

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109 (1991)
Heft: 47

Artikel: Verwendung von Mikropfählen für Sanierungszwecke
Autor: Bodnar, Gabor / Kunz, Heinrich
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-86055>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 21.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Verwendung von Mikropfählen für Sanierungszwecke

«Kleinpfähle» in Form von gerammten Holz- oder vorfabrizierten Betonpfählen sind seit vielen Jahrzehnten bekannt. Für Sanierungen von bestehenden Gebäuden, Brückenfundamenten oder sonstigen Kunstbauten werden jedoch erst seit Mitte der siebziger Jahre kleinkalibrige «Mikro»-Bohrpfähle angewendet. Nachfolgend wird das Mikropfahl-Verfahren kurz vorgestellt und seine vielseitige Anwendbarkeit bei Sanierung und Umbau von Bauwerken am Beispiel ausgeführter Projekte aufgezeigt.

Das Verfahren

Vertikale Mikropfähle sind Bauelemente, welche Vertikallasten in tragfähige Schichten, hauptsächlich durch

von Gabor Bodnar und
Heinrich Kunz,
Zürich

Mantelreibung, übertragen. Sie kommen zur Anwendung bei beschränkten Arbeitsverhältnissen, z.B. in alten Gebäudekellern oder dort, wo kleinere Lasten abzufangen sind. Mikropfähle werden in unterschiedlichsten Bodenarten wie folgt erstellt:

- Abteufen der Bohrungen $d = 120-330$ mm drehend-schlagend, verrohrt oder unverrohrt, mit Luft-, Wasser- oder Bentonit-Spülung.
- Versetzen der Armierung, bestehend aus einem Stahlstab, Stahlrohr oder Armierungskorb.
- Ummantelung des Pfahles mit Zement-Wasser-Suspension (Primärinjektion).
- Mehrmalige Sekundärinjektionen in Zeitintervallen, bis Injektionsdruck

und -menge die optimale, dem Untergrund angepasste Werte erreichen.

Typen von Mikropfählen

Im wesentlichen unterscheiden wir folgende drei Pfahltypen (Bild 1):

- **GEWI-Pfähle** (Stahl, $d = 40-50$ mm) sind sehr verbreitet. Sie werden nicht nur zur Abfangung von Gebäudelasten, sondern vielfach auch für Brückensanierungen und Fundationen von Bauplatzinstallationen wie Krane, Silos etc. verwendet.
- **ROHR-Pfähle** (Stahl-Rohr, $d = 70-150$ mm) werden für Lasten über 500 KN eingesetzt, insbesondere finden sie ihre Anwendung dank einfacher Handhabung im Gebäudeinneren. Die Stahlrohre können auch für Nachinjektionen als Manschettenrohre ausgebildet werden, womit gezielte Sekundärinjektionen möglich werden.
- **BEWEHRTE Pfähle** (Armierungskorb, $d = 70-250$ mm) werden eher dort angewendet, wo keine eingeschränkten Platzverhältnisse gegeben sind und zeigen grosse Ähnlichkeit mit grosskalibrigen Bohrpfählen.

Bilder 2 und 3 zeigen ausgegrabene GEWI- und Rohr-Pfähle.



Bild 2. Mikropfahl $\varnothing = 180$ mm, mit Stahlkern Swiss-Gewi $\varnothing = 50$ mm



Bild 3. Mikropfahl $\varnothing = 150$ mm, mit Stahlrohr $\varnothing = 114$ mm

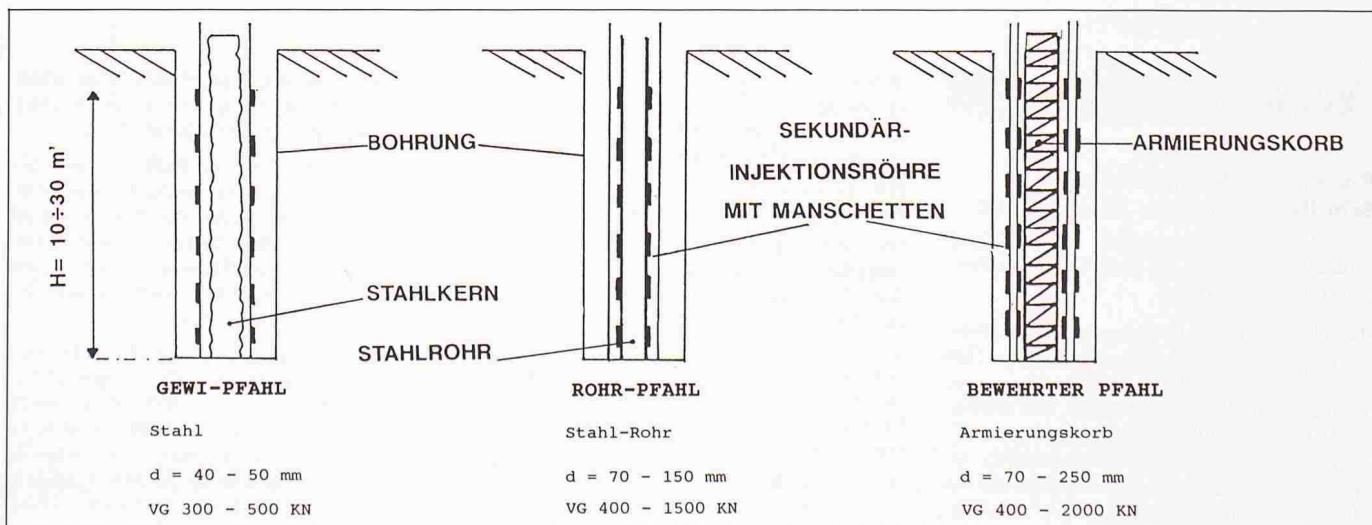


Bild 1. Typen von Mikropfählen

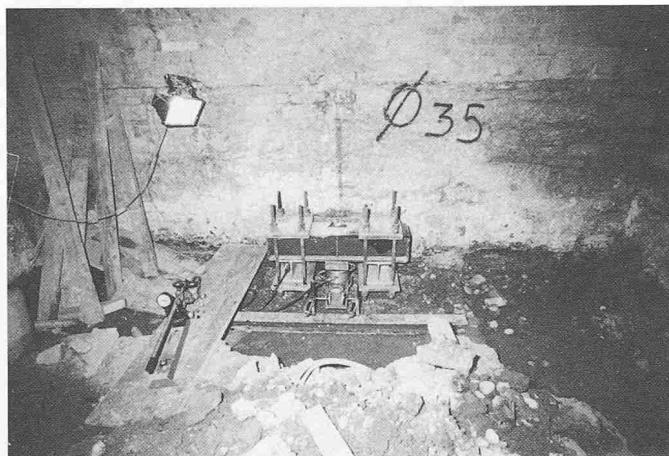


Bild 4. Probepfahl-Dispositiv im Keller. Probebelastungen wurden paarweise unter gleichzeitiger Belastung der Pfähle durchgeführt.



Bild 5. Kellerbohrgerät im Einsatz unter extrem engen Platzverhältnissen

Dimensionierung der Pfähle

Vielfach ist es nicht möglich, Vertikallasten setzungsfrei nur durch die Pfahlspitze in tragfähige Schichten einzuleiten. Für die definitive Dimensionierung der Pfähle sind vorgängig eine Anzahl Probepfähle zu erstellen, um das Trag- und Setzungsverhalten mit ausreichender Genauigkeit zu ermitteln. Es empfiehlt sich, auch in der Ausführungsphase an rund 2-5% der Pfähle Probebelastungen vorzunehmen.

Von entscheidender Wichtigkeit für das Tragverhalten der Pfähle ist das mehrfache Nachinjizieren. Insbesondere liefern die laufend kontrollierbare Zementmenge und der Injektionsdruck wichtige Hinweise für das Tragverhalten.

Korrosionsschutz der Pfähle

Für das Langzeitverhalten der Pfähle ist der Korrosionsschutz von entscheidender Bedeutung. Der Stahlkern (Druckglied) der Mikropfähle wird durch Ummantelung mit Zementstein alkalisch gegen Korrosion geschützt. Eine Zementüberdeckung von rund 5 cm kann als ausreichend angesehen werden.

Geräte

Für die Erstellung von Mikropfählen steht eine breite Gerätepalette zur Verfügung:

Bohrgeräte:

- Elektro-hydraulische Kellerbohrgeräte mit kurzen Lafetten.
- Ankerbohrgeräte; unterschiedlichste Fabrikate mit Normal-Lafetten.

Injecti onsgeräte:

- Niederdruck-Injektionsanlagen bis rund 60 bar.

Sonstige Geräte:

- Bentonit-Aufbereitungsanlage mit Entsander.
- Hebwerkzeuge, Pumpen usw.

Leistungen

Je nach Bodenbeschaffenheit, Umgebung, Geräte und Bohrverfahren kann mit einer mittleren Leistung von 20-50 m/AT gerechnet werden.

Vier Beispiele zur Anwendung von Mikropfählen

Renovation «Rotes Gebäude», General Guisan-Quai, Zürich

Bauherr: Schweiz. Lebensversicherungs- und Rentenanstalt, Zürich

Generalunternehmung: Unirenova AG, Zürich

Projektverfasser: Spahn AG, Ingenieurbüro, Zürich

Unternehmung: AG Heinr. Hatt-Haller, Zürich, in ARGE mit Stump Bohr AG und Fehlmann Grundwasserbauten AG

pfähle hergestellt, $d = 180$ mm, mit einem Stahlrohrkern von $d = 114,3 \times 12,5$ mm mit einer Primärinjektion über die gesamte Länge und 2-3 Sekundärinjektionen (Bild 4). Je nach Pfahlängen wurden unterschiedliche Bruchlasten von 800, 900, 1350 kN ermittelt. Aufgrund der Versuchsmesswerte, einem Sicherheitswert von $F = 2,0$ bezüglich Bruchlast und einem $F = 1,5$ bezüglich der zulässigen Setzungen wurden die Pfähle auf 400 bzw. 600 kN ausgelegt.

Es wurden insgesamt 152 Pfähle erstellt und davon 8 weitere mit 600 kN belastet. Die Einzelpfahlsetzungen betragen max. 7,0 mm. Für die Erstellung der Mikropfähle (Bild 5) wurden sogenannte «Kellerbohrgeräte», Typ Puntel und Hütte, eingesetzt, mit Lafettenlängen bis max. 2,4 m. Das Abteufen der Bohrungen erfolgte unverrohrt mit Rollenmeissel, als Stützflüssigkeit wurde Bentonitsuspension verwendet. Die Leistungen betragen, bedingt durch Behinderungen von zahlreichen Holzpfählen und sonstigen Hindernissen, rund 20-25 m/AT.

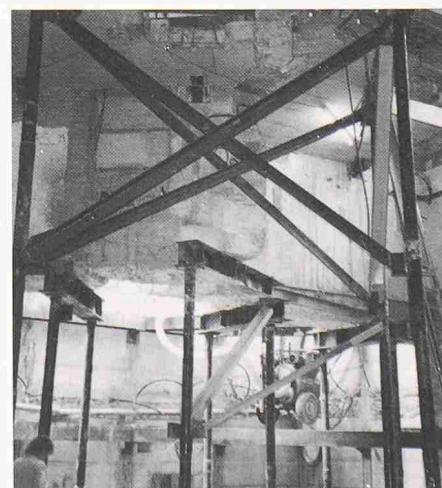


Bild 8. Ausgesteifte Pfähle. Im Hintergrund die vier Joche für Südwestfassade

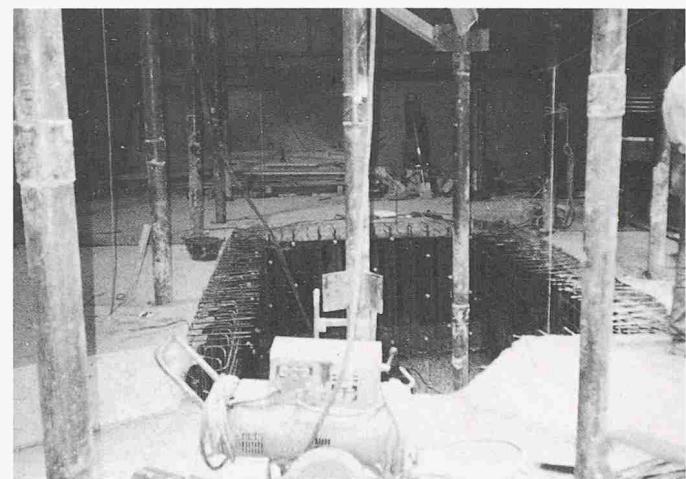


Bild 7. Mikropfähle. In Bildmitte Liftgrube

Bild 6. Das Umbauobjekt

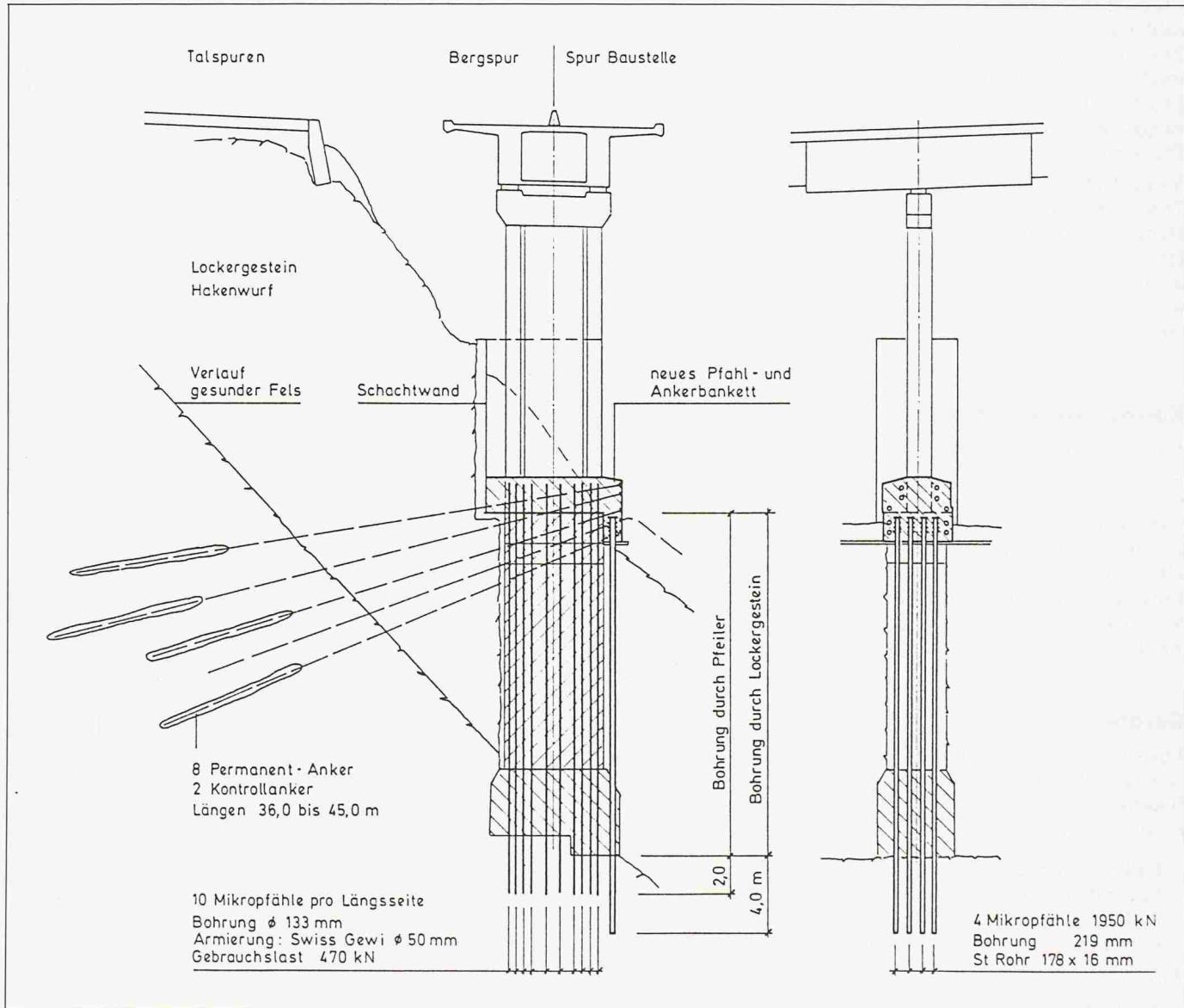


Bild 9. Projekt Sanierung Unterbau Lehnenviadukt Höll



Bild 10. Hilfsbrücke

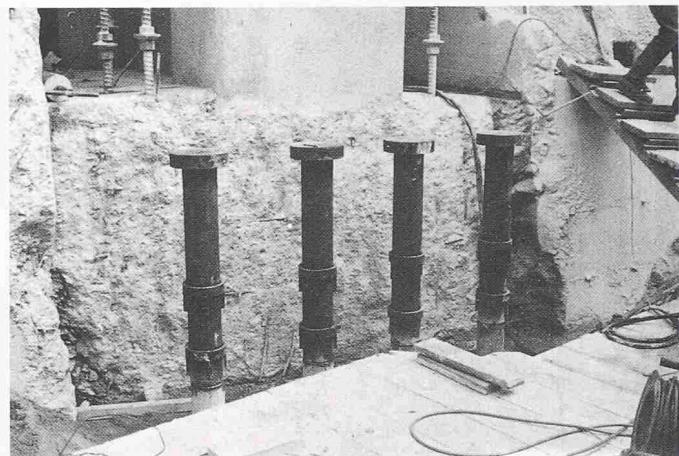


Bild 13. Köpfe der Rohrpfähle

Umbau Geschäfts- und Wohnhaus, Gubelhangstrasse, Zürich

Bauherr: U. Bernasconi, Zürich
 Architekt: C. Alder, Zürich
 Ingenieure: B. Toscano AG, Zürich
 Unternehmer: AG Heinr. Hatt Haller, Zürich
 Subunternehmer: Ziltener AG, Winterthur, und Fehlmann Grundwasserbau-ten AG, Zürich

Das Bauvorhaben umfasste den Umbau des bestehenden Geschäfts- und Wohnhauses, mit Anbau an der Südseite, und Erweiterung um ein zweites Untergeschoss (Bild 6). Zur Sicherung der Decke über dem 1. Untergeschoss sowie der Südfassade waren Mikropfähle mit 25 Tonnen Tragkraft/Stck. zu erstellen.

Mit einem Kellerbohrgerät wurden im Gebäudeinnern 10 Mikropfähle von je 12 m, verrohrt mit einem Durchmesser

von 194 mm gebohrt und ausinjiziert (Bild 7). Anschliessend wurden die Pfähle zur Unterstützung der Decke um 3,8 m verlängert. Im Zuge der Aushubarbeiten für das 2. Kellergeschoss mussten die freien Pfahlrohre gegen Knicken gesichert werden (Bild 8). Zur Sicherung der Südfassade, welche nicht unterfangen wurde, wurden innen 5 und aussen 4 Mikropfähle erstellt. Die Fassade ruhte anschliessend auf 5 Jochen.

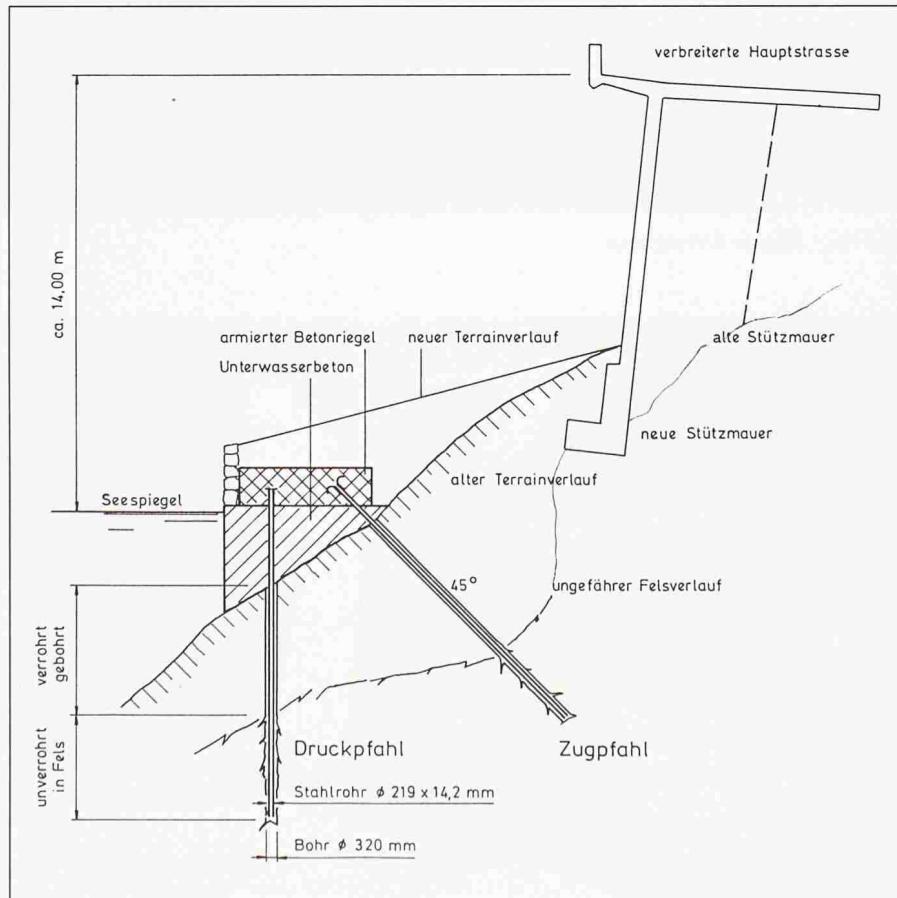


Bild 14. Projekt Ausbau Kantonstrasse A 13 Ascona-Brissago, bei Cantonaccio

N2 Lehnenviadukt Höll (Göschenen), Sanierung Unterbau

Bauherr: Baudirektion des Kantons Uri
 Objekt: N2, Objekt 403
 Projektverfasser: E. Stucki und H. Hofacker, Ingenieurbüro, Zürich
 Unternehmer: ARGE Lehnenviadukt Höll: E. Baumann AG, Marti AG, Losinger AG, Fedier AG, Gunit AG
 Subunternehmer: ARGE Spezialtiefbau Höll: Grund- + Tiefbau AG, Luzern, AG Heinr. Hatt-Haller, Zürich, Stumpf Bohr AG, Giubiasco

Um das entstehende Mehrgewicht aus Sanierung und Verbreiterung der Fahrbahnplatte übernehmen zu können, musste die Brückenfundation des Lehnenviaduktes verstärkt werden (Bild 9). Für jeden Viaduktspalier waren rund 20 Mikropfähle Durchmesser 133 mm sowie 4 Mikropfähle D = 220 mm zu erstellen. Zur Sicherung der Pfeilerfüsse waren zusätzlich je 10 Anker 660 kN anzubringen.

Um die Baustelle mit den nötigen Geräten und dem Baumaterial versehen zu können, stand die Fahrspur Richtung



Bild 11. Bohrgerät für Gewi-Pfähle

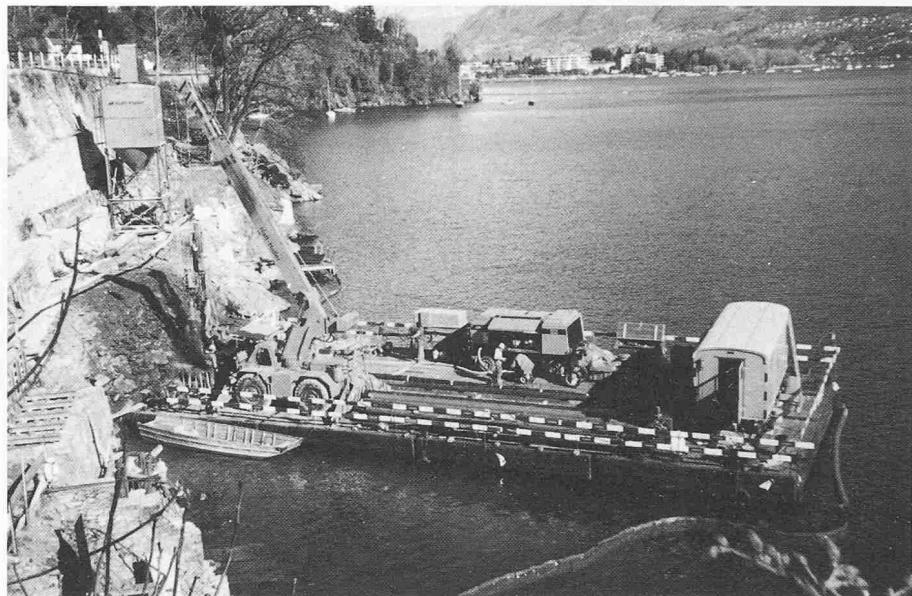


Bild 15. Bohrarbeiten ab Floss

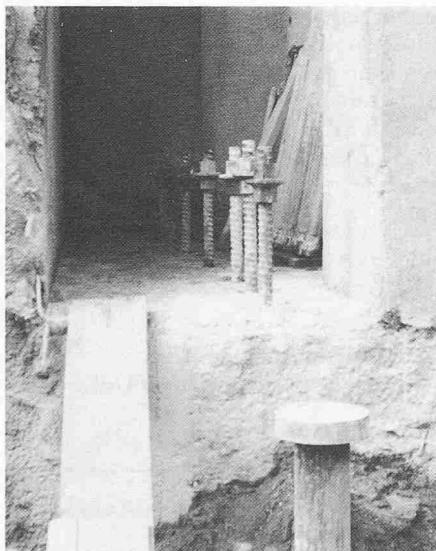


Bild 12. Gewi-Pfähle

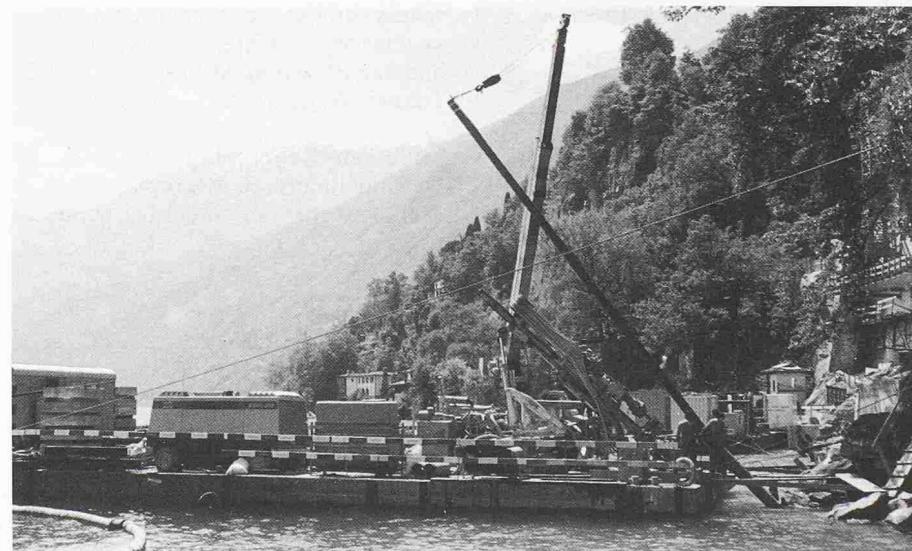


Bild 16. Einbau Schrägpahl

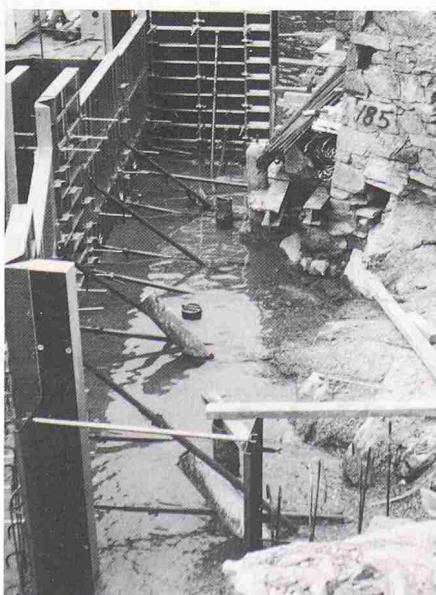


Bild 17. Schalen der Ufermauer

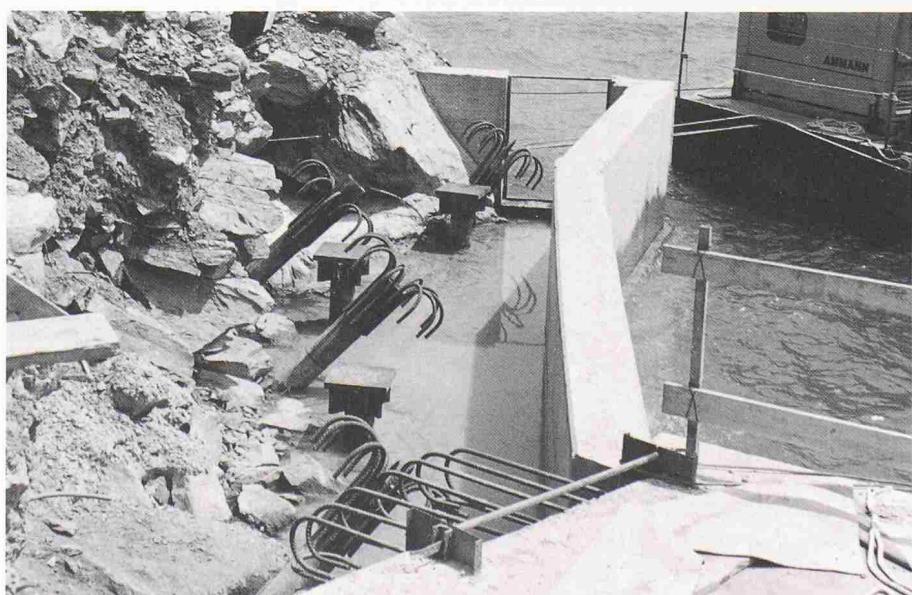


Bild 18. Ufermauer und Pfahlköpfe vor dem Einbetonieren

Göschenen zur Verfügung. Am Fusse der Pfeiler wurde eine Dienstbrücke gebaut (Bild 10). Um die vorgegebene Bauzeit einhalten zu können, wurde gleichzeitig an mehreren Pfeilern gearbeitet.

Mit Kleinbohrgeräten SIG-Mounti wurden die Bohrungen $d = 133$ mm ausgeführt, welche mit einem Swiss-Gewi $d = 50$ mm ausgestattet wurden. Die Bohrungen verliefen in Magerbeton, welcher beim Bau anstelle des Lockergesteins eingebracht wurde, und endeten nach 16-20 m jeweils 2 m in standfestem Fels. Mit dem Ausinjizieren der Pfähle wurde auch der Magerbeton konsolidiert (Bilder 11 und 12).

An der Stirnseite Richtung Tal wurden zusätzlich 4 nachinjizierbare Mikropfähle mit einem Rohr $d = 178 \times 16$ mm ausgeführt. Diese Bohrungen durchfuhren das Lockermaterial, den Fundamentfuss und endeten 4 m im kompakten Fels (Bild 13). Auf diese vier Pfähle wurde ein Riegel mit Ankeraussparungen betoniert. Mit dem gleichen Bohrgerät, welches auch die Rohrpfähle bohrte, wurden bis 45 m lange 600-kN-Anker ausgeführt, um den Pfeilerfuss zu sichern.

Durch Kontrollbohrungen konnte eine allgemeine Konsolidierung des Magerbetons und des Lockermaterials nachgewiesen werden.

Ausbau Hauptstrasse A 13 im Abschnitt Ascona-Brissago

Bauherr: Baudirektion der öffentlichen Bauten des Kantons Tessin
Ingenieur: Grignoli-Martinola + Balmelli-Filippini, Lugano
Unternehmer: Consorzio Rivalago Bellinzona: LGV, Lavori pubblici, B. + G. Merlini
Subunternehmer: AG Heinr. Hatt-Haller, Zürich

Das Bauvorhaben stand im Zuge des Ausbaus der Kantonsstrasse A 13 Bellinzona-Brissago, Abschnitt S.Materno-Cantonaccio, Zona Cantonaccio. Zu erstellen waren: 110 Mikropfähle auf einer Länge von 300 m, jeweils ein senkrechter 100-t-Druck- und ein 45 Grad geneigter 80-t-Zugpfahl als Sicherung des 40-45 Grad geneigten Hanges aus grobblockigem Bergsturzmaterial (Bild 14).

Weil das Ufer von der Landseite her nicht erreichbar war, wurden die Bohrarbeiten ab Floss ausgeführt (Bilder 15 und 16). Die Bohrungen Durchmesser 320 mm durchfuhren zum Teil grosse Blöcke, welche lose aufeinander ruhten. Da das dazwischen gelagerte feinkörnige Material nicht standfest war, musste bis auf den Fels verrohrt werden. Die Bohrung endete 2,5-3 m in

kompaktem Fels. Als Armierung wurde ein Rohr Durchmesser $219 \times 14,2$ mm verwendet, welches mit zwei Nachinjektionsrohren versehen wurde. In diesem unkonsolidierten Boden wurden pro Pfahl bis 3,5 Tonnen Zement eingesetzt. Die Druckpfähle wurden mit Kopfplatten, die Zugpfähle mit Bügeln versehen und anschliessend einbetoniert. So entstand eine der Uferlinie folgende auf Pfählen abgestützte Mauer, welche dem Hang die nötige Stabilität verleiht (Bilder 17 und 18).

Ausblick

Die Erstellung von Mikropfählen ist eine relativ neue Baumethode. Für Fundationen bei Renovationen und Restaurierungsarbeiten gelangen vermehrt Mikropfähle zur Anwendung. Deren Erstellung, besonders in sehr engen Platzverhältnissen, stellt an Personal und Geräte hohe Anforderungen. Es ist zu überlegen, ob in der neu zu überarbeitenden SIA-Norm 191 «Boden- und Felsanker» oder in der Norm 192 «Pfahlfundationen» nicht ein Anhang «Mikropfähle» anzugliedern ist.

Adresse der Verfasser: *Gabor Bodnar, Dipl. Ing., und Heinrich Kunz, Ing. ETH, Bauführer in Abt. Spezialtiefbau, AG Heinr. Hatt Haller, Bauunternehmung, 8022 Zürich.*

Vereinfachter Tragfähigkeitsnachweis

Schlanke Stahlstützen unter ein- und zweiachsig ausmittigem Druck

Stellungnahme zum Beitrag von Max Herzog, «Schweizer Ingenieur und Architekt» 109 (1991), Heft Nr. 22/91, Seiten 529-532

Vorbemerkung

In der offiziellen Zeitschrift des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins sind vor kurzer Zeit unter dem oben wiedergegebenen Titel Vorschläge für den Nachweis der Tragsicherheit von Stahlstützen unter Druck und Biegung veröffentlicht worden, die teilweise stark von den in der soeben in Kraft getretenen Norm SIA 161/1990 *Stahl-*

bauten aufgenommenen Regelungen abweichen. Der Beitrag macht den Anschein, dass es die schweizerische und europäische Normung unterlassen haben, für die häufig vorkommenden Bemessungsaufgaben des Stahlbaus Vereinfachungen und einheitliche Verfahren anzubieten.

Leider hat der Verfasser seine Überlegungen nicht im Rahmen des ordentlichen Vernehmlassungsverfahrens für

die Revision der SIA-Norm 161 eingebracht. Sie hätten dann durch direkte Stellungnahmen richtiggestellt werden können. Besonders bei Biegung von I-Walzprofilen um die schwache Achse ergeben sich nämlich bei der Anwendung der Vorschläge im genannten Beitrag absolut unzulässige Fehler auf der unsicheren Seite, wie dies aus den untenstehenden Ausführungen hervorgeht. Für die übrigen Anwendungsfälle bedeuten die Vorschläge grundsätzlich keine Vereinfachungen, insbesondere dann, wenn auf die inzwischen ausgearbeiteten Bemessungshilfsmittel [1] zurückgegriffen wird.

Die SIA-Normenkommission 161 ist Herrn Prof. Dr. Pierre Dubas ausserordentlich dankbar, dass er in kompetenter und sachlicher Art die notwendigen Richtigstellungen zum Beitrag von Dr. Max Herzog vornimmt. Dabei darf erinnert werden, dass ein wesentliches Ziel