

## **Pfahlintegritätsprüfung - Sicherheit für Alt- und Neubauten**

Oswald Klingmüller  
Gesellschaft für Schwingungsuntersuchungen  
und dynamische Prüfmethode, Mannheim

### **Zusammenfassung**

Wenn eine Renovierung eines Gebäudes nicht nur als kosmetische Maßnahme ausgeführt werden soll, sondern auch eine Nutzungserweiterung oder -änderung geplant wird, muss die Konstruktion des Gebäudes und der Zustand der Bauelemente bekannt sein. In einigen Fällen kann durch die Nutzungsänderung auch die Gründung betroffen sein. Dann wird es erforderlich, Integrität und Länge von Pfählen unter einem bestehenden Bauwerk zu überprüfen. Anhand mehrerer Fallbeispiele werden solche Nutzungsänderungen und die damit verbundene Prüfung der Pfähle diskutiert. Die Durchführung der Prüfung wird im Vergleich zur Standardanwendung gezeigt und Einschränkung der Aussagegenauigkeit erläutert.

### **Abstract**

If a renovation of an existing building is not executed as a cosmetic measure but an extension or change in purpose is planned the construction and the condition of the structural elements must be examined. In some cases this means that the foundation is involved. For deep foundations length and integrity of piles must be determined. Several cases of testing of old piles are presented. The test procedure is compared to the standard application of "low-strain" integrity testing and auxiliary measures for piles under structures are explained.

### **Einleitung**

Wenn eine Renovierung eines Gebäudes nicht nur als kosmetische Maßnahme ausgeführt werden soll, sondern auch eine Nutzungserweiterung oder -änderung geplant wird, muss die Konstruktion des Gebäudes und der Zustand der Bauelemente bekannt sein. In einigen Fällen kann durch die Nutzungsänderung auch die Gründung betroffen sein. Entweder ergeben sich höhere Pfahllasten oder es soll für die neue Nutzung und damit die erweiterte Lebensdauer ein Zuverlässigkeitsnachweis erbracht werden.

Bei Flachgründungen können die wesentlichen Informationen häufig schon durch Freilegen gefunden werden. Bei Tiefgründungen/Pfahlgründung ist aber das wesentliche Bauelement nicht sichtbar. Bestandspläne werden selten angefertigt, vorhandene Architektenpläne zeigen häufig nur eine Andeutung der Position der Pfähle mit dem Hinweis "nach statischem Erfordernis".

Dann ist es erforderlich, die vorhandenen Pfähle gegebenenfalls unter dem Bauwerk mit einem "zerstörungsfreien Verfahren" zu prüfen.

## Fallbeispiele

### Fall 1 : Freilegen der Pfahlköpfe

Es bestand eine alte Werkstatt und Ausrüstungshalle, die vor etwa 30 Jahren auf Franki-Pfählen gegründet war. Durch die Verwendung der Altpfähle sollte eine erhebliche Einsparung für den Neubau erreicht werden. Allerdings waren beim neuen Bauwerk große Einzellasten aufgrund der erforderlichen große Stützweiten abzutragen. Für die Belastung der Altpfähle musste deswegen ein zuverlässiger Tragfähigkeitsnachweis aufgestellt werden können. Es standen aber keine Unterlagen über die Herstellung, insbesondere über die Länge der Pfähle, die Schlagzahlen und die Ausbildung des bei dem Pfahltyp üblicherweise ausgerammten Pfahlfußes zur Verfügung.

Zur nachträglichen Bestimmung der Pfahllänge und auch eventuell der ausgerammten Pfahlfüße wurden „low-strain“-Integritätsprüfungen mit der Hammerschlagmethode durchgeführt. Es wurde zuerst versucht, die Pfähle von der Oberkante der Fundamente zu prüfen. Es zeigte sich aber, dass bei den Abmessungen des Fundamentkörpers im Vergleich zu den Pfählen eine Prüfung keine aussagekräftigen Ergebnisse brachte. Die Pfähle konnten auf der Oberseite der Fundamentkörper nicht ausreichend genau lokalisiert werden (Bild 1 Pfahl P52). Bei der Prüfung von Randpfählen mit einer Montage der Sensoren an freigelegten Pfahlköpfen konnte kein Wellendurchgang festgestellt werden. Es musste also angenommen werden, dass die Verbindung der Pfähle mit den Fundamentkörpern unvollständig ist. Einige Pfähle, die einzelne Pfahlköpfe aufwiesen, konnten auch auf diesen Pfahlköpfen geprüft werden (Bild 1 Pfahl P21). Die anderen Pfähle wurden dann nach vollständigem Abbruch der Fundamentkörper geprüft (Bild 1 Pfahl P22).

Es wurden 62 freigelegte Pfähle geprüft und die Pfahllängen festgestellt. In einigen Fällen konnte sogar die Ausbildung eines ausgerammten Pfahlfußes nachvollzogen werden. Bei 26 Pfählen konnte die Integrität, d.h. eine durchgehende Betonsäule bis in den tragfähigen trockenen Mergel, nicht bestätigt werden.

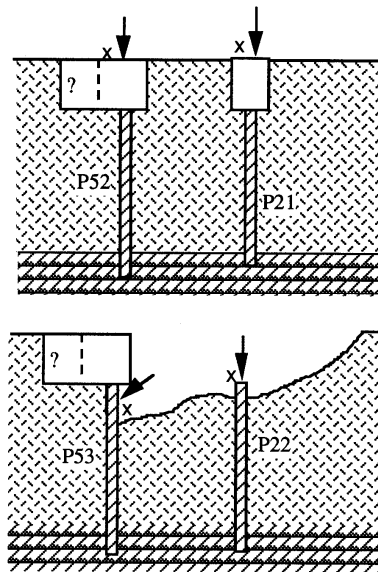


Bild 1 : Probleme bei Prüfungen unter einem Fundamentblock

## Fall 2 : Nachbemessung einer Brücke für erhöhte Verkehrslasten

Die Brücke wurde nach dem Krieg gebaut und wurde seit längerem lediglich für einen landwirtschaftlichen Erschließungsweg genutzt. Die Pfähle wurden als ausbetonierte Stahlrohre ausgeführt und sind als Stützen an einen Querbalken angebunden, der das Brückendeck trägt. Jeweils drei Pfähle tragen einen der drei Querbalken. Im Zuge der Erneuerung des Verkehrswegesystems in dieser Gegend sollte der Weg nunmehr auch für einen üblichen Kreisstraßenverkehr der Brückenklasse 16 genutzt werden. Es lagen aber keine Unterlagen über die Pfahllänge und Belastbarkeit vor. Durch eine „low-strain“-Integritätsprüfung sollte die Länge der Pfähle bestimmt werden und festgestellt werden, ob die Einbindung in den tragfähigen Untergrund ausreicht.

Für die Prüfung wurden Kernbohrungen von der Deckenfahrbahn in die Pfähle geführt, die Sensoren wurden seitlich auf kleine Aluminium-Konsolen an den Pfählen montiert. Es wurden zwei von neun Pfählen geprüft. Bei der Prüfung wurde die Stoßwelle über einen in die Bohrung eingestellten Stab eingebracht. Die Länge des geprüften Pfahles auf der Westseite konnte zu  $6,60 \pm 0,40$  m und auf der Ostseite zu  $7,80 \pm 0,40$  m bestimmt werden.

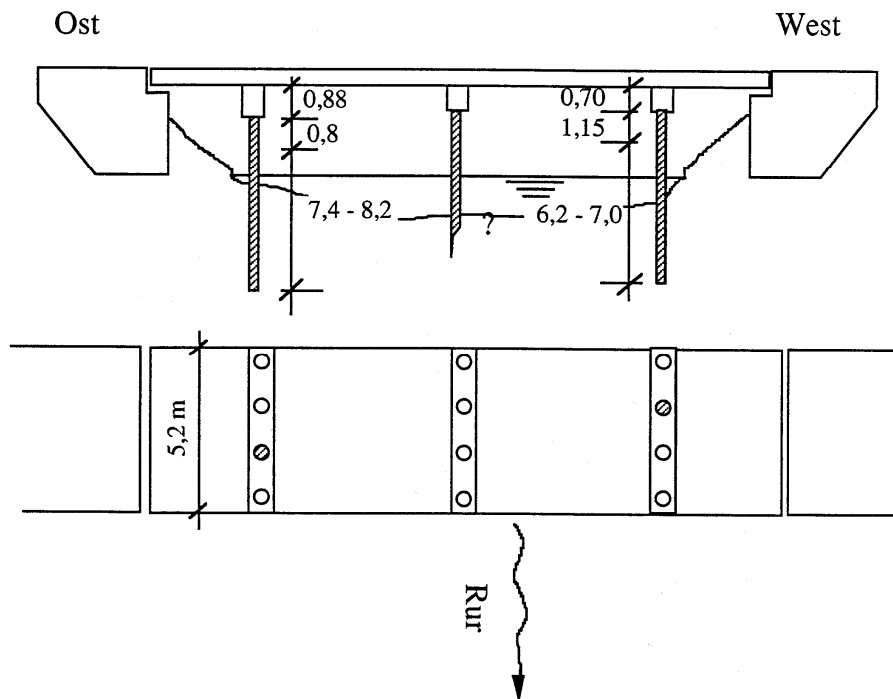


Bild 2 : Pfähle unter einer Brücke

### Fall 3 : Historische Holzpfahlgründung

Nachdem sich in den Außenwänden in der Südwestecke des barocken Rathauses von Zweibrücken Rissbildungen zeigten, war vor einer Sanierung festzustellen, ob die Gründungspfähle nach wie vor zuverlässig in den tragfähigen Sandstein einbinden. Zur Überprüfung der Holz-Pfahlgründung wurde im Bereich der am stärksten geschädigten Wand an mehreren Stellen eine Schürfe angelegt, von der aus die Unterkante der Bruchsteinmauer und das Holzrost über der eigentlichen Pfahlgründung zu erkennen waren (Bild 3). Ein Pfahl war nicht in den Pfahlrost eingebunden, weil er offensichtlich bei der Einbringung nicht richtig eingemessen war. An diesem Pfahl konnte die Stoßwelleneinleitung direkt am Pfahlkopf vorgenommen werden. Bei den anderen Pfählen war nur dann eine ausreichende Stoßeinleitung möglich, wenn der Pfahlquerschnitt nicht vollständig von dem Horizontalbalken des Holzrostes verdeckt war. Die Beschleunigungsmessung wurde durch eine seitliche Montage des Aufnehmers auf einem angeschraubten Aluminiumblock vorgenommen. An einem horizontalen Balken des Trägerrostes wurde an einer Teststrecke von 1 m Länge eine Bestimmung der Wellengeschwindigkeit vorgenommen (Bild 4). Da allerdings die Messstrecke gerade oberhalb des Grundwasserspiegels lag, die vertikalen Tragpfähle aber

größtenteils unterhalb des Grundwasserspiegels lagen, waren die Alterungsverhältnisse sehr unterschiedlich, so dass die Wellengeschwindigkeit nur einen Anhaltswert darstellte. Die Messungen wurden im Zeit- und Frequenzbereich ausgewertet.

Die Messung zeigte, dass die dünneren Pfähle von 10 cm Durchmesser ungefähr eine Länge von 3 m hatten, die dickeren Pfähle mit einem Durchmesser von 18 cm ungefähr eine Länge von 4 m (siehe Bild 5). Das zeigte, dass die Belastung aus den Mauern nicht sicher zum tragfähigen Sandstein abgetragen wird, so dass eine Ertüchtigung mit einer Verpressmaßnahme erforderlich wurde.



Bild 3 : Holzpfahlgründung



Bild 4 : Messtrecke am Horizontalbalken

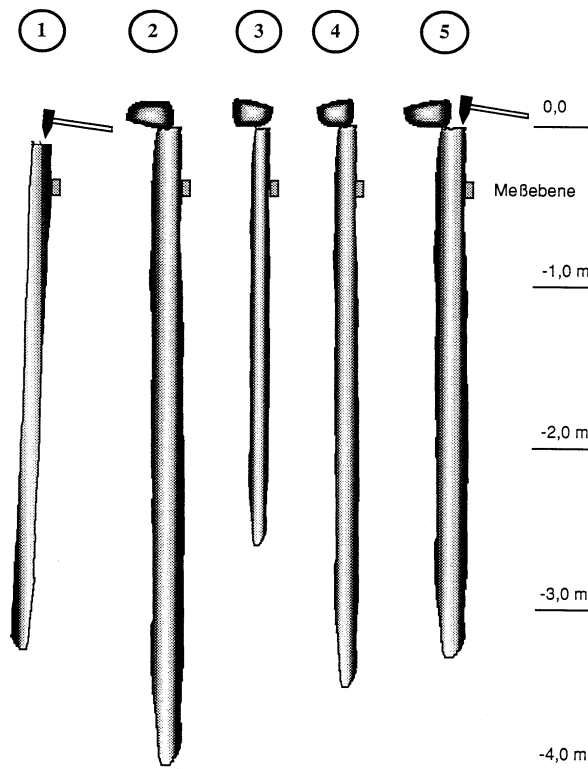


Bild 5 : Wahrscheinliche Pfahllängen

#### **Fall 4 : Historische Ortbetonpfahlgründung**

Das 1911 gebaute Haupt- und Geheimgeschichtsbibliothek des Herzogtums Mecklenburg (Bild 6) soll erweitert und für eine Nutzung mit modernen technischen Hilfsmitteln ertüchtigt werden. In der südlichen Ecke des Hauses waren aber ungleichmäßige Setzungen und zugehörige Rissbildungen mit mehreren Millimetern Rissweite festgestellt worden. Durch eine Prüfung der Pfähle an dieser Stelle und an einer Referenzstelle sollte die Länge und Querschnittstreue überprüft werden und eventuell der Grund für die ungleichmäßigen Setzungen festgestellt werden. Für die Prüfung wurde eine ca. 3 m tiefe gesicherte Schürfe hergestellt. Die Bodenaufschlüsse zeigten, dass der tragfähige Sand im nördlichen Bereich des Bauwerks bei etwa 10 m Tiefe lag, bei der ca. 30 m entfernten südlichen Ecke aber in etwa 20 m Tiefe. In der Schürfe war zu erkennen, dass neben einem Pfahl an der planmäßigen Stelle des Pfahlrasters ein zweiter gesetzt worden war. Aufgrund der Pfahlbelastung war es nicht zulässig, eine tiefe Kerbe in die zu prüfenden Pfähle einzuschneiden. Für die Prüfung wurden die Pfähle deswegen an zwei Stellen eingekerbt, an einer oberen Stelle für den Hammerschlag und an einer unteren Stelle für die Montage des Beschleunigungsaufnehmers (Bild 7). Bei der Messung zeigte sich, dass die Pfähle an dieser südlichen Ecke einen sehr ungleichmäßigen Querschnitt aufweisen, so dass weder die Sicherheit besteht, dass der Pfahlquerschnitt die Last abtragen kann, noch dass die Pfähle mit ausreichendem Querschnitt in diesem Bereich den tragfähigen Sand erreichen.



Bild 6 : Landesarchiv



Bild 7 : Prüfung mit zwei Kerben

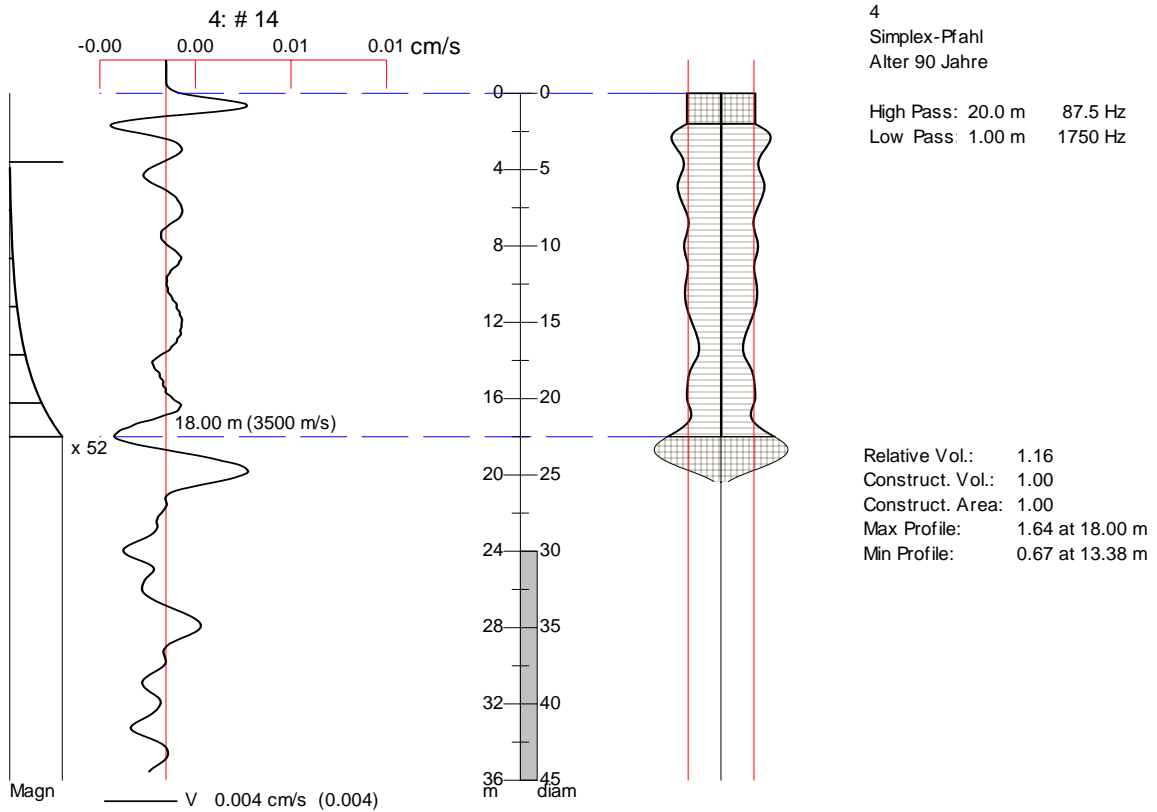


Bild 8 : Referenzpfahl an der Nordostecke mit durchgehender Betonsäule

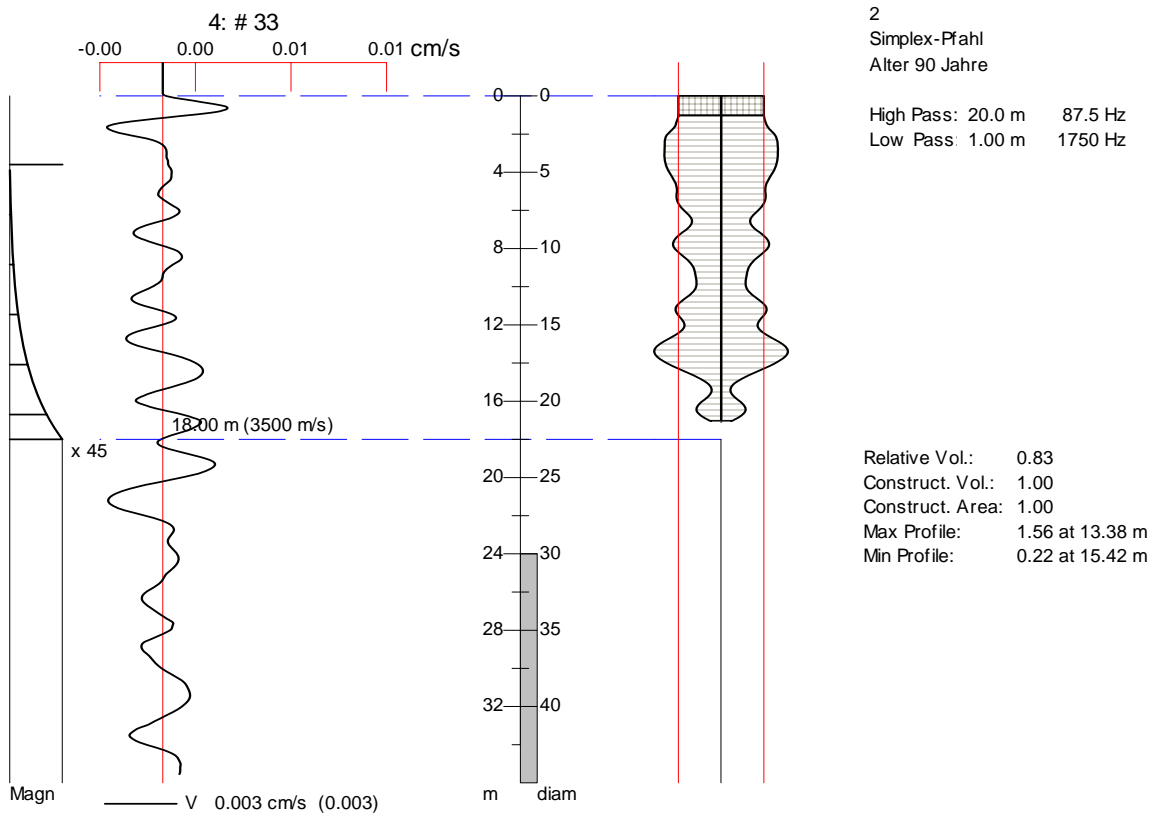


Bild 9 : Testpfahl an der Südostecke mit zweifelhafter Betonsäule

### Fall 5 : Kolonnengründung in einem Chemiewerk

In einem Chemiewerk sollten vorhandene Kolonnen bei einer Erneuerung des Prozesses durch neuere größere Anlagen ersetzt werden. Da im Werk kein Platz für neue Anlagen war, mussten die neuen Anlagen auf die Plätze der alten Anlagen aufgebaut werden. Diese standen auf Fundamentblöcken, die jeweils auf 6 Pfählen standen. Zur Gewährleistung der Standsicherheit musste die Länge und Querschnittstreue der Großbohrpfähle nachgewiesen werden. Nach der Herstellung einer standsicheren Schürfe und Freigraben der Pfahlköpfe bzw. der Fundamentblockunterseite konnte festgestellt werden, dass die Anzahl und Position der Pfähle nicht vollständig den Bestandsplanunterlagen entsprach (siehe Bild 10) . Zudem war ein Pfahl mit Hüllrohr versehen. Es gab keine Unterlagen, ob dieses durch ein Herstellungsproblem (Verklemmen) bedingt war, oder ob ein anderer Grund gegeben war. Da unterhalb der Fundamentblockunterkante ein etwa 1,5 m langes Stück des Pfahls freigelegt werden konnte, wurde eine Prüfung in einer Kerbe ausgeführt. Es wurden ausreichend große Kerben mit einem Meißel ausgebrochen und die untere horizontale Fläche der Kerben angeschliffen. Die Stoßeinleitung konnte dann auf diesen horizontalen geglätteten Bereichen der Kerbe erfolgen. Der Sensor wurde in geringer Entfernung zum Schlagpunkt montiert. Es konnten 5 Pfähle unter 3 Kolonnen geprüft werden. Die Länge der Pfähle wurde zu 7,5 m und 8,5 m bestimmt. Die geprüften Pfähle zeigten einen gleichmäßigen Querschnitt, so dass die Sicherheit für die Pfähle nachgewiesen werden konnte.



Bild 10 : Beim Freigraben  
entdeckter Zusatzpfahl



Bild 11 : Herstellen der Prüfmöglichkeit  
bei zerstörungsfreier Pfahlprüfung

### Schlussfolgerung

Die Prüfung von Altpfählen unter Bauwerken kann bei ausreichend sorgfältiger Vorbereitung zu verwertbaren Ergebnissen führen. Da es sich nicht um eine Standardanwendung der Impact-Echo-Methode handelt, müssen allerdings fortgeschrittene Auswertungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen.