 N/mm²
Querschnittsnummer:	3
E-Modul Beton E_c=	**39,22 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	711	156,21	145,35	0,00	9543,00	14440,33	373051,93
2	Prüfstrecke	900	145,35	139,21	0,00	10798,00	492,88	624881,63
3	BS1	711	155,73	155,73	0,00	3769,91	14440,33	378825,02
4	BS2	900	144,88	144,88	0,00	16512,21	492,88	619167,42
5	BS3	900	143,23	143,23	0,00	16512,21	492,88	619167,42
6	BS4	900	141,53	141,53	0,00	3769,91	492,88	631909,72
7	BS5	900	139,88	139,88	0,00	3769,91	492,88	631909,72
8	mittel KEX1	711	156,8	145,3	0,00	9543,00	14440,33	373051,93
9	mittel KEX2	900	145,3	143,87	0,00	16512,00	492,88	619167,63
10	mittel KEX3	900	143,87	142,45	0,00	13641,00	492,88	622038,63
11	mittel KEX4	900	142,45	141,02	0,00	6959,00	492,88	628720,63
12	mittel KEX5	900	141,02	139,6	0,00	6080,00	492,88	629599,63

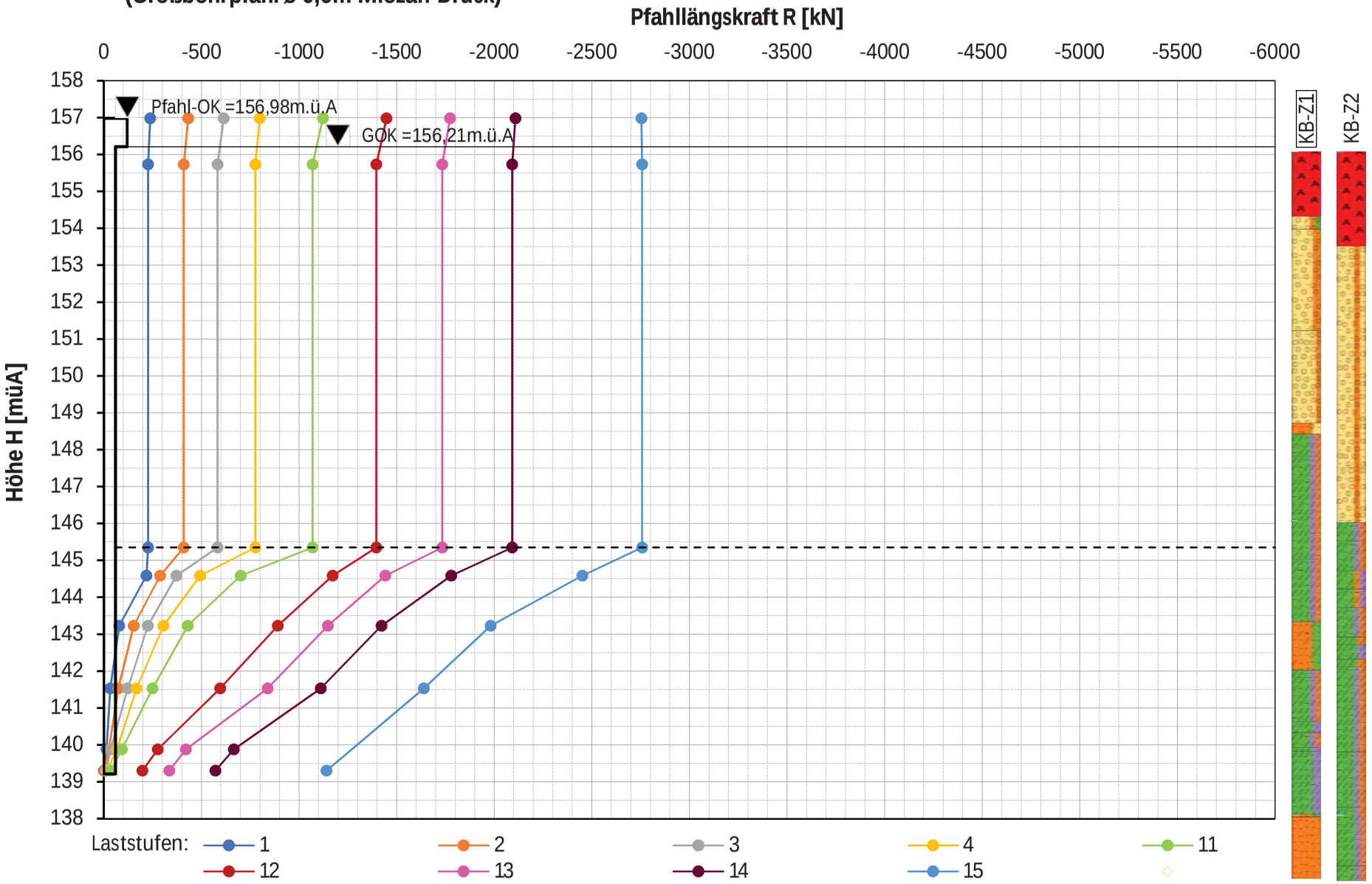
Prüfkörper: **B.M2** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN] H: 156,98 m	$F_{m,MQ1}$ [kN] H: 155,73 m	$F_{m,OK-PS}$ [kN] H: 145,35 m	$F_{m,MQ2}$ [kN] H: 144,59 m	$F_{m,MQ3}$ [kN] H: 143,23 m	$F_{m,MQ4}$ [kN] H: 141,53 m	$F_{m,MQ5}$ [kN] H: 139,88 m	$R_{b,m}$ [kN] H: 139,30 m	$R_{s,m}$ [kN]
1	10:36	-238	-227	-227	-218	-79	-33	-14	0	-238
2	11:04	-433	-410	-410	-289	-153	-75	-25	-4	-428
3	11:24	-614	-582	-582	-373	-226	-123	-35	-10	-604
4	14:31	-799	-776	-776	-493	-305	-167	-68	-15	-784
7	16:07	-241	-241	-241	-192	-113	-49	-18	-2	-239
8	16:28	-429	-416	-416	-325	-177	-94	-27	-7	-422
9	16:53	-614	-583	-583	-396	-242	-129	-41	-12	-602
10	17:08	-832	-784	-784	-480	-317	-176	-72	-18	-814
11	17:27	-1122	-1070	-1070	-702	-431	-250	-92	-35	-1087
12	17:46	-1448	-1396	-1396	-1172	-891	-596	-277	-198	-1250
13	19:00	-1774	-1734	-1734	-1442	-1148	-840	-420	-335	-1438
14	21:17	-2109	-2092	-2092	-1780	-1423	-1111	-667	-571	-1537
15	23:42	-2754	-2757	-2757	-2451	-1982	-1640		-1141	-1614

Prüfkörper: **B.M2**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

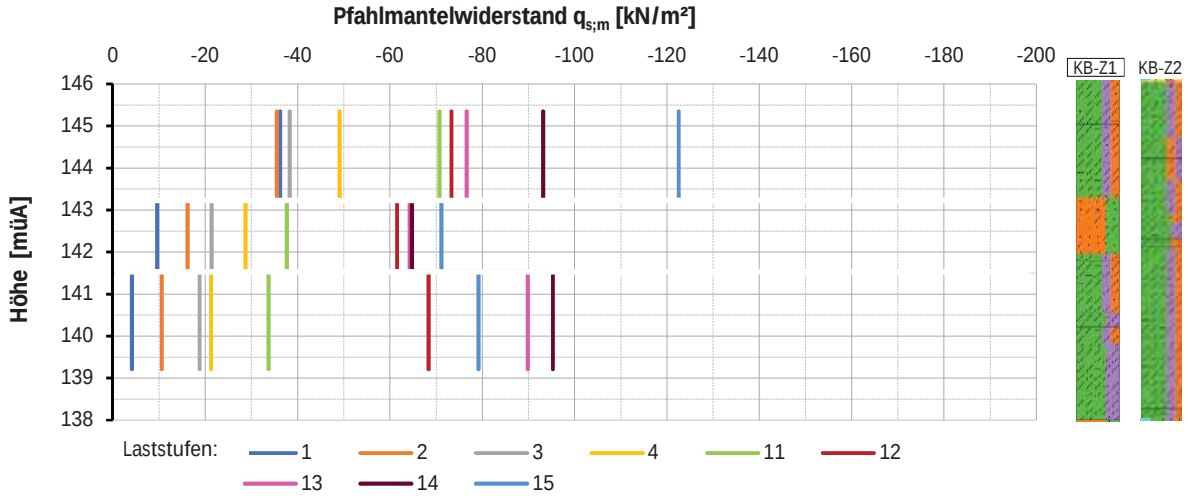


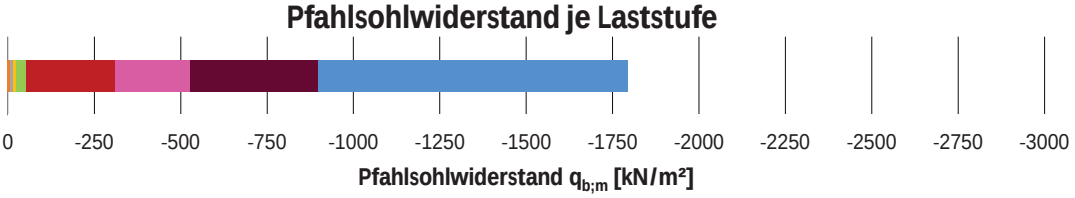
Prüfkörper: **B.M2** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,90 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-237,81	-0,24	-0,0003	-36	-10	-4	-15	0
2	-432,59	-0,45	-0,0005	-36	-16	-11	-20	-7
3	-614,18	-0,69	-0,0008	-38	-21	-19	-25	-16
4	-799,11	-0,89	-0,0010	-49	-29	-21	-32	-24
5	-371,79	-0,43	-0,0005					
6	-51,18	-0,11	-0,0001					
7	-240,77	-0,23	-0,0003	-20	-13	-7	-13	-4
8	-428,88	-0,87	-0,0010	-39	-17	-15	-22	-11
9	-613,95	-1,05	-0,0012	-40	-24	-19	-27	-19
10	-831,79	-1,12	-0,0012	-43	-29	-22	-31	-29
11	-1122,48	-1,35	-0,0015	-71	-38	-34	-46	-55
12	-1448,27	-2,94	-0,0033	-73	-62	-68	-67	-311
13	-1773,65	-8,02	-0,0089	-77	-64	-90	-77	-527
14	-2108,55	-18,04	-0,0200	-93	-65	-95	-84	-898
15	-2754,25	-45,97	-0,0511	-123	-71	-79	-89	-1.793
16	-3410,47	-135,34	-0,1504					
22	-737,96	-134,96	-0,1500					
23	-456,15	-134,30	-0,1492					
24	-70,05	-133,32	-0,1481					

Prüfkörper: **B.M2** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

VERSUCHSAUSWERTUNG

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **01.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.M3**
Prüffeld:	1
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Miozän
Herstellungsverfahren:	verrohrter Bohrpfahl

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	19
Prüfdatum:	18.08.2017
Versuchsbeginn:	07:32 Uhr
Versuchsende:	23:08 Uhr
Wetterbedingungen:	20°C heiter
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:

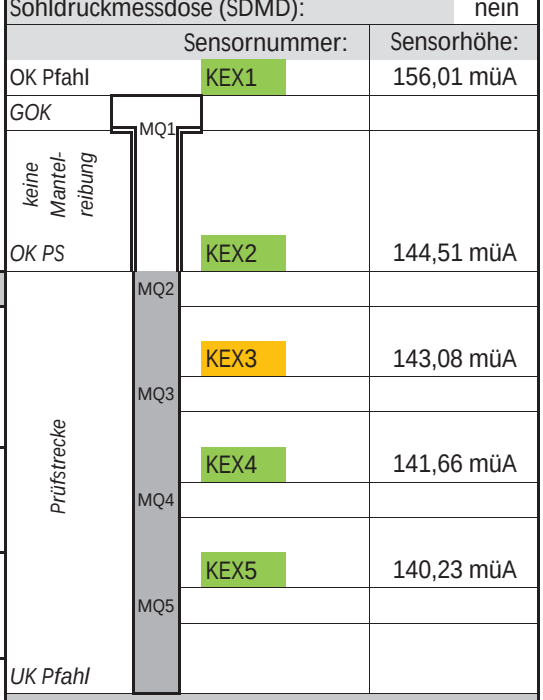
Pfahldurchmesser D=	900,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	636172,51	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,35	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	155,58	müA
OK Prüfstrecke (PS):	144,72	müA
UK Pfahl:	138,58	müA
Länge ohne Mantelreibung:	11,63	m
Länge Prüfstrecke:	6,14	m
Pfahllänge:	17,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30 / BS-TB1**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	37,53	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	nein
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein



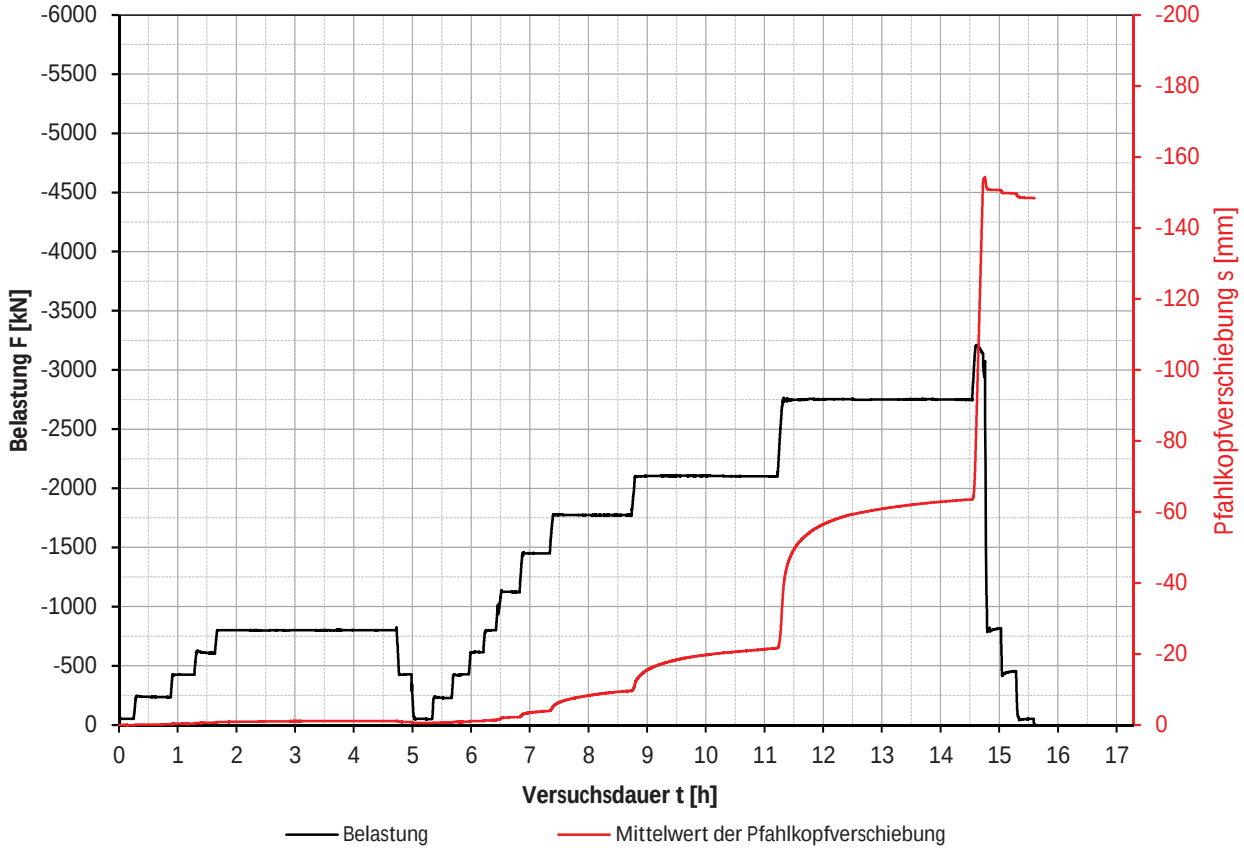
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

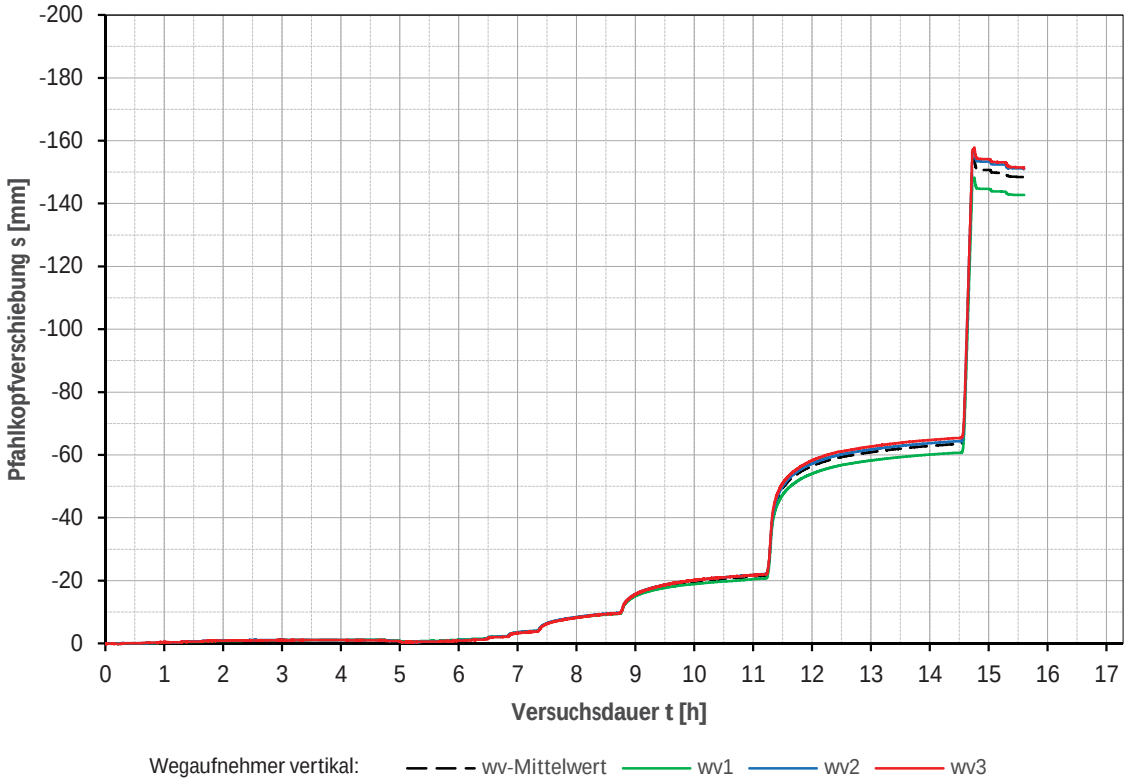
Anmerkungen:

Längskraftverlauf:
-Im MQ3 wurden die Werte zwischen MQ2 und MQ4 interpoliert.

Prüfkörper: **B.M3** **Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M3** **Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



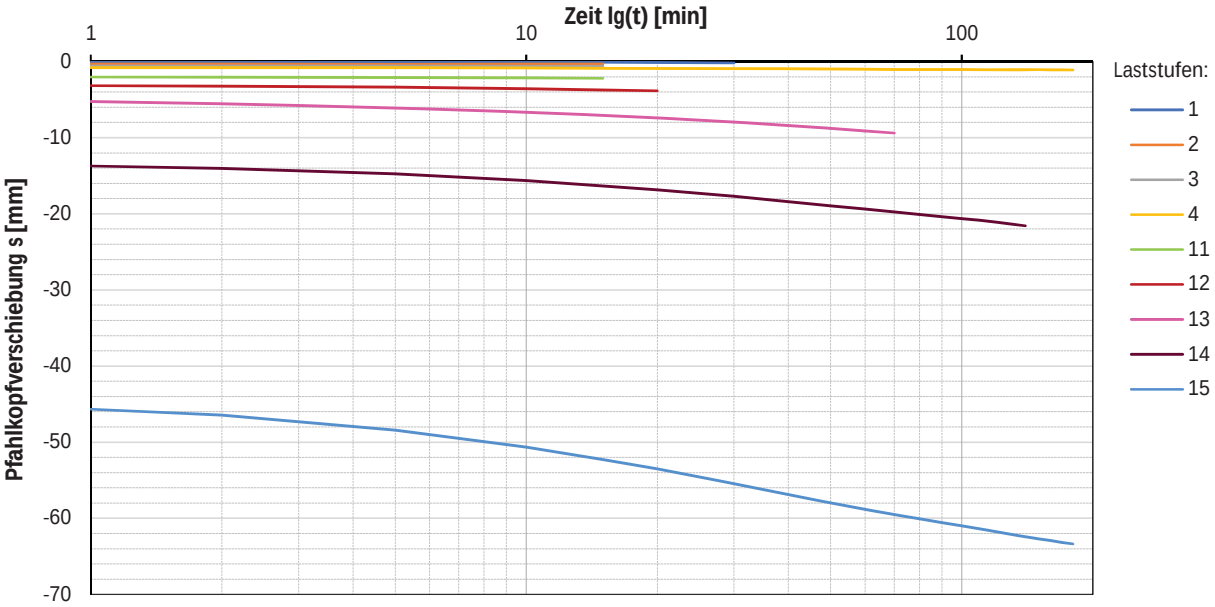
Prüfkörper: **B.M3 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriechmaß α_y [mm]
0	07:32	07:47	50	-53	0,09																		
1	07:51	08:24	238	-234	-0,18	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,09	-0,12	-0,18							10	20	-0,08	-0,12	**-0,13**
2	08:28	08:48	425	-425	-0,35	-0,34	-0,35	-0,35	-0,34	-0,34									5	15	-0,35	-0,34	**0,02**
3	08:54	09:10	613	-607	-0,62	-0,56	-0,58	-0,60	-0,61	-0,62									5	15	-0,60	-0,62	**-0,04**
4	09:13	12:14	800	-801	-1,09	-0,80	-0,80	-0,81	-0,85	-0,89	-0,91	-0,93	-1,01	-1,06	-1,06	-1,07	-1,08	-1,11	100	180	-1,05	-1,11	**-0,23**
5	12:19	12:29	425	-427	-0,85	-0,86	-0,86	-0,85															
6	12:35	12:50	50	-49	-0,54	-0,51	-0,51	-0,50	-0,50														
7	12:55	13:08	238	-227	-0,68	-0,65	-0,65	-0,67	-0,69										2	10	-0,65	-0,69	**-0,05**
8	13:16	13:29	425	-427	-0,92	-0,87	-0,86	-0,84	-0,88										2	10	-0,86	-0,88	**-0,03**
9	13:33	13:43	613	-614	-1,10	-1,08	-1,08	-1,09											2	5	-1,08	-1,09	**-0,01**
10	13:48	13:58	800	-870	-1,38	-1,30	-1,30	-1,31											2	5	-1,30	-1,31	**-0,02**
11	14:04	14:20	1125	-1123	-2,20	-2,04	-2,06	-2,11	-2,16	-2,19									5	15	-2,11	-2,19	**-0,17**
12	14:25	14:50	1450	-1449	-3,90	-3,17	-3,24	-3,37	-3,55	-3,72	-3,83								10	20	-3,55	-3,83	**-0,94**
13	14:55	16:15	1775	-1773	-9,60	-5,25	-5,52	-6,07	-6,68	-7,09	-7,41	-7,95	-9,13						50	70	-8,79	-9,39	**-4,15**
14	16:23	18:44	2100	-2100	-21,60	-13,72	-14,01	-14,73	-15,62	-16,33	-16,83	-17,71	-19,39	-21,10					100	140	-20,63	-21,57	**-6,48**
15	18:55	21:58	2750	-2749	-63,44	-45,68	-46,43	-48,41	-50,67	-52,29	-53,53	-55,48	-58,86	-61,76	-62,70	-62,93	-63,16	-63,38	120	180	-61,76	-63,38	**-9,17**
16	22:04	22:09	3400	-3210	-88,63	-63,82	-65,20																
22	22:20	22:32	800	-815	-150,70	-150,85	-150,83	-150,74	-150,71														
23	22:35	22:48	425	-454	-149,77	-149,87	-149,85	-149,81	-149,78														
24	22:52	23:07	50	-52	-148,45	-148,64	-148,60	-148,53	-148,48														

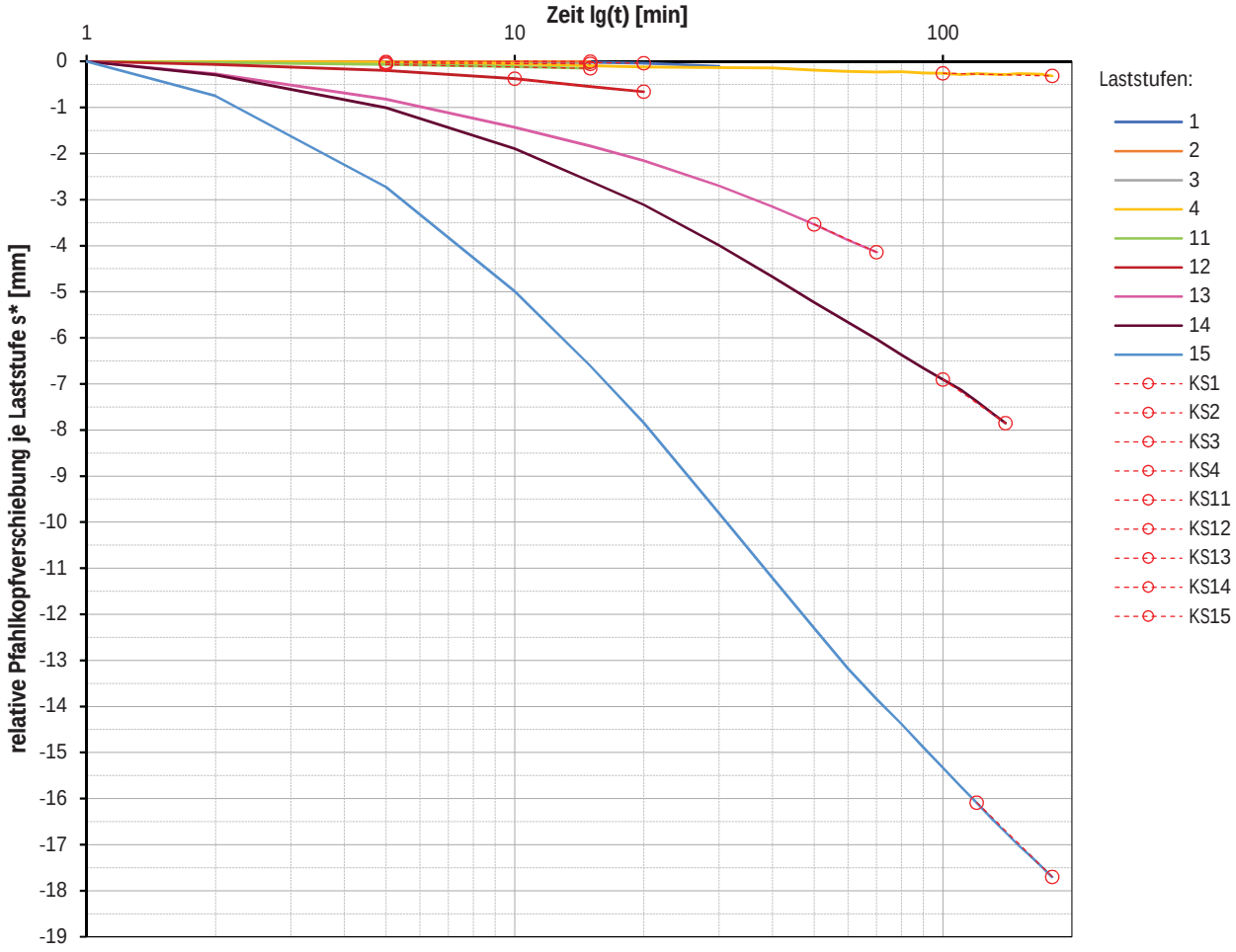
Prüfkörper: **B.M3** **Zeitverformung**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M3** **relative Zeitverformung je Laststufe**

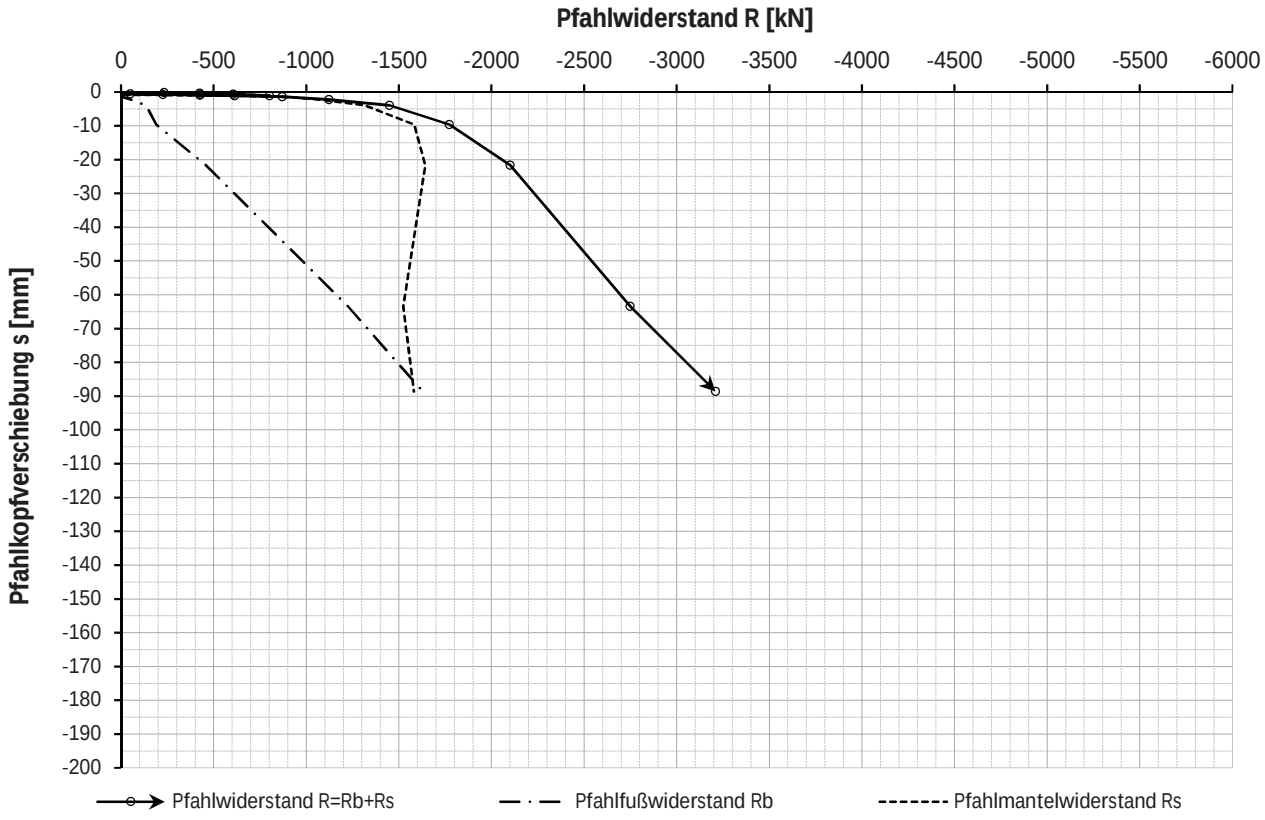
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

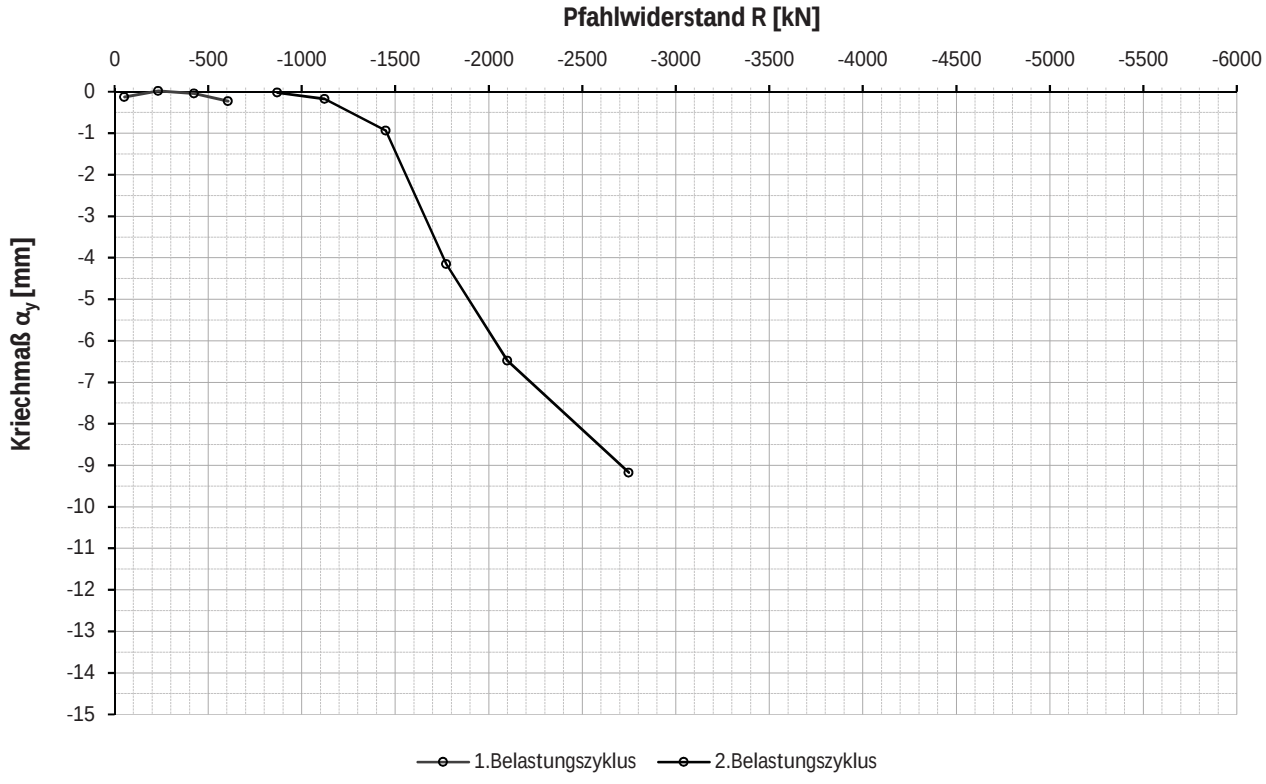
Prüfkörper: **B.M3** **Widerstands-Verschiebungslinie**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M3** **Widerstands-Kriechmaßlinie**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M3** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

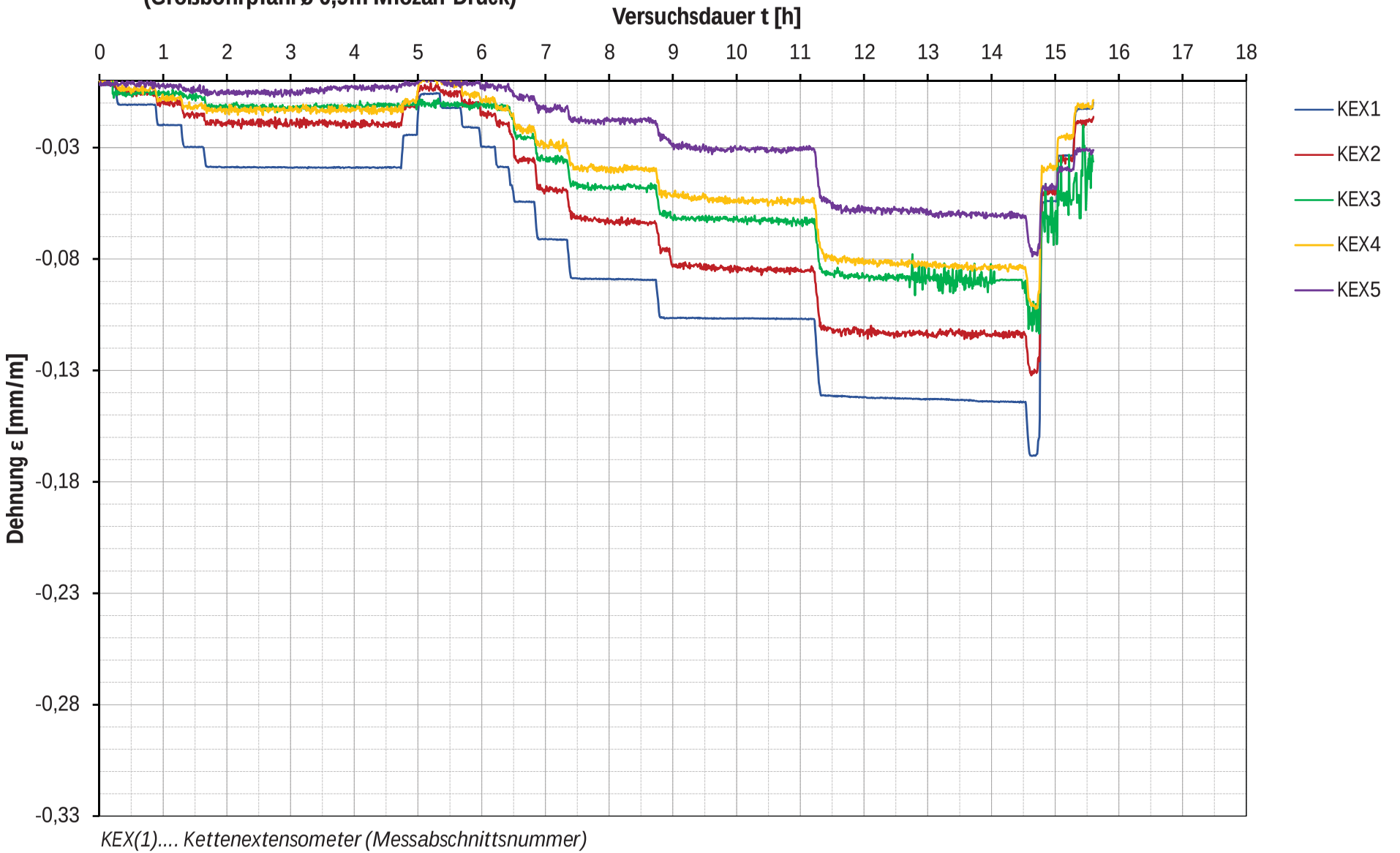
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 150,26 m	H: 143,80 m	H: 142,37 m	H: 140,95 m	H: 139,52 m	H: 150,26 m	H: 143,80 m	H: 142,37 m	H: 140,95 m	H: 139,52 m
1	08:24	-234	-0,0107	-0,0060	-0,0050	-0,0031	-0,0017	-0,0107	-0,0060	-0,0050	-0,0031	-0,0017
2	08:48	-425	-0,0198	-0,0109	-0,0057	-0,0072	-0,0025	-0,0198	-0,0109	-0,0057	-0,0072	-0,0025
3	09:10	-607	-0,0299	-0,0155	-0,0085	-0,0118	-0,0024	-0,0299	-0,0155	-0,0085	-0,0118	-0,0024
4	12:14	-801	-0,0389	-0,0208	-0,0111	-0,0126	-0,0028	-0,0389	-0,0208	-0,0111	-0,0126	-0,0028
5	12:29	-427	-0,0243	-0,0120	-0,0106	-0,0098	-0,0022	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	12:50	-49	-0,0057	-0,0026	-0,0096	-0,0014	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	13:08	-227	-0,0123	-0,0057	-0,0113	-0,0027	-0,0019	-0,0123	-0,0057	-0,0113	-0,0027	-0,0019
8	13:29	-427	-0,0211	-0,0098	-0,0110	-0,0056	-0,0012	-0,0211	-0,0098	-0,0110	-0,0056	-0,0012
9	13:43	-614	-0,0296	-0,0150	-0,0107	-0,0095	-0,0022	-0,0296	-0,0150	-0,0107	-0,0095	-0,0022
10	13:58	-870	-0,0424	-0,0229	-0,0118	-0,0134	-0,0030	-0,0424	-0,0229	-0,0118	-0,0134	-0,0030
11	14:20	-1123	-0,0543	-0,0361	-0,0238	-0,0214	-0,0087	-0,0543	-0,0361	-0,0238	-0,0214	-0,0087
12	14:50	-1449	-0,0712	-0,0492	-0,0352	-0,0289	-0,0139	-0,0712	-0,0492	-0,0352	-0,0289	-0,0139
13	16:15	-1773	-0,0893	-0,0629	-0,0467	-0,0398	-0,0184	-0,0893	-0,0629	-0,0467	-0,0398	-0,0184
14	18:44	-2100	-0,1068	-0,0848	-0,0638	-0,0545	-0,0302	-0,1068	-0,0848	-0,0638	-0,0545	-0,0302
15	21:58	-2749	-0,1444	-0,1130	-0,0894	-0,0827	-0,0601	-0,1444	-0,1130	-0,0894	-0,0827	-0,0601
16	22:09	-3210	-0,1681	-0,1307	-0,1095	-0,1003	-0,0767	-0,1681	-0,1307	-0,1095	-0,1003	-0,0767
22	22:32	-815	-0,0540	-0,0496	-0,0591	-0,0398	-0,0488	-0,0540	-0,0496	-0,0591	-0,0398	-0,0488
23	22:48	-454	-0,0334	-0,0361	-0,0537	-0,0243	-0,0397	-0,0334	-0,0361	-0,0537	-0,0243	-0,0397
24	23:07	-52	-0,0124	-0,0172	-0,0334	-0,0120	-0,0323	-0,0124	-0,0172	-0,0334	-0,0120	-0,0323

Prüfkörper: **B.M3**

Messwerte Kettenextensometer

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

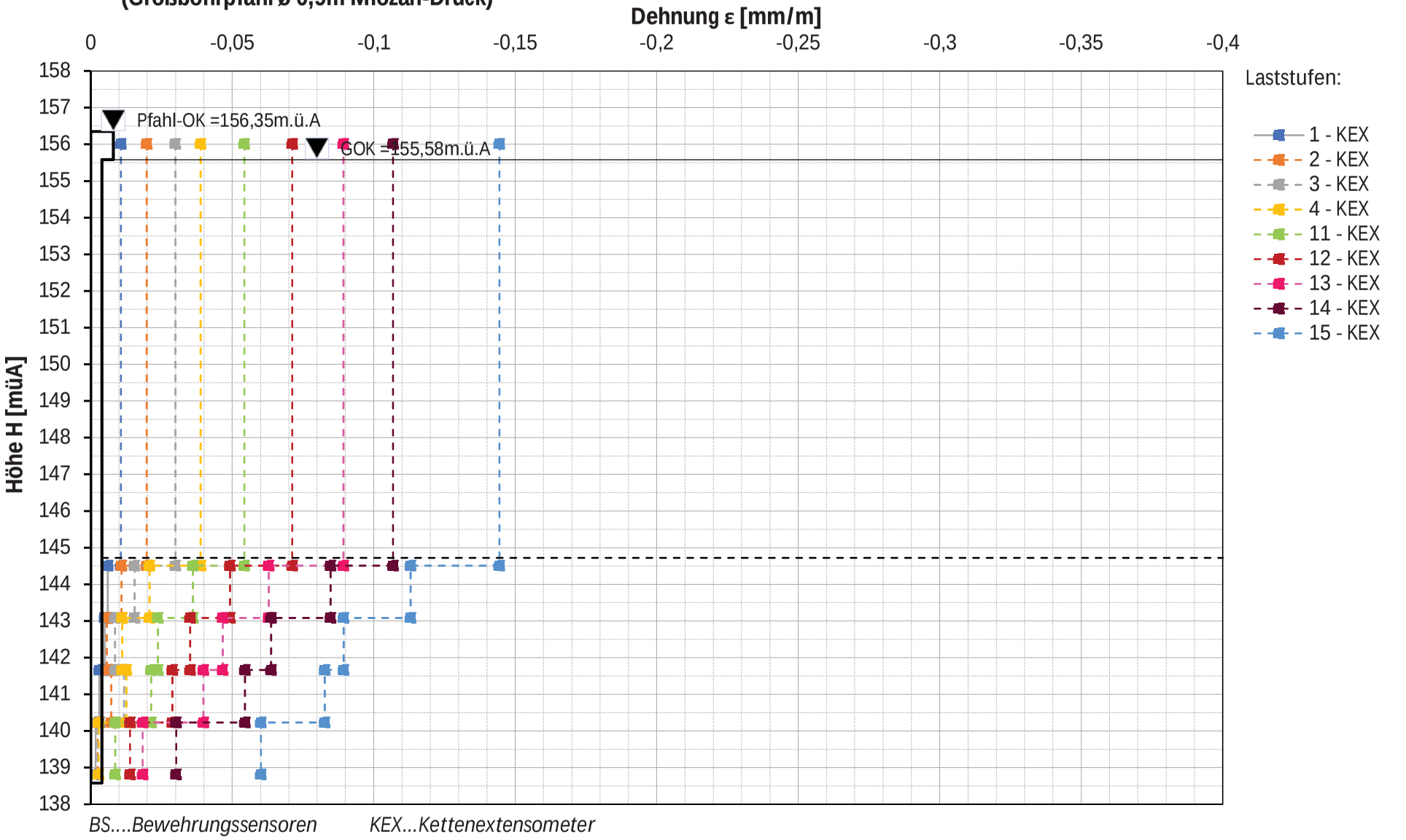


KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.M3**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M3 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

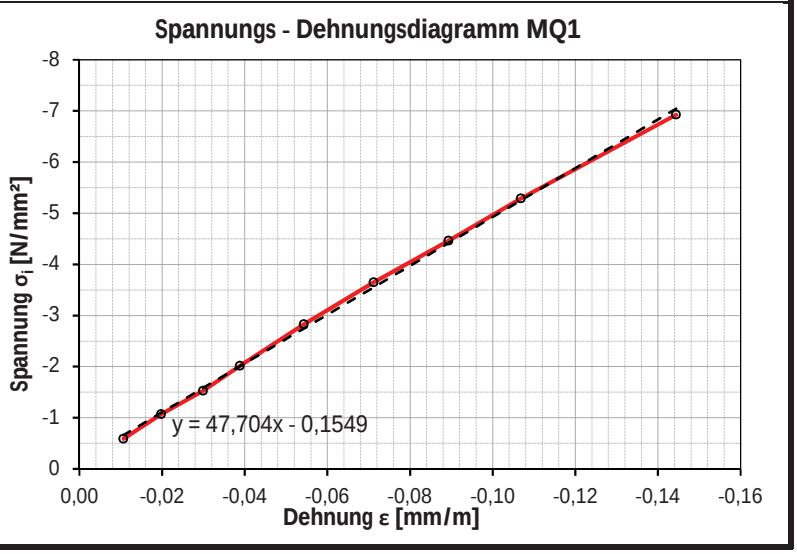
Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1

Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	KEX1 ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-233,60	-0,59	-0,01066
2	-425,10	-1,07	-0,01979
3	-607,02	-1,53	-0,02993
4	-801,03	-2,02	-0,03885
11	-1123,19	-2,83	-0,0543
12	-1449,14	-3,65	-0,07123
13	-1772,66	-4,46	-0,08932
14	-2100,44	-5,29	-0,10683
15	-2749,09	-6,92	-0,14442
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0

Berechnung

Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	47,70 N/mm²
Querschnittsnummer:	8
E-Modul Beton E_c=	**37,53 N/mm²**



Querschnittswerte

QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
	Bereiche				**Flächenanteile**			
1	ohne Mantelreibung	711	155,58	144,72	0,00	9543,00	14440,33	373051,93
2	Prüfstrecke	900	144,72	138,58	0,00	10798,00	492,88	624881,63
8	mittel KEX1	711	156,01	144,51	0,00	9543,00	14440,33	373051,93
9	mittel KEX2	900	144,51	143,08	0,00	16512,00	492,88	619167,63
10	mittel KEX3	900	143,08	141,66	0,00	13641,00	492,88	622038,63
11	mittel KEX4	900	141,66	140,23	0,00	6959,00	492,88	628720,63
12	mittel KEX5	900	140,23	138,81	0,00	6080,00	492,88	629599,63

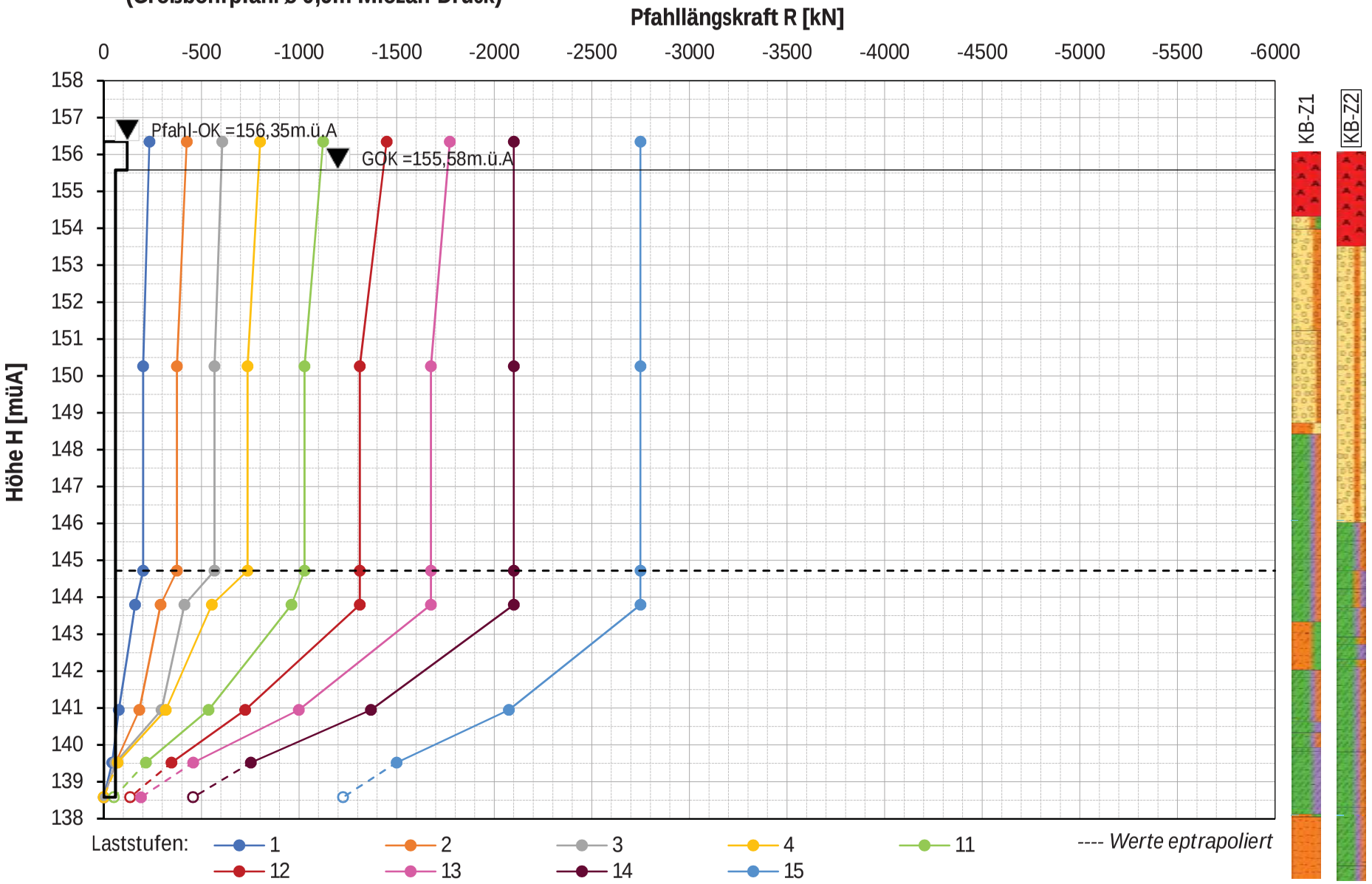
Prüfkörper: **B.M3** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN]	$F_{m,MQ1}$ [kN]	$F_{m,OK-PS}$ [kN]	$F_{m,MQ2}$ [kN]	$F_{m,MQ3}$ [kN]	$F_{m,MQ4}$ [kN]	$F_{m,MQ5}$ [kN]	$R_{b,m}$ [kN]	$R_{s,m}$ [kN]
		H: 156,35 m	H: 150,26 m	H: 144,72 m	H: 143,80 m	H: 142,37 m	H: 140,95 m	H: 139,52 m	H: 138,58 m	
1	08:24	-234	-202	-202	-161		-77	-43		-234
2	08:48	-425	-375	-375	-291		-182	-62		-425
3	09:10	-607	-567	-567	-413		-296	-59		-607
4	12:14	-801	-736	-736	-554		-317	-71		-801
7	13:08	-227	-232	-232	-152		-68	-47		-227
8	13:29	-427	-400	-400	-262		-140	-31		-427
9	13:43	-614	-561	-561	-399		-239	-54		-614
10	13:58	-870	-802	-802	-610		-337	-76		-870
11	14:20	-1123	-1028	-1028	-962		-537	-216	-52	-1071
12	14:50	-1449	-1311	-1311	-1311		-724	-347	-135	-1314
13	16:15	-1773	-1675	-1675	-1675		-999	-458	-190	-1582
14	18:44	-2100	-2100	-2100	-2100		-1368	-754	-458	-1643
15	21:58	-2749	-2749	-2749	-2749		-2075	-1500	-1226	-1523

Prüfkörper: **B.M3**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

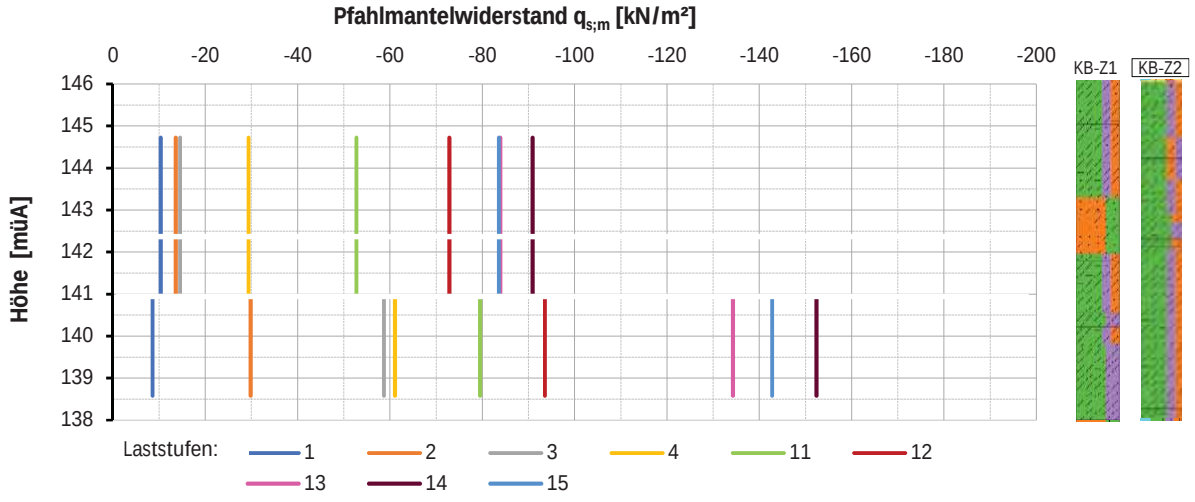


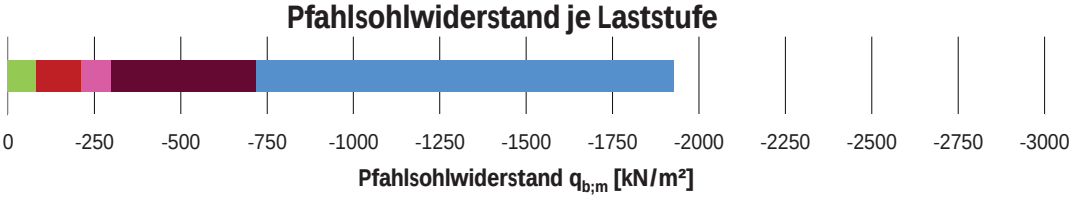
Prüfkörper: **B.M3** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,90 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-233,60	-0,18	-0,0002	-10	-10	-9	-10	
2	-425,10	-0,35	-0,0004	-14	-14	-30	-19	
3	-607,02	-0,62	-0,0007	-15	-15	-59	-29	
4	-801,03	-1,09	-0,0012	-29	-29	-61	-40	
5	-426,74	-0,85	-0,0009					
6	-49,45	-0,54	-0,0006					
7	-227,10	-0,68	-0,0008	-10	-10	-5	-9	
8	-426,75	-0,92	-0,0010	-15	-15	-27	-19	
9	-614,16	-1,10	-0,0012	-20	-20	-46	-29	
10	-870,50	-1,38	-0,0015	-34	-34	-65	-44	
11	-1123,19	-2,20	-0,0024	-53	-53	-80	-62	-82
12	-1449,14	-3,90	-0,0043	-73	-73	-94	-80	-212
13	-1772,66	-9,60	-0,0107	-84	-84	-134	-101	-299
14	-2100,44	-21,60	-0,0240	-91	-91	-152	-111	-719
15	-2749,09	-63,44	-0,0705	-84	-84	-143	-103	-1.927
16	-3209,74	-88,63	-0,0985					
22	-814,78	-150,70	-0,1674					
23	-453,94	-149,77	-0,1664					
24	-51,80	-148,45	-0,1649					

Prüfkörper: **B.M3** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

V E R S U C H S A U S W E R T U N G

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

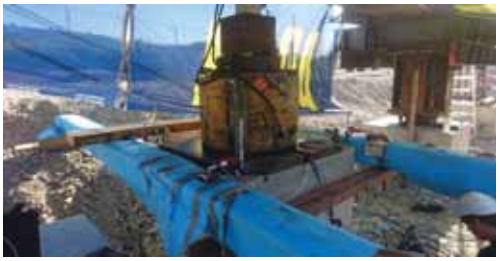
Status: **Endfassung** *Stand:* **01.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.M4**
Prüffeld:	1
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Miozän
Herstellungsverfahren:	verrohrter Bohrpfahl

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	15
Prüfdatum:	01.08.2017
Versuchsbeginn:	08:35 Uhr
Versuchsende:	23:40 Uhr
Wetterbedingungen:	8:00 Uhr: 26°C heiß, sonnig
besondere Versuchsbedingungen:	



Geometrie Prüfkörper:

Pfahldurchmesser D=	900,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	636172,51	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,84	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,07	müA
OK Prüfstrecke (PS):	145,21	müA
UK Pfahl:	139,07	müA
Länge ohne Mantelreibung:	11,63	m
Länge Prüfstrecke:	6,14	m
Pfahllänge:	17,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30 / BS-TB1**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	35,39	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	nein
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein

		Sensornummer:	Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1	156,42 müA
GOK	MQ1		
keine Mantelreibung			
OK PS		KEX2	144,95 müA
Prüfstrecke	MQ2		
		KEX3	143,53 müA
	MQ3		
		KEX4	142,11 müA
	MQ4		
		KEX5	140,70 müA
	MQ5		
UK Pfahl			

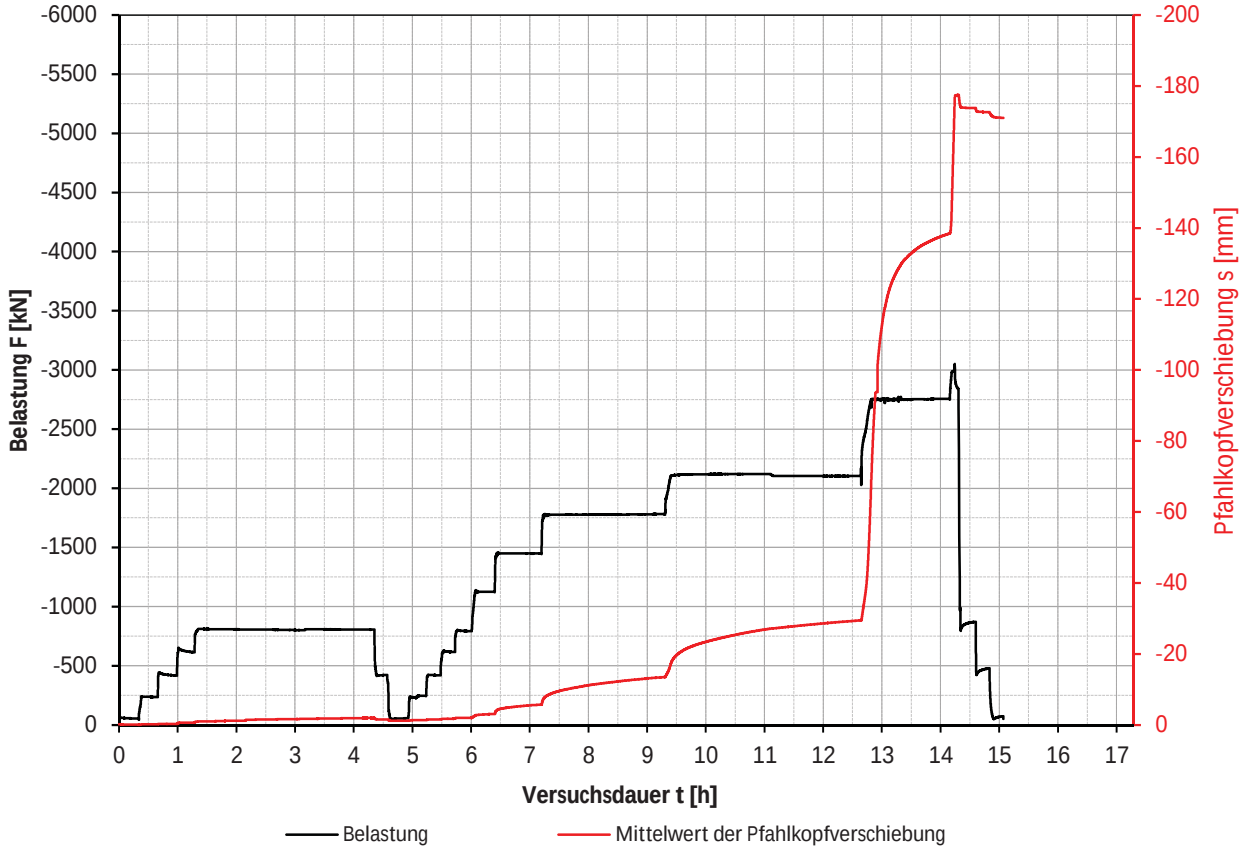
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

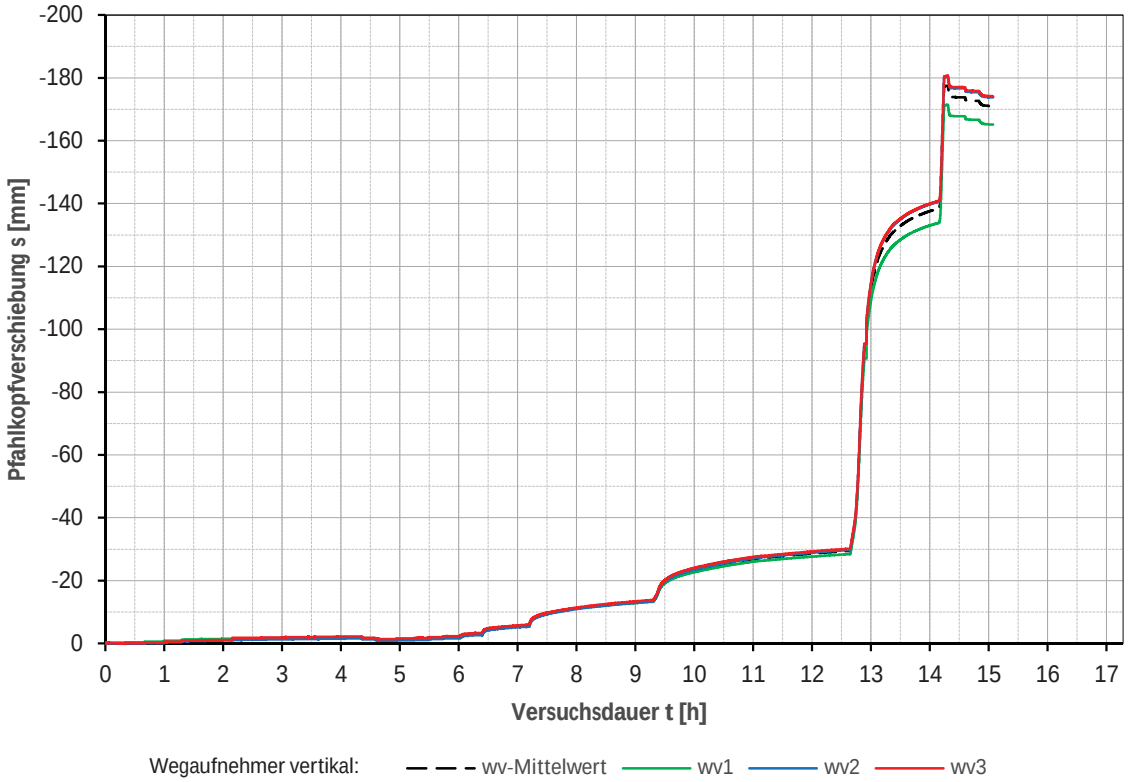
Anmerkungen:

Längskraftverlauf:
-Die Werte im MQ3 und MQ4 wurden bei allen Laststufen zwischen MQ2 und MQ5 interpoliert.

Prüfkörper: **B.M4** **Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M4** **Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



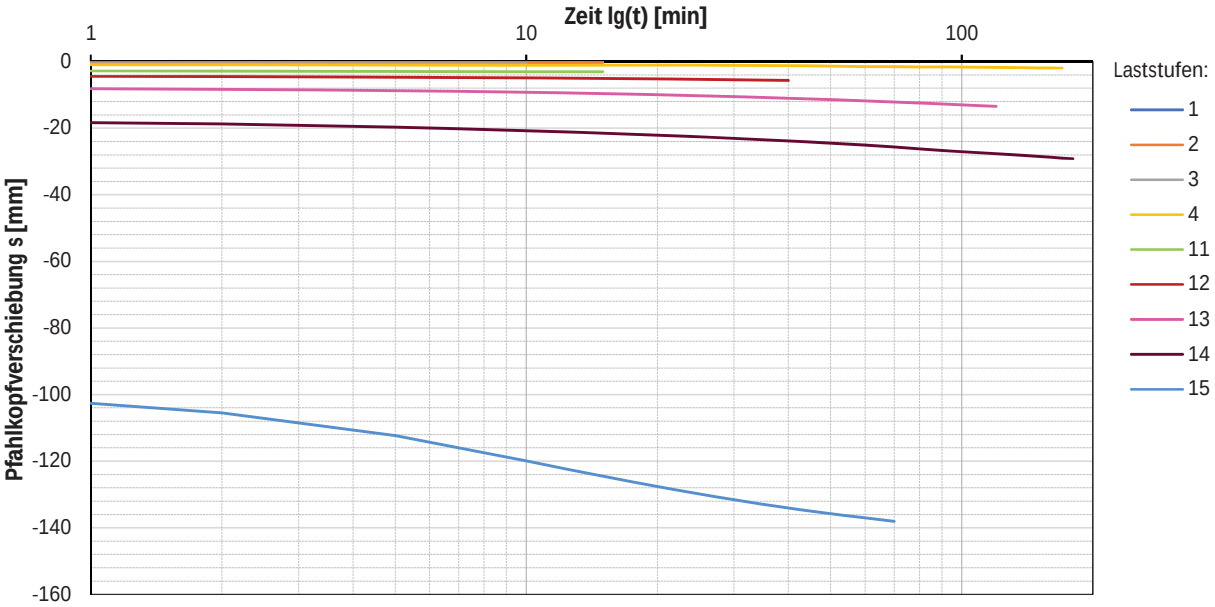
Prüfkörper: **B.M4 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y **[mm]**
0	08:35	08:54	50	-53	-0,06																		
1	08:58	09:14	238	-236	-0,14	-0,16	-0,16	-0,16	-0,15	-0,14									2	5	-0,16	-0,16	**-0,01**
2	09:17	09:33	425	-417	-0,28	-0,32	-0,31	-0,30	-0,30	-0,28									5	10	-0,30	-0,30	**0,01**
3	09:36	09:51	613	-614	-0,64	-0,60	-0,61	-0,62	-0,63										2	10	-0,61	-0,63	**-0,03**
4	09:55	12:55	800	-806	-1,94	-0,96	-0,97	-1,01	-1,02	-1,03	-1,06	-1,14	-1,50	-1,74	-1,87	-1,91	-1,94		120	170	-1,74	-1,94	**-1,30**
5	12:59	13:08	425	-422	-1,56	-1,57	-1,57	-1,57															
6	13:13	13:28	50	-56	-1,17	-1,19	-1,19	-1,19	-1,18														
7	13:33	13:47	238	-246	-1,33	-1,31	-1,31	-1,33	-1,34										1	5	-1,31	-1,33	**-0,03**
8	13:52	14:02	425	-420	-1,51	-1,51	-1,50	-1,50											2	5	-1,50	-1,50	**0,00**
9	14:07	14:17	613	-617	-1,76	-1,75	-1,74	-1,76											1	5	-1,75	-1,76	**-0,02**
10	14:21	14:34	800	-793	-2,03	-2,00	-2,00	-2,00	-2,02										2	10	-2,00	-2,02	**-0,03**
11	14:42	14:58	1125	-1126	-3,07	-2,85	-2,86	-2,92	-3,01	-3,06									5	15	-2,92	-3,06	**-0,29**
12	15:03	15:46	1450	-1449	-5,72	-4,47	-4,54	-4,70	-4,91	-5,05	-5,22	-5,47							20	40	-5,22	-5,65	**-1,44**
13	15:51	17:53	1775	-1779	-13,49	-8,16	-8,33	-8,72	-9,23	-9,64	-9,95	-10,49	-11,78	-13,44					80	120	-12,44	-13,44	**-5,71**
14	18:00	21:13	2100	-2104	-29,45	-18,33	-18,74	-19,66	-20,72	-21,48	-22,08	-23,02	-25,08	-27,65	-28,47	-28,72	-28,96	-29,18	100	180	-27,08	-29,18	**-8,20**
15	21:30	22:42	2750	-2755	-138,25	-102,60	-105,48	-112,36	-119,90	-124,56	-127,62	-131,60	-137,03						50	70	-135,73	-138,07	**-16,07**
16	22:48	22:49	3400	-2996	-171,18																		
22	22:55	23:00	800	-851	-173,86	-173,97	-173,92																
23	23:12	23:24	425	-478	-172,64	-172,77	-172,74	-172,69	-172,66														
24	23:20	23:39	50	-73	-171,03	-172,66	-172,66	-172,64	-171,23	-171,08													

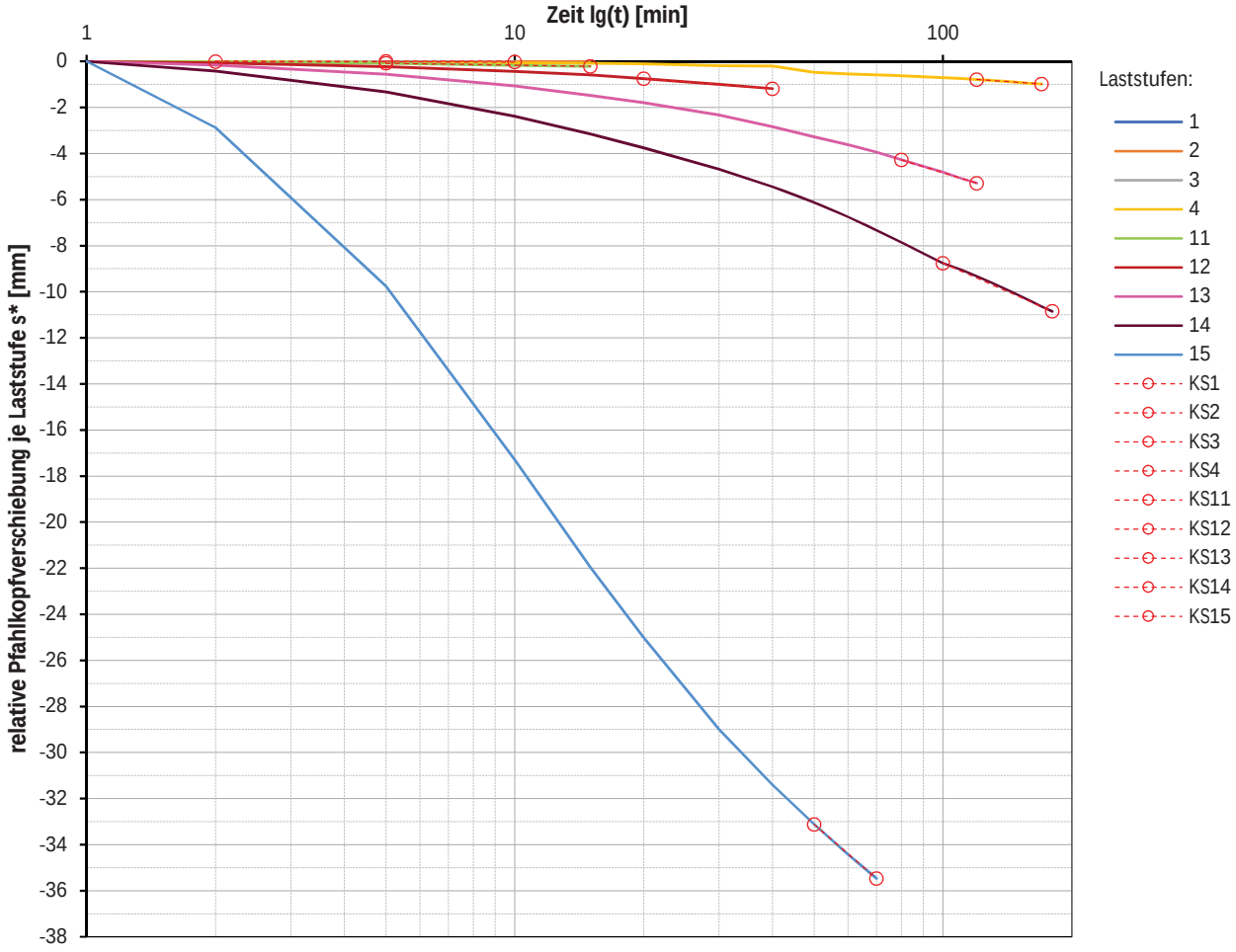
Prüfkörper: **B.M4** **Zeitverformung**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M4** **relative Zeitverformung je Laststufe**

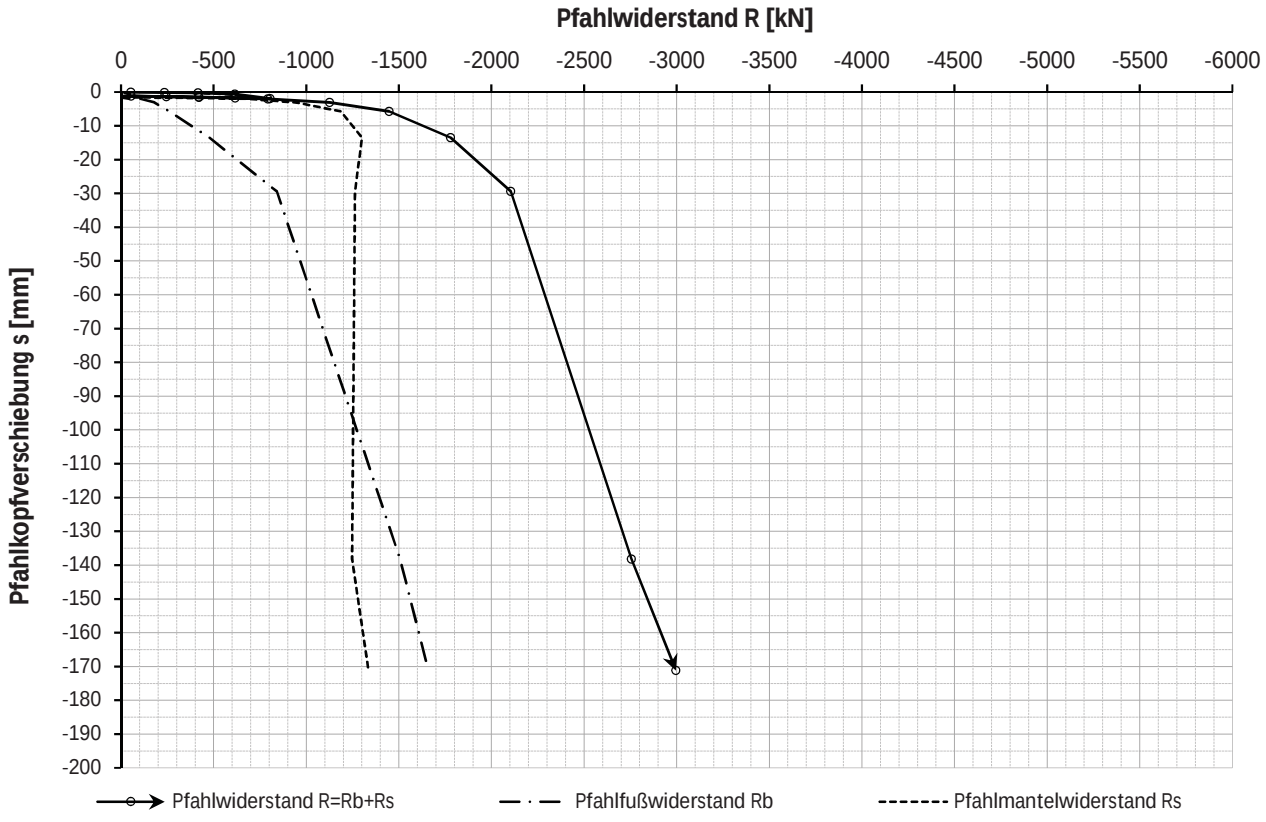
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

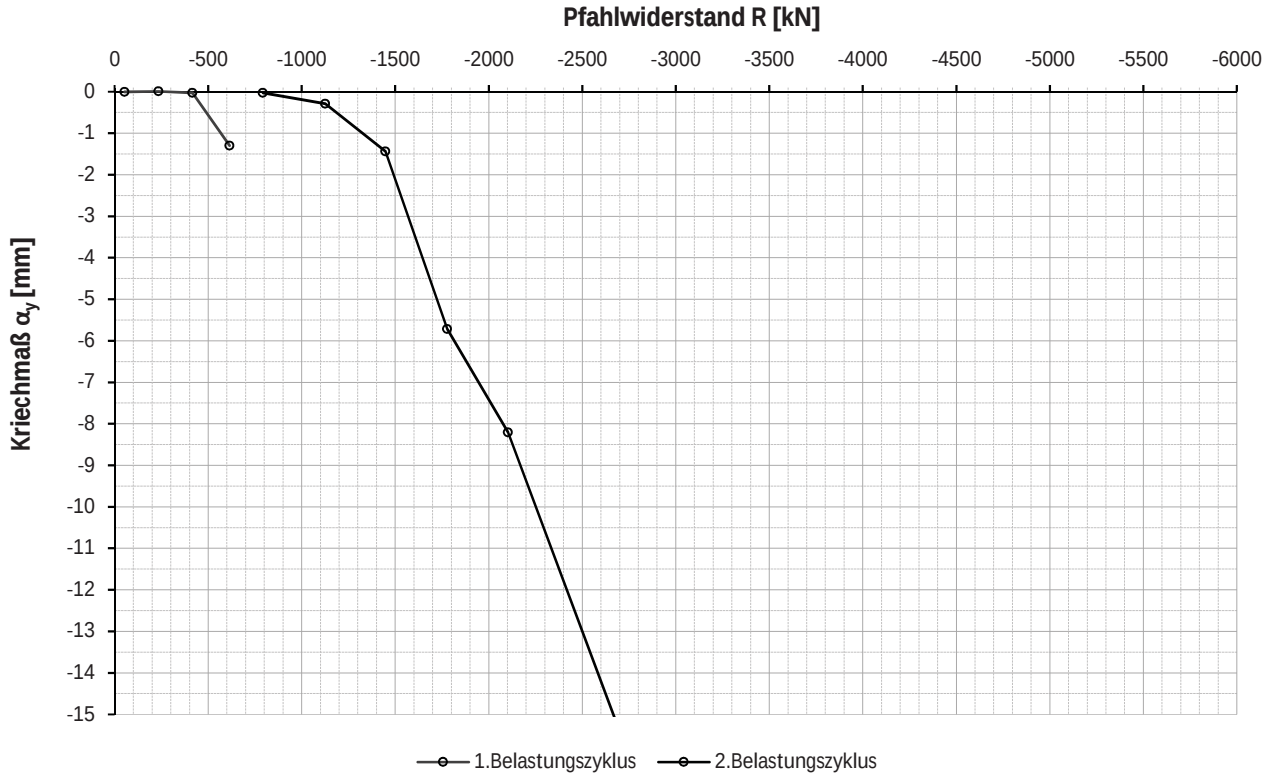
Prüfkörper: **B.M4** **Widerstands-Verschiebungslinie**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M4** **Widerstands-Kriechmaßlinie**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M4** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

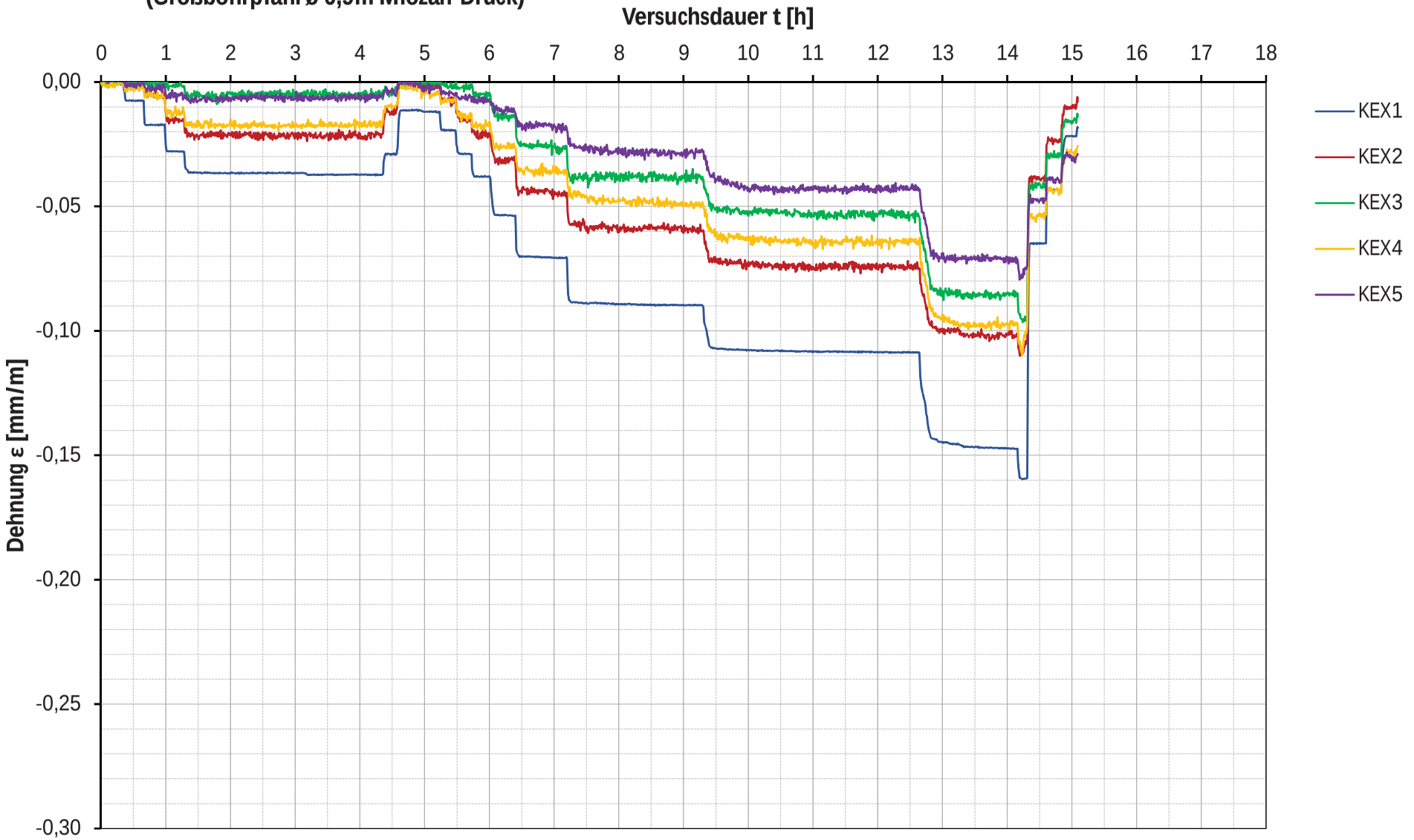
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 150,69 m	H: 144,24 m	H: 142,82 m	H: 141,41 m	H: 139,99 m	H: 150,69 m	H: 144,24 m	H: 142,82 m	H: 141,41 m	H: 139,99 m
1	09:14	-236	-0,0076	-0,0003	0,0005	-0,0024	-0,0008	-0,0076	-0,0010	0,0005	-0,0024	-0,0008
2	09:33	-417	-0,0173	-0,0066	0,0003	-0,0057	-0,0019	-0,0173	-0,0066	0,0003	-0,0057	-0,0019
3	09:51	-614	-0,0279	-0,0148	-0,0016	-0,0101	-0,0071	-0,0279	-0,0148	-0,0016	-0,0101	-0,0045
4	12:55	-806	-0,0372	-0,0212	-0,0054	-0,0161	-0,0055	-0,0372	-0,0212	-0,0054	-0,0161	-0,0055
5	13:08	-422	-0,0293	-0,0127	-0,0020	-0,0098	-0,0054	-0,0293	-0,0127	-0,0020	-0,0098	-0,0054
6	13:28	-56	-0,0111	-0,0001	-0,0008	-0,0037	-0,0004	-0,0111	-0,0001	-0,0008	-0,0037	-0,0004
7	13:47	-246	-0,0121	-0,0008	-0,0006	-0,0035	-0,0025	-0,0121	-0,0008	-0,0006	-0,0035	-0,0025
8	14:02	-420	-0,0194	-0,0076	-0,0025	-0,0071	-0,0051	-0,0194	-0,0076	-0,0025	-0,0071	-0,0045
9	14:17	-617	-0,0289	-0,0142	-0,0014	-0,0129	-0,0060	-0,0289	-0,0142	-0,0014	-0,0129	-0,0060
10	14:34	-793	-0,0381	-0,0209	-0,0052	-0,0177	-0,0077	-0,0381	-0,0209	-0,0052	-0,0177	-0,0077
11	14:58	-1126	-0,0539	-0,0299	-0,0141	-0,0253	-0,0120	-0,0539	-0,0299	-0,0141	-0,0253	-0,0120
12	15:46	-1449	-0,0707	-0,0445	-0,0268	-0,0363	-0,0176	-0,0707	-0,0445	-0,0268	-0,0363	-0,0176
13	17:53	-1779	-0,0899	-0,0600	-0,0397	-0,0489	-0,0281	-0,0899	-0,0600	-0,0397	-0,0489	-0,0281
14	21:13	-2104	-0,1087	-0,0749	-0,0538	-0,0654	-0,0436	-0,1087	-0,0749	-0,0538	-0,0654	-0,0436
15	22:42	-2755	-0,1475	-0,1027	-0,0863	-0,0977	-0,0721	-0,1475	-0,1027	-0,0863	-0,0977	-0,0721
16	22:49	-2996	-0,1597	-0,1094	-0,0953	-0,1098	-0,0787	-0,1597	-0,1094	-0,0953	-0,1098	-0,0787
22	23:00	-851	-0,0649	-0,0378	-0,0416	-0,0549	-0,0473	-0,0649	-0,0378	-0,0416	-0,0549	-0,0473
23	23:24	-478	-0,0433	-0,0230	-0,0290	-0,0447	-0,0399	-0,0433	-0,0230	-0,0290	-0,0447	-0,0399
24	23:39	-73	-0,0218	-0,0100	-0,0164	-0,0288	-0,0302	-0,0218	-0,0100	-0,0164	-0,0288	-0,0302

Prüfkörper: **B.M4**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Messwerte Kettenextensometer

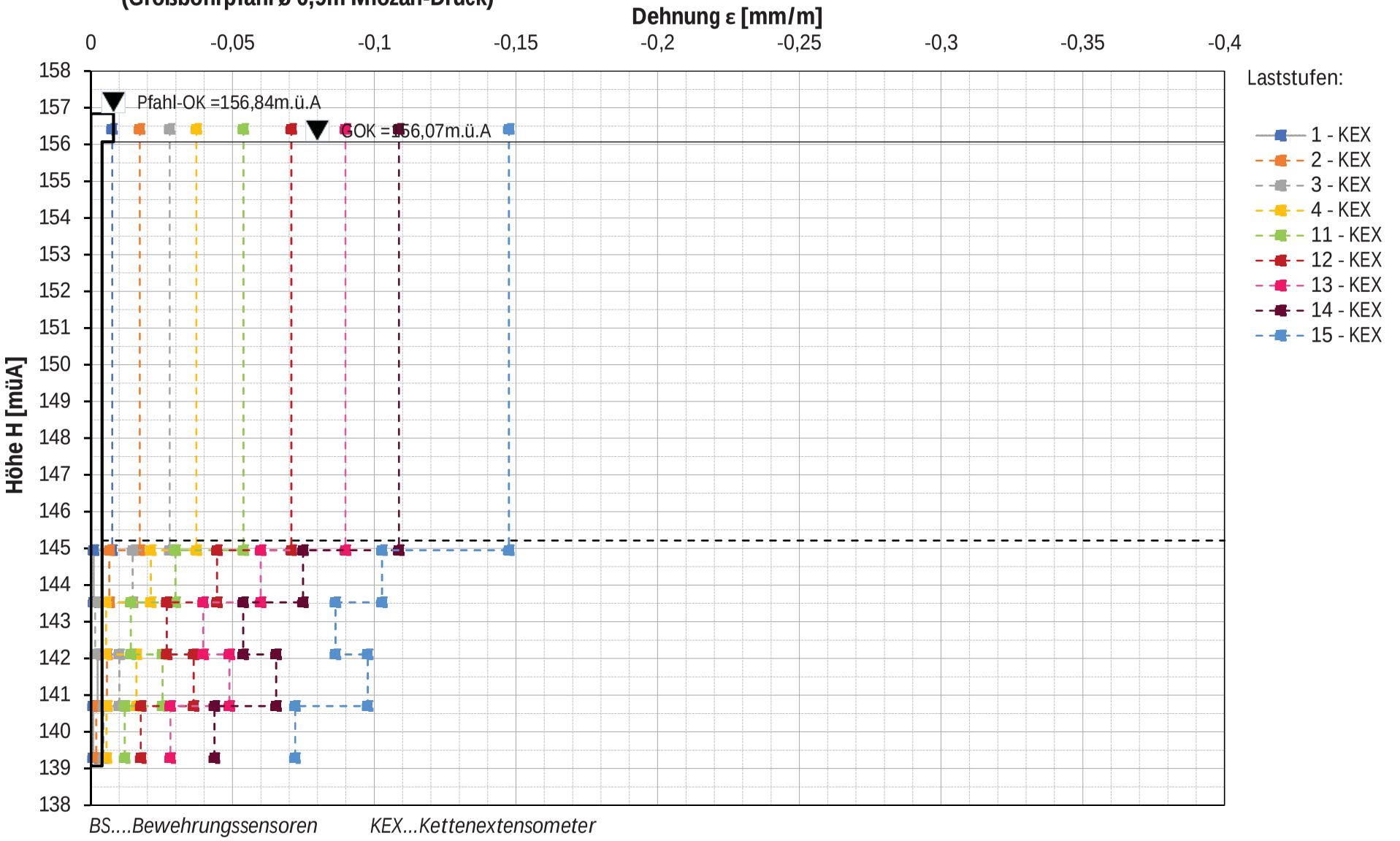


KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.M4**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

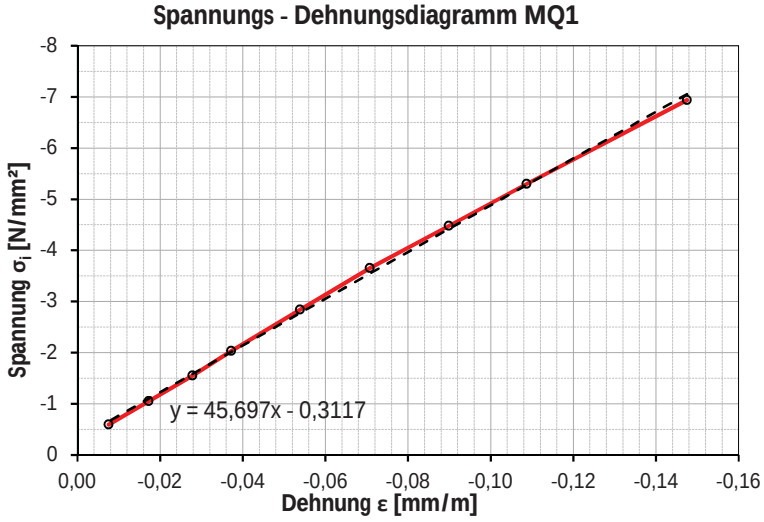


Prüfkörper: **B.M4 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	KEX1 ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-235,50	-0,59	-0,00755
2	-416,92	-1,05	-0,01726
3	-614,26	-1,55	-0,02786
4	-805,53	-2,03	-0,03724
11	-1125,80	-2,84	-0,05386
12	-1448,75	-3,65	-0,07075
13	-1778,89	-4,48	-0,08985
14	-2104,24	-5,30	-0,1087
15	-2755,18	-6,94	-0,14753
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	45,70 N/mm²
Querschnittsnummer:	8
E-Modul Beton E_c=	**35,39 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	711	156,07	145,21	0,00	9543,00	14440,33	373051,93
2	Prüfstrecke	900	145,21	139,07	0,00	10798,00	492,88	624881,63
3	BS1	711	0	0	0,00	3769,91	14440,33	378825,02
4	BS2	900	0	0	0,00	16512,21	492,88	619167,42
5	BS3	900	0	0	0,00	16512,21	492,88	619167,42
6	BS4	900	0	0	0,00	3769,91	492,88	631909,72
7	BS5	900	0	0	0,00	3769,91	492,88	631909,72
8	mittel KEX1	711	156,42	144,95	0,00	9543,00	14440,33	373051,93
9	mittel KEX2	900	144,95	143,53	0,00	16512,00	492,88	619167,63
10	mittel KEX3	900	143,53	142,11	0,00	13641,00	492,88	622038,63
11	mittel KEX4	900	142,11	140,7	0,00	6959,00	492,88	628720,63
12	mittel KEX5	900	140,7	139,28	0,00	6080,00	492,88	629599,63

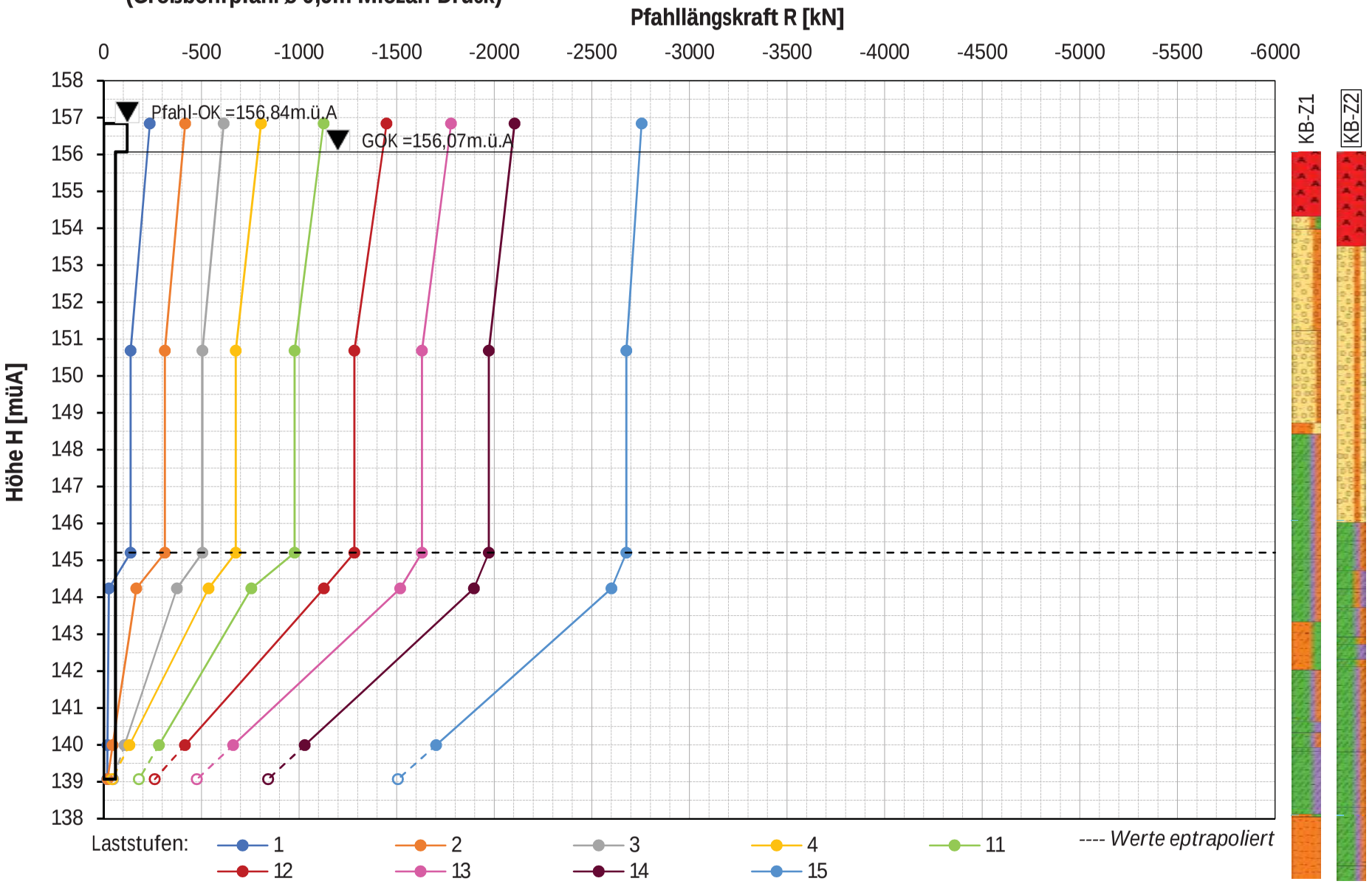
Prüfkörper: **B.M4 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN] H: 156,84 m	$F_{m,MQ1}$ [kN] H: 150,69 m	$F_{m,OK-PS}$ [kN] H: 145,21 m	$F_{m,MQ2}$ [kN] H: 144,24 m	$F_{m,MQ3}$ [kN] H: 142,82 m	$F_{m,MQ4}$ [kN] H: 141,41 m	$F_{m,MQ5}$ [kN] H: 139,99 m	$R_{b,m}$ [kN] H: 139,07 m	$R_{s,m}$ [kN]
1	09:14	-236	-137	-137	-25			-19		-218
2	09:33	-417	-313	-313	-166			-46		-397
3	09:51	-614	-505	-505	-375			-106		-566
4	12:55	-806	-676	-676	-537			-131		-763
7	13:47	-246	-220	-220	-20			-58		-180
8	14:02	-420	-352	-352	-191			-106		-332
9	14:17	-617	-523	-523	-360			-141	-94	-523
10	14:34	-793	-691	-691	-529			-182	-108	-686
11	14:58	-1126	-977	-977	-756			-282	-180	-946
12	15:46	-1449	-1284	-1284	-1128			-416	-262	-1187
13	17:53	-1779	-1630	-1630	-1518			-662	-477	-1302
14	21:13	-2104	-1972	-1972	-1896			-1030	-842	-1262
15	22:42	-2755	-2677	-2677	-2600			-1702	-1507	-1248

Prüfkörper: **B.M4**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

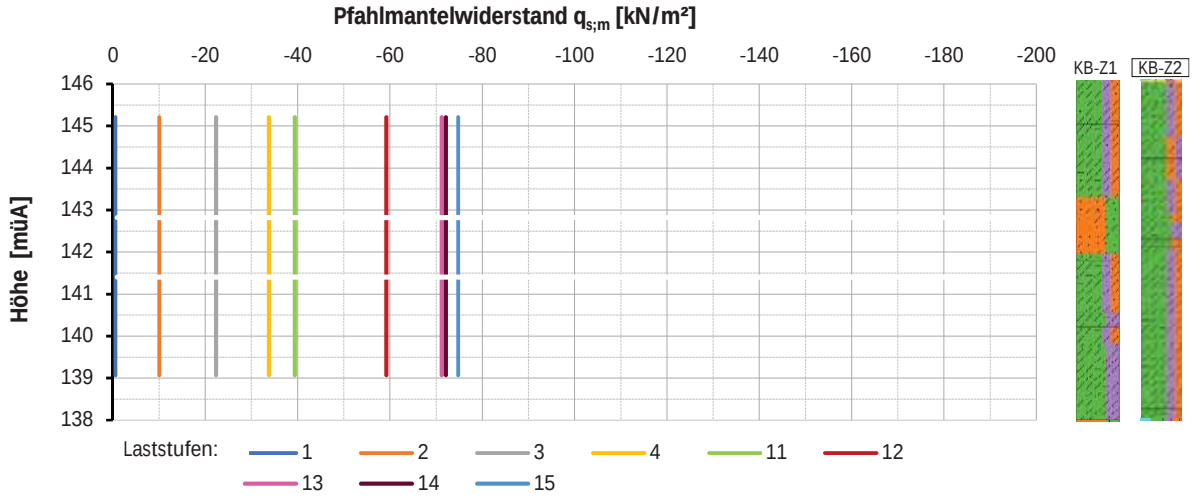


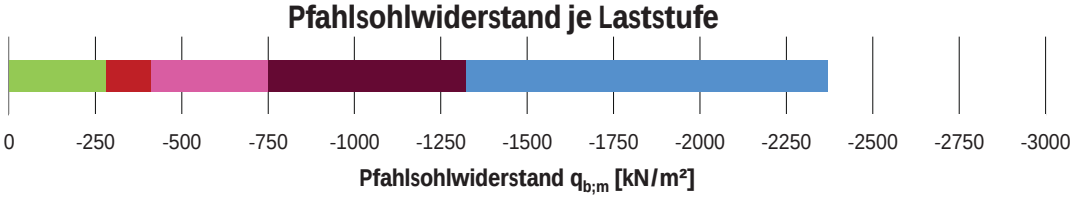
Prüfkörper: **B.M4** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,90 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-235,50	-0,14	-0,0002	-1	-1	-1	-1	
2	-416,92	-0,28	-0,0003	-10	-10	-10	-10	
3	-614,26	-0,64	-0,0007	-22	-22	-22	-22	
4	-805,53	-1,94	-0,0022	-34	-34	-34	-34	
5	-421,80	-1,56	-0,0017					
6	-55,93	-1,17	-0,0013					
7	-246,03	-1,33	-0,0015	3	3	3	3	
8	-420,12	-1,51	-0,0017	-7	-7	-7	-7	
9	-616,88	-1,76	-0,0020	-18	-18	-18	-18	-147
10	-793,22	-2,03	-0,0023	-29	-29	-29	-29	-169
11	-1125,80	-3,07	-0,0034	-39	-39	-39	-39	-283
12	-1448,75	-5,72	-0,0064	-59	-59	-59	-59	-411
13	-1778,89	-13,49	-0,0150	-71	-71	-71	-71	-750
14	-2104,24	-29,45	-0,0327	-72	-72	-72	-72	-1.324
15	-2755,18	-138,25	-0,1536	-75	-75	-75	-75	-2.369
16	-2995,75	-171,18	-0,1902					
22	-851,45	-173,86	-0,1932					
23	-477,86	-172,64	-0,1918					
24	-73,27	-171,03	-0,1900					

Prüfkörper: **B.M4** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

V E R S U C H S A U S W E R T U N G

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

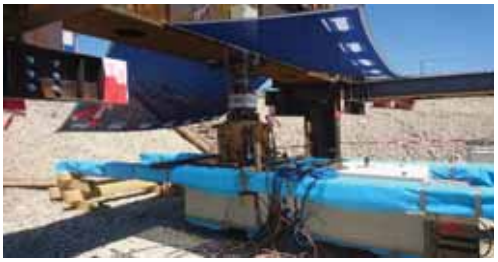
Status: **Endfassung** *Stand:* **01.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.M5**
Prüffeld:	1
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Miozän
Herstellungsverfahren:	verrohrter Bohrpfahl

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	1
Prüfdatum:	13.06.2017
Versuchsbeginn:	06:55 Uhr
Versuchsende:	23:55 Uhr
Wetterbedingungen:	6.00 Uhr: heiter, 20.5°C
besondere Versuchsbedingungen:	Neue Nullung aufgrund Umsetzen der Weg-aufnehmer bei LS 6



Geometrie Prüfkörper:

Pfahldurchmesser D=	900,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	636172,51	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,74	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	155,97	müA
OK Prüfstrecke (PS):	145,11	müA
UK Pfahl:	138,97	müA
Länge ohne Mantelreibung:	11,63	m
Länge Prüfstrecke:	6,14	m
Pfahllänge:	17,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30 / BS-TB1**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	34,25	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	ja
Sohldruckmessdose (SDMD):	ja

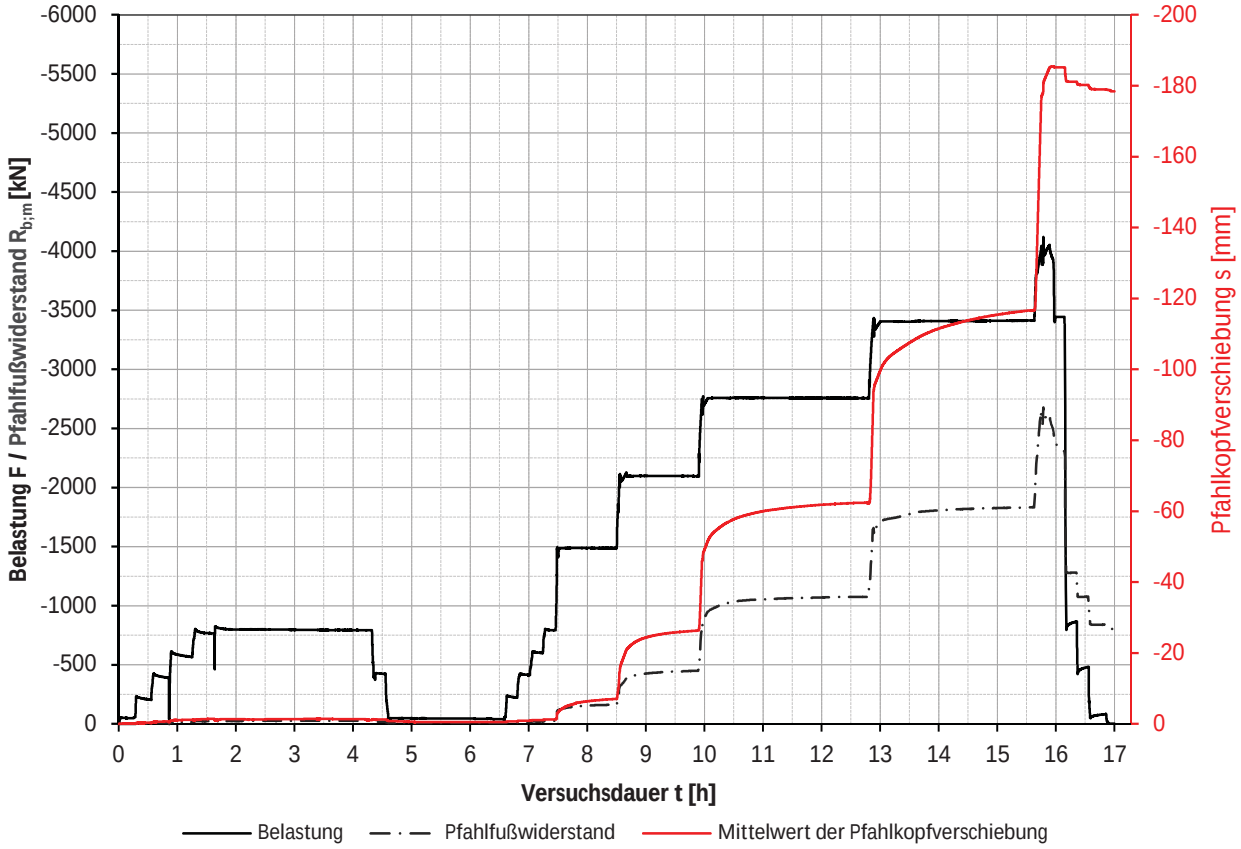
		Sensornummer:		Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1		156,51 müA
GOK	MQ1	BS1.1	BS2.1	155,53 müA
keine Mantel-reibung				
OK PS		KEX2		145,03 müA
Prüfstrecke	MQ2	BS2.1	BS2	144,78 müA
		KEX3		143,61 müA
	MQ3	BS3.1	BS3.2	142,88 müA
		KEX4		142,19 müA
	MQ4	BS4.1	BS4.2	141,33 müA
		KEX5		140,77 müA
	MQ5	BS5.1	BS5.2	139,58 müA
UK Pfahl		SDMD		139,10 müA

Status der Sensoren:

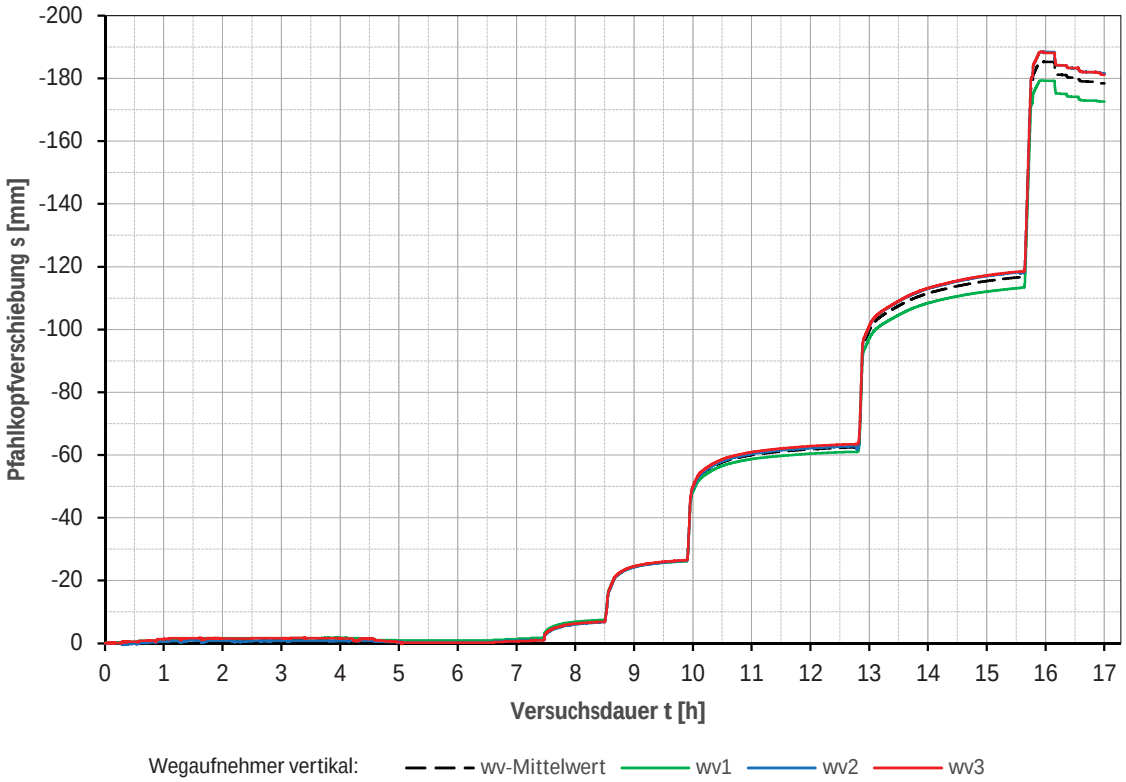
in Ordnung	fehlerhaft	defekt

Anmerkungen:

Prüfkörper: **B.M5 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung und Pfahlfußwiderstand**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M5 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M5 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän - Druck)**

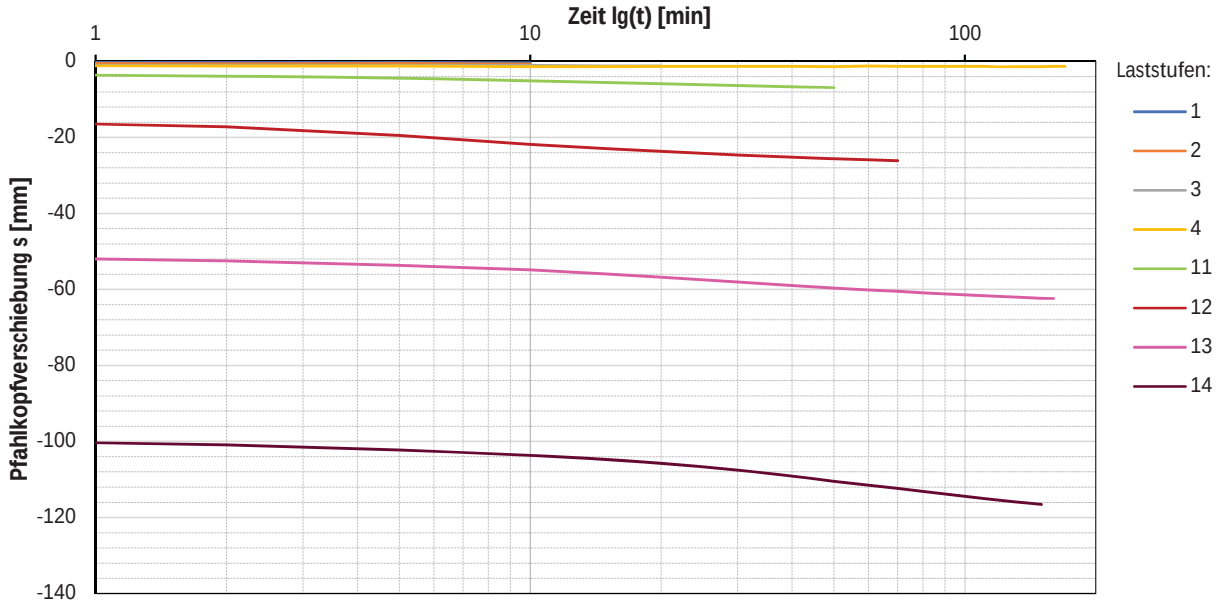
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriechmaß α_y [mm]
0	06:55	07:10	-50	-48	-0,13																		
1	07:13	07:28	-238	-204	-0,29	-0,28	-0,28	-0,30	-0,31										5	10	-0,30	-0,31	**-0,04**
2	07:31	07:46	-425	-390	-0,69	-0,58	-0,57	-0,59	-0,66										5	10	-0,59	-0,66	**-0,26**
3	07:49	08:10	-613	-566	-1,18	-1,02	-1,02	-1,03	-1,04	-1,19	-1,19								10	20	-1,04	-1,19	**-0,49**
4	08:13	11:13	-800	-793	-1,08	-1,18	-1,20	-1,21	-1,38	-1,39	-1,33	-1,33	-1,21	-1,40	-1,35	-1,34	-1,32		60	120	-1,21	-1,40	**-0,65**
5	11:18	11:28	-425	-427	-1,29	-1,26	-1,26	-1,25															
6	11:31	13:29	-50	-40	-0,51	-0,82	-0,82	-0,79	-0,69	-0,70	-0,67	-0,52	-0,52										
7	13:33	13:43	-238	-223	-0,73	-0,68	-0,68	-0,70											2	5	-0,68	-0,70	**-0,05**
8	13:46	13:56	-425	-415	-0,92	-0,92	-0,92	-0,92											2	5	-0,92	-0,92	**0,00**
9	13:59	14:09	-613	-602	-1,08	-1,07	-1,07	-1,07											2	5	-1,07	-1,07	**-0,01**
10	14:12	14:22	-800	-792	-1,26	-1,26	-1,26	-1,26											2	5	-1,26	-1,26	**0,00**
11	14:25	15:25	-1450	-1488	-7,04	-3,60	-3,88	-4,45	-5,13	-5,55	-5,97	-6,39							20	50	-5,97	-6,90	**-2,34**
12	15:28	16:48	-2100	-2097	-26,33	-16,49	-17,25	-19,47	-21,83	-22,93	-23,68	-24,62	-25,90						30	70	-24,62	-26,13	**-4,12**
13	16:58	19:43	-2750	-2756	-62,44	-52,00	-52,52	-53,62	-54,88	-55,91	-56,79	-58,08	-60,15	-61,87	-62,32	-62,40			60	160	-60,15	-62,40	**-5,28**
14	19:55	22:32	-3400	-3414	-116,66	-100,35	-100,92	-102,23	-103,71	-104,79	-105,73	-107,55	-111,53	-115,43	-116,55				50	150	-110,46	-116,55	**-12,76**
15	22:41	22:42	-4050	-4022	-180,74																		
19	22:53	23:03	-3400	-3443	-185,24	-185,24	-185,24	-185,23															
20	23:06	23:16	-800	-865	-181,09	-181,19	-181,16	-181,13															
21	23:18	23:28	-425	-482	-180,21	-180,28	-180,27	-180,24															
22	23:28	23:45	-50	-81	-178,93	-179,70	-179,28	-179,04	-178,98	-178,94													

Prüfkörper: **B.M5**

Zeitverformung

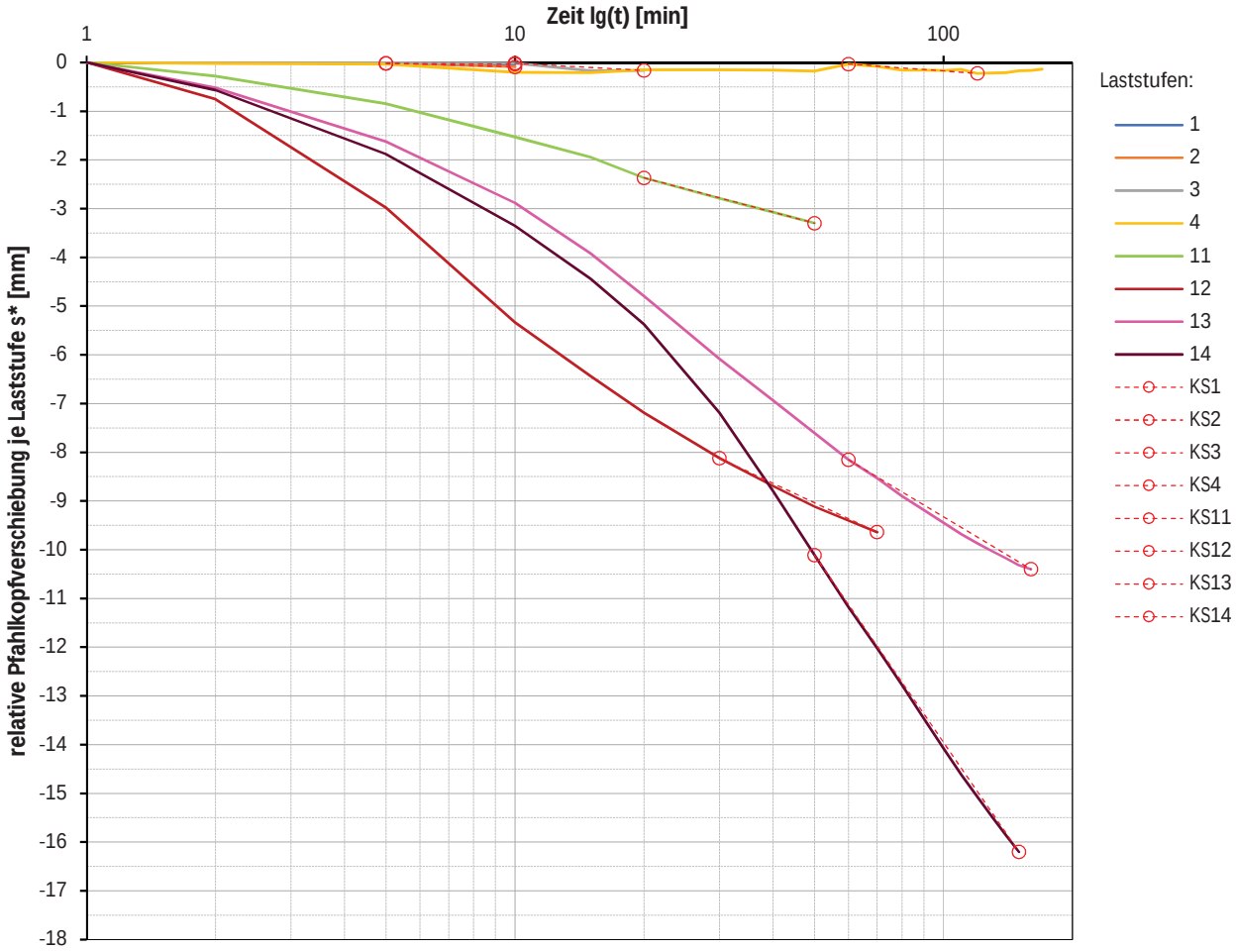
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M5**

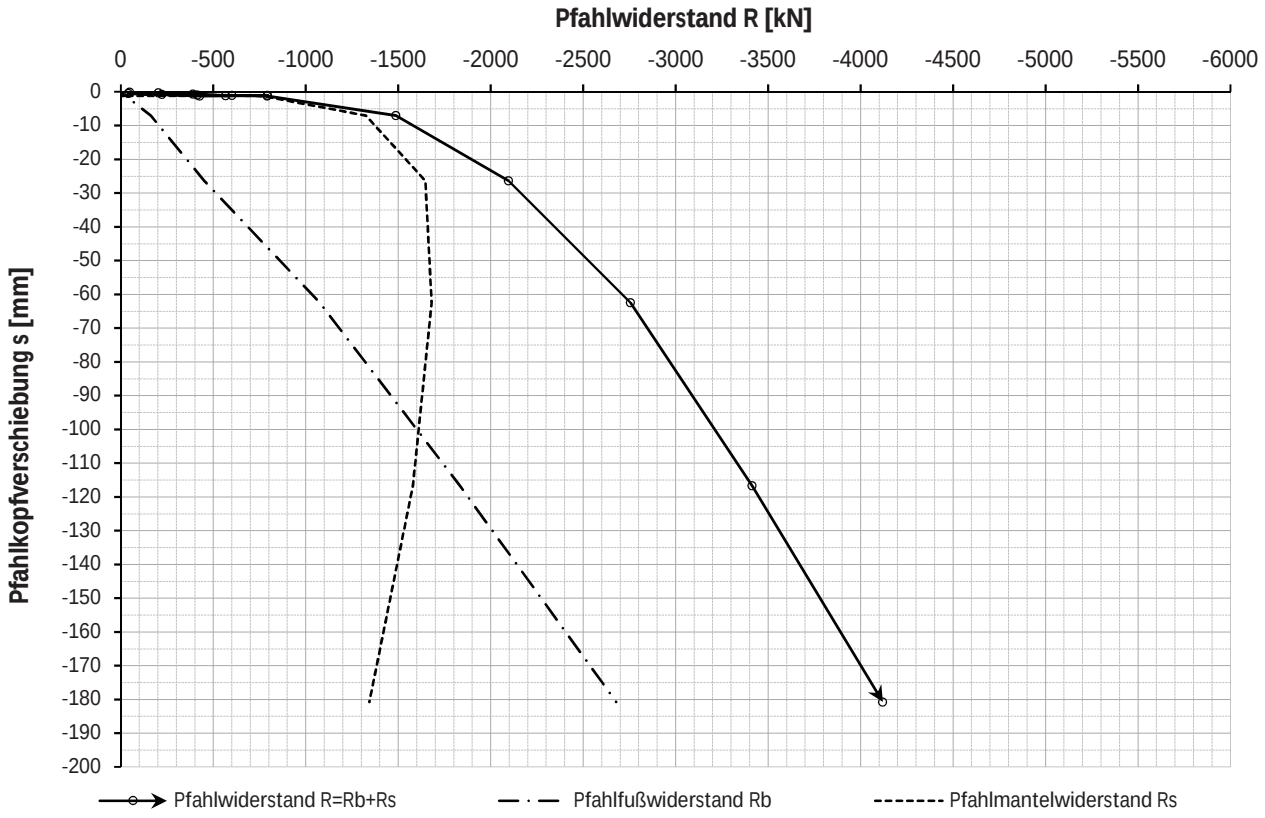
relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

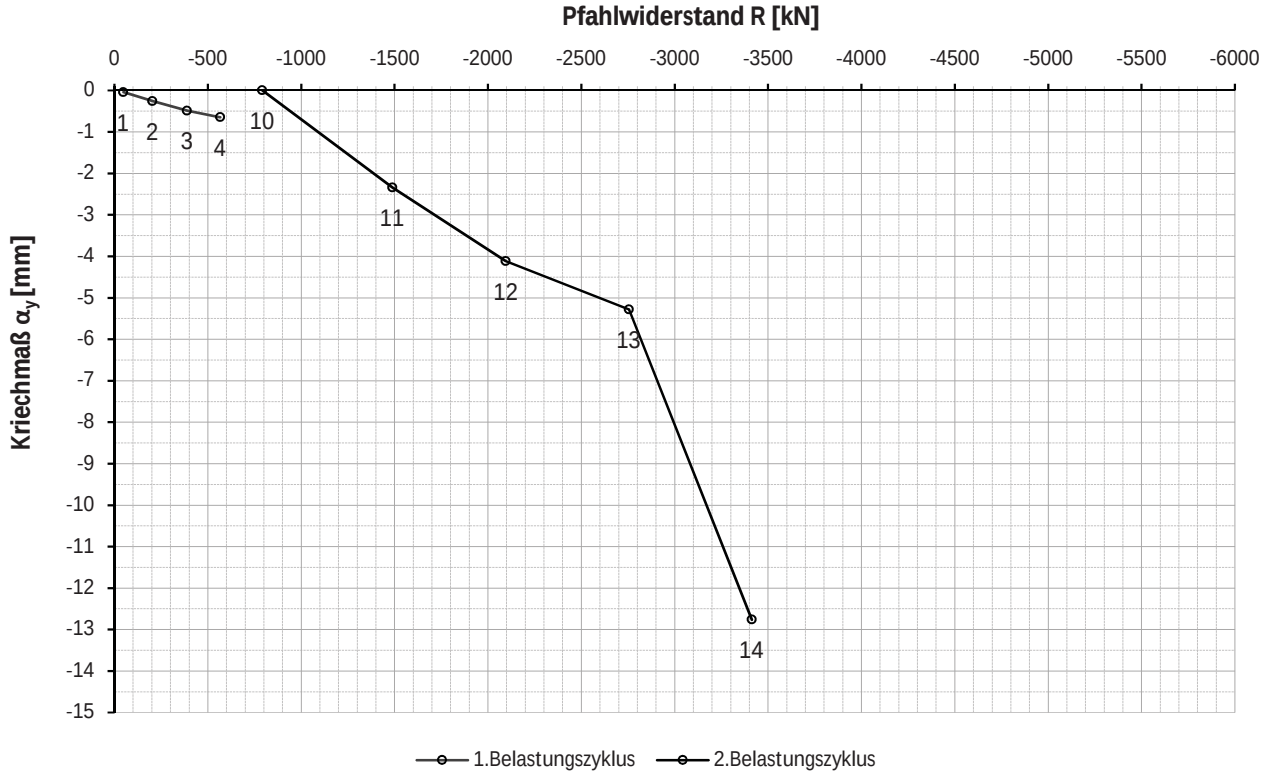


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.M5** **Widerstands-Verschiebungslinie**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M5** **Widerstands-Kriechmaßlinie**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M5 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän - Druck)**

Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 150,77 m	H: 144,32 m	H: 142,90 m	H: 141,48 m	H: 140,06 m	H: 150,77 m	H: 144,32 m	H: 142,90 m	H: 141,48 m	H: 140,06 m
1	07:28	-204	-0,0092	-0,0044	-0,0015	-0,0039	-0,0004	-0,0092	-0,0044	-0,0015	-0,0039	-0,0004
2	07:46	-390	-0,0189	-0,0093	-0,0047	-0,0073	-0,0007	-0,0189	-0,0093	-0,0047	-0,0073	-0,0007
3	08:10	-566	-0,0292	-0,0155	-0,0074	-0,0102	-0,0027	-0,0292	-0,0155	-0,0074	-0,0102	-0,0027
4	11:13	-793	-0,0407	-0,0237	-0,0156	-0,0136	-0,0050	-0,0407	-0,0237	-0,0156	-0,0136	-0,0050
5	11:28	-427	-0,0240	-0,0120	-0,0092	-0,0092	-0,0045	-0,0240	-0,0120	-0,0092	-0,0092	-0,0045
6	13:29	-40	-0,0041	-0,0048	-0,0058	-0,0038	-0,0037	-0,0041	-0,0048	-0,0058	-0,0038	-0,0037
7	13:43	-223	-0,0112	-0,0058	-0,0059	-0,0076	-0,0024	-0,0112	-0,0058	-0,0059	-0,0076	-0,0024
8	13:56	-415	-0,0208	-0,0138	-0,0083	-0,0085	-0,0019	-0,0208	-0,0138	-0,0083	-0,0085	-0,0019
9	14:09	-602	-0,0304	-0,0167	-0,0108	-0,0104	-0,0051	-0,0304	-0,0167	-0,0108	-0,0104	-0,0051
10	14:22	-792	-0,0396	-0,0225	-0,0151	-0,0146	-0,0062	-0,0396	-0,0225	-0,0151	-0,0146	-0,0062
11	15:25	-1488	-0,0793	-0,0595	-0,0451	-0,0381	-0,0215	-0,0793	-0,0595	-0,0451	-0,0381	-0,0215
12	16:48	-2097	-0,1152	-0,0847	-0,0691	-0,0589	-0,0359	-0,1152	-0,0847	-0,0691	-0,0589	-0,0359
13	19:43	-2756	-0,1558	-0,1121	-0,0953	-0,0875	-0,0632	-0,1558	-0,1121	-0,0953	-0,0875	-0,0632
14	22:32	-3414	-0,1981	-0,1434	-0,1243	-0,1149	-0,0931	-0,1981	-0,1434	-0,1243	-0,1149	-0,0931
15	22:42	-4022	-0,2352	-0,1736	-0,1490	-0,1417	-0,1209	-0,2352	-0,1736	-0,1490	-0,1417	-0,1209
19	23:03	-3443	-0,2065	-0,1493	-0,1342	-0,1257	-0,1087	-0,2065	-0,1493	-0,1342	-0,1257	-0,1087
20	23:16	-865	-0,0657	-0,0512	-0,0563	-0,0609	-0,0579	-0,0657	-0,0512	-0,0563	-0,0609	-0,0579
21	23:28	-482	-0,0422	-0,0352	-0,0397	-0,0461	-0,0495	-0,0422	-0,0352	-0,0397	-0,0461	-0,0495
22	23:45	-81	-0,0190	-0,0163	-0,0242	-0,0337	-0,0364	-0,0190	-0,0163	-0,0242	-0,0337	-0,0364

Prüfkörper: **B.M5** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän - Druck)**

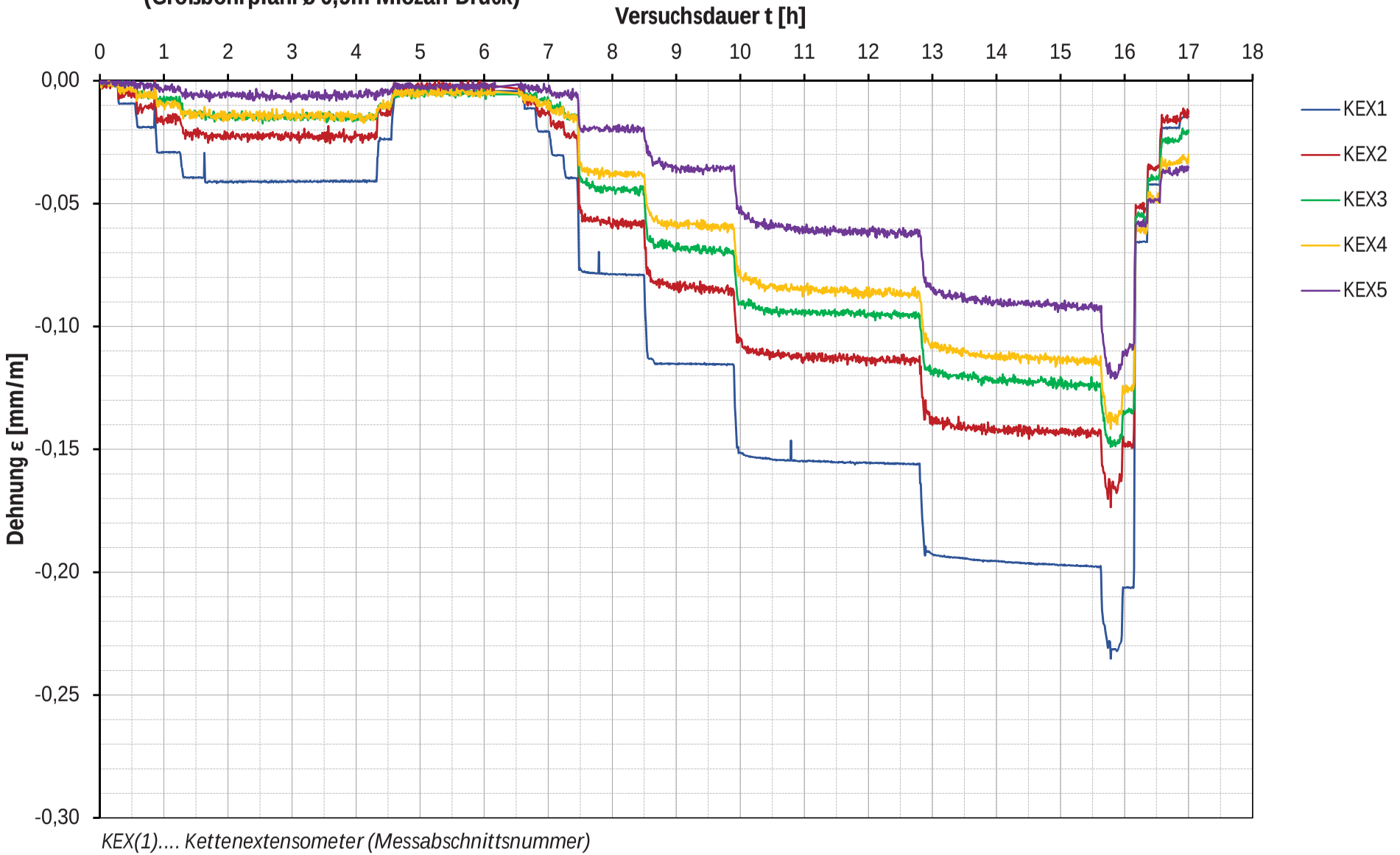
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Bewehrungssensoren (BS)

Laststufen			Messwerte - Bewehrungssensoren										korrigierte Messwerte - Bewehrungssensoren je MQ				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,BS1.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS1.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS2.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS2.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS3.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS3.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS4.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS4.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS5.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS5.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS3}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS4}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS5}$ [mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,53 m	H: 144,78 m	H: 144,78 m	H: 144,78 m	H: 142,88 m	H: 142,88 m	H: 141,33 m	H: 141,33 m	H: 139,58 m	H: 139,58 m	H: 155,53 m	H: 144,78 m	H: 142,88 m	H: 141,33 m	H: 139,58 m
1	07:28	-204	-0,0156	-0,0044	-0,0100	-0,0049	-0,0049	-0,0049	-0,0028	-0,0027	-0,0028	-0,0016	-0,0100	-0,0049	-0,0028	-0,0017	-0,0006
2	07:46	-390	-0,0273	-0,0126	-0,0200	-0,0097	-0,0102	-0,0100	-0,0060	-0,0061	-0,0060	-0,0038	-0,0200	-0,0100	-0,0060	-0,0038	-0,0015
3	08:10	-566	-0,0381	-0,0218	-0,0300	-0,0150	-0,0161	-0,0155	-0,0098	-0,0104	-0,0101	-0,0071	-0,0300	-0,0155	-0,0101	-0,0069	-0,0028
4	11:13	-793	-0,0510	-0,0371	-0,0441	-0,0229	-0,0230	-0,0230	-0,0148	-0,0164	-0,0156	-0,0115	-0,0441	-0,0230	-0,0156	-0,0112	-0,0049
5	11:28	-427	-0,0288	-0,0207	-0,0248	-0,0140	-0,0134	-0,0137	-0,0096	-0,0107	-0,0101	-0,0079	-0,0248	-0,0137	-0,0101	-0,0077	-0,0033
6	13:29	-40	-0,0042	-0,0030	-0,0036	-0,0040	-0,0021	-0,0031	-0,0034	-0,0042	-0,0038	-0,0036	-0,0036	-0,0031	-0,0038	-0,0036	-0,0015
7	13:43	-223	-0,0139	-0,0121	-0,0130	-0,0085	-0,0074	-0,0079	-0,0061	-0,0070	-0,0065	-0,0052	-0,0130	-0,0079	-0,0065	-0,0052	-0,0022
8	13:56	-415	-0,0242	-0,0224	-0,0233	-0,0131	-0,0131	-0,0131	-0,0090	-0,0102	-0,0096	-0,0073	-0,0233	-0,0131	-0,0096	-0,0071	-0,0031
9	14:09	-602	-0,0345	-0,0316	-0,0331	-0,0177	-0,0183	-0,0180	-0,0118	-0,0130	-0,0124	-0,0093	-0,0331	-0,0180	-0,0124	-0,0092	-0,0038
10	14:22	-792	-0,0459	-0,0408	-0,0433	-0,0222	-0,0236	-0,0229	-0,0146	-0,0167	-0,0157	-0,0116	-0,0433	-0,0229	-0,0157	-0,0115	-0,0049
11	15:25	-1488	-0,0941	-0,0727	-0,0834	-0,0507	-0,0618	-0,0563	-0,0424	-0,0488	-0,0456	-0,0330	-0,0834	-0,0563	-0,0456	-0,0321	-0,0173
12	16:48	-2097	-0,1386	-0,1022	-0,1204	-0,0746	-0,0912	-0,0829	-0,0670	-0,0722	-0,0696	-0,0575	-0,1204	-0,0829	-0,0696	-0,0505	-0,0314
13	19:43	-2756	-0,1912	-0,1321	-0,1616	-0,1028	-0,1208	-0,1118	-0,0949	-0,1000	-0,0975	-0,0912	-0,1616	-0,1118	-0,0975	-0,0756	-0,0565
14	22:32	-3414	-0,2429	-0,1628	-0,2029	-0,1319	-0,1510	-0,1415	-0,1214	-0,1300	-0,1257	-0,1190	-0,2029	-0,1415	-0,1257	-0,1015	-0,0837
15	22:42	-4022	-0,2847	-0,1949	-0,2398	-0,1574	-0,1791	-0,1682	-0,1509	-0,1517	-0,1513	-0,1444	-0,2398	-0,1682	-0,1513	-0,1264	-0,1093
19	23:03	-3443	-0,2479	-0,1673	-0,2076	-0,1385	-0,1564	-0,1474	-0,1354	-0,1344	-0,1349	-0,1298	-0,2076	-0,1474	-0,1349	-0,1121	-0,0969
20	23:16	-865	-0,0813	-0,0482	-0,0647	-0,0521	-0,0520	-0,0521	-0,0628	-0,0573	-0,0600	-0,0686	-0,0647	-0,0521	-0,0600	-0,0541	-0,0519
21	23:28	-482	-0,0545	-0,0288	-0,0416	-0,0386	-0,0343	-0,0364	-0,0498	-0,0433	-0,0465	-0,0565	-0,0416	-0,0364	-0,0465	-0,0430	-0,0428
22	23:45	-81	-0,0264	-0,0076	-0,0170	-0,0232	-0,0152	-0,0192	-0,0355	-0,0277	-0,0316	-0,0428	-0,0170	-0,0192	-0,0316	-0,0305	-0,0317

Prüfkörper: **B.M5**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

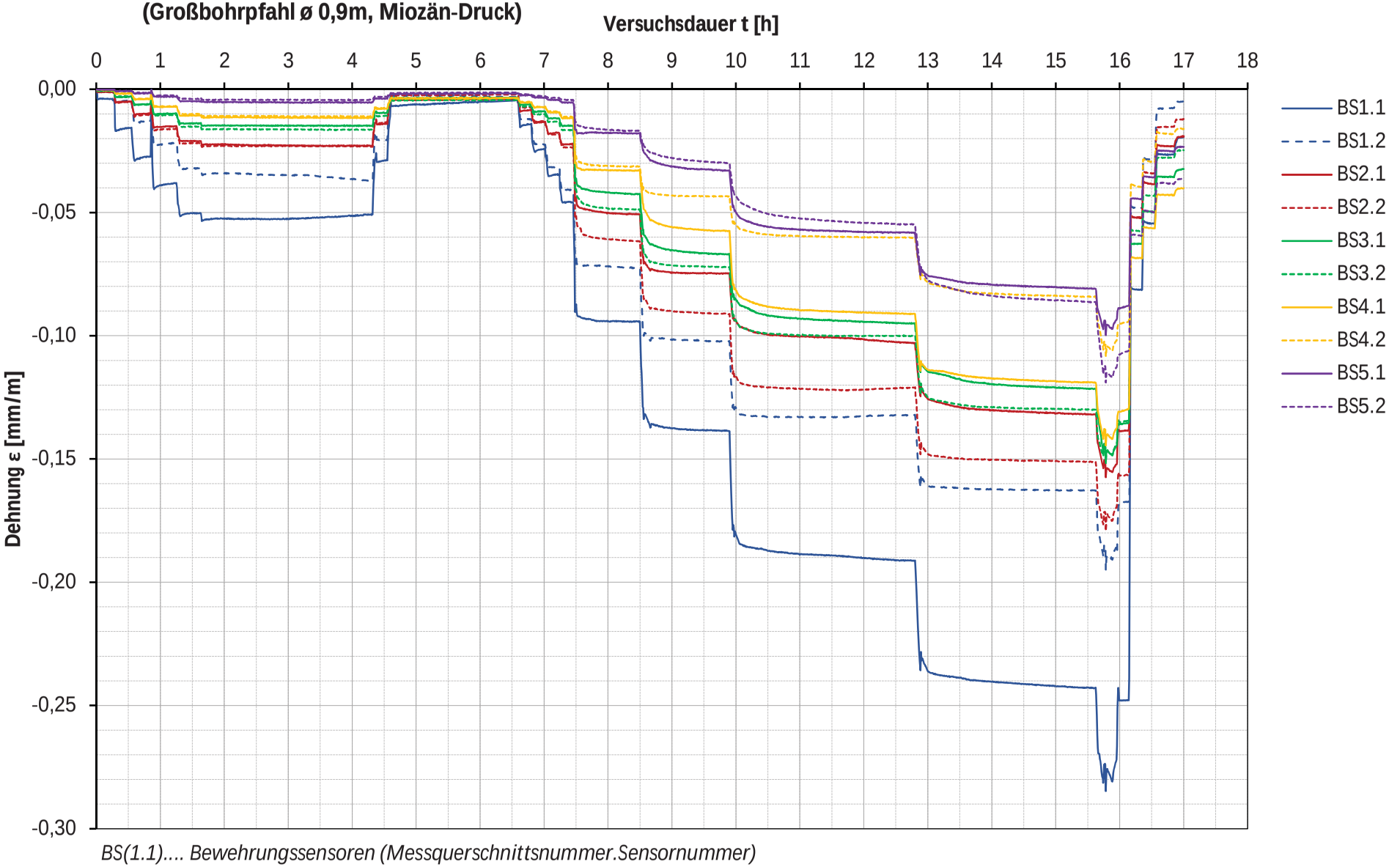
Messwerte Kettenextensometer



KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.M5**
(Großbohrpfahl ø 0,9m, Miozän-Druck)

Messwerte Bewehrungssensoren

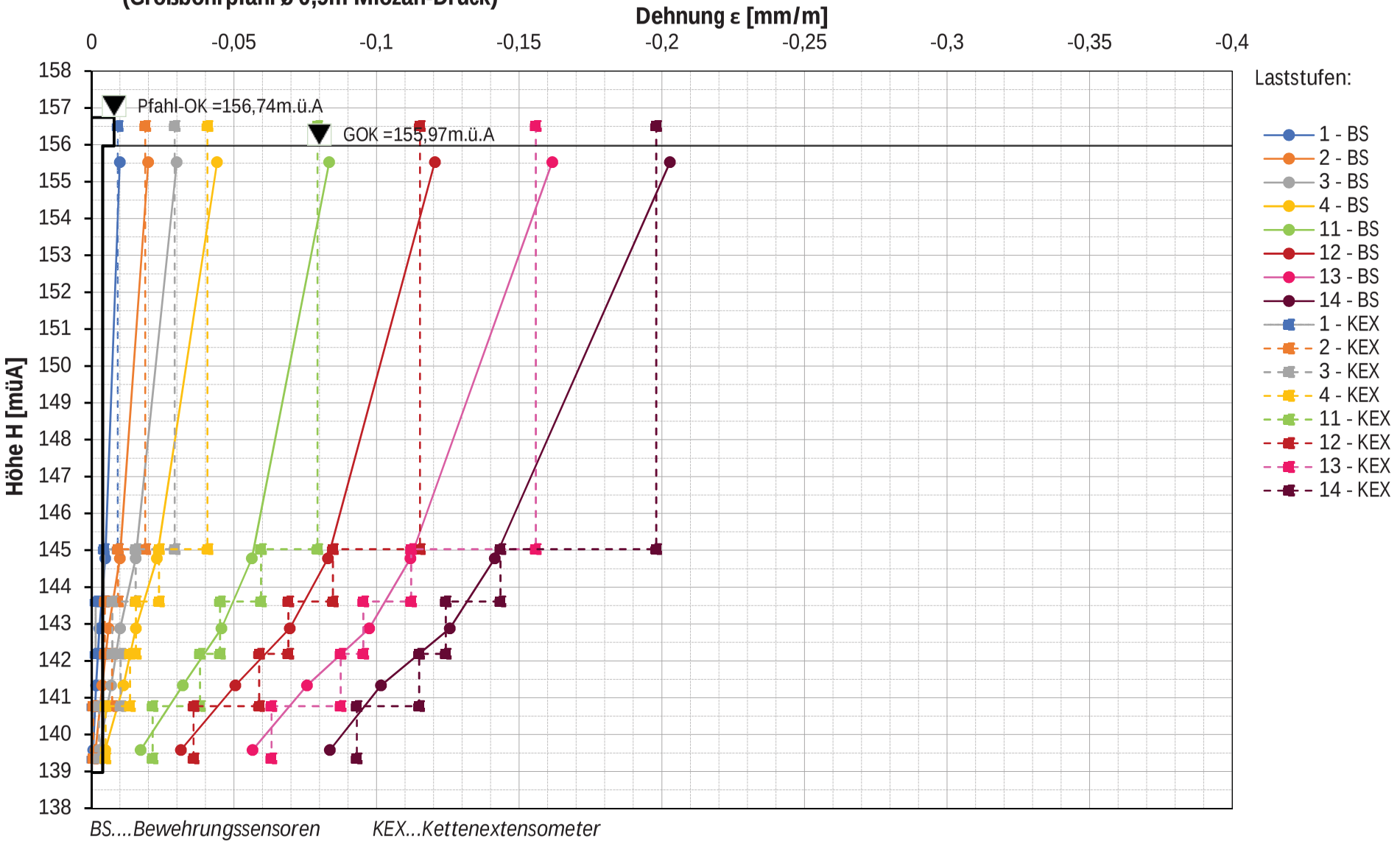


BS(1.1).... Bewehrungssensoren (Messquerschnittsnummer.Sensornummer)

Prüfkörper: **B.M5**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

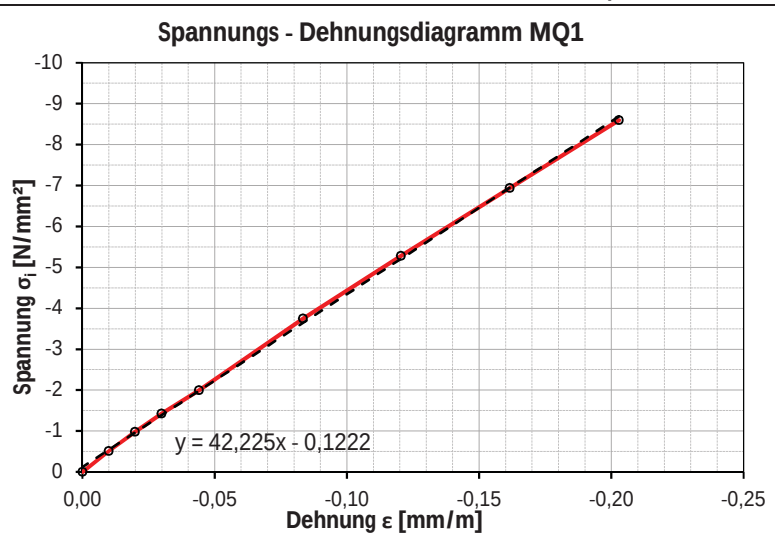


BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.M5 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän - Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1				Berechnung	
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	BS1.MW ε [mm/m]	Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	42,22 N/mm²
				Querschnittsnummer:	3
				E-Modul Beton E_c=	**34,25 N/mm²**
0	0,00	0,00	0		
1	-203,93	-0,51	-0,00997		
2	-389,64	-0,98	-0,01995		
3	-566,22	-1,43	-0,02996		
4	-793,46	-2,00	-0,04407		
11	-1488,43	-3,75	-0,08341		
12	-2096,65	-5,28	-0,12044		
13	-2755,61	-6,94	-0,16161		
14	-3413,56	-8,60	-0,20288		
0	0,00	0,00	0		
0	0,00	0,00	0		
0	0,00	0,00	0		
0	0,00	0,00	0		
0	0,00	0,00	0		



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	711	155,97	145,11	0,00	9543,00	14440,33	373051,93
2	Prüfstrecke	900	145,11	138,97	0,00	10798,00	492,88	624881,63
3	BS1	711	155,53	155,53	0,00	3769,91	14440,33	378825,02
4	BS2	900	144,78	144,78	0,00	16512,21	492,88	619167,42
5	BS3	900	142,88	142,88	0,00	16512,21	492,88	619167,42
6	BS4	900	141,33	141,33	0,00	3769,91	492,88	631909,72
7	BS5	900	139,58	139,58	0,00	3769,91	492,88	631909,72
8	mittel KEX1	711	156,51	145,03	0,00	9543,00	14440,33	373051,93
9	mittel KEX2	900	145,03	143,61	0,00	16512,00	492,88	619167,63
10	mittel KEX3	900	143,61	142,19	0,00	13641,00	492,88	622038,63
11	mittel KEX4	900	142,19	140,77	0,00	6959,00	492,88	628720,63
12	mittel KEX5	900	140,77	139,35	0,00	6080,00	492,88	629599,63

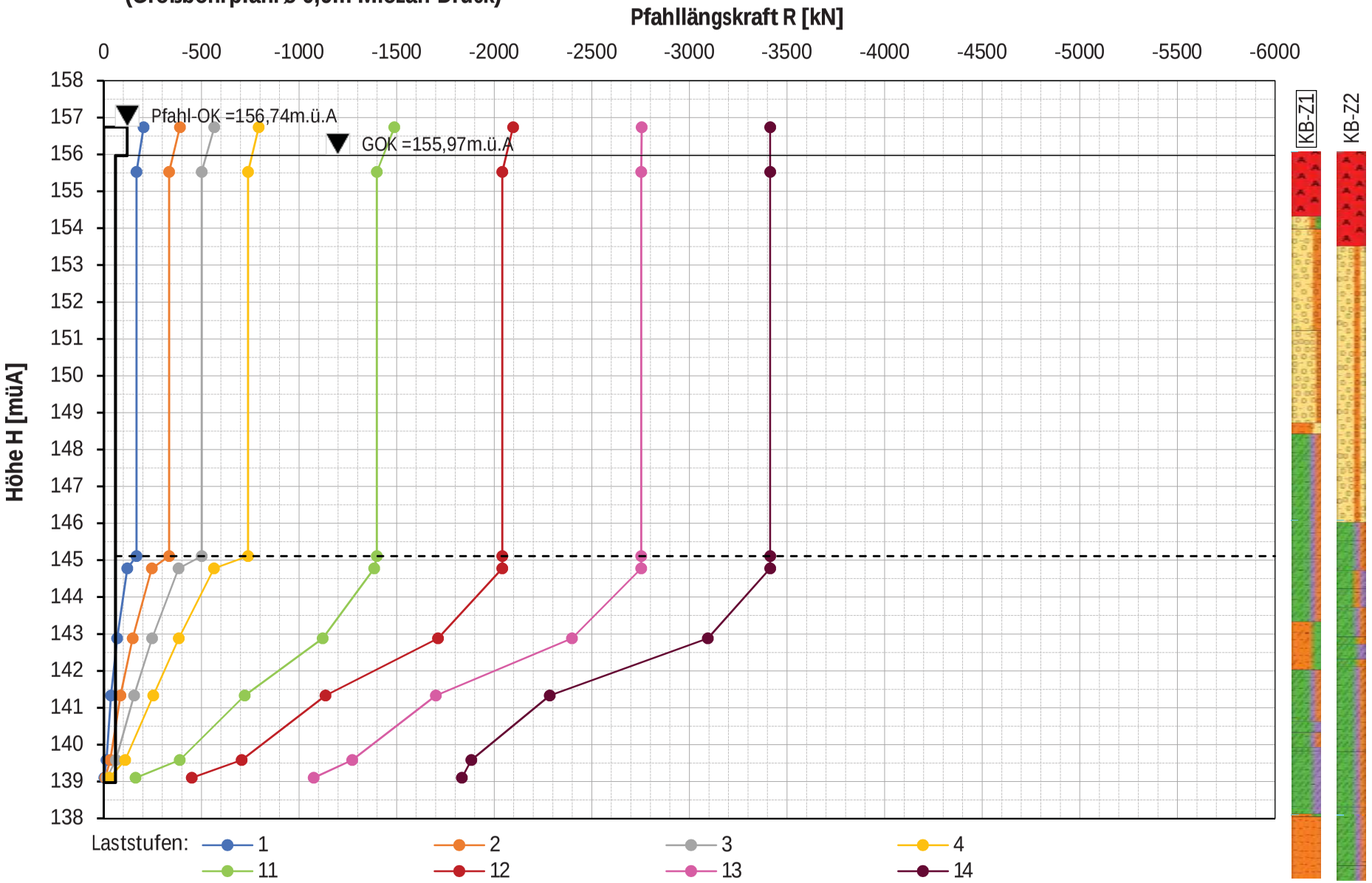
Prüfkörper: **B.M5 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän - Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN] H: 156,74 m	$F_{m,MQ1}$ [kN] H: 155,53 m	$F_{m,OK-PS}$ [kN] H: 145,11 m	$F_{m,MQ2}$ [kN] H: 144,78 m	$F_{m,MQ3}$ [kN] H: 142,88 m	$F_{m,MQ4}$ [kN] H: 141,33 m	$F_{m,MQ5}$ [kN] H: 139,58 m	$R_{b,m}$ [kN] H: 139,10 m	$R_{s,m}$ [kN]
1	07:28	-204	-167	-167	-120	-69	-37	-14	-2	-202
2	07:46	-390	-334	-334	-246	-148	-85	-34	-7	-382
3	08:10	-566	-502	-502	-382	-248	-155	-62	-15	-551
4	11:13	-793	-739	-739	-565	-384	-253	-109	-27	-766
7	13:43	-223	-218	-218	-196	-161	-117	-51	-11	-212
8	13:56	-415	-390	-390	-323	-237	-160	-71	-15	-399
9	14:09	-602	-554	-554	-442	-305	-206	-86	-20	-582
10	14:22	-792	-726	-726	-564	-386	-258	-109	-27	-765
11	15:25	-1488	-1398	-1398	-1385	-1122	-722	-389	-163	-1326
12	16:48	-2097	-2041	-2041	-2041	-1713	-1136	-706	-450	-1646
13	19:43	-2756	-2753	-2753	-2753	-2399	-1702	-1272	-1075	-1681
14	22:32	-3414	-3414	-3414	-3414	-3094	-2284	-1882	-1834	-1580

Prüfkörper: **B.M5**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

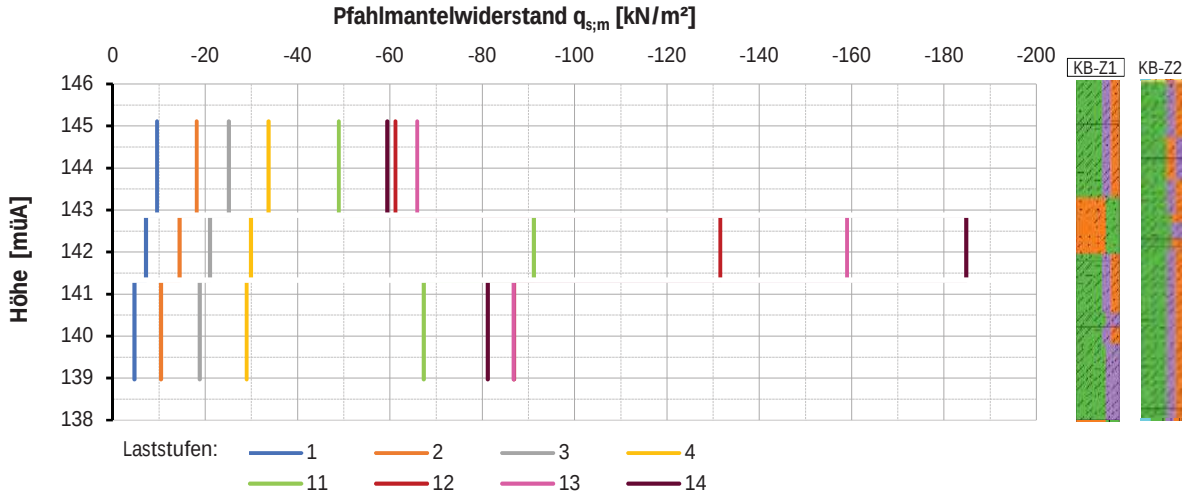


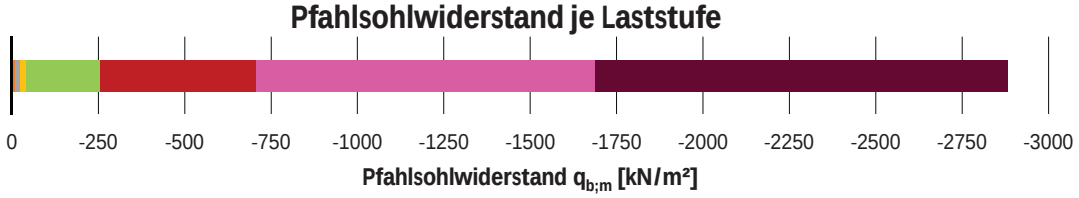
Prüfkörper: **B.M5** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,90 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-203,93	-0,29	-0,0003	-10	-7	-5	-7	-4
2	-389,64	-0,69	-0,0008	-18	-14	-10	-14	-11
3	-566,22	-1,18	-0,0013	-25	-21	-19	-22	-23
4	-793,46	-1,08	-0,0012	-34	-30	-29	-31	-43
5	-426,56	-1,29	-0,0014					
6	-40,46	-0,51	-0,0006					
7	-222,70	-0,73	-0,0008	-6	-10	-13	-10	-17
8	-414,58	-0,92	-0,0010	-16	-18	-18	-17	-24
9	-601,91	-1,08	-0,0012	-26	-23	-24	-24	-31
10	-791,79	-1,26	-0,0014	-33	-29	-30	-31	-42
11	-1488,43	-7,04	-0,0078	-49	-91	-67	-68	-256
12	-2096,65	-26,33	-0,0293	-61	-132	-87	-91	-708
13	-2755,61	-62,44	-0,0694	-66	-159	-87	-101	-1.690
14	-3413,56	-116,66	-0,1296	-59	-185	-81	-104	-2.883
15	-4022,11	-180,74	-0,2008					
19	-3443,16	-185,24	-0,2058					
20	-865,37	-181,09	-0,2012					
21	-482,32	-180,21	-0,2002					
22	-81,50	-178,93	-0,1988					

Prüfkörper: **B.M5** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

V E R S U C H S A U S W E R T U N G

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **02.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.M11**
Prüffeld:	1
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Miozän
Herstellungsverfahren:	Schneckenortbetonpfahl (SOB)

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	23
Prüfdatum:	01.09.2017
Versuchsbeginn:	07:36 Uhr
Versuchsende:	22:54 Uhr
Wetterbedingungen:	7:00 bewölkt, 22°C
besondere Versuchsbedingungen:	BS.3.1 Temp. nicht aufgezeichnet

Geometrie Prüfkörper:

Pfahldurchmesser D=	900,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	636172,51	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,75	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	155,95	müA
OK Prüfstrecke (PS):	145,05	müA
UK Pfahl:	138,95	müA
Länge ohne Mantelreibung:	11,70	m
Länge Prüfstrecke:	6,10	m
Pfahllänge:	17,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30 / BS-TB1**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	30,57	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	ja
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein

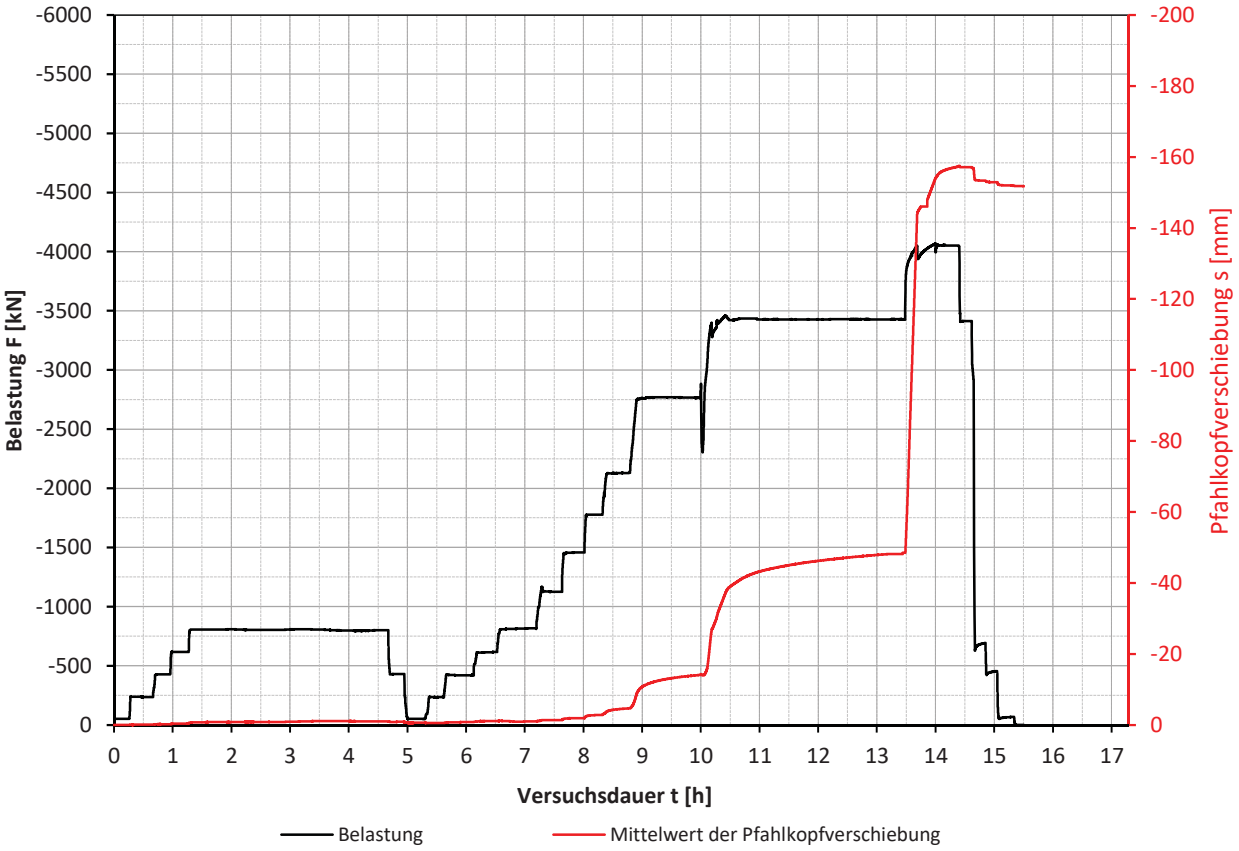
		Sensornummer:		Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1		156,57 müA
GOK	MQ1	BS1.1	BS2.1	155,55 müA
keine Mantelreibung				
OK PS		KEX2		144,92 müA
Prüfstrecke	MQ2	BS2.1	BS2	144,70 müA
		KEX3		143,72 müA
	MQ3	BS3.1	BS3.2	143,30 müA
		KEX4		142,53 müA
	MQ4	BS4.1	BS4.2	141,90 müA
		KEX5		141,35 müA
	MQ5	BS5.1	BS5.2	140,75 müA
UK Pfahl				

Status der Sensoren:

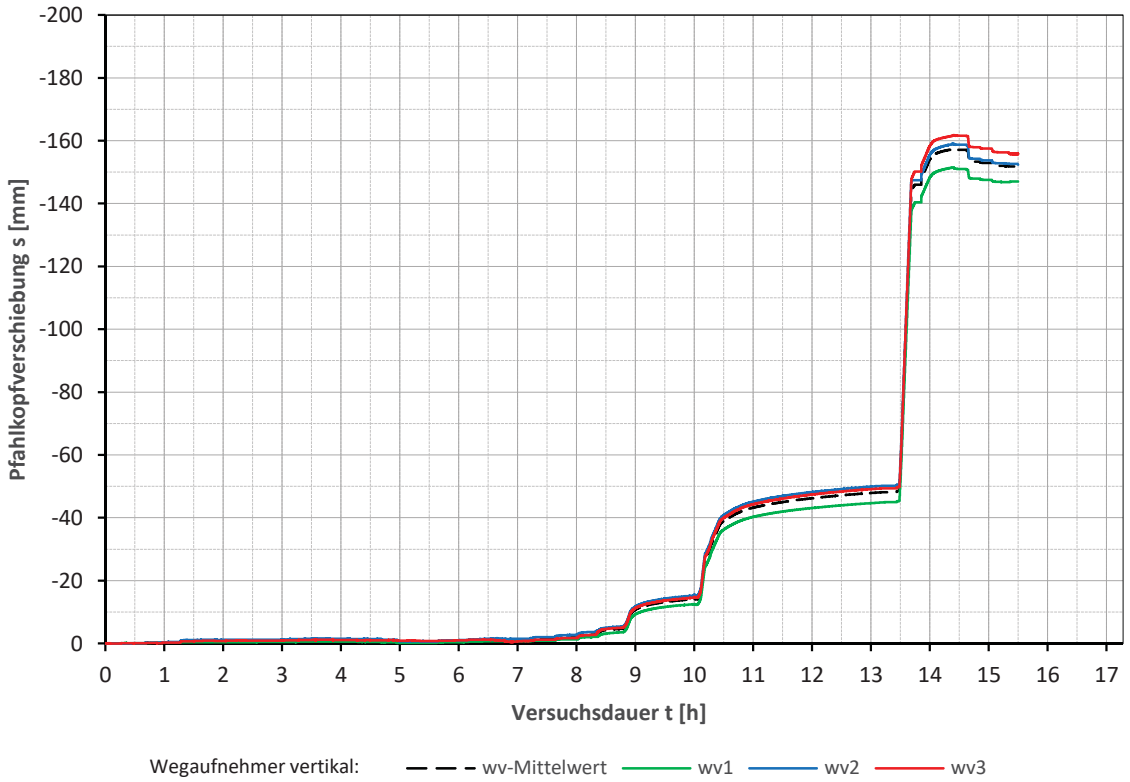
in Ordnung	fehlerhaft	defekt

Anmerkungen:

Prüfkörper: **B.M11 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M11 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



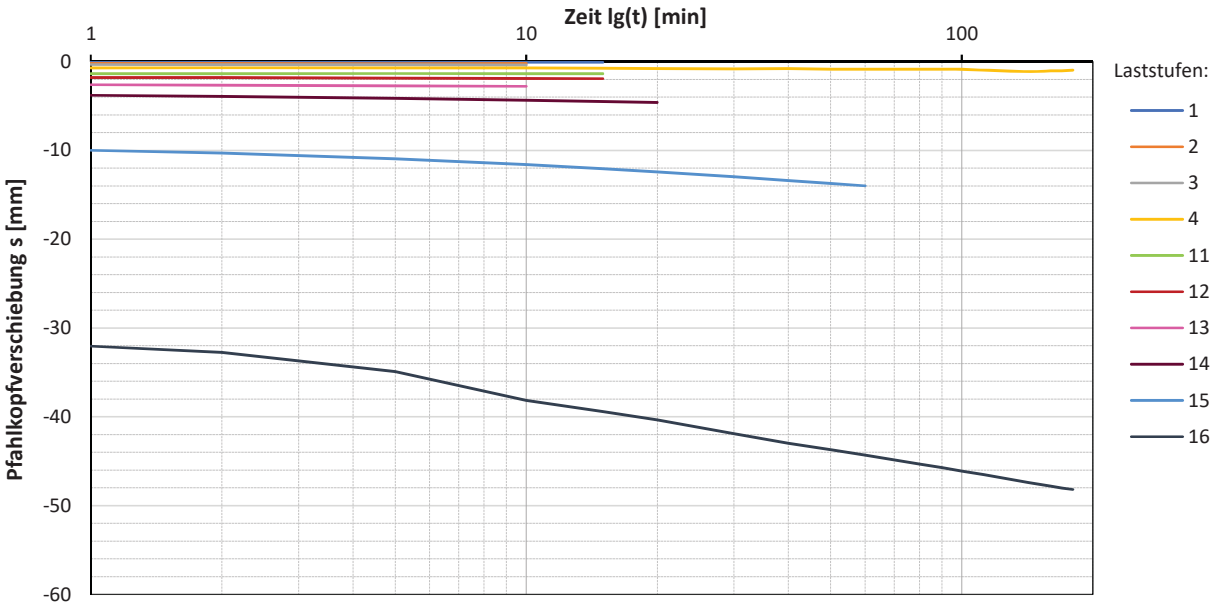
Prüfkörper: **B.M11** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriechmaß α_v [mm]
0	07:36	07:51	-50	-51	0,02																		
1	07:55	08:14	-238	-235	-0,09	-0,06	-0,06	-0,06	-0,08	-0,09									5	15	-0,06	-0,09	**-0,07**
2	08:18	08:33	-425	-427	-0,19	-0,23	-0,22	-0,23	-0,21										2	5	-0,22	-0,23	**-0,02**
3	08:36	08:51	-613	-616	-0,41	-0,34	-0,34	-0,36	-0,39										2	10	-0,34	-0,39	**-0,06**
4	08:55	12:15	-800	-800	-1,00	-0,71	-0,70	-0,71	-0,72	-0,77	-0,79	-0,81	-0,86	-1,01	-1,10	-1,05	-1,03	-0,98	40	140	-0,79	-1,12	**-0,60**
5	12:21	12:32	-425	-430	-0,86	-0,85	-0,85	-0,87	-0,86														
6	12:36	12:51	-50	-50	-0,60	-0,59	-0,59	-0,59	-0,63														
7	13:01	13:12	-238	-236	-0,54	-0,58	-0,54	-0,54	-0,54										2	10	-0,54	-0,54	**0,00**
8	13:17	13:42	-425	-421	-0,83	-0,70	-0,71	-0,73	-0,75	-0,78	-0,81								10	20	-0,75	-0,81	**-0,22**
9	13:47	14:07	-613	-617	-1,13	-0,98	-1,03	-1,05	-1,05	-1,11									5	15	-1,05	-1,11	**-0,14**
10	14:11	14:37	-800	-815	-0,97	-1,14	-1,13	-1,10	-1,04	-0,90	-0,91								15	20	-0,90	-0,91	**-0,07**
11	14:55	15:12	-1125	-1125	-1,37	-1,36	-1,36	-1,36	-1,37	-1,37									5	15	-1,36	-1,37	**-0,02**
12	15:17	15:35	-1450	-1458	-1,91	-1,80	-1,81	-1,87	-1,90	-1,92									5	15	-1,87	-1,92	**-0,11**
13	15:40	15:55	-1775	-1777	-2,82	-2,61	-2,65	-2,72	-2,79										2	10	-2,65	-2,79	**-0,20**
14	15:59	16:22	-2100	-2130	-4,67	-3,80	-3,93	-4,15	-4,35	-4,49	-4,60								10	20	-4,35	-4,60	**-0,82**
15	16:32	17:35	-2750	-2766	-14,07	-10,00	-10,29	-10,93	-11,59	-12,06	-12,42	-12,98	-14,00						40	60	-13,41	-14,00	**-3,36**
16	17:53	21:01	-3400	-3428	-48,18	-32,04	-32,75	-34,90	-38,17	-39,41	-40,34	-41,91	-44,33	-46,75	-47,59	-47,82	-48,04	-48,18	120	180	-46,75	-48,18	**-8,12**
17	21:38	22:00	-4050	-4045	-157,47	-155,24	-155,51	-156,00	-156,55	-156,91	-157,23												
21	22:01	22:13	-3400	-3412	-157,12	-157,16	-157,15	-157,13	-157,12														
22	22:17	22:26	-800	-691	-153,34	-153,45	-153,42	-153,37															
23	22:28	22:38	-425	-454	-152,89	-152,98	-152,96	-152,92															
24	22:40	22:54	50	-67	-151,95	-152,15	-152,10	-152,02	-151,97														

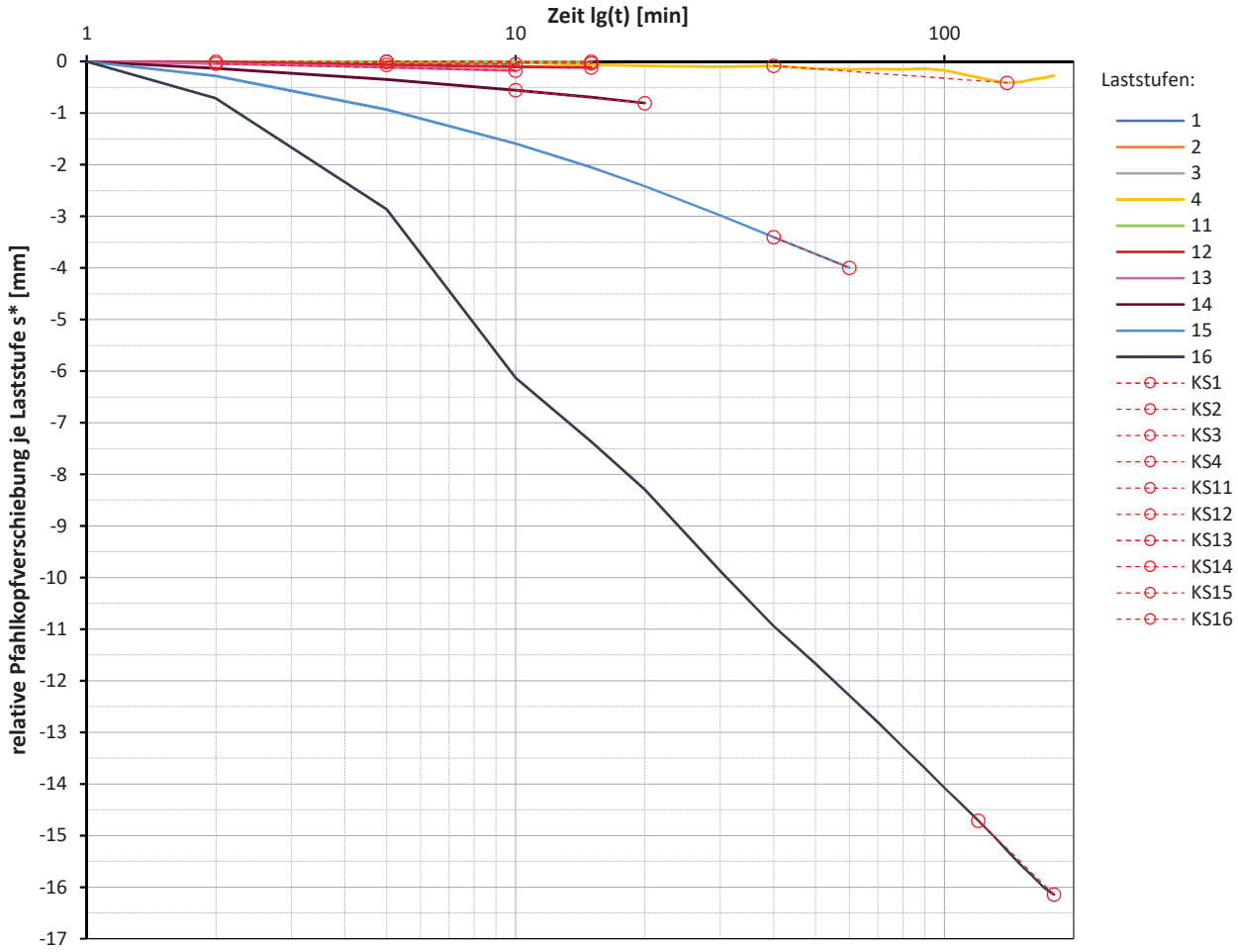
Prüfkörper: **B.M11** **Zeitverformung**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M11** **relative Zeitverformung je Laststufe**

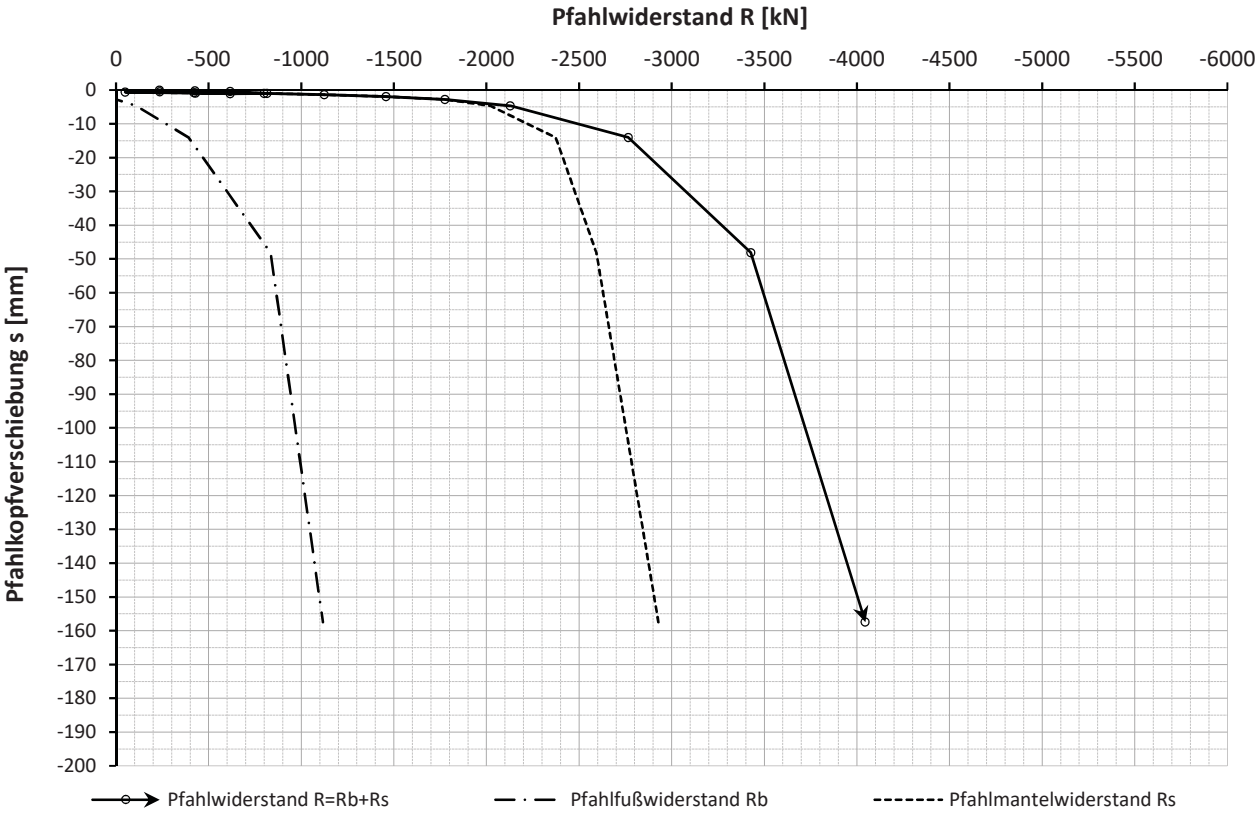
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

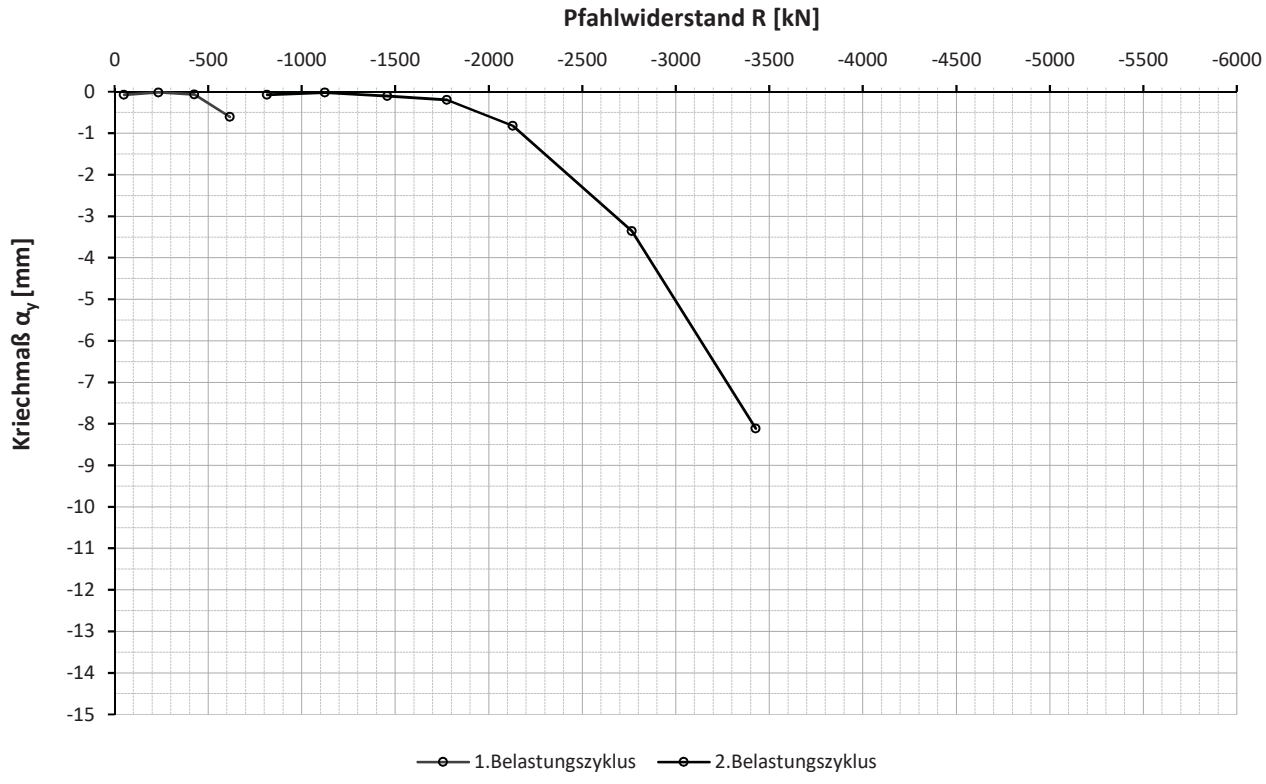
Prüfkörper: **B.M11** **Widerstands-Verschiebungslinie**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M11** **Widerstands-Kriechmaßlinie**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M11** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 150,75 m	H: 144,32 m	H: 143,13 m	H: 141,94 m	H: 140,76 m	H: 150,75 m	H: 144,32 m	H: 143,13 m	H: 141,94 m	H: 140,76 m
1	08:14	-235	-0,0065	-0,0093	-0,0018	-0,0055	-0,0002	-0,0065	-0,0093	-0,0018	-0,0055	-0,0002
2	08:33	-427	-0,0139	-0,0216	-0,0030	-0,0138	-0,0020	-0,0139	-0,0216	-0,0030	-0,0138	-0,0020
3	08:51	-616	-0,0210	-0,0264	-0,0057	-0,0205	-0,0030	-0,0210	-0,0264	-0,0057	-0,0205	-0,0030
4	12:15	-800	-0,0294	-0,0377	-0,0132	-0,0252	-0,0080	-0,0294	-0,0377	-0,0132	-0,0252	-0,0080
5	12:32	-430	-0,0228	-0,0261	-0,0100	-0,0151	-0,0038	-0,0228	-0,0261	-0,0100	-0,0151	-0,0038
6	12:51	-50	-0,0099	-0,0125	-0,0063	-0,0011	0,0000	-0,0099	-0,0125	-0,0063	-0,0011	0,0000
7	13:12	-236	-0,0114	-0,0169	-0,0061	-0,0100	-0,0005	-0,0114	-0,0169	-0,0061	-0,0100	-0,0005
8	13:42	-421	-0,0173	-0,0240	-0,0075	-0,0132	-0,0040	-0,0173	-0,0240	-0,0075	-0,0132	-0,0040
9	14:07	-617	-0,0233	-0,0294	-0,0077	-0,0164	-0,0058	-0,0233	-0,0294	-0,0077	-0,0164	-0,0058
10	14:37	-815	-0,0304	-0,0395	-0,0128	-0,0251	-0,0070	-0,0304	-0,0395	-0,0128	-0,0251	-0,0070
11	15:12	-1125	-0,0425	-0,0491	-0,0235	-0,0317	-0,0102	-0,0425	-0,0491	-0,0235	-0,0317	-0,0102
12	15:35	-1458	-0,0544	-0,0654	-0,0336	-0,0425	-0,0145	-0,0544	-0,0654	-0,0336	-0,0425	-0,0145
13	15:55	-1777	-0,0670	-0,0779	-0,0453	-0,0486	-0,0209	-0,0670	-0,0779	-0,0453	-0,0486	-0,0209
14	16:22	-2130	-0,0813	-0,0894	-0,0577	-0,0593	-0,0287	-0,0813	-0,0894	-0,0577	-0,0593	-0,0287
15	17:35	-2766	-0,1086	-0,1190	-0,0808	-0,0848	-0,0500	-0,1086	-0,1190	-0,0808	-0,0848	-0,0500
16	21:01	-3428	-0,1377	-0,1464	-0,1104	-0,1143	-0,0728	-0,1377	-0,1464	-0,1104	-0,1143	-0,0728
17	22:00	-4045	-0,1629	-0,1710	-0,1344	-0,1331	-0,0897	-0,1629	-0,1710	-0,1344	-0,1331	-0,0897
21	22:13	-3412	-0,1479	-0,1517	-0,1259	-0,1182	-0,0798	-0,1479	-0,1517	-0,1259	-0,1182	-0,0798
22	22:26	-691	-0,0523	-0,0510	-0,0536	-0,0608	-0,0434	-0,0523	-0,0510	-0,0536	-0,0608	-0,0434
23	22:38	-454	-0,0431	-0,0419	-0,0453	-0,0537	-0,0407	-0,0431	-0,0419	-0,0453	-0,0537	-0,0407
24	22:54	-67	-0,0286	-0,0300	-0,0302	-0,0443	-0,0337	-0,0286	-0,0300	-0,0302	-0,0443	-0,0337

Prüfkörper: **B.M11** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

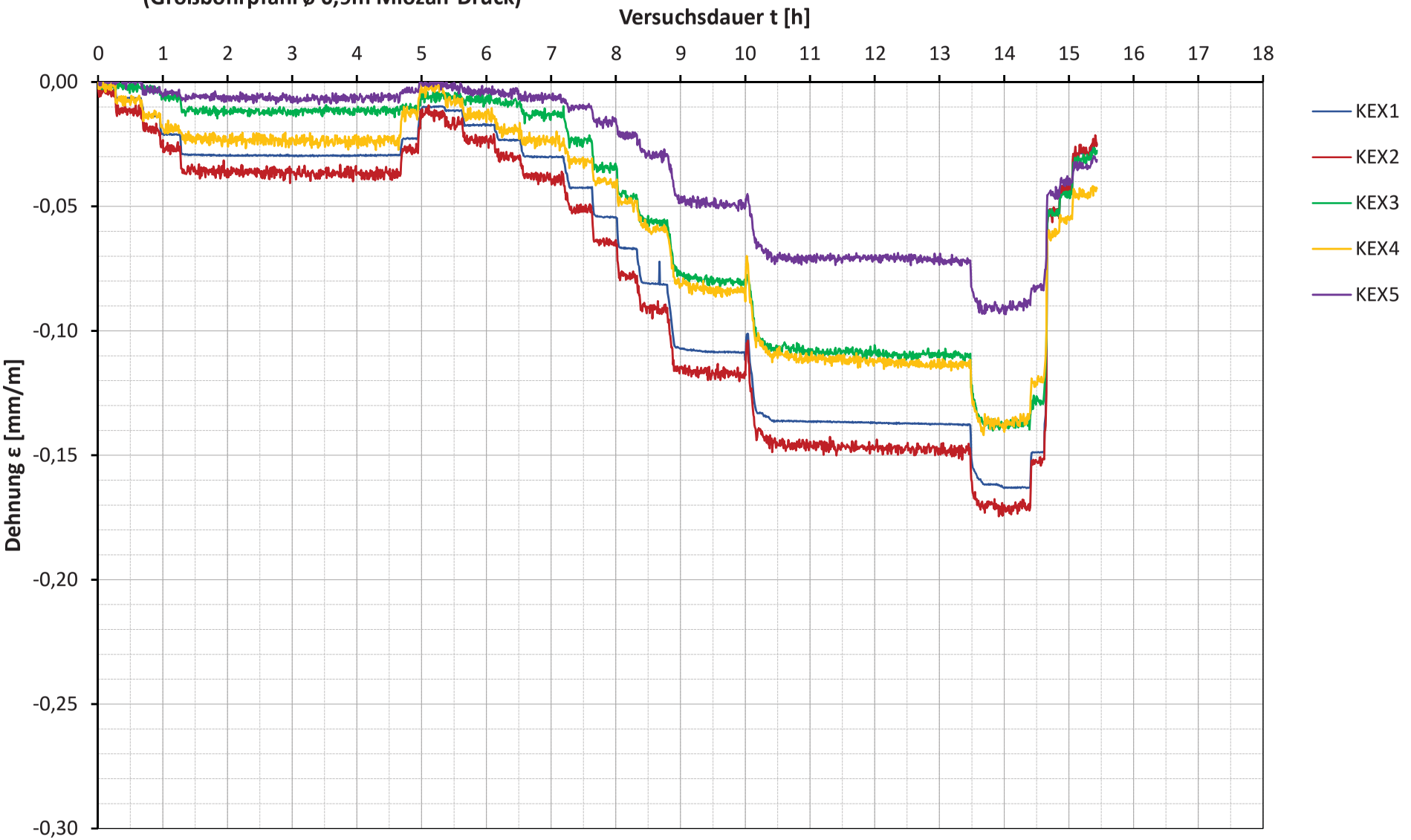
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Bewehrungssensoren (BS)

Laststufen			Messwerte - Bewehrungssensoren										korrigierte Messwerte - Bewehrungssensoren je MQ				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,BS1.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS1.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS2.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS2.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS3.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS3.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS4.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS4.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS5.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS5.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS3}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS4}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS5}$ [mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,55 m	H: 144,70 m	H: 144,70 m	H: 144,70 m	H: 143,30 m	H: 143,30 m	H: 141,90 m	H: 141,90 m	H: 140,75 m	H: 140,75 m	H: 155,55 m	H: 144,70 m	H: 143,30 m	H: 141,90 m	H: 140,75 m
1	08:14	-235	-0,0071	-0,0072	-0,0072	-0,0091	-0,0092	-0,0091	-0,0072	-0,0062	-0,0067	-0,0044	-0,0072	-0,0091	-0,0067	-0,0043	-0,0024
2	08:33	-427	-0,0137	-0,0132	-0,0135	-0,0182	-0,0149	-0,0166	-0,0138	-0,0109	-0,0123	-0,0082	-0,0135	-0,0166	-0,0123	-0,0079	-0,0043
3	08:51	-616	-0,0205	-0,0199	-0,0202	-0,0265	-0,0216	-0,0241	-0,0203	-0,0160	-0,0181	-0,0121	-0,0202	-0,0241	-0,0181	-0,0118	-0,0064
4	12:15	-800	-0,0310	-0,0256	-0,0283	-0,0570	-0,0129	-0,0349	-0,0374	-0,0130	-0,0252	-0,0189	-0,0283	-0,0349	-0,0252	-0,0163	-0,0089
5	12:32	-430	-0,0191	-0,0142	-0,0166	-0,0436	0,0008	-0,0214	-0,0269	-0,0034	-0,0152	-0,0125	-0,0166	-0,0214	-0,0152	-0,0099	-0,0054
6	12:51	-50	-0,0067	-0,0029	-0,0048	-0,0197	0,0074	-0,0062	-0,0115	0,0031	-0,0042	-0,0044	-0,0048	-0,0062	-0,0042	-0,0024	-0,0016
7	13:12	-236	-0,0127	-0,0083	-0,0105	-0,0283	0,0023	-0,0130	-0,0174	-0,0008	-0,0091	-0,0080	-0,0105	-0,0130	-0,0091	-0,0058	-0,0034
8	13:42	-421	-0,0188	-0,0144	-0,0166	-0,0372	-0,0032	-0,0202	-0,0236	-0,0049	-0,0143	-0,0115	-0,0166	-0,0202	-0,0143	-0,0093	-0,0052
9	14:07	-617	-0,0251	-0,0207	-0,0229	-0,0450	-0,0108	-0,0279	-0,0298	-0,0101	-0,0199	-0,0150	-0,0229	-0,0279	-0,0199	-0,0127	-0,0070
10	14:37	-815	-0,0320	-0,0272	-0,0296	-0,0544	-0,0172	-0,0358	-0,0367	-0,0147	-0,0257	-0,0192	-0,0296	-0,0358	-0,0257	-0,0166	-0,0091
11	15:12	-1125	-0,0436	-0,0380	-0,0408	-0,0723	-0,0243	-0,0483	-0,0496	-0,0219	-0,0357	-0,0272	-0,0408	-0,0483	-0,0357	-0,0236	-0,0132
12	15:35	-1458	-0,0562	-0,0506	-0,0534	-0,0932	-0,0313	-0,0623	-0,0637	-0,0300	-0,0468	-0,0374	-0,0534	-0,0623	-0,0468	-0,0319	-0,0189
13	15:55	-1777	-0,0687	-0,0623	-0,0655	-0,1130	-0,0383	-0,0756	-0,0766	-0,0386	-0,0576	-0,0475	-0,0655	-0,0756	-0,0576	-0,0403	-0,0249
14	16:22	-2130	-0,0848	-0,0738	-0,0793	-0,1535	-0,0255	-0,0895	-0,1006	-0,0365	-0,0685	-0,0616	-0,0793	-0,0895	-0,0685	-0,0502	-0,0331
15	17:35	-2766	-0,1106	-0,1011	-0,1058	-0,1879	-0,0444	-0,1161	-0,1336	-0,0531	-0,0934	-0,0866	-0,1058	-0,1161	-0,0934	-0,0726	-0,0513
16	21:01	-3428	-0,1387	-0,1300	-0,1343	-0,2217	-0,0677	-0,1447	-0,1907	-0,0607	-0,1257	-0,1384	-0,1343	-0,1447	-0,1257	-0,1000	-0,0753
17	22:00	-4045	-0,1573	-0,1530	-0,1552	-0,2311	-0,0957	-0,1634	-0,2455	-0,0558	-0,1507	-0,1930	-0,1552	-0,1634	-0,1507	-0,1216	-0,0908
21	22:13	-3412	-0,1413	-0,1335	-0,1374	-0,2147	-0,0748	-0,1448	-0,2304	-0,0413	-0,1359	-0,1821	-0,1374	-0,1448	-0,1359	-0,1112	-0,0832
22	22:26	-691	-0,0521	-0,0430	-0,0476	-0,0872	0,0050	-0,0411	-0,1291	0,0208	-0,0541	-0,1232	-0,0476	-0,0411	-0,0541	-0,0594	-0,0465
23	22:38	-454	-0,0436	-0,0349	-0,0392	-0,0746	0,0114	-0,0316	-0,1183	0,0265	-0,0459	-0,1165	-0,0392	-0,0316	-0,0459	-0,0537	-0,0425
24	22:54	-67	-0,0300	-0,0220	-0,0260	-0,0453	0,0140	-0,0157	-0,0964	0,0321	-0,0322	-0,1040	-0,0260	-0,0157	-0,0322	-0,0440	-0,0353

Prüfkörper: **B.M11**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Messwerte Kettenextensometer

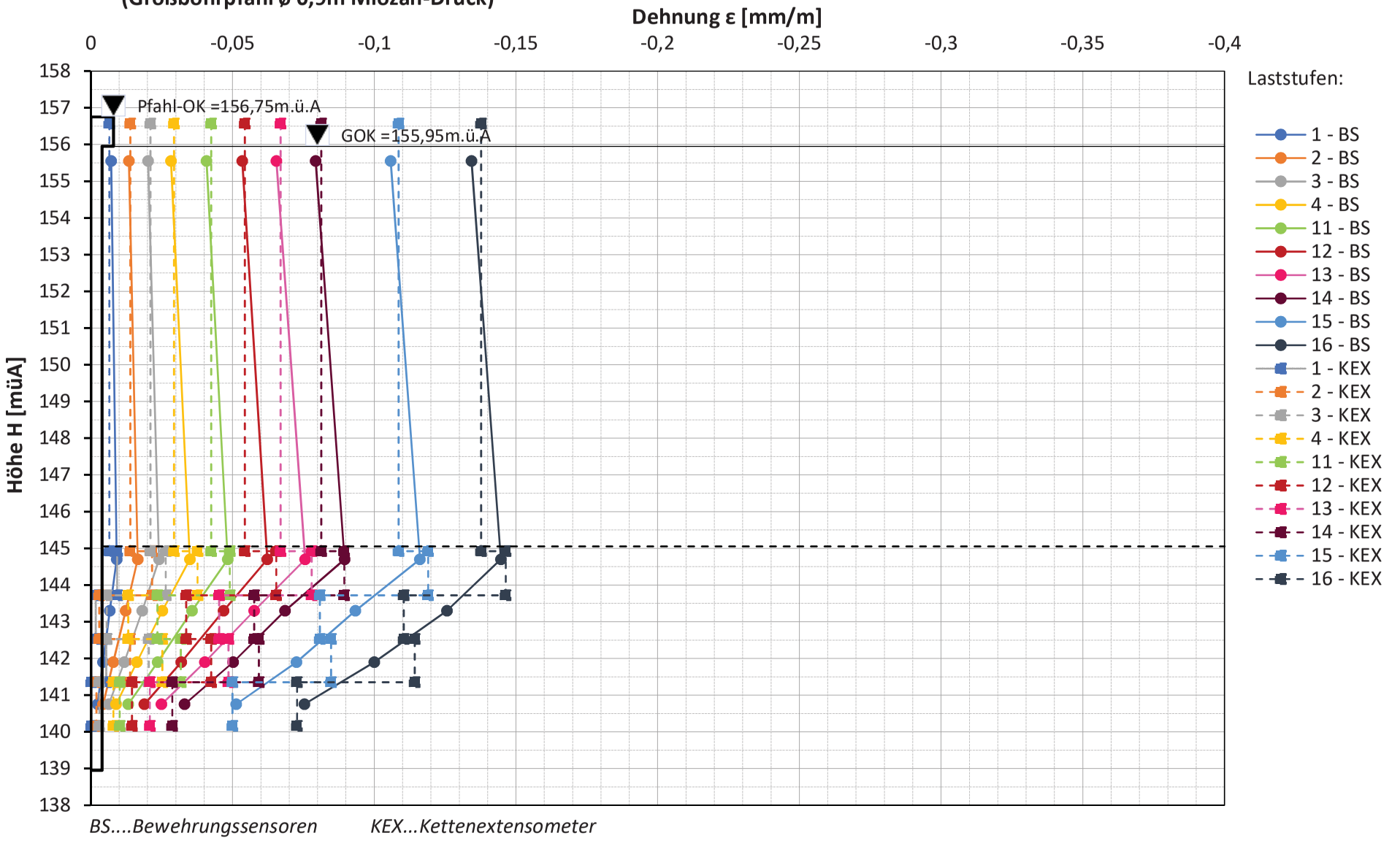


KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.M11**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

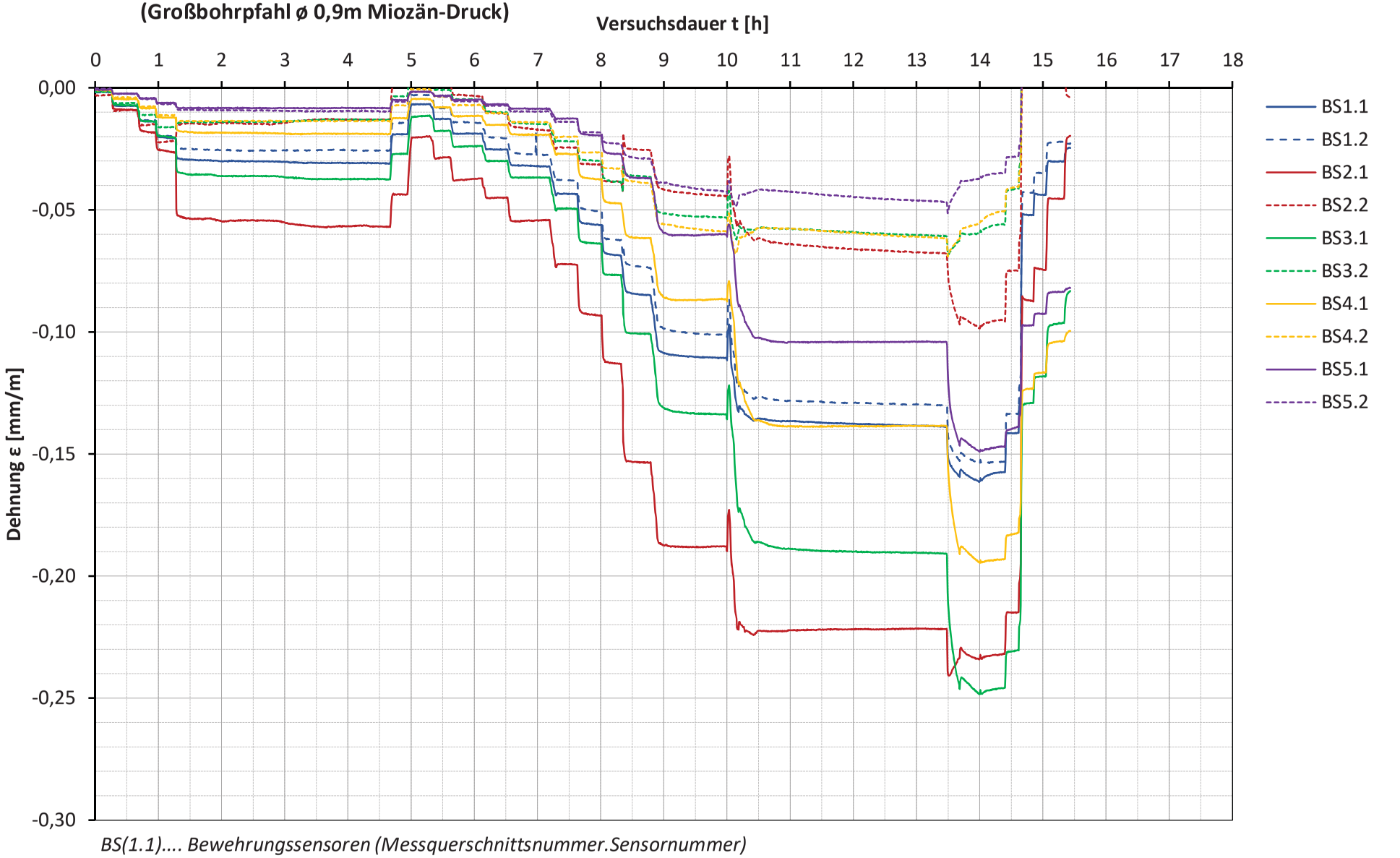
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.M11**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Messwerte Bewehrungssensoren

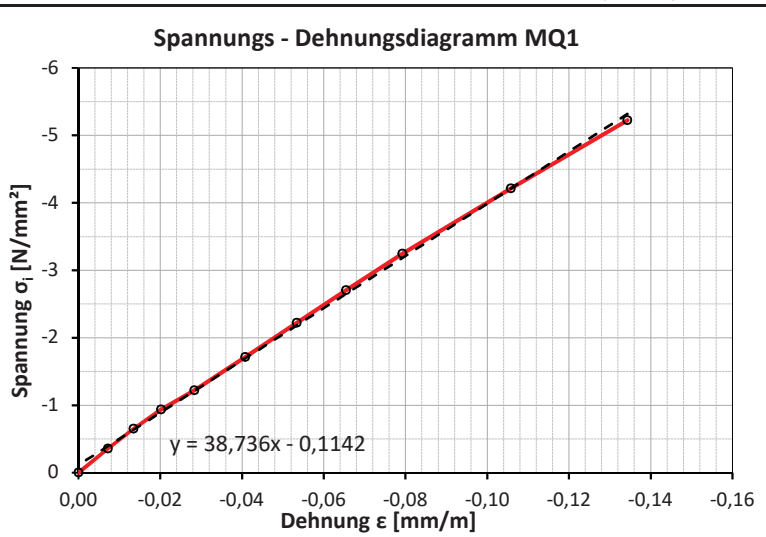


BS(1.1).... Bewehrungssensoren (Messquerschnittsnummer.Sensornummer)

Prüfkörper: **B.M11 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1				Berechnung	
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	BS1.MW ε [mm/m]	Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	38,74 N/mm²
				Querschnittsnummer:	3
				E-Modul Beton E_c=	**30,57 N/mm²**
0	0,00	0,00	0		
1	-235,23	-0,36	-0,00719		
2	-426,92	-0,65	-0,01348		
3	-616,10	-0,94	-0,02019		
4	-800,50	-1,22	-0,02833		
11	-1125,08	-1,71	-0,0408		
12	-1457,68	-2,22	-0,05342		
13	-1776,85	-2,71	-0,0655		
14	-2129,59	-3,25	-0,0793		
15	-2765,79	-4,22	-0,10583		
16	-3427,92	-5,22	-0,13434		
0	0,00	0,00	0		
0	0,00	0,00	0		
0	0,00	0,00	0		



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	914	155,95	145,05	0,00	11942,05	23263,18	620913,25
2	Prüfstrecke	900	145,05	138,95	0,00	10506,28	492,88	625173,35
3	BS1	914	155,55	155,55	0,00	6999,47	23263,18	625855,83
4	BS2	900	144,7	144,7	0,00	13370,62	492,88	622309,01
5	BS3	900	143,3	143,3	0,00	13370,62	492,88	622309,01
6	BS4	900	141,9	141,9	0,00	10185,04	492,88	625494,59
7	BS5	900	140,75	140,75	0,00	6999,47	492,88	628680,16
8	mittel KEX1	914	156,57	144,92	0,00	11942,05	23263,18	620913,25
9	mittel KEX2	900	144,92	143,72	0,00	13370,62	492,88	622309,01
10	mittel KEX3	900	143,72	142,53	0,00	11978,60	492,88	623701,03
11	mittel KEX4	900	142,53	141,35	0,00	9645,12	492,88	626034,51
12	mittel KEX5	900	141,35	140,16	0,00	6999,47	492,88	628680,16

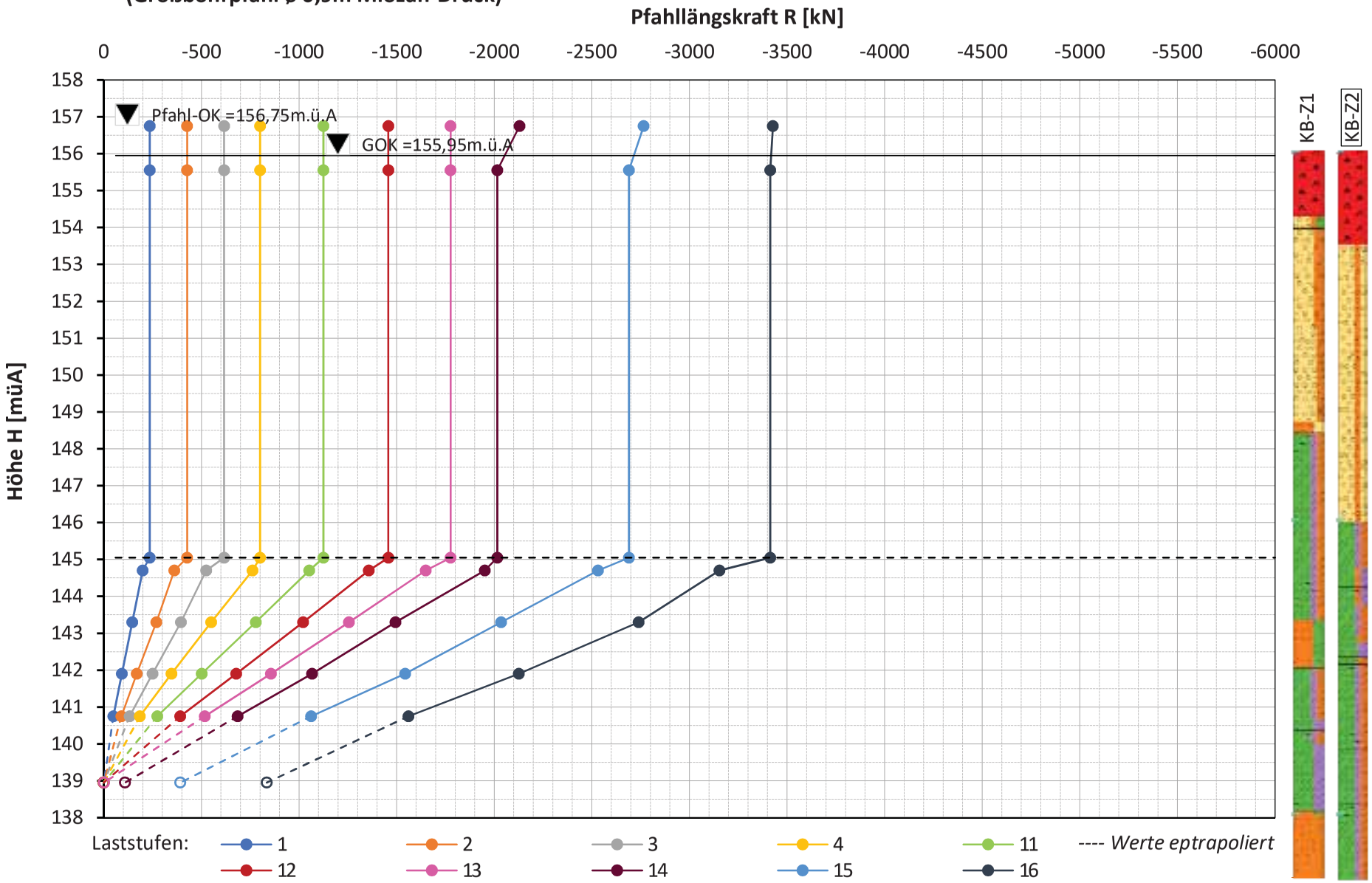
Prüfkörper: **B.M11 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN] H: 156,75 m	$F_{m,MQ1}$ [kN] H: 155,55 m	$F_{m,OK-PS}$ [kN] H: 145,05 m	$F_{m,MQ2}$ [kN] H: 144,70 m	$F_{m,MQ3}$ [kN] H: 143,30 m	$F_{m,MQ4}$ [kN] H: 141,90 m	$F_{m,MQ5}$ [kN] H: 140,75 m	$R_{b,m}$ [kN] H: 138,95 m	$R_{s,m}$ [kN]
1	08:14	-235	-235	-235	-199	-146	-92	-49		-235
2	08:33	-427	-427	-427	-361	-269	-169	-90		-427
3	08:51	-616	-616	-616	-524	-395	-250	-132		-616
4	12:15	-800	-800	-800	-762	-550	-346	-185		-800
7	13:12	-236	-236	-236	-236	-199	-124	-71		-236
8	13:42	-421	-422	-422	-422	-311	-198	-108		-421
9	14:07	-617	-617	-617	-608	-434	-271	-146		-617
10	14:37	-815	-815	-815	-780	-561	-353	-188		-815
11	15:12	-1125	-1125	-1125	-1053	-779	-502	-274		-1125
12	15:35	-1458	-1458	-1458	-1357	-1020	-679	-391		-1458
13	15:55	-1777	-1777	-1777	-1649	-1256	-856	-517		-1776
14	16:22	-2130	-2015	-2015	-1952	-1494	-1067	-686	-109	-2021
15	17:35	-2766	-2690	-2690	-2532	-2036	-1544	-1062	-392	-2373
16	21:01	-3428	-3414	-3414	-3154	-2740	-2126	-1561	-835	-2593

Prüfkörper: **B.M11**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

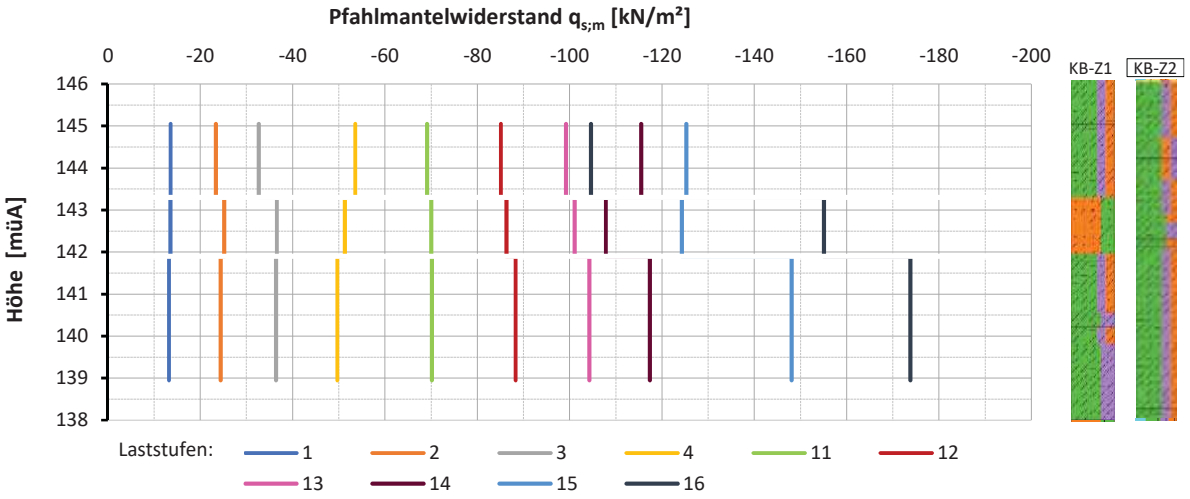


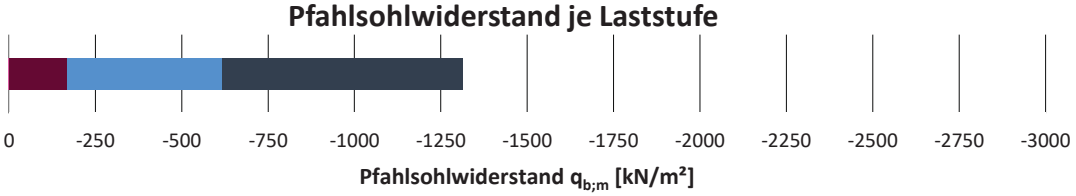
Prüfkörper: **B.M11** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,90 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-235,23	-0,09	-0,0001	-14	-14	-13	-13	
2	-426,92	-0,19	-0,0002	-23	-25	-24	-24	
3	-616,10	-0,41	-0,0005	-33	-37	-36	-35	
4	-800,50	-1,00	-0,0011	-54	-51	-50	-52	
5	-430,00	-0,86	-0,0010					
6	-50,35	-0,60	-0,0007					
7	-236,45	-0,54	-0,0006	-9	-19	-16	-15	
8	-420,84	-0,83	-0,0009	-28	-28	-28	-28	
9	-616,97	-1,13	-0,0013	-44	-41	-38	-41	
10	-815,31	-0,97	-0,0011	-55	-52	-51	-53	
11	-1125,08	-1,37	-0,0015	-69	-70	-70	-70	
12	-1457,68	-1,91	-0,0021	-85	-86	-88	-86	
13	-1776,85	-2,82	-0,0031	-99	-101	-104	-101	-2
14	-2129,59	-4,67	-0,0052	-115	-108	-117	-113	-171
15	-2765,79	-14,07	-0,0156	-125	-124	-148	-132	-617
16	-3427,92	-48,18	-0,0535	-105	-155	-174	-143	-1.312
17	-4045,26	-157,47	-0,1750					
21	-3412,34	-157,12	-0,1746					
22	-691,32	-153,34	-0,1704					

Prüfkörper: **B.M11** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

VERSUCHSAUSWERTUNG

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **02.03.2019**

Allgemeine Angaben:	
Prüfkörper:	**B.M12**
Prüffeld:	1
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Miozän
Herstellungsverfahren:	Schneckenortbetonpfahl (SOB)

Versuchsdaten:	
Prüfung Nr.:	21
Prüfdatum:	25.08.2017
Versuchsbeginn:	08:32 Uhr
Versuchsende:	00:11 Uhr
Wetterbedingungen:	7:00h heiter, 20°C
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:		
Pfahldurchmesser D=	900,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	636172,51	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,83	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,06	müA
OK Prüfstrecke (PS):	145,16	müA
UK Pfahl:	139,06	müA
Länge ohne Mantelreibung:	11,67	m
Länge Prüfstrecke:	6,10	m
Pfahllänge:	17,00	m

Materialkennwerte:		
Betongüte:	**C25/30 / BS-TB1**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	34,50	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	nein
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein

		Sensornummer:	Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1	156,63 müA
GOK	MQ1		
keine Mantelreibung			
OK PS		KEX2	144,98 müA
Prüfstrecke	MQ2		
		KEX3	143,79 müA
	MQ3		
		KEX4	142,60 müA
	MQ4		
		KEX5	141,41 müA
	MQ5		
UK Pfahl			

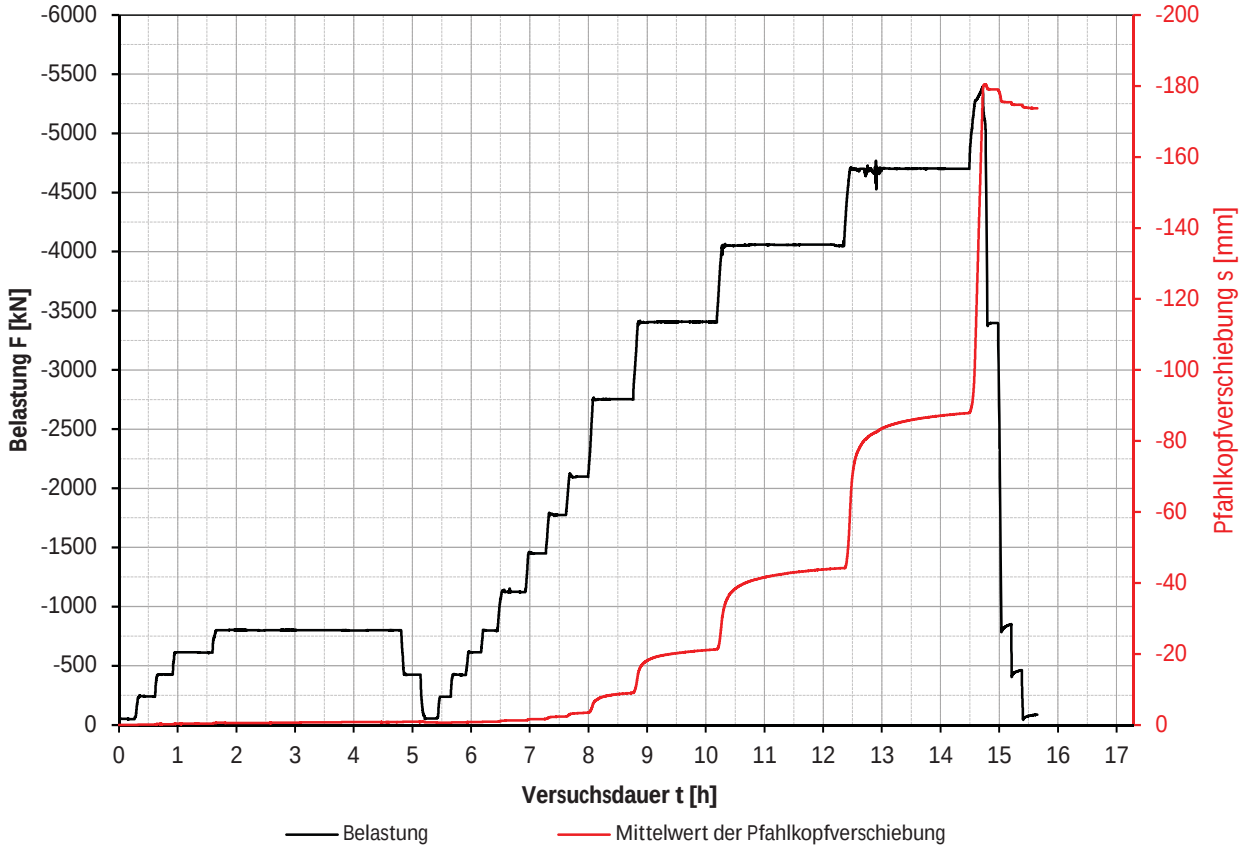
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

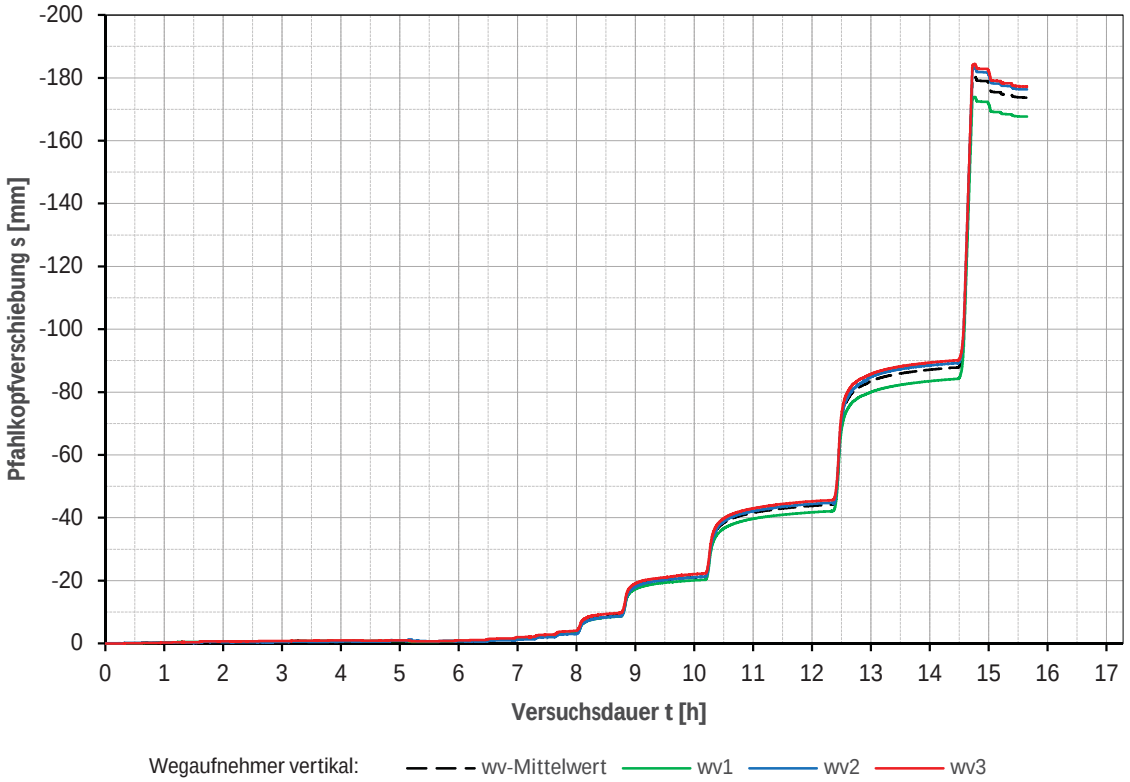
Anmerkungen:

KEX3 und 4 im 1. Lastzyklus fehlerhafter Verlauf.
Längskraftverlauf:
-Bei der LS 1-4 werden die Werte im MQ3 und 4 zwischen MQ2 und MQ5 interpoliert.
E-Modul:
Berechnung mit LS 1-4, darüber Steifigkeitsverlust im Querschnitt.

Prüfkörper: **B.M12 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M12 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



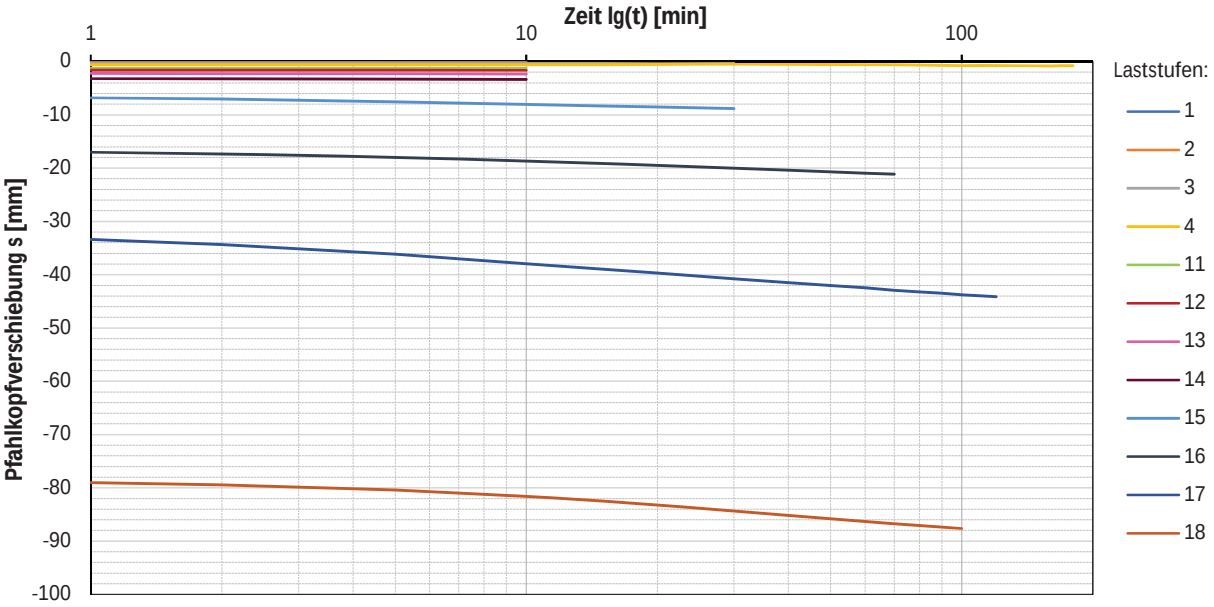
Prüfkörper: **B.M12** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y [mm]
0	08:32	08:47	-50	-49	0,00																		
1	08:53	09:08	-238	-239	-0,10	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12										2	10	-0,12	-0,12	**0,00**
2	09:12	09:27	-425	-426	-0,21	-0,24	-0,23	-0,22	-0,22										2	10	-0,23	-0,22	**0,02**
3	09:30	10:06	-613	-611	-0,35	-0,33	-0,33	-0,33	-0,35	-0,38	-0,41	-0,35							10	20	-0,35	-0,41	**-0,21**
4	10:11	13:15	-800	-800	-0,77	-0,59	-0,60	-0,60	-0,59	-0,57	-0,54	-0,51	-0,61	-0,75	-0,82	-0,80	-0,77	-0,78	120	150	-0,75	-0,82	**-0,79**
5	13:25	13:35	-425	-425	-0,88	-0,92	-0,91	-0,90															
6	13:45	13:55	-50	-55	-0,69	-0,69	-0,69	-0,69															
7	14:01	14:11	-238	-238	-0,63	-0,64	-0,63	-0,64											2	5	-0,63	-0,64	**0,00**
8	14:16	14:26	-425	-422	-0,75	-0,76	-0,76	-0,76											2	5	-0,76	-0,76	**-0,01**
9	14:30	14:40	-613	-614	-0,80	-0,82	-0,82	-0,82											2	5	-0,82	-0,82	**0,00**
10	14:45	14:55	-800	-797	-0,90	-0,89	-0,89	-0,88											2	5	-0,89	-0,88	**0,02**
11	15:08	15:23	-1125	-1124	-1,26	-1,23	-1,24	-1,26	-1,26										2	5	-1,24	-1,26	**-0,07**
12	15:32	15:47	-1450	-1450	-1,67	-1,61	-1,61	-1,63	-1,66										2	10	-1,61	-1,66	**-0,07**
13	15:52	16:07	-1775	-1774	-2,35	-2,21	-2,24	-2,28	-2,33										2	10	-2,24	-2,33	**-0,12**
14	16:15	16:30	-2100	-2098	-3,39	-3,19	-3,21	-3,28	-3,35										2	10	-3,21	-3,35	**-0,20**
15	16:38	17:16	-2750	-2753	-8,99	-6,81	-7,03	-7,54	-8,02	-8,31	-8,53	-8,82							15	30	-8,31	-8,82	**-1,69**
16	17:26	18:42	-3400	-3406	-21,26	-17,03	-17,33	-17,96	-18,68	-19,17	-19,50	-19,98	-20,92						50	70	-20,66	-21,14	**-3,27**
17	18:50	20:52	-4050	-4048	-44,17	-33,39	-34,34	-36,13	-37,92	-38,95	-39,70	-40,75	-42,48	-44,14					100	120	-43,75	-44,14	**-4,88**
18	21:10	23:00	-4700	-4700	-87,78	-79,02	-79,44	-80,41	-81,59	-82,47	-83,23	-84,40	-86,30						80	100	-87,05	-87,63	**-5,96**
19	23:14	23:15	-5350	-5390	-175,94																		
21	23:20	23:30	-3400	-3397	-179,00	-179,09	-179,07	-179,03															
22	23:34	23:44	-800	-850	-175,40	-175,60	-175,53	-175,46															
23	23:45	23:55	-425	-464	-174,68	-174,80	-174,75	-174,71															
24	00:00	00:11	-50	-87	-173,72	-173,86	-173,84	-173,78	-173,72														

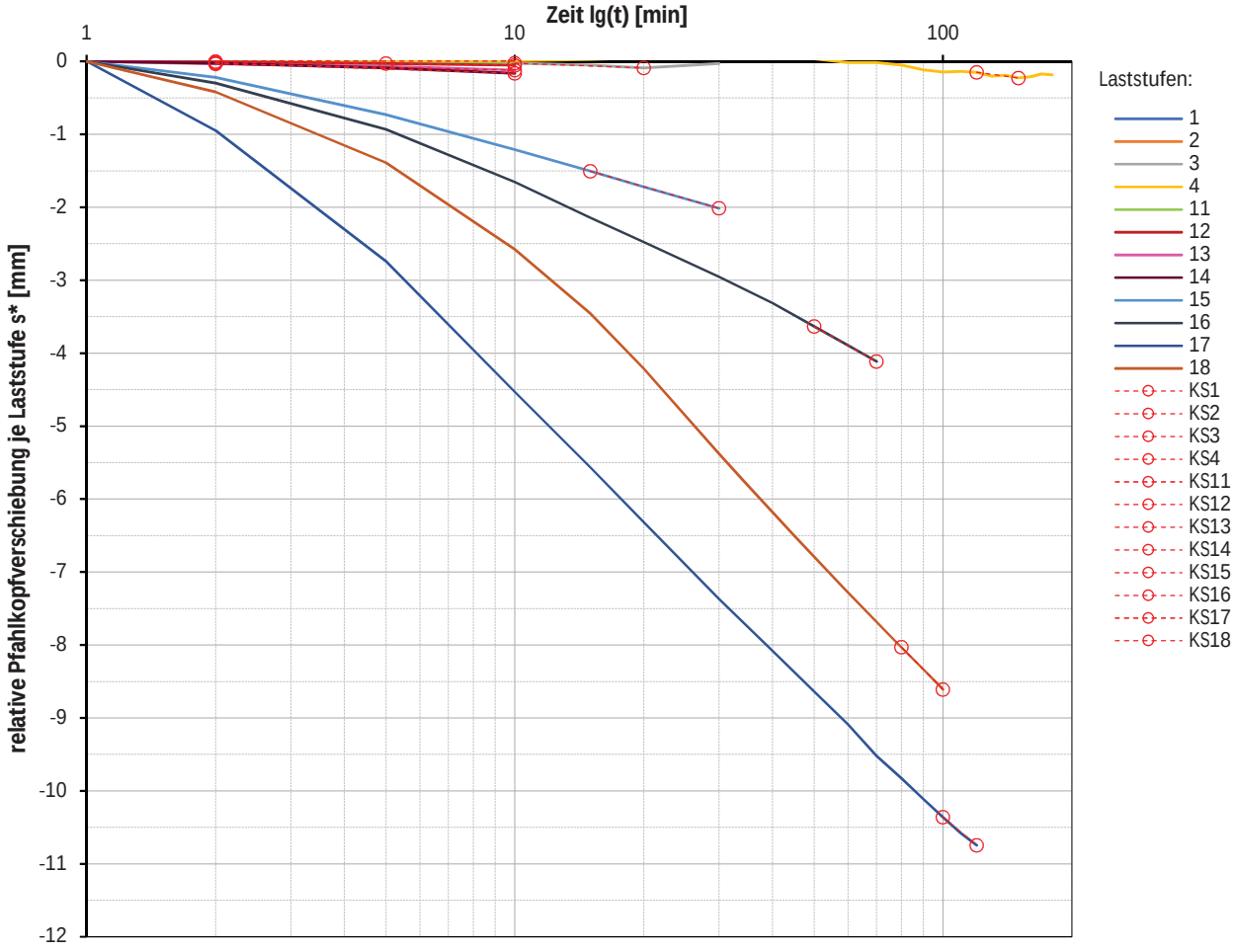
Prüfkörper: **B.M12** **Zeitverformung**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M12** **relative Zeitverformung je Laststufe**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

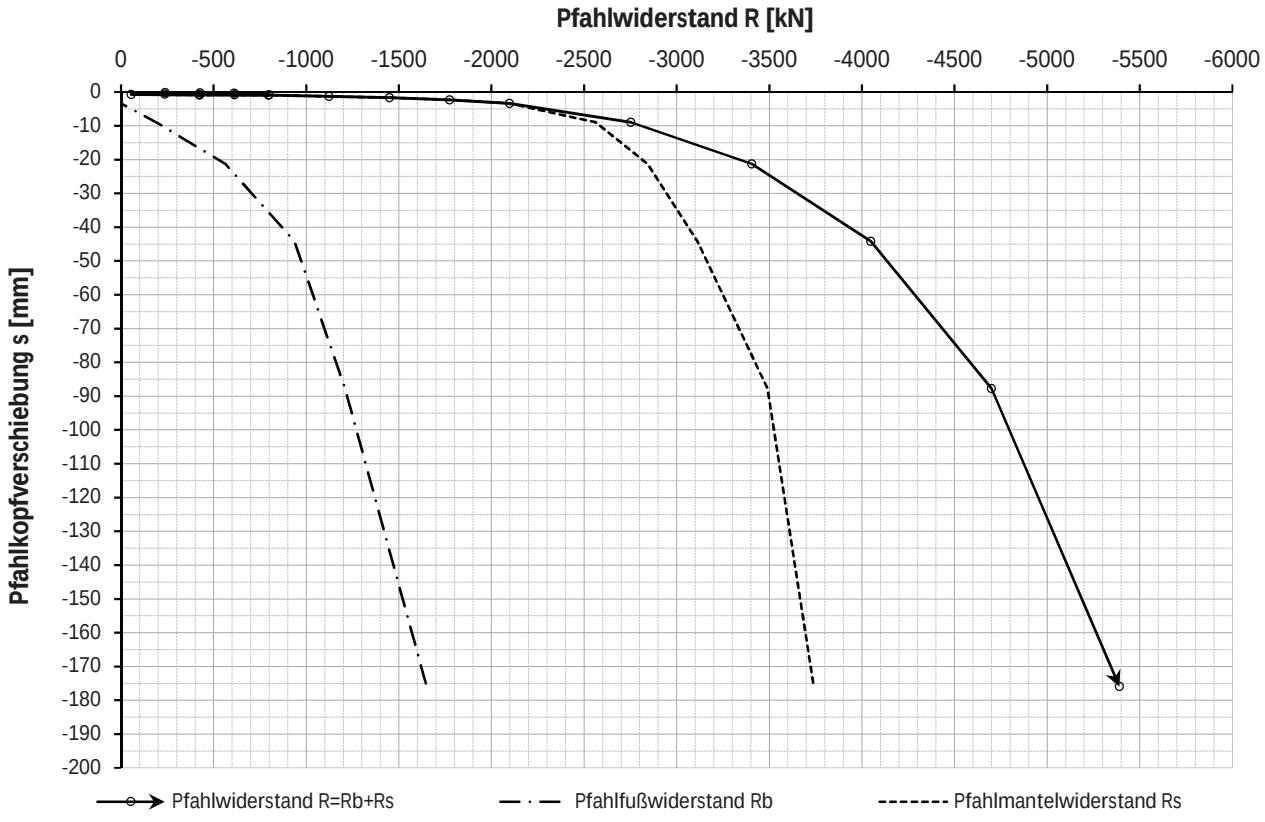


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.M12**

Widerstands-Verschiebungslinie

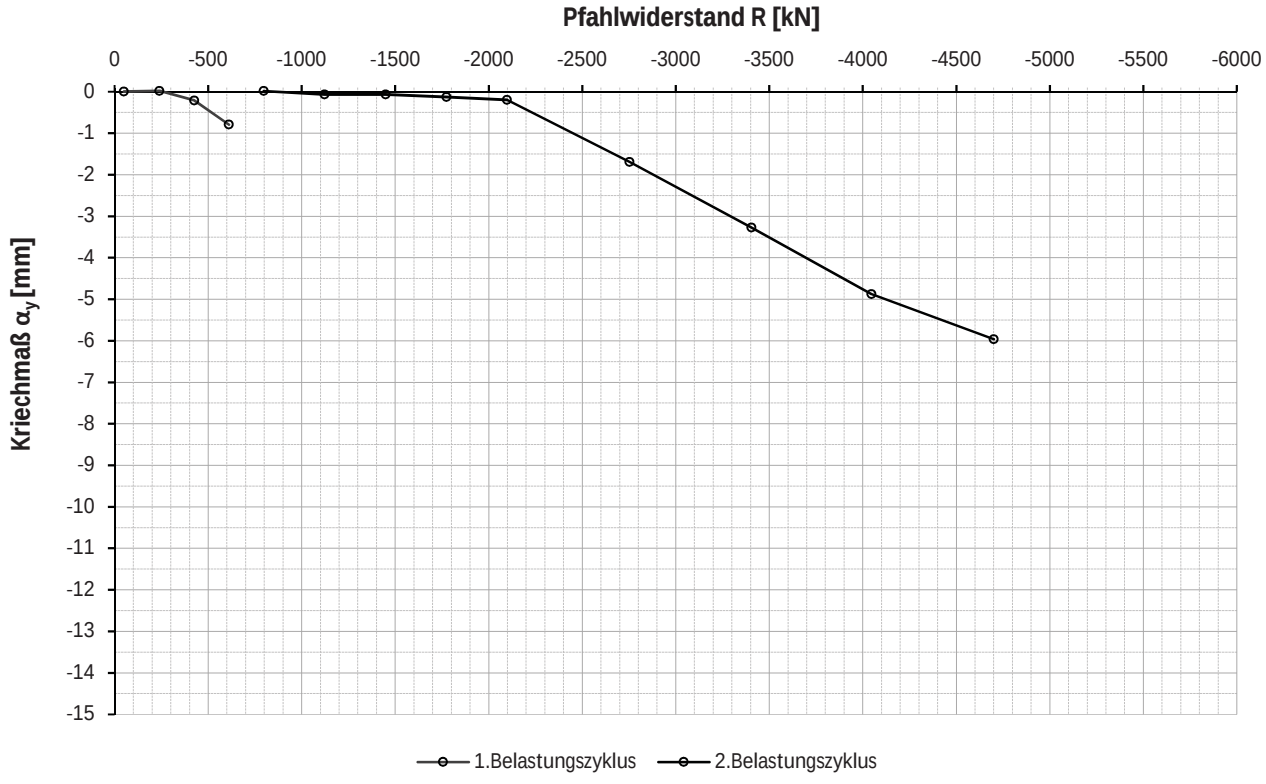
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M12**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M12** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

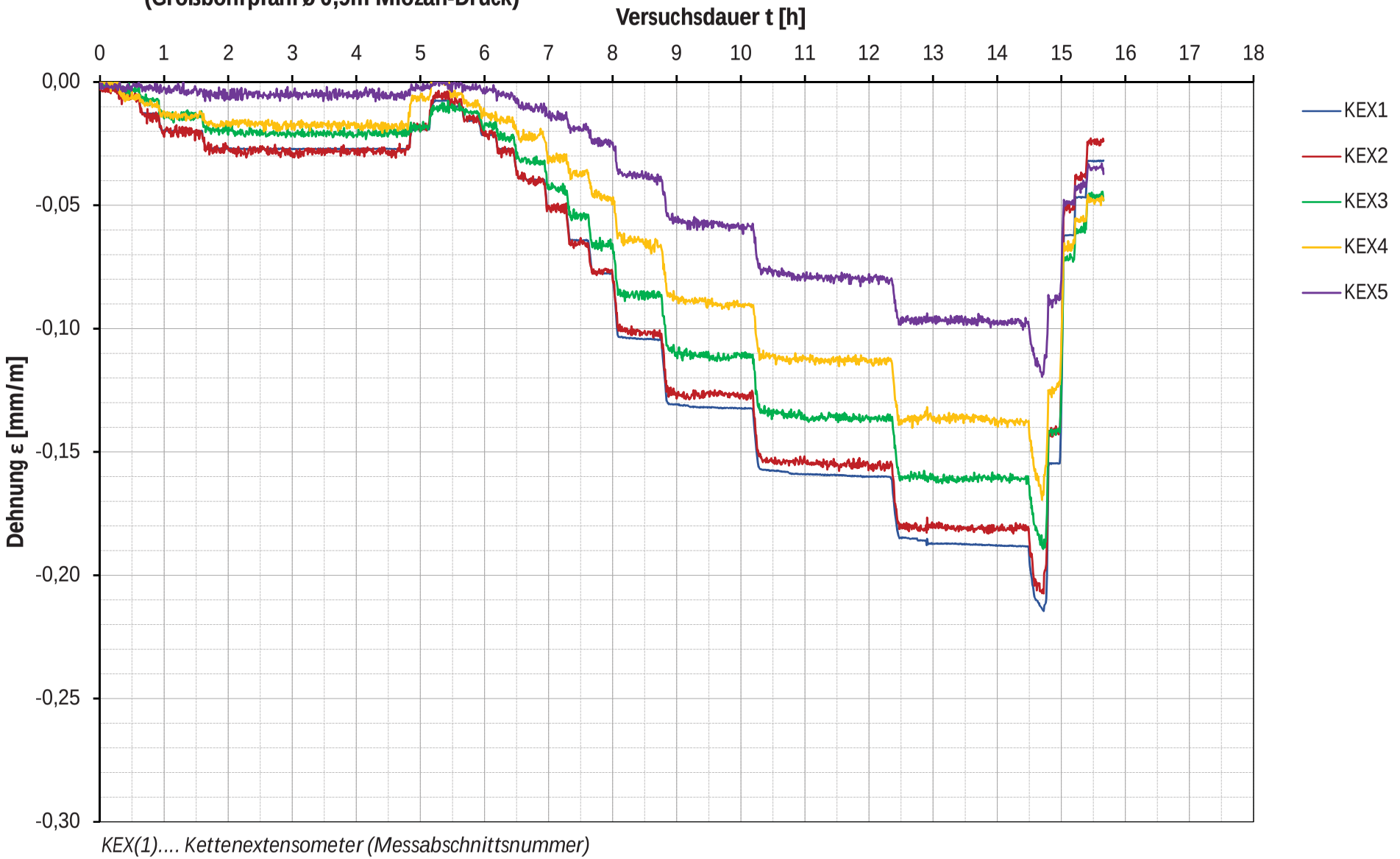
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 150,81 m	H: 144,39 m	H: 143,20 m	H: 142,01 m	H: 140,82 m	H: 150,81 m	H: 144,39 m	H: 143,20 m	H: 142,01 m	H: 140,82 m
1	09:08	-239	-0,0065	-0,0076	-0,0040	-0,0049	-0,0002	-0,0065	-0,0076	-0,0040	-0,0049	-0,0002
2	09:27	-426	-0,0127	-0,0145	-0,0074	-0,0096	-0,0022	-0,0127	-0,0145	-0,0074	-0,0096	-0,0022
3	10:06	-611	-0,0199	-0,0203	-0,0142	-0,0130	-0,0038	-0,0199	-0,0203	-0,0142	-0,0130	-0,0038
4	13:15	-800	-0,0272	-0,0284	-0,0220	-0,0187	-0,0065	-0,0272	-0,0284	-0,0220	-0,0187	-0,0065
5	13:35	-425	-0,0191	-0,0173	-0,0182	-0,0068	-0,0032	-0,0191	-0,0173	-0,0182	-0,0068	-0,0032
6	13:55	-55	-0,0074	-0,0059	-0,0106	0,0004	0,0003	-0,0074	-0,0059	-0,0106	0,0004	0,0003
7	14:11	-238	-0,0100	-0,0107	-0,0114	-0,0050	-0,0006	-0,0100	-0,0107	-0,0114	-0,0050	-0,0006
8	14:26	-422	-0,0156	-0,0141	-0,0124	-0,0095	-0,0024	-0,0156	-0,0141	-0,0124	-0,0095	-0,0024
9	14:40	-614	-0,0215	-0,0221	-0,0193	-0,0135	-0,0042	-0,0215	-0,0221	-0,0193	-0,0135	-0,0042
10	14:55	-797	-0,0273	-0,0283	-0,0239	-0,0140	-0,0051	-0,0273	-0,0283	-0,0239	-0,0140	-0,0051
11	15:23	-1124	-0,0398	-0,0385	-0,0333	-0,0212	-0,0106	-0,0398	-0,0385	-0,0333	-0,0212	-0,0106
12	15:47	-1450	-0,0516	-0,0532	-0,0422	-0,0318	-0,0135	-0,0516	-0,0532	-0,0422	-0,0318	-0,0135
13	16:07	-1774	-0,0640	-0,0659	-0,0536	-0,0362	-0,0169	-0,0640	-0,0659	-0,0536	-0,0362	-0,0169
14	16:30	-2098	-0,0776	-0,0763	-0,0638	-0,0479	-0,0238	-0,0776	-0,0763	-0,0638	-0,0479	-0,0238
15	17:16	-2753	-0,1044	-0,1007	-0,0869	-0,0668	-0,0402	-0,1044	-0,1007	-0,0869	-0,0668	-0,0402
16	18:42	-3406	-0,1324	-0,1270	-0,1116	-0,0914	-0,0601	-0,1324	-0,1270	-0,1116	-0,0914	-0,0601
17	20:52	-4048	-0,1601	-0,1541	-0,1372	-0,1122	-0,0802	-0,1601	-0,1541	-0,1372	-0,1122	-0,0802
18	23:00	-4700	-0,1884	-0,1806	-0,1625	-0,1377	-0,0972	-0,1884	-0,1806	-0,1625	-0,1377	-0,0972
19	23:15	-5390	-0,2143	-0,2059	-0,1894	-0,1675	-0,1187	-0,2143	-0,2059	-0,1894	-0,1675	-0,1187
21	23:30	-3397	-0,1547	-0,1411	-0,1417	-0,1215	-0,0886	-0,1547	-0,1411	-0,1417	-0,1215	-0,0886
22	23:44	-850	-0,0621	-0,0515	-0,0720	-0,0656	-0,0497	-0,0621	-0,0515	-0,0720	-0,0656	-0,0497
23	23:55	-464	-0,0468	-0,0385	-0,0597	-0,0564	-0,0426	-0,0468	-0,0385	-0,0597	-0,0564	-0,0426
24	00:11	-87	-0,0321	-0,0229	-0,0462	-0,0469	-0,0349	-0,0321	-0,0229	-0,0462	-0,0469	-0,0349

Prüfkörper: **B.M12**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Messwerte Kettenextensometer

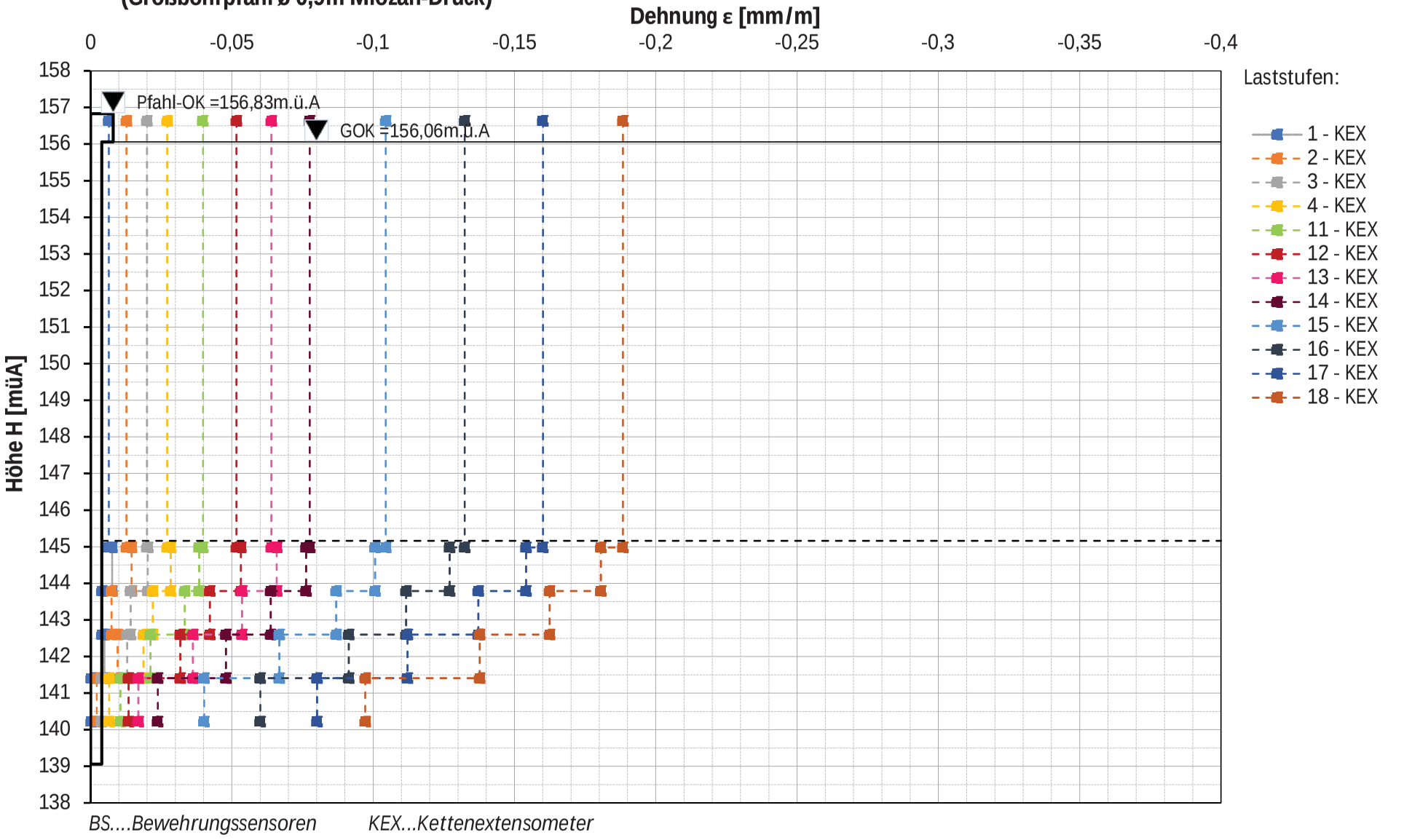


KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.M12**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



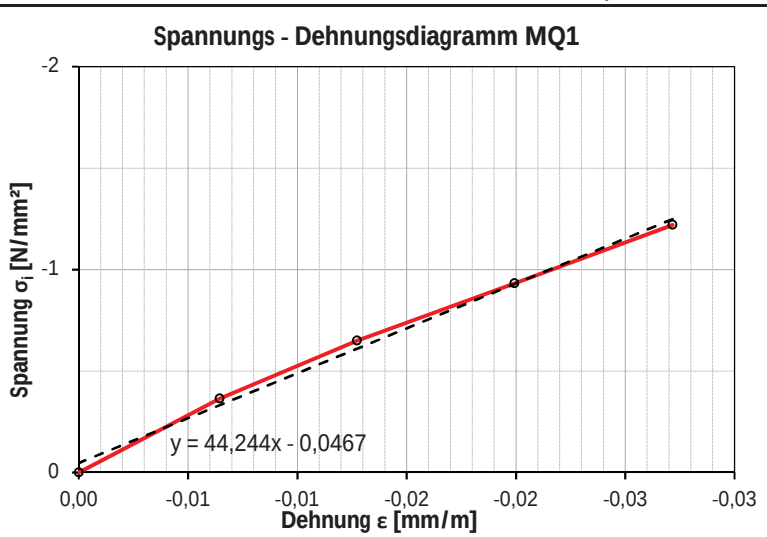
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.M12 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	KEX1 ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-239,26	-0,36	-0,00645
2	-426,31	-0,65	-0,01273
3	-611,08	-0,93	-0,01993
4	-800,38	-1,22	-0,02716

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	44,24 N/mm²
Querschnittsnummer:	8
E-Modul Beton E_c=	**35,04 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	914	156,06	145,16	0,00	11942,05	23263,18	620913,25
2	Prüfstrecke	900	145,16	139,06	0,00	10506,28	492,88	625173,35
8	mittel KEX1	914	156,63	144,98	0,00	11942,05	23263,18	620913,25
9	mittel KEX2	900	144,98	143,79	0,00	13370,62	492,88	622309,01
10	mittel KEX3	900	143,79	142,6	0,00	11978,60	492,88	623701,03
11	mittel KEX4	900	142,6	141,41	0,00	9645,12	492,88	626034,51
12	mittel KEX5	900	141,41	140,22	0,00	6999,47	492,88	628680,16

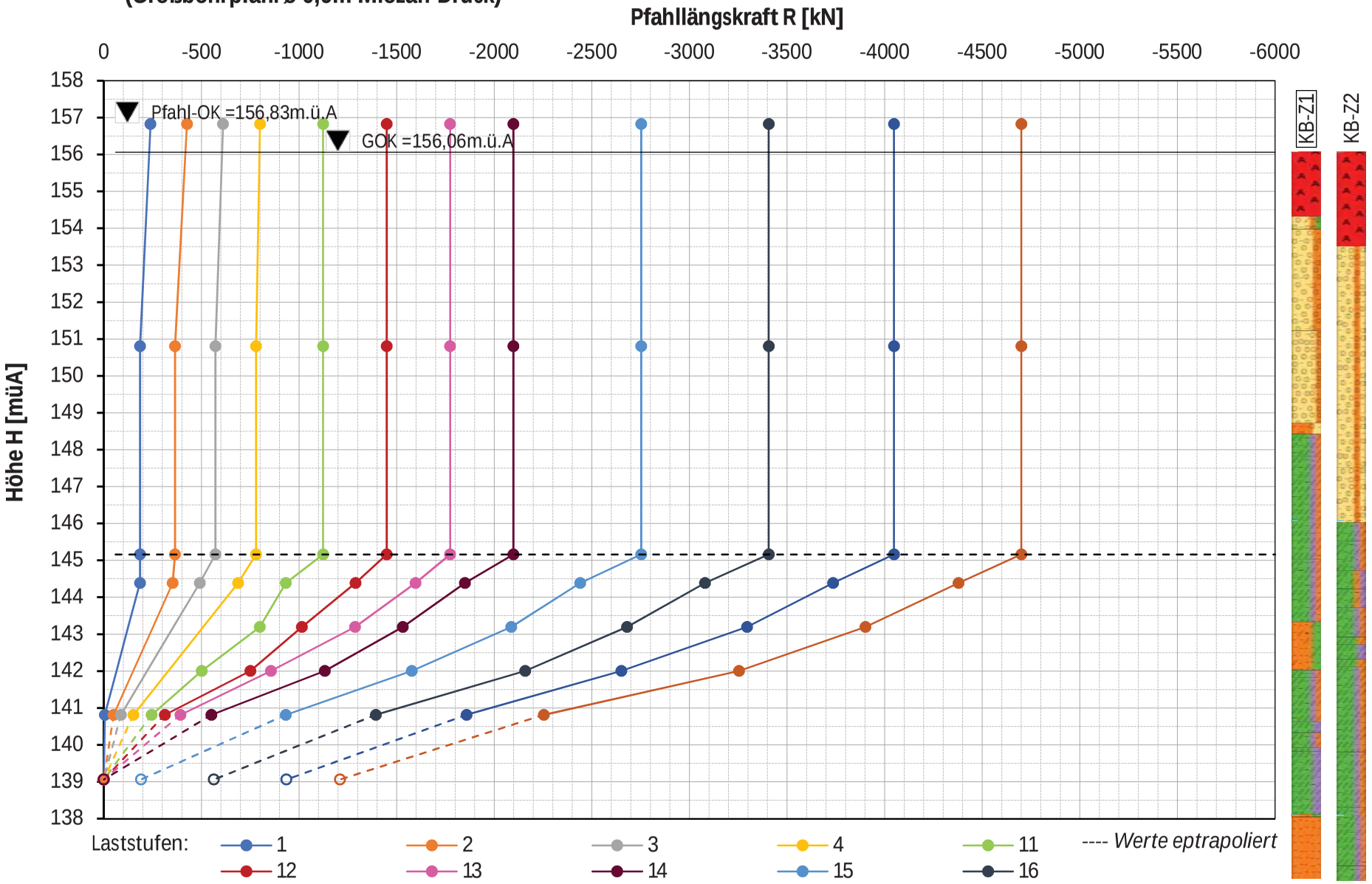
Prüfkörper: **B.M12 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN]	$F_{m,MQ1}$ [kN]	$F_{m,OK-PS}$ [kN]	$F_{m,MQ2}$ [kN]	$F_{m,MQ3}$ [kN]	$F_{m,MQ4}$ [kN]	$F_{m,MQ5}$ [kN]	$R_{b,m}$ [kN]	$R_{s,m}$ [kN]
		H: 156,83 m	H: 150,81 m	H: 145,16 m	H: 144,39 m	H: 143,20 m	H: 142,01 m	H: 140,82 m	H: 139,06 m	
1	09:08	-239	-185	-185	-185			-6	0	-239
2	09:27	-426	-365	-365	-352			-51	0	-426
3	10:06	-611	-572	-572	-492			-87	0	-611
4	13:15	-800	-779	-779	-688			-152	0	-800
7	14:11	-238	-287	-287	-260			-15	0	-238
8	14:26	-422	-448	-448	-343	-297	-224	-56	0	-422
9	14:40	-614	-617	-617	-536	-463	-320	-98	0	-614
10	14:55	-797	-784	-784	-685	-573	-331	-119	0	-797
11	15:23	-1124	-1124	-1124	-933	-800	-501	-245	0	-1124
12	15:47	-1450	-1450	-1450	-1290	-1015	-751	-312	0	-1450
13	16:07	-1774	-1774	-1774	-1597	-1287	-856	-392	0	-1774
14	16:30	-2098	-2098	-2098	-1850	-1532	-1132	-551	0	-2098
15	17:16	-2753	-2753	-2753	-2441	-2087	-1578	-932	-191	-2562
16	18:42	-3406	-3406	-3406	-3080	-2681	-2159	-1393	-564	-2842
17	20:52	-4048	-4048	-4048	-3736	-3296	-2651	-1859	-936	-3112
18	23:00	-4700	-4700	-4700	-4379	-3902	-3254	-2254	-1210	-3490

Prüfkörper: **B.M12**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

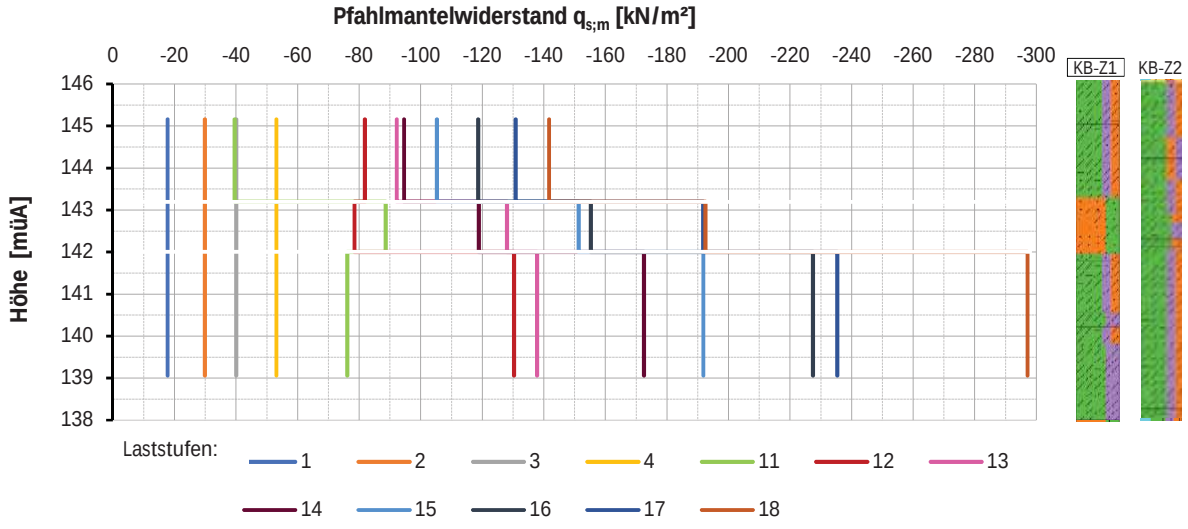


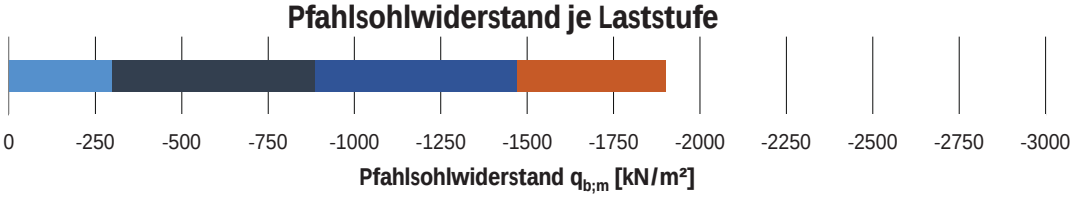
Prüfkörper: **B.M12** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,90 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-239,26	-0,10	-0,0001	-18	-18	-18	-18	
2	-426,31	-0,21	-0,0002	-30	-30	-30	-30	
3	-611,08	-0,35	-0,0004	-40	-40	-40	-40	
4	-800,38	-0,77	-0,0009	-53	-53	-53	-53	
5	-425,33	-0,88	-0,0010					
6	-54,67	-0,69	-0,0008					
7	-237,52	-0,63	-0,0007	-24	-24	-24	-24	
8	-422,27	-0,75	-0,0008	-14	-22	-50	-28	
9	-614,21	-0,80	-0,0009	-22	-42	-66	-43	
10	-797,15	-0,90	-0,0010	-33	-72	-63	-56	
11	-1123,52	-1,26	-0,0014	-40	-89	-76	-68	
12	-1449,64	-1,67	-0,0019	-82	-78	-130	-97	
13	-1774,35	-2,35	-0,0026	-92	-128	-138	-119	
14	-2098,46	-3,39	-0,0038	-95	-119	-173	-129	
15	-2753,14	-8,99	-0,0100	-105	-151	-192	-149	-300
16	-3406,27	-21,26	-0,0236	-119	-155	-227	-167	-887
17	-4048,03	-44,17	-0,0491	-131	-192	-235	-186	-1.471
18	-4700,38	-87,78	-0,0975	-142	-193	-297	-210	-1.902
19	-5390,27	-175,94	-0,1955					

Prüfkörper: **B.M12** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

V E R S U C H S A U S W E R T U N G

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **02.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.M13**
Prüffeld:	1
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Miozän
Herstellungsverfahren:	Schneckenortbetonpfahl (SOB)

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	17
Prüfdatum:	08.08.2017
Versuchsbeginn:	08:45 Uhr
Versuchsende:	00:03 Uhr
Wetterbedingungen:	7:00h bewölkt, 20°C
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:

Pfahldurchmesser D=	900,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	636172,51	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,87	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,10	müA
OK Prüfstrecke (PS):	145,20	müA
UK Pfahl:	139,10	müA
Länge ohne Mantelreibung:	11,67	m
Länge Prüfstrecke:	6,10	m
Pfahllänge:	17,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30 / BS-TB1**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	35,86	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	ja
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein

		Sensornummer:		Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1		156,70 müA
GOK	MQ1	BS1.1	BS2.1	155,66 müA
keine Mantelreibung				
OK PS		KEX2		145,05 müA
Prüfstrecke	MQ2	BS2.1	BS2	144,81 müA
		KEX3		143,86 müA
	MQ3	BS3.1	BS3.2	143,41 müA
		KEX4		142,67 müA
	MQ4	BS4.1	BS4.2	142,01 müA
		KEX5		141,48 müA
	MQ5	BS5.1	BS5.2	140,86 müA
UK Pfahl				0,00 müA

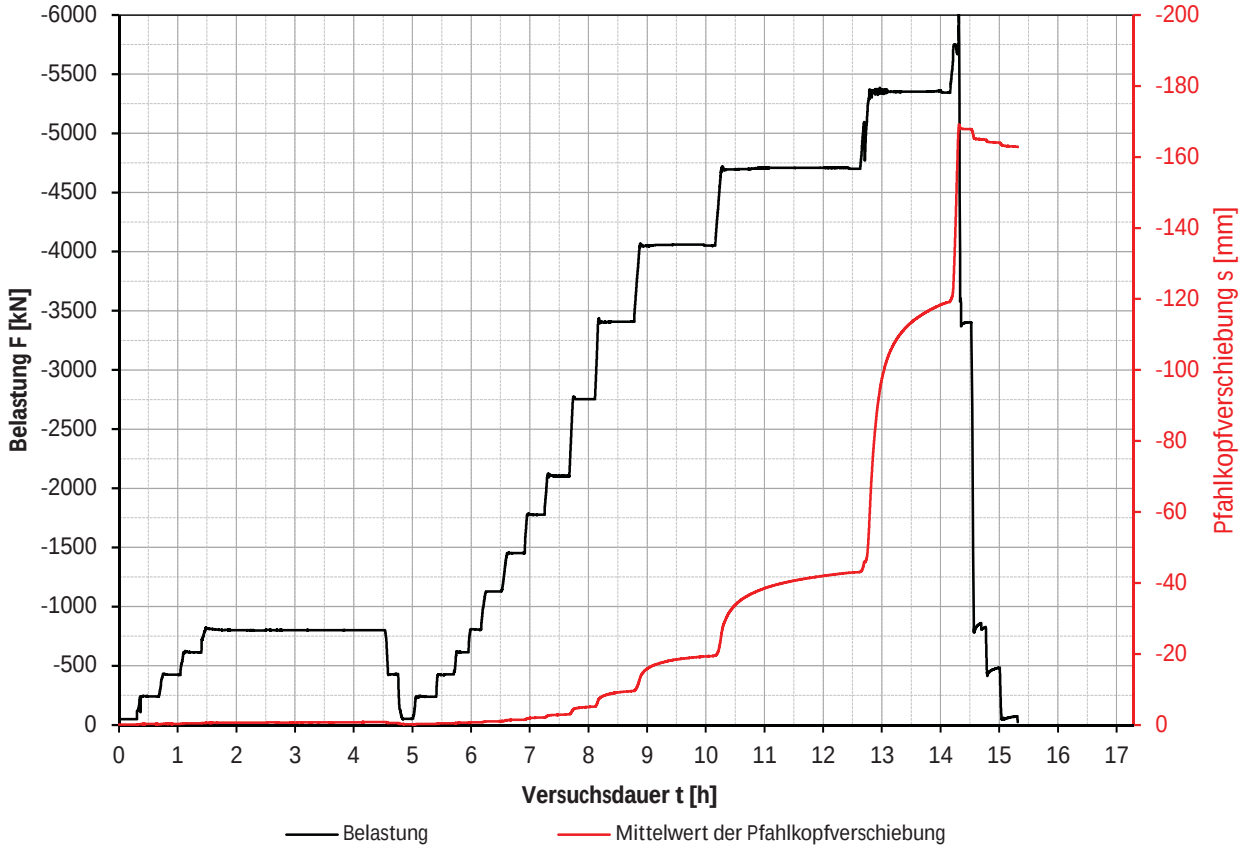
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

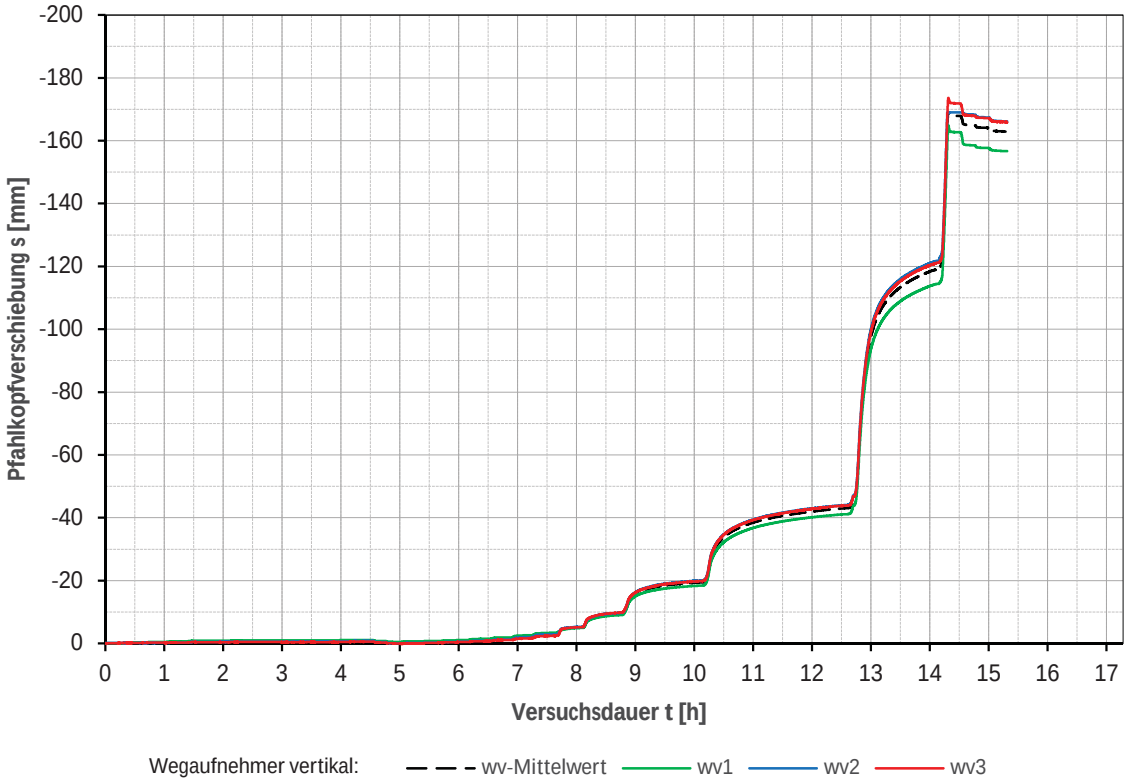
Anmerkungen:

E-Modul:
Berechnung mit LS 1-14, darüber Steifigkeitsverlust im Querschnitt MQ1.

Prüfkörper: **B.M13 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M13 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M13** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

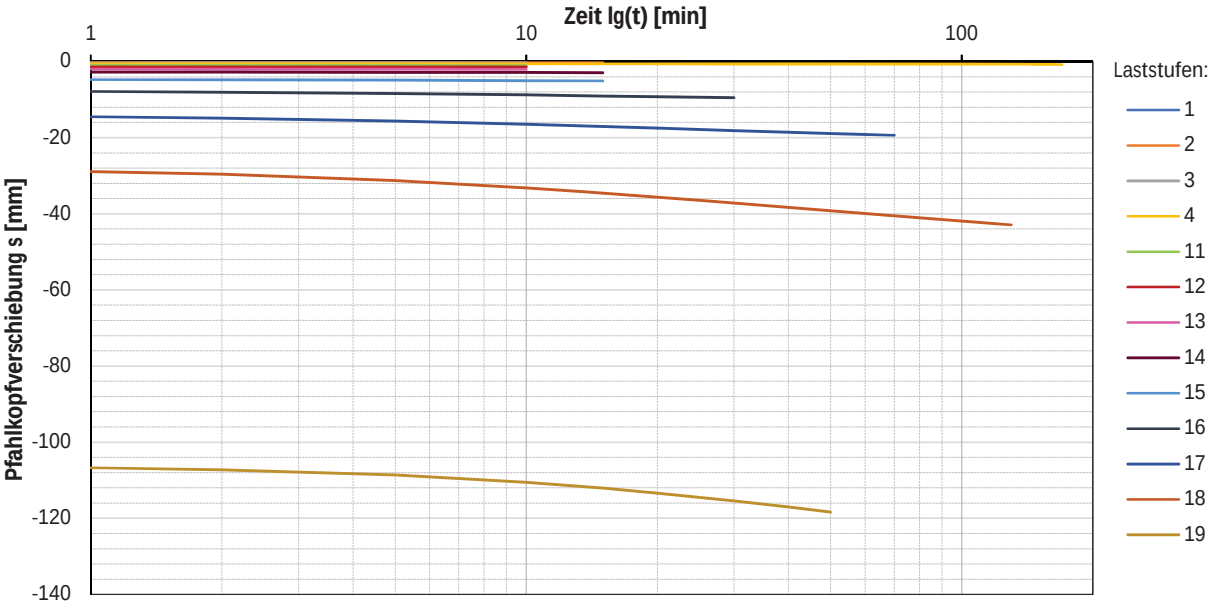
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y **[mm]**
0	08:45	09:00	-50	-48	-0,10																		
1	09:10	09:25	-238	-239	-0,22	-0,25	-0,25	-0,24	-0,23										2	10	-0,25	-0,23	**0,02**
2	09:31	09:46	-425	-423	-0,30	-0,32	-0,32	-0,32	-0,31	-0,30									5	15	-0,32	-0,30	**0,04**
3	09:53	10:08	-613	-612	-0,43	-0,44	-0,44	-0,44	-0,43										2	10	-0,44	-0,43	**0,02**
4	10:15	13:15	-800	-801	-0,80	-0,60	-0,60	-0,59	-0,59	-0,60	-0,61	-0,62	-0,67	-0,70	-0,73	-0,77	-0,80		130	170	-0,67	-0,80	**-1,10**
5	13:20	13:30	-425	-429	-0,52	-0,52	-0,53	-0,52															
6	13:35	13:45	-50	-53	-0,16	-0,23	-0,22	-0,20															
7	13:49	14:06	-238	-237	-0,26	-0,27	-0,26	-0,30	-0,28	-0,27													
8	14:12	14:26	-425	-426	-0,46	-0,42	-0,43	-0,43	-0,45										2	10	-0,43	-0,45	**-0,03**
9	14:31	14:42	-613	-614	-0,61	-0,60	-0,59	-0,62	-0,61										1	5	-0,60	-0,62	**-0,03**
10	14:45	14:55	-800	-804	-0,73	-0,73	-0,73	-0,74											1	5	-0,73	-0,74	**-0,02**
11	15:00	15:15	-1125	-1127	-1,04	-1,00	-1,01	-1,01	-1,04										2	10	-1,01	-1,04	**-0,04**
12	15:23	15:38	-1450	-1453	-1,44	-1,39	-1,41	-1,41	-1,43										2	10	-1,41	-1,43	**-0,02**
13	15:45	16:00	-1775	-1777	-2,10	-1,95	-1,98	-2,02	-2,08										2	10	-1,98	-2,08	**-0,13**
14	16:06	16:24	-2100	-2103	-2,95	-2,76	-2,77	-2,81	-2,87	-2,92									5	15	-2,81	-2,92	**-0,23**
15	16:32	16:51	-2750	-2754	-5,15	-4,73	-4,78	-4,89	-5,01	-5,10									5	15	-4,89	-5,10	**-0,45**
16	16:57	17:30	-3400	-3409	-9,55	-7,86	-8,03	-8,36	-8,75	-9,03	-9,23	-9,48							15	30	-9,03	-9,48	**-1,49**
17	17:39	18:53	-4050	-4050	-19,44	-14,48	-14,84	-15,63	-16,49	-17,04	-17,49	-18,16	-19,17						50	70	-18,92	-19,36	**-3,05**
18	19:03	21:22	-4700	-4701	-43,13	-28,93	-29,61	-31,27	-33,21	-34,57	-35,60	-37,13	-39,91	-42,62					110	130	-42,27	-42,90	**-8,63**
19	21:55	22:54	-5350	-5345	-119,10	-106,72	-107,25	-108,62	-110,53	-112,09	-113,38	-115,42							30	50	-115,42	-118,37	**-13,27**
20	23:03	23:04	-6000	-5837	-169,13																		
21	23:05	23:15	-3400	-3402	-167,87	-168,00	-167,92	-167,89															
22	23:19	23:29	-800	-819	-164,93	-165,18	-165,12	-165,02															
23	23:33	23:43	-425	-480	-164,09	-164,23	-164,20	-164,14															
24	23:48	00:03	-50	-73	-162,92	-163,21	-163,16	-163,05	-162,99														

Prüfkörper: **B.M13**

Zeitverformung

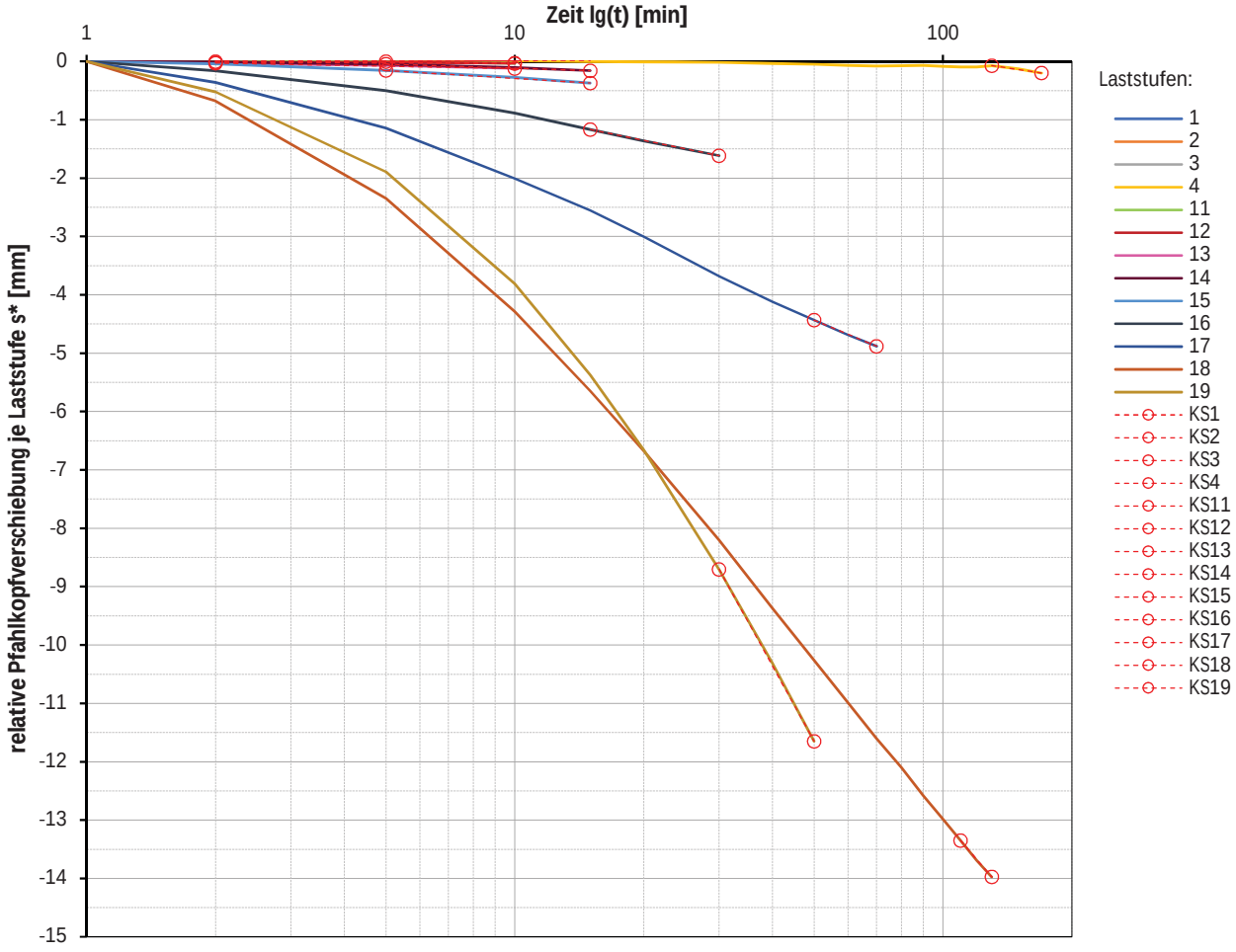
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M13**

relative Zeitverformung je Laststufe

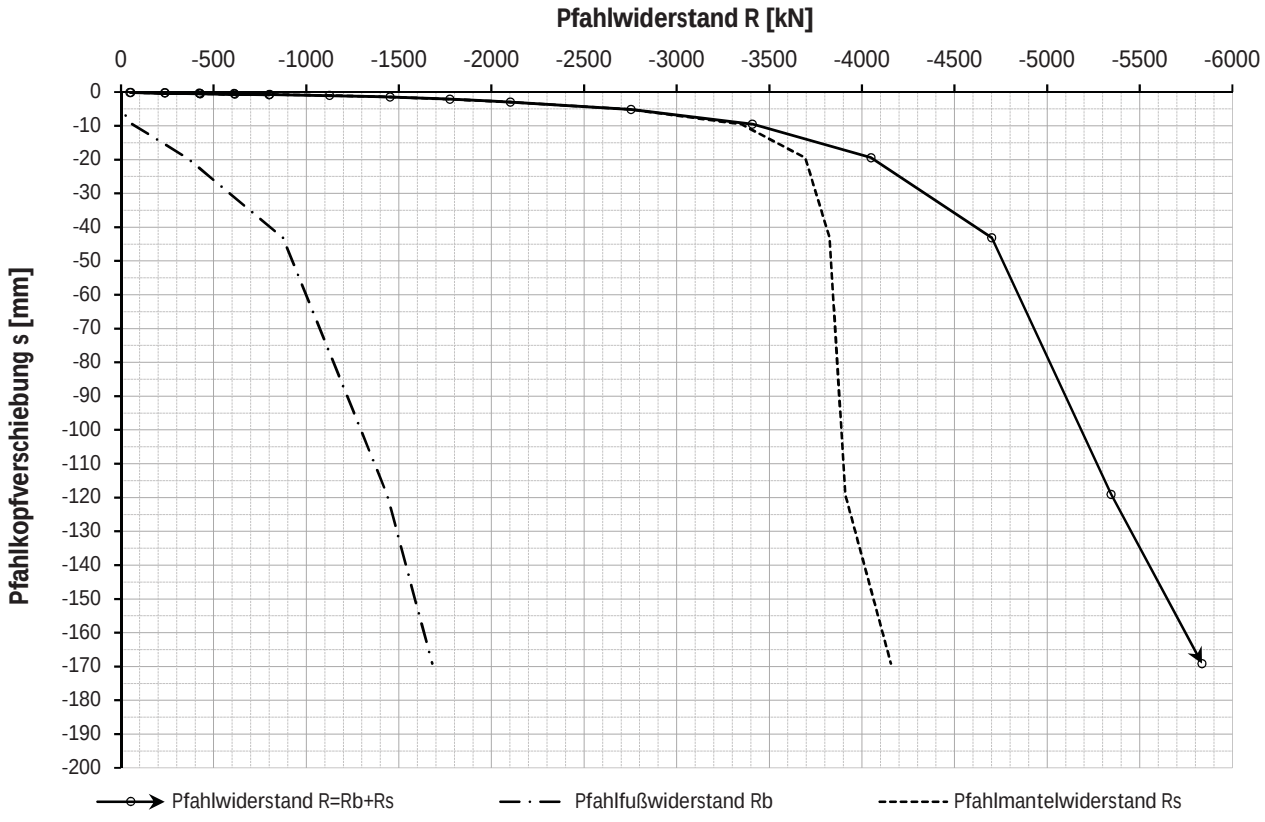
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

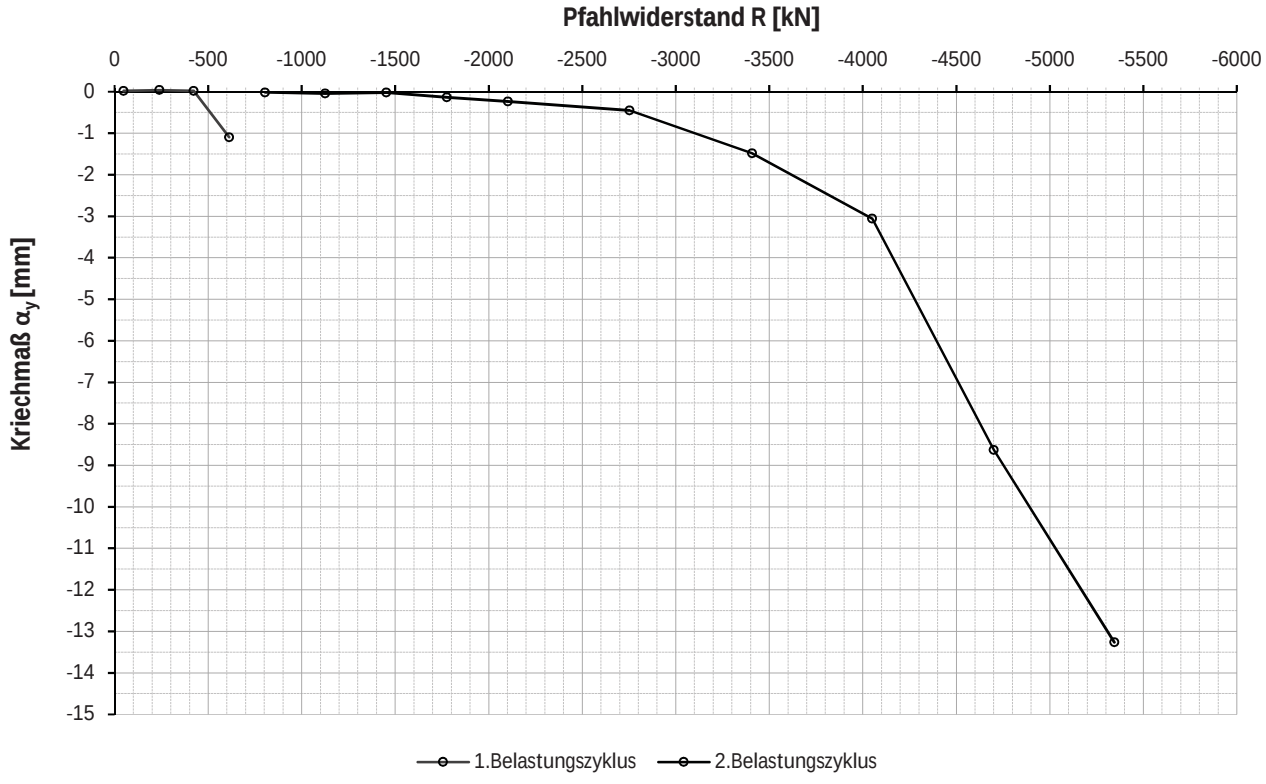
Prüfkörper: **B.M13** **Widerstands-Verschiebungslinie**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M13** **Widerstands-Kriechmaßlinie**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M13** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 150,88 m	H: 144,46 m	H: 143,27 m	H: 142,08 m	H: 140,89 m	H: 150,88 m	H: 144,46 m	H: 143,27 m	H: 142,08 m	H: 140,89 m
1	09:25	-239	-0,0074	-0,0069	0,0022	-0,0060	0,0021	-0,0074	-0,0069	0,0022	-0,0060	0,0021
2	09:46	-423	-0,0142	-0,0140	0,0116	-0,0115	0,0006	-0,0142	-0,0140	0,0116	-0,0115	0,0006
3	10:08	-612	-0,0206	-0,0210	-0,0125	-0,0205	-0,0032	-0,0206	-0,0210	-0,0125	-0,0205	-0,0032
4	13:15	-801	-0,0275	-0,0317	-0,0001	-0,0272	-0,0030	-0,0275	-0,0317	-0,0001	-0,0272	-0,0030
5	13:30	-429	-0,0200	-0,0206	0,0008	-0,0190	-0,0048	-0,0200	-0,0206	0,0008	-0,0190	-0,0048
6	13:45	-53	-0,0091	-0,0055	0,0018	-0,0075	0,0019	-0,0091	-0,0055	0,0018	-0,0075	0,0019
7	14:06	-237	-0,0114	-0,0090	0,0001	-0,0134	0,0002	-0,0114	-0,0090	0,0001	-0,0134	0,0002
8	14:26	-426	-0,0163	-0,0163	0,0005	-0,0158	-0,0041	-0,0163	-0,0163	0,0005	-0,0158	-0,0041
9	14:42	-614	-0,0218	-0,0226	-0,0002	-0,0237	-0,0051	-0,0218	-0,0226	-0,0002	-0,0237	-0,0051
10	14:55	-804	-0,0276	-0,0317	0,0005	-0,0266	-0,0060	-0,0276	-0,0317	0,0005	-0,0266	-0,0060
11	15:15	-1127	-0,0376	-0,0439	0,0001	-0,0384	-0,0087	-0,0376	-0,0439	0,0001	-0,0384	-0,0087
12	15:38	-1453	-0,0493	-0,0583	-0,0038	-0,0444	-0,0113	-0,0493	-0,0583	-0,0038	-0,0444	-0,0113
13	16:00	-1777	-0,0611	-0,0690	-0,0102	-0,0529	-0,0154	-0,0611	-0,0690	-0,0102	-0,0529	-0,0154
14	16:24	-2103	-0,0734	-0,0770	-0,0190	-0,0580	-0,0196	-0,0734	-0,0770	-0,0190	-0,0580	-0,0196
15	16:51	-2754	-0,0988	-0,1031	-0,0351	-0,0669	-0,0254	-0,0988	-0,1031	-0,0351	-0,0669	-0,0254
16	17:30	-3409	-0,1251	-0,1255	-0,0559	-0,0834	-0,0372	-0,1251	-0,1255	-0,0559	-0,0834	-0,0372
17	18:53	-4050	-0,1516	-0,1499	-0,0831	-0,1035	-0,0564	-0,1516	-0,1499	-0,0831	-0,1035	-0,0564
18	21:22	-4701	-0,1788	-0,1784	-0,1164	-0,1367	-0,0818	-0,1788	-0,1784	-0,1164	-0,1367	-0,0818
19	22:54	-5345	-0,2039	-0,2039	-0,1481	-0,1683	-0,1091	-0,2039	-0,2039	-0,1481	-0,1683	-0,1091
20	23:04	-5837	-0,2085	-0,1977	-0,1620	-0,1684	-0,1190	-0,2085	-0,1977	-0,1620	-0,1684	-0,1190
21	23:15	-3402	-0,1486	-0,1394	-0,1220	-0,1307	-0,0926	-0,1486	-0,1394	-0,1220	-0,1307	-0,0926
22	23:29	-819	-0,0606	-0,0513	-0,0476	-0,0729	-0,0509	-0,0606	-0,0513	-0,0476	-0,0729	-0,0509
23	23:43	-480	-0,0477	-0,0399	-0,0359	-0,0630	-0,0431	-0,0477	-0,0399	-0,0359	-0,0630	-0,0431
24	00:03	-73	-0,0338	-0,0228	-0,0235	-0,0509	-0,0378	-0,0338	-0,0228	-0,0235	-0,0509	-0,0378

Prüfkörper: **B.M13** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

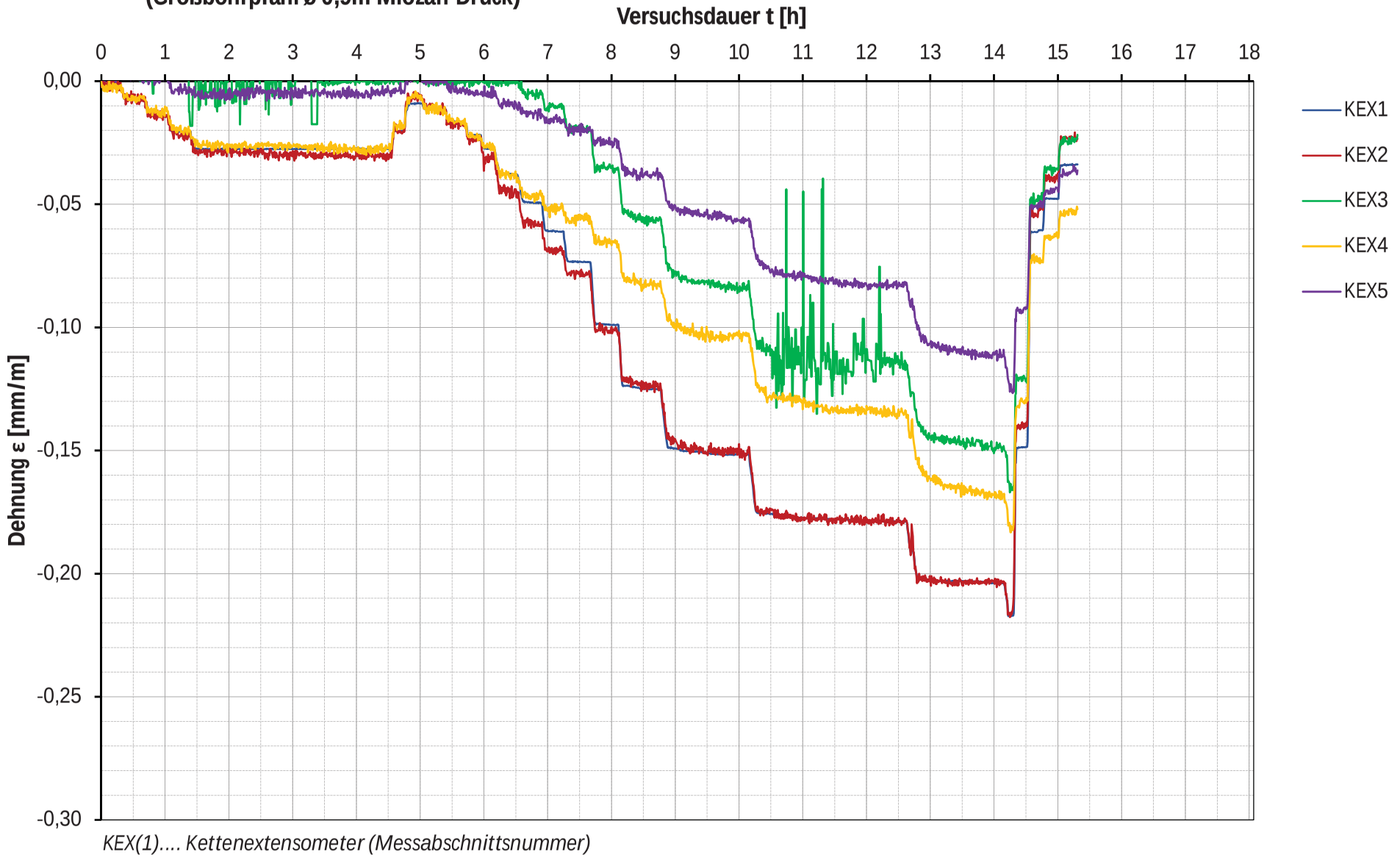
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Bewehrungssensoren (BS)

Laststufen			Messwerte - Bewehrungssensoren										korrigierte Messwerte - Bewehrungssensoren je MQ				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,BS1.1}$	$\varepsilon_{m,BS1.2}$	$\varepsilon_{m,BS2.1}$	$\varepsilon_{m,BS2.2}$	$\varepsilon_{m,BS3.1}$	$\varepsilon_{m,BS3.2}$	$\varepsilon_{m,BS4.1}$	$\varepsilon_{m,BS4.2}$	$\varepsilon_{m,BS5.1}$	$\varepsilon_{m,BS5.2}$	$\varepsilon_{m,BS1}$	$\varepsilon_{m,BS2}$	$\varepsilon_{m,BS3}$	$\varepsilon_{m,BS4}$	$\varepsilon_{m,BS5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,66 m	H: 144,81 m	H: 144,81 m	H: 144,81 m	H: 143,41 m	H: 143,41 m	H: 142,01 m	H: 142,01 m	H: 140,86 m	H: 140,86 m	H: 155,66 m	H: 144,81 m	H: 143,41 m	H: 142,01 m	H: 140,86 m
1	09:25	-239	-0,0086	-0,0073	-0,0079	-0,0066	-0,0096	-0,0081	-0,0060	-0,0056	-0,0058	-0,0035	-0,0079	-0,0081	-0,0058	-0,0032	-0,0023
2	09:46	-423	-0,0160	-0,0130	-0,0145	-0,0125	-0,0168	-0,0147	-0,0110	-0,0102	-0,0106	-0,0061	-0,0145	-0,0147	-0,0106	-0,0058	-0,0041
3	10:08	-612	-0,0237	-0,0192	-0,0215	-0,0190	-0,0245	-0,0217	-0,0167	-0,0154	-0,0160	-0,0094	-0,0215	-0,0217	-0,0160	-0,0091	-0,0062
4	13:15	-801	-0,0345	-0,0237	-0,0291	-0,0276	-0,0323	-0,0300	-0,0232	-0,0216	-0,0224	-0,0132	-0,0291	-0,0300	-0,0224	-0,0130	-0,0087
5	13:30	-429	-0,0201	-0,0132	-0,0166	-0,0144	-0,0204	-0,0174	-0,0138	-0,0138	-0,0138	-0,0081	-0,0166	-0,0174	-0,0138	-0,0080	-0,0053
6	13:45	-53	-0,0056	-0,0021	-0,0038	-0,0019	-0,0071	-0,0045	-0,0039	-0,0049	-0,0044	-0,0027	-0,0038	PRÜFEN	-0,0044	-0,0028	-0,0019
7	14:06	-237	-0,0126	-0,0073	-0,0100	-0,0076	-0,0133	-0,0105	-0,0082	-0,0091	-0,0087	-0,0051	-0,0100	-0,0105	-0,0087	-0,0052	-0,0035
8	14:26	-426	-0,0201	-0,0126	-0,0163	-0,0141	-0,0199	-0,0170	-0,0132	-0,0135	-0,0133	-0,0078	-0,0163	-0,0170	-0,0133	-0,0079	-0,0053
9	14:42	-614	-0,0275	-0,0178	-0,0226	-0,0199	-0,0271	-0,0235	-0,0179	-0,0178	-0,0178	-0,0106	-0,0226	-0,0235	-0,0178	-0,0104	-0,0071
10	14:55	-804	-0,0354	-0,0237	-0,0295	-0,0266	-0,0337	-0,0302	-0,0230	-0,0221	-0,0226	-0,0133	-0,0295	-0,0302	-0,0226	-0,0131	-0,0088
11	15:15	-1127	-0,0492	-0,0340	-0,0416	-0,0381	-0,0469	-0,0425	-0,0318	-0,0318	-0,0318	-0,0189	-0,0416	-0,0425	-0,0318	-0,0187	-0,0129
12	15:38	-1453	-0,0637	-0,0452	-0,0544	-0,0501	-0,0595	-0,0548	-0,0413	-0,0407	-0,0410	-0,0250	-0,0544	-0,0548	-0,0410	-0,0244	-0,0168
13	16:00	-1777	-0,0785	-0,0561	-0,0673	-0,0616	-0,0727	-0,0672	-0,0501	-0,0492	-0,0496	-0,0302	-0,0673	-0,0672	-0,0496	-0,0290	-0,0197
14	16:24	-2103	-0,0944	-0,0675	-0,0810	-0,0732	-0,0861	-0,0797	-0,0589	-0,0576	-0,0582	-0,0357	-0,0810	-0,0797	-0,0582	-0,0337	-0,0224
15	16:51	-2754	-0,1291	-0,0872	-0,1081	-0,1094	-0,0949	-0,1021	-0,0873	-0,0633	-0,0753	-0,0505	-0,1081	-0,1021	-0,0753	-0,0450	-0,0302
16	17:30	-3409	-0,1624	-0,1100	-0,1362	-0,1351	-0,1177	-0,1264	-0,1142	-0,0807	-0,0975	-0,0669	-0,1362	-0,1264	-0,0975	-0,0612	-0,0424
17	18:53	-4050	-0,1967	-0,1341	-0,1654	-0,1628	-0,1444	-0,1536	-0,1430	-0,1075	-0,1252	-0,0788	-0,1654	-0,1536	-0,1252	-0,0817	-0,0596
18	21:22	-4701	-0,2321	-0,1596	-0,1959	-0,1920	-0,1721	-0,1820	-0,1743	-0,1376	-0,1560	-0,0809	-0,1959	-0,1820	-0,1560	-0,1077	-0,0837
19	22:54	-5345	-0,2671	-0,1803	-0,2237	-0,2251	-0,1888	-0,2069	-0,2066	-0,1679	-0,1873	-0,0922	-0,2237	-0,2069	-0,1873	-0,1369	-0,1078
20	23:04	-5837	-0,2483	-0,2061	-0,2272	-0,2462	-0,1701	-0,2081	-0,2276	-0,1627	-0,1951	-0,0828	-0,2272	-0,2081	-0,1951	-0,1419	-0,1153
21	23:15	-3402	-0,1907	-0,1274	-0,1591	-0,1742	-0,1140	-0,1441	-0,1712	-0,1208	-0,1460	-0,0551	-0,1591	-0,1441	-0,1460	-0,1081	-0,0897
22	23:29	-819	-0,0778	-0,0504	-0,0641	-0,0843	-0,0128	-0,0485	-0,1009	-0,0420	-0,0715	-0,0141	-0,0641	-0,0485	-0,0715	-0,0546	-0,0501
23	23:43	-480	-0,0613	-0,0399	-0,0506	-0,0701	0,0003	-0,0349	-0,0904	-0,0304	-0,0604	-0,0085	-0,0506	-0,0349	-0,0604	-0,0466	-0,0447
24	00:03	-73	-0,0409	-0,0275	-0,0342	-0,0487	0,0113	-0,0187	-0,0744	-0,0184	-0,0464	-0,0011	-0,0342	-0,0187	-0,0464	-0,0363	-0,0374

Prüfkörper: **B.M13**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

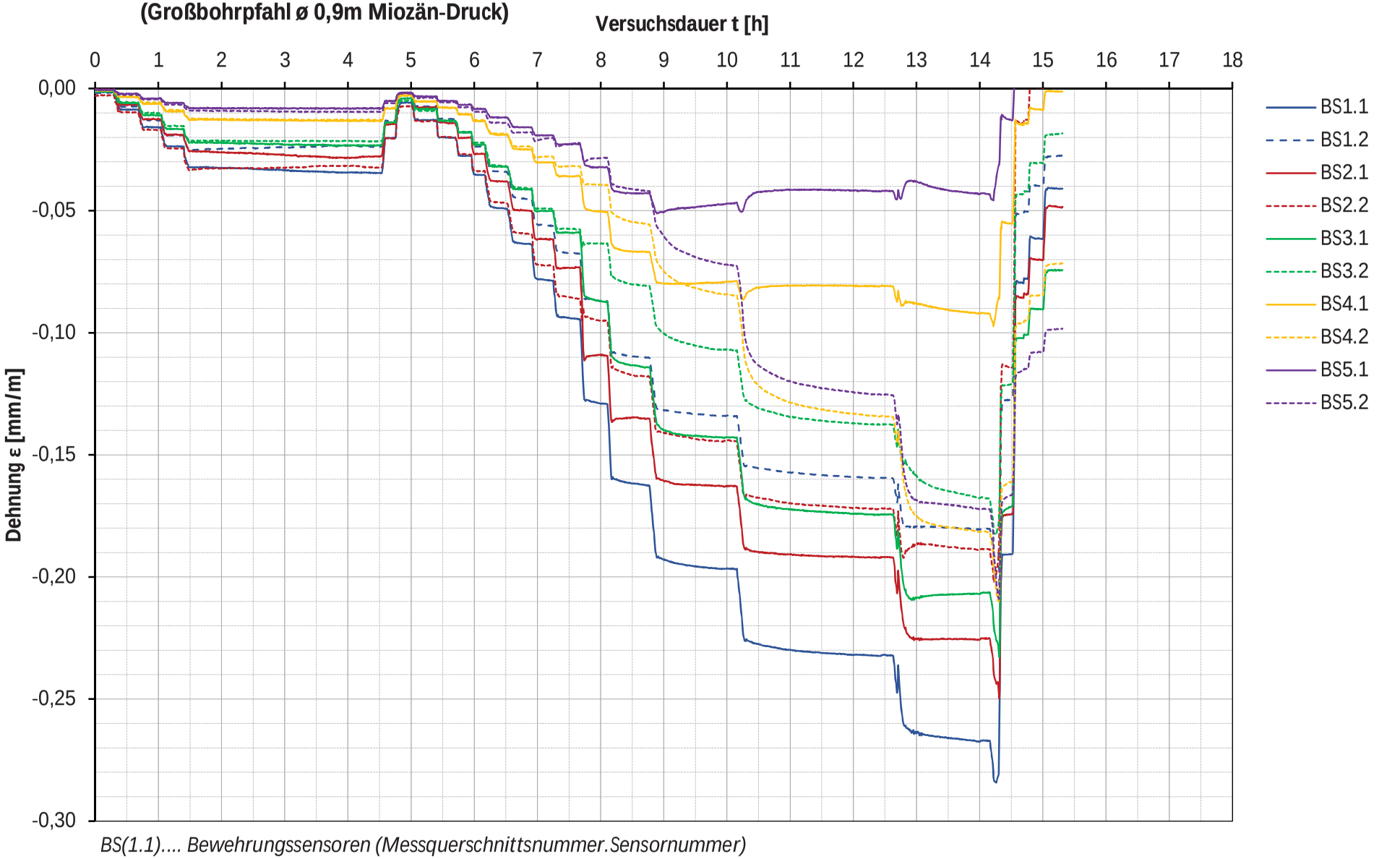
Messwerte Kettenextensometer



KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.M13**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Messwerte Bewehrungssensoren

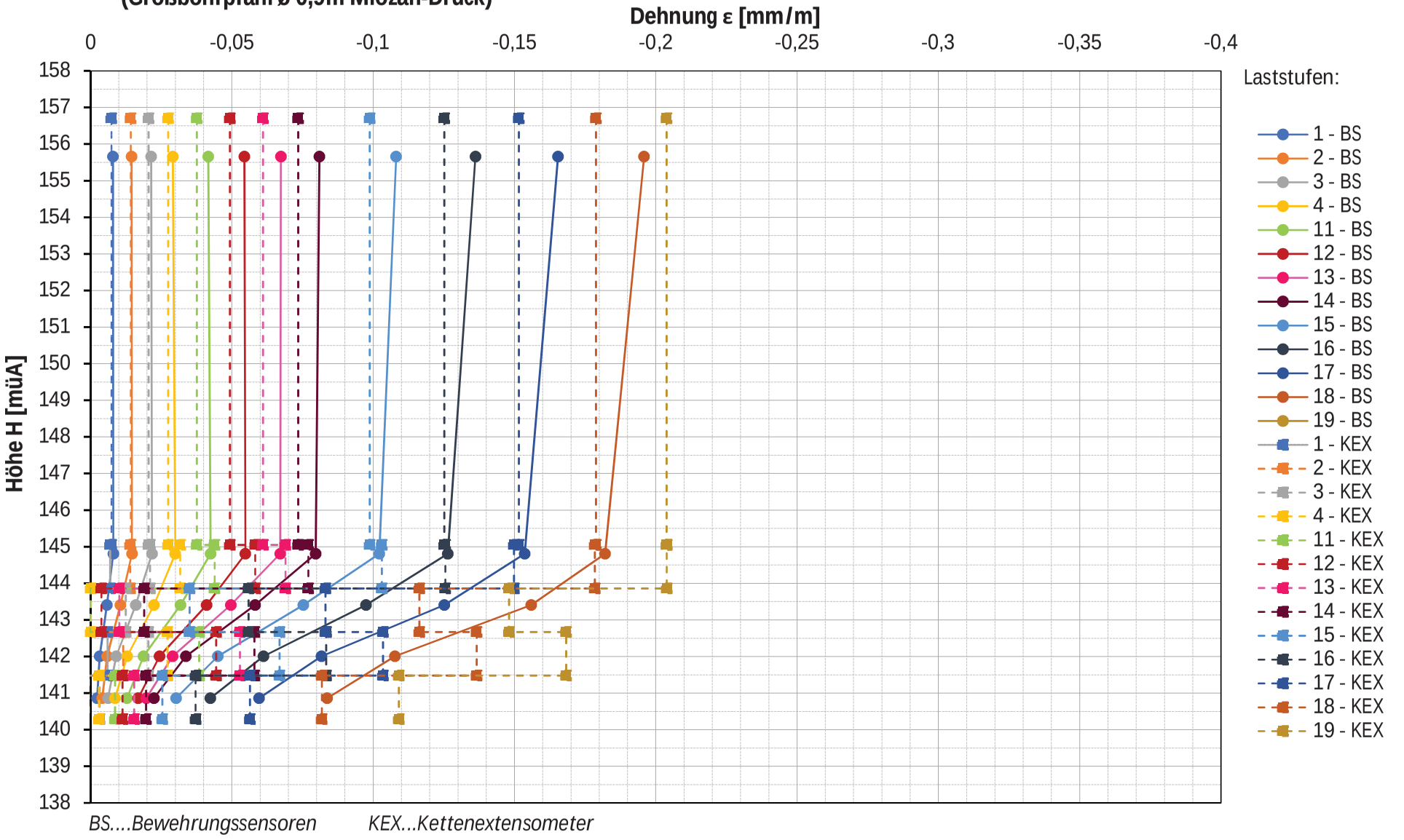


BS(1.1).... Bewehrungssensoren (Messquerschnittsnummer.Sensornummer)

Prüfkörper: **B.M13**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



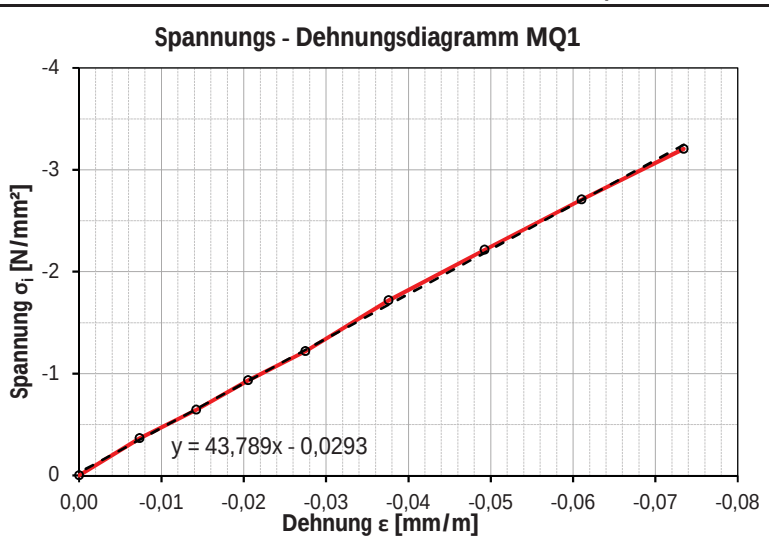
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.M13 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	BS1.MW ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-239,20	-0,36	-0,00737
2	-423,25	-0,65	-0,01423
3	-612,21	-0,93	-0,02056
4	-800,57	-1,22	-0,02751
11	-1127,20	-1,72	-0,03762
12	-1453,29	-2,21	-0,04929
13	-1777,00	-2,71	-0,06106
14	-2103,11	-3,21	-0,07344

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	43,79 N/mm²
Querschnittsnummer:	3
E-Modul Beton E_c=	**35,86 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	914	156,1	145,2	0,00	11942,05	23263,18	620913,25
2	Prüfstrecke	900	145,2	139,1	0,00	10506,28	492,88	625173,35
3	BS1	914	155,66	155,66	0,00	6999,47	23263,18	625855,83
4	BS2	900	144,81	144,81	0,00	13370,62	492,88	622309,01
5	BS3	900	143,41	143,41	0,00	13370,62	492,88	622309,01
6	BS4	900	142,005	142,005	0,00	10185,04	492,88	625494,59
7	BS5	900	140,86	140,86	0,00	6999,47	492,88	628680,16
8	mittel KEX1	914	156,7	145,05	0,00	11942,05	23263,18	620913,25
9	mittel KEX2	900	145,05	143,86	0,00	13370,62	492,88	622309,01
10	mittel KEX3	900	143,86	142,67	0,00	11978,60	492,88	623701,03
11	mittel KEX4	900	142,67	141,48	0,00	9645,12	492,88	626034,51
12	mittel KEX5	900	141,48	140,29	0,00	6999,47	492,88	628680,16

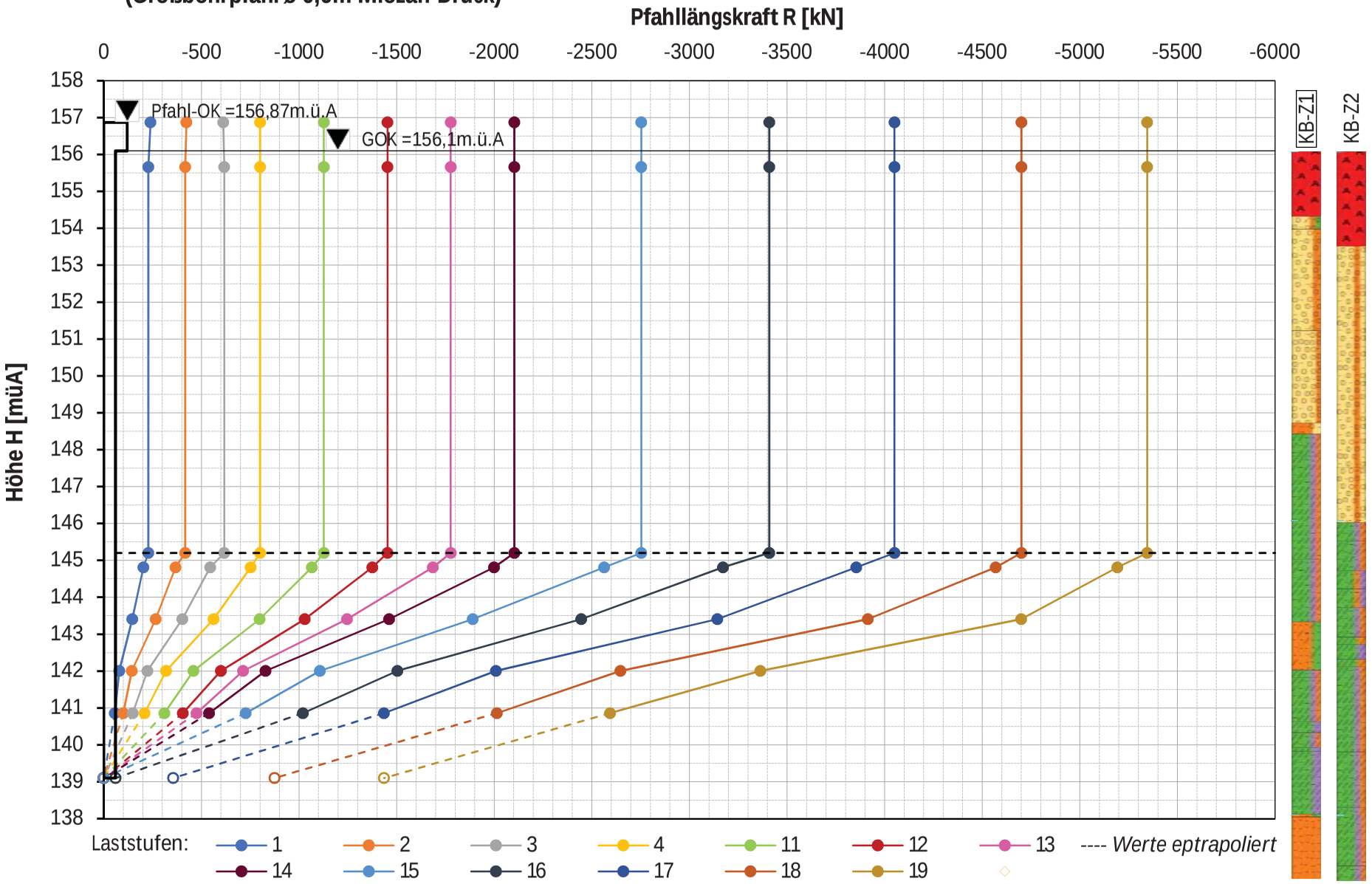
Prüfkörper: **B.M13 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN]	$F_{m,MQ1}$ [kN]	$F_{m,OK-PS}$ [kN]	$F_{m,MQ2}$ [kN]	$F_{m,MQ3}$ [kN]	$F_{m,MQ4}$ [kN]	$F_{m,MQ5}$ [kN]	$R_{b,m}$ [kN]	$R_{s,m}$ [kN]
		H: 156,87 m	H: 155,66 m	H: 145,20 m	H: 144,81 m	H: 143,41 m	H: 142,01 m	H: 140,86 m	H: 139,10 m	
1	09:25	-239	-228	-228	-203	-146	-79	-56		-239
2	09:46	-423	-416	-416	-368	-266	-143	-100		-423
3	10:08	-612	-617	-617	-546	-403	-223	-148		-612
4	13:15	-801	-801	-801	-752	-562	-318	-209		-801
7	14:06	-237	-237	-237	-263	-217	-129	-84		-233
8	14:26	-426	-426	-426	-426	-335	-194	-127		-426
9	14:42	-614	-614	-614	-589	-447	-256	-170		-614
10	14:55	-804	-804	-804	-757	-567	-323	-212		-804
11	15:15	-1127	-1127	-1127	-1066	-798	-459	-311		-1127
12	15:38	-1453	-1453	-1453	-1375	-1030	-599	-405		-1453
13	16:00	-1777	-1777	-1777	-1685	-1246	-714	-475		-1777
14	16:24	-2103	-2103	-2103	-1999	-1462	-829	-539		-2103
15	16:51	-2754	-2754	-2754	-2563	-1890	-1106	-727		-2754
16	17:30	-3409	-3409	-3409	-3172	-2446	-1504	-1019	-60	-3349
17	18:53	-4050	-4050	-4050	-3854	-3142	-2009	-1434	-356	-3694
18	21:22	-4701	-4701	-4701	-4568	-3914	-2646	-2013	-875	-3826
19	22:54	-5345	-5345	-5345	-5193	-4699	-3363	-2594	-1436	-3910

Prüfkörper: **B.M13**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

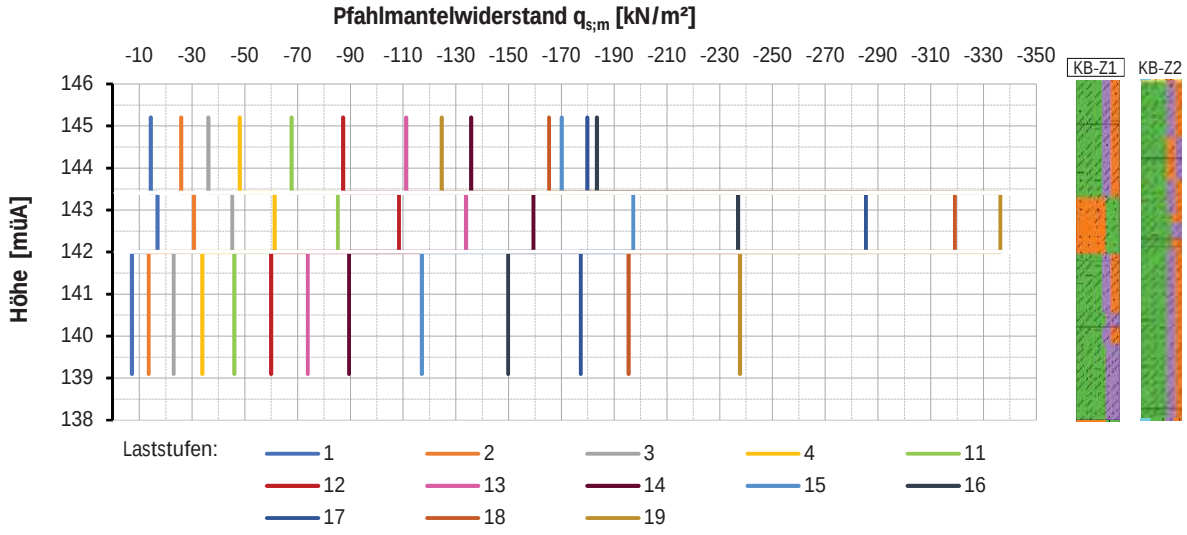


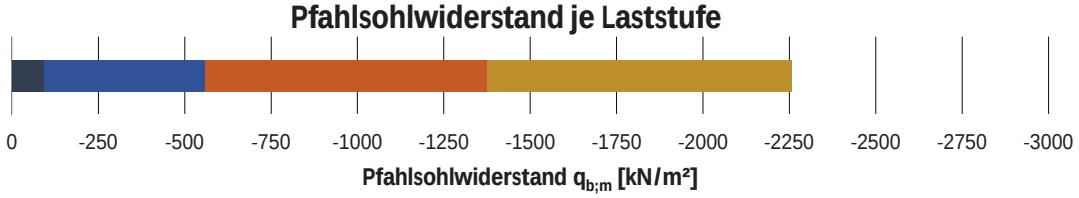
Prüfkörper: **B.M13** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,90 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-239,20	-0,22	-0,0002	-14	-17	-7	-13	
2	-423,25	-0,30	-0,0003	-26	-31	-14	-24	
3	-612,21	-0,43	-0,0005	-36	-45	-23	-36	
4	-800,57	-0,80	-0,0009	-48	-61	-34	-49	
5	-429,34	-0,52	-0,0006					
6	-53,45	-0,16	-0,0002					
7	-237,41	-0,26	-0,0003	-11	-22	-14	-16	
8	-426,26	-0,46	-0,0005	-23	-35	-21	-27	
9	-614,40	-0,61	-0,0007	-36	-48	-27	-38	
10	-804,23	-0,73	-0,0008	-48	-61	-34	-49	
11	-1127,20	-1,04	-0,0012	-68	-85	-46	-68	
12	-1453,29	-1,44	-0,0016	-87	-108	-60	-87	
13	-1777,00	-2,10	-0,0023	-111	-134	-74	-108	
14	-2103,11	-2,95	-0,0033	-136	-159	-89	-131	
15	-2753,58	-5,15	-0,0057	-170	-197	-117	-164	
16	-3409,20	-9,55	-0,0106	-183	-237	-150	-193	-95
17	-4050,41	-19,44	-0,0216	-180	-285	-177	-217	-560
18	-4700,83	-43,13	-0,0479	-165	-319	-195	-229	-1.376
19	-5345,32	-119,10	-0,1323	-125	-336	-238	-233	-2.257

Prüfkörper: **B.M13** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

V E R S U C H S A U S W E R T U N G

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **02.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.M14**
Prüffeld:	1
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Miozän
Herstellungsverfahren:	Schneckenortbetonpfahl (SOB)

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	20
Prüfdatum:	22.08.2017
Versuchsbeginn:	07:41 Uhr
Versuchsende:	00:21 Uhr
Wetterbedingungen:	7:00 15°C heiter
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:

Pfahldurchmesser D=	900,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	636172,51	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,86	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,09	müA
OK Prüfstrecke (PS):	145,19	müA
UK Pfahl:	139,09	müA
Länge ohne Mantelreibung:	11,67	m
Länge Prüfstrecke:	6,10	m
Pfahllänge:	17,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30 / BS-TB1**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	35,87	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	ja
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein

		Sensornummer:		Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1		156,68 müA
GOK	MQ1	BS1.1	BS2.1	155,65 müA
keine Mantelreibung				
OK PS		KEX2		145,01 müA
Prüfstrecke	MQ2	BS2.1	BS2	144,80 müA
		KEX3		143,82 müA
	MQ3	BS3.1	BS3.2	143,40 müA
		KEX4		142,63 müA
	MQ4	BS4.1	BS4.2	142,00 müA
		KEX5		141,44 müA
	MQ5	BS5.1	BS5.2	140,85 müA
UK Pfahl				

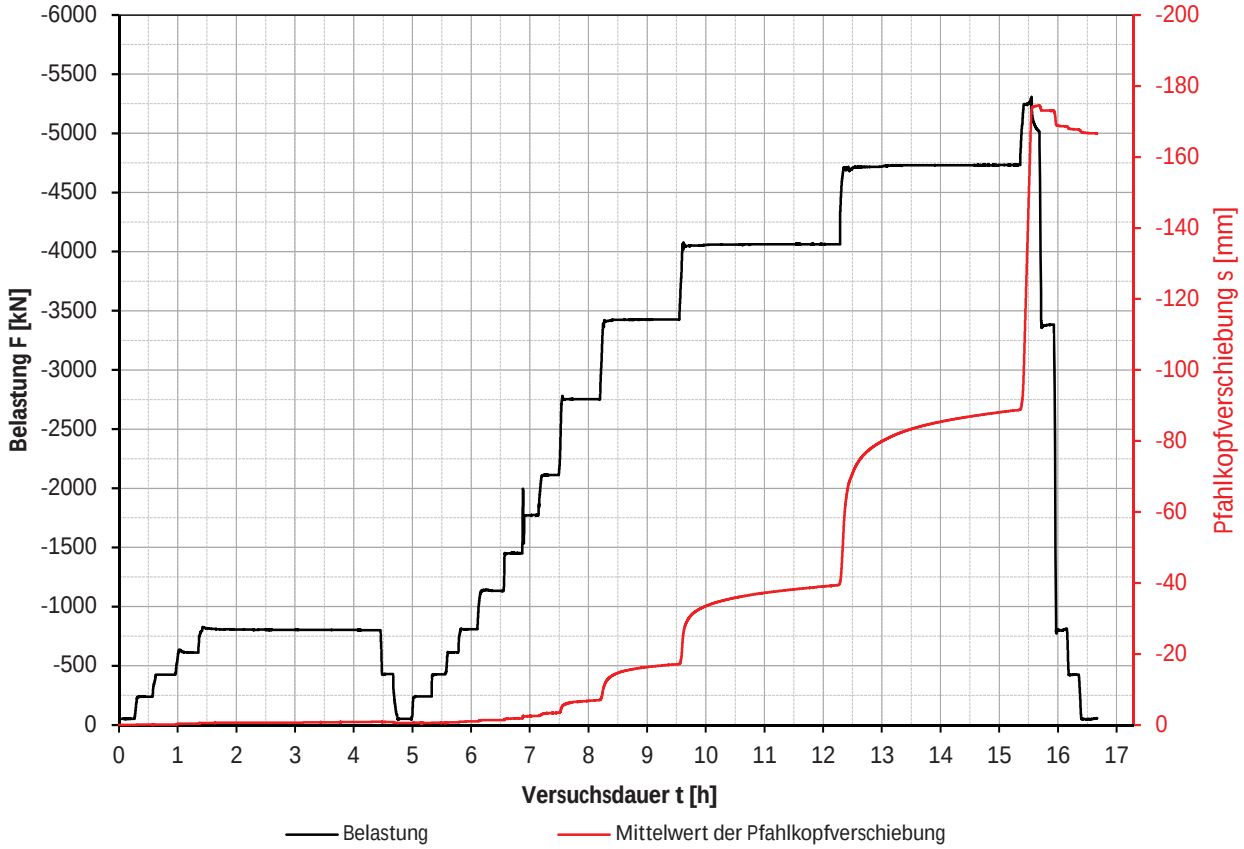
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

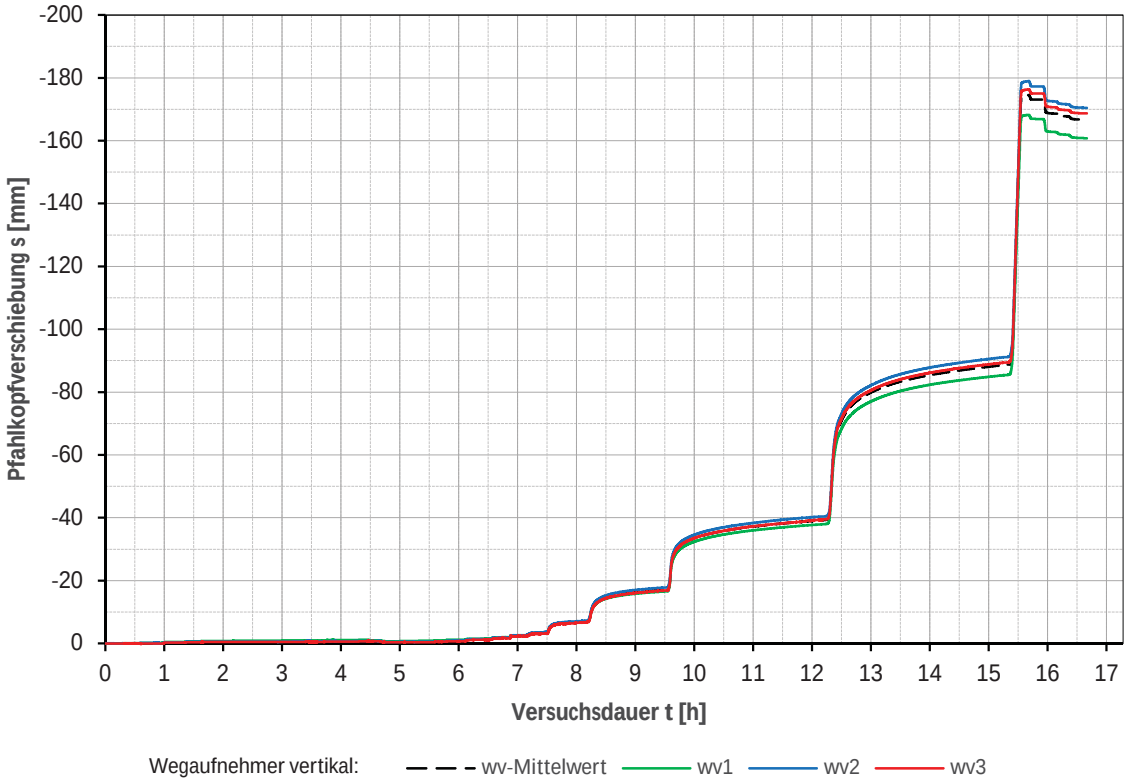
Anmerkungen:

Längskraftverlauf:
-Im MQ3 wurden die Werte zwischen MQ2 und MQ4 interpoliert.
E-Modul:
Berechnung mit LS 1-13, darüber Steifigkeitsverlust im Querschnitt MQ1.

Prüfkörper: **B.M14 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M14 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M14** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

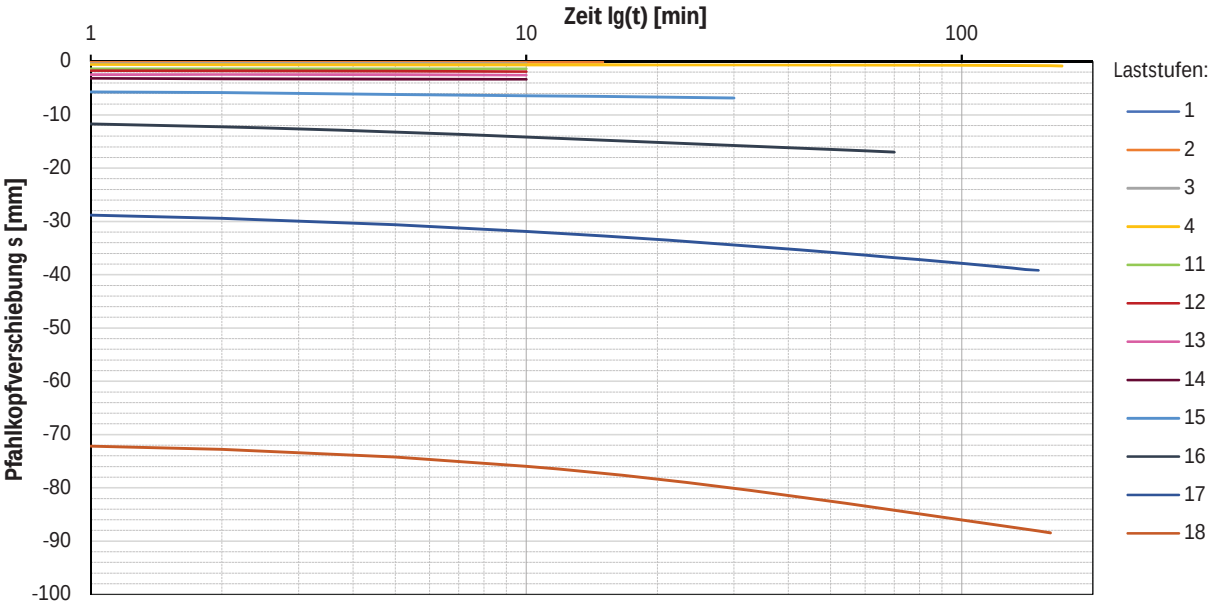
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y **[mm]**
0	07:41	07:56	-50	-52	0,00																		
1	08:00	08:15	-238	-238	-0,05	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07										2	10	-0,07	-0,07	**0,01**
2	08:20	08:36	-425	-425	-0,10	-0,11	-0,11	-0,11	-0,10	-0,11									10	15	-0,10	-0,11	**-0,01**
3	08:46	09:01	-613	-611	-0,37	-0,38	-0,37	-0,37	-0,37										2	10	-0,37	-0,37	**0,01**
4	09:08	12:08	-800	-800	-0,91	-0,56	-0,57	-0,57	-0,58	-0,60	-0,62	-0,62	-0,65	-0,76	-0,79	-0,78	-0,82		100	170	-0,67	-0,82	**-0,65**
5	12:11	12:21	-425	-431	-0,79	-0,82	-0,86	-0,81															
6	12:25	12:40	-50	-50	-0,53	-0,53	-0,53	-0,53	-0,53														
7	12:44	12:59	-238	-241	-0,55	-0,61	-0,61	-0,59	-0,57										0	0			
8	13:04	13:14	-425	-428	-0,58	-0,59	-0,60	-0,59											2	5	-0,60	-0,59	**0,01**
9	13:17	13:27	-613	-613	-0,73	-0,74	-0,74	-0,73											2	5	-0,74	-0,73	**0,03**
10	13:30	13:46	-800	-809	-0,97	-0,90	-0,91	-0,94	-0,97	-0,97									5	15	-0,94	-0,97	**-0,07**
11	13:57	14:12	-1125	-1133	-1,37	-1,37	-1,37	-1,38	-1,36										2	10	-1,37	-1,36	**0,01**
12	14:17	14:32	-1450	-1451	-1,82	-1,71	-1,73	-1,81	-1,88										2	10	-1,73	-1,88	**-0,20**
13	14:35	14:50	-1775	-1773	-2,49	-2,46	-2,43	-2,45	-2,53										2	10	-2,43	-2,53	**-0,14**
14	14:54	15:09	-2100	-2112	-3,39	-3,15	-3,24	-3,27	-3,35										2	10	-3,24	-3,35	**-0,15**
15	15:15	15:52	-2750	-2754	-7,03	-5,70	-5,84	-6,16	-6,44	-6,52	-6,64	-6,84							15	30	-6,52	-6,84	**-1,07**
16	15:57	17:12	-3400	-3426	-17,09	-11,70	-12,23	-13,22	-14,16	-14,74	-15,17	-15,75	-16,77						50	70	-16,48	-17,00	**-3,51**
17	17:20	19:56	-4050	-4063	-39,40	-28,82	-29,40	-30,60	-31,88	-32,72	-33,37	-34,39	-36,30	-38,44	-39,18				120	150	-38,44	-39,18	**-7,63**
18	20:12	23:01	-4700	-4732	-88,78	-72,19	-72,76	-74,19	-75,98	-77,31	-78,38	-80,05	-83,44	-86,93	-88,11	-88,46			130	170	-87,34		
19	23:13	23:14	-5350	-5309	-173,41	-172,58																	
21	23:24	23:36	-3400	-3383	-173,04	-173,11	-173,09	-173,06	-173,04														
22	23:40	23:50	-800	-814	-168,61	-168,84	-168,77	-168,68															
23	23:52	00:02	-425	-425	-167,73	-167,95	-167,89	-167,81															
24	00:06	00:21	-50	-56	-166,64	-166,88	-166,84	-166,76	-166,68														

Prüfkörper: **B.M14**

Zeitverformung

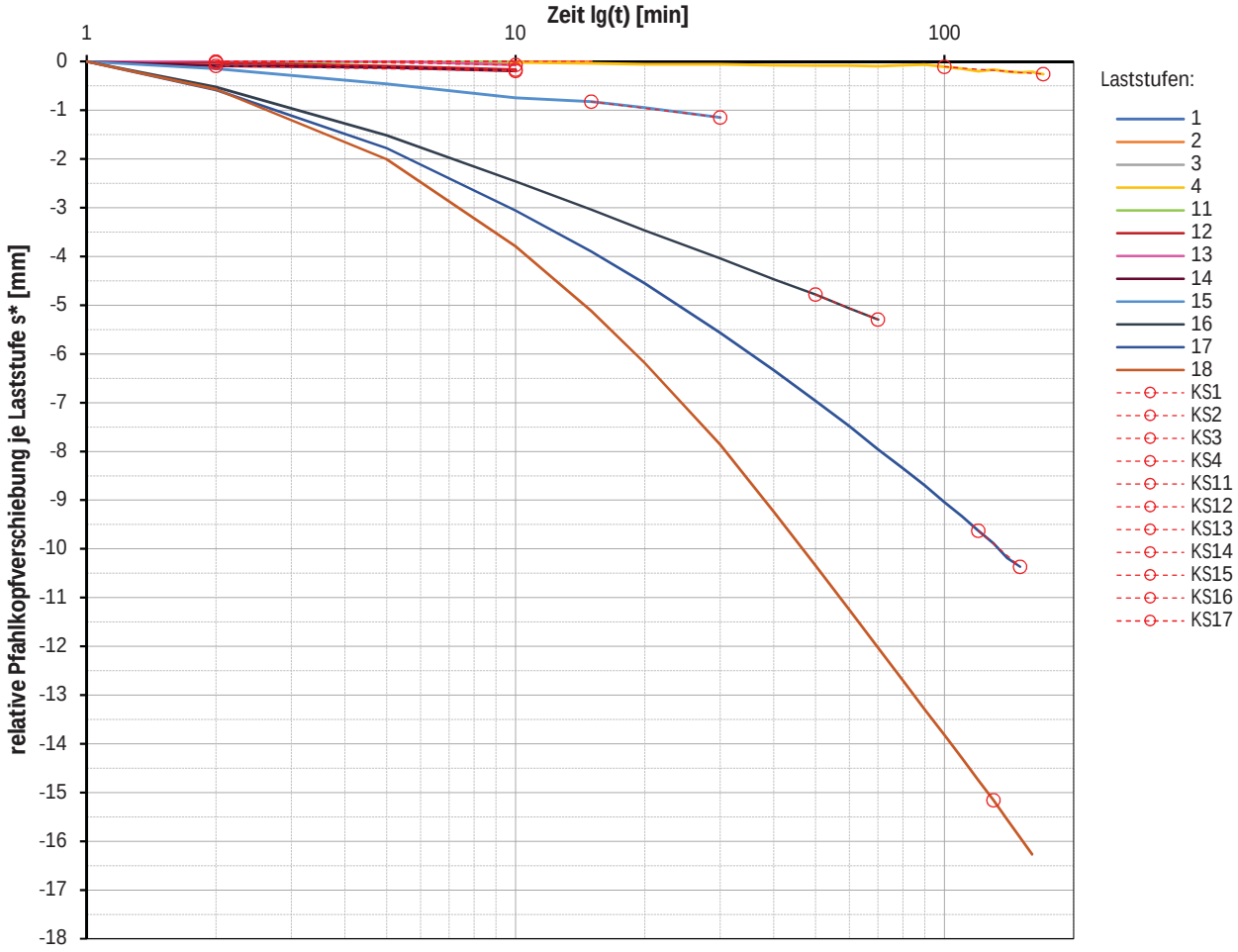
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M14**

relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

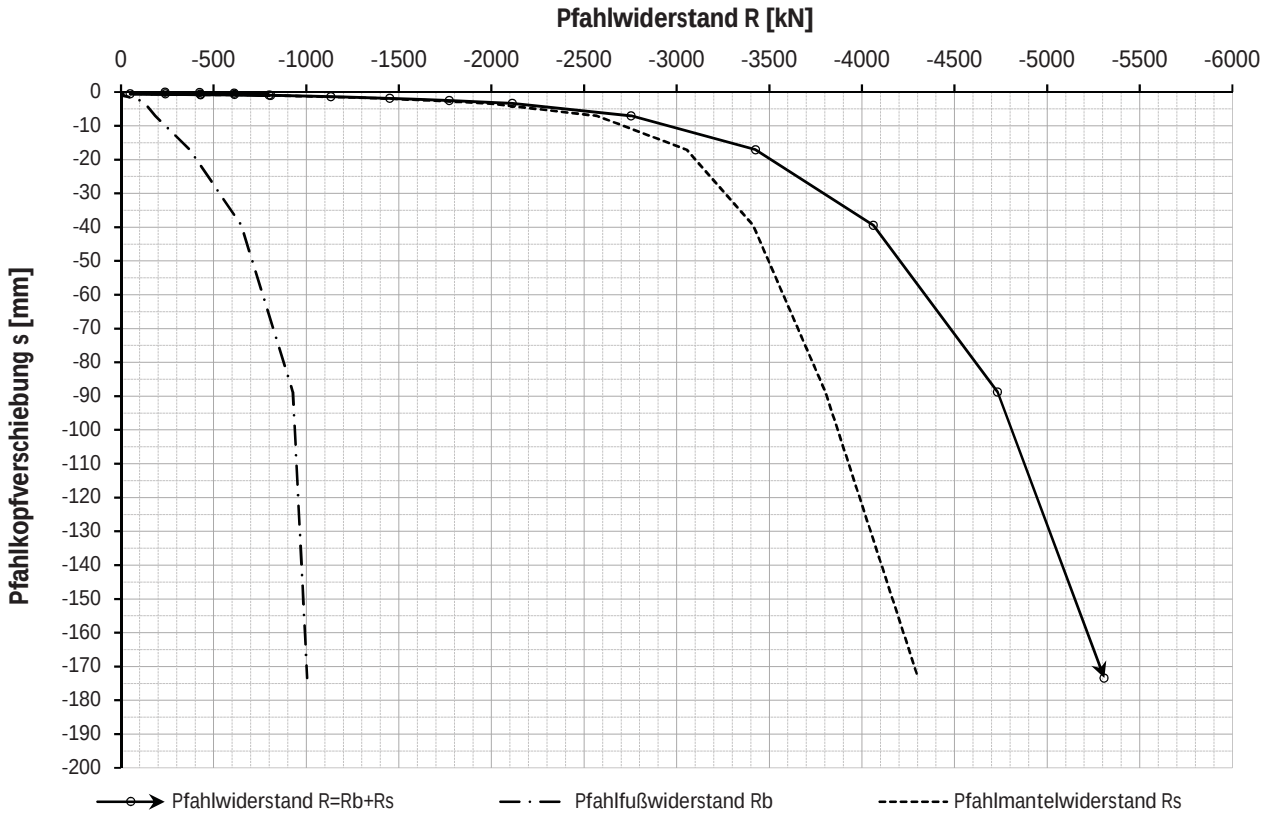


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.M14**

Widerstands-Verschiebungslinie

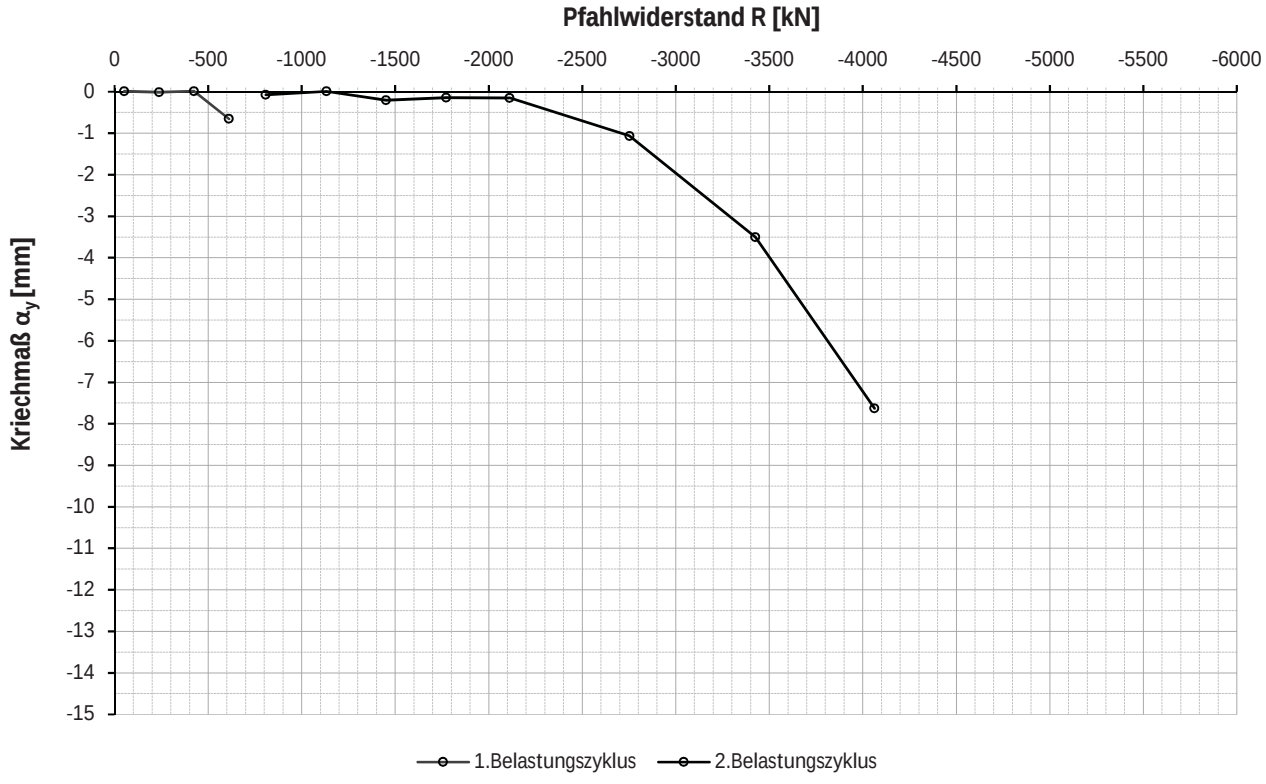
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M14**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M14** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 150,85 m	H: 144,42 m	H: 143,23 m	H: 142,04 m	H: 140,85 m	H: 150,85 m	H: 144,42 m	H: 143,23 m	H: 142,04 m	H: 140,85 m
1	08:15	-238	-0,0066	0,0015	1,2719	-0,0071	0,0005	-0,0066	0,0015	1,2719	-0,0071	0,0005
2	08:36	-425	-0,0125	-0,0069	0,0704	-0,0148	-0,0055	-0,0125	-0,0069	0,0704	-0,0148	-0,0055
3	09:01	-611	-0,0196	-0,0158	6,1286	-0,0216	-0,0050	-0,0196	-0,0158	6,1286	-0,0216	-0,0050
4	12:08	-800	-0,0255	-0,0205	5,8796	-0,0291	-0,0053	-0,0255	-0,0205	5,8796	-0,0291	-0,0053
5	12:21	-431	-0,0190	-0,0127	0,2505	-0,0194	-0,0027	-0,0190	-0,0127	0,2505	-0,0194	-0,0027
6	12:40	-50	-0,0073	-0,0019	11,1912	-0,0076	-0,0001	-0,0073	-0,0019	11,1912	-0,0076	-0,0001
7	12:59	-241	-0,0088	-0,0047	5,4480	-0,0113	-0,0010	-0,0088	-0,0047	5,4480	-0,0113	-0,0010
8	13:14	-428	-0,0139	-0,0083	0,0017	-0,0181	-0,0042	-0,0139	-0,0083	0,0017	-0,0181	-0,0042
9	13:27	-613	-0,0198	-0,0134	-0,0131	-0,0253	-0,0052	-0,0198	-0,0134	-0,0131	-0,0253	-0,0052
10	13:46	-809	-0,0257	-0,0221	0,0044	-0,0310	-0,0065	-0,0257	-0,0221	0,0044	-0,0310	-0,0065
11	14:12	-1133	-0,0368	-0,0335	-0,0061	-0,0426	-0,0124	-0,0368	-0,0335	-0,0061	-0,0426	-0,0124
12	14:32	-1451	-0,0478	-0,0440	8,8266	-0,0483	-0,0165	-0,0478	-0,0440	8,8266	-0,0483	-0,0165
13	14:50	-1773	-0,0632	-0,0566	4,0381	-0,0572	-0,0193	-0,0632	-0,0566	4,0381	-0,0572	-0,0193
14	15:09	-2112	-0,0732	-0,0654	4,7727	-0,0662	-0,0256	-0,0732	-0,0654	4,7727	-0,0662	-0,0256
15	15:52	-2754	-0,1003	-0,0902	3,0569	-0,0802	-0,0345	-0,1003	-0,0902	3,0569	-0,0802	-0,0345
16	17:12	-3426	-0,1295	-0,1150	-0,0531	-0,1050	-0,0532	-0,1295	-0,1150	-0,0531	-0,1050	-0,0532
17	19:56	-4063	-0,1571	-0,1387	-0,0926	-0,1287	-0,0685	-0,1571	-0,1387	-0,0926	-0,1287	-0,0685
18	23:01	-4732	-0,1865	-0,1648	-0,1152	-0,1558	-0,0872	-0,1865	-0,1648	-0,1152	-0,1558	-0,0872
19	23:14	-5309										
21	23:36	-3383	-0,1518	-0,1263	-0,1053	-0,1281	-0,0711	-0,1518	-0,1263	-0,1053	-0,1281	-0,0711
22	23:50	-814	-0,0597	-0,0415	-0,0412	-0,0705	-0,0371	-0,0597	-0,0415	-0,0412	-0,0705	-0,0371
23	00:02	-425	-0,0453	-0,0296	-0,0480	-0,0605	-0,0321	-0,0453	-0,0296	-0,0480	-0,0605	-0,0321
24	00:21	-56	-0,0304	-0,0158	-0,0428	-0,0495	-0,0256	-0,0304	-0,0158	-0,0428	-0,0495	-0,0256

Prüfkörper: **B.M14** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

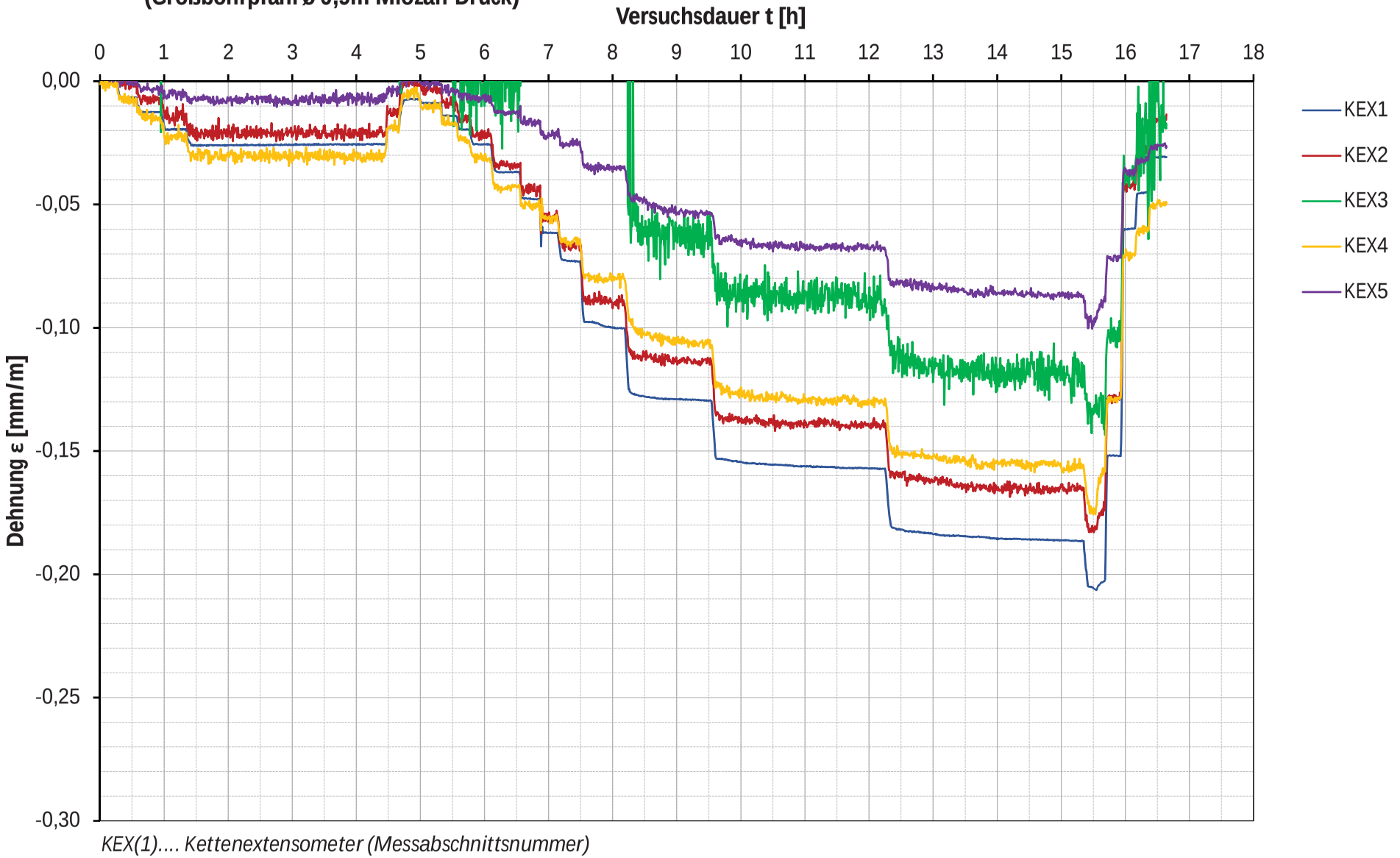
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Bewehrungssensoren (BS)

Laststufen			Messwerte - Bewehrungssensoren										korrigierte Messwerte - Bewehrungssensoren je MQ				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,BS1.1}$	$\varepsilon_{m,BS1.2}$	$\varepsilon_{m,BS2.1}$	$\varepsilon_{m,BS2.2}$	$\varepsilon_{m,BS3.1}$	$\varepsilon_{m,BS3.2}$	$\varepsilon_{m,BS4.1}$	$\varepsilon_{m,BS4.2}$	$\varepsilon_{m,BS5.1}$	$\varepsilon_{m,BS5.2}$	$\varepsilon_{m,BS1}$	$\varepsilon_{m,BS2}$	$\varepsilon_{m,BS3}$	$\varepsilon_{m,BS4}$	$\varepsilon_{m,BS5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,65 m	H: 144,80 m	H: 144,80 m	H: 144,80 m	H: 143,40 m	H: 143,40 m	H: 142,00 m	H: 142,00 m	H: 140,85 m	H: 140,85 m	H: 155,65 m	H: 144,80 m	H: 143,40 m	H: 142,00 m	H: 140,85 m
1	08:15	-238	-0,0068	-0,0082	-0,0075	-0,0056	-0,0081	-0,0069	-0,0036	-0,0049	-0,0042	-0,0027	-0,0075	-0,0069	-0,0042	-0,0030	-0,0022
2	08:36	-425	-0,0130	-0,0148	-0,0139	-0,0110	-0,0151	-0,0131	-0,0083	-0,0091	-0,0087	-0,0058	-0,0139	-0,0131	-0,0087	-0,0060	-0,0043
3	09:01	-611	-0,0198	-0,0209	-0,0203	-0,0209	-0,0187	-0,0198	-0,0252	-0,0124	-0,0188	-0,0103	-0,0203	-0,0198	-0,0124	-0,0100	-0,0065
4	12:08	-800	-0,0278	-0,0263	-0,0270	-0,0238	-0,0302	-0,0270	-0,0628	-0,0186	-0,0407	-0,0145	-0,0270	-0,0270	-0,0186	-0,0140	-0,0089
5	12:21	-431	-0,0157	-0,0137	-0,0147	-0,0133	-0,0186	-0,0159	-0,0252	-0,0114	-0,0183	-0,0081	-0,0147	-0,0159	-0,0183	-0,0080	-0,0055
6	12:40	-50	-0,0033	-0,0003	-0,0018	-0,0017	-0,0059	-0,0038	-0,0300	-0,0036	-0,0168	-0,0019	-0,0018	-0,0038	-0,0168	-0,0020	-0,0015
7	12:59	-241	-0,0095	-0,0064	-0,0080	-0,0072	-0,0112	-0,0092	-0,0192	-0,0069	-0,0131	-0,0042	-0,0080	-0,0092	-0,0069	-0,0044	-0,0033
8	13:14	-428	-0,0155	-0,0127	-0,0141	-0,0116	-0,0182	-0,0149	-0,0103	-0,0109	-0,0106	-0,0073	-0,0141	-0,0149	-0,0106	-0,0074	-0,0050
9	13:27	-613	-0,0219	-0,0189	-0,0204	-0,0177	-0,0239	-0,0208	-0,0137	-0,0144	-0,0141	-0,0110	-0,0204	-0,0208	-0,0141	-0,0107	-0,0069
10	13:46	-809	-0,0287	-0,0254	-0,0270	-0,0239	-0,0310	-0,0275	-0,0177	-0,0191	-0,0184	-0,0146	-0,0270	-0,0275	-0,0184	-0,0143	-0,0089
11	14:12	-1133	-0,0402	-0,0364	-0,0383	-0,0347	-0,0436	-0,0391	-0,0275	-0,0276	-0,0275	-0,0220	-0,0383	-0,0391	-0,0275	-0,0212	-0,0136
12	14:32	-1451	-0,0514	-0,0475	-0,0494	-0,0457	-0,0555	-0,0506	-0,0060	-0,0355	-0,0207	-0,0277	-0,0494	-0,0506	-0,0355	-0,0275	-0,0181
13	14:50	-1773	-0,0637	-0,0599	-0,0618	-0,0574	-0,0692	-0,0633	-0,0678	-0,0446	-0,0562	-0,0355	-0,0618	-0,0633	-0,0446	-0,0355	-0,0234
14	15:09	-2112	-0,0754	-0,0726	-0,0740	-0,0693	-0,0797	-0,0745	-0,1379	-0,0519	-0,0949	-0,0414	-0,0740	-0,0745	-0,0519	-0,0421	-0,0277
15	15:52	-2754	-0,0992	-0,0994	-0,0993	-0,0957	-0,1061	-0,1009	-0,0728	-0,0693	-0,0711	-0,0566	-0,0993	-0,1009	-0,0711	-0,0571	-0,0378
16	17:12	-3426	-0,1256	-0,1279	-0,1268	-0,1240	-0,1309	-0,1275	-0,0891	-0,0967	-0,0929	-0,0770	-0,1268	-0,1275	-0,0929	-0,0799	-0,0517
17	19:56	-4063	-0,1518	-0,1550	-0,1534	-0,1503	-0,1534	-0,1519	-0,1055	-0,1308	-0,1182	-0,0892	-0,1534	-0,1519	-0,1182	-0,1032	-0,0675
18	23:01	-4732	-0,1779	-0,1834	-0,1807	-0,1762	-0,1775	-0,1768	-0,1213	-0,1685	-0,1449	-0,1009	-0,1807	-0,1768	-0,1449	-0,1291	-0,0836
19	23:14	-5309	-0,1933	-0,2036	-0,1984	-0,1813	-0,1994	-0,1904	-0,1271	-0,1965	-0,1618	-0,1150	-0,1984	-0,1904	-0,1618	-0,1489	-0,0901
21	23:36	-3383	-0,1343	-0,1399	-0,1371	-0,1300	-0,1360	-0,1330	-0,0852	-0,1500	-0,1176	-0,0807	-0,1371	-0,1330	-0,1176	-0,1135	-0,0690
22	23:50	-814	-0,0479	-0,0474	-0,0477	-0,0437	-0,0467	-0,0452	-0,0177	-0,0849	-0,0513	-0,0278	-0,0477	-0,0452	-0,0513	-0,0608	-0,0365
23	00:02	-425	-0,0342	-0,0325	-0,0334	-0,0285	-0,0327	-0,0306	-0,0079	-0,0748	-0,0414	-0,0191	-0,0334	-0,0306	-0,0414	-0,0522	-0,0311
24	00:21	-56	-0,0196	-0,0183	-0,0189	-0,0119	-0,0216	-0,0167	0,0044	-0,0659	-0,0307	-0,0083	-0,0189	-0,0167	-0,0307	-0,0425	-0,0259

Prüfkörper: **B.M14**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

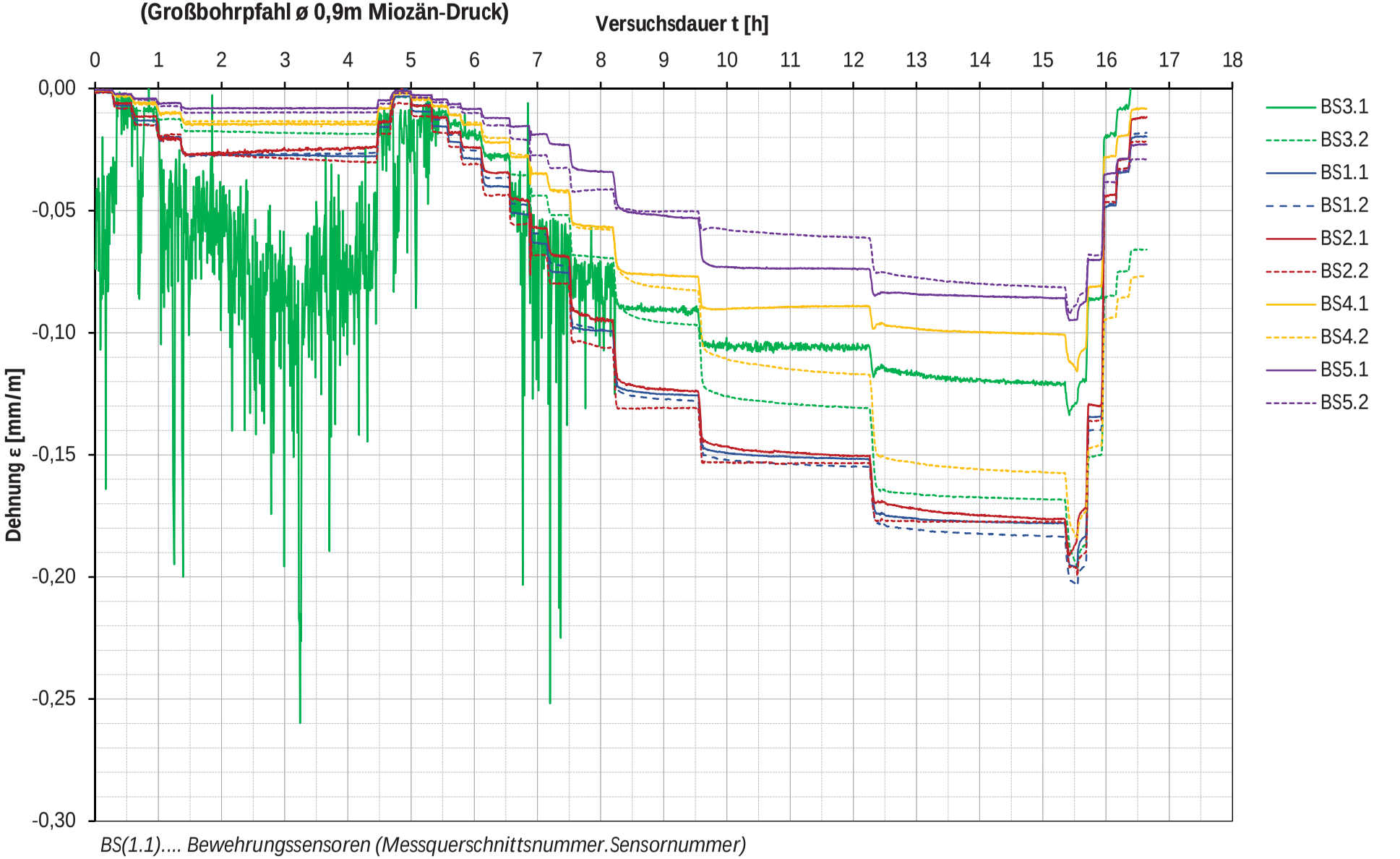
Messwerte Kettenextensometer



KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.M14**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Messwerte Bewehrungssensoren

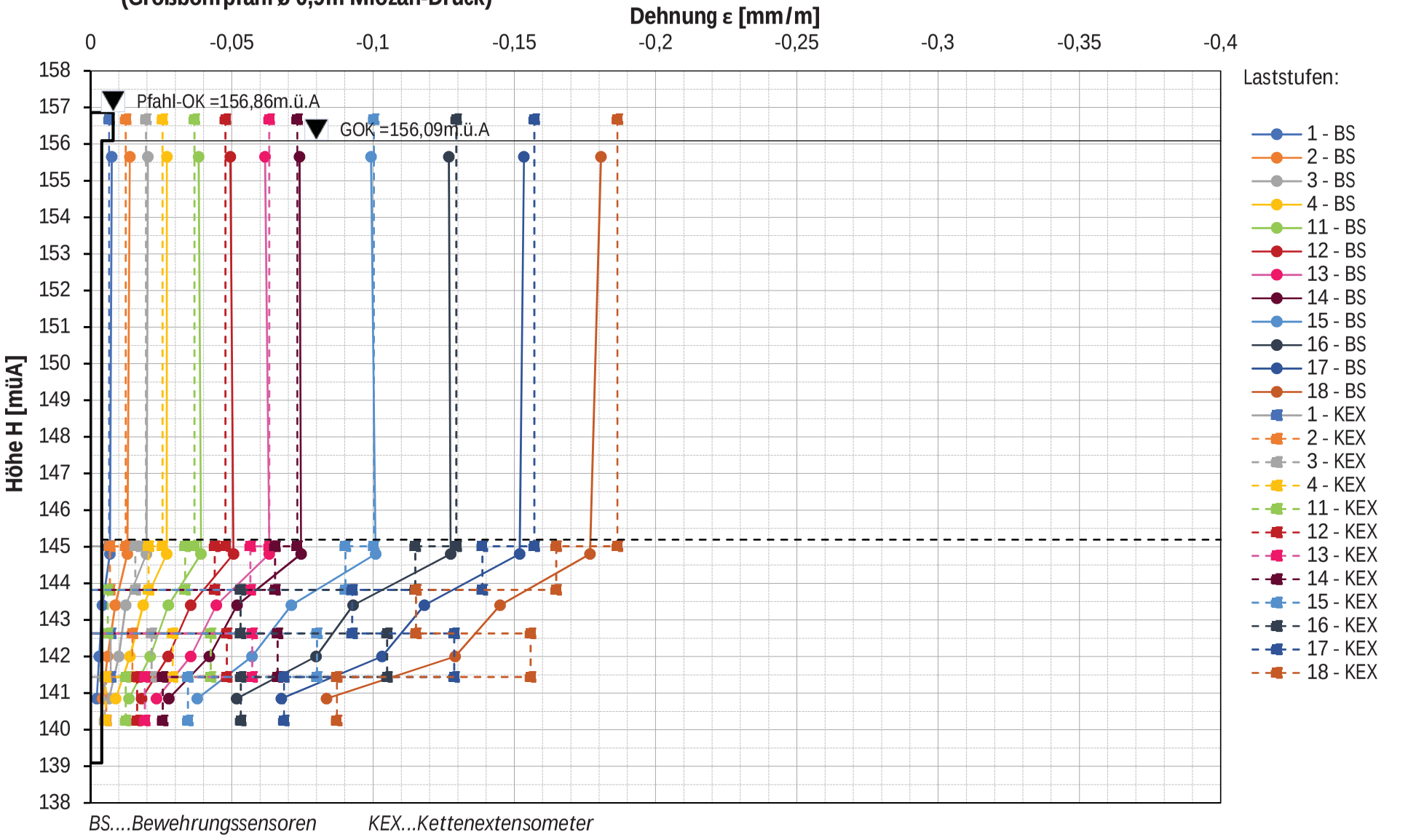


BS(1.1).... Bewehrungssensoren (Messquerschnittsnummer.Sensornummer)

Prüfkörper: **B.M14**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



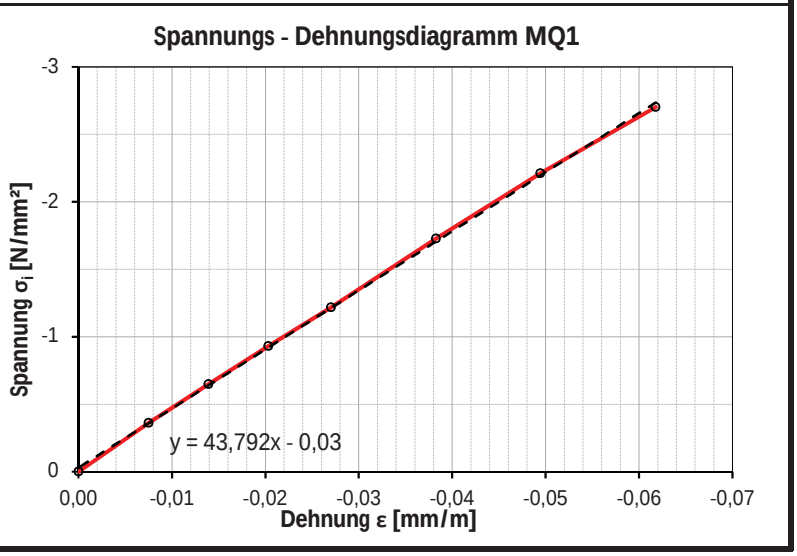
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.M14 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	BS1.MW ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-237,98	-0,36	-0,00752
2	-424,82	-0,65	-0,01393
3	-611,07	-0,93	-0,02033
4	-799,74	-1,22	-0,02703
11	-1132,77	-1,73	-0,03829
12	-1451,00	-2,21	-0,04945
13	-1773,33	-2,70	-0,06179

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	43,79 N/mm²
Querschnittsnummer:	3
E-Modul Beton E_c=	**35,87 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	914	156,09	145,19	0,00	11942,05	23263,18	620913,25
2	Prüfstrecke	900	145,19	139,09	0,00	10506,28	492,88	625173,35
3	BS1	914	155,65	155,65	0,00	6999,47	23263,18	625855,83
4	BS2	900	144,8	144,8	0,00	13370,62	492,88	622309,01
5	BS3	900	143,4	143,4	0,00	13370,62	492,88	622309,01
6	BS4	900	142	142	0,00	10185,04	492,88	625494,59
7	BS5	900	140,85	140,85	0,00	6999,47	492,88	628680,16
8	mittel KEX1	914	156,68	145,01	0,00	11942,05	23263,18	620913,25
9	mittel KEX2	900	145,01	143,82	0,00	13370,62	492,88	622309,01
10	mittel KEX3	900	143,82	142,63	0,00	11978,60	492,88	623701,03
11	mittel KEX4	900	142,63	141,44	0,00	9645,12	492,88	626034,51
12	mittel KEX5	900	141,44	140,25	0,00	6999,47	492,88	628680,16

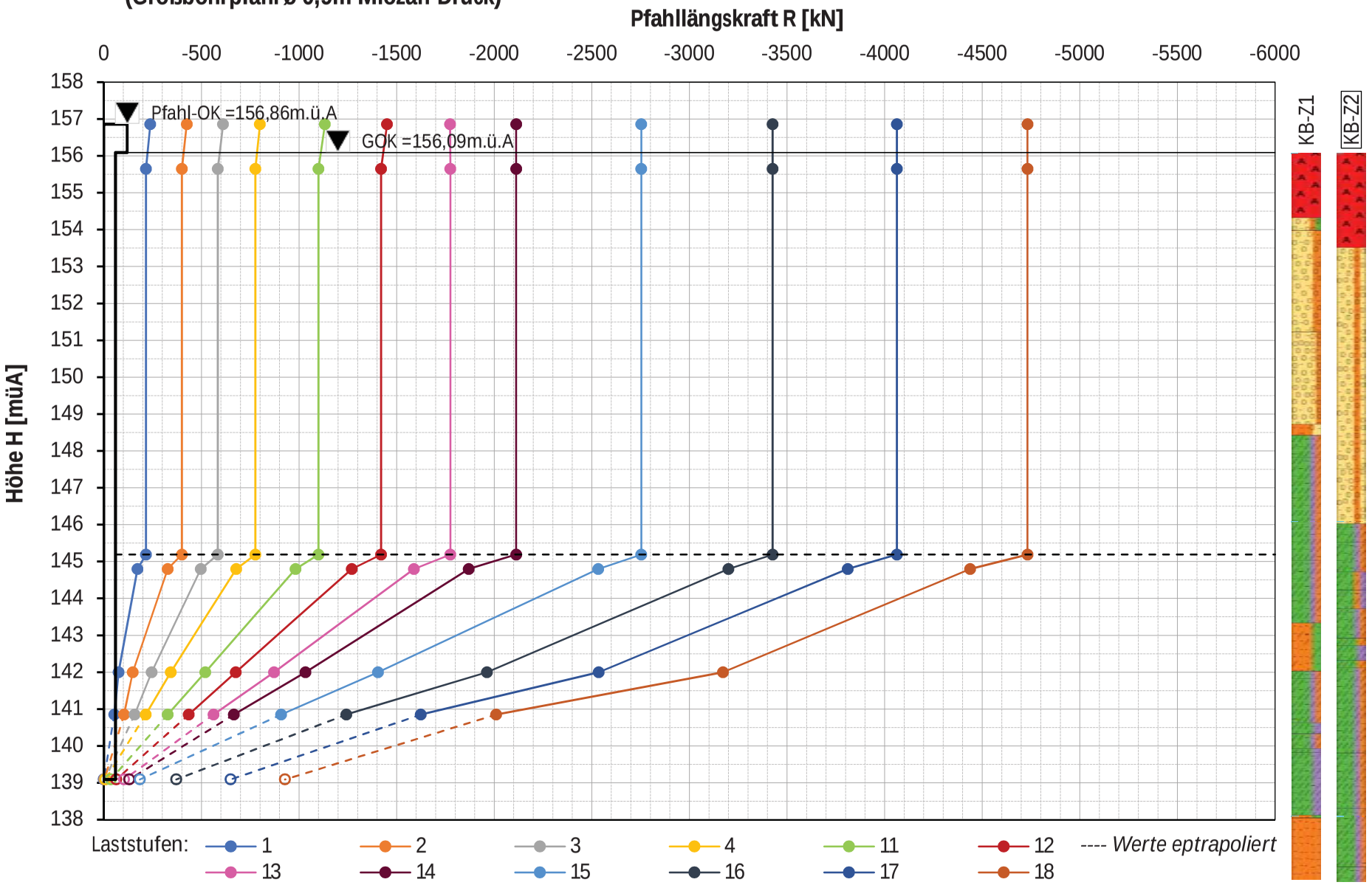
Prüfkörper: **B.M14 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN] H: 156,86 m	$F_{m,MQ1}$ [kN] H: 155,65 m	$F_{m,OK-PS}$ [kN] H: 145,19 m	$F_{m,MQ2}$ [kN] H: 144,80 m	$F_{m,MQ3}$ [kN] H: 143,40 m	$F_{m,MQ4}$ [kN] H: 142,00 m	$F_{m,MQ5}$ [kN] H: 140,85 m	$R_{b,m}$ [kN] H: 139,09 m	$R_{s,m}$ [kN]
1	08:15	-238	-216	-216	-172		-75	-53	0	-238
2	08:36	-425	-400	-400	-328		-148	-104	-4	-421
3	09:01	-611	-584	-584	-497		-245	-157	-6	-605
4	12:08	-800	-777	-777	-678		-343	-215	-8	-792
7	12:59	-241	-229	-229	-231		-109	-80	-12	-229
8	13:14	-428	-405	-405	-374		-181	-120	-7	-421
9	13:27	-613	-586	-586	-522		-263	-165	-7	-606
10	13:46	-809	-777	-777	-690		-350	-215	-3	-805
11	14:12	-1133	-1100	-1100	-982		-520	-328	-36	-1097
12	14:32	-1451	-1421	-1421	-1270		-675	-436	-64	-1387
13	14:50	-1773	-1775	-1775	-1588		-873	-562	-104	-1669
14	15:09	-2112	-2112	-2112	-1870		-1033	-667	-130	-1982
15	15:52	-2754	-2754	-2754	-2532		-1404	-908	-185	-2569
16	17:12	-3426	-3426	-3426	-3199		-1963	-1243	-371	-3055
17	19:56	-4063	-4063	-4063	-3812		-2535	-1624	-650	-3413
18	23:01	-4732	-4732	-4732	-4438		-3172	-2010	-928	-3804

Prüfkörper: **B.M14**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

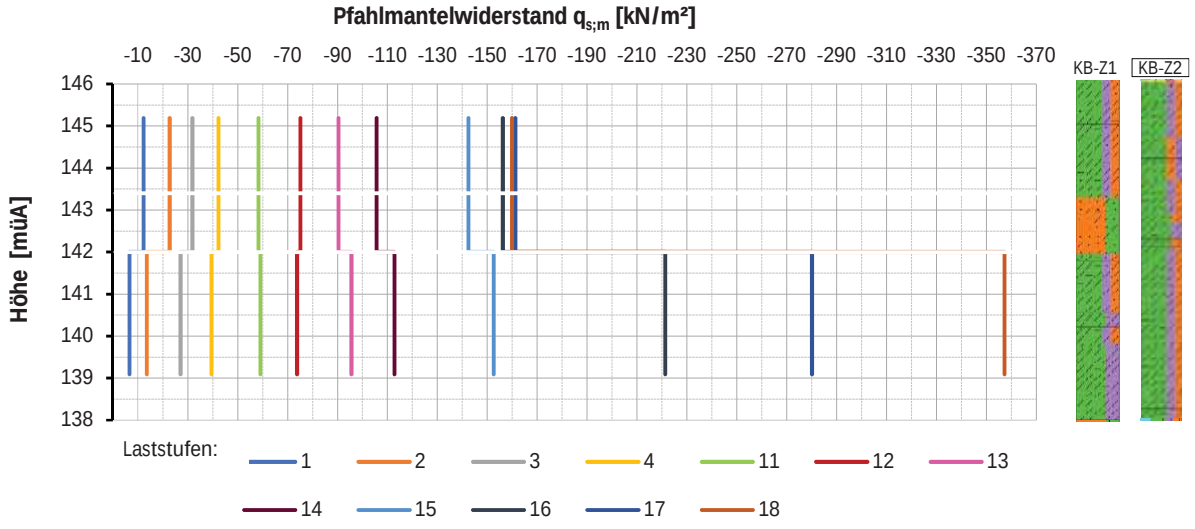


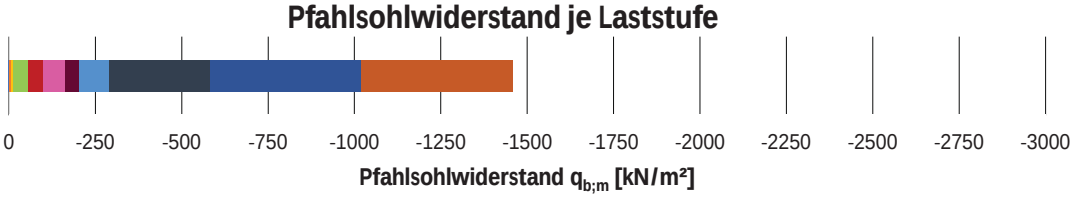
Prüfkörper: **B.M14** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,90 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-237,98	-0,05	-0,0001	-12	-12	-7	-11	-1
2	-424,82	-0,10	-0,0001	-23	-23	-14	-20	-6
3	-611,07	-0,37	-0,0004	-32	-32	-27	-30	-9
4	-799,74	-0,91	-0,0010	-42	-42	-39	-41	-13
5	-430,87	-0,79	-0,0009					
6	-50,04	-0,53	-0,0006					
7	-240,90	-0,55	-0,0006	-15	-15	-9	-14	-19
8	-427,67	-0,58	-0,0006	-24	-24	-19	-23	-11
9	-612,94	-0,73	-0,0008	-33	-33	-30	-32	-10
10	-808,85	-0,97	-0,0011	-43	-43	-42	-43	-5
11	-1132,77	-1,37	-0,0015	-58	-58	-59	-59	-57
12	-1451,00	-1,82	-0,0020	-75	-75	-74	-75	-100
13	-1773,33	-2,49	-0,0028	-90	-90	-96	-92	-164
14	-2112,42	-3,39	-0,0038	-106	-106	-113	-108	-205
15	-2753,59	-7,03	-0,0078	-142	-142	-153	-145	-290
16	-3426,23	-17,09	-0,0190	-156	-156	-221	-175	-584
17	-4062,85	-39,40	-0,0438	-161	-161	-280	-196	-1.021
18	-4732,11	-88,78	-0,0986	-160	-160	-357	-217	-1.459
19	-5308,61	-173,41	-0,1927					

Prüfkörper: **B.M14** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

V E R S U C H S A U S W E R T U N G

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **02.03.2019**

Allgemeine Angaben:	
Prüfkörper:	**B.M15**
Prüffeld:	1
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Miozän
Herstellungsverfahren:	Schneckenortbetonpfahl (SOB)

Versuchsdaten:	
Prüfung Nr.:	16
Prüfdatum:	03.08.2017
Versuchsbeginn:	07:43 Uhr
Versuchsende:	22:25 Uhr
Wetterbedingungen:	sonnig heiß
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:		
Pfahldurchmesser D=	900,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	636172,51	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	157,2	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,43	müA
OK Prüfstrecke (PS):	145,53	müA
UK Pfahl:	139,43	müA
Länge ohne Mantelreibung:	11,67	m
Länge Prüfstrecke:	6,10	m
Pfahllänge:	17,00	m

Materialkennwerte:		
Betongüte:	**C25/30 / BS-TB1**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	34,09	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):	
Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	nein
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein

		Sensornummer:	Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1	157,03 müA
GOK			
keine Mantelreibung	MQ1		
OK PS		KEX2	145,41 müA
Prüfstrecke	MQ2		
		KEX3	144,23 müA
	MQ3		
		KEX4	143,04 müA
	MQ4		
		KEX5	141,85 müA
	MQ5		
UK Pfahl			

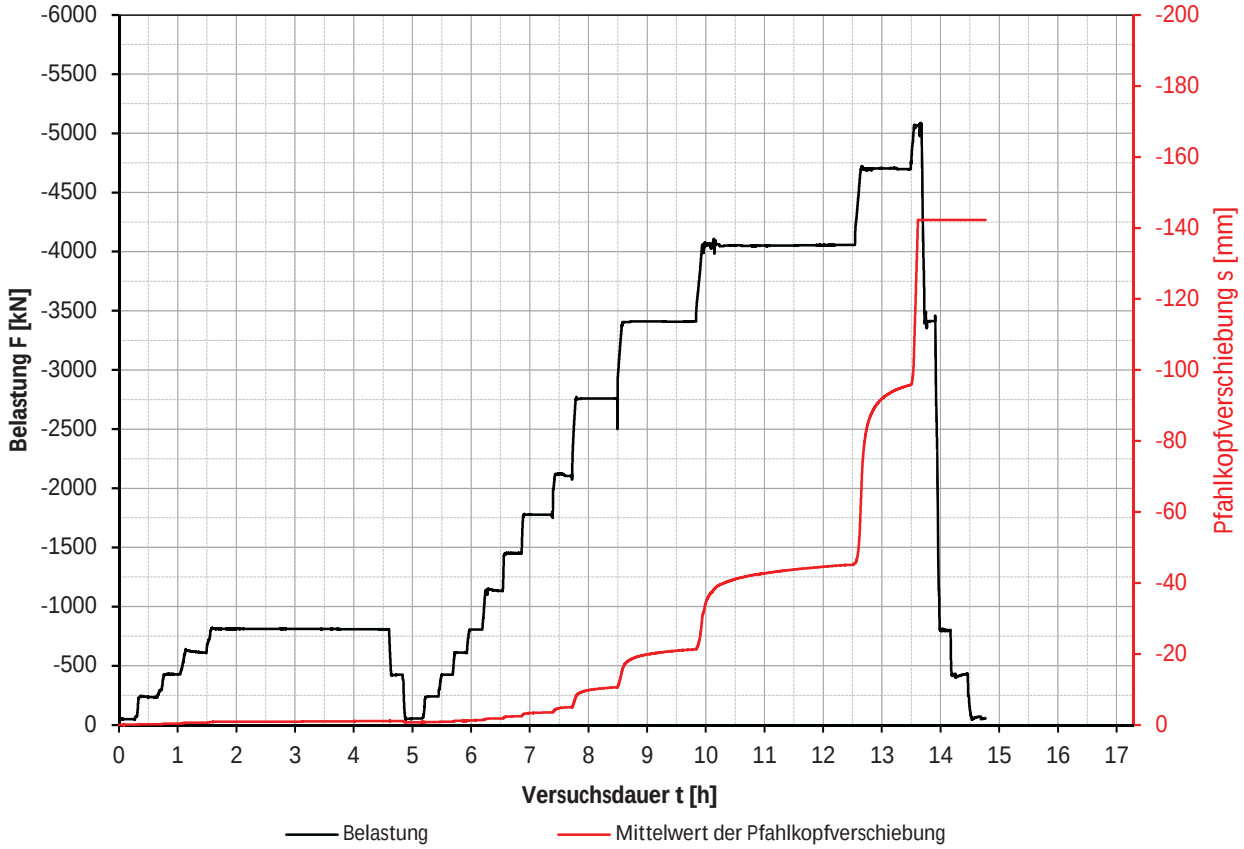
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

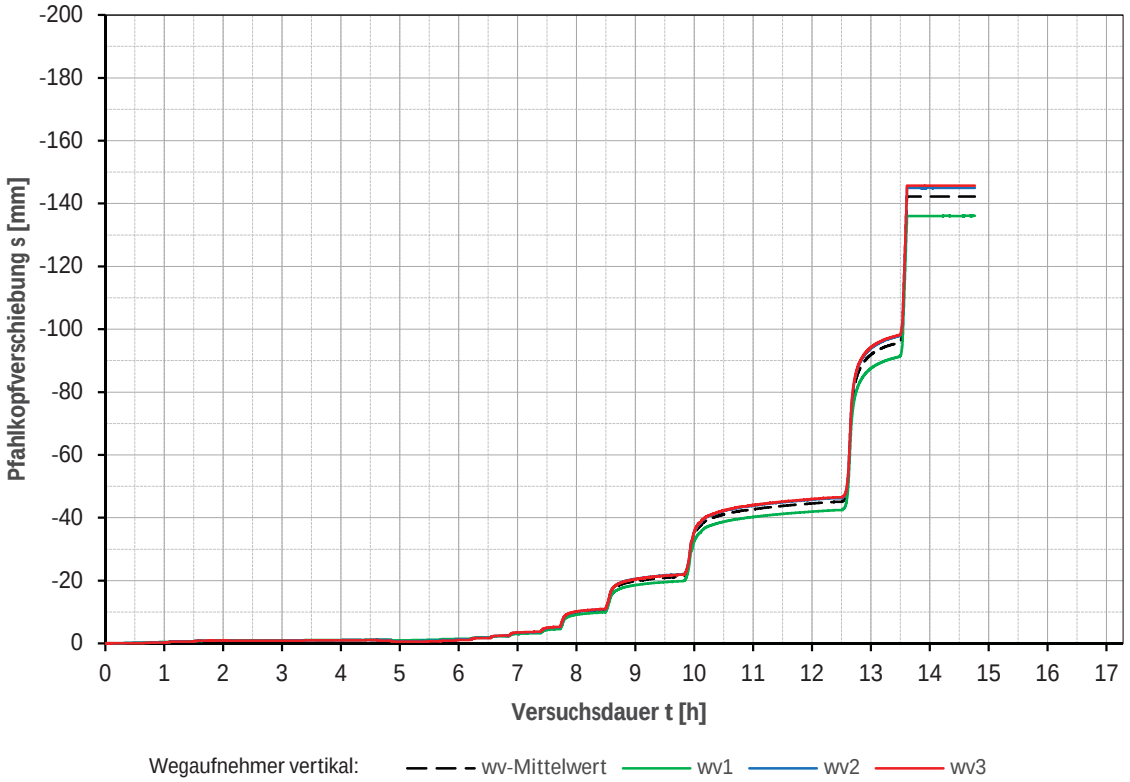
Anmerkungen:

Längskraftverlauf:
-Im MQ3 und 4 wurden die Werte zwischen MQ2 und MQ5 interpoliert.
E-Modul:
Berechnung mit LS 1-13, darüber Steifigkeitsverlust im Querschnitt MQ1.

Prüfkörper: **B.M15 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M15 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



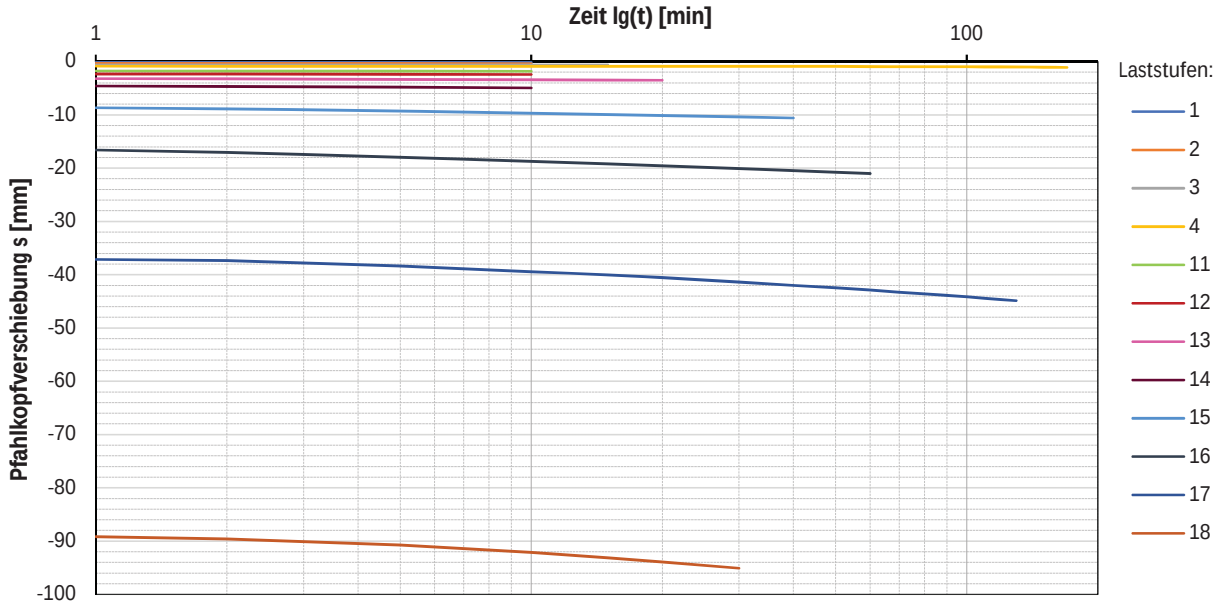
Prüfkörper: **B.M15** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriechmaß α_y [mm]
0	07:43	07:58	-50	-48	-0,06																		
1	08:06	08:21	-238	-234	-0,16	-0,15	-0,15	-0,16	-0,16										2	10	-0,15	-0,16	**-0,01**
2	08:30	08:45	-425	-428	-0,38	-0,34	-0,35	-0,36	-0,37										2	10	-0,35	-0,37	**-0,04**
3	08:55	09:11	-613	-611	-0,62	-0,63	-0,63	-0,63	-0,62	-0,62									10	15	-0,62	-0,62	**-0,01**
4	09:18	12:18	-800	-807	-1,13	-0,86	-0,87	-0,89	-0,91	-0,91	-0,90	-0,91	-0,93	-1,01	-1,06	-1,08	-1,10		100	170	-0,97	-1,10	**-0,56**
5	12:22	12:32	-425	-424	-1,05	-1,06	-1,05	-1,05															
6	12:37	12:52	-50	-54	-0,77	-0,76	-0,76	-0,75	-0,75														
7	12:58	13:08	-238	-240	-0,81	-0,79	-0,79	-0,80											1	5	-0,79	-0,80	**-0,01**
8	13:14	13:24	-425	-424	-0,94	-0,93	-0,94	-0,94											2	5	-0,94	-0,94	**0,00**
9	13:28	13:38	-613	-610	-1,13	-1,14	-1,14	-1,14											2	5	-1,14	-1,14	**0,00**
10	13:42	13:52	-800	-806	-1,32	-1,30	-1,30	-1,31											2	5	-1,30	-1,31	**-0,03**
11	14:00	14:15	-1125	-1132	-1,80	-1,77	-1,78	-1,79	-1,81										2	10	-1,78	-1,81	**-0,04**
12	14:19	14:34	-1450	-1450	-2,47	-2,33	-2,34	-2,38	-2,43										2	10	-2,34	-2,43	**-0,12**
13	14:38	15:05	-1775	-1776	-3,53	-3,22	-3,26	-3,34	-3,40	-3,45	-3,49								10	20	-3,40	-3,49	**-0,28**
14	15:10	15:25	-2100	-2104	-4,99	-4,60	-4,67	-4,82	-4,95										2	10	-4,67	-4,95	**-0,39**
15	15:31	16:12	-2750	-2760	-10,61	-8,67	-8,87	-9,29	-9,69	-9,94	-10,12	-10,39							20	40	-10,12	-10,59	**-1,57**
16	16:18	17:27	-3400	-3409	-21,19	-16,60	-17,06	-17,92	-18,71	-19,23	-19,57	-20,08	-21,01						40	60	-20,46	-21,01	**-3,10**
17	17:47	20:05	-4050	-4056	-45,03	-37,14	-37,36	-38,39	-39,45	-40,03	-40,56	-41,38	-42,87	-44,66					70	110	-43,26	-44,41	**-5,83**
18	20:34	21:12	-4700	-4699	-95,77	-89,17	-89,62	-90,74	-92,14	-93,15	-93,94	-95,08							20	30	-93,94	-95,08	**-6,45**
19	21:20	21:23	-5350	-5078	-142,24	-142,24	-142,24																
21	21:30	21:36	-3400	-3413	-142,26	-142,25	-142,25	-142,25															
22	21:43	21:53	-800	-802	-142,24	-142,26	-142,26	-142,25															
23	21:56	22:10	-425	-431	-142,23	-142,25	-142,25	-142,26	-142,24														
24	22:15	22:25	-50	-51	-142,24	-142,24	-142,24	-142,25															

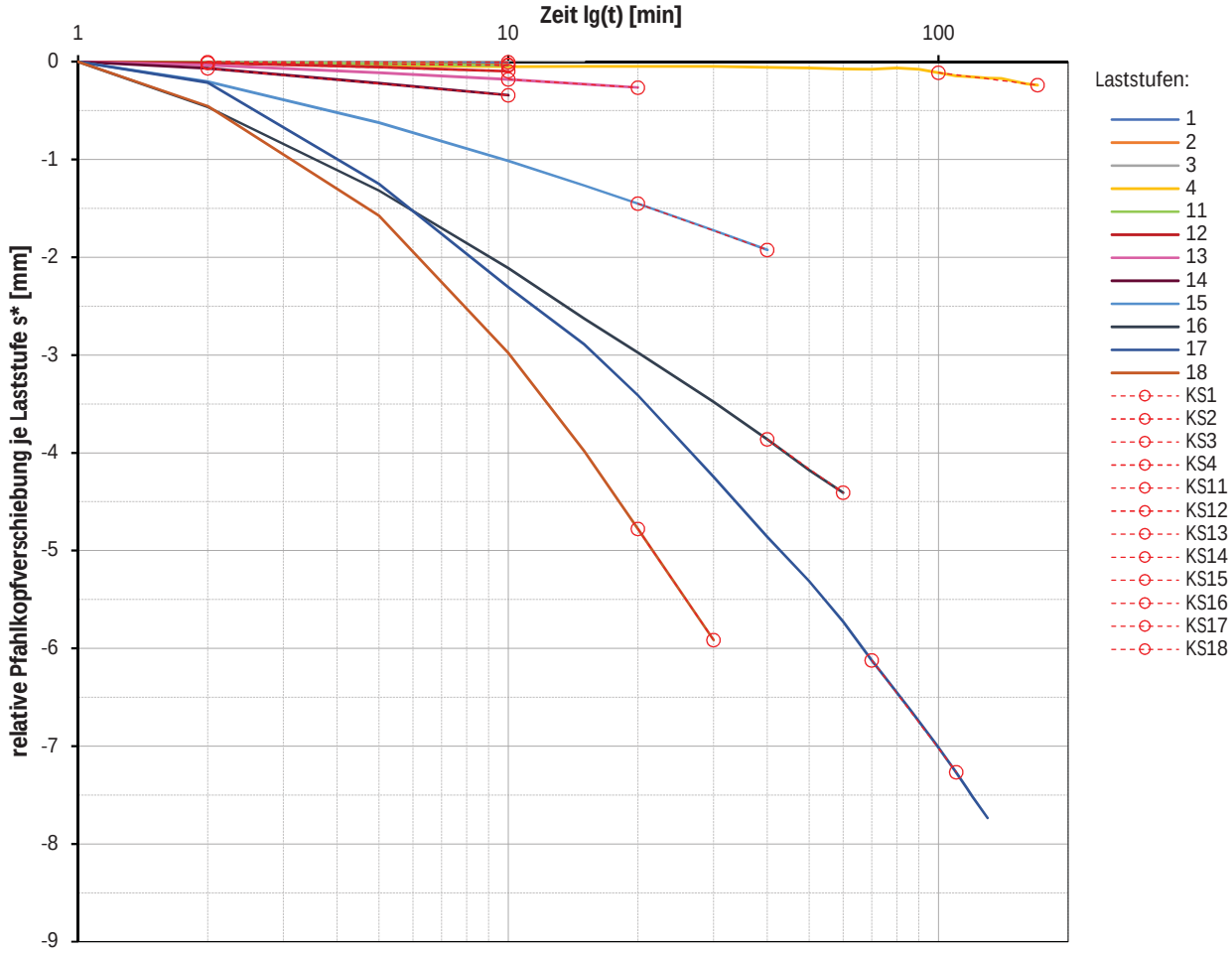
Prüfkörper: **B.M15** **Zeitverformung**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M15** **relative Zeitverformung je Laststufe**

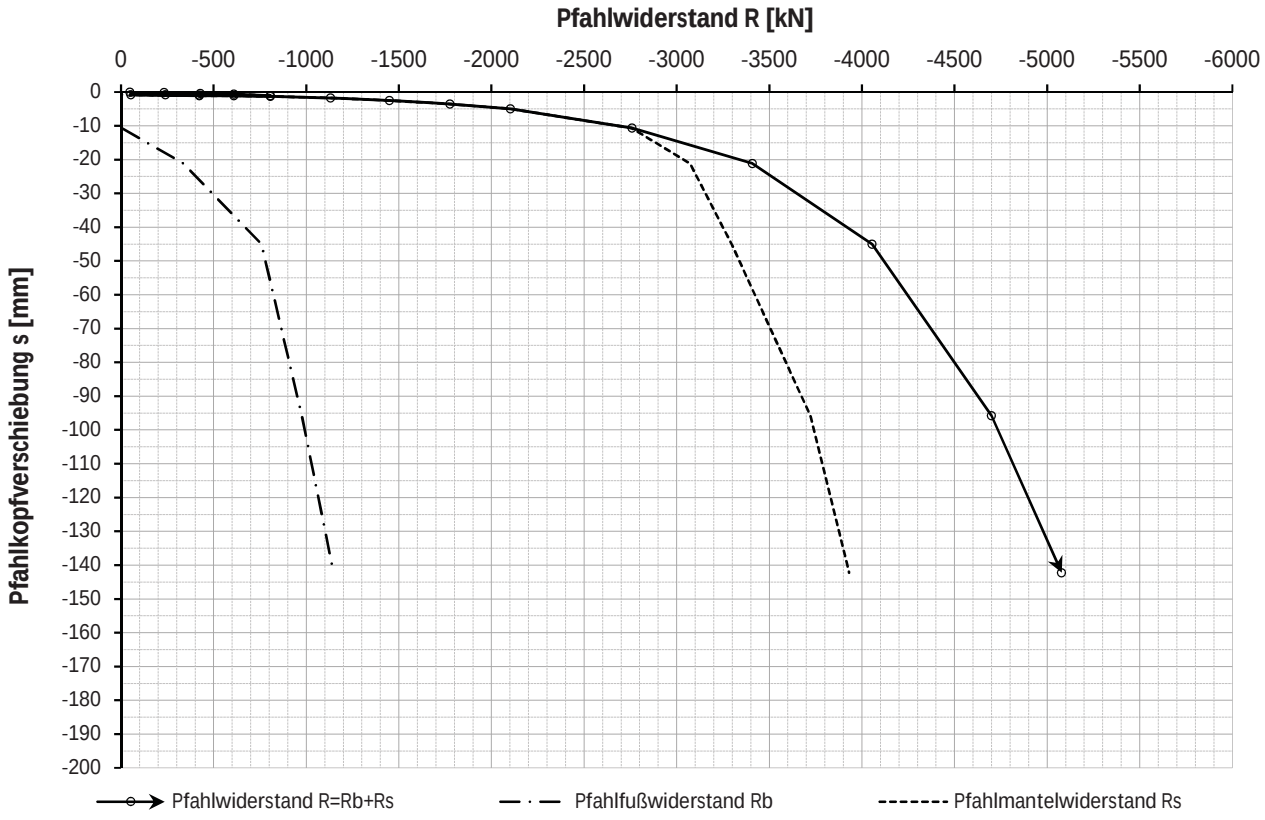
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

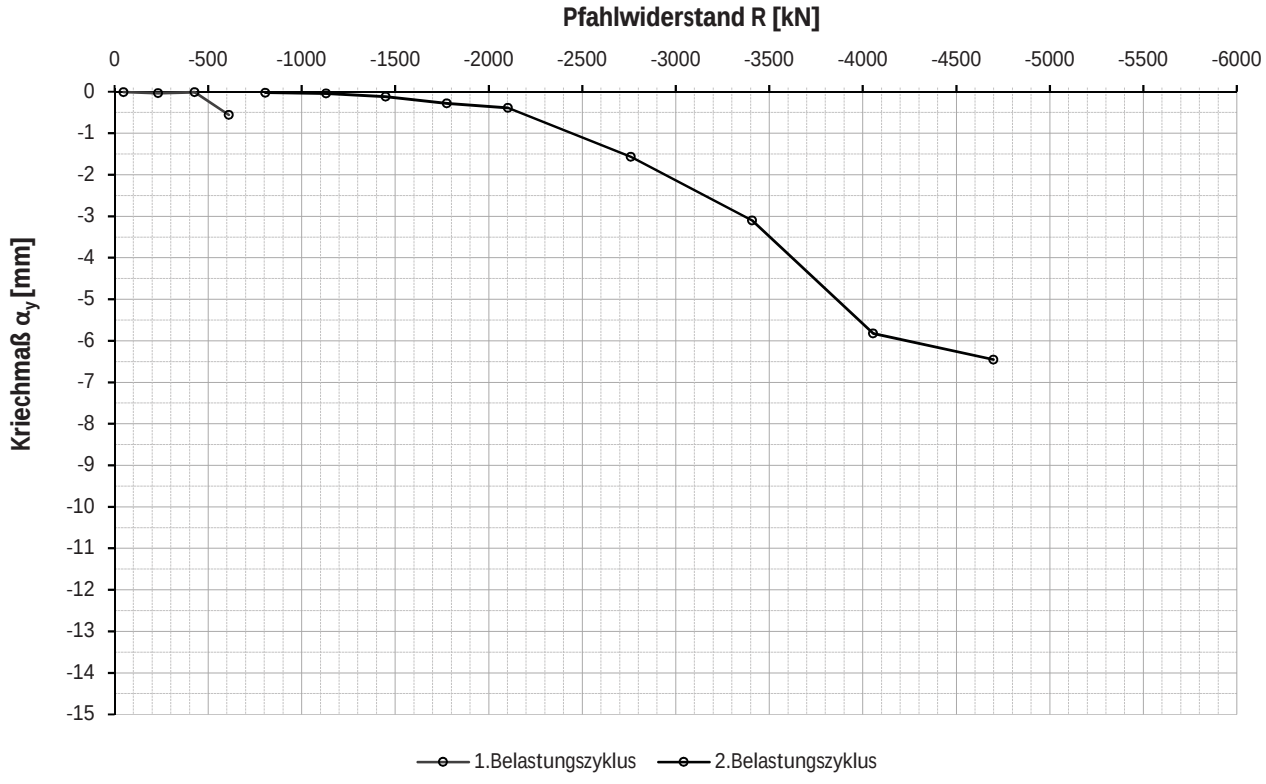
Prüfkörper: **B.M15** **Widerstands-Verschiebungslinie**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M15** **Widerstands-Kriechmaßlinie**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



Prüfkörper: **B.M15** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

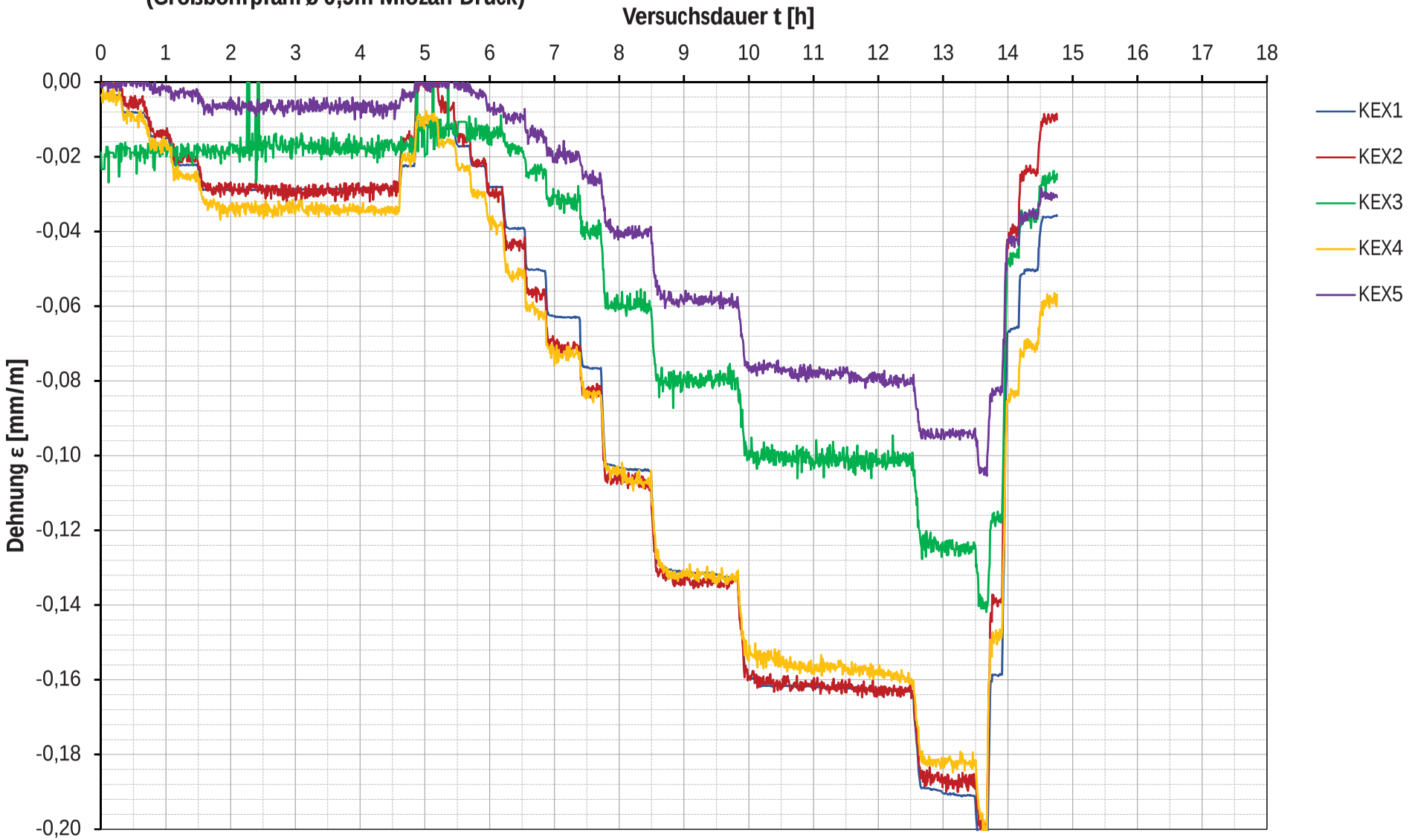
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 151,22 m	H: 144,82 m	H: 143,64 m	H: 142,45 m	H: 141,26 m	H: 151,22 m	H: 144,82 m	H: 143,64 m	H: 142,45 m	H: 141,26 m
1	08:21	-234	-0,0082	-0,0050	-0,0178	-0,0095	0,0000	-0,0082	-0,0050	-0,0178	-0,0095	0,0000
2	08:45	-428	-0,0149	-0,0141	-0,0173	-0,0167	-0,0017	-0,0149	-0,0141	-0,0173	-0,0167	-0,0017
3	09:11	-611	-0,0222	-0,0199	-0,0171	-0,0267	-0,0024	-0,0222	-0,0199	-0,0171	-0,0267	-0,0024
4	12:18	-807	-0,0285	-0,0294	-0,0182	-0,0335	-0,0070	-0,0285	-0,0294	-0,0182	-0,0335	-0,0070
5	12:32	-424	-0,0225	-0,0151	-0,0150	-0,0206	-0,0032	-0,0225	-0,0151	-0,0150	-0,0206	-0,0032
6	12:52	-54	-0,0114	0,0007	-0,0180	-0,0101	0,0001	-0,0114	0,0007	-0,0180	-0,0101	0,0001
7	13:08	-240	-0,0126	-0,0070	-0,0118	-0,0165	0,0008	-0,0126	-0,0070	-0,0118	-0,0165	0,0008
8	13:24	-424	-0,0172	-0,0143	-0,0091	-0,0223	-0,0027	-0,0172	-0,0143	-0,0091	-0,0223	-0,0027
9	13:38	-610	-0,0223	-0,0226	-0,0118	-0,0294	-0,0029	-0,0223	-0,0226	-0,0118	-0,0294	-0,0029
10	13:52	-806	-0,0281	-0,0293	-0,0123	-0,0384	-0,0081	-0,0281	-0,0293	-0,0123	-0,0384	-0,0081
11	14:15	-1132	-0,0393	-0,0427	-0,0202	-0,0504	-0,0099	-0,0393	-0,0427	-0,0202	-0,0504	-0,0099
12	14:34	-1450	-0,0505	-0,0564	-0,0233	-0,0628	-0,0158	-0,0505	-0,0564	-0,0233	-0,0628	-0,0158
13	15:05	-1776	-0,0630	-0,0712	-0,0278	-0,0724	-0,0187	-0,0630	-0,0712	-0,0278	-0,0724	-0,0187
14	15:25	-2104	-0,0767	-0,0820	-0,0379	-0,0836	-0,0243	-0,0767	-0,0820	-0,0379	-0,0836	-0,0243
15	16:12	-2760	-0,1041	-0,1089	-0,0605	-0,1077	-0,0387	-0,1041	-0,1089	-0,0605	-0,1077	-0,0387
16	17:27	-3409	-0,1326	-0,1343	-0,0818	-0,1325	-0,0572	-0,1326	-0,1343	-0,0818	-0,1325	-0,0572
17	20:05	-4056	-0,1628	-0,1626	-0,1004	-0,1588	-0,0795	-0,1628	-0,1626	-0,1004	-0,1588	-0,0795
18	21:12	-4699	-0,1910	-0,1870	-0,1247	-0,1825	-0,0944	-0,1910	-0,1870	-0,1247	-0,1825	-0,0944
19	21:23	-5078	-0,2069	-0,2008	-0,1419	-0,2015	-0,1042	-0,2069	-0,2008	-0,1419	-0,2015	-0,1042
21	21:36	-3413	-0,1587	-0,1385	-0,1159	-0,1474	-0,0838	-0,1587	-0,1385	-0,1159	-0,1474	-0,0838
22	21:53	-802	-0,0657	-0,0406	-0,0471	-0,0822	-0,0437	-0,0657	-0,0406	-0,0471	-0,0822	-0,0437
23	22:10	-431	-0,0502	-0,0233	-0,0340	-0,0715	-0,0361	-0,0502	-0,0233	-0,0340	-0,0715	-0,0361
24	22:25	-51	-0,0360	-0,0098	-0,0245	-0,0580	-0,0298	-0,0360	-0,0098	-0,0245	-0,0580	-0,0298

Prüfkörper: **B.M15**

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Messwerte Kettenextensometer

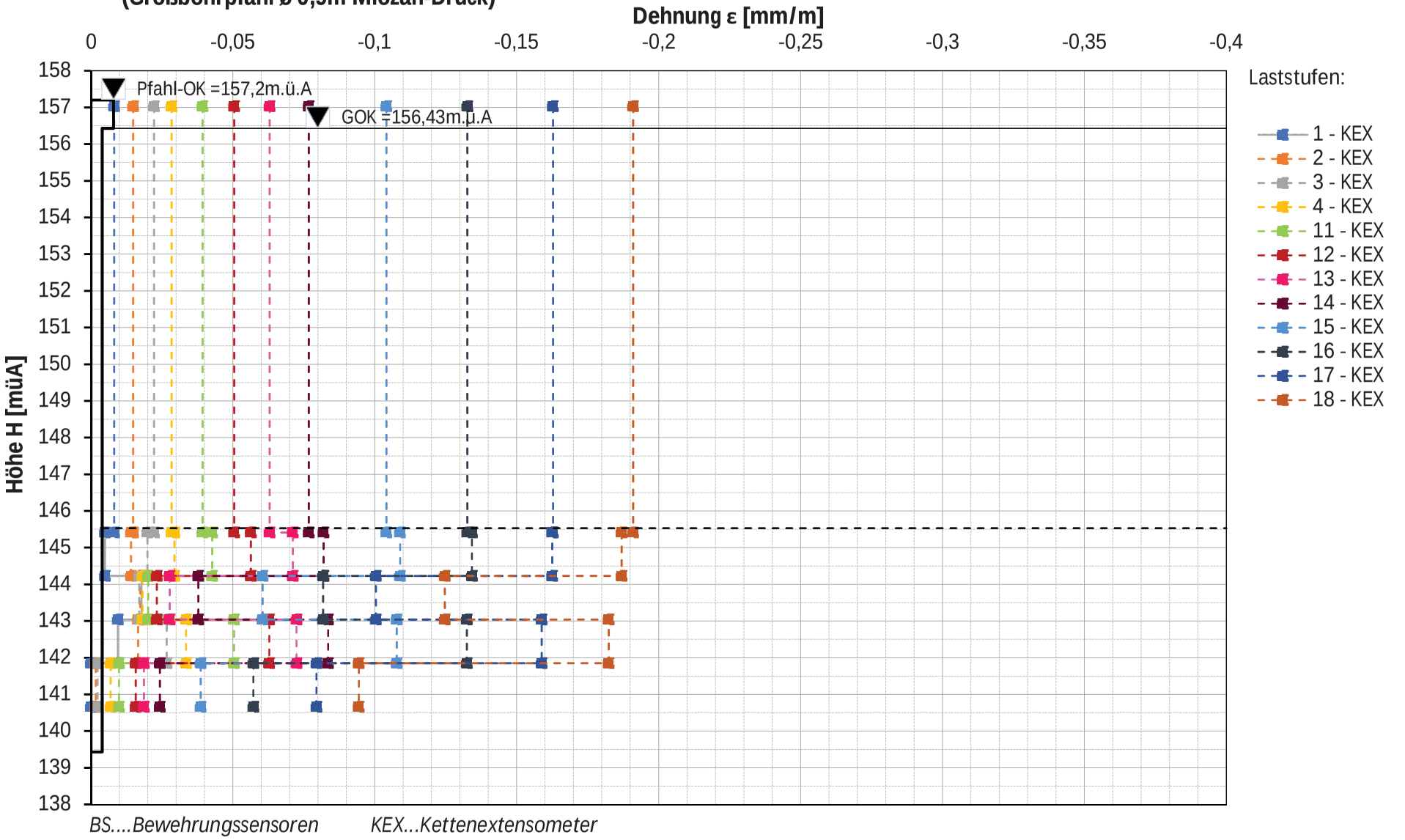


KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.M15**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)



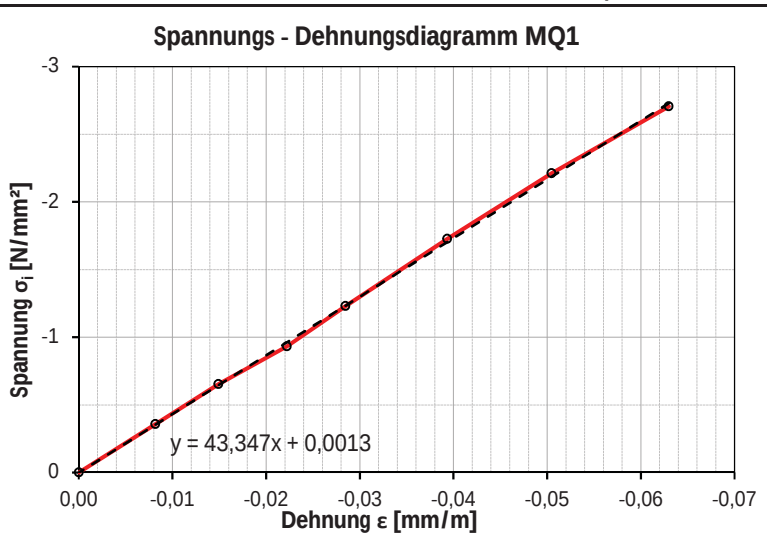
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.M15 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	KEX1 ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-233,58	-0,36	-0,00819
2	-427,90	-0,65	-0,01491
3	-610,71	-0,93	-0,02223
4	-807,33	-1,23	-0,02846
11	-1132,30	-1,73	-0,03933
12	-1450,26	-2,21	-0,05049
13	-1775,86	-2,71	-0,06298

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	43,35 N/mm²
Querschnittsnummer:	8
E-Modul Beton E_c=	**34,09 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	914	156,43	145,53	0,00	11942,05	23263,18	620913,25
2	Prüfstrecke	900	145,53	139,43	0,00	10506,28	492,88	625173,35
3	BS1	914	0	0	0,00	6999,47	23263,18	625855,83
4	BS2	900	0	0	0,00	13370,62	492,88	622309,01
5	BS3	900	0	0	0,00	13370,62	492,88	622309,01
6	BS4	900	0	0	0,00	10185,04	492,88	625494,59
7	BS5	900	0	0	0,00	6999,47	492,88	628680,16
8	mittel KEX1	914	157,03	145,41	0,00	11942,05	23263,18	620913,25
9	mittel KEX2	900	145,41	144,23	0,00	13370,62	492,88	622309,01
10	mittel KEX3	900	144,23	143,04	0,00	11978,60	492,88	623701,03
11	mittel KEX4	900	143,04	141,85	0,00	9645,12	492,88	626034,51
12	mittel KEX5	900	141,85	140,66	0,00	6999,47	492,88	628680,16

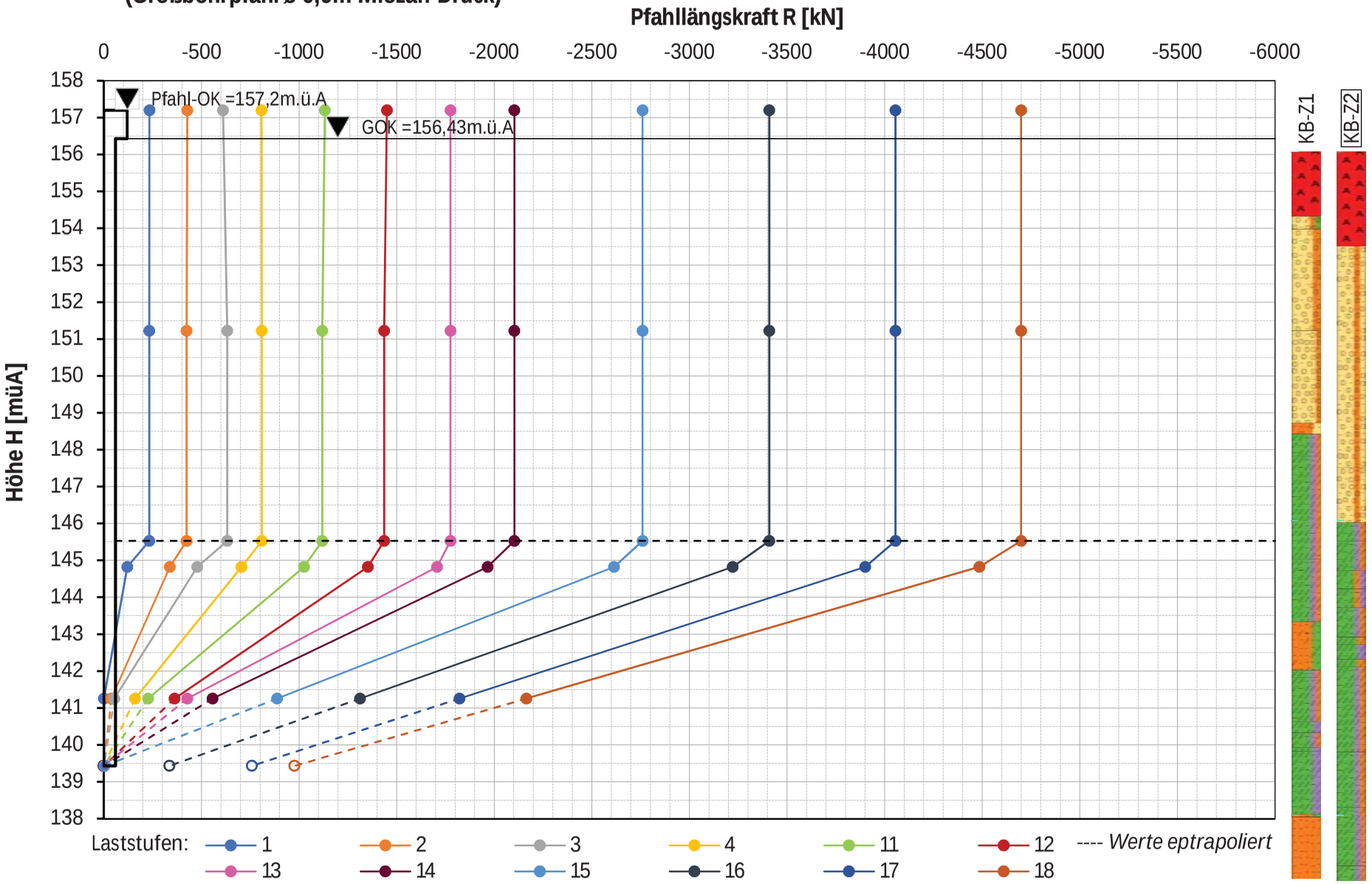
Prüfkörper: **B.M15 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN]	$F_{m,MQ1}$ [kN]	$F_{m,OK-PS}$ [kN]	$F_{m,MQ2}$ [kN]	$F_{m,MQ3}$ [kN]	$F_{m,MQ4}$ [kN]	$F_{m,MQ5}$ [kN]	$R_{b,m}$ [kN]	$R_{s,m}$ [kN]
		H: 157,20 m	H: 151,22 m	H: 145,53 m	H: 144,82 m	H: 143,64 m	H: 142,45 m	H: 141,26 m	H: 139,43 m	
1	08:21	-234	-233	-233	-120			0	0	-234
2	08:45	-428	-424	-424	-338			-39	0	-428
3	09:11	-611	-632	-632	-479			-54	0	-611
4	12:18	-807	-809	-809	-705			-160	0	-807
7	13:08	-240	-357	-357	-168			18	0	-240
8	13:24	-424	-490	-490	-344			-62	0	-424
9	13:38	-610	-634	-634	-542			-68	0	-610
10	13:52	-806	-798	-798	-703			-186	0	-806
11	14:15	-1132	-1119	-1119	-1026			-227	0	-1132
12	14:34	-1450	-1436	-1436	-1352			-362	0	-1450
13	15:05	-1776	-1776	-1776	-1708			-428	0	-1776
14	15:25	-2104	-2104	-2104	-1967			-557	0	-2104
15	16:12	-2760	-2760	-2760	-2613			-887	-4	-2756
16	17:27	-3409	-3409	-3409	-3221			-1313	-336	-3073
17	20:05	-4056	-4056	-4056	-3900			-1823	-759	-3297
18	21:12	-4699	-4699	-4699	-4486			-2165	-977	-3722

Prüfkörper: **B.M15**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

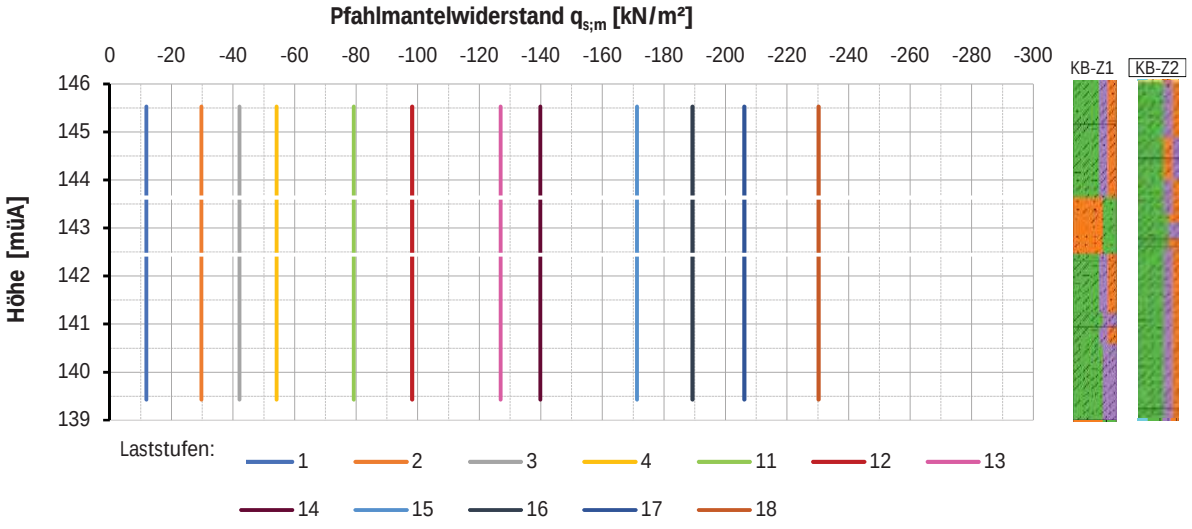


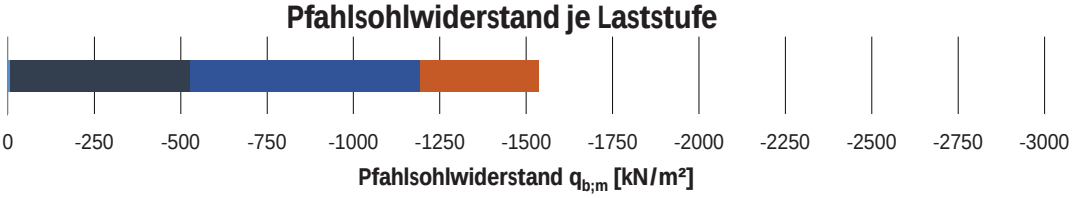
Prüfkörper: **B.M15** **(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,90 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-233,58	-0,16	-0,0002	-12	-12	-12	-12	0
2	-427,90	-0,38	-0,0004	-30	-30	-30	-30	0
3	-610,71	-0,62	-0,0007	-42	-42	-42	-42	0
4	-807,33	-1,13	-0,0013	-54	-54	-54	-54	0
5	-423,69	-1,05	-0,0012					
6	-53,53	-0,77	-0,0009					
7	-240,21	-0,81	-0,0009	-18	-18	-18	-18	0
8	-423,84	-0,94	-0,0010	-28	-28	-28	-28	0
9	-609,84	-1,13	-0,0013	-47	-47	-47	-47	0
10	-806,35	-1,32	-0,0015	-51	-51	-51	-51	0
11	-1132,30	-1,80	-0,0020	-79	-79	-79	-79	0
12	-1450,26	-2,47	-0,0027	-98	-98	-98	-98	0
13	-1775,86	-3,53	-0,0039	-127	-127	-127	-127	0
14	-2103,62	-4,99	-0,0055	-140	-140	-140	-140	0
15	-2760,04	-10,61	-0,0118	-171	-171	-171	-171	-6
16	-3409,15	-21,19	-0,0235	-189	-189	-189	-189	-529
17	-4055,63	-45,03	-0,0500	-206	-206	-206	-206	-1.193
18	-4699,04	-95,77	-0,1064	-230	-230	-230	-230	-1.536
19	-5078,41	-142,24	-0,1580					

Prüfkörper: **B.M15** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

VERSUCHSAUSWERTUNG

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **05.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.K51**
Prüffeld:	2
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Kies
Herstellungsverfahren:	verrohrter Bohrpfahl

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	28
Prüfdatum:	13.09.2017
Versuchsbeginn:	08:21 Uhr
Versuchsende:	19:57 Uhr
Wetterbedingungen:	7:00 Uhr sonnig 18°
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:

Pfahldurchmesser D=	640,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	321699,09	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,81	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,04	müA
OK Prüfstrecke (PS):	154,18	müA
UK Pfahl:	150,04	müA
Länge ohne Mantelreibung:	2,63	m
Länge Prüfstrecke:	4,14	m
Pfahllänge:	6,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30/BS-TB1/GK16**	
Zement:	-	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	38,76	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	-	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	ja
Sohldruckmessdose (SDMD):	ja

		Sensornummer:		Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1		156,64 müA
GOK	MQ1	BS1.1	BS2.1	155,60 müA
keine Mantelreibung				
OK PS		KEX2		154,14 müA
Prüfstrecke	MQ2	BS2.1	BS2	153,70 müA
		KEX3		153,20 müA
	MQ3	BS3.1	BS3.2	152,75 müA
		KEX4		152,25 müA
	MQ4	BS4.1	BS4.2	151,70 müA
		KEX5		151,31 müA
	MQ5	BS5.1	BS5.2	150,65 müA
UK Pfahl		SDMD		150,08 müA

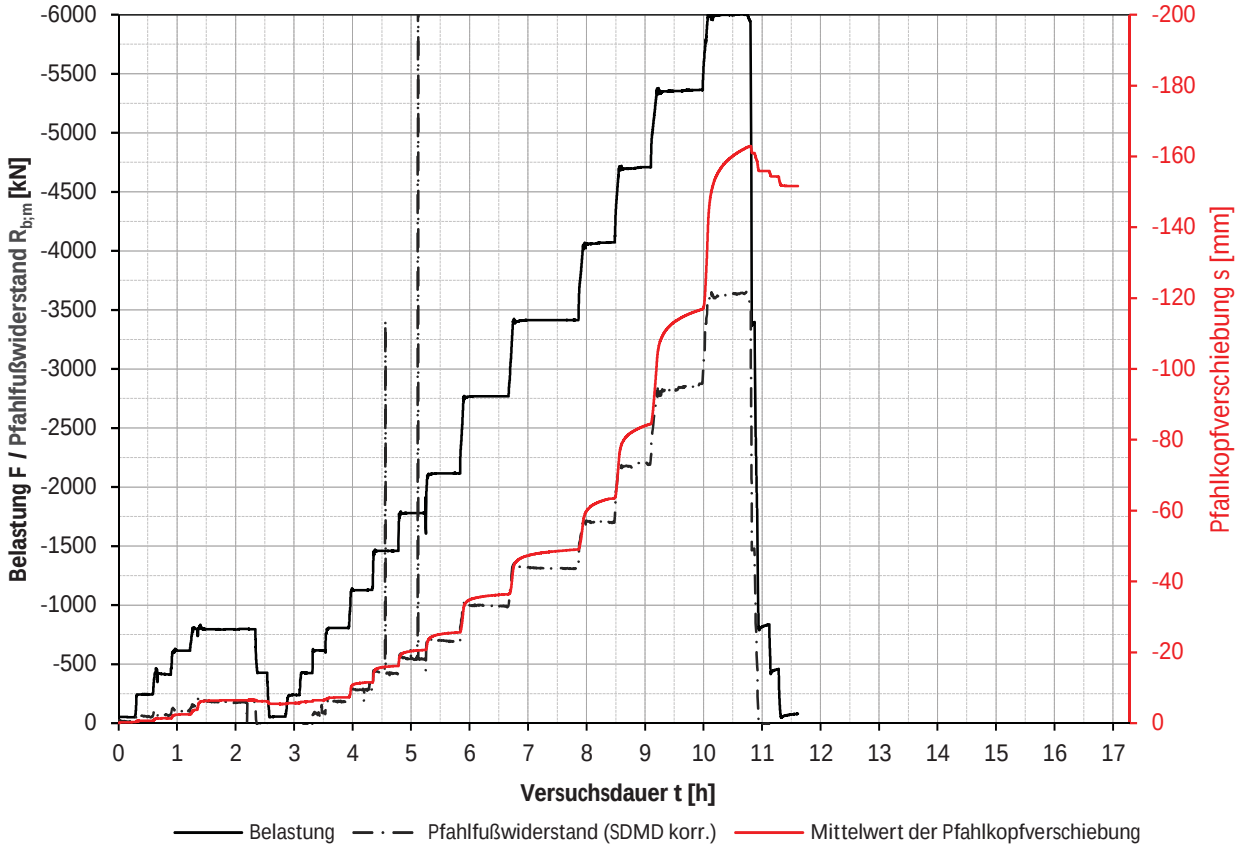
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

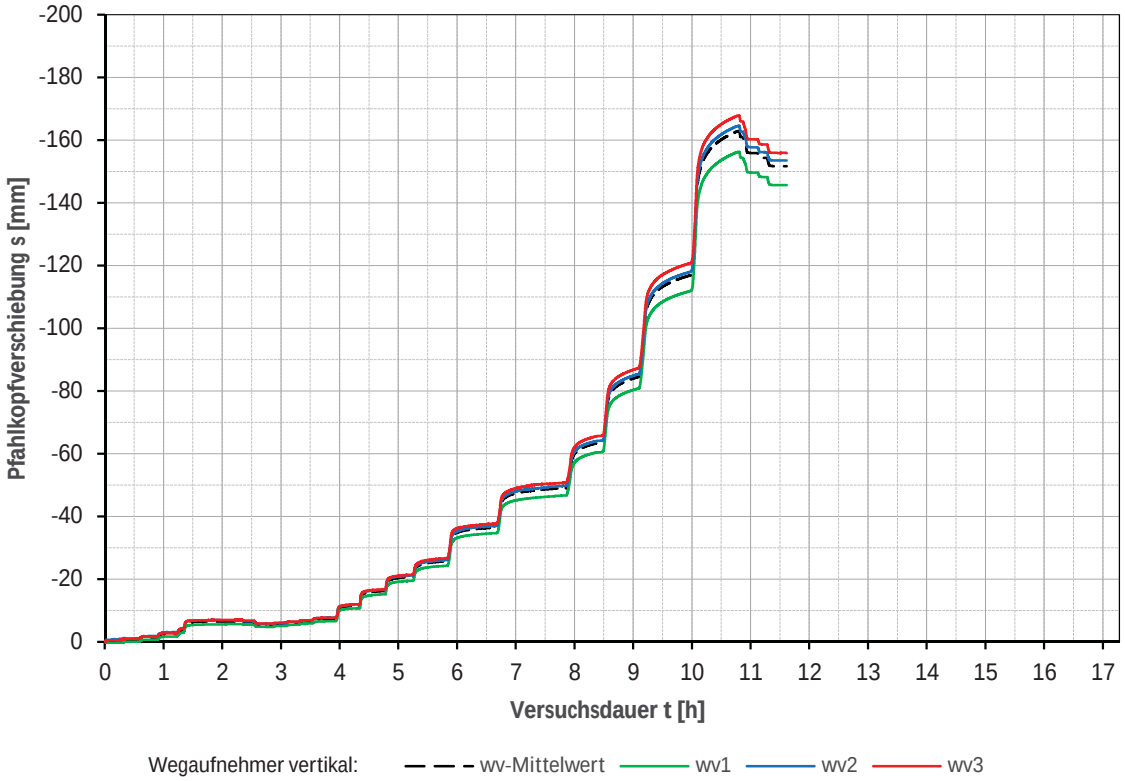
Anmerkungen:

Längskraftverlauf:
-Der Pfahlsohlwiderstand wurde rückgerechnet, da die Werte der SDMD ca. um den Faktor 2,34 zu gering sind.
E-Modul:
Berechnung mit LS 1-13, darüber Steifigkeitsverlust im Querschnitt.

Prüfkörper: **B.K51** **Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung und Pfahlfußwiderstand**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K51** **Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K51** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

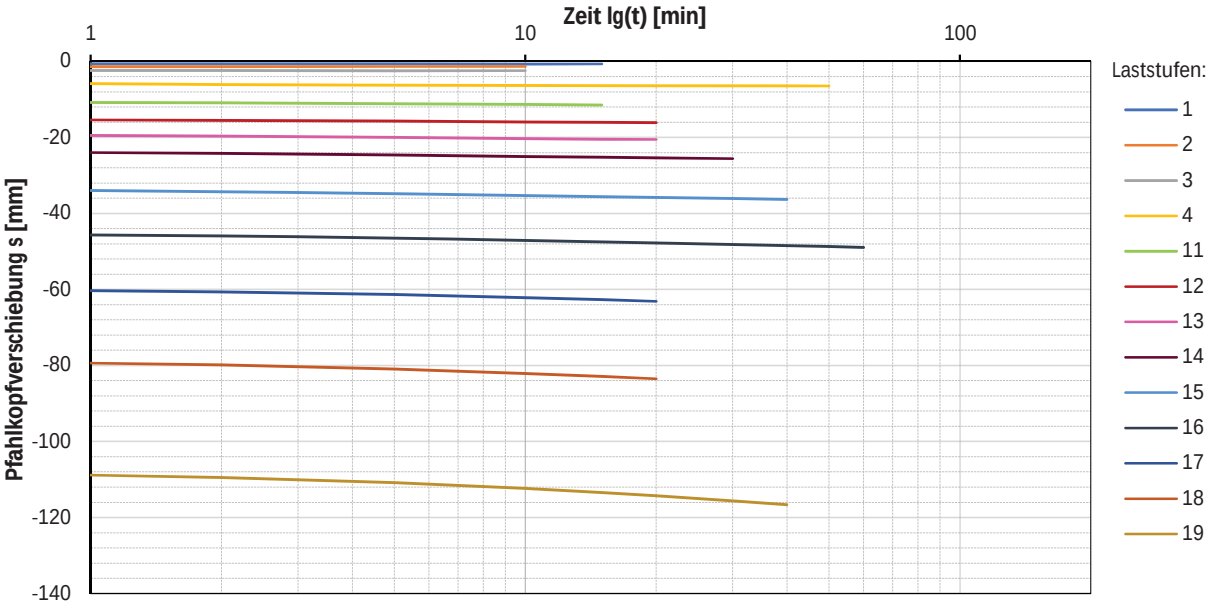
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriechmaß α_y [mm]
0	08:21	08:37	-50	-50	-0,32																		
1	08:40	08:56	-238	-249	-0,70	-0,65	-0,64	-0,66	-0,69	-0,70									5	15	-0,66	-0,70	**-0,07**
2	08:59	09:14	-425	-412	-1,36	-1,36	-1,37	-1,36	-1,37										2	10	-1,37	-1,37	**-0,01**
3	09:19	09:34	-613	-614	-2,44	-2,39	-2,40	-2,45	-2,45										2	10	-2,40	-2,45	**-0,07**
4	09:43	10:41	-800	-795	-6,53	-5,84	-6,08	-6,23	-6,33	-6,36	-6,41	-6,46							40	50	-6,44	-6,48	**-0,49**
5	10:43	10:53	-425	-428	-6,22	-6,23	-6,23	-6,22															
6	10:56	11:11	-50	-56	-5,43	-5,45	-5,46	-5,45	-5,43														
7	11:15	11:26	-238	-237	-5,69	-5,65	-5,65	-5,68	-5,70										2	10	-5,65	-5,70	**-0,06**
8	11:29	11:39	-425	-424	-6,08	-6,05	-6,05	-6,06											1	5	-6,05	-6,06	**-0,02**
9	11:42	11:52	-613	-615	-6,51	-6,46	-6,47	-6,48											1	5	-6,46	-6,48	**-0,03**
10	11:55	12:15	-800	-806	-7,32	-7,07	-7,14	-7,20	-7,27	-7,30									5	15	-7,20	-7,30	**-0,22**
11	12:20	12:40	-1125	-1129	-11,54	-10,81	-10,94	-11,17	-11,33	-11,49									5	15	-11,17	-11,49	**-0,67**
12	12:45	13:06	-1450	-1459	-16,14	-15,42	-15,52	-15,70	-15,92	-16,03	-16,13								10	20	-15,92	-16,13	**-0,70**
13	13:10	13:35	-1775	-1781	-20,66	-19,48	-19,67	-20,00	-20,30	-20,45	-20,56								10	20	-20,30	-20,56	**-0,87**
14	13:39	14:10	-2100	-2116	-25,63	-23,98	-24,20	-24,63	-25,03	-25,23	-25,39	-25,60							15	30	-25,23	-25,60	**-1,23**
15	14:16	15:00	-2750	-2768	-36,40	-33,98	-34,32	-34,84	-35,30	-35,58	-35,81	-36,10							20	40	-35,81	-36,33	**-1,73**
16	15:08	16:11	-3400	-3415	-49,02	-45,67	-45,94	-46,50	-47,09	-47,47	-47,77	-48,20	-48,96						40	60	-48,50	-48,96	**-2,61**
17	16:21	16:50	-4050	-4071	-63,57	-60,32	-60,64	-61,36	-62,13	-62,68	-63,11								10	20	-62,13	-63,11	**-3,27**
18	16:57	17:25	-4700	-4709	-84,33	-79,39	-79,87	-80,94	-82,08	-82,88	-83,53								10	20	-82,08	-83,53	**-4,80**
19	17:37	18:18	-5350	-5364	-116,73	-108,83	-109,44	-110,80	-112,35	-113,44	-114,29	-115,63							20	40	-114,29	-116,64	**-7,79**
20	18:34	19:05	-6000	-6006	-162,48	-154,97	-155,48	-156,79	-158,45	-159,69	-160,73	-162,33											
21	19:11	19:13	-3400	-3395	-160,97	-160,98																	
22	19:18	19:27	-800	-833	-155,86	-155,90	-155,89	-155,87															
23	19:28	19:39	-425	-186	-153,00	-155,43	-154,41	-154,31	-154,30														
24	19:41	19:57	-50	-79	-151,66	-151,73	-151,71	-151,68	-151,67	-151,66													

Prüfkörper: **B.K51**

Zeitverformung

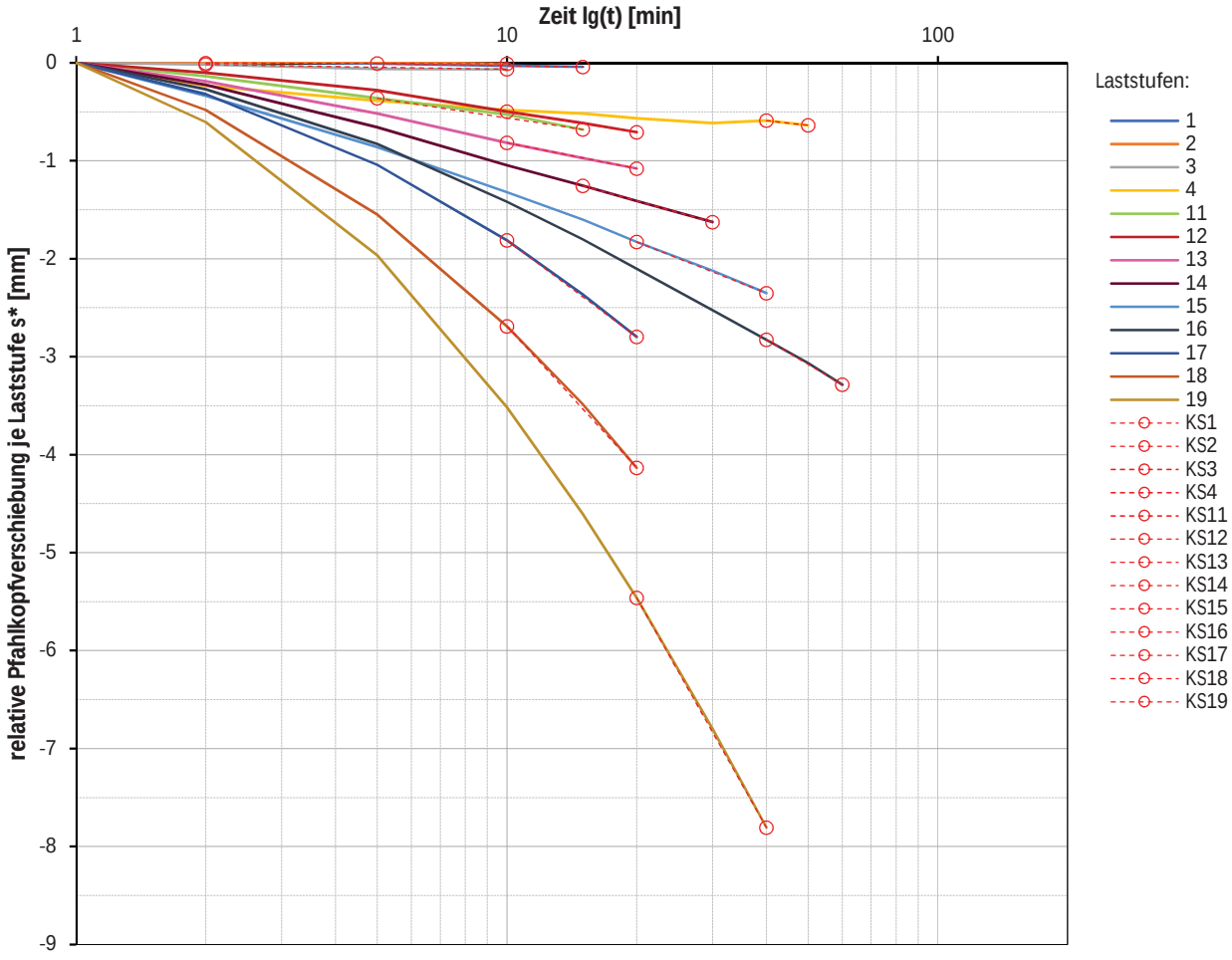
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K51**

relative Zeitverformung je Laststufe

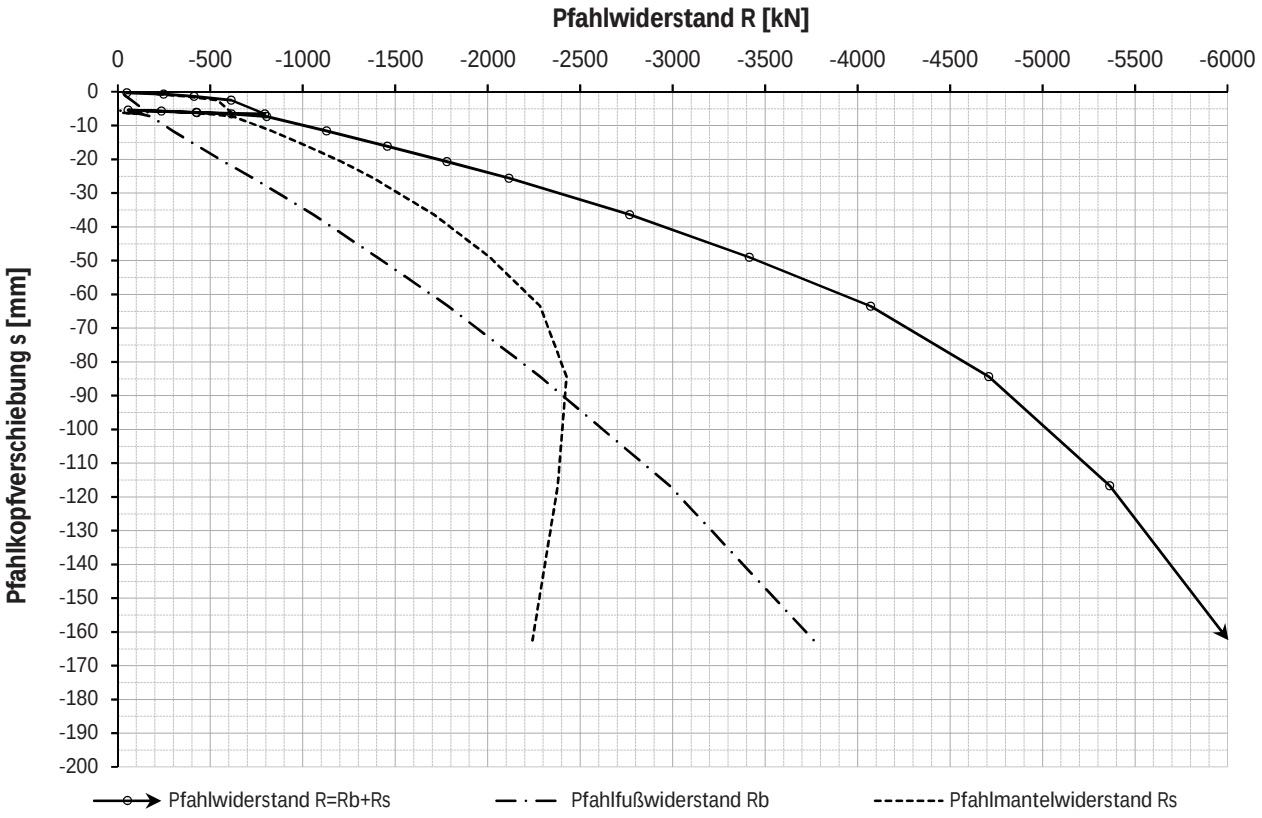
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

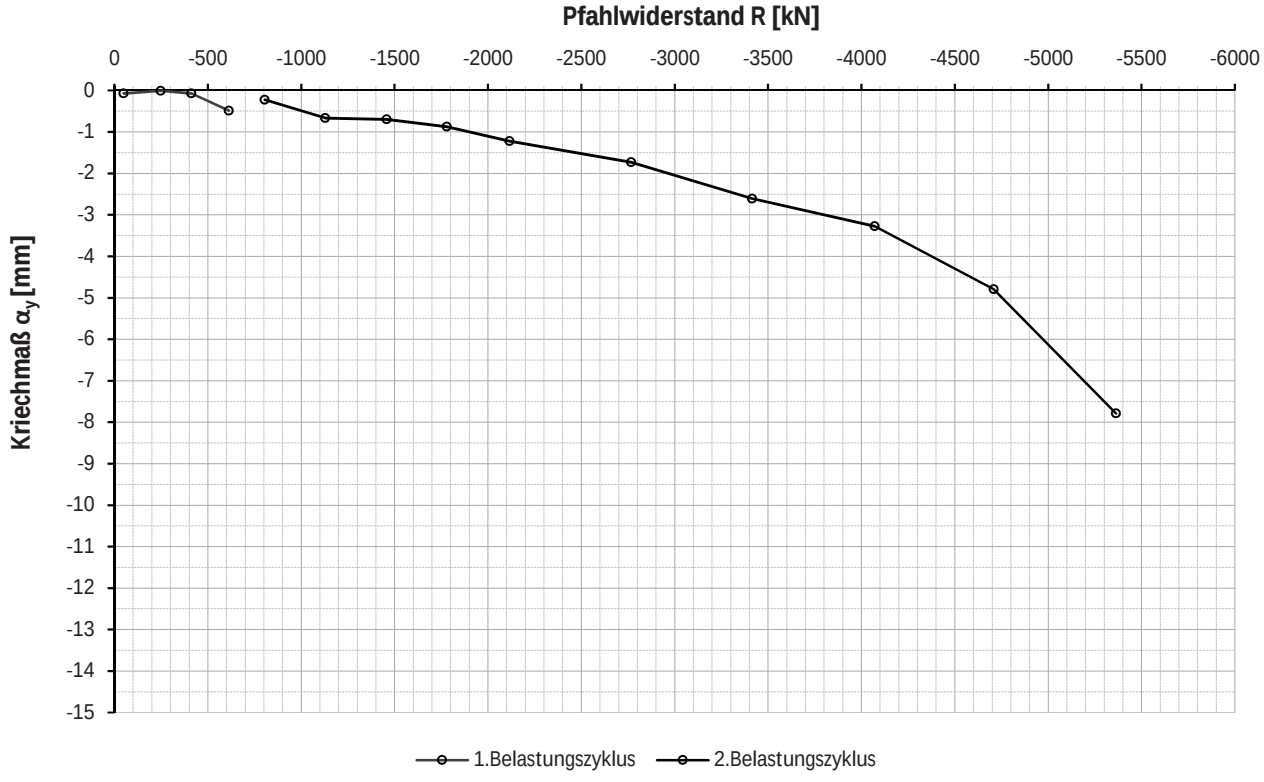
Prüfkörper: **B.K51** **Widerstands-Verschiebungslinie**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K51** **Widerstands-Kriechmaßlinie**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K51** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,39 m	H: 153,67 m	H: 152,73 m	H: 151,78 m	H: 150,84 m	H: 155,39 m	H: 153,67 m	H: 152,73 m	H: 151,78 m	H: 150,84 m
1	08:56	-249	-0,0242	-0,0018	-0,0203	-0,0073	-0,0046	-0,0242	-0,0018	-0,0203	-0,0073	-0,0046
2	09:14	-412	-0,0422	0,0041	-0,0370	-0,0071	-0,0031	-0,0422	0,0041	-0,0370	-0,0071	-0,0031
3	09:34	-614	-0,0628	0,0043	-0,0535	-0,0152	-0,0075	-0,0628	0,0043	-0,0535	-0,0152	-0,0075
4	10:41	-795	-0,0790	0,0022	-0,0817	-0,0303	-0,0172	-0,0790	0,0022	-0,0817	-0,0303	-0,0172
5	10:53	-428	-0,0425	0,0279	-0,0780	-0,0066	-0,0097	-0,0425	0,0279	-0,0780	-0,0066	-0,0097
6	11:11	-56	-0,0043	0,0510	-0,0627	0,0141	-0,0023	-0,0043	0,0510	-0,0627	0,0141	-0,0023
7	11:26	-237	-0,0215	0,0489	-0,0624	-0,0030	-0,0036	-0,0215	0,0489	-0,0624	-0,0030	-0,0036
8	11:39	-424	-0,0402	0,0503	-0,0768	-0,0122	-0,0067	-0,0402	0,0503	-0,0768	-0,0122	-0,0067
9	11:52	-615	-0,0624	0,0428	-0,1003	-0,0256	-0,0208	-0,0624	0,0428	-0,1003	-0,0256	-0,0208
10	12:15	-806	-0,0805	0,0449	-0,1171	-0,0330	-0,0253	-0,0805	0,0449	-0,1171	-0,0330	-0,0253
11	12:40	-1129	-0,1136	0,0306	-0,1455	-0,0448	-0,0381	-0,1136	0,0306	-0,1455	-0,0448	-0,0381
12	13:06	-1459	-0,1504	0,0208	-0,1740	-0,0636	-0,0465	-0,1504	0,0208	-0,1740	-0,0636	-0,0465
13	13:35	-1781	-0,1826	0,0051	-0,2005	-0,0815	-0,0614	-0,1826	0,0051	-0,2005	-0,0815	-0,0614
14	14:10	-2116	-0,2187	-0,0063	-0,2324	-0,1068	-0,0722	-0,2187	-0,0063	-0,2324	-0,1068	-0,0722
15	15:00	-2768	-0,2922	-0,0419	-0,2918	-0,1476	-0,0983	-0,2922	-0,0419	-0,2918	-0,1476	-0,0983
16	16:11	-3415	-0,3658	-0,0855	-0,3433	-0,1904	-0,1304	-0,3658	-0,0855	-0,3433	-0,1904	-0,1304
17	16:50	-4071	-0,4442	-0,1438	-0,3928	-0,2407	-0,1613	-0,4442	-0,1438	-0,3928	-0,2407	-0,1613
18	17:25	-4709	-0,5190	-0,1979	-0,4449	-0,2861	-0,1992	-0,5190	-0,1979	-0,4449	-0,2861	-0,1992
19	18:18	-5364	-0,6032	-0,2595	-0,5054	-0,3518	-0,2573	-0,6032	-0,2595	-0,5054	-0,3518	-0,2573
20	19:05	-6006	-0,6906	-0,3257	-0,5668	-0,4188	-0,3098	-0,6906	-0,3257	-0,5668	-0,4188	-0,3098
21	19:13	-3395	-0,4318	-0,1489	-0,4192	-0,2732	-0,2113	-0,4318	-0,1489	-0,4192	-0,2732	-0,2113
22	19:27	-833	-0,1444	0,0592	-0,2415	-0,0894	-0,0792	-0,1444	0,0592	-0,2415	-0,0894	-0,0792
23	19:39	-186	-0,0670	0,1169	-0,1864	-0,0343	-0,0375	-0,0670	0,1169	-0,1864	-0,0343	-0,0375
24	19:57	-79	-0,0499	0,1250	-0,1817	-0,0246	-0,0333	-0,0499	0,1250	-0,1817	-0,0246	-0,0333

Prüfkörper: **B.K51** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

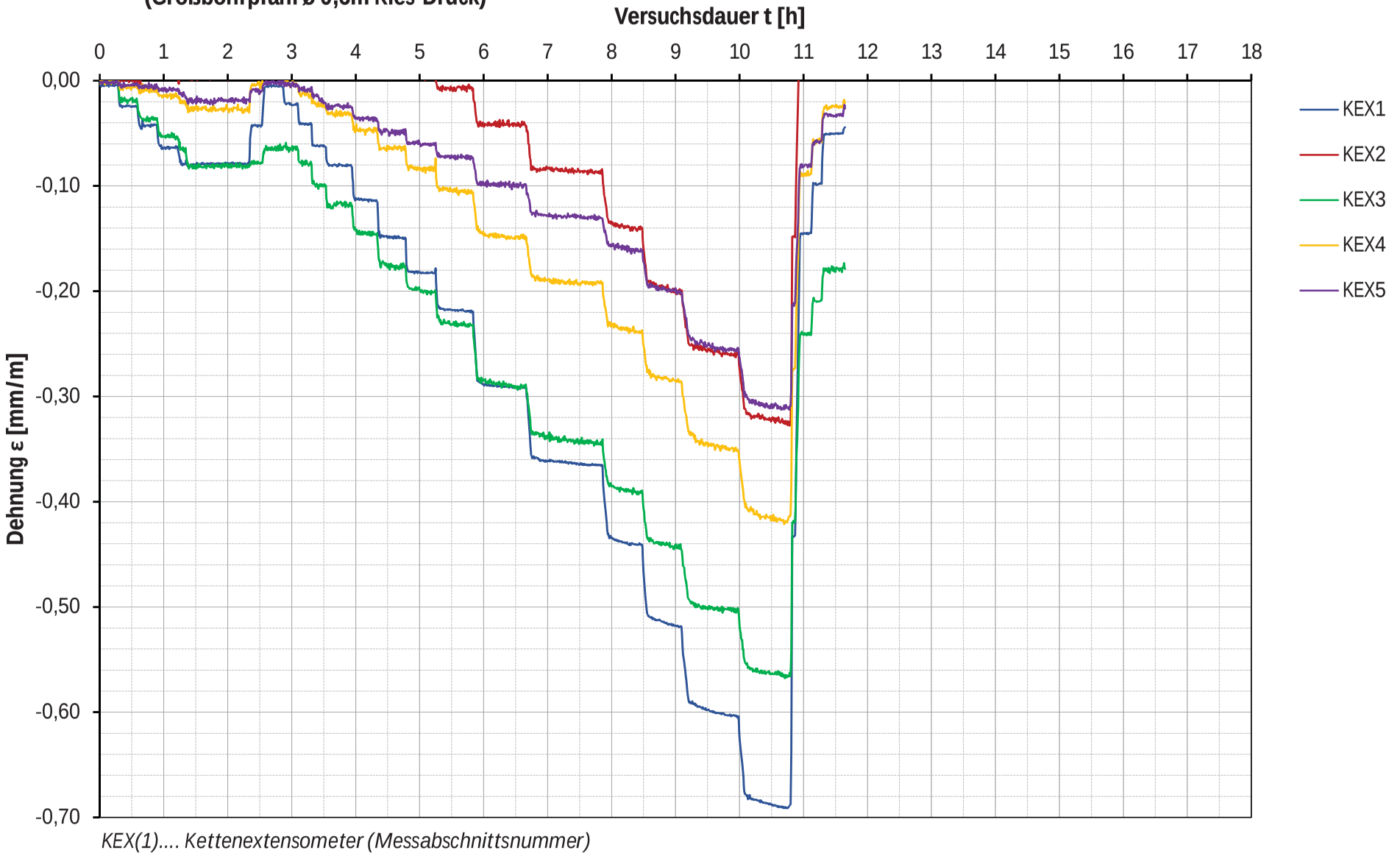
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Bewehrungssensoren (BS)

Laststufen			Messwerte - Bewehrungssensoren										korrigierte Messwerte - Bewehrungssensoren je MQ				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,BS1.1}$	$\varepsilon_{m,BS1.2}$	$\varepsilon_{m,BS2.1}$	$\varepsilon_{m,BS2.2}$	$\varepsilon_{m,BS3.1}$	$\varepsilon_{m,BS3.2}$	$\varepsilon_{m,BS4.1}$	$\varepsilon_{m,BS4.2}$	$\varepsilon_{m,BS5.1}$	$\varepsilon_{m,BS5.2}$	$\varepsilon_{m,BS1}$	$\varepsilon_{m,BS2}$	$\varepsilon_{m,BS3}$	$\varepsilon_{m,BS4}$	$\varepsilon_{m,BS5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,60 m	H: 153,70 m	H: 153,70 m	H: 153,70 m	H: 152,75 m	H: 152,75 m	H: 151,70 m	H: 151,70 m	H: 150,65 m	H: 150,65 m	H: 155,60 m	H: 153,70 m	H: 152,75 m	H: 151,70 m	H: 150,65 m
1	08:56	-249	-0,0202	-0,0310	-0,0256	-0,0067	-0,0131	-0,0099	-0,0088	-0,0062	-0,0075	-0,0049	-0,0256	-0,0099	-0,0075	-0,0055	-0,0038
2	09:14	-412	-0,0356	-0,0512	-0,0434	-0,0095	-0,0230	-0,0163	-0,0147	-0,0083	-0,0115	-0,0069	-0,0434	-0,0163	-0,0115	-0,0084	-0,0055
3	09:34	-614	-0,0562	-0,0741	-0,0652	-0,0150	-0,0333	-0,0242	-0,0217	-0,0132	-0,0174	-0,0105	-0,0652	-0,0242	-0,0174	-0,0129	-0,0087
4	10:41	-795	-0,0885	-0,0790	-0,0837	-0,0388	-0,0441	-0,0415	-0,0335	-0,0300	-0,0317	-0,0220	-0,0837	-0,0415	-0,0317	-0,0250	-0,0177
5	10:53	-428	-0,0556	-0,0367	-0,0462	-0,0233	-0,0223	-0,0228	-0,0165	-0,0160	-0,0163	-0,0107	-0,0462	-0,0228	-0,0163	-0,0126	-0,0084
6	11:11	-56	-0,0200	0,0053	-0,0073	-0,0079	0,0015	-0,0032	0,0016	-0,0032	-0,0008	-0,0006	-0,0073	-0,0032	-0,0008	-0,0006	0,0003
7	11:26	-237	-0,0375	-0,0141	-0,0258	-0,0158	-0,0076	-0,0117	-0,0053	-0,0094	-0,0074	-0,0054	-0,0258	-0,0117	-0,0074	-0,0056	-0,0034
8	11:39	-424	-0,0568	-0,0343	-0,0456	-0,0239	-0,0187	-0,0213	-0,0137	-0,0167	-0,0152	-0,0108	-0,0456	-0,0213	-0,0152	-0,0115	-0,0076
9	11:52	-615	-0,0770	-0,0545	-0,0658	-0,0338	-0,0301	-0,0320	-0,0226	-0,0249	-0,0237	-0,0173	-0,0658	-0,0320	-0,0237	-0,0184	-0,0130
10	12:15	-806	-0,1035	-0,0682	-0,0859	-0,0474	-0,0392	-0,0433	-0,0306	-0,0357	-0,0331	-0,0249	-0,0859	-0,0433	-0,0331	-0,0261	-0,0185
11	12:40	-1129	-0,1448	-0,0949	-0,1198	-0,0692	-0,0568	-0,0630	-0,0468	-0,0534	-0,0501	-0,0388	-0,1198	-0,0630	-0,0501	-0,0403	-0,0291
12	13:06	-1459	-0,1926	-0,1195	-0,1560	-0,0950	-0,0736	-0,0843	-0,0632	-0,0736	-0,0684	-0,0548	-0,1560	-0,0843	-0,0684	-0,0562	-0,0411
13	13:35	-1781	-0,2330	-0,1496	-0,1913	-0,1169	-0,0939	-0,1054	-0,0819	-0,0920	-0,0870	-0,0699	-0,1913	-0,1054	-0,0870	-0,0724	-0,0532
14	14:10	-2116	-0,2731	-0,1849	-0,2290	-0,1398	-0,1178	-0,1288	-0,1033	-0,1117	-0,1075	-0,0863	-0,2290	-0,1288	-0,1075	-0,0899	-0,0671
15	15:00	-2768	-0,3594	-0,2470	-0,3032	-0,1881	-0,1633	-0,1757	-0,1466	-0,1507	-0,1487	-0,1196	-0,3032	-0,1757	-0,1487	-0,1258	-0,0951
16	16:11	-3415	-0,4392	-0,3189	-0,3790	-0,2319	-0,2161	-0,2240	-0,1949	-0,1893	-0,1921	-0,1522	-0,3790	-0,2240	-0,1921	-0,1624	-0,1246
17	16:50	-4071	-0,5228	-0,3875	-0,4552	-0,2809	-0,2662	-0,2736	-0,2431	-0,2326	-0,2378	-0,1876	-0,4552	-0,2736	-0,2378	-0,2000	-0,1566
18	17:25	-4709	-0,6079	-0,4583	-0,5331	-0,3376	-0,3193	-0,3285	-0,2927	-0,2842	-0,2885	-0,2297	-0,5331	-0,3285	-0,2885	-0,2436	-0,1965
19	18:18	-5364	-0,6943	-0,5403	-0,6173	-0,4005	-0,3759	-0,3882	-0,3397	-0,3525	-0,3461	-0,2902	-0,6173	-0,3882	-0,3461	-0,2986	-0,2490
20	19:05	-6006	-0,7823	-0,6196	-0,7009	-0,4575	-0,4373	-0,4474	-0,4001	-0,4061	-0,4031	-0,3324	-0,7009	-0,4474	-0,4031	-0,3573	-0,3046
21	19:13	-3395	-0,4927	-0,3651	-0,4289	-0,2971	-0,2698	-0,2835	-0,2562	-0,2597	-0,2580	-0,2174	-0,4289	-0,2835	-0,2580	-0,2382	-0,2110
22	19:27	-833	-0,1800	-0,0859	-0,1330	-0,1121	-0,0744	-0,0933	-0,0802	-0,0895	-0,0848	-0,0752	-0,1330	-0,0933	-0,0848	-0,0844	-0,0809
23	19:39	-186	-0,1042	-0,0108	-0,0575	-0,0631	-0,0224	-0,0427	-0,0304	-0,0439	-0,0371	-0,0362	-0,0575	-0,0427	-0,0371	-0,0398	-0,0400
24	19:57	-79	-0,0794	-0,0008	-0,0401	-0,0467	-0,0157	-0,0312	-0,0226	-0,0305	-0,0265	-0,0263	-0,0575	-0,0312	-0,0265	-0,0298	-0,0310

Prüfkörper: **B.K51**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

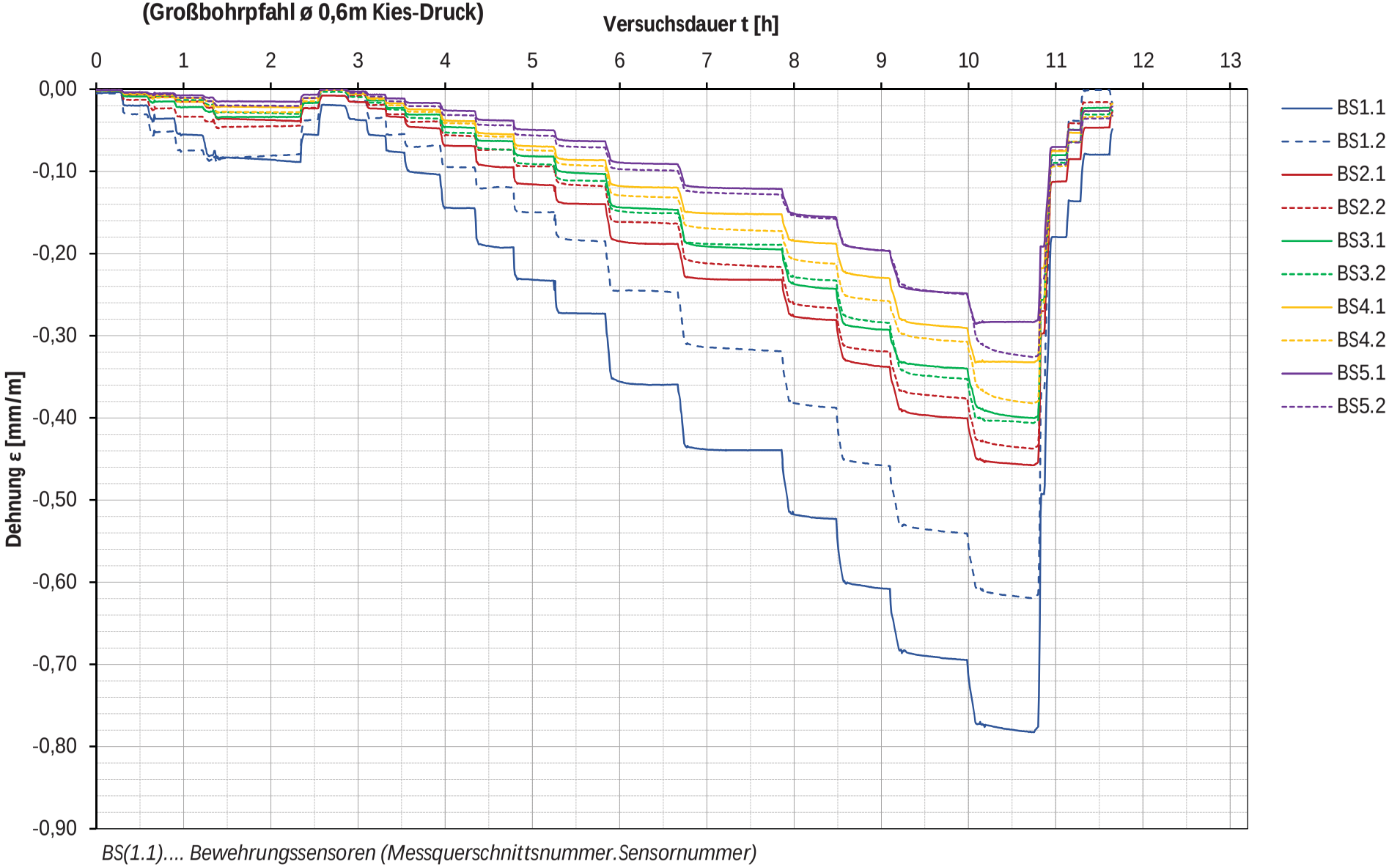
Messwerte Kettenextensometer



KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.K51**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Messwerte Bewehrungssensoren

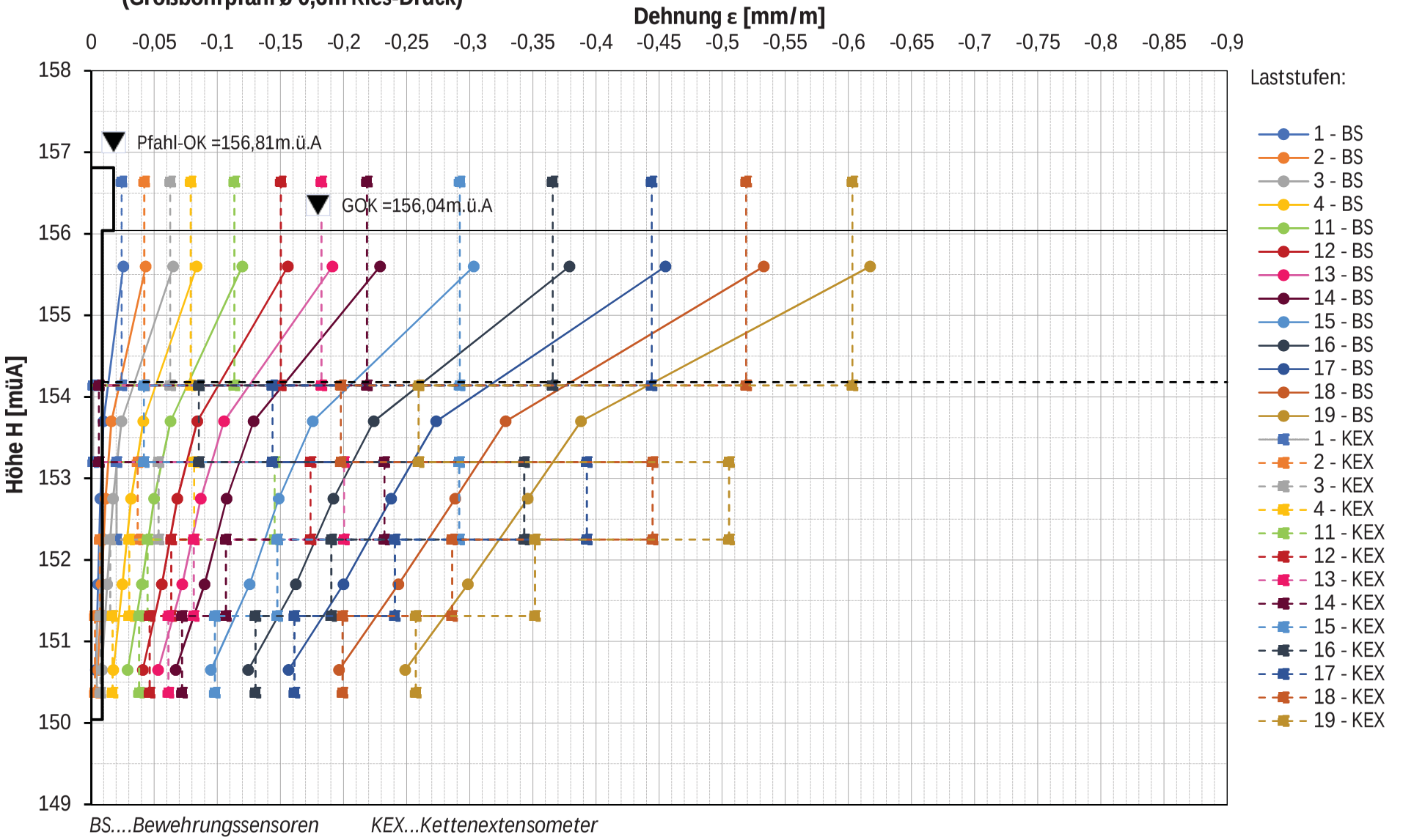


BS(1.1).... Bewehrungssensoren (Messquerschnittsnummer.Sensornummer)

Prüfkörper: **B.K51**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



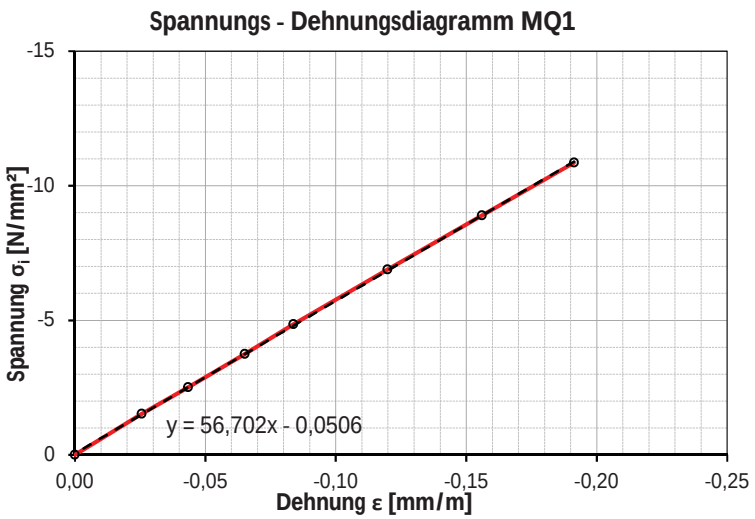
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.K51 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	BS1.MW ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-248,85	-1,52	-0,0256
2	-412,17	-2,51	-0,04341
3	-613,60	-3,74	-0,06516
4	-795,24	-4,85	-0,08374
11	-1128,68	-6,88	-0,11985
12	-1458,73	-8,89	-0,15603
13	-1780,77	-10,86	-0,19128

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	56,70 N/mm²
Querschnittsnummer:	3
E-Modul Beton E_c=	**38,76 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	457	156,04	154,18	0,00	8284,00	9413,15	146332,47
2	Prüfstrecke	640	154,18	150,04	0,00	7323,13	492,88	313883,08
3	BS1	457	155,6	155,6	0,00	8256,11	9413,15	146360,36
4	BS2	640	153,7	153,7	0,00	8859,29	492,88	312346,91
5	BS3	640	152,75	152,75	0,00	8256,11	492,88	312950,09
6	BS4	640	151,7	151,7	0,00	6371,15	492,88	314835,05
7	BS5	640	150,65	150,65	0,00	6371,15	492,88	314835,05
8	mittel KEX1	457	156,64	154,14	0,00	8284,00	9413,15	146332,47
9	mittel KEX2	640	154,14	153,2	0,00	8763,04	492,88	312443,16
10	mittel KEX3	640	153,2	152,25	0,00	7782,29	492,88	313423,91
11	mittel KEX4	640	152,25	151,31	0,00	6371,15	492,88	314835,05
12	mittel KEX5	640	151,31	150,37	0,00	6371,15	492,88	314835,05

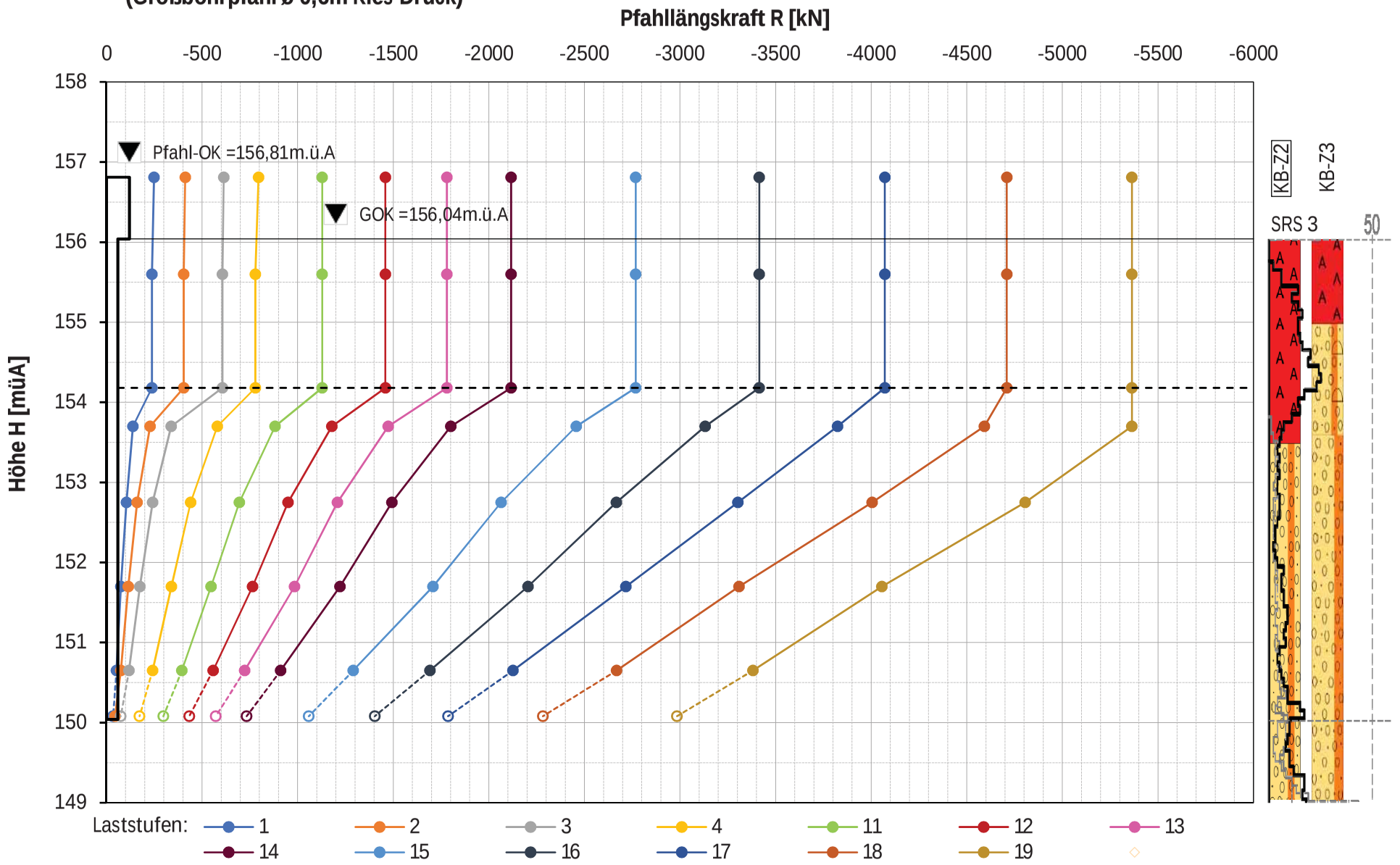
Prüfkörper: **B.K51** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN]	$F_{m,MQ1}$ [kN]	$F_{m,OK-PS}$ [kN]	$F_{m,MQ2}$ [kN]	$F_{m,MQ3}$ [kN]	$F_{m,MQ4}$ [kN]	$F_{m,MQ5}$ [kN]	$R_{b,m}$ [kN]	$R_{s,m}$ [kN]
		H: 156,81 m	H: 155,60 m	H: 154,18 m	H: 153,70 m	H: 152,75 m	H: 151,70 m	H: 150,65 m	H: 150,08 m	
1	08:56	-249	-238	-238	-139	-104	-75	-52	-35	-214
2	09:14	-412	-404	-404	-228	-160	-114	-75	-45	-367
3	09:34	-614	-606	-606	-338	-242	-175	-118	-74	-539
4	10:41	-795	-779	-779	-580	-441	-340	-241	-173	-622
7	11:26	-237	-237	-237	-164	-103	-76	-46	-22	-215
8	11:39	-424	-424	-424	-298	-211	-156	-103	-65	-360
9	11:52	-615	-615	-615	-447	-330	-250	-177	-123	-492
10	12:15	-806	-806	-806	-605	-460	-354	-251	-181	-625
11	12:40	-1129	-1129	-1129	-881	-695	-547	-395	-298	-831
12	13:06	-1459	-1459	-1459	-1179	-949	-764	-558	-433	-1025
13	13:35	-1781	-1781	-1781	-1473	-1208	-983	-723	-573	-1208
14	14:10	-2116	-2116	-2116	-1802	-1493	-1221	-911	-733	-1383
15	15:00	-2768	-2768	-2768	-2457	-2065	-1708	-1291	-1058	-1710
16	16:11	-3415	-3415	-3415	-3132	-2667	-2205	-1692	-1404	-2011
17	16:50	-4071	-4071	-4071	-3825	-3302	-2717	-2127	-1787	-2284
18	17:25	-4709	-4709	-4709	-4592	-4005	-3309	-2668	-2283	-2426
19	18:18	-5364	-5364	-5364	-5364	-4805	-4056	-3381	-2985	-2379

Prüfkörper: **B.K51**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

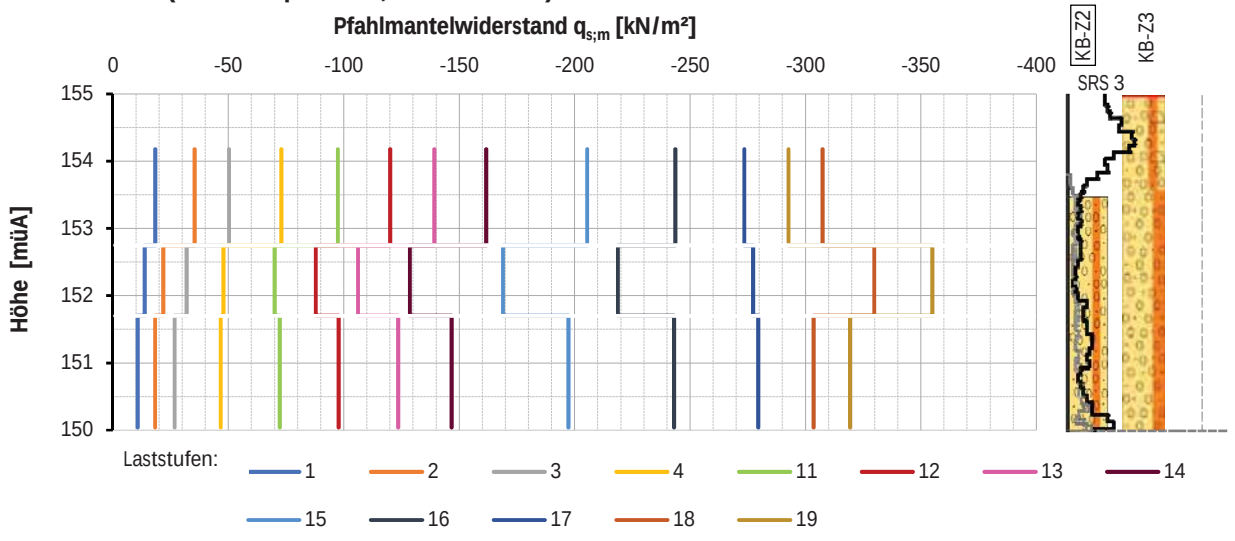


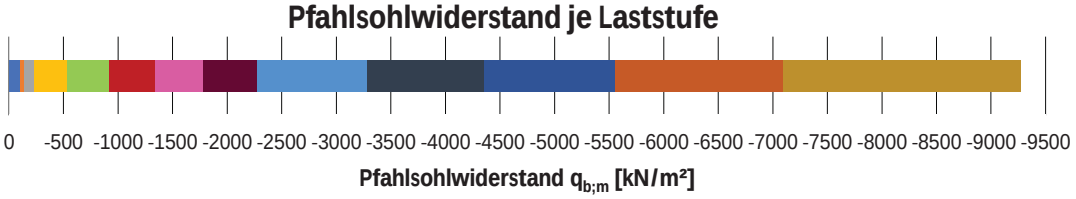
Prüfkörper: **B.K51** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,64 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-248,85	-0,70	-0,0011	-18	-14	-11	-14	-109
2	-412,17	-1,36	-0,0021	-35	-22	-18	-25	-139
3	-613,60	-2,44	-0,0038	-50	-32	-27	-36	-231
4	-795,24	-6,53	-0,0102	-73	-48	-47	-55	-538
5	-428,24	-6,22	-0,0097					
6	-56,37	-5,43	-0,0085					
7	-236,94	-5,69	-0,0089	-32	-13	-14	-19	-69
8	-424,26	-6,08	-0,0095	-45	-26	-25	-32	-201
9	-615,16	-6,51	-0,0102	-61	-38	-34	-44	-383
10	-805,59	-7,32	-0,0114	-76	-50	-49	-58	-562
11	-1128,68	-11,54	-0,0180	-97	-70	-72	-79	-925
12	-1458,73	-16,14	-0,0252	-120	-88	-98	-101	-1.347
13	-1780,77	-20,66	-0,0323	-139	-106	-124	-122	-1.780
14	-2116,47	-25,63	-0,0400	-162	-129	-147	-145	-2.280
15	-2768,18	-36,40	-0,0569	-205	-169	-197	-190	-3.289
16	-3414,66	-49,02	-0,0766	-244	-219	-243	-235	-4.363
17	-4071,17	-63,57	-0,0993	-274	-277	-280	-277	-5.555
18	-4709,48	-84,33	-0,1318	-307	-330	-304	-314	-7.097
19	-5363,97	-116,73	-0,1824	-293	-355	-319	-323	-9.278
20	-6005,91	-162,48	-0,2539					
21	-3395,02	-160,97	-0,2515					

Prüfkörper: **B.K51** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

VERSUCHSAUSWERTUNG

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **05.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.K52**
Prüffeld:	2
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Kies
Herstellungsverfahren:	verrohrter Bohrpfahl

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	31
Prüfdatum:	19.09.2017
Versuchsbeginn:	09:52 Uhr
Versuchsende:	23.17
Wetterbedingungen:	7:00h sonnig 18h
besondere Versuchsbedingungen:	BS1.1 Werte fehlen, KEX3 Werte streuen stark

Geometrie Prüfkörper:

Pfahldurchmesser D=	640,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	321699,09	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,83	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,06	müA
OK Prüfstrecke (PS):	154,20	müA
UK Pfahl:	150,06	müA
Länge ohne Mantelreibung:	2,63	m
Länge Prüfstrecke:	4,14	m
Pfahllänge:	6,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30/BS-TB1/GK16**	
Zement:	-	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	36,54	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	-	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	ja
Sohldruckmessdose (SDMD):	ja

		Sensornummer:		Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1		156,68 müA
GOK	MQ1	BS1.1	BS2.1	155,48 müA
keine Mantelreibung				
OK PS		KEX2		154,18 müA
Prüfstrecke	MQ2	BS2.1	BS2	153,58 müA
		KEX3		153,24 müA
	MQ3	BS3.1	BS3.2	152,63 müA
		KEX4		152,30 müA
	MQ4	BS4.1	BS4.2	151,58 müA
		KEX5		151,35 müA
	MQ5	BS5.1	BS5.2	150,53 müA
UK Pfahl		SDMD		149,96 müA

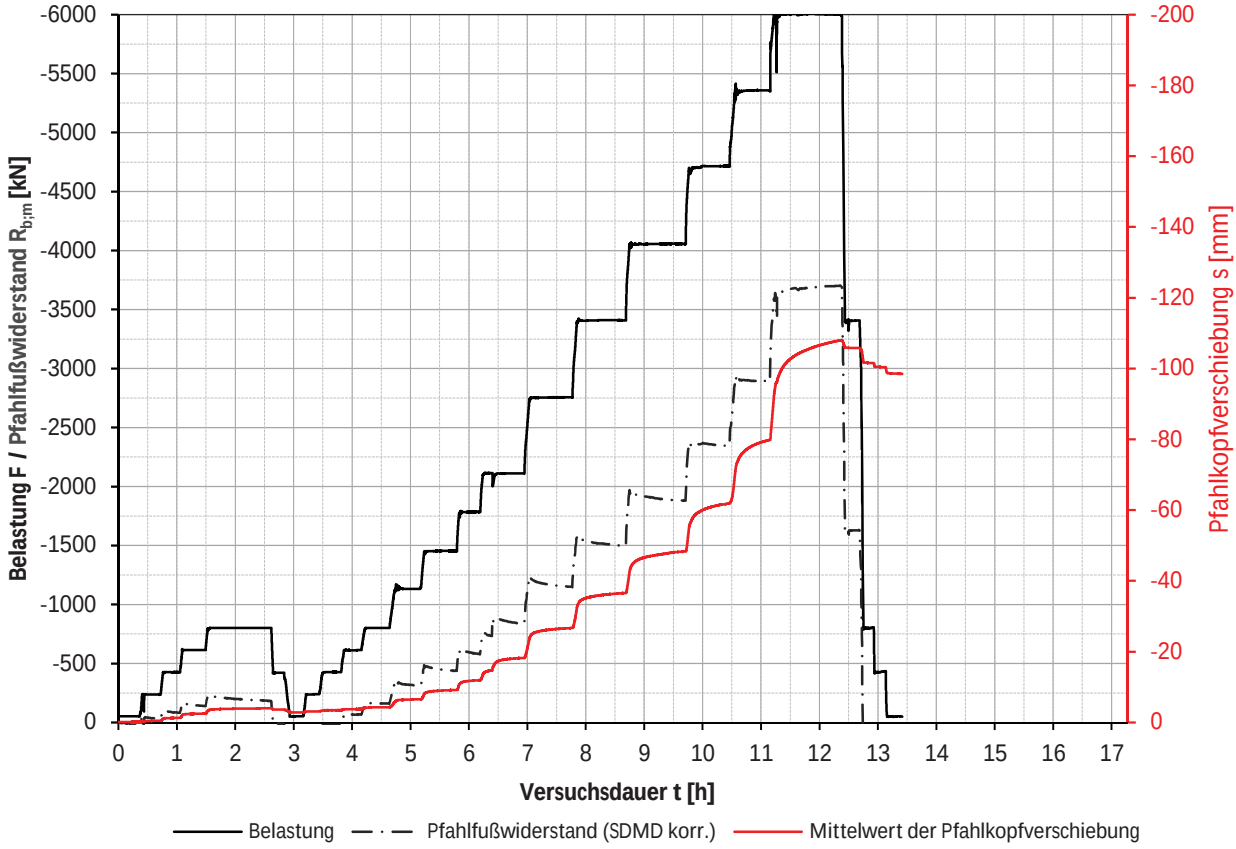
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

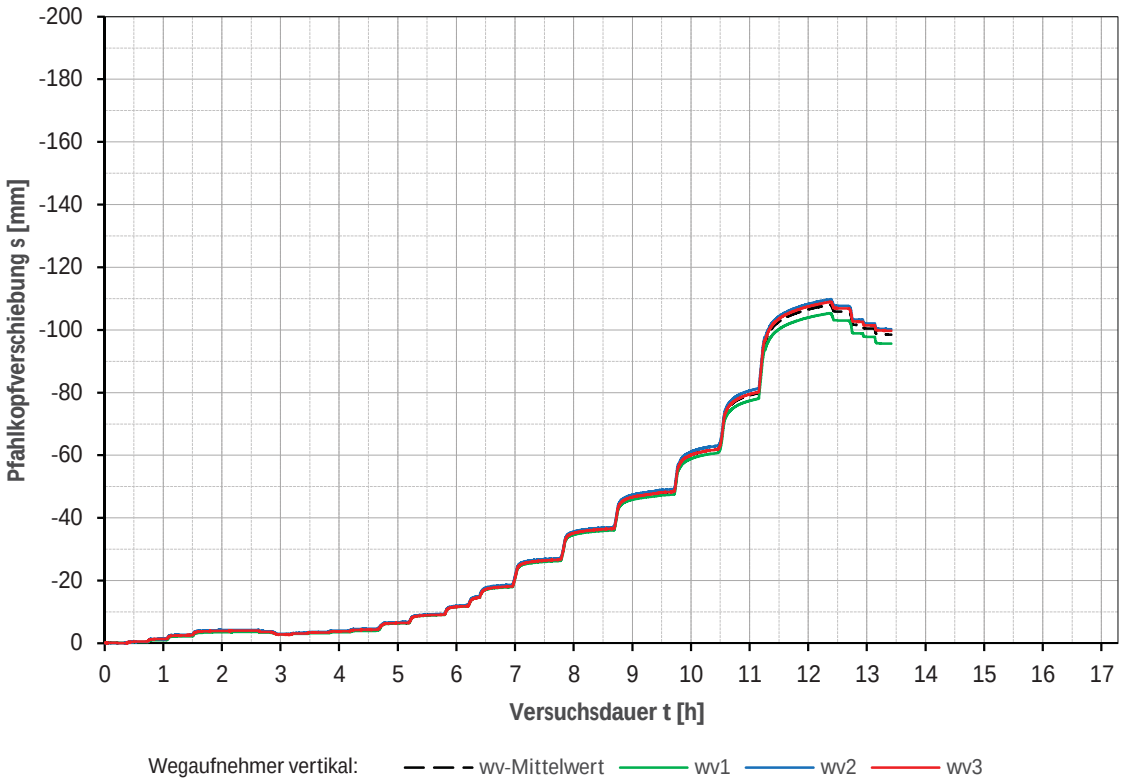
Anmerkungen:

Längskraftverlauf:
-Der Pfahlsohlwiderstand wurde rückgerechnet, da die Werte der SDMD ca. um den Faktor 1,5 zu gering sind.
-Die Werte im MQ 2 wurden bei den LS1-4 zwischen MQ1 und MQ3 interpoliert.
E-Modul:
Berechnung mit LS 1-12, darüber Steifigkeitsverlust im Querschnitt.

Prüfkörper: **B.K52** **Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung und Pfahlfußwiderstand**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K52** **Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K52** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

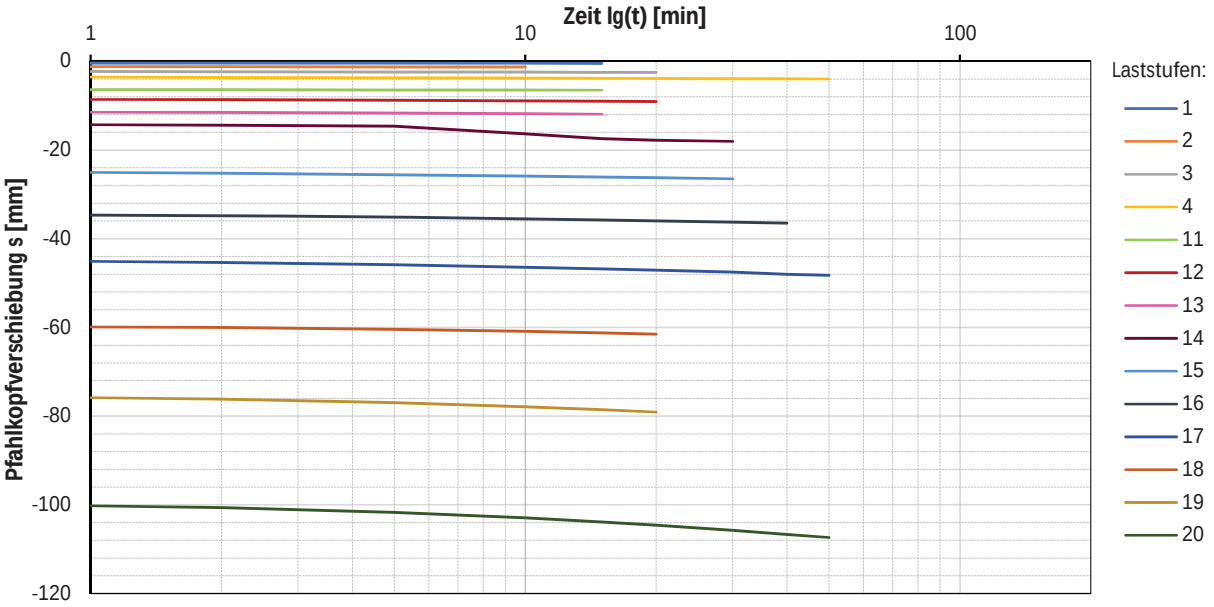
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y [mm]
0	09:52	10:12	-50	-52	-0,08																		
1	10:20	10:35	-238	-236	-0,44	-0,40	-0,42	-0,43	-0,45	-0,44									5	15	-0,43	-0,44	**-0,03**
2	10:39	10:54	-425	-425	-1,27	-1,18	-1,20	-1,24	-1,26										2	10	-1,20	-1,26	**-0,08**
3	10:58	11:18	-613	-613	-2,49	-2,28	-2,31	-2,39	-2,42	-2,46	-2,49								10	20	-2,42	-2,49	**-0,23**
4	11:25	12:25	-800	-801	-3,98	-3,56	-3,63	-3,69	-3,77	-3,81	-3,84	-3,91							20	50	-3,84	-3,97	**-0,32**
5	12:31	12:41	-425	-422	-3,62	-3,63	-3,63	-3,63															
6	12:48	12:58	-50	-52	-2,86	-2,88	-2,87	-2,86															
7	13:05	13:15	-238	-240	-3,13	-3,12	-3,13	-3,13											1	5	-3,12	-3,13	**-0,02**
8	13:24	13:40	-425	-427	-3,42	-3,43	-3,43	-3,44	-3,43	-3,42									5	15	-3,44	-3,42	**0,04**
9	13:45	14:00	-613	-614	-3,78	-3,76	-3,77	-3,76	-3,78										2	10	-3,77	-3,78	**-0,02**
10	14:07	14:30	-800	-801	-4,31	-4,21	-4,22	-4,25	-4,27	-4,28	-4,30								10	20	-4,27	-4,30	**-0,10**
11	14:41	15:00	-1125	-1132	-6,53	-6,38	-6,40	-6,44	-6,48	-6,52									5	15	-6,44	-6,52	**-0,17**
12	15:08	15:38	-1450	-1454	-9,16	-8,57	-8,64	-8,78	-8,91	-8,99	-9,06								5	20	-8,78	-9,06	**-0,47**
13	15:45	16:02	-1775	-1784	-11,91	-11,47	-11,53	-11,65	-11,79	-11,88									10	15	-11,79	-11,88	**-0,52**
14	16:08	16:48	-2100	-2112	-18,24	-14,30	-14,41	-14,62	-16,37	-17,43	-17,76	-18,05							20	30	-17,76	-18,05	**-1,68**
15	16:56	17:36	-2750	-2756	-26,67	-25,02	-25,20	-25,55	-25,87	-26,11	-26,26	-26,51							20	30	-26,26	-26,51	**-1,38**
16	17:47	18:32	-3400	-3408	-36,56	-34,68	-34,81	-35,13	-35,50	-35,76	-35,95	-36,25							20	40	-35,95	-36,48	**-1,78**
17	18:40	19:32	-4050	-4057	-48,29	-45,10	-45,34	-45,87	-46,47	-46,82	-47,09	-47,54							40	50	-48,01	-48,25	**-2,49**
18	19:50	20:19	-4700	-4716	-61,90	-59,88	-60,02	-60,41	-60,83	-61,19	-61,51								15	20	-61,19	-61,51	**-2,53**
19	20:31	20:58	-5350	-5358	-79,64	-75,82	-76,14	-76,93	-77,88	-78,55	-79,07								10	20	-77,88	-79,07	**-3,98**
20	21:13	22:13	-6000	-6002	-107,96	-100,25	-100,65	-101,67	-102,90	-103,87	-104,59	-105,74							30	50	-105,74	-107,36	**-7,27**
21	22:23	22:33	-3400	-3409	-105,82	-105,83	-105,83	-105,83															
22	22:37	22:47	-800	-805	-101,57	-101,68	-101,65	-101,60															
23	22:49	23:00	-425	-435	-100,42	-100,50	-100,47	-100,44	-100,42														
24	23:02	23:17	-50	-51	-98,53	-98,68	-98,65	-98,60	-98,56														

Prüfkörper: **B.K52**

Zeitverformung

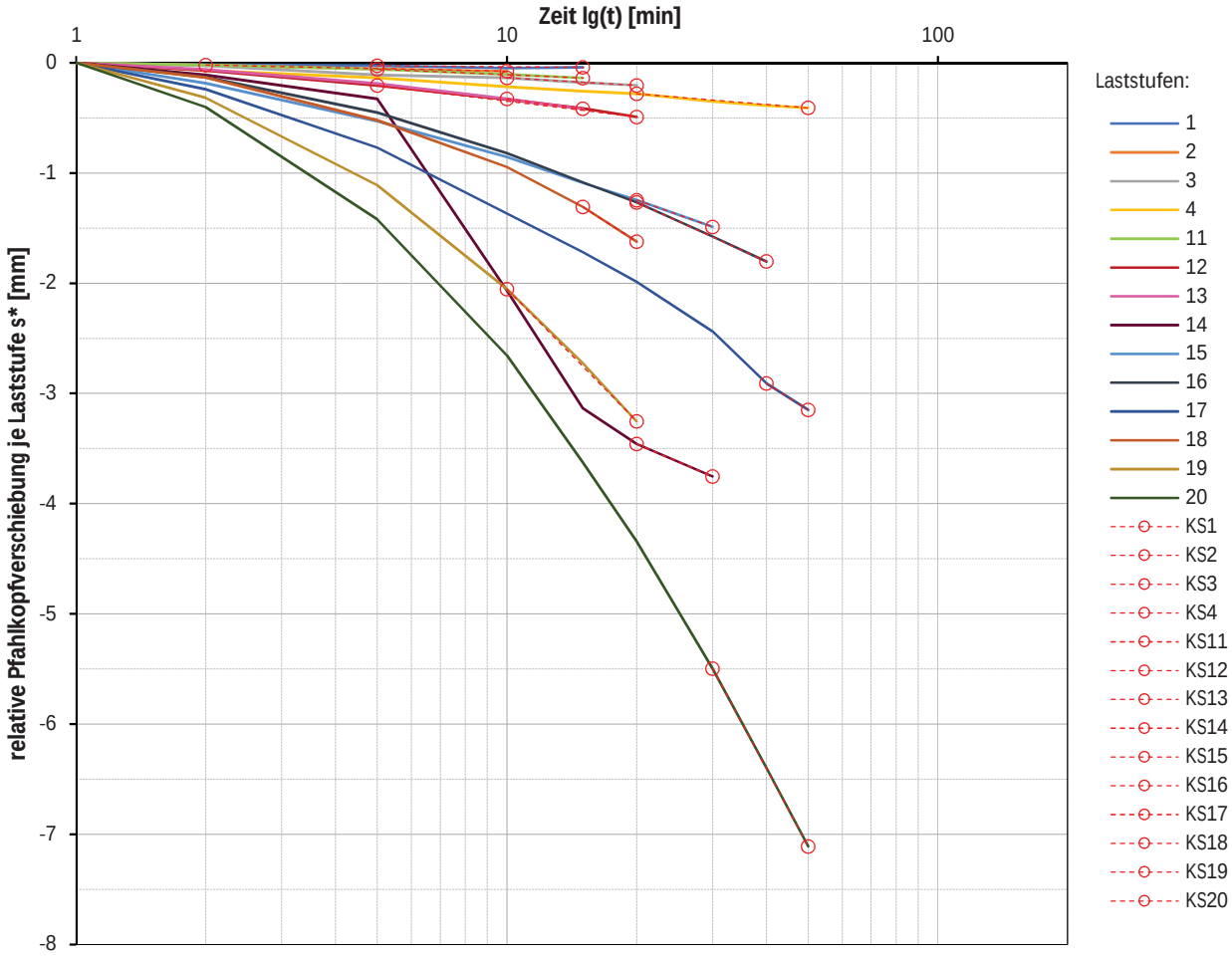
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K52**

relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

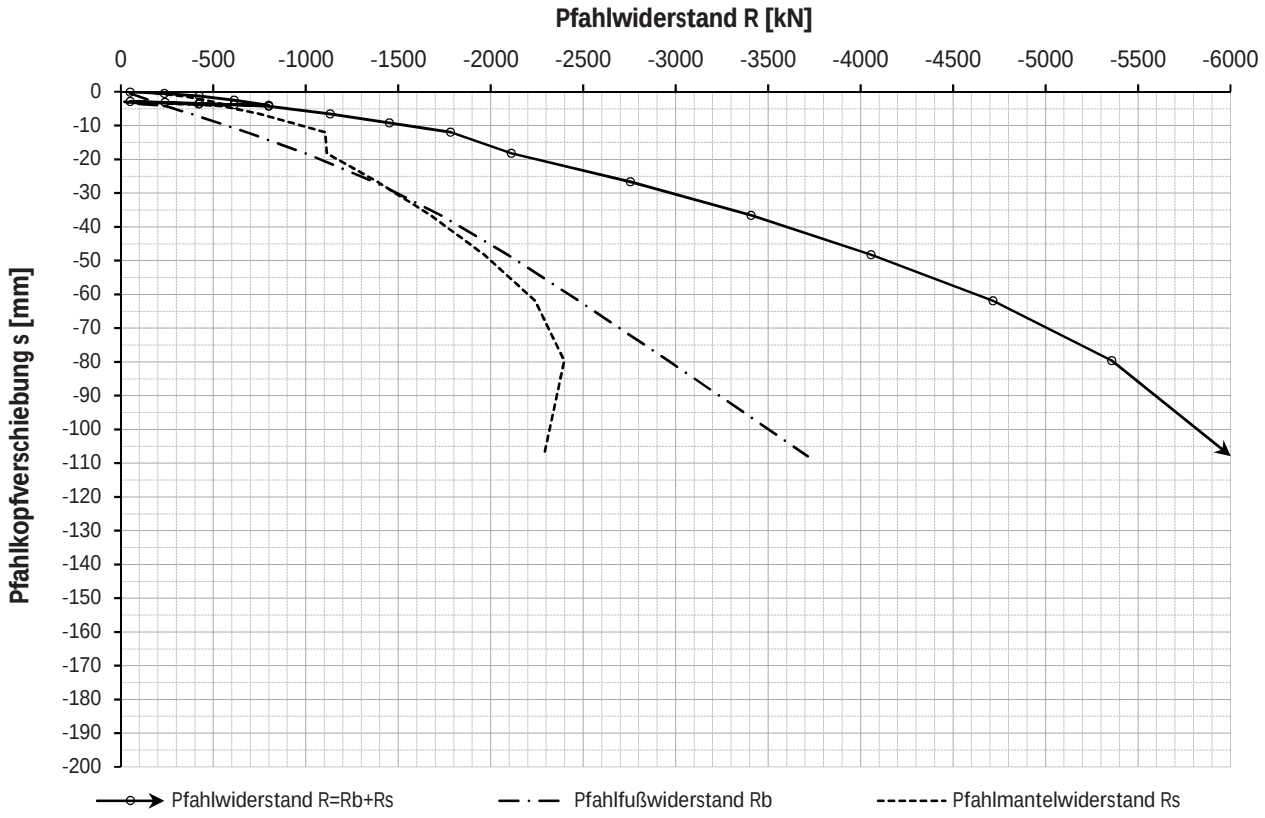


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.K52**

Widerstands-Verschiebungslinie

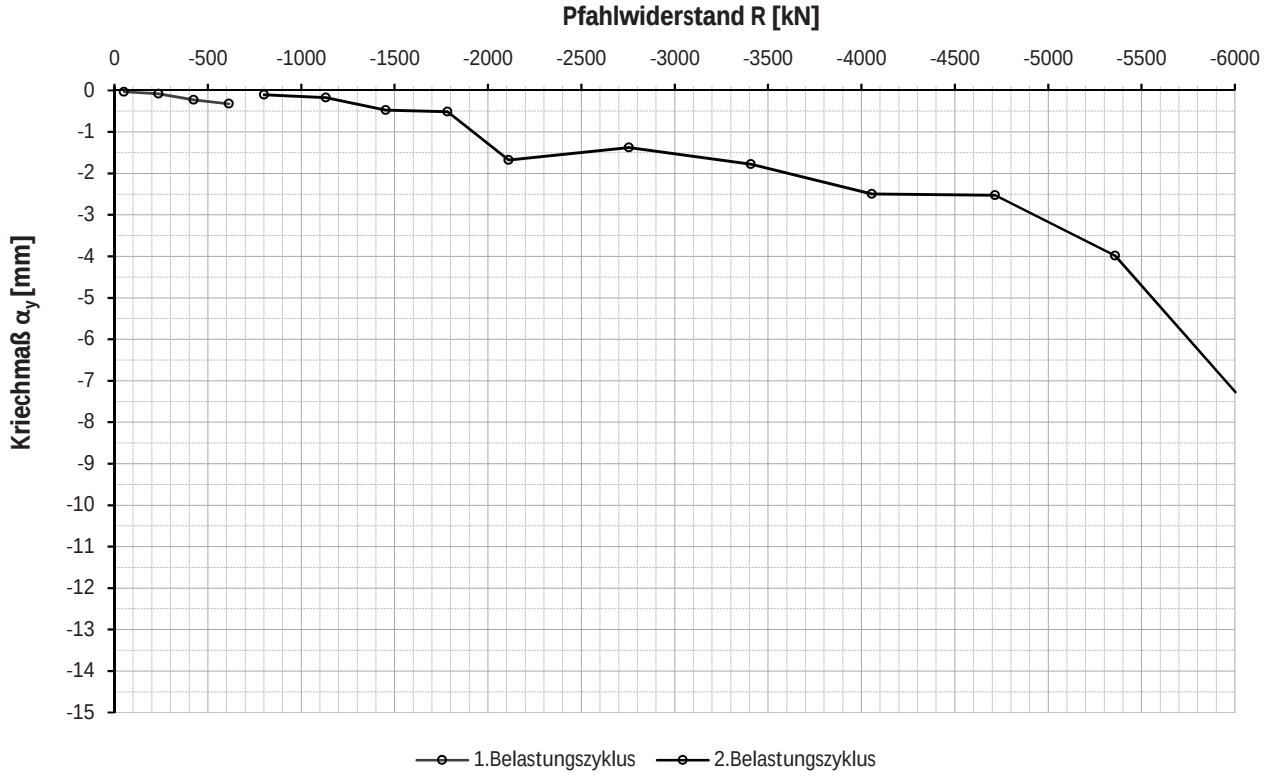
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K52**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K52** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,43 m	H: 153,71 m	H: 152,77 m	H: 151,83 m	H: 150,88 m	H: 155,43 m	H: 153,71 m	H: 152,77 m	H: 151,83 m	H: 150,88 m
1	10:35	-236	-0,0211	-0,0326	0,0047	-0,0061	-0,0056	-0,0211	-0,0326	0,0047	-0,0061	-0,0056
2	10:54	-425	-0,0401	-0,0408	-0,0040	-0,0135	-0,0102	-0,0401	-0,0408	-0,0040	-0,0135	-0,0102
3	11:18	-613	-0,0577	-0,0516	-0,0181	-0,0225	-0,0167	-0,0577	-0,0516	-0,0181	-0,0225	-0,0167
4	12:25	-801	-0,0768	-0,0568	-0,0288	-0,0319	-0,0208	-0,0768	-0,0568	-0,0288	-0,0319	-0,0208
5	12:41	-422	-0,0417	-0,0332	-0,0298	-0,0125	-0,0120	-0,0417	-0,0332	-0,0298	-0,0125	-0,0120
6	12:58	-52	-0,0048	0,0008	-0,0191	0,0062	-0,0004	-0,0048	0,0008	-0,0191	0,0062	-0,0004
7	13:15	-240	-0,0223	-0,0139	-0,0128	-0,0040	-0,0032	-0,0223	-0,0139	-0,0128	-0,0040	-0,0032
8	13:40	-427	-0,0398	-0,0299	-0,0206	-0,0159	-0,0076	-0,0398	-0,0299	-0,0206	-0,0159	-0,0076
9	14:00	-614	-0,0583	-0,0364	-0,0223	-0,0257	-0,0153	-0,0583	-0,0364	-0,0223	-0,0257	-0,0153
10	14:30	-801	-0,0753	-0,0509	-0,0449	-0,0308	-0,0211	-0,0753	-0,0509	-0,0449	-0,0308	-0,0211
11	15:00	-1132	-0,1092	-0,0715	-0,0602	-0,0481	-0,0342	-0,1092	-0,0715	-0,0602	-0,0481	-0,0342
12	15:38	-1454	-0,1418	-0,0915	-0,0820	-0,0622	-0,0473	-0,1418	-0,0915	-0,0820	-0,0622	-0,0473
13	16:02	-1784	-0,1760	-0,1113	-0,0976	-0,0827	-0,0609	-0,1760	-0,1113	-0,0976	-0,0827	-0,0609
14	16:48	-2112	-0,2109	-0,1494	-0,1340	-0,1201	-0,0893	-0,2109	-0,1494	-0,1340	-0,1201	-0,0893
15	17:36	-2756	-0,2787	-0,1958	-0,1835	-0,1632	-0,1173	-0,2787	-0,1958	-0,1835	-0,1632	-0,1173
16	18:32	-3408	-0,3455	-0,2501	-0,2307	-0,2011	-0,1511	-0,3455	-0,2501	-0,2307	-0,2011	-0,1511
17	19:32	-4057	-0,4150	-0,3040	-0,2788	-0,2390	-0,1799	-0,4150	-0,3040	-0,2788	-0,2390	-0,1799
18	20:19	-4716	-0,4858	-0,3612	-0,3210	-0,2783	-0,2119	-0,4858	-0,3612	-0,3210	-0,2783	-0,2119
19	20:58	-5358	-0,5551	-0,4119	-0,3643	-0,3139	-0,2429	-0,5551	-0,4119	-0,3643	-0,3139	-0,2429
20	22:13	-6002	-0,6285	-0,4669	-0,4112	-0,3603	-0,2906	-0,6285	-0,4669	-0,4112	-0,3603	-0,2906
21	22:33	-3409	-0,3791	-0,2827	-0,2770	-0,2255	-0,1948	-0,3791	-0,2827	-0,2770	-0,2255	-0,1948
22	22:47	-805	-0,1036	-0,0738	-0,1047	-0,0654	-0,0606	-0,1036	-0,0738	-0,1047	-0,0654	-0,0606
23	23:00	-435	-0,0605	-0,0405	-0,0721	-0,0417	-0,0386	-0,0605	-0,0405	-0,0721	-0,0417	-0,0386
24	23:17	-51	-0,0184	-0,0063	-0,0427	-0,0137	-0,0142	-0,0184	-0,0063	-0,0427	-0,0137	-0,0142

Prüfkörper: **B.K52** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

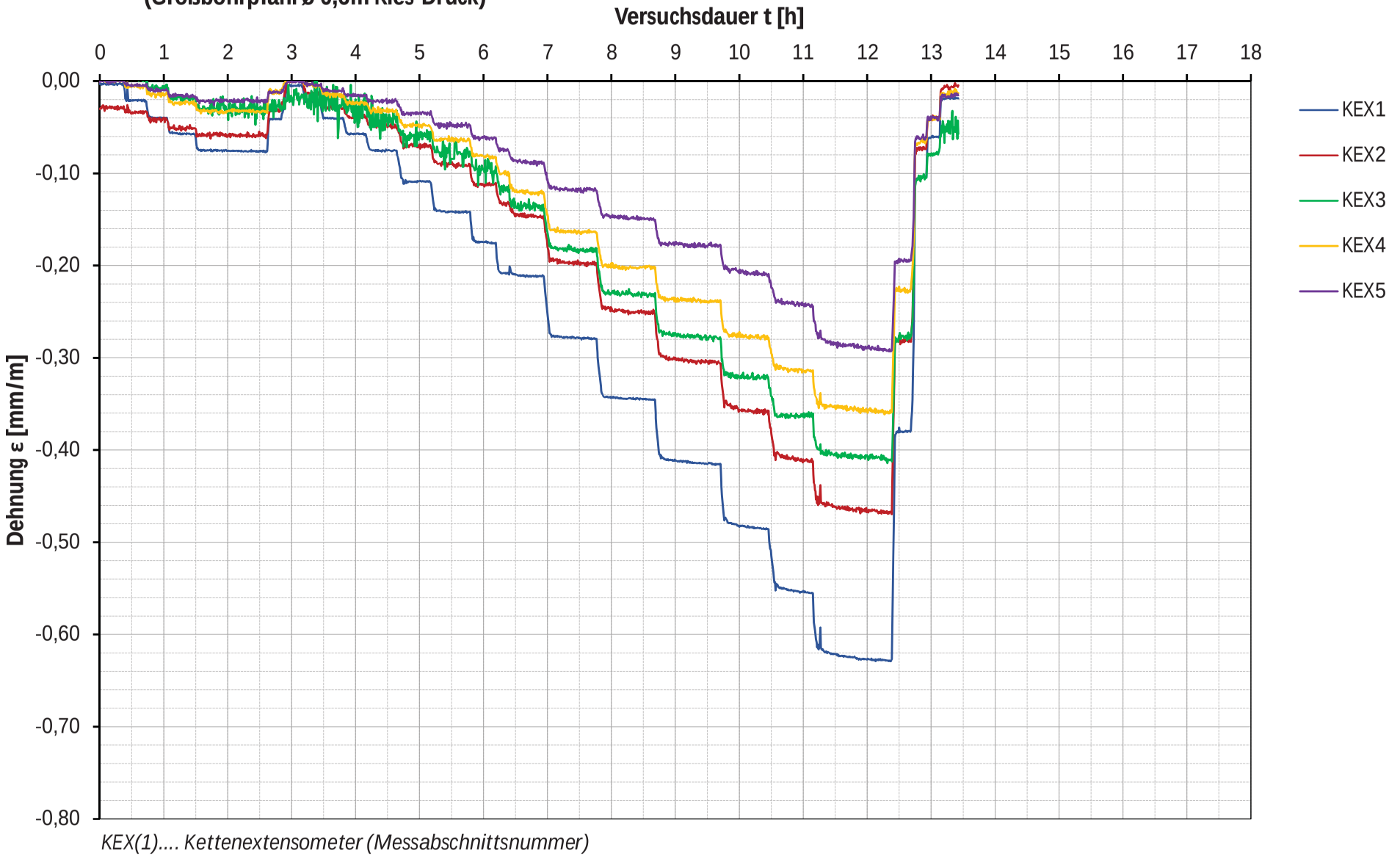
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Bewehrungssensoren (BS)

Laststufen			Messwerte - Bewehrungssensoren										korrigierte Messwerte - Bewehrungssensoren je MQ				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,BS1.1}$	$\varepsilon_{m,BS1.2}$	$\varepsilon_{m,BS2.1}$	$\varepsilon_{m,BS2.2}$	$\varepsilon_{m,BS3.1}$	$\varepsilon_{m,BS3.2}$	$\varepsilon_{m,BS4.1}$	$\varepsilon_{m,BS4.2}$	$\varepsilon_{m,BS5.1}$	$\varepsilon_{m,BS5.2}$	$\varepsilon_{m,BS1}$	$\varepsilon_{m,BS2}$	$\varepsilon_{m,BS3}$	$\varepsilon_{m,BS4}$	$\varepsilon_{m,BS5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,48 m	H: 153,58 m	H: 153,58 m	H: 153,58 m	H: 152,63 m	H: 152,63 m	H: 151,58 m	H: 151,58 m	H: 150,53 m	H: 150,53 m	H: 155,48 m	H: 153,58 m	H: 152,63 m	H: 151,58 m	H: 150,53 m
1	10:35	-236	-	-0,0162	-0,0081	-0,0129	-0,0074	-0,0102	-0,0118	-0,0077	-0,0098	-0,0085	-0,0162	-0,0102	-0,0098	-0,0077	-0,0049
2	10:54	-425	-	-0,0271	-0,0136	-0,0166	-0,0131	-0,0148	-0,0233	-0,0130	-0,0182	-0,0167	-0,0271	-0,0148	-0,0182	-0,0141	-0,0094
3	11:18	-613	-	-0,0400	-0,0200	-0,0298	-0,0195	-0,0246	-0,0342	-0,0188	-0,0265	-0,0255	-0,0400	-0,0246	-0,0265	-0,0213	-0,0151
4	12:25	-801	-	-0,0573	-0,0286	-0,0437	-0,0279	-0,0358	-0,0456	-0,0259	-0,0357	-0,0353	-0,0573	-0,0358	-0,0357	-0,0294	-0,0213
5	12:41	-422	-	-0,0278	-0,0139	-0,0197	-0,0123	-0,0160	-0,0267	-0,0114	-0,0191	-0,0205	-0,0278	-0,0160	-0,0191	-0,0151	-0,0108
6	12:58	-52	-	-0,0051	-0,0025	0,0081	0,0006	0,0043	-0,0043	0,0020	-0,0011	-0,0027	-0,0051	0,0043	-0,0011	0,0002	0,0005
7	13:15	-240	-	-0,0183	-0,0092	-0,0062	-0,0062	-0,0062	-0,0146	-0,0052	-0,0099	-0,0106	-0,0183	-0,0062	-0,0099	-0,0070	-0,0049
8	13:40	-427	-	-0,0281	-0,0140	-0,0179	-0,0124	-0,0151	-0,0254	-0,0117	-0,0185	-0,0194	-0,0281	-0,0151	-0,0185	-0,0147	-0,0104
9	14:00	-614	-	-0,0415	-0,0208	-0,0285	-0,0198	-0,0242	-0,0353	-0,0187	-0,0270	-0,0270	-0,0415	-0,0242	-0,0270	-0,0216	-0,0157
10	14:30	-801	-	-0,0585	-0,0293	-0,0406	-0,0282	-0,0344	-0,0450	-0,0261	-0,0355	-0,0352	-0,0585	-0,0344	-0,0355	-0,0292	-0,0213
11	15:00	-1132	-	-0,1132	-0,0566	-0,0528	-0,0534	-0,0531	-0,0589	-0,0449	-0,0519	-0,0496	-0,1132	-0,0531	-0,0519	-0,0441	-0,0330
12	15:38	-1454	-	-0,1527	-0,0764	-0,0691	-0,0731	-0,0711	-0,0774	-0,0608	-0,0691	-0,0663	-0,1527	-0,0711	-0,0691	-0,0597	-0,0454
13	16:02	-1784	-	-0,1941	-0,0970	-0,0901	-0,0938	-0,0919	-0,0964	-0,0776	-0,0870	-0,0840	-0,1941	-0,0919	-0,0870	-0,0761	-0,0584
14	16:48	-2112	-	-0,2401	-0,1200	-0,1298	-0,1351	-0,1324	-0,1359	-0,1133	-0,1246	-0,1183	-0,2401	-0,1324	-0,1246	-0,1094	-0,0853
15	17:36	-2756	-	-0,3281	-0,1641	-0,1724	-0,1867	-0,1796	-0,1790	-0,1556	-0,1673	-0,1567	-0,3281	-0,1796	-0,1673	-0,1474	-0,1168
16	18:32	-3408	-	-0,4110	-0,2055	-0,2212	-0,2418	-0,2315	-0,2239	-0,1977	-0,2108	-0,1947	-0,4110	-0,2315	-0,2108	-0,1850	-0,1484
17	19:32	-4057	-	-0,4935	-0,2467	-0,2759	-0,2946	-0,2852	-0,2696	-0,2374	-0,2535	-0,2323	-0,4935	-0,2852	-0,2535	-0,2211	-0,1800
18	20:19	-4716	-	-0,5813	-0,2906	-0,3304	-0,3489	-0,3397	-0,3144	-0,2767	-0,2955	-0,2690	-0,5813	-0,3397	-0,2955	-0,2555	-0,2134
19	20:58	-5358	-	-0,6698	-0,3349	-0,3812	-0,4012	-0,3912	-0,3551	-0,3143	-0,3347	-0,3036	-0,6698	-0,3912	-0,3347	-0,2893	-0,2530
20	22:13	-6002	-	-0,7702	-0,3851	-0,4342	-0,4583	-0,4462	-0,3946	-0,3574	-0,3760	-0,3392	-0,7702	-0,4462	-0,3760	-0,3299	-0,3113
21	22:33	-3409	-	-0,4785	-0,2392	-0,2676	-0,2948	-0,2812	-0,2545	-0,2249	-0,2397	-0,2234	-0,4785	-0,2812	-0,2397	-0,2142	-0,2129
22	22:47	-805	-	-0,1664	-0,0832	-0,0621	-0,1062	-0,0842	-0,0780	-0,0696	-0,0738	-0,0724	-0,1664	-0,0842	-0,0738	-0,0670	-0,0727
23	23:00	-435	-	-0,1199	-0,0600	-0,0406	-0,0775	-0,0591	-0,0488	-0,0464	-0,0476	-0,0469	-0,1199	-0,0591	-0,0476	-0,0432	-0,0486
24	23:17	-51	-	-0,0609	-0,0304	-0,0128	-0,0432	-0,0280	-0,0216	-0,0200	-0,0208	-0,0210	-0,0609	-0,0280	-0,0208	-0,0186	-0,0233

Prüfkörper: **B.K52**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

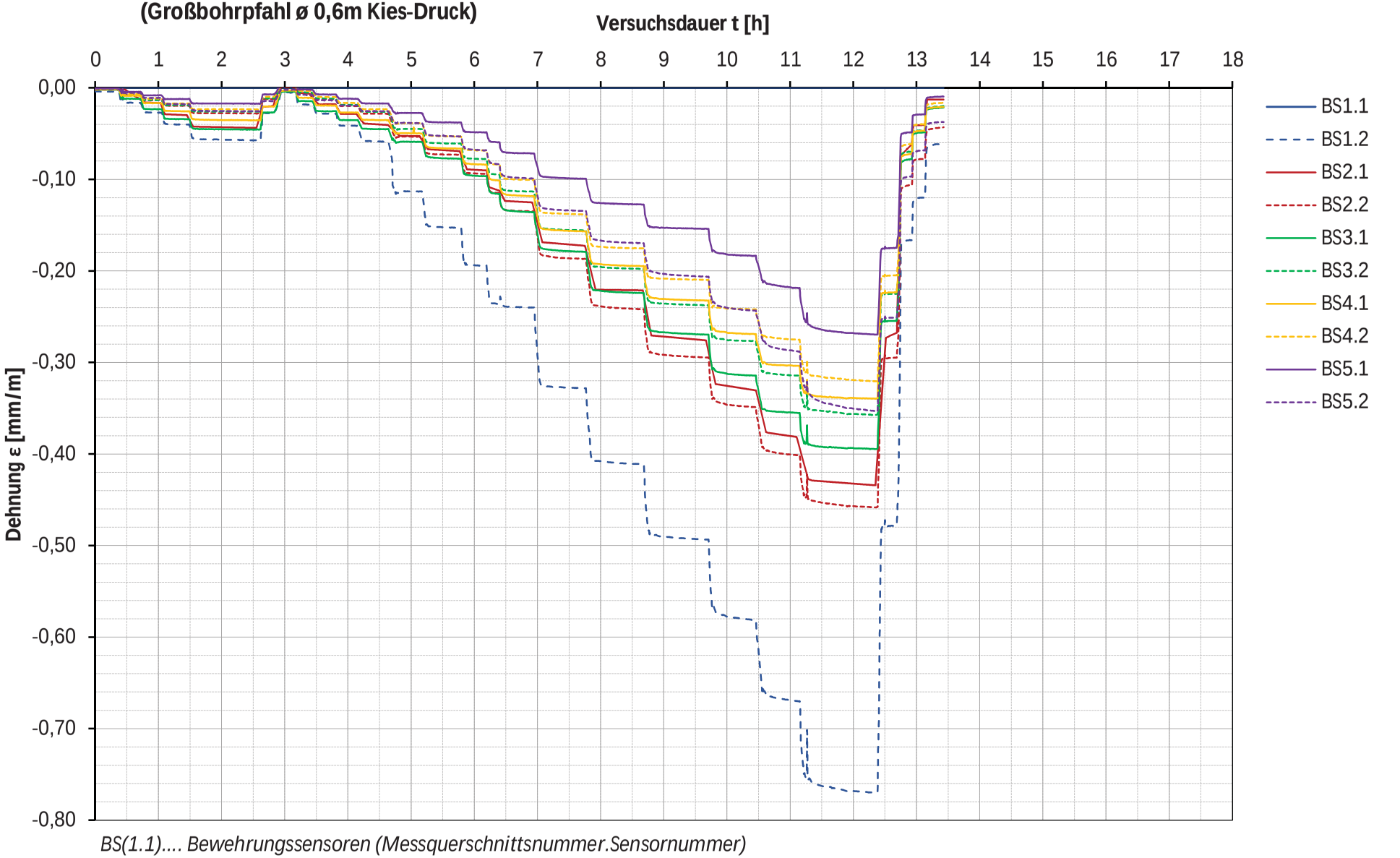
Messwerte Kettenextensometer



KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.K52**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Messwerte Bewehrungssensoren

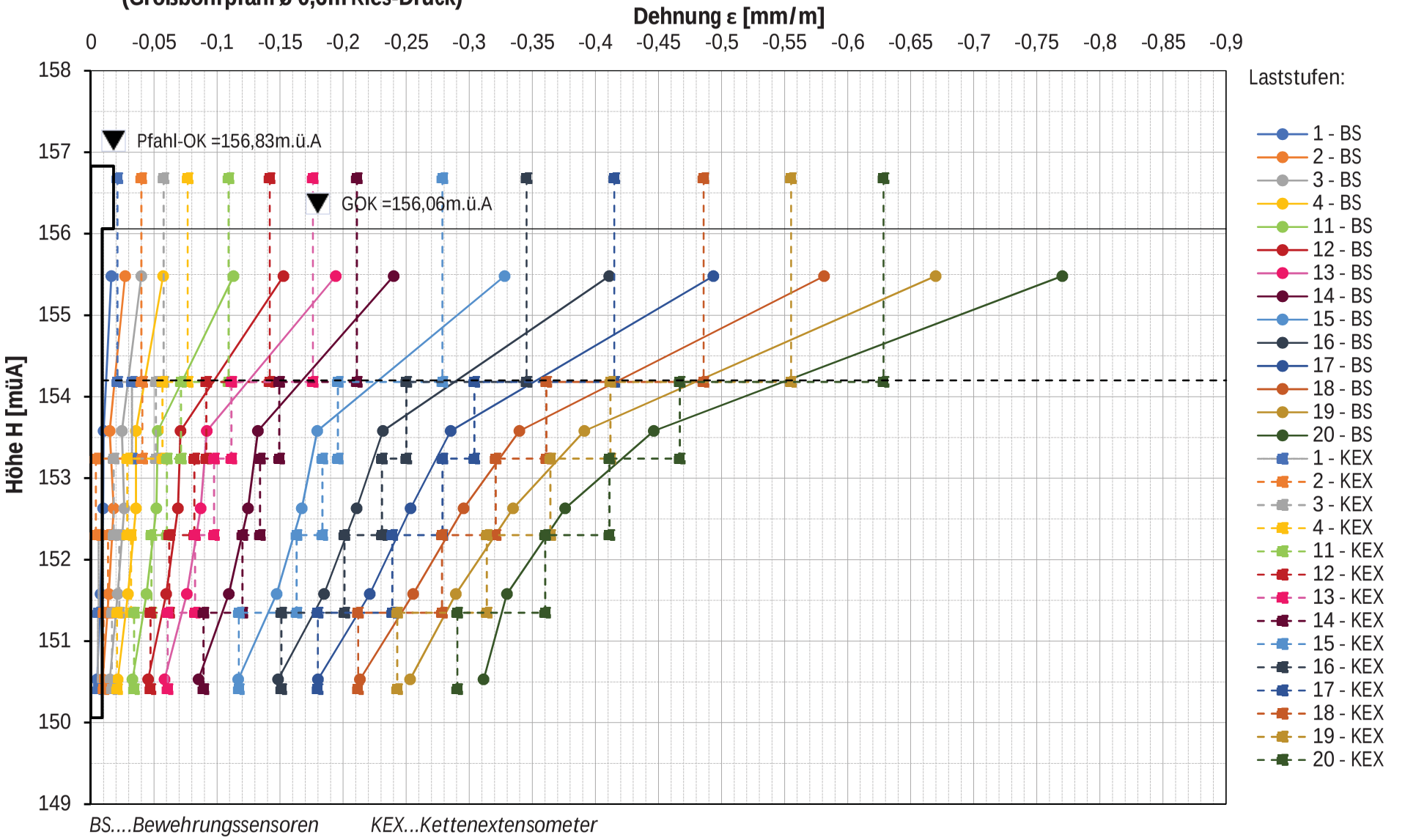


BS(1.1).... Bewehrungssensoren (Messquerschnittsnummer.Sensornummer)

Prüfkörper: **B.K52**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



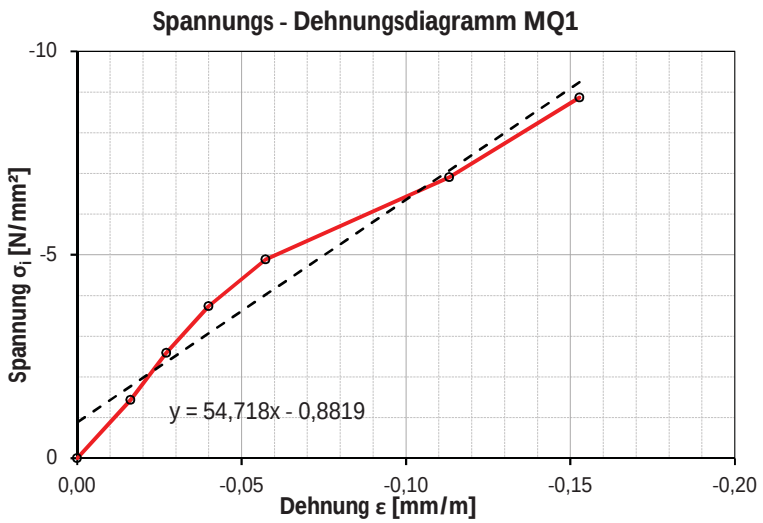
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.K52 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	BS1.2 ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-235,75	-1,44	-0,01621
2	-425,01	-2,59	-0,02712
3	-613,47	-3,74	-0,03999
4	-801,09	-4,88	-0,05725
11	-1132,10	-6,90	-0,11317
12	-1453,55	-8,86	-0,15274
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0
0	0,00	0,00	0

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	54,72 N/mm²
Querschnittsnummer:	3
E-Modul Beton E_c=	**36,54 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	457	156,06	154,2	0,00	8284,00	9413,15	146332,47
2	Prüfstrecke	640	154,2	150,06	0,00	7323,13	492,88	313883,08
3	BS1	457	155,48	155,48	0,00	8256,11	9413,15	146360,36
4	BS2	640	153,58	153,58	0,00	8859,29	492,88	312346,91
5	BS3	640	152,63	152,63	0,00	8256,11	492,88	312950,09
6	BS4	640	151,58	151,58	0,00	6371,15	492,88	314835,05
7	BS5	640	150,53	150,53	0,00	6371,15	492,88	314835,05
8	mittel KEX1	457	156,68	154,18	0,00	8284,00	9413,15	146332,47
9	mittel KEX2	640	154,18	153,24	0,00	8763,04	492,88	312443,16
10	mittel KEX3	640	153,24	152,3	0,00	7782,29	492,88	313423,91
11	mittel KEX4	640	152,3	151,35	0,00	6371,15	492,88	314835,05
12	mittel KEX5	640	151,35	150,41	0,00	6371,15	492,88	314835,05

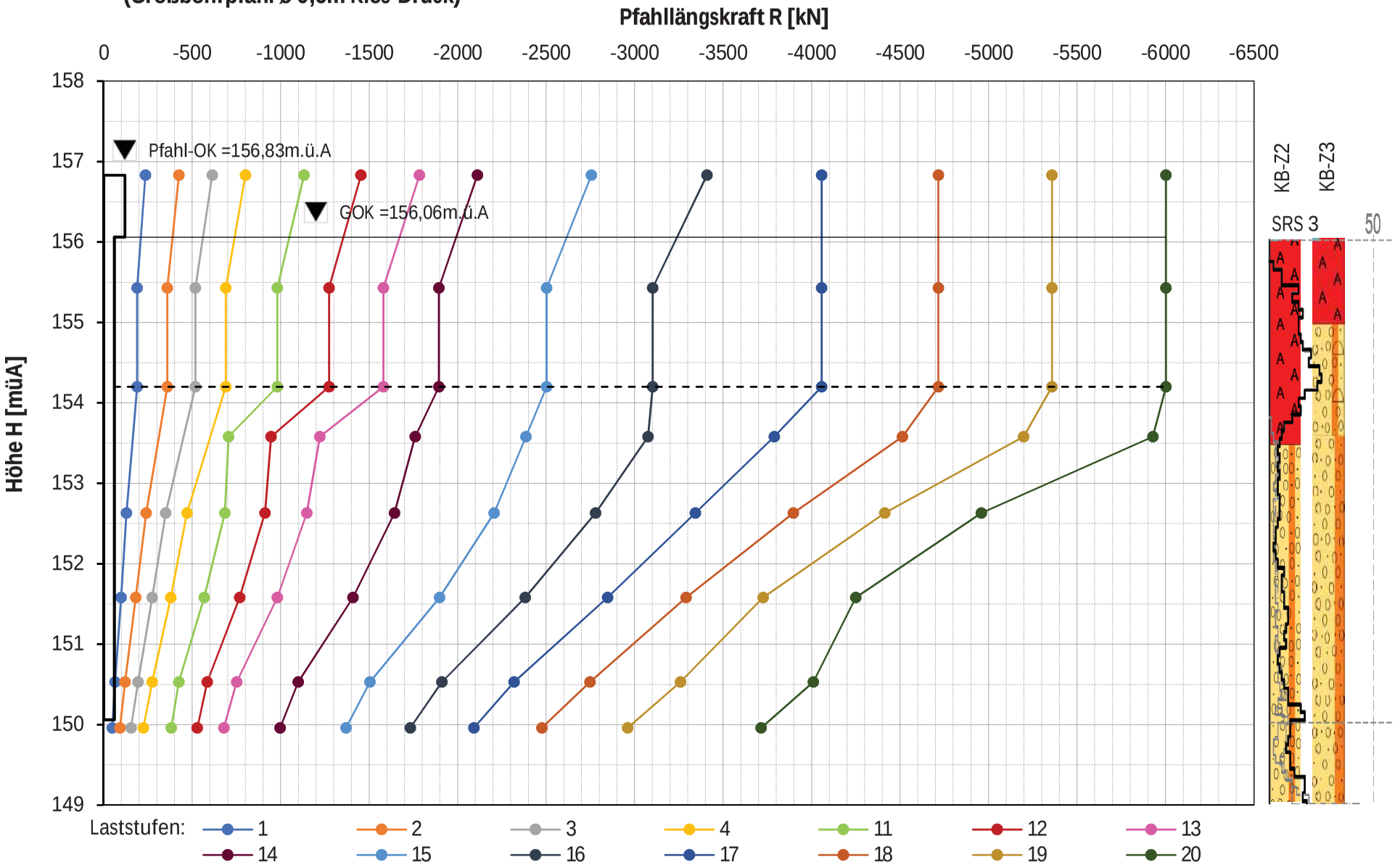
Prüfkörper: **B.K52** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN]	$F_{m,MQ1}$ [kN]	$F_{m,OK-PS}$ [kN]	$F_{m,MQ2}$ [kN]	$F_{m,MQ3}$ [kN]	$F_{m,MQ4}$ [kN]	$F_{m,MQ5}$ [kN]	$R_{b,m}$ [kN]	$R_{s,m}$ [kN]
		H: 156,83 m	H: 155,43 m	H: 154,20 m	H: 153,58 m	H: 152,63 m	H: 151,58 m	H: 150,53 m	H: 149,96 m	
1	10:35	-236	-189	-189		-129	-99	-64	-48	-188
2	10:54	-425	-360	-360		-239	-182	-121	-92	-333
3	11:18	-613	-518	-518		-350	-274	-194	-154	-459
4	12:25	-801	-689	-689		-471	-379	-274	-224	-577
7	13:15	-240	-201	-201	-82	-130	-90	-63	-60	-180
8	13:40	-427	-357	-357	-201	-245	-189	-133	-123	-304
9	14:00	-614	-524	-524	-321	-356	-278	-203	-184	-429
10	14:30	-801	-676	-676	-457	-469	-377	-274	-246	-556
11	15:00	-1132	-981	-981	-705	-684	-568	-425	-382	-750
12	15:38	-1454	-1273	-1273	-945	-911	-768	-585	-529	-925
13	16:02	-1784	-1581	-1581	-1222	-1148	-981	-752	-679	-1105
14	16:48	-2112	-1894	-1894	-1760	-1643	-1409	-1099	-997	-1115
15	17:36	-2756	-2503	-2503	-2386	-2206	-1898	-1505	-1369	-1387
16	18:32	-3408	-3102	-3102	-3076	-2780	-2382	-1912	-1732	-1676
17	19:32	-4057	-4057	-4057	-3790	-3343	-2848	-2319	-2092	-1965
18	20:19	-4716	-4716	-4716	-4513	-3898	-3291	-2748	-2476	-2240
19	20:58	-5358	-5358	-5358	-5198	-4414	-3726	-3259	-2961	-2398
20	22:13	-6002	-6002	-6002	-5929	-4959	-4250	-4010	-3714	-2288

Prüfkörper: **B.K52**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

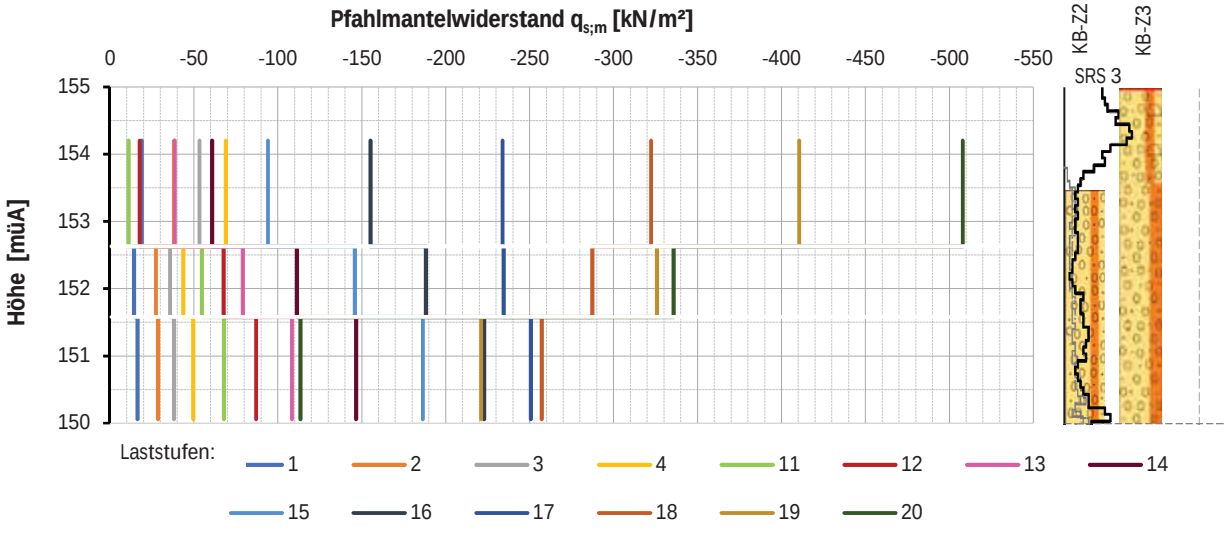


Prüfkörper: **B.K52** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

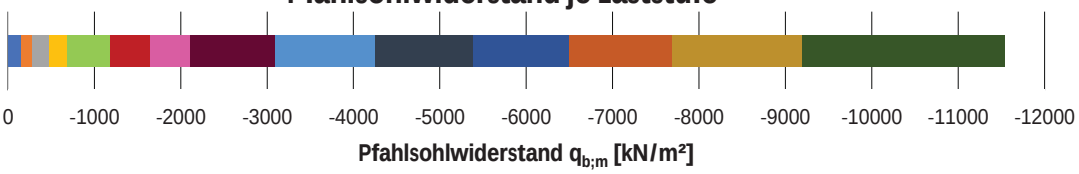
Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,64 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-235,75	-0,44	-0,0007	-19	-14	-17	-17	-149
2	-425,01	-1,27	-0,0020	-38	-27	-29	-31	-285
3	-613,47	-2,49	-0,0039	-53	-36	-38	-42	-480
4	-801,09	-3,98	-0,0062	-69	-44	-50	-54	-695
5	-421,87	-3,62	-0,0057					
6	-51,83	-2,86	-0,0045					
7	-240,09	-3,13	-0,0049	25	-19	-13	-3	-186
8	-427,26	-3,42	-0,0053	23	-26	-26	-11	-383
9	-613,69	-3,78	-0,0059	18	-37	-36	-19	-573
10	-801,32	-4,31	-0,0067	6	-44	-49	-30	-764
11	-1132,10	-6,53	-0,0102	-11	-55	-68	-46	-1.187
12	-1453,55	-9,16	-0,0143	-18	-68	-87	-59	-1.644
13	-1784,33	-11,91	-0,0186	-39	-79	-108	-77	-2.111
14	-2111,71	-18,24	-0,0285	-61	-111	-147	-108	-3.099
15	-2755,95	-26,67	-0,0417	-94	-146	-186	-144	-4.256
16	-3408,45	-36,56	-0,0571	-155	-188	-223	-190	-5.385
17	-4057,06	-48,29	-0,0755	-234	-235	-251	-240	-6.503
18	-4716,46	-61,90	-0,0967	-322	-287	-257	-288	-7.697
19	-5358,48	-79,64	-0,1244	-411	-326	-221	-316	-9.203
20	-6002,34	-107,96	-0,1687	-508	-336	-114	-313	-11.546

Prüfkörper: **B.K52** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Pfahlsohlwiderstand je Laststufe



Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

VERSUCHSAUSWERTUNG

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **05.03.2019**

Allgemeine Angaben:	
Prüfkörper:	**B.K53**
Prüffeld:	2
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Kies
Herstellungsverfahren:	verrohrter Bohrpfahl

Versuchsdaten:	
Prüfung Nr.:	25
Prüfdatum:	07.09.2017
Versuchsbeginn:	08:28 Uhr
Versuchsende:	21:41 Uhr
Wetterbedingungen:	17°C sonnig
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:		
Pfahldurchmesser D=	640,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	321699,09	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,82	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,05	müA
OK Prüfstrecke (PS):	154,19	müA
UK Pfahl:	150,05	müA
Länge ohne Mantelreibung:	2,63	m
Länge Prüfstrecke:	4,14	m
Pfahllänge:	6,00	m

Materialkennwerte:		
Betongüte:	**C25/30/BS-TB1/GK16**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	33,07	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	ja
Sohldruckmessdose (SDMD):	ja

		Sensornummer:		Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1		156,69 müA
GOK	MQ1	BS1.1	BS2.1	155,45 müA
keine Mantelreibung				
OK PS		KEX2		154,22 müA
Prüfstrecke	MQ2	BS2.1	BS2	153,55 müA
		KEX3		153,27 müA
	MQ3	BS3.1	BS3.2	152,60 müA
		KEX4		152,33 müA
	MQ4	BS4.1	BS4.2	151,55 müA
		KEX5		151,39 müA
	MQ5	BS5.1	BS5.2	150,50 müA
UK Pfahl		SDMD		149,93 müA

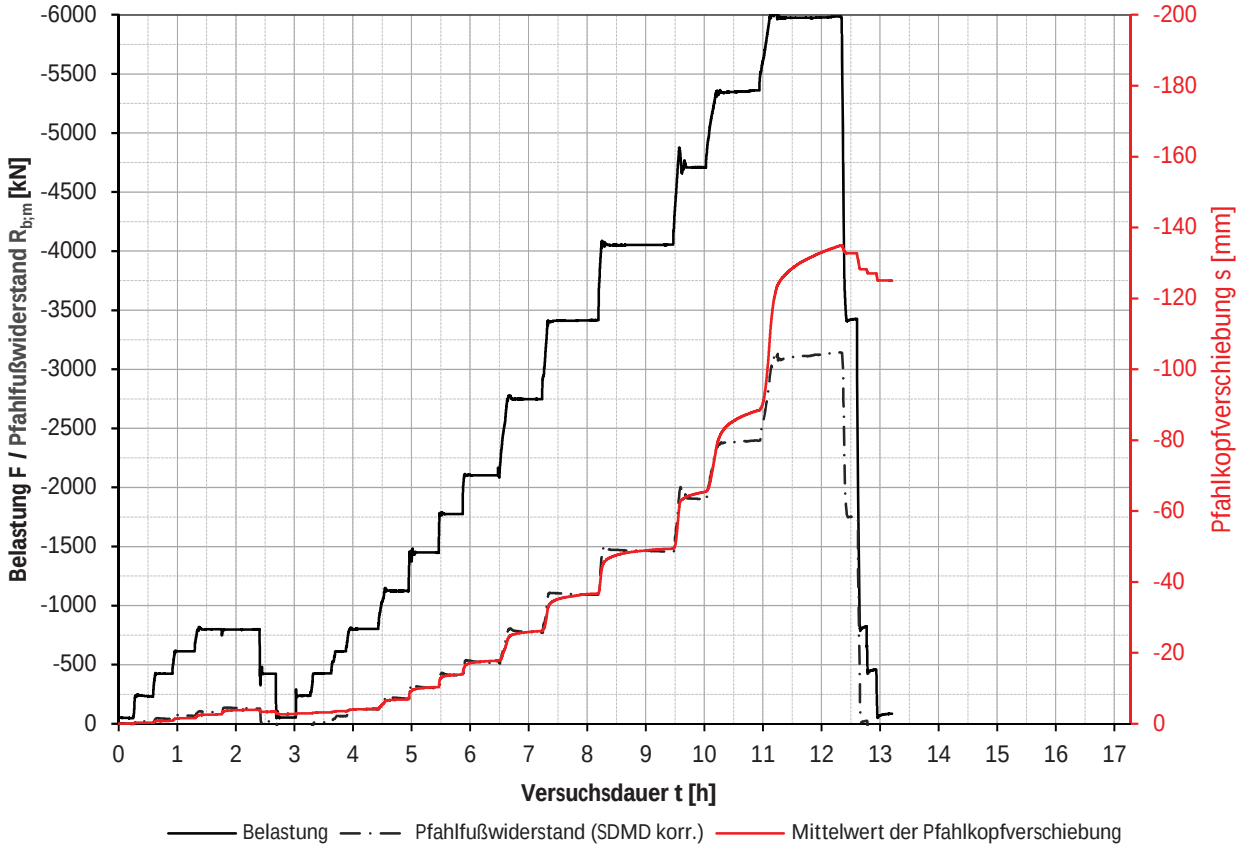
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

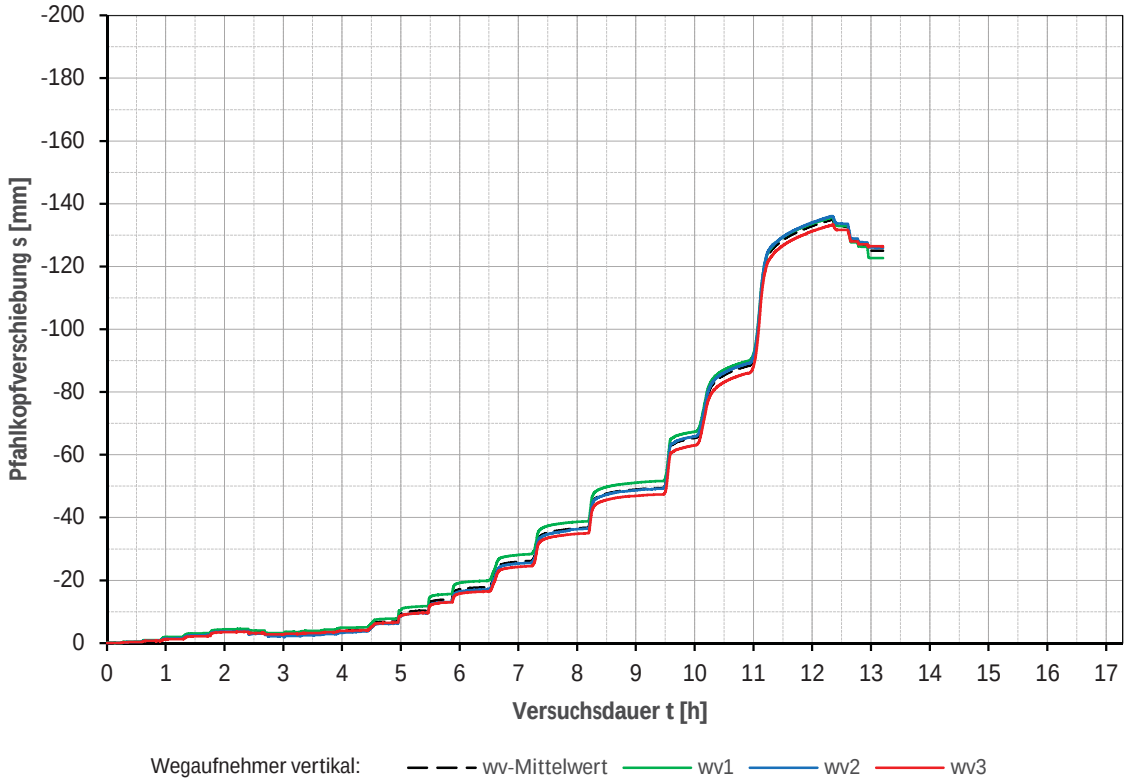
Anmerkungen:

E-Modul:
Berechnung mit LS 1-4, darüber Steifigkeitsverlust im Querschnitt MQ1.

Prüfkörper: **B.K53 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung und Pfahlfußwiderstand**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K53 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K53** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

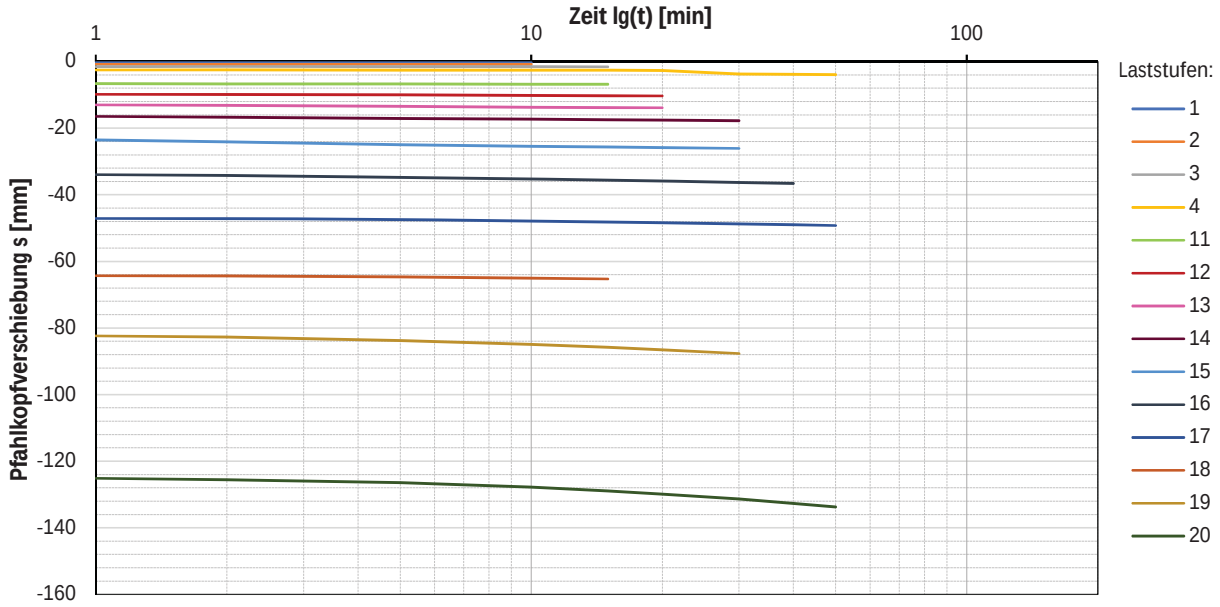
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y [mm]
0	08:28	08:43	-50	-48	-0,05																		
1	08:48	09:03	-238	-231	-0,35	-0,33	-0,33	-0,34	-0,34										2	10	-0,33	-0,34	**-0,01**
2	09:08	09:23	-425	-425	-0,82	-0,80	-0,80	-0,81	-0,80										2	10	-0,80	-0,80	**0,00**
3	09:28	09:45	-613	-613	-1,58	-1,51	-1,49	-1,54	-1,56	-1,58									5	15	-1,54	-1,58	**-0,07**
4	09:52	10:52	-800	-799	-3,96	-2,52	-2,53	-2,55	-2,59	-2,61	-2,64	-3,75							30	50	-3,75	-3,92	**-0,77**
5	10:58	11:08	-425	-424	-3,44	-3,40	-3,41	-3,41															
6	11:13	11:28	-50	-54	-2,71	-2,69	-2,70	-2,69	-2,71														
7	11:33	11:43	-238	-238	-2,91	-2,91	-2,92	-2,93											1	5	-2,91	-2,93	**-0,02**
8	11:50	12:05	-425	-426	-3,22	-3,15	-3,16	-3,17	-3,19										5	10	-3,17	-3,19	**-0,09**
9	12:10	12:20	-613	-613	-3,53	-3,52	-3,53	-3,53											1	5	-3,52	-3,53	**-0,02**
10	12:29	12:53	-800	-804	-4,24	-4,05	-4,06	-4,07	-4,10	-4,17	-4,24								10	20	-4,10	-4,24	**-0,45**
11	13:04	13:24	-1125	-1124	-6,86	-6,63	-6,67	-6,73	-6,79	-6,83									5	15	-6,73	-6,83	**-0,21**
12	13:33	13:55	-1450	-1449	-10,32	-9,86	-9,91	-10,02	-10,15	-10,28	-10,30								10	20	-10,15	-10,30	**-0,49**
13	13:58	14:20	-1775	-1776	-13,91	-12,98	-13,19	-13,46	-13,70	-13,82	-13,88								10	20	-13,70	-13,88	**-0,61**
14	14:23	14:58	-2100	-2143	-17,91	-16,50	-16,70	-17,05	-17,32	-17,48	-17,59	-17,75							15	30	-17,48	-17,75	**-0,91**
15	15:06	15:41	-2750	-2748	-26,14	-23,54	-24,14	-25,01	-25,41	-25,64	-25,82	-26,06							15	30	-25,64	-26,06	**-1,39**
16	15:50	16:37	-3400	-3415	-36,71	-33,97	-34,22	-34,74	-35,27	-35,61	-35,84	-36,27							20	40	-35,84	-36,61	**-2,55**
17	16:53	17:49	-4050	-4054	-49,34	-47,09	-47,20	-47,49	-47,88	-48,19	-48,43	-48,74							30	50	-48,74	-49,21	**-2,12**
18	18:12	18:30	-4700	-4710	-65,45	-64,30	-64,39	-64,66	-65,01	-65,30									10	20	-65,01		
19	18:46	19:21	-5350	-5360	-88,16	-82,35	-82,76	-83,76	-84,95	-85,80	-86,53	-87,68							15	30	-85,80	-87,68	**-6,22**
20	19:46	20:46	-6000	-5987	-134,70	-125,17	-125,55	-126,47	-127,83	-128,93	-129,87	-131,37							30	50	-131,37	-133,73	**-10,67**
21	20:54	21:04	-3400	-3426	-132,73	-132,77	-132,76	-132,75															
22	21:09	21:14	-800	-821	-128,20	-128,23	-128,23																
23	21:16	21:24	-425	-459	-127,02	-127,08	-127,05	-127,03															
24	21:33	21:41	-50	-86	-125,02	-125,04	-125,05	-125,03															

Prüfkörper: **B.K53**

Zeitverformung

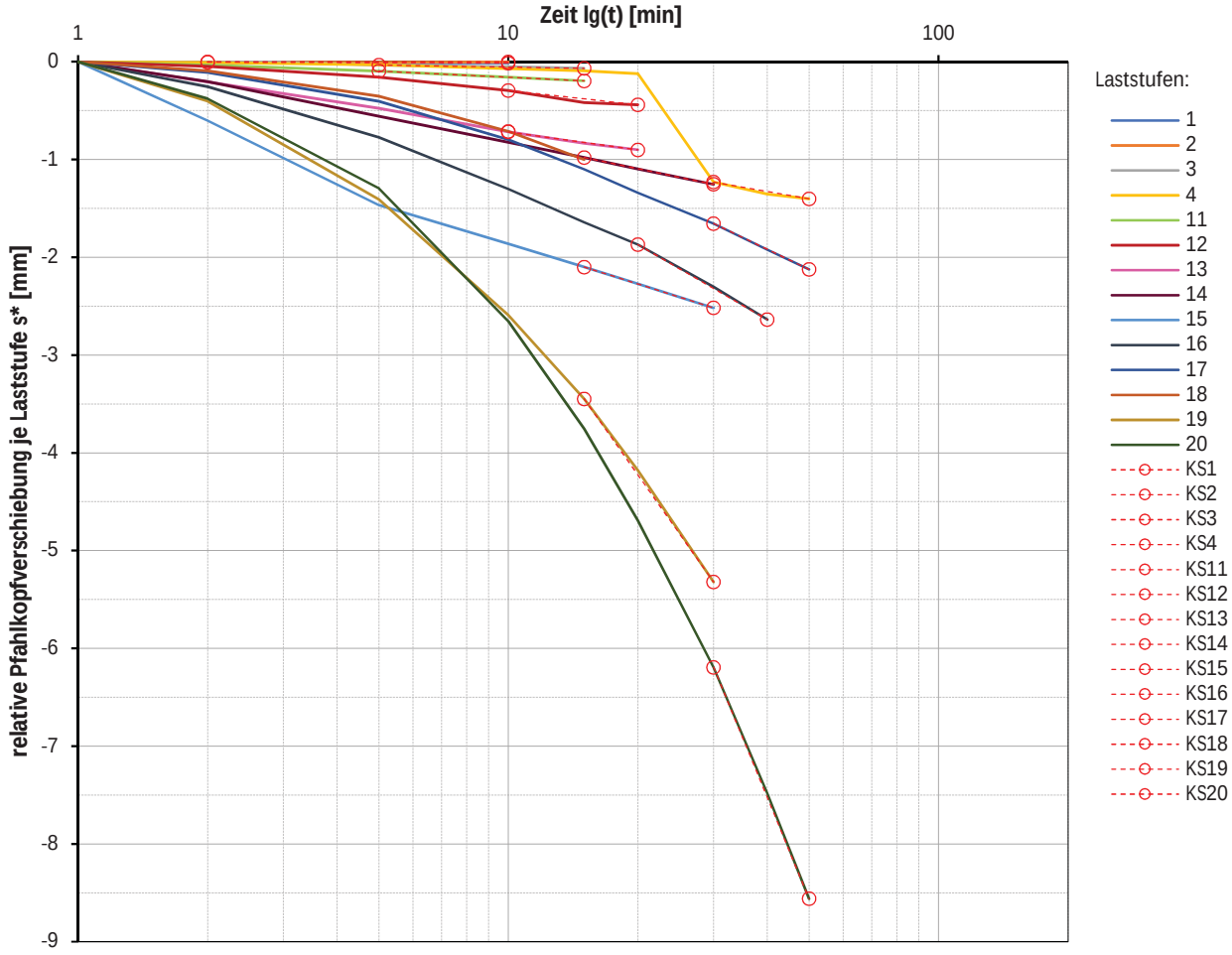
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K53**

relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

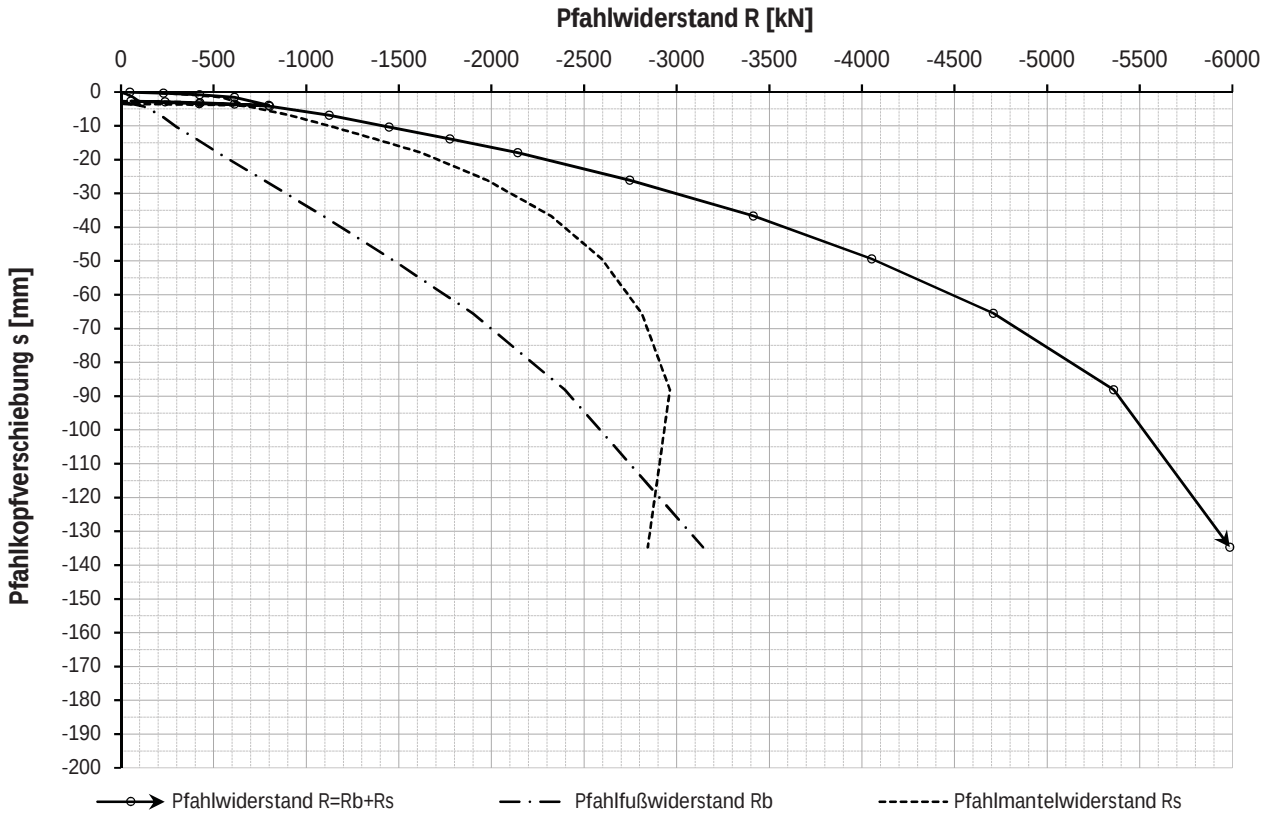


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.K53**

Widerstands-Verschiebungslinie

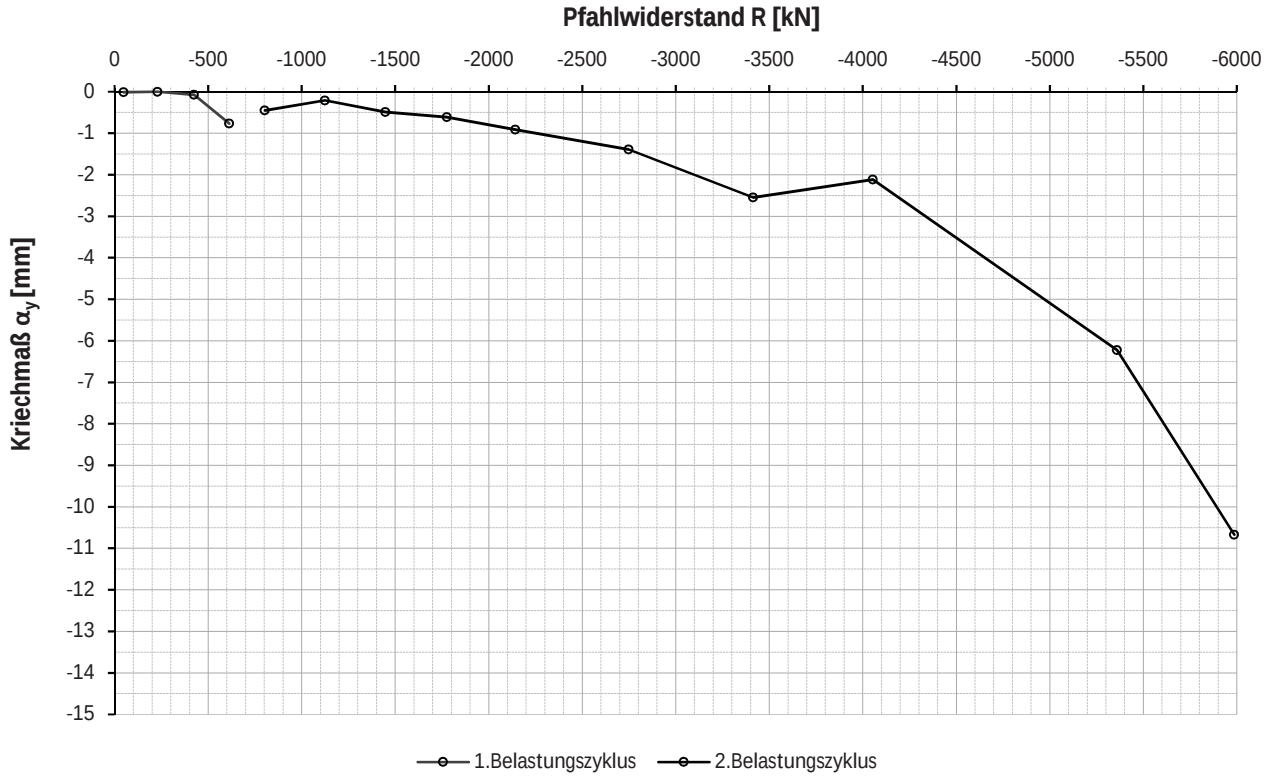
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K53**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K53** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,46 m	H: 153,75 m	H: 152,80 m	H: 151,86 m	H: 150,92 m	H: 155,46 m	H: 153,75 m	H: 152,80 m	H: 151,86 m	H: 150,92 m
1	09:03	-231	-0,0258	0,0003	-0,0284	-0,0081	-0,0024	-0,0258	0,0003	-0,0284	-0,0081	-0,0024
2	09:23	-425	-0,0465	-0,0010	-0,0485	-0,0133	-0,0056	-0,0465	-0,0010	-0,0485	-0,0133	-0,0056
3	09:45	-613	-0,0720	-0,0003	-0,0745	-0,0231	-0,0095	-0,0720	-0,0003	-0,0745	-0,0231	-0,0095
4	10:52	-799	-0,0948	-0,0022	-0,1195	-0,0372	-0,0174	-0,0948	-0,0022	-0,1195	-0,0372	-0,0174
5	11:08	-424	-0,0586	0,0350	-0,1106	-0,0208	-0,0077	-0,0586	0,0350	-0,1106	-0,0208	-0,0077
6	11:28	-54	-0,0170	0,0670	-0,0946	0,0018	0,0014	-0,0170	0,0670	-0,0946	0,0018	0,0014
7	11:43	-238	-0,0354	0,0625	-0,1126	-0,0084	-0,0042	-0,0354	0,0625	-0,1126	-0,0084	-0,0042
8	12:05	-426	-0,0514	0,0618	-0,1284	-0,0178	-0,0077	-0,0514	0,0618	-0,1284	-0,0178	-0,0077
9	12:20	-613	-0,0731	0,0611	-0,1564	-0,0236	-0,0142	-0,0731	0,0611	-0,1564	-0,0236	-0,0142
10	12:53	-804	-0,0963	0,0519	-0,1705	-0,0359	-0,0215	-0,0963	0,0519	-0,1705	-0,0359	-0,0215
11	13:24	-1124	-0,1356	0,0255	-0,1959	-0,0518	-0,0289	-0,1356	0,0255	-0,1959	-0,0518	-0,0289
12	13:55	-1449	-0,1835	0,0004	-0,2237	-0,0762	-0,0430	-0,1835	0,0004	-0,2237	-0,0762	-0,0430
13	14:20	-1776	-0,2224	-0,0302	-0,2553	-0,0973	-0,0620	-0,2224	-0,0302	-0,2553	-0,0973	-0,0620
14	14:58	-2143	-0,2760	-0,0683	-0,2875	-0,1163	-0,0762	-0,2760	-0,0683	-0,2875	-0,1163	-0,0762
15	15:41	-2748	-0,3510	-0,1152	-0,3344	-0,1612	-0,1070	-0,3510	-0,1152	-0,3344	-0,1612	-0,1070
16	16:37	-3415	-0,4360	-0,1768	-0,3862	-0,2008	-0,1408	-0,4360	-0,1768	-0,3862	-0,2008	-0,1408
17	17:49	-4054	-0,5223	-0,2374	-0,4366	-0,2370	-0,1765	-0,5223	-0,2374	-0,4366	-0,2370	-0,1765
18	18:30	-4710	-0,6045	-0,2991	-0,4850	-0,2740	-0,2111	-0,6045	-0,2991	-0,4850	-0,2740	-0,2111
19	19:21	-5360	-0,6645	-0,3544	-0,5266	-0,3191	-0,2568	-0,6645	-0,3544	-0,5266	-0,3191	-0,2568
20	20:46	-5987	-0,7574	-0,4249	-0,5926	-0,3779	-0,3146	-0,7574	-0,4249	-0,5926	-0,3779	-0,3146
21	21:04	-3426	-0,4862	-0,2417	-0,4527	-0,2531	-0,2182	-0,4862	-0,2417	-0,4527	-0,2531	-0,2182
22	21:14	-821	-0,1720	-0,0186	-0,2665	-0,0915	-0,0883	-0,1720	-0,0186	-0,2665	-0,0915	-0,0883
23	21:24	-459	-0,1180	0,0180	-0,2385	-0,0645	-0,0644	-0,1180	0,0180	-0,2385	-0,0645	-0,0644
24	21:41	-86	-0,0439	0,0717	-0,1829	-0,0286	-0,0394	-0,0439	0,0717	-0,1829	-0,0286	-0,0394

Prüfkörper: **B.K53** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

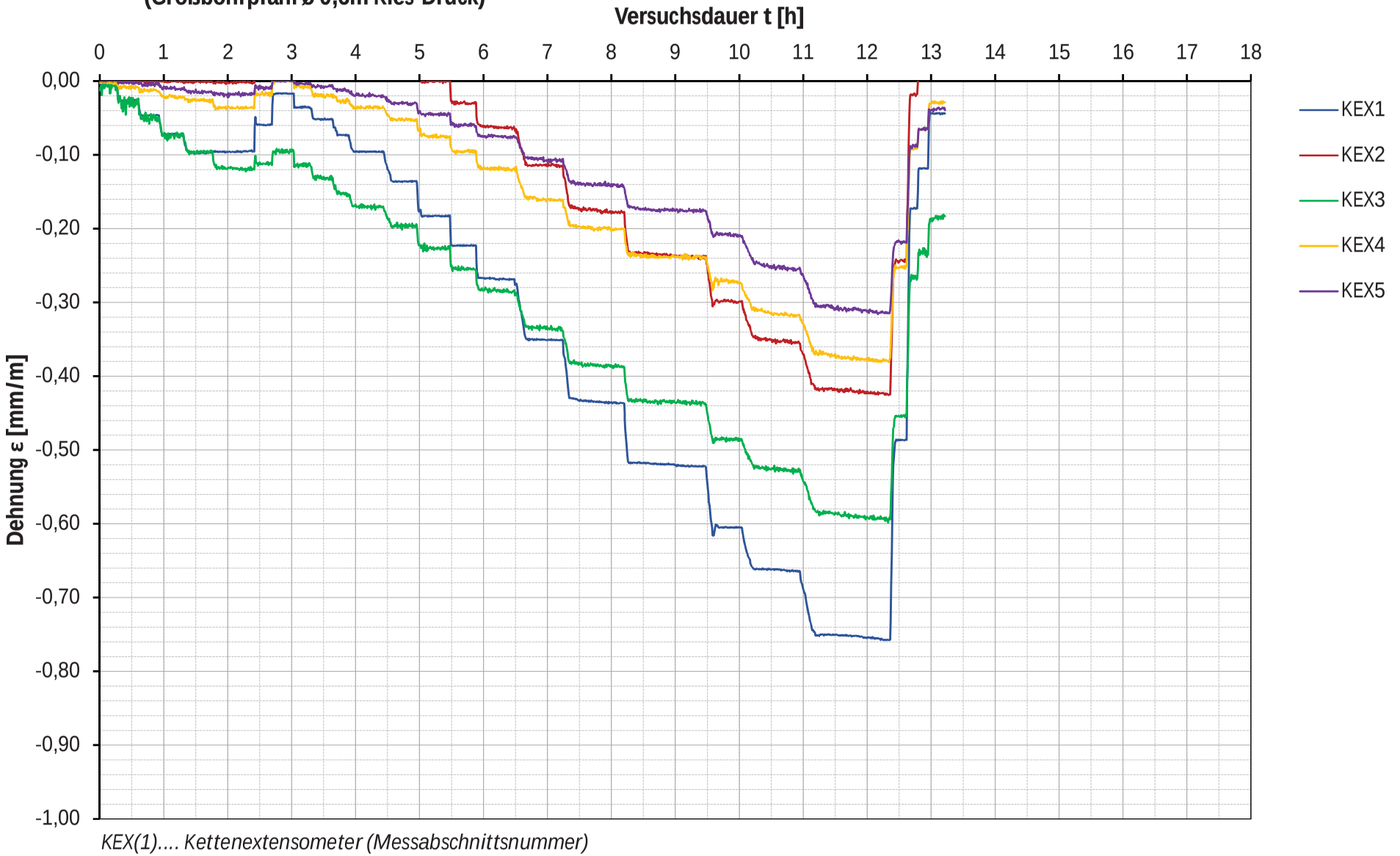
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Bewehrungssensoren (BS)

Laststufen			Messwerte - Bewehrungssensoren										korrigierte Messwerte - Bewehrungssensoren je MQ				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,BS1.1}$	$\varepsilon_{m,BS1.2}$	$\varepsilon_{m,BS2.1}$	$\varepsilon_{m,BS2.2}$	$\varepsilon_{m,BS3.1}$	$\varepsilon_{m,BS3.2}$	$\varepsilon_{m,BS4.1}$	$\varepsilon_{m,BS4.2}$	$\varepsilon_{m,BS5.1}$	$\varepsilon_{m,BS5.2}$	$\varepsilon_{m,BS1}$	$\varepsilon_{m,BS2}$	$\varepsilon_{m,BS3}$	$\varepsilon_{m,BS4}$	$\varepsilon_{m,BS5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,45 m	H: 153,55 m	H: 153,55 m	H: 153,55 m	H: 152,60 m	H: 152,60 m	H: 151,55 m	H: 151,55 m	H: 150,50 m	H: 150,50 m	H: 155,45 m	H: 153,55 m	H: 152,60 m	H: 151,55 m	H: 150,50 m
1	09:03	-231	-0,0373	-0,0145	-0,0259	-0,0137	-0,0097	-0,0117	-0,0104	-0,0086	-0,0095	-0,0067	-0,0259	-0,0117	-0,0095	-0,0064	-0,0032
2	09:23	-425	-0,0655	-0,0311	-0,0483	-0,0248	-0,0187	-0,0218	-0,0190	-0,0159	-0,0174	-0,0123	-0,0483	-0,0218	-0,0174	-0,0119	-0,0061
3	09:45	-613	-0,0914	-0,0517	-0,0715	-0,0348	-0,0287	-0,0318	-0,0268	-0,0241	-0,0255	-0,0181	-0,0715	-0,0318	-0,0255	-0,0175	-0,0090
4	10:52	-799	-0,1151	-0,0733	-0,0942	-0,0573	-0,0465	-0,0519	-0,0472	-0,0394	-0,0433	-0,0309	-0,0942	-0,0519	-0,0433	-0,0314	-0,0173
5	11:08	-424	-0,0686	-0,0391	-0,0539	-0,0359	-0,0246	-0,0303	-0,0292	-0,0198	-0,0245	-0,0155	-0,0539	-0,0303	-0,0245	-0,0168	-0,0086
6	11:28	-54	-0,0155	-0,0093	-0,0124	-0,0101	-0,0042	-0,0072	-0,0081	-0,0010	-0,0045	-0,0004	-0,0124	-0,0072	-0,0045	-0,0021	-0,0010
7	11:43	-238	-0,0412	-0,0234	-0,0323	-0,0225	-0,0138	-0,0182	-0,0184	-0,0099	-0,0141	-0,0074	-0,0323	-0,0182	-0,0141	-0,0090	-0,0042
8	12:05	-426	-0,0662	-0,0397	-0,0530	-0,0345	-0,0248	-0,0296	-0,0281	-0,0199	-0,0240	-0,0153	-0,0530	-0,0296	-0,0240	-0,0165	-0,0083
9	12:20	-613	-0,0916	-0,0560	-0,0738	-0,0462	-0,0351	-0,0407	-0,0380	-0,0294	-0,0337	-0,0230	-0,0738	-0,0407	-0,0337	-0,0241	-0,0126
10	12:53	-804	-0,1182	-0,0731	-0,0956	-0,0592	-0,0466	-0,0529	-0,0491	-0,0395	-0,0443	-0,0310	-0,0956	-0,0529	-0,0443	-0,0321	-0,0177
11	13:24	-1124	-0,1635	-0,1044	-0,1339	-0,0824	-0,0676	-0,0750	-0,0694	-0,0581	-0,0637	-0,0471	-0,1339	-0,0750	-0,0637	-0,0478	-0,0270
12	13:55	-1449	-0,2182	-0,1305	-0,1743	-0,1142	-0,0876	-0,1009	-0,0967	-0,0751	-0,0859	-0,0624	-0,1743	-0,1009	-0,0859	-0,0655	-0,0384
13	14:20	-1776	-0,2704	-0,1594	-0,2149	-0,1433	-0,1088	-0,1261	-0,1225	-0,0935	-0,1080	-0,0783	-0,2149	-0,1261	-0,1080	-0,0837	-0,0505
14	14:58	-2143	-0,3372	-0,1897	-0,2635	-0,1819	-0,1313	-0,1566	-0,1543	-0,1129	-0,1336	-0,0958	-0,2635	-0,1566	-0,1336	-0,1048	-0,0648
15	15:41	-2748	-0,4247	-0,2520	-0,3383	-0,2319	-0,1760	-0,2040	-0,1994	-0,1525	-0,1760	-0,1283	-0,3383	-0,2040	-0,1760	-0,1402	-0,0917
16	16:37	-3415	-0,5267	-0,3177	-0,4222	-0,2887	-0,2264	-0,2575	-0,2488	-0,1955	-0,2221	-0,1623	-0,4222	-0,2575	-0,2221	-0,1778	-0,1239
17	17:49	-4054	-0,6349	-0,3817	-0,5083	-0,3473	-0,2743	-0,3108	-0,2954	-0,2356	-0,2655	-0,1937	-0,5083	-0,3108	-0,2655	-0,2113	-0,1577
18	18:30	-4710	-0,7551	-0,4413	-0,5982	-0,4060	-0,3211	-0,3636	-0,3400	-0,2748	-0,3074	-0,2246	-0,5982	-0,3636	-0,3074	-0,2455	-0,1936
19	19:21	-5360	-0,8739	-0,5051	-0,6895	-0,4602	-0,3696	-0,4149	-0,3851	-0,3158	-0,3504	-0,2590	-0,6895	-0,4149	-0,3504	-0,2853	-0,2356
20	20:46	-5987	-1,0148	-0,5650	-0,7899	-0,5266	-0,4245	-0,4756	-0,4617	-0,3607	-0,4112	-0,2913	-0,7899	-0,4756	-0,4112	-0,3426	-0,2942
21	21:04	-3426	-0,6555	-0,3338	-0,4947	-0,3627	-0,2602	-0,3115	-0,3248	-0,2182	-0,2715	-0,1790	-0,4947	-0,3115	-0,2715	-0,2327	-0,2078
22	21:14	-821	-0,2519	-0,0749	-0,1634	-0,1598	-0,0656	-0,1127	-0,1464	-0,0453	-0,0958	-0,0357	-0,1634	-0,1127	-0,0958	-0,0868	-0,0840
23	21:24	-459	-0,1897	-0,0362	-0,1129	-0,1255	-0,0367	-0,0811	-0,1153	-0,0203	-0,0678	-0,0144	-0,1129	-0,0811	-0,0678	-0,0623	-0,0621
24	21:41	-86	-0,0887	-0,0155	-0,0521	-0,0683	-0,0186	-0,0435	-0,0643	-0,0049	-0,0346	0,0009	-0,0521	-0,0435	-0,0346	-0,0341	-0,0375

Prüfkörper: **B.K53**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

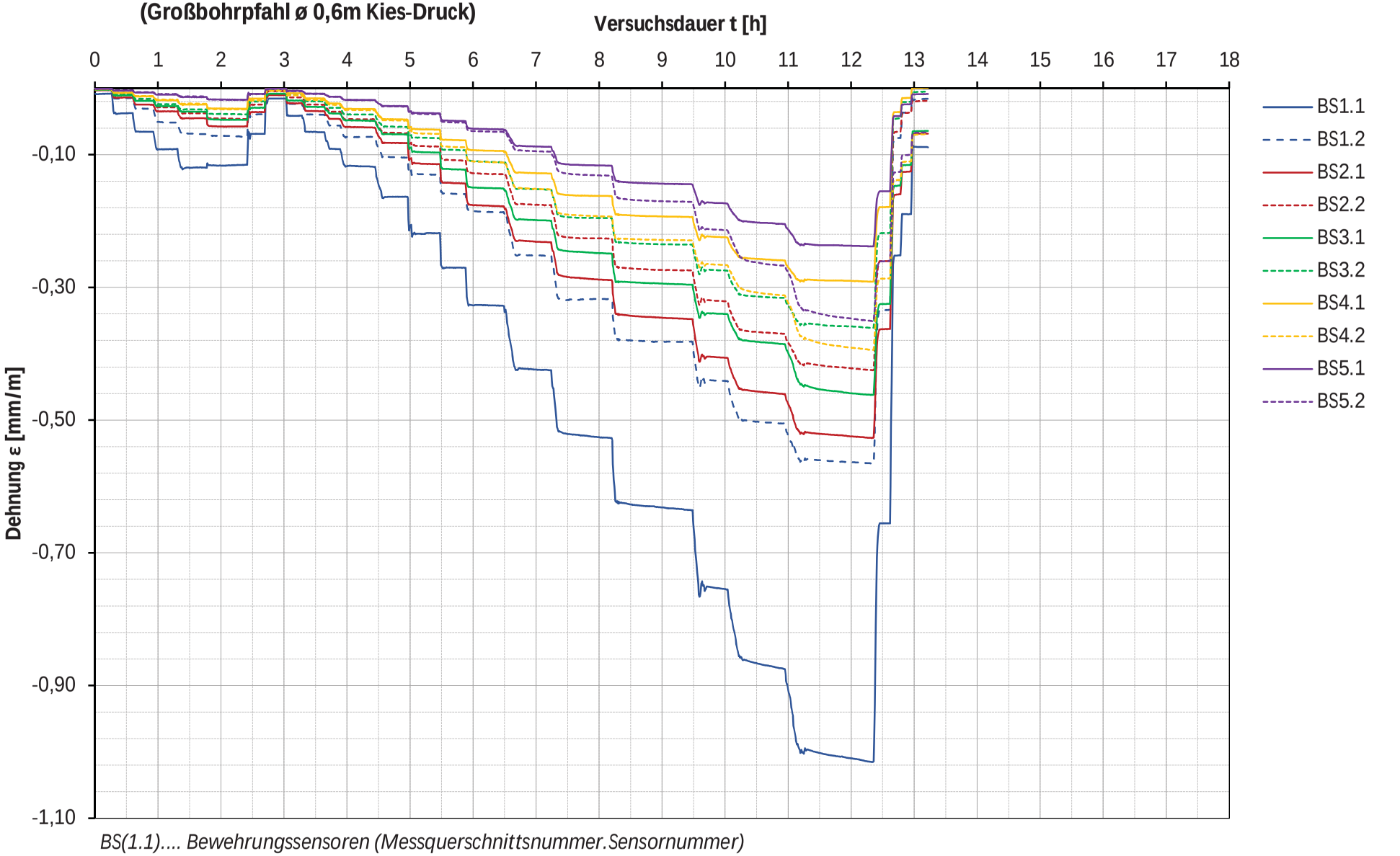
Messwerte Kettenextensometer



KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.K53**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Messwerte Bewehrungssensoren

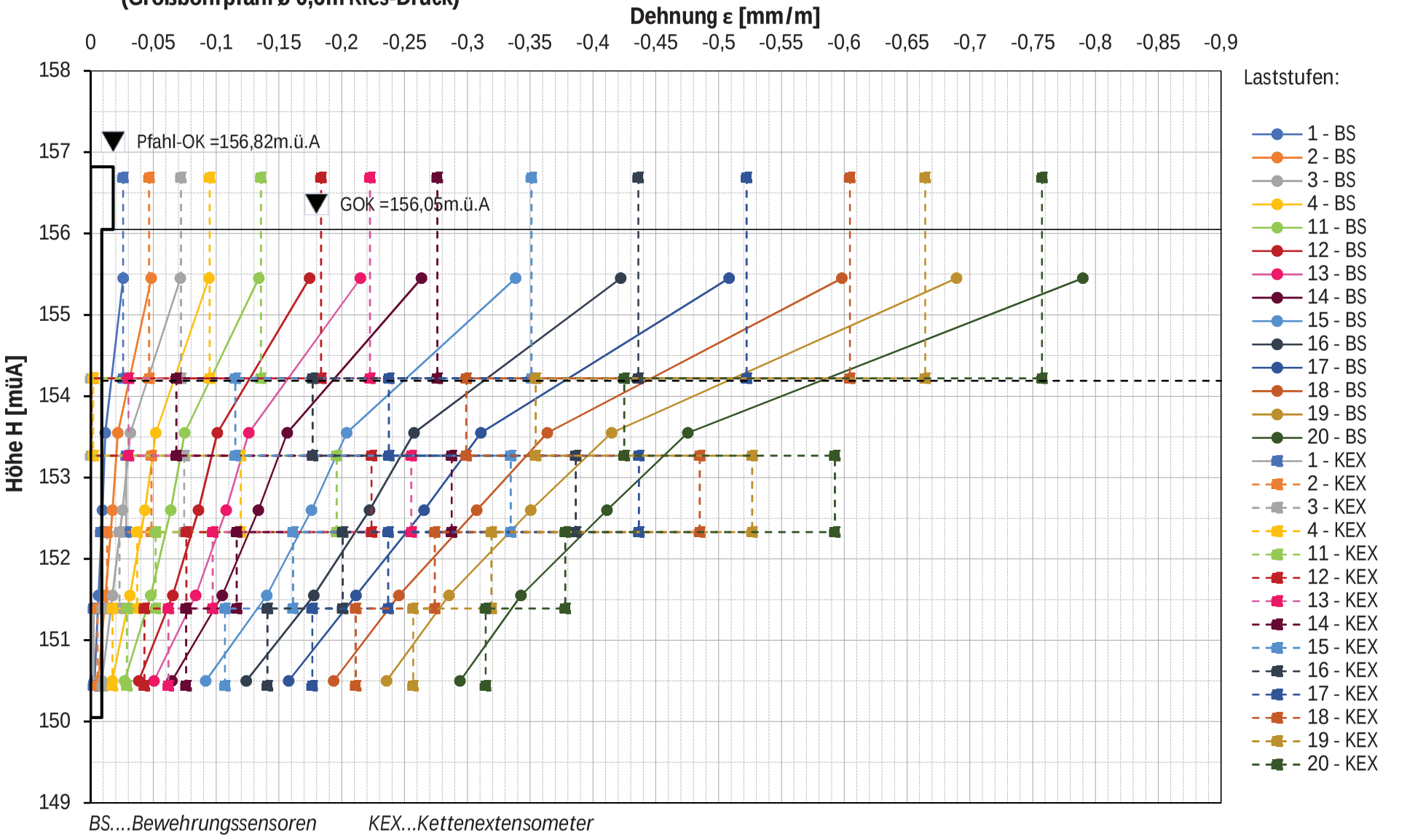


BS(1.1).... Bewehrungssensoren (Messquerschnittsnummer.Sensornummer)

Prüfkörper: **B.K53**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.K53 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

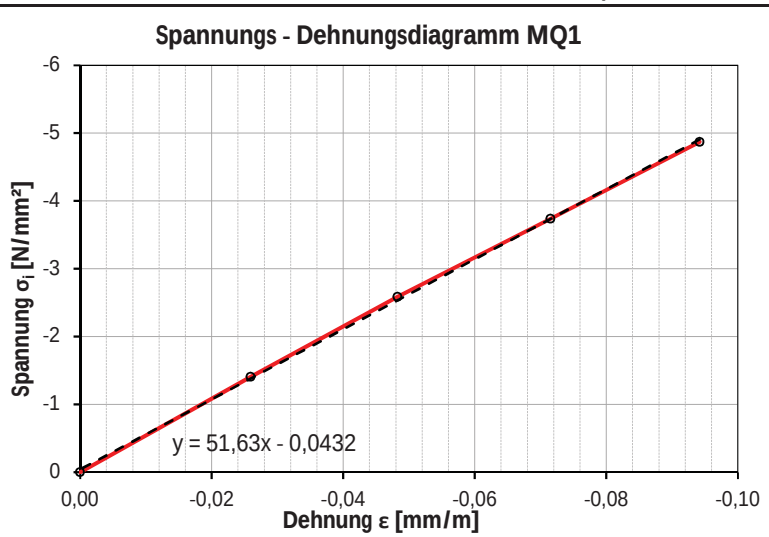
Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1

Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	BS1.MW ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-230,57	-1,41	-0,02594
2	-424,64	-2,59	-0,04828
3	-613,25	-3,74	-0,07153
4	-798,95	-4,87	-0,09418

Berechnung

Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	51,63 N/mm²
Querschnittsnummer:	3
E-Modul Beton E_c=	**33,07 N/mm²**



Querschnittswerte

QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
	Bereiche				**Flächenanteile**			
1	ohne Mantelreibung	457	156,05	154,19	0,00	8284,00	9413,15	146332,47
2	Prüfstrecke	640	154,19	150,05	0,00	7323,13	492,88	313883,08
3	BS1	457	155,45	155,45	0,00	8256,11	9413,15	146360,36
4	BS2	640	153,55	153,55	0,00	8859,29	492,88	312346,91
5	BS3	640	152,6	152,6	0,00	8256,11	492,88	312950,09
6	BS4	640	151,55	151,55	0,00	6371,15	492,88	314835,05
7	BS5	640	150,5	150,5	0,00	6371,15	492,88	314835,05
8	mittel KEX1	457	156,69	154,22	0,00	8284,00	9413,15	146332,47
9	mittel KEX2	640	154,22	153,27	0,00	8763,04	492,88	312443,16
10	mittel KEX3	640	153,27	152,33	0,00	7782,29	492,88	313423,91
11	mittel KEX4	640	152,33	151,39	0,00	6371,15	492,88	314835,05
12	mittel KEX5	640	151,39	150,44	0,00	6371,15	492,88	314835,05

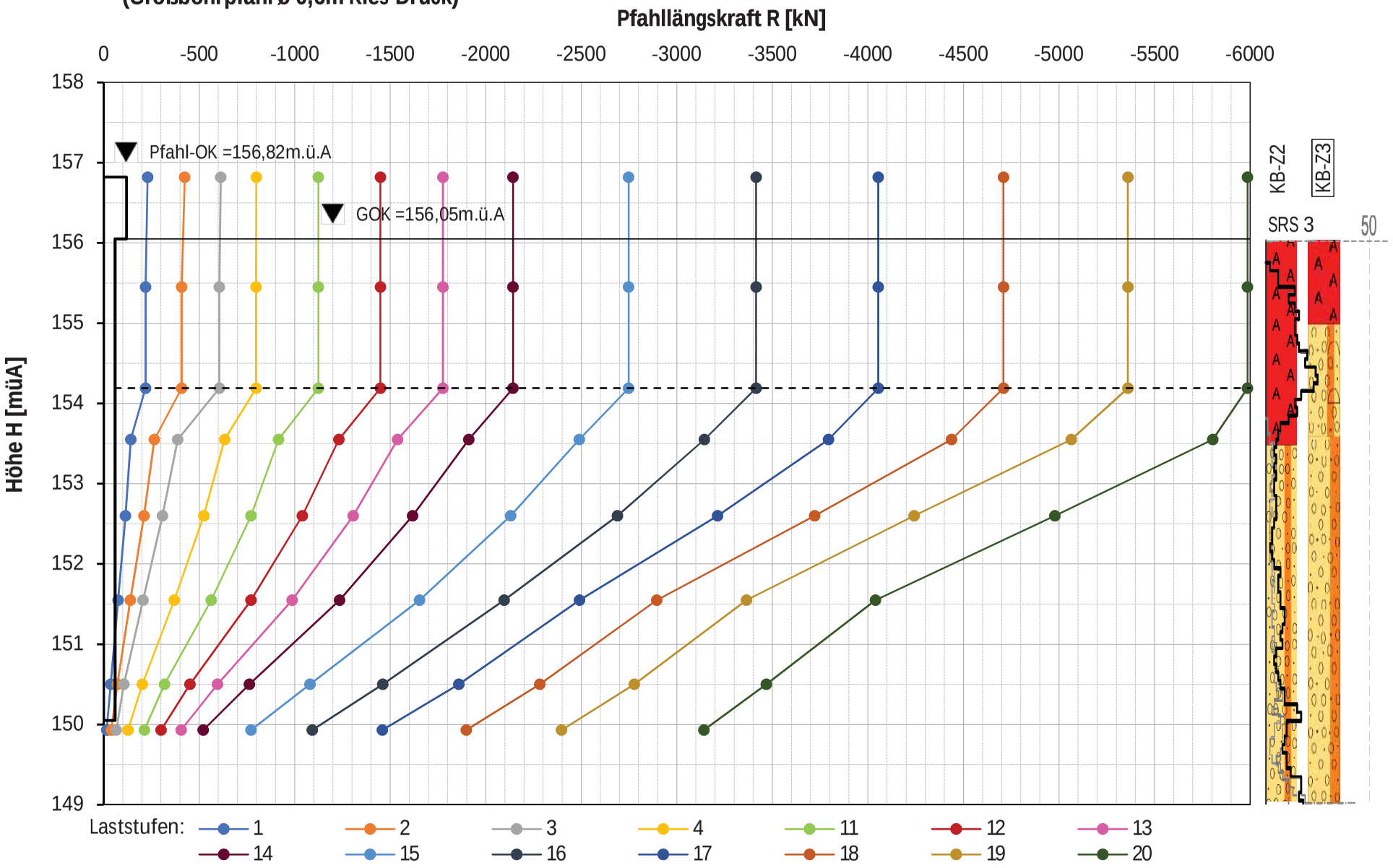
Prüfkörper: **B.K53 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN] H: 156,82 m	$F_{m,MQ1}$ [kN] H: 155,45 m	$F_{m,OK-PS}$ [kN] H: 154,19 m	$F_{m,MQ2}$ [kN] H: 153,55 m	$F_{m,MQ3}$ [kN] H: 152,60 m	$F_{m,MQ4}$ [kN] H: 151,55 m	$F_{m,MQ5}$ [kN] H: 150,50 m	$R_{b,m}$ [kN] H: 149,93 m	$R_{s,m}$ [kN]
1	09:03	-231	-220	-220	-143	-115	-75	-37	-16	-215
2	09:23	-425	-409	-409	-266	-211	-141	-72	-41	-384
3	09:45	-613	-606	-606	-388	-308	-207	-107	-67	-546
4	10:52	-799	-798	-798	-633	-524	-370	-203	-128	-671
7	11:43	-238	-238	-238	-222	-171	-107	-50	32	-270
8	12:05	-426	-426	-426	-362	-290	-195	-97	-12	-414
9	12:20	-613	-613	-613	-497	-408	-284	-148	-65	-548
10	12:53	-804	-804	-804	-646	-536	-378	-209	-122	-682
11	13:24	-1124	-1124	-1124	-915	-772	-564	-319	-214	-911
12	13:55	-1449	-1449	-1449	-1232	-1040	-772	-452	-301	-1148
13	14:20	-1776	-1776	-1776	-1539	-1307	-986	-596	-406	-1370
14	14:58	-2143	-2143	-2143	-1912	-1617	-1235	-764	-522	-1621
15	15:41	-2748	-2748	-2748	-2490	-2130	-1653	-1081	-772	-1976
16	16:37	-3415	-3415	-3415	-3144	-2689	-2096	-1461	-1092	-2323
17	17:49	-4054	-4054	-4054	-3794	-3214	-2491	-1859	-1459	-2595
18	18:30	-4710	-4710	-4710	-4438	-3721	-2895	-2283	-1898	-2811
19	19:21	-5360	-5360	-5360	-5064	-4242	-3364	-2778	-2397	-2963
20	20:46	-5987	-5987	-5987	-5805	-4978	-4040	-3468	-3142	-2845

Prüfkörper: **B.K53**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

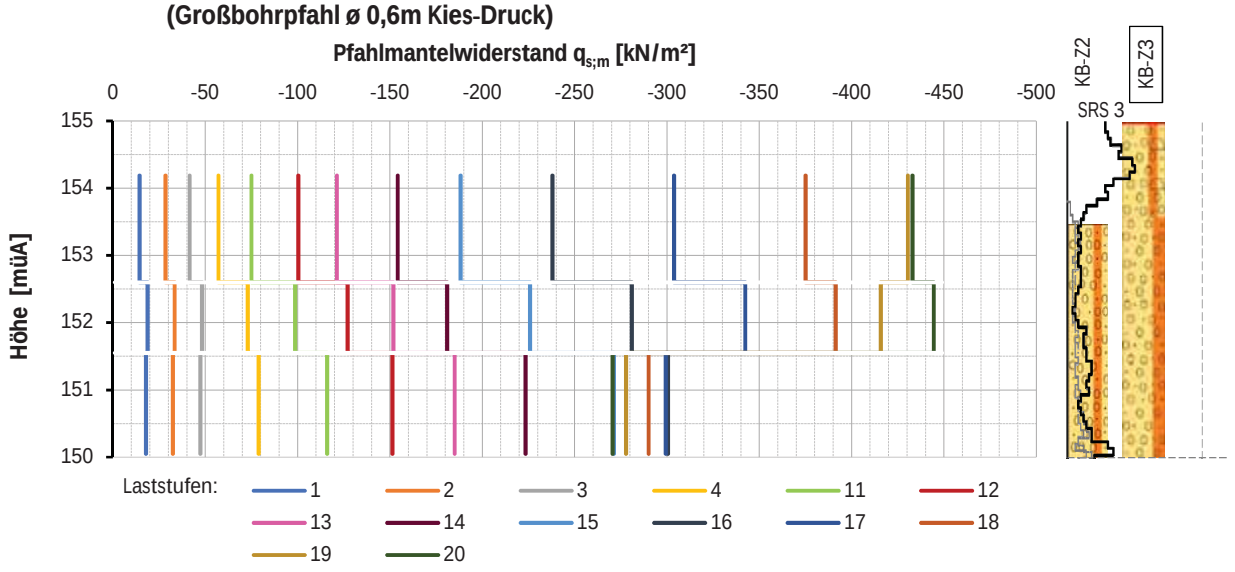


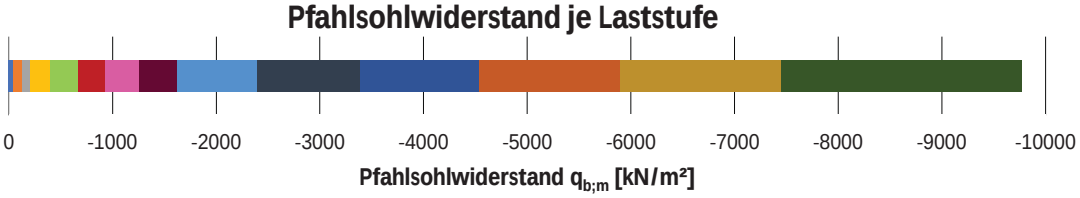
Prüfkörper: **B.K53** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,64 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-230,57	-0,35	-0,0005	-14	-19	-18	-17	-50
2	-424,64	-0,82	-0,0013	-28	-33	-32	-32	-127
3	-613,25	-1,58	-0,0025	-42	-48	-47	-46	-208
4	-798,95	-3,96	-0,0062	-57	-73	-79	-70	-397
5	-423,99	-3,44	-0,0054					
6	-53,63	-2,71	-0,0042					
7	-238,45	-2,91	-0,0046	-26	-31	-27	-28	99
8	-426,03	-3,22	-0,0050	-37	-45	-46	-43	-38
9	-612,71	-3,53	-0,0055	-46	-59	-64	-57	-202
10	-803,72	-4,24	-0,0066	-57	-75	-80	-71	-378
11	-1124,19	-6,86	-0,0107	-75	-99	-116	-97	-664
12	-1448,63	-10,32	-0,0161	-100	-127	-151	-127	-935
13	-1775,97	-13,91	-0,0217	-121	-152	-185	-154	-1.261
14	-2143,02	-17,91	-0,0280	-154	-181	-223	-187	-1.621
15	-2747,88	-26,14	-0,0408	-188	-226	-271	-230	-2.399
16	-3414,89	-36,71	-0,0574	-238	-281	-301	-274	-3.394
17	-4054,18	-49,34	-0,0771	-304	-342	-299	-316	-4.535
18	-4709,63	-65,45	-0,1023	-375	-391	-290	-351	-5.901
19	-5360,39	-88,16	-0,1377	-430	-416	-278	-373	-7.451
20	-5986,79	-134,70	-0,2105	-433	-444	-271	-381	-9.766

Prüfkörper: **B.K53** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

VERSUCHSAUSWERTUNG

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **05.03.2019**

Allgemeine Angaben:	
Prüfkörper:	**B.K54**
Prüffeld:	2
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Kies
Herstellungsverfahren:	verrohrter Bohrpfahl

Versuchsdaten:	
Prüfung Nr.:	7
Prüfdatum:	05.07.2017
Versuchsbeginn:	07:44 Uhr
Versuchsende:	18:46 Uhr
Wetterbedingungen:	30°C sonnig
besondere Versuchsbedingungen:	Unterbrechung aufgrund Ausfall MWES1, alter Prüfablauf

Geometrie Prüfkörper:		
Pfahldurchmesser D=	640,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	321699,09	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,9	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,13	müA
OK Prüfstrecke (PS):	154,27	müA
UK Pfahl:	150,13	müA
Länge ohne Mantelreibung:	2,63	m
Länge Prüfstrecke:	4,14	m
Pfahllänge:	6,00	m

Materialkennwerte:		
Betongüte:	**C25/30/BS-TB1/GK16**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	25,12	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	nein
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein

		Sensornummer:	Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1	156,72 müA
GOK	MQ1		
keine Mantelreibung			
OK PS		KEX2	154,23 müA
Prüfstrecke	MQ2		
		KEX3	153,28 müA
	MQ3		
		KEX4	152,34 müA
	MQ4		
		KEX5	151,40 müA
	MQ5		
UK Pfahl			

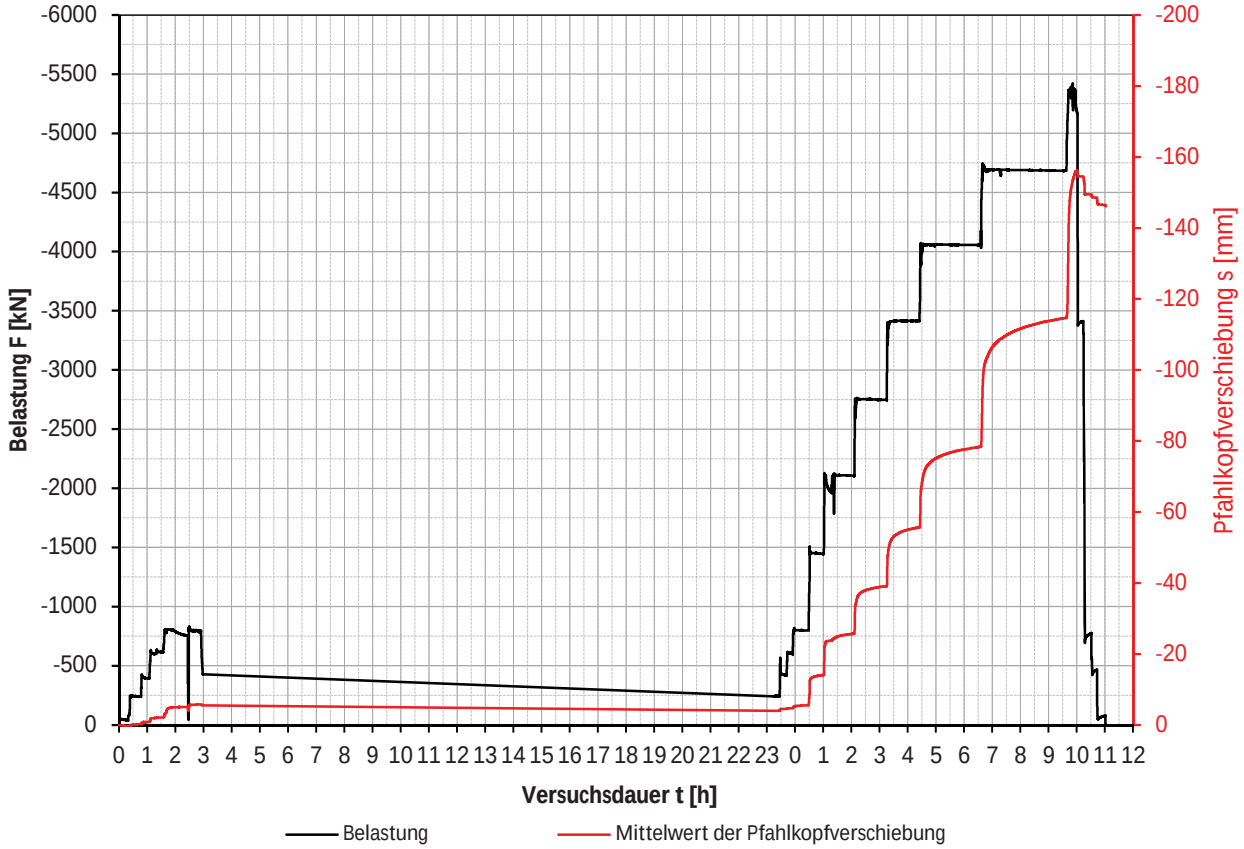
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

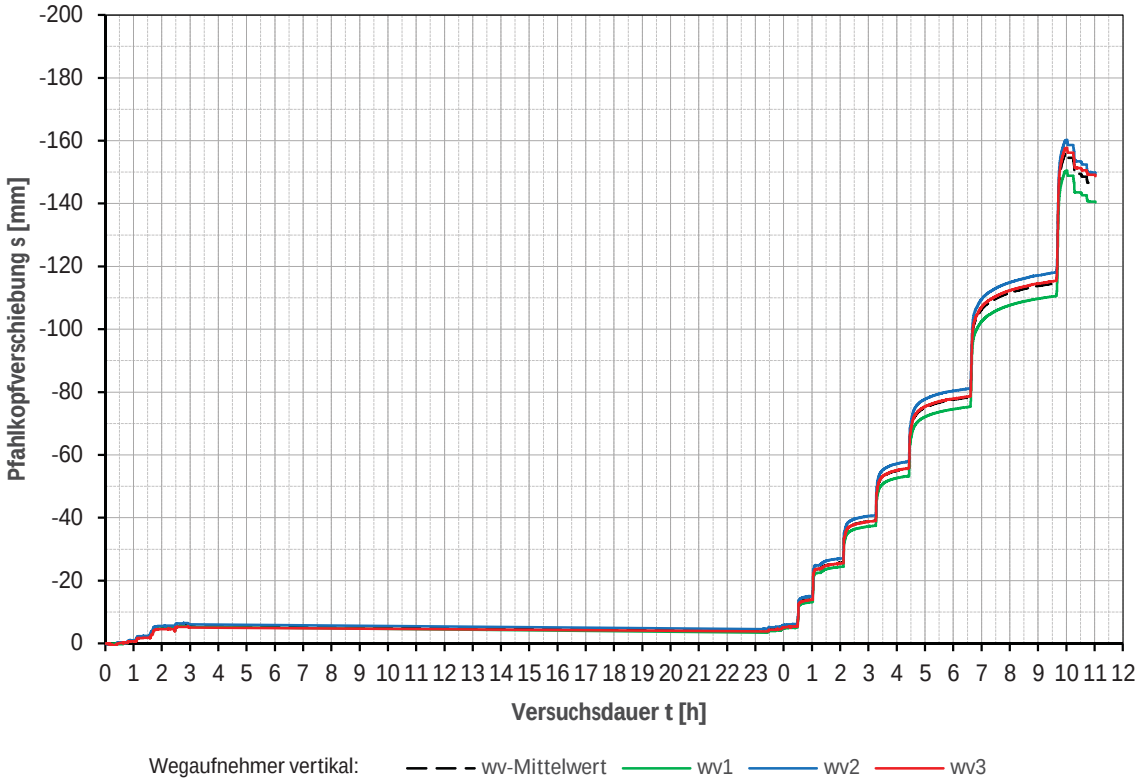
Anmerkungen:

Längskraftverlauf:
-Im MQ3 wurden die Werte bei LS1-4 zwischen MQ2 und MQ3 interpoliert.

Prüfkörper: **B.K54 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K54 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K54** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

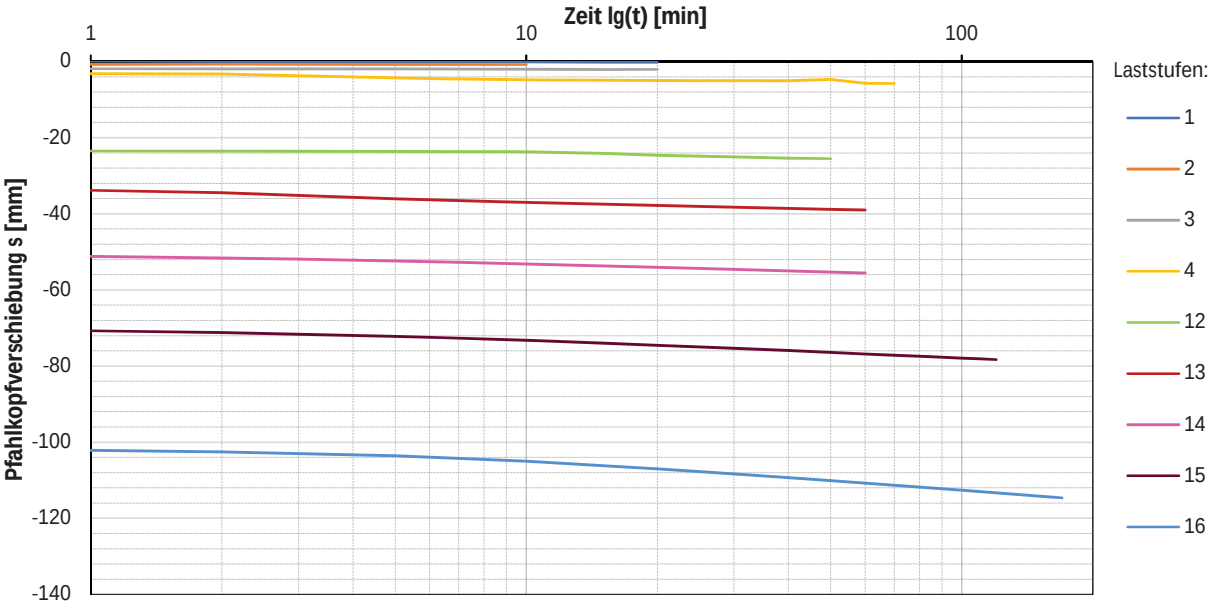
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y [mm]
0	07:44	08:03	-50	-39	0,44																		
1	08:08	08:30	-238	-239	-0,16	0,16	0,02	-0,05	-0,11	-0,16	-0,16								5	15	-0,05	-0,16	**-0,23**
2	08:33	08:48	-425	-394	-0,78	-0,73	-0,73	-0,75	-0,78										2	10	-0,73	-0,78	**-0,08**
3	08:53	09:16	-613	-615	-2,09	-1,91	-1,91	-1,92	-1,97	-2,05	-2,07								10	20	-1,97	-2,07	**-0,33**
4	09:21	10:36	-800	-798	-5,75	-3,19	-3,29	-4,28	-4,80	-4,92	-4,99	-5,00	-5,69						10	70	-4,80	-5,73	**-1,11**
5	10:43	10:46	-425	-427	-5,47	-5,48	-5,47																
7	07:00	07:12	-238	-468	-4,37	-3,97	-3,97	-3,97	-4,00												-3,97	-4,00	**-0,04**
8	07:15	07:25	-425	-421	-4,47	-4,47	-4,47	-4,47											1	5	-4,47	-4,47	**0,00**
9	07:28	07:38	-613	-610	-4,69	-4,69	-4,69	-4,69											1	5	-4,69	-4,69	**-0,01**
10	07:44	08:11	-800	-798	-5,55	-5,28	-5,30	-5,36	-5,42	-5,46	-5,51								10	20	-5,42	-5,51	**-0,28**
11	08:16	08:45	-1450	-1446	-14,06	-12,96	-13,12	-13,40	-13,66	-13,80	-13,92								10	20	-13,66	-13,92	**-0,89**
12	08:49	09:40	-2100	-2108	-25,54	-23,49	-23,56	-23,64	-23,72	-24,11	-24,58	-25,08							30	50	-25,08	-25,52	**-1,99**
13	09:52	10:58	-2750	-2748	-39,05	-33,86	-34,45	-36,05	-37,02	-37,50	-37,83	-38,25	-38,99						40	60	-38,56	-38,99	**-2,45**
14	11:05	12:06	-3400	-3415	-55,58	-51,19	-51,57	-52,36	-53,17	-53,66	-54,05	-54,63	-55,55						40	60	-55,01	-55,55	**-3,10**
15	12:17	14:18	-4050	-4056	-78,33	-70,73	-71,18	-72,18	-73,23	-73,97	-74,52	-75,31	-76,82	-78,33					100	120	-77,89	-78,33	**-5,54**
16	14:28	17:21	-4700	-4683	-114,63	-102,13	-102,55	-103,60	-105,02	-106,19	-107,05	-108,36	-110,75	-113,36	-114,14	-114,38	-114,61		140	170	-113,87	-114,61	**-8,76**
17	17:34	17:35	-5350	-5350	-153,04																		
19	17:47	17:57	-3400	-3411	-154,51	-154,55	-154,54	-154,53															
20	18:01	18:13	-800	-771	-149,44	-149,50	-149,48	-149,46	-149,44														
21	18:17	18:27	-425	-466	-148,55	-148,56	-148,54	-148,54															
22	18:30	18:44	-50	-79	-146,51	-146,61	-146,59	-146,58	-146,52														

Prüfkörper: **B.K54**

Zeitverformung

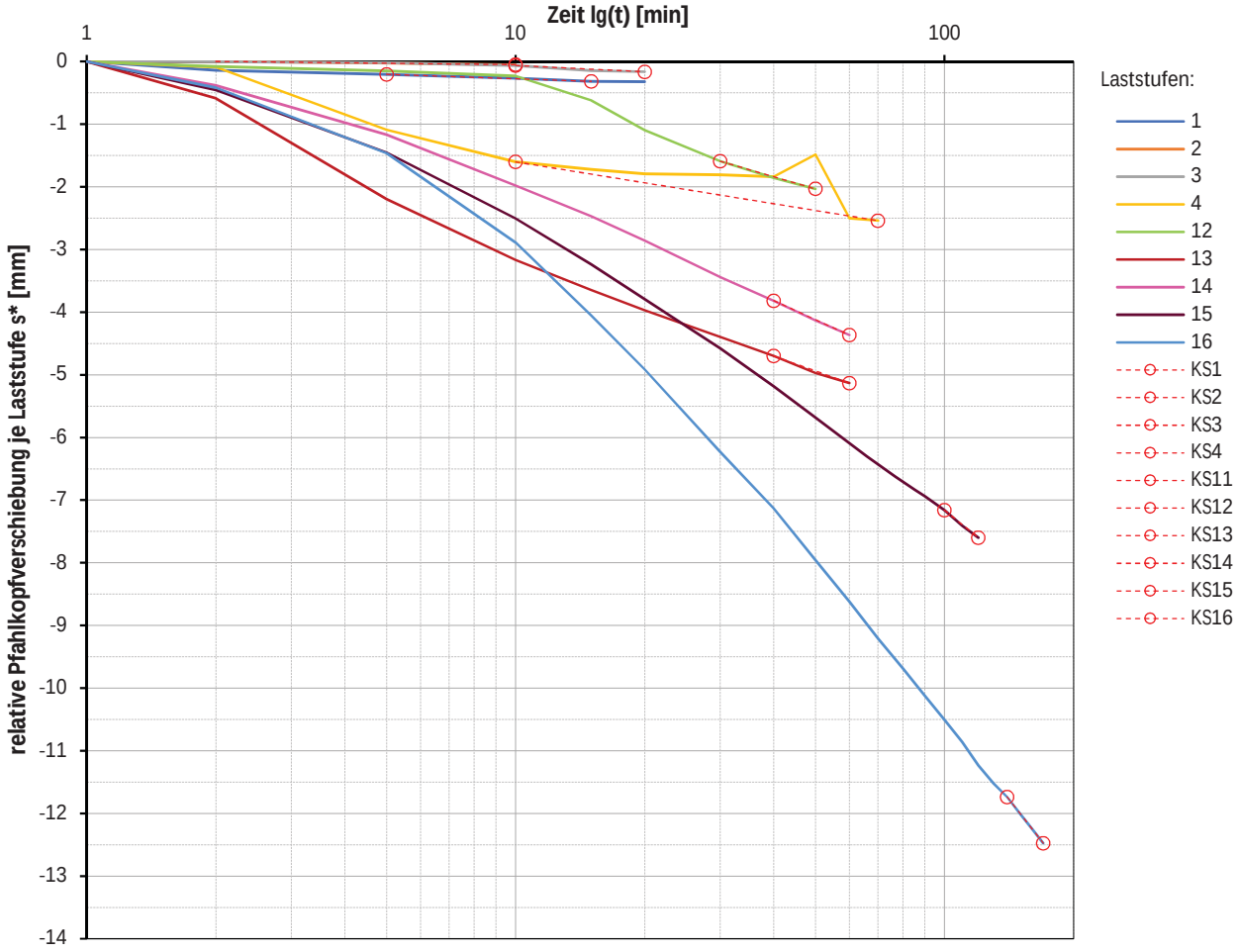
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K54**

relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

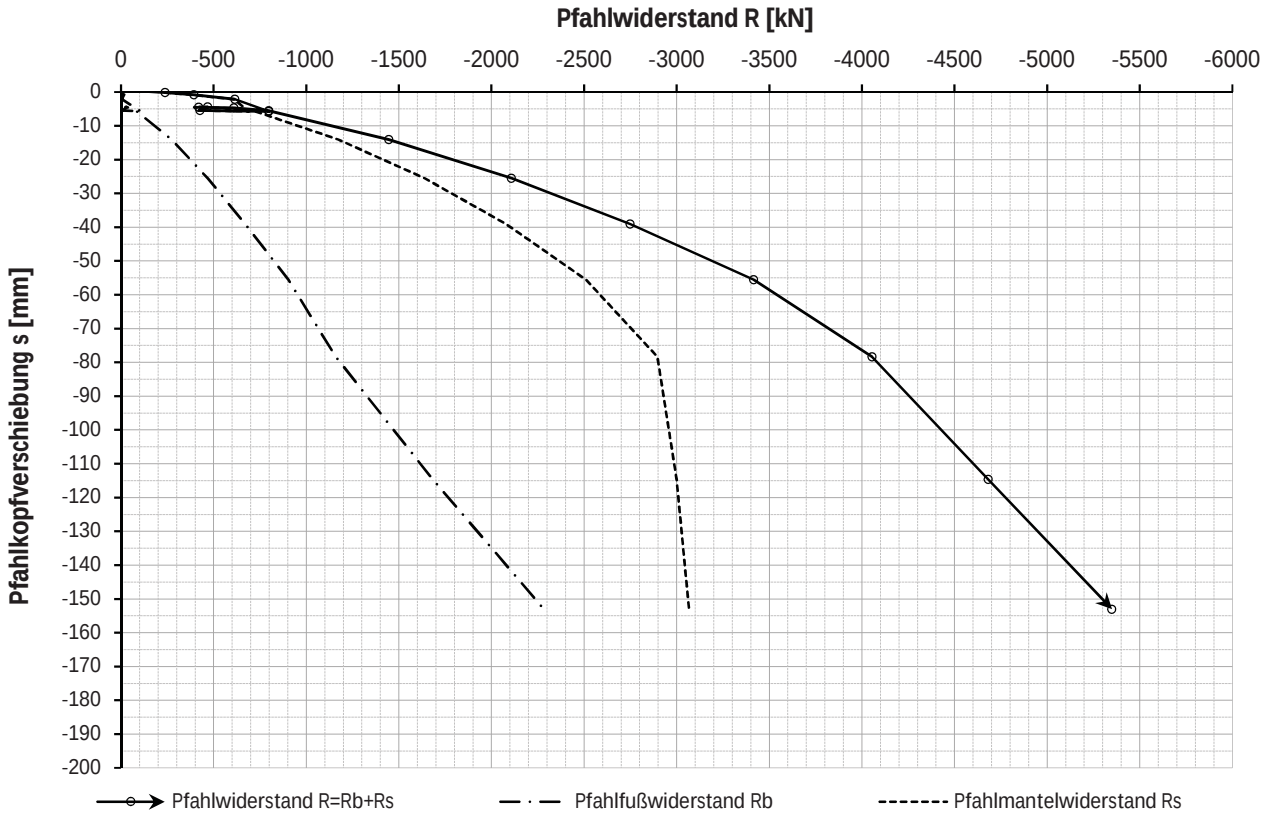


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.K54**

Widerstands-Verschiebungslinie

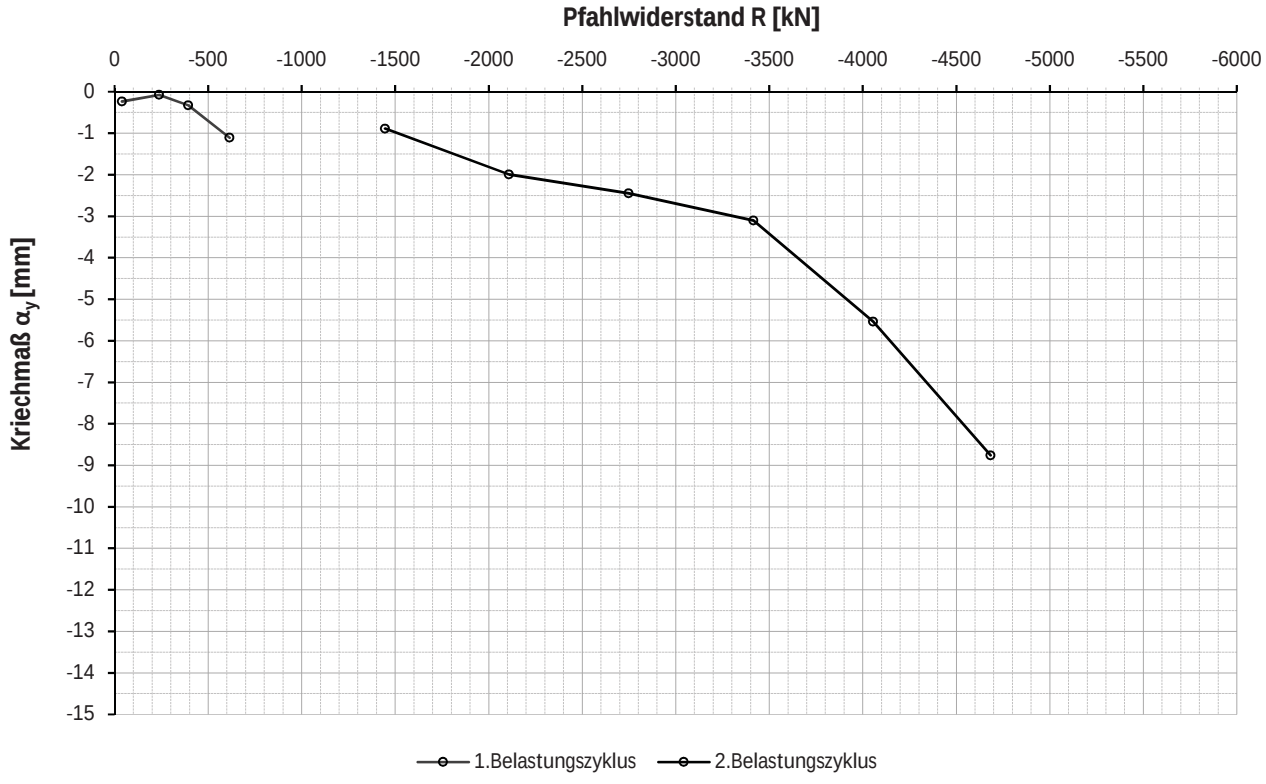
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K54**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K54** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

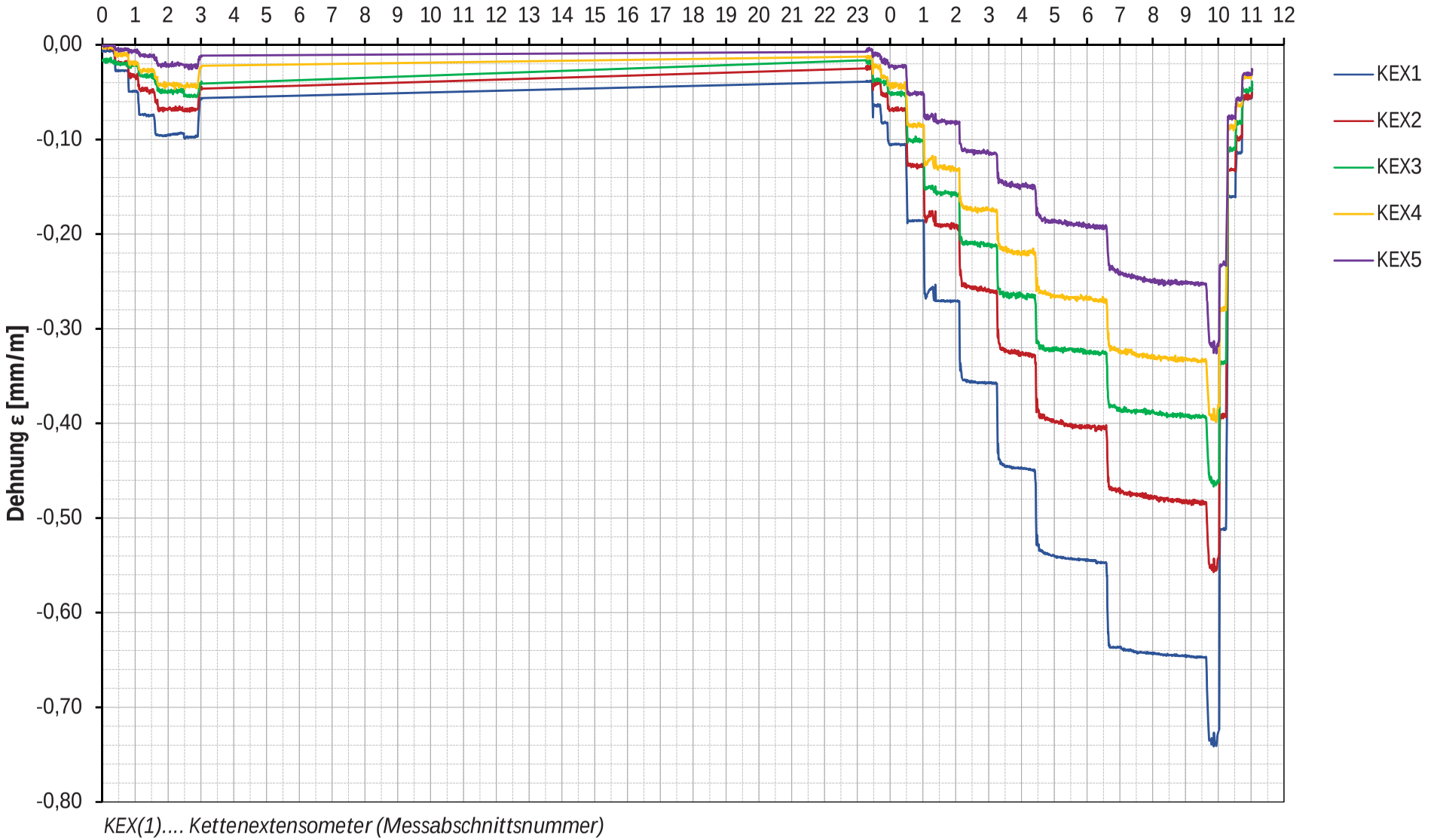
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,48 m	H: 153,76 m	H: 152,81 m	H: 151,87 m	H: 150,93 m	H: 155,48 m	H: 153,76 m	H: 152,81 m	H: 151,87 m	H: 150,93 m
1	08:30	-239	-0,0278	-0,0209	-0,0197	-0,0081	-0,0048	-0,0278	-0,0209	-0,0197	-0,0081	-0,0048
2	08:48	-394	-0,0492	-0,0305	-0,0217	-0,0203	-0,0084	-0,0492	-0,0305	-0,0217	-0,0203	-0,0084
3	09:16	-615	-0,0738	-0,0480	-0,0320	-0,0277	-0,0115	-0,0738	-0,0480	-0,0320	-0,0277	-0,0115
4	10:36	-798	-0,0966	-0,0683	-0,0556	-0,0455	-0,0246	-0,0966	-0,0683	-0,0556	-0,0455	-0,0246
5	10:46	-427	-0,0564	-0,0462	-0,0409	-0,0221	-0,0114	-0,0564	-0,0462	-0,0409	-0,0221	-0,0114
7	07:12	-468	-0,0667	-0,0417	-0,0301	-0,0278	-0,0122	-0,0667	-0,0417	-0,0301	-0,0278	-0,0122
8	07:25	-421	-0,0644	-0,0414	-0,0371	-0,0229	-0,0116	-0,0644	-0,0414	-0,0371	-0,0229	-0,0116
9	07:38	-610	-0,0826	-0,0509	-0,0375	-0,0345	-0,0169	-0,0826	-0,0509	-0,0375	-0,0345	-0,0169
10	08:11	-798	-0,1048	-0,0686	-0,0510	-0,0395	-0,0226	-0,1048	-0,0686	-0,0510	-0,0395	-0,0226
11	08:45	-1446	-0,1855	-0,1295	-0,1023	-0,0849	-0,0526	-0,1855	-0,1295	-0,1023	-0,0849	-0,0526
12	09:40	-2108	-0,2711	-0,1888	-0,1588	-0,1308	-0,0826	-0,2711	-0,1888	-0,1588	-0,1308	-0,0826
13	10:58	-2748	-0,3585	-0,2595	-0,2121	-0,1758	-0,1158	-0,3585	-0,2595	-0,2121	-0,1758	-0,1158
14	12:06	-3415	-0,4495	-0,3286	-0,2641	-0,2189	-0,1513	-0,4495	-0,3286	-0,2641	-0,2189	-0,1513
15	14:18	-4056	-0,5467	-0,4056	-0,3265	-0,2710	-0,1904	-0,5467	-0,4056	-0,3265	-0,2710	-0,1904
16	17:21	-4683	-0,6466	-0,4829	-0,3937	-0,3340	-0,2521	-0,6466	-0,4829	-0,3937	-0,3340	-0,2521
17	17:35	-5350	-0,7384	-0,5537	-0,4613	-0,3938	-0,3183	-0,7384	-0,5537	-0,4613	-0,3938	-0,3183
19	17:57	-3411	-0,5119	-0,3928	-0,3352	-0,2787	-0,2319	-0,5119	-0,3928	-0,3352	-0,2787	-0,2319
20	18:13	-771	-0,1599	-0,1327	-0,1083	-0,0890	-0,0771	-0,1599	-0,1327	-0,1083	-0,0890	-0,0771
21	18:27	-466	-0,1133	-0,0977	-0,0807	-0,0629	-0,0568	-0,1133	-0,0977	-0,0807	-0,0629	-0,0568
22	18:44	-79	-0,0566	-0,0557	-0,0478	-0,0323	-0,0307	-0,0566	-0,0557	-0,0478	-0,0323	-0,0307

Prüfkörper: **B.K54**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Messwerte Kettenextensometer

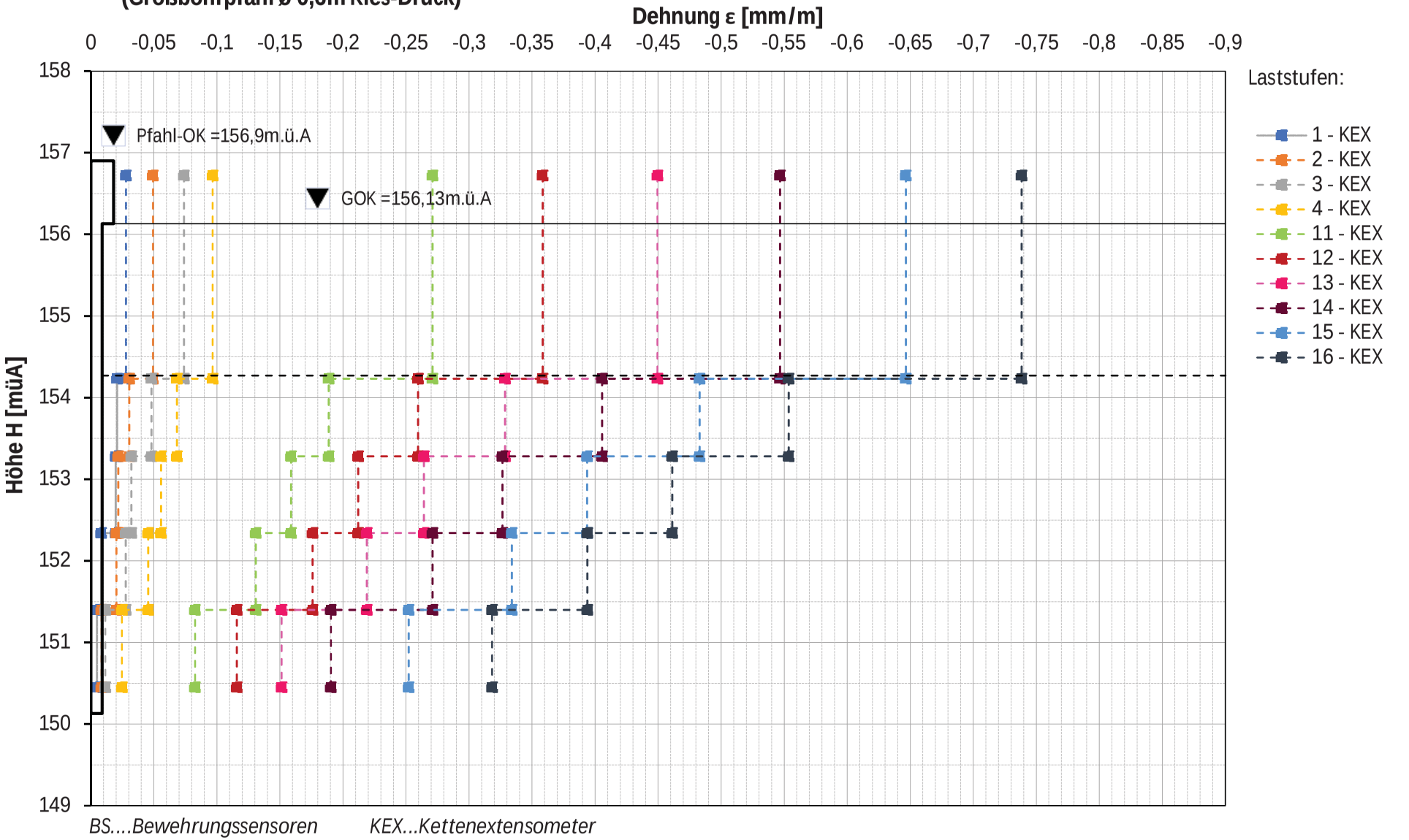


KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.K54**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



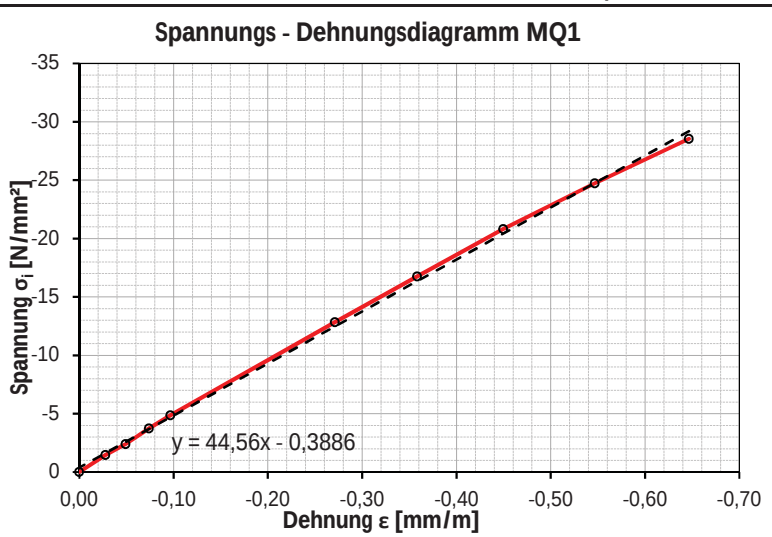
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.K54 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	KEX1 ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-238,79	-1,46	-0,02784
2	-393,75	-2,40	-0,04924
3	-614,90	-3,75	-0,07384
4	-797,94	-4,86	-0,09663
12	-2107,98	-12,85	-0,27106
13	-2748,35	-16,76	-0,35847
14	-3415,25	-20,82	-0,4495
15	-4055,53	-24,72	-0,54674
16	-4683,43	-28,55	-0,64658

Berechnung		
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	44,56	N/mm²
Querschnittsnummer:	8	
E-Modul Beton E_c=	**25,12**	**N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	457	156,13	154,27	0,00	8284,00	9413,15	146332,47
2	Prüfstrecke	640	154,27	150,13	0,00	7323,13	492,88	313883,08
8	mittel KEX1	457	156,72	154,23	0,00	8284,00	9413,15	146332,47
9	mittel KEX2	640	154,23	153,28	0,00	8763,04	492,88	312443,16
10	mittel KEX3	640	153,28	152,34	0,00	7782,29	492,88	313423,91
11	mittel KEX4	640	152,34	151,4	0,00	6371,15	492,88	314835,05
12	mittel KEX5	640	151,4	150,45	0,00	6371,15	492,88	314835,05

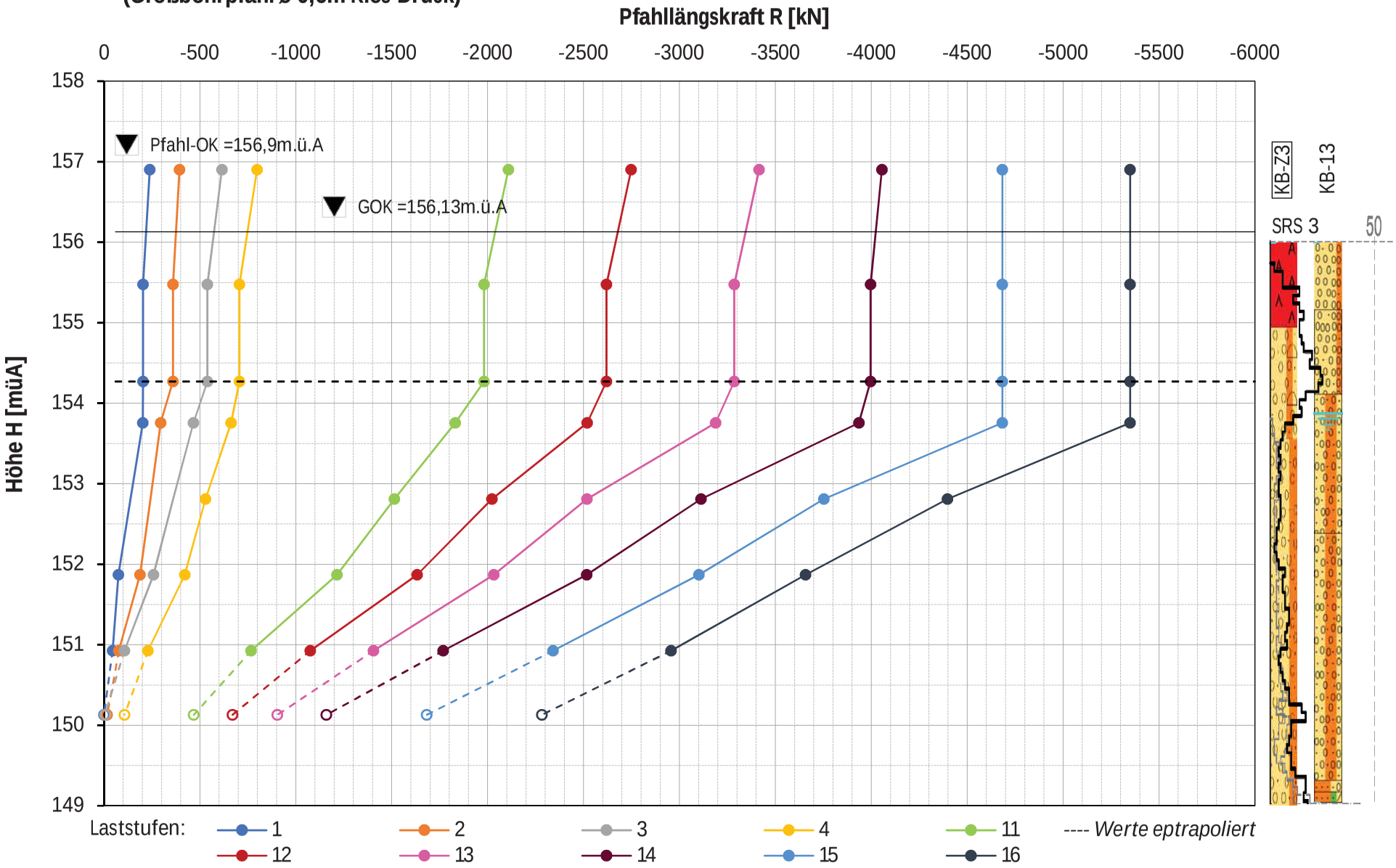
Prüfkörper: **B.K54** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN]	$F_{m,MQ1}$ [kN]	$F_{m,OK-PS}$ [kN]	$F_{m,MQ2}$ [kN]	$F_{m,MQ3}$ [kN]	$F_{m,MQ4}$ [kN]	$F_{m,MQ5}$ [kN]	$R_{b,m}$ [kN]	$R_{s,m}$ [kN]
		H: 156,90 m	H: 155,48 m	H: 154,27 m	H: 153,76 m	H: 152,81 m	H: 151,87 m	H: 150,93 m	H: 150,13 m	
1	08:30	-239	-203	-203	-203		-75	-45	0	-238
2	08:48	-394	-360	-360	-296		-189	-78	-17	-377
3	09:16	-615	-540	-540	-466		-258	-106	-5	-610
4	10:36	-798	-706	-706	-662		-422	-229	-107	-691
8	07:25	-421	-471	-471	-402	-354	-213	-108	-25	-396
9	07:38	-610	-604	-604	-494	-357	-321	-157	-63	-547
10	08:11	-798	-766	-766	-666	-486	-367	-210	-82	-716
11	08:45	-1446	-1356	-1356	-1256	-975	-788	-488	-272	-1174
12	09:40	-2108	-1981	-1981	-1832	-1514	-1215	-767	-468	-1640
13	10:58	-2748	-2620	-2620	-2519	-2022	-1633	-1076	-670	-2078
14	12:06	-3415	-3285	-3285	-3189	-2518	-2032	-1405	-904	-2511
15	14:18	-4056	-3996	-3996	-3936	-3112	-2516	-1768	-1159	-2896
16	17:21	-4683	-4683	-4683	-4683	-3753	-3101	-2341	-1683	-3000

Prüfkörper: **B.K54**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe



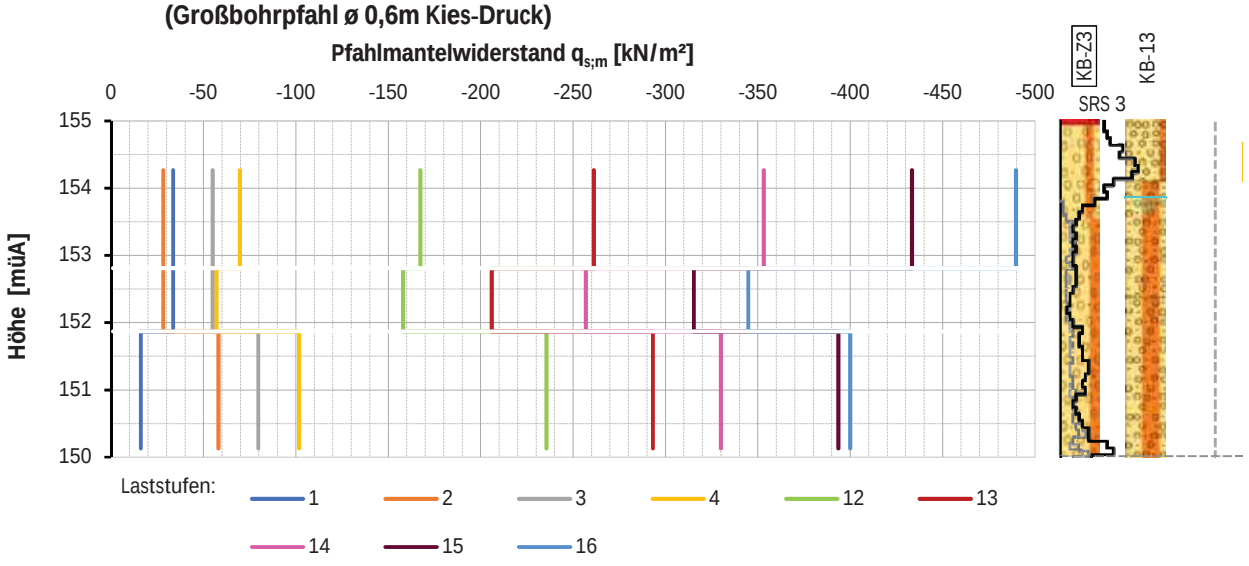
Prüfkörper: **B.K54** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

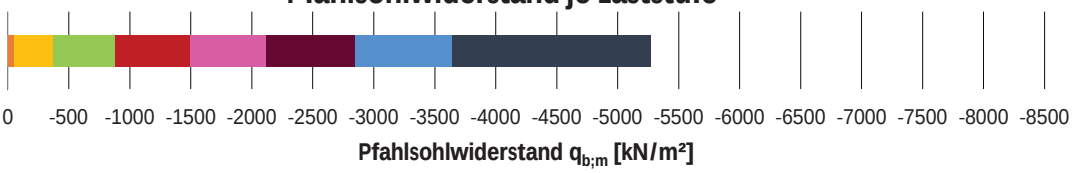
Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,64 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-238,79	-0,16	-0,0003	-34	-34	-16	-28	-1
2	-393,75	-0,78	-0,0012	-28	-28	-58	-38	-53
3	-614,90	-2,09	-0,0033	-55	-55	-80	-63	-17
4	-797,94	-5,75	-0,0090	-70	-57	-102	-76	-332
5	-427,39	-5,47	-0,0085					
7	-468,43	-4,37	-0,0068					
8	-420,63	-4,47	-0,0070	-26	-74	-55	-52	-77
9	-609,83	-4,69	-0,0073	-72	-19	-86	-59	-195
10	-798,06	-5,55	-0,0087	-94	-63	-83	-80	-255
11	-1445,85	-14,06	-0,0220	-148	-99	-158	-135	-847
12	-2107,98	-25,54	-0,0399	-167	-158	-236	-187	-1.456
13	-2748,35	-39,05	-0,0610	-261	-206	-293	-254	-2.083
14	-3415,25	-55,58	-0,0868	-353	-257	-330	-313	-2.810
15	-4055,53	-78,33	-0,1224	-433	-315	-394	-381	-3.604
16	-4683,43	-114,63	-0,1791	-490	-345	-400	-412	-5.233
17	-5349,62	-153,04	-0,2391					
19	-3411,25	-154,51	-0,2414					
20	-770,81	-149,44	-0,2335					
21	-466,31	-148,55	-0,2321					
22	-78,77	-146,51	-0,2289					

Prüfkörper: **B.K54** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Pfahlsohlwiderstand je Laststufe



Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

VERSUCHSAUSWERTUNG

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **05.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.K55**
Prüffeld:	2
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Kies
Herstellungsverfahren:	verrohrter Bohrpfahl

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	7
Prüfdatum:	12.07.2017
Versuchsbeginn:	07:49 Uhr
Versuchsende:	23:03 Uhr
Wetterbedingungen:	7:00 Uhr: 24°C heiter
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:

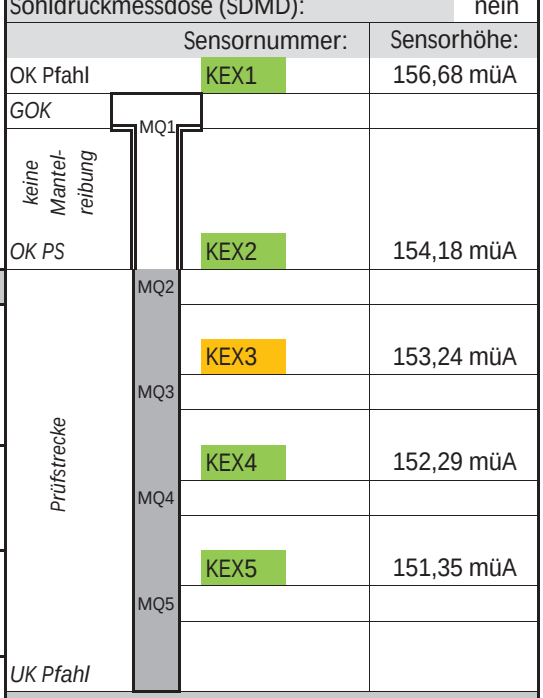
Pfahldurchmesser D=	640,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	321699,09	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,84	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,07	müA
OK Prüfstrecke (PS):	154,21	müA
UK Pfahl:	150,07	müA
Länge ohne Mantelreibung:	2,63	m
Länge Prüfstrecke:	4,14	m
Pfahllänge:	6,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30/BS-TB1/GK16**	
Zement:	-	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	27,33	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	-	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	nein
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein



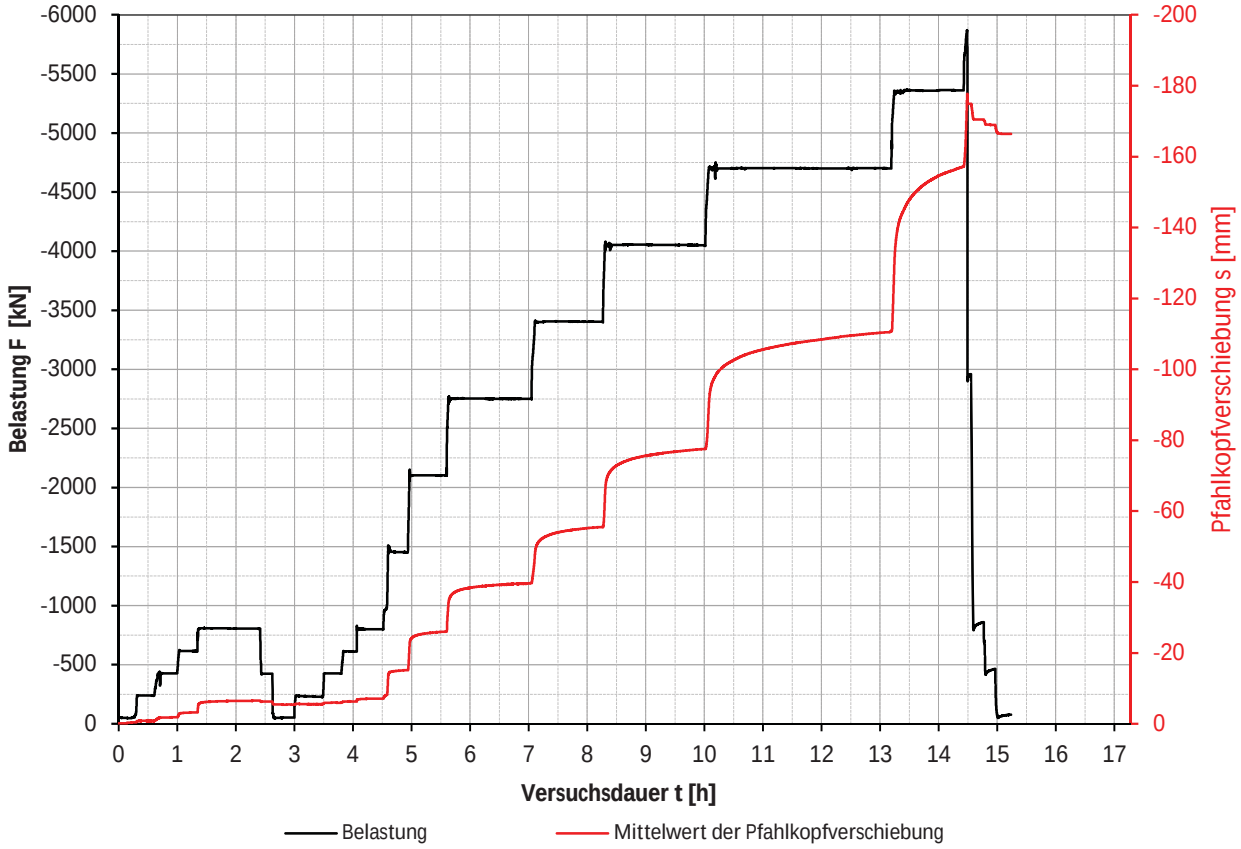
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

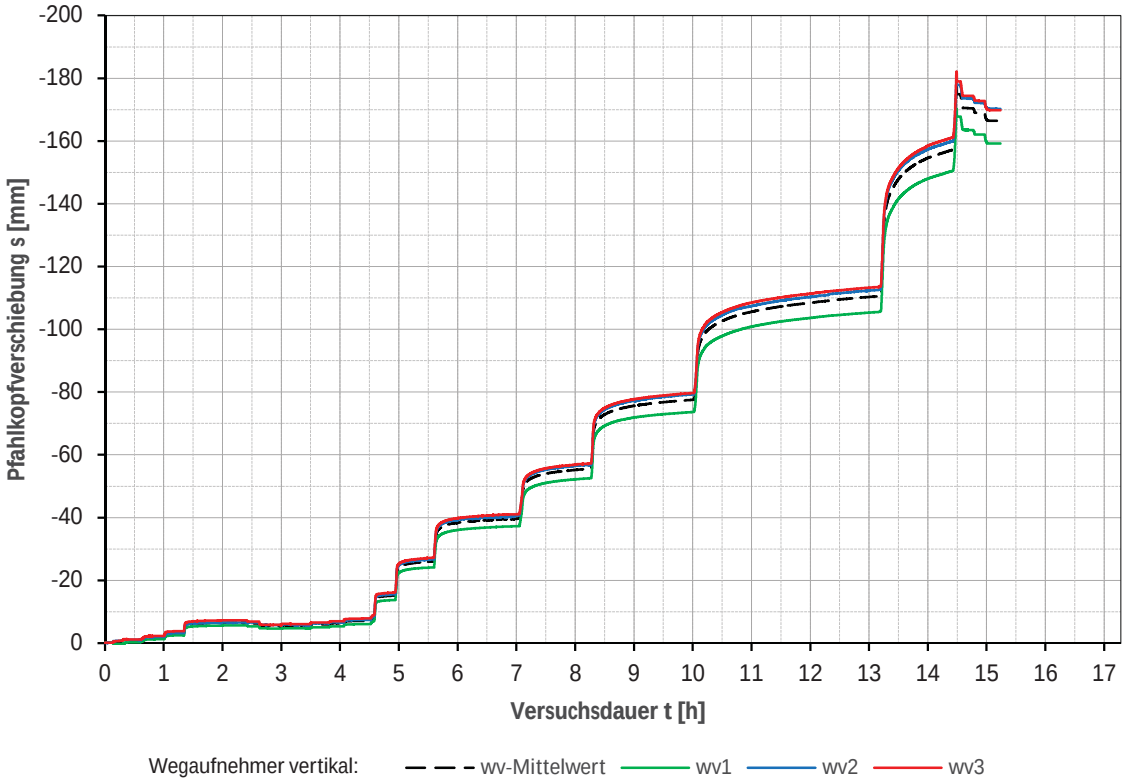
Anmerkungen:

Längskraftverlauf:
-Die Werte im MQ3 wurden zwischen MQ2 und MQ4 interpoliert.

Prüfkörper: **B.K55 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K55 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K55 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

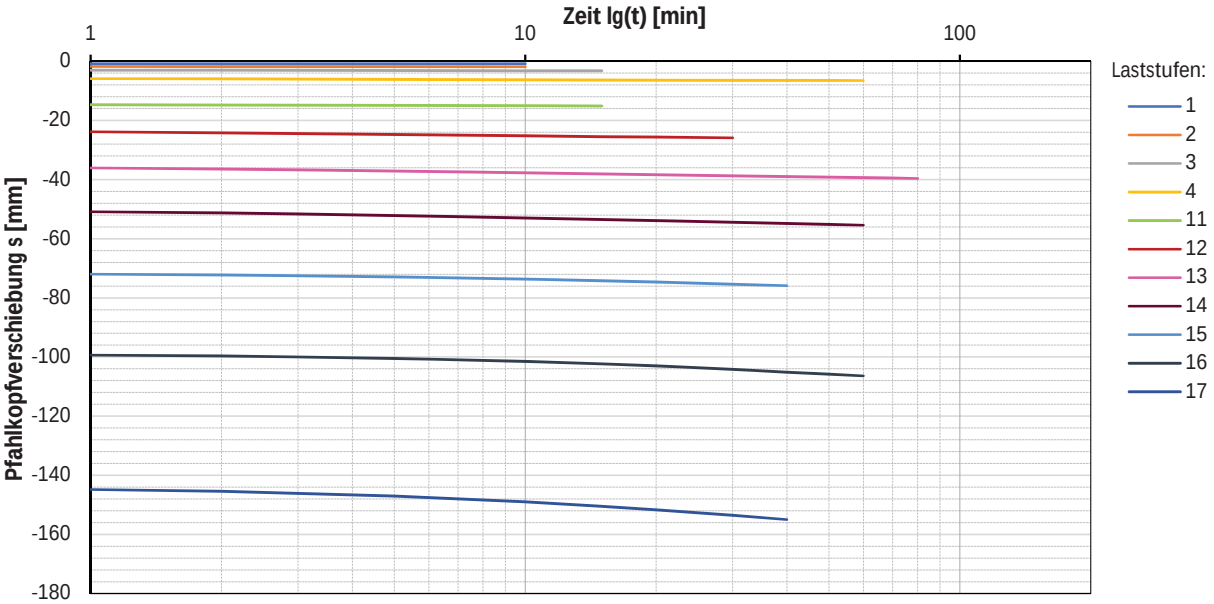
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y **[mm]**
0	07:49	08:05	-50	-53	-0,41																		
1	08:09	08:24	-238	-239	-0,81	-0,83	-0,83	-0,83	-0,82										2	10	-0,83	-0,82	**0,02**
2	08:32	08:47	-425	-427	-1,83	-1,77	-1,77	-1,79	-1,81										2	10	-1,77	-1,81	**-0,06**
3	08:51	09:07	-613	-615	-3,19	-2,97	-3,02	-3,09	-3,16	-3,18									5	15	-3,09	-3,18	**-0,19**
4	09:11	10:12	-800	-805	-6,51	-5,86	-5,95	-6,10	-6,23	-6,29	-6,35	-6,42	-6,52						40	60	-6,48	-6,52	**-0,21**
5	10:15	10:25	-425	-425	-6,28	-6,27	-6,26	-6,26															
6	10:29	10:44	-50	-52	-5,44	-5,48	-5,47	-5,45	-5,39														
7	10:50	11:15	-238	-229	-5,50	-5,62	-5,62	-5,60	-5,57	-5,48	-5,54								10	20	-5,57	-5,54	**0,09**
8	11:19	11:35	-425	-426	-5,95	-5,94	-5,94	-5,95	-5,99	-5,95									5	15	-5,95	-5,95	**0,01**
9	11:39	11:51	-613	-611	-6,32	-6,31	-6,31	-6,32	-6,32										2	10	-6,31	-6,32	**-0,01**
10	11:53	12:18	-800	-800	-7,12	-6,90	-6,93	-6,99	-7,05	-7,08	-7,11								10	20	-7,05	-7,11	**-0,18**
11	12:27	12:43	-1450	-1451	-15,12	-14,69	-14,75	-14,87	-15,00	-15,10									5	15	-14,87	-15,10	**-0,47**
12	12:47	13:23	-2100	-2102	-25,99	-23,78	-24,17	-24,75	-25,19	-25,44	-25,62	-25,88							15	30	-25,44	-25,88	**-1,46**
13	13:28	14:50	-2750	-2751	-39,63	-36,07	-36,44	-37,11	-37,72	-38,10	-38,34	-38,73	-39,36						60	80	-39,36	-39,63	**-2,17**
14	14:57	16:04	-3400	-3403	-55,52	-50,86	-51,29	-52,13	-52,93	-53,49	-53,88	-54,43	-55,39						40	60	-54,82	-55,39	**-3,22**
15	16:14	17:49	-4050	-4050	-77,53	-71,99	-72,24	-72,87	-73,62	-74,19	-74,66	-75,34	-76,63						70	90	-76,91	-77,43	**-4,82**
16	18:02	20:56	-4700	-4701	-110,47	-99,35	-99,67	-100,46	-101,51	-102,30	-103,04	-104,23	-106,40	-108,91	-109,88	-110,15	-110,38		140	170	-109,59	-110,38	**-9,29**
17	21:12	22:12	-5350	-5361	-156,99	-144,82	-145,43	-147,01	-148,97	-150,47	-151,71	-153,57							30	50	-153,57	-156,00	**-10,93**
18	22:15	22:18	-6000	-5863	-175,35	-160,67	-166,89																
20	22:25	22:35	-800	-860	-170,46	-170,50	-170,50	-170,49															
21	22:37	22:45	-425	-461	-168,98	-169,02	-169,00	-168,99															
22	22:47	23:03	-50	-78	-166,41	-167,48	-166,85	-166,47	-166,43	-166,42													

Prüfkörper: **B.K55**

Zeitverformung

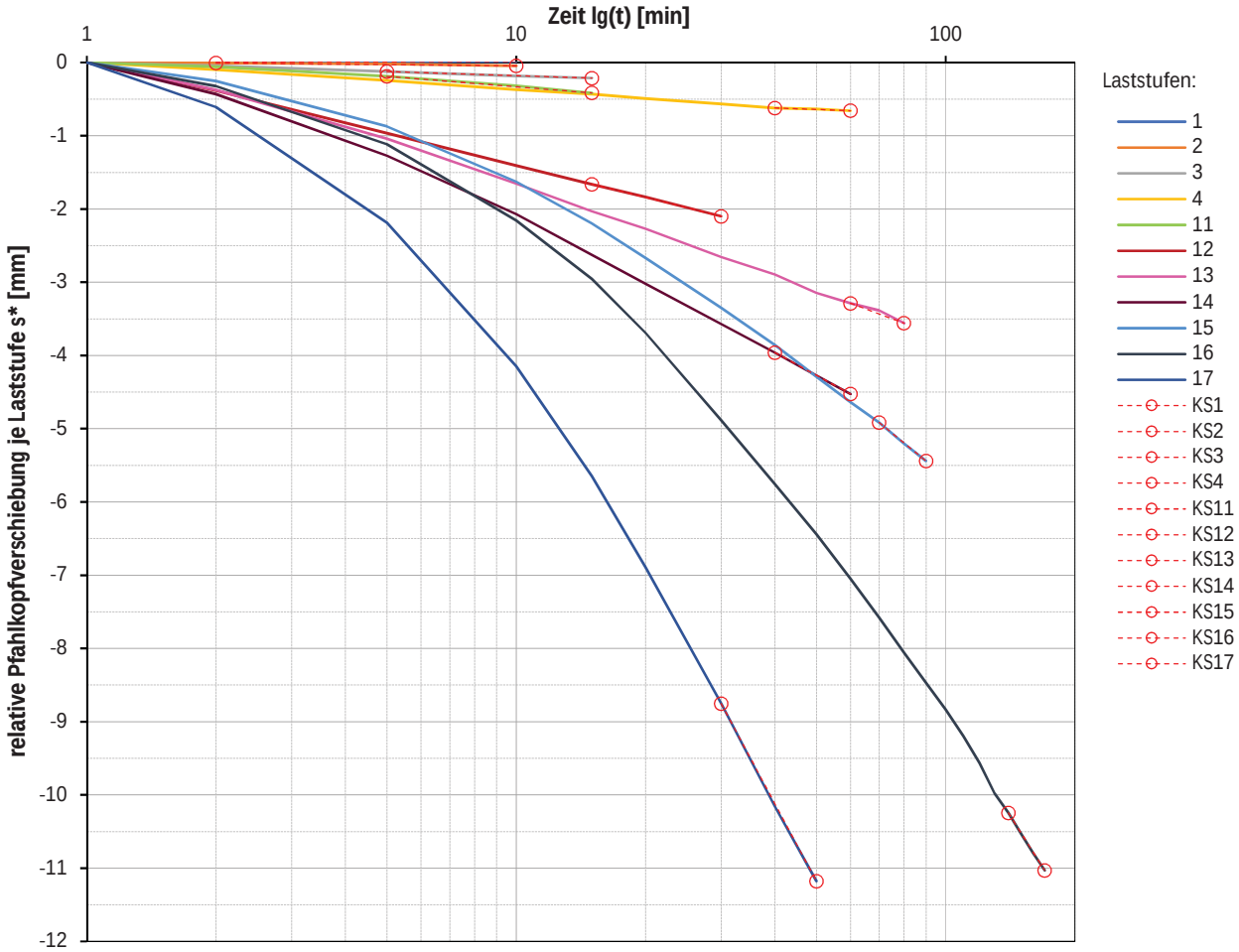
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K55**

relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

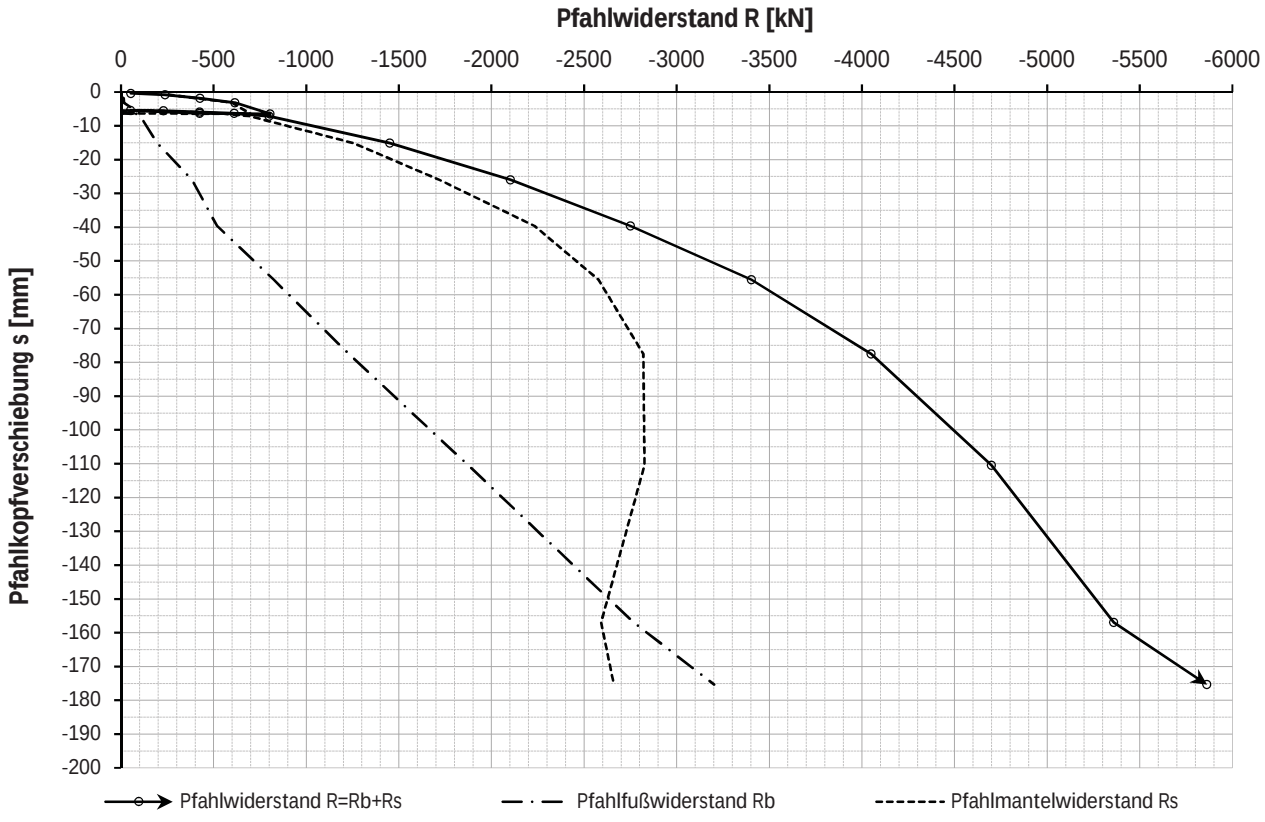


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.K55**

Widerstands-Verschiebungslinie

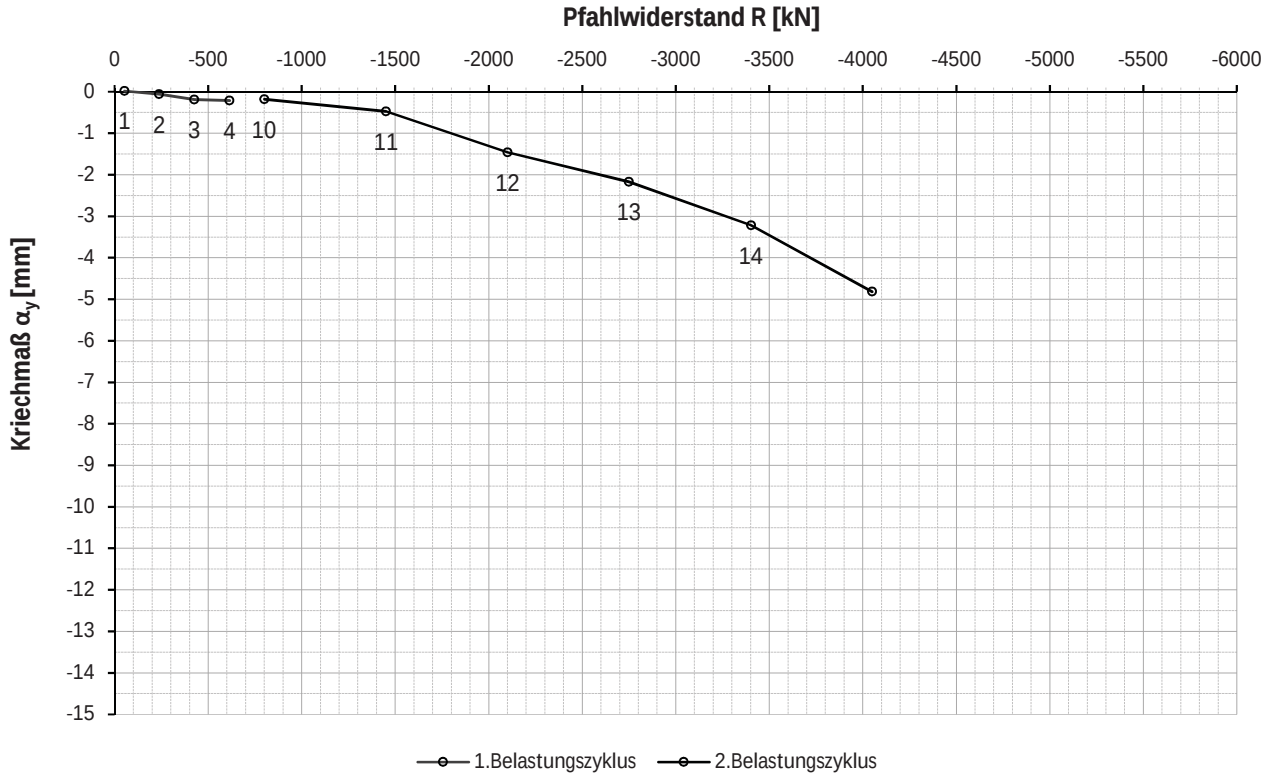
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K55**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K55 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän - Druck)**

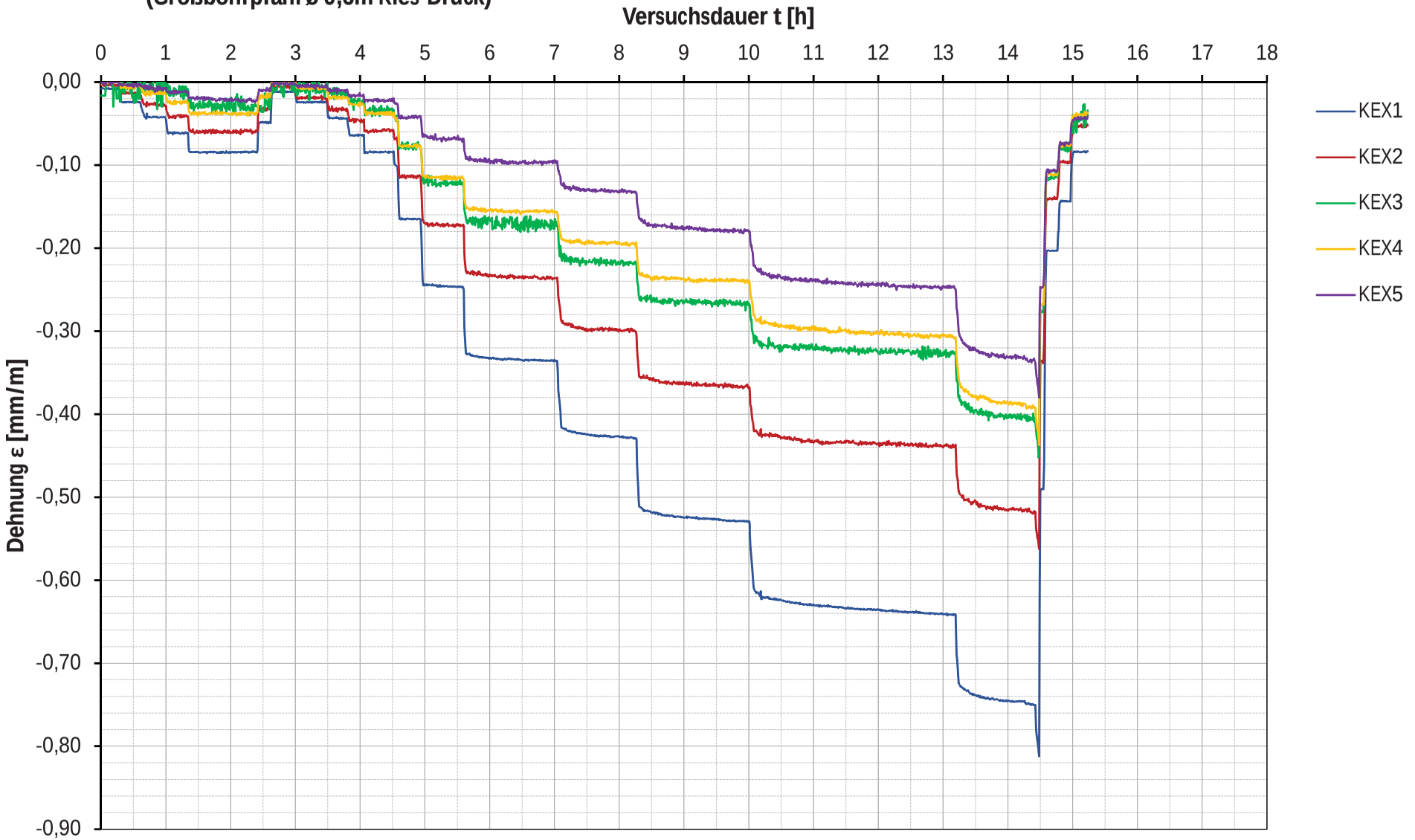
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}^{*}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,43 m	H: 153,71 m	H: 152,77 m	H: 151,82 m	H: 150,88 m	H: 155,43 m	H: 153,71 m	H: 152,77 m	H: 151,82 m	H: 150,88 m
1	08:24	-239	-0,0243	-0,0145	-0,0202	-0,0045	-0,0020	-0,0243	-0,0145	-0,0202	-0,0045	-0,0020
2	08:47	-427	-0,0418	-0,0260	0,0087	-0,0109	-0,0071	-0,0418	-0,0260	0,0087	-0,0109	-0,0071
3	09:07	-615	-0,0604	-0,0402	-0,0143	-0,0248	-0,0104	-0,0604	-0,0402	-0,0143	-0,0248	-0,0104
4	10:12	-805	-0,0845	-0,0605	-0,0266	-0,0384	-0,0222	-0,0845	-0,0605	-0,0266	-0,0384	-0,0222
5	10:25	-425	-0,0482	-0,0321	-0,0330	-0,0172	-0,0092	-0,0482	-0,0321	-0,0330	-0,0172	-0,0092
6	10:44	-52	-0,0117	-0,0056	0,0274	0,0029	-0,0020	-0,0117	-0,0056	0,0274	0,0029	-0,0020
7	11:15	-229	-0,0246	-0,0195	-0,0103	-0,0066	-0,0064	-0,0246	-0,0195	-0,0103	-0,0066	-0,0064
8	11:35	-426	-0,0440	-0,0332	-0,0128	-0,0194	-0,0118	-0,0440	-0,0332	-0,0128	-0,0194	-0,0118
9	11:51	-611	-0,0648	-0,0464	-0,0245	-0,0258	-0,0168	-0,0648	-0,0464	-0,0245	-0,0258	-0,0168
10	12:18	-800	-0,0841	-0,0577	-0,0387	-0,0392	-0,0215	-0,0841	-0,0577	-0,0387	-0,0392	-0,0215
11	12:43	-1451	-0,1649	-0,1130	-0,0772	-0,0776	-0,0412	-0,1649	-0,1130	-0,0772	-0,0776	-0,0412
12	13:23	-2102	-0,2474	-0,1728	-0,1233	-0,1158	-0,0695	-0,2474	-0,1728	-0,1233	-0,1158	-0,0695
13	14:50	-2751	-0,3359	-0,2361	-0,1716	-0,1565	-0,0946	-0,3359	-0,2361	-0,1716	-0,1565	-0,0946
14	16:04	-3403	-0,4291	-0,3000	-0,2160	-0,1974	-0,1332	-0,4291	-0,3000	-0,2160	-0,1974	-0,1332
15	17:49	-4050	-0,5288	-0,3693	-0,2694	-0,2398	-0,1807	-0,5288	-0,3693	-0,2694	-0,2398	-0,1807
16	20:56	-4701	-0,6416	-0,4405	-0,3253	-0,3042	-0,2472	-0,6416	-0,4405	-0,3253	-0,3042	-0,2472
17	22:12	-5361	-0,7492	-0,5197	-0,4063	-0,3892	-0,3351	-0,7492	-0,5197	-0,4063	-0,3892	-0,3351
18	22:18	-5863	-0,8123	-0,5624	-0,4476	-0,4371	-0,3801	-0,8123	-0,5624	-0,4476	-0,4371	-0,3801
20	22:35	-860	-0,2028	-0,1379	-0,1143	-0,1085	-0,1075	-0,2028	-0,1379	-0,1143	-0,1085	-0,1075
21	22:45	-461	-0,1438	-0,0978	-0,0779	-0,0754	-0,0745	-0,1438	-0,0978	-0,0779	-0,0754	-0,0745
22	23:03	-78	-0,0834	-0,0524	-0,0341	-0,0372	-0,0419	-0,0834	-0,0524	-0,0341	-0,0372	-0,0419

Prüfkörper: **B.K55**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Messwerte Kettenextensometer

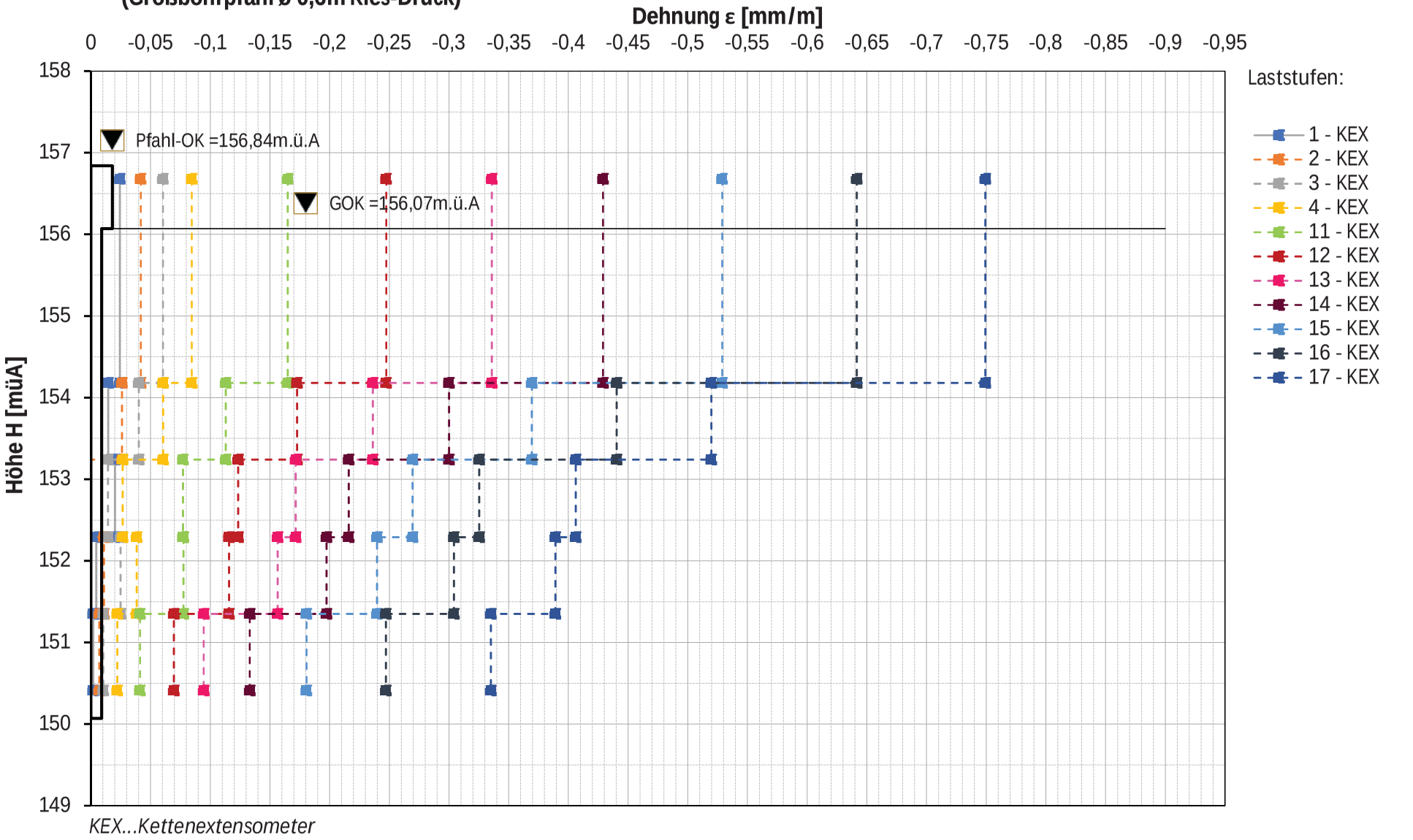


KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.K55**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



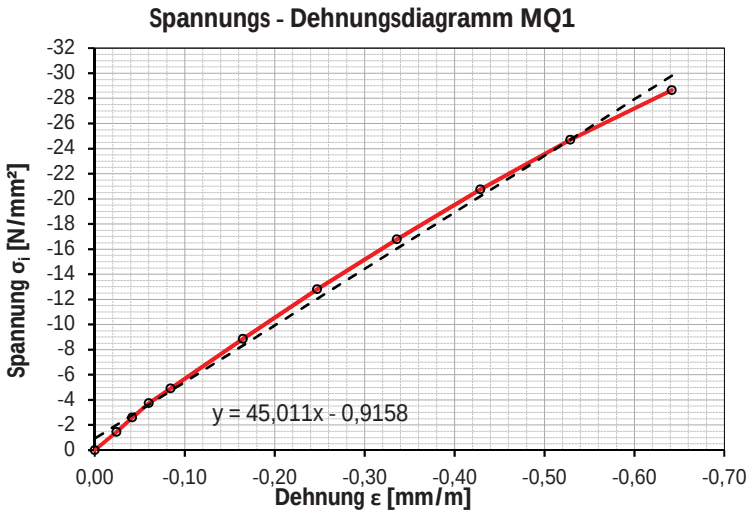
KEX...Kettenextensometer

Prüfkörper: **B.K55 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	KEX1 ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-238,64	-1,45	-0,0243
2	-426,92	-2,60	-0,0418
3	-615,05	-3,75	-0,06038
4	-805,02	-4,91	-0,08454
11	-1451,14	-8,85	-0,16491
12	-2102,07	-12,82	-0,24742
13	-2750,53	-16,77	-0,33586
14	-3403,37	-20,75	-0,42905
15	-4050,12	-24,69	-0,52884
16	-4700,70	-28,66	-0,64159

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	45,01 N/mm²
Querschnittsnummer:	8
E-Modul Beton E_c=	**27,33 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	457	156,07	154,21	0,00	8256,00	8712,88	147060,74
2	Prüfstrecke	640	154,21	150,07	0,00	8256,00	0,00	313443,09
8	mittel KEX1	457	156,68	154,18	0,00	7577,33	8712,88	147739,41
9	mittel KEX2	640	154,18	153,24	0,00	8256,00	492,88	312950,20
10	mittel KEX3	640	153,24	152,29	0,00	7596,91	492,88	313609,29
11	mittel KEX4	640	152,29	151,35	0,00	6372,00	492,88	314834,20
12	mittel KEX5	640	151,35	150,41	0,00	6372,00	492,88	314834,20

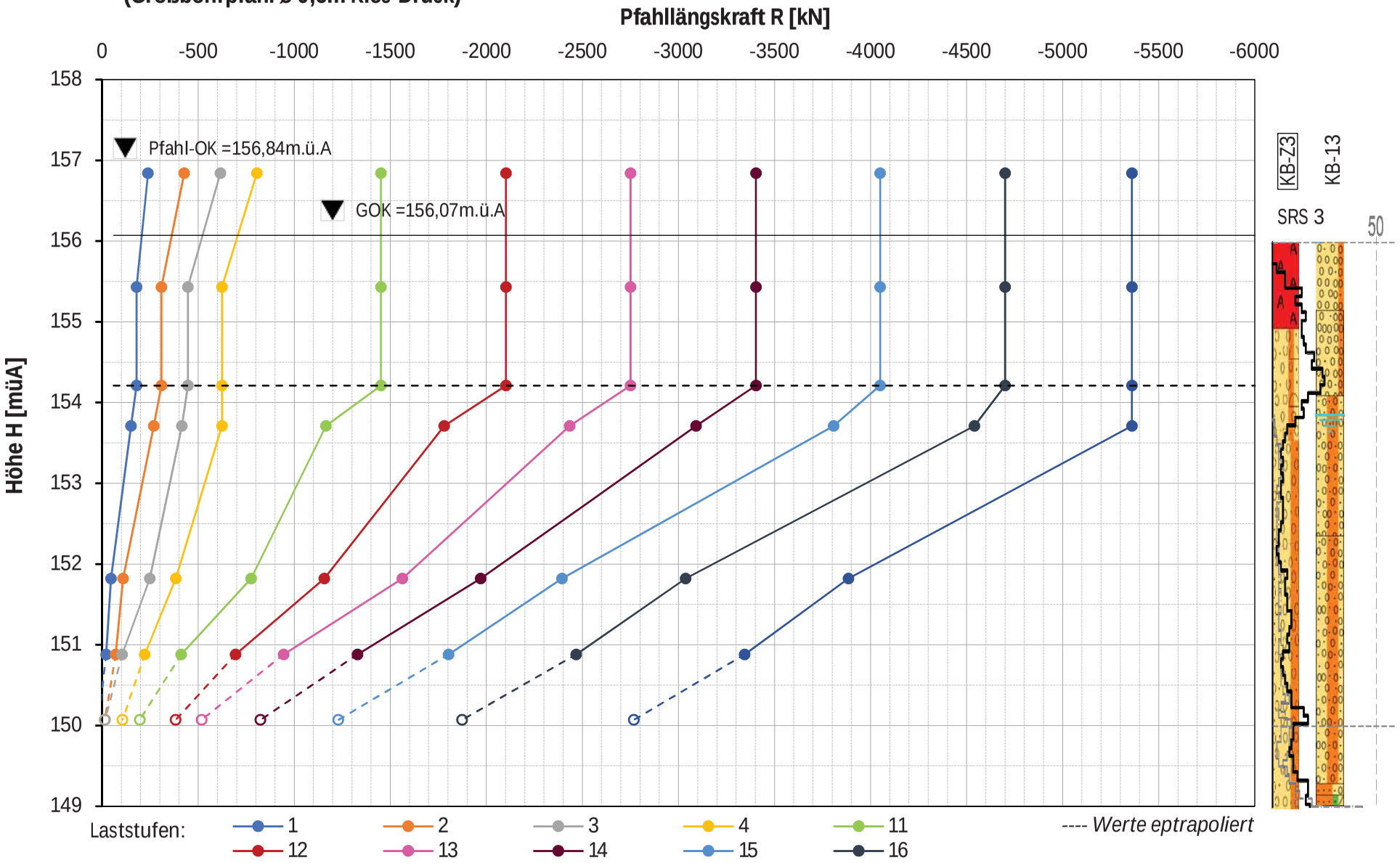
Prüfkörper: **B.K55 (Großbohrpfahl ø 0,9m Miozän - Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN]	$F_{m,MQ1}$ [kN]	$F_{m,OK-PS}$ [kN]	$F_{m,MQ2}$ [kN]	$F_{m,MQ3}$ [kN]	$F_{m,MQ4}$ [kN]	$F_{m,MQ5}$ [kN]	$R_{b,m}$ [kN]	$R_{s,m}$ [kN]
		H: 156,84 m	H: 155,43 m	H: 154,21 m	H: 153,71 m	H: 152,77 m	H: 151,82 m	H: 150,88 m	H: 150,07 m	
1	0	-239	-179	-179	-150		-45	-20	17	-256
2	0	-427	-309	-309	-268		-109	-71	-14	-413
3	0	-615	-446	-446	-415		-248	-104	-15	-600
4	0	-805	-624	-624	-624		-384	-221	-106	-699
7	0	-229	-229	-229	-201		-66	-64	-25	-204
8	0	-426	-426	-426	-342		-194	-118	-54	-372
9	0	-611	-611	-611	-479		-258	-167	-78	-533
10	1	-800	-800	-800	-595		-392	-215	-106	-694
11	1	-1.451	-1.451	-1.451	-1.165		-775	-412	-196	-1.255
12	1	-2.102	-2.102	-2.102	-1.781		-1.156	-694	-383	-1.719
13	1	-2.751	-2.751	-2.751	-2.434		-1.563	-944	-518	-2.233
14	1	-3.403	-3.403	-3.403	-3.092		-1.971	-1.329	-825	-2.579
15	1	-4.050	-4.050	-4.050	-3.807		-2.394	-1.804	-1.230	-2.820
16	1	-4.701	-4.701	-4.701	-4.540		-3.037	-2.468	-1.874	-2.826
17	1	-5.361	-5.361	-5.361	-5.361		-3.885	-3.345	-2.768	-2.592

Prüfkörper: **B.K55**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe



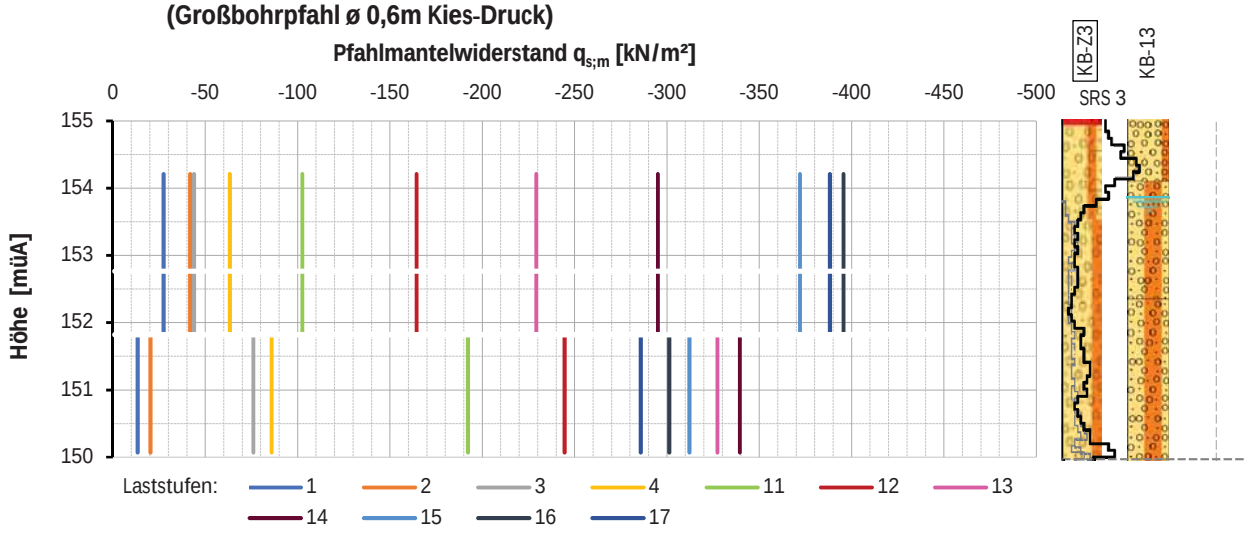
Prüfkörper: **B.K55** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

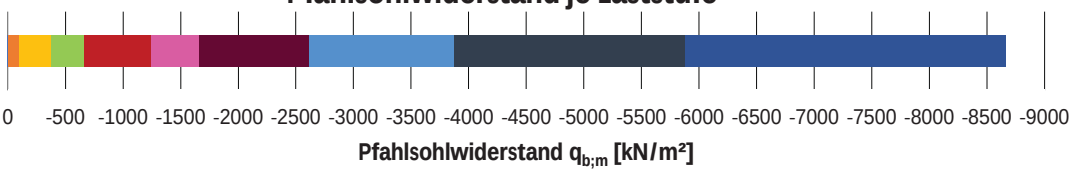
Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,64 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-238,64	-0,81	-0,0013	-27	-27	-13	-23	53
2	-426,92	-1,83	-0,0029	-42	-42	-20	-35	-44
3	-615,05	-3,19	-0,0050	-44	-44	-76	-55	-47
4	-805,02	-6,51	-0,0102	-63	-63	-86	-71	-330
5	-424,76	-6,28	-0,0098					
6	-52,12	-5,44	-0,0085					
7	-228,95	-5,50	-0,0086	-36	-36	-1	-24	-78
8	-425,85	-5,95	-0,0093	-39	-39	-40	-39	-168
9	-611,27	-6,32	-0,0099	-58	-58	-48	-55	-243
10	-800,41	-7,12	-0,0111	-53	-53	-94	-67	-330
11	-1451,14	-15,12	-0,0236	-103	-103	-192	-132	-609
12	-2102,07	-25,99	-0,0406	-164	-164	-245	-191	-1.190
13	-2750,53	-39,63	-0,0619	-229	-229	-327	-262	-1.609
14	-3403,37	-55,52	-0,0868	-295	-295	-339	-310	-2.564
15	-4050,12	-77,53	-0,1211	-372	-372	-312	-352	-3.823
16	-4700,70	-110,47	-0,1726	-396	-396	-301	-364	-5.827
17	-5360,51	-156,99	-0,2453	-388	-388	-286	-354	-8.605
18	-5863,24	-175,35	-0,2740					
20	-860,28	-170,46	-0,2663					
21	-460,85	-168,98	-0,2640					
22	-78,19	-166,41	-0,2600					

Prüfkörper: **B.K55** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Pfahlsohlwiderstand je Laststufe



Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

VERSUCHSAUSWERTUNG

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **05.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.K1**
Prüffeld:	1
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Kies
Herstellungsverfahren:	verrohrter Bohrpfahl

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	3
Prüfdatum:	22.06.2017
Versuchsbeginn:	07:04 Uhr
Versuchsende:	18:16 Uhr
Wetterbedingungen:	sonnig heiß
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:

Pfahldurchmesser D=	640,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	321699,09	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,83	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,03	müA
OK Prüfstrecke (PS):	154,17	müA
UK Pfahl:	150,03	müA
Länge ohne Mantelreibung:	2,66	m
Länge Prüfstrecke:	4,14	m
Pfahllänge:	6,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30/BS-TB1/GK16**	
Zement:	**CEM II / B-S**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	27,71	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	nein
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein

		Sensornummer:	Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1	156,76 müA
GOK	MQ1		
keine Mantelreibung			
OK PS		KEX2	154,23 müA
Prüfstrecke	MQ2		
		KEX3	153,19 müA
	MQ3		
		KEX4	152,16 müA
	MQ4		
		KEX5	151,14 müA
	MQ5		
UK Pfahl			

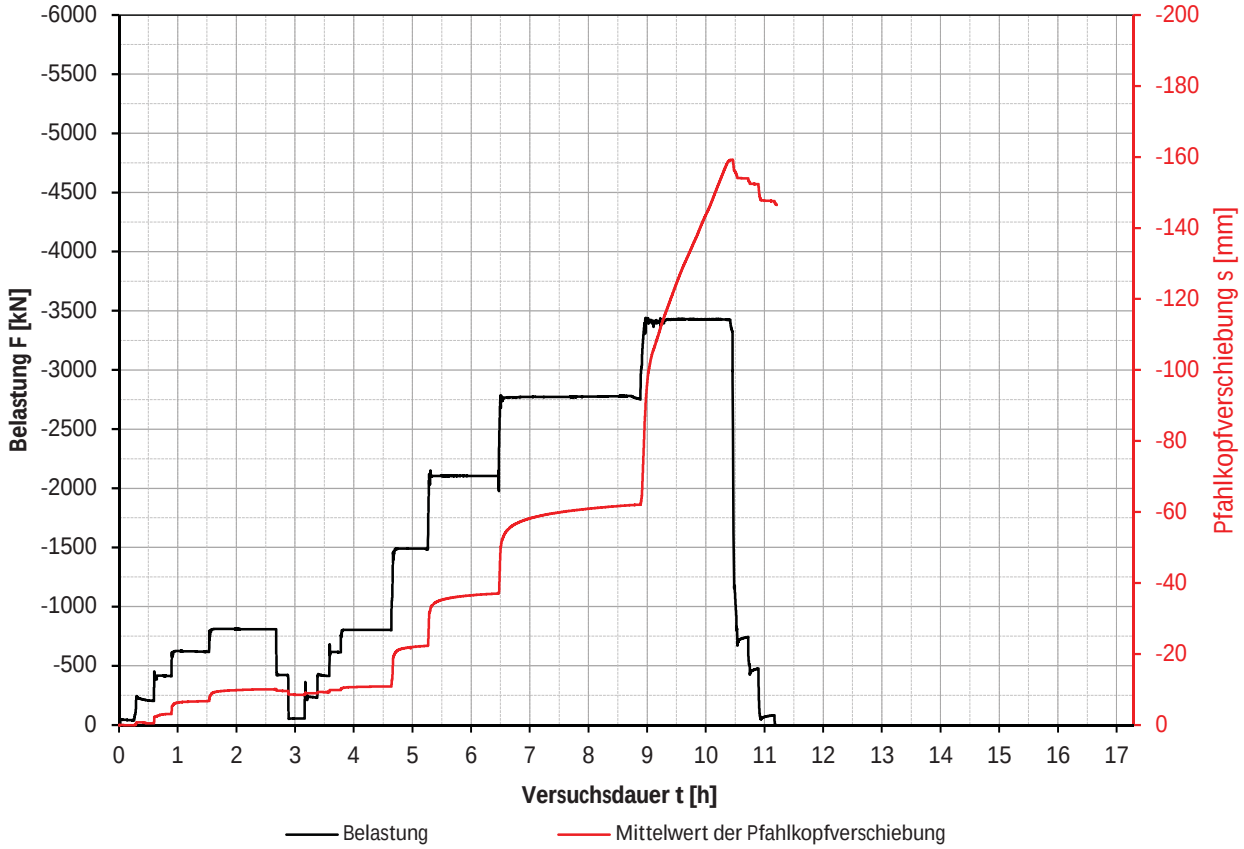
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

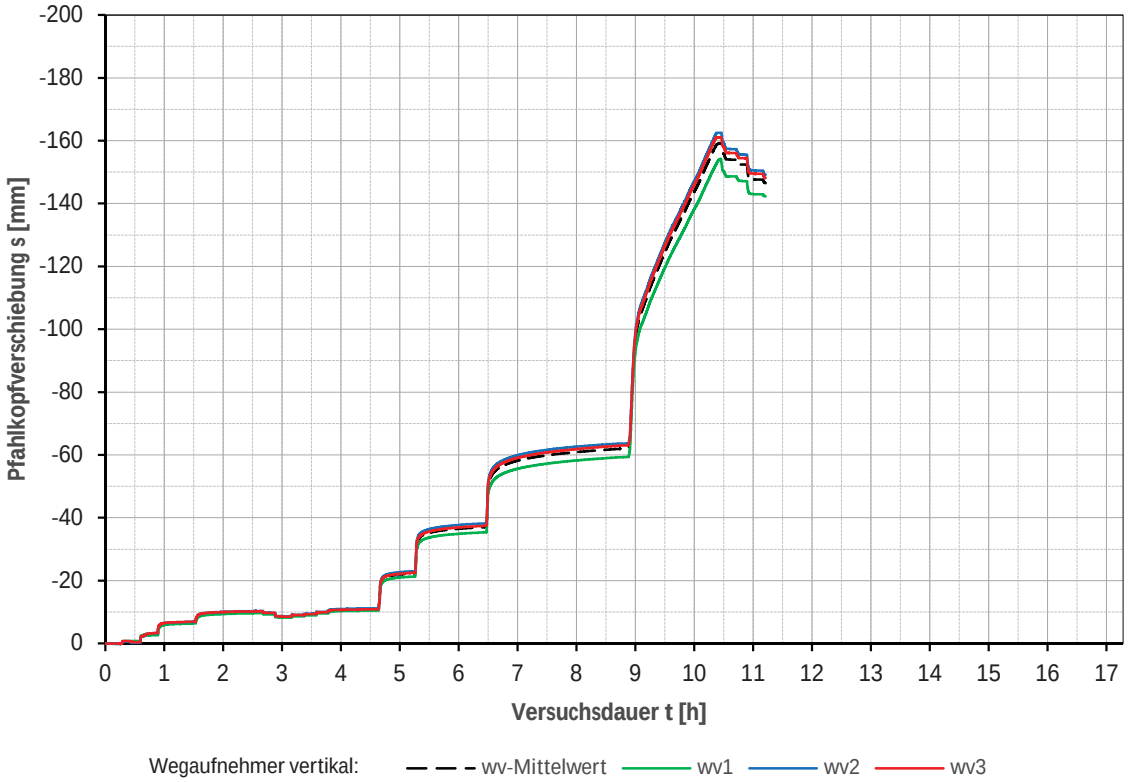
Anmerkungen:

Längskraftverlauf:
-Im MQ 2 wurden die Werte im Bereich LS1-4 zwischen MQ1 und MQ5 interpoliert.
-Im MQ3 und 4 werden die Werte zwischen MQ2 und MQ5 interpoliert.

Prüfkörper: **B.K1** **Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K1** **Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K1** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

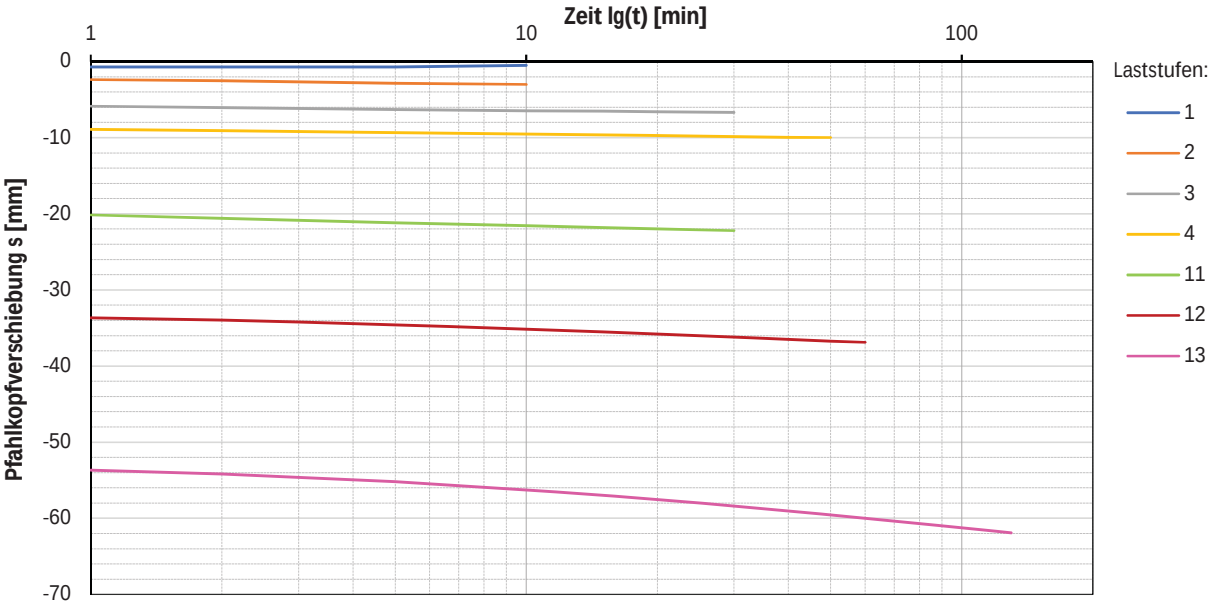
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y **[mm]**
0	07:04	07:19	-50	-39	0,08																		
1	07:22	07:35	-238	-207	-0,46	-0,71	-0,71	-0,69	-0,50										2	10	-0,71	-0,50	**0,31**
2	07:41	07:56	-425	-414	-3,09	-2,37	-2,52	-2,84	-3,01										2	10	-2,52	-3,01	**-0,71**
3	07:59	08:34	-613	-618	-6,71	-5,86	-6,05	-6,29	-6,46	-6,53	-6,59	-6,68							15	30	-6,53	-6,68	**-0,51**
4	08:38	09:38	-800	-808	-10,04	-8,90	-9,07	-9,33	-9,52	-9,64	-9,72	-9,86							30	50	-9,86	-9,99	**-0,58**
5	09:45	09:55	-425	-421	-9,59	-9,63	-9,62	-9,62															
6	09:58	10:13	-50	-54	-8,46	-8,57	-8,56	-8,53	-8,46														
7	10:16	10:26	-238	-231	-8,90	-8,93	-8,93	-8,93											1	5	-8,93	-8,93	**-0,01**
8	10:28	10:38	-425	-414	-9,24	-9,25	-9,25	-9,24											1	5	-9,25	-9,24	**0,01**
9	10:40	10:50	-613	-614	-9,85	-9,83	-9,83	-9,84											1	5	-9,83	-9,84	**-0,01**
10	10:53	11:23	-800	-803	-10,79	-10,50	-10,54	-10,60	-10,66	-10,69	-10,72								10	20	-10,66	-10,72	**-0,22**
11	11:45	12:16	-1450	-1490	-22,23	-20,16	-20,60	-21,16	-21,58	-21,80	-21,98	-22,21							15	30	-21,80	-22,21	**-1,34**
12	12:23	13:30	-2100	-2104	-36,99	-33,66	-33,97	-34,57	-35,15	-35,51	-35,80	-36,20	-36,89						40	60	-36,48	-36,89	**-2,32**
13	13:37	15:54	-2750	-2759	-61,99	-53,68	-54,16	-55,18	-56,26	-56,97	-57,55	-58,40	-60,00	-61,71					100	130	-61,25	-61,92	**-5,83**
14	16:25	17:25	-3400	-3426	-157,76	-118,43	-119,18	-121,42	-125,14	-128,61	-131,70	-137,85											
20	17:37	17:45	-800	-739	-153,99	-154,03	-154,03	-153,98															
21	17:47	17:57	-425	-475	-152,38	-153,21	-152,67	-152,41															
22	18:00	18:14	-50	-82	-147,59	-147,81	-147,76	-147,68	-147,62														

Prüfkörper: **B.K1**

Zeitverformung

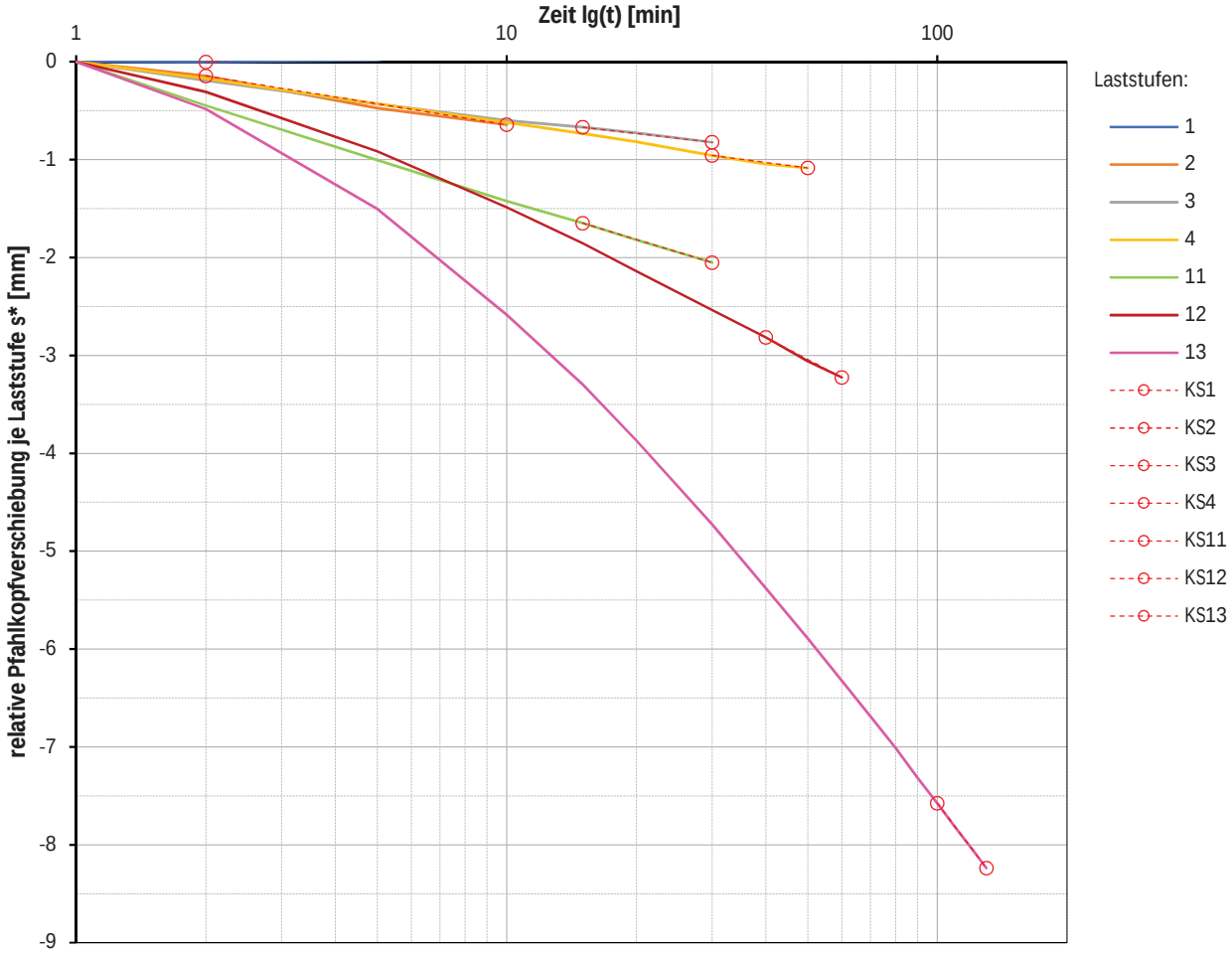
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K1**

relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

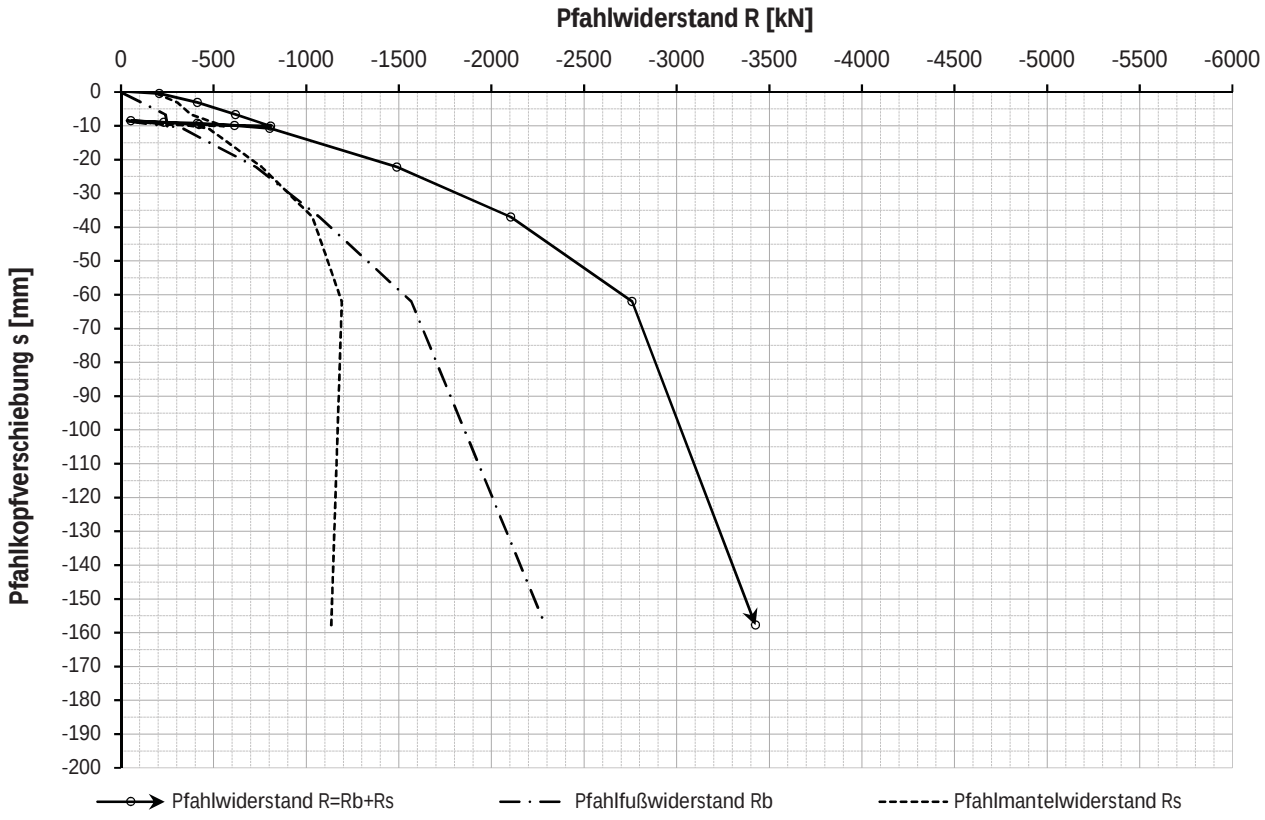


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.K1**

Widerstands-Verschiebungslinie

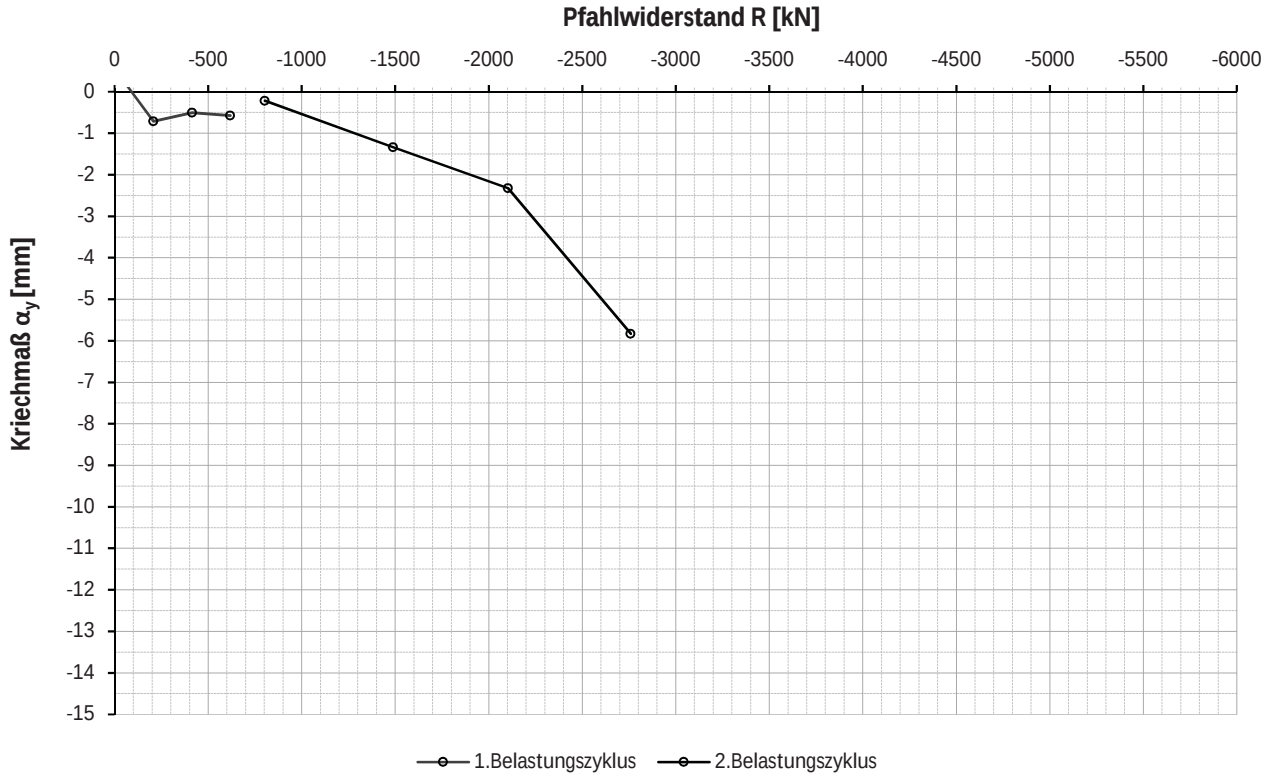
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K1**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K1** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,50 m	H: 153,71 m	H: 152,68 m	H: 151,65 m	H: 150,76 m	H: 155,50 m	H: 153,71 m	H: 152,68 m	H: 151,65 m	H: 150,76 m
1	07:35	-207	-0,0271	-0,0009	0,3825	-0,0108	-0,0048	-0,0271	-0,0009	0,3825	-0,0108	-0,0048
2	07:56	-414	-0,0494	-0,0216	0,4048	-0,0294	-0,0156	-0,0494	-0,0216	0,4048	-0,0294	-0,0156
3	08:34	-618	-0,0744	-0,0380	0,3904	-0,0565	-0,0295	-0,0744	-0,0380	0,3904	-0,0565	-0,0295
4	09:38	-808	-0,0985	-0,0525	0,2094	-0,0787	-0,0336	-0,0985	-0,0525	0,2094	-0,0787	-0,0336
5	09:55	-421	-0,0559	-0,0356	0,1988	-0,0384	-0,0210	-0,0559	-0,0356	0,1988	-0,0384	-0,0210
6	10:13	-54	-0,0116	-0,0070	0,1150	-0,0081	-0,0032	-0,0116	-0,0070	0,1150	-0,0081	-0,0032
7	10:26	-231	-0,0294	-0,0189	0,4175	-0,0223	-0,0151	-0,0294	-0,0189	0,4175	-0,0223	-0,0151
8	10:38	-414	-0,0505	-0,0236	0,2354	-0,0436	-0,0195	-0,0505	-0,0236	0,2354	-0,0436	-0,0195
9	10:50	-614	-0,0738	-0,0438	0,1108	-0,0594	-0,0285	-0,0738	-0,0438	0,1108	-0,0594	-0,0285
10	11:23	-803	-0,0960	-0,0545	0,3676	-0,0809	-0,0375	-0,0960	-0,0545	0,3676	-0,0809	-0,0375
11	12:16	-1490	-0,1831	-0,1207	-0,1541	-0,1271	-0,0827	-0,1831	-0,1207	-0,1541	-0,1271	-0,0827
12	13:30	-2104	-0,2647	-0,1833	0,0129	-0,1727	-0,1227	-0,2647	-0,1833	0,0129	-0,1727	-0,1227
13	15:54	-2759	-0,3563	-0,2556	-0,2328	-0,2224	-0,1770	-0,3563	-0,2556	-0,2328	-0,2224	-0,1770
14	17:25	-3426	-0,4458	-0,3292	-0,2884	-0,2916	-0,2495	-0,4458	-0,3292	-0,2884	-0,2916	-0,2495
20	17:45	-739	-0,1124	-0,0915	-0,0323	-0,0877	-0,0865	-0,1124	-0,0915	-0,0323	-0,0877	-0,0865
21	17:57	-475	-0,0766	-0,0661	0,1445	-0,0681	-0,0632	-0,0766	-0,0661	0,1445	-0,0681	-0,0632
22	18:14	-82	-0,0275	-0,0281	0,2049	-0,0308	-0,0303	-0,0275	-0,0281	0,2049	-0,0308	-0,0303

Prüfkörper: **B.K1**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

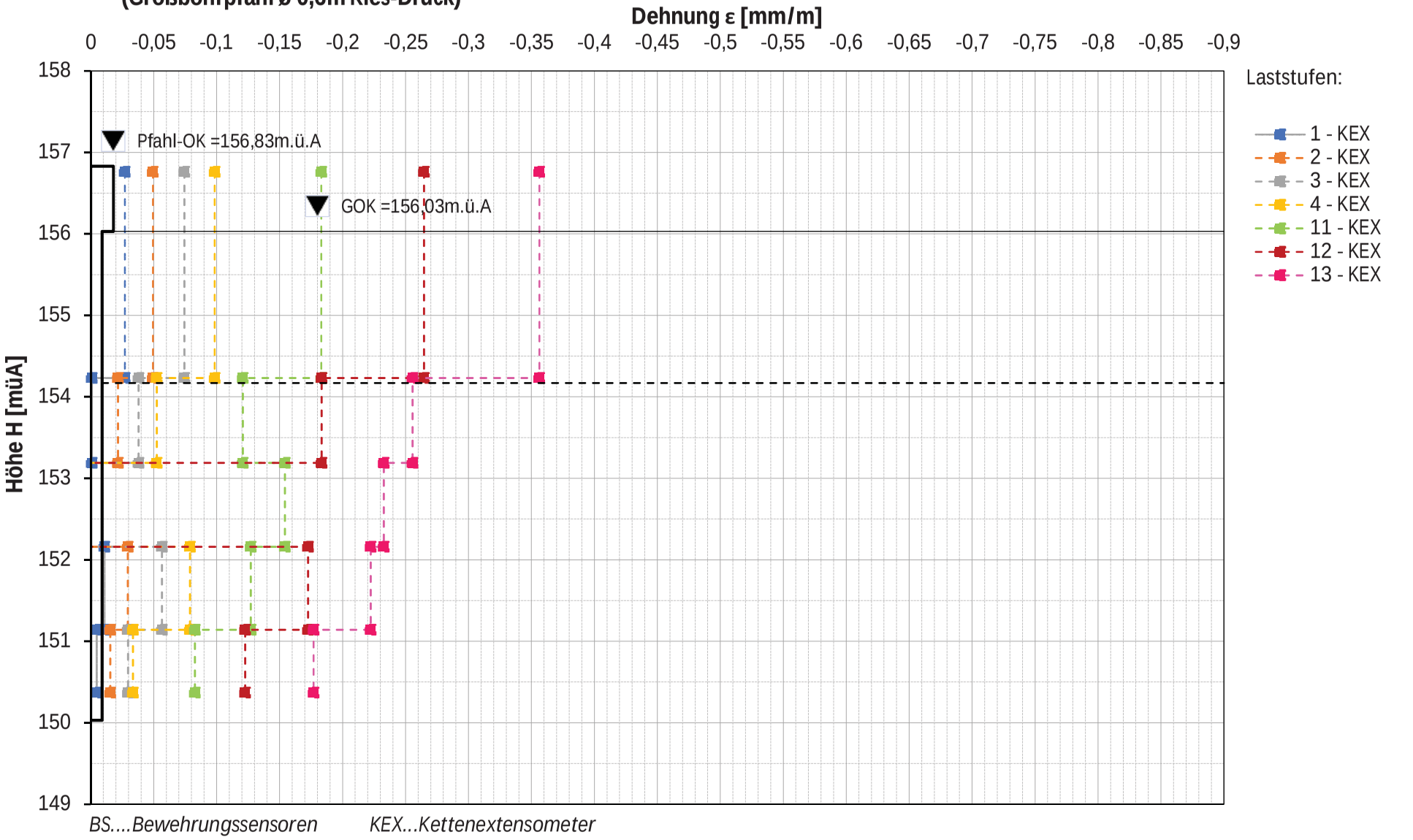
Messwerte Kettenextensometer

KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.K1**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.K1 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

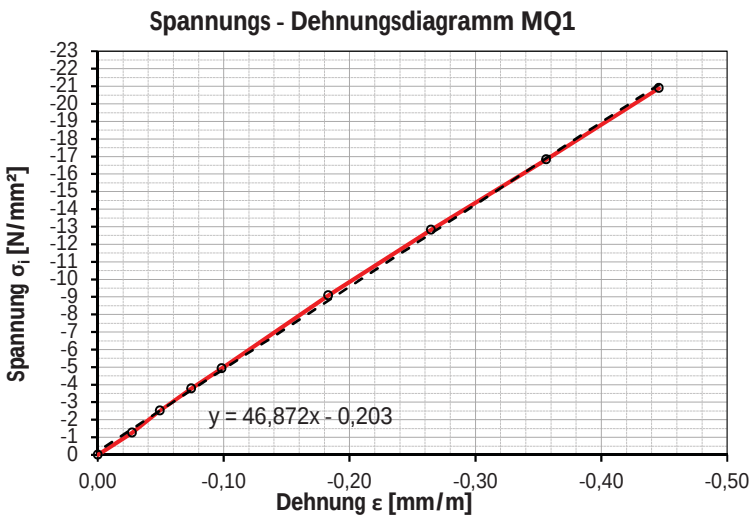
Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1

Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	KEX1 ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-206,65	-1,26	-0,02711
2	-413,74	-2,52	-0,04937
3	-618,37	-3,77	-0,07436
4	-807,94	-4,93	-0,09846
11	-1489,99	-9,08	-0,1831
12	-2103,81	-12,83	-0,26468
13	-2759,46	-16,82	-0,35632
14	-3426,01	-20,89	-0,44578

Berechnung

Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	46,87 N/mm²
Querschnittsnummer:	8
E-Modul Beton E_c=	**27,71 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	457	156,03	154,17	0,00	8284,00	9413,15	146332,47
2	Prüfstrecke	640	154,17	150,03	0,00	7323,13	492,88	313883,08
3	BS1	457	0	0	0,00	8256,11	9413,15	146360,36
4	BS2	640	0	0	0,00	8859,29	492,88	312346,91
5	BS3	640	0	0	0,00	8256,11	492,88	312950,09
6	BS4	640	0	0	0,00	6371,15	492,88	314835,05
7	BS5	640	0	0	0,00	6371,15	492,88	314835,05
8	mittel KEX1	457	156,76	154,23	0,00	8284,00	9413,15	146332,47
9	mittel KEX2	640	154,23	153,19	0,00	8763,04	492,88	312443,16
10	mittel KEX3	640	153,19	152,16	0,00	7782,29	492,88	313423,91
11	mittel KEX4	640	152,16	151,14	0,00	6371,15	492,88	314835,05
12	mittel KEX5	640	151,14	150,37	0,00	6371,15	492,88	314835,05

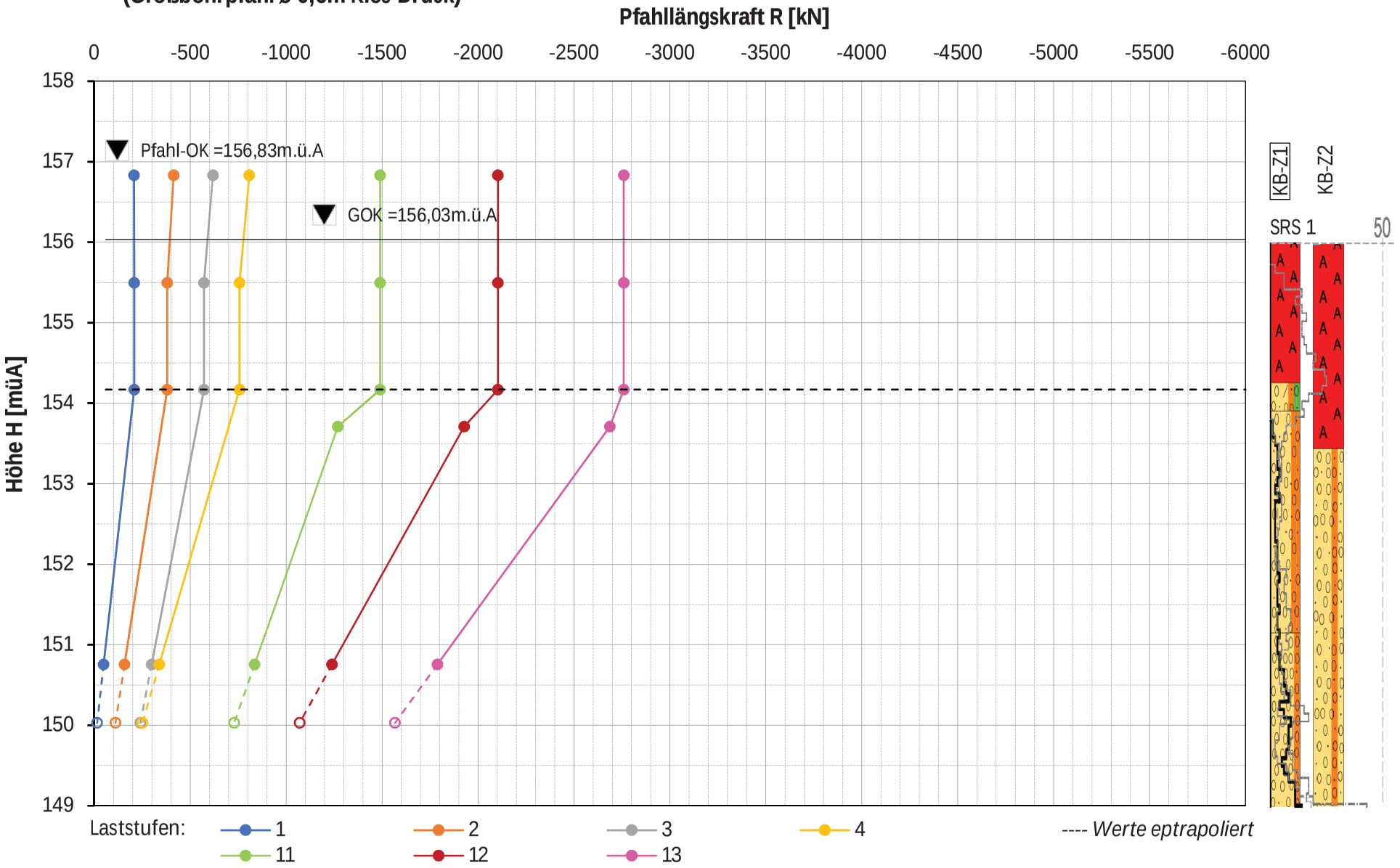
Prüfkörper: **B.K1** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskrafte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN]	$F_{m,MQ1}$ [kN]	$F_{m,OK-PS}$ [kN]	$F_{m,MQ2}$ [kN]	$F_{m,MQ3}$ [kN]	$F_{m,MQ4}$ [kN]	$F_{m,MQ5}$ [kN]	$R_{b,m}$ [kN]	$R_{s,m}$ [kN]
		H: 156,83 m	H: 155,50 m	H: 154,17 m	H: 153,71 m	H: 152,68 m	H: 151,65 m	H: 150,76 m	H: 150,03 m	
1	07:35	-207	-208	-208				-49	-15	-192
2	07:56	-414	-380	-380				-158	-110	-303
3	08:34	-618	-572	-572				-298	-240	-378
4	09:38	-808	-757	-757				-340	-251	-557
7	10:26	-231	-226	-226	-199			-152	-141	-90
8	10:38	-414	-388	-388	-248			-197	-184	-229
9	10:50	-614	-567	-567	-460			-288	-246	-368
10	11:23	-803	-738	-738	-573			-379	-331	-472
11	12:16	-1490	-1490	-1490	-1269			-836	-729	-761
12	13:30	-2104	-2104	-2104	-1927			-1239	-1071	-1033
13	15:54	-2759	-2759	-2759	-2687			-1788	-1568	-1192

Prüfkörper: **B.K1**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe



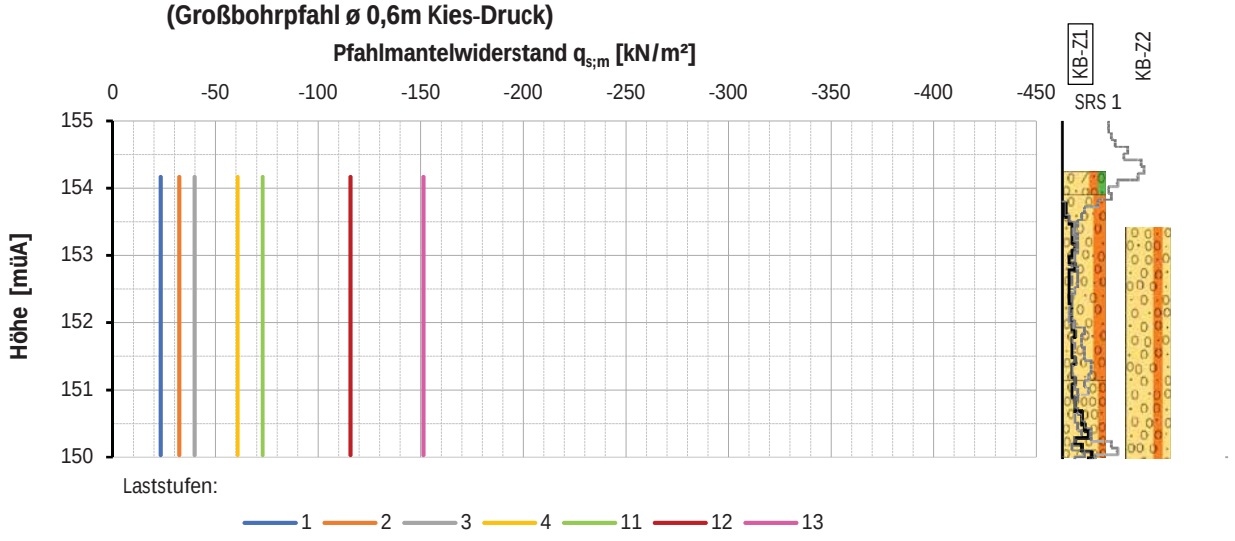
Prüfkörper: **B.K1** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

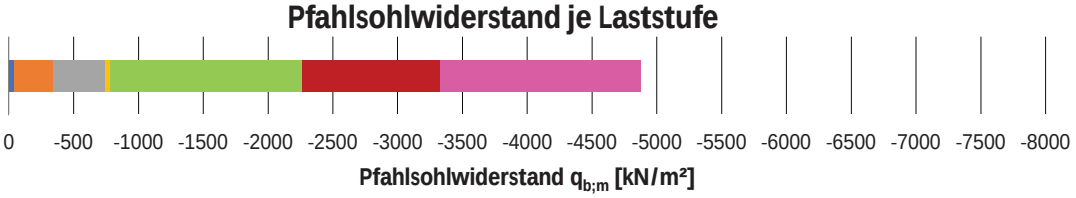
Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,64 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-206,65	-0,46	-0,0007	-23	-23	-23	-23	-46
2	-413,74	-3,09	-0,0048	-32	-32	-32	-32	-343
3	-618,37	-6,71	-0,0105	-40	-40	-40	-40	-748
4	-807,94	-10,04	-0,0157	-61	-61	-61	-61	-780
5	-421,31	-9,59	-0,0150					
6	-54,14	-8,46	-0,0132					
7	-231,41	-8,90	-0,0139	-8	-8	-8	-8	-438
8	-413,56	-9,24	-0,0144	-9	-9	-9	-9	-573
9	-613,59	-9,85	-0,0154	-29	-29	-29	-29	-763
10	-803,37	-10,79	-0,0169	-33	-33	-33	-33	-1.029
11	-1489,99	-22,23	-0,0347	-73	-73	-73	-73	-2.267
12	-2103,81	-36,99	-0,0578	-116	-116	-116	-116	-3.328
13	-2759,46	-61,99	-0,0969	-151	-151	-151	-151	-4.873
14	-3426,01	-157,76	-0,2465					
20	-739,29	-153,99	-0,2406					
21	-475,26	-152,38	-0,2381					
22	-82,30	-147,59	-0,2306					

Prüfkörper: **B.K1** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

VERSUCHSAUSWERTUNG

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **05.03.2019**

Allgemeine Angaben:	
Prüfkörper:	**B.K2**
Prüffeld:	1
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Kies
Herstellungsverfahren:	verrohrter Bohrpfahl

Versuchsdaten:	
Prüfung Nr.:	2
Prüfdatum:	19.06.2017
Versuchsbeginn:	08:12 Uhr
Versuchsende:	20:03 Uhr
Wetterbedingungen:	8:45h 23°C sonnig
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:		
Pfahldurchmesser D=	640,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	321699,09	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,78	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	155,98	müA
OK Prüfstrecke (PS):	154,12	müA
UK Pfahl:	149,98	müA
Länge ohne Mantelreibung:	2,66	m
Länge Prüfstrecke:	4,14	m
Pfahllänge:	6,00	m

Materialkennwerte:		
Betongüte:	**C25/30/BS-TB1/GK16**	
Zement:	**CEM II / B-M (S_L)**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	28,69	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	-	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):	
Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	nein
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein

		Sensornummer:	Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1	156,71 müA
GOK	MQ1		
keine Mantelreibung			
OK PS		KEX2	154,18 müA
Prüfstrecke	MQ2		
		KEX3	153,14 müA
	MQ3		
		KEX4	152,11 müA
	MQ4		
		KEX5	151,08 müA
	MQ5		
UK Pfahl			

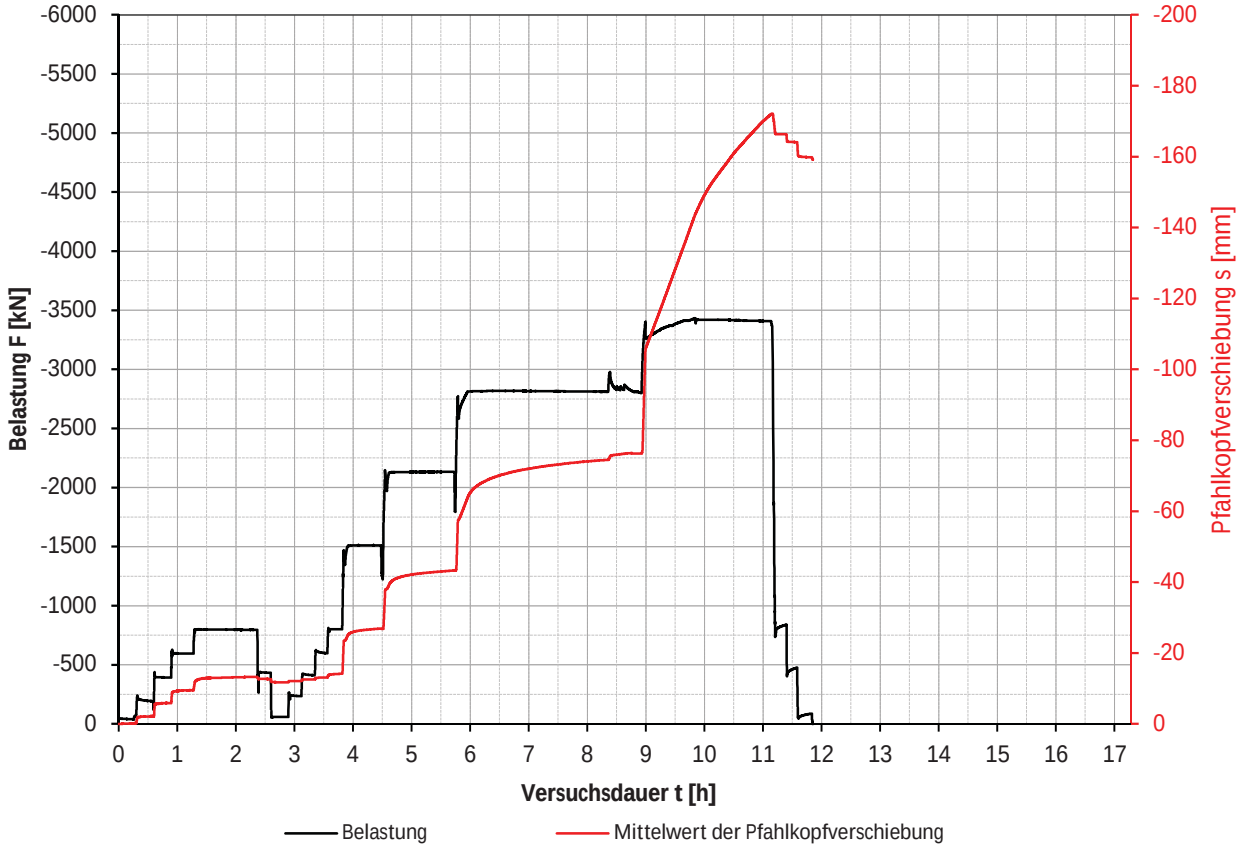
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

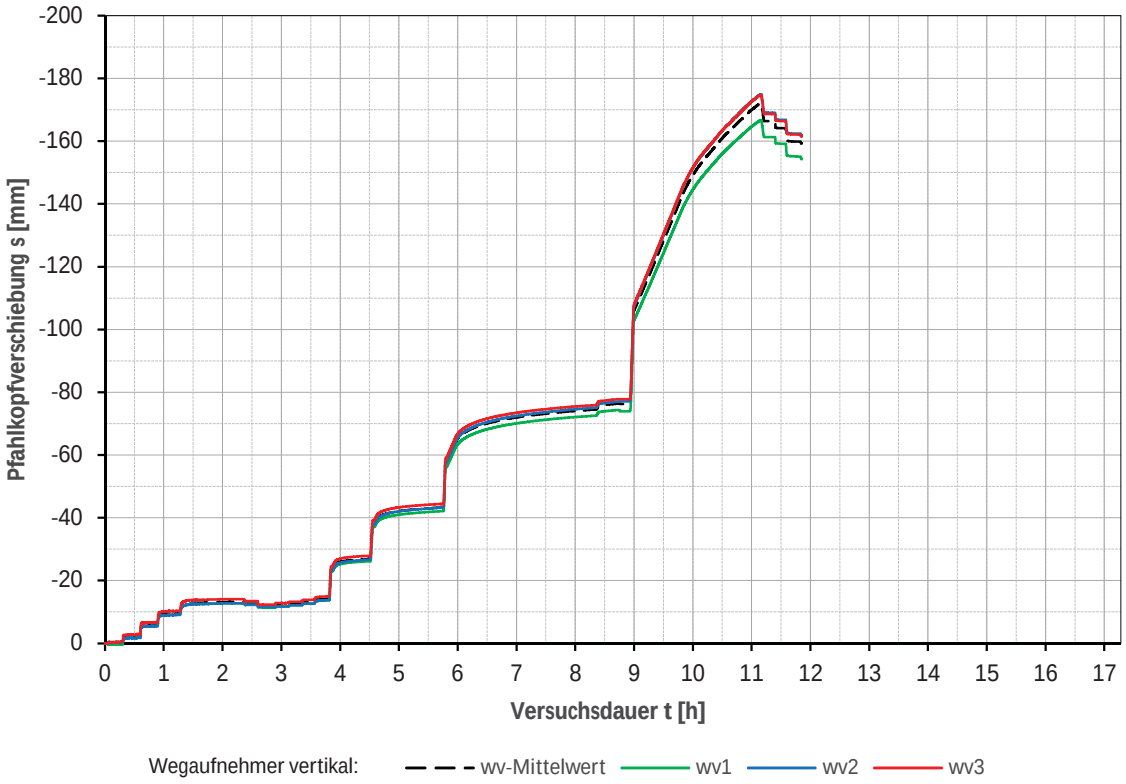
Anmerkungen:

Längskraftverlauf:
-Die Werte im MQ3 wurden zwischen MQ2 und MQ4 interpoliert.
-Die Werte im MQ4 wurden von LS1 bis LS4 zwischen MQ2 und MQ5 interpoliert.

Prüfkörper: **B.K2** **Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K2** **Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K2** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

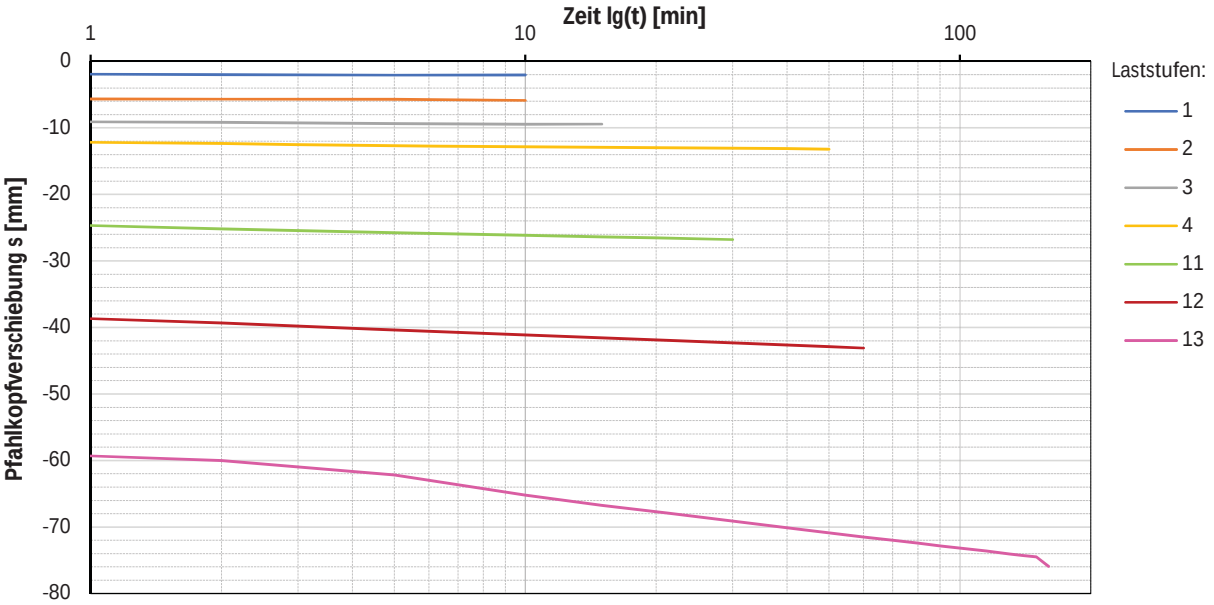
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y **[mm]**
0	08:12	08:29	-50	-67	-0,20																		
1	08:32	08:45	-238	-193	-2,21	-1,92	-2,01	-2,07	-2,06										2	10	-2,01	-2,06	**-0,07**
2	08:49	09:04	-425	-392	-5,88	-5,67	-5,66	-5,72	-5,88										2	10	-5,66	-5,88	**-0,31**
3	09:07	09:27	-613	-595	-9,49	-9,10	-9,17	-9,35	-9,43	-9,44									5	15	-9,35	-9,44	**-0,19**
4	09:30	10:29	-800	-797	-13,23	-12,17	-12,35	-12,66	-12,88	-12,91	-12,96	-13,06							30	50	-13,06	-13,21	**-0,68**
5	10:37	10:47	-425	-432	-12,66	-12,68	-12,68	-12,68															
6	10:49	11:04	-50	-59	-11,73	-11,78	-11,79	-11,72	-11,72														
7	11:08	11:18	-238	-235	-12,11	-12,11	-12,11	-12,10											1	5	-12,11	-12,10	**0,02**
8	11:22	11:32	-425	-412	-12,52	-12,52	-12,52	-12,52											1	5	-12,52	-12,52	**0,00**
9	11:35	11:45	-613	-598	-13,07	-13,03	-13,04	-13,04											1	5	-13,03	-13,04	**-0,02**
10	11:50	12:00	-800	-802	-14,14	-14,00	-14,02	-14,07											1	5	-14,00	-14,07	**-0,11**
11	12:05	12:40	-1450	-1511	-26,86	-24,68	-25,16	-25,75	-26,16	-26,39	-26,54	-26,79							15	30	-26,39	-26,79	**-1,34**
12	12:47	13:52	-2100	-2133	-43,20	-38,69	-39,34	-40,36	-41,10	-41,56	-41,87	-42,32	-43,10						40	60	-42,63	-43,10	**-2,67**
13	14:02	16:51	-2750	-2860	-76,26	-59,31	-60,01	-62,15	-65,22	-66,72	-67,73	-69,11	-71,49	-73,78	-74,47	-75,93			100	140	-73,16	-74,27	**-7,63**
14	17:12	19:06	-3400	-3411	-168,29	-106,82	-107,54	-109,71	-113,40	-117,04	-120,77	-128,25	-149,17										
20	19:20	19:35	-800	-838	-166,31	-172,08	-171,96	-166,38	-166,34														
21	19:37	19:47	-425	-476	-164,10	-164,20	-164,18	-164,14															
22	19:48	20:02	-50	-87	-159,83	-160,07	-160,02	-159,93	-159,87														

Prüfkörper: **B.K2**

Zeitverformung

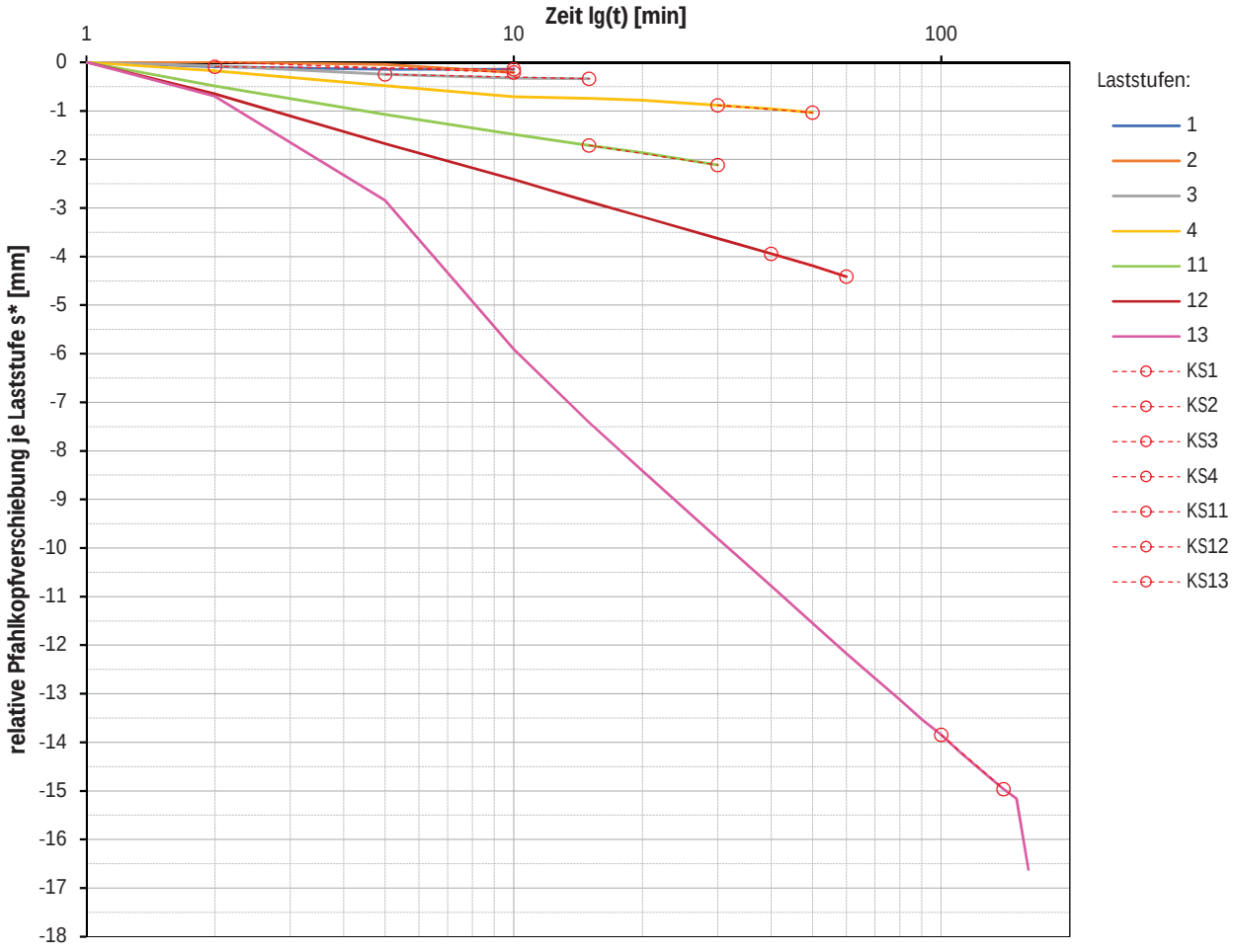
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K2**

relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

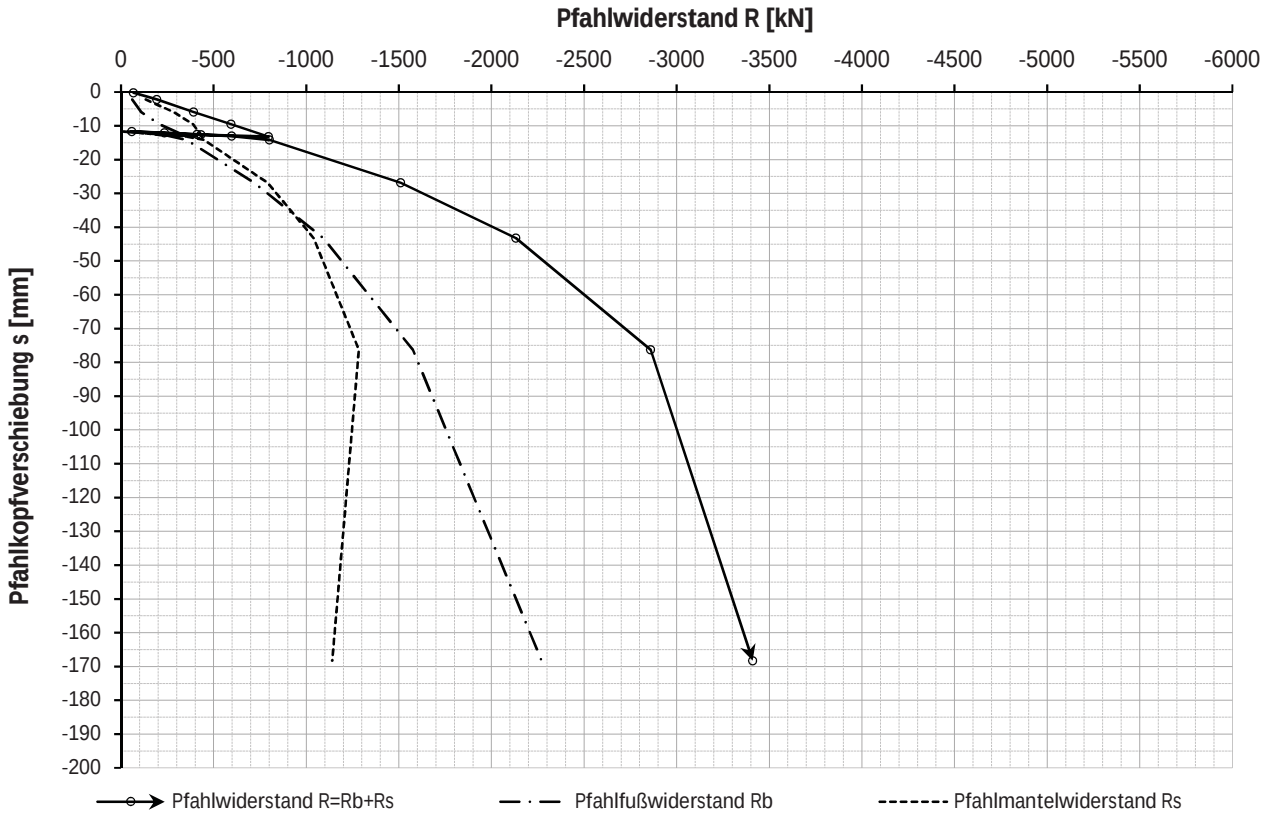


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.K2**

Widerstands-Verschiebungslinie

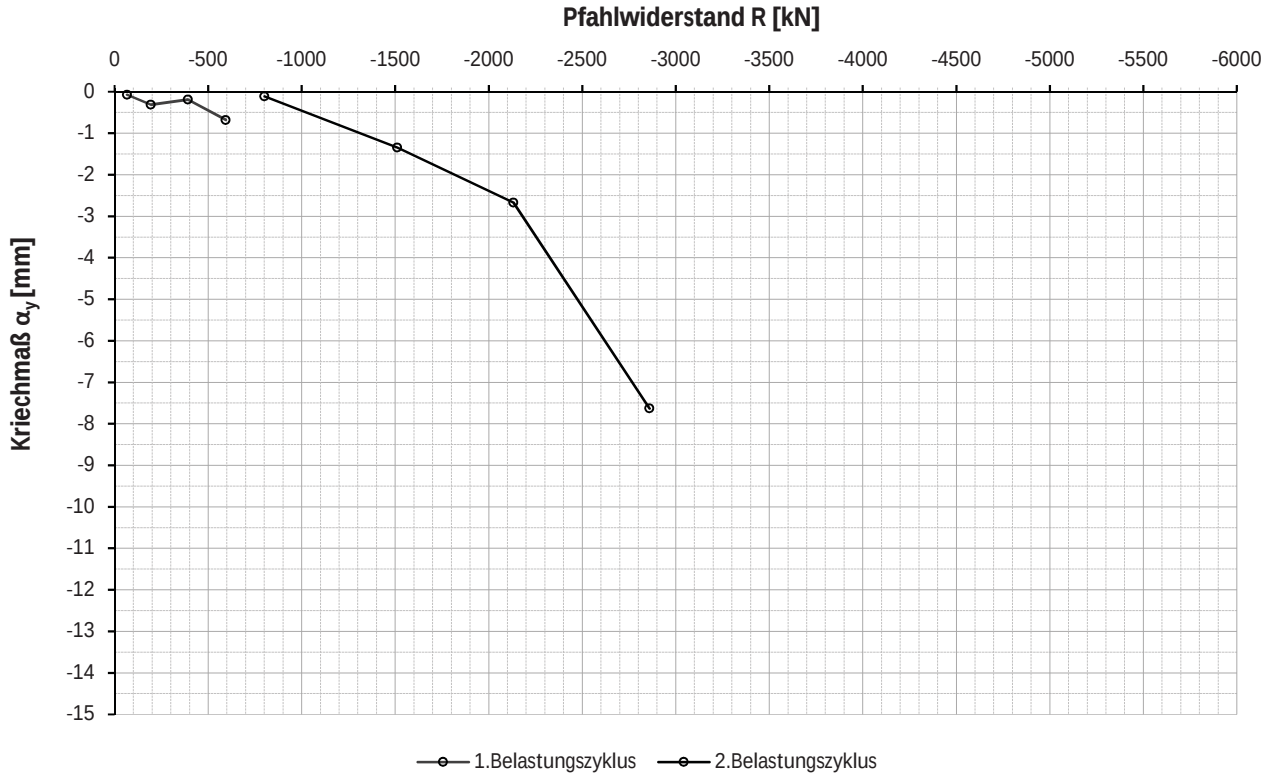
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K2**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K2** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

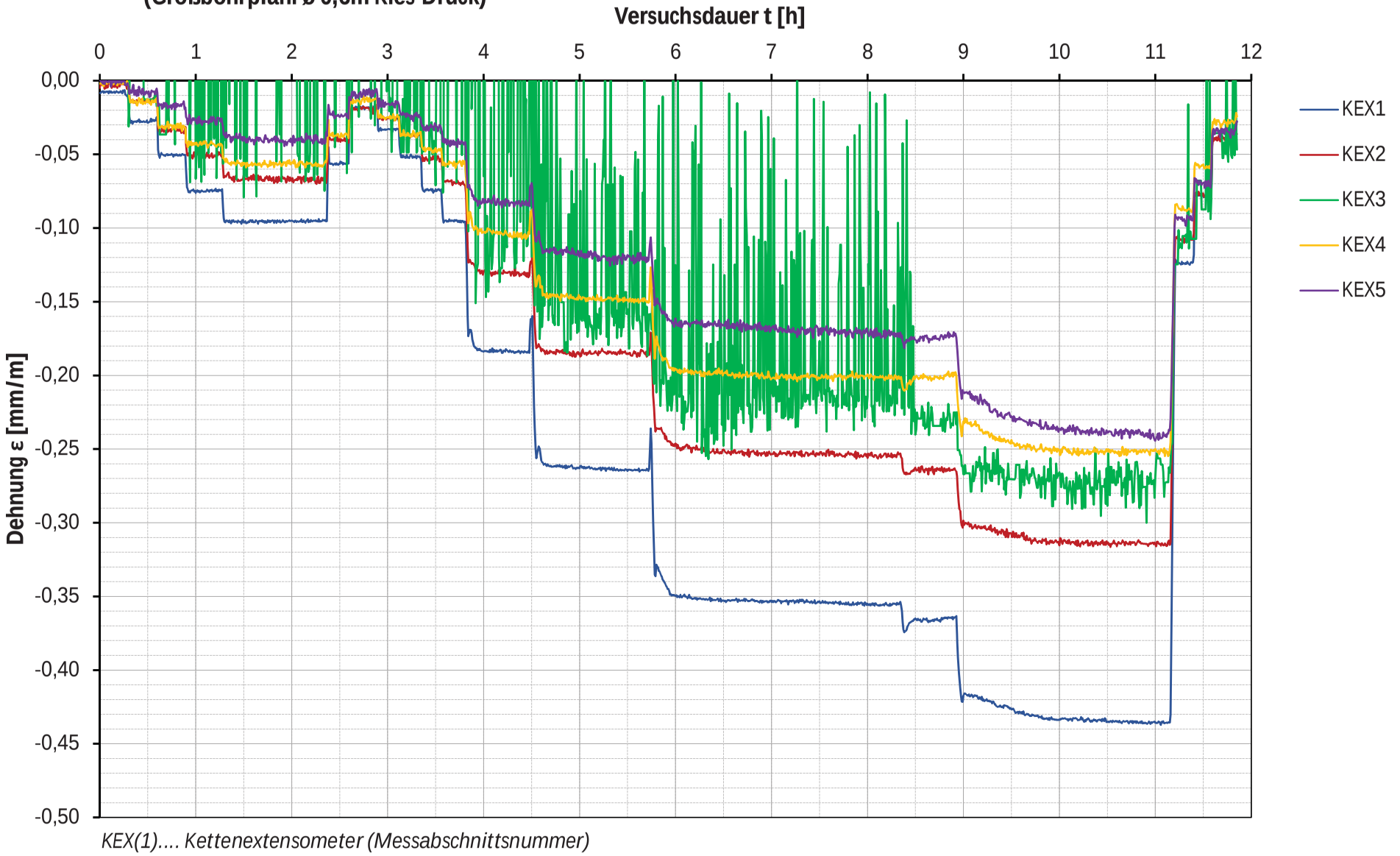
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,45 m	H: 153,66 m	H: 152,63 m	H: 151,60 m	H: 150,70 m	H: 155,45 m	H: 153,66 m	H: 152,63 m	H: 151,60 m	H: 150,70 m
1	08:45	-193	-0,0267	-0,0132	-0,0128	-0,0134	-0,0073	-0,0267	-0,0132	-0,0128	-0,0134	-0,0073
2	09:04	-392	-0,0499	-0,0344	0,1566	-0,0306	-0,0154	-0,0499	-0,0344	0,1566	-0,0306	-0,0154
3	09:27	-595	-0,0745	-0,0487	0,1402	-0,0444	-0,0258	-0,0745	-0,0487	0,1402	-0,0444	-0,0258
4	10:29	-797	-0,0939	-0,0693	0,2019	-0,0572	-0,0417	-0,0939	-0,0693	0,2019	-0,0572	-0,0417
5	10:47	-432	-0,0561	-0,0403	0,3635	-0,0375	-0,0239	-0,0561	-0,0403	0,3635	-0,0375	-0,0239
6	11:04	-59	-0,0177	-0,0193	-0,0302	-0,0121	-0,0076	-0,0177	-0,0193	-0,0302	-0,0121	-0,0076
7	11:18	-235	-0,0326	-0,0253	-0,0225	-0,0231	-0,0139	-0,0326	-0,0253	-0,0225	-0,0231	-0,0139
8	11:32	-412	-0,0514	-0,0372	0,9996	-0,0352	-0,0251	-0,0514	-0,0372	0,9996	-0,0352	-0,0251
9	11:45	-598	-0,0746	-0,0530	-0,0351	-0,0465	-0,0311	-0,0746	-0,0530	-0,0351	-0,0465	-0,0311
10	12:00	-802	-0,0956	-0,0710	0,5451	-0,0546	-0,0418	-0,0956	-0,0710	0,5451	-0,0546	-0,0418
11	12:40	-1511	-0,1836	-0,1334	-0,0848	-0,1027	-0,0827	-0,1836	-0,1334	-0,0848	-0,1027	-0,0827
12	13:52	-2133	-0,2645	-0,1839	-0,1589	-0,1499	-0,1218	-0,2645	-0,1839	-0,1589	-0,1499	-0,1218
13	16:51	-2860	-0,3672	-0,2634	-0,2304	-0,2007	-0,1754	-0,3672	-0,2634	-0,2304	-0,2007	-0,1754
14	19:06	-3411	-0,4358	-0,3144	-0,2758	-0,2509	-0,2394	-0,4358	-0,3144	-0,2758	-0,2509	-0,2394
20	19:35	-838	-0,1236	-0,1079	-0,1074	-0,0891	-0,0949	-0,1236	-0,1079	-0,1074	-0,0891	-0,0949
21	19:47	-476	-0,0758	-0,0743	-0,0812	-0,0528	-0,0604	-0,0758	-0,0743	-0,0812	-0,0528	-0,0604
22	20:02	-87	-0,0341	-0,0394	0,0408	-0,0273	-0,0336	-0,0341	-0,0394	0,0408	-0,0273	-0,0336

Prüfkörper: **B.K2**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Messwerte Kettenextensometer

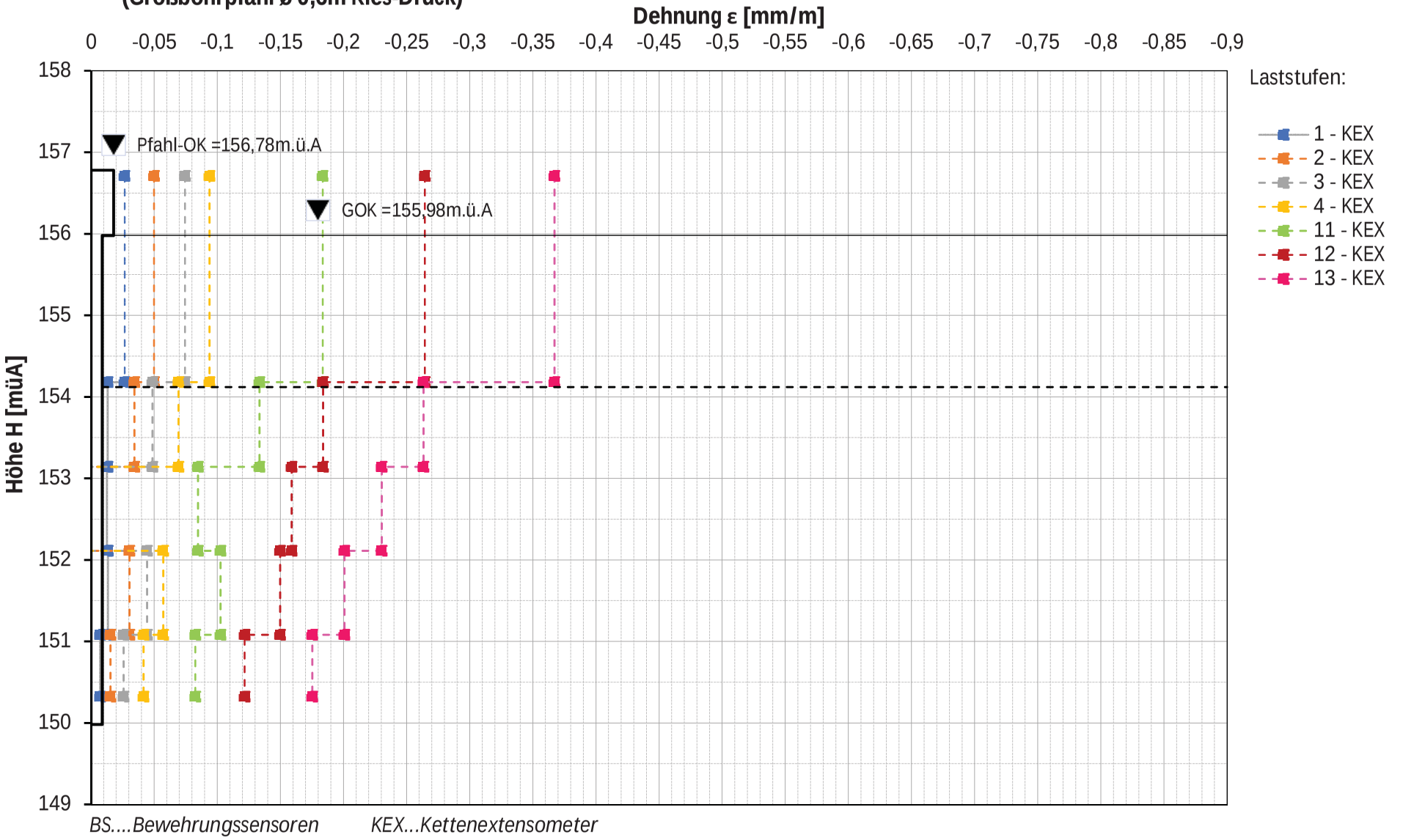


KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.K2**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

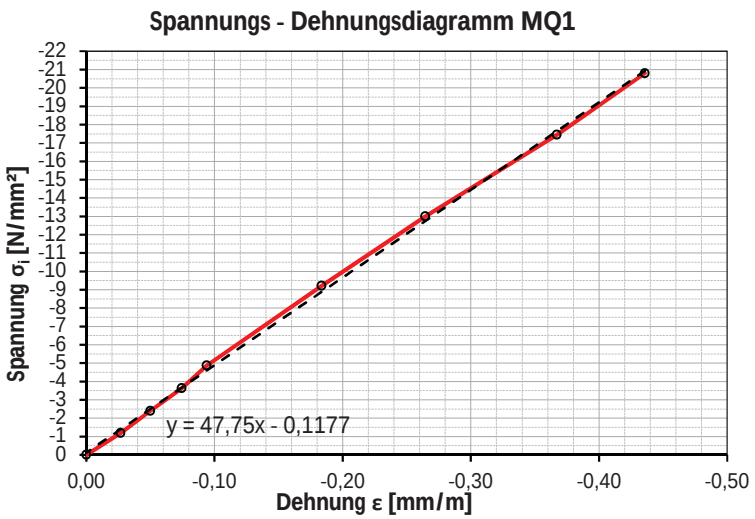


Prüfkörper: **B.K2 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	KEX1 ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-193,15	-1,18	-0,02667
2	-392,19	-2,39	-0,04994
3	-594,63	-3,63	-0,07451
4	-797,25	-4,86	-0,09391
11	-1510,97	-9,21	-0,18358
12	-2132,69	-13,00	-0,26451
13	-2860,40	-17,44	-0,36716
14	-3410,73	-20,79	-0,43583

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	47,75 N/mm²
Querschnittsnummer:	8
E-Modul Beton E_c=	**28,69 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	457	155,98	154,12	0,00	8284,00	9413,15	146332,47
2	Prüfstrecke	640	154,12	149,98	0,00	7323,13	492,88	313883,08
3	BS1	457	0	0	0,00	8256,11	9413,15	146360,36
4	BS2	640	0	0	0,00	8859,29	492,88	312346,91
5	BS3	640	0	0	0,00	8256,11	492,88	312950,09
6	BS4	640	0	0	0,00	6371,15	492,88	314835,05
7	BS5	640	0	0	0,00	6371,15	492,88	314835,05
8	mittel KEX1	457	156,71	154,18	0,00	8284,00	9413,15	146332,47
9	mittel KEX2	640	154,18	153,14	0,00	8763,04	492,88	312443,16
10	mittel KEX3	640	153,14	152,11	0,00	7782,29	492,88	313423,91
11	mittel KEX4	640	152,11	151,08	0,00	6371,15	492,88	314835,05
12	mittel KEX5	640	151,08	150,32	0,00	6371,15	492,88	314835,05

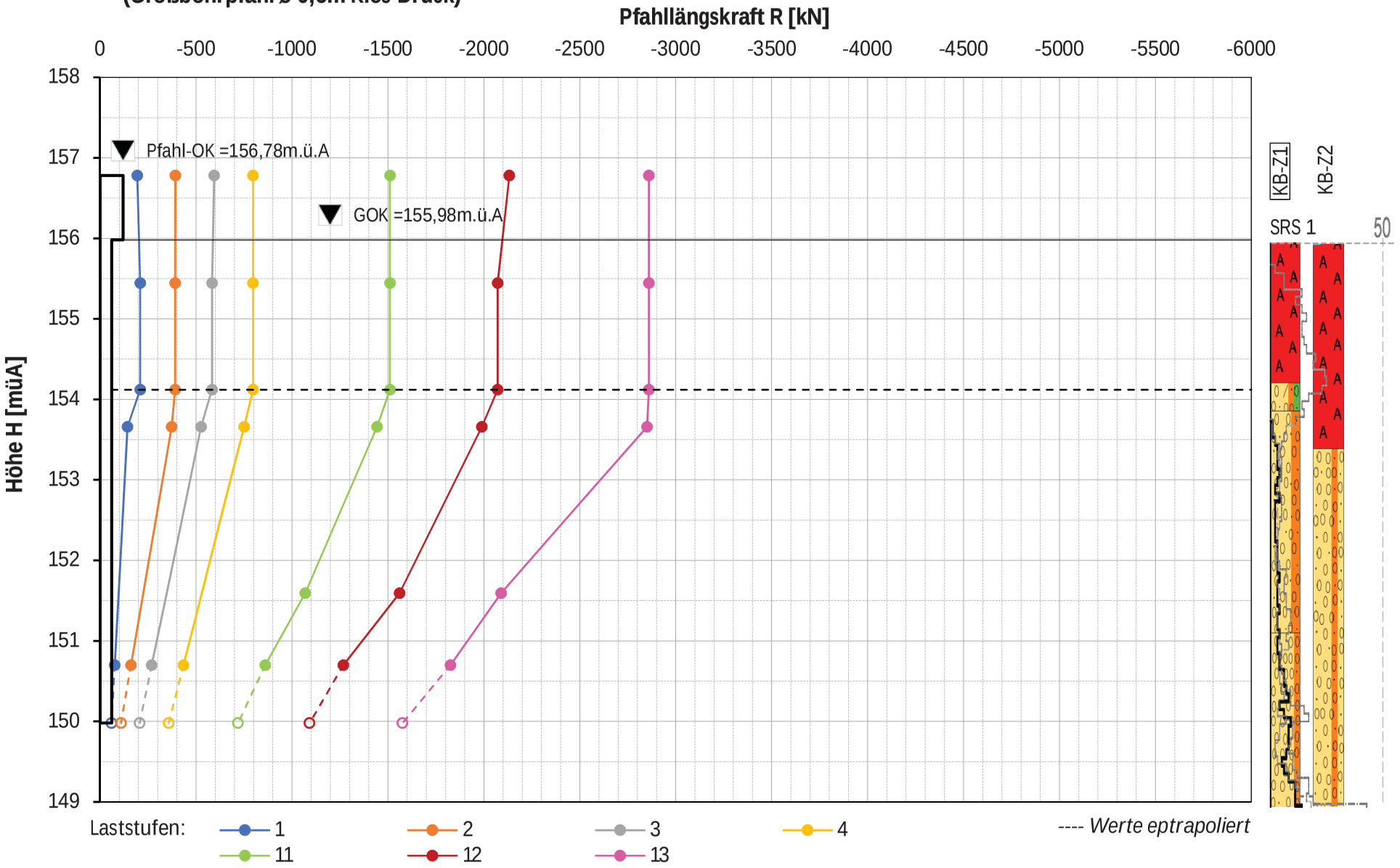
Prüfkörper: **B.K2** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN] H: 156,78 m	$F_{m,MQ1}$ [kN] H: 155,45 m	$F_{m,OK-PS}$ [kN] H: 154,12 m	$F_{m,MQ2}$ [kN] H: 153,66 m	$F_{m,MQ3}$ [kN] H: 152,63 m	$F_{m,MQ4}$ [kN] H: 151,60 m	$F_{m,MQ5}$ [kN] H: 150,70 m	$R_{b,m}$ [kN] H: 149,98 m	$R_{s,m}$ [kN]
1	08:45	-193	-209	-209	-143	-120	-96	-76	-60	-134
2	09:04	-392	-391	-391	-373	-299	-225	-161	-109	-283
3	09:27	-595	-584	-584	-526	-436	-347	-269	-206	-388
4	10:29	-797	-797	-797	-750	-640	-530	-435	-358	-439
7	11:18	-235	-256	-256	-274	-257	-241	-145	-114	-121
8	11:32	-412	-402	-402	-402	-384	-366	-261	-226	-185
9	11:45	-598	-584	-584	-574	-529	-485	-323	-262	-336
10	12:00	-802	-749	-749	-768	-668	-569	-436	-355	-447
11	12:40	-1511	-1511	-1511	-1444	-1256	-1069	-861	-719	-792
12	13:52	-2133	-2072	-2072	-1990	-1775	-1561	-1268	-1092	-1041
13	16:51	-2860	-2860	-2860	-2850	-2469	-2090	-1826	-1577	-1284

Prüfkörper: **B.K2**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe



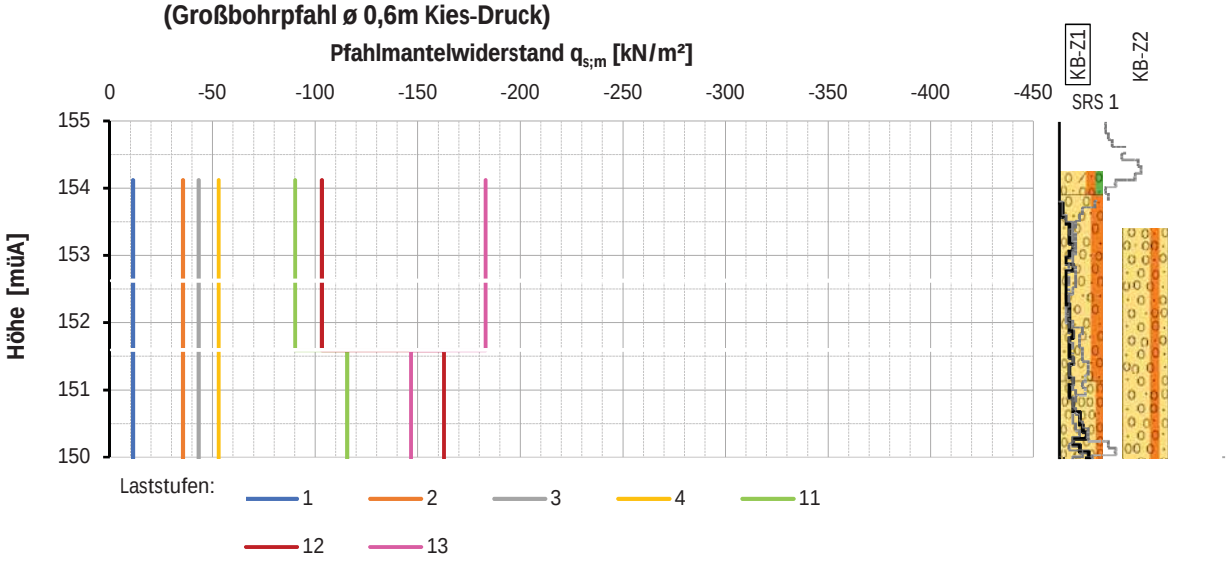
Prüfkörper: **B.K2** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

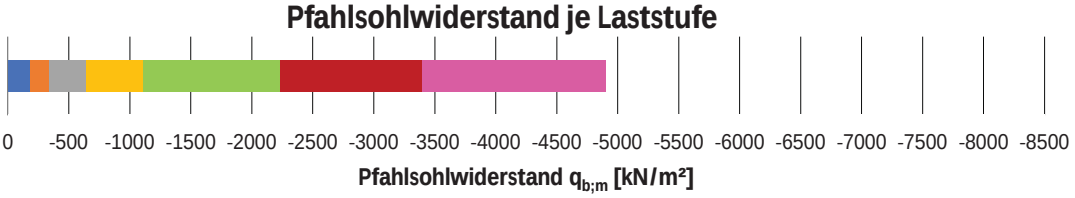
Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,64 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-193,15	-2,21	-0,0035	-11	-11	-11	-11	-185
2	-392,19	-5,88	-0,0092	-36	-36	-36	-36	-339
3	-594,63	-9,49	-0,0148	-43	-43	-43	-43	-642
4	-797,25	-13,23	-0,0207	-53	-53	-53	-53	-1.112
5	-432,16	-12,66	-0,0198					
6	-58,96	-11,73	-0,0183					
7	-234,54	-12,11	-0,0189	-8	-8	-53	-22	-353
8	-411,67	-12,52	-0,0196	-9	-9	-59	-24	-704
9	-598,21	-13,07	-0,0204	-21	-21	-90	-42	-816
10	-801,60	-14,14	-0,0221	-48	-48	-74	-56	-1.102
11	-1510,97	-26,86	-0,0420	-90	-90	-116	-98	-2.235
12	-2132,69	-43,20	-0,0675	-103	-103	-163	-121	-3.395
13	-2860,40	-76,26	-0,1192	-183	-183	-147	-172	-4.901
14	-3410,73	-168,29	-0,2630					
20	-838,23	-166,31	-0,2599					
21	-476,40	-164,10	-0,2564					
22	-87,33	-159,83	-0,2497					

Prüfkörper: **B.K2** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

V E R S U C H S A U S W E R T U N G

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **04.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.K61**
Prüffeld:	2
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Kies
Herstellungsverfahren:	Schneckenortbetonpfahl (SOB)

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	49
Prüfdatum:	08.11.2017
Versuchsbeginn:	07:57 Uhr
Versuchsende:	20:15 Uhr
Wetterbedingungen:	7:00 Uhr 8°C leichter Regen
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:

Pfahldurchmesser D=	600,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	282743,34	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,78	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,01	müA
OK Prüfstrecke (PS):	154,11	müA
UK Pfahl:	150,01	müA
Länge ohne Mantelreibung:	2,67	m
Länge Prüfstrecke:	4,10	m
Pfahllänge:	6,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30/BS-TB1/GK16**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	38,41	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	ja
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein

		Sensornummer:		Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1		156,62 müA
GOK	MQ1	BS1.1	BS2.1	155,09 müA
keine Mantelreibung				
OK PS		KEX2		154,09 müA
Prüfstrecke	MQ2	BS2.1	BS2	153,59 müA
		KEX3		153,23 müA
	MQ3	BS3.1	BS3.2	152,69 müA
		KEX4		152,37 müA
	MQ4	BS4.1	BS4.2	151,79 müA
		KEX5		151,51 müA
	MQ5	BS5.1	BS5.2	150,89 müA
UK Pfahl				

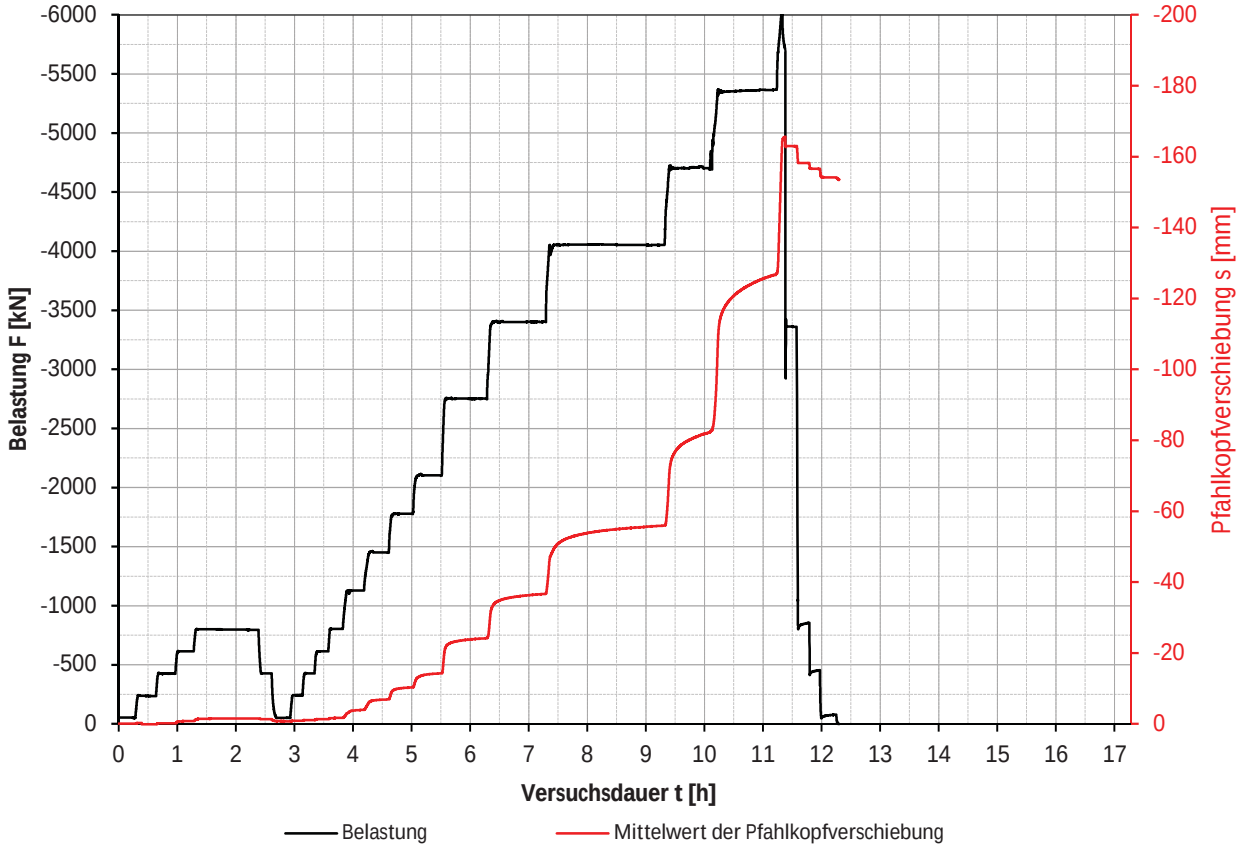
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

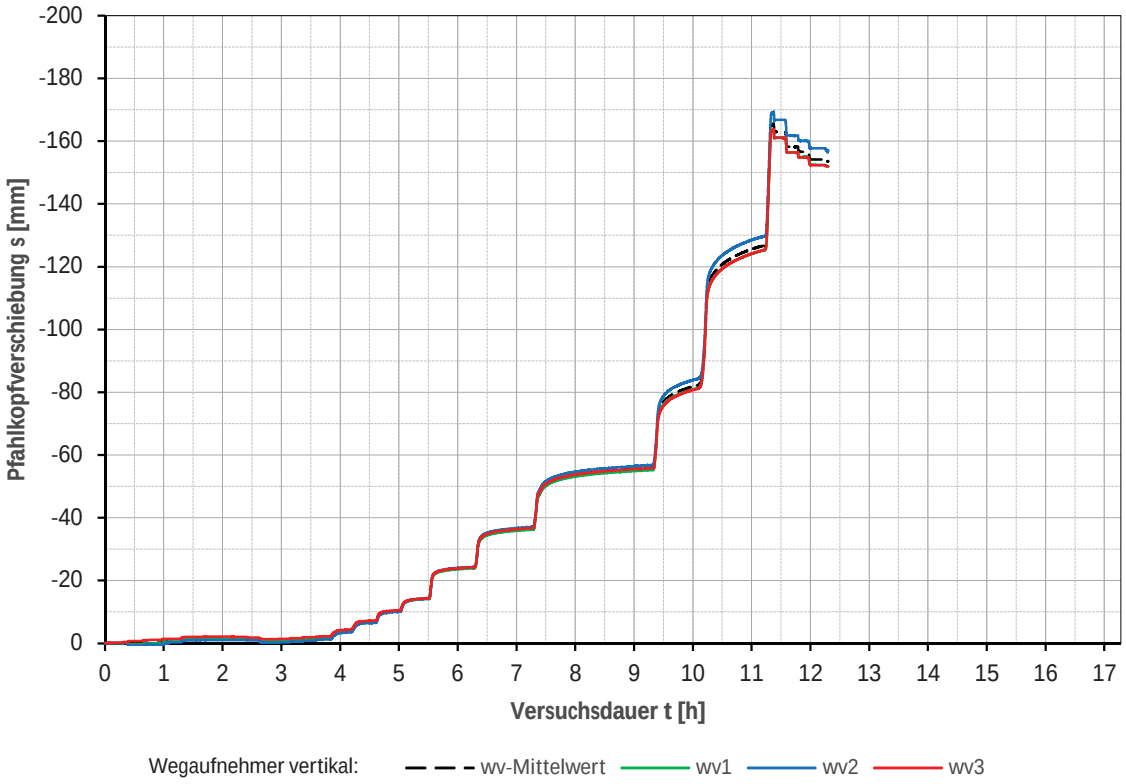
Anmerkungen:

E-Modul:
Berechnung mit LS 1-4, darüber Steifigkeitsverlust im Querschnitt MQ1.

Prüfkörper: **B.K61 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K61 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K61** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

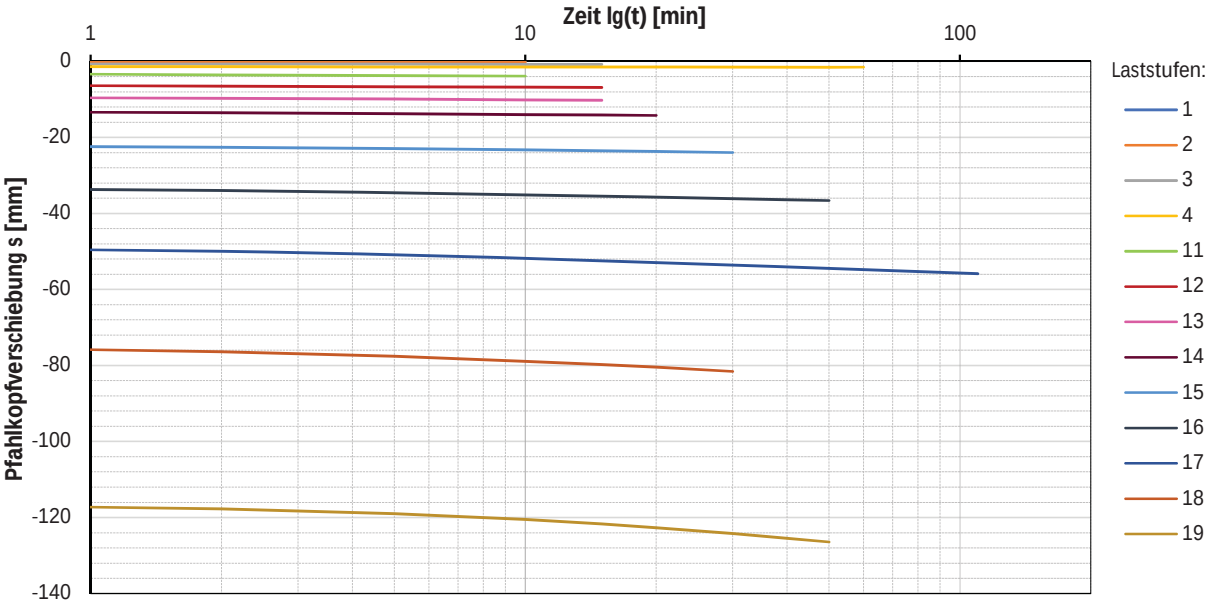
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y [mm]
0	07:57	08:13	-50	-53	-0,10																		
1	08:19	08:34	-238	-236	0,11	-0,27	0,10	0,10	0,10										2	10	0,10	0,10	**0,01**
2	08:38	08:53	-425	-426	-0,19	-0,19	-0,20	-0,20	-0,19										2	10	-0,20	-0,19	**0,00**
3	08:57	09:13	-613	-615	-0,80	-0,66	-0,68	-0,71	-0,78	-0,80									5	15	-0,71	-0,80	**-0,18**
4	09:17	10:18	-800	-796	-1,51	-1,40	-1,40	-1,44	-1,47	-1,49	-1,49	-1,52	-1,52						15	60	-1,49	-1,52	**-0,05**
5	10:23	10:33	-425	-427	-1,31	-1,33	-1,32	-1,32	-1,31														
6	10:39	10:49	-50	-52	-0,75	-0,76	-0,76	-0,76															
7	10:55	11:05	-238	-242	-0,86	-0,85	-0,86	-0,85											1	5	-0,85	-0,85	**0,00**
8	11:07	11:17	-425	-427	-1,09	-1,06	-1,09	-1,08											1	5	-1,06	-1,08	**-0,02**
9	11:21	11:31	-613	-615	-1,34	-1,33	-1,33	-1,34											1	5	-1,33	-1,34	**-0,01**
10	11:34	11:45	-800	-804	-1,68	-1,62	-1,63	-1,66	-1,67										2	10	-1,63	-1,67	**-0,06**
11	11:52	12:07	-1125	-1129	-3,95	-3,38	-3,57	-3,77	-3,88										2	10	-3,57	-3,88	**-0,44**
12	12:14	12:30	-1450	-1452	-6,88	-6,41	-6,52	-6,67	-6,80	-6,86									5	15	-6,67	-6,86	**-0,39**
13	12:38	12:55	-1775	-1779	-10,27	-9,62	-9,73	-9,93	-10,12	-10,23									5	15	-9,93	-10,23	**-0,62**
14	13:04	13:25	-2100	-2104	-14,24	-13,39	-13,51	-13,79	-13,99	-14,12	-14,20								10	20	-13,99	-14,20	**-0,71**
15	13:33	14:12	-2750	-2753	-24,13	-22,42	-22,60	-22,97	-23,31	-23,54	-23,72	-23,97							15	30	-23,54	-23,97	**-1,41**
16	14:20	15:13	-3400	-3403	-36,66	-33,71	-34,00	-34,59	-35,14	-35,47	-35,73	-36,11							30	50	-36,11	-36,60	**-2,25**
17	15:22	17:14	-4050	-4053	-55,90	-49,58	-49,98	-50,87	-51,79	-52,41	-52,88	-53,56	-54,80						90	110	-55,50	-55,86	**-4,18**
18	17:24	18:00	-4700	-4703	-82,05	-75,87	-76,39	-77,57	-78,88	-79,76	-80,45	-81,58							15	30	-79,76	-81,58	**-6,07**
19	18:16	19:11	-5350	-5367	-126,99	-117,26	-117,75	-118,98	-120,53	-121,72	-122,70	-124,24							30	50	-124,24	-126,44	**-9,92**
20	19:16	19:16	-6000	-6005	-163,38																		
21	19:20	19:30	-3400	-3360	-163,01	-162,97	-162,97	-163,01															
22	19:33	19:43	-800	-854	-158,19	-158,22	-158,21	-158,20															
23	19:45	19:55	-425	-454	-156,56	-156,67	-156,63	-156,59															
24	19:57	20:12	-50	-79	-154,14	-154,20	-154,19	-154,17	-154,15														

Prüfkörper: **B.K61**

Zeitverformung

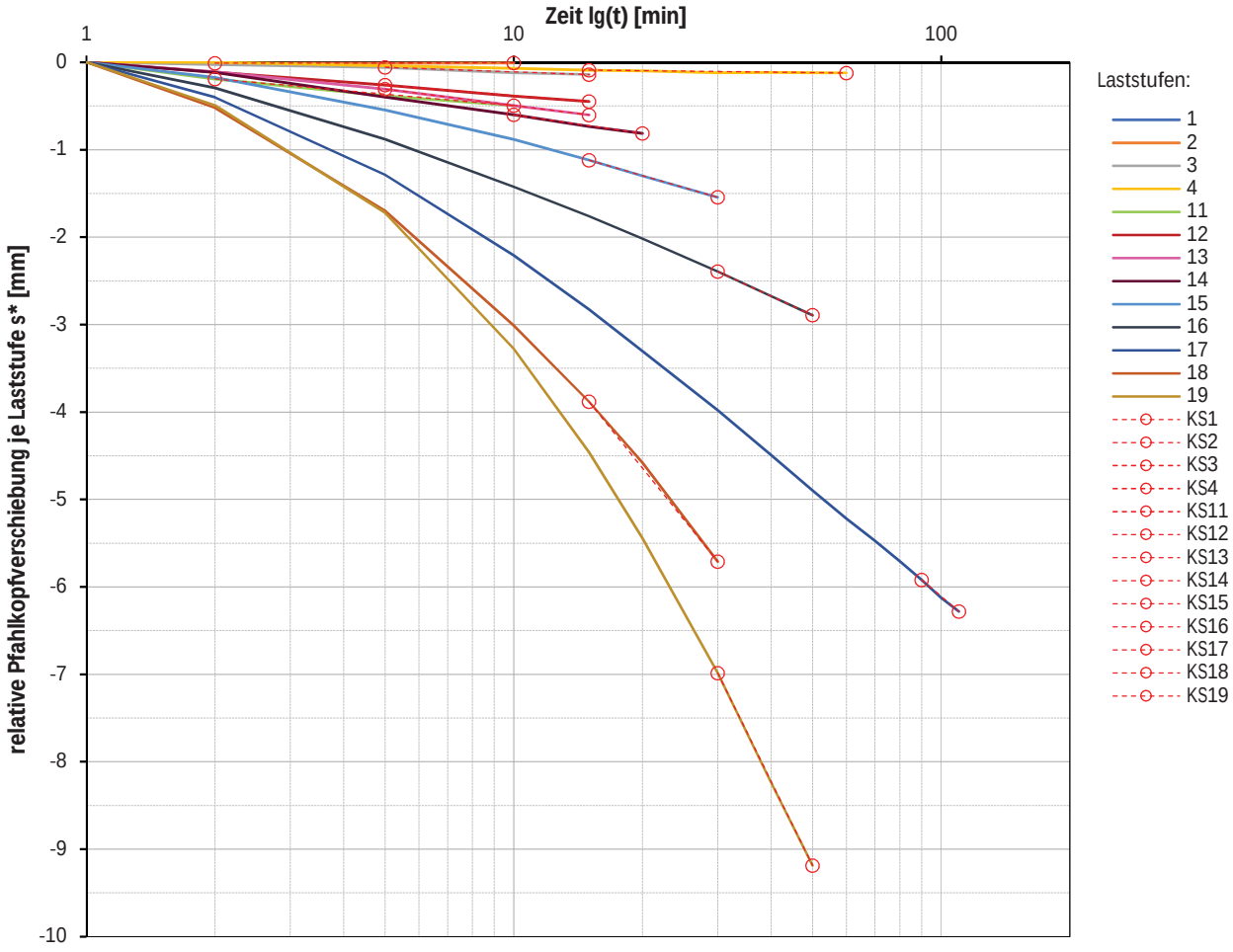
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K61**

relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

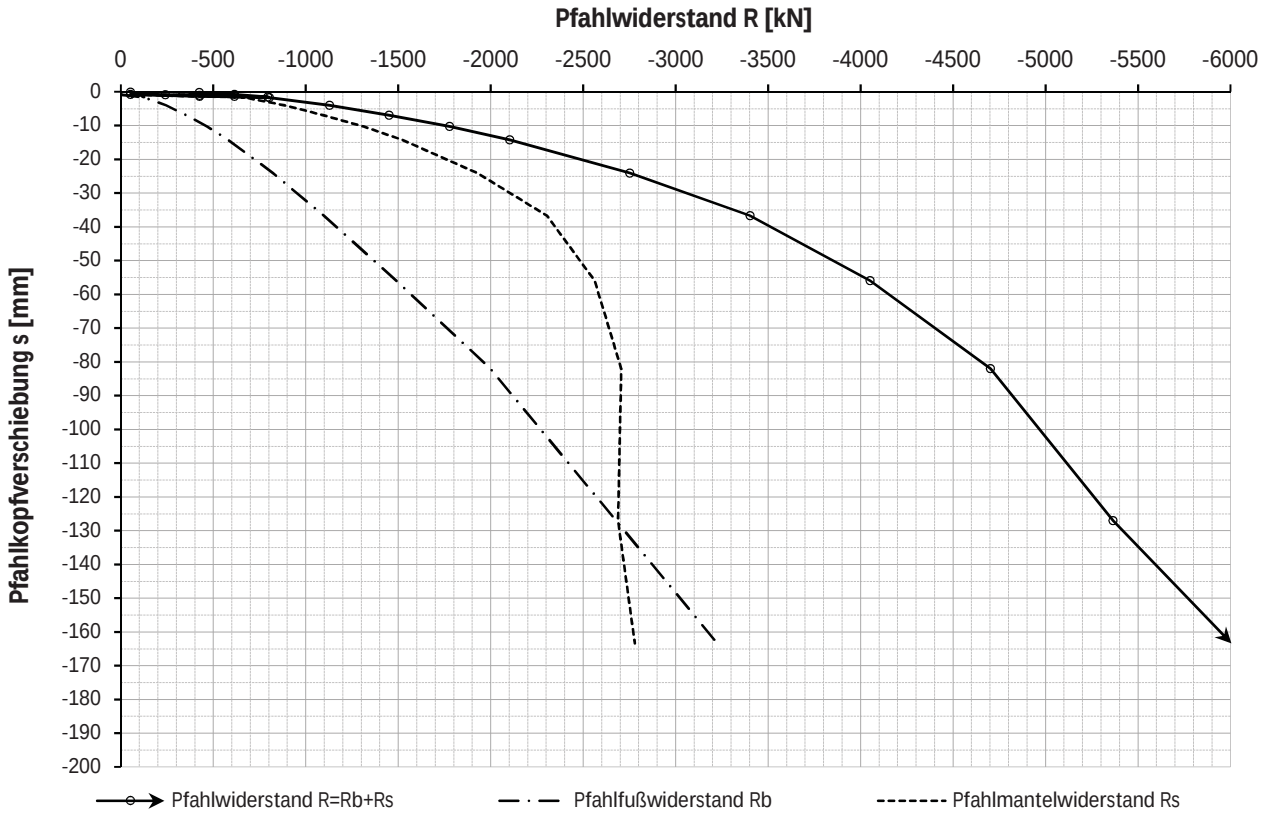


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.K61**

Widerstands-Verschiebungslinie

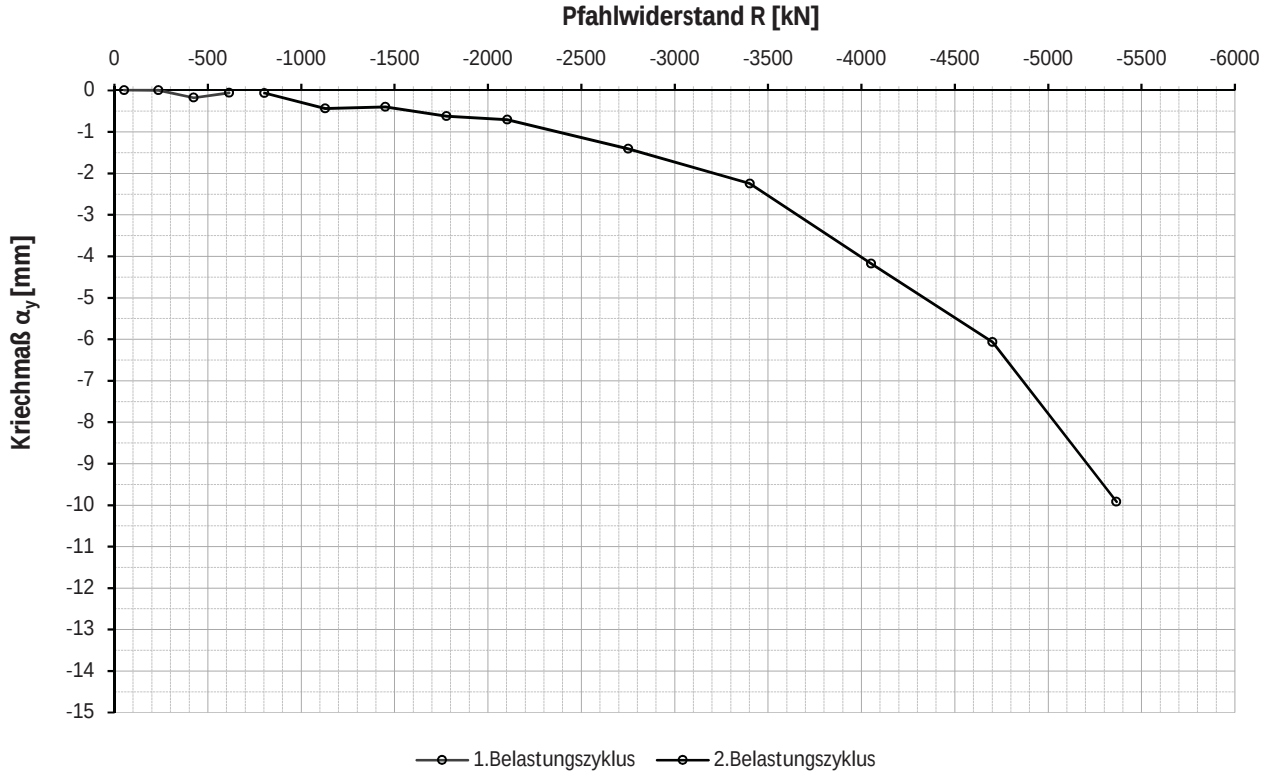
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K61**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K61** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,36 m	H: 153,66 m	H: 152,80 m	H: 151,94 m	H: 151,08 m	H: 155,36 m	H: 153,66 m	H: 152,80 m	H: 151,94 m	H: 151,08 m
1	08:34	-236	-0,0155	-0,0067	-0,0080	-0,0047	-0,0056	-0,0155	-0,0067	-0,0080	-0,0047	-0,0056
2	08:53	-426	-0,0282	-0,0162	-0,0189	-0,0094	-0,0094	-0,0282	-0,0162	-0,0189	-0,0094	-0,0094
3	09:13	-615	-0,0427	-0,0283	-0,0258	-0,0158	-0,0153	-0,0427	-0,0283	-0,0258	-0,0158	-0,0153
4	10:18	-796	-0,0558	-0,0404	-0,0348	-0,0262	-0,0193	-0,0558	-0,0404	-0,0348	-0,0262	-0,0193
5	10:33	-427	-0,0300	-0,0356	-0,0166	-0,0129	-0,0105	-0,0300	-0,0356	-0,0166	-0,0129	-0,0105
6	10:49	-52	-0,0020	-0,0298	0,0100	0,0061	0,0017	-0,0020	-0,0298	0,0100	0,0061	0,0017
7	11:05	-242	-0,0151	-0,0313	-0,0005	-0,0038	-0,0052	-0,0151	-0,0313	-0,0005	-0,0038	-0,0052
8	11:17	-427	-0,0287	-0,0326	-0,0110	-0,0095	-0,0088	-0,0287	-0,0326	-0,0110	-0,0095	-0,0088
9	11:31	-615	-0,0423	-0,0378	-0,0229	-0,0164	-0,0160	-0,0423	-0,0378	-0,0229	-0,0164	-0,0160
10	11:45	-804	-0,0549	-0,0460	-0,0347	-0,0249	-0,0194	-0,0549	-0,0460	-0,0347	-0,0249	-0,0194
11	12:07	-1129	-0,0786	-0,0737	-0,0527	-0,0399	-0,0359	-0,0786	-0,0737	-0,0527	-0,0399	-0,0359
12	12:30	-1452	-0,1030	-0,0919	-0,0744	-0,0578	-0,0451	-0,1030	-0,0919	-0,0744	-0,0578	-0,0451
13	12:55	-1779	-0,1288	-0,1154	-0,0919	-0,0757	-0,0596	-0,1288	-0,1154	-0,0919	-0,0757	-0,0596
14	13:25	-2104	-0,1536	-0,1367	-0,1131	-0,0902	-0,0712	-0,1536	-0,1367	-0,1131	-0,0902	-0,0712
15	14:12	-2753	-0,2025	-0,1828	-0,1596	-0,1255	-0,0982	-0,2025	-0,1828	-0,1596	-0,1255	-0,0982
16	15:13	-3403	-0,2529	-0,2294	-0,2025	-0,1585	-0,1291	-0,2529	-0,2294	-0,2025	-0,1585	-0,1291
17	17:14	-4053	-0,3052	-0,2720	-0,2476	-0,2014	-0,1688	-0,3052	-0,2720	-0,2476	-0,2014	-0,1688
18	18:00	-4703	-0,3553	-0,3227	-0,2919	-0,2409	-0,2160	-0,3553	-0,3227	-0,2919	-0,2409	-0,2160
19	19:11	-5367	-0,4096	-0,3753	-0,3521	-0,3009	-0,2660	-0,4096	-0,3753	-0,3521	-0,3009	-0,2660
20	19:16	-6005	-0,4564	-0,4196	-0,3956	-0,3476	-0,3158	-0,4564	-0,4196	-0,3956	-0,3476	-0,3158
21	19:30	-3360	-0,2788	-0,2714	-0,2412	-0,2157	-0,2019	-0,2788	-0,2714	-0,2412	-0,2157	-0,2019
22	19:43	-854	-0,0905	-0,1151	-0,0760	-0,0701	-0,0629	-0,0905	-0,1151	-0,0760	-0,0701	-0,0629
23	19:55	-454	-0,0572	-0,0820	-0,0456	-0,0425	-0,0415	-0,0572	-0,0820	-0,0456	-0,0425	-0,0415
24	20:12	-79	-0,0228	-0,0492	-0,0090	-0,0152	-0,0120	-0,0228	-0,0492	-0,0090	-0,0152	-0,0120

Prüfkörper: **B.K61** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

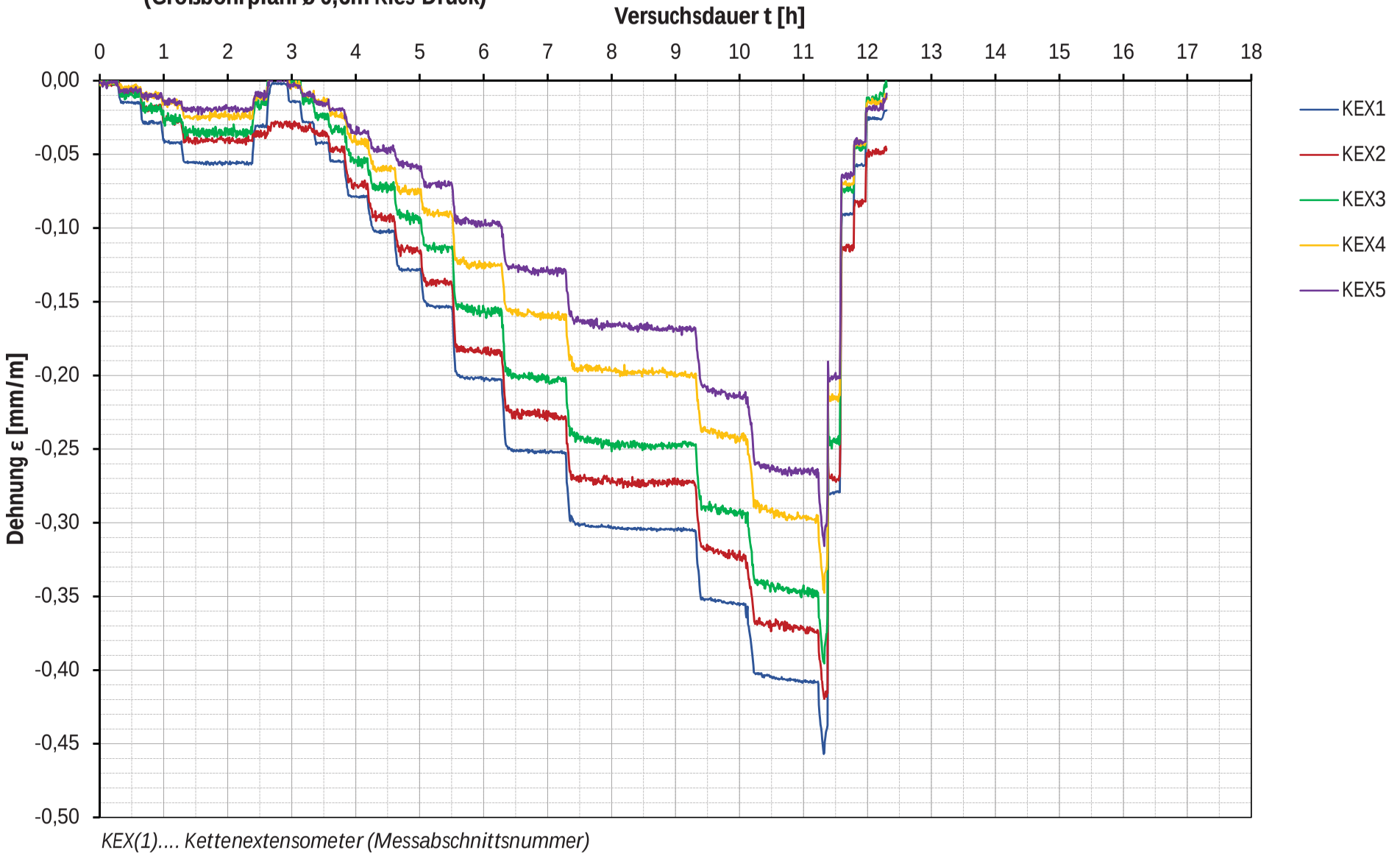
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Bewehrungssensoren (BS)

Laststufen			Messwerte - Bewehrungssensoren										korrigierte Messwerte - Bewehrungssensoren je MQ				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,BS1.1}$	$\varepsilon_{m,BS1.2}$	$\varepsilon_{m,BS2.1}$	$\varepsilon_{m,BS2.2}$	$\varepsilon_{m,BS3.1}$	$\varepsilon_{m,BS3.2}$	$\varepsilon_{m,BS4.1}$	$\varepsilon_{m,BS4.2}$	$\varepsilon_{m,BS5.1}$	$\varepsilon_{m,BS5.2}$	$\varepsilon_{m,BS1}$	$\varepsilon_{m,BS2}$	$\varepsilon_{m,BS3}$	$\varepsilon_{m,BS4}$	$\varepsilon_{m,BS5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,09 m	H: 153,59 m	H: 153,59 m	H: 153,59 m	H: 152,69 m	H: 152,69 m	H: 151,79 m	H: 151,79 m	H: 150,89 m	H: 150,89 m	H: 155,09 m	H: 153,59 m	H: 152,69 m	H: 151,79 m	H: 150,89 m
1	08:34	-236	-0,0104	-0,0188	-0,0146	-0,0052	-0,0193	-0,0123	-0,0060	-0,0122	-0,0091	-0,0050	-0,0146	-0,0123	-0,0091	-0,0065	-0,0055
2	08:53	-426	-0,0209	-0,0340	-0,0274	-0,0124	-0,0340	-0,0232	-0,0112	-0,0220	-0,0166	-0,0084	-0,0274	-0,0232	-0,0166	-0,0114	-0,0100
3	09:13	-615	-0,0330	-0,0481	-0,0406	-0,0215	-0,0478	-0,0346	-0,0169	-0,0312	-0,0240	-0,0124	-0,0406	-0,0346	-0,0240	-0,0169	-0,0146
4	10:18	-796	-0,0452	-0,0657	-0,0554	-0,0305	-0,0670	-0,0488	-0,0217	-0,0439	-0,0328	-0,0167	-0,0554	-0,0488	-0,0328	-0,0239	-0,0202
5	10:33	-427	-0,0191	-0,0414	-0,0303	-0,0078	-0,0455	-0,0267	-0,0065	-0,0270	-0,0168	-0,0053	-0,0303	-0,0267	-0,0168	-0,0113	-0,0095
6	10:49	-52	-0,0040	-0,0075	-0,0057	-0,0009	-0,0092	-0,0051	0,0041	-0,0014	0,0013	0,0039	-0,0057	-0,0051	0,0013	0,0022	0,0018
7	11:05	-242	-0,0091	-0,0255	-0,0173	-0,0007	-0,0290	-0,0149	0,0004	-0,0142	-0,0069	0,0002	-0,0173	-0,0149	-0,0069	-0,0037	-0,0033
8	11:17	-427	-0,0193	-0,0405	-0,0299	-0,0076	-0,0444	-0,0260	-0,0060	-0,0253	-0,0156	-0,0049	-0,0299	-0,0260	-0,0156	-0,0105	-0,0088
9	11:31	-615	-0,0319	-0,0533	-0,0426	-0,0191	-0,0557	-0,0374	-0,0138	-0,0350	-0,0244	-0,0109	-0,0426	-0,0374	-0,0244	-0,0173	-0,0146
10	11:45	-804	-0,0454	-0,0666	-0,0560	-0,0307	-0,0681	-0,0494	-0,0216	-0,0446	-0,0331	-0,0172	-0,0560	-0,0494	-0,0331	-0,0243	-0,0206
11	12:07	-1129	-0,0691	-0,0933	-0,0812	-0,0509	-0,0985	-0,0747	-0,0348	-0,0723	-0,0536	-0,0283	-0,0812	-0,0747	-0,0536	-0,0407	-0,0342
12	12:30	-1452	-0,0934	-0,1179	-0,1056	-0,0725	-0,1245	-0,0985	-0,0515	-0,0943	-0,0729	-0,0414	-0,1056	-0,0985	-0,0729	-0,0559	-0,0472
13	12:55	-1779	-0,1182	-0,1445	-0,1314	-0,0943	-0,1509	-0,1226	-0,0688	-0,1163	-0,0925	-0,0556	-0,1314	-0,1226	-0,0925	-0,0719	-0,0603
14	13:25	-2104	-0,1426	-0,1715	-0,1570	-0,1165	-0,1777	-0,1471	-0,0869	-0,1383	-0,1126	-0,0704	-0,1570	-0,1471	-0,1126	-0,0883	-0,0737
15	14:12	-2753	-0,1937	-0,2260	-0,2099	-0,1634	-0,2317	-0,1976	-0,1256	-0,1830	-0,1543	-0,1034	-0,2099	-0,1976	-0,1543	-0,1226	-0,1017
16	15:13	-3403	-0,2492	-0,2800	-0,2646	-0,2156	-0,2812	-0,2484	-0,1683	-0,2245	-0,1964	-0,1394	-0,2646	-0,2484	-0,1964	-0,1574	-0,1318
17	17:14	-4053	-0,3079	-0,3357	-0,3218	-0,2793	-0,3251	-0,3022	-0,2206	-0,2632	-0,2419	-0,1824	-0,3218	-0,3022	-0,2419	-0,1957	-0,1700
18	18:00	-4703	-0,3637	-0,3869	-0,3753	-0,3385	-0,3677	-0,3531	-0,2762	-0,2983	-0,2872	-0,2327	-0,3753	-0,3531	-0,2872	-0,2360	-0,2148
19	19:11	-5367	-0,4234	-0,4442	-0,4338	-0,3911	-0,4251	-0,4081	-0,3307	-0,3473	-0,3390	-0,2913	-0,4338	-0,4081	-0,3390	-0,2839	-0,2715
20	19:16	-6005	-0,4723	-0,4939	-0,4831	-0,4289	-0,4756	-0,4523	-0,3719	-0,3930	-0,3825	-0,3346	-0,4831	-0,4523	-0,3825	-0,3226	-0,3171
21	19:30	-3360	-0,2718	-0,3082	-0,2900	-0,2408	-0,3124	-0,2766	-0,2129	-0,2567	-0,2348	-0,2000	-0,2900	-0,2766	-0,2348	-0,1984	-0,1969
22	19:43	-854	-0,0688	-0,1173	-0,0930	-0,0499	-0,1258	-0,0879	-0,0540	-0,0969	-0,0755	-0,0592	-0,0930	-0,0879	-0,0755	-0,0609	-0,0622
23	19:55	-454	-0,0373	-0,0842	-0,0607	-0,0217	-0,0919	-0,0568	-0,0288	-0,0677	-0,0482	-0,0362	-0,0607	-0,0568	-0,0482	-0,0379	-0,0388
24	20:12	-79	-0,0234	-0,0391	-0,0312	-0,0177	-0,0387	-0,0282	-0,0168	-0,0254	-0,0211	-0,0218	-0,0312	-0,0282	-0,0211	-0,0161	-0,0165

Prüfkörper: **B.K61**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

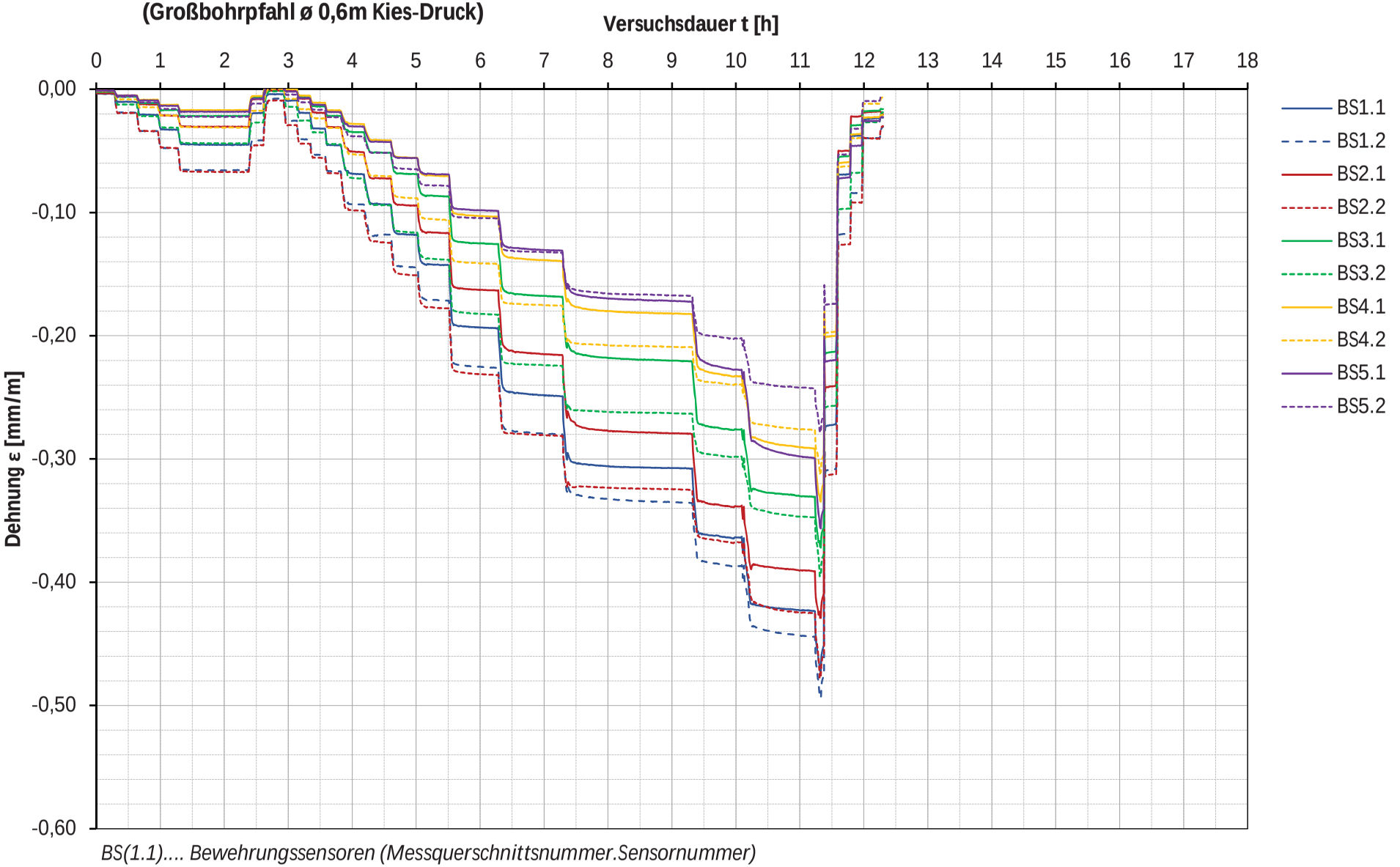
Messwerte Kettenextensometer



KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.K61**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Messwerte Bewehrungssensoren

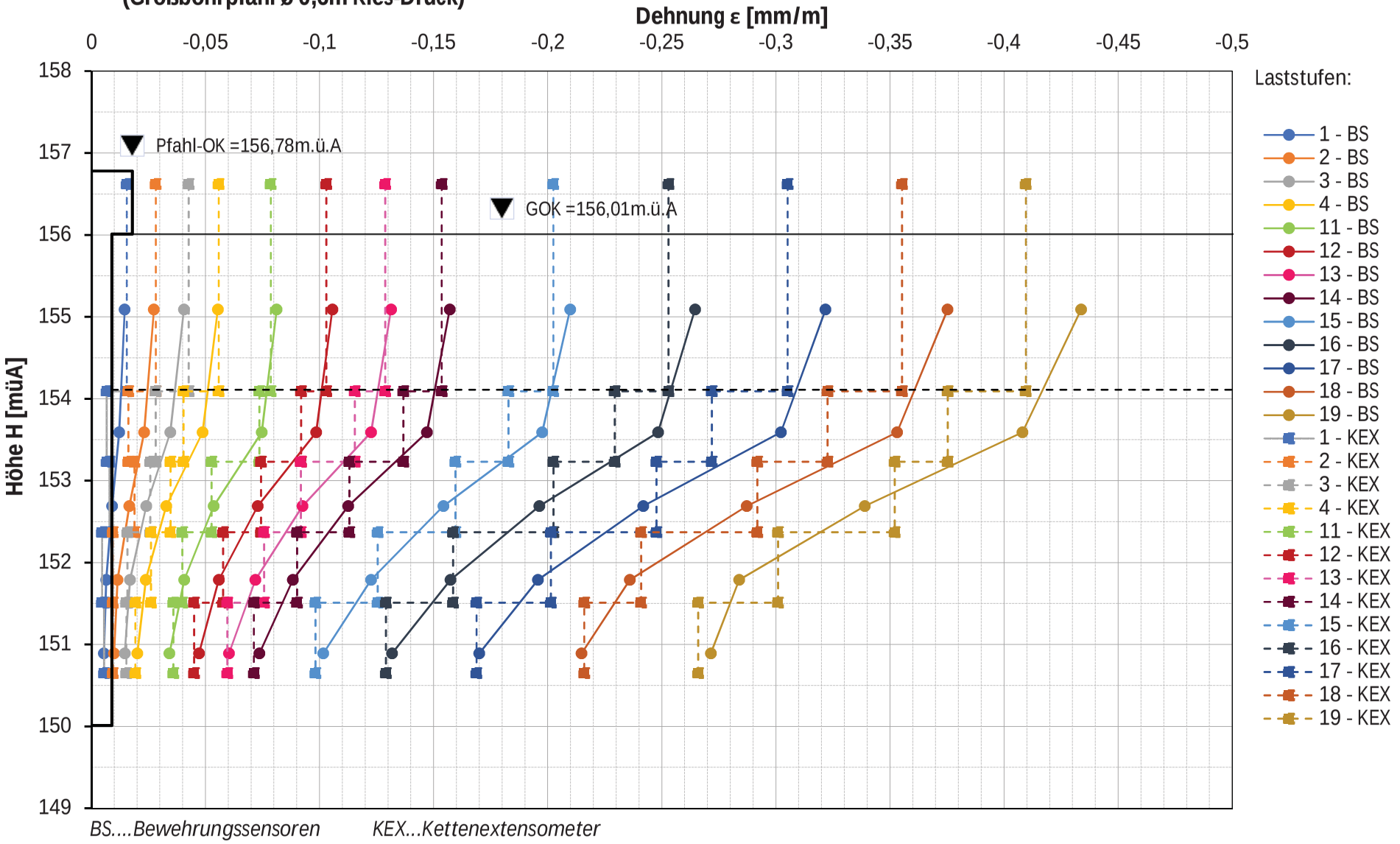


BS(1.1).... Bewehrungssensoren (Messquerschnittsnummer.Sensornummer)

Prüfkörper: **B.K61**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



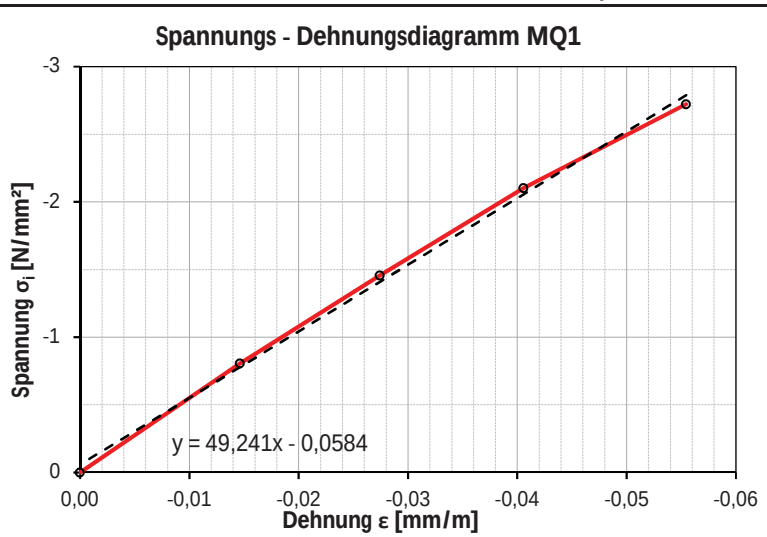
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.K61 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	BS1.MW ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-235,90	-0,81	-0,01462
2	-425,63	-1,46	-0,02742
3	-614,64	-2,10	-0,04056
4	-795,52	-2,72	-0,05544

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	49,24 N/mm²
Querschnittsnummer:	3
E-Modul Beton E_c=	**38,41 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	610	156,01	154,11	0,00	8256,00	12441,33	271549,33
2	Prüfstrecke	600	154,11	150,01	0,00	7401,30	492,88	274849,16
3	BS1	610	155,09	155,09	0,00	6371,15	12441,33	273434,18
4	BS2	600	153,59	153,59	0,00	8256,11	492,88	273994,34
5	BS3	600	152,69	152,69	0,00	8256,11	492,88	273994,34
6	BS4	600	151,79	151,79	0,00	8256,11	492,88	273994,34
7	BS5	600	150,89	150,89	0,00	6371,15	492,88	275879,30
8	mittel KEX1	610	156,62	154,09	0,00	7247,32	12441,33	272558,01
9	mittel KEX2	600	154,09	153,23	0,00	8256,11	492,88	273994,34
10	mittel KEX3	600	153,23	152,37	0,00	8256,11	492,88	273994,34
11	mittel KEX4	600	152,37	151,51	0,00	6721,84	492,88	275528,61
12	mittel KEX5	600	151,51	150,65	0,00	6371,15	492,88	275879,30

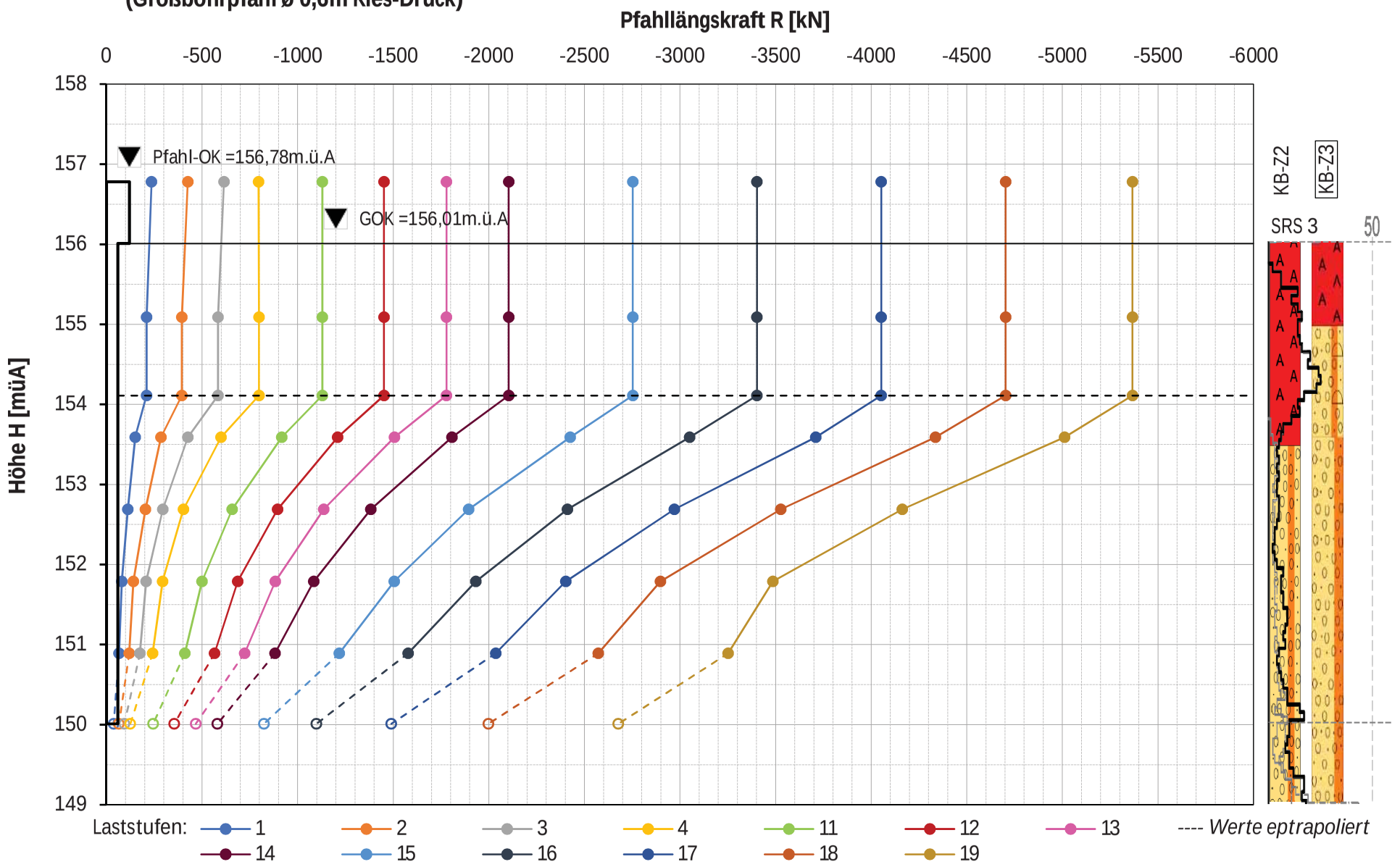
Prüfkörper: **B.K61** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN]	$F_{m,MQ1}$ [kN]	$F_{m,OK-PS}$ [kN]	$F_{m,MQ2}$ [kN]	$F_{m,MQ3}$ [kN]	$F_{m,MQ4}$ [kN]	$F_{m,MQ5}$ [kN]	$R_{b,m}$ [kN]	$R_{s,m}$ [kN]
		H: 156,78 m	H: 155,09 m	H: 154,11 m	H: 153,59 m	H: 152,69 m	H: 151,79 m	H: 150,89 m	H: 150,01 m	
1	08:34	-236	-210	-210	-150	-112	-80	-66	-38	-198
2	08:53	-426	-395	-395	-285	-204	-140	-119	-65	-360
3	09:13	-615	-584	-584	-425	-295	-208	-175	-94	-521
4	10:18	-796	-798	-798	-599	-403	-293	-241	-125	-671
7	11:05	-242	-242	-242	-182	-85	-46	-40	0	-242
8	11:17	-427	-427	-427	-319	-192	-129	-106	-36	-391
9	11:31	-615	-615	-615	-459	-299	-212	-175	-82	-533
10	11:45	-804	-804	-804	-607	-407	-298	-247	-129	-674
11	12:07	-1129	-1129	-1129	-918	-658	-500	-410	-244	-885
12	12:30	-1452	-1452	-1452	-1210	-895	-687	-565	-355	-1097
13	12:55	-1779	-1779	-1779	-1506	-1136	-883	-722	-467	-1312
14	13:25	-2104	-2104	-2104	-1807	-1382	-1084	-882	-581	-1523
15	14:12	-2753	-2753	-2753	-2426	-1895	-1505	-1218	-824	-1929
16	15:13	-3403	-3403	-3403	-3050	-2412	-1933	-1578	-1098	-2304
17	17:14	-4053	-4053	-4053	-3711	-2971	-2403	-2036	-1490	-2563
18	18:00	-4703	-4703	-4703	-4336	-3527	-2898	-2573	-1998	-2705
19	19:11	-5367	-5367	-5367	-5011	-4163	-3487	-3251	-2678	-2689

Prüfkörper: **B.K61**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

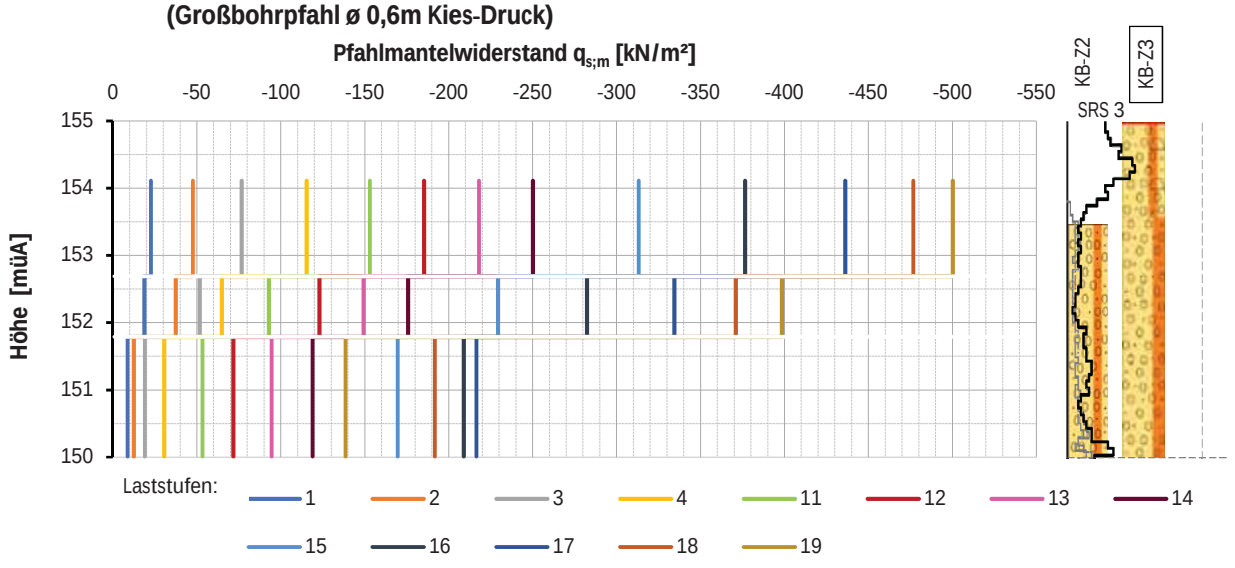


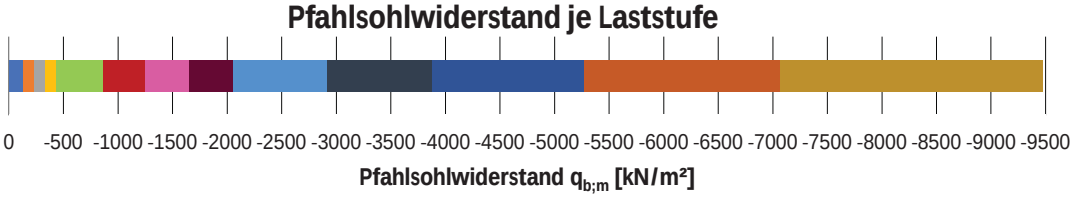
Prüfkörper: **B.K61** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,60 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-235,90	0,11	0,0002	-23	-19	-9	-17	-134
2	-425,63	-0,19	-0,0003	-48	-37	-12	-32	-231
3	-614,64	-0,80	-0,0013	-77	-52	-19	-49	-332
4	-795,52	-1,51	-0,0025	-115	-65	-31	-70	-442
5	-426,62	-1,31	-0,0022					
6	-52,45	-0,75	-0,0012					
7	-241,80	-0,86	-0,0014	-58	-23	-4	-28	0
8	-427,08	-1,09	-0,0018	-75	-37	-14	-42	-128
9	-614,59	-1,34	-0,0022	-94	-51	-22	-56	-289
10	-803,66	-1,68	-0,0028	-118	-64	-30	-71	-458
11	-1129,17	-3,95	-0,0066	-153	-93	-53	-100	-864
12	-1451,70	-6,88	-0,0115	-185	-123	-72	-127	-1.254
13	-1778,59	-10,27	-0,0171	-218	-149	-95	-154	-1.652
14	-2103,87	-14,24	-0,0237	-250	-176	-119	-182	-2.054
15	-2752,75	-24,13	-0,0402	-313	-229	-170	-237	-2.914
16	-3402,61	-36,66	-0,0611	-377	-282	-209	-289	-3.884
17	-4052,93	-55,90	-0,0932	-436	-334	-217	-329	-5.271
18	-4703,30	-82,05	-0,1368	-477	-371	-192	-346	-7.066
19	-5366,53	-126,99	-0,2116	-500	-399	-139	-346	-9.471
20	-6004,98	-163,38	-0,2723					
21	-3359,81	-163,01	-0,2717					

Prüfkörper: **B.K61** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

V E R S U C H S A U S W E R T U N G

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **03.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.K62**
Prüffeld:	2
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Kies
Herstellungsverfahren:	Schneckenortbetonpfahl (SOB)

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	42
Prüfdatum:	18.10.2017
Versuchsbeginn:	07:33 Uhr
Versuchsende:	21:16 Uhr
Wetterbedingungen:	7:00h 12°C sonnig
besondere Versuchsbedingungen:	teilweise unplausible Messwerte KEX 3

Geometrie Prüfkörper:

Pfahldurchmesser D=	600,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	282743,34	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,8	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,03	müA
OK Prüfstrecke (PS):	154,13	müA
UK Pfahl:	150,03	müA
Länge ohne Mantelreibung:	2,67	m
Länge Prüfstrecke:	4,10	m
Pfahllänge:	6,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30/BS-TB1/GK16**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	35,20	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	ja
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein

		Sensornummer:		Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1		156,66 müA
GOK	MQ1	BS1.1	BS2.1	155,10 müA
keine Mantelreibung				
OK PS		KEX2		154,13 müA
Prüfstrecke	MQ2	BS2.1	BS2	153,55 müA
		KEX3		153,27 müA
	MQ3	BS3.1	BS3.2	152,65 müA
		KEX4		152,41 müA
	MQ4	BS4.1	BS4.2	151,75 müA
		KEX5		151,55 müA
	MQ5	BS5.1	BS5.2	150,85 müA
UK Pfahl				

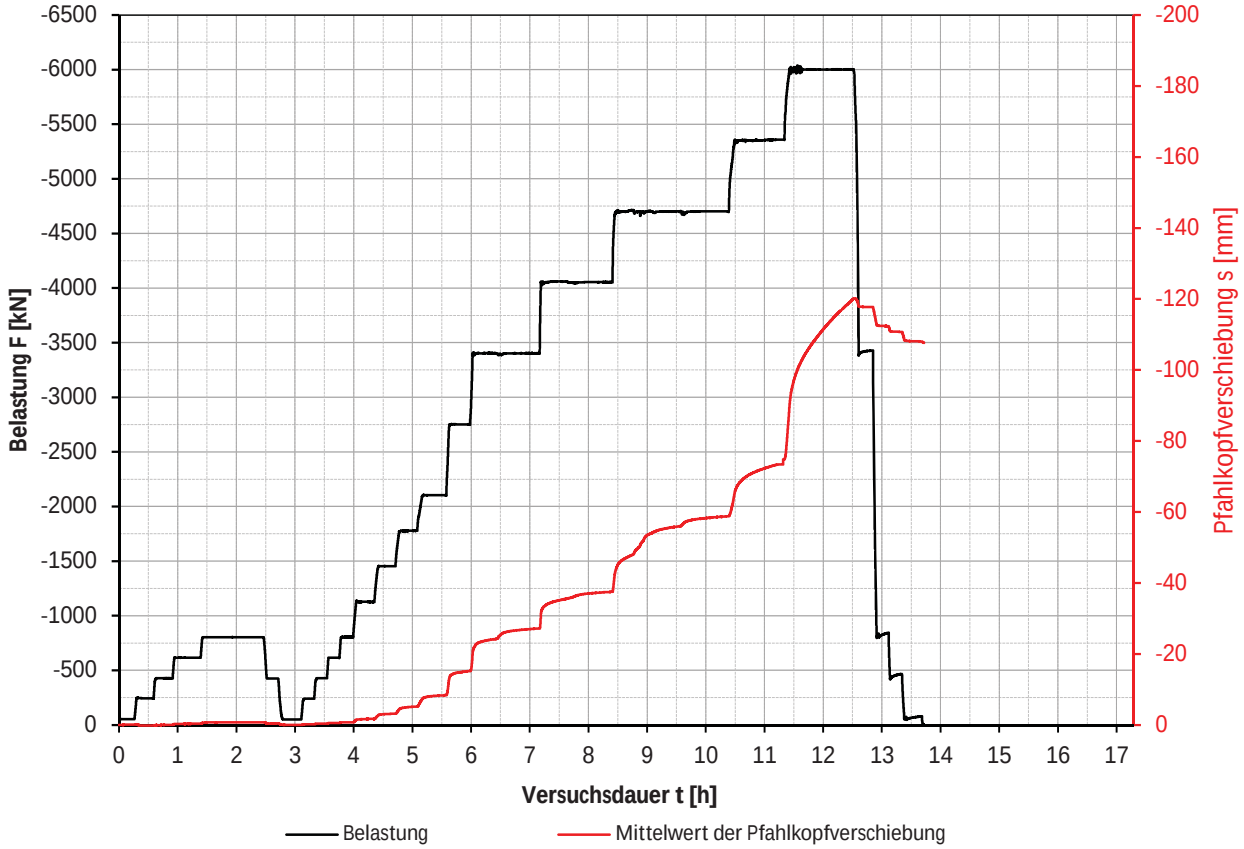
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

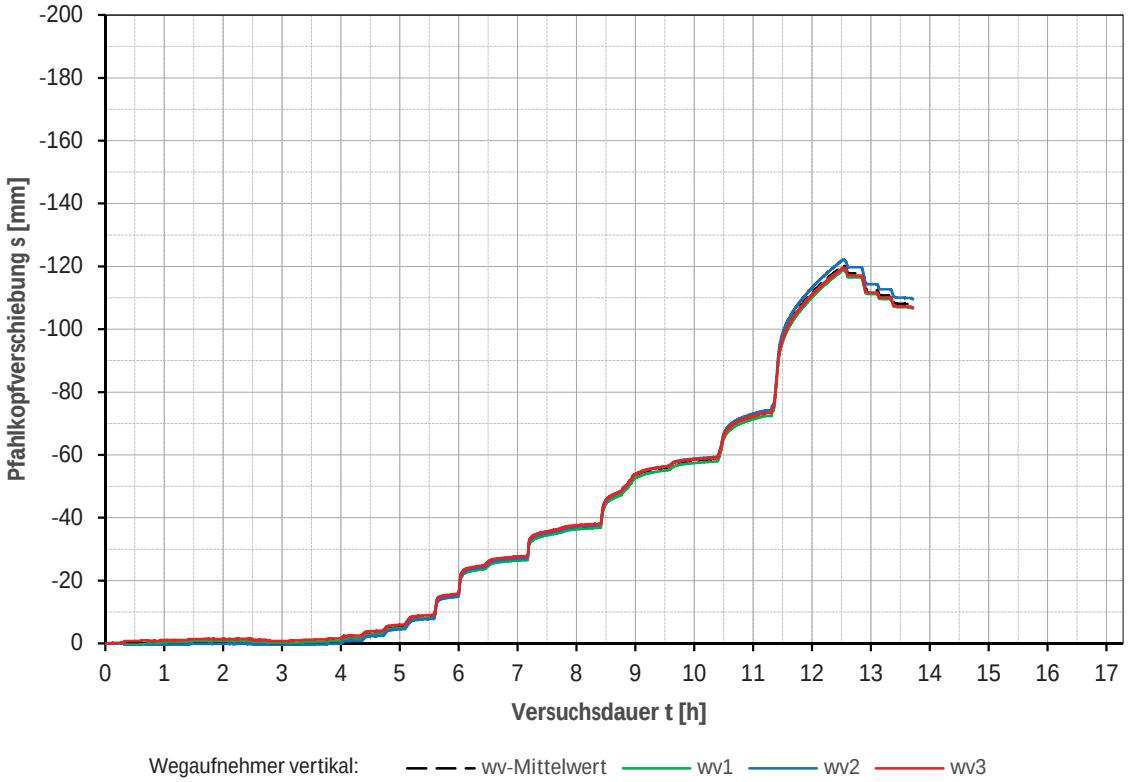
Anmerkungen:

Längskraftverlauf:
-Die Werte im MQ3 wurden zwischen MQ2 und MQ4 interpoliert.
E-Modul:
Berechnung mit LS 1-12, darüber Steifigkeitsverlust im Querschnitt MQ1.

Prüfkörper: **B.K62 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K62 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K62** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

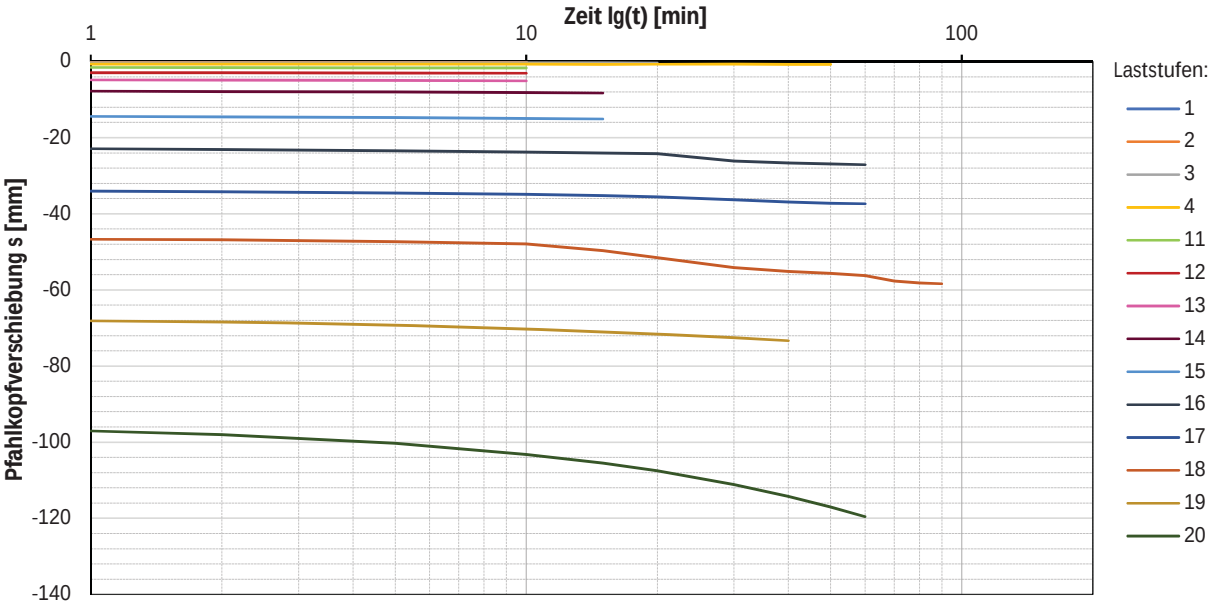
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y **[mm]**
0	07:33	07:48	-50	-52	-0,07																		
1	07:52	08:07	-238	-243	0,19	0,15	0,16	0,16	0,17										2	10	0,16	0,17	**0,01**
2	08:12	08:27	-425	-426	-0,03	0,05	0,05	0,02	-0,03										2	10	0,05	-0,03	**-0,12**
3	08:31	08:55	-613	-616	-0,34	-0,29	-0,30	-0,30	-0,32	-0,35	-0,35								10	20	-0,32	-0,35	**-0,10**
4	09:00	10:00	-800	-803	-0,70	-0,68	-0,68	-0,69	-0,69	-0,71	-0,72	-0,70							30	50	-0,70	-0,71	**-0,07**
5	10:05	10:15	-425	-425	-0,43	-0,38	-0,38	-0,41															
6	10:23	10:38	-50	-51	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04														
7	10:42	10:52	-238	-240	-0,17	-0,16	-0,16	-0,16											1	5	-0,16	-0,16	**-0,01**
8	10:55	11:05	-425	-428	-0,35	-0,34	-0,34	-0,35											1	5	-0,34	-0,35	**-0,01**
9	11:08	11:18	-613	-614	-0,53	-0,52	-0,52	-0,53											1	5	-0,52	-0,53	**0,00**
10	11:21	11:31	-800	-804	-0,74	-0,73	-0,73	-0,74											1	5	-0,73	-0,74	**-0,02**
11	11:38	11:53	-1125	-1126	-1,69	-1,56	-1,57	-1,64	-1,68										2	10	-1,57	-1,68	**-0,15**
12	11:59	12:14	-1450	-1453	-3,14	-2,92	-2,95	-3,02	-3,08										2	10	-2,95	-3,08	**-0,19**
13	12:22	12:37	-1775	-1778	-5,17	-4,82	-4,86	-4,97	-5,09										2	10	-4,86	-5,09	**-0,33**
14	12:45	13:05	-2100	-2103	-8,33	-7,79	-7,87	-8,02	-8,16	-8,26									5	15	-8,02	-8,26	**-0,52**
15	13:14	13:30	-2750	-2752	-15,13	-14,42	-14,52	-14,72	-14,92	-15,10									5	15	-14,72	-15,10	**-0,80**
16	13:38	14:41	-3400	-3403	-27,14	-22,92	-23,09	-23,42	-23,78	-24,01	-24,19	-26,13	-27,11						50	60	-26,90	-27,11	**-2,65**
17	14:50	15:55	-4050	-4054	-37,47	-34,04	-34,18	-34,52	-34,92	-35,22	-35,53	-36,34	-37,38						30	60	-36,34	-37,38	**-3,45**
18	16:08	17:47	-4700	-4702	-58,63	-46,72	-46,86	-47,31	-47,94	-49,72	-51,55	-54,09	-56,21						80	90	-58,13	-58,39	**-5,16**
19	18:06	18:53	-5350	-5358	-74,84	-68,11	-68,44	-69,24	-70,29	-71,01	-71,61	-72,55							30	40	-72,55	-73,34	**-6,35**
20	19:02	20:03	-6000	-6002	-119,82	-97,06	-98,03	-100,29	-103,20	-105,54	-107,56	-111,10	-119,55						30	50	-111,10	-117,03	**-26,71**
21	20:09	20:20	-3400	-3426	-117,76	-117,82	-117,81	-117,78	-117,77														
22	20:27	20:37	-800	-837	-112,37	-112,59	-112,54	-112,41															
23	20:41	20:51	-425	-463	-110,74	-110,86	-110,82	-110,77															
24	20:56	21:14	-50	-79	-108,03	-108,33	-108,25	-108,14	-108,08	-108,05													

Prüfkörper: **B.K62**

Zeitverformung

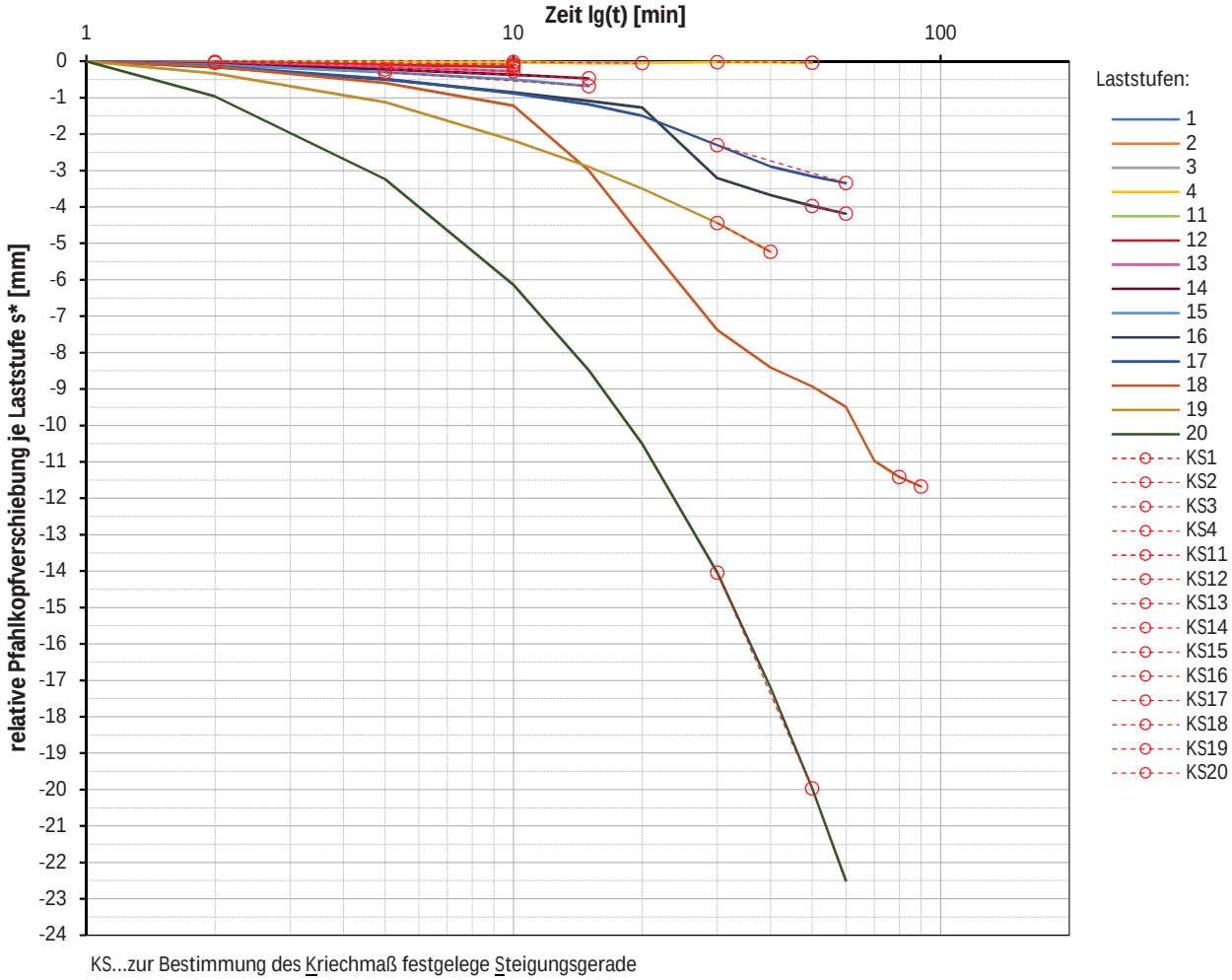
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K62**

relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

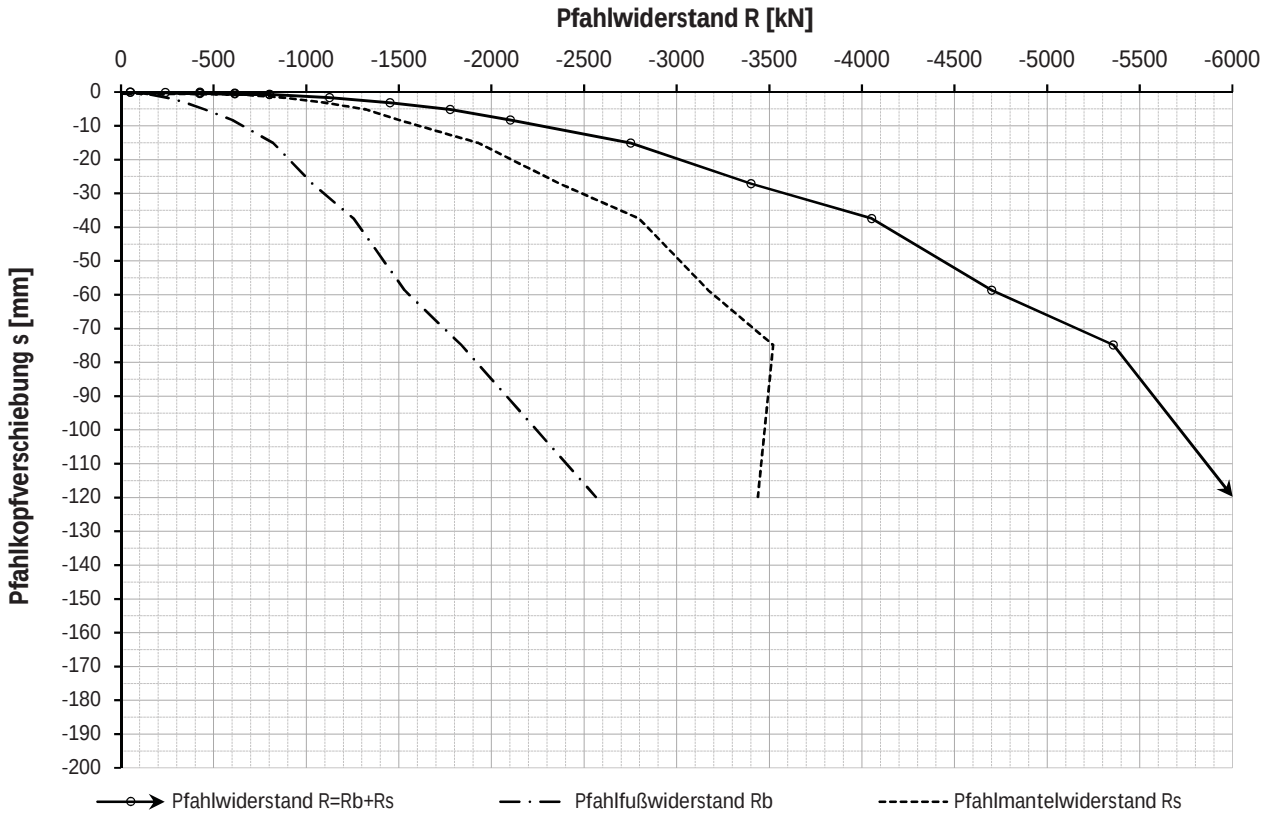


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.K62**

Widerstands-Verschiebungslinie

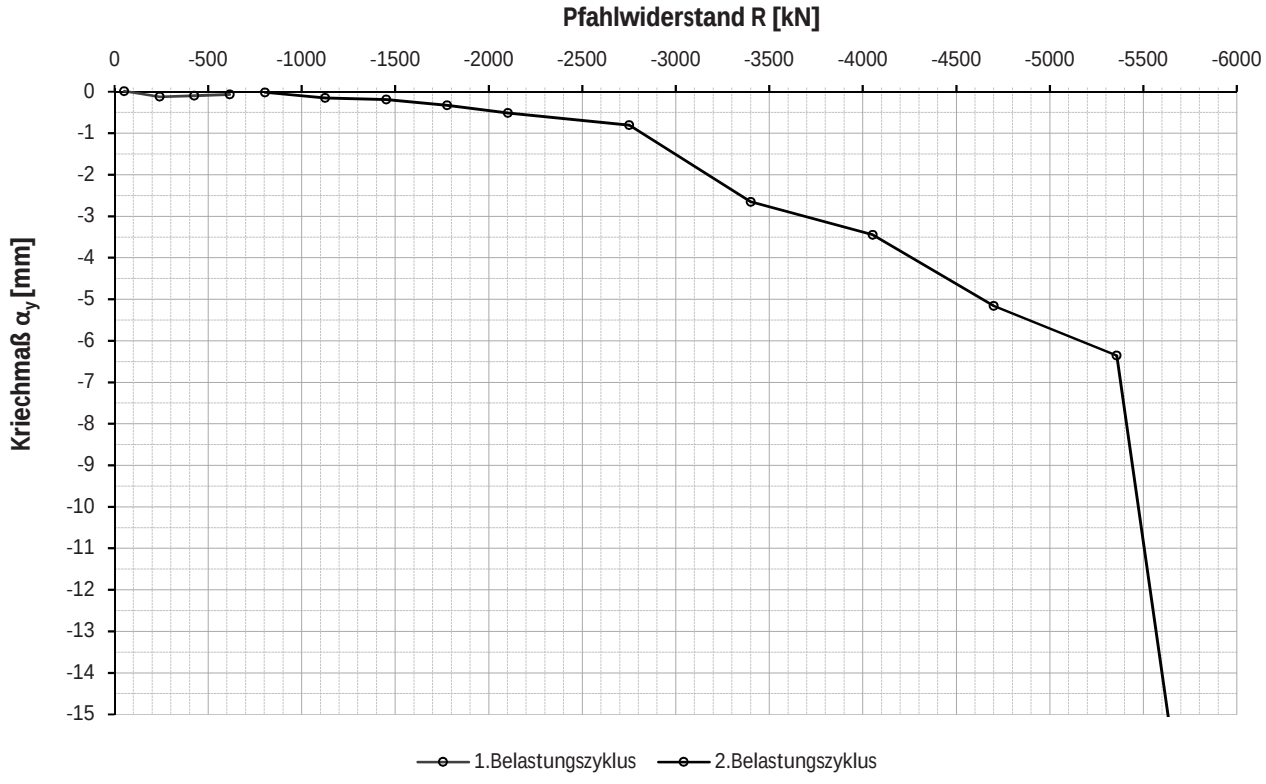
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K62**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K62** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,40 m	H: 153,70 m	H: 152,84 m	H: 151,98 m	H: 151,12 m	H: 155,40 m	H: 153,70 m	H: 152,84 m	H: 151,98 m	H: 151,12 m
1	08:07	-243	-0,0192	-0,0081	18,4590	-0,0107	-0,0046	-0,0192	-0,0081	18,4590	-0,0107	-0,0046
2	08:27	-426	-0,0347	-0,0166	0,4966	-0,0133	-0,0098	-0,0347	-0,0166	0,4966	-0,0133	-0,0098
3	08:55	-616	-0,0515	-0,0271	0,0939	-0,0228	-0,0148	-0,0515	-0,0271	0,0939	-0,0228	-0,0148
4	10:00	-803	-0,0683	-0,0397	-0,0341	-0,0337	-0,0177	-0,0683	-0,0397	-0,0341	-0,0337	-0,0177
5	10:15	-425	-0,0346	-0,0234	1,2847	-0,0097	-0,0102	-0,0346	-0,0234	1,2847	-0,0097	-0,0102
6	10:38	-51	-0,0047	-0,0018	7,6705	0,0032	0,0000	-0,0047	-0,0018	7,6705	0,0032	0,0000
7	10:52	-240	-0,0223	-0,0088	5,1403	-0,0051	-0,0061	-0,0223	-0,0088	5,1403	-0,0051	-0,0061
8	11:05	-428	-0,0362	-0,0175	2,7180	-0,0158	-0,0096	-0,0362	-0,0175	2,7180	-0,0158	-0,0096
9	11:18	-614	-0,0498	-0,0287	1,0731	-0,0249	-0,0126	-0,0498	-0,0287	1,0731	-0,0249	-0,0126
10	11:31	-804	-0,0689	-0,0377	7,8674	-0,0331	-0,0169	-0,0689	-0,0377	7,8674	-0,0331	-0,0169
11	11:53	-1126	-0,0938	-0,0569	3,4567	-0,0468	-0,0317	-0,0938	-0,0569	3,4567	-0,0468	-0,0317
12	12:14	-1453	-0,1270	-0,0776	-0,0602	-0,0609	-0,0430	-0,1270	-0,0776	-0,0602	-0,0609	-0,0430
13	12:37	-1778	-0,1502	-0,0962	-0,0779	-0,0796	-0,0560	-0,1502	-0,0962	-0,0779	-0,0796	-0,0560
14	13:05	-2103	-0,1903	-0,1163	-0,0992	-0,0969	-0,0666	-0,1903	-0,1163	-0,0992	-0,0969	-0,0666
15	13:30	-2752	-0,2429	-0,1573	-0,1376	-0,1298	-0,0937	-0,2429	-0,1573	-0,1376	-0,1298	-0,0937
16	14:41	-3403	-0,3077	-0,2065	-0,1766	-0,1664	-0,1173	-0,3077	-0,2065	-0,1766	-0,1664	-0,1173
17	15:55	-4054	-0,3690	-0,2485	-0,2178	-0,1989	-0,1413	-0,3690	-0,2485	-0,2178	-0,1989	-0,1413
18	17:47	-4702	-0,4375	-0,2999	-0,2619	-0,2350	-0,1685	-0,4375	-0,2999	-0,2619	-0,2350	-0,1685
19	18:53	-5358	-0,4981	-0,3447	-0,3055	-0,2736	-0,2010	-0,4981	-0,3447	-0,3055	-0,2736	-0,2010
20	20:03	-6002	-0,5639	-0,3937	-0,3589	-0,3362	-0,2608	-0,5639	-0,3937	-0,3589	-0,3362	-0,2608
21	20:20	-3426	-0,3545	-0,2453	-0,2467	-0,2144	-0,1696	-0,3545	-0,2453	-0,2467	-0,2144	-0,1696
22	20:37	-837	-0,1119	-0,0752	-0,0796	-0,0665	-0,0553	-0,1119	-0,0752	-0,0796	-0,0665	-0,0553
23	20:51	-463	-0,0744	-0,0469	-0,0492	-0,0452	-0,0313	-0,0744	-0,0469	-0,0492	-0,0452	-0,0313
24	21:14	-79	-0,0325	-0,0184	-0,0264	-0,0169	-0,0074	-0,0325	-0,0184	-0,0264	-0,0169	-0,0074

Prüfkörper: **B.K62** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

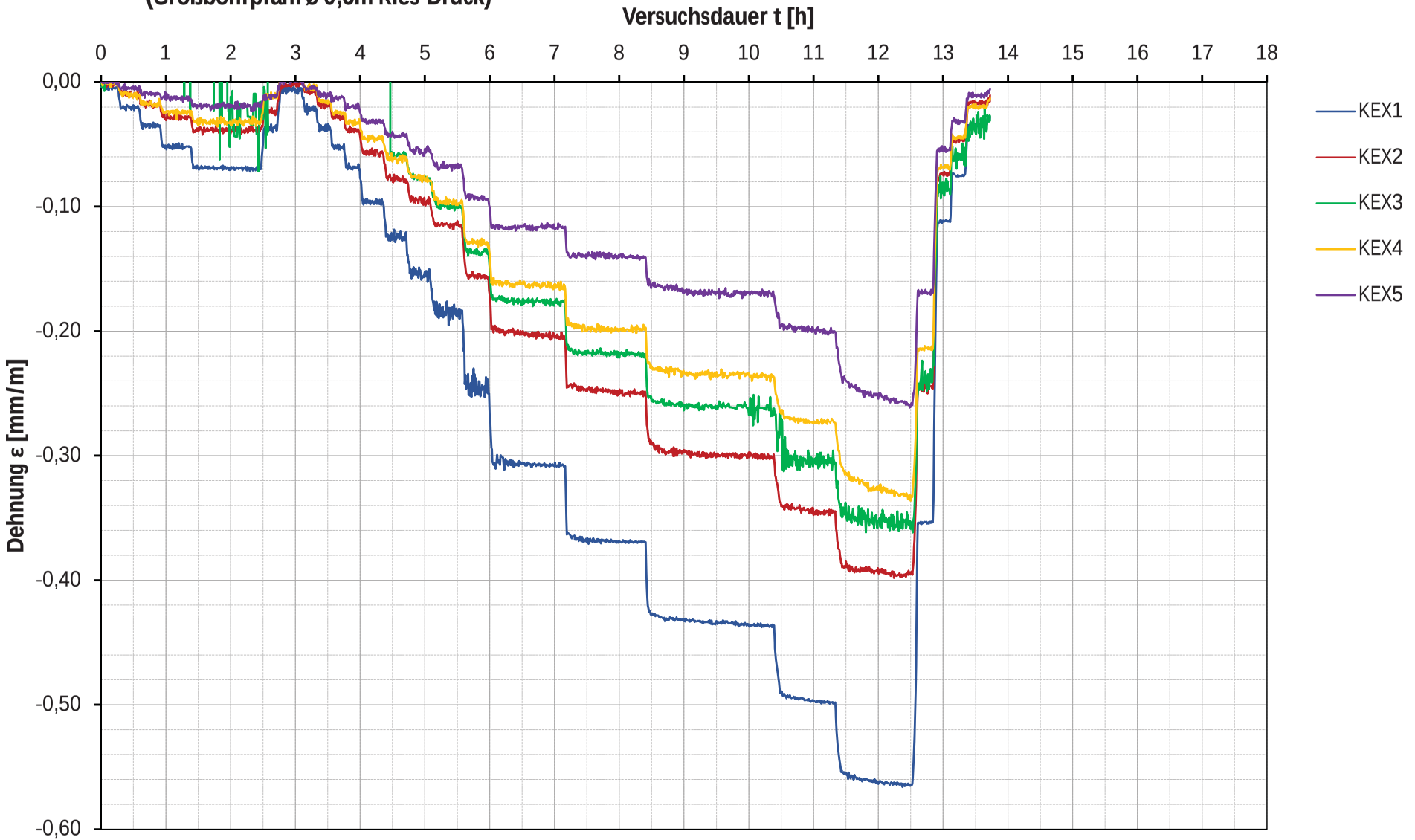
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Bewehrungssensoren (BS)

Laststufen			Messwerte - Bewehrungssensoren										korrigierte Messwerte - Bewehrungssensoren je MQ				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,BS1.1}$	$\varepsilon_{m,BS1.2}$	$\varepsilon_{m,BS2.1}$	$\varepsilon_{m,BS2.2}$	$\varepsilon_{m,BS3.1}$	$\varepsilon_{m,BS3.2}$	$\varepsilon_{m,BS4.1}$	$\varepsilon_{m,BS4.2}$	$\varepsilon_{m,BS5.1}$	$\varepsilon_{m,BS5.2}$	$\varepsilon_{m,BS1}$	$\varepsilon_{m,BS2}$	$\varepsilon_{m,BS3}$	$\varepsilon_{m,BS4}$	$\varepsilon_{m,BS5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,10 m	H: 153,55 m	H: 153,55 m	H: 153,55 m	H: 152,65 m	H: 152,65 m	H: 151,75 m	H: 151,75 m	H: 150,85 m	H: 150,85 m	H: 155,10 m	H: 153,55 m	H: 152,65 m	H: 151,75 m	H: 150,85 m
1	08:07	-243	-0,0226	-0,0118	-0,0172	-0,0220	-0,0097	-0,0159	-0,0108	-0,0082	-0,0095	-0,0083	-0,0172	-0,0159	-0,0095	-0,0083	-0,0066
2	08:27	-426	-0,0382	-0,0225	-0,0303	-0,0370	-0,0187	-0,0278	-0,0188	-0,0150	-0,0169	-0,0149	-0,0303	-0,0278	-0,0169	-0,0150	-0,0119
3	08:55	-616	-0,0560	-0,0341	-0,0450	-0,0553	-0,0294	-0,0424	-0,0294	-0,0216	-0,0255	-0,0232	-0,0450	-0,0424	-0,0255	-0,0226	-0,0179
4	10:00	-803	-0,0739	-0,0456	-0,0597	-0,0731	-0,0390	-0,0561	-0,0405	-0,0288	-0,0346	-0,0322	-0,0597	-0,0561	-0,0346	-0,0306	-0,0241
5	10:15	-425	-0,0448	-0,0224	-0,0336	-0,0462	-0,0178	-0,0320	-0,0239	-0,0150	-0,0195	-0,0189	-0,0336	-0,0320	-0,0195	-0,0172	-0,0136
6	10:38	-51	-0,0084	-0,0043	-0,0064	-0,0083	-0,0039	-0,0061	-0,0036	-0,0026	-0,0031	-0,0034	-0,0064	-0,0061	-0,0031	-0,0025	-0,0018
7	10:52	-240	-0,0285	-0,0113	-0,0199	-0,0292	-0,0071	-0,0182	-0,0139	-0,0072	-0,0105	-0,0108	-0,0199	-0,0182	-0,0105	-0,0090	-0,0071
8	11:05	-428	-0,0445	-0,0216	-0,0331	-0,0454	-0,0162	-0,0308	-0,0232	-0,0140	-0,0186	-0,0182	-0,0331	-0,0308	-0,0186	-0,0164	-0,0128
9	11:18	-614	-0,0597	-0,0327	-0,0462	-0,0602	-0,0262	-0,0432	-0,0325	-0,0213	-0,0269	-0,0252	-0,0462	-0,0432	-0,0269	-0,0235	-0,0185
10	11:31	-804	-0,0749	-0,0448	-0,0598	-0,0745	-0,0374	-0,0559	-0,0415	-0,0286	-0,0350	-0,0328	-0,0598	-0,0559	-0,0350	-0,0309	-0,0244
11	11:53	-1126	-0,0968	-0,0684	-0,0826	-0,0931	-0,0611	-0,0771	-0,0567	-0,0434	-0,0500	-0,0459	-0,0826	-0,0771	-0,0500	-0,0444	-0,0357
12	12:14	-1453	-0,1214	-0,0928	-0,1071	-0,1144	-0,0848	-0,0996	-0,0737	-0,0586	-0,0661	-0,0611	-0,1071	-0,0996	-0,0661	-0,0591	-0,0481
13	12:37	-1778	-0,1467	-0,1189	-0,1328	-0,1394	-0,1108	-0,1251	-0,0966	-0,0711	-0,0838	-0,0808	-0,1328	-0,1251	-0,0838	-0,0752	-0,0613
14	13:05	-2103	-0,1762	-0,1423	-0,1592	-0,1667	-0,1337	-0,1502	-0,1186	-0,0917	-0,1052	-0,1009	-0,1592	-0,1502	-0,1052	-0,0945	-0,0776
15	13:30	-2752	-0,2344	-0,1890	-0,2117	-0,2195	-0,1772	-0,1983	-0,1599	-0,1229	-0,1414	-0,1369	-0,2117	-0,1983	-0,1414	-0,1270	-0,1044
16	14:41	-3403	-0,2993	-0,2366	-0,2679	-0,2831	-0,2205	-0,2518	-0,2086	-0,1536	-0,1811	-0,1781	-0,2679	-0,2518	-0,1811	-0,1618	-0,1318
17	15:55	-4054	-0,3612	-0,2877	-0,3244	-0,3446	-0,2677	-0,3061	-0,2552	-0,1891	-0,2221	-0,2158	-0,3244	-0,3061	-0,2221	-0,1978	-0,1602
18	17:47	-4702	-0,4359	-0,3313	-0,3836	-0,4216	-0,3057	-0,3637	-0,3097	-0,2275	-0,2686	-0,2579	-0,3836	-0,3637	-0,2686	-0,2377	-0,1930
19	18:53	-5358	-0,4979	-0,3836	-0,4408	-0,4800	-0,3551	-0,4175	-0,3531	-0,2710	-0,3120	-0,2906	-0,4408	-0,4175	-0,3120	-0,2770	-0,2271
20	20:03	-6002	-0,5600	-0,4429	-0,5014	-0,5284	-0,4135	-0,4710	-0,3859	-0,3350	-0,3605	-0,3307	-0,5014	-0,4710	-0,3605	-0,3353	-0,2901
21	20:20	-3426	-0,3658	-0,2641	-0,3149	-0,3453	-0,2467	-0,2960	-0,2517	-0,2101	-0,2309	-0,2159	-0,3149	-0,2960	-0,2309	-0,2184	-0,1937
22	20:37	-837	-0,1379	-0,0739	-0,1059	-0,1293	-0,0644	-0,0968	-0,0858	-0,0670	-0,0764	-0,0708	-0,1059	-0,0968	-0,0764	-0,0743	-0,0687
23	20:51	-463	-0,1021	-0,0445	-0,0733	-0,0974	-0,0344	-0,0659	-0,0609	-0,0434	-0,0521	-0,0481	-0,0733	-0,0659	-0,0521	-0,0507	-0,0473
24	21:14	-79	-0,0538	-0,0241	-0,0390	-0,0469	-0,0195	-0,0332	-0,0255	-0,0266	-0,0261	-0,0183	-0,0390	-0,0332	-0,0261	-0,0261	-0,0241

Prüfkörper: **B.K62**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

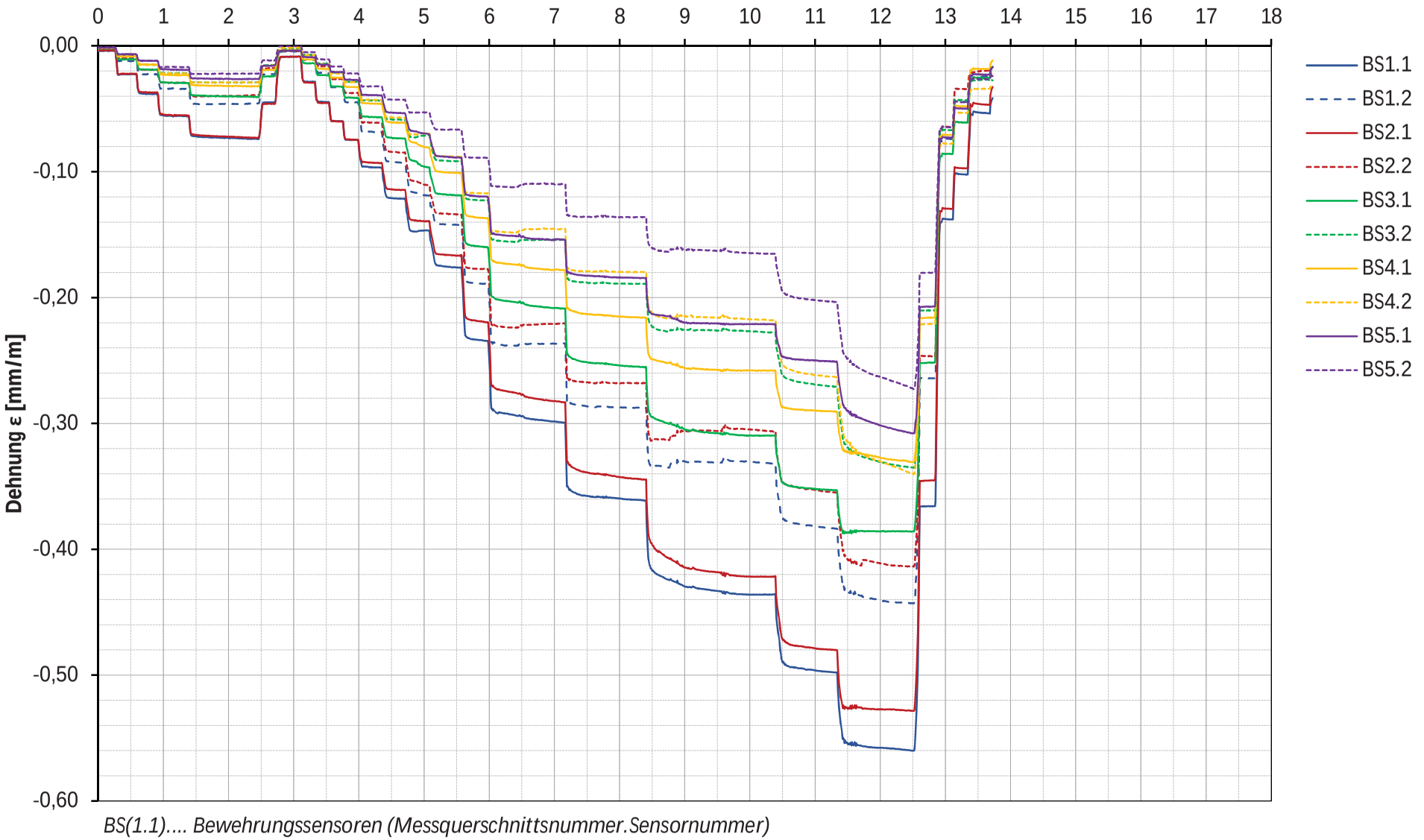
Messwerte Kettenextensometer



KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.K62**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Messwerte Bewehrungssensoren

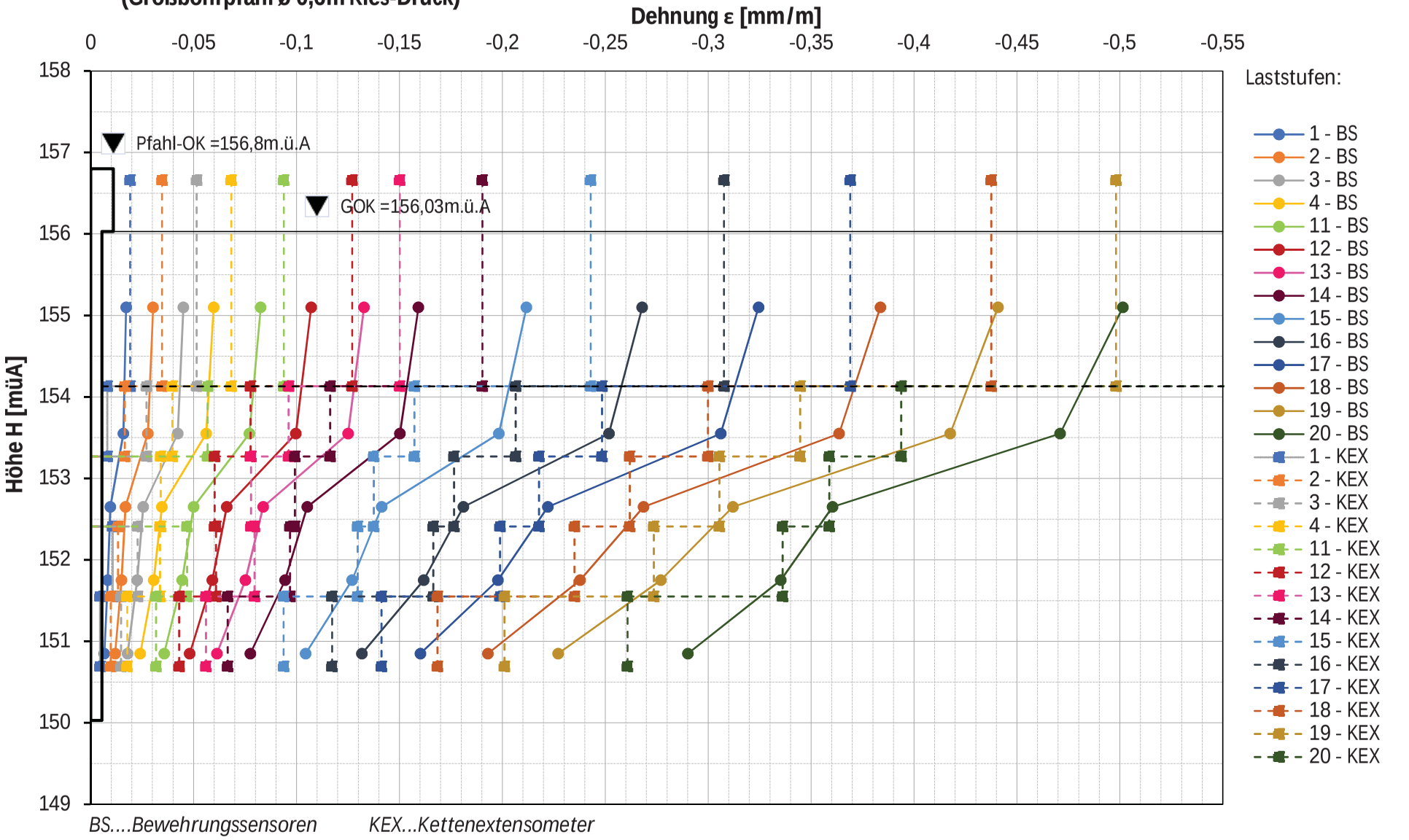


BS(1.1).... Bewehrungssensoren (Messquerschnittsnummer.Sensornummer)

Prüfkörper: **B.K62**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



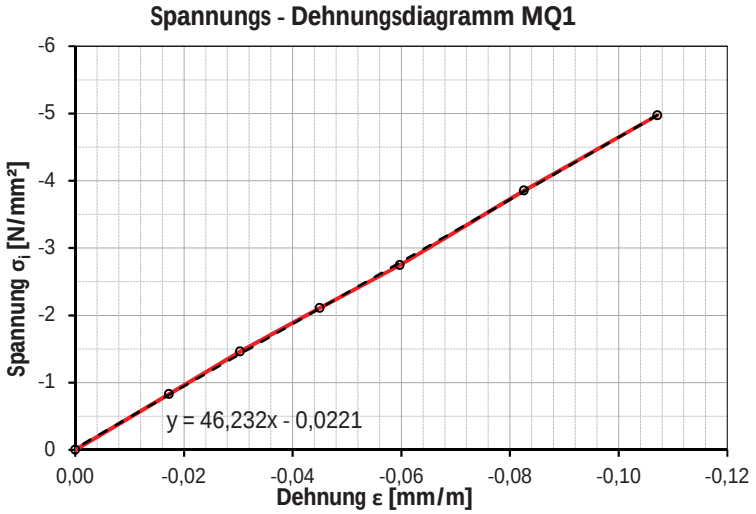
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.K62 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	BS1.MW ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-242,52	-0,83	-0,01723
2	-426,13	-1,46	-0,03033
3	-615,72	-2,11	-0,04502
4	-802,52	-2,75	-0,05972
11	-1126,11	-3,85	-0,08259
12	-1453,25	-4,97	-0,10712

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	46,23 N/mm²
Querschnittsnummer:	3
E-Modul Beton E_c=	**35,20 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	610	156,03	154,13	0,00	8256,00	12441,33	271549,33
2	Prüfstrecke	600	154,13	150,03	0,00	7401,30	492,88	274849,16
3	BS1	610	155,1	155,1	0,00	6371,15	12441,33	273434,18
4	BS2	600	153,55	153,55	0,00	8256,11	492,88	273994,34
5	BS3	600	152,65	152,65	0,00	8256,11	492,88	273994,34
6	BS4	600	151,75	151,75	0,00	8256,11	492,88	273994,34
7	BS5	600	150,85	150,85	0,00	6371,15	492,88	275879,30
8	mittel KEX1	610	156,66	154,13	0,00	7247,32	12441,33	272558,01
9	mittel KEX2	600	154,13	153,27	0,00	8256,11	492,88	273994,34
10	mittel KEX3	600	153,27	152,41	0,00	8256,11	492,88	273994,34
11	mittel KEX4	600	152,41	151,55	0,00	6721,84	492,88	275528,61
12	mittel KEX5	600	151,55	150,69	0,00	6371,15	492,88	275879,30

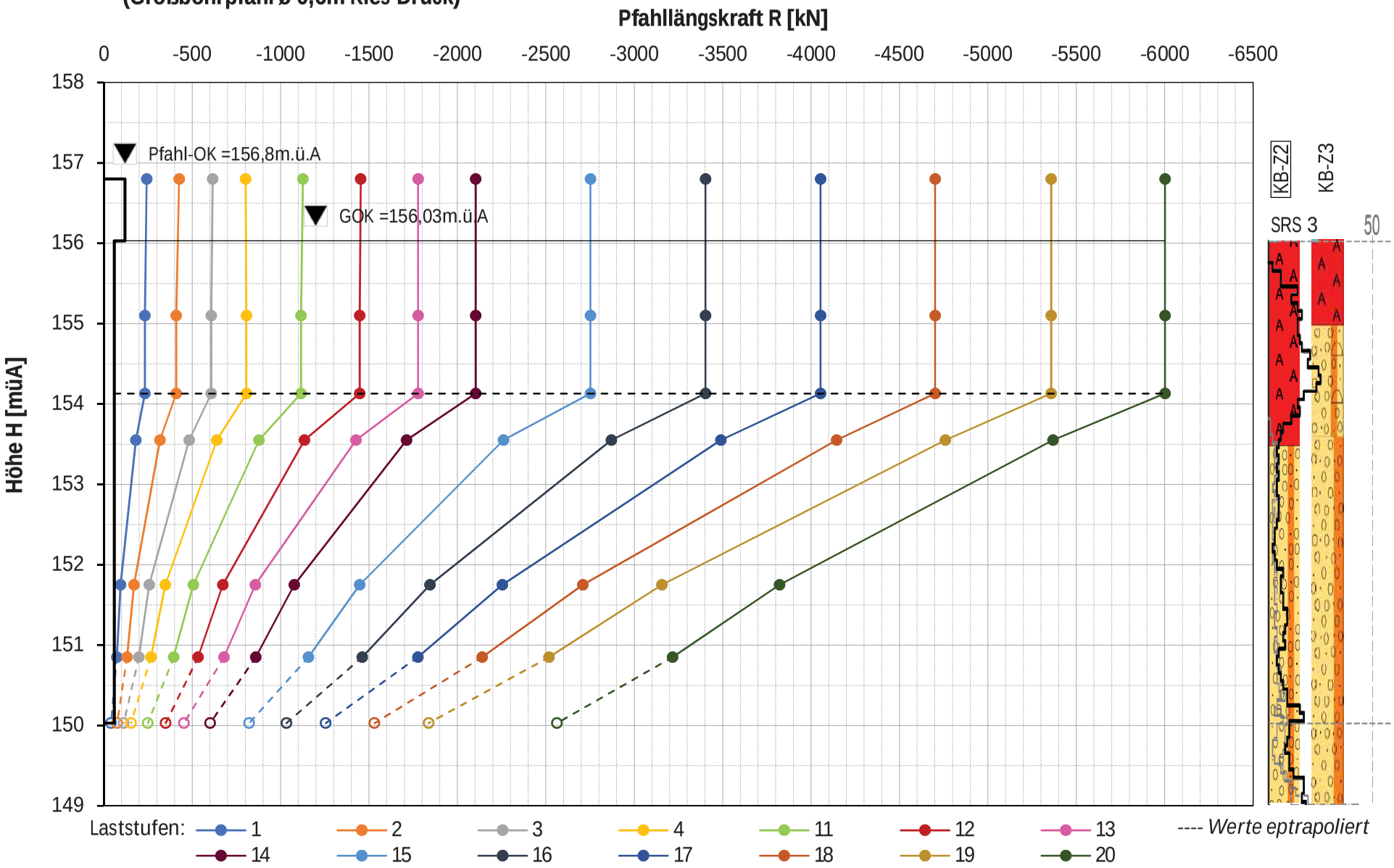
Prüfkörper: **B.K62** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN]	$F_{m,MQ1}$ [kN]	$F_{m,OK-PS}$ [kN]	$F_{m,MQ2}$ [kN]	$F_{m,MQ3}$ [kN]	$F_{m,MQ4}$ [kN]	$F_{m,MQ5}$ [kN]	$R_{b,m}$ [kN]	$R_{s,m}$ [kN]
		H: 156,80 m	H: 155,10 m	H: 154,13 m	H: 153,55 m	H: 152,65 m	H: 151,75 m	H: 150,85 m	H: 150,03 m	
1	08:07	-243	-233	-233	-181	-138	-94	-74	-41	-202
2	08:27	-426	-410	-410	-317	-244	-170	-132	-75	-351
3	08:55	-616	-608	-608	-483	-370	-258	-199	-112	-503
4	10:00	-803	-807	-807	-639	-494	-349	-267	-154	-648
7	10:52	-240	-269	-269	-207	-155	-103	-79	-40	-200
8	11:05	-428	-447	-447	-351	-269	-187	-142	-78	-350
9	11:18	-614	-624	-624	-493	-380	-268	-205	-118	-496
10	11:31	-804	-809	-809	-638	-495	-352	-270	-159	-645
11	11:53	-1126	-1116	-1116	-879	-692	-506	-396	-249	-877
12	12:14	-1453	-1447	-1447	-1136	-904	-673	-533	-350	-1103
13	12:37	-1778	-1778	-1778	-1426	-1141	-857	-680	-453	-1324
14	13:05	-2103	-2103	-2103	-1712	-1394	-1077	-860	-601	-1502
15	13:30	-2752	-2752	-2752	-2261	-1854	-1448	-1157	-822	-1930
16	14:41	-3403	-3403	-3403	-2870	-2357	-1844	-1461	-1034	-2369
17	15:55	-4054	-4054	-4054	-3490	-2872	-2255	-1776	-1256	-2798
18	17:47	-4702	-4702	-4702	-4145	-3427	-2710	-2140	-1531	-3171
19	18:53	-5358	-5358	-5358	-4759	-3958	-3157	-2518	-1837	-3521
20	20:03	-6002	-6002	-6002	-5369	-4595	-3821	-3217	-2563	-3438

Prüfkörper: **B.K62**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

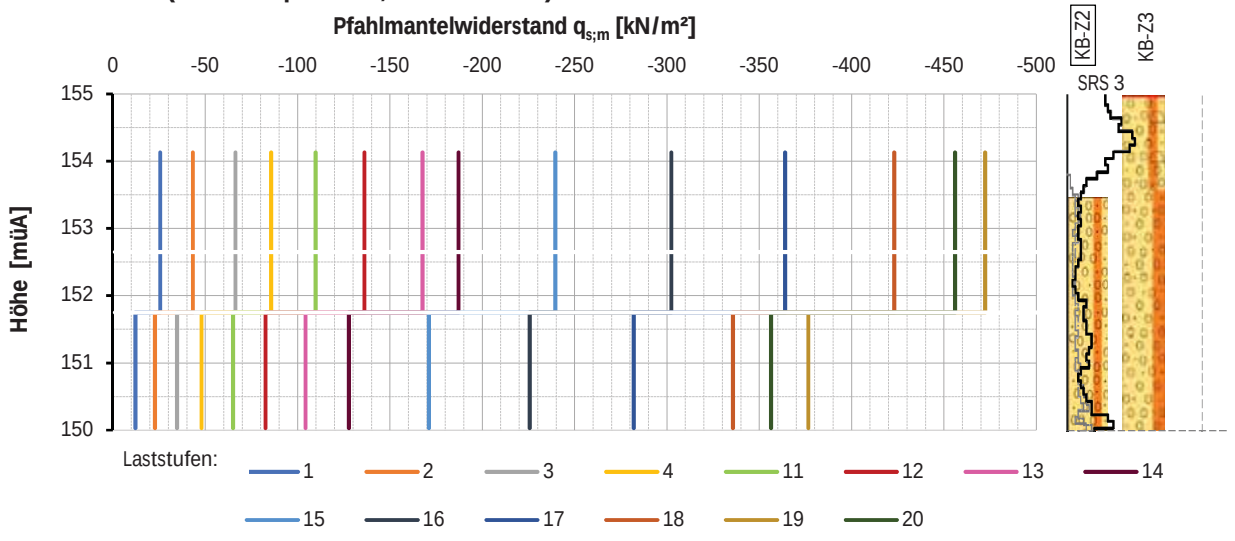


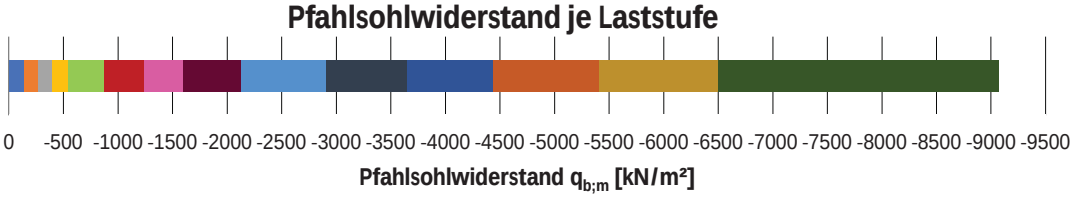
Prüfkörper: **B.K62** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,60 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-242,52	0,19	0,0003	-26	-26	-12	-21	-145
2	-426,13	-0,03	-0,0001	-43	-43	-23	-36	-267
3	-615,72	-0,34	-0,0006	-66	-66	-35	-56	-398
4	-802,52	-0,70	-0,0012	-86	-86	-48	-73	-545
5	-424,93	-0,43	-0,0007					
6	-50,77	-0,04	-0,0001					
7	-239,71	-0,17	-0,0003	-31	-31	-14	-25	-140
8	-428,14	-0,35	-0,0006	-49	-49	-26	-41	-276
9	-614,32	-0,53	-0,0009	-66	-66	-37	-56	-418
10	-804,04	-0,74	-0,0012	-84	-84	-48	-72	-562
11	-1126,11	-1,69	-0,0028	-110	-110	-65	-95	-881
12	-1453,25	-3,14	-0,0052	-136	-136	-83	-118	-1.239
13	-1777,65	-5,17	-0,0086	-168	-168	-104	-147	-1.604
14	-2103,19	-8,33	-0,0139	-187	-187	-128	-167	-2.127
15	-2752,30	-15,13	-0,0252	-240	-240	-171	-217	-2.909
16	-3402,87	-27,14	-0,0452	-302	-302	-226	-277	-3.656
17	-4053,59	-37,47	-0,0625	-364	-364	-282	-337	-4.442
18	-4701,73	-58,63	-0,0977	-423	-423	-336	-394	-5.416
19	-5358,17	-74,84	-0,1247	-472	-472	-377	-440	-6.498
20	-6001,53	-119,82	-0,1997	-456	-456	-356	-423	-9.066
21	-3425,57	-117,76	-0,1963					

Prüfkörper: **B.K62** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

VERSUCHSAUSWERTUNG

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **03.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.K63**
Prüffeld:	2
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Kies
Herstellungsverfahren:	Schneckenortbetonpfahl (SOB)

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	39
Prüfdatum:	12.10.2017
Versuchsbeginn:	07:50 Uhr
Versuchsende:	20:33 Uhr
Wetterbedingungen:	7:45Uhr 10°C wolkenlos
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:

Pfahldurchmesser D=	600,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	282743,34	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,78	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,01	müA
OK Prüfstrecke (PS):	154,11	müA
UK Pfahl:	150,01	müA
Länge ohne Mantelreibung:	2,67	m
Länge Prüfstrecke:	4,10	m
Pfahllänge:	6,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30/BS-TB1/GK16**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	36,00	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	ja
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein

		Sensornummer:		Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1		156,61 müA
GOK	MQ1	BS1.1	BS2.1	155,10 müA
keine Mantelreibung				
OK PS		KEX2		154,09 müA
Prüfstrecke	MQ2	BS2.1	BS2	153,55 müA
		KEX3		153,23 müA
	MQ3	BS3.1	BS3.2	152,65 müA
		KEX4		152,37 müA
	MQ4	BS4.1	BS4.2	151,75 müA
		KEX5		151,51 müA
	MQ5	BS5.1	BS5.2	150,85 müA
UK Pfahl				

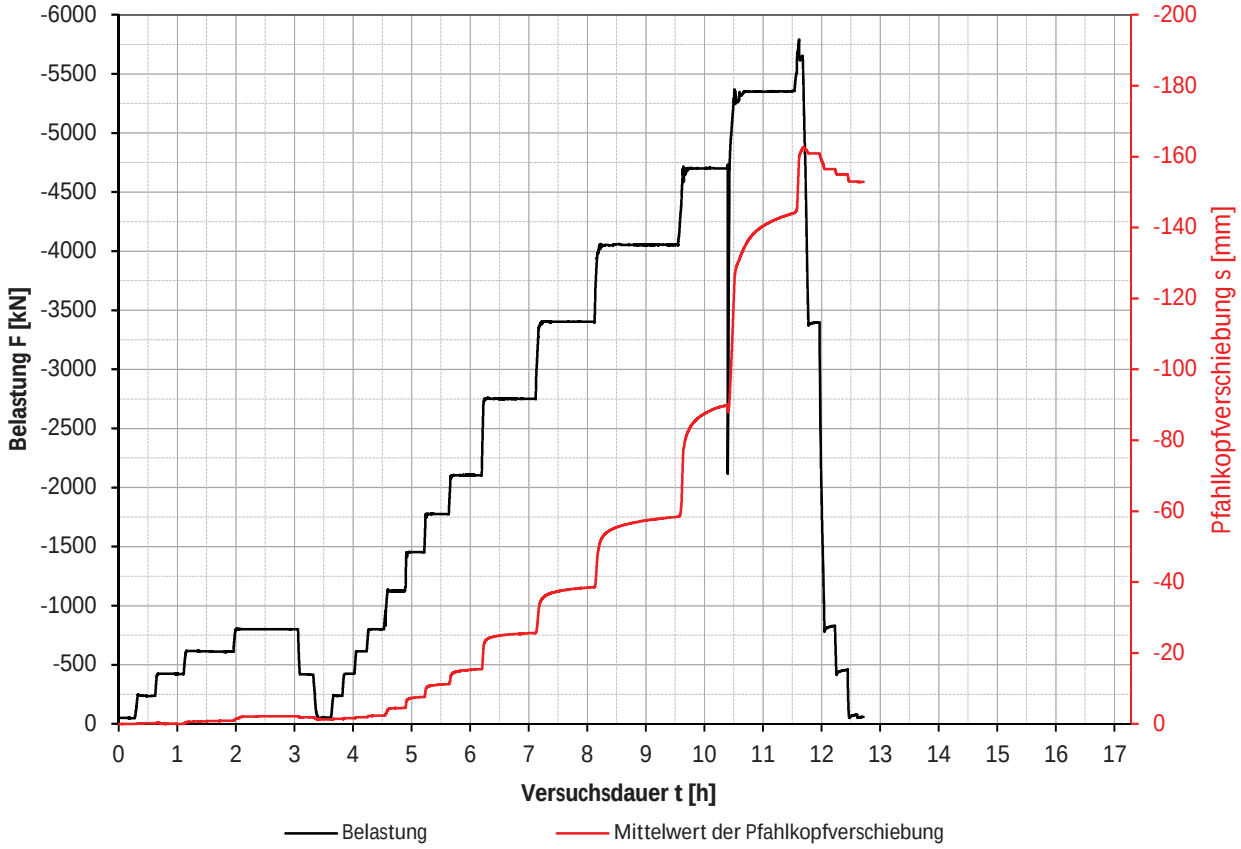
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

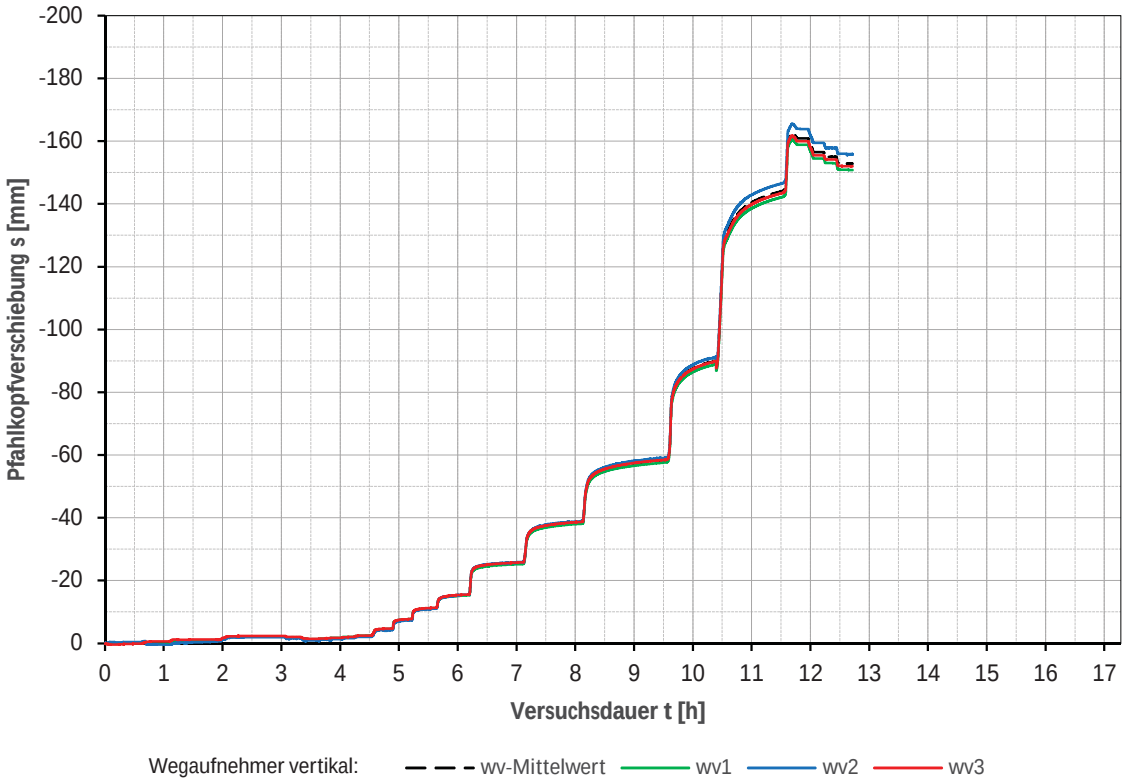
Anmerkungen:

E-Modul:
Berechnung mit LS 1-4, darüber Steifigkeitsverlust im Querschnitt MQ1.

Prüfkörper: **B.K63 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K63 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K63** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

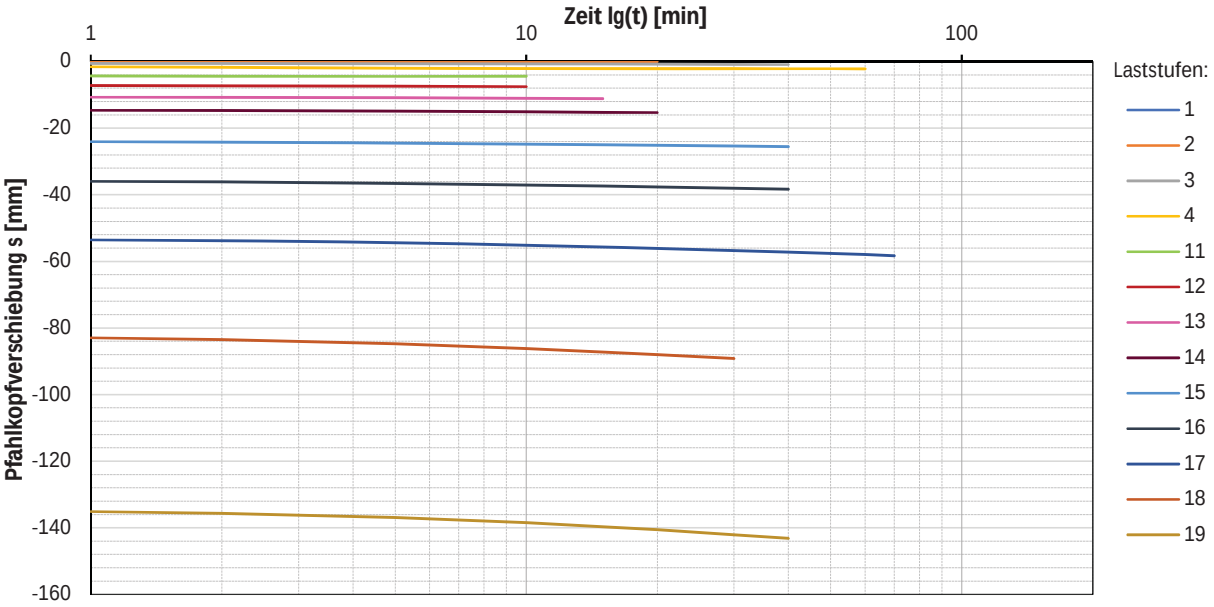
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y **[mm]**
0	07:50	08:05	-50	-49	0,02																		
1	08:11	08:26	-238	-238	-0,15	-0,12	-0,12	-0,13	-0,13										2	10	-0,12	-0,13	**-0,01**
2	08:31	08:56	-425	-423	-0,04	-0,05	-0,05	0,02	-0,05	-0,05	-0,02								10	20	-0,05	-0,02	**0,10**
3	09:00	09:46	-613	-613	-0,92	-0,55	-0,59	-0,66	-0,70	-0,72	-0,75	-0,83							20	40	-0,75	-0,90	**-0,49**
4	09:51	10:52	-800	-801	-2,16	-1,57	-1,73	-2,00	-2,06	-2,10	-2,11	-2,15	-2,16						30	50	-2,15	-2,17	**-0,10**
5	10:56	11:07	-425	-418	-1,87	-1,90	-1,81	-1,90	-1,88														
6	11:14	11:26	-50	-53	-1,21	-1,22	-1,31	-1,25	-1,23														
7	11:29	11:39	-238	-238	-1,41	-1,41	-1,42	-1,43											1	5	-1,41	-1,43	**-0,03**
8	11:41	11:51	-425	-424	-1,63	-1,61	-1,61	-1,62											1	5	-1,61	-1,62	**-0,02**
9	11:53	12:03	-613	-614	-1,89	-1,85	-1,87	-1,88											1	5	-1,85	-1,88	**-0,04**
10	12:07	12:20	-800	-800	-2,33	-2,27	-2,28	-2,30	-2,32										2	10	-2,28	-2,32	**-0,06**
11	12:27	12:42	-1125	-1125	-4,52	-4,32	-4,36	-4,44	-4,43										2	10	-4,36	-4,43	**-0,09**
12	12:47	13:02	-1450	-1452	-7,60	-7,18	-7,25	-7,39	-7,51										2	10	-7,25	-7,51	**-0,37**
13	13:07	13:26	-1775	-1776	-11,19	-10,70	-10,79	-10,89	-11,05	-11,14									5	15	-10,89	-11,14	**-0,52**
14	13:33	14:00	-2100	-2104	-15,44	-14,61	-14,70	-14,89	-15,09	-15,24	-15,34								10	20	-15,09	-15,34	**-0,83**
15	14:07	14:56	-2750	-2752	-25,58	-24,05	-24,19	-24,48	-24,78	-25,00	-25,15	-25,37							20	40	-25,15	-25,55	**-1,32**
16	15:05	15:55	-3400	-3403	-38,54	-35,96	-36,14	-36,64	-37,06	-37,40	-37,67	-38,08							20	40	-37,67	-38,33	**-2,20**
17	16:07	17:22	-4050	-4055	-58,39	-53,55	-53,81	-54,42	-55,13	-55,67	-56,10	-56,72	-57,96						50	70	-57,64	-58,31	**-4,61**
18	17:33	18:12	-4700	-4700	-89,90	-82,97	-83,49	-84,77	-86,20	-87,20	-87,98	-89,17							15	30	-87,20	-89,17	**-6,56**
19	18:31	19:21	-5350	-5355	-144,06	-135,12	-135,62	-136,91	-138,45	-139,66	-140,60	-142,06							20	40	-140,60	-143,16	**-8,51**
20	19:26	19:27	-6000	-5689	-160,04																		
21	19:36	19:46	-3400	-3398	-160,89	-160,92	-160,91	-160,89															
22	19:53	20:03	-800	-831	-156,47	-156,48	-156,48	-156,47															
23	20:05	20:15	-425	-456	-155,03	-155,03	-155,00	-154,99															
24	20:18	20:32	-50	-59	-152,88	-153,02	-152,99	-152,98	-152,84														

Prüfkörper: **B.K63**

Zeitverformung

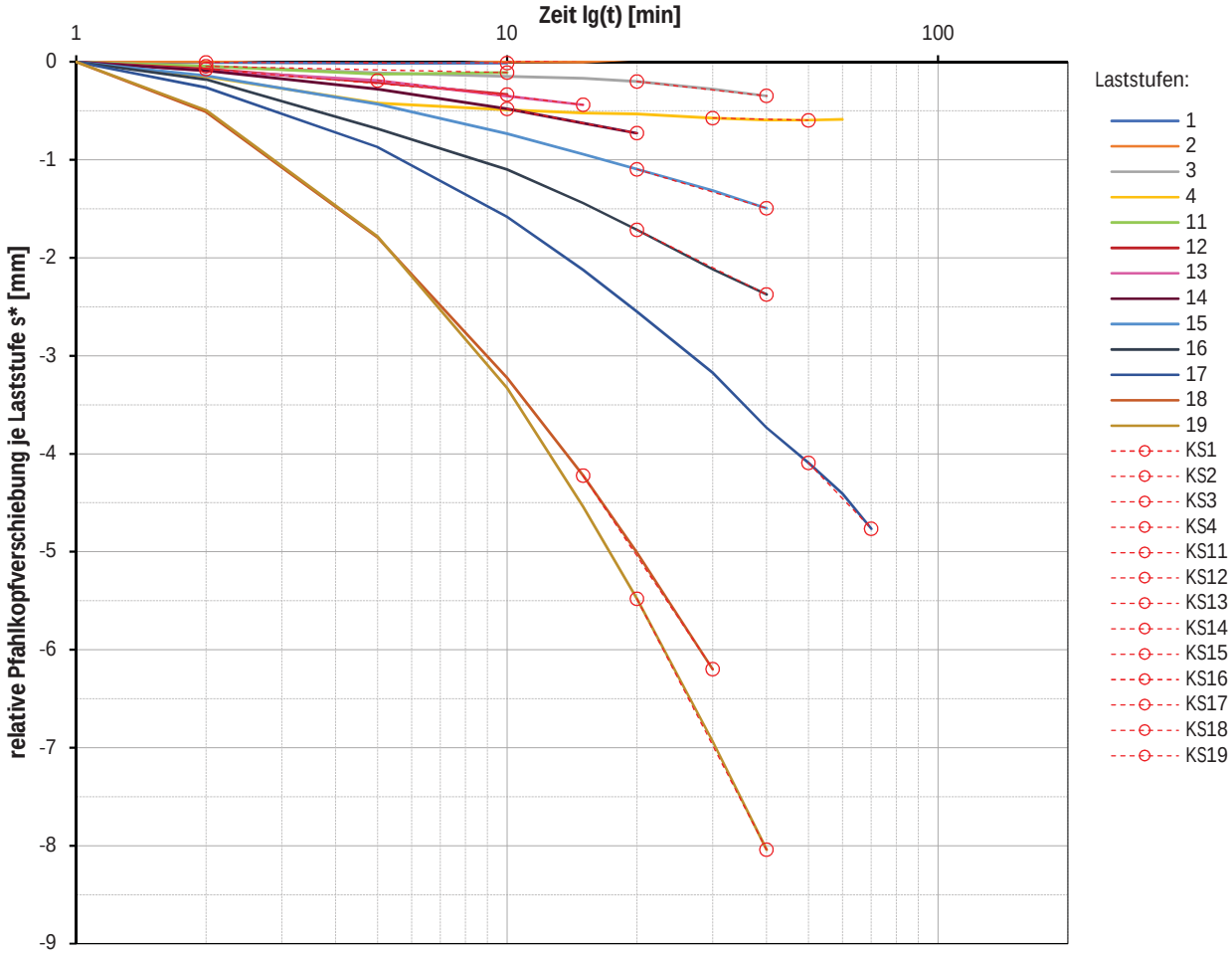
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K63**

relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

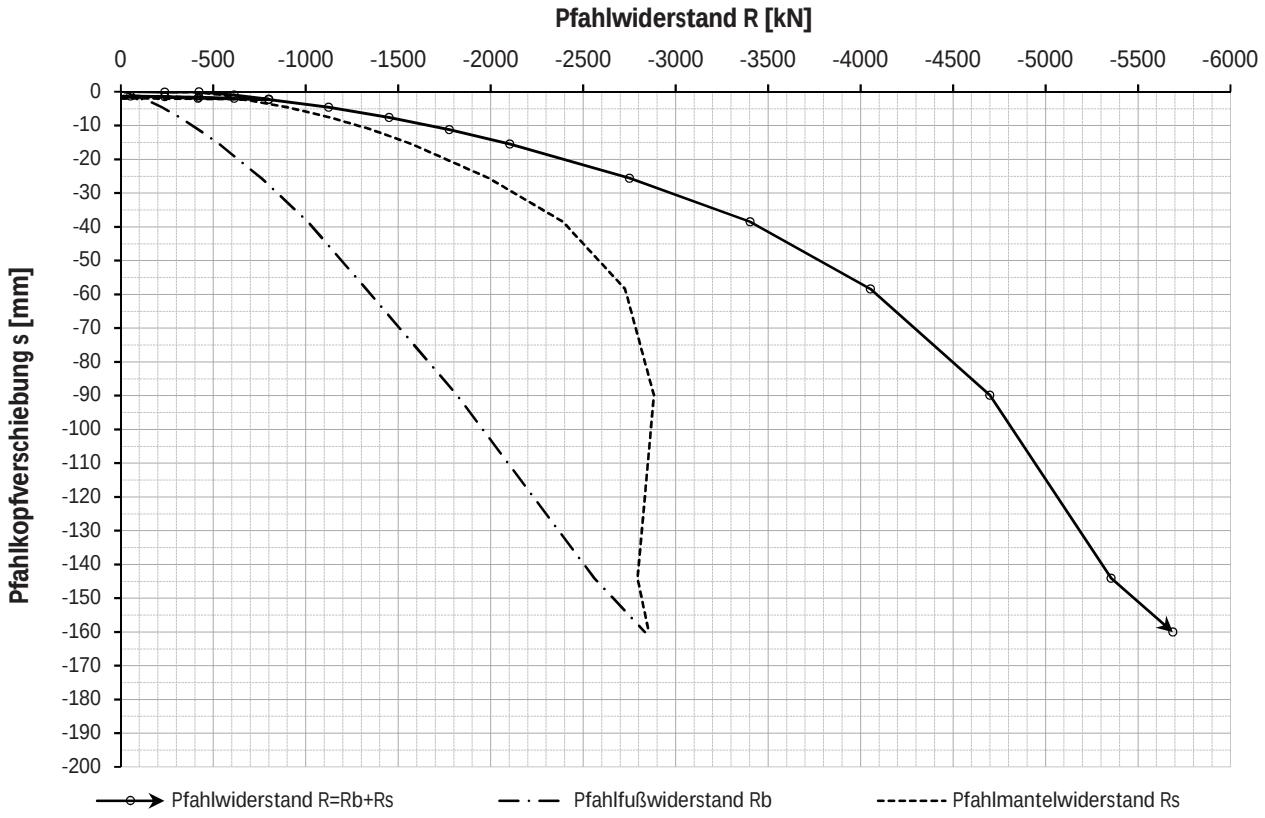


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.K63**

Widerstands-Verschiebungslinie

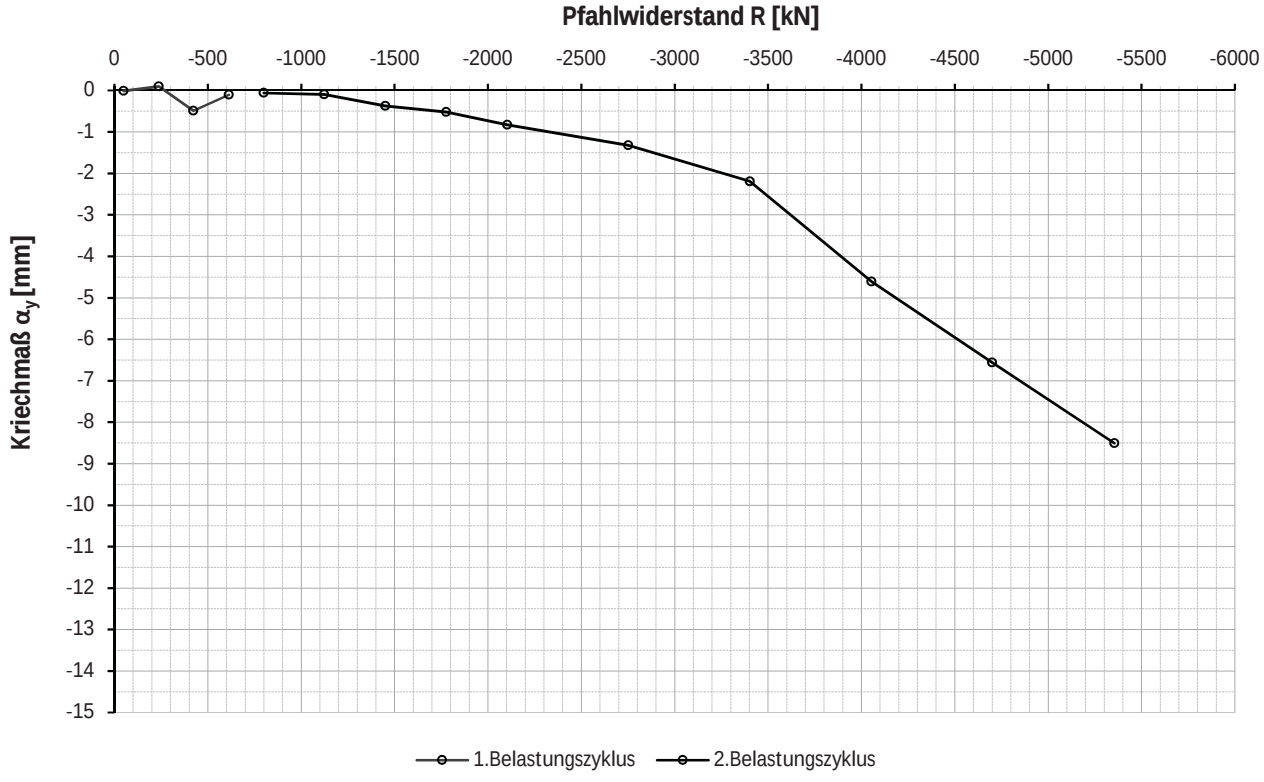
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K63**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K63** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,35 m	H: 153,66 m	H: 152,80 m	H: 151,94 m	H: 151,08 m	H: 155,35 m	H: 153,66 m	H: 152,80 m	H: 151,94 m	H: 151,08 m
1	08:26	-238	-0,0303	-0,0147	-0,0035	-0,0036	-0,0070	-0,0303	-0,0147	-0,0035	-0,0036	-0,0070
2	08:56	-423	-0,0366	-0,0275	-0,0021	-0,0119	-0,0112	-0,0366	-0,0275	-0,0021	-0,0119	-0,0112
3	09:46	-613	-0,0567	-0,0423	-0,0031	-0,0183	-0,0166	-0,0567	-0,0423	-0,0031	-0,0183	-0,0166
4	10:52	-801	-0,0709	-0,0564	-0,0173	-0,0350	-0,0206	-0,0709	-0,0564	-0,0173	-0,0350	-0,0206
5	11:07	-418	-0,0475	-0,0300	-0,0138	-0,0155	-0,0132	-0,0475	-0,0300	-0,0138	-0,0155	-0,0132
6	11:26	-53	-0,0138	0,0008	-0,0104	0,0016	-0,0036	-0,0138	0,0008	-0,0104	0,0016	-0,0036
7	11:39	-238	-0,0191	-0,0117	-0,0124	-0,0063	-0,0059	-0,0191	-0,0117	-0,0124	-0,0063	-0,0059
8	11:51	-424	-0,0329	-0,0205	-0,0135	-0,0119	-0,0111	-0,0329	-0,0205	-0,0135	-0,0119	-0,0111
9	12:03	-614	-0,0572	-0,0395	-0,0143	-0,0245	-0,0160	-0,0572	-0,0395	-0,0143	-0,0245	-0,0160
10	12:20	-800	-0,0676	-0,0546	-0,0186	-0,0316	-0,0229	-0,0676	-0,0546	-0,0186	-0,0316	-0,0229
11	12:42	-1125	-0,0948	-0,0709	-0,0423	-0,0455	-0,0321	-0,0948	-0,0709	-0,0423	-0,0455	-0,0321
12	13:02	-1452	-0,1241	-0,0918	-0,0641	-0,0621	-0,0430	-0,1241	-0,0918	-0,0641	-0,0621	-0,0430
13	13:26	-1776	-0,1507	-0,1128	-0,0836	-0,0773	-0,0574	-0,1507	-0,1128	-0,0836	-0,0773	-0,0574
14	14:00	-2104	-0,1783	-0,1371	-0,1028	-0,0967	-0,0688	-0,1783	-0,1371	-0,1028	-0,0967	-0,0688
15	14:56	-2752	-0,2392	-0,1786	-0,1415	-0,1361	-0,0955	-0,2392	-0,1786	-0,1415	-0,1361	-0,0955
16	15:55	-3403	-0,2951	-0,2223	-0,1795	-0,1739	-0,1241	-0,2951	-0,2223	-0,1795	-0,1739	-0,1241
17	17:22	-4055	-0,3616	-0,2731	-0,2288	-0,2114	-0,1578	-0,3616	-0,2731	-0,2288	-0,2114	-0,1578
18	18:12	-4700	-0,4204	-0,3169	-0,2785	-0,2576	-0,2066	-0,4204	-0,3169	-0,2785	-0,2576	-0,2066
19	19:21	-5355	-0,4856	-0,3685	-0,3293	-0,3237	-0,2682	-0,4856	-0,3685	-0,3293	-0,3237	-0,2682
20	19:27	-5689	-0,5159	-0,3875	-0,3595	-0,3451	-0,2970	-0,5159	-0,3875	-0,3595	-0,3451	-0,2970
21	19:46	-3398	-0,3323	-0,2477	-0,2512	-0,2397	-0,2077	-0,3323	-0,2477	-0,2512	-0,2397	-0,2077
22	20:03	-831	-0,0981	-0,0751	-0,0904	-0,0775	-0,0703	-0,0981	-0,0751	-0,0904	-0,0775	-0,0703
23	20:15	-456	-0,0604	-0,0510	-0,0665	-0,0521	-0,0487	-0,0604	-0,0510	-0,0665	-0,0521	-0,0487
24	20:32	-59	-0,0230	-0,0206	-0,0334	-0,0283	-0,0240	-0,0230	-0,0206	-0,0334	-0,0283	-0,0240

Prüfkörper: **B.K63** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

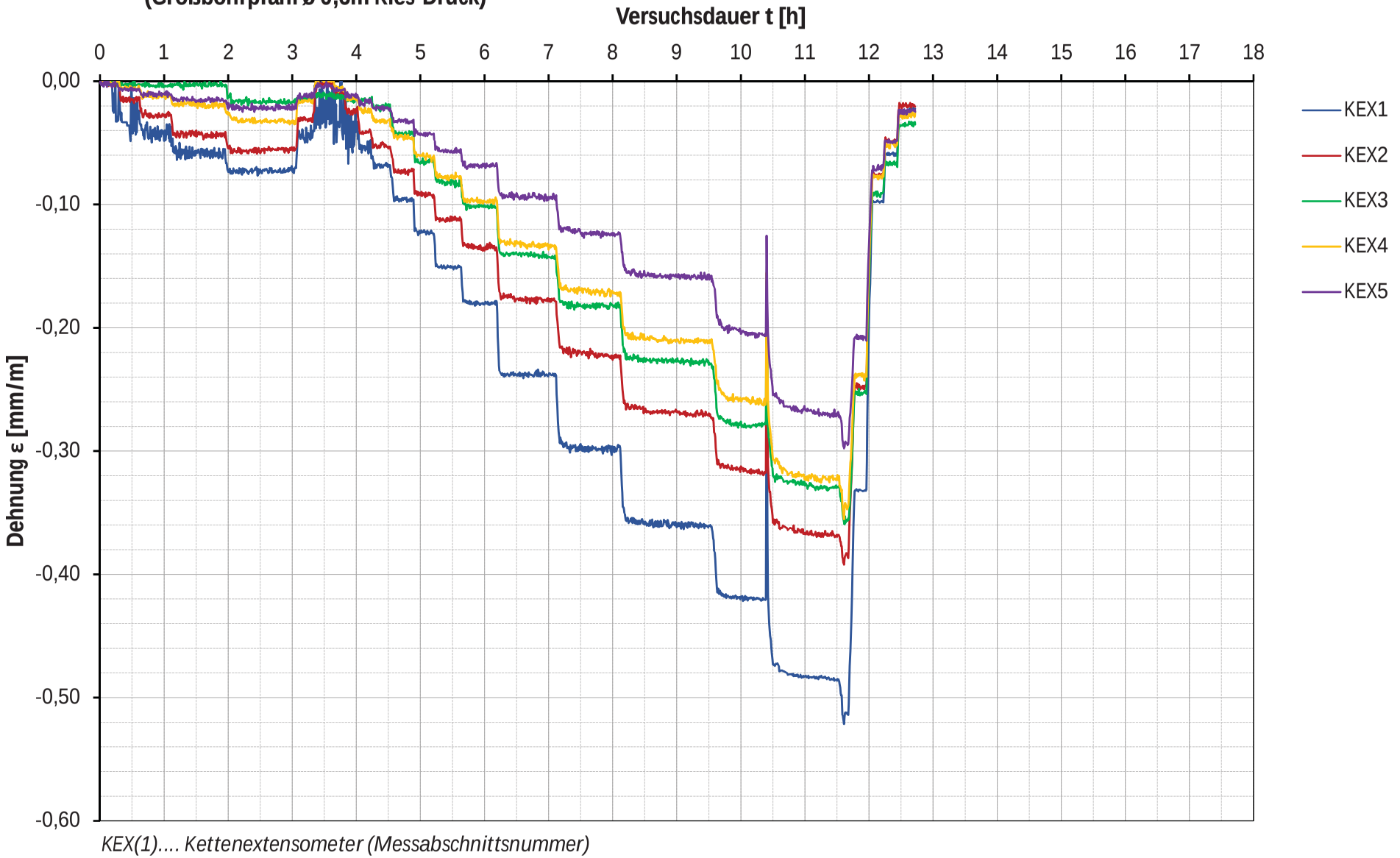
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Bewehrungssensoren (BS)

Laststufen			Messwerte - Bewehrungssensoren										korrigierte Messwerte - Bewehrungssensoren je MQ				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,BS1.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS1.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS2.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS2.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS3.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS3.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS4.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS4.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS5.1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS5.2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS1}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS2}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS3}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS4}$ [mm/m]	$\varepsilon_{m,BS5}$ [mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,10 m	H: 153,55 m	H: 153,55 m	H: 153,55 m	H: 152,65 m	H: 152,65 m	H: 151,75 m	H: 151,75 m	H: 150,85 m	H: 150,85 m	H: 155,10 m	H: 153,55 m	H: 152,65 m	H: 151,75 m	H: 150,85 m
1	08:26	-238	-0,0140	-0,0167	-0,0153	-0,0114	-0,0144	-0,0129	-0,0078	-0,0096	-0,0087	0,4791	-0,0153	-0,0129	-0,0087	-0,0070	-0,0045
2	08:56	-423	-0,0290	-0,0282	-0,0286	-0,0251	-0,0236	-0,0243	-0,0154	-0,0168	-0,0161	-1,4489	-0,0286	-0,0243	-0,0161	-0,0119	-0,0082
3	09:46	-613	-0,0443	-0,0426	-0,0435	-0,0393	-0,0370	-0,0381	-0,0239	-0,0266	-0,0252	-0,3100	-0,0435	-0,0381	-0,0252	-0,0186	-0,0132
4	10:52	-801	-0,0563	-0,0596	-0,0580	-0,0505	-0,0537	-0,0521	-0,0404	-0,0373	-0,0389	-1,7248	-0,0580	-0,0521	-0,0389	-0,0278	-0,0214
5	11:07	-418	-0,0280	-0,0357	-0,0319	-0,0246	-0,0341	-0,0294	-0,0203	-0,0213	-0,0208	-1,5974	-0,0319	-0,0294	-0,0208	-0,0149	-0,0109
6	11:26	-53	-0,0034	-0,0092	-0,0063	-0,0035	-0,0088	-0,0062	-0,0024	-0,0019	-0,0022	-0,7592	-0,0063	-0,0062	-0,0022	-0,0003	-0,0003
7	11:39	-238	-0,0150	-0,0211	-0,0180	-0,0138	-0,0194	-0,0166	-0,0108	-0,0101	-0,0104	-0,8313	-0,0180	-0,0166	-0,0104	-0,0065	-0,0047
8	11:51	-424	-0,0286	-0,0333	-0,0309	-0,0261	-0,0293	-0,0277	-0,0207	-0,0185	-0,0196	-0,6765	-0,0309	-0,0277	-0,0196	-0,0130	-0,0100
9	12:03	-614	-0,0434	-0,0453	-0,0443	-0,0401	-0,0386	-0,0394	-0,0319	-0,0265	-0,0292	-1,7516	-0,0443	-0,0394	-0,0292	-0,0198	-0,0157
10	12:20	-800	-0,0573	-0,0589	-0,0581	-0,0525	-0,0510	-0,0517	-0,0420	-0,0363	-0,0391	-1,7431	-0,0581	-0,0517	-0,0391	-0,0271	-0,0216
11	12:42	-1125	-0,0833	-0,0831	-0,0832	-0,0776	-0,0719	-0,0748	-0,0627	-0,0533	-0,0580	-1,7553	-0,0832	-0,0748	-0,0580	-0,0413	-0,0333
12	13:02	-1452	-0,1074	-0,1113	-0,1094	-0,1008	-0,0978	-0,0993	-0,0822	-0,0737	-0,0780	-1,7960	-0,1094	-0,0993	-0,0780	-0,0580	-0,0457
13	13:26	-1776	-0,1303	-0,1395	-0,1349	-0,1221	-0,1257	-0,1239	-0,1009	-0,0956	-0,0982	-1,8344	-0,1349	-0,1239	-0,0982	-0,0756	-0,0586
14	14:00	-2104	-0,1550	-0,1692	-0,1621	-0,1453	-0,1538	-0,1495	-0,1209	-0,1180	-0,1195	-1,8995	-0,1621	-0,1495	-0,1195	-0,0947	-0,0723
15	14:56	-2752	-0,2059	-0,2281	-0,2170	-0,1907	-0,2083	-0,1995	-0,1618	-0,1638	-0,1628	-1,7760	-0,2170	-0,1995	-0,1628	-0,1330	-0,0999
16	15:55	-3403	-0,2586	-0,2859	-0,2722	-0,2375	-0,2614	-0,2495	-0,2041	-0,2116	-0,2078	-1,7155	-0,2722	-0,2495	-0,2078	-0,1732	-0,1291
17	17:22	-4055	-0,3127	-0,3480	-0,3303	-0,2838	-0,3181	-0,3009	-0,2490	-0,2605	-0,2548	-1,6631	-0,3303	-0,3009	-0,2548	-0,2123	-0,1629
18	18:12	-4700	-0,3691	-0,4025	-0,3858	-0,3360	-0,3643	-0,3501	-0,3064	-0,2977	-0,3020	-2,3921	-0,3858	-0,3501	-0,3020	-0,2397	-0,2079
19	19:21	-5355	-0,4351	-0,4534	-0,4442	-0,3985	-0,4021	-0,4003	-0,3759	-0,3272	-0,3515	-2,3895	-0,4442	-0,4003	-0,3515	-0,2624	-0,2703
20	19:27	-5689	-0,4630	-0,4782	-0,4706	-0,4258	-0,4191	-0,4225	-0,4054	-0,3388	-0,3721	-2,3879	-0,4706	-0,4225	-0,3721	-0,2716	-0,2941
21	19:46	-3398	-0,2967	-0,3130	-0,3049	-0,2834	-0,2771	-0,2802	-0,2769	-0,2179	-0,2474	-2,3719	-0,3049	-0,2802	-0,2474	-0,1735	-0,2049
22	20:03	-831	-0,0877	-0,1105	-0,0991	-0,0903	-0,0985	-0,0944	-0,0970	-0,0634	-0,0802	-2,3737	-0,0991	-0,0944	-0,0802	-0,0456	-0,0739
23	20:15	-456	-0,0556	-0,0811	-0,0684	-0,0597	-0,0744	-0,0670	-0,0672	-0,0418	-0,0545	-2,3603	-0,0684	-0,0670	-0,0545	-0,0280	-0,0333
24	20:32	-59	-0,0234	-0,0428	-0,0331	-0,0303	-0,0391	-0,0347	-0,0367	-0,0150	-0,0258	-1,9608	-0,0331	-0,0347	-0,0258	-0,0078	-0,0457

Prüfkörper: **B.K63**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

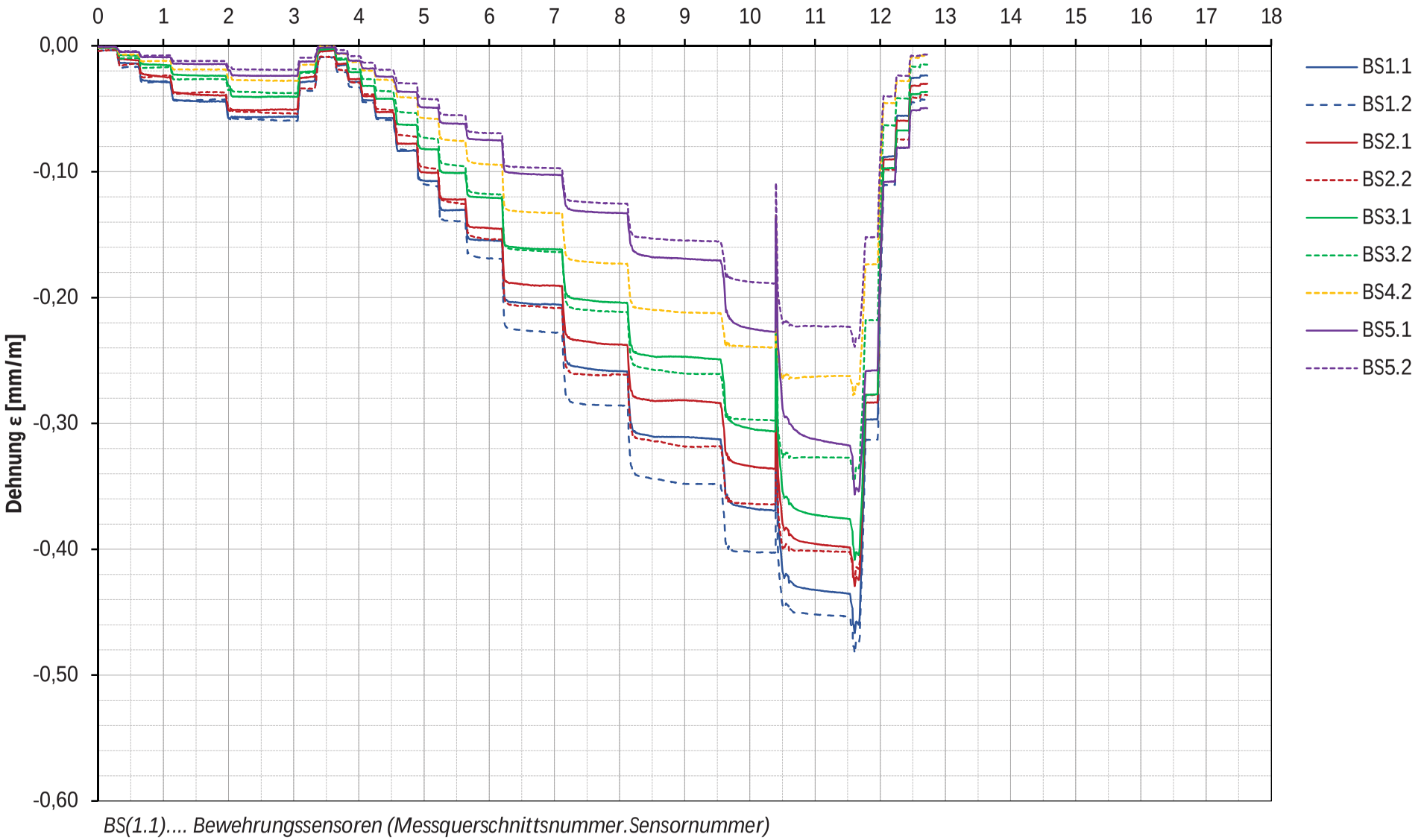
Messwerte Kettenextensometer



KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.K63**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Messwerte Bewehrungssensoren

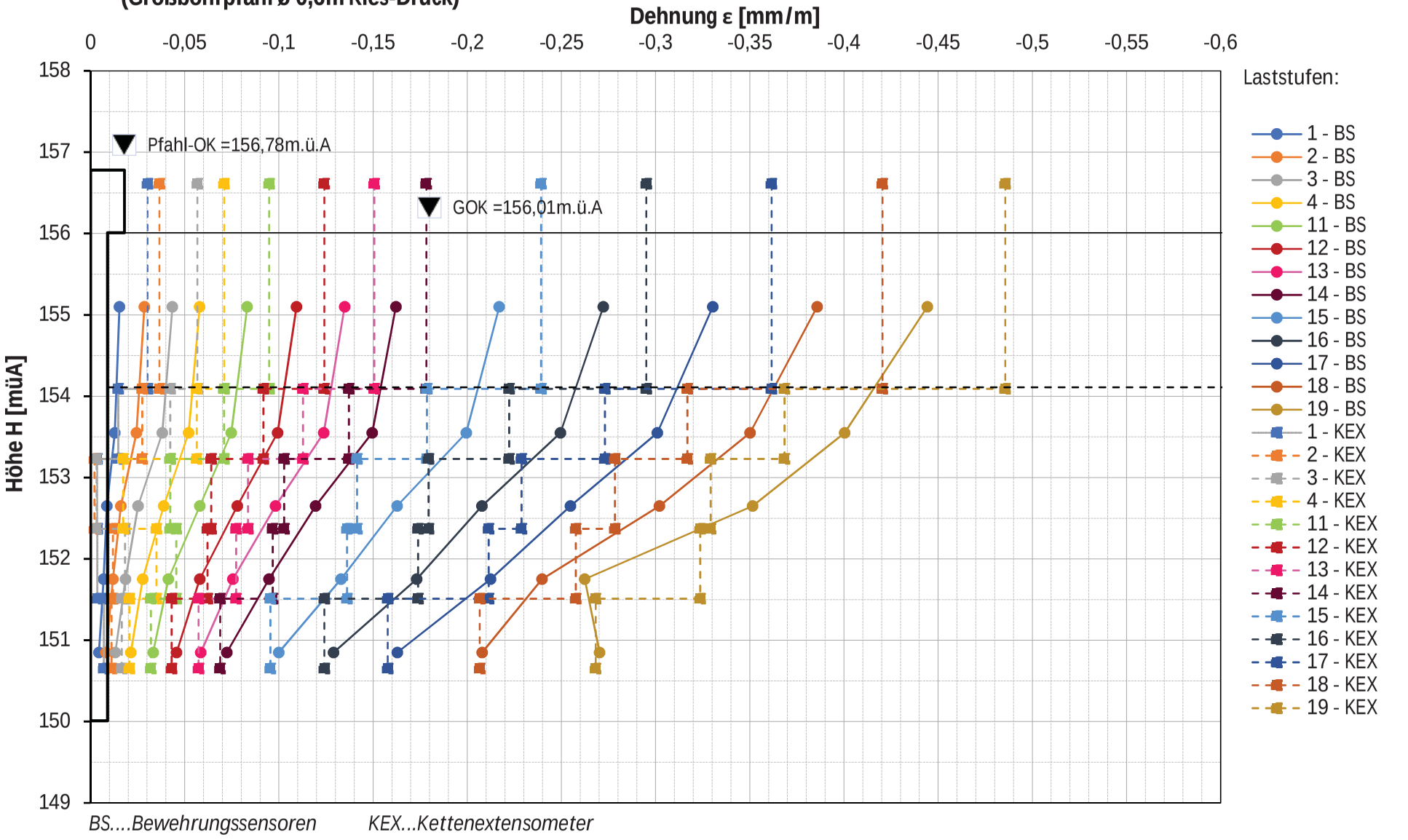


BS(1.1).... Bewehrungssensoren (Messquerschnittsnummer.Sensornummer)

Prüfkörper: **B.K63**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



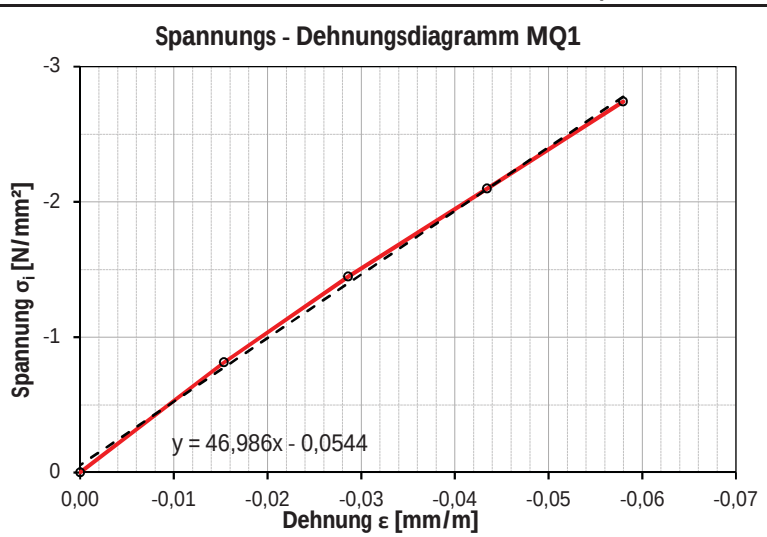
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.K63 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	BS1.MW ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-238,03	-0,81	-0,01534
2	-423,17	-1,45	-0,0286
3	-613,00	-2,10	-0,04345
4	-801,18	-2,74	-0,05796

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	46,99 N/mm²
Querschnittsnummer:	3
E-Modul Beton E_c=	**36,00 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	610	156,01	154,11	0,00	8256,00	12441,33	271549,33
2	Prüfstrecke	600	154,11	150,01	0,00	7401,30	492,88	274849,16
3	BS1	610	155,1	155,1	0,00	6371,15	12441,33	273434,18
4	BS2	600	153,55	153,55	0,00	8256,11	492,88	273994,34
5	BS3	600	152,65	152,65	0,00	8256,11	492,88	273994,34
6	BS4	600	151,75	151,75	0,00	8256,11	492,88	273994,34
7	BS5	600	150,85	150,85	0,00	6371,15	492,88	275879,30
8	mittel KEX1	610	156,61	154,09	0,00	7247,32	12441,33	272558,01
9	mittel KEX2	600	154,09	153,23	0,00	8256,11	492,88	273994,34
10	mittel KEX3	600	153,23	152,37	0,00	8256,11	492,88	273994,34
11	mittel KEX4	600	152,37	151,51	0,00	6721,84	492,88	275528,61
12	mittel KEX5	600	151,51	150,65	0,00	6371,15	492,88	275879,30

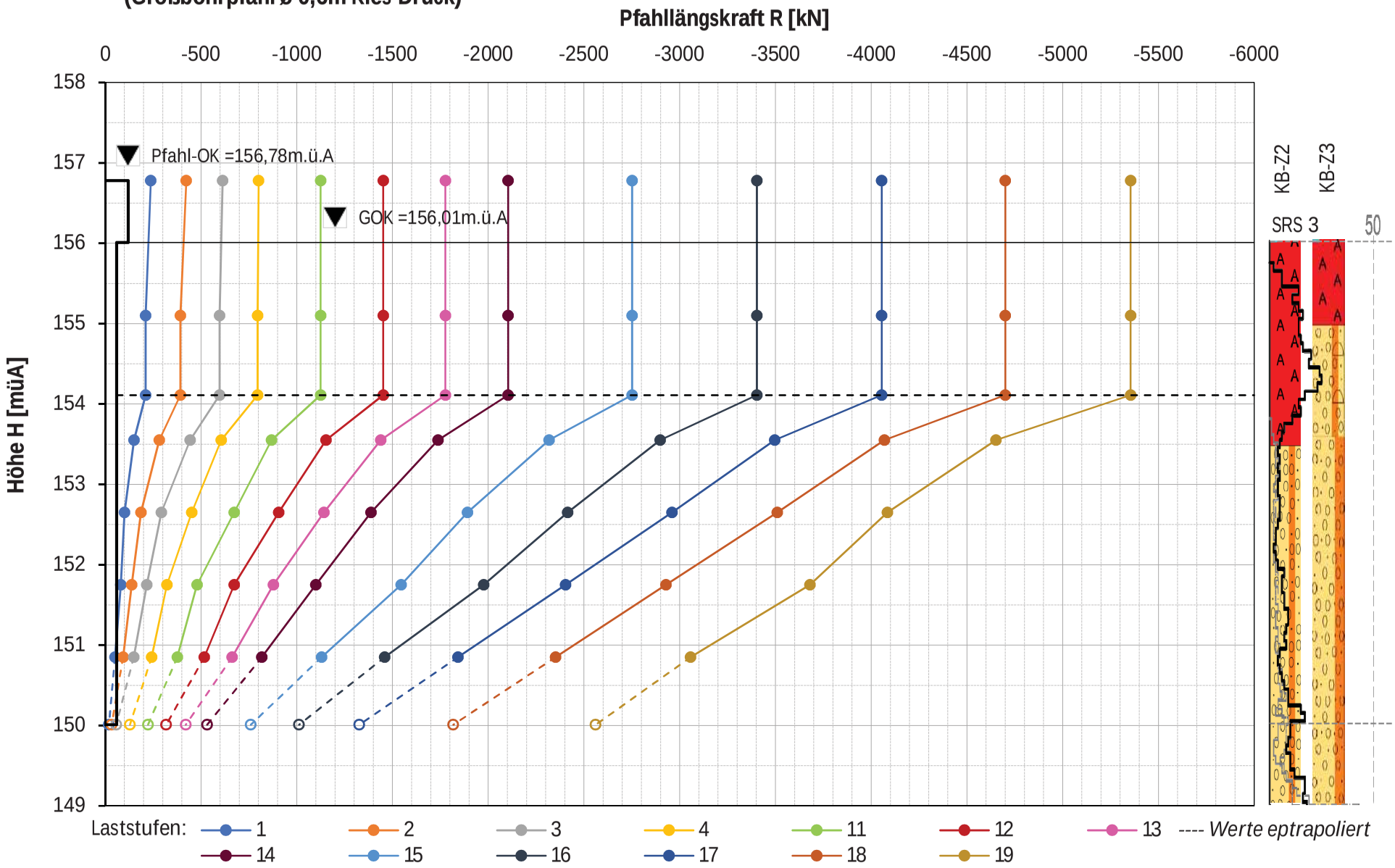
Prüfkörper: **B.K63 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN] H: 156,78 m	$F_{m,MQ1}$ [kN] H: 155,10 m	$F_{m,OK-PS}$ [kN] H: 154,11 m	$F_{m,MQ2}$ [kN] H: 153,55 m	$F_{m,MQ3}$ [kN] H: 152,65 m	$F_{m,MQ4}$ [kN] H: 151,75 m	$F_{m,MQ5}$ [kN] H: 150,85 m	$R_{b,m}$ [kN] H: 150,01 m	$R_{s,m}$ [kN]
1	08:26	-238	-211	-211	-150	-101	-81	-51	-20	-218
2	08:56	-423	-393	-393	-283	-187	-138	-93	-34	-389
3	09:46	-613	-597	-597	-443	-293	-216	-149	-57	-555
4	10:52	-801	-796	-796	-605	-452	-323	-242	-129	-672
7	11:39	-238	-238	-238	-193	-121	-75	-53	-9	-229
8	11:51	-424	-424	-424	-322	-228	-151	-113	-48	-376
9	12:03	-614	-614	-614	-457	-339	-230	-177	-90	-524
10	12:20	-800	-800	-800	-601	-454	-315	-245	-134	-666
11	12:42	-1125	-1125	-1125	-869	-674	-480	-376	-223	-902
12	13:02	-1452	-1452	-1452	-1154	-906	-674	-517	-319	-1133
13	13:26	-1776	-1776	-1776	-1439	-1142	-878	-662	-421	-1355
14	14:00	-2104	-2104	-2104	-1737	-1389	-1100	-818	-532	-1572
15	14:56	-2752	-2752	-2752	-2319	-1891	-1545	-1130	-761	-1991
16	15:55	-3403	-3403	-3403	-2899	-2415	-1976	-1460	-1012	-2391
17	17:22	-4055	-4055	-4055	-3497	-2960	-2404	-1842	-1327	-2727
18	18:12	-4700	-4700	-4700	-4069	-3509	-2928	-2352	-1818	-2883
19	19:21	-5355	-5355	-5355	-4651	-4085	-3680	-3057	-2561	-2793

Prüfkörper: **B.K63**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

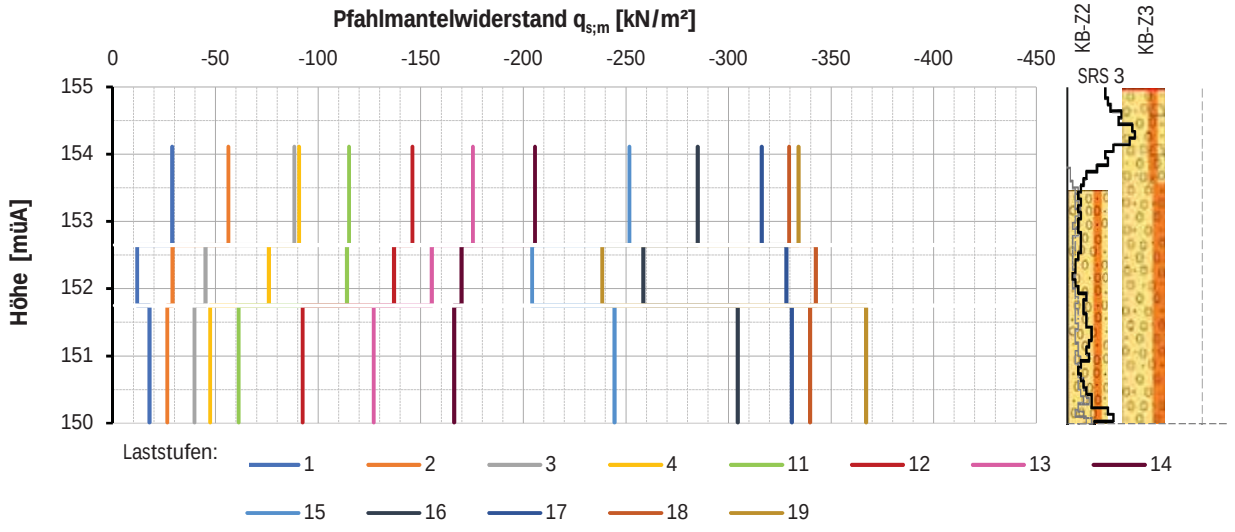


Prüfkörper: **B.K63** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

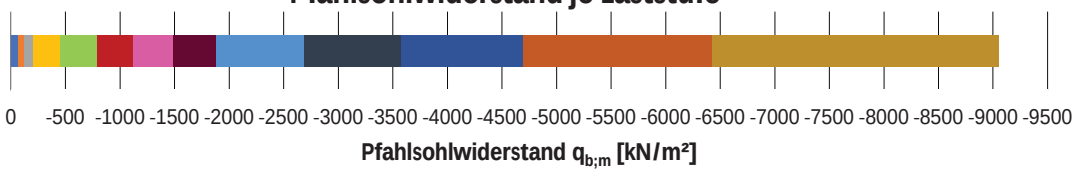
Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,60 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-238,03	-0,15	-0,0002	-29	-12	-18	-20	-69
2	-423,17	-0,04	-0,0001	-56	-29	-27	-37	-120
3	-613,00	-0,92	-0,0015	-88	-45	-40	-58	-203
4	-801,18	-2,16	-0,0036	-91	-76	-47	-71	-457
5	-417,73	-1,87	-0,0031					
6	-53,15	-1,21	-0,0020					
7	-238,41	-1,41	-0,0023	-42	-27	-13	-28	-32
8	-424,17	-1,63	-0,0027	-56	-45	-22	-41	-171
9	-614,36	-1,89	-0,0031	-70	-64	-31	-55	-319
10	-800,02	-2,33	-0,0039	-87	-82	-41	-70	-474
11	-1124,70	-4,52	-0,0075	-115	-114	-61	-97	-789
12	-1451,70	-7,60	-0,0127	-146	-137	-92	-125	-1.127
13	-1776,17	-11,19	-0,0186	-175	-155	-127	-153	-1.488
14	-2104,09	-15,44	-0,0257	-206	-170	-166	-181	-1.883
15	-2751,52	-25,58	-0,0426	-252	-204	-244	-233	-2.690
16	-3402,98	-38,54	-0,0642	-285	-259	-305	-283	-3.580
17	-4054,92	-58,39	-0,0973	-316	-328	-331	-325	-4.695
18	-4700,37	-89,90	-0,1498	-330	-343	-340	-337	-6.429
19	-5354,72	-144,06	-0,2401	-334	-238	-367	-313	-9.059
20	-5688,95	-160,04	-0,2667					
21	-3397,79	-160,89	-0,2681					

Prüfkörper: **B.K63** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Pfahlsohlwiderstand je Laststufe



Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

VERSUCHSAUSWERTUNG

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **04.03.2019**

Allgemeine Angaben:	
Prüfkörper:	**B.K64**
Prüffeld:	2
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Kies
Herstellungsverfahren:	Schneckenortbetonpfahl (SOB)

Versuchsdaten:	
Prüfung Nr.:	45
Prüfdatum:	24.10.2017
Versuchsbeginn:	09:11 Uhr
Versuchsende:	19:56 Uhr
Wetterbedingungen:	8:00h 11°C bewölkt leicht windig
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:		
Pfahldurchmesser D=	600,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	282743,34	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,75	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	155,98	müA
OK Prüfstrecke (PS):	154,08	müA
UK Pfahl:	149,98	müA
Länge ohne Mantelreibung:	2,67	m
Länge Prüfstrecke:	4,10	m
Pfahllänge:	6,00	m

Materialkennwerte:		
Betongüte:	**C25/30/BS-TB1/GK16**	
Zement:	-	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	37,75	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	-	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):	
Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	nein
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein

		Sensornummer:	Sensorhöhe:
OK Pfahl		KEX1	156,70 müA
GOK	MQ1		
keine Mantelreibung			
OK PS		KEX2	154,17 müA
Prüfstrecke	MQ2		
		KEX3	153,31 müA
	MQ3		
		KEX4	152,45 müA
	MQ4		
		KEX5	151,59 müA
	MQ5		
UK Pfahl			

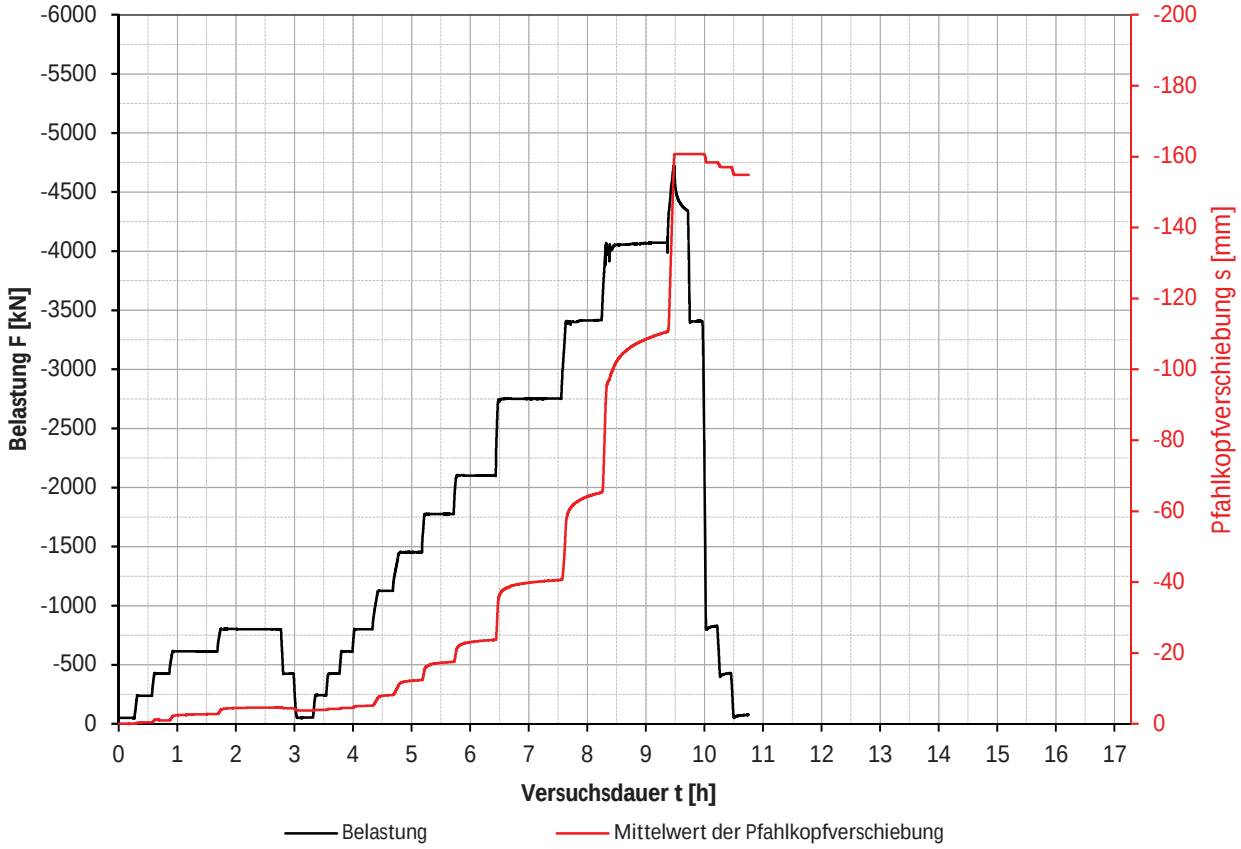
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

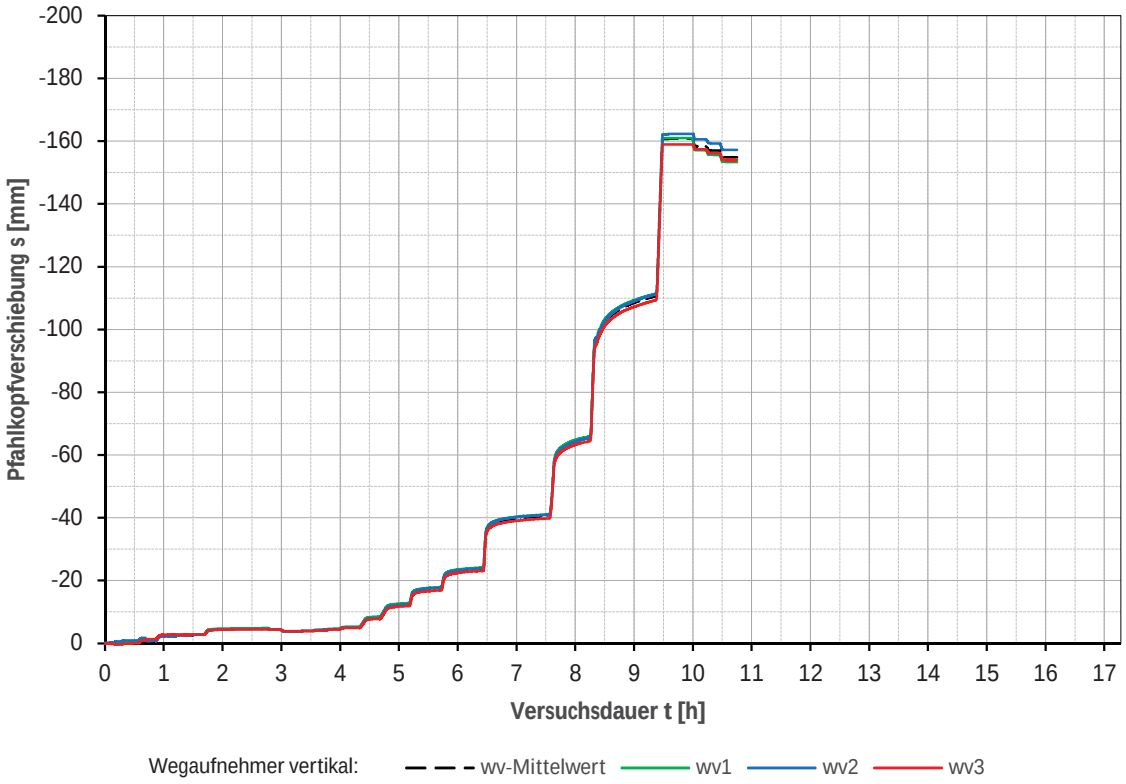
Anmerkungen:

KEX3 und 4 im 1. Lastzyklus fehlerhafter Verlauf.
Längskraftverlauf:
-Bei der LS 1-4 werden die Werte im MQ3 und 4 zwischen MQ2 und MQ5 interpoliert.
E-Modul:
Berechnung mit LS 1-11, darüber Steifigkeitsverlust im Querschnitt MQ1.

Prüfkörper: **B.K64 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K64 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K64** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

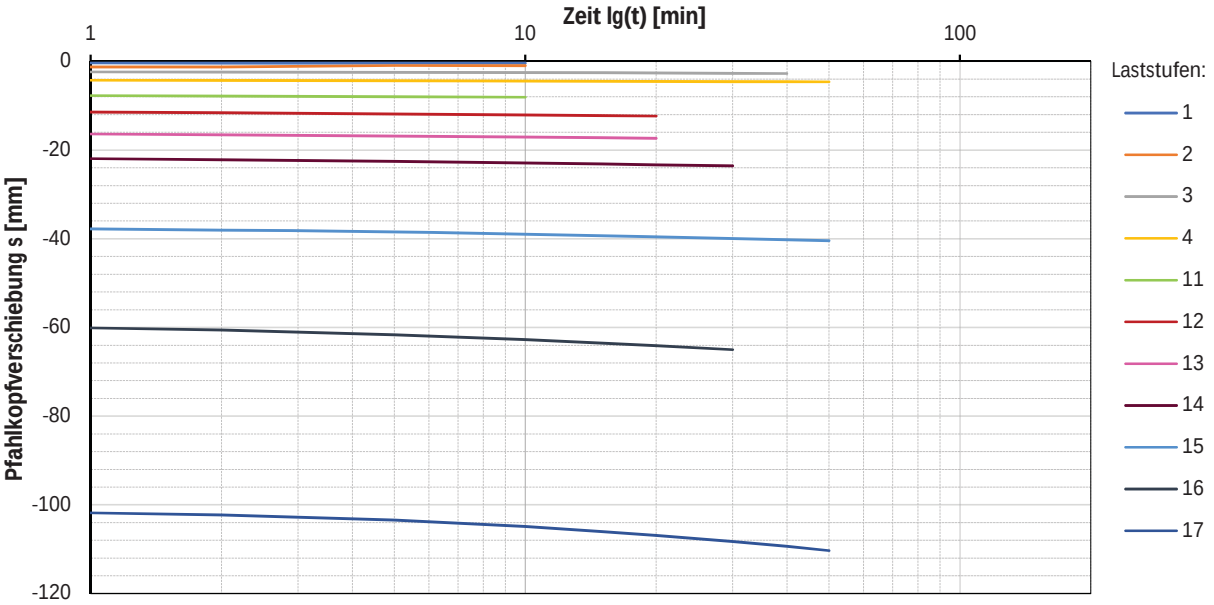
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y **[mm]**
0	09:11	09:26	-50	-50	-0,08																		
1	09:30	09:45	-238	-240	-0,43	-0,38	-0,39	-0,40	-0,41										2	10	-0,39	-0,41	**-0,02**
2	09:48	10:03	-425	-444	-0,98	-1,24	-1,26	-0,94	-0,97										5	10	-0,94	-0,97	**-0,10**
3	10:07	10:51	-613	-612	-2,77	-2,37	-2,41	-2,47	-2,51	-2,59	-2,66	-2,68							20	40	-2,66	-2,76	**-0,35**
4	10:57	11:57	-800	-800	-4,64	-4,24	-4,28	-4,37	-4,44	-4,48	-4,53	-4,57							30	50	-4,57	-4,62	**-0,23**
5	12:00	12:10	-425	-426	-4,40	-4,41	-4,41	-4,40															
6	12:15	12:30	-50	-59	-3,81	-3,81	-3,81	-3,81	-3,81														
7	12:33	12:43	-238	-242	-3,95	-3,95	-3,95	-3,95											1	5	-3,95	-3,95	**0,00**
8	12:46	12:56	-425	-426	-4,22	-4,22	-4,22	-4,22											1	5	-4,22	-4,22	**0,00**
9	13:00	13:10	-613	-613	-4,52	-4,50	-4,50	-4,52											1	5	-4,50	-4,52	**-0,02**
10	13:13	13:30	-800	-801	-5,11	-4,99	-5,02	-5,06	-5,08	-5,10									5	15	-5,06	-5,10	**-0,08**
11	13:37	13:52	-1125	-1159	-8,17	-7,72	-7,80	-7,96	-8,07										2	10	-7,80	-8,07	**-0,38**
12	13:58	14:20	-1450	-1452	-12,34	-11,43	-11,60	-11,89	-12,10	-12,22	-12,32								10	20	-12,10	-12,32	**-0,72**
13	14:26	14:52	-1775	-1777	-17,46	-16,40	-16,53	-16,83	-17,08	-17,24	-17,35								10	20	-17,08	-17,35	**-0,92**
14	14:58	15:35	-2100	-2102	-23,69	-21,93	-22,15	-22,57	-22,92	-23,15	-23,32	-23,56							15	30	-23,15	-23,56	**-1,35**
15	15:44	16:43	-2750	-2753	-40,60	-37,78	-38,05	-38,40	-39,00	-39,32	-39,56	-39,94							30	50	-39,94	-40,44	**-2,21**
16	16:51	17:24	-3400	-3417	-65,21	-60,09	-60,58	-61,66	-62,73	-63,54	-64,13	-64,99							15	30	-63,54	-64,99	**-4,81**
17	17:39	18:32	-4050	-4073	-110,55	-101,79	-102,26	-103,43	-104,89	-105,99	-106,92	-108,28							30	50	-108,28	-110,31	**-9,19**
18	18:38	18:39	-4700	-4693	-152,75																		
21	18:56	19:08	-3400	-3407	-160,74	-160,74	-160,74	-160,74	-160,74														
22	19:13	19:23	-800	-829	-158,38	-158,39	-158,39	-158,38															
23	19:27	19:37	-425	-429	-157,05	-157,08	-157,08	-157,05															
24	19:41	19:56	-50	-77	-154,86	-154,90	-154,87	-154,86	-154,86														

Prüfkörper: **B.K64**

Zeitverformung

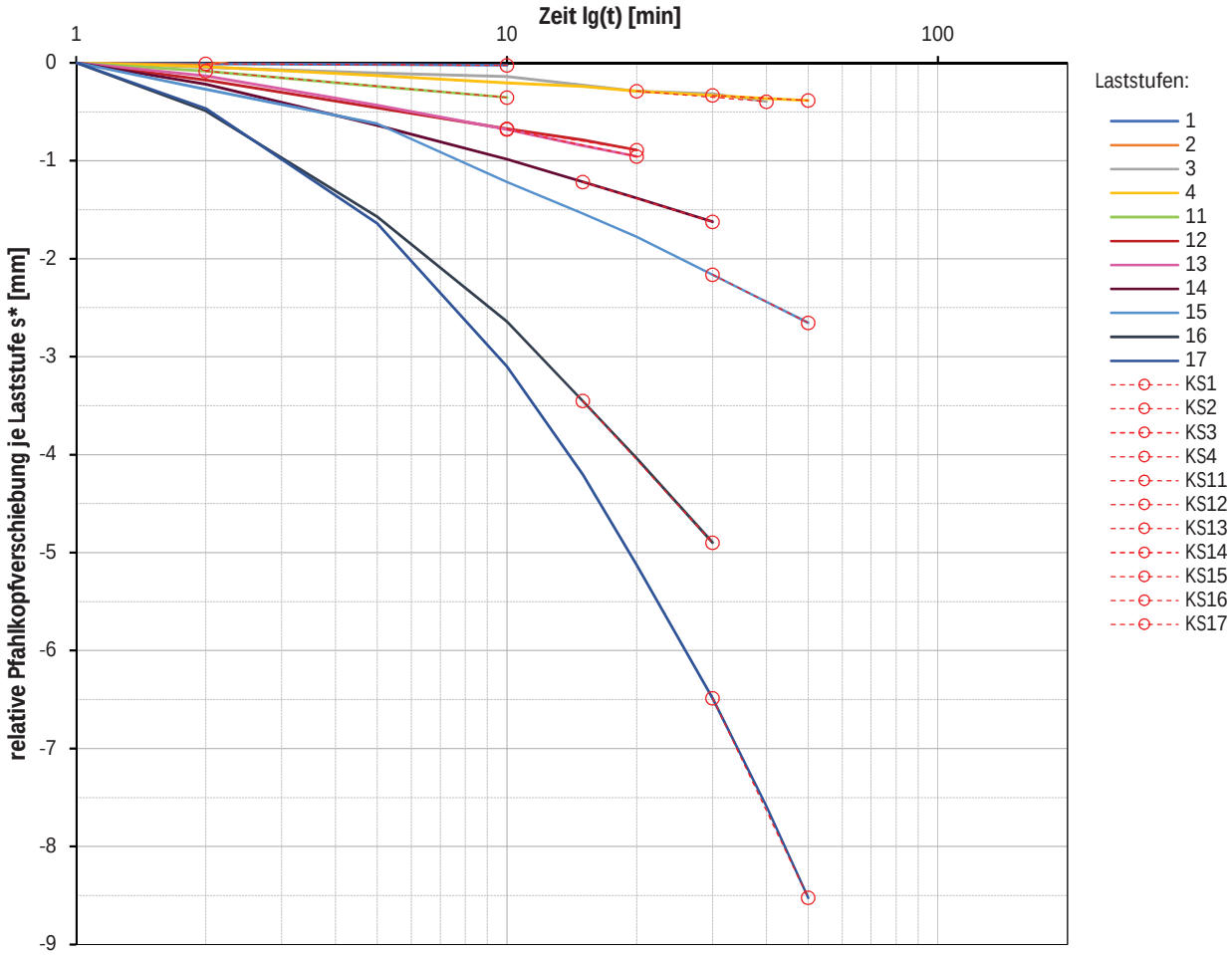
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K64**

relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

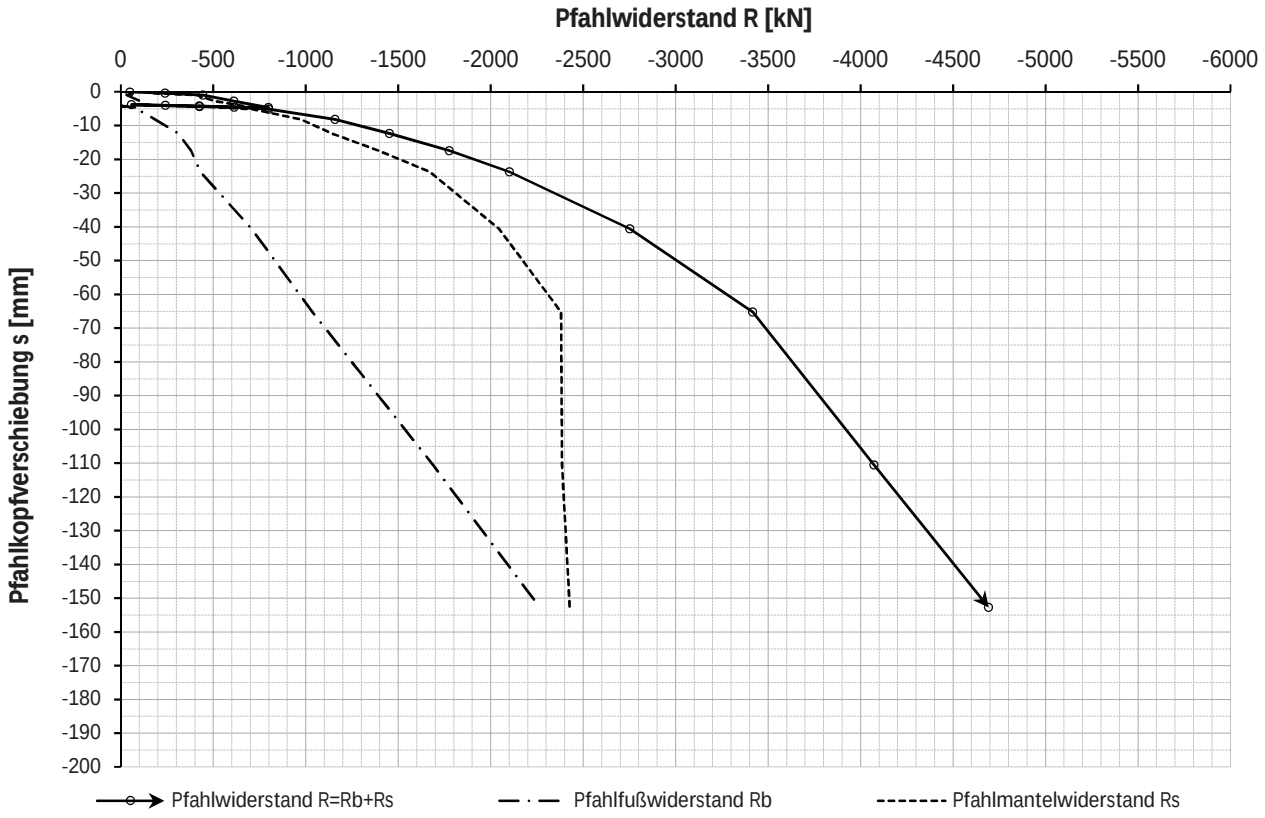


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.K64**

Widerstands-Verschiebungslinie

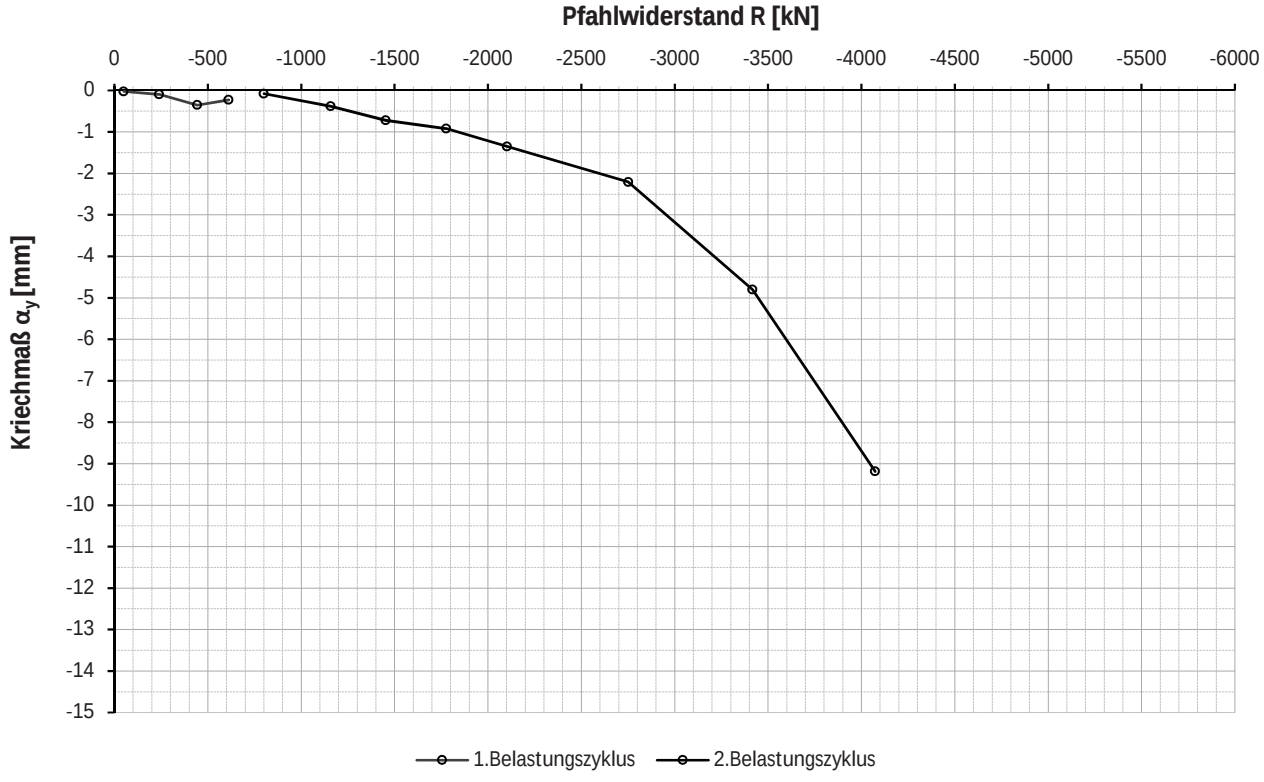
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K64**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K64** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

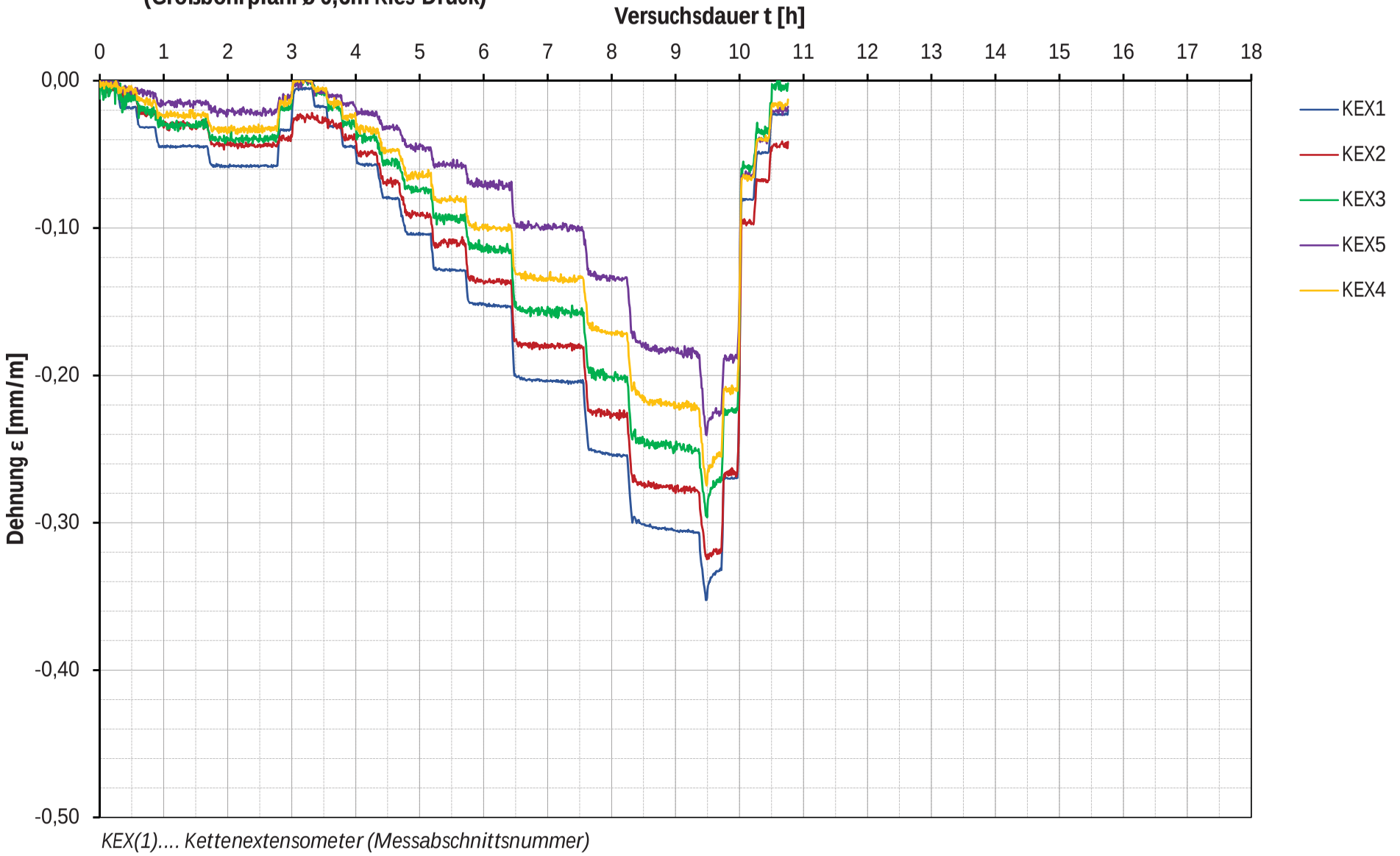
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,44 m	H: 153,74 m	H: 152,88 m	H: 152,02 m	H: 151,16 m	H: 155,44 m	H: 153,74 m	H: 152,88 m	H: 152,02 m	H: 151,16 m
1	09:45	-240	-0,0179	-0,0089	-0,0134	-0,0080	-0,0064	-0,0179	-0,0089	-0,0134	-0,0080	-0,0064
2	10:03	-444	-0,0320	-0,0205	-0,0206	-0,0150	-0,0085	-0,0320	-0,0205	-0,0206	-0,0150	-0,0085
3	10:51	-612	-0,0445	-0,0315	-0,0314	-0,0242	-0,0163	-0,0445	-0,0315	-0,0314	-0,0242	-0,0163
4	11:57	-800	-0,0579	-0,0447	-0,0389	-0,0341	-0,0195	-0,0579	-0,0447	-0,0389	-0,0341	-0,0195
5	12:10	-426	-0,0332	-0,0410	-0,0176	-0,0151	-0,0108	-0,0332	-0,0410	-0,0176	-0,0151	-0,0108
6	12:30	-59	-0,0053	-0,0218	-0,0010	-0,0005	-0,0019	-0,0053	-0,0218	-0,0010	-0,0005	-0,0019
7	12:43	-242	-0,0182	-0,0267	-0,0063	-0,0048	-0,0065	-0,0182	-0,0267	-0,0063	-0,0048	-0,0065
8	12:56	-426	-0,0315	-0,0321	-0,0200	-0,0159	-0,0105	-0,0315	-0,0321	-0,0200	-0,0159	-0,0105
9	13:10	-613	-0,0444	-0,0392	-0,0313	-0,0233	-0,0173	-0,0444	-0,0392	-0,0313	-0,0233	-0,0173
10	13:30	-801	-0,0572	-0,0490	-0,0380	-0,0361	-0,0209	-0,0572	-0,0490	-0,0380	-0,0361	-0,0209
11	13:52	-1159	-0,0815	-0,0697	-0,0573	-0,0500	-0,0332	-0,0815	-0,0697	-0,0573	-0,0500	-0,0332
12	14:20	-1452	-0,1039	-0,0911	-0,0754	-0,0642	-0,0474	-0,1039	-0,0911	-0,0754	-0,0642	-0,0474
13	14:52	-1777	-0,1288	-0,1082	-0,0934	-0,0810	-0,0569	-0,1288	-0,1082	-0,0934	-0,0810	-0,0569
14	15:35	-2102	-0,1534	-0,1373	-0,1172	-0,1013	-0,0693	-0,1534	-0,1373	-0,1172	-0,1013	-0,0693
15	16:43	-2753	-0,2040	-0,1801	-0,1544	-0,1330	-0,0991	-0,2040	-0,1801	-0,1544	-0,1330	-0,0991
16	17:24	-3417	-0,2543	-0,2272	-0,2045	-0,1720	-0,1334	-0,2543	-0,2272	-0,2045	-0,1720	-0,1334
17	18:32	-4073	-0,3066	-0,2787	-0,2512	-0,2227	-0,1880	-0,3066	-0,2787	-0,2512	-0,2227	-0,1880
18	18:39	-4693	-0,3485	-0,3215	-0,2916	-0,2704	-0,2353	-0,3485	-0,3215	-0,2916	-0,2704	-0,2353
21	19:08	-3407	-0,2697	-0,2688	-0,2222	-0,2106	-0,1879	-0,2697	-0,2688	-0,2222	-0,2106	-0,1879
22	19:23	-829	-0,0809	-0,0969	-0,0581	-0,0659	-0,0639	-0,0809	-0,0969	-0,0581	-0,0659	-0,0639
23	19:37	-429	-0,0491	-0,0679	-0,0322	-0,0411	-0,0391	-0,0491	-0,0679	-0,0322	-0,0411	-0,0391
24	19:56	-77	-0,0231	-0,0458	-0,0040	-0,0157	-0,0188	-0,0231	-0,0458	-0,0040	-0,0157	-0,0188

Prüfkörper: **B.K64**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Messwerte Kettenextensometer

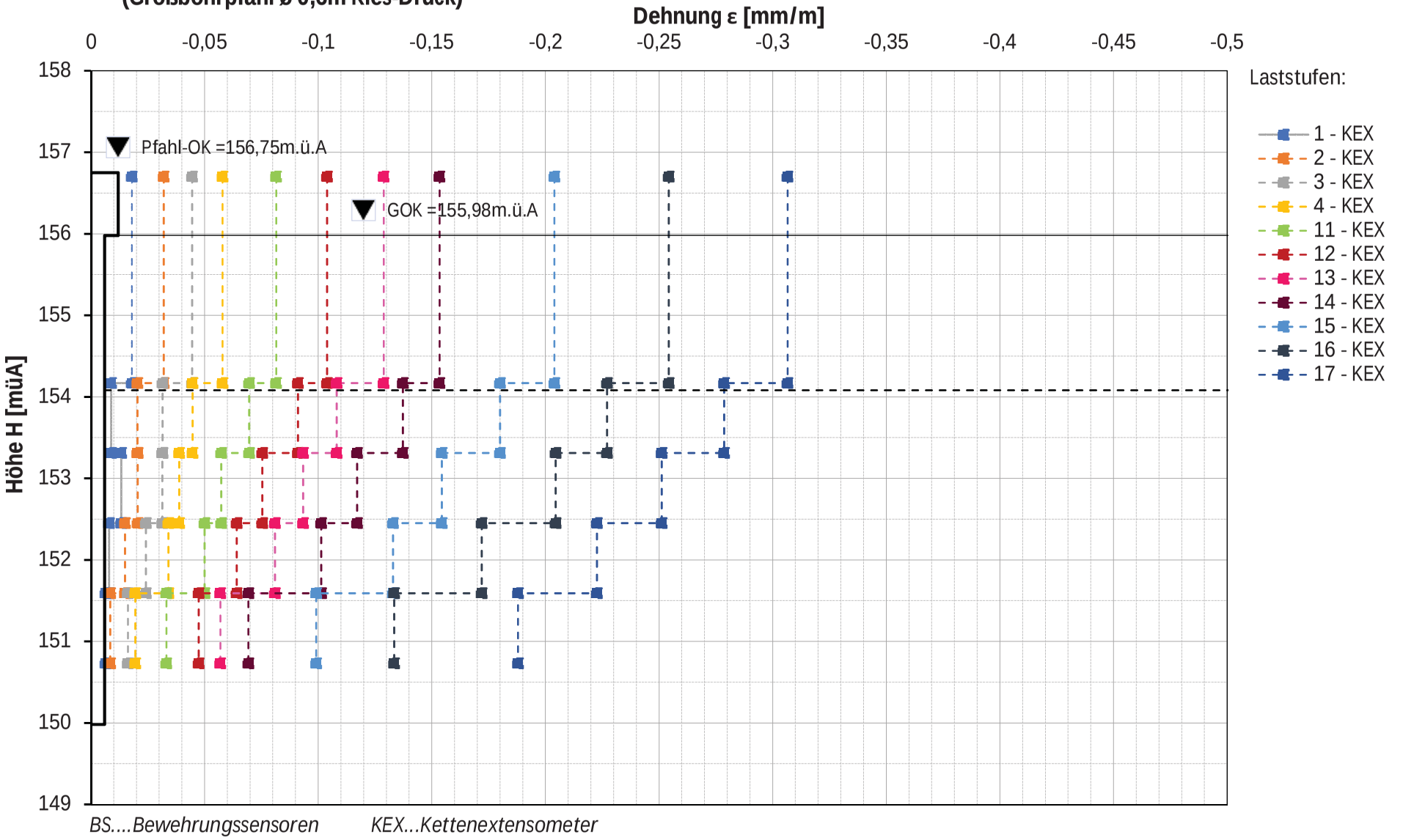


KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.K64**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



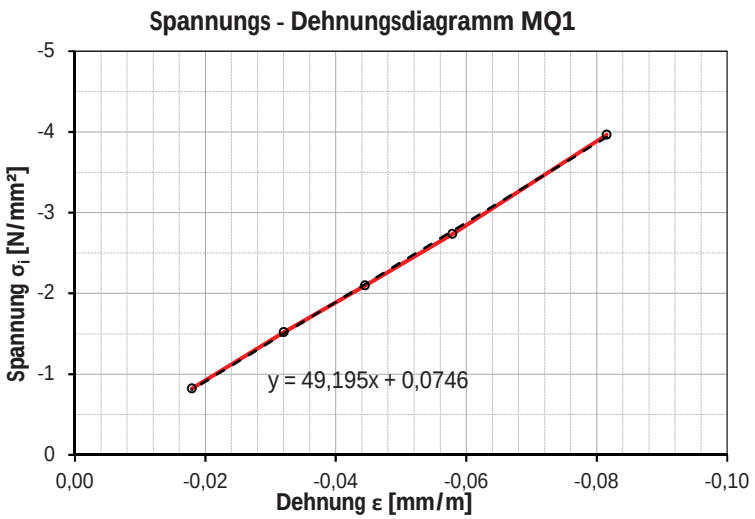
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.K64 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	KEX1 ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-239,81	-0,82	-0,01793
2	-443,62	-1,52	-0,03204
3	-612,41	-2,10	-0,04451
4	-799,57	-2,74	-0,05791
11	-1158,60	-3,96	-0,08152

Berechnung		
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	49,20	N/mm²
Querschnittsnummer:	8	
E-Modul Beton E_c=	**37,75**	**N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	610	155,98	154,08	0,00	8256,00	12441,33	271549,33
2	Prüfstrecke	600	154,08	149,98	0,00	8256,00	12441,33	262046,01
8	mittel KEX1	610	156,7	154,17	0,00	7406,35	12441,33	272398,98
9	mittel KEX2	600	154,17	153,31	0,00	8256,00	492,88	273994,45
10	mittel KEX3	600	153,31	152,45	0,00	7569,31	492,88	274681,14
11	mittel KEX4	600	152,45	151,59	0,00	6372,00	492,88	275878,45
12	mittel KEX5	600	151,59	150,73	0,00	6372,00	492,88	275878,45

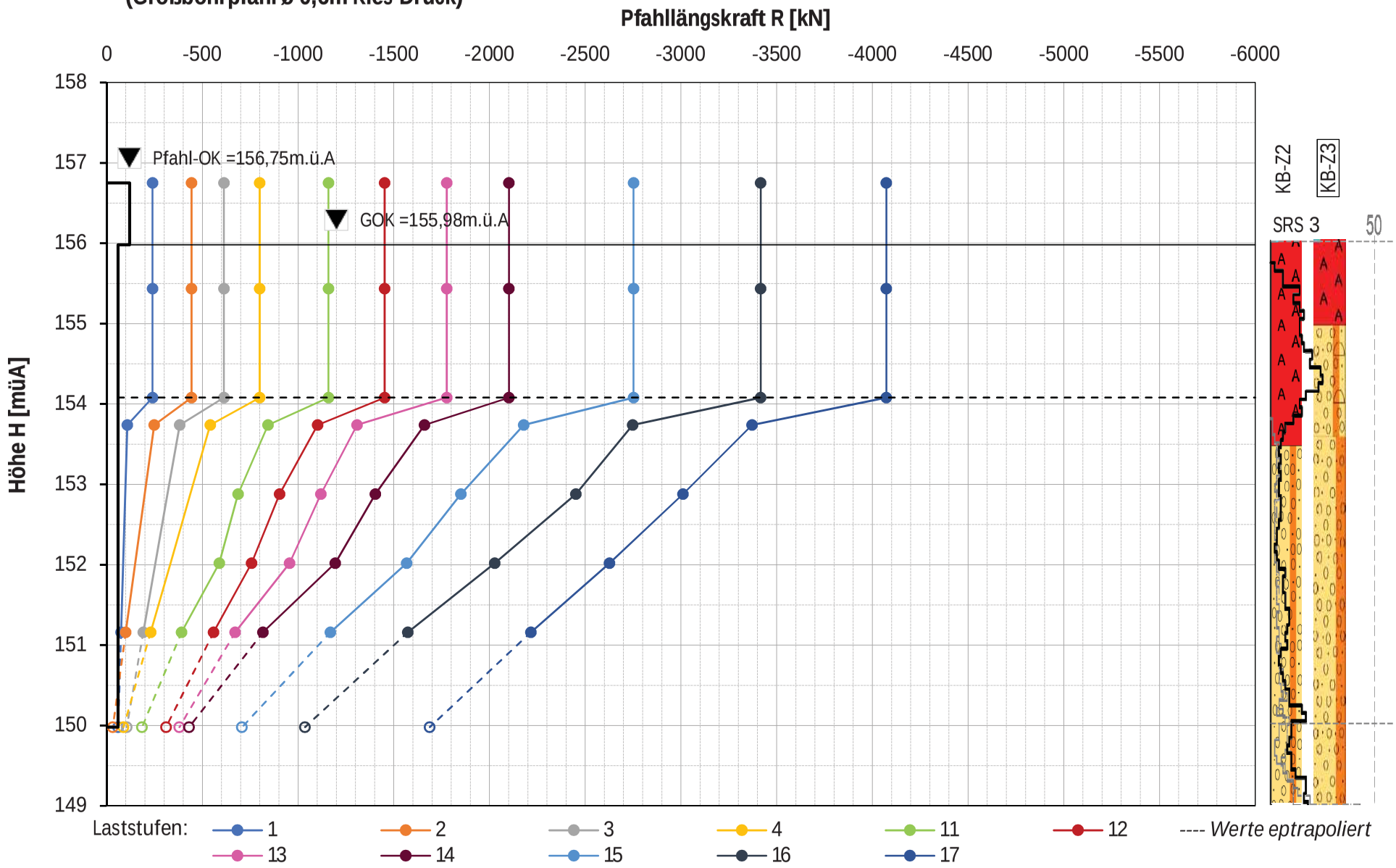
Prüfkörper: **B.K64 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN] H: 156,75 m	$F_{m,MQ1}$ [kN] H: 155,44 m	$F_{m,OK-PS}$ [kN] H: 154,08 m	$F_{m,MQ2}$ [kN] H: 153,74 m	$F_{m,MQ3}$ [kN] H: 152,88 m	$F_{m,MQ4}$ [kN] H: 152,02 m	$F_{m,MQ5}$ [kN] H: 151,16 m	$R_{b,m}$ [kN] H: 149,98 m	$R_{s,m}$ [kN]
1	09:45	-240	-240	-240	-108	-97	-86	-75	-60	-179
2	10:03	-444	-444	-444	-248	-199	-149	-100	-32	-411
3	10:51	-612	-612	-612	-381	-318	-255	-192	-105	-508
4	11:57	-800	-800	-800	-541	-438	-334	-230	-88	-712
7	12:43	-242	-242	-242	-323	-76	-57	-77	0	-242
8	12:56	-426	-426	-426	-389	-239	-187	-124	-2	-423
9	13:10	-613	-613	-613	-474	-375	-275	-204	-80	-533
10	13:30	-801	-801	-801	-593	-456	-426	-247	-88	-713
11	13:52	-1159	-1159	-1159	-843	-687	-589	-391	-185	-974
12	14:20	-1452	-1452	-1452	-1102	-903	-757	-559	-310	-1142
13	14:52	-1777	-1777	-1777	-1309	-1119	-955	-672	-380	-1397
14	15:35	-2102	-2102	-2102	-1661	-1404	-1195	-817	-431	-1671
15	16:43	-2753	-2753	-2753	-2178	-1851	-1568	-1169	-707	-2045
16	17:24	-3417	-3417	-3417	-2748	-2451	-2028	-1574	-1036	-2380
17	18:32	-4073	-4073	-4073	-3372	-3011	-2626	-2216	-1688	-2385

Prüfkörper: **B.K64**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

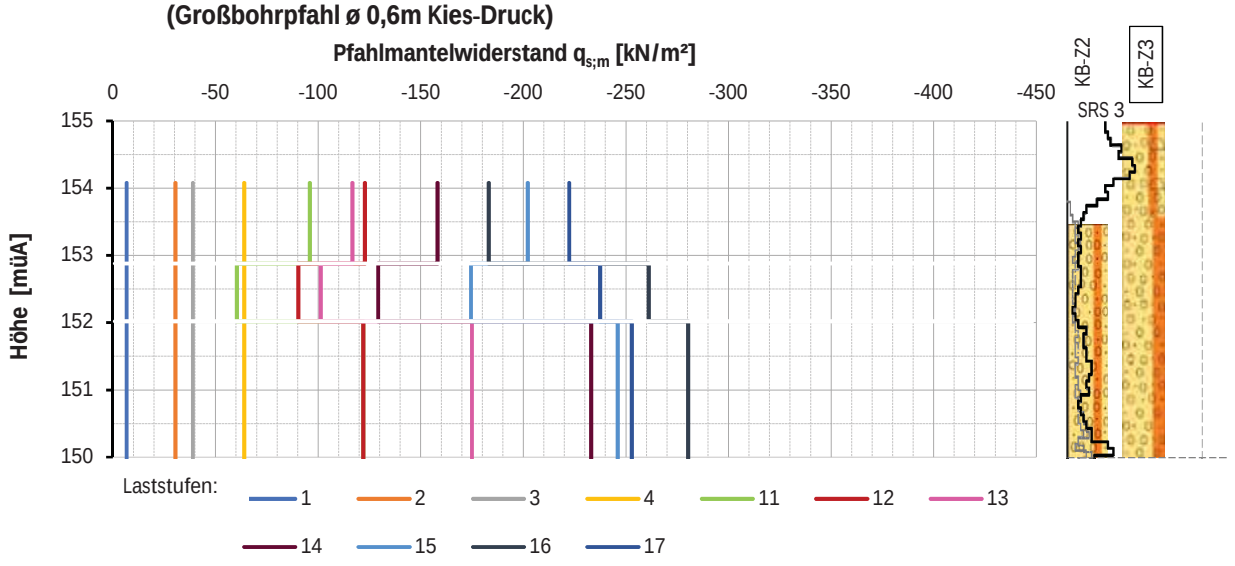


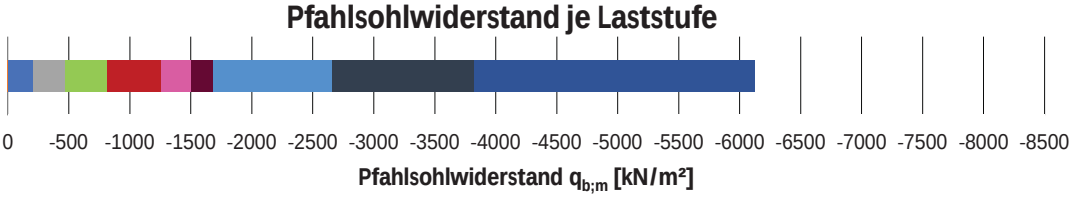
Prüfkörper: **B.K64** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,60 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-239,81	-0,43	-0,0007	-7	-7	-7	-7	-214
2	-443,62	-0,98	-0,0016	-30	-30	-30	-30	-114
3	-612,41	-2,77	-0,0046	-39	-39	-39	-39	-371
4	-799,57	-4,64	-0,0077	-64	-64	-64	-64	-311
5	-426,31	-4,40	-0,0073					
6	-58,60	-3,81	-0,0064					
7	-241,58	-3,95	-0,0066	-152	-12	13	-51	0
8	-425,61	-4,22	-0,0070	-92	-32	-39	-55	-9
9	-612,89	-4,52	-0,0075	-61	-62	-44	-56	-283
10	-800,97	-5,11	-0,0085	-84	-18	-111	-71	-313
11	-1158,60	-8,17	-0,0136	-96	-60	-122	-93	-654
12	-1452,39	-12,34	-0,0206	-123	-90	-122	-112	-1.098
13	-1776,71	-17,46	-0,0291	-117	-101	-175	-131	-1.345
14	-2101,80	-23,69	-0,0395	-158	-129	-233	-174	-1.525
15	-2752,56	-40,60	-0,0677	-202	-175	-246	-208	-2.502
16	-3416,79	-65,21	-0,1087	-183	-261	-280	-242	-3.665
17	-4073,10	-110,55	-0,1842	-222	-237	-253	-238	-5.970
18	-4692,72	-152,75	-0,2546					
21	-3407,19	-160,74	-0,2679					
22	-829,18	-158,38	-0,2640					
23	-429,16	-157,05	-0,2617					

Prüfkörper: **B.K64** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

VERSUCHSAUSWERTUNG

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **04.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.K65**
Prüffeld:	2
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Kies
Herstellungsverfahren:	Schneckenortbetonpfahl (SOB)

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	47
Prüfdatum:	02.11.2017
Versuchsbeginn:	07:36 Uhr
Versuchsende:	20:10 Uhr
Wetterbedingungen:	7:00 Uhr: 8°C, sonnig
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:

Pfahldurchmesser D=	600,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	282743,34	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,8	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,03	müA
OK Prüfstrecke (PS):	154,13	müA
UK Pfahl:	150,03	müA
Länge ohne Mantelreibung:	2,67	m
Länge Prüfstrecke:	4,10	m
Pfahllänge:	6,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30/BS-TB1/GK16**	
Zement:	**-**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	40,49	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	nein
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein

	Sensornummer:	Sensorhöhe:
OK Pfahl	KEX1	156,67 müA
GOK		
MQ1		
keine Mantelreibung		
OK PS	KEX2	154,14 müA
MQ2		
	KEX3	153,28 müA
MQ3		
Prüfstrecke	KEX4	152,42 müA
MQ4		
	KEX5	151,56 müA
MQ5		
UK Pfahl		

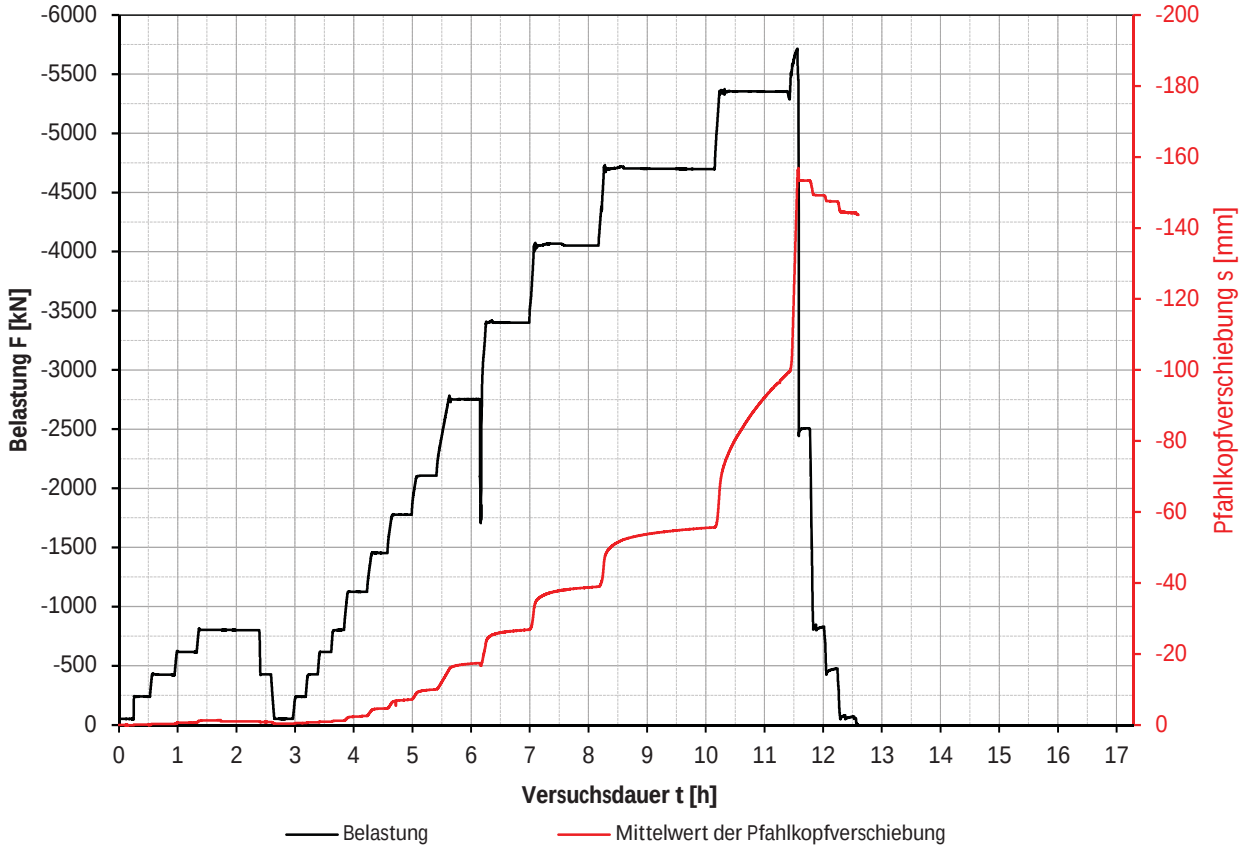
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

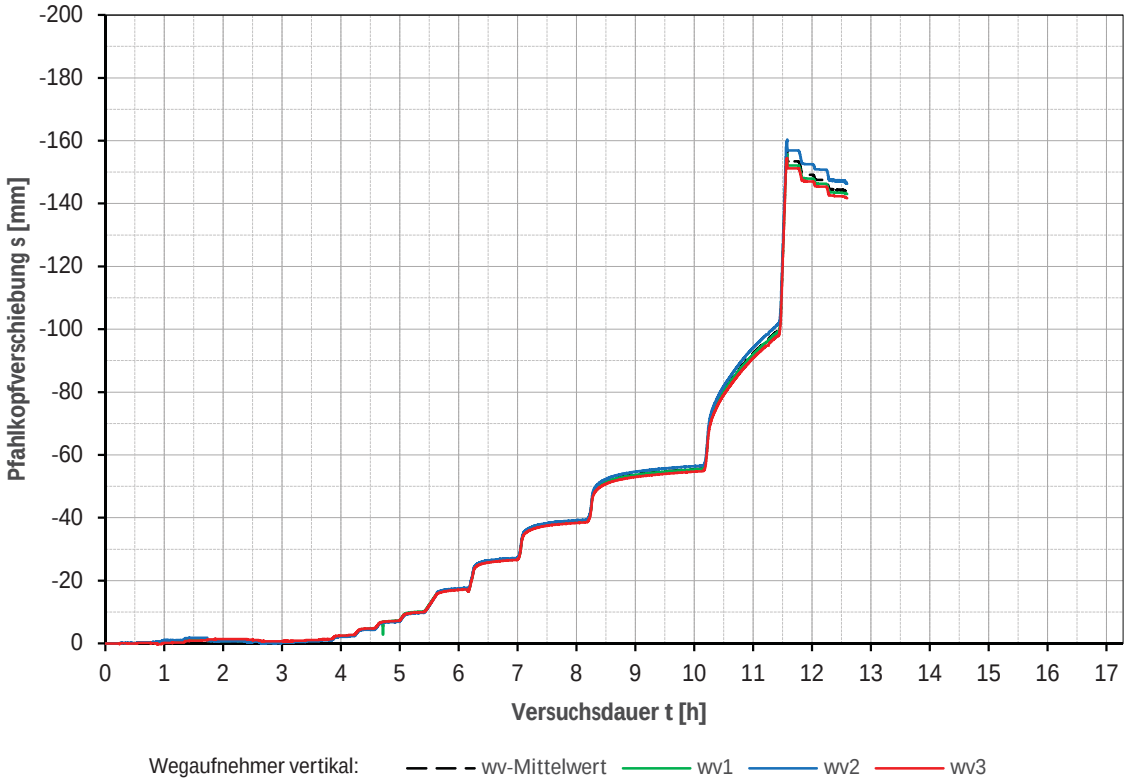
Anmerkungen:

KEX2 und 3 im 1. Lastzyklus fehlerhafter Verlauf.
Längskraftverlauf:
-Bei der LS 1-4 werden die Werte im MQ2 und 3 zwischen MQ1 und MQ4 interpoliert.
E-Modul:
Berechnung mit LS 1-11, darüber Steifigkeitsverlust im Querschnitt.

Prüfkörper: **B.K65 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K65 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K65** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

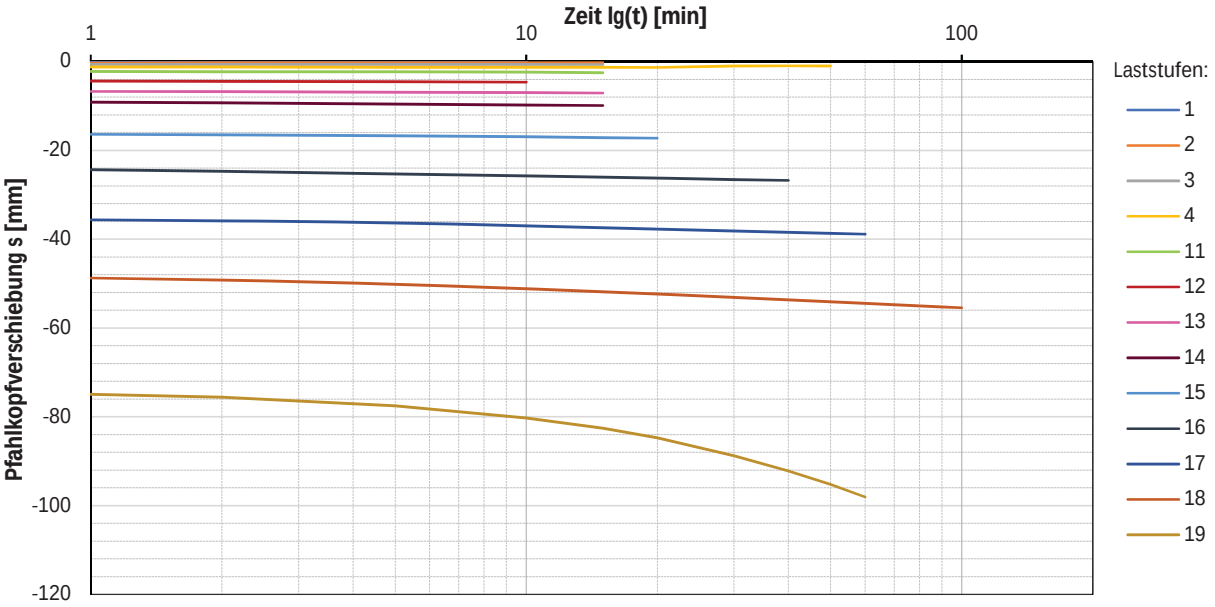
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y **[mm]**
0	07:36	07:51	-50	-50	0,06																		
1	07:53	08:08	-238	-239	-0,05	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07										2	10	-0,09	-0,07	**0,03**
2	08:12	08:32	-425	-423	-0,28	-0,30	-0,30	-0,29	-0,28	-0,27									5	15	-0,29	-0,27	**0,05**
3	08:38	08:56	-613	-615	-0,70	-0,64	-0,64	-0,63	-0,64	-0,68									5	15	-0,63	-0,68	**-0,12**
4	09:00	10:00	-800	-800	-0,96	-1,22	-1,24	-1,26	-1,29	-1,31	-1,35	-0,97							10	20	-1,29	-1,35	**-0,19**
5	10:02	10:12	-425	-427	-0,85	-0,80	-0,82	-0,82															
6	10:16	10:31	-50	-53	-0,38	-0,38	-0,38	-0,37	-0,37														
7	10:38	10:48	-238	-239	-0,51	-0,51	-0,51	-0,51											1	5	-0,51	-0,51	**0,00**
8	10:50	11:00	-425	-426	-0,71	-0,70	-0,70	-0,70											1	5	-0,70	-0,70	**-0,01**
9	11:03	11:13	-613	-616	-0,89	-0,88	-0,91	-0,90											1	5	-0,88	-0,90	**-0,03**
10	11:17	11:27	-800	-803	-1,15	-1,15	-1,15	-1,16											1	5	-1,15	-1,16	**-0,02**
11	11:32	11:50	-1125	-1126	-2,56	-2,23	-2,26	-2,32	-2,36	-2,52									5	15	-2,32	-2,52	**-0,44**
12	11:56	12:11	-1450	-1453	-4,65	-4,38	-4,44	-4,55	-4,62										2	10	-4,44	-4,62	**-0,25**
13	12:18	12:35	-1775	-1778	-7,12	-6,71	-6,77	-6,88	-6,99	-7,09									5	15	-6,88	-7,09	**-0,42**
14	12:41	13:01	-2100	-2107	-9,99	-9,15	-9,31	-9,57	-9,77	-9,90									5	15	-9,57	-9,90	**-0,69**
15	13:17	13:45	-2750	-2752	-17,41	-16,40	-16,50	-16,71	-16,96	-17,13	-17,25								10	20	-16,96	-17,25	**-0,96**
16	13:53	14:35	-3400	-3399	-26,80	-24,35	-24,68	-25,29	-25,76	-26,03	-26,25	-26,55							20	40	-26,25	-26,77	**-1,74**
17	14:45	15:46	-4050	-4051	-38,91	-35,64	-35,85	-36,35	-37,00	-37,39	-37,71	-38,16	-38,89						40	60	-38,46	-38,89	**-2,43**
18	15:55	17:45	-4700	-4699	-55,63	-48,77	-49,21	-50,13	-51,12	-51,86	-52,39	-53,12	-54,42						80	100	-55,00	-55,45	**-4,66**
19	17:57	19:01	-5350	-5346	-99,19	-74,94	-75,60	-77,55	-80,28	-82,55	-84,74	-88,75	-98,07						40	60	-92,20	-98,07	**-33,36**
20	19:10	19:11	-6000	-5652	-155,83																		
21	19:12	19:22	-3400	-2506	-153,39	-153,41	-153,39	-153,38															
22	19:27	19:37	-800	-829	-149,17	-149,33	-149,31	-149,19															
23	19:40	19:50	-425	-475	-147,51	-147,59	-147,56	-147,52															
24	19:54	20:10	-50	-56	-144,27	-144,55	-144,58	-144,53	-144,37	-144,20													

Prüfkörper: **B.K65**

Zeitverformung

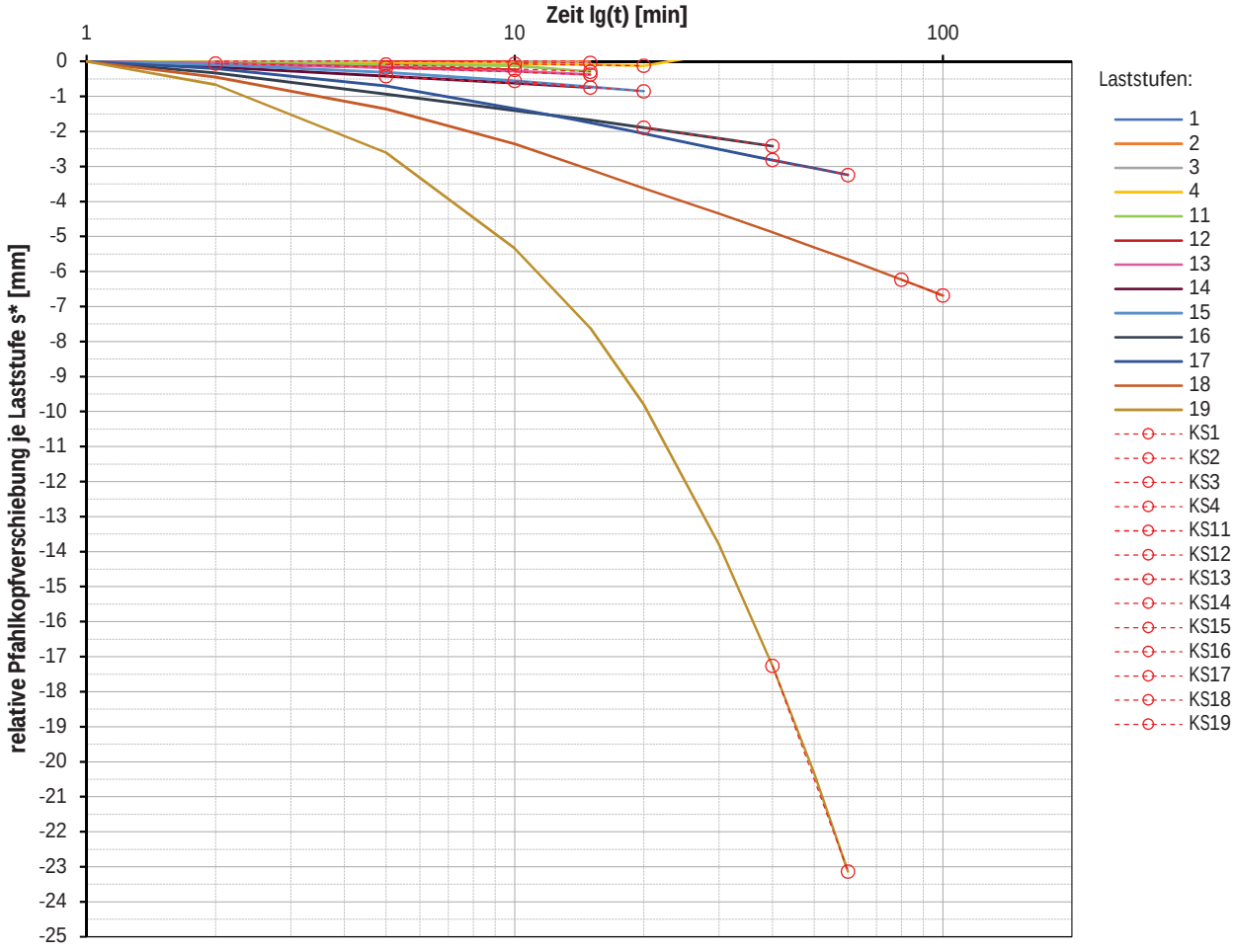
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K65**

relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

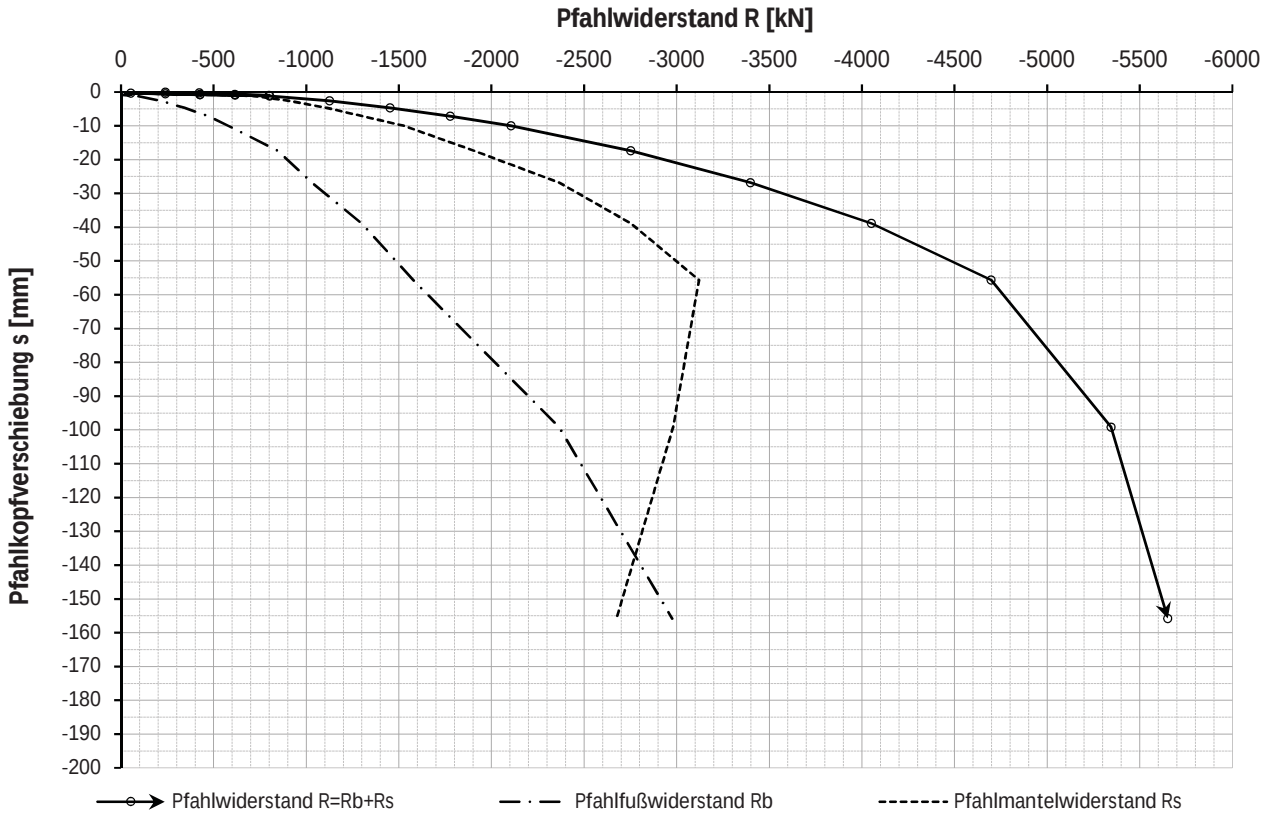


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.K65**

Widerstands-Verschiebungslinie

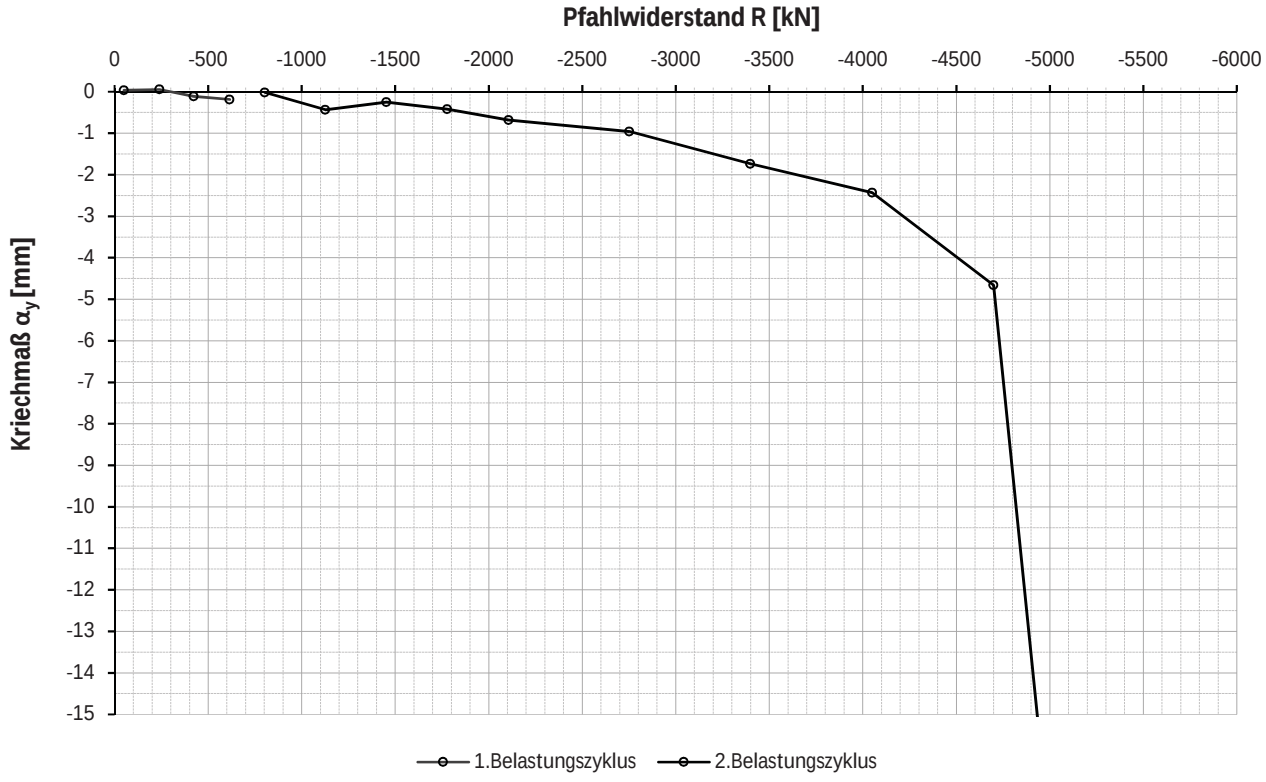
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K65**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K65** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

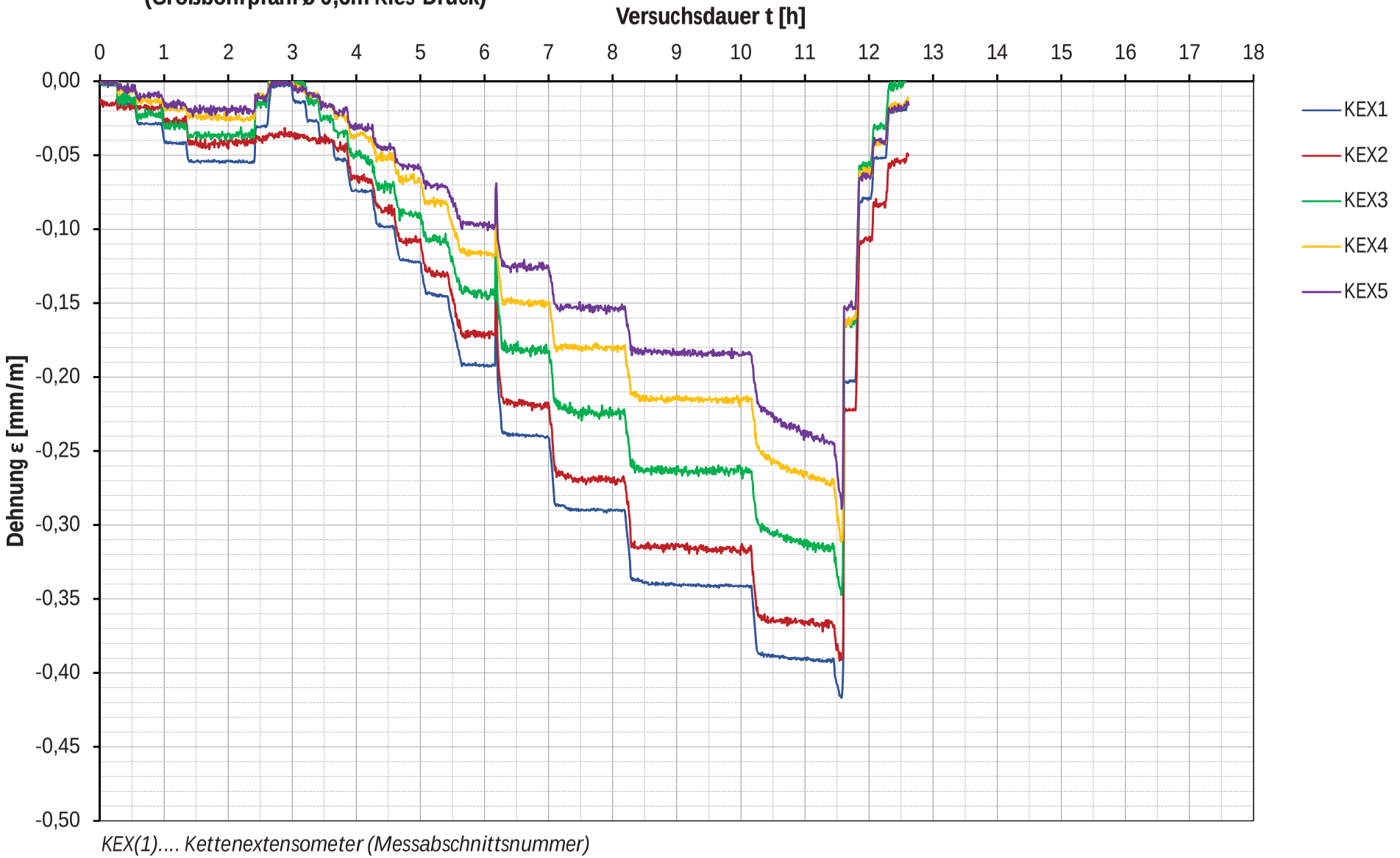
Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,41 m	H: 153,71 m	H: 152,85 m	H: 151,99 m	H: 151,13 m	H: 155,41 m	H: 153,71 m	H: 152,85 m	H: 151,99 m	H: 151,13 m
1	08:08	-239	-0,0156	-0,0172	-0,0110	-0,0044	-0,0058	-0,0156	-0,0172	-0,0110	-0,0044	-0,0058
2	08:32	-423	-0,0284	-0,0177	-0,0213	-0,0149	-0,0103	-0,0284	-0,0177	-0,0213	-0,0149	-0,0103
3	08:56	-615	-0,0414	-0,0236	-0,0280	-0,0172	-0,0163	-0,0414	-0,0236	-0,0280	-0,0172	-0,0163
4	10:00	-800	-0,0551	-0,0416	-0,0385	-0,0257	-0,0198	-0,0551	-0,0416	-0,0385	-0,0257	-0,0198
5	10:12	-427	-0,0305	-0,0365	-0,0146	-0,0115	-0,0108	-0,0305	-0,0365	-0,0146	-0,0115	-0,0108
6	10:31	-53	-0,0025	-0,0370	0,0103	0,0025	-0,0008	-0,0025	-0,0370	0,0103	0,0025	-0,0008
7	10:48	-239	-0,0136	-0,0383	-0,0012	-0,0046	-0,0051	-0,0136	-0,0383	-0,0012	-0,0046	-0,0051
8	11:00	-426	-0,0275	-0,0414	-0,0128	-0,0092	-0,0111	-0,0275	-0,0414	-0,0128	-0,0092	-0,0111
9	11:13	-616	-0,0410	-0,0401	-0,0258	-0,0173	-0,0155	-0,0410	-0,0401	-0,0258	-0,0173	-0,0155
10	11:27	-803	-0,0538	-0,0419	-0,0335	-0,0239	-0,0176	-0,0538	-0,0419	-0,0335	-0,0239	-0,0176
11	11:50	-1126	-0,0734	-0,0664	-0,0532	-0,0402	-0,0324	-0,0734	-0,0664	-0,0532	-0,0402	-0,0324
12	12:11	-1453	-0,0988	-0,0882	-0,0690	-0,0484	-0,0461	-0,0988	-0,0882	-0,0690	-0,0484	-0,0461
13	12:35	-1778	-0,1220	-0,1068	-0,0926	-0,0676	-0,0591	-0,1220	-0,1068	-0,0926	-0,0676	-0,0591
14	13:01	-2107	-0,1456	-0,1292	-0,1102	-0,0838	-0,0719	-0,1456	-0,1292	-0,1102	-0,0838	-0,0719
15	13:45	-2752	-0,1923	-0,1707	-0,1432	-0,1172	-0,0996	-0,1923	-0,1707	-0,1432	-0,1172	-0,0996
16	14:35	-3399	-0,2400	-0,2208	-0,1835	-0,1492	-0,1253	-0,2400	-0,2208	-0,1835	-0,1492	-0,1253
17	15:46	-4051	-0,2899	-0,2669	-0,2252	-0,1790	-0,1543	-0,2899	-0,2669	-0,2252	-0,1790	-0,1543
18	17:45	-4699	-0,3417	-0,3139	-0,2642	-0,2142	-0,1843	-0,3417	-0,3139	-0,2642	-0,2142	-0,1843
19	19:01	-5346	-0,3917	-0,3653	-0,3157	-0,2721	-0,2440	-0,3917	-0,3653	-0,3157	-0,2721	-0,2440
20	19:11	-5652	-0,4119	-0,3895	-0,3378	-0,3098	-0,2855	-0,4119	-0,3895	-0,3378	-0,3098	-0,2855
21	19:22	-2506	-0,2022	-0,2222	-0,1646	-0,1587	-0,1525	-0,2022	-0,2222	-0,1646	-0,1587	-0,1525
22	19:37	-829	-0,0793	-0,1083	-0,0568	-0,0600	-0,0657	-0,0793	-0,1083	-0,0568	-0,0600	-0,0657
23	19:50	-475	-0,0520	-0,0819	-0,0302	-0,0418	-0,0403	-0,0520	-0,0819	-0,0302	-0,0418	-0,0403
24	20:10	-56	-0,0188	-0,0529	-0,0001	-0,0162	-0,0174	-0,0188	-0,0529	-0,0001	-0,0162	-0,0174

Prüfkörper: **B.K65**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Messwerte Kettenextensometer

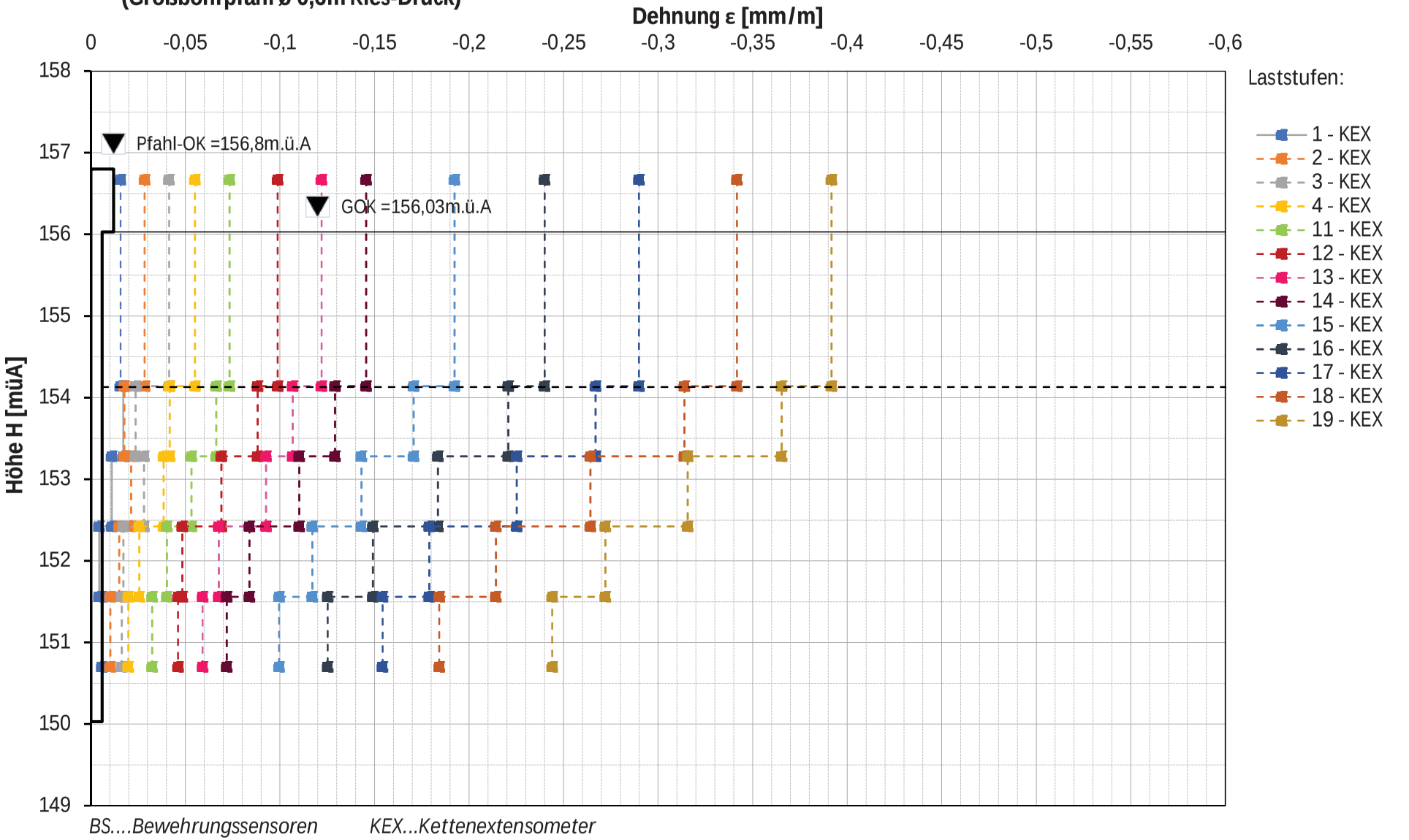


KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.K65**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



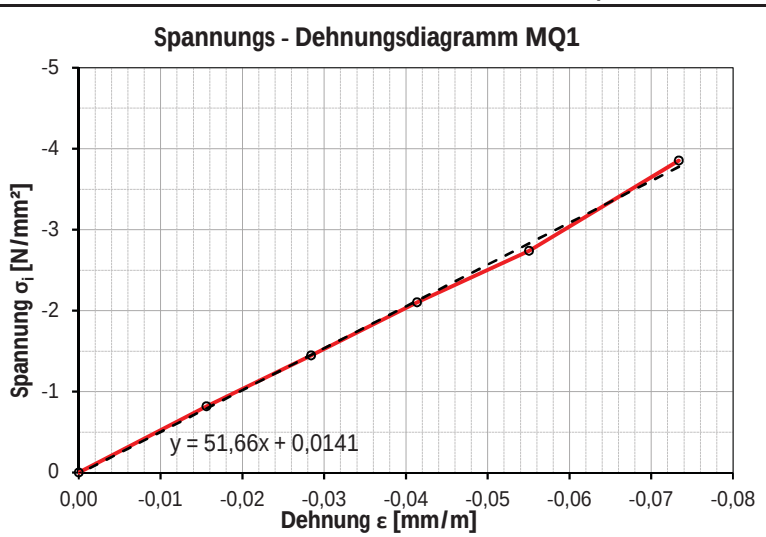
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.K65 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	KEX1 ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-239,29	-0,82	-0,01563
2	-423,10	-1,45	-0,0284
3	-615,28	-2,11	-0,04138
4	-800,22	-2,74	-0,05506
11	-1125,85	-3,85	-0,07338

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	51,66 N/mm²
Querschnittsnummer:	8
E-Modul Beton E_c=	**40,49 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	610	156,03	154,13	0,00	8256,00	12441,33	271549,33
2	Prüfstrecke	600	154,13	150,03	0,00	7401,30	492,88	274849,16
3	BS1	610	0	0	0,00	6371,15	12441,33	273434,18
4	BS2	600	0	0	0,00	8256,11	492,88	273994,34
5	BS3	600	0	0	0,00	8256,11	492,88	273994,34
6	BS4	600	0	0	0,00	8256,11	492,88	273994,34
7	BS5	600	0	0	0,00	6371,15	492,88	275879,30
8	mittel KEX1	610	156,67	154,14	0,00	7247,32	12441,33	272558,01
9	mittel KEX2	600	154,14	153,28	0,00	8256,11	492,88	273994,34
10	mittel KEX3	600	153,28	152,42	0,00	8256,11	492,88	273994,34
11	mittel KEX4	600	152,42	151,56	0,00	6721,84	492,88	275528,61
12	mittel KEX5	600	151,56	150,7	0,00	6371,15	492,88	275879,30

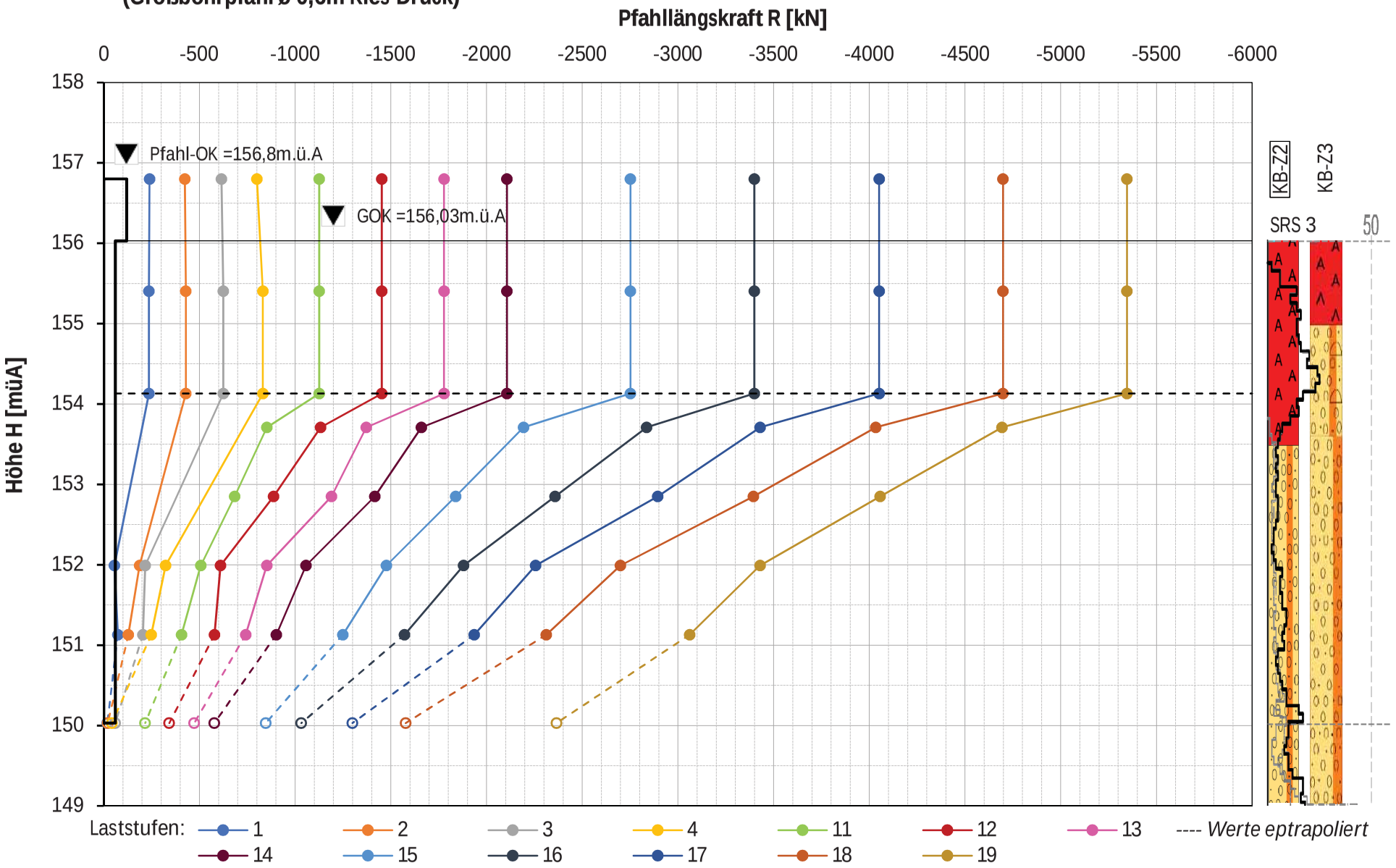
Prüfkörper: **B.K65 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN]	$F_{m,MQ1}$ [kN]	$F_{m,OK-PS}$ [kN]	$F_{m,MQ2}$ [kN]	$F_{m,MQ3}$ [kN]	$F_{m,MQ4}$ [kN]	$F_{m,MQ5}$ [kN]	$R_{b,m}$ [kN]	$R_{s,m}$ [kN]
		H: 156,80 m	H: 155,41 m	H: 154,13 m	H: 153,71 m	H: 152,85 m	H: 151,99 m	H: 151,13 m	H: 150,03 m	
1	08:08	-239	-236	-236			-55	-73	-19	-220
2	08:32	-423	-429	-429			-188	-129	-21	-402
3	08:56	-615	-625	-625			-217	-205	-60	-555
4	10:00	-800	-831	-831			-324	-248	-42	-758
7	10:48	-239	-205	-205	-493	-16	-58	-64	0	-239
8	11:00	-426	-415	-415	-532	-165	-116	-139	0	-426
9	11:13	-616	-616	-616	-516	-332	-218	-195	-58	-558
10	11:27	-803	-803	-803	-538	-430	-301	-221	-86	-717
11	11:50	-1126	-1126	-1126	-853	-684	-507	-407	-217	-909
12	12:11	-1453	-1453	-1453	-1133	-887	-610	-579	-343	-1110
13	12:35	-1778	-1778	-1778	-1372	-1190	-853	-742	-473	-1305
14	13:01	-2107	-2107	-2107	-1660	-1416	-1057	-902	-578	-1528
15	13:45	-2752	-2752	-2752	-2193	-1839	-1477	-1249	-847	-1905
16	14:35	-3399	-3399	-3399	-2836	-2358	-1880	-1572	-1032	-2367
17	15:46	-4051	-4051	-4051	-3429	-2894	-2256	-1936	-1299	-2752
18	17:45	-4699	-4699	-4699	-4034	-3395	-2700	-2312	-1578	-3121
19	19:01	-5346	-5346	-5346	-4694	-4056	-3430	-3062	-2366	-2980

Prüfkörper: **B.K65**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

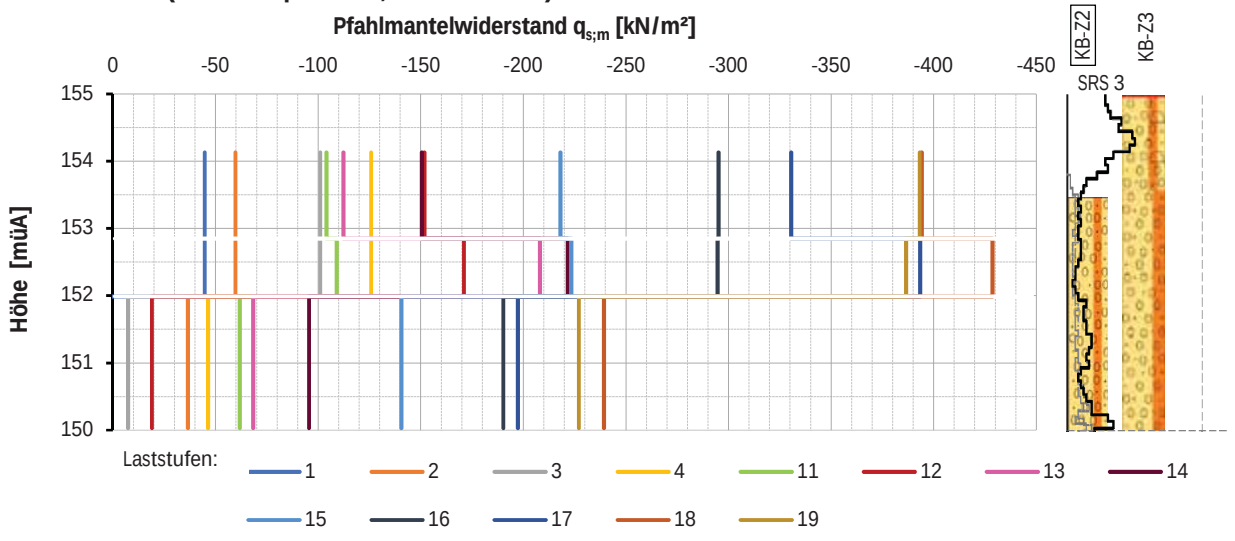


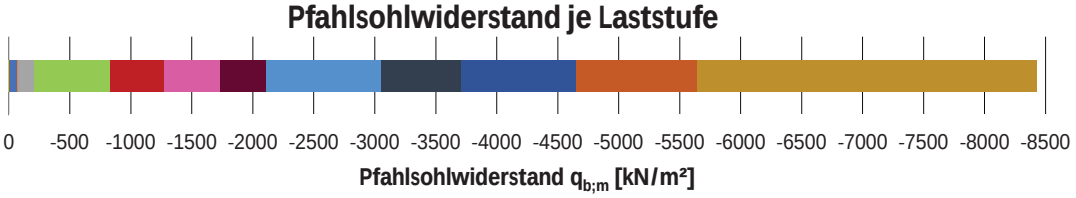
Prüfkörper: **B.K65** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,60 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-239,29	-0,05	-0,0001	-45	-45	11	-26	-68
2	-423,10	-0,28	-0,0005	-60	-60	-37	-52	-74
3	-615,28	-0,70	-0,0012	-101	-101	-7	-70	-213
4	-800,22	-0,96	-0,0016	-126	-126	-46	-99	-150
5	-427,09	-0,85	-0,0014					
6	-52,68	-0,38	-0,0006					
7	-239,40	-0,51	-0,0008	-294	26	4	-88	0
8	-426,36	-0,71	-0,0012	-226	-30	14	-81	0
9	-616,14	-0,89	-0,0015	-114	-70	-14	-66	-206
10	-802,91	-1,15	-0,0019	-67	-80	-49	-65	-302
11	-1125,85	-2,56	-0,0043	-104	-109	-62	-92	-766
12	-1452,83	-4,65	-0,0078	-152	-171	-19	-114	-1.211
13	-1777,71	-7,12	-0,0119	-112	-208	-68	-130	-1.673
14	-2106,55	-9,99	-0,0166	-151	-222	-96	-156	-2.046
15	-2751,92	-17,41	-0,0290	-218	-224	-141	-194	-2.995
16	-3399,33	-26,80	-0,0447	-295	-295	-190	-260	-3.651
17	-4051,31	-38,91	-0,0648	-330	-393	-197	-307	-4.596
18	-4698,50	-55,63	-0,0927	-394	-429	-239	-354	-5.581
19	-5346,07	-99,19	-0,1653	-393	-387	-227	-336	-8.367
20	-5651,59	-155,83	-0,2597					
21	-2506,44	-153,39	-0,2556					

Prüfkörper: **B.K65** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

VERSUCHSAUSWERTUNG

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **04.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.K11**
Prüffeld:	1
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Kies
Herstellungsverfahren:	Schneckenortbetonpfahl (SOB)

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	4
Prüfdatum:	26.06.2017
Versuchsbeginn:	07:17 Uhr
Versuchsende:	19:26 Uhr
Wetterbedingungen:	sonnig heiß
besondere Versuchsbedingungen:	Doppelwandrohr geht mit nach unten

Geometrie Prüfkörper:

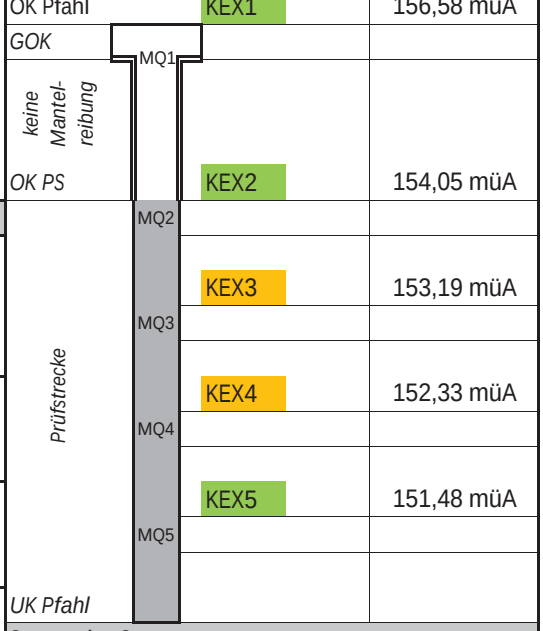
Pfahldurchmesser D=	600,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	282743,34	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,81	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	156,01	müA
OK Prüfstrecke (PS):	154,11	müA
UK Pfahl:	150,01	müA
Länge ohne Mantelreibung:	2,70	m
Länge Prüfstrecke:	4,10	m
Pfahllänge:	6,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30/BS-TB1/GK16**	
Zement:	**CEM II / B-S**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	36,88	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	nein
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein



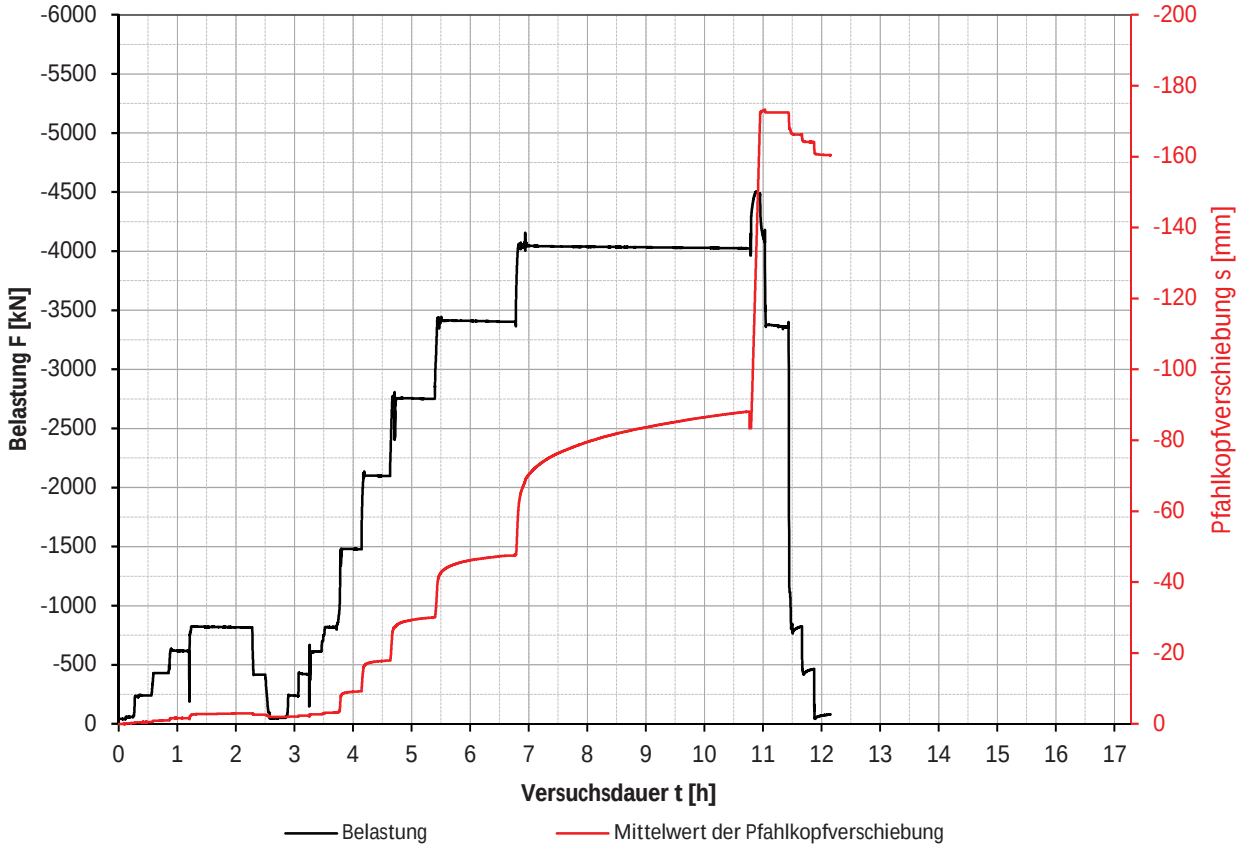
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

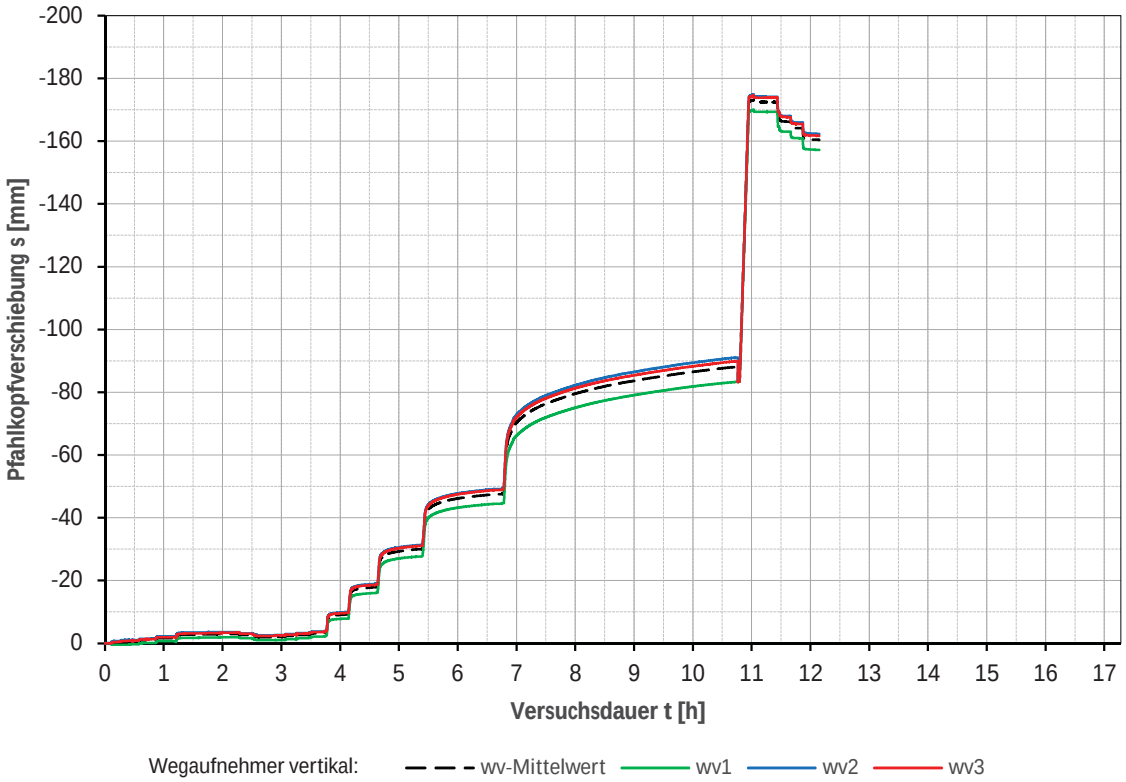
Anmerkungen:

Längskraftverlauf:
KEX 3 und KEX 4 werden zu einem Messabschnitt zusammengefasst.

Prüfkörper: **B.K11 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K11 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K11** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

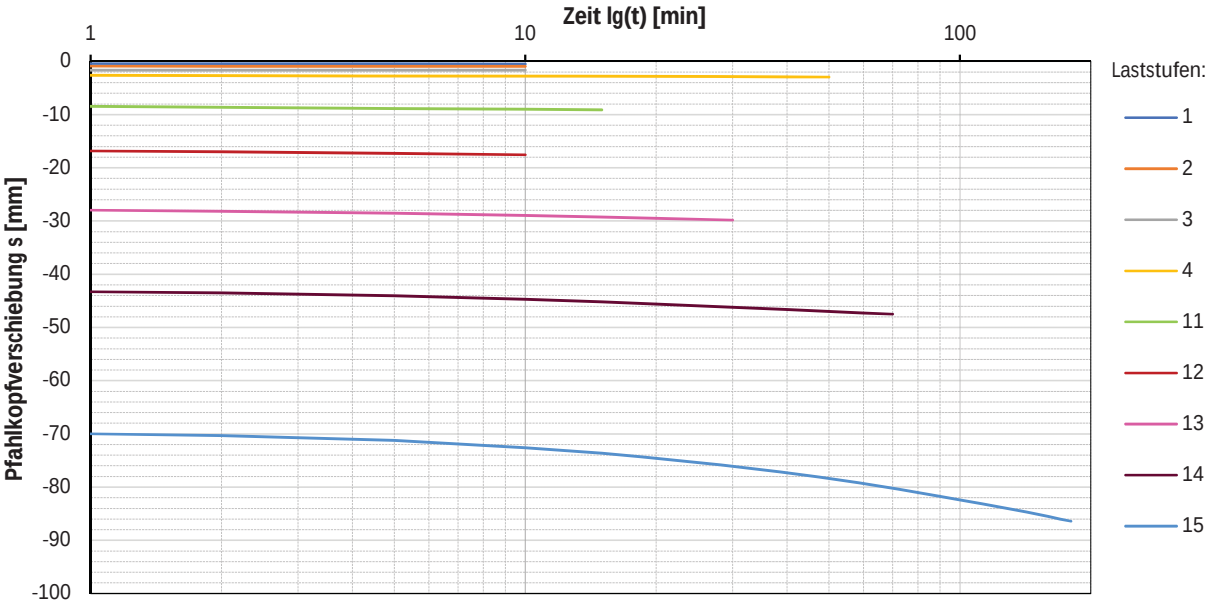
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriech-maß α_y [mm]
0	07:17	07:30	-50	-58	-0,21																		
1	07:35	07:48	-238	-240	-0,50	-0,43	-0,43	-0,45	-0,51										2	10	-0,43	-0,51	**-0,11**
2	07:53	08:07	-425	-430	-0,94	-0,90	-0,91	-0,93	-0,94										2	10	-0,91	-0,94	**-0,04**
3	08:11	08:26	-613	-618	-1,64	-1,65	-1,65	-1,66	-1,65										2	10	-1,65	-1,65	**0,00**
4	08:31	09:31	-800	-816	-2,98	-2,62	-2,67	-2,74	-2,78	-2,80	-2,81	-2,85							30	50	-2,85	-2,94	**-0,40**
5	09:35	09:45	-425	-417	-2,61	-2,62	-2,62	-2,62															
6	09:51	10:06	-50	-50	-1,97	-2,00	-1,99	-1,98	-1,97														
7	10:10	10:20	-238	-237	-2,08	-2,09	-2,09	-2,09											1	5	-2,09	-2,09	**0,01**
8	10:22	10:32	-425	-418	-2,33	-2,36	-2,36	-2,34											1	5	-2,36	-2,34	**0,03**
9	10:36	10:45	-613	-676	-2,77	-2,67	-2,67	-2,68											1	5	-2,67	-2,68	**-0,02**
10	10:48	10:58	-800	-818	-3,18	-3,13	-3,15	-3,17											1	5	-3,13	-3,17	**-0,06**
11	11:05	11:23	-1450	-1478	-9,17	-8,46	-8,63	-8,85	-9,02	-9,11									5	15	-8,85	-9,11	**-0,55**
12	11:29	11:44	-2100	-2099	-17,67	-16,86	-17,00	-17,28	-17,54										12	10	-17,54	-17,54	**0,00**
13	12:01	12:40	-2750	-2750	-30,02	-27,95	-28,15	-28,55	-28,97	-29,25	-29,50	-29,83							15	30	-29,25	-29,83	**-1,90**
14	12:48	14:03	-3400	-3402	-47,65	-43,28	-43,51	-44,06	-44,73	-45,21	-45,62	-46,21	-47,31						50	70	-46,99	-47,50	**-3,46**
15	14:15	18:03	-4050	-4024	-88,07	-69,98	-70,33	-71,25	-72,58	-73,66	-74,58	-76,10	-79,35	-83,54	-85,07	-85,55	-86,01	-86,41	150	200	-85,07	-87,19	**-17,00**
16	18:09	18:10	-4700	-4506	-137,83	-133,00																	
19	18:20	18:43	-3400	-3357	-172,45	-172,46	-172,46	-172,46	-172,46	-172,44	-172,45												
20	18:46	18:56	-800	-825	-166,20	-166,54	-166,30	-166,24															
21	18:59	19:09	-425	-465	-164,12	-164,21	-164,17	-164,13															
22	19:11	19:24	-50	-79	-160,43	-160,68	-160,64	-160,56	-160,47														

Prüfkörper: **B.K11**

Zeitverformung

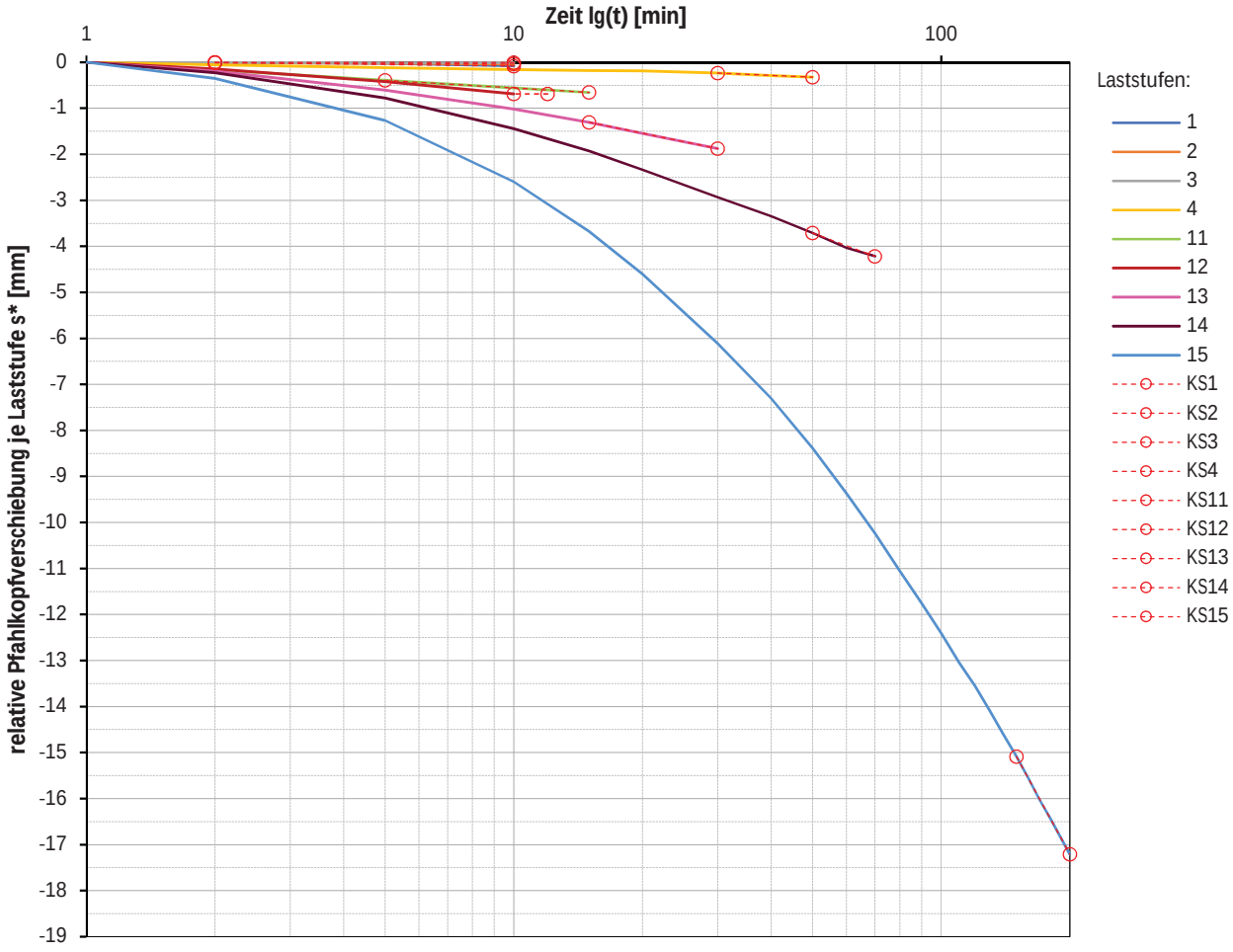
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K11**

relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

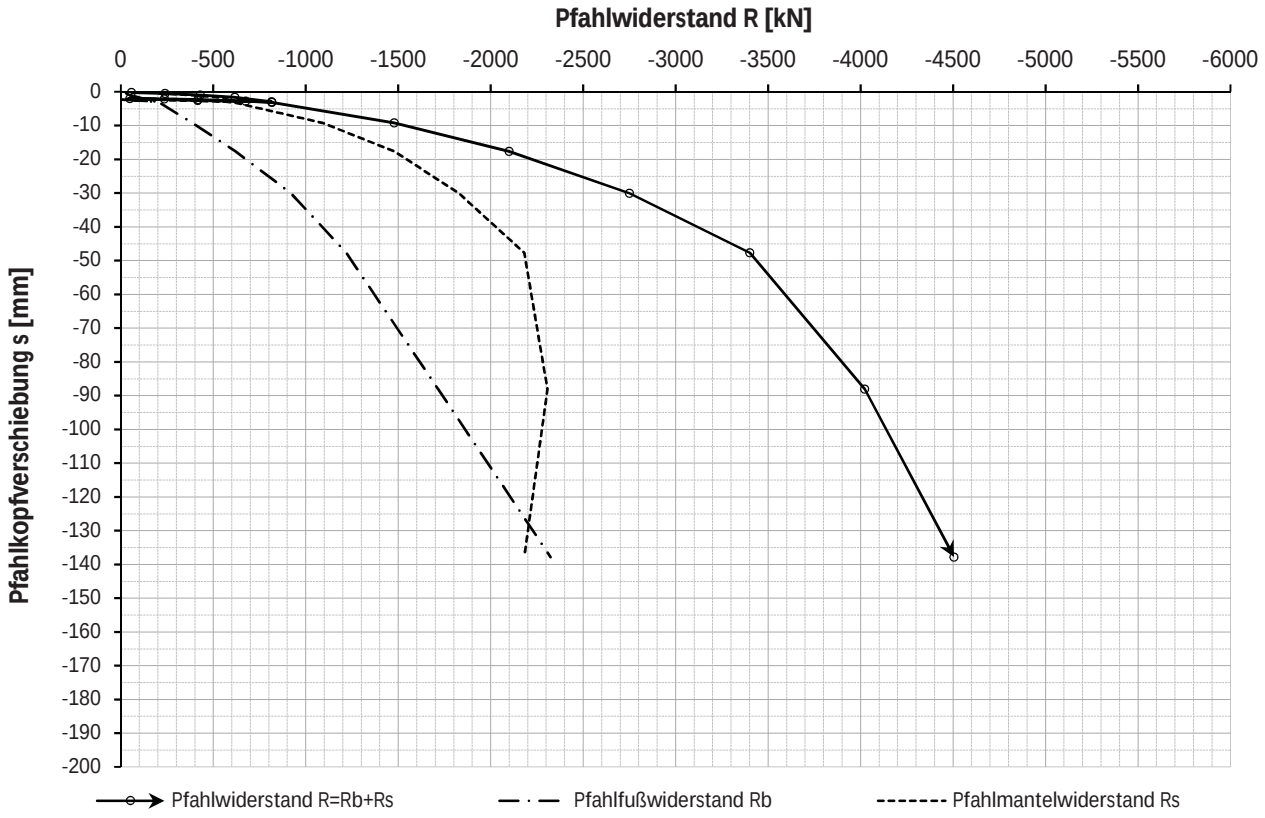


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.K11**

Widerstands-Verschiebungslinie

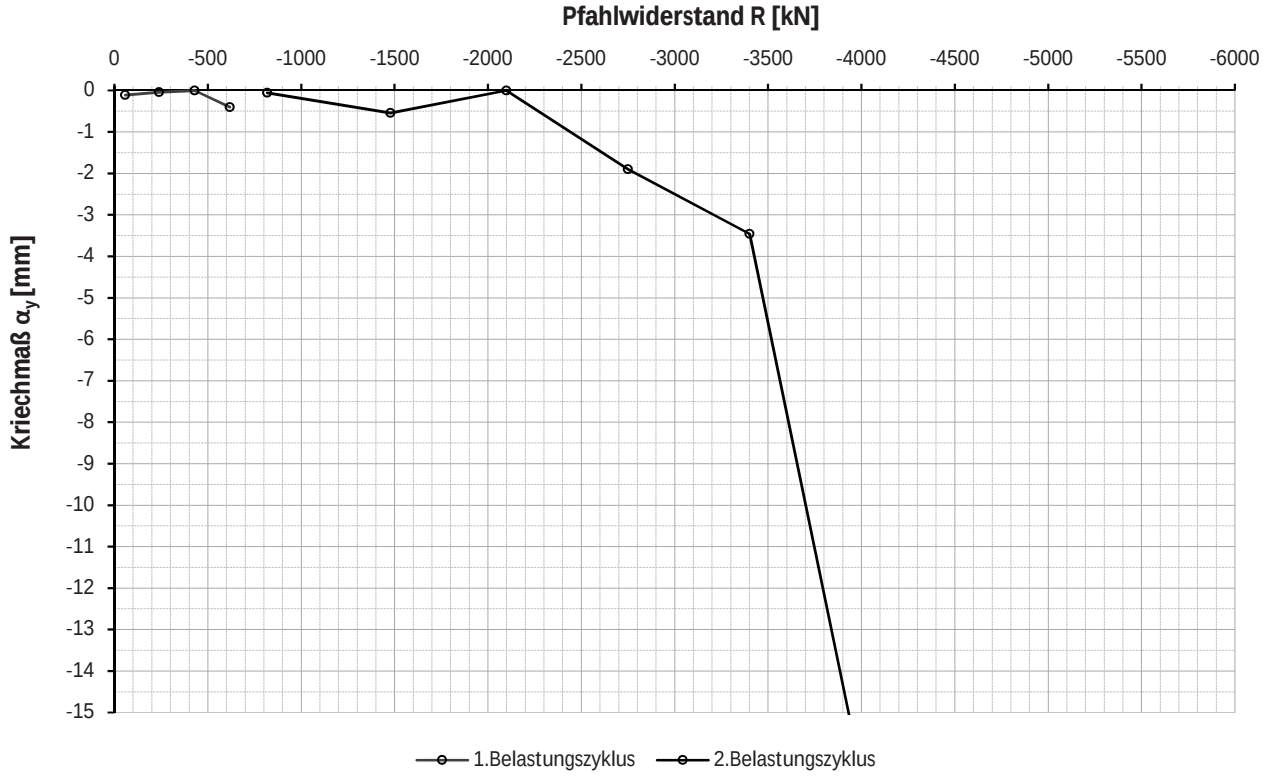
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K11**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K11** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

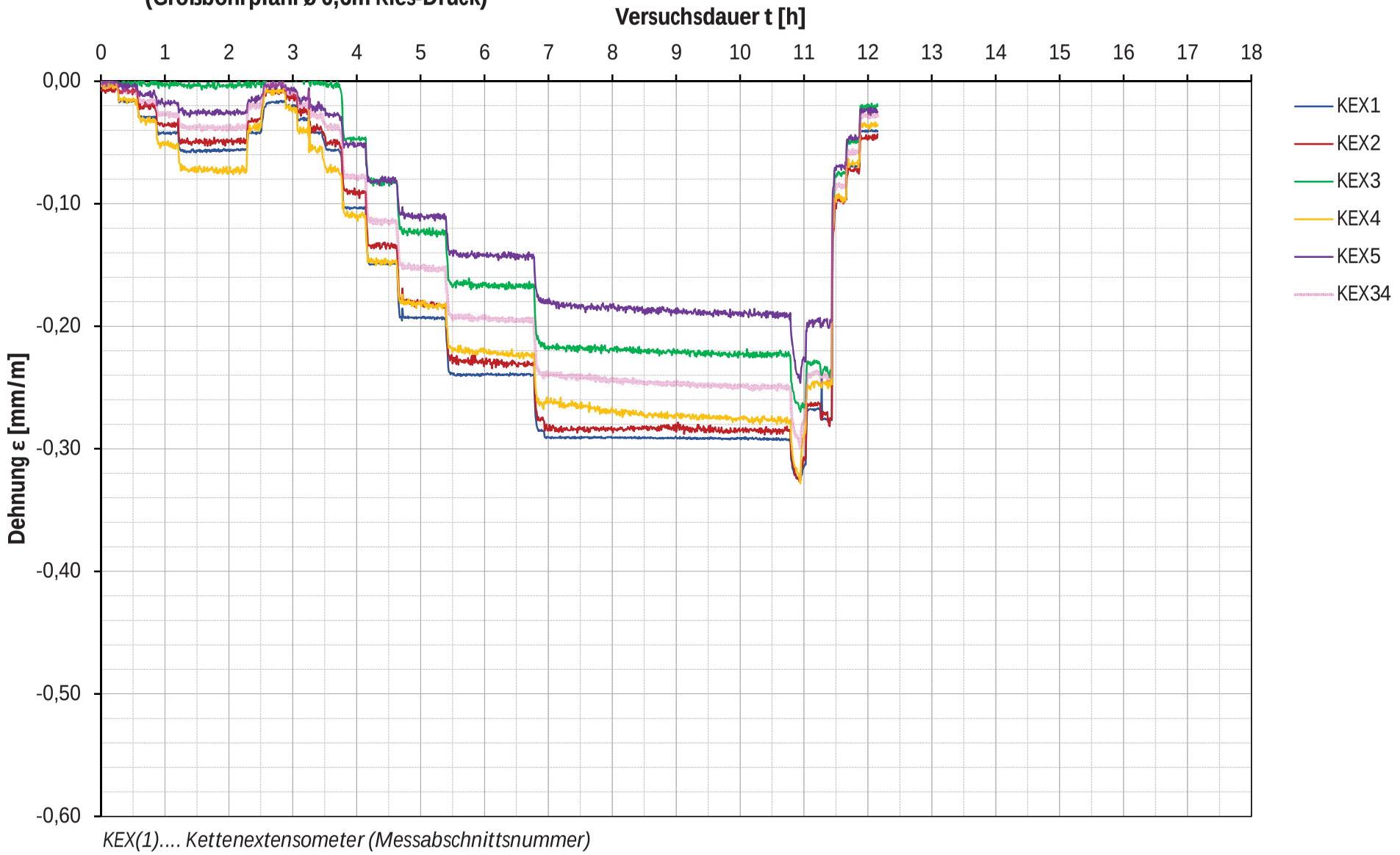
Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX34}$*	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,32 m	H: 153,62 m	H: 152,76 m	H: 151,91 m	H: 151,05 m	H: 155,32 m	H: 153,62 m	H: 152,76 m	H: 151,91 m	H: 151,05 m
1	07:48	-240	-0,0157	-0,0088	-0,0018	-0,0145	-0,0044	-0,0157	-0,0088	-0,0081		-0,0044
2	08:07	-430	-0,0286	-0,0197	-0,0010	-0,0326	-0,0088	-0,0286	-0,0197	-0,0167		-0,0088
3	08:26	-618	-0,0413	-0,0365	-0,0005	-0,0526	-0,0165	-0,0413	-0,0365	-0,0264		-0,0165
4	09:31	-816	-0,0558	-0,0467	-0,0024	-0,0703	-0,0256	-0,0558	-0,0467	-0,0361		-0,0256
5	09:45	-417	-0,0418	-0,0307	-0,0025	-0,0408	-0,0152	-0,0418	-0,0307	-0,0216		-0,0152
6	10:06	-50	-0,0159	-0,0095	0,0059	-0,0066	-0,0043	-0,0159	-0,0095	-0,0003		-0,0043
7	10:20	-237	-0,0208	-0,0143	0,0001	-0,0219	-0,0079	-0,0208	-0,0143	-0,0108		-0,0079
8	10:32	-418	-0,0298	-0,0211	0,0025	-0,0210	-0,0056	-0,0298	-0,0211	-0,0092		-0,0056
9	10:45	-676	-0,0461	-0,0421	-0,0017	-0,0624	-0,0213	-0,0461	-0,0421	-0,0319		-0,0213
10	10:58	-818	-0,0563	-0,0495	-0,0020	-0,0718	-0,0274	-0,0563	-0,0495	-0,0367		-0,0274
11	11:23	-1478	-0,1043	-0,0915	-0,0471	-0,1097	-0,0509	-0,1043	-0,0915	-0,0782		-0,0509
12	11:44	-2099	-0,1491	-0,1358	-0,0804	-0,1451	-0,0784	-0,1491	-0,1358	-0,1126		-0,0784
13	12:40	-2750	-0,1931	-0,1849	-0,1246	-0,1818	-0,1114	-0,1931	-0,1849	-0,1530		-0,1114
14	14:03	-3402	-0,2394	-0,2296	-0,1682	-0,2230	-0,1431	-0,2394	-0,2296	-0,1954		-0,1431
15	18:03	-4024	-0,2922	-0,2853	-0,2239	-0,2793	-0,1902	-0,2922	-0,2853	-0,2515		-0,1902
16	18:10	-4506	-0,3236	-0,3241	-0,2624	-0,3189	-0,2391	-0,3236	-0,3241	-0,2905		-0,2391
19	18:43	-3357	-0,2766	-0,2748	-0,2350	-0,2473	-0,1949	-0,2766	-0,2748	-0,2403		-0,1949
20	18:56	-825	-0,0965	-0,0948	-0,0751	-0,0976	-0,0660	-0,0965	-0,0948	-0,0863		-0,0660
21	19:09	-465	-0,0694	-0,0723	-0,0484	-0,0661	-0,0437	-0,0694	-0,0723	-0,0572		-0,0437
22	19:24	-79	-0,0400	-0,0446	-0,0211	-0,0370	-0,0254	-0,0400	-0,0446	-0,0290		-0,0254

***Stauchung der Messabschnitte KEX3 und KEX4**

Prüfkörper: **B.K11**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Messwerte Kettenextensometer

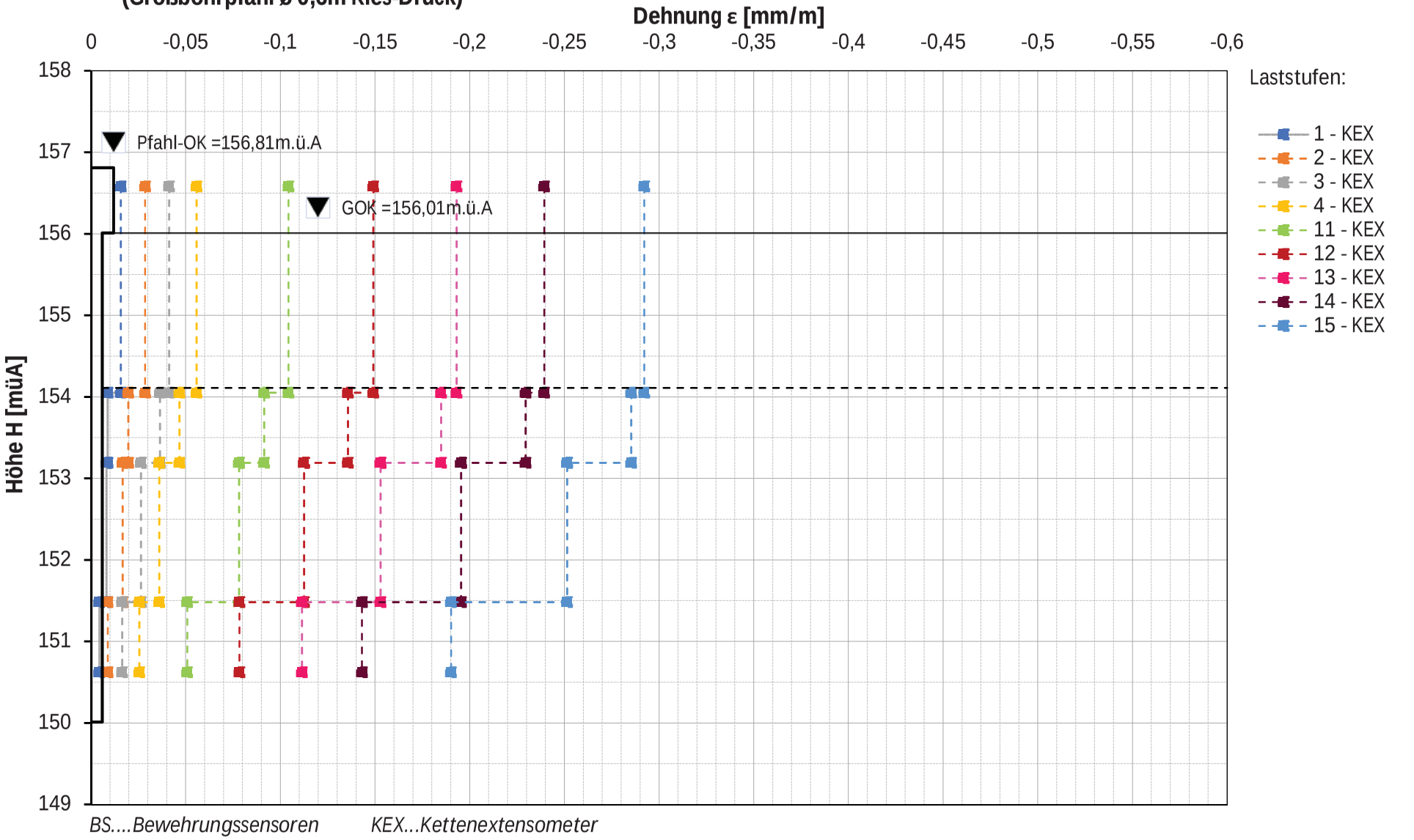


KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.K11**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



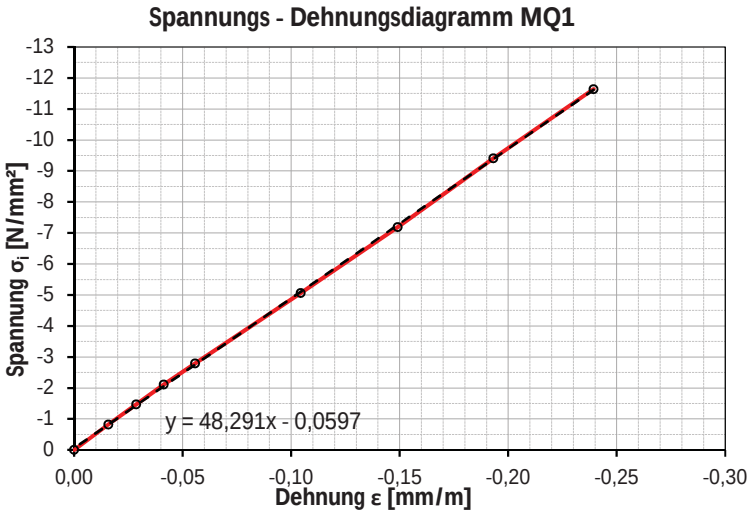
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.K11 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	KEX1 ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-240,13	-0,82	-0,01575
2	-429,78	-1,47	-0,02862
3	-617,74	-2,11	-0,04129
4	-816,00	-2,79	-0,05577
11	-1478,49	-5,06	-0,10434
12	-2099,39	-7,18	-0,14913
13	-2750,20	-9,41	-0,19313
14	-3402,26	-11,64	-0,23936

Berechnung		
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	48,29	N/mm²
Querschnittsnummer:	8	
E-Modul Beton E_c=	**36,88**	**N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	610	156,01	154,11	0,00	8256,00	12441,33	271549,33
2	Prüfstrecke	600	154,11	150,01	0,00	7401,30	492,88	274849,16
8	mittel KEX1	610	156,58	154,05	0,00	7247,32	12441,33	272558,01
9	mittel KEX2	600	154,05	153,19	0,00	8256,11	492,88	273994,34
10	mittel KEX3	600	153,19	152,33	0,00	8256,11	492,88	273994,34
11	mittel KEX4	600	152,33	151,48	0,00	6721,84	492,88	275528,61
12	mittel KEX5	600	151,48	150,62	0,00	6371,15	492,88	275879,30
13	mittel KEX34	600	153,19	151,48	0,00	7493,46	492,88	274756,99

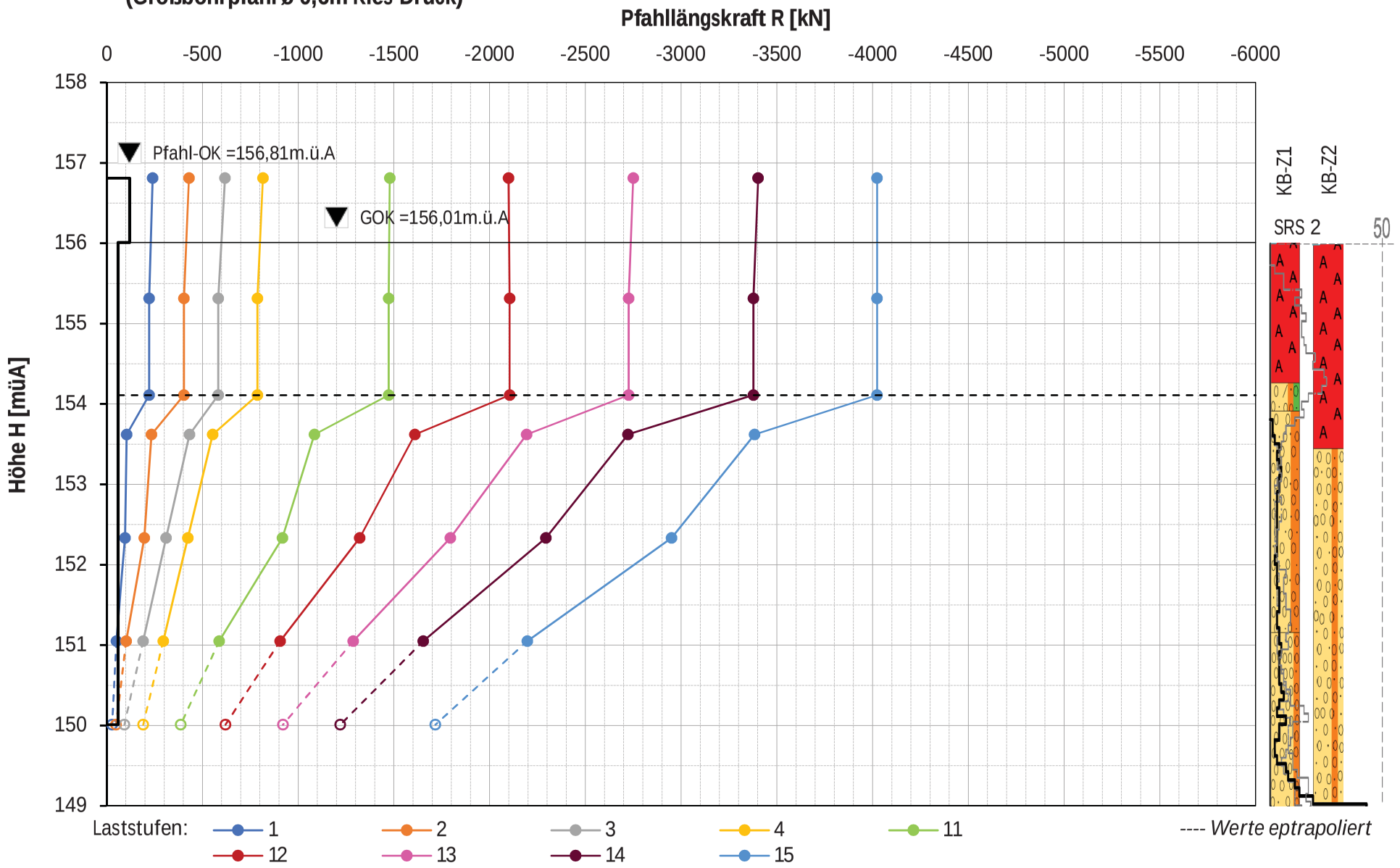
Prüfkörper: **B.K11** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN]	$F_{m,MQ1}$ [kN]	$F_{m,OK-PS}$ [kN]	$F_{m,MQ2}$ [kN]	$F_{m,MQ3,4}$ [kN]	$F_{m,MQ4}$ [kN]	$F_{m,MQ5}$ [kN]	$R_{b,m}$ [kN]	$R_{s,m}$ [kN]
		H: 156,81 m	H: 155,32 m	H: 154,11 m	H: 153,62 m	H: 152,34 m	H: 151,91 m	H: 151,05 m	H: 150,01 m	
1	07:48	-240	-222	-222	-105	-95		-51	-29	-211
2	08:07	-430	-404	-404	-234	-196		-102	-49	-381
3	08:26	-618	-583	-583	-433	-310		-191	-92	-525
4	09:31	-816	-787	-787	-554	-424		-295	-191	-625
7	10:20	-237	-294	-294	-169	-127		-91	-59	-177
8	10:32	-418	-420	-420	-251	-107		-64	0	-418
9	10:45	-676	-650	-650	-500	-374		-246	-143	-533
10	10:58	-818	-794	-794	-587	-430		-317	-207	-611
11	11:23	-1478	-1473	-1473	-1085	-918		-588	-387	-1092
12	11:44	-2099	-2105	-2105	-1610	-1321		-906	-621	-1479
13	12:40	-2750	-2726	-2726	-2193	-1795		-1287	-921	-1829
14	14:03	-3402	-3378	-3378	-2723	-2293		-1653	-1220	-2182
15	18:03	-4024	-4024	-4024	-3383	-2951		-2197	-1716	-2307

Prüfkörper: **B.K11**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe

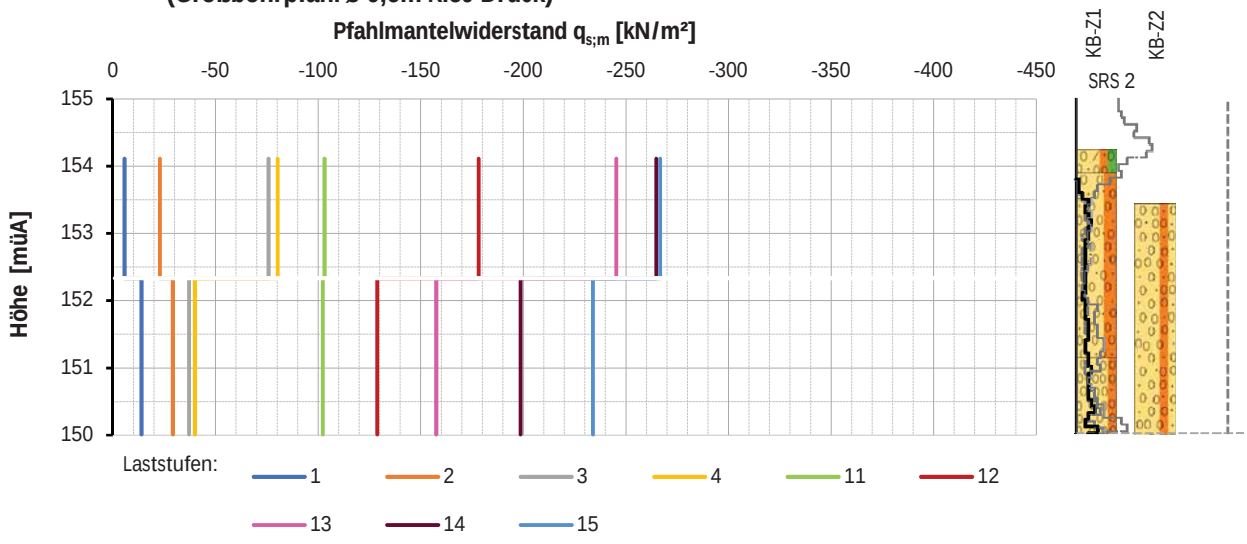


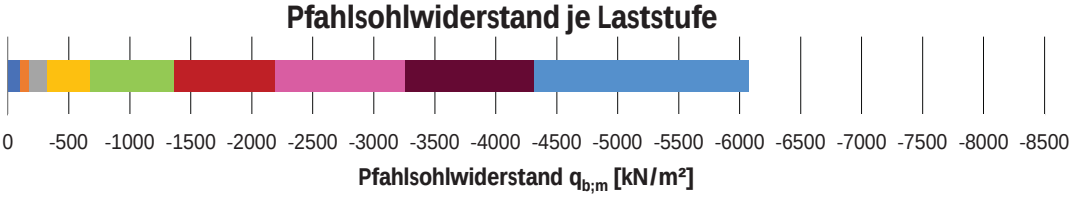
Prüfkörper: **B.K11** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,60 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-5}$ [kN/m²]		$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-240,13	-0,50	-0,0008	-6	-14		-11	-102
2	-429,78	-0,94	-0,0016	-23	-29		-27	-173
3	-617,74	-1,64	-0,0027	-76	-37		-50	-327
4	-816,00	-2,98	-0,0050	-80	-40		-53	-674
5	-416,79	-2,61	-0,0043					
6	-50,09	-1,97	-0,0033					
7	-236,82	-2,08	-0,0035	-26	-11		-16	-210
8	-418,24	-2,33	-0,0039	-88	-13		-38	0
9	-676,04	-2,77	-0,0046	-77	-40		-52	-506
10	-818,31	-3,18	-0,0053	-97	-35		-56	-732
11	-1478,49	-9,17	-0,0153	-103	-102		-103	-1.368
12	-2099,39	-17,67	-0,0295	-178	-129		-145	-2.195
13	-2750,20	-30,02	-0,0500	-245	-158		-187	-3.257
14	-3402,26	-47,65	-0,0794	-265	-199		-221	-4.315
15	-4023,54	-88,07	-0,1468	-267	-234		-245	-6.071
16	-4505,75	-137,83	-0,2297					
19	-3357,28	-172,45	-0,2874					
20	-824,92	-166,20	-0,2770					
21	-464,69	-164,12	-0,2735					
22	-78,87	-160,43	-0,2674					

Prüfkörper: **B.K11** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)





Forschungsprojekt "Unteres Hausfeld"

VERSUCHSAUSWERTUNG

der statischen Pfahlprobebelastung gemäß EA-Pfähle

Status: **Endfassung** *Stand:* **04.03.2019**

Allgemeine Angaben:

Prüfkörper:	**B.K12**
Prüffeld:	1
Versuch:	Großbohrpfahl Druck
Bodenschicht Prüfstrecke:	Kies
Herstellungsverfahren:	Schneckenortbetonpfahl (SOB)

Versuchsdaten:

Prüfung Nr.:	14
Prüfdatum:	28.07.2017
Versuchsbeginn:	07:42 Uhr
Versuchsende:	18:24 Uhr
Wetterbedingungen:	sonnig heiter windig
besondere Versuchsbedingungen:	

Geometrie Prüfkörper:

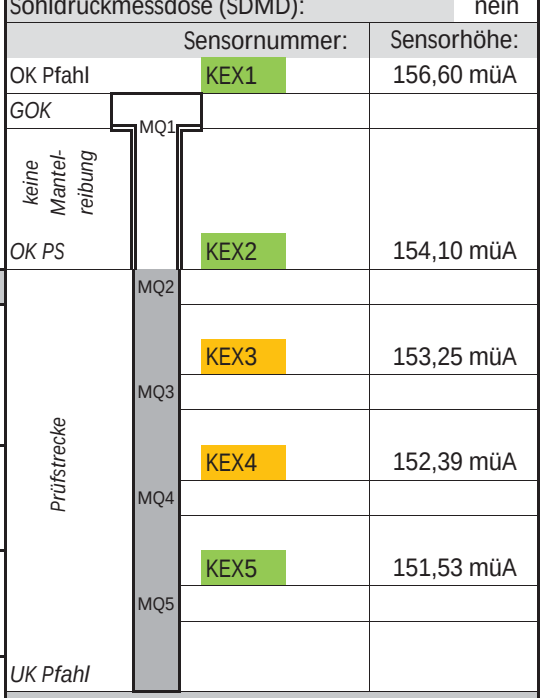
Pfahldurchmesser D=	600,00	mm
Querschnittsfläche des Pfahls A=	282743,34	mm²
OK Pfahlkopf *(Messniveau GBP, DSV)* :	156,75	müA
Messniveau Mikropfahl:	-	müA
OK Pfahl bzw. Gelände-OK (GOK):	155,95	müA
OK Prüfstrecke (PS):	154,05	müA
UK Pfahl:	149,95	müA
Länge ohne Mantelreibung:	2,70	m
Länge Prüfstrecke:	4,10	m
Pfahllänge:	6,00	m

Materialkennwerte:

Betongüte:	**C25/30/BS-TB1/GK16**	
Zement:	**CEM II / B-M (S_L)**	
W/B-Wert Zemetsuspension:	-	
E-Modul Beton / Zementstein E_C =	37,92	kN/mm²
Typ, Güte Stabstahl (Mikropfahl):	**-**	
Nennquerschnitt Stabstahl A_{SS} =	-	mm²
E-Modul Stabstahl E_{SS} =	-	kN/mm²
Güte Bewehrungsstahl:	**B 550B**	
Gesamtquerschnitt Bewehrung A_{BS}=	variiert	mm²
E-Modul Bewehrungsstahl E_{BS} =	200,00	kN/mm²
Güte Baustahl:	**S235**	
Gesamtquerschnitt Stahl A_S=	variiert	mm²
E-Modul Baustahl E_S =	210,00	kN/mm²

Pfahlinstrumentierung (MWES II):

Kettenextensometer (KEX...):	ja
Bewehrungssensoren (BS...):	nein
Sohldruckmessdose (SDMD):	nein



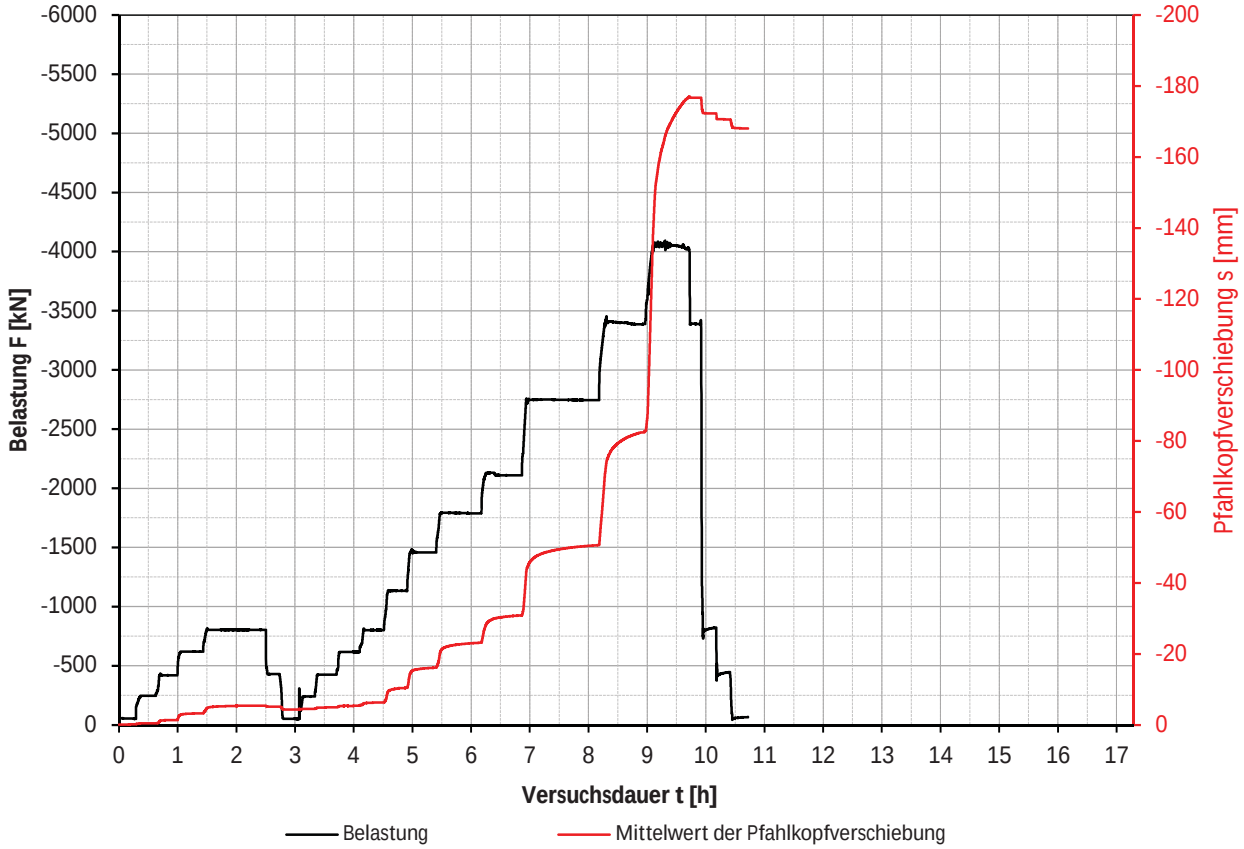
Status der Sensoren:

in Ordnung	fehlerhaft	defekt

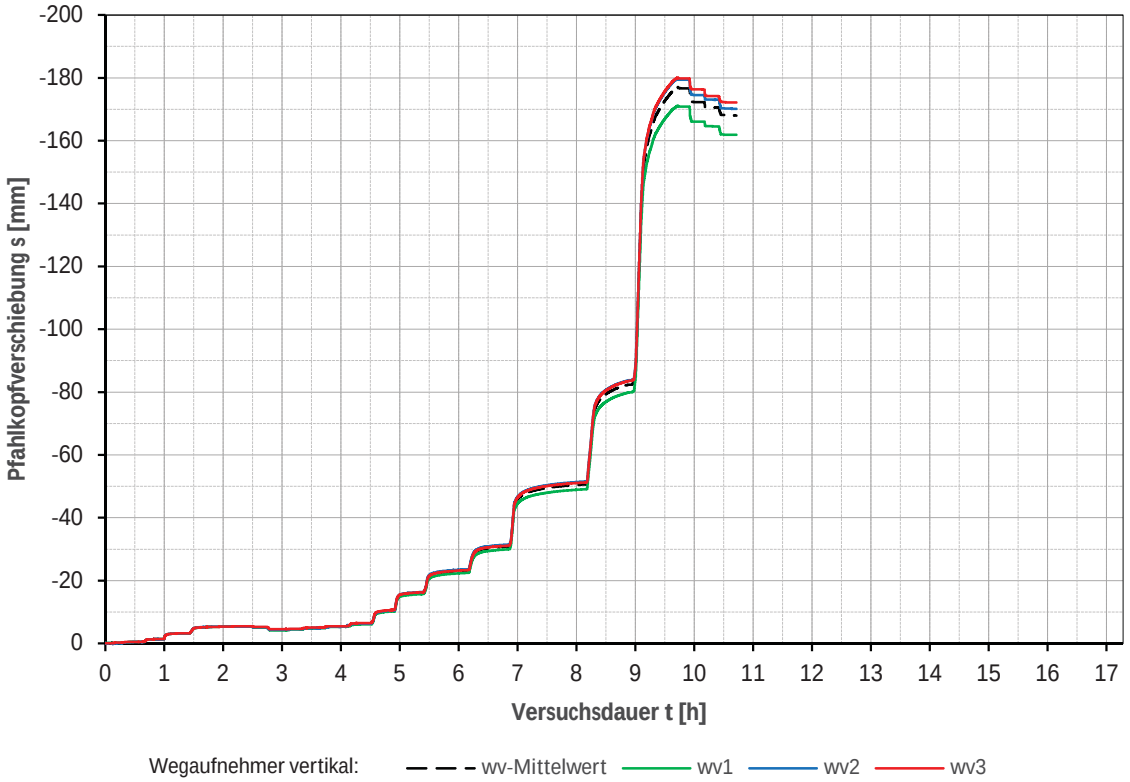
Anmerkungen:

Längskraftverlauf:
KEX 3 und KEX 4 werden zu einem Messabschnitt zusammengefasst.
E-Modul:
Berechnung mit LS 1-11, darüber Steifigkeitsverlust im Querschnitt MQ1.

Prüfkörper: **B.K12 Belastungsstufen, Pfahlkopfverschiebung**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K12 Pfahlkopfverschiebung: Messwerte und Mittelwert**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K12** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

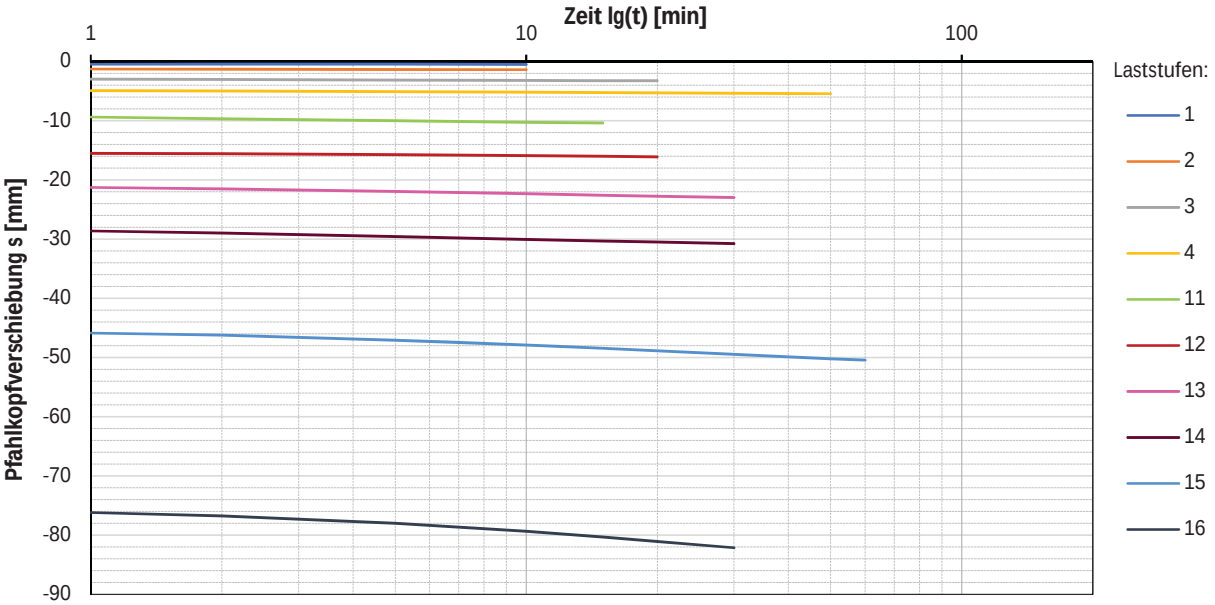
Auswertung MWES I - Belastungsstufen und Verformungen

Laststufen			Belastung & Verschiebung			Mittelwert der Vertikalverformung ab Beginn der Laststufe + Δt [min]													Berechnung Kriechmaß				
LS Nr	LS Beginn [hh:mm]	LS Ende [hh:mm]	F *Soll* [kN]	F *Ist* [kN]	$w_{v,mw}$ [mm]	Δt 1 min [min]	Δt 2 min [min]	Δt 5 min [min]	Δt 10 min [min]	Δt 15 min [min]	Δt 20 min [min]	Δt 30 min [min]	Δt 60 min [min]	Δt 120 min [min]	Δt 150 min [min]	Δt 160 min [min]	Δt 170 min [min]	Δt 180 min [min]	Δt 1 [min]	Δt 2 [mm]	$w_{v,t1}$ [mm]	$w_{v,t2}$ [mm]	Kriechmaß α_y [mm]
0	07:42	07:53	-50	-54	-0,13																		
1	08:04	08:19	-238	-246	-0,48	-0,45	-0,45	-0,45	-0,48										2	10	-0,45	-0,48	**-0,04**
2	08:25	08:40	-425	-420	-1,36	-1,27	-1,29	-1,32	-1,37										2	10	-1,29	-1,37	**-0,11**
3	08:45	09:07	-613	-620	-3,24	-2,96	-3,02	-3,11	-3,18	-3,22	-3,23								10	20	-3,18	-3,23	**-0,18**
4	09:12	10:12	-800	-803	-5,43	-4,90	-4,97	-5,07	-5,18	-5,24	-5,29	-5,37							30	50	-5,37	-5,42	**-0,23**
5	10:15	10:25	-425	-430	-5,15	-5,16	-5,16	-5,16															
6	10:30	10:45	-50	-53	-4,33	-4,32	-4,32	-4,33	-4,34														
7	10:51	11:01	-238	-241	-4,55	-4,54	-4,54	-4,55											1	5	-4,54	-4,55	**-0,01**
8	11:05	11:23	-425	-425	-4,96	-4,85	-4,85	-4,89	-4,93	-4,96									5	15	-4,89	-4,96	**-0,15**
9	11:27	11:47	-613	-618	-5,40	-5,31	-5,34	-5,37	-5,36	-5,37									5	15	-5,37	-5,37	**0,00**
10	11:52	12:12	-800	-801	-6,30	-6,14	-6,16	-6,23	-6,27	-6,29									5	15	-6,23	-6,29	**-0,14**
11	12:16	12:35	-1125	-1134	-10,42	-9,37	-9,68	-9,98	-10,26	-10,38									5	15	-9,98	-10,38	**-0,83**
12	12:43	13:04	-1450	-1458	-16,11	-15,50	-15,57	-15,71	-15,90	-16,01	-16,09								10	20	-15,90	-16,09	**-0,66**
13	13:11	13:49	-1775	-1787	-23,12	-21,28	-21,53	-21,96	-22,33	-22,57	-22,74	-22,97							15	30	-22,57	-22,97	**-1,33**
14	13:57	14:31	-2100	-2110	-30,83	-28,63	-28,97	-29,55	-30,06	-30,30	-30,49	-30,75							15	30	-30,30	-30,75	**-1,50**
15	14:41	15:50	-2750	-2745	-50,61	-45,85	-46,22	-47,05	-47,89	-48,44	-48,84	-49,42	-50,43						40	60	-49,86	-50,43	**-3,23**
16	16:02	16:40	-3400	-3389	-82,76	-76,18	-76,75	-78,00	-79,35	-80,30	-81,07	-82,11							15	30	-80,30	-82,11	**-5,99**
17	16:48	17:20	-4050	-4041	-175,81	-144,18	-149,64	-156,73	-163,24	-168,02	-170,76	-175,02											
21	17:26	17:36	-3400	-3387	-176,69	-176,70	-176,70	-176,69															
22	17:39	17:51	-800	-821	-172,29	-172,35	-172,33	-172,31	-172,30														
23	17:54	18:05	-425	-445	-170,60	-170,65	-170,65	-170,62	-170,59														
24	18:09	18:24	-50	-66	-168,04	-168,22	-168,18	-168,13	-168,07														

Prüfkörper: **B.K12**

Zeitverformung

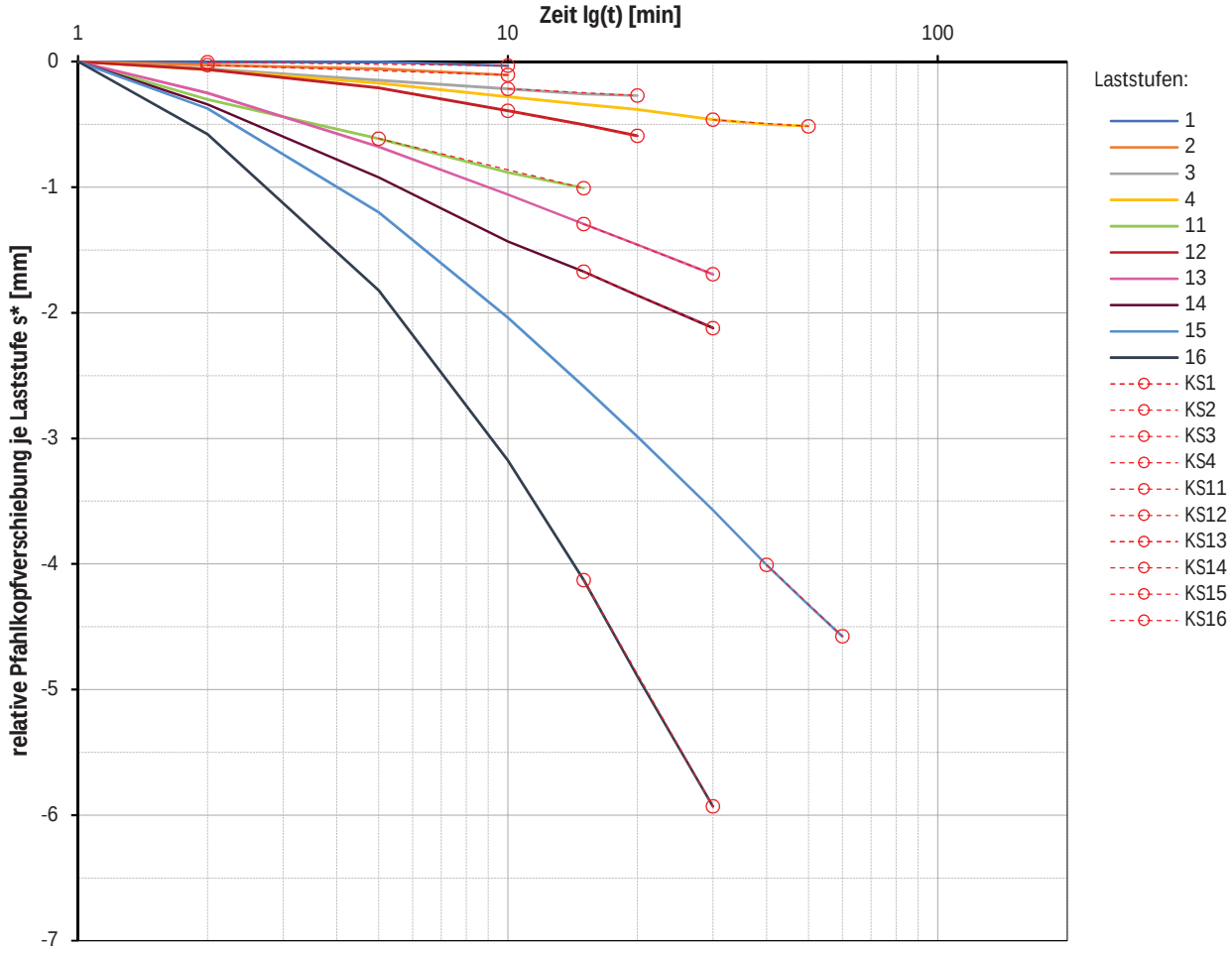
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K12**

relative Zeitverformung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

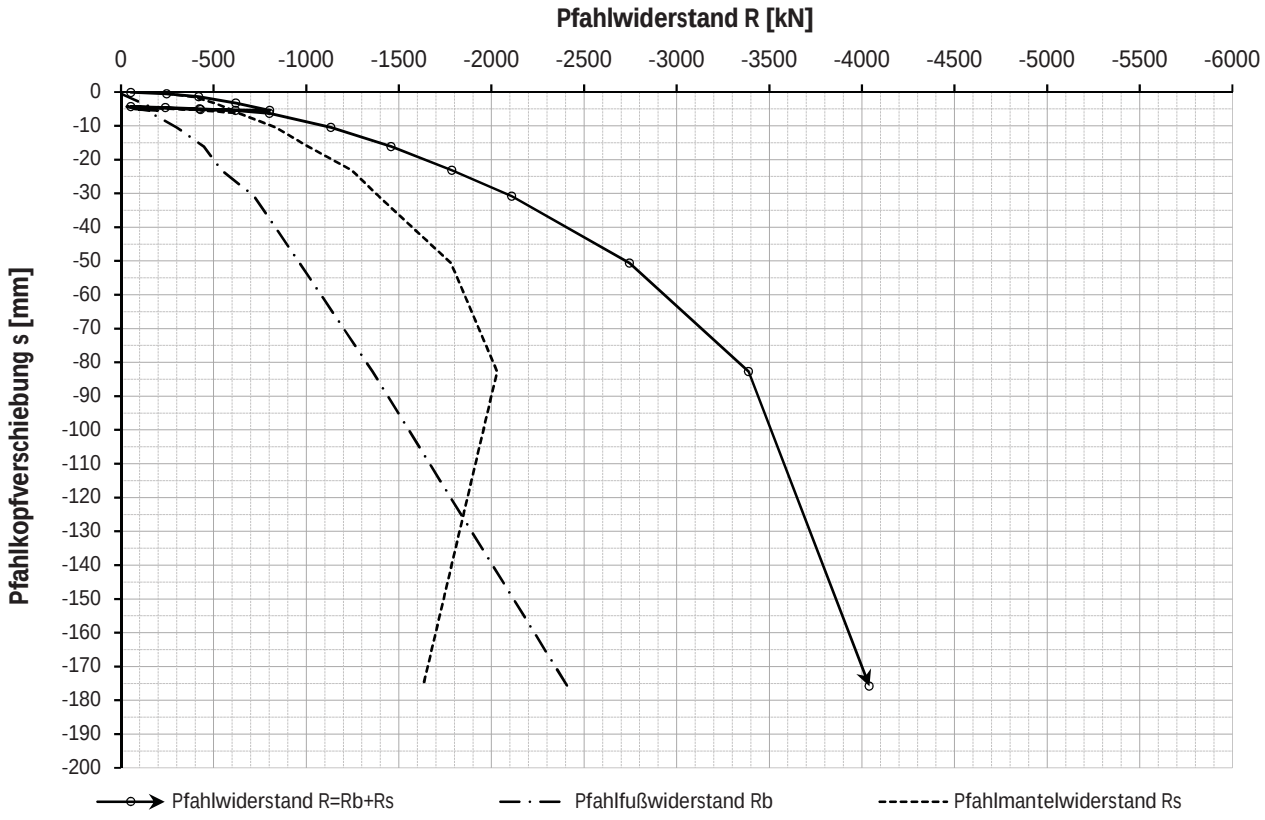


KS...zur Bestimmung des Kriechmaß festgelege Steigungsgerade

Prüfkörper: **B.K12**

Widerstands-Verschiebungslinie

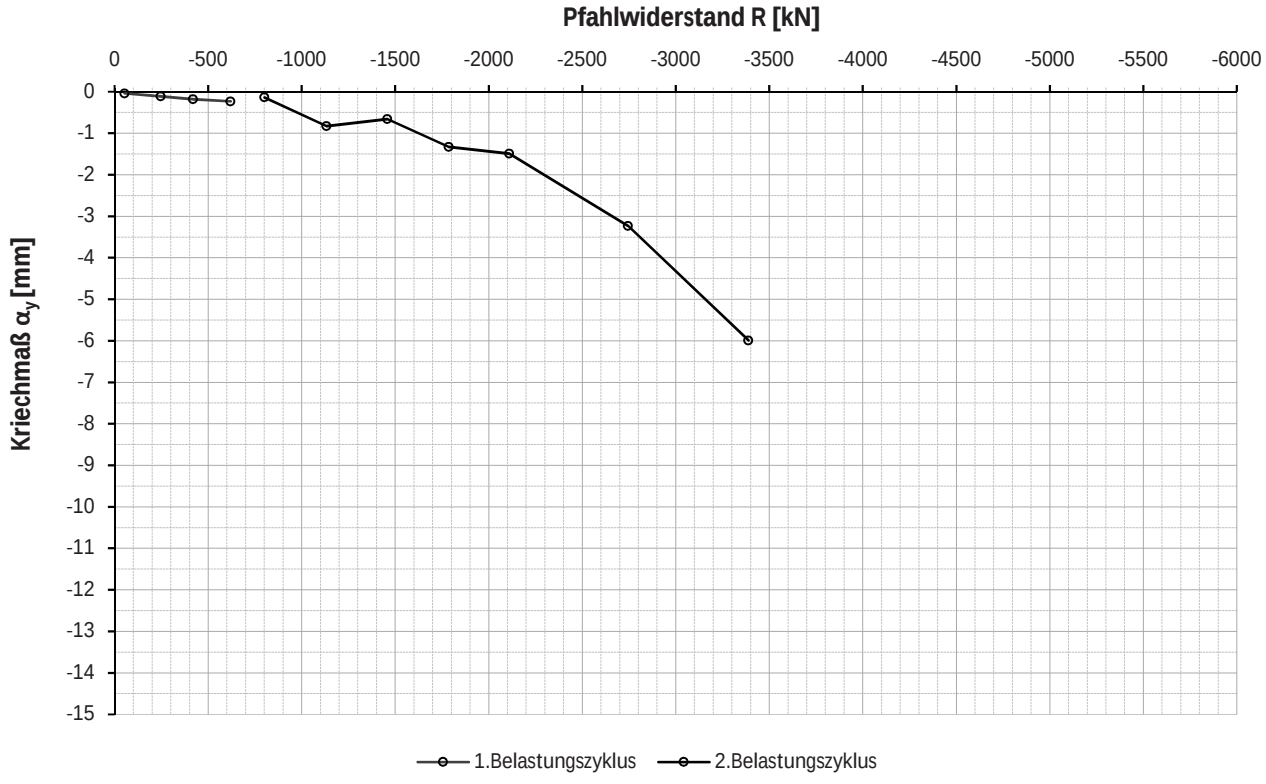
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K12**

Widerstands-Kriechmaßlinie

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



Prüfkörper: **B.K12** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Auswertung Dehnungen (MWES II) - Kettenextensometer

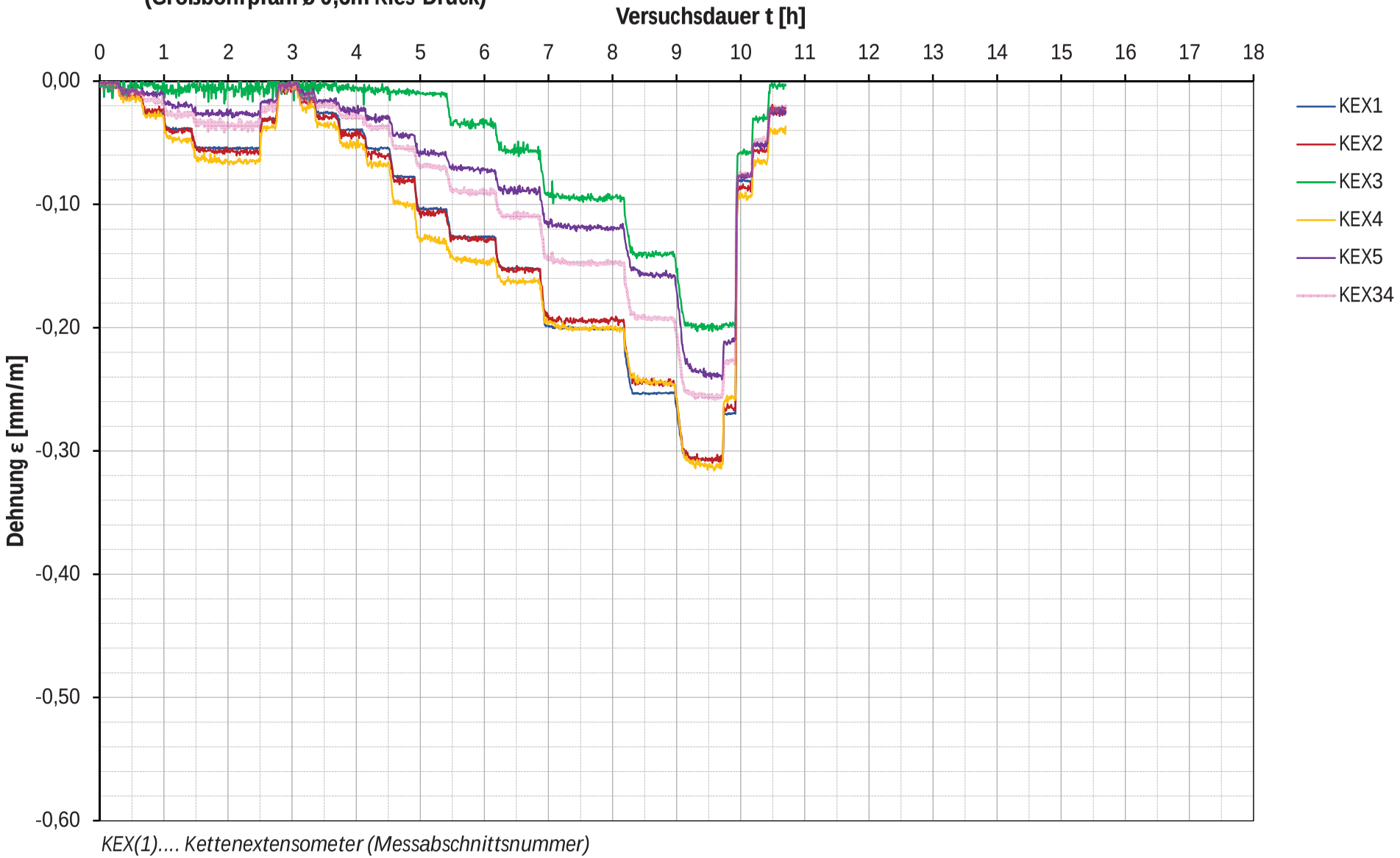
Laststufen			Messwerte - Kettenextensometer					korrigierte Messwerte - Kettenextensometer				
LS	LS Ende	F	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX3}$	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$	$\varepsilon_{m,KEX1}$	$\varepsilon_{m,KEX2}$	$\varepsilon_{m,KEX34}$*	$\varepsilon_{m,KEX4}$	$\varepsilon_{m,KEX5}$
			[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]	[mm/m]
Nr.	[hh:mm]	[kN]	H: 155,35 m	H: 153,68 m	H: 152,82 m	H: 151,96 m	H: 151,10 m	H: 155,35 m	H: 153,68 m	H: 152,82 m	H: 151,96 m	H: 151,10 m
1	08:19	-246	-0,0135	-0,0113	-0,0055	-0,0158	-0,0095	-0,0135	-0,0113	-0,0106		-0,0095
2	08:40	-420	-0,0257	-0,0241	-0,0059	-0,0273	-0,0096	-0,0257	-0,0241	-0,0166		-0,0096
3	09:07	-620	-0,0389	-0,0384	-0,0036	-0,0472	-0,0188	-0,0389	-0,0384	-0,0254		-0,0188
4	10:12	-803	-0,0539	-0,0563	-0,0050	-0,0642	-0,0294	-0,0539	-0,0563	-0,0346		-0,0294
5	10:25	-430	-0,0315	-0,0345	0,0038	-0,0371	-0,0166	-0,0315	-0,0345	-0,0217		-0,0166
6	10:45	-53	-0,0043	-0,0038	-0,0071	-0,0062	-0,0025	-0,0043	-0,0038	-0,0067		-0,0025
7	11:01	-241	-0,0132	-0,0169	-0,0115	-0,0210	-0,0083	-0,0132	-0,0169	-0,0162		-0,0083
8	11:23	-425	-0,0261	-0,0302	-0,0002	-0,0397	-0,0138	-0,0261	-0,0302	-0,0199		-0,0138
9	11:47	-618	-0,0398	-0,0436	-0,0079	-0,0512	-0,0237	-0,0398	-0,0436	-0,0295		-0,0237
10	12:12	-801	-0,0541	-0,0588	-0,0056	-0,0658	-0,0282	-0,0541	-0,0588	-0,0357		-0,0282
11	12:35	-1134	-0,0774	-0,0818	-0,0071	-0,0995	-0,0434	-0,0774	-0,0818	-0,0533		-0,0434
12	13:04	-1458	-0,1045	-0,1042	-0,0093	-0,1285	-0,0591	-0,1045	-0,1042	-0,0694		-0,0591
13	13:49	-1787	-0,1265	-0,1281	-0,0327	-0,1466	-0,0722	-0,1265	-0,1281	-0,0906		-0,0722
14	14:31	-2110	-0,1525	-0,1521	-0,0567	-0,1619	-0,0901	-0,1525	-0,1521	-0,1093		-0,0901
15	15:50	-2745	-0,2007	-0,1935	-0,0961	-0,2004	-0,1176	-0,2007	-0,1935	-0,1482		-0,1176
16	16:40	-3389	-0,2528	-0,2469	-0,1411	-0,2470	-0,1575	-0,2528	-0,2469	-0,1940		-0,1575
17	17:20	-4041	-0,3073	-0,3031	-0,2019	-0,3130	-0,2367	-0,3073	-0,3031	-0,2574		-0,2367
21	17:36	-3387	-0,2688	-0,2653	-0,1978	-0,2577	-0,2111	-0,2688	-0,2653	-0,2278		-0,2111
22	17:51	-821	-0,0814	-0,0896	-0,0584	-0,0941	-0,0751	-0,0814	-0,0896	-0,0762		-0,0751
23	18:05	-445	-0,0524	-0,0568	-0,0291	-0,0667	-0,0525	-0,0524	-0,0568	-0,0479		-0,0525
24	18:24	-66	-0,0220	-0,0243	-0,0033	-0,0367	-0,0254	-0,0220	-0,0243	-0,0200		-0,0254

***Stauchung der Messabschnitte KEX3 und KEX4**

Prüfkörper: **B.K12**

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Messwerte Kettenextensometer

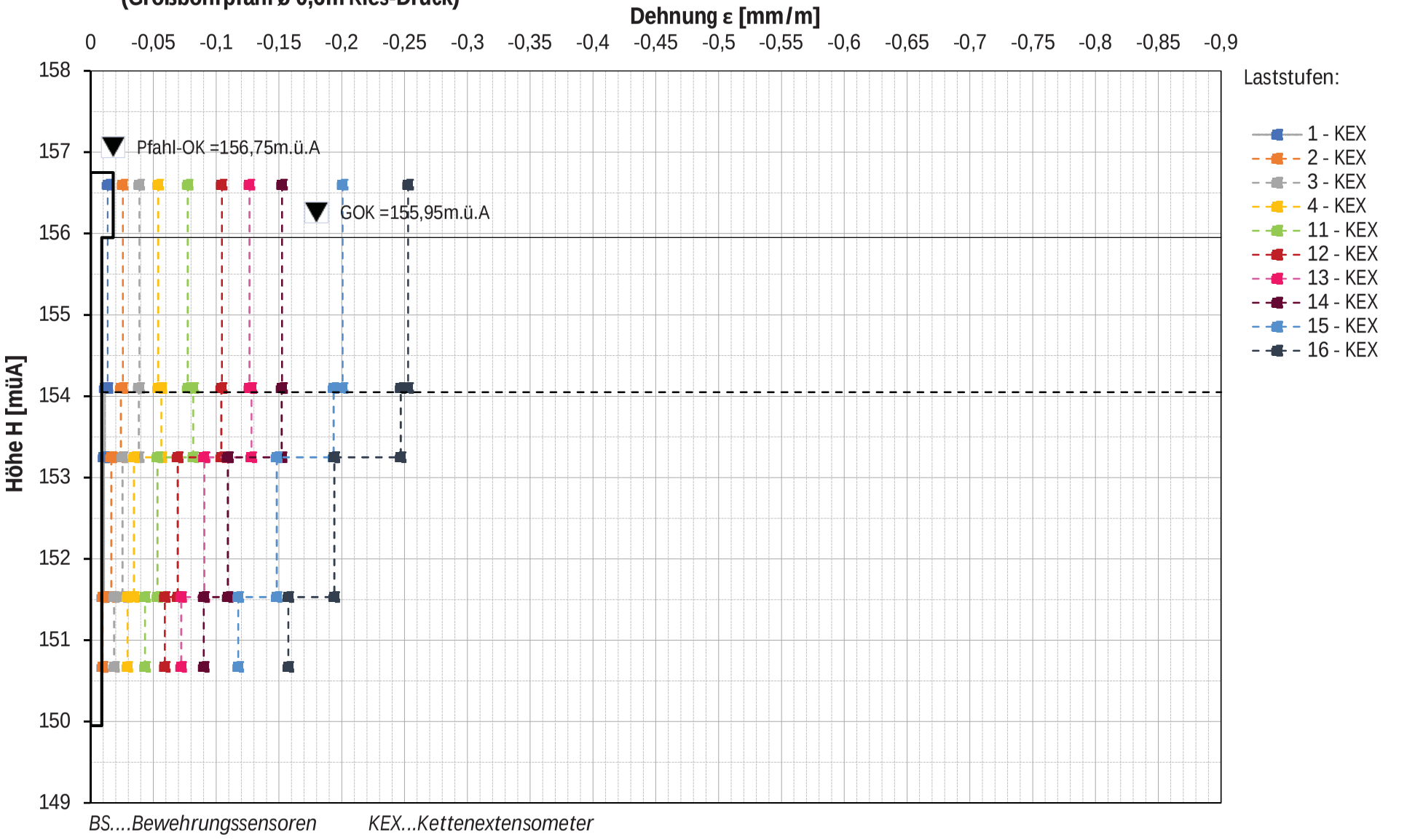


KEX(1).... Kettenextensometer (Messabschnittsnummer)

Prüfkörper: **B.K12**

Verlauf der axialen Längenänderung je Laststufe

(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)



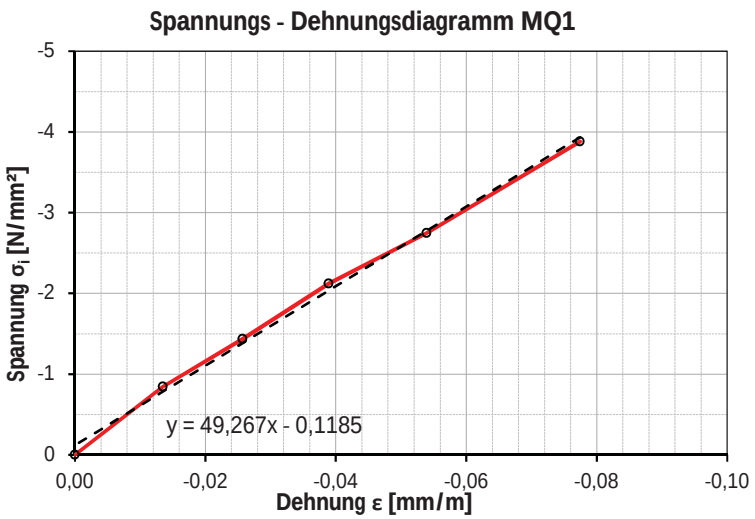
BS....Bewehrungssensoren *KEX...Kettenextensometer*

Prüfkörper: **B.K12 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ermittlung Elastizitätsmodul Beton (E_c) im Messquerschnitt 1 (MQ1)

Spannungen & Dehnungen MQ1			
Laststufen (Erst-belastung)	Belastung F [kN]	Spannung σ_i [N/mm²]	KEX1 ε [mm/m]
0	0,00	0,00	0
1	-246,30	-0,84	-0,01349
2	-419,67	-1,44	-0,02572
3	-620,03	-2,12	-0,03889
4	-803,18	-2,75	-0,05391
11	-1134,07	-3,88	-0,07743

Berechnung	
Steigung der Ausgleichsgeraden E_i=	49,27 N/mm²
Querschnittsnummer:	8
E-Modul Beton E_c=	**37,92 N/mm²**



Querschnittswerte

Bereiche					Flächenanteile			
QS-Nr.	Bezeichnung	Ø [mm]	OK [müA]	UK [müA]	A_{SS} [mm²]	A_{BS} [mm²]	A_S [mm²]	A_C [mm²]
1	ohne Mantelreibung	610	155,95	154,05	0,00	8256,00	12441,33	271549,33
2	Prüfstrecke	600	154,05	149,95	0,00	7401,30	492,88	274849,16
8	mittel KEX1	610	156,6	154,1	0,00	7247,32	12441,33	272558,01
9	mittel KEX2	600	154,1	153,25	0,00	8256,11	492,88	273994,34
10	mittel KEX3	600	153,25	152,39	0,00	8256,11	492,88	273994,34
11	mittel KEX4	600	152,39	151,53	0,00	6721,84	492,88	275528,61
12	mittel KEX5	600	151,53	150,67	0,00	6371,15	492,88	275879,30
13	mittel KEX34	600	153,25	151,53	0,00	7488,98	492,88	274761,48

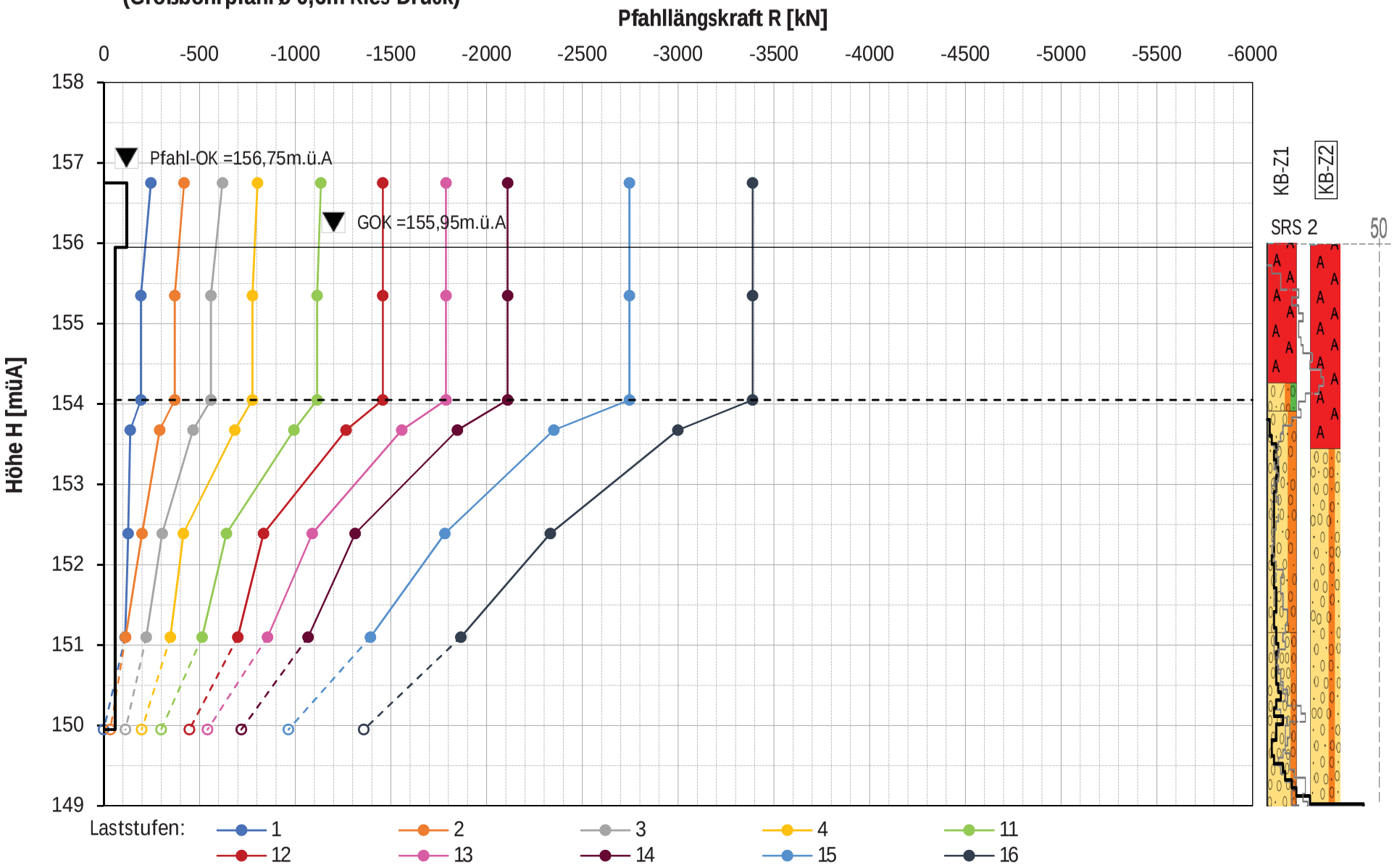
Prüfkörper: **B.K12 (Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Berechnung der Pfahllängskräfte

Laststufen		Längskräfte							Pfahlwiderstände	
LS Nr.	LS Ende [hh:mm]	$F_{m,Pfahlkopf}$ [kN] H: 156,75 m	$F_{m,MQ1}$ [kN] H: 155,35 m	$F_{m,OK-PS}$ [kN] H: 154,05 m	$F_{m,MQ2}$ [kN] H: 153,68 m	$F_{m,MQ3}$ [kN] H: 152,39 m	$F_{m,MQ4}$ [kN] H: 151,96 m	$F_{m,MQ5}$ [kN] H: 151,10 m	$R_{b,m}$ [kN] H: 149,95 m	$R_{s,m}$ [kN]
1	08:19	-246	-194	-194	-138	-128		-112	0	-246
2	08:40	-420	-370	-370	-292	-200		-114	-34	-385
3	09:07	-620	-560	-560	-466	-306		-222	-113	-507
4	10:12	-803	-776	-776	-684	-416		-348	-198	-605
7	11:01	-241	-190	-190	-205	-195		-98	-50	-190
8	11:23	-425	-376	-376	-367	-240		-163	-72	-353
9	11:47	-618	-573	-573	-529	-355		-281	-170	-448
10	12:12	-801	-779	-779	-715	-429		-334	-164	-637
11	12:35	-1134	-1115	-1115	-993	-641		-514	-300	-834
12	13:04	-1458	-1458	-1458	-1265	-834		-700	-447	-1010
13	13:49	-1787	-1787	-1787	-1556	-1089		-855	-542	-1245
14	14:31	-2110	-2110	-2110	-1847	-1313		-1067	-718	-1391
15	15:50	-2745	-2745	-2745	-2350	-1782		-1392	-965	-1781
16	16:40	-3389	-3389	-3389	-2998	-2332		-1865	-1359	-2031

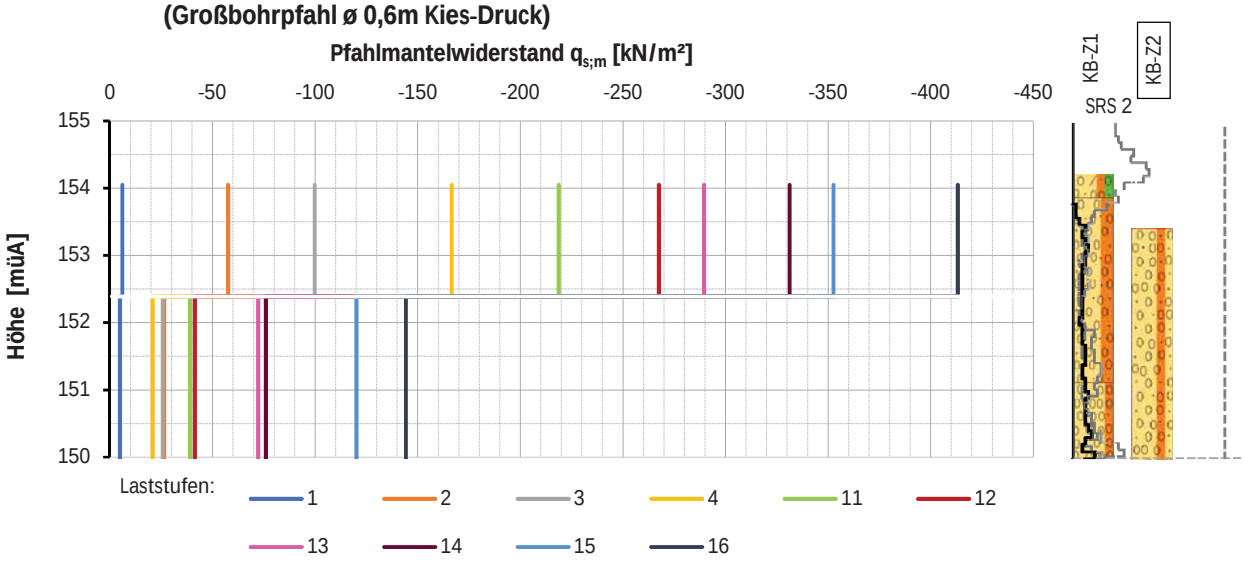
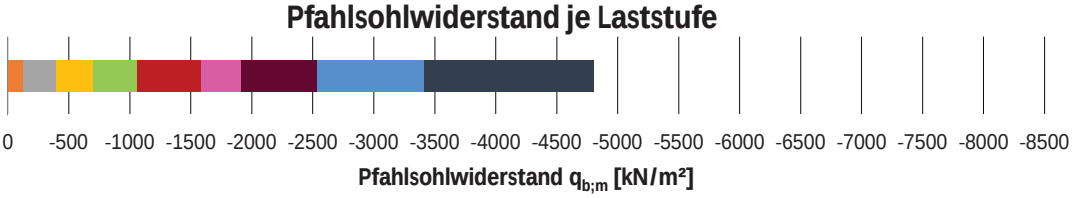
Prüfkörper: **B.K12**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)

Längskraftverlauf je Laststufe



Prüfkörper: **B.K12** **(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)**

Ergebnisse Pfahlwiderstände

Laststufe	Belastung	Pfahlkopf-setzung	Bezogene Pfahl-kopfsetzung	Pfahlmantelwiderstände bei Ø 0,60 m				Pfahlsohl-widerstand
				abschnittsweise			gemittelt	
	F [kN]	s [mm]	s/D_b	$q_{s,m,MQ2-3}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ3-4}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ4-5}$ [kN/m²]	$q_{s,m,MQ2-5}$ [kN/m²]	$q_{b,m}$ [kN/m²]
1	-246,30	-0,48	-0,0008	-6	-5		-5	0
2	-419,67	-1,36	-0,0023	-58	-26		-37	-121
3	-620,03	-3,24	-0,0054	-100	-26		-50	-400
4	-803,18	-5,43	-0,0090	-167	-21		-69	-701
5	-429,72	-5,15	-0,0086					
6	-52,82	-4,33	-0,0072					
7	-240,72	-4,55	-0,0076	-6	-30		-22	-178
8	-424,76	-4,96	-0,0083	-79	-24		-42	-255
9	-617,96	-5,40	-0,0090	-108	-23		-51	-600
10	-801,42	-6,30	-0,0105	-177	-29		-78	-581
11	-1134,07	-10,42	-0,0174	-219	-39		-99	-1.061
12	-1457,51	-16,11	-0,0269	-268	-41		-116	-1.582
13	-1787,30	-23,12	-0,0385	-290	-72		-144	-1.916
14	-2109,56	-30,83	-0,0514	-331	-76		-161	-2.541
15	-2745,37	-50,61	-0,0843	-353	-120		-197	-3.412
16	-3389,10	-82,76	-0,1379	-413	-144		-234	-4.805
17	-4040,52	-175,81	-0,2930					
21	-3387,38	-176,69	-0,2945					
22	-821,49	-172,29	-0,2871					
23	-444,96	-170,60	-0,2843					
24	-65,81	-168,04	-0,2801					

Prüfkörper: **B.K12** **Pfahlmantelwiderstände je Laststufe**
(Großbohrpfahl ø 0,6m Kies-Druck)