

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 77 (1959)  
**Heft:** 47

**Artikel:** Vorgespannte Felsanker  
**Autor:** Walther, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-84354>

### **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:** 04.04.2026

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

## Vorgespannte Felsanker

DK 624.164

Von Dr. R. Walther, dipl. Ing. ETH, Bern

### 1. Einleitung

Neben den bedeutenden Erfolgen im Brücken- und Hochbau hat die Vorspanntechnik auch durch eine Spezialanwendung — die Felsanker — neue, teilweise noch wenig bekannte Konstruktionsmöglichkeiten eröffnet. Das Prinzip von Felsverankerungen ist zwar im Tunnel- und Galerienbau schon längst bekannt, jedoch können durch das Mittel der Vorspannung wesentliche Verbesserungen und Einsparungen an Baukosten erzielt werden, indem eine Konzentration sehr grosser Kräfte auf wenige Ankerstellen möglich wird. Im weitem kann ein Bauwerk unverschieblich verankert werden, während die herkömmlichen schlaffen Felsankerausführungen erst nach einer gewissen Bewegung zwischen Bauwerk und Fels voll zur Wirkung kommen.

Im folgenden werden die für das Vorspann-System Losinger entwickelten VSL-Felsanker beschrieben und anschliessend einige allgemeine Anwendungsbeispiele angeführt.

### 2. VSL-Felsanker

#### 2.1 Beschreibung

Bei VSL-Felsankern können drei wesentliche Elemente unterschieden werden, nämlich: Felsanker-Haftteil, Spannkabel und bewegliche VSL-Verankerung.

Aus verschiedenen, noch näher zu erläuternden Gründen wurde für die eigentliche Befestigung im Fels eine reine Haftverankerung ohne Ankerkopf gewählt. Der Haftteil des Felsankers wird durch abwechselndes Spreizen und Zusammenfassen eines Drahtbündels erzeugt, wobei die Einzeldrähte über Distanzhaltersterne und durch Klemmringe geführt werden (Bilder 1 und 2). Normalerweise werden im ganzen fünf Spreizungen auf eine Länge von 3 m verteilt. Die Verbindung zwischen Haftteil und Fels wird durch In-

jektionsmörtel hergestellt. Diese primäre Haftinjektion erstreckt sich entlang des ganzen Bohrloches, wobei das Spannkabel durch ein Hüllrohr geschützt und daher von der primären Injektion nicht berührt wird. Das Injektionsgut wird durch ein Plastikrohr bis an das Ende der Haftzone geführt.

Das Spannkabel besteht aus einem Bündel hochwertiger, patentiert gezogener Stahldrähte, normalerweise von 8 mm Durchmesser. Entsprechend der Anzahl angeordneter Drähte ergeben sich Felsankereinheiten von 30 bis 150 t Initialvorspannkraft. Falls das Kabel erst nach längerer Zeit vorgespannt werden soll, oder wenn zur Erhaltung der «freien Federwirkung» des ganzen Spannkabels eine sekundäre Injektion nicht erwünscht ist, werden die Drähte mit einem rostschtzenden Bitumen- oder Kunstharzanstrich versehen. In jedem Falle wird das Kabel von einem Hüllrohr umgeben.

Auf der Spannseite kommen die normalen, beweglichen VSL-Verankerungen (Bild 3) zur Anwendung. Nachdem der Felsanker voll vorgespannt ist, kann das Vorspannkabel durch eine sekundäre Injektion mit Mörtel umhüllt werden.

#### 2.2 Arbeitsweise

VSL-Felsanker werden im allgemeinen auf der Baustelle fabriziert. In Bild 4 ist ein Beispiel des Arbeitsvorganges in fünf Phasen schematisch dargestellt. Je nach Anwendungsart drängen sich gegenüber diesem Beispiel gewisse Änderungen auf. So werden die Funktionen von Injektionszuleitungen und Entlüftungen bei aufwärts geneigten Felsankern vertauscht. Bei der nachträglichen Verankerung bereits bestehender Betonbauten oder bei Stahlkonstruktionen fällt die Betonierphase weg. Eine gewisse Komplikation des Arbeitsvorganges tritt dann auf, wenn der Fels rissig und damit undicht ist, oder wenn ihm Kies- oder Mergelschichten vorgelagert sind, die aus praktischen Gründen nicht abgebaut werden sollen (siehe Anwendungs-

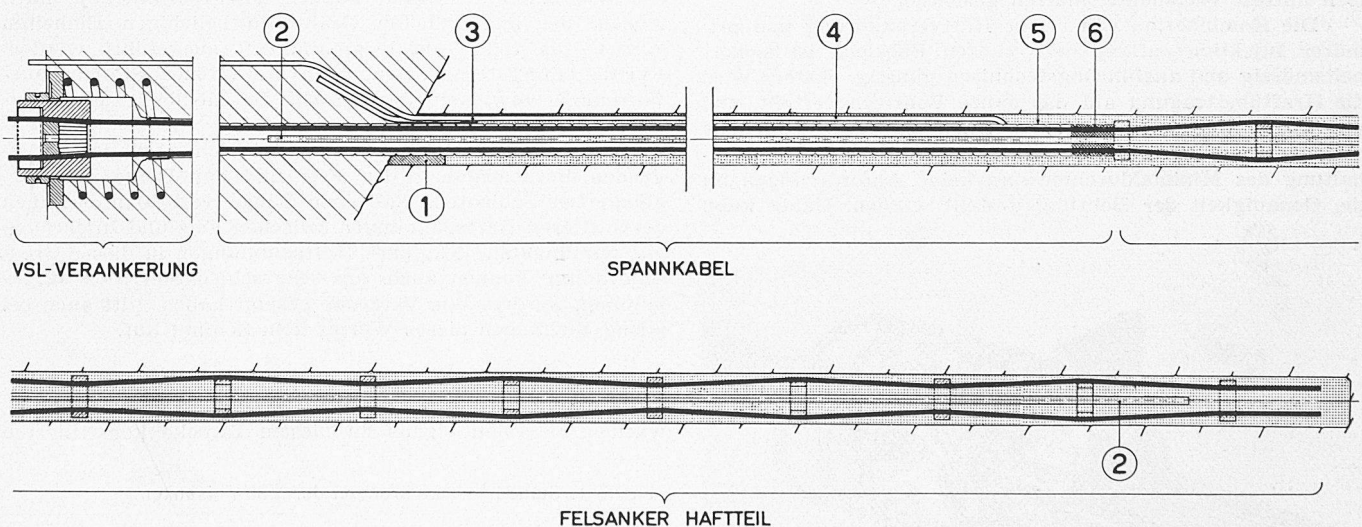


Bild 1. VSL-Felsanker

- 1 Abdichtung des Bohrloches (Schnellbindender Zement)
- 2 Plastikschlauch für primäre Injektion
- 3 Entlüftungsstutzen für primäre Injektion

- 4 Plastikschlauch für sekundäre Injektion (Entlüftung durch die Zapfenbohrung bei der beweglichen VSL-Verankerung)
- 5 Kabelrohr
- 6 Dichtung zwischen Spannkabel und Haftteil

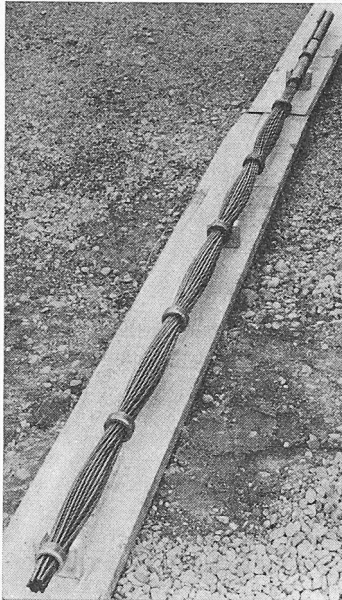


Bild 2. VSL-Felsanker, Haftteil

- 1 Ablängen der Drähte, Ordnen der Drähte um den primären Injektionsschlauch, Herstellen des Haftteiles, eventuell Rostschutzanstrich der Drähte
- 2 Ueberziehen der Hüllrohre, Anbringen des sekundären Injektionsschlauches, Abdichten zwischen Spannkabel und Haftteil

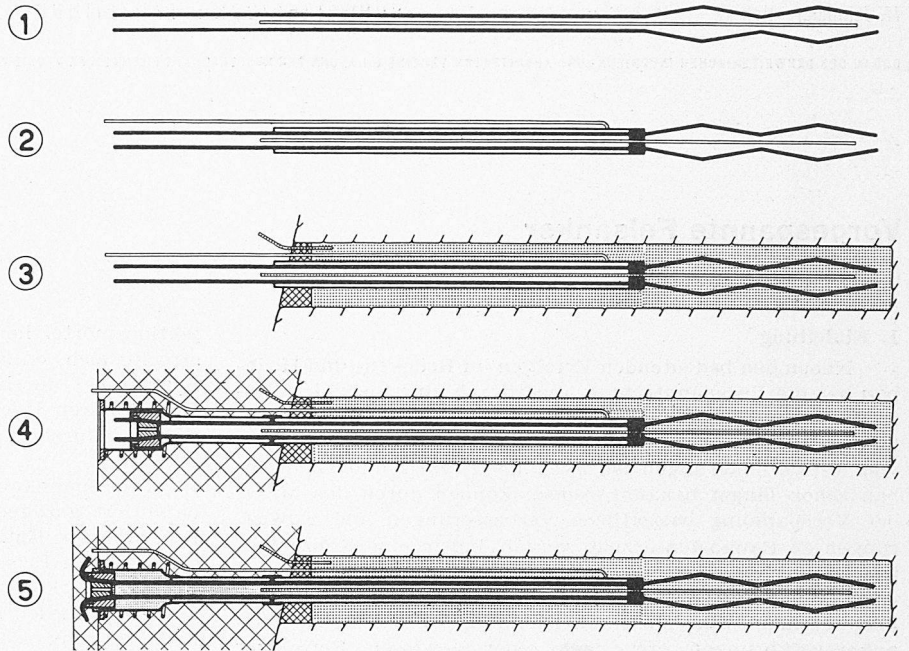


Bild 4. VSL-Felsanker, Schematische Darstellung des Arbeitsvorganges

- 3 Einführen des Felsankers in das Bohrloch, Abdichten am Bohrlocheingang und Anbringen des Entlüftungsschlauches, primäres Injizieren (entlang des ganzen Bohrloches)

- 4 Montieren von Trompete und Abstützung für die bewegliche VSL-Verankerung, Betonieren, Montieren der beweglichen VSL-Verankerung
- 5 Spannen des Felsankers, sekundäres Injizieren, Einbetonieren der Verankerung

beispiele). Im ersten Fall muss das Bohrloch vorgängig mit dickflüssigem Injektionsgut ausgepresst werden, das vor dem Erhärten wieder ausgekratzt oder später ausgebohrt wird. Im zweiten Falle wird das Bohrloch in der undichten Zone durch ein Stahlrohr ausgepanzert.

Bei allen diesen Anwendungen hat sich gezeigt, dass der VSL-Felsanker sehr anpassungsfähig und leicht zu handhaben ist. Dank der geschmeidigen Form des Haftteiles verursacht das Einbringen in das Bohrloch auch bei sehr langen Felsankern keinerlei Schwierigkeiten, umso mehr als die  $\varnothing$  8-mm-Drähte relativ steif sind und ein Vortreiben des Kabels ohne weitere Hilfsmittel gestatten. Zur Erhaltung der Flexibilität während dem Einbau werden die rd. 6 m langen gewellten Hüllrohre erst vor dem Eintritt in das Bohrloch mittels Verbindungsmuffen gestossen.

Die Kombination von reiner Haftverankerung und primärer Injektion entlang dem ganzen Bohrloch ist sicherheitsmässig und ausführungstechnisch günstig. Erstens wird die Kraftübertragung auf das ganze Bohrloch verteilt, und die Abdichtung kann an einer leicht zugänglichen Stelle vorgenommen werden. Im weitem müssen ausser der Einhaltung des Minimaldurchmessers keine Anforderungen an die Genauigkeit der Bohrung gestellt werden. Daher kann

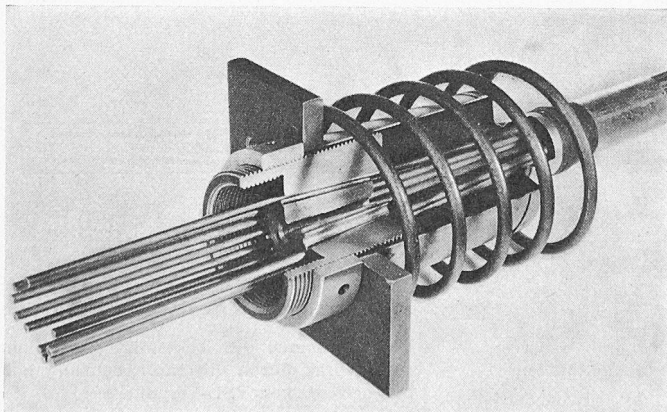


Bild 3. Bewegliche VSL-Verankerung (Spannseite)

an Stelle der relativ teuren und zeitraubenden Kernbohrung ohne weiteres eine Meisselbohrung vorgesehen werden, was heute allerdings nur bis zu Durchmessern von 9 cm möglich ist.

Die bewegliche VSL-Keilverankerung, die sich bei Spannbetonbauten allgemein bewährt hat, ist für Felsanker besonders geeignet, da sie erst unmittelbar vor dem Spannen in der gewünschten Lage montiert und damit einwandfrei an das Bauwerk angepasst werden kann. Diese Anpassungsfähigkeit erleichtert die Arbeit auf der Baustelle ausserordentlich, da Felsanker in der Regel eingebaut werden, bevor die Schalung für das Betonieren erstellt ist.

### 2.3 Einheiten und Abmessungen

Wie bereits erwähnt, können VSL-Felsanker je nach Anzahl der angeordneten Drähte in beliebigen Einheiten von 30 bis 150 t Initialvorspannkraft ausgeführt werden. Für die häufigsten Anwendungen wurden zwei Standardausführungen entwickelt, deren Daten in Tabelle 1 zusammengefasst sind.

Die Länge der Felsanker richtet sich nach der vorliegenden Beschaffenheit des Fels und der Dicke der vorgelagerten Schichten. Bei einer Länge von 10 m betragen die mittleren Haftspannungen zwischen Fels und Injektionsgut nur ungefähr  $5 \text{ kg/cm}^2$ . Haftspannungen in dieser Gröszenordnung können auch von sehr schlechtem Fels aufgenommen werden. Wie Versuche gezeigt haben, tritt auch bei einem Vielfachen dieses Wertes kein Schlupf auf.

### 2.4 Versuche

Um die Sicherheit der VSL-Felsanker zu überprüfen, wurden in einem eigens zu diesem Zwecke konstruierten

Tabelle 1. Standard-Ausführungen der VSL-Felsanker

Initialvorspannkraft	Anzahl Drähte	Bruchlast	$\varnothing$ Hüllrohre	$\varnothing$ Bohrloch
100 t	18 $\varnothing$ 8 mm	~ 145 t	$\varnothing_i = 50 \text{ mm}$ $\varnothing_a = 55 \text{ mm}$	85 mm
150 t	27 $\varnothing$ 8 mm	~ 225 t	$\varnothing_i = 60 \text{ mm}$ $\varnothing_a = 67 \text{ mm}$	100 mm

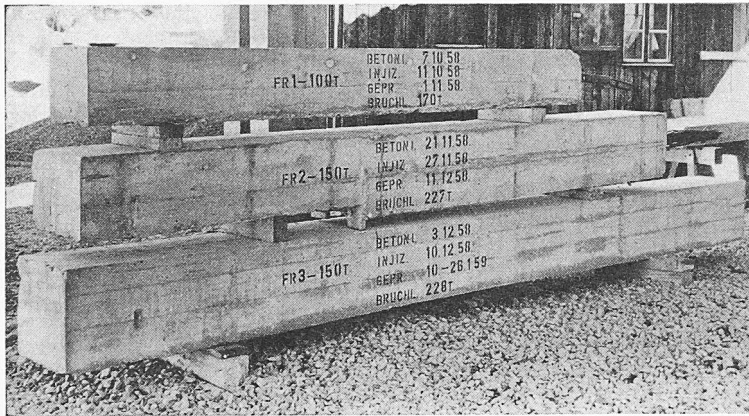


Bild 5. Betonkörper mit injizierter VSL-Felsankern nach dem Zerreißversuch

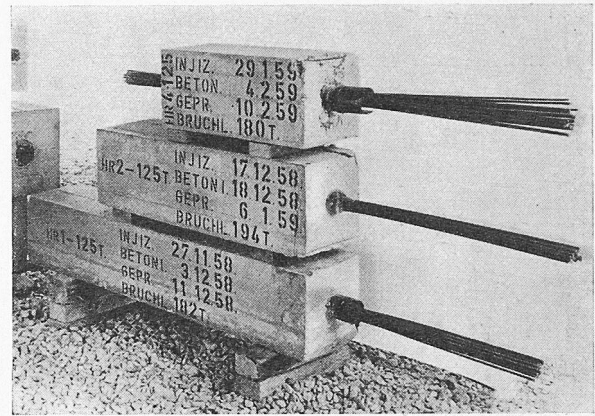


Bild 6. Versuchsanker mit verringerter Haftlänge

Prüfstand und auf Baustellen umfangreiche Versuche vorgenommen.

In Bild 5 sind drei Versuchskörper der ersten Untersuchungsreihe abgebildet. An Stelle des Bohrloches wurden Eternit- oder Betonröhren einbetoniert. Der Einbau der Felsanker entsprach den Phasen eins bis drei des in Bild 4 schematisch dargestellten Arbeitsvorganges. In Tabelle 2 sind die Daten der Versuchsanker und die Prüfergebnisse zusammengefasst. Es geht daraus hervor, dass die Haftverankerungen auch bei mehr als 50prozentiger Ueberlastung vollkommen intakt blieben und keinerlei Schlupf aufwiesen. Die Probeanker Nr. 2 und Nr. 3 wurden vor dem Bruchversuch mehrere Wochen unter einer Belastung von 200 t belassen, ohne dass ein Schlupf beobachtet werden konnte. Ein gewisser Spannungsabfall stellte sich infolge Relaxation der Stahldrähte ein. Im Zerreißversuch erfolgte in allen Fällen ein Bruch einzelner Drähte im freien Teil des Spannkabels.

Da auf Grund dieser Versuche keine quantitative, sondern eine, wenn auch sehr positive, so doch nur qualitative Aussage über den Sicherheitsgrad der Haftverankerungen gemacht werden konnte, wurden weitere drei Versuchskörper mit reduzierten Haftlängen geprüft. In den in Bild 6 gezeigten Betonkörpern sind Haftteile mit einer (oben), zwei (Mitte) und drei (unten) Spreizungen verlegt und injiziert. Im Zugversuch zeigte sich, dass ein Spannkabel selbst bei einer einzigen Spreizung noch bis weit über die Fließgrenze hinaus belastet werden kann. Dies wurde allerdings erst nach zwei erfolglosen Versuchen erreicht. Mit zwei Spreizungen traten bei Erreichen der Bruchlast Relativverschiebungen zwischen Drähten und Beton in der Größenordnung von 3 mm auf. Bei der Haftverankerung mit drei Spreizungen konnte auch unter Dauerlast kein Schlupf mehr festgestellt werden.

Diese Versuche haben bestätigt, dass die VSL-Felsanker unter Nutzlast eine mindestens vierfache Sicherheit gegen ein Gleiten zwischen Drähten und Injektionsmörtel aufweisen. Dieses Resultat ist weiter nicht erstaunlich, da gerade verlegte, gezogene Drähte bekanntlich einen gleichmässig verteilt angenommenen Gleitwiderstand von 30 bis 40 kg/cm<sup>2</sup> erreichen. Die tatsächlich auftretende mittlere Haftspannung beträgt demgegenüber nur etwa 7 kg/cm<sup>2</sup>; zudem wird durch die Spreizungen ein totaler Umlenkwinkel von 140° erzeugt, was ganz wesentlich zur Steigerung des Gleitwiderstandes beiträgt.

Die Sicherheit der Haftung zwischen Injektionsmörtel und Fels wird durch den Umstand wesentlich erhöht, dass die Kraftübertragung nicht nur auf den eigentlichen Haftteil beschränkt ist, sondern sich über das gesamte Bohrloch erstreckt. Damit ergeben sich sehr geringe mittlere Haftspannungen, die auch bei schlechten Verhältnissen weit unter dem zulässigen Mass liegen.

Nach diesen «Laboratoriumsversuchen» wurde ein 100-t-Probeanker beim Kabelkran der Staumauer Luzzone eingehend geprüft. Das Protokoll dieser Versuche ist in Tabelle 3 wiedergegeben. Aus diesem geht hervor, dass sich dieser Probeanker in jeder Beziehung ausgezeichnet verhalten hat. Die gemessenen Spannwege stimmten sehr gut mit den gerechneten überein, was als eindeutiger Hinweis für die

Tabelle 3. Belastungsversuch eines Probe-Felsankers. Widerlager Kabelkran Luzzone

100 t Felsanker, 18 Ø 8 mm, St. 140/160, patentiert gezogen, glatt. Meisselbohrung Ø 9 cm (Ingersold-Rand-Bohrmaschine). Länge des Haftteiles 3,20 m, des freien Spannteiles 12 m.

	Belastung t	Alter Tage	Spannweg	
			ger. cm	gem. cm
1. Einbau und Injektion 15. 1. 59				
2. Erste Belastungsprobe 3. 2. 59	10 50 60 80 100	19	0,65 3,2 3,8 5,1 6,4	0,60 3,1 3,6 4,8 5,9
3. Zweite Belastungsprobe 4. 2. 59	97,5 110 100	20	6,4 7,05 6,4	6,0 <sup>1)</sup> 7,0 6,4
4. Dritte Belastungsprobe 8. 7. 59	96 100 110 120 130 140	174	Relaxation (+0,1) <sup>1)</sup> Relaxation (+0,3) 7,05 8,4 10,8 15,2	(+0,3) 7,0 8,4 10,5 <sup>2)</sup> 14,1 <sup>3)</sup>

1) Lösen der Mutter

2) Streckgrenze

3) Versuch infolge starkem Fließen abgebrochen

Tabelle 2. Daten der Felsankerversuche

Versuch	Initialvorspannkraft	Anzahl Drähte	Dimensionen des Betonkörpers	Rohre	Bügel	Bruchlast	Bruchursache
1	110 t	20 Ø 8 mm	25 × 25 × 350 cm	Eternit 85 × 120	Torstahl Ø 8 mm	170 t	Bruch einzelner Drähte im freien Teil des Spannkabels
2	150 t	27 Ø 8 mm	35 × 35 × 400 cm	Zement 100 × 150	Abstand 15 cm	227 t	
3	150 t	27 Ø 8 mm	40 × 40 × 510 cm			228 t	

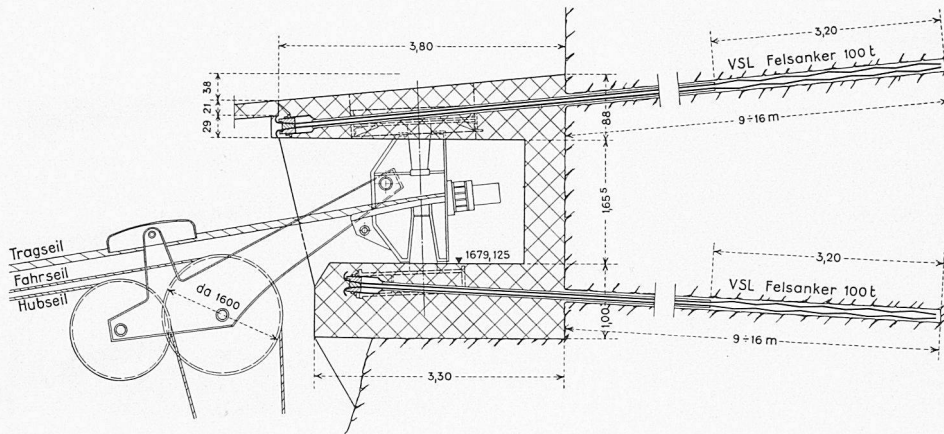


Bild 7. Verankerung des Kabelkrans der Staumauer Luzzzone, 1:100, 8 VSL-Felsanker 100 t, L = 9 bis 16 m

schlupffreie Verankerung gewertet werden kann. Während der über 3500 Stunden dauernden Beanspruchung unter Nutzlast (100 t) betrug der Spannungsabfall 4 %, was ziemlich genau den zu erwartenden Relaxationsverlusten entspricht. Bei einer Belastung von 140 t wurde der Versuch schliesslich abgebrochen, da die Drähte so weit über die Fließgrenze beansprucht waren, dass die von einer Handpumpe gespie-sene 150-t-Pressen der grossen Spannungssteigerung kaum mehr zu folgen vermochte. Das äusserst befriedigende Resultat dieser Belastungsversuche ist um so beachtenswerter, als der Felsanker im tiefen Winter auf 1700 m ü. M. unter sehr erschwerten Umständen eingebaut und injiziert werden musste.

Trotz dieser beachtenswerten Sicherheiten muss bei der Verwendung derartiger Felsanker auf grösste Sorgfalt der Ausführung geachtet werden. Vor allem muss die Gewähr bestehen, dass die primäre Injektion alle Hohlräume ausfüllt und nicht durch Felsritzen entweichen kann. Aus diesem Grunde ist für VSL-Felsanker ein ausgewogenes System der Injektionszuführung und Entlüftung gewählt worden. Es empfiehlt sich auch, bis zum Abbindebeginn des Mörtels stündlich nachzupressen. Vor dem Einbringen des Felsankers ist es angezeigt, bei einigen Bohrlöchern Abpressversuche durchzuführen, um einen Hinweis über die zu erwartenden Verluste zu erlangen.

### 3. Anwendungsbeispiele

#### 3.1 Verankerung des Kabelkrans der Staumauer Luzzzone

Ein markantes Beispiel für die Einsparungen und Verbesserungen, die mit Felsankern erzielt werden können, sind die Verankerungen von Kabelkränen für das Betonieren grosser Staumauern. Da die Kabelkranwiderlager oft an steilen, schwer zugänglichen Felsflanken erstellt werden müssen, war es bisher zum Teil nötig, diese von Stollen aus

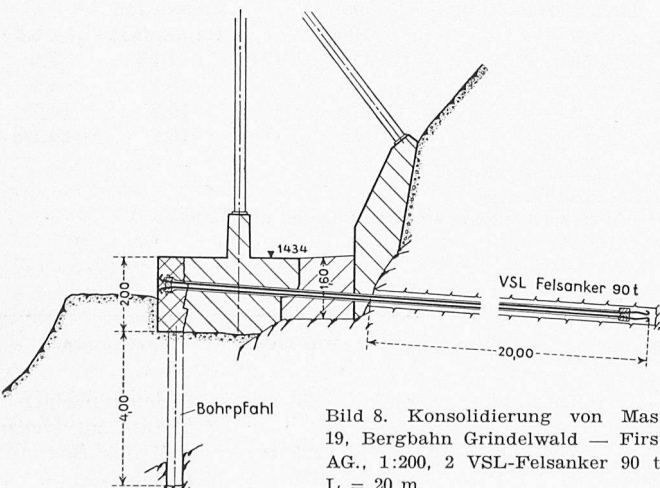


Bild 8. Konsolidierung von Mast 19, Bergbahn Grindelwald — First AG., 1:200, 2 VSL-Felsanker 90 t, L = 20 m

oder mit Hilfe einer grossen Anzahl schlaffer Stangen im Fels zu verankern.

Mit vorgespannten Felsankern dagegen können derartige Widerlager mit relativ geringem Aufwand fest im Fels verankert werden. Beim Kabelkran der Staumauer Luzzzone wurden z. B. für jedes feste Widerlager der beiden Trag- und Zugseile vier 100 t VSL-Felsanker angeordnet (Bild 7). Da es bei derartigen Ausführungen erwünscht ist, die «Federkraft» des Spannkabels während dem Betrieb uneingeschränkt zu erhalten, wurde der Spannteil uninjiziert gelassen. Zum Schutze gegen Korrosionsangriffe wurden die Drähte mit einem Bitumenanstrich versehen.

#### 3.2 Konsolidierung eines Mastes der Bergbahn Grindelwald-First AG.

Nach vieljähriger Betriebsdauer der Bergbahn Grindelwald-First AG. konnten Bewegungen des Mastes Nr. 19 festgestellt werden. Zur Unterbindung dieser Bewegungen wurden zwei 90 t VSL-Felsanker angeordnet (Bild 8). Die seit dieser Konsolidierung durchgeführten Messungen haben ergeben, dass keine weiteren Bewegungen zwischen Mast und Fels mehr auftraten.

#### 3.3 Zentrale Vianden (Luxemburg)

Für das nächstens zur Ausführung gelangende Pumpspeicherwerk Vianden wurde eine unterirdische Zentrale projektiert. Zur Sicherung der grossen Kaverne (Bild 9) sind eine grosse Anzahl 150-t-VSL-Felsanker und Perfo-Anker vorgesehen. Im Gegensatz zu Verankerungen des Bauwerks selbst, wie z. B. bei Kabelkränen, handelt es sich hier um eine Sicherung des geneigt geschichteten Fels. Aus diesem Grunde ist es gegeben, auch den Kabelspannteil voll auszuinjizieren, um so mehr, als die Konsolidierung für die gesamte Betriebsdauer der Zentrale erhalten werden muss.

#### 3.4 Umbau Bahnhof Bern

Die gegenwärtig im Gange befindlichen grossen Arbeiten beim Bahnhofumbau Bern haben viele verkehrs- und bautechnisch interessante Probleme gestellt, für deren Lösung auch Felsanker herangezogen wurden.

Für die Stützmauer Eilgut konnten keine oder nur kleine Plattenfundamente ausgebildet werden, da auf der einen Seite der Mergelhang der grossen Schanze nicht weiter angeschnitten werden durfte und auf der andern Seite der Raum durch Gleisanlagen und eine Waggon-Waage beschränkt war (Bild 10). Aus diesem Grunde wurden VSL-Felsanker zur Aufnahme des Erddruckes angeordnet. Bei

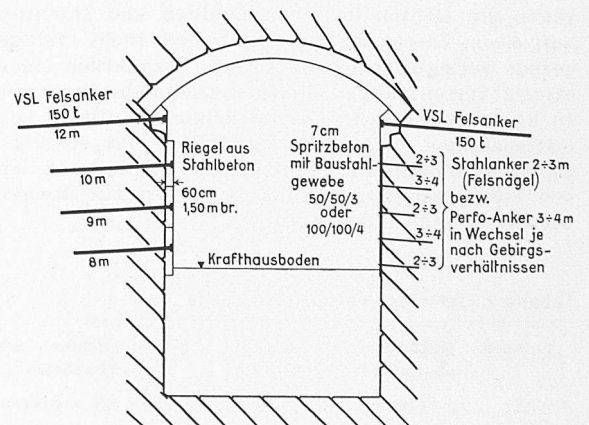


Bild 9. Sicherung des Fels einer unterirdischen Zentrale, Pumpspeicherwerk Vianden (Luxemburg)

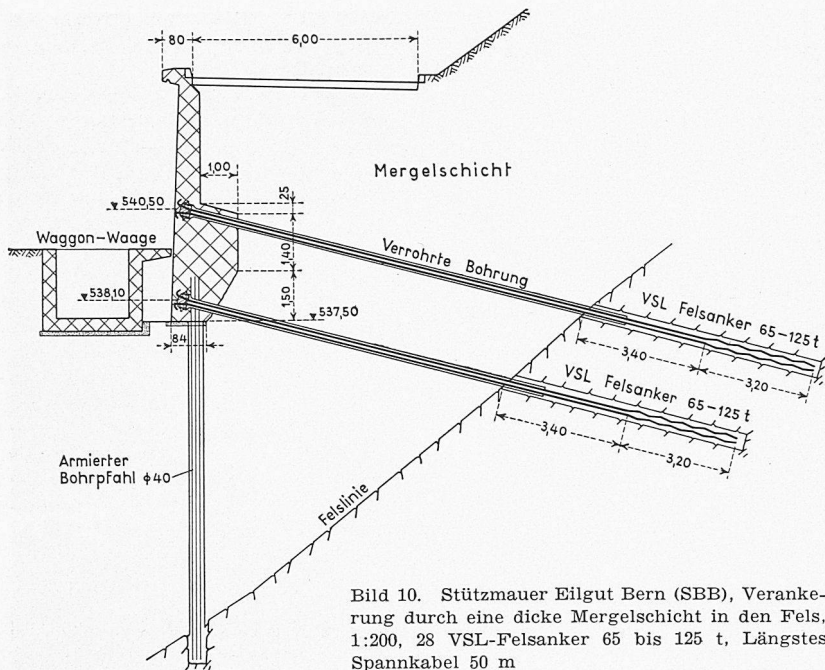


Bild 10. Stützmauer Eilgut Bern (SBB), Verankerung durch eine dicke Mergelschicht in den Fels, 1:200, 28 VSL-Felsanker 65 bis 125 t, Längstes Spannkabel 50 m

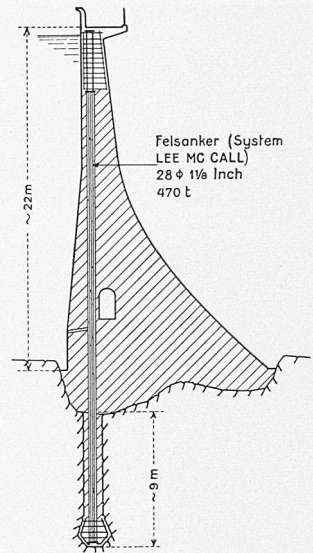


Bild 11. Staumauer Allt-Na-Lairige (Schottland)

der Waggon-Waage wurde die Mauer auf Bohrpfähle abgestützt. Da dem Fels eine bis 40 m dicke Mergelschicht vorgelagert war, mussten Kernbohrungen vorgenommen und die Bohrlöcher mit verlorenen Stahlrohren gepanzert werden. Damit ergaben sich Felsanker bis zu 50 m Länge, die aber dank der erwähnten geschmeidigen Ausführung des Haftteiles mühelos eingebaut werden konnten. Um Bewegungen der Stützmauer auf Jahre hinaus begegnen zu können, wurde keine sekundäre Injektion vorgenommen, was erlaubt, die Vorspannung jederzeit dem sich einstellenden Erddruck anzupassen.

Ähnliche Verhältnisse lagen bei den Widerlagern der im Bau befindlichen Schanzenbrücke vor. Die Vorspannung der Felsanker richtete sich dort nach den verschiedenen Phasen des Bauvorganges.

Ganz allgemein kann festgestellt werden, dass die Verwendung vorgespannter Felsanker bei Stützmauern und Widerlagern technische und wirtschaftliche Vorteile ergeben kann.

### 3.5 Staumauern

Obwohl die ersten Versuche schon bald 30 Jahre zurückliegen, sind die enormen Möglichkeiten, die die Anwendung der Vorspanntechnik im Talsperrenbau bietet, erst in jüngerer Zeit allgemein erkannt und teilweise ausgenutzt worden. Zweifellos wird der Spannbeton hier vermehrt Eingang finden und zwar sowohl bei Neukonstruktionen als auch bei Vergrößerungen bestehender Anlagen. Es können dabei natürlich viele Arten der Vorspannung in Frage kommen, jedoch sind gerade Felsanker für diesbezügliche Anwendungen sehr geeignet, da die Staumauer im Fels fest verankert und zugleich vorgespannt werden kann. Die Felsanker wirken somit dem Auftrieb und Wasserdruck entgegen, während die Vorspannung gleichzeitig die Bruchfestigkeit und die Rissesicherheit des Betons erhöht. Aus diesem Grunde kann der Querschnitt beträchtlich geringer gewählt werden als z. B. bei Schwergewichtsmauern, was trotz der relativ hohen Kosten der Vorspannung oft zu wesentlichen Einsparungen führt.

Als Beispiel sei die 1956 fertig erstellte Talsperre von Allt-Na-Lairige (Schottland) erwähnt (Bild 11). Die Staumauer ist ungefähr 22 m hoch und 415 m lang. Für die im Fels verankerten Spannglieder wurde das Lee-Mc Call-System mit je 28 hochwertigen Stahlstangen von  $1\frac{1}{8}$  inch Durchmesser gewählt. Die Stangen wurden mit 16,8 t vorgespannt und mittels Müttern auf Ankerplatten abgestützt. Die totale Vorspannkraft für das ganze Bauwerk betrug ungefähr 22 000 t.

Die eben beschriebene Talsperre wurde zuerst als Schwergewichtsmauer projektiert; jedoch zeigten weitere Studien, dass eine Lösung mit vorgespannten Felsankern in diesem Fall schon bei einer Höhe von etwa 10 m wirtschaftlicher war. Die effektiven Baukosten für die 22 m hohe Spannbetonmauer waren um 15 % geringer als für das ursprüngliche Schwergewichts-Projekt.

Ein anderes Beispiel stellt der Tansa Dam (Indien) dar, bei dem eine Vorspannung mit Felsankern nötig wurde, weil die horizontalen Fugen, die durch mehrmalige Erhöhung bedingt waren, nach einiger Zeit undicht wurden.

### 3.6 Zusammenfassung

Ein bedeutendes Anwendungsgebiet steht vorgespannten Felsankern auch im Grundbau offen, vor allem überall dort, wo Auftriebskräften entgegengewirkt werden muss (Caissons, Fangdämme, Docks usw.). Auch bei Fundamenten für Turbinen und Generatoren sind Felsanker schon wiederholt mit Erfolg verwendet worden.

Die hier skizzierten Beispiele bezweckten keine eingehende Beschreibung der angeführten Bauwerke. Sie sind lediglich als Hinweis auf die mannigfaltigen Anwendungsmöglichkeiten von vorgespannten Felsankern auf den verschiedensten Gebieten der Bautechnik gedacht. Es darf wohl zu Recht angenommen werden, dass sie sich, ähnlich wie der Spannbeton selbst, nach einer gewissen Anlaufperiode mehr und mehr durchsetzen werden.

Adresse des Verfassers: R. Walther, dipl. Ing., Losinger & Cie. AG, Bern.

## Der Kontrollbegriff, konstruktiv gehandhabt

DK 371.9

### 1. Zur Auslegung und Reichweite des Kontrollbegriffs

Die Kontrolle ist als ein unabdingbares Korrelat der Verantwortung aufzufassen. In unserem «fremdwörterblinden» Deutsch verwenden wir diesen Ausdruck in recht vielseitiger Weise. So bezeichnen wir damit etwa die Nachprüfung oder Ueberprüfung eines Vorganges oder bestimmte Befugnisse und Massnahmen der autoritären Betriebsführung, das einseitige Vorgehen von oben nach unten in der administrativen Hierarchie und endlich das mehr oder weniger mit Misstrauen gekoppelte Ueberraschungsmoment. In bestimmten Situationen löst auch ein Verdacht eine Kontrolle aus. So ist es unvermeidlich, dass diese Prozedur bei dem oder den Kontrollierten eine Reaktion des Missbehagens, wenn nicht gar der Abwehr auslöst. In der Technik be-

Fortsetzung S. 780