

# Sicherung von Vorspannankern gegen Herausschnellen

Von Raymund M. Spang

**Zusammenfassung:** Vorgespannte Anker sind seit ihrer ersten Anwendung in Cheurfass (MÜLLER, 1963, ) fester Bestandteil des Repertoires zur Sicherung von Böschungen, Baugruben, auftriebsgefährdeten Bauwerken, Untertagehöhlen etc.. Wenngleich der größte Teil der ausgeführten Verankerungen ein planmäßiges Verhalten zeigt, so sind doch einige Fälle bekannt geworden, bei denen heraus schnellende Anker zu einer Gefährdung der Unterlieger geführt haben. Über entsprechende Erfahrungen berichtet BRAUNER (1998). Ein anderer Fall ist von einer Hangsicherung in Hong Kong unter Fachleuten bekannt, jedoch nach Kenntnis des Autors nicht publiziert. In den beiden Fällen sind Einstabanker in der Freispielstrecke abgerissen; das freie Ende schnellte aus dem Hüllrohr bzw. Bohrloch und schlug nach einer gewissen Distanz auf. Dabei erscheint es zunächst unerheblich, ob dieses überraschende Versagen auf die von Spannbetonbauwerken bekannte Spannungsrißkorrosion infolge eines schadhafte Korrosionsschutzes, auf Materialfehler oder auf andere Ursachen zurückging.

Im folgenden wird eine einfache und preisgünstige Methode beschrieben, die bei der Sicherung von Einstab – Dauerankern oberhalb einer vielbefahrenen Straße ausgeführt wurde um der bei der Herstellung von Großbohrpfählen zwischen einer älteren Hangsicherung auftretenden Gefahr der Durchtrennung der Anker mit den o.a. Folgen zu begegnen. Dabei wurden Ankerköpfe mit Bügeln auf die freien Ankerenden aufgeschraubt. Durch die Ösen wurden Drahtseile mit aus dem modernen Steinschlagverbau bekannten Seilbremsen gezogen.

**Projekt:** In Bad Teinach – Zavelstein ist derzeit eine 350 m lange Gehwegkonstruktion im Bau. Aus Platzgründen wird diese entlang einer im Steilhang verlaufenden Landesstraße frei zur Talseite auskragend erstellt. Die Konstruktion besteht aus einer 2,3m breiten Stahlbetondecke, die wechselnd über feste und bewegliche Auflager auf bis 16 m langen Großbohrpfählen mit einem Durchmesser von 900 mm im Hang gegründet wird. Unter einem 50m langen Abschnitt der Straße liegen im Abstand von planmäßig 4m Einstab – Vorspannanker System GEWI, Durchmesser 50mm mit einer Festlegelast von 550 KN. Die Freispielstrecke ist m lang. Die Anker liegen in zwei Höhenlagen bei m und m unterhalb der Straßenoberfläche. Der Übergang der Freispielstrecke zur Haftstrecke liegt etwa in der Achse der Pfähle.

Die Anker sind Bestandteil einer 1985 ausgeführten Böschungssicherung. In dem betreffenden Abschnitt war ein bis 15 m tiefer Hanganschnitt für ein Wohngebäude hergestellt worden, der zunächst ungesichert blieb und zu einer Rutschung bis in den Straßenbereich führte. Zur Stabilisierung des Geländesprungs wurde daraufhin eine aus Vorspannankern, schlaffen Felsnägeln und einer Lastverteilungskonstruktion aus bewehrtem Spritzbeton bestehende Sicherung erstellt. Die Sicherung wurde als Dauersicherung konzipiert. Da der Bauherr nach Errichtung der Böschungssicherung in wirtschaftliche Schwierigkeiten geriet wurde das geplante Bauvorhaben bislang nicht realisiert.

Im Zuge der Planung waren 4 Pfähle mittig in den Lücken zwischen den Vorspannankern angeordnet worden. Der lichte Abstand zwischen den Ankern und den Pfählen lag bei etwa 1m. Bei der Herstellung der Pfähle bestand die Gefahr, daß die benachbarten Anker angebohrt würden. Wegen der in den Ankern gespeicherten Energie hätte dies zum o.a. Herausschnellen der Anker und zu einer massiven Gefährdung der tieferliegenden Straße führen können. Es wurde deshalb zunächst die zu erwartende Reichweite des Ankers wie folgt abgeschätzt.

**Abschätzung der Reichweite:** Die gespeicherte Energie ergibt sich aus der Festlegelast und der elastischen Formänderung beim Spannen:

$$W = \quad (3a)$$

Diese steht für die Beschleunigung des Ankerstücks zur Verfügung. Die sich ergebende Anfangsgeschwindigkeit lässt sich aus Gleichung (2) berechnen:

$$V = \quad 8a$$

Die Wurfbahn ergibt sich mit dem Neigungswinkel  $\phi$  des Ankers:

9

Den Aufschlagpunkt auf dem Gelände erhält man aus dem Schnitt mit der Funktion der Geländeoberfläche.

Zur Berechnung der Wurfweite wurden folgende Eingangsdaten verwendet:

Vorspannkraft:  $A = 550 \text{ kN}$

Freispielstrecke  $l_{st} = 8 \text{ m}$

Ankerdurchmesser  $d_e = 50 \text{ mm}$

Elastizitätsmodul des Ankerstahls  $E = 210\,000 \text{ Mpa}$

Dichte des Stahls  $\rho = 7.85 \text{ t/m}^3$

Ankeransatzhöhe ü. GO  $h = 10 \text{ m}$

Neigungswinkel des Ankers  $\phi = 10^\circ$  gegen die Horizontale nach unten

Damit besitzt das herausschnellende Stück eine Masse von 247 kg, eine Anfangsgeschwindigkeit von 4,9 m/s und bei horizontalem Gelände eine Wurfweite von 7,3 m. Diese liegt auf der sicheren Seite, weil

- sich in dem Hüllrohr beim Herausschnellen ein Unterdruck bildet; der zu einer Verzögerung führt;
- sich die Ankerstange beim Verlassen des Bohrlochs zunehmend verkantet, weil sich die Flugbahn wegen der Erdbeschleunigung nach unten krümmt. Dadurch entstehen bei der in Richtung des Bohrlochs geführten Bewegung zunehmende Reibungskräfte am bergseitigen Ankerende und am Bohrlochmund, die über Reibungsarbeit kinetische Energie verbrauchen.

Beide beschriebene Effekte nehmen mit der Länge des abgetrennten freien Ankerstücks zu, so daß sie sich insbesondere auf die energiereichen Fälle günstig auswirken.

**Sicherung der gefährdeten Anker:** Aufgrund der o.a. Abschätzung war eine Gefährdung der unterhalb der Ankersicherung liegenden innerstädtischen Durchgangsstraße und eines mittig im Hangsicherungsbereich vorhandenen Bushaltestelle mit Wartehäuschen gegeben. Da eine Sperrung der Straße nicht möglich war, hätte auch die Verlegung der Bushaltestelle während der kritischen Bohrphase das Risiko nicht ausreichend reduziert. Also mußte eine Möglichkeit gefunden werden, die Reichweite der herausschnellenden Anker so zu

begrenzen, daß ein Erreichen der Straße ausgeschlossen war. Es wurden hierfür verschiedene Möglichkeiten untersucht. Im einzelnen waren dies.

- **Verbinden der gefährdeten Ankerköpfe** untereinander und mit ihren außerhalb des Bohrbereichs liegenden Nachbarn **durch Kanaldielen**. In die Kanaldielen sollten entsprechende Öffnungen gebrannt werden über die sie mittels Ankermuttern an den freien Ankerenden befestigt werden sollten. Zu beachten wäre dabei gewesen, daß die Ankermuttern bei den nicht gefährdeten Ankern talseitig, bei den gefährdeten bergseitig der Diele anzubringen gewesen wären. Die kinetische Energie des herausschnellenden Ankers wäre dabei im wesentlichen durch die nicht betroffenen Nachbarn auf Zug aufgenommen worden.

Die Lösung wurde verworfen, weil die Wirkung der Impulsbelastung auf die Gebrauchsfähigkeit der intakten Anker nicht ausreichend abgeschätzt werden konnte und ferner, weil die Handhabung der Dielen mit dem auf der Baustelle vorhandenen Gerät nicht möglich gewesen wäre; die Einrichtung des im Bauvertrag nicht vorgesehenen Autokrans sollte vermieden werden.

- **Befestigen von Ballast** an den gefährdeten Ankerköpfen um die zu beschleunigenden Massen zu erhöhen und damit die Reichweite der herausschnellenden Stücke zu begrenzen. Als Ballast hätte eine Vielzahl auf der Baustelle verfügbarer Stoffe dienen können, wie zum Beispiel Reststücke von Verbauträgern, Kanaldielen, Kanalrohre, Bündel von Kanthölzern, Bohlen oder Stabstahl, die je nach Stoff entweder direkt über Ankermuttern oder über Ankermuttern mit aufgeschweißten Bügeln und Drahtseile an den freien Ankerenden zu befestigen gewesen wären. Diese Lösung hätte die Nachbaranker nicht beansprucht, der Ballast hätte mittels der vorhandenen Hebezeuge eingebaut werden können. Der Aufwand wäre jedoch gegenüber der nachstehenden dritten Lösung erheblich größer gewesen, weshalb diese vorgezogen wurde.
- **Verbinden der gefährdeten Ankerköpfe** untereinander und mit ihren nicht gefährdeten Nachbarn **durch Drahtseile mit** speziellen, aus dem modernen Steinschlagverbau bekannten **Seilbremsen**. Die Drahtseile mit den Seilbremsen wurden an den Ankern über Ankermuttern mit aufgeschweißten Bügeln befestigt, die Seilenden wurden mittels Seilklemmen nach DIN gesichert.

Seilbremsen sind Bestandteil aller moderner Steinschlagschutzzäune im Energiebereich zwischen 500 und 2.000 KJ. Ohne diese Bremsen wären entsprechend hohe Energieaufnahmen nicht möglich. Sie erlauben dem System beim Aufschlag von Blöcken große Verformungswege bei gleichzeitigem Energieverbrauch über Verformungs- oder Reibungsarbeit. Im vorliegenden Fall wurden Seilbremsen System Geobrug der Fatzer AG, Brugg, Schweiz, eingesetzt. Die Seilbremsen bestehen aus ringförmig gebogenen Stahlrohren mit Durchmessern zwischen  $\varnothing$  und  $\varnothing$  m, deren Länge etwa 5% größer ist als der Kreisumfang und die im Übergreifungsbereich mittels einer Pressklemme verbunden sind um das Öffnen des Rings senkrecht zur Ringebene zu verhindern. Das Öffnen würde ohne die Pressklemme wegen des Moments auftreten, das durch die fehlende Kolinearität der Seilkräftepaars entsteht. Erreicht die beim Herausschnellen des Ankers auftretende Seilzugkraft etwa 90% der Seilbruchlast, wird das entsprechend ausgelegte Stahlrohr durch die Pressklemme gezogen. Dadurch wird die kinetische Energie des Ankers in Verformungsarbeit, Reibungsarbeit und Wärme umgewandelt. Einen verformten Bremsring zeigt Abbildung 1. Bei richtiger Bemessung stoppt der Anker innerhalb des maximalen Verformungsweges der Seilbremse. Der reduzierte Durchmesser des Bremsrings ist bei entsprechender Anordnung aus großer Distanz visuell erkennbar, so daß sich aufwendige Überwachungsverfahren erübrigen.

Aufgrund der o.a. Abschätzung ließen sich die Seile und die Bremsringe bemessen. Der Durchmesser der Drahtseile wurde mit 20 mm gewählt, die Seilbruchkraft lag damit bei KN. Es wurden Bremsringe eingesetzt, die bei einem Ringdurchmesser von m und einem maximalen Bremsweg von m eine Energieaufnahme von KJ aufweisen. Die Ankermuttern wurden dem Lieferprogramm der Allspann entnommen. Um Kerbwirkungen zu vermeiden hatten die Bügel einen Durchmesser von 20 mm, das von ihnen gebildete Auge von mm.

Die Montage konnte wegen der geringen Gewichte von Hand von Leitern aus erfolgen, sie war in wenigen Stunden abgeschlossen, das System betriebsbereit. Wegen einer offensichtlich exakten Vermessung der Anker- und Pfahlagen verlief die anschließende Pfahlherstellung unspektakulär, es wurde keiner der Vorspannanker angeschnitten oder durchtrennt, so daß die eingebaute Seilsicherung nicht beansprucht wurde. Die Sicherung wurde nach Herstellung der Pfähle demontiert, sie könnte bei anderen Sicherungszwecken auch dauerhaft installiert bleiben.

### **Danksagung**

Der Autor dankt der Stadt Bad Teinach- Zavelstein, insbesondere Herrn Bürgermeister Krauss für seine Unterstützung bei der Umsetzung der o.a. Sicherung sowie für die Genehmigung zur Veröffentlichung dieses Artikels. Der örtlichen Bauüberwachung, Herrn Dipl.-Ing Dipl.-Geol. W. Waltz ist für die wertvollen Diskussionsbeiträge, für die umsichtige Umsetzung und für die in diesem Aufsatz verwendeten Fotos, der Fatzer AG, Herrn Dipl.- Ing B. Haller für die kurzfristige Bereitstellung der Seile und der Seilbremsen zu danken.

### **Literatur**

BRAWNER, C.O. (1998): Case examples of rock stability on transportation projects.- Proc. 49<sup>th</sup> Highway Geol. Symp., Prescott, 26 – 38.  
 FATZER AG, Rockfall Protection, Prospektunterlagen.  
 SPANG, R.M.(1998):Rockfall barriers – Design and Practise in Europe.- Proc. Sem. On Planning, Design and Implementation of Debris Flow and Rockfall Hazards Mitigation Measures, Hong Kong, 27<sup>th</sup> Oct. 1998, - .