

40 Jahre Spezialtiefbau

1953 – 1993

Technische und rechtliche Entwicklungen

**Festschrift für
Karlheinz Bauer
zum 65. Geburtstag**

Herausgegeben von
Klaus Englert und Manfred Stocker

Werner-Verlag

HELMUT OSTERMAYER

35 Jahre Verpreßanker im Boden

Die Epochen einer revolutionierenden Entwicklung im Tiefbau

1 Einleitung

Als im Jahre 1958 bei der Baugrube für den Bayerischen Rundfunk in München sozusagen als „Notlösung“ versucht wurde, die ersten Spannstähle durch Zement-einpressung im Boden zu verankern und mit 250 kN vorzuspannen, ahnte noch niemand, daß sich hieraus eine Technik entwickeln würde, mit der 10 Jahre später Gebrauchslasten von über 1000 kN in den Boden eingeleitet werden könnten. Die Erfindung und Entwicklung der Verpreßanker im Boden hat das Baugeschehen im Tiefbau in fast allen Bereichen verändert: Breite Baugruben mit 20 bis 30 m Tiefe konnten nun ohne jede innere Aussteifung hergestellt werden, Sicherungen von hohen Stützwänden und Hanganschnitten wurden möglich und äußere Lasten wie Auftriebskräfte bei Grundwasserwannen oder Seilzugkräfte aus Dachkonstruktionen und Brücken wurden anstelle von Gewichtskonstruktionen durch die wesentlich wirtschaftlicheren Verankerungen im Boden aufgenommen.

Schon vor dieser Zeit sind vorspannbare Anker mit kleinem Bohrdurchmesser im Fels, z. B. im Talsperrenbau oder zur Sicherung von Felsböschungen, hergestellt worden. Die erste Anwendung eines Felsankers geht sogar auf das Jahr 1935 zurück, als bei der Erhöhung der Staumauer von Cheurfas in Algerien 34 etwa 60 m lange Anker mit einer einmalig hohen Gebrauchslast von 10 MN (1000 t!) eingesetzt wurden, wobei die Zugglieder aus 630 Spanndrähten Ø 5 mm bestanden.¹ Im Boden war aber eine derartige Krafteinleitung auch bei wesentlich kleineren Gebrauchslasten nicht denkbar, da die bei kleinen Durchmesser erforderlichen Mantelreibungskräfte aufgrund bodenmechanischer Überlegungen nicht hätten übertragen werden können. Um so überraschender war das Ergebnis des ersten Zugversuches beim Bayerischen Rundfunk. Da sich hier scheinbar ein ganz anderes Tragverhalten einstellte, verlief auch die weitere Entwicklung der Verpreßanker im Boden sowie die Normung und Zulassung zunächst völlig unabhängig von den Felsankern. Erst in den 90er Jahren waren die Erkenntnisse dann soweit fortgeschritten, daß für Anker im Boden und im Fels ähnliche Tragmechanismen zugrunde gelegt und dementsprechend auch dieselben Ankersysteme verwendet und zugelassen werden konnten. Konsequenterweise wurde dann auch eine gemeinsame Norm DIN 4125 (November 1990) für Verpreßanker im Boden und im Fels erarbeitet.

Bei der 35jährigen Geschichte der Verpreßankertechnik, angefangen von den ersten Versuchen der Firma Bauer beim Bayerischen Rundfunk über die vielen kleineren und

¹ COYNE, A. (1938): Anwendung der Vorspannungen auf Staumauern. Int. Verein für Brückenbau und Hochbau, II. Kongreß Berlin.

größeren Entwicklungsschritte aller später beteiligten Firmen bis hin zur Zulassung und Anwendung der Ankersysteme, wurde das Institut für Grundbau der TU München zur Beratung und Betreuung der Untersuchungen wie auch zur meßtechnischen Überwachung von Großprojekten hinzugezogen. Die Erfahrungen und wissenschaftlichen Arbeiten, die sich aus dieser idealen Zusammenarbeit von Praxis und Forschung ergeben haben, sowie die Mitarbeit in Normen- und Zulassungsausschüssen konnten wesentlich zu dem heutigen Stand der Technik und zur Sicherheit verankerter Konstruktionen beitragen.

Der Versuch, die Fülle der Entwicklungen und Ereignisse von 35 Jahren in Epochen mit nur wenigen Schwerpunkten zusammenzufassen, wird entsprechend der Blickrichtung immer einseitig und lückenhaft bleiben müssen. Fragen der praktischen Ausführung, viele für die Firmen bedeutsamen Ereignisse oder die Erfahrungen im Ausland werden zu kurz kommen. Literaturstellen werden nur dann angegeben, wenn hierauf unmittelbar Bezug genommen wird.

2 Der Anfang (1958–1961)

Es begann 1958 mit der Baugrube für das Studiogebäude des Bayerischen Rundfunks in München. Wegen der damals außergewöhnlichen Abmessungen der Baugrube mit einer Fläche von ca. 63 m × 61 m und einer Tiefe von ca. 15 m unter Gelände (Bild 1) hatte Professor Jelinek von der Technischen Universität München vorgeschlagen, die Baugrubenumschließung, die erstmals in München als überschnittene Bohrpfahlwand (Benoto-Pfähle Ø 0,88 m) ausgeführt werden sollte, nicht auszusteißen, sondern im Boden zu verankern.^{2,3} Der Vorteil einer von allen inneren Steifen freien Baugrube war nach der Besichtigung einer vergleichbaren, jedoch ausgesteiften Baugrube in Zürich offensichtlich, da dort die Aushub- und Betonarbeiten infolge der Behinderung durch die Aussteifungen nur sehr langsam vorankamen.

Zunächst wurden beim Bayerischen Rundfunk die Anker auf konventionelle Weise an einer Ankerwand angeschlossen, soweit diese Verankerungszone von oben zugänglich war (Bild 1). Da dieses Verfahren jedoch in Bereichen nicht in Frage kam, wo eine tiefer unter Gelände liegende Verankerung erforderlich war, sollten dort erstmals jeweils mehrere Anker an einen vorher abgeteuften Brunnenschacht angeschlossen werden. Die ca. 18 m langen Zielbohrungen mit dünnen Hohlgestängen Ø 56 mm verfehlten jedoch in den dicht gelagerten Kiesen häufig die Schächte. Da die ausführende Firma Karl Bauer KG schon beim Ziehen der Gestänge teilweise hohe Kräfte bis zur Größenordnung der geplanten Ankerkraft von 300 kN aufbringen mußte, wurden Überlegungen angestellt, ob es nicht möglich ist, die Zugstäbe anstelle im Schacht direkt im Boden zu verankern. Es wurde daraufhin ein Versuch unternommen, bei dem der damals verwendete Spannstahl Ø 26 mm in das Hohlgestänge

2 BAUER, K. (1969): Injektionszuganker in nichtbindigen Böden. Bau und Bauindustrie, S. 520–522.

3 JELINEK, R. und OSTERMAYER, H. (1966): Verankerung von Baugrubenumschließungen. Vorträge Baugrundtagung München, S. 271–310.

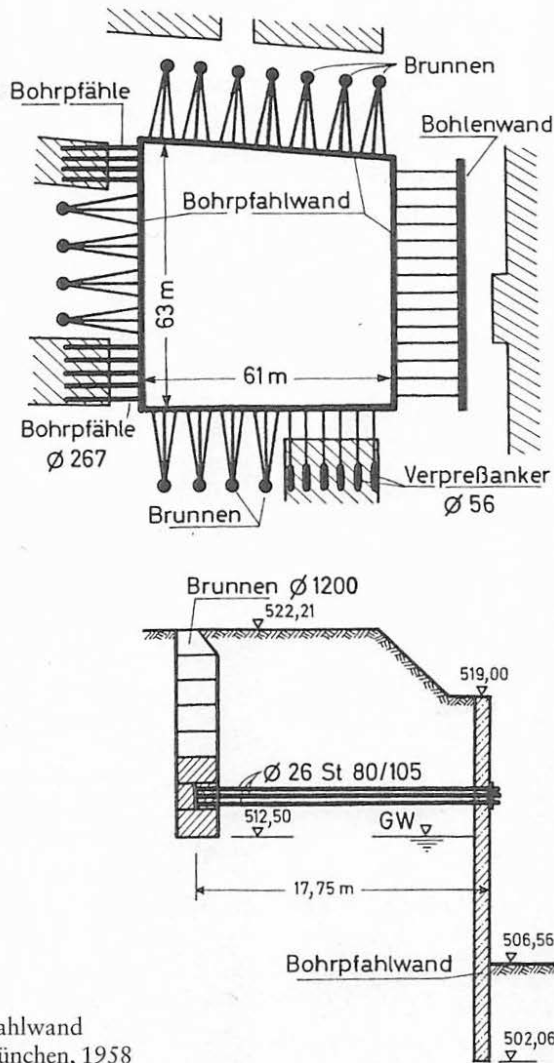


Bild 1 Verankerung der Bohrpfahlwand
Bayerischer Rundfunk München, 1958

eingeschoben und mit der verlorenen Bohrspitze verschraubt wurde. Beim abschnittsweisen Zurückziehen des Hohlgestänges wurde dann durch den Ringraum zwischen Hohlgestänge und Zugstahl Zementsuspension verpreßt. Etwa 5 Tage danach zeigte ein Zugversuch, daß die höchste Prüflast von 350 kN ohne größere bleibende Verschiebungen in den Boden eingeleitet werden konnte, so daß das Aufbringen einer Vorspannlast von 250 kN unbedenklich erschien. Die Vorstellung, daß durch das Verpressen von Zementsuspension der Kies injiziert und damit quasi ein Betonblock als Verankerungskörper im Boden wirksam würde, beruhigte damals auch den bodenmechanischen Gutachter, so daß nun auch anstelle der unter den Gebäuden ursprünglich vorgesehenen horizontal zu bohrenden Zugpfähle Ø 267 mm die neu erprobten

Verpreßanker verwendet wurden. Voraussetzung für die Anwendung der wegen der kleineren Bohrdurchmesser wesentlich wirtschaftlicheren Verpreßanker war allerdings, daß jeder Anker mindestens bis zur 1,2fachen Gebrauchslast geprüft wurde. War doch zu befürchten, daß in sandigen, nicht injizierbaren Schichten nur das Bohrloch verfüllt und damit ein Verpreßkörper von nur etwa 6 cm Ø entstehen würde. Bei einer Verpreßkörperlänge von 5 m hätte dann eine Mantelreibung von etwa 400 kN/m² übertragen werden müssen, was unter Zugrundelegung der Bodenauflast und des bekannten Reibungswinkels des Bodens damals noch nicht denkbar war.

Die Zugversuche verliefen jedoch alle positiv, und auch die Wandbewegungen lagen nach Erreichen der Endaushubtiefe (Bild 2) in der Größenordnung der Meßgenauigkeit von nur wenigen Millimetern.

Der Erfolg dieser Baumaßnahme hatte sich rasch herumgesprochen, so daß noch im gleichen Jahr in Zürich eine freie Baugrube mit den neuen Bauer-Ankern gesichert wurde. Eine Baugrube von 17 m Tiefe für den Westdeutschen Rundfunk in Köln folgte im Jahr 1959, wobei jedoch zunächst nur oben eine Ankerlage und unten zwei Steifenlagen ausgeführt wurden. Aufgrund der guten Erfahrungen wurde aber schon beim 2. Bauabschnitt der Bohlträgerverbau mit insgesamt drei Ankerlagen ohne Aussteifungen gesichert (Bild 3 und 4) und dabei nur eine geringe Verschiebung der Trägerköpfe von maximal 5 mm gemessen.⁴

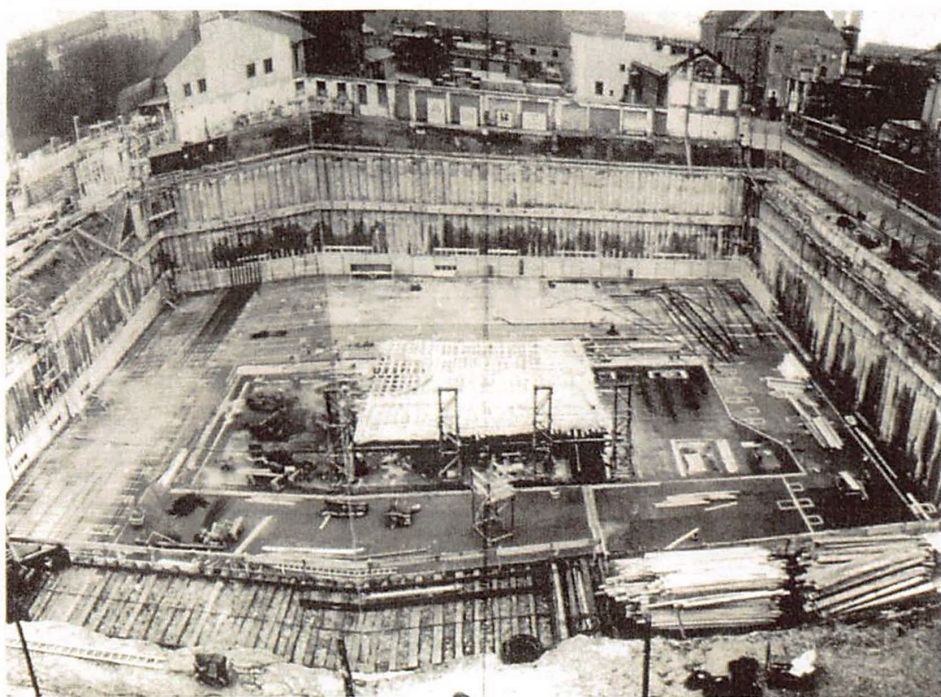


Bild 2 Blick in die Baugrube Bayerischer Rundfunk

4 BAUER, K. (1965): Der Injektionsanker System Bauer. Mitt. der Schweiz. Ges. für Bodenmechanik und Foundationstechnik Nr. 62, Frühjahrstagung Zürich, S. 5–13.