



## Schadensfälle bei Pfahlgründungen

*Univ. Prof. Dr.-Ing. Karl Josef Witt*

Schriftliche Fassung des Vortrags vom 5. März 2002

### Einführung

Pfahlbauten, Brücken, Kirchen, Häfen und andere historische Gebäude wurden auf Pfählen gegründet, längst bevor Baugrundgutachten geschrieben wurden und eine DIN 4020 eingeführt war [1]. Aus der Tatsache, dass nicht alle Bauwerke zu Ende gebaut wurden und viele heute nicht mehr existieren begründet sich die These:

Schadensfälle gibt es, seit der Mensch mit dem Bauen begonnen hat.

Dies belegt auch ein Gesetzestext des babylonischen Königs Hamurabi, 1800 v. Chr., §229: *Wenn ein Baumeister für jemanden ein Haus errichtet, dessen Konstruktion nicht fest genug ist, so dass das Haus einstürzt und den Tod des Bauherrn verursacht, so soll dieser Baumeister getötet werden* [2].

Ganz so streng ist die derzeitige Rechtsprechung nicht, die sich zu ca. 40 % mit Bauschäden befasst. Ingenieure sind keine Spieler und keine Hasardeure. Die Bauforschung beschäftigt sich zu einem erheblichen Anteil mit der Verbesserung von Berechnungs- und Bauverfahren, mit der Sicherheit von Bauwerken und mit Qualitätssicherung. Und dennoch kommt es immer wieder zu Schadensfällen, als Folge menschlichen Fehlverhaltens.

Der Vortrag befasst sich anhand von Beispielen mit Schadensfällen an Pfählen. Da die Beispiele überwiegend aus der Tätigkeit als gerichtlicher Sachverständiger stammen und eine Veröffentlichung dieser Unterlagen nicht erwünscht ist, kann die schriftliche Fassung nur einige allgemeine Zusammenhänge zu Schadensursachen, Schadensfolgen und Schadensvermeidung behandeln.

## Begriffe

Aus rechtlicher Sicht werden die Begriffe Fehler, Mangel und Schaden unterschieden. Die verwendeten Definition lehnen sich an die allgemeine Rechtsprechung im Bauwesen an [3].

*Fehler* : Soll / Ist - Abweichung

- a) nicht leistungsgerechte Handlung, aus der ein Mangel oder Schaden entstehen kann, nicht zwangsläufig muss: Handlungsfehler, Rechenfehler, Meßfehler, Denkfehler..
- b) ungünstige Abweichung der Leistung in ihrer Beschaffenheit: Fehler der Sache (BGB)

*Mangel* : Beeinträchtigung ist zu befürchten

Fehler, der den Wert oder die Tauglichkeit einer Sache beeinträchtigt (für den gewöhnlichen Gebrauch)

*Schaden* : Beeinträchtigung ist offensichtlich

Erkennbar nicht sachgerechte Leistung mit materiellen oder immateriellen Folgen

Schäden haben nicht nur ein erkennbares Ausmaß, sie haben immer eine oder mehrere Ursachen, einen oder mehrere Verantwortliche. Bei der Planung und Ausführung von Bauleistungen stellt sich immer die Frage nach der Vorhersehbarkeit und Vermeidbarkeit von Schäden. Die Wahrscheinlichkeit, dass kein Schaden auftritt, dass es zu keinem Zeitpunkt zu einer Soll/Ist-Abweichung kommt und das Bauwerk die bestimmungsgemäße Funktion immer erfüllt, wird als Qualität oder Zuverlässigkeit bezeichnet. Der Abstand zu dieser Grenze wird unter dem Begriff der Sicherheit zusammengefasst.

Eine der wirksamsten Maßnahmen zur Vermeidung künftiger Fehler ist der Erfahrungsaustausch über Schadensfälle. Man lernt aus den Fehlern anderer zwar nicht so bleibend, wie aus den eigenen, aber angenehmer. Die Hauptgruppen von Schäden bei Pfahlgründungen werden im Folgenden zusammengefasst und beispielhaft erläutert. Details zu Schadensursachen und zur Schadensbehebung bei Bohrpfählen finden sich in [4].

## Hauptschadensursachen bei Pfahlgründungen

### *Schadensursachen Teil 1: Baugrund*

Unerwartete, nicht erkannte oder nicht ausreichend erkundete Baugrundverhältnisse sind die häufigsten Ursachen von Schäden bei Pfahlgründungen. In Gesprächen mit Fachfirmen und bei der eigenen Auswertung von Schäden in der Geotechnik hat sich sogar der Eindruck verstärkt, dass die im unbedingten Wettbewerb erstellten Baugrundgutachten überwiegend nicht die Mindestanforderungen der DIN 4020 erfüllen. Sowohl die materiellen Schäden an Pfahlgründungen als auch das Nachtragspotenzial der Pfahlunternehmen lassen sich im wesentlichen auf die folgenden Defizite zurückführen:

- unzureichend erkundet (Art, Tiefe, Umfang)
- Fehlinterpretation der Aufschlüsse
- Fehlinterpretation des Grundwassers
- ungenaue oder falsche Bodenkenngrößen
- echtes Baugrundrisiko (unerwartete Baugrundverhältnisse trotz fehlerfreier Leistung)

Die Bilder 1A bis 1C sollen selbstredend die Problematik bei der Erstellung des sog. Baugrundmodells veranschaulichen. Die Qualität des Modells hängt maßgeblich davon ab,

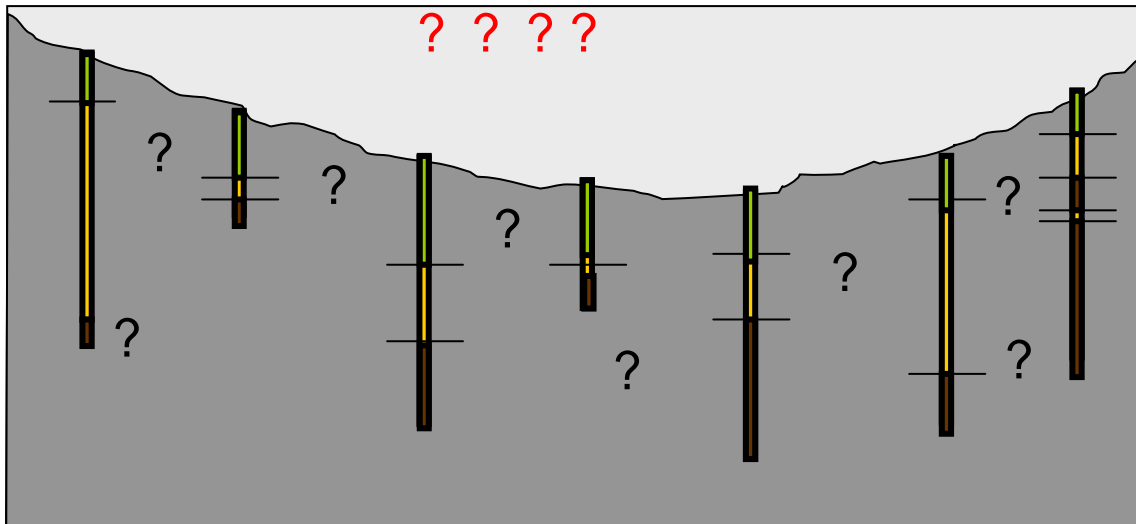


Bild 1A: Baugrunderkundung für eine Talbrücke. Anordnung der Bohrungen

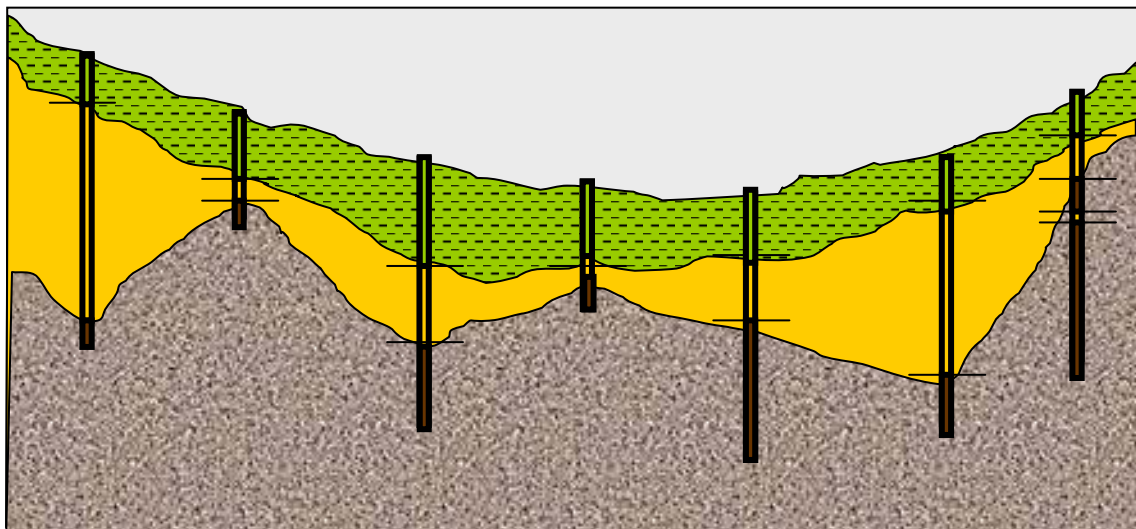


Bild 1B: Mögliche Interpretation der Aufschlüsse

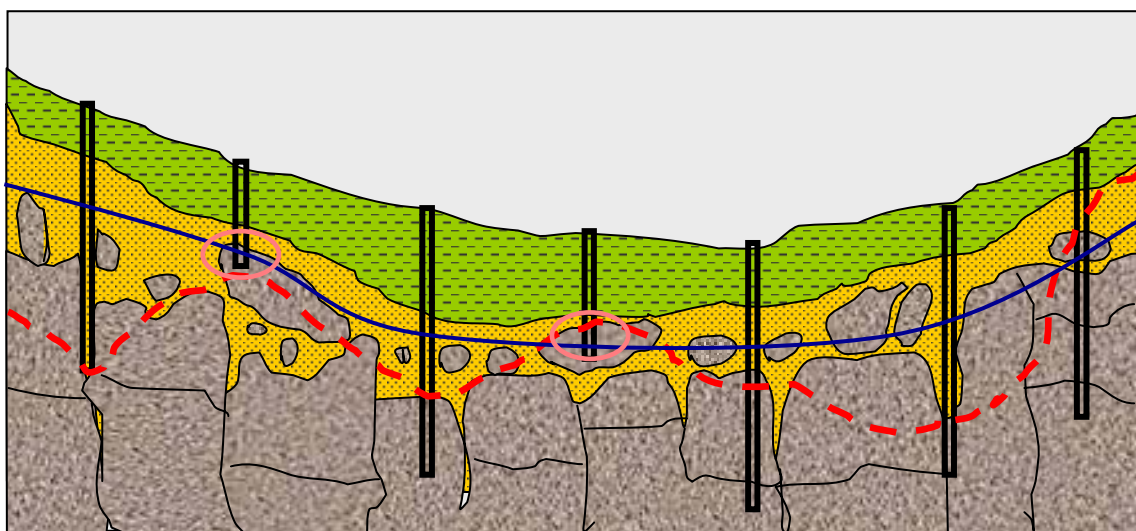


Bild 1C: Realistische Baugrundsituation

dass die richtigen Erkundungen am richtigen Ort in ausreichendem Umfang beauftragt, durchgeführt und richtig interpretiert werden. Dargestellt ist die Aufgabe (Bild 1A), eine mögliche Interpretation der Aufschlüsse (Bild 1B) und die tatsächliche Baugrundsituation. Die Erfahrung des Sachverständigen bestimmt maßgeblich die Qualität des Baugrundmodells. Im einzelnen spiegelt sich das wieder in der Sorgfalt der Aufschlüsse, dem Zustand der Kerne, der Qualität der Proben, dem Erkundungsumfang, der Erkundungstiefe, der Qualität der Probennahme und der Laborversuche. Hier sei nochmals an die Forderung in DIN 4020 hingewiesen:

*Für jede Bauaufgabe müssen Aufbau und Beschaffenheit von Boden und Fels im Baugrund sowie Grundwasserverhältnisse ausreichend bekannt sein. ... Um das Baugrundrisiko für die Öffentlichkeit und für den Bauherrn in übersehbaren Grenzen zu halten, werden Mindestanforderungen ... an die Baugrunderkundung gestellt (vgl. 1, 5, 6). Selbstverständlich gelten Mindestanforderungen auch für den Sachverständigen für Geotechnik, der die Erkundung durchführt und das Baugrundmodell erstellt. Hierzu siehe auch DIN 1054-100 [6].*

### *Schadensursachen Teil 2: Planung, Berechnung Organisation*

Planungsfehler treten bei Pfahlgründungen hauptsächlich im Entwurf ungeeigneter Tragstrukturen oder in der Ausschreibung ungeeigneter Bauverfahren auf. Meist sind diese Fehler jedoch auf die Annahme einer unvollständigen oder falsch verstandenen Beschreibung des Baugrundes und der Grundwassersituation zurückzuführen. Bei der Berechnung und beim Nachweis können besondere Einwirkungen wie Fließdruck, Negative Mantelreibung und horizontale Bettung übersehen oder nicht ausreichend berücksichtigt werden. Weitere Schadenspotenziale ergeben sich aus dem Nichterkennen von außergewöhnlichen Bauzuständen. Die gesamte Organisation der Planung, Kommunikationsprobleme, Verlassen des Vier-Augen Prinzips bei der Prüfung sowie Inkompetenz bei der Umsetzung, Bauüberwachung und Qualitätssicherung stellen weitere Risiken auf Seiten des Engineerings dar. Wie bei der Ausführung liegt auch auf Seiten der Planung die größte Gefahr im Verlassen der anerkannten Regeln und des Grundsatzes robuster Konstruktionen im Zuge eines überzogenen Wettbewerbs und Leistungsdrucks. Insbesondere bei den funktionalen Ausschreibungen werden Tragstrukturen im Wettbewerb oft unter Verlust an Steifigkeit, Duktilität und Sicherheitsreserven überreizt. Die moderne Rechentechnik und die Möglichkeiten der Visualisierung von Ergebnissen unterstützen dabei den Mut der Planer. Die Weitergabe von Informationen an die richtigen Personen zum richtigen Zeitpunkt ist gerade im Zeitalter einer Überkommunikation durch elektronische Medien als Gefahrenpotenzial zu beklagen. Diese Aspekte werden als Risiko des Planungs- und Bauablaufes zusammengefasst.

### *Schadensursachen Teil 3: Bauausführung*

Schäden, die auf die Bauausführung zurückzuführen sind, lassen sich in drei Hauptgruppen zusammenfassen:

#### A Anwendung eines für die Aufgabe ungeeigneten Verfahrens

Die Anwendungsgrenzen der zahlreichen Verfahren werden überwiegend durch den Baugrund und die örtlichen Verhältnisse wie Zuwegung, Verfügbarkeit von Flächen sowie durch Erschütterungsempfindlichkeit des Baugrundes bzw. von Nachbar-

bauwerken vorgegeben. Insofern lassen sich viele solcher Ausführungsprobleme den oben beschriebenen Ursachen Baugrund und Planung zuordnen. In rechtlicher Sicht liegt die Verantwortung jedoch häufig beim Bauunternehmer, der als Fachfirma die Situation im Vorfeld erkennen muß, wenn die hierzu nötigen Unterlagen Vertragsbestandteil sind. Im Hinblick auf die Haftung lautet auch hier die Frage: „was hätte der Unternehmer wissen müssen“ und nicht „was wußte er“!

#### B Falsche oder fehlerhafte Anwendung eines ansonsten geeigneten Verfahrens

Die Regeln der Technik bei der Ausführung sind in der VOB Teil C sowie in zahlreichen nationalen und EU-harmonisierten Ausführungsnormen, Empfehlungen oder in Zulassungen des DIBT beschrieben. Jedes Verfahren hat seine spezifischen Qualitätsrisiken der Ausführung, die hier nicht alle erläutert werden können. Als häufigste Fehler treten auf:

- falsches Einmessen des Pfahles
- Meßfehler der Tiefe, Vertikalität, Richtungstreue
- Fehlinterpretation der Rammwiderstände
- Absetzvorgänge auf der Bohrlochsohle
- Betonierfehler
- zu schnelles Ziehen der Verrohrung
- Einschnürungen in weichen Böden
- Sohlaufbruch bei GW

Bild 2 zeigt die Aufgrabung eines Schneckenbohrpfahls, der im weichen Boden mit zu hohem Betonierdruck hergestellt wurde. Der Beton ist seitlich in den weichen Boden ausgewichen. In Bild 3 ist ein Schaden an Pfählen zu erkennen, die mit zu geringem Druck unter Grundwasser betoniert wurden. Es ist aufgrund einer zu geringen Betonüberdeckung zu Ausspülungen und zu Aufschwimmen des Betons gekommen.



*Bild 2: Schäden an Schneckenbohrpfählen im weichen Boden*





Bild 3: Sohlaufbrüche bei Schneckenbohrpfählen unter GW

### C Mängel an Werkstoffen, Bauhilfsstoffen und Geräten

Hauptwerkstoffe von Pfählen sind Stützflüssigkeiten, Stahl und Beton. Als häufigste materialbedingte Ursache sind mangelhafte Bewehrungskörbe aufzuführen. Diese können falsch hergestellt, zu groß, zu klein, vom Transport oder vom Einbau verbeult sein. Diesem Risiko ist durch eine gewissenhafte Prüfung und Abnahme im Zuge der Bauüberwachung zu begegnen. Eine mangelnde Betonqualität ist i. A. lieferbedingt und unterscheidet sich nicht von den im Hochbau auftretenden Materialfehlern. Als Besonderheit der Betonqualität bei Pfählen sind von Normwerten abweichende E-Moduln aufzuführen. Je nach Zuschlagstoff können die Abweichungen bis zu 40 % betragen, ohne dass dies bei der Prüfung der Druckfestigkeit auffällt. Insbesondere bei der Auswertung von Integritätsprüfungen und dynamischen Tragfähigkeitsprüfungen ergeben sich bei Ansatz unzutreffender E-Moduln Fehlinterpretationen.

Mit ungeeigneten, schadhafte oder abgenutzten Geräten lässt sich das Werk nicht in der geforderten Qualität oder in der vorgesehenen Zeit herstellen. Folge sind meist sekundäre Ausführungsfehler die man landläufig unter Pusch subsummiert. Sorgfältiges Arbeiten beginnt bei der Einrichtung der Baustelle und beim Vorbereiten der Arbeitsebene für den jeweiligen Pfahl und setzt sich bei der Funktion der Geräte wie Bagger, Verrohrungsmaschinen, Greifer, Rammen, Verrohrung, Seile, Meisel, Bohrkronen, Meißgeräte, Verpressvorrichtungen u.a. m. fort. Der im Kasten dargestellte Witz, der spontan in den Vortrag an dieser Stelle eingestreut wurde, soll die Notwendigkeit des richtigen Werkzeugs verdeutlichen.

#### Schneckenbohrpfahlwitz:

*Ein Bohrunternehmer will als Nebenangebot Schneckenbohrpfähle  $\varnothing$  120 cm sehr günstig herstellen. Beim Bietergespräch wird er gefragt, ob er denn eine Schnecke mit diesem Durchmesser habe.*

*„Ganz einfach, für einen 120er Pfahl nehmen wir eine 50er und eine 70er Schnecke“, war die schlagfertige Antwort.*

*Der Bauherr“: Dann nehmen Sie doch besser zwei 60er. Sie brauchen dann das Gerät nicht zu wechseln und können dadurch vielleicht noch 3% Rabatt geben.“*

## Beispiel

Als Schadensfall wurde beispielhaft die Gründung eines Brückenwiderlagers behandelt. Die generelle Baugrundsituation und der eingetretene Schaden sind in Bild 4 dargestellt. Über einer schlammartig weichen Bodenschicht sollte ein Brückenwiderlager errichtet werden. Zur Gründung wurden Bohrpfähle  $\varnothing 90$  cm gewählt, die unter dem Widerlagerfundament zwei-reihig als Vertikal- und Schrägpfähle angeordnet wurden. Fundament- und Bohrebene war eine ca. 3m dicke Tragschicht. Die Flügelwände waren als Kragarme angehängt, so dass der Lastfall „Widerlager vor Hinterfüllung“ der ungünstigste war. Der Querschnitt einschließlich Gründung wurde hinsichtlich Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit soweit mit den Regelwerken vertretbar ausgereizt. Negative Mantelreibung wie auch Fließdruck auf die Pfähle wurden nicht berücksichtigt.

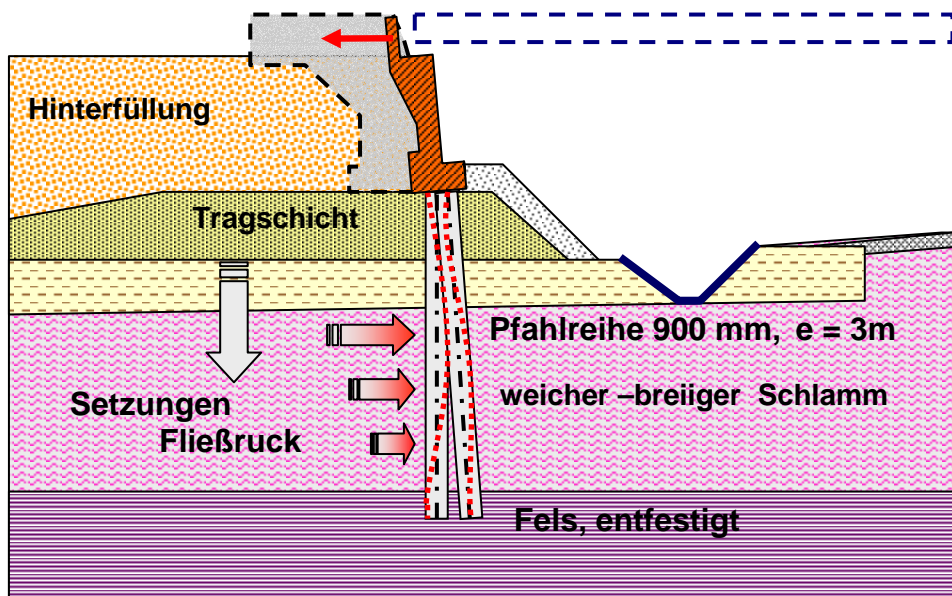


Bild 4: Schiefstellung eines auf Pfählen gegründeten Widerlagers

Vor Herstellung des Überbaus traten mit Beginn der Hinterfüllung Setzungen des Fundamentes und eine Neigung des Widerlagers zum Damm hin auf. Bei einer Axiallast von ca. 50 % der Gebrauchslast betragen die Pfahlsetzungen ca. 50 mm, die Verdrehung am Widerlagerkopf ca. 10 cm. Unter der Auflast der Hinterfüllung hatte sich der Baugrund muldenartig gesetzt. Die Hinterfüllung hat sich dabei von der Rückwand des Widerlagers abgelöst, so dass kein Erddruck mobilisiert werden konnten.

Durch eine Erkundung, Bestimmung der Bodenkenngrößen und eine Nachrechnung der Belastungen und Verformungen konnte das Phänomen als zwei unabhängige Reaktionen geklärt werden. Entgegen der ursprünglichen Erkundung stellte sich der Fels auf Pfahlfußebene nicht als kompakt und angewittert, sondern als Schichtenfolge aus angewittertem Sandstein und zersetztem Tonstein dar. Die Schichtmächtigkeiten lagen im Bereich von Dezimetern. Der Baugrund wurde somit überschätzt, was zu den unerwartet hohen Setzungen führte. Dies wurde durch negative Mantelreibung begünstigt, die etwa 30 % der Eigengewichtslast des Widerlagers betrug.

Unabhängig hiervon bewirkte der Fließdruck in Verbindung mit einem Zusatzmoment aus der Hinterfüllung eine in der Planung nicht berücksichtigte Momentenbelastung auf die Pfahlköpfe. Ein Teil der sich setzenden Hinterfüllung stütze sich auf dem Fundament des Widerlagers und der Flügelwände ab. Die Pfähle waren unter dieser Belastung deutlich überbeansprucht, was zur Durchbiegung und einer Überdehnung des Querschnitts führte. Bei einer weiteren Belastung durch den Überbau wäre sowohl hinsichtlich der Zusatzsetzungen als auch hinsichtlich der Schnittkräfte der Grenzstand der Pfähle überschritten worden. Das Eigengewicht des Widerlagers und der Flügelwände konnte der Gründung jedoch dauerhaft zugeordnet werden.

Der Schaden hat somit eine baugrund- und eine planungsbedingte Komponente. Der Baugrund wurde trotz sorgfältiger Erkundung überschätzt. Bei der Auswertung der Ergebnisse wurde die Tragfähigkeit des geschichteten Felses falsch interpretiert. Zusatzbelastungen aus Negativer Mantelreibung und Fließdruck wurden als Einwirkung bei der Planung vernachlässigt, weil man davon ausgegangen ist, dass diese Effekte durch dammseitige Vertikaldrainagen und die vorlaufende Überschüttung weitestgehend abgeklungen seien. Die Struktur der Gründung wurde auf das Notwendigste reduziert, was neben der geringeren Tragfähigkeit einen deutlichen Verlust an Steifigkeit mit sich gebracht hat. Ein um ca. 30% geringerer E-Modul des Betons ist für die in der Region verwendeten Zuschlagstoffe typisch. Die Verformungen lagen unter der Gesamtbelastung des Widerlagers damit deutlich über den Erwartungswerten. Zur Sanierung wurden Zusatzpfähle angeordnet, die biegesteif mit einer Spange an das Fundament angeschlossen wurden. Zusätzlich wurde der Baugrund durch säulenartige Tragelemente so verbessert, so dass die Last aus der Hinterfüllung ohne Ausfließen der Weichschicht abgetragen werden konnte.

Der Schadensfall ist ein Beispiel für die Wechselwirkung Bauwerk-Baugrund und zeigt die Notwendigkeit, in Prozessen und Szenarien zu denken. Die Gründungsberatung kann nicht im Mitteilen einzelner Bodenkenngrößen und pauschaler Angaben zu bodenmechanischen Phänomenen enden, die aus DIN-Normen oder Lehrbüchern in die Gutachten übernommen werden. In einer ineinandergreifenden Teamarbeit müssen Tragwerksplaner und Baugrundsachverständige die Kräfte und Verformungen als Wechselwirkung zwischen Baugrund und Bauwerk betrachten.

## Was ist zu tun ?

Welche Instrumente haben wir, aus Fehlern zu lernen und künftige Fehler zu vermeiden? Eine Voraussetzung ist die Kommunikation über Fehler z. B. in Form von innerbetrieblichen Qualitätsaudits. Über den Nutzen einer Zertifizierung und Akkreditierung kann man diskutieren. Abläufe und Handlungen werden dadurch besser strukturierbar, Fehler und Mängel nachvollziehbarer, verfolgbarer. Für alle wiederkehrenden Aufgaben und Arbeitsabläufe reduzieren Checklisten und Qualitätshandbücher gewiss die Fehlerhäufigkeit der Menschen. Die relative geringe Fehlerquote des Flugbetriebes wie auch der chemischen und der nuklearen Industrie belegen dies eindrucksvoll. Checklisten und festgeschriebene Abläufe entbinden den handelnden Menschen andererseits gewissermaßen aus der Selbstverantwortung, das Denken kann durch stupides Abarbeiten von Checklisten ersetzt werden. Diese starren Kontrollmechanismen eignen sich daher nur für sich wiederholende Abläufe, die nur einen kleinen Teil des Planungs- und Ausführungsprozess im Bauwesen ausmachen. Bei komplexen Wechselwirkungen zwischen Bauwerk und Baugrund, wie bei dem dargestellten Beispiel, müssen mögliche Fehlerquellen der Planung und Ausführung objektspezifisch betrachtet und durchdacht werden.



Das Schadensrisiko, auch das einer Pfahlgründung, setzt sich aus dem Produkt der Eintrittswahrscheinlichkeit und den Schadensfolgen zusammen. Damit stehen zwei Parameter der Qualitätssteuerung zur Verfügung.

### Risiko : Eintrittswahrscheinlichkeit x Schadensfolgen

Die Schadensfolgen lassen sich durch den Entwurf der Tragstruktur begrenzen. Im Sinne der DIN 1054-100 sind duktile Strukturen gefordert, Konstruktionen, die auch beim Überschreiten des Grenzzustandes nicht progressiv oder total versagen. Im allgemeinen Sprachgebrauch versteht man darunter das bewehrte Prinzip der robusten Tragstruktur. Bei Pfahlgründungen für Verkehrsbauwerke kann dies ein zu fordernden Mindestpfahldurchmesser, z. B. 120 cm, oder eine zu fordernde Steifigkeit des Gesamtsystems sein.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens wird durch alle unsicheren und zufällig streuenden Größen der Planung und Ausführung bestimmt. Hier sind vier Einflussgrößen zu unterscheiden:

- Geologisches Risiko
- Mechanisches Risiko
- Rechtsrisiko
- Ausführungsrisiko

Dem *geologischen Risiko*, auch Baugrundrisiko genannt, kann nur durch eine ausreichende Erkundung und Untersuchung des Baugrundes begegnet werden, wie dies oben behandelt ist. DIN 4020 kann hierzu als Orientierung dienen, die Erkundung muss immer an den projektspezifischen Fragen und Unsicherheiten ausgerichtet werden.

Das *Mechanische Risiko* betrifft die Berechnung und die Modellierung der Tragstruktur einschließlich der Lastannahmen, der charakteristischen Bodenkenngrößen und der Teilsicherheitsfaktoren. Dieser Teil sollte durch Normen und Regelwerke abgedeckt sein. Die Analyse von Schadensfällen zeigt aber, dass mehr zu fordern ist. Schäden haben meist nicht nur eine Ursache, oft überlagern sich mehrere Ereignisse unglücklich. Die maßgebenden Lastfälle, Lastfallkombinationen und Bauzustände und deren Zusammenwirken müssen erkannt werden. Dies setzt ein Denken in Prozessen und Abläufen bei der Wechselwirkung Bauwerk-Baugrund voraus.

Das *Rechtsrisiko* beinhaltet das gesamte Bauvertragswesen von der zweckmäßigen und korrekten Ausschreibung über die Formulierung von zusätzlichen technischen Vorschriften für Bau- und Bauhilfsmaßnahmen bis hin zu einem transparenten Nachtragswesen.

Die Schadenswahrscheinlichkeit von Fehlern der Bauausführung, das *Ausführungsrisiko*, lässt sich durch eine sinnvolle Qualitätskontrolle reduzieren. Selbstverständlich wird hier geeignetes Gerät und qualifiziertes Personal auf beiden Seiten, Bauausführung und Bauüberwachung sowie ein kooperativer Umgang miteinander vorausgesetzt.

## Literatur

- [1] DIN 4020: Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke, Oktober 1990
- [2] Rizkallah, V. (2000): Bauschadensforschung in der Geotechnik, eine empirische Wissenschaft. In Schanz, T. u. Witt, K. J.: Geotechnikseminar Weimar 2000 – Schadensfälle, Schriftenreihe Geotechnik, Heft 03, Univ.verlag Bauhaus-Universität Weimar, S. 29-44

- [3] Ingenstau, H. u. Korbion, H. (2001): VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen, Teile A u. B, Kommentar, Werner, Düsseldorf
- [4] Seitz, J. M. und Schmidt, H.-G. (2000): Bohrpfähle. Verlag Ernst&Sohn
- [5] Neuenfeld, K. (2000): Der Umgang mit dem Baugrund aus juristischer Sicht. In: Schanz, T. u. Witt, K. J.: Geotechnikseminar Weimar 2000 – Schadensfälle, Schriftenreihe Geotechnik, Heft 03, Univ.verlag Bauhaus-Universität Weimar, S. 23-28
- [6] Raabe, E.-W. (1998): Gedanken zum Risiko von Bauleistungen des Spezialtiefbaus. In DGGT: Vorträge der Baugrundtagung 1998 in Stuttgart, S. 287-295
- [7] DIN 1054-100 E (2000): Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau

#### Anschrift des Verfassers

|  |  |
|--|--|
| Univ. Prof. Dr.-Ing. Karl Josef Witt   |  |
| Bauhaus-Universität Weimar<br>Professur Grundbau<br>Marienstr. 7<br>99421 Weimar<br>Tel.: (03643) 58 45 60<br>Fax: (03643) 58 45 64<br>e-mail: <a href="mailto:kj.witt@bauing.uni-weimar.de">kj.witt@bauing.uni-weimar.de</a><br>Net: <a href="http://www.uni-weimar.de/geotechnik">www.uni-weimar.de/geotechnik</a> | witt+jehle<br>geotechnik GmbH<br>Postfach 20 17 48<br>56017 Koblenz<br>Tel.: (0261) 95 26 90<br>Fax: (0261) 95 26 920<br>e-mail: <a href="mailto:info@witt-jehle.de">info@witt-jehle.de</a><br>Net: <a href="http://www.witt-jehle.de">www.witt-jehle.de</a> |