

Verankerungen im Fels und Lockergestein: zusammenfassende Bemerkungen zur Tagung der Schweiz. Gesellschaft für Bodenmechanik und Foundationstechnik über Erd- und Felsanker vom 14./15. Mai 1965 in Zürich

Autor(en): **Gilg, B.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **84 (1966)**

Heft 6

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-68835>

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.

Verankerungen im Fels und Lockergestein

DK 624.131.531.3.001.5

Zusammenfassende Bemerkungen zur Tagung der Schweiz. Gesellschaft für Bodenmechanik und Foundationstechnik über Erd- und Felsanker vom 14./15. Mai 1965 in Zürich

Von Dr. sc. techn. B. Gilg, Zürich

1. Einleitung

Es ist nicht ganz einfach, zur Fülle des an der Tagung über Erd- und Felsanker zusammengetragenen Stoffes noch einen wesentlichen Beitrag zu leisten. Nun geht aber einerseits aus dem grossen Interesse, welches diese Tagung gefunden hat, und andererseits aus der Vielzahl der nicht immer ganz widerspruchsfreien Einzelheiten, welche in den verschiedenen Referaten geboten wurden, deutlich hervor, dass die Verankerungstechnik heute zwar eine sehr beliebte Methode zur Bewältigung schwieriger Bauaufgaben darstellt, dass sie aber noch verschiedene Probleme aufwirft, welche nicht unbehandelt bleiben dürfen, sofern man weitere wesentliche Fortschritte erzielen will. Es soll also in der Folge möglichst systematisch auf die verschiedenen Fragen eingetreten werden.

2. Einteilung der Systeme

Es bestehen eigentlich zwei prinzipiell verschiedene Systeme, nämlich die *schlaffen Anker* und die *vorgespannten Anker*. Dabei dürfen wir das Wort Zuganker wohl mit gutem Gewissen aufgeben, denn ein Anker wirkt ja nie auf Druck; dies wäre eher eine Stütze oder ein Spriess.

Der erste Typ, der schlaffe Anker, ist entweder als Pfahl, als Nagel oder als Bolzen ausgebildet und weist im unbelasteten Zustand keine nennenswerten Spannungen auf. Eine Beanspruchung tritt erst ein, wenn sich das Medium, in welchem der Anker eingebracht wurde, verformt, oder wenn man eine äussere Kraft anhängt.

Der zweite Typ, der mehr oder weniger stark vorgespannte Anker, erhält seine Beanspruchung zum grossen Teil ohne äussere Last und wird durch deren Anbringen oder durch Verformung des Mediums, in welchem er sich befindet, nur noch in einem relativ geringen Masse beeinflusst. Dagegen beanspruchen die Vorspannanker das Medium selbst meist sehr stark.

3. Wirkungsweise

a) Schlaffe oder leicht vorgespannte Anker sowie Zugpfähle

Bringt man die Nutzlast (Zuglast) an, so wird diese längs der Verankerungsstrecke in eine Schubspannung umgewandelt und somit auf eine gewisse Fläche verteilt an das Medium abgegeben. Dabei sind bei der Bestimmung der tatsächlichen Übertragungslänge die Einflüsse des Elastizitätsmoduls des Ankers und des Verformungsmoduls des Mediums zu berücksichtigen. Falsche Abschätzungen können zum Ausreißen führen, wenn die tatsächlich vorhandene Schubspannung die berechnete weit überschreitet und eventuell die Grösse der Bruchspannung erreicht.

Ist das Medium bereits vor dem Anbringen von äusseren Lasten starken Verformungen unterworfen, indem es zum Beispiel unter Wassereinfluss quillt oder unter Eigengewicht kriecht, so werden die Schlaffanker zu «natürlich» vorgespannten Elementen. Im Fels ergibt sich daraus eine Kompression der Schichten verbunden mit erhöhter Kluftrichtung und somit auch erhöhter Scherfestigkeit.

b) Vorspannanker

Ohne äussere Last erzeugt der Vorspannanker nach erfolgter Vorspannung im Medium einen Spannungszustand, welcher von dessen charakteristischen Eigenschaften abhängt und nicht immer leicht zu erfassen ist. Der Vorspannanker verändert also den Habitus des Mediums entscheidend; er wirkt im Fels kluftschliessend und erhöht so die innere Reibung und die Festigkeit. Das selbe geschieht natürlich auch im Lockergestein. Durch eine Erhöhung des Korn-zu-Korn-druckes wird der Scherwiderstand heraufgesetzt.

Allerdings bewirkt der Vorspannanker auch eine Verformung des Mediums, welche in einen elastischen und in einen plastischen Anteil zerfällt. Dieser zweite kann unter Umständen sehr gross sein. Verformungen beeinflussen die Vorspannkraft. Sind sie plastisch, so nimmt die Kraft und dementsprechend die verbessernde Wirkung allmählich ab; im Extremfall, das heisst bei geringer anfänglicher Vorspannung und stark kriechenden Medien, kann sie sogar verschwinden. Darum sind Anker mit hoher Vorspannungskonzentration vorteilhaft.

Beim Anhängen von Lasten an vorgespannte Anker sind im übrigen hochgespannte Stähle bevorzugt, da die Anhängkraft bis zur Vorspannkraft V gehen kann, ohne dass sich der Anker wesentlich dehnt. Es tritt lediglich eine Umlagerung der Spannungen im Medium

ein. Handelt es sich beispielsweise um einen Anker mit kaltgereckten Drähten vom Typ Stahl 130/150, wobei die erste Zahl die Spannung in kg/mm^2 bei 0,2% bleibender Dehnung, die zweite die Bruchspannung anzeigt, so wird als Vorspannung rd. 75%, d. h. etwa 100 kg/mm^2 gewählt. Ist dies die einzige Beanspruchung des Mediums, so breitet sich die unter Spannung gesetzte Zone von der Ankerplatte birnenförmig aus, um sich bei der Verankerungsstrecke hinten im Fels oder Lockergestein wieder zu verengen. Wird nun eine der Vorspannungskraft entsprechende Zugkraft an den Anker angehängt, so wird sich die Beanspruchung des Mediums verändern und konisch von der Verankerungsstrecke aus gegen die Bodenoberfläche ausbreiten; der Anker selbst aber ändert seine Dehnung kaum. Selbst wenn die Anhängkraft eine Wechsellast ist, bei welcher die Extremwerte ziemlich weit auseinander liegen, werden dem Anker keine Spannungswechsel zugemutet, welche durch Ermüdung die Festigkeit in stärkerem Masse herabsetzen könnten.

4. Statik des Ankers und des Mediums

Verankerungen werden meist in natürlichem Boden vorgenommen, sei es nun im Fels oder im Lockergestein. Nun gibt es aber für die Statik nichts Ungeeigneteres als unsere Erdkruste, da sie alle möglichen Heterogenitäten aufweist. Deshalb ist die Statik der Ankersysteme bekanntlich ein etwas unklares Problem. Versucht man, wie dies in einigen Vorträgen geschehen ist, hier einige Systematik hineinzubringen, so wäre etwa folgender *Berechnungsgang* vorzuschlagen:

a) Erdanker

1. *Schritt.* Aufzeichnen des Geländes zum Beispiel hinter einer zu verankernden Stützmauer, sowie von dessen Eigenschaften und den bereits bestehenden Belastungen.

2. *Schritt.* Aufsuchen einer Gleitfläche im Gelände mit genügender Sicherheit, wobei die Formeln von Bishop oder Janbu benützt werden und ein Sicherheitsfaktor mit bzw. ohne Erdbeben vorzuschreiben wäre (z. B. $F_{\text{ohne Erdbeben}} = 1,5$, $F_{\text{mit Erdbeben}} = 1,3$).

3. *Schritt.* Verankerung der Stützmauer (Baugrubenumschliessung) bis zu dieser Gleitfläche mit einer oder mehreren Ankerlagen. Berechnung des nötigen Ankerzuges nach rein statischen Gesichtspunkten zum Beispiel im Hinblick auf das Gleichgewicht der Stützmauer.

4. *Schritt.* Berechnung der nötigen Anzahl Anker auf Grund der *zulässigen Ankerkraft*, bei welcher das Ausreißen massgebend ist. Berücksichtigung der Gruppenwirkung, eventuell Anordnung von mehreren «Stockwerken» von Ankern. Dazu wäre zu bemerken, dass offenbar gerade in der Frage des Ausreisens die Theorien zum Teil noch etwas widersprüchlich sind.

Betrachtet man *einen Anker allein*, so ist das Ausreißen wohl in erster Linie von der Haftung abhängig. Wir haben aber gehört, dass eine solche Haftung nur auf eine Länge von rd. 4 m wirklich wirksam sein kann. Diese Länge, multipliziert mit dem Zylinderumfang des haftenden Elementes, ergibt die Haftfläche, welche mit einer aus Versuchen zu bestimmenden Haftspannung zu multiplizieren ist. Daraus resultiert die Ankerkraft. Es sind demnach Versuche über die Grenzhaftspannung in verschiedenen Medien nötig. Ferner sollten längs des Haftteils von eingebauten Ankerstrecken Dehnungsmessungen ausgeführt werden, damit die Frage der Verteilung näher erforscht werden kann.

Betrachtet man nun aber *eine ganze Gruppe von Ankern*, so muss der Belastungszustand des ganzen Erdblockes zwischen der hinteren Gleitfläche und der vorderen Stützmauer oder Spundwand ins Gleichgewicht gesetzt werden. Hier besteht bekanntlich die Berechnungsmethode nach Kranz; doch scheint sie nicht unanfechtbar, denn sie berücksichtigt offenbar den tatsächlichen Spannungszustand nicht ganz richtig, da Kranz ja an und für sich mit schlaffen Ankern rechnet.

Ich möchte deshalb anregen, dass dieses Problem erdstatisch einmal genauer untersucht wird.

5. *Schritt.* Berechnung und Dimensionierung der Stützmauer oder Baugrubenumschliessung, nachdem die zulässige Ankerkraft pro m Wand bestimmt ist. Hierbei ist natürlich der Erddruck möglichst genau einzusetzen. Im übrigen spielt die Steifigkeit der Wand für das statische Verhalten eine wichtige Rolle, was die Berechnung bedeutend kompliziert.

b) Felsanker

Man könnte nun die Berechnungsbeispiele auch auf Felsanker, zum Beispiel auf verankerte Staumauern ausdehnen. Das Verfahren wäre analog. Das Aufsuchen der möglichen Gleit- oder Ablöseflächen erfordert hier natürlich die genaue Kenntnis der geologischen Struktur und dürfte oft nur näherungsweise gelingen.

5. Besondere Merkmale der Vorspannanker

Wir haben gehört, dass die plastische Nachgiebigkeit des Mediums die Vorspannung stark beeinflusst. Während dies im Fels ($E = 20000 \div 200000 \text{ kg/cm}^2$) wenig mehr als einige Prozent ausmachen dürfte, so kann dies im Erdmaterial einen grossen Einfluss haben. Hier ist also das Nachspannen sehr wichtig. Lockergesteinsanker sollten daher nicht mit Zement injiziert werden, damit eine solche Korrektur möglich ist.

Mit dem Nachspannen kann auch dem Verlust an Vorspannung infolge der Relaxation in den Stahlgliedern begegnet werden.

Wohl ist zum Beispiel bei einer Baugrubenabschliessung das Spannsystem überflüssig, sobald der Bau errichtet ist. Dagegen muss bei Stützmauern die Stabilität auf Jahrzehnte hinaus gesichert sein. Dasselbe gilt für die Abspannungen von Seilbahnen, Masten und Kranträgern und speziell für die Erhöhung oder Verankerung von Talsperren.

Hier ist es nicht ohne weiteres ratsam, die Zement-Injektionen zu unterlassen, oder durch ein anderes Vorgehen zu ersetzen, damit alle paar Jahre nachgespannt werden kann, denn die Korrosion, der besondere Feind der Vorspanndrähte, könnte sonst ihr Werk verrichten. Also sollten vielleicht einige spezielle Messkabel eingebaut werden, welche gegen Korrosion besonders wirksam geschützt werden, und von Zeit zu Zeit eine Kontrollmessung erlauben, die dann für die anderen Kabel als stellvertretend anzusehen ist.

6. Beurteilung und Empfehlungen

Schlaffe oder leicht gespannte Anker sind nach wie vor zur Sicherung von lokalen Felspartien oder als Gewölbeverstärkung geeignet; doch dürfte ihr Anwendungsbereich stets beschränkt bleiben.

Die sogenannten Zugpfähle behalten vor allem dort ihren entscheidenden Vorteil, wo eine Verankerung im Verlaufe der Zeit öfters auch als Stütze benützt werden muss. Darüber hinaus ist die Wirkung des Zugpfahles nicht beeinträchtigt, wenn sich zum Beispiel das ganze Gebäude samt Pfahl setzen sollte. Hier kann der Zugpfahl gegenüber einem vertikalen Vorspannanker sogar sehr im Vorteil sein, denn letzterer würde bei späteren Gebäudesetzungen sukzessive an Spannung einbüßen. Ferner lassen sich Zugpfähle mit der Unterwasserbetonierung von Foundationen verbinden.

In den überwiegenden Fällen ist aber der Vorspannanker unbestritten die beste Lösung, und zwar ein Anker mit Stahlgliedern aus gezogenem und angelassenem Stahl hoher Bruchfestigkeit und hoher Korrosionsbeständigkeit. Er wird verwendet zu vorübergehenden Zwecken wie zum Beispiel beim Ausbruch einer Kavernenzentrale von oben nach unten, zur Sicherung von Bauinstallationen in engen Gebirgstälern, oder während des Aushebens einer umschlossenen Baugrube in dicht besiedelter Gegend. Dies wurde in den verschiedenen Referaten ja deutlich vor Augen geführt. Er wird aber auch als Devinitivum verwendet für Felsicherung im Kavernenbau, Erhöhung der Haftfestigkeit von Felskörpern, Abspannen von Masten, Verankerung von Stützmauern, Seilbahnstationen, Sendetürmen und sogar Talsperren. Er dient bei schwierigen Fundationsverhältnissen, seien sie nun durch Grundwasser oder durch extreme äussere Belastung verursacht. Eine sehr günstige Disposition besitzt der Anker, bei welchem die Verankerungsstrecke als Rohr ausgebildet ist. Das Zugglied wird zu hinterst im Rohr eingeschraubt, so dass dieses nach aufgebrachtter Vorspannung eine Längsdruckspannung erhält. Es wird sich dann in der Querrichtung dehnen und so ins Injektionsgut zwischen Anker und Boden einpressen.

Vorspannanker mit unklar definierter Haftlänge dürften dagegen keine interessante Zukunft haben.

Zu empfehlen ist die Vervollkommnung der bereits bestehenden Systeme sowie die Weiterführung von Versuchen, wenn möglich auch während längerer Zeit, zur Abklärung der Fragen der *Haftung*, des *Ausreissens*, der *Relaxation* und des *Kriechens der Medien*. Zweckdienlich wären auch Messungen an ausgeführten Ankern mittelst Dehnungsmessstreifen, Dynamometern und eventuell elementarer Geodäsie. Interessant wäre ferner die Abteufung von Pendelschächten im Fels oder Lockergestein und die genaue Erfassung der Verformung während der Vorspannung. Weiter ist die Entwicklung von korrosionsfesten Ankern für den definitiven Gebrauch, aber auch zu Messzwecken zu begrüssen.

Ferner ist die Ausarbeitung von strengen statischen Berechnungsmethoden dringend nötig. Endlich wäre es auch nützlich, über eventuelle Misserfolge in der Fachpresse zu referieren. Denn die Weiterentwicklung der Verankerungstechnik ist ja nicht aufzuhalten; doch sollten alle beteiligten Ingenieure ihr möglichstes tun, um die Anstrengungen sinnvoll zu koordinieren.

Adresse des Verfassers: Dr. B. Gilg, Elektro-Watt, Talacker 16, 8001 Zürich.

Erd- und Felsanker

Übersicht über die Veröffentlichung der Vorträge, welche an der Tagung der Schweiz. Gesellschaft für Bodenmechanik und Foundationstechnik am 14./15. Mai 1965 in Zürich gehalten worden sind.

Dr. J. Huder: Erdanker, ihre Wirkungsweise und ihre Berechnung. SBZ 1965, H. 35, S. 601.

H. G. Elsaesser: Erfahrungen mit vorgespannten Fels- und Alluvialankern, System VSL. H & T 1965, H. 47, S. 1261.

Ch. Comte: L'utilisation des ancrages en rocher et en terrain meuble. BT 1965, H. 22, S. 325.

H. R. Müller: Erfahrungen mit Verankerungen System BBRV in Fels- und Lockergestein. SBZ 1966, H. 4, S. 77.

A. Müller: Verankerungspfähle, System MV. H & T 1965, H. 47, S. 1287.

E. Weber/Dr. H. Bendel: Injektionszuganker, System Stump Bohr AG. SBZ 1966, H. 6, S. 116.

Dr. K. Bauer: Injektionsanker, System Bauer. H & T 1965, H. 47, S. 1265.

Dr. B. Gilg: Verankerungen im Fels und Lockergestein, Zusammenfassung. SBZ 1966, H. 6, S. 124.

A. Mayer: Ancrage d'une paroi moulée dans le sol. BT 1965, H. 25, S. 373.

L. Pliskin: Ancrages précontrains dans le rocher système Freyssinet. BT 1965, H. 16, S. 253.

H. Blattmann: Fels- und Schalungsanker Typ «Arefix». H & T 1965, H. 47, S. 1277.

K. Frey: Perfo-Anker-Methode. H & T 1965, H. 47, S. 1274.

Hr. Meissner: Ankerpfähle System «Monierbau». H & T 1965, H. 47, S. 1280.

R. Barbedette: Le tirant SIF «T. M.» pour terrains meubles. BT 1966, H. 1, S. 13.

J. C. Ott: Les ancrages longs en rochers. BT (noch nicht erschienen).

Sämtliche Vorträge wurden in der schweizerischen Fachpresse publiziert. (SBZ = Schweizerische Bauzeitung, BT = Bulletin Technique de la Suisse Romande, H & T = Hoch- und Tiefbau) und werden im Frühling dieses Jahres als Mitteilung Nr. 62 der Schweiz. Gesellschaft für Bodenmechanik und Foundationstechnik erscheinen.

Mitteilungen

Persönliches. Am 26. Januar 1966 wurde in London Dr. ing. *Gaston Borgeaud*, technischer Direktor der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur, von der Institution of Mechanical Engineers der George Stephenson Research Prize 1964 überreicht, in Anerkennung seiner Untersuchungen über Achsdruckänderungen unter der Einwirkung der Zugkraft bei Drehgestell-Lokomotiven.

Ing. *P. Soutter* hat sich am 31. Dezember 1965 aus dem von ihm im Jahre 1928 gegründeten Ingenieurbureau zurückgezogen. Dieses wird ab 1. Januar 1966 vom Teilhaber Ing. *W. Schalcher* weitergeführt. Gleichzeitig wird *R. Favre*, dipl. Ing. ETH, als Mitarbeiter in die Leitung aufgenommen. *P. Soutter* wird weiterhin als Berater wirken. Die neue Firmabezeichnung lautet: *W. Schalcher, Mitarbeiter R. Favre, Ingenieure SIA für Hoch- und Tiefbau, vormals Soutter & Schalcher*.

VDI-Bildungswerk. Das VDI-Bildungswerk des Vereins Deutscher Ingenieure veranstaltete im Jahr 1965 insgesamt 51 (1964 = 34) Lehrgänge mit rund 3000 (2000) Teilnehmern. Die Lehrgänge umfassten 25 Themen, die sich über ein sehr weites Gebiet der Technik erstreckten. Es gehörten dazu: Planung von Lagern und Lagerhäusern, Automatisierung mit kleinen Mitteln, Praktische Regelungstechnik, Vakuumtechnik, Kunststoffe im Maschinenbau und Energiewirtschaft im Betrieb. Im Jahre 1966 wird das VDI-Bildungswerk seine Tätigkeit weiter verstärken. In das Lehrgangsprogramm werden zahlreiche weitere Themen aufgenommen werden, darunter Reinhaltung der Luft, Mechanische Schwingungen von Maschinen, Anwendungen theoretischer Verfahren in der Regelungstechnik und Blasen von Kunststoffhohlkörpern.

Leca-Beton. Die Firma AG Hunziker & Cie in Zürich hat unter dem Titel «Leca-Beton» eine Schrift herausgegeben, in welcher die