Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 101 (1983)

Heft: 16

Artikel: Vorgespannte Gründungsanker mit Litzen: Systembeschrieb und Beispiele

Autor: Bruder, Peter H. / Heer, Kurt

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-75121

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: 10.12.2025

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

Vorgespannte Gründungsanker mit Litzen

Systembeschrieb und Beispiele

Von Peter H. Bruder und Kurt Heer, Zürich

Einleitung

Die Anwendungsgebiete von Verankerungen im Grundbau sind mannigfaltig, und vorgespannte Gründungsanker sind heute dank ihrer speziellen Wirkungsweise in vielen Tiefbauten praktisch unersetzlich. Einige der neuzeitlichen Baumethoden könnten ohne vorgespannte Gründungsanker nicht oder nur mit erheblichem Mehraufwand ausgeführt werden (Bild 1).

Typische Beispiele dafür sind [3, 4, 7, 10, 13, 14, 15]:

- Rückverankerte Baugruben
- Hangsicherungen
- Kavernen
- Fundationsplatten unter Auftrieb
- Fundamente zur Aufnahme von Zugkräften
- Verankerungen von Masten
- Vergrösserung der Standsicherheit von Staumauern

Die *Wirkungsweise* vorgespannter Gründungsanker wird im vorliegenden Artikel als bekannt vorausgesetzt [1, 2, 8, 9, 10, 17].

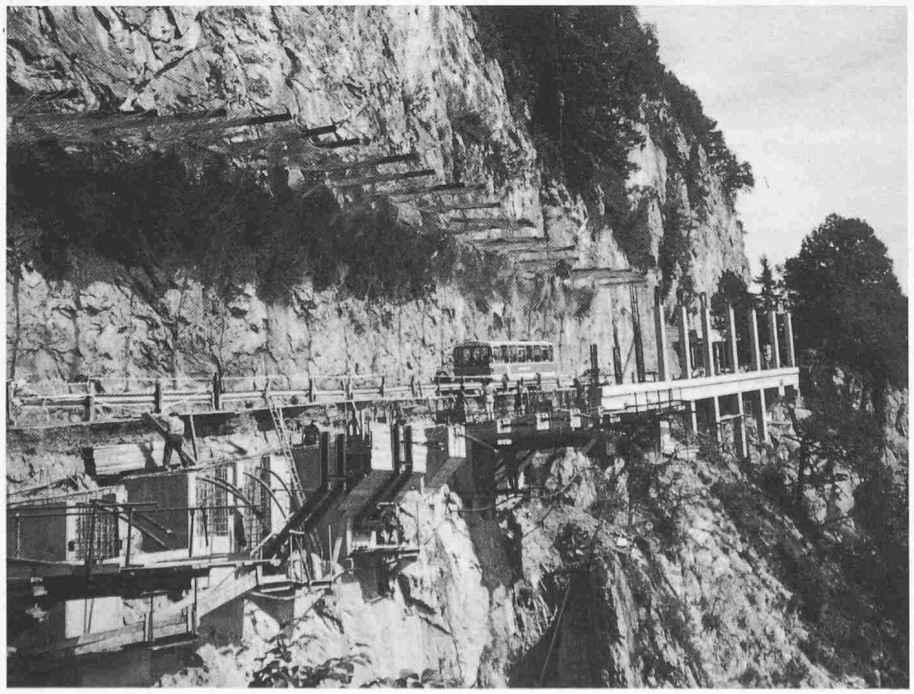
Die folgenden *Charakteristiken* seien besonders hervorgehoben:

- Die Verschiebungen des verankerten Bauteils sind sehr gering, solange die Belastung kleiner ist als die Ankerkraft.
- In allen Bauteilen treten die höchsten Beanspruchungen bereits im Verlauf des Prüfverfahrens auf.
- Die Kraft im Zugglied verändert sich durch die Betriebslasten des Bauwerks nur wenig, und wechselnde Lasten (Ermüdungsbeanspruchung) führen zu geringen Spannungsamplituden.
- Für die dauernde oder zeitweilige Kontrolle der Ankerkraft sind Messgeräte und speziell ausgebildete Verankerungselemente entwickelt worden.

Seit den Anfängen der Vorspanntechnik nehmen vorgespannte Gründungsanker einen wichtigen Platz unter deren Anwendung ein und haben im Laufe der Jahre ständig an Bedeutung zugenommen. Bereits im Jahre 1951 wurden die ersten vorgespannten Felsanker BBRV in der Schweiz und in Österreich eingebaut [2], so z. B. in der Zentrale Verbano der Maggia-Kraftwerke (Kavernensicherung), Barrage du Mauvoisin (Kranbahnverankerung) und an der Arlbergbahn (Felssicherung).

1955 folgte die Anwendung der ersten vorgespannten Anker im Lockergestein, welche heute die Zahl der eingebauten Felsanker weit übertrifft. Diese Tatsache veränderte das Anforderungsspektrum an die Anker beträchtlich und führte zu intensiver Weiterentwicklung und Anpassung an die Bedürfnisse der Praxis. Als Ergänzung zu den BBRV-Drahtankertypen entstand vor etwa 6 Jahren in enger Zusammenarbeit mit der Bureau BBR Ltd. das Ankersystem CONA-Sol, basierend auf dem international verbreiteten Litzenspannsystem CONA-Multi. Die Besonderheiten dieses Ankertyps, der auf die Vorschriften der Norm SIA 191 (1977) abgestimmt ist, werden in den folgenden Abschnitten dargestellt.

Bild 1. Steinschlag-Galerie Mattstock, Amden. Permanente Verankerung der Konsolfundamente



Eigenschaften des CONA-Sol Gründungsankers

Aufbau und Wirkungsweise

Das Spannglied setzt sich aus einem Bündel einzelner 7drähtiger *Litzen* mit Durchmesser 0,5″ (12,7 mm) zusammen. Im Bereich der *Verankerungslänge* wird durch die Anordnung von Distanzhaltern ein *wellenartiger Verlauf* der Litzen erzeugt (Bild 2). Die Zugkraft im Spannglied wird in der Verankerungslänge über Verbundspannungen, Reibung und Verzahnung von den Litzen auf den umgebenden Injektionsmörtel und von diesem auf den Baugrund übertragen.

Die durch den Spannstahl eingeleiteten Zugspannungen werden *in den Verankerungskörper* abgegeben. Im Verankerungskörper breiten sich Druckspannungen radial aus und beanspruchen den Baugrund mit Druck- und Scherspannungen. Für die Grenzkraft V_V des Verankerungskörpers ist bei einwandfreier Injektion nicht die Kraftübertragung im Innern des Verankerungskörpers, zwischen Litze und Mörtel, sondern die Scherfestigkeit in der angrenzenden Zone des Fels- oder Bodenmaterials massgebend. Die Ankerlänge ist unterteilt in die spannbare freie Ankerlänge und die krafteinleitende Verankerungslänge, die in einer stabilen Verankerungszone liegen muss.

Die *freie Ankerlänge* sollte nicht kürzer als 6–7 m gewählt werden, weil Setzungen des verankerten Bauteils bei kürzeren freien Längen zu einem grossen Spannkraftabfall führen, die Deformationsmessungen bei der Spannprobe stark beeinflussen und damit die Beurteilung der Ankertragfähigkeit erschweren.

Bemessungskriterien für die Verankerungsstrecke

Obwohl nach Norm SIA 191 die ausführende Firma aufgrund ihrer Erfah-

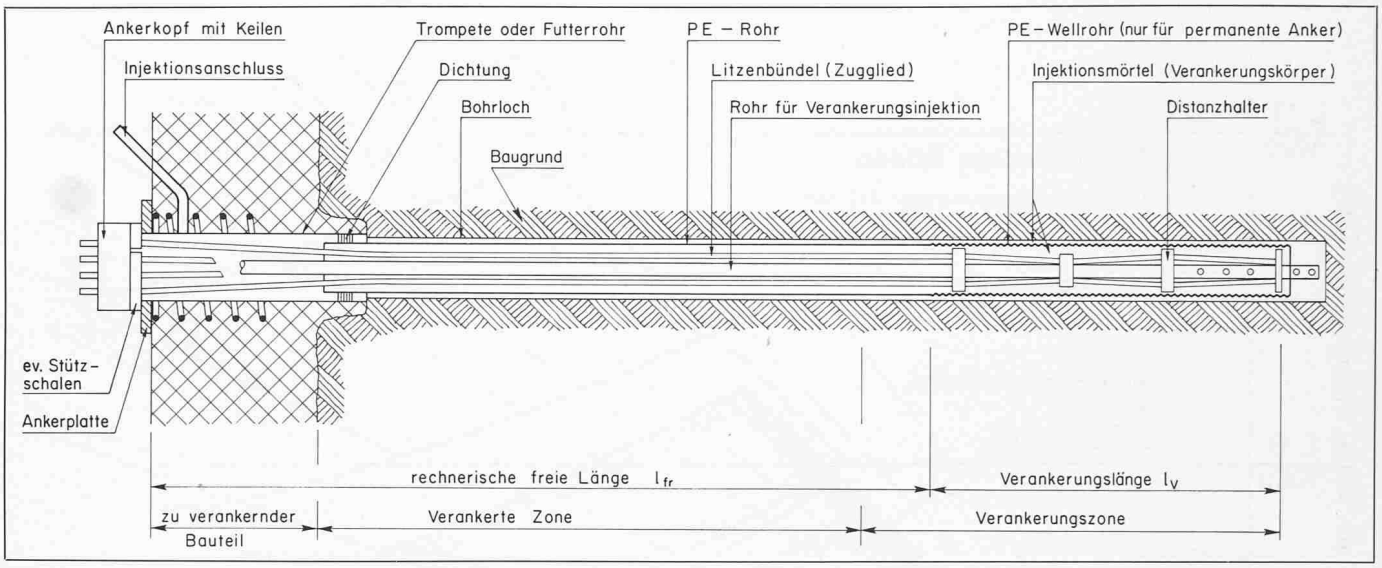


Bild 2. Schematische Darstellung des Litzenankers CONA-Sol

rung die Verankerungslänge festlegt und für die zuverlässige Einleitung der Ankerkraft in den Baugrund der Verankerungszone verantwortlich ist, stellt sich natürlich auch dem projektierenden Ingenieur die entscheidende Frage, welche Grenzkräfte V_V in den jeweiligen Baugrund eingeleitet werden können. Selbst wenn die boden- bzw. felsmechanischen Kennwerte bekannt sind, empfiehlt die Norm SIA 191 vor Inangriffnahme grösserer Verankerungsarbeiten mindestens 3 Versuchsanker auszuführen, um die tatsächlich übertragbare Grenzkraft V_V im vorhandenen Verankerungsmedium abschätzen zu können. Dies ist darin begründet, dass unterschiedliche Lagerungsdichten und verschiedene Überlagerungshöhen ein und desselben Baugrundes zu stark unterschiedlichen Grenzkräften führen können. Auch ergeben die heute akzeptierten Berechnungsmethoden [5, 6, 9, 16] oft unterschiedliche Resultate.

Aus wirtschaftlichen Gründen besteht die Tendenz, die Grenzkraft V_V und damit auch die Gebrauchskraft V_G des einzelnen Ankers möglichst hoch anzusetzen. Oft geben jedoch erst die zu Baubeginn durchgeführten Ankerversuche genügend Aufschluss über den Baugrund. Die maximal in den Baugrund übertragbaren Scherspannungen $\bar{\tau}_V$ dürfen im Projektstadium deshalb nicht überschätzt werden. Umprojektierungen und unerwünschte Mehrkosten können damit vermieden werden.

Für Vorprojekte geben die Nomogramme der Bilder 3 und 4 Richtwerte für die erreichbaren Grenzkräfte V_V des Verankerungskörpers für verschiedene Boden- und Felsmaterialien. In den Nomogrammen sind die *Bruchkräfte* der Ankerreihe CONA-Sol von L3 bis L18 eingetragen, entsprechend der nominellen Bruchkraft des Litzenbündels $V_Z = Fe \cdot \beta_Z$. Bei der Vordimensionierung müssen die Bedingungen für die Tragkraft des Ankers V_U erfüllt sein, d. h.

$$V_U \leqq V_Z$$

und $V_U \leqq V_V$

Die Gebrauchskraft V_G ergibt sich dann aus $V_U = V_G \cdot S$, wobei S der von der Ankerklasse abhängige Sicherheitsfaktor ist.

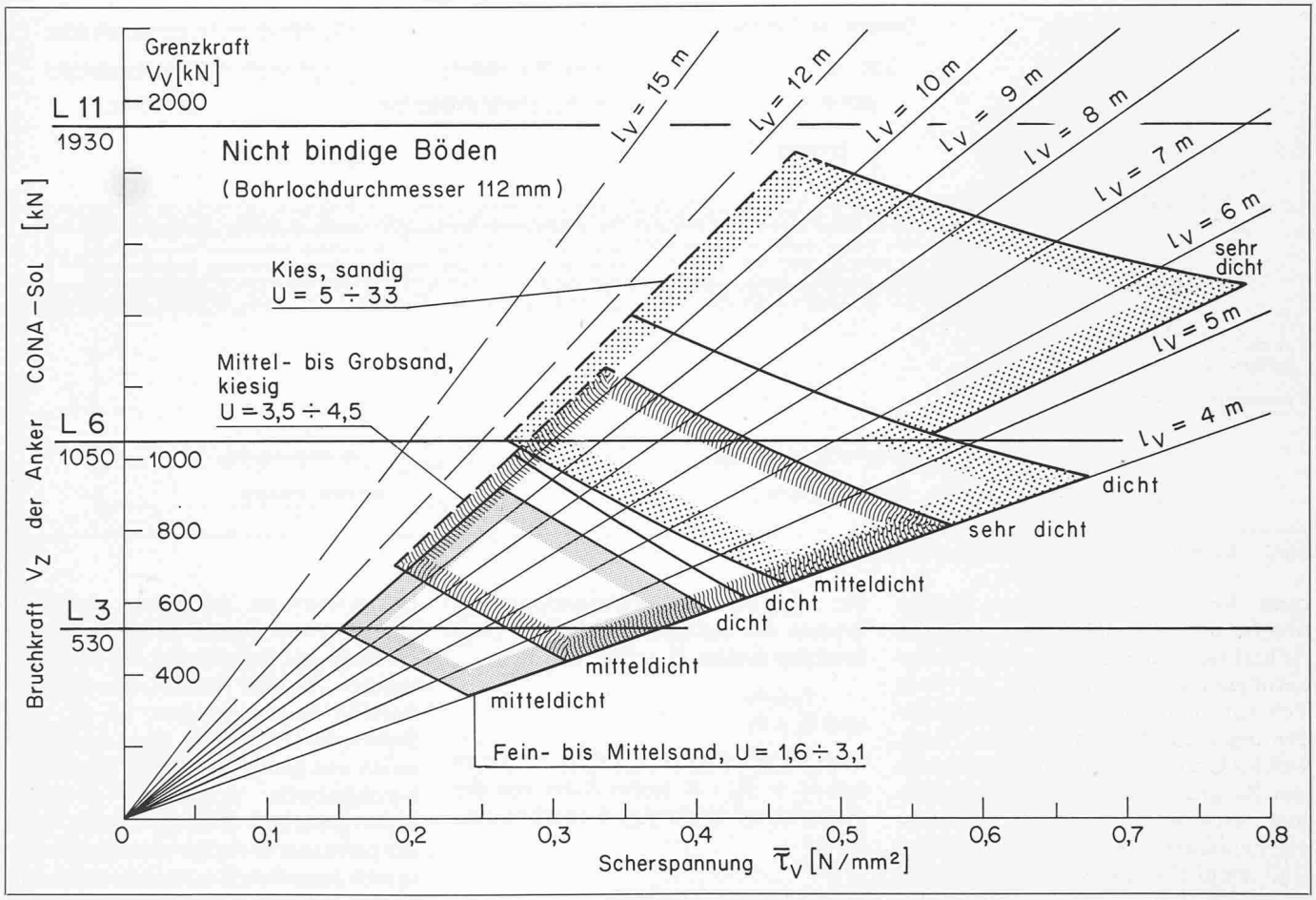
Korrosionsschutzsystem

Der Litzenanker CONA-Sol wird heute im Sinne der SIA-Norm sowohl als temporärer wie auch als permanenter Anker eingesetzt. In beiden Fällen kommen Litzen zur Anwendung, die *bereits vom Stahlhersteller* mit einem beständigen Korrosionsschutzfett beschichtet und im Extruder-Verfahren mit einem Polyäthylenmantel satt umhüllt werden. Die Litzen sind dadurch auch für Transport und Lagerung einwandfrei gegen Korrosionsangriffe geschützt. Die Fettbeschichtung und der Polyäthylenmantel werden auf die Länge der Verankerungsstrecke vollständig entfernt, damit sich eine optimale Haftung zwischen den Litzen und dem Mörtel des Verankerungskörpers einstellt.

Im Unterschied zu Verfahren, bei denen in der freien Länge PE-Röhrchen auf die vorgängig gefetteten Litzen einzeln aufgezogen werden, *reduziert sich der Durchmesser* des Litzenbündels um 5–15 mm. Die Bohrlochdurchmesser können deshalb erheblich herabgesetzt und damit die Wirtschaftlichkeit der Bohrarbeiten verbessert werden. Werkseitig beschichtete Litzen weisen zudem den wesentlichen Vorteil auf, dass der Spannstahl in der freien Strecke von einem Korrosionsschutzmantel lückenlos umgeben ist. Der Kontakt von Grund- oder Bergwasser mit dem Spannstahl wird dadurch verunmöglicht.

Der *permanente Anker* liegt zusätzlich auf seiner gesamten Länge in einem *Hüllrohr aus Polyäthylen*, ein Material, welches für den Korrosionsschutz bedeutend besser geeignet ist als z. B. Stahl oder PVC. Die freie Länge ist durch ein glattes Hüllrohr, die Verankerungsstrecke durch ein gewelltes Rohr geschützt (Bild 2). Damit weist der permanente Anker einen hochwirksamen doppelten Korrosionsschutz auf. Dieser doppelte Korrosionsschutz wird heute allgemein angewandt und ist der von der Norm geforderten Mörtelüberdeckung von 20 mm gleichwertig. Die Kraftübertragung vom inneren Verankerungskörper über das Wellrohr auf den äusseren Mörtelkörper erfolgt über Scherkräfte und radiale Druckkräfte. Die Rissesicherheit des Wellrohres ist gewährleistet, da es innen und aussen lückenlos vom Injektionsgut umschlossen ist. Zusätzlich zu ihrer Funktion als äussere Sperre gegen das Eindringen von Grund- oder Bergwasser übernimmt das Hüllrohr aus Polyäthylen auch den zuweilen wichtigen Schutz des Ankers gegen vagabundierende Ströme [12] und deren korrosive Auswirkungen.

Bei der Injektion der Verankerungslänge mit Zementmörtel wird das sogenannte «Mono-Injektionsverfahren» angewendet. Dieses besteht darin, dass über ein zentrales Injektionsrohr *in einem einzigen Arbeitsgang* sowohl der Hohlraum inner- und ausserhalb des PE-Hüllrohres mit Mörtel bis hinter die verankerte Konstruktion verpresst wird. Dieses Verfahren erleichtert die Kontrolle des Injektionsvorganges. Ein Ausfliessen oder Versickern des Mörtels in den Baugrund entlang des Bohrloches kann am Mörtelspiegel im Bohrloch beobachtet werden. Der «Mono-Injektionsanker» löst den früher eingebauten Manschettenanker ab, bei dem



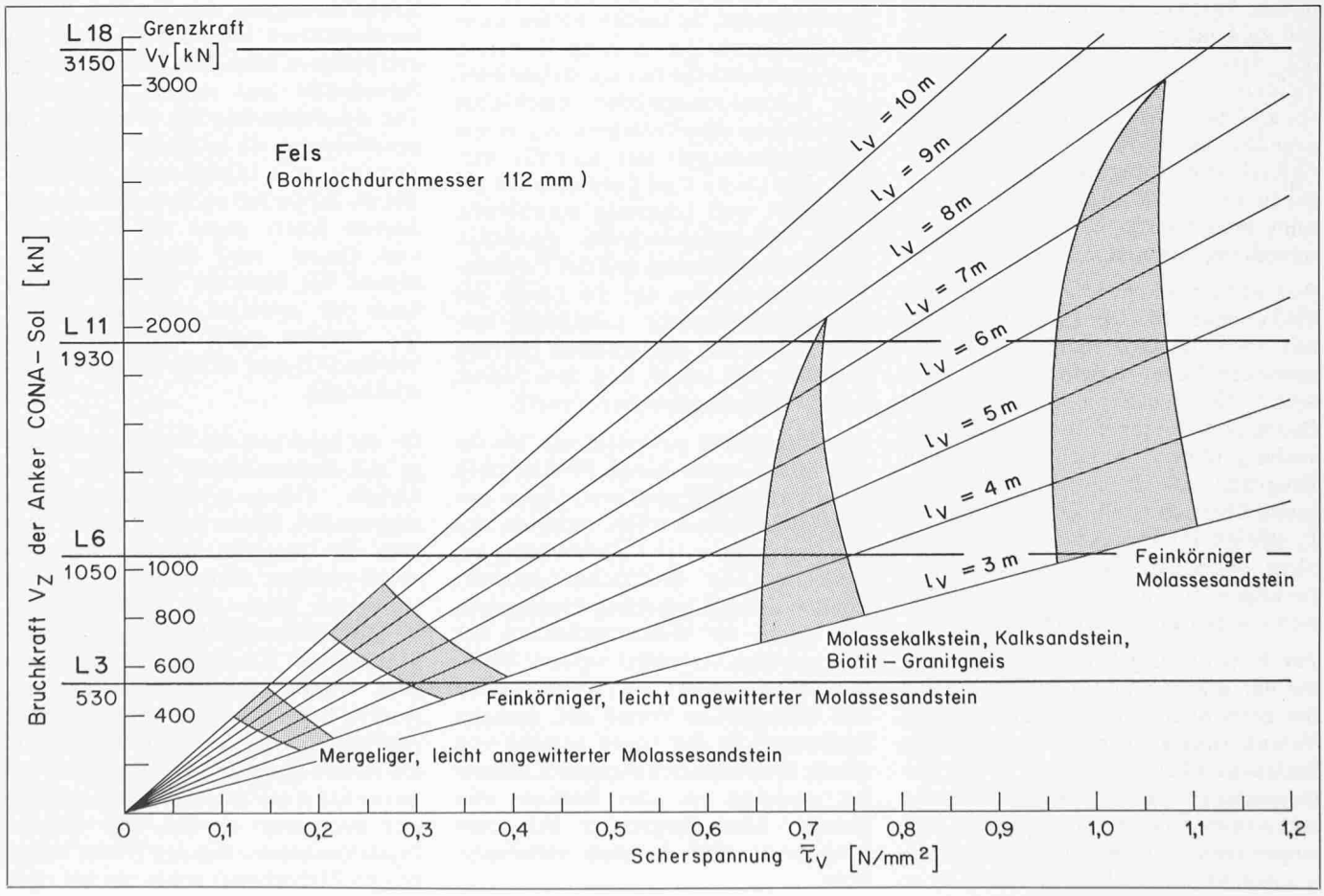


Bild 3 (oben) und 4 (unten). Nomogramme zur Abschätzung der Ankergrösse und der Verankerungslänge in nichtbindigen Böden und im Fels. Abhängig von der Boden- [8] und Felsqualität [18] können die Grenzkraft V_V und die mittlere Scherspannung $\bar{\tau}_V$ in einem Bohrloch von ∅ 112 mm ermittelt werden und damit die maximal mögliche Ankergrösse und die Verankerungslänge gewählt werden

ein Dichtungskörper am Übergang der Verankerungsstrecke zur freien Länge das Hochsteigen des Mörtels in die freie Länge verhinderte. Durch den Einbau einer einzigen Injektionsleitung und durch das Wegfallen des Dichtungskörpers kann der Ankerdurchmesser und damit der Durchmesser des Bohrloches nochmals reduziert werden.

Die *Spannbarkeit des Ankers* bleibt, trotz der vor dem Spannen injizierten freien Länge, wegen der PE/Fett-Ummantelung jeder Litze voll erhalten. Der *Korrosionsschutz des Ankerkopfes* wird im Normalfall am einfachsten und sichersten dadurch gewährleistet, dass er *mit genügender Mörtelüberdeckung* einbetoniert wird. In Spezialfällen und bei allen Ankern, die kontrollierbar und nachspannbar bleiben müssen (siehe nächster Abschnitt), wird der Ankerkopf mit einer verzinkten Stahlhaube geschützt, die auf die ebenfalls verzinkte Ankerplatte geschraubt und mit Korrosionsschutzfett ausgepresst wird.

Kontrollierbarkeit und Nachspannbarkeit

In Bauobjekten mit permanenten Ankern werden bis zu 10% der Anker (von der Ankerklasse abhängig) *als Kontrollanker* ausgebildet. Kontrollanker müssen dauernd zugänglich und nachspannbar sein. Ankerköpfe von Kontrollankern sind mit einem Aussengewinde versehen. Zur Kontrolle der Ankerkräfte können unter die Ankerköpfe Kraftmessdosen eingebaut und periodisch abgelesen werden, oder es kann mit der Spannpresse die Ankerkraft kontrolliert und wenn nötig nachgespannt werden.

Beim Nachspannen werden zwischen Ankerkopf und Ankerplatte sogenannte *Stützschalen* (2 Halbrohre) eingebaut, deren Länge dem zusätzlich anfallenden Dehnweg entspricht. Ein teilweises oder vollständiges Entspannen von permanenten Ankern ist eher selten erforderlich, jedoch ohne weiteres möglich, wenn schon beim Spannen der Ankerkopf auf Stützschalen abgestützt wird. Diese Lösungen sind vorteilhaft, da die auf den Litzen festgebissenen Keile nicht gelöst werden müssen und der Einfluss des Keilsetzmasses eliminiert wird.

Zur Erleichterung der Überwachung und Gewährleistung der Sicherheit von verankerten Bauwerken hat sich der *Überwachungsvertrag zwischen Bauherr und Ankerfirma* bewährt. Nach im voraus vereinbarten Bedingungen werden ohne Aufforderung genau festgelegte Kontrollen durch die Ankerfirma periodisch durchgeführt.

Tabelle 1. Standardankertypen CONA-Sol

Typ	*L3*	*L6*	*L11*	*L18*	*L30*
Anz. Litzen ∅ 0,5″	3	6	11	18	30
Fe [mm²]	297	594	1089	1782	2970
Bruchkraft V_Z [kN]	530	1050	1930	3150	5260
Max. zul. Prüfkraft V_P [kN]	450	880	1620	2650	4420

Im Überwachungsvertrag werden unter anderem die folgenden Punkte geregelt:

- Verantwortlichkeiten
- Kontrolltermine
- zulässige Grenzwerte der Ankerkräfte und Deformationen
- Kontrollbericht
- Kosten

Mit dem Abschluss eines Überwachungsvertrages haben Bauherrschaft, Bauleitung und projektierender Ingenieur die Gewissheit, dass die vorgesehenen Kontrollen termingerecht durchgeführt werden. Periodisch erhalten sie nach jeder Kontrolle unaufgefordert die Messwerte und deren Auswertung. Die Ankerfirma ihrerseits kommt in den Besitz einer Vielzahl von Versuchsresultaten, die ihr erlauben, das Verhalten von Gründungsankern unter verschiedensten Bedingungen zu beurteilen. Daraus ergeben sich oft wertvolle Hinweise für Weiterentwicklungen.

Anwendungsbereiche

Litzenanker werden als Fels- wie auch als Bodenanker *mit unverändertem Aufbau* eingebaut. Temporäre und permanente Anker unterscheiden sich vorwiegend in den Massnahmen für den Korrosionsschutz (siehe Abschnitt Korrosionsschutzsystem). Die nominellen Bruchkräfte der lieferbaren Anker variieren von 180 kN (1 Litze ∅ 0,5″) bis 5260 kN (30 Litzen). Spannstahlquerschnitt und Ankerkräfte sind gemäss Tabelle 1 abgestuft. Die Verwendung von Standardankertypen ist aus preislichen Gründen zu empfehlen. Diese Abstufung wurde aufgrund der Litzenzahl festgelegt. Durch Weglassen von einzelnen Litzen sind jedoch grundsätzlich beliebig grosse Ankerkräfte möglich. Für steigende Anker muss – wegen der zusätzlich erforderlichen Entlüftungsleitung, die bis ans Ende der Verankerungsstrecke geführt wird – das Zugglied um eine Litze reduziert werden.

Ankerprüfung nach Norm SIA 191 «Boden- und Felsanker»

Die Norm SIA 191 verlangt, dass alle Anker mit einer Prüfkraft, die grösser ist als 200 kN, *mit der einfachen Spannprobe* und 3–6% der Anker (je nach Ankerklasse) *mit der ausführlichen Spannprobe* zu prüfen sind; sie empfiehlt zudem, bei Verankerungen in einem Baugrund, dessen Verhalten und Tragfähigkeit nicht bekannt sind, Versuchsanker einzubauen. Die Anzahl der Versuchsanker soll 1–2% der Anzahl der auszuführenden Gebrauchsanker betragen. Da die Prüfkraft beim Ankerversuch bis zum nominellen Wert der Bruchkraft des Gebrauchsankers oder bis zum Versagen des Verankerungskörpers gesteigert wird, muss das Zugglied des Versuchsankers verstärkt werden, um den Spannstahl nicht über seine Streckgrenze hinaus zu beanspruchen. Dabei müssen Bohrlochdurchmesser und Ankeraufbau jedoch beibehalten werden, damit Rückschlüsse auf die Grenzkraft des Gebrauchsankers zulässig sind.

Für Ankerversuche und ausführliche Spannproben werden *hohe Messgenauigkeiten* verlangt, nämlich 2% für Deformationen und 3% für Kräfte; dies bedingt den Einsatz entsprechender Präzisionsmessinstrumente. Die Kraftmessung erfolgt mit Druckdymanometern (heute meistens mit elektrischer Signalübertragung und über Digitalanzeige) oder mit Feinmessmanometern; die Deformationen werden mit Messuhren mit einer Ablesegenauigkeit von 1/100 mm ermittelt.

Die Norm nennt zwei Möglichkeiten zur Bestimmung der Relation zwischen Kraft und Deformation während den vorgeschriebenen Wartezeiten. Aus praktischen Gründen wird in der Regel die Kraft konstant gehalten und die Deformationsänderung gemessen. Die hohen Genauigkeitsanforderungen können nur von ausgebildetem Personal erfüllt werden, welches die Verantwortung für die Überwachung der Ankerprüfung und die zuverlässige Protokollierung der Messwerte übernehmen kann.

Zur *Aussagekraft der Spannproben auf das Langzeitverhalten* der Anker sei auf die Untersuchungen von *J. Huder* [7] hingewiesen, der in seinem Kommentar zur Norm zeigt, dass ein Anker, der die Bedingungen der Spannprobe erfüllt hat, nachträglich nur noch vernachlässigbare Kraftverluste infolge Kriechens des Verankerungskörpers aufweist.

Typische Beispiele ausgeführter Objekte

Rigi-Kaltbad, Sanierung des Erdrutsches
(Bild 5, 6)

Permanente Pfahlwandverankerung. Eigengewicht der Rutschmasse 500 MN. 16 Anker Typ L11, Länge 24–27 m.

Max. Prüfkraft: $V_P = 1620$ kN
Ankerklasse 6, Gebrauchskraft: $V_G = 1000$ kN
Verankerungslänge: $l_V = 5$ m in der Rigi-Nagelfluh

Bauherr: Einwohnergemeinde Weggis
Projektverfasser und Bauleitung: A.F. & J. Steffen, Ing.-Büro, Luzern
Geologe: Dr. A. von Moos AG, Zürich
Deformationsmessungen: Dr. U. Vollenweider, Ing.-Büro, Zürich (Slope Indicators); Vermessungsamt des Kantons Luzern (Oberflächenverschiebungen)
Sondierbohrungen: Dicht AG, Luzern
Bohrpfähle und Verankerungsbohrungen: Swissboring AG, Volketswil
Unternehmer: Bau AG, Erstfeld

Amden, Steinschlag-Galerie Mattstock
(Bild 7, 8)

Permanente Verankerung der Konsolfundamente. 35 Anker Typ L18 (L11), Länge 21–28 m.

Max. Prüfkraft: $V_P = 2650\,(1620)$ kN
Ankerklasse 6, Gebrauchskraft: $V_G = 1470\,(980)$ kN
Verankerungslänge: $l_V = 7$ m in basalem, wenig verwittertem Schrattenkalkstein

Bauherr: Gemeinde Amden
Projektverfasser: Broder & Partner AG, Ing.-Büro, Amden
Bauleitung: Gabathuler & Rigendinger, Ing.-Büro, Sargans
Bauunternehmer: ARGE AG Hch. Hatt-Haller, Rüesch AG, Amden
Bohrunternehmer: Injectobohr AG, Zürich

Zürich, Galerie Wasserwerkstrasse
(Bild 9, 10)

Temporäre Rühlwandverankerung. 191 Anker Typ L6 (L3), Länge 16–26 m.

Max. Prüfkraft: $V_P = 740\,(440)$ kN
Ankerklasse 3, Gebrauchskraft: $V_G = 460\,(290)$ kN
Verankerungslänge: $l_V = 6$ m in heterogenem Moränenmaterial

Bauherr: Tiefbauamt des Kantons Zürich

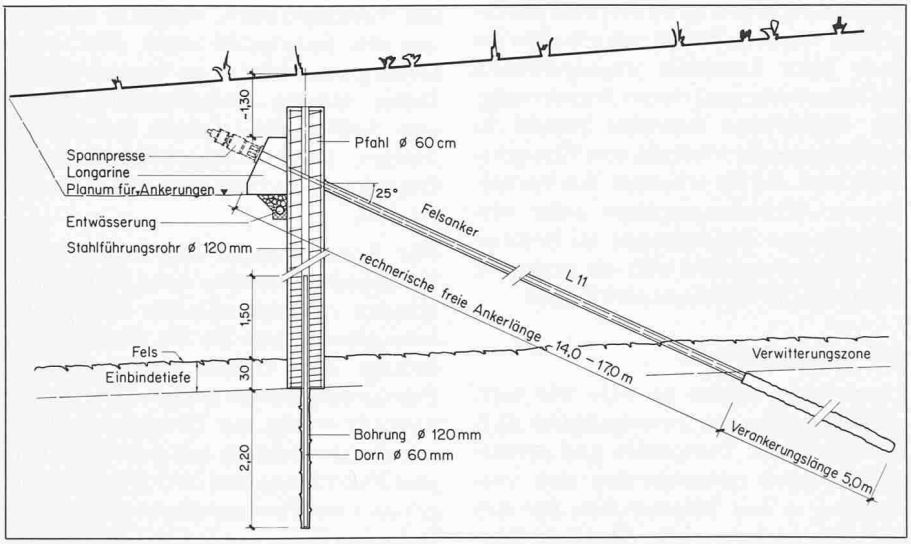


Bild 5. Charakteristischer Querschnitt durch die Pfahlwand mit eingezeichneter Ankerlage

Bild 6. Verschiebung des Bahngeleises als Folge der Hangrutschung vor der Sanierung

Bild 7. Normalprofil der Steinschlag-Galerie

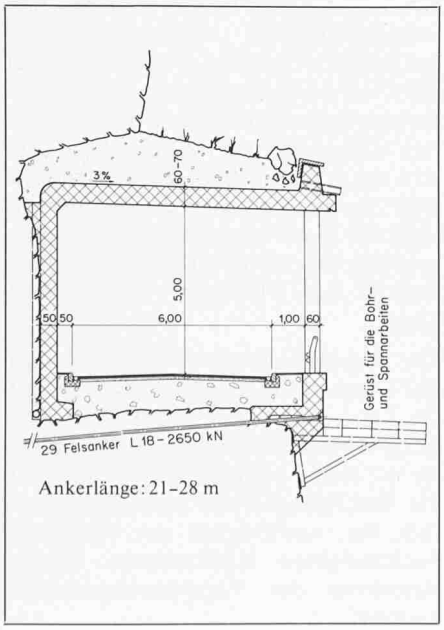
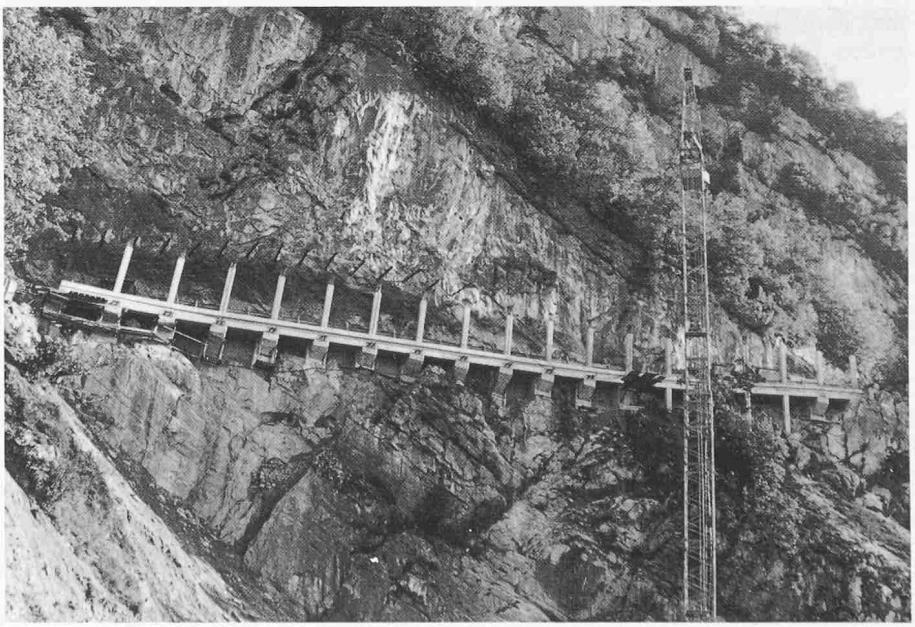


Bild 8. Ansicht der Galerie im Bauzustand



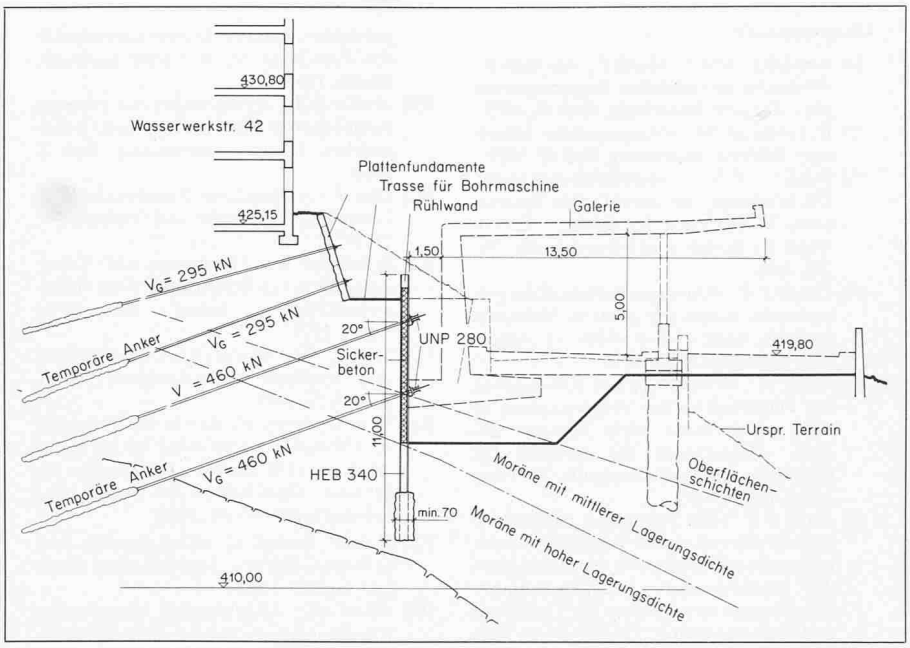


Bild 9. Schnitt durch die Baugrube mit projektierter Galerie

Bild 10. Ansicht der Rühlwand während der ersten Aushubetappe

Bild 11. Antransport des Spannmaterials mit der Seilbahnkabine

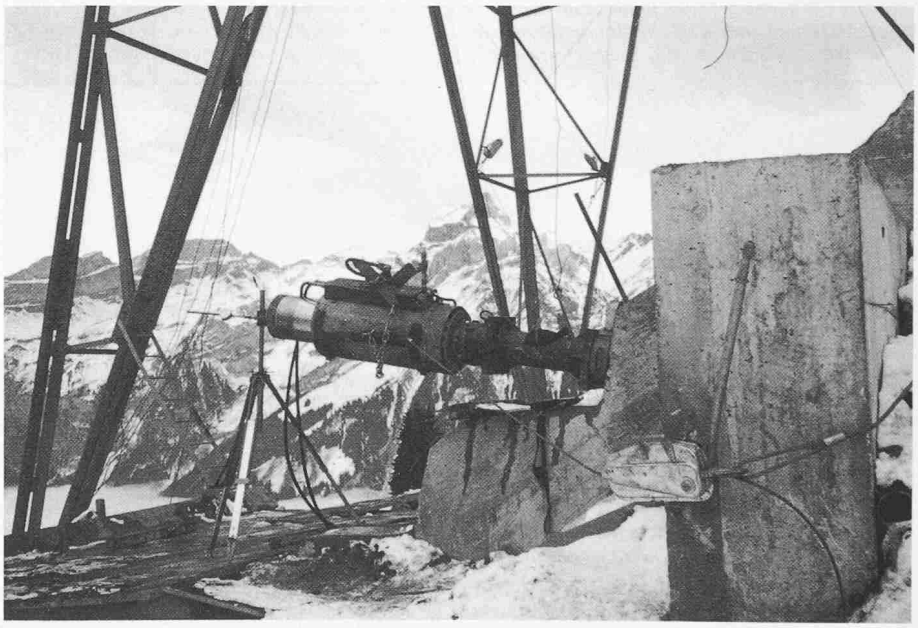


Bild 12. Detailaufnahme des Mastfundamentes während den Spannarbeiten

Projektverfasser: Stucki & Hofacker, Ing.-Büro, Zürich
Bauleitung: Elektrowatt AG, Zürich
Bauunternehmer: Bless AG, Zürich; Fietz & Leuthold AG, Zürich
Bohrunternehmer: Meier & Jäggi AG, Zürich

Engelberg, Luftseilbahn Gerschnialp-Trübsee
(Bild 11, 12)

Permanente Sicherung eines Mastfundamentes. 8 Anker Typ L17, Länge 37 m.

Max. Prüfkraft: $V_P = 2500$ kN
Ankerklasse 6, Gebrauchskraft: $V_G = 1480$ kN
Verankerungslänge: $l_V = 8$ m in Sandsteinfels

Bauherr: LSB Gerschnialp-Trübsee
Geotechnik und Sanierungsprojekt: Dr. F. P. Jaecklin, Ennetbaden
Bauunternehmer: Niederberger AG, Dallenwil
Bohrunternehmer: Swissboring AG, Volketswil

Zusammenfassung

Seit mehreren Jahren sind Gründungsanker mit vorgespannten Litzen im Einsatz. Ihre Wirkungsweise und ihre Besonderheiten werden im vorliegenden Artikel beschrieben und einige typische Anwendungen anhand von Beispielen dargestellt. Der Mechanismus der *Kraftübertragung in der Verankerungslänge* und die genaue Kraftmessung am Ankerkopf werden eingehend behandelt.

Auf folgende *technische Neuerungen* wird besonders hingewiesen:

- Vom Stahlhersteller beschichtete Litzen gewährleisten einen vorzüglichen Korrosionsschutz, ermöglichen kleinere Bohrlochdurchmesser und verbessern die Wirtschaftlichkeit

- Mit dem «Mono-Injektionsverfahren» wird die gesamte Verankerungslänge in einem Arbeitsgang mit Zementmörtel verfüllt. Dadurch kann der Ankerdurchmesser und damit der Aufwand für die Bohrarbeiten reduziert werden
- Bei Verwendung von Ankerköpfen mit Gewinden und Stützschalen kann die Ankerkraft jederzeit kontrolliert, erhöht oder verringert werden
- Ein Überwachungsvertrag gewährleistet eine zuverlässige Kontrolle des Langzeitverhaltens der Anker und erlaubt Rückschlüsse auf die Sicherheit der verankerten Konstruktion

Die Gründungsanker CONA-Sol haben sich im neuzeitlichen Grundbau als vielseitig einsetzbar und wirtschaftlich erwiesen. Sie zeichnen sich aus durch einfache Anpassung an die vielfältigen Bauaufgaben, die sich dem projektierenden Ingenieur und dem Unternehmer stellen.

Adresse der Verfasser: *P. H. Bruder*, dipl. Bauingenieur ETH/SIA, und *K. Heer*, dipl. Bauingenieur ETH/SIA, c/o Stahlton AG, Riesbachstrasse 57, 8034 Zürich.

Literaturhinweis

[1] *Bernath J., Hirt F., Marth E., von Matt U.*: «Versuche an vertikalen Zugverankerungen», Schweiz. Bauzeitung, Heft 48, 1975

[2] *Birkenmaier M.*: «Vorgespannte Felsanker», Schweiz. Bauzeitung, Heft 47, 1953

[3] *Bruder P.H.*: «Sicherheitstechnische Überwachung von verankerten Bauwerken», Mitteilungen der Schweiz. Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik, Nr. 102, 1981

[4] *Delisle J.-P.*: «Ouvrages remarquables précontraints autres que ponts et bâtiments en Suisse entre 1970 et 1974», 7e congrès de la FIP à New York, 1974

[5] *Grade H.*: «Ein Beitrag zur Abschätzung der Tragfähigkeit von Verpressankern in nicht injizierbaren, nicht bindigen Böden». Mitteilungen des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik, TU Hannover, Heft 8, 1974

[6] *Hahn F.R.*: «Ein Beitrag zur Herstellung und zur Ermittlung der Tragfähigkeit von temporären Erdankern in den Bodenarten der Hannoverschen Kreideformation». Mitteilungen des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik, TU Hannover, Heft 6, 1974

[7] *Huder, J.*: «Boden- und Felsanker: Anforderungen, Prüfung und Bemessung», SIA-Dokumentation 27, 1978

[8] *Jelinek, R., Ostermayer H.*: «Verpressanker in Böden», Bauingenieur, Heft 5, 1976

[9] *Lendi P.*: «Beitrag zur erdstatischen Berechnung von Verankerungen im Lockergesteinen», Institut für bauwissenschaftliche Forschung Nr. 6, Verlag Leemann, Zürich, 1969

[10] *Müller H.R.*: «Erfahrungen mit Verankerungen System BBRV in Fels- und Lockergestein», Schweiz. Bauzeitung, Heft 4, 1966

[11] *Otta L.*: «Verankerte Elementwände in Graubünden», Strasse und Verkehr Nr. 12, 1973

[12] *Petermann R.*: «Korrosion und Korrosionsschutz von Stahlbauteilen bei Betonkonstruktionen», Schweiz. Bauzeitung, Heft 1, 1972

[13] *Schurr E.*: «Aufgelöste Elementwand beim Stadtbahnbau in Stuttgart», Bauingenieur 53, 1978

[14] *Wimmersberger P., Racine C., Hertelendy A.*: «Verankerte Stützmauer an der Hätterenstrasse in St. Gallen», Mitteilungen der Schweiz. Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik Nr. 101, 1980

[15] *Wüst P., Sartoris G.*: «Viadotto della Piotta Negra», Schweiz. Ingenieur und Architekt, Heft 43, 1980

[16] *Zweck H.*: «Rückwärtige Verankerung von Baugrubenwänden», Vortragsveranstaltungen, Haus der Technik, Essen, Heft 241, 1970

[17] Diverse Autoren: «Boden- und Felsanker», SIA-Dokumentation 27, 1978

[18] Diverse Autoren: «Erd- und Felsanker», Mitteilungen der Schweiz. Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundationstechnik Nr. 62, 1965

Umschau

Landesforstinventar der Schweiz

(pd). Das Wissen über den Schweizer Wald ist beim Bund und bei den meisten Kantonen ungenügend. Darum wird in den Jahren 1983–1986 das *erste Landesforstinventar* durchgeführt. Die Feldaufnahmen für dieses Inventar mit budgetierten Gesamtkosten von 7,5 Mio. Fr. haben Mitte März in den Kantonen *Graubünden* und *Waadt* begonnen.

Der Bund und die meisten Kantone wissen zu wenig über den Wald. Dem Bund gehört zwar nur ein Prozent der gesamten Waldfläche der Schweiz, er hat aber mit dem *Forstgesetz* wichtige Grundsätze über die Behandlung und Bewirtschaftung der Waldungen aufgestellt und fördert mit *Subventionen* z B. *Waldzusammenlegungen, Waldstrassenbau* und *Lawinenverbauungen*. Der Bund muss über den Zustand und die wichtigsten Entwicklungen im Schweizer Wald auf dem laufenden sein, damit er die auf nationaler Ebene erforderlichen Massnahmen zur Erhaltung der Gesundheit und Produktionskraft des Waldes sowie zur Abwehr von Gefahren treffen kann. Unzureichend sind die heutigen Informationen beispielsweise schon für die Beantwortung der einfachen Fragen, wieviel Wald es in der Schweiz gibt oder wie gross die mögliche Holznutzung des Schweizer Waldes ist.

Die bisherigen Erfahrungen sowie besondere Untersuchungen haben gezeigt, dass die als Planungs- und Entscheidungsgrundlagen benötigten Informationen nicht einfach bei Waldeigentümern und Förstern erfragt werden können. Daten auf lokaler Ebene – soweit überhaupt vorhanden – sind zu verschieden, als dass sie einfach zusammengezählt werden könnten. Deshalb hat der Bundesrat am 12. Aug. 1981 die Mittel für ein modernes Landesforstinventar bereitgestellt und die *Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen* in *Birmensdorf* mit der Durchführung der Erhebungen beauftragt.

Stichproben geben Auskunft

Dass Stichproben auf rationelle Weise aussagekräftige Ergebnisse für grosse Untersuchungsgebiete liefern können, ist seit Jahrzehnten bekannt. Aus vielen Sparten der Wirtschaft – insbesondere der Marktforschung – sind Stichprobenerhebungen nicht mehr wegzudenken und gehören zur gängigen Praxis der Informationsbeschaffung. In der Forstwirtschaft haben Stichproben bereits eine lange Tradition. Unsere Nachbarländer führen ihre Landesforstinventare mit Stichprobenerhebungen durch. Im schweizerischen Landesforstinventar wird mit einer Stichprobe je Quadratkilometer – d. h. mit insgesamt 11 000 Waldstichproben bei einer Waldfläche von 1,1 Mio. Hektaren – nur ungefähr der zweitausendste Teil der gesamten Waldfläche erfasst. Aber schon mit dieser «kleinen» Stichprobe von einem halben Promille kann der gesamte Holzvorrat im Schweizer Wald auf ein Prozent genau bestimmt werden. Je Stichprobe werden ungefähr zwölf Bäume genau ausgemessen.

Nicht nur aufwendige Stichproben im Wald können gute Informationen liefern. Wir sind in der Schweiz in der Lage, dass aktuelle *Landeskarten* und *Luftbilder* in guter Qualität über das ganze Areal der Schweiz vorliegen. Auch diese Informationsträger werden im Landesforstinventar voll ausgenutzt. Landeskarten enthalten das Strassennetz und sind somit geeignet, Auskunft darüber zu geben, mit welchem Aufwand eine allfällige Holznutzung verbunden ist. Auf dem Luftbild kann im Büro entschieden werden, ob sich eine Stichprobe im Wald befindet oder nicht. Dadurch werden unnötige Wegzeiten der Feldequipen verhindert. *Befragungen der lokal tätigen Förster* ergänzen die