

Geotechnische Problemstellungen bei der Ausführung von semi-integralen Brückenbauwerken am Beispiel der Fahrbachtal- und Glattbachtalbrücke

Dr.-Ing. M. Raithel, Kempfert + Partner Geotechnik, Würzburg

Prof. Dr.-Ing. H.-G. Kempfert, Fachgebiet Geotechnik, Universität Kassel

Dipl.-Ing. E. Leusink, Kempfert + Partner Geotechnik, Würzburg

1 Einführung

Im Zuge des dreistreifigen Ausbaus des Abschnittes Aschaffenburg-West - Aschaffenburg-Ost der BAB A3 Frankfurt - Nürnberg wird beim Neubau zweier Autobahnbrücken (Fahrbachtalbrücke BW213b und Glattbachtalbrücke 214b) eine monolithische Verbindung der Pfeiler mit dem Überbau vorgesehen (halbintegrale Bauweise).

Im Zusammenhang mit den spezifischen Problemstellungen bei Bau von (halb-)integralen Bauwerken sind unter Berücksichtigung der Regelungen der DIN 1054:2005-01 in Verbindung mit DIN-Fachbericht 101 und 102 besondere Anforderungen an die geotechnische Bearbeitung zu stellen, da bei Verschiebungen und Verdrehungen der Gründung Zwangsbeanspruchungen im Bauwerk ausgelöst werden. Die Kräfte und Verformungen treten hierbei auch in Abhängigkeit der Temperaturschwankungen auf.

Dies führt u.A. zu folgenden maßgeblichen geotechnischen Problemstellungen:

- Auftreten von hohen Zwangsbeanspruchungen im aufgehenden Bauwerk bei unterschiedlichen Tragverhalten der Gründungselemente (z.B. Differenzsetzungen zwischen den einzelnen Stützpunkten).
- Zeitabhängige, zyklische Veränderung der Beanspruchungen (Zwängungsspannungen) im Bauwerk durch die täglichen und jährlichen Temperaturschwankungen sowie extremalen Temperaturschwankungen.
- Zeitabhängige, zyklische Veränderung der Pfahlbettung und der horizontalen Pfahlbeanspruchung.

Im Hinblick auf die Verformungsempfindlichkeit des Überbaus bei der integralen Bauweise sind (halb-)integrale Brückenbauwerke immer in die **Geotechnische Kategorie 3** nach DIN 1054:2005-01 bzw. DIN 4020:2003-09 (Baumaßnahme mit hohem Schwierigkeitsgrad) einzustufen. Bei der Bemessung ist seitens des Geotechnikers insbesondere die Angabe von oberen und unteren, auf das Bauwerk abgestimmten, charakteristischen Werten sowie eine interaktive Zusammenarbeit und kontinuierliche Abstimmung zwischen dem Geotechniker und dem Tragwerksplaner zwingend erforderlich. Dies wird im Folgenden am Beispiel der Fahrbachtal- und Glattbachtalbrücke erläutert.

2 Besondere normative Regelungen im DIN-Fachbericht 101 und DIN 1054:2005-01

Zur Definition der in der statischen Bemessung zu berücksichtigenden Verformungen ist zunächst von den Regelungen des DIN Fachberichtes 101 auszugehen:

Bei Setzungen (Baugrundbewegungen) sind folgende Arten zu unterscheiden:

- a) Als wahrscheinliche Baugrundbewegungen gelten Verschiebungen und/oder Verdrehungen, die eine Stützung unter dem Einfluss von dauernd wirkenden Lasten bei den vorliegenden Baugrundverhältnissen voraussichtlich erleiden wird.
- b) Als mögliche Baugrundbewegungen gelten die Grenzwerte der Verschiebungen und/oder Verdrehungen, die eine Stützung im Rahmen der Unsicherheiten, die mit der Vorhersage von Baugrundbewegungen verbunden sind, erleiden kann.

Des Weiteren gilt nach DIN 1054:2005-01:

Sofern sich bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse von Labor- oder Feldversuchen der Variationskoeffizient zu $V_G > 0,1$ ergibt, sind obere und untere charakteristische Werte der Bodenkenngrößen festzulegen. Es ist dann für die Berechnung jeweils die ungünstigste Kombination von oberen und unteren Werten für voneinander unabhängige Parameter anzunehmen. Obere und untere charakteristische Werte sind auch dann anzuwenden, wenn die jeweilige Problemstellung dies erfordert, z.B. im Hinblick auf die Steifigkeit bei Bauwerken, die gegen unterschiedliche Setzungen empfindlich sind.

oder

Die Berechnung ist in der Regel mit charakteristischen Werten in Form von vorsichtigen Schätzwerten der Mittelwerte der Steifigkeitsparameter durchzuführen. In Zweifelsfällen ist mit oberen und unteren charakteristischen Werten zu rechnen, um die Auswirkungen sowohl zur größeren als auch zur kleineren Steifigkeit zu erfassen.

Um die Konsistenz zwischen den Regelungen des DIN-Fachberichtes 101 und der DIN 1054:2005-01 zu erläutern bzw. herzustellen, wird von folgenden Festlegungen ausgegangen:

- Die **wahrscheinlichen Verformungen** im Sinne des DIN-Fachberichtes 101 repräsentieren das Tragverhalten der Gründung unter Annahme des angenommenen „vorsichtigen“ **Mittelwertes der Bodenkenngrößen** entsprechend DIN 1054:2005-01.
- Die **möglichen Verformungen** im Sinne des DIN-Fachberichtes 101 repräsentieren das Tragverhalten der Gründung unter Annahme **der oberen und unteren charakteristischen Werte** entsprechend DIN 1054:2005-01, wobei diese als Bandbreite bzw. Schwankung um den wahrscheinlichen Wert anzugeben sind.

Auf dieser Grundlage soll vom geotechnischen Sachverständigen eine Vorgabe der zu berücksichtigenden Verformungen oder Federkonstanten erfolgen.

3 Geotechnische Randbedingungen bei der Gründung der Fahrbachtal- und Glattbachtalbrücke

Zur Erkundung und Beurteilung des Baugrundes im Bereich der Fahrbachtal- und Glattbachtalbrücke wurden je Stützpunkt 2 Aufschlussbohrungen abgeteuft und schwere Rammsondierungen DPH ausgeführt.

Nach den Aufschlüssen besteht der Baugrund oberflächennah aus aufgefüllten Böden sowie quartären Schluffen und Sanden. Diese Schichten werden vom zersetzten Gneis unterlagert. Unter dem Gneiszersatz steht klüftiger bis stark klüftiger, überwiegend blättriger bis plattiger und teilweise auch plattiger bis bankiger Gneis an. Der Gneis ist im oberen Bereich i.d.R. sehr mürbe bis mürbe. Mit zunehmender Tiefe steigt die Härte bzw. Festigkeit des Gneises auf fest bis hart und lokal auf sehr hart an. Im mürben bis festen Gneis sind lokal harte Bereiche eingelagert.

Eine exemplarische Darstellung der Erkundungsergebnisse zeigt Abb. 1.

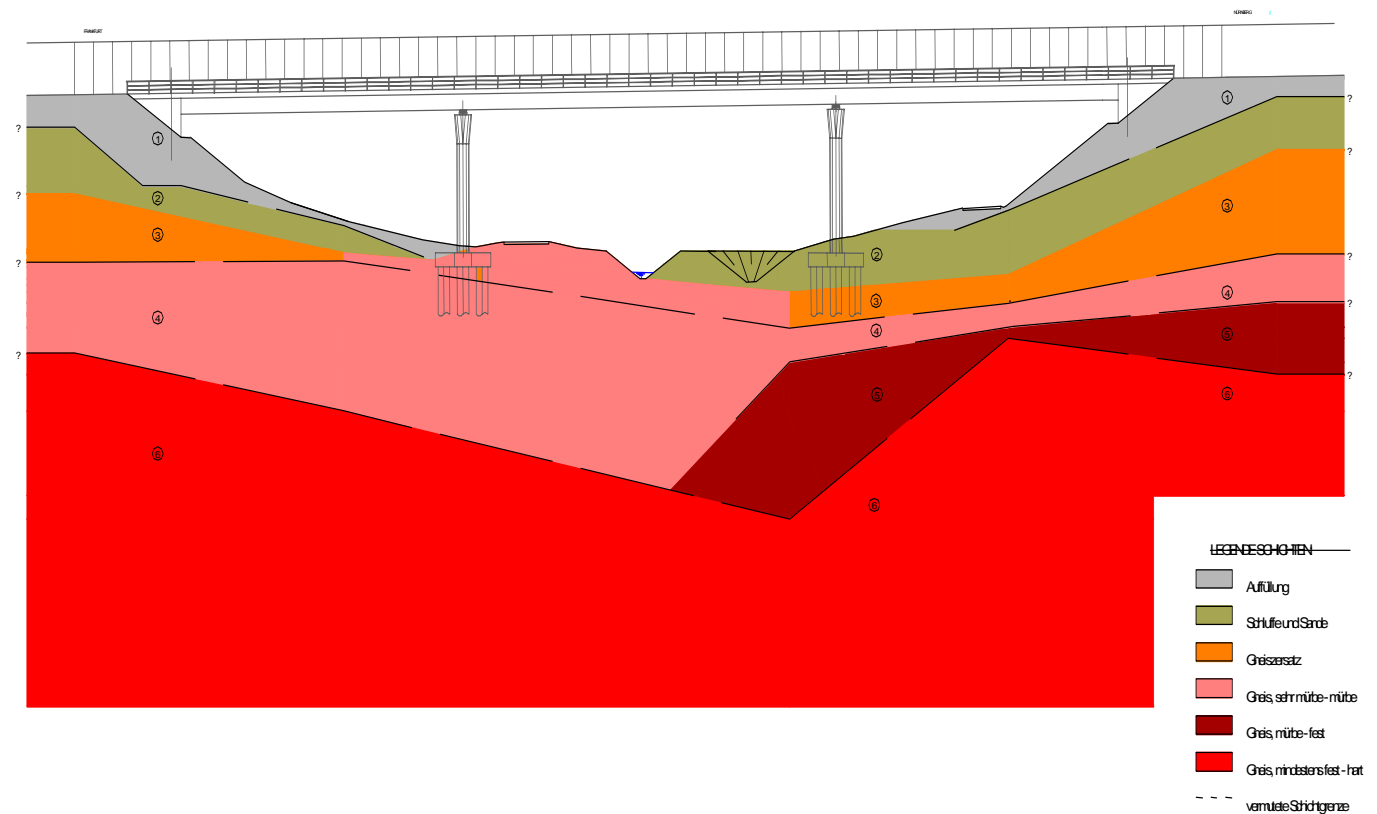


Abb. 1: Exemplarische Darstellung der Erkundungsergebnisse am Beispiel der Fahrbachtalbrücke

In Tabelle 1 sind die charakteristischen Bodenkenngrößen für die angetroffenen Boden- und Felschichten aufgeführt.

Tabelle 1: Charakteristischen Bodenkenngrößen

Schicht	Wichte	Wichte unter Auftrieb	Reibungswinkel	effektive Kohäsion	Steifemodul
	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]
1 Auffüllung	19	-	30,0	0	5-10
2 Schluffe Sande	20	10	27,5	2	2-4
	19	10	32,5	0	30-50
3 Gneiszersatz	19	10	35	2	60-80
4 sehr mürber bis mürber Gneis	22	12	35	15	80-100
5 mürber bis fester Gneis	25	15	40	100	≥ 150
6 mindestens fester bis harter Gneis	25	15	45	>100	≥ 250

4 Pfahlprobelastung

4.1 Allgemeines und Konzeption

Die Glattbachtal- und Fahrbachtalbrücke werden wegen der hohen Setzungsanforderungen bzw. Setzungsempfindlichkeit des Überbaus auf Bohrpfählen mit einem Durchmesser von 1,2 m gegründet. Im Hinblick auf die Verformungsempfindlichkeit des Überbaus wurden dabei entsprechend den Regelungen der DIN 1054:2005-01 bei jeder Brücke eine axiale Probelastung sowie eine horizontale Probelastung an Bohrpfählen zur Ermittlung der Widerstands-Setzungs-Linie und der äußeren Pfahltragfähigkeit (charakteristischer Spitzenwiderstand und charakteristische Mantelreibung) bzw. zur Ermittlung der horizontalen Bettung durchgeführt.

An beiden Standorten wurden jeweils ein Probepfahl und 2 Reaktionspfähle zur Einleitung der Kräfte in den Probepfahl vorgesehen. Bei den Pfählen handelt es sich um Bohrpfähle mit einem Durchmesser von $D = 0,9$ m.

Eine Reduzierung des Pfahldurchmessers im Vergleich zu den geplanten Bauwerkspfählen ist nach der „Empfehlung für statische axiale Pfahlprobelastungen“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) zulässig, sofern das Durchmesser Verhältnis zwischen den Probepfählen und den Bauwerkspfählen $\geq 0,5:1$ ist. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse der Pfahlprobelastungen auf die späteren Bauwerkspfähle $D = 1,2$ m ist somit gewährleistet.

4.2 Herstellung der Bohrpfähle und Versuchsdurchführung

Die Pfähle für die Probelastungen wurden zur Übertragbarkeit der Ergebnisse der Versuche auf die später herzustellenden Bauwerkspfähle bis in den mindestens festen bis harten Gneis abgeteuft.

Zur direkten Messung des Spitzenwiderstandes wurden je Probepfahl eine Kraftmessdose im Pfahlfuß angeordnet. Die Kraftmessdosen wurden vor Ort in einen am Bewehrungskorb befestigten Betonfuß einbetoniert. Des Weiteren wurden zur Erfassung des Verlaufs der Mantelreibung über die Tiefe am Bewehrungskorb der Probepfähle in 6 bis 7 Messebenen jeweils 3 elektrische Dehnungsgeber im Winkel von 120° befestigt. Die Biegelinie der Pfähle bei den horizontalen Pfahlprobelastungen wurde durch Inklinometermessungen ermittelt.

Die Belastungseinrichtung für die axialen und horizontalen Probelastungen wurde entsprechend der „Empfehlung für statische axiale Pfahlprobelastungen“ und den „Empfehlungen für statische horizontale Pfahlprobelastungen“ der DGGT geplant und ausgeführt. Als Widerlager für die Pressenlast diente eine über 2 Reaktions- bzw. Zugpfähle angeordnete Traverse (vgl. Abb. 2). Die horizontalen Probelastungen erfolgten durch ein Auseinanderdrücken des Probepfahls und eines der Reaktionspfähle mit Hilfe einer hydraulischen Presse (vgl. Abb. 3).

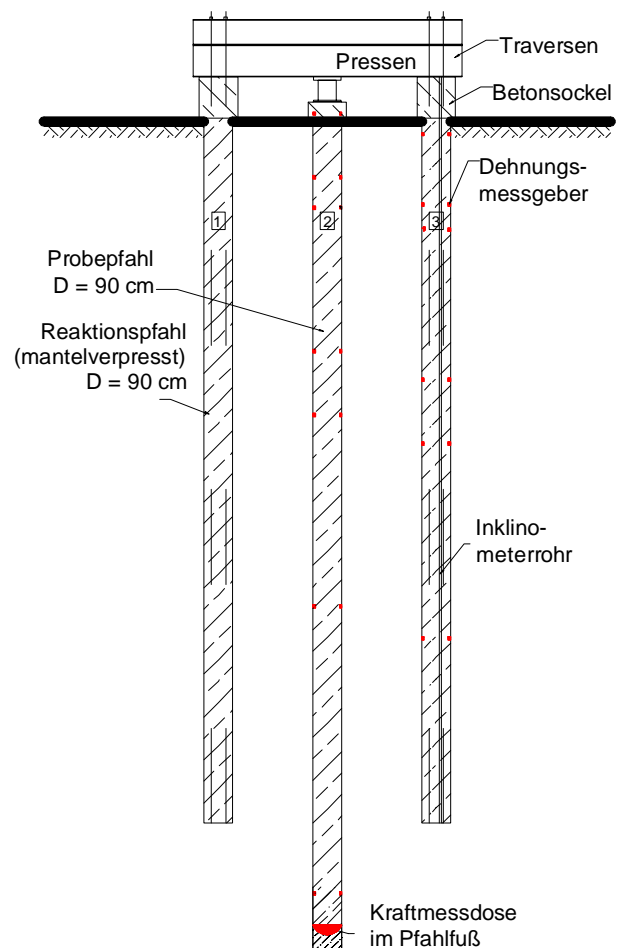


Abb. 2: Überblick und schematische Darstellung der axialen Pfahlprobelastung

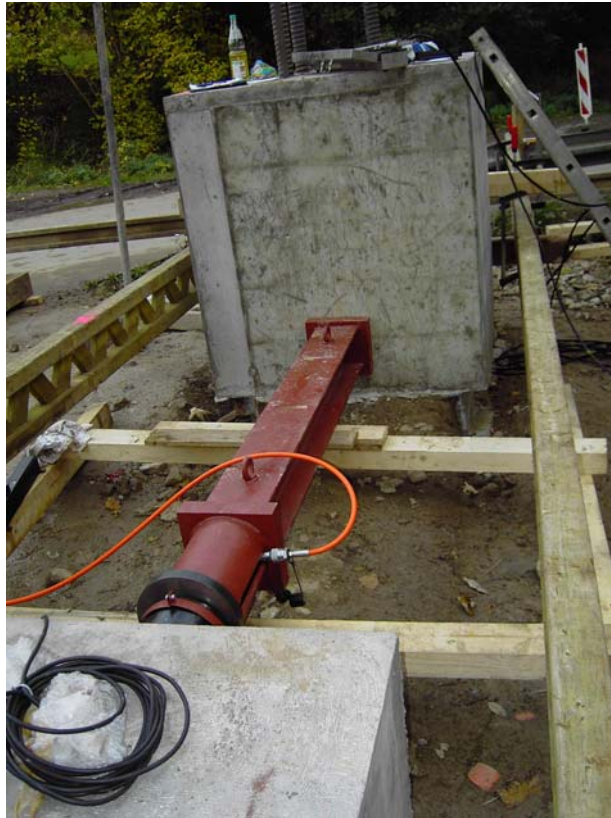


Abb. 3: Belastungseinrichtung der horizontalen Pfahlprobebelastung

Die Probebelastungen wurden kraftgesteuert mit verschiedenen Laststufen durchgeführt. Während der einzelnen Laststufen wurde die Prüflast entsprechend den Empfehlungen der DGGT so lange konstant gehalten, bis die Setzungsgeschwindigkeit auf weniger als 0,1 mm innerhalb von 5 Minuten abgeklungen war (Kriechkriterium), wobei die Mindestdauer der Laststufen (15 min) gemäß der DGGT berücksichtigt wurde und eine gleichmäßige Dauer der Laststufen angestrebt wurde. Die Belastung auf einer höheren Prüflast bzw. die Entlastung auf eine niedrigere Prüflast erfolgte jeweils in 5 min. Die Dauer der Wiederbelastungs- und Entlastungsstufen betrug 5 bis 10 min.

4.3 Ergebnisse und Auswertung der axialen Pfahlprobebelastungen

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte ebenfalls entsprechend der „Empfehlung für statische axiale Pfahlprobebelastungen“ der DGGT und wurde im Wesentlichen im Hinblick auf folgende Aussagen vorgenommen:

- Widerstand-Setzungslinie
- Grenzlaster
- charakteristische Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ über die Tiefe
- charakteristischer Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ im mindestens festen bis harten Gneis (Schicht 6)

Die gemessenen Pfahlkopfsetzungen der Probepfähle BW213b-P2 und BW214b-P2 sind in Abhängigkeit der Versuchslast in Abb. 4 dargestellt. Anhand der dargestellten Pfahlkopfsetzungen ist fest-

zustellen, dass das Setzungsverhalten beider Probepfähle bis zu einer Prüflast von ca. 6 MN näherungsweise identisch ist. Bei höheren Prüflasten nimmt die Pfahlkopfsetzung des Probepfahls BW214b-P2 überproportional zu, da die Grenzlast der inneren Tragfähigkeit aufgrund einer Fehlstelle erreicht wurde.

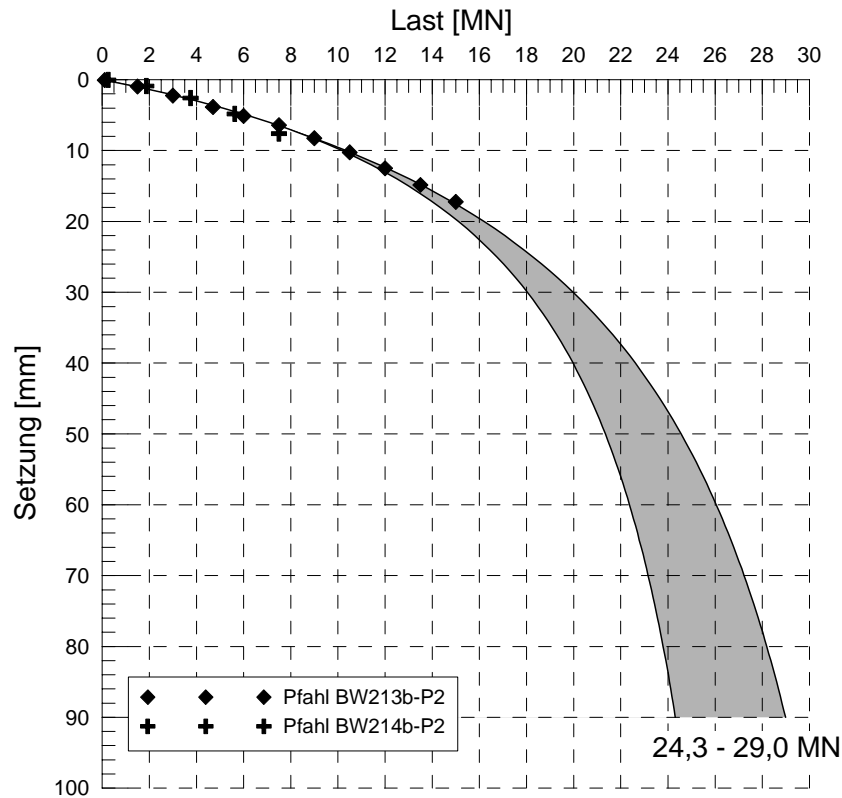


Abb. 4: Pfahlkopfsetzungen der Probepfähle BW213b und BW214b sowie Extrapolation

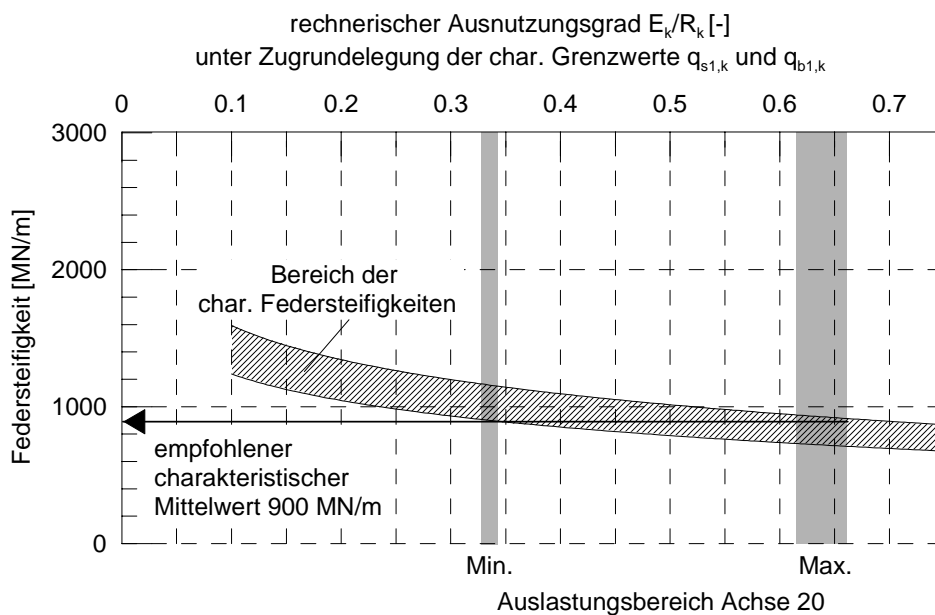


Abb. 5: Ableitung der charakteristischen axialen Federkonstanten (BW 213b Achse 20) der Gründungspfähle

Anhand der am Pfahlfuß gemessenen Kraft ist festzustellen, dass die Lastabtragung über den Pfahlfuß an den Gneis in allen Laststufen bei beiden Pfählen vergleichsweise gering war. Die Pfahlbelastung wurde demnach überwiegend über Mantelreibung abgetragen.

Mittels einer Extrapolation nach dem Hyperbelverfahren wurden die Grenzlast für den Probepfahl BW213b ermittelt, wobei ein unterer Wert und oberer Wert der Grenzlast (Grenzwertbetrachtung) durch Ansatz unterschiedlicher Hyperbeln bestimmt wurde:

- unterer Grenzwert der Grenzlast: ca. 24,3 MN
- oberer Grenzwert der Grenzlast: ca. 29,0 MN

Beim Pfahl BW214b-P2 wurde im Hinblick auf das Versagen der inneren Pfahltragfähigkeit durch eine Fehlstelle keine Extrapolation der Widerstands-Setzungs-Linie vorgenommen. Da die Widerstands-Setzungs-Linien beider Probepfähle bis einer Last von ca. 6 MN näherungsweise identisch sind, konnte angenommen werden, dass für den Probepfahl BW214b näherungsweise die gleiche Grenzlast gilt.

4.4 Ergebnisse und Auswertung der horizontalen Pfahlprobelastungen

Die Auswertung der horizontalen Pfahlprobelastungen erfolgte entsprechend den „Empfehlungen für statische horizontale Pfahlprobelastungen“ der DGGT und wurde im Wesentlichen im Hinblick auf den Bettungsmodulverlauf über die Tiefe vorgenommen. Die ermittelten Biegelinien sind in Abb. 6 und die gemessenen Pfahlkopfverschiebungen in Abhängigkeit der Versuchsdauer in Abb. 7 dargestellt.

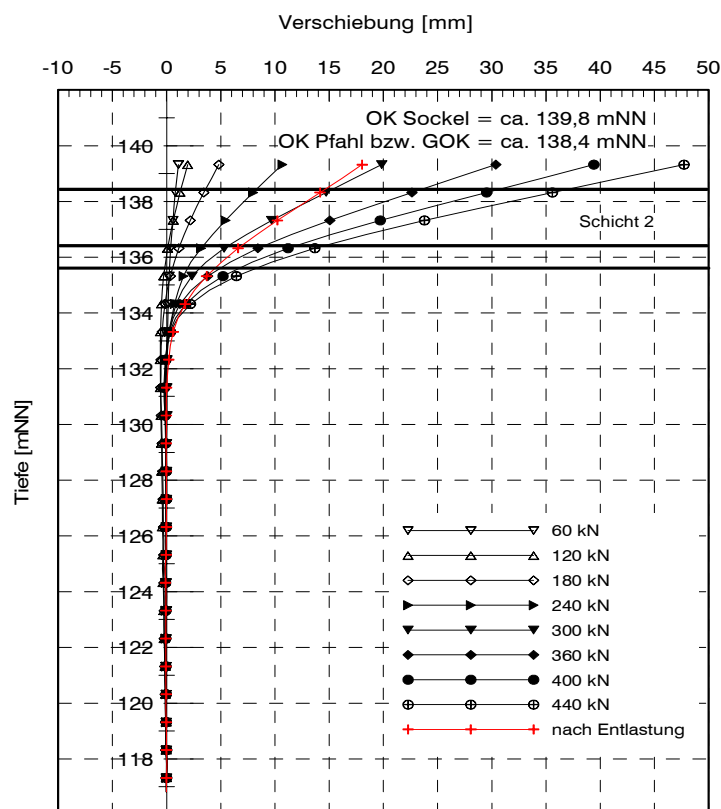


Abb. 6: Biegelinien (Pfahl 213b)

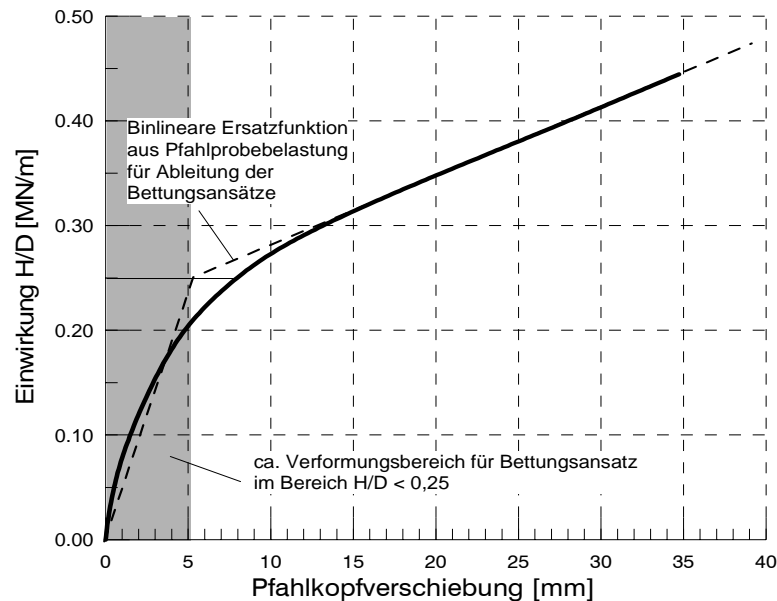


Abb. 7: gemessene Pfähkopfverschiebungen (Pfahl 214b)

5 Geotechnische Vorgaben für die Bemessung der Brückenbauwerke

5.1 Allgemeines

Zur Ermittlung der Einwirkungen bzw. Beanspruchungen eines aufgehenden (halb-)integralen Brückenbauwerks infolge eines zu berücksichtigenden unterschiedlichen Tragverhalten der einzelnen Gründungselemente (Pfähle, Fundamente) stehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten zur Verfügung, wobei sich die entsprechenden erforderlichen Angaben im geotechnischen Entwurfsbericht wie folgt darstellen:

- a) Direkte **Variation der Federkonstanten** (Bettungsmodul und axiale Pfahlfedern) mit Vorgabe der
 - Wahrscheinliche, d.h. i.d.R. „mittlere“ Federkonstanten sowie die daraus resultierende wahrscheinliche Differenz der Federkonstanten zwischen den einzelnen Gründungselementen bzw. Stützpunkten.
 - Mögliche Federkonstanten, d.h. Obere und Untere Grenzwerte der Federkonstanten bzw. der möglichen Differenz der Federkonstanten zwischen den einzelnen Gründungselementen bzw. Stützpunkten.
- b) Direkte **Variation der Verformungen** (Horizontalverschiebungen/Verdrehungen und Setzungen) bei Beibehaltung der mittleren Federkonstanten mit Vorgabe der
 - Wahrscheinliche Verformungen sowie der daraus resultierenden Differenz der Verformungen zwischen den einzelnen Gründungselementen bzw. Stützpunkten.
 - Mögliche Verformungen, d.h. Obere und Untere Grenzwerte der Verformungen bzw. der möglichen Differenz der Verformungen zwischen den einzelnen Gründungselementen bzw. Stützpunkten.

Unabhängig von den o.g. Möglichkeiten ist aber zunächst die Vorgabe einer charakteristischen „mittleren“ Federsteifigkeit durch den Geotechniker erforderlich, um das Tragsystem grundsätzlich abzubilden. Nach dieser Vorgabe kann durch den Tragwerksplaner dann die Bandbreite der charakteristischen Einwirkungen auf die Gründung und die Interaktion zwischen den einzelnen Gründungselementen angegeben werden. Die Angabe des zu erwartenden Gesamtausnutzungsgrades der Gründung bzw. der Bereiches der zu erwartenden charakteristischen Gesamtbelastungen (E_{\min} und E_{\max}) ist dann wiederum erforderlich, um aufgrund des in situ gegeben nichtlinearen Tragverhaltens der Gründungselemente die Verformungs- bzw. Federgrößen durch eine angepasste Linearisierung (Sekantenmodul) im wirkenden Beanspruchungsbereich zu überprüfen und ggf. zu modifizieren. Insofern ist eine interaktive Zusammenarbeit und kontinuierliche Abstimmung zwischen dem Geotechniker und dem Tragwerksplaner bei der Bemessung von integralen Bauwerken zwingend erforderlich. Insbesondere sind dabei folgende Angaben zwischen dem Geotechniker und Tragwerksplaner abzustimmen.

- Die Bandbreite der charakteristischen Einwirkungen.
- Das in die Berechnung des aufgehenden Bauwerks eingehende horizontale und vertikale Kraft-Verformungs-Verhalten der einzelnen Gründungselemente, welches letztlich eine vorgegebene Federsteifigkeit widerspiegeln muss.
- Die Interaktion zwischen den einzelnen Gründungselementen (d.h. Verformung jedes Gründungselementes bei Aufbringung einer Zwangsverformung an jedem anderen Gründungselement bei Ansatz von „mittleren Federsteifigkeiten“).
- Die Lastwechselanzahl und ggf. Lastfrequenz der Einwirkungen bzw. Beanspruchungen auf die Gründungselemente.
- Die wahrscheinlichen und möglichen Schwankungsbreiten der Federkonstanten oder der Verformungen.

5.2 Axiale Federkonstanten und Setzungsvorgaben der Pfahlgründung

Aus den Ergebnissen der axialen Probelastungen (Bohrpfähle $D = 0,9$ m) wurden über das Verhältnis der Pfahldurchmesser die charakteristischen Widerstands-Setzungs-Linien für einen Bohrpfahl $D = 1,2$ m abgeleitet. Im Hinblick auf die Vertikalfedern wurde unter Verwendung des charakteristischen axialen Einwirkungsbereiches der Ausnutzungsgrad der jeweiligen Pfahlgründungen ermittelt. Durch die Darstellung der anhand der Pfahlprobelastungen abgeleiteten Federsteifigkeiten in Abhängigkeit vom Ausnutzungsgrad wurde anschließend die charakteristische Federkonstante in den Achsen 20 und 30 ermittelt. Die Auswertung für die Fahrbachthalbrücke ist exemplarisch in Abb. 5 dargestellt. Unter Ansatz der charakteristischen maximalen Pfahllasten wurden die Pfahlkopfsetzungen für die Fahrbachthalbrücke letztlich abgeschätzt zu:

- mögliche Pfahlkopfsetzungen: $S_{2,k,m\ddot{o}glich} = 5$ bis 10 mm
- wahrscheinliche Pfahlkopfsetzungen: $S_{2,k,wahrscheinlich} = 5$ bis $7,5$ mm

Neben dem wahrscheinlichen und möglichen Schwankungsbereich der Federkonstanten wurden auch wahrscheinlichen und möglichen Verformungsdifferenzen definiert, die bei einer Nachweisführung ohne Variation der Federsteifigkeiten (Fall b) anzusetzen sind. Aus geotechnischer Sicht wird der Schwankungsbereich der Untergrundeigenschaften innerhalb einer Pfahlgründung (Pfeilerfun-

dament) dabei deutlich geringer im Vergleich zu denjenigen zwischen den Pfeilerfundamenten in den jeweiligen Achsen bewertet. Daher wurden sowohl zu berücksichtigende Differenzverformungen innerhalb einer Pfahlgruppe (i.d.R. wahrscheinlich bis zu 2 mm, möglich bis zu 3 mm, in Anlehnung an Kempfert & Smoltczyk 2001) als auch etwas größere zwischen zwei voneinander getrennten Pfeilerfundamenten (wahrscheinlich bis zu 4 mm, möglich bis zu 6 mm) angegeben.

5.3 Bettungsmoduln und Verformungen quer zur Pfahlachse

Um eine Aussage der tatsächlich vorliegenden Bettungsmoduln vorzunehmen, wurde die Biegelinie der Pfähle (Abb. 6) bei Abbildung der entsprechenden Randbedingungen für ausgewählte Laststufen berechnet und die Bettung der Pfähle schrittweise so angepasst, dass eine möglichst gute Annäherung an die gemessenen Biegelinien und die gewählte bilineare Ersatzfunktion der Kopfverschiebungen (vgl. Abb. 7) erfolgte. Insgesamt zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit des Bettungsmoduls von der Belastung, wie es auch aus der Literatur (Seitz/Schmidt 2000) bekannt ist. Bei steigender Belastung verringert sich der Bettungsmodul merklich. Um dieses Bettungsverhalten zu erfassen wurden zwei Bereiche unterschieden (bei geringeren Horizontallasten bzw. Verformungen höhere Bettungsmoduln, bei größeren Horizontallasten bzw. Verformungen geringere Bettungsmoduln, vgl. Abb. 8).

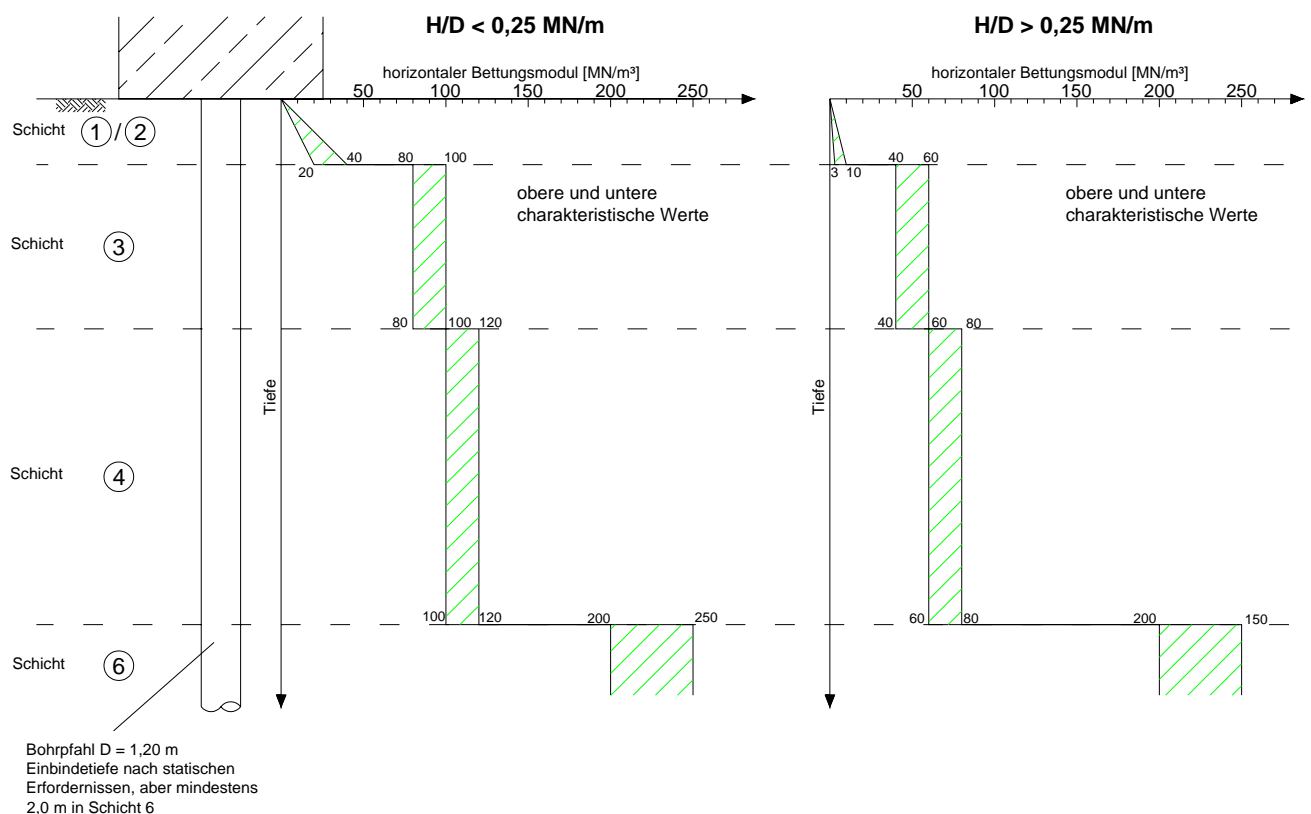


Abb. 8: Abgeleitete Bettungsmoduln (BW 213b Achse 30)

Bei Horizontallasten bzw. Verschiebungen nahe der Bereichsgrenzen können Mittelwerte angewendet werden. Des Weiteren wurden analog zu den Setzungsvorgaben auch wahrscheinliche und mögliche horizontale Verformungsdifferenzen definiert, die bei einer Nachweisführung ohne Variation der Federsteifigkeiten (Fall b) angewendet werden können.

6 Schlussbemerkung

Es sei darauf hingewiesen, dass sich die vorstehenden Ausführungen im Wesentlichen auf die halb-integrale Bauweise beziehen. Sofern auch noch die Widerlager in den Überbau integriert werden, sind aufgrund der dann gegebenen größeren Problematik der zeitlich zunehmenden Setzungen verbunden i.d.R. mit Steifigkeitsänderungen im Bereich der Hinterfüllung sowie der zeitabhängigen Erddruckbelastung auf die Widerlagerwand zusätzliche Untersuchungen und Angaben erforderlich.

7 Literatur

Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT (1998): Empfehlungen für statische und dynamische Pfahlprüfungen.

Kempfert H.-G.; Smoltczyk, U. (2001): Pfahlgründungen. Grundbautaschenbuch, Teil 3. sechste Auflage. Ernst & Sohn Verlag, Berlin.

Seitz, J.M.; Schmidt, H.-G (2000): Bohrpfähle. Ernst & Sohn Verlag, Berlin.

Kempfert + Partner Geotechnik (2005): Ausbau BAB A3 Frankfurt - Nürnberg bei Aschaffenburg, Halbintegrale Bauweise der Brückenbauwerke BW 213b und BW 214b - Ergebnisse und Auswertung der axialen und horizontalen Pfahlprobebelastungen an Bohrpfählen (unveröffentlicht).

Kempfert + Partner Geotechnik (2005). Ausbau BAB A3 Frankfurt - Nürnberg bei Aschaffenburg, Halbintegrale Bauweise BW 213b und BW 214b - Ergebnisse der Baugrunderkundung und Beurteilung der Baugrundverhältnisse (unveröffentlicht).

Kempfert + Partner Geotechnik (2005): Ausbau der BAB A3 Frankfurt- Nürnberg bei Aschaffenburg, Halbintegrale Bauweise BW 213b und BW 214b - Bautechnische Empfehlungen / Geotechnische Entwurfsberichte (unveröffentlicht).