

## **NORMUNGEN UND AUSSCHREIBUNGSUNTERLAGEN FÜR DYNAMISCHE PFAHLTESTS IN NORDAMERIKA**

Dipl.-Ing. Dr. Frank Rausche  
Goble Rausche Likins and Associates, Inc.

### 1. EINLEITUNG

Die dynamischen Pfahltestverfahren haben sich in Kanada, Mexiko und den USA während der letzten zehn Jahre einer immer grösseren Anwendungshäufigkeit erfreut. Eine Normung des dynamischen Probelastungsverfahrens für Rammpfähle wurde in ASTM D 4945-89 vorgenommen. Dieser Standard wird in allen drei Ländern beachtet. Neue Vorschriften im Strassenbrückenbau, die die Sicherheitsbeiwerte für Pfähle dem Arbeitsaufwand bei der Baustellenüberwachung entsprechend abstufen, werden z. Zt. von der Bundesstrassenverwaltung geschrieben. Darüberhinaus wurden von vielen öffentlichen und privaten Bauherren in die Ausschreibungen für Rammpfahlarbeiten die dynamische Probelastung als Sonderleistung aufgenommen. Die gegenwärtig zur Verfügung stehenden Unterlagen und ihre Anwendung wird im folgenden beschrieben.

### 2. NORMUNG

#### 2.1 Gebäude

In den USA wird das Errichten von Gebäuden durch die "Building Codes" geregelt. Für die staatlichen oder Gemeindeverwaltungen gibt es vier verschiedene Vorlagen: Uniform Building Code (UBC), National Building Code (NBC), Basic Building Code (BBC) und Standard Building Code). Diese Codes verweisen auf die Empfehlungen von Vereinen wie American Society of Civil Engineers (ASCE), American Society for Testing und Materials (ASTM), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Prestressed Concrete Institute (PCI) und American Concrete Institute (ACI). Weitere Empfehlungen werden von American Iron and Steel Institute (AISI), Portland Cement Association (PCA) und anderen Herstellerverbänden geschrieben. Darüberhinaus schreiben die einzelnen Bundesverwaltungen ihre eigenen Normen (US Army Corps of Engineers, Naval Facilities Engineering Command).

In den vier Vorlagenormen wird dem verantwortlichen Baubeamten oder Ingenieur relativ grosse Entscheidungsfreiheit eingeräumt. Die Building Codes enthalten bisher nur Hinweise auf statische Probelastungen für Ausnahmefälle. Z.B. ist es möglich nach BBC einen Stahlpfahl mit bis zu 35% der Streckgrenze zu belasten und seine Tragfähigkeit mit einer Rammformel zu ermitteln. I. a. muss die Grenztragkraft des Pfahles mindestens zwei mal grösser sein als die rechnerische Belastung. Grundsätzlich kann die Pfahltragkraft mit Rammformel, statischer Probelastung oder statischer Berechnung nachgewiesen werden.

In Kanada wird z. Zt. von PWC (Public Works Canada) an einer Überarbeitung der Master Specification gearbeitet. Die Neuüberarbeitung wird von Professor Fellenius, Ottawa betrieben. Sie beinhaltet zum Teil die Empfehlungen des Canadian Foundation Engineering Manual, letzte Ausgabe 1985, die von der Canadian Engineering Society geschrieben wurden. Diese Empfehlungen sehen eine Reduzierung des Sicherheitsbeiwertes vor, wenn dynamische Pfahltests rambbegleitend oder während einer Nachrammung vorgenommen werden.

## 2.2 Brücken

Im Strassenbrückenbau unterliegt die Verantwortung bei den Strassenbaubehörden der Gemeinden, Kreise, Staaten oder dem Bund. Mit Ausnahmen gilt für Strassenbrücken die Regelung, die in der AASHTO Standard Specification for Highway Bridges festgelegt wurde und zur Zeit überarbeitet wird. Diese "Spec" enthält Empfehlungen des "Soils and Foundations Workshop Manual" und die allgemeinen Anforderungen für Rammpfähle der Federal Highway Administration (FHWA). Dabei wird der dynamische Test für Rammpfähle in der Festlegung des Sicherheitsbeiwertes wie folgt berücksichtigt.

Statische Probelastung/Wellengleichungsrechnung	2.00
Dynamische Probelastung/Wellengleichungsrechnung	2.25
Probepfähle/Wellengleichungsrechnung	2.50
Wellengleichungsrechnung	2.75
Rammformel (nach Gates)	3.50

Die Wellengleichungsrechnung wird also entweder mit der statischen oder mit der dynamischen Probelastung von Probepfählen geeicht (2.00 und 2.25). Wird das Verhalten der Probepfähle nur mit Wellengleichungsergebnissen verglichen, dann nimmt der Sicherheitsbeiwert auf 2.50 zu. In diesen drei Fällen werden dann die eigentlichen Produktionspfähle nach dem von der Wellengleichung errechneten Eindringmass gerammt.

Im vierten Fall werden keine Probepfähle verlangt. Die Pfähle werden dann also einfach nach der von der ungeeichten Wellengleichung berechneten Eindringung gerammt. Im letzten Fall wird die Wellengleichungsrechnung durch die Gates Formel (OLSON, FLAATE 1967) ersetzt (erlaubt bis 780 kN zulässige Pfahltragkraft).

Der Eisenbahnbrückenbau wird von den einzelnen Unternehmen (Amtrak, Southern, Burlington, etc.) geregelt. Diese Firmen verweisen oft auf die Bestimmungen der zuständigen staatlichen Departments of Transportation.

### 3. ASTM D4945-89

Die American Society for Testing and Materials hat den Standard D4945 im August 1989 in Druck gegeben. Der Titel ist **Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Piles**. Diese Regelung befasst sich also hauptsächlich mit dem rambbegleitenden Test. Im Paragraph 4 heisst es:

#### **4. Bedeutung und Anwendung**

*4.1 Dieses Verfahren wird zum Erfassen von Dehnungs- oder Kraft- und Beschleunigungs-, Geschwindigkeits- oder Wegmessungen eines Pfahles unter einer Stossbelastung angewendet. Diese Messergebnisse können dazu benützt werden, sowohl die Tragkraft und Integrität eines Pfahles, als auch Bärverhalten, Pfahlspannungen und charakteristische bodendynamische Kennwerte wie Bodendämpfung und Quake abzuschätzen. Dieses Verfahren soll nicht den Test nach [ASTM] D 1143 [statische Probelastung von normal belasteten Pfählen] ersetzen.*

Der Standard beschreibt dann in sehr verallgemeinerter Form die notwendigen Mess- und Aufnahmegerate. Für die Auswertung werden nur allgemeine Anhaltspunkte gegeben. Nachrammtest und Auswertung mit einem Programm wie CAPWAP und Vergleich mit statischen Probelastungen nach D 1143 wird empfohlen. Die Anforderungen an den Messbericht werden ausführlich behandelt.

### 4. AUSSCHREIBUNGEN

Im vorhergehenden Abschnitt wurden bereits Ausschreibungsvorlagen erwähnt. Bei AASHTO

sind diese Unterlagen eigentliche Berechnungsvorschriften. Bei PWC werden nur die Durchführforderungen für den Unternehmer gestellt. Ähnliche Forderungen werden oft von öffentlichen und privaten Bauherren gestellt. In den meisten Fällen wird der Unternehmer dann für seinen eigenen Zeitverlust, Maschineneinsatz und für die Kosten der Testfirma, pro Pfahltest, bezahlt. Es gibt viele solcher baustellenspezifischen Ausschreibungen. Einige wenige davon werden im folgenden als Beispiel aufgeführt.

Das Florida Department of Transportation verlangt, dass die in den Pfahl eingeleitete Energie einen bestimmten Wert nicht unterschreitet, wenn die Pfahleindringung pro Schlag überprüft wird.

New York State Department of Transportation lässt unter Umständen zu, dass eine statische Probelastung durch dynamische Tests an vier Pfählen im Nachrammen und vier weiteren Pfähle während des Einrammens ersetzt wird.

Ohio Department of Transportation verlangt, dass vor dem routinemässigen Pfahlrammen 5 Pfähle zu verschiedenen Tiefen gerammt werden und dann nach einer Wartezeit dynamisch überprüft werden.

Die Pennsylvania Turnpike Commission verlangt, dass ein Bär so gewählt wird, dass sich die Pfahlkopfspeisung in gewissen Grenzen bewegt, wenn Stahlpfähle in Fels gerammt werden.

Oregon State Highway Division verlangt, dass die ersten zehn Pfähle einer Baustelle dynamisch gemessen werden, damit die Gültigkeit der durch die Wellengleichung gerechneten Werte überprüft wird.

Virginia Department of Highways and Transportation kann vom Unternehmer verlangen, dass während der Bauausführung vom Department ausgesuchte Pfähle dynamisch gemessen werden.

Weitere Ausschreibungen dieser Art wurden vom US Army Corps of Engineers (Wasserbauten), US Navy, AMTRAK und vielen anderen Strassenbauverwaltungen erlassen. Ähnlich wurde in Mexiko von der Telefongesellschaft, der Metroverwaltung der Stadt Mexiko, und mehreren anderen staatlichen oder halbstaatlichen Gesellschaften mit den dynamischen Pfahltestverfahren gearbeitet.

US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION,  
\*Geotechnical Engineering Notebook, Deep Foundations, Driven Piles\*, Generic Driven Pile  
Specification, 1987

Frank Rausche, GRL & Assoc., 4535 Emery Industrial Parkway, Cleveland, Ohio 44128, USA