Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105 (1987)
Heft: 25

Artikel: Felsanker im Untertagebau - ein Segen?
Autor: Schmid, Leonhard R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76639

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: 11.01.2026

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

Da die gerundeten Logarithmen der Zahlen 2 und 3 0,30 bzw. 0,47 betragen, ergibt sich also aus der vorstehend genannten Formel bei einer Verdoppelung des Verkehrs ein Mehrbedarf an Schichtdicke von 2,4 cm bituminösen Schichten oder Betonbelag und bei einer Verdreifachung des Verkehrs eine um insgesamt 3,8 cm dickere Belagsschicht. Umgekehrt gesehen würde eine Verminderung der Schichtdicken in gleichem Ausmasse bei gleicher Belastung N_1 eine gewaltige Verkürzung der Gebrauchsdauer der Strasse bedeuten.

Bei anderer Ausgangslage der Fragestellung, z.B. «Was bringen 5 cm mehr?», lässt sich feststellen, dass damit eine Verlängerung der Lebensdauer (ausgedrückt in Verkehrsbelastungswerten) um einen Faktor von mehr als 4 möglich ist. Ferner sind nur 8 cm mehr Belag nötig, um einen Fehler in der Grössenordnung einer 10er Potenz bei der Schätzung der Verkehrsbelastung zu kompensieren.

Der selbe rechnerische Ansatz kann ebenfalls dazu verwendet werden, um die Auswirkungen hypothetischer Veränderungen der zulässigen Einzelachslasten zu bestimmen. So würde eine Anhebung der heute gültigen Einzelachslast von 10 t auf einen Wert von 11,5 t, entsprechend den Vorschlägen für die Einführung einer einheitlichen Regelung für den grenzüberschreitenden Verkehr im EG-Raum auf den Anfang der 90er Jahre, bedeuten, dass alle Strassen knapp 2 cm mehr Belag aufweisen müssten. Dies unter der Voraussetzung, dass das Gesetz der vierten Potenz Gültigkeit besitzt, und dass dieselbe Anzahl Achslasten berücksichtigt wird (eigentlich müssten bei einer dabei zu erwartenden grösseren Nutzlast und bei gleich angenommenem Transportvolumen die Frequenzen abnehmen). Die Berechnung von verschiedenen möglichen Beispielen liesse sich beliebig lange weiterführen, was aber nicht der Sinn dieser kurzen Ausführungen sein kann. Vielmehr ging es hier darum aufzuzeigen, dass das «Schreckgespenst» der vierten Potenz im Prinzip nur einen rein rechnerischen Zwischenansatz im Vorgehen der Dimensionierung einer Strasse darstellt, welcher sich in den effektiven Schichtdicken nicht direkt widerspiegelt, und dass hingegen die Einhaltung der geforderten Schichtdicken im Sinne eines Minimalwertes unter allen Umständen durchgesetzt werden muss. Hier ist falsch verstandene Sparsamkeit nicht gefragt und selbst eine minimale Mehrausgabe kann ein Vielfaches an Nutzen bringen und vor allem unliebsame Überraschungen verhindern.

Adresse des Verfassers: *Ivan Scazziga*, dipl. Ing. ETH, Sektionschef am Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau IVT, ETH Hönggerberg, 8093 Zürich.

Literatur

[1] Persönliche Mitteilungen von J. Verstraeten, Centre de Recherches Routières, Bruxelles, Januar 1987.
[2] SN 640315 - 640328, Dimensionierungsnormen der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS, Zürich, 1971.

Felsanker im Untertagebau - ein Segen?

Von Leonhard R. Schmid, Zürich

Felssicherungen ohne Felsanker sind im modernen Untertagebau kaum denkbar. Die Vielfalt der angebotenen Systeme kann zu Schwierigkeiten bei der Auswahl geeigneter Ankertypen führen. Ihre Wirkungsweise ist bereits in der Projektphase zu berücksichtigen.

Einleitung

Felsanker als Kurzanker verwendet, stellen im Untertagebau ein bedeutendes Mittel zur Felssicherung dar. Ihre herausragende Bedeutung bei der Erzielung eines Gebirgstragringes ist durch viele Beispiele in der Praxis und Theorie erwiesen.

Die breite Anwendung dieses einfachen und sehr zweckmässigen Hilfsmittels führte zu einer grossen Vielfalt an Systemen aus unterschiedlichsten Materialien.

Vermögen aber all diese Ankertypen den hohen gestellten Anforderungen zu entsprechen? Genügen die Systeme den harten Baubedingungen? Weisen die Baustoffe eine dauerhafte Verträglichkeit untereinander und gegen äussere Einflüsse auf?

Kunststoffe werden in verschiedenster Qualität angepriesen, die zum Teil im Gebirge verseifen und damit zu einem Teilversagen der Anker führen. Die Leistungssteigerung der Bohrgeräte führt zu Bohrstahldurchmessern, die in den wenigsten Fällen dem notwendigen Verhältnis Bohrloch, Haftpatrone und Ankerstab entsprechen.

Wirkungsweise und Dauerhaftigkeit

Die Wirkungsweise dieser Kurzanker ist abhängig von ihrer Aufgabe und der Ankerart:

- Anheften einzelner Gesteinsblöcke (Sargdeckel) oder Gesteinspakete
- Verhinderung von Bergschlägen
- Erzielen eines Gebirgstragringes in Zusammenwirkung mit Spritzbeton und Bewehrungsmatten.

Damit die Anker ihre Aufgabe bestmöglich erfüllen, sind sie rasch nach Öffnen des Hohlraumes einzubauen. Je schlechter der Zustand des Gebirges und je rascher und grösser die Verformungen verlaufen, desto schneller sind die Anker zu versetzen.

Die Verwendung der Ankerart ist auf die gewünschte Lebensdauer abzustimmen:

- permanente Anker mit einer dauernden Verträglichkeit der Baustoffe unter sich und gegenüber äusserer Einflüsse, so dass ihre Lebensdauer mit derjenigen des gesamten Bauwerkes gleichgesetzt werden darf;
- provisorische oder temporäre Anker. Sie erfüllen ihre Funktion nicht über die ganze Lebensdauer des Bauwerkes. Ihre Aufgabe wird nach dem Einbringen eines anderen Ausbauwiderstandes hinfällig.

Ankersysteme und Ankertypen

Entsprechend ihrem Aufbau ist die Wirkungsweise zu unterscheiden:

- Vollverbundanker,
  die Haftung zwischen Ankerstab und Gebirge besteht über die ganze Ankerlänge
- Freispielanker,
  der Anker hat nur eine sehr kurze

Haftstrecke und wird mittels Platte und Mutter mehr oder minder verspannt. Der Ankerschaft bleibt in Längsrichtung beweglich.

- Freispielanker mit nachträglichem Vollverbund,
  der anfänglich als Freispielanker wirkende Gebirgsanker wird nachträglich auf der ganzen Ankerstablänge haftend vergossen. Er wird damit zum verspannten Vollverbundanker. Entsprechend ihrer Wirkungsweise lassen sich die Anker dieser Systeme variabel spannen.

Schlaffe Anker sind nach dem Einbau spannungsfrei. Die Ankermuttern werden von Hand oder durch kurzes Ansetzen eines Schlagschraubers angezogen.

Verspannt, im Sinne der Norm SIA 198 angespannt, gelten Anker ohne definiertes Anspannen auf eine Teillast z. B. auf einen Drittel der möglichen Ankerlast mit druckluftbetriebenen Schlagschraubern.

Vorgespannte Anker werden auf eine definierte und kontrollierte Kraft z. B. 50 bis 100% der möglichen Ankerlast gespannt. Die eigentliche Vorspannung ist für diese Felsanker auf Spezialfälle zu beschränken. In druckhaftem Gebirge würde die Verformungsmöglichkeit zu stark beeinträchtigt. Zudem ist eine Vorspannung für im Vortriebsbereich gesetzte Anker wenig praktikabel.

Das Vor- oder Verspannen bereits erhärteter Vollverbundanker ist schädlich. Die ganze eingeleitete Ankerkraft wirkt lediglich im vorstehenden meist mit Gewinde versehenen kurzen Stück.

Ankersysteme und Ankertypen können wie folgt unterschieden werden:

- Vollverbundanker schlaff:
  - Mörtelanker mit Stahl- oder GFK-Stab
  - Harzverklebter Anker mit Stahl- oder GFK-Stab
- Freispielanker schlaff:
  - Spreizanker aus Stahl mit Spreizkopf
  - Spreizanker aus Stahl mit Spreizung (hydraulisch) auf ganze Ankerlänge
  - Spreizanker aus GFK (Vollkunststoffanker)
- Freispielanker verspannt:
  - Spreizanker aus Stahl mit Spreizkopf
  - Spreizanker aus GFK (Vollkunststoffanker)
  - Klebeanker mit 1–2 Klebepatronen in Stahl oder GFK
- Freispielanker verspannt mit nachträglichem Vollverbund:
  - Mörtelanker mit Beschleunigungspatrone oder Klebepatrone im Bohrlochtiefsten
  - Spreizanker aus Stahl mit nachträglicher Harzinjektion
  - Spreizanker aus GFK mit nachträglicher Harzinjektion.

Probleme mit Ankern

Allzuoft erleben wir, dass Anker die erwünschte oder erhoffte Haltekraft oder den notwendigen Verbund nicht erbringen. Unliebsame Diskussionen über die mögliche und angepasste «Ankerkraft» sind die unausweichliche Folge.

Die Probleme treten meist auf, weil der Anker als Typ und seine Ausführungslänge nicht dem Gebirge entsprechend gewählt worden sind. Es ist auch naheliegend, dass zunächst die billigsten Anker Verwendung finden, auch wenn sie sich hinterher als recht teuer erweisen.

Die Schwierigkeiten entstehen meist aus:

- nichtangepasster Wahl des Bohrlochdurchmessers
- nicht standfester Bohrlöcher
- schlecht mit Mörtel verfüllter Bohrlöcher
- unzweckmässig gelagerter Kunststoffpatronen.

Das Bohrloch für Klebeanker soll nie das Mass der Ankerstange zuzüglich 10 mm übersteigen. Der ideale Bohrlochdurchmesser für Klebeanker beträgt demnach 28 bis max. 32 mm. Solch geringe Durchmesser sind aber mit modernen Bohrgeräten kaum zu realisieren.

Für Mörtelanker wird der Ankerstab in ein vorgängig mit einem Ankermörtel verfüllten Bohrloch getrieben. Die Machbarkeitsgrenze bei einer einwandfreien Mörtelfüllung liegt bei etwa 3 m Ankerlänge. Werden längere Mörtelanker ausgeführt, muss die Mörtelfüllung zwangsläufig ungenügend sein. Solche Anker können zwar trotzdem sinnvoll bleiben, ihre Dauerhaftigkeit ist aber stark begrenzt. Die beinahe als althergebracht bezeichneten Perfo-Anker bieten auch bei grösseren Ankerlängen die beste Gewähr für eine ausreichende Vermörtelung. Wer aber schon gefüllte Perforohre von 5 m Länge versetzt hat, wird zweifelsohne einem Injektionsanker das Wort reden.

Tabelle 1. Felsanker und ihre Eignung

Ankersystem Ankertyp	*Tragwirkung*	*Wirtschaftlichkeit und baubetriebliche Eignung*		*Dauerhaftigkeit*	
		Ankerlänge		*Ankerlänge*	
		≦3 m	> 3 m	≦3 m	> 3 m
Vollverbundanker schlaff					
– *Mörtelanker: Stahl oder GFK*	gut	optimal	schlecht	brauchbar – schlecht (Chemismus des Wassers)	schlecht
– *GFK – Harzanker*	gut	gut	gut	optimal	optimal
Freispielanker schlaff					
– *Spreizanker Stahl mit Spreizung auf ganze Länge*	gut	gut	schlecht	schlecht	sehr schlecht
– *Spreizanker GFK*	ungenügend	mittel	schlecht	brauchbar – schlecht	schlecht
Freispielanker verspannt					
– *Spreizanker Stahl mit Kopfspreizung*	kurzfristig gut	schlecht	sehr schlecht	schlecht	sehr schlecht
– *Spreizanker GFK*	kurzfristig gut	schlecht	sehr schlecht	brauchbar – schlecht	schlecht
– *Mörtelhaftstrecke mit kunststoffvergüteter Patrone*					
Stahl	gut	brauchbar	schlecht	schlecht	schlecht
GFK	gut	brauchbar	schlecht	brauchbar – gut	brauchbar
Freispielanker verspannt *mit nachträglichem Vollverbund*					
– *Mörtelanker mit Beschleuniger in Haftstrecke oder Patrone in Haftstrecke*	optimal	sehr schlecht	sehr schlecht	brauchbar – schlecht (Chemismus des Wassers)	schlecht
– *Spreizanker mit Harzinjektion blockiert*					
Stahlstab	optimal	gut	brauchbar	optimal	gut
GFK	optimal	gut	brauchbar	optimal	optimal

Korrosionsschutz

Normalerweise verfügen Kurzanker über keinen eigentlichen Korrosionsschutz, es sei denn, er sei werkstoffbedingt. Der Schutz «Mörtel» kann durch die Randlage des Ankerstabes im Bohrloch, durch Verschiebungen im Gebirge oder auch durch aggressive Gebirgswässer seine Wirkung recht bald verlieren.

Laabmayr stellte vor 10 Jahren fest, das Korrosionsproblem sei keineswegs gelöst. Heute haben wir glücklicherweise die technischen Mittel mit dem Vollkunststoff-Injektionsanker, der nach derzeitigem Kenntnisstand als Daueranker gelten darf (Tabelle).

Ein besonderer Korrosionsschutz ist angezeigt, wenn:

- Die Anker ihre Funktion über die ganze Lebensdauer des Bauwerkes zu erfüllen haben
- Das Bauwerk in Zonen mit aggressiven Gebirgswässern liegt
- Spezialstähle verwendet werden.

Empfehlungen für die Ausführung

Die Anker sind immer den jeweiligen Verhältnissen anzupassen. Empfehlungen können daher nur richtungsweisend sein.

Ankermaterial:
- Stähle sollen ein ausgeprägtes Fliessplateau und eine minimale Bruchdehnung von 15% aufweisen.

Vorspannung:
- Vorspannung nur in Ausnahmefällen.
- Verspannung bei Freispielankern und bei Freispielankern mit nachträglichem Vollverbund.
- Kraftschluss bei Vollverbundanker (schlaff)

Vollverbund- bzw. Freispielanker:
- Vollverbundanker bei hohem Durchtrennungsgrad
- Freispielanker mit nachträglichem Vollverbund in Gebirgen mit weiständigen Trennflächen.

Ankerlänge (Tabelle):
- Die Länge der Kurzanker ist ausführungstechnisch begrenzt. Vollverbundanker auf Mörtelbasis sind einwandfrei nur bis etwa 3 m ausführbar. Perfoanker etwa 4 bis 5 m.
- Vollverbund-Injektionsharzanker sind auch in Längen bis zu 6 m ohne weiteres tauglich.

Ankerneigung:
Wenn immer möglich, soll der Winkel zwischen dem Ankerstab und der Trennfläche zwischen 30° und 60° betragen, damit ergeben sich die besten Scherwiderstände.

Zusammenfassung:

Felsanker haben, wie eingangs erwähnt, eine ausserordentliche Bedeutung als Element in der Gebirgsstützung erlangt. Ihre Auswirkung im modernen Untertagebau ist bei richtiger Anwendung durchaus segensreich. Der Projektierende hat sich frühzeitig zu entscheiden, ob er den Anker provisorisch oder permanent in seine Ausführungsidee zu integrieren gedenkt. Entsprechend ist der Ankertyp zu wählen. Allgemein wird die gebirgsverfestigende Parallelwirkung der Injektionsanker noch zu wenig berücksichtigt. Es ist der Sache wenig dienend, wenn diese Injektionsanker eines scheinbar zu grossen Harzverbrauches wegen als zu teuer verworfen werden. Injektionsanker sind zudem funktionell viel weniger anfällig auf die genaue Wahl des Bohrgestänges.

Adresse des Verfassers: *Leonhard R. Schmid*, dipl. Bauing. ETH/SIA, in Firma Locher & Cie. AG, Zürich.

Literatur

[1] Felsbolzen im Tunnelbau, Mitteilung Nr. 113, EPFL.
[2] Dr. *L. Müller:* Der Felsbau, Band 3.

Schweizerische Beiträge zur technischen Entwicklung im Betonbelagsbau

Von Willy Wilk, Wildegg

Betonstrassen werden seit Beginn dieses Jahrhunderts in der Schweiz gebaut, vorerst vereinzelt mit jeweils bescheidenen Oberflächenausmassen, ab 1928/29 als grössere, durchgehende Gemeinde- und Ortsverbindungsstrassen wie: 1929 die Kantonsstrasse Brugg – Schinznach Bad. Schweizer Ingenieure trugen Bedeutendes bei zur technischen Entwicklung dieses sog. «starren» Fahrbahnbelagssystems, eigentliche technische Pionierleistungen in den Bereichen: Bemessung; Überdeckungen im Hocheinbau; Betonstrassen auf wenig tragfähigem, zu Setzungen neigendem Untergrund; Brückendeckbeläge in Beton, im Verbund mit der Fahrbahnplatte (statisch mittragend); Rauhbelag, eine Fahrbahnoberfläche mit offener Textur, mit hoher Sicherheit gegen Aquaplaning; Einsatz von Betonfahrbahnen im Bahnbau mit direkter Schwellenlagerung («schotterloser» Geleisebau); Frost-Tausalzbeständigkeit von Strassenbeton. Im Folgenden werden daraus drei Bereiche vorgestellt.

Zur Bemessung auf Tragfähigkeit

Den ersten Ansatz zur analytischen Behandlung des Problems der Bestimmung der Tragfähigkeit «elastischer Platten auf elastischem, isotropem Halbraum» gab *Heinrich Hertz* 1884 in seiner Habilitationsschrift [1].

Nur wenigen Eingeweihten dürfte bekannt sein, dass in der Schweiz *Robert Maillart* zum erstenmal für einen Strassenoberbau einen Tragfähigkeitsnachweis führte [2]. Robert Maillart wurde mit entsprechenden Untersuchungen im Hinblick auf den Bau der Kantonsstrasse Brugg – Schinznach (1929) beauftragt. Daraus entstanden seine wegleitenden Richtlinien für die Bemessung von Betonstrassen, aus denen zwei Erkenntnisse hier zitiert seien, die für die damalige Epoche geradezu revolutionären Charakter haben mussten:

- Die Beanspruchung eines Betonbelages ist neben der Verkehrslast lediglich von seiner Dicke, kaum spürbar aber von der Tragfähigkeit des Baugrundes und dem E-Modul des Betons abhängig.
- Demzufolge soll man dick genug bauen und den Betonbelag vorwiegend auf schlechtem, wenig tragfähigem Baugrund einsetzen; denn dort erweise sich seine eindeutige, klare Überlegenheit über alle anderen Belagsbauweisen.

Ing. Nörbel, als erster Direktor der Betonstrassen AG, Wildegg, hat in konsequenter Anwendung dieser prinzipiellen Erkenntnisse und mit viel Einfühlungsvermögen in zuweilen äusserst heikle Problemstellungen erstaunliche Ergebnisse erzielt. Darüber mehr im Abschnitt «Betonbeläge auf wenig tragfähigem Untergrund». Einen, im an verschiedenen Methoden reichen Ge-