

Der modifizierte *FRANKIPFAHL*

Dipl.-Ing. Werner Brieke,

FRANKI Grundbau GmbH

Vortrag anlässlich der Baugrundtagung 1996 in Berlin

Überreicht durch

FRANKI Grundbau GmbH
Hittfelder Kirchweg 24–28
21220 Seevetal

V 01

Der modifizierte *FRANKIPFAHL*

Dipl.-Ing. Werner Brieke,

FRANKI Grundbau GmbH

Zusammenfassung

Für die Docksohlengründung der MTW-Werft in Wismar sind *FRANKIPFÄHLE* für Bauwerkslasten von 2.000 kN Druck und 1.100 kN Zug vorgesehen.

Maßgebend für die erforderliche Pfahlänge ist das Gewicht des zu verankernden Erdkörpers zur Kompensation der Zugkraft.

Bedingt durch die Baugrundsituation mit schwer rambaren Böden in größerer Tiefe und aus gerätetechnischen Gründen können die *FRANKIPFÄHLE* nicht in allen Bereichen bis auf die erforderliche Solltiefe gerammt werden.

In diesen Fällen wird eine Pfahlverlängerung durch Einrammung eines Stahlträgers durch den *FRANKIPFAHL* und dessen aufgeweiteten Fuß hindurch bis zur erforderlichen Tiefe ausgeführt.

Die Ergebnisse von Testrammungen und Probelastungen werden dargestellt.

Summary

For the dock of the MTW-Werft (shipyard) in Wismar *FRANKI* piles with structure loads of 2.000 kN compression and 1.100 kN tension are chosen as foundation. The relevant criterion for the required pile length is the weight of the activated soil block, necessary for the tension transfer.

Due to the subsoil condition -very low driving rates- and technical reasons the *FRANKI* piles cannot be driven to the required depth in the whole area. In those cases the pile length is extended by driving a steel section through the *FRANKI* pile and its foot extension, down to the required depth.

The results of test drivings and loading tests are shown in this paper.

1 Einleitung

An die Pfahlgründung für die Docksohle der MTW-Werft in Wismar werden hinsichtlich der vorhandenen geologischen und hydrologischen Verhältnisse besondere Anforderungen gestellt.

Die Baugrundsituation ist durch den folgenden Schichtenaufbau gekennzeichnet (s. *Bild 1*). Unter einer bis zu 6 m dicken Aufschüttungszone stehen bereichsweise Torf- und Mudde-schichten an. Darunter liegt Beckenschluff von weicher bis breiiger Konsistenz bis zu einer Schichtdicke von 13 m.

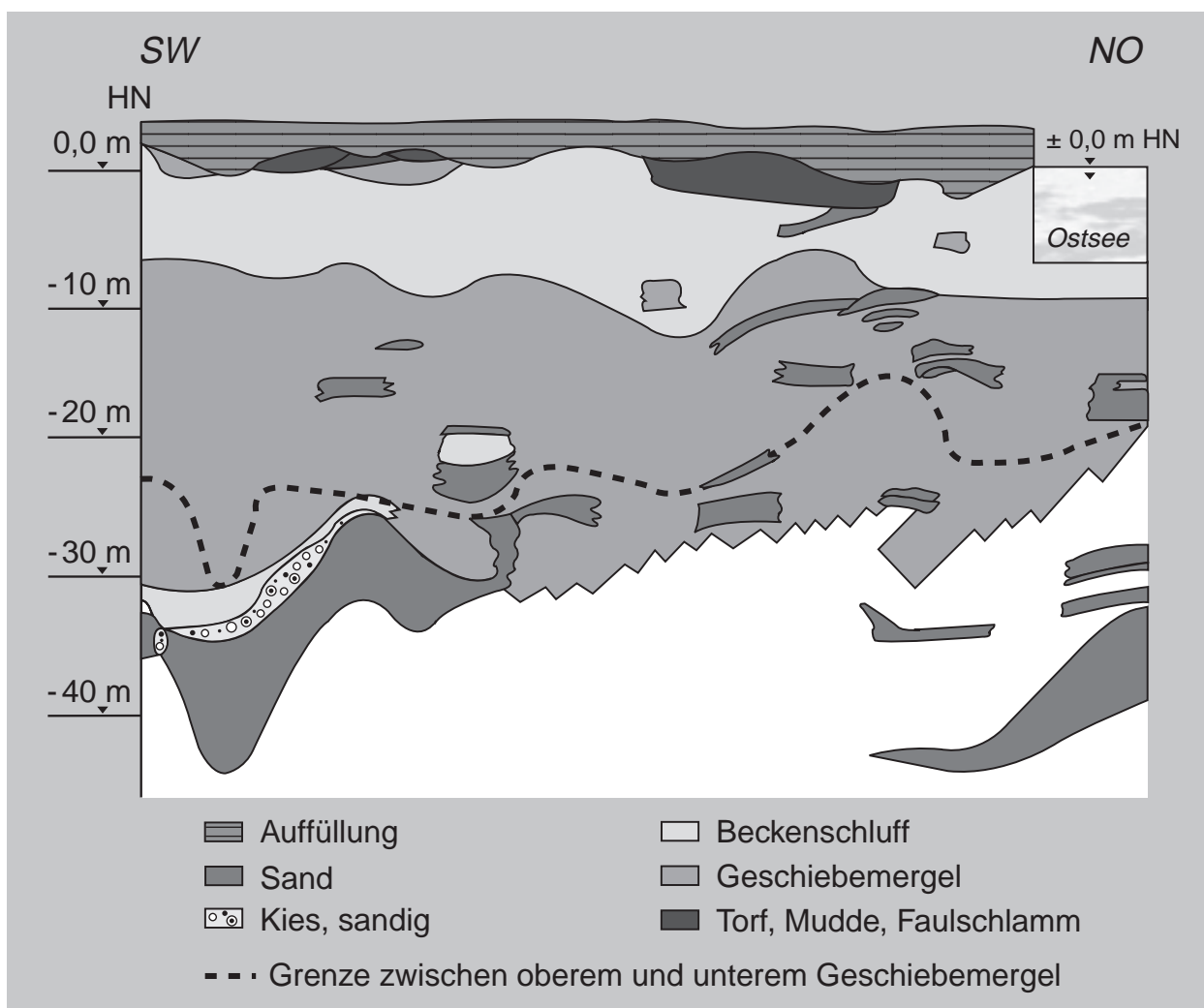


Bild 1: Geologischer Profilschnitt

Darunter folgt Geschiebemergel (oberer und unterer Geschiebemergel) in größerer Mächtigkeit. Er wird in unterschiedlichen Tiefen von Sand- und Kiesschichten unterbrochen. Der Geschiebemergel weist eine weiche bis steife und mit zunehmender Tiefe fester werdende Konsistenz auf. Die zwischengelagerten Sand- und Kiesschichten sind mitteldicht bis dicht gelagert.

Die Sand- und Kiesschichten sind durchweg wasserführend. Sie gehören zu einem Grundwasserleiter, dessen freie Spiegelhöhe bis auf ca. +7 m HN liegen kann. Aufgrund der Überdeckung des Wasserleiters durch Geschiebemergel und tonige Schluffe ist das Grundwasser in den Sand- und Kiesschichten gespannt. Bei Geländehöhen unterhalb der freien Wasserspiegelhöhe liegen artesische Verhältnisse vor.

Dem Konzept für die Pfahlgründung der Docksohle liegen folgende Randbedingungen zugrunde:

- Voraushub zur Herstellung der Arbeitsebene für die Pfahlherstellung auf -9 m HN
- Entspannung des artesischen Grundwassers auf $\pm 0,0$ m HN
- Gebrauchslasten eines Pfahles 2.000 kN Druck und 1.100 kN Zug
- statisch erforderliche Absetztiefe der Pfähle zur Kompensation der Zugkraft auf maximal -33 m HN, maßgebend ist das Gewicht des zu verankernden Erdkörpers

Einen Schnitt durch das Baudock zeigt *Bild 2*.

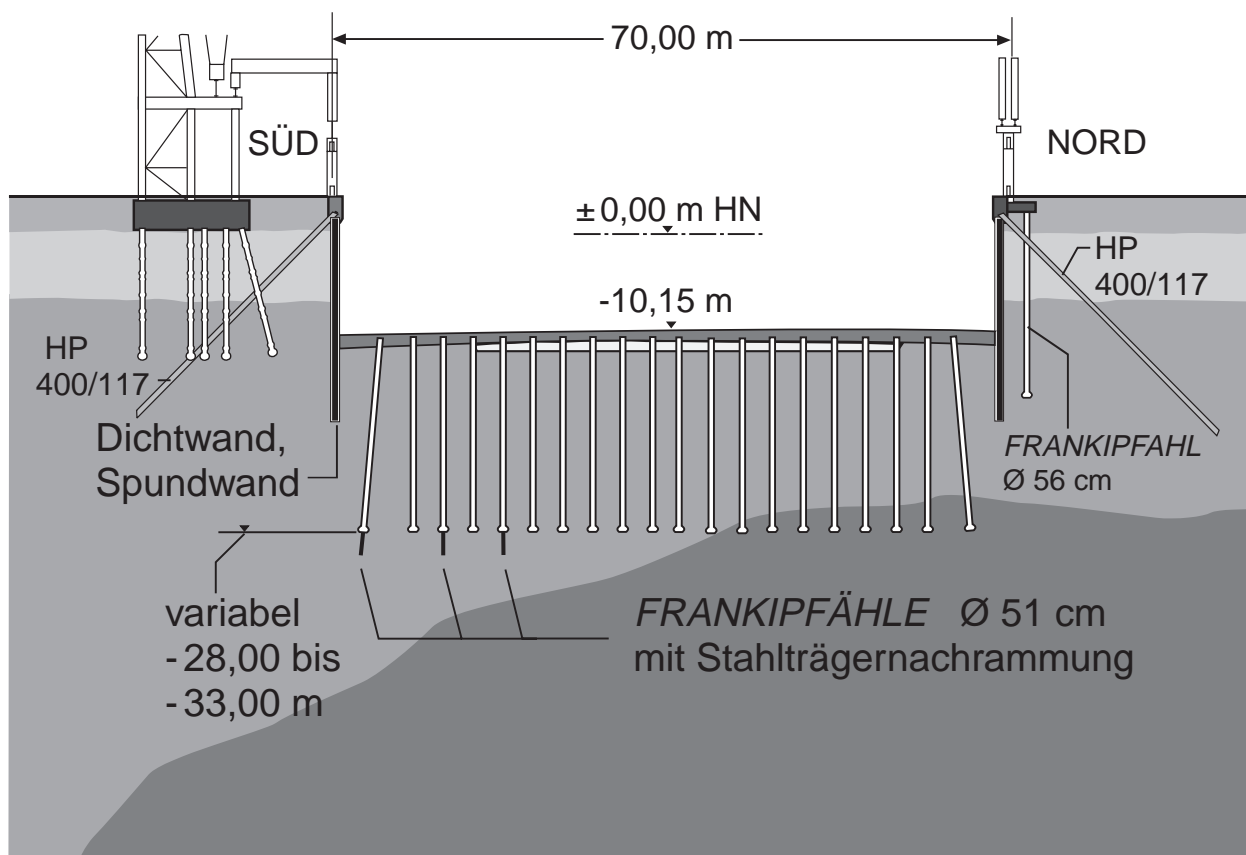


Bild 2: Querschnitt durch das Baudock

2 Pfahlsystem und Teststrammungen

Abgestimmt auf die vorgenannten Randbedingungen soll die Tiefgründung der Docksohle mit *FRANKIPFÄHLEN* (Ortbetonrammpfahl mit vergrößertem Pfahlfuß) erfolgen.

Bedingt durch die Baugrundsituation mit schwer rambbaren Böden in größerer Tiefe und aus gerätetechnischen Gründen können die *FRANKIPFÄHLE* nur mit einer Länge bis zu 21 m ausgeführt werden, d.h. die maximale Absetztiefe liegt bei - 30 m HN.

Die notwendige Pfahlverlängerung zur Aktivierung des fehlenden Bodenkörpers wird dadurch erreicht, daß durch den *FRANKIPFAHL* unmittelbar nach dessen Fertigstellung ein Stahlträgerprofil bis auf die statisch erforderliche Endtiefe niedergerammt wird.

Diese Endtiefe für den nachgerammten Stahlträger wurde auf - 36,0 m HN festgelegt. Bei der Herstellung der Bauwerkspfähle konnten dann in Abhängigkeit von der tatsächlich erreichten Rammtiefe der *FRANKIPFÄHLE* Anzahl und Ort der Pfähle festgelegt werden, die mit Hilfe einer Trägernachrammung bis auf die Tiefe - 36,0 m HN verlängert werden mußten.

Zur Erprobung der Machbarkeit wurden auf dem Baufeld vorab Teststrammungen durchgeführt. Den Ablauf der Teststrammungen und die Herstellung des modifizierten *FRANKIPFAHLS* zeigt *Bild 3*.

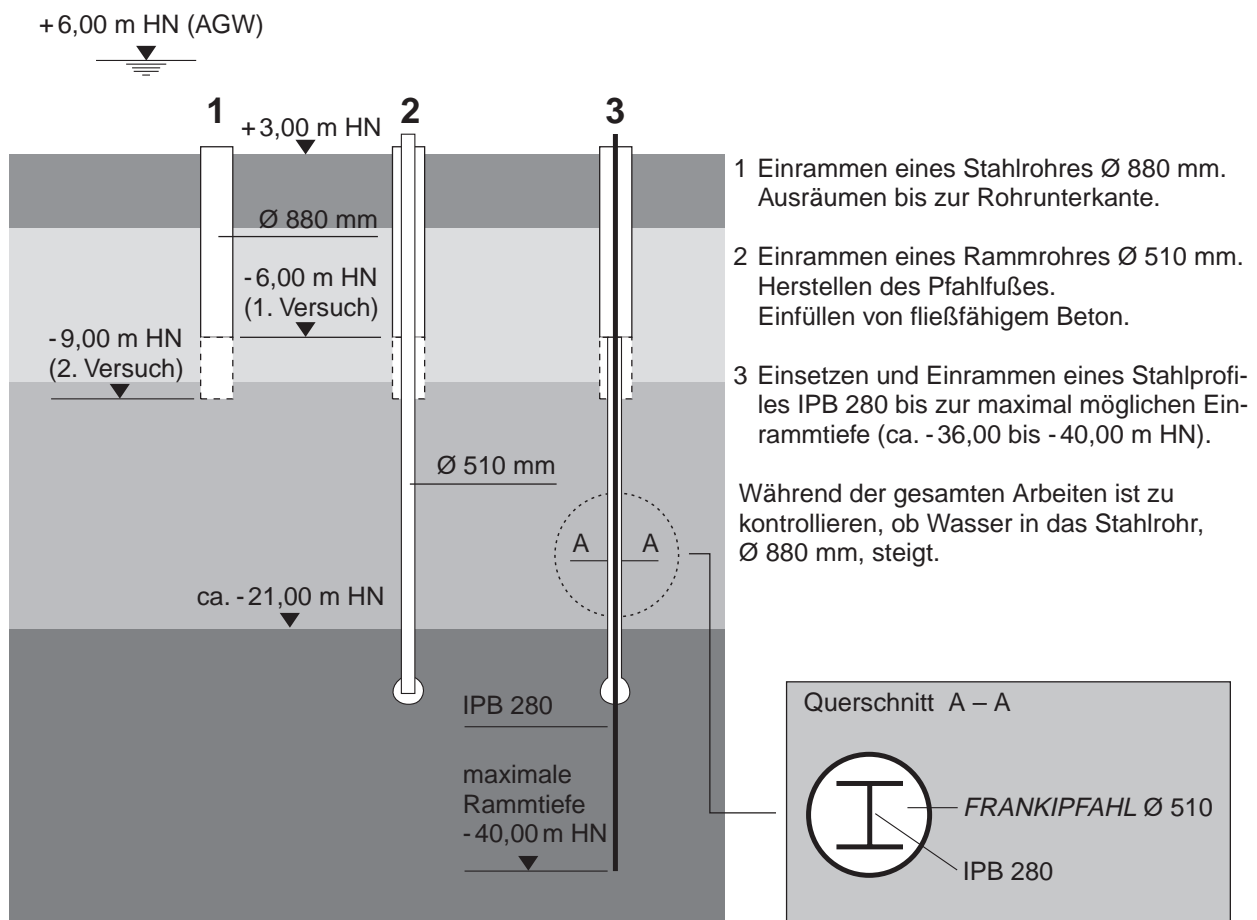


Bild 3: Teststrammungen, Herstellung des modifizierten FRANKIPFAHLS

Zur Simulierung der späteren Arbeitsebene wurde vorab von der bestehenden Geländeoberfläche (+ 3,0 m HN) ein Stahlrohr mit einem Durchmesser von 88 cm im 1. Versuch bis auf - 6,0 m HN gerammt und bis zur Rohrunterkante ausgeräumt. Von diesem Niveau wurde ein Rammrohr mit einem Durchmesser von 51 cm mittels Freifallinnenrammung bis in die Sandschicht hinein vorgetrieben, die im Versuchsfeld unterhalb - 21,0 m HN anstand. Die artesische Druckhöhe des Grundwassers in dieser Schicht lag bei ca. + 6,0 m HN, so daß auf OK Rammniveau bezogen ein Überdruck von ca. 12 m Wassersäule und auf UK Rammrohr ein Überdruck von fast 30 m Wassersäule herrschte. Nach Erreichen der Endrammtiefe wurde durch chargenweises Ausrammen von erdfeuchtem Beton der aufgeweitete Pfahlfuß hergestellt und anschließend das Rammrohr mit fließfähigem Beton bis zur Höhe - 6,0 m HN gefüllt. Im nächsten Arbeitsschritt wurde ein Stahlträger IPB 280 in den Frischbeton eingestellt und mittels Kopframmung durch den aufgeweiteten Fuß des *FRANKIPFAHLS* hindurch bis auf die Tiefe - 40,0 m HN gerammt. Danach wurde das Rammrohr \varnothing 51 cm, das während der Stahlträgerrammung noch als Führung diente, gezogen.

Während der gesamten Herstellungszeit wurde das Stahlrohr \varnothing 88 cm auf eventuell eingedrungenes Wasser kontrolliert. Dieses war nicht der Fall, so daß in allen Herstellphasen die Abdichtungswirkung des Pfahlsystems gegenüber dem artesisch gespannten Grundwasser gewährleistet war.

Die 2. Testrammung vom Niveau - 9,0 m HN mit noch ungünstigeren Verhältnissen verlief ebenso erfolgreich.

3 Probelastungen zum Nachweis der Zugkräfte

Um das Widerstands-Hebungsverhalten der Pfähle zu überprüfen, wurde eine Serie von Probelastungen durchgeführt.

Das Versuchsprogramm umfaßte folgende Pfähle (s. *Bild 4*):

- Z 1: *FRANKIPFAHL*, Durchmesser 51 cm
- Z 2: Modifizierter *FRANKIPFAHL*, Durchmesser 51 cm, mit eingerammtem Stahlträger IPB 280 bis 6,0 m unterhalb des aufgeweiteten Pfahlfußes. Im Schaftbereich dient der Stahlträger gleichzeitig als Bewehrung. Um den Kraftverlauf über die Pfahltiefe zu messen, wurden am Stahlträger in verschiedenen Höhen Dehnungsmeßstreifen angeordnet (s. *Bild 5*).

Die Pfähle Z 1 und Z 2 liegen innerhalb des oberen Geschiebemergels und damit bezogen auf das Tragverhalten in einer ungünstigeren Bodenformation. Die Versuchsergebnisse liegen daher auf der sicheren Seite.

Um auch Werte über die Mantelreibungskräfte im festeren unteren Geschiebemergel zu erhalten, wurden zwei weitere Pfähle Z 3 und Z 4 nur aus dem Stahlträger IPB 280 bestehend 6,0 m tief in den unteren Geschiebemergel eingerammt. Um die Mantelreibung in den oberen Schichten auszuschalten, wurden die Pfähle dort mit einer Bentonitsuspension umhüllt.

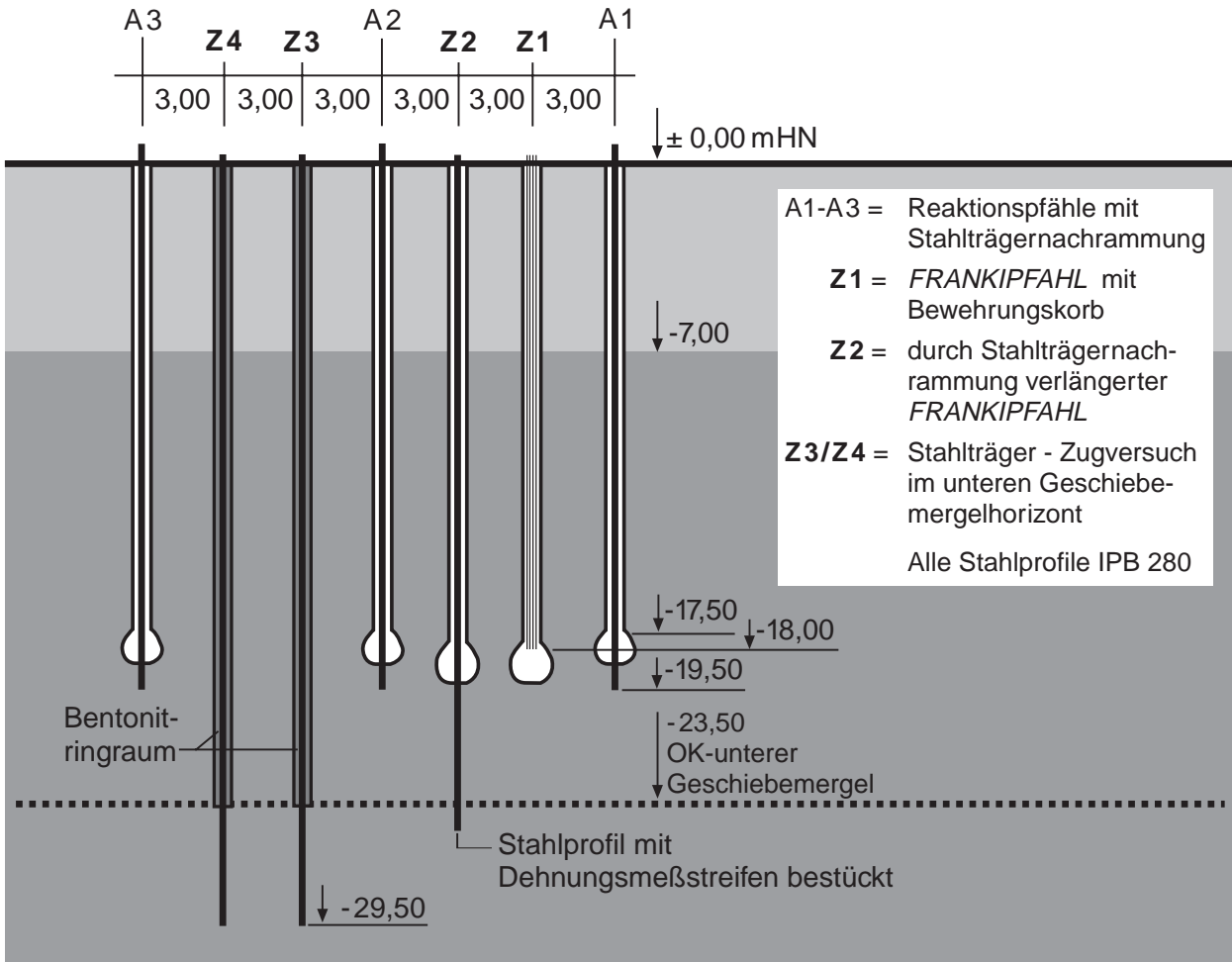


Bild 4: Längsschnitt Zugpfahlprobelastungen

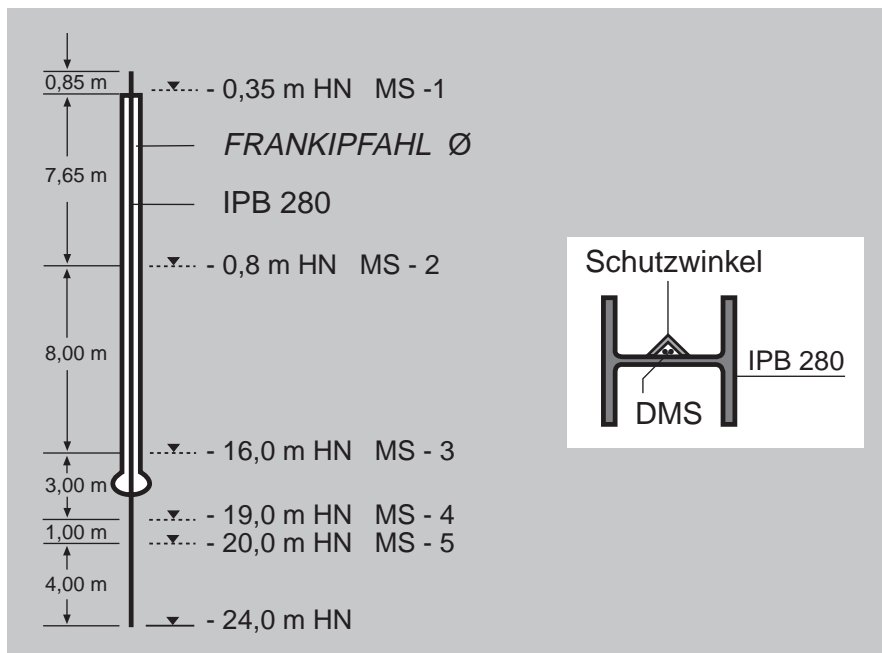


Bild 5: Anordnung der Dehnungsmeßstreifen

Die Reaktionspfähle A 1 bis A 3 wurden als *FRANKIPFÄHLE* mit Stahlträgernachrammung ausgeführt. Dies erfolgte nicht aus statischen Gründen, sondern diente ausschließlich dazu, weitere Erfahrungen bei der Herstellung des modifizierten Pfahlsystems zu sammeln.

Die Ergebnisse der Zugpfahlprobelastungen sind in *Bild 6* dargestellt.

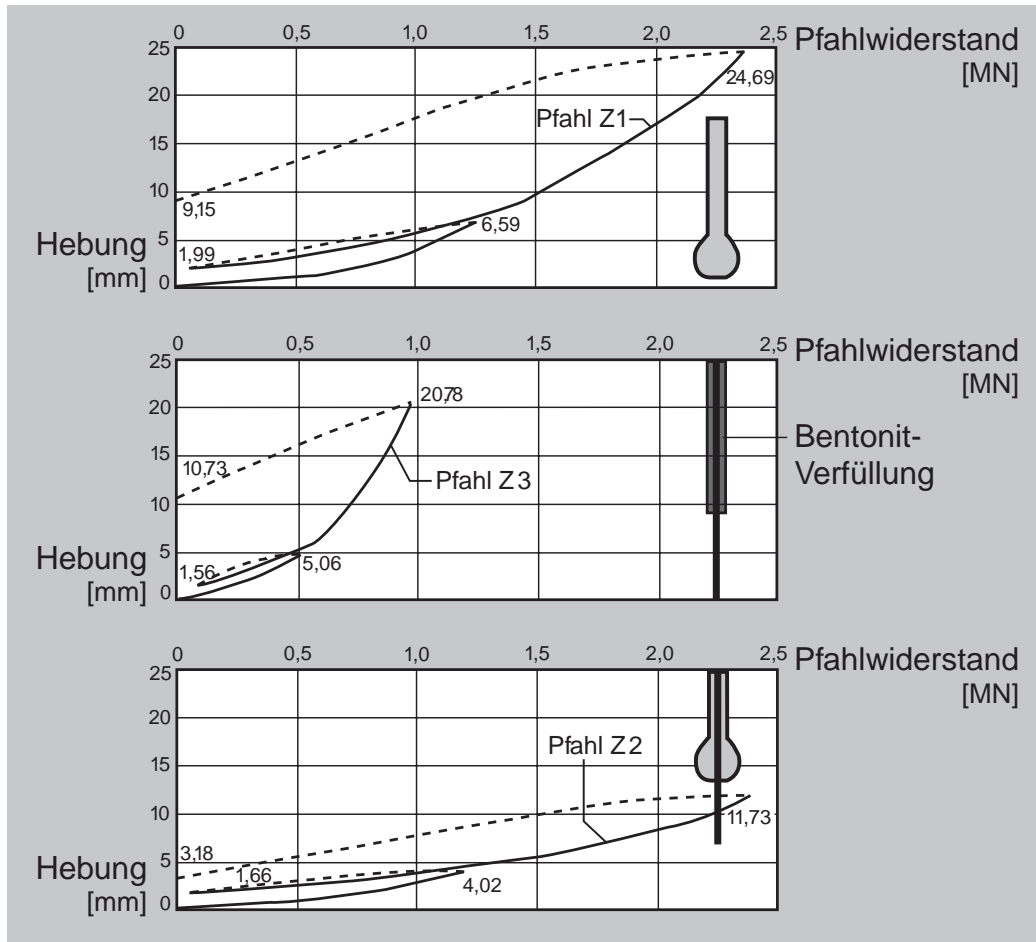


Bild 6: Zugpfahlprobelastungen

Die Pfähle Z 1 und Z 2 wurden jeweils in zwei Belastungsschleifen bis 1.200 kN bzw. 2.400 kN Zug belastet. Der konventionelle *FRANKIPFAHL* zeigte dabei Hebungen von ca. 7 mm bzw. 25 mm. Dies bedeutet, für den Nachweis einer äußeren Tragfähigkeit in Höhe von 1.200 kN Gebrauchslast hätte dieser 18 m lange Pfahl allein völlig ausgereicht. Die Lösung der anstehenden Problematik hinsichtlich der zukünftigen Bauwerkspfähle bestand aber vorrangig in der Aktivierung eines entsprechenden Bodenkörpers unterhalb des *FRANKIPFAHLS*. Daß diese Aufgabe durch den nachträglich eingerammten Stahlträger erfüllt wurde, zeigt die Widerstands-Hebungslinie für den Probepfahl Z 2. In den beiden Laststufen 1.200 kN und 2.400 kN lagen die zugehörigen Hebungswerte bei ca. 4 mm bzw. 12 mm. Die Auswertung der Dehnungsmessungen mit dem Kraftverlauf über die Pfahllänge ist in *Bild 7* dargestellt.

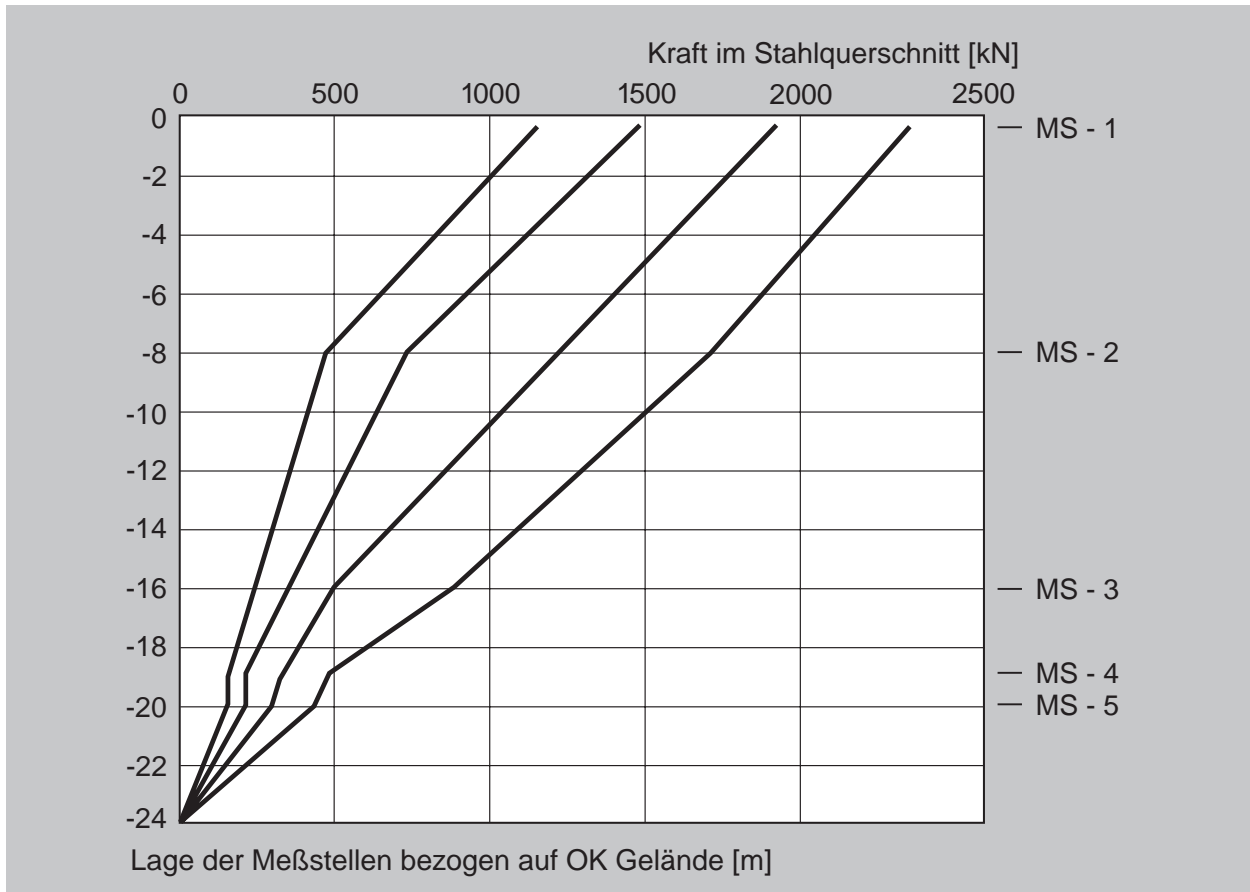


Bild 7: Kraftverlauf über die Länge des FRANKIPFAHLS mit nachgerammtem Stahlträger

4 Schlußfolgerungen für die Pfahlgründung der Docksohle

Durch die erfolgreich verlaufenden Testrammungen und Probelastungen wurde das geplante Gründungskonzept voll bestätigt. Dort, wo bei der Herstellung der Bauwerkspfähle die maximale Länge der *FRANKIPFÄHLE* von 21 m erreicht wird und aus statischen Gründen keine größere Tiefe erforderlich ist, reicht dieser Pfahl für die Lastabtragung von 2.000 kN Druck und 1.100 kN Zug aus. Wenn jedoch der *FRANKIPFAHL* wegen zu hoher Rammwiderstände höher abgesetzt werden muß als es nach den statischen Erfordernissen zur Aktivierung eines entsprechenden Bodenkörpers erforderlich wäre, kann die fehlende Teufe durch eine Stahlträgernachrammung bei den fraglichen Pfählen leicht kompensiert werden.

Die Ableitung der Druckkräfte ist von der Länge des *FRANKIPFAHLS* unabhängig. Sie wird durch die entsprechende Fußaufweitung sichergestellt.

Der *FRANKIPFAHL* mit nachträglich eingerammtem Stahlträger ermöglicht so eine optimale und flexible Anpassung der Pfahlgründung an die in jedem Pfahlansatzpunkt vorhandene Baugrundsituation hinsichtlich Rammbarkeit, Beherrschung der artesischen Grundwasserverhältnisse und der statischen Erfordernisse.