

**Ableitung von Streuungsfaktoren
und Teilsicherheitsbeiwerten für
Pfahlwiderstände aus Ergebnissen
von Probelastungen und
Erfahrungswerten für den Eurocode
EC 7-1. Kalibrierung am bisherigen
deutschen Sicherheitsstandard**

T 3166

T 3166

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2008

ISBN 978-3-8167-7631-4

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

FORSCHUNGSBERICHT

zum

Projekt

**Ableitung von Streuungsfaktoren und Teilsicherheitsbeiwerten
für Pfahlwiderstände aus Ergebnissen von Probelastungen
und Erfahrungswerten für den Eurocode EC 7-1
-Kalibrierung am bisherigen deutschen Sicherheitsstandard-**

(Geschäftszeichen: ZP 52-5- 11.72-1272/07)

**Auftraggeber:
Deutsches Institut für Bautechnik
Kolonnenstraße 31L
10829 Berlin**

**Kassel, den 09.11.2007
Proj. Nr.: DM - 150**

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1 Einleitung | 1 |
| 2 Vergleichende Zusammenstellung bisheriger nationaler Regelwerke mit den Verfahren des Eurocodes EC 7-1 zur Ableitung von axialen Pfahlwiderständen..... | 3 |
| 2.1 Allgemeines | 3 |
| 2.2 Darstellung der Ableitung zulässiger Belastungen von Pfählen aus Probelastungen nach DIN 1054:1976-11 (Globalsicherheitskonzept) | 4 |
| 2.3 Darstellung der Ableitung axialer Pfahlwiderstände nach DIN 1054:2005-01 (Teilsicherheitskonzept)..... | 5 |
| 2.3.1 Allgemeines | 5 |
| 2.3.2 Ableitung der charakteristischen axialen Pfahlwiderstände aus Ergebnissen statischer Probelastungen..... | 6 |
| 2.3.3 Ableitung der charakteristischen axialen Pfahlwiderstände aus Ergebnissen dynamischer Pfahlprobelastungen | 7 |
| 2.3.4 Ableitung axialer Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten..... | 8 |
| 2.4 Darstellung der Ableitung der Grenzwerte des Druck- und Zugwiderstandes von Pfählen nach Eurocode EC 7-1 | 8 |
| 2.4.1 Allgemeines | 8 |
| 2.4.2 Bestimmung von Grenzwerten des Druckwiderstands..... | 10 |
| 2.5 Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkung..... | 12 |
| 2.5.1 Bemessungssituationen und Kombinationsregeln für Einwirkungen..... | 12 |
| 2.5.2 Vorgehensweise zur Kombination der Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen bei den nachfolgenden vergleichenden Kalibrierungsberechnungen der Streuungsfaktoren und Teilsicherheitsbeiwerte für die Widerstände..... | 15 |
| 2.6 Festlegung von Teilsicherheitsbeiwerten für Pfahlwiderstände aufgrund von Erfahrungswerten | 17 |
| 3 Vergleichsberechnung mit vorgegebenen Streuungsfaktoren..... | 19 |
| 3.1 Vorgaben..... | 19 |
| 3.2 Berechnungen für statische Pfahlprobelastungsergebnisse..... | 24 |
| 3.3 Berechnung für dynamische Pfahlprobelastungsergebnisse | 24 |
| 4 Vergleichsberechnung mit vorgegebenem Mittelwert und variabler Streuung an fiktiven Pfahlprobelastungsergebnissen..... | 30 |
| 4.1 Allgemeines | 30 |
| 4.2 Berechnung für statische Pfahlprobelastungen | 32 |
| 4.3 Berechnung für dynamische Pfahlprobelastungen..... | 37 |
| 4.3.1 Allgemeines | 37 |
| 4.3.2 Kalibrierung an statischen Probelastungen auf dem gleichen Baufeld..... | 39 |
| 4.3.3 Kalibrierung an statischen Probelastungen vergleichbarer Baugrundverhältnisse | 43 |
| 4.3.4 Kalibrierung aufgrund von Erfahrungswerten..... | 47 |

| | |
|---|-----------|
| 4.3.5 Einfluss der Anzahl und der Qualität der Kalibrierung auf die Ergebnisse dynamischer Probelastungen bei Auswertung nach Eurocode EC 7-1 | 49 |
| 5 Vergleichsberechnung für reale Pfahlprobelastungsergebnisse | 52 |
| 5.1 Allgemeines | 52 |
| 5.2 Berechnung für statische Pfahlprobelastungen | 52 |
| 5.2.1 Allgemeines | 52 |
| 5.2.2 Variation der Kombination von Probelastungsergebnissen auf einem Baufeld | 53 |
| 5.2.3 Pfahlprobelastungsergebnisse mit Fertigrammpfählen aus Stahlbeton an verschiedenen Standorten | 62 |
| 5.2.4 Pfahlprobelastungsergebnisse mit Bohrpfählen an verschiedenen Standorten. | 65 |
| 5.2.5 Pfahlprobelastungsergebnisse mit Simplexpfählen an verschiedenen Standorten | 67 |
| 5.2.6 Pfahlprobelastungsergebnisse mit Atlaspfählen an verschiedenen Standorten | 70 |
| 5.3 Berechnung für dynamische Pfahlprobelastungen | 72 |
| 5.3.1 Allgemeines | 72 |
| 5.3.2 Pfahlprobelastungsergebnisse mit Stahlrohrpfählen an verschiedenen Standorten | 73 |
| 5.3.3 Pfahlprobelastungsergebnisse mit Fertigrammpfählen aus Stahlbeton auf einem Baufeld | 77 |
| 6 Tendenzen bei verschiedenen Lastfällen und Bemessungssituationen..... | 79 |
| 7 Zusammenfassung und Empfehlungen | 83 |
| 7.1 Allgemeines | 83 |
| 7.2 Kalibrierung der Streuungsfaktoren ξ zur Ableitung charakteristischer Werte aus statischen Pfahlprobelastungen | 83 |
| 7.3 Kalibrierung der Streuungsfaktoren ξ zur Ableitung charakteristischer Werte aus dynamischen Pfahlprobelastungen | 84 |
| 7.4 Überprüfung der nationalen Vorschläge an realen Probelastungen | 85 |
| 7.5 Schlussbemerkung | 86 |
| 8 Literaturverzeichnis | 87 |

Anlagenverzeichnis

- 1 Vergleichsberechnungen mit vorgegebenem Mittelwert und variabler Streuung an fiktiven statischen Probelastungsergebnissen
 - 1.1 Anlagen für weiche Systeme, $n = 2-5$, $\gamma_{G,Q} = 1,40$
 - 1.1.1 Datengrundlage und Berechnungsergebnisse
 - 1.1.2 Diagramme für $n = 2$
 - 1.1.3 Diagramme für $n = 3$
 - 1.1.4 Diagramme für $n = 4$
 - 1.1.5 Diagramme für $n = 5$
 - 1.2 Anlagen für starre Systeme, $n = 2-5$, $\gamma_{G,Q} = 1,40$
 - 1.2.1 Datengrundlage und Berechnungsergebnisse
 - 1.2.2 Diagramme für $n = 2$
 - 1.2.3 Diagramme für $n = 3$
 - 1.2.4 Diagramme für $n = 4$
 - 1.2.5 Diagramme für $n = 5$
- 2 Vergleichsberechnungen mit vorgegebenem Mittelwert und variabler Streuung an fiktiven dynamischen Probelastungsergebnissen
 - 2.1 Anlagen für Kalibrierung an statischen Probelastungen am gleichen Baufeld, Auswertung mit erweitertem Verfahren und vollständiger Modellbildung, $\gamma_{G,Q} = 1,40$
 - 2.1.1a Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 2-5$, weiche Systeme
 - 2.1.1b Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 2-5$, starre Systeme
 - 2.1.2a Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 8-20$, weiche Systeme
 - 2.1.2b Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 8-20$, starre Systeme
 - 2.1.3a Diagramme für $n = 4$, weiche Systeme
 - 2.1.3b Diagramme für $n = 4$, starre Systeme
 - 2.1.4a Diagramme für $n = 5$, weiche Systeme
 - 2.1.4b Diagramme für $n = 5$, starre Systeme
 - 2.1.5a Diagramme für $n = 8$, weiche Systeme
 - 2.1.5b Diagramme für $n = 8$, starre Systeme
 - 2.1.6a Diagramme für $n = 12$, weiche Systeme
 - 2.1.6b Diagramme für $n = 12$, starre Systeme
 - 2.1.7a Diagramme für $n = 16$, weiche Systeme
 - 2.1.7b Diagramme für $n = 16$, starre Systeme

2.1.8a Diagramme für $n = 20$, weiche Systeme

2.1.8b Diagramme für $n = 20$, starre Systeme

2.2 Anlagen für Kalibrierung an statischen Probelastungen am gleichen Baufeld, Auswertung mit direktem Verfahren, $\gamma_{G,Q} = 1,40$

2.2.1a Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 2-5$, weiche Systeme

2.2.1b Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 2-5$, starre Systeme

2.2.2a Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 8-20$, weiche Systeme

2.2.2b Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 8-20$, starre Systeme

2.2.3a Diagramme für $n = 4$, weiche Systeme

2.2.3b Diagramme für $n = 4$, starre Systeme

2.2.4a Diagramme für $n = 5$, weiche Systeme

2.2.4b Diagramme für $n = 5$, starre Systeme

2.2.5a Diagramme für $n = 8$, weiche Systeme

2.2.5b Diagramme für $n = 8$, starre Systeme

2.2.6a Diagramme für $n = 12$, weiche Systeme

2.2.6b Diagramme für $n = 12$, starre Systeme

2.2.7a Diagramme für $n = 16$, weiche Systeme

2.2.7b Diagramme für $n = 16$, starre Systeme

2.2.8a Diagramme für $n = 20$, weiche Systeme

2.2.8b Diagramme für $n = 20$, starre Systeme

2.3 Anlagen für, Kalibrierung an statischen Probelastungen aus einer anderen, vergleichbaren Baumaßnahme, Auswertung mit erweitertem Verfahren und vollständiger Modellbildung, $\gamma_{G,Q} = 1,40$

2.3.1a Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 2-5$, weiche Systeme

2.3.1b Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 2-5$, starre Systeme

2.3.2a Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 8-20$, weiche Systeme

2.3.2b Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 8-20$, starre Systeme

2.3.3a Diagramme für $n = 4$, weiche Systeme

2.3.3b Diagramme für $n = 4$, starre Systeme

2.3.4a Diagramme für $n = 5$, weiche Systeme

2.3.4b Diagramme für $n = 5$, starre Systeme

2.3.5a Diagramme für $n = 8$, weiche Systeme

2.3.5b Diagramme für $n = 8$, starre Systeme

2.3.6a Diagramme für $n = 12$, weiche Systeme

2.3.6b Diagramme für $n = 12$, starre Systeme

2.3.7a Diagramme für $n = 16$, weiche Systeme

2.3.7b Diagramme für $n = 16$, starre Systeme

2.3.8a Diagramme für $n = 20$, weiche Systeme

2.3.8b Diagramme für $n = 20$, starre Systeme

2.4 Anlagen für Kalibrierung an statischen Probelastungen aus einer anderen, vergleichbaren Baumaßnahme, Auswertung mit direktem Verfahren, $\gamma_{G,Q} = 1,40$

2.4.1a Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 2-5$, weiche Systeme

2.4.1b Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 2-5$, starre Systeme

2.4.2a Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 8-20$, weiche Systeme

2.4.2b Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 8-20$, starre Systeme

2.4.3a Diagramme für $n = 4$, weiche Systeme

2.4.3b Diagramme für $n = 4$, starre Systeme

2.4.4a Diagramme für $n = 5$, weiche Systeme

2.4.4b Diagramme für $n = 5$, starre Systeme

2.4.5a Diagramme für $n = 8$, weiche Systeme

2.4.5b Diagramme für $n = 8$, starre Systeme

2.4.6a Diagramme für $n = 12$, weiche Systeme

2.4.6b Diagramme für $n = 12$, starre Systeme

2.4.7a Diagramme für $n = 16$, weiche Systeme

2.4.7b Diagramme für $n = 16$, starre Systeme

2.4.8a Diagramme für $n = 20$, weiche Systeme

2.4.8b Diagramme für $n = 20$, starre Systeme

2.5 Anlagen für Kalibrierung aufgrund von Erfahrungswerten, Auswertung mit erweitertem Verfahren und vollständiger Modellbildung, $\gamma_{G,Q} = 1,40$

2.5.1a Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 2-5$, weiche Systeme

2.5.1b Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 2-5$, starre Systeme

2.5.2a Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 8-20$, weiche Systeme

2.5.2b Datengrundlage und Berechnungsergebnisse für $n = 8-20$, starre Systeme

2.5.3a Diagramme für $n = 4$, weiche Systeme

2.5.3b Diagramme für $n = 4$, starre Systeme

2.5.4a Diagramme für $n = 5$, weiche Systeme

2.5.4b Diagramme für $n = 5$, starre Systeme

2.5.5a Diagramme für $n = 8$, weiche Systeme

2.5.5b Diagramme für $n = 8$, starre Systeme

2.5.6a Diagramme für $n = 12$, weiche Systeme

2.5.6b Diagramme für $n = 12$, starre Systeme

2.5.7a Diagramme für $n = 16$, weiche Systeme

- 2.5.7b Diagramme für $n = 16$, starre Systeme
- 2.5.8a Diagramme für $n = 20$, weiche Systeme
- 2.5.8b Diagramme für $n = 20$, starre Systeme

- 3 Auswertung der Vergleichsberechnungen realer Pfahlprobelastungsergebnisse
 - 3.1 Variation der Kombination von Probelastungsergebnisse von einem Baufeld
 - 3.1.1 Auswertung für weiche Systeme, $\gamma_{G,Q} = 1,40$
 - 3.1.2 Auswertung für starre Systeme, $\gamma_{G,Q} = 1,40$
 - 3.2 Berechnungsergebnisse statischer Probelastungsergebnisse
 - 3.2.1 Fertigrammpfähle aus Stahlbeton für weiche und starre Systeme, $\gamma_{G,Q} = 1,40$
 - 3.2.2 Bohrpfähle für weiche und starre Systeme, $\gamma_{G,Q} = 1,40$
 - 3.2.3 Simplexpfähle für weiche und starre Systeme, $\gamma_{G,Q} = 1,40$
 - 3.2.4 Atlaspfähle für weiche und starre Systeme, $\gamma_{G,Q} = 1,40$
 - 3.3 Berechnungsergebnisse dynamischer Probelastungsergebnisse
 - 3.3.1 Stahlrohrpfähle für weiche und starre Systeme, $\gamma_{G,Q} = 1,40$
 - 3.3.2 Fertigrammpfähle aus Stahlbeton für weiche und starre Systeme, $\gamma_{G,Q} = 1,40$