

Der MV-Pfahl

Autor(en): **Müller, Alfred**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **79 (1961)**

Heft 33

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-65582>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Der MV-Pfahl

DK 624.154.33

Von Alfred Müller, dipl. Bauingenieur in Firma AG. Conrad Zschokke¹⁾

Der MV-Pfahl²⁾ stellt eine Kombination von Rammpfahl und Injektion dar. Dieses Verfahren findet in Deutschland bereits seit längerer Zeit ausgedehnte Verwendung und gelangte auch in der Schweiz im Laufe der letzten zwei Jahre verschiedentlich mit gutem Erfolg zur Ausführung; seine Möglichkeiten und sein Anwendungsbereich sind im allgemeinen jedoch noch wenig bekannt. Die folgenden Erläuterungen sollen deshalb in erster Linie einen allgemeinen Ueberblick vermitteln und sich darauf beschränken, den Auf-

bau, die Herstellung und die wesentlichsten Eigenschaften des MV-Pfahles darzustellen und damit seinen Anwendungsbereich innerhalb der Vielzahl von altbekannten und neuen Gründungsverfahren anzudeuten. Eine Beleuchtung des Verfahrens von der theoretischen Seite her wird sich vielleicht zu einem späteren Zeitpunkt verwirklichen lassen, wobei dann auch mehr Erfahrungen und Versuchsergebnisse in spezifisch schweizerischen Böden Auswertung finden können.

Aufbau und Herstellung

Der MV-Pfahl ist ein Stahl-Rammpfahl, bestehend in seiner einfachsten Form aus einem Stahlschaft (wofür vorzugsweise ein Hohlquerschnitt verwendet wird) und einem stark vergrößerten, offenen Stahlschuh, meist mit Schneide versehen (Bild 1). Gleichzeitig mit dem Einrammen des Stahlpfahles wird Zementmörtel eingepresst, der durch den Pfahlschuh austritt. Dieser Mörtel füllt den durch die Verdrängung des Pfahlschuhes geschaffenen Hohlraum gleichzeitig mit der Rammung aus und dringt, je nach Bodenart und Höhe des Injektionsdruckes, mehr oder weniger weit in den umliegenden Boden ein (Bild 2). Nach Erhärten des Mörtels besteht der fertige Pfahl damit aus einem Stahlschaft, ausgefüllt und umgeben von Mörtel und einer mehr oder weniger tiefen Injektionszone.

Je nach den Beanspruchungen, welchen die Pfähle zu genügen haben, erweisen sich Abarten und Weiterentwicklungen des eben dargelegten Verfahrens insbesondere vom wirtschaftlichen Standpunkt aus als vorteilhaft. So ist zum Beispiel dort, wo die statische Beanspruchung der Pfähle im Endzustand nur eine leichte oder gar keine Armierung erfordert, die Verwendung eines Rammschafte angezeigt; das selbe gilt, wenn Hindernisse zu durchrammen sind oder wenn ganz allgemein eine schwere Rammung erwartet wird. Der entsprechend starke, als Hohlquerschnitt ausgebildete Rammschaft überträgt dann die Rammenergie direkt auf den Pfahlschuh und dient gleichzeitig als Zuleitung für die Injektion. Nach beendeter Rammung und Injektion wird der Rammschaft gezogen und ausgewaschen. Ob als bleibende Armierung dann ein dünnwandiger Hohlquerschnitt, ein Armierungskorb oder lediglich ein leichtes Armierungsnetz gewählt wird, hängt von den Erfordernissen im einzelnen ab.

Der Vollständigkeit halber sei auch kurz auf eine für MV-Zuganker oft verwandte Ausführungsart hingewiesen, bei welcher als Pfahlschaft ein Rundstahlschaft mit danebenliegender, gesondert in den Pfahlschuh geführter Verpressleitung verwendet wird (Bild 3).

Eigenschaften

Beim MV-Pfahl handelt es sich in jedem Fall um einen Rammpfahl. Das Besondere an diesem Rammpfahl ist jedoch die Tatsache, dass während des Rammvorganges keine Mantelreibung zu überwinden ist; der gegenüber dem Pfahlschaft stark vergrößerte Pfahlschuh erzielt zwar die für Rammpfähle charakteristische und vorteilhafte Verdrängungswirkung und damit lokale Verdichtung des Bodens, der nachfolgende Pfahlschaft jedoch gleitet praktisch reibungslos in der den verdrängten Boden ersetzenden Mörtelmasse. Die ge-



Bild 1. Stapel zur Rammung bereitliegender MV-Pfähle

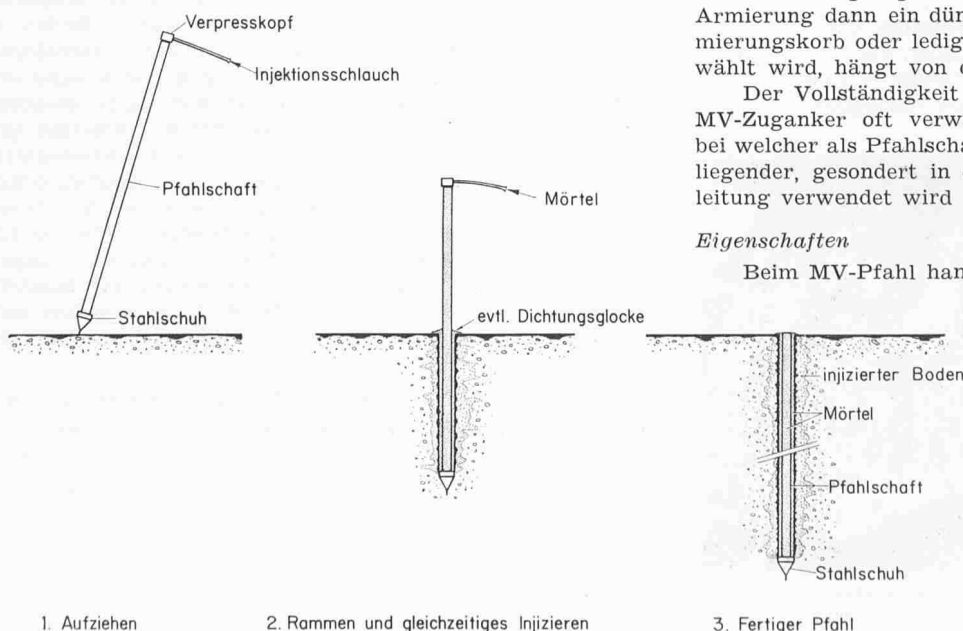


Bild 2. Einbauvorgang eines MV-Pfahles



Bild 3. MV-Zuganker mit gesondert geführter Verpressleitung

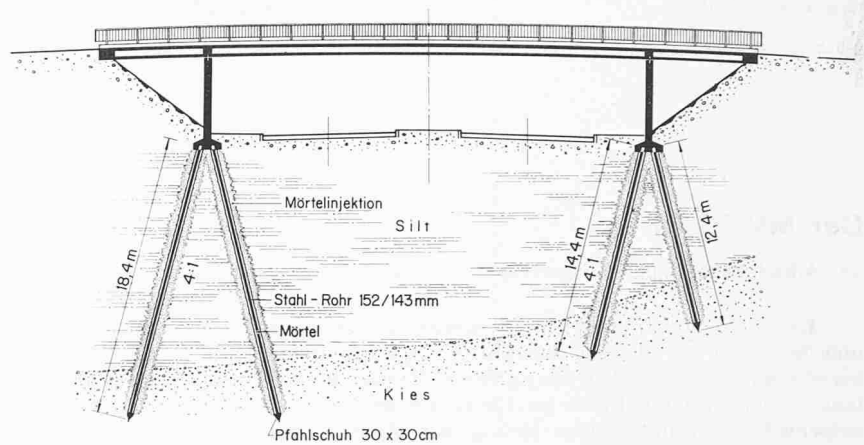


Bild 5. Brücke über die Autobahn im St. Gallischen Rheintal. Aufnahme der Horizontalkräfte durch erheblich geneigte Pfähle
Masstab 1:500

samte Rammenergie bleibt damit auf die Pfahlspitze konzentriert und unabhängig von der Pfahllänge konstant. Dieser Umstand ermöglicht einerseits rasche Rammfortschritte und andererseits die Verwendung eines relativ leichten Rammgerätes zur Ueberwindung erheblicher Spitzenwiderstände. So konnten z. B. schon mit dem mittelschweren Dieselhammer Delmag D 12 MV-Pfähle für zulässige Drucklasten bis 150 t gerammt werden, mit einer Rammausrüstung also, die zusammen mit dem Gerüst knappe 9 t wiegt.

Die Verwendung leichten Rammgerätes und die Konzentration der Rammenergie auf die Spitzenfläche wirken sich in günstigem Sinne auf die Rammerschütterungen aus, so dass diese meist auf engstem Umkreis beschränkt bleiben. Interessant waren diesbezügliche vergleichende Beobachtungen bei Rammarbeiten im Raume Sargans, wo die Rammung von Doppelbohlen Hoesch Ia nicht nur erheblich grössere Rammerschütterungen verursachten als in nächster Nähe gerammte, etwa gleich lange MV-Pfähle für 45 t Nutzlast, sondern auch etwa die selbe effektive Rammzeit mit gleichem Rammgerät, einem Schnellschlaghammer Demag VR 15, benötigten. Der Boden besteht an der betreffenden Stelle aus einer oberen Torflage, die nach unten in Silt und Kiesschichten übergeht.

Im Zusammenhang mit diesen rammtechnischen Eigenschaften der MV-Pfähle sei noch hingewiesen auf die Möglichkeit schräger und extrem schräger Rammungen, wie sie für Zuganker hauptsächlich in Deutschland häufig zur Ausführung gelangen. Neigungen bis 1:2, also flacher als 45°, sind dabei durchaus normal.

Die beschriebenen Rammeigenschaften der MV-Pfähle beruhen natürlich auf der Voraussetzung, dass der injizierte Mörtel bis zur Beendigung der Rammung in flüssigem Zustand bleibt und damit das praktisch reibungsfreie Gleiten

des Pfahlschaftes gewährleistet. Diese Voraussetzung ist auch in den meisten Fällen ohne weiteres erfüllt, indem die Zeitspanne von rd. 2½ Stunden bis zum Abbindebeginn des zuerst injizierten Mörtels genügt, um den Pfahl einzurammen. Ist eine längere Rammzeit zu erwarten, so kann der Abbindebeginn des Injektionsgutes durch Beigabe eines Abbindeverzögerers ohne Schwierigkeiten den Erfordernissen angepasst werden.

Die Zusammensetzung des Injektionsgutes ist auf die Bodenverhältnisse abzustimmen. Für locker gelagerte und leicht injizierbare Böden kann der Sandanteil naturgemäss grösser gewählt und es kann mit kleineren Injektionsdrücken gearbeitet werden als bei schwer injizierbaren Böden. In der Regel gelangen Mörtelzusammensetzungen zwischen Mörtel PC 600 (entsprechend einem Gewichtsverhältnis von Sand zu Zement von ca. 2:1) und reiner Zementschlämme zur Verwendung. Für den Injektionsdruck stellen 6 bis 7 atü am Kessel die obere Grenze dar.

Mit dem Erhärten des injizierten Mörtels entsteht eine ausgezeichnete Verhaftung mit dem umgebenden Boden. Je nach Reichweite der Injektion wird ein mehr oder weniger grosser Umkreis des Pfahles zur Uebertragung von Mantelreibungskräften herangezogen (Bild 4). Ein Vergleichsmass für die Grösse und Wirksamkeit der Injektion ist mit dem sog. Verpressfaktor definiert, d. h. dem Verhältnis von eingepresstem Mörtelvolumen zu theoretisch vom Pfahlschuh verdrängtem Bodenvolumen. Ein Faktor 1 würde also bedeuten, dass lediglich der vom Pfahlschuh geschaffene Hohlraum ausgefüllt und kein Eindringen des Injektionsgutes in das umliegende Bodenmaterial erzielt wurde. Bodenart und Lagerungsdichte haben darauf natürlich entscheidenden Einfluss; in locker gelagerten, rolligen Böden kann oft ein beliebig hoher Verpressfaktor erzielt werden, bei dichten, bindigen Böden wird 1 kaum überschritten. Immerhin erreicht man durch das satte Anpressen des Injektionsgutes auch in solchen Böden eine ausgezeichnete Haftwirkung. Für MV-Pfähle in injizierbaren Böden wird der Verpressfaktor nach Möglichkeit etwa in den Grenzen zwischen 1,2 und 2 gehalten. Grössere Verpressfaktoren sind dann angezeigt, wenn die Injektion neben der Erzeugung von Mantelreibung gleichzeitig eine dichtende Wirkung ausüben soll oder wenn damit ganz allgemein eine Bodenverbesserung in

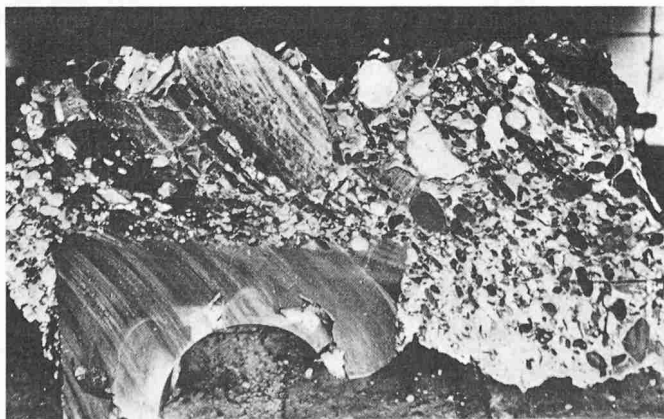


Bild 4. Geschliffener Schnitt durch einen ausgegrabenen Pfahl. Gut sichtbar ist der durch den Pfahlschuh geschaffene und mit Mörtel ausgefüllte Hohlraum; darum herum der injizierte Boden, im vorliegenden Falle Kies, der nun zu einer Art Beton verkittet ist

Tabelle 1. Mantelreibungswerte für MV-Pfähle, bezogen auf den Pfahlschuh-Umfang (Mittelwerte aus zahlreichen Versuchen)

Bodenart	Grenzreibung in t/m ²
Silt	5 bis 7
Lehm, Ton	7 bis 9
Sand	10 bis 15
Kies	15 bis 30

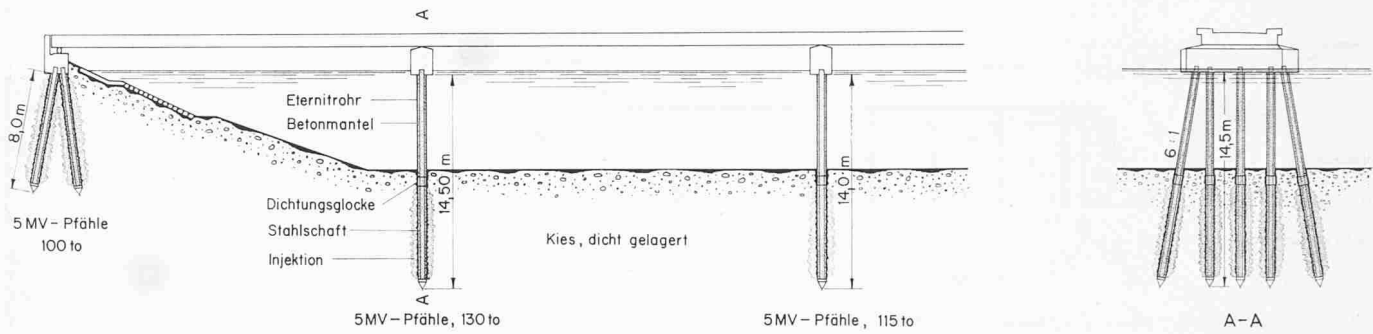


Bild 6. Pfahlfundation der Eisenbahnbrücke über den Oberwasserkanal des Kraftwerkes Beznau. Die Gründung der Pfeiler wurde ohne jegliche Wasserhaltung vom Lehrgerüst der Fahrbahnplatte aus ausgeführt
 Masstab 1:500

weiterem Umkreis beabsichtigt ist. Bild 4 lässt erkennen, dass der MV-Pfahl hohe Mantelreibungswerte aufweisen wird. In Tabelle 1 sind mittlere Mantelreibungswerte zusammengestellt, wie sie auf Grund zahlreicher Zugversuche abgeschätzt werden konnten. Es handelt sich dabei um Grenzwerte, d. h. sie wurden ermittelt aus jener Zuglast, bei welcher die Hebung des Pfahles nicht mehr zum Abklingen kam, und sie sind umgerechnet und bezogen auf den Pfahlschuhumfang. Wie alle verallgemeinernden Zahlenangaben im Grundbau stellen auch diese Werte selbstverständlich nur eine Richtlinie dar.

Anwendungsbereich

Innerhalb der Vielzahl von Pfahlgründungsverfahren kommt dem MV-Pfahl für einen bestimmten Anwendungsbereich besondere Bedeutung zu. Die hohen Mantelreibungswerte lassen eine Verwendung als *Druckpfahl* dort besonders angezeigt erscheinen, wo eine stehende Pfahlgründung nicht möglich oder der grossen erforderlichen Pfahllänge wegen unwirtschaftlich ist; in Bodenverhältnissen also, welche keine oder nur sehr tief liegende tragfähige Schichten aufweisen, in welche die Pfahlspitzen irgendwelcher Orts- oder Fertigpfähle abgestellt werden könnten. Die obenerwähnten rammtechnischen Eigenschaften der MV-Pfähle ermöglichen aber auch ganz allgemein dort interessante Lösungen, wo durch Anordnung von *stark geneigten Pfählen* grössere Horizontalkräfte einwandfrei in den Untergrund übertragen werden können (Bild 5). Ferner erlaubt die Möglichkeit, MV-Pfähle gleich Eisenbeton-Fertigpfählen auch im freien Wasser und mit leichter Installation zu rammen, *Gründungen auf hohem Pfahlrost ohne Wasserhaltung*, was insbesondere in grundbruchgefährdeten Böden oder bei grösseren Wassertiefen zu sehr wirtschaftlichen Lösungen führen kann. Die Konstruktion der Pfähle lässt sich dabei absolut korrosionsfest ausführen (Bild 6 und 7).

Als ausgesprochener Reibungspfahl, der sich relativ leicht und auch unter grösseren Neigungen rammen lässt, bietet der MV-Pfahl als *Zugpfahl* in rammbaren Böden

aussergewöhnliche Möglichkeiten, sei es zur rückwärtigen Verankerung von Erddruckkräften (Stützmauern [Bild 8], Spundwände, grosse Baugrubenumschliessungen) oder z. B. zur Verankerung von Auftriebskräften auf Wannen, Klärbecken usw. oder zur Uebertragung irgendwelcher Zugkräfte in den Baugrund (Bild 9). Es ist zu beachten, dass die vollkommene Umhüllung des die Zugkräfte übertragenden Stahlkernes mit Mörtel einen ausgezeichneten Schutz gegen Verrostung darstellt.

Sehr elegante Lösungen lassen sich bei Fundationen ausführen, die abwechselnd *Druck- und Zuglasten* zu übernehmen haben, wie z. B. Gründungen von Freileitungsmasten, Sendetürmen usw., wie sie in Deutschland und Frankreich im Laufe der letzten Jahre mehrfach zur Ausführung gelangten.

Gegenüber gebohrten Zugankern fällt besonders die kurze Ausführungszeit der MV-Zuganker von wenigen Stunden ins Gewicht; allerdings setzt der MV-Zuganker in jedem Falle rammbaren oder durchmeisselbaren Untergrund voraus.

Dimensionierung, Abmessungen und Gebrauchslasten

Die Abschätzung der Tragkraft und der mutmasslichen Setzungen oder Hebungen von MV-Pfählen auf Grund der Rammergebnisse stösst insofern auf Schwierigkeiten, als die Mantelreibung erst mit dem Abbinden des Injektionsmörtels entsteht. Wohl kann der zu erwartende Spitzenwiderstand abgeschätzt werden; für schwimmende Druckpfähle hat er jedoch wenig und für Zugpfähle gar keine Bedeutung. Zuverlässigen Aufschluss über das Trag- und Setzungs- bzw. Hebevverhalten von MV-Pfählen vermögen deshalb nur sorgfältig durchgeführte Probelastungen zu vermitteln. Damit gewonnene Erfahrungswerte ermöglichen Rückschlüsse auf das Tragverhalten anderer Pfähle, insbesondere durch Vergleich der Ramm- und Verpress-Protokolle über die gesamte Pfahllänge, wie sie für jeden MV-Pfahl aufgenommen werden. Die Auswertung zahlreicher Probelastungen hat bisher z. B. ergeben, dass die Trag-

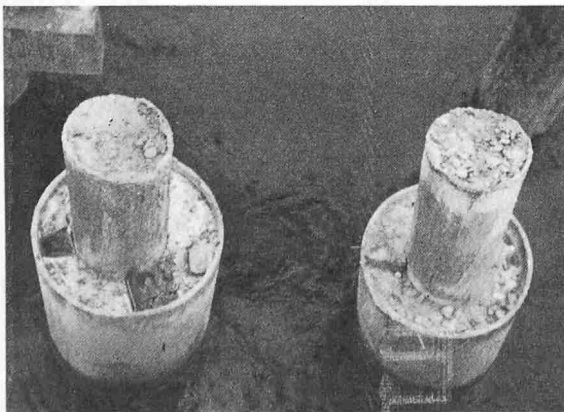


Bild 7. Zwei Pfeilerpfähle der Brücke Beznau. Man erkennt die Ummantelung des eigentlichen MV-Pfahles im Bereiche des freien Wassers (rd. 7 m) mit armiertem Beton, unter Verwendung einer verlorenen Eternit-Schalung



Bild 8. Rammung eines Pfahles mit Neigung 1:2, zur rückwärtigen Verankerung einer Stützmauer

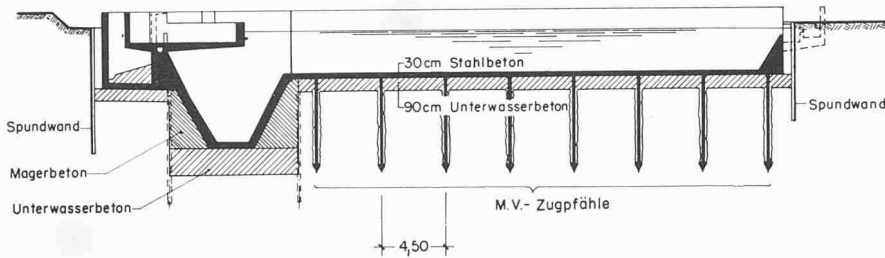


Bild 9. Verankerung eines Klärbeckens in Bonn. Eine ähnliche Konstruktion gelangte in der Schweiz für die Kläranlage Kloten-Opfikon zur Ausführung

kraft von Zugpfählen sich ungefähr proportional zum Umfang des verwendeten Pfahlschuhs verhält. Ferner liessen sich für zahlreiche Bodenarten mittlere Mantelreibungswerte abgrenzen, wie sie vereinfacht zum Teil in Tabelle 1 zusammengestellt sind. Andere allgemeingültige Grundlagen sind nur schwer zu erarbeiten, so dass es für die Projektierung immer unerlässlich bleiben wird, auf Grund sorgfältiger Bodenuntersuchungen Vergleiche mit früher gemachten Erfahrungen heranzuziehen — ein Umstand übrigens, der keine besondere Eigenheit der MV-Pfähle darstellt.

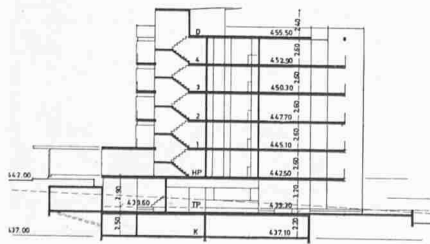
Die übrige Dimensionierung ist insbesondere für Zugpfähle einfach. Es gelangen hauptsächlich quadratische Pfahlschuhe mit Seitenlänge zwischen 20 und 35 cm zur Anwendung. Der Stahlschaft übernimmt die gesamte Zuglast und ist entsprechend auszubilden. Die Haftung zwischen Stahlschaft und Injektionsmörtel ist in jedem Falle genügend, ohne zusätzliche Vorkehrungen. Es wurden schon Pfahllängen bis 30 m ausgeführt, je nach Platzverhältnissen und Rammeinrichtung mit mehreren Stössen auf der Baustelle. Die Zusammenstellung einiger Probelastungsergebnisse soll ein Bild über die Grösse schon erreichter Zuglasten vermitteln (Bild 10).

Bei Druckpfählen trägt der Mörtel mit. Trotz der relativ flüssigen Einbringung erreicht er gute Festigkeiten (für Mörtel PC 600 über 300 kg/cm² nach 28 Tagen), so dass sich seine Einbeziehung als vollwertiges Tragelement rechtfertigt. Die Reichweite der Injektion ist schwer bestimmbar und kann stark variieren. Aus Sicherheitsgründen wird nur der vom Stahlhohlenschaft umschlossene oder vom Armierungskorb begrenzte Mörtel als tragend angenommen. Die Pfahlschuhe sind die selben wie für Zugpfähle, jedoch mit Seitenlängen bis 50 cm. In der Schweiz wurden bisher MV-Druckpfähle von 40 bis 150 t zulässiger Last ausgeführt, in Längen bis 22 m.

Zusammenfassend kann wohl gesagt werden, dass der MV-Pfahl auf dem weitschichtigen Gebiet der Pfahlgründungen als Druckpfahl eine wertvolle Ergänzung altbekannter und neuerer Verfahren darstellt und als Zugpfahl dem projektierenden Ingenieur neue, interessante Möglichkeiten eröffnet.

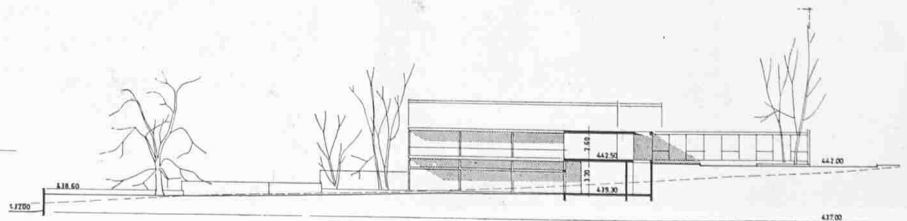
Adresse des Verfassers: Alfred Müller, dipl. Ing., in Firma AG Conrad Zschokke, Alfred Escherstr. 57, Zürich 2.

1. Preis (4000 Fr.) Proj. Nr. 7. Verfasser **Alfred Doebeli**, Biel.



SCHNITT HAUPTTRAKT

Schnitte, Masstab 1:700



SCHNITT + 550 - ANSICHT N-FLÜGEL

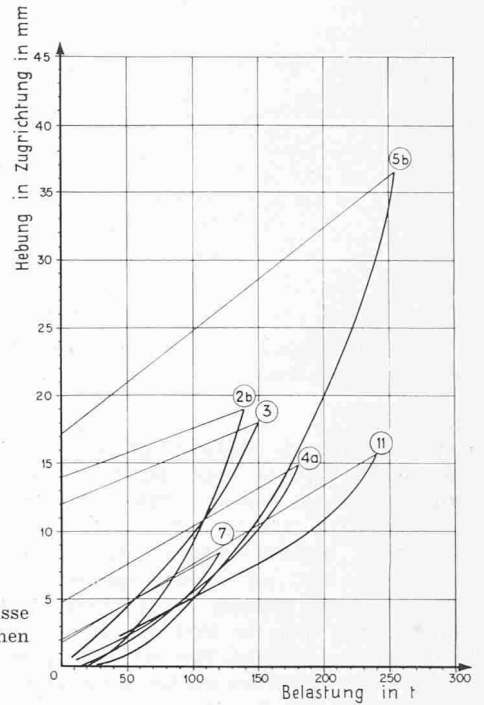


Bild 10. Ergebnisse von Zugversuchen an MV-Pfählen

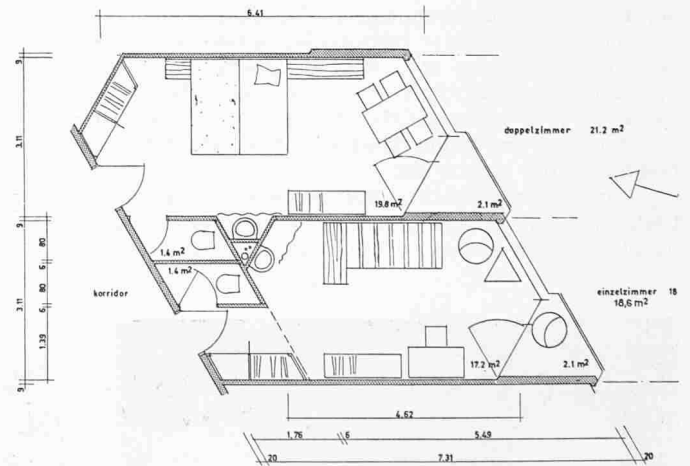
Projektwettbewerb für ein Altersheim in Zofingen

DK 725.56

Aus dem Bericht des Preisgerichts

Das Preisgericht versammelte sich einschliesslich der Ersatzmänner am 25. und 26. Mai 1961 zur Beurteilung der Entwürfe in der Ausstellungshalle des Stadtsaales in Zofingen. Die Vorprüfung der eingegangenen Projekte erfolgte durch die Bauverwaltung. 31 Projekte wurden rechtzeitig eingereicht. Ein weiteres Projekt wurde erst am 9. Mai vor-

Fortsetzung Seite 585



Zimmergrundriss Masstab 1:150