Überprüfung und Erhaltung von Verankerungen

Autor(en): **Von Matt, Ueli**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **89 (1997)**

Heft 11-12

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-940226

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Überprüfung und Erhaltung von Verankerungen

Ueli von Matt

1. Verankerungen im Bereich von Talsperren

Talsperren sind in der Regel nicht verankert. Aber im Umkreis von Talsperren können zahlreiche Elemente verankert sein, die möglicherweise für den Betrieb der Anlagen von existentieller Bedeutung sind. Leider liegen uns nur wenig Informationen über die Verbreitung von Verankerungen in schweizerischen Wasserkraftanlagen vor. Die einzelnen Kraftwerkbetreiber und -betreuer verfügen jedoch in der Regel über die ihre Bauwerke betreffenden Informationen. Allerdings ist es gut denkbar, dass nicht alle Kraftwerkbetreiber und -betreuer einen umfassenden Überblick über die im Umkreis ihrer Werke vorhandenen Verankerungen und deren Funktion haben. Denn bis vor wenigen Jahren sind Anker häufig eingebaut und anschliessend sich selbst überlassen worden. Obwohl sie für die Sicherheit und den Betrieb des Werkes wichtig sein können, werden die Anker oft nicht überwacht und instand gehalten. Sie zählen ja nicht zu den eigentlichen Betriebseinrichtungen, deren Unterhalt eine Selbstverständlichkeit ist. Dies darf nicht als Vorwurf verstanden werden. Diese Haltung gegenüber Verankerungen entspricht der Mentalität der 50er bis 80er Jahre und war auch in anderen Bereichen wie zum Beispiel Nationalstrassen, Eisenbahnen und Seilbahnen weit verbreitet. Die SIA-Normen enthielten bis 1989 nur marginale Hinweise zur Dauerhaftigkeit von Bauwerken. Die Projektverfasser haben die Bauwerke den Betreibern in der Regel ohne Anweisungen hinsichtlich Überwachung und Unterhalt von Verankerungen übergeben. Häufig sind überdies früher Verankerungen vom Bauunternehmer als Bauhilfsmassnahme in eigener Regie ausgeführt worden, ohne dass sich jemand Gedanken über die möglicherweise permanente Funktion dieser Anker auch während des Werkbetriebes gemacht hat.

Nachfolgend ist eine Reihe von Möglichkeiten aufgezählt, wo Verankerungen im Umkreis von Talsperren eingesetzt sein können:

- Sicherung von Anschnitten der Talflanken oberhalb und seitlich von Sperren und Einlaufbauwerken
- Sicherung von instabilen Talflankenpartien entlang des Stausees
- Auftriebssicherungen von Tosbecken
- Sicherung von Fixpunkten von Druckleitungen
- Sicherung von Stollen- oder Kavernengewölben und -wänden
- Sicherung von Turbinenfundationen
- Stabilitätserhöhung von bestehenden Sperren zum Beispiel zur Erhöhung der Sicherheit bei Erdbeben oder zur Ermöglichung von Staumauererhöhungen
- Sicherung von Anschnitten an Zufahrtsstrassen
- Verankerung von Zugseilen und Masten von Betriebsseilbahnen.

Es versteht sich, dass diese Aufzählung nicht vollständig sein kann.

2. Ankerarten

Wir unterscheiden grundsätzlich zwei Ankerarten: vorgespannte und nichtvorgespannte oder ungespannte Anker.

Vorgespannte Anker weisen Zugglieder aus hochfesten Stählen (f_{tk} = 1000 bis 1800 N/mm²) auf, die nach dem Einbau vorgespannt werden. Dies erlaubt ein Prüfen der Tragfähigkeit jedes einzelnen Ankers. Die Spannkraft der Anker wird grösser gewählt als die von aussen einwirkenden Zugkräfte. Damit werden abhebende Bewegungen zwischen Bauwerk und Untergrund vermieden.

Mit vorgespannten Ankern sind hohe Ankerkräfte erreichbar. Bei Felsankern üblich sind Kräfte von 1000 bis 2000 kN pro Anker, es sind aber schon Anker mit einer Tragkraft von 7000 bis 10 000 kN ausgeführt worden (Bild 1).

Die *nichtvorgespannten Anker,* häufig auch Nägel oder passive Anker genannt, weisen Zugglieder aus Stäben tieferer Festigkeit auf (meist etwa 400 bis 600 N/mm²). Die Tragfähigkeit dieser Anker wird in der Regel nicht systematisch geprüft. Treten die vorgesehenen Zugkräfte auf, werden die Stahlzugglieder gedehnt und es kann zu Verschiebungen zwischen Bauteil und Untergrund kommen. Die Bemessungskräfte der ungespannten Anker liegen in der Regel zwischen 100 und 250 kN.

Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf vorgespannte Anker, deren Versagen wegen der hohen einzelnen Ankerkräfte in der Regel ein grösseres Schadenpotential beinhaltet. Für die Beurteilung von Verankerungen mit ungespannten Ankern gelten die nachfolgenden Hinweise sinngemäss.

3. Alterung von vorgespannten Ankern

Alterungserscheinungen an vorgespannten Ankern sind:

Abnahme der Tragfähigkeit im Bereich der Krafteintragung in den Untergrund. Die Kraftübertragung von Ankerzugglied in den Baugrund erfolgt über Injektionsgut auf Zementbasis. In der Regel ist in diesem Bereich mit keinen negativen Alterungserscheinungen zu rechnen. Solche können nur auftreten, wenn der Zement von dem im Untergrund zirkulierenden Wasser zersetzt wird, wenn zum Beispiel bei sulfathaltigem Bergwasser kein sulfatbeständiger Zement verwendet worden ist. Ein solcher Alterungsschaden müsste als Planungsfehler qualifiziert werden.

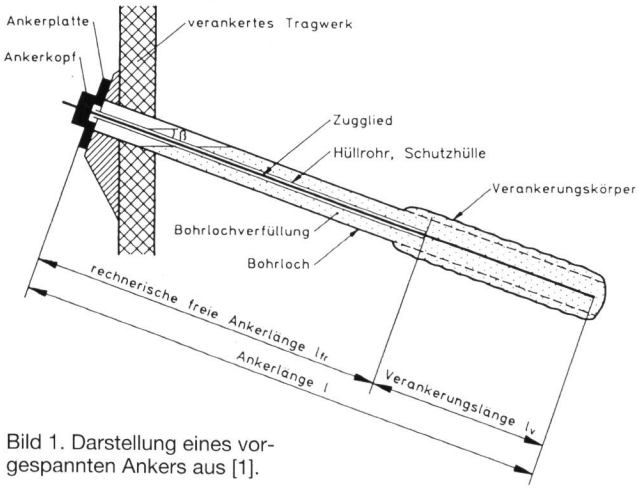

Bild 1. Darstellung eines vorgespannten Ankers aus [1].

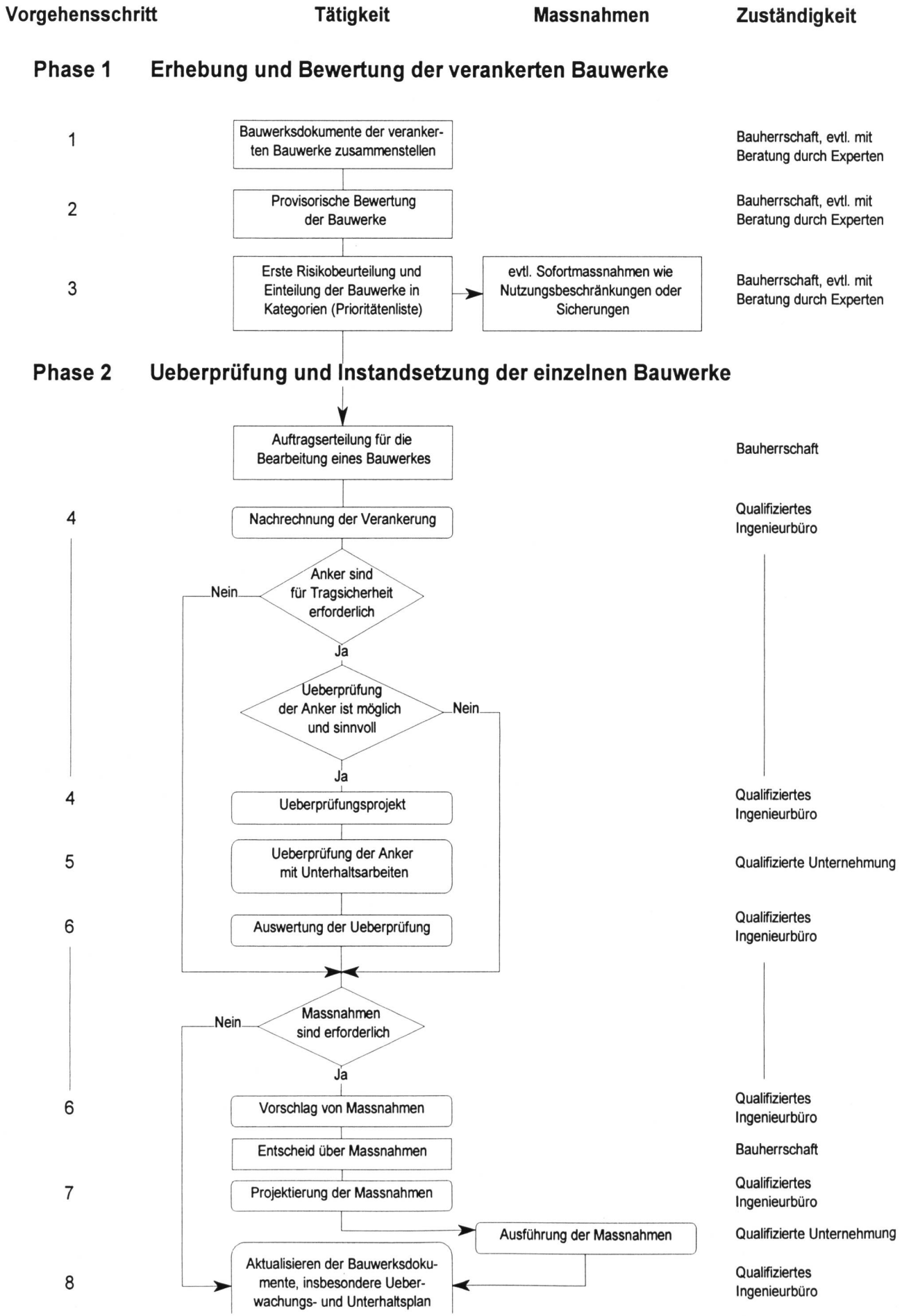

Bild 2. Schema des Arbeitsablaufs zur Erhaltung verankerter Bauwerke aus [3].

Abnahme der Festigkeit der Zugglieder durch Ermüdung. Weil vorgespannte Anker während ihrer Nutzung praktisch keine Spannungsänderungen erleiden, sind auch sehr langfristig keine Ermüdungserscheinungen zu befürchten.

Reduktion des Querschnittes des Zuggliedes durch anodische (abtragende) Korrosion. An Schwachstellen des Korrosionsschutzes kann dieser Prozess konzentriert und rasch ablaufen, zu Lochfrass und in der Folge bei vorgespannten Stählen zu Spannungsrisskorrosion führen.

Versprödung des Spannstahles durch eindiffundierten Wasserstoff. Dieser nicht sichtbare, von keinem Materialabtrag begleitete Vorgang kann im kathodischen Bereich von lokalen Korrosionsangriffsstellen oder bei einer Makroelementbildung zwischen Anker und Bauwerksbewehrung oder an der Eintrittsstelle von Streuströmen erfolgen. Die Wasserstoffversprödung führt zu einem plötzlichen verformungslosen Bruch des Spannstahles ohne Vorankündigung.

Das Alterungsproblem von vorgespannten Ankern sind somit anodische und kathodische Korrosionsprozesse an den Zuggliedern. Wenn diese verhindert werden können, weisen vorgespannte Verankerungen eine sehr hohe Dauerhaftigkeit auf.

Diese Erkenntnisse haben in den letzten 10 Jahren zur Entwicklung einer neuen Generation von Ankersystemen mit wesentlich verbessertem Korrosionsschutz geführt. Zentral war dabei die Forderung, dass der Korrosionsschutz am eingebauten Anker überprüfbar sein muss. Bei modernen schweizerischen Ankern wird das Stahlzugglied über die gesamte Länge von einer chemisch beständigen, ausreichend diffusionsdichten und elektrisch isolierenden Schutzhülle aus Kunststoff umgeben. Die Intaktheit der Schutzhülle wird bei jedem Anker mit einer Messung des elektrischen Widerstandes überprüft. 1992 sind erstmals solche vollständig elektrisch isolierten Anker eingebaut worden. Die Empfehlung SIA V 191 (1995) [1] verlangt diesen umfassenden Korrosionsschutz für alle permanenten Anker.

4. Bestehende Verankerungen

Alle Verankerungen, die vor den Jahren 1992–1995 erstellt worden sind – die ersten sind in der Schweiz 1951 in einer Kavernenzentrale der Maggia-Kraftwerke AG eingebaut worden – weisen keinen umfassenden, überprüfbaren Korrosionsschutz auf. In diesen rund 40 Jahren sind sehr verschiedene, von den einzelnen Ankerherstellern laufend modifizierte und korrosionsschutzmässig verbesserte Ankersysteme eingebaut worden. Dabei ist zwischen zwei verschiedenen Ankertypen zu unterscheiden, nämlich zwischen Vollverbundankern und Freispielankern.

- Beim Vollverbundanker ist das Zugglied analog dem Verfahren bei vorgespannten Betonbauwerken nach dem Vorspannen des Ankers auf der freien Ankerlänge mit Zementmilch ausinjiziert worden. Beim heutigen Stand der Technik ist bei Vollverbundankern weder die vorhandene Ankerkraft noch der Zustand des Stahlzuggliedes überprüfbar.
- Ende der 60er bis Mitte der 70er Jahre ist sukzessive von allen Ankerherstellern der Systemwechsel zu Freispielankern vorgenommen worden. Bei diesen Ankern bleibt das Stahlzugglied im Bereich der freien Ankerlänge auch im Betriebszustand frei dehnbar. Dies wurde erreicht, indem das die Drähte, Litzen oder Stäbe auf der freien Länge umhüllende Rohr mit einer plastischen Korrosionsschutzmasse verfüllt wurde oder – was heute als Standard gilt – durch den Einbau von Monolitzen, wo jede einzelne Litze im Bereich der freien Länge gefettet und von einem Einzelhüllrohr umhüllt ist. Bei Freispielankern kann grundsätzlich die vorhandene Ankerkraft ermittelt werden und zumindest indirekt, mit einer Spannprobe, eine Aussage über den Zustand des Zuggliedes gemacht werden. Wie einfach eine solche Überprüfung durchführbar ist, hängt von der Zugänglichkeit und der Konstruktion des Ankerkopfes ab.

Wegen der unterschiedlichen Überprüfbarkeit, der verschiedenen Korrosionsschutzsysteme und -materialien und der oft unbekannten Ausführungsqualität lässt sich keine generelle Aussage über den Zustand von bestehenden Verankerungen machen. Jede Verankerung muss einzeln, unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung, ihrer Konstruktion, der Ankeranzahl und der vor Ort vorherrschenden Gefährdungsfaktoren wie zum Beispiel Tausalzeintrag, aggressives Bergwasser, Streustrombelastung usw. beurteilt werden.

In diesem Zusammenhang interessiert sicher, ob überhaupt an bestehenden Verankerungen Korrosionsschäden festgestellt worden sind. Dies ist der Fall. Die festgestellten Schäden reichen vom Korrosionsbefall einzelner Drähte, Litzen oder Stangen bis zum Bruch ganzer Anker. Verglichen mit dem gesamten Ankerbestand in der Schweiz ist die Anzahl bekannter Schäden klein. Dabei ist allerdings von einer erheblichen Dunkelziffer auszugehen, da zahlreiche Verankerungen bisher nie überprüft worden sind resp. – im Falle von Vollverbundankern – gar nicht direkt überprüfbar sind. Damit ergibt sich für den Eigentümer und Betreiber eines Werkes die unangenehme Situation, dass er über die Tragsicherheit verankerter Tragwerke im Ungewissen ist.

Was ist zu tun?

Als das Bundesamt für Strassenbau (ASB) als Aufsichtsbehörde der Kantone im Bereich der National- und Hauptstrassen die Problematik der fraglichen Dauerhaftigkeit von Verankerungen erkannt hat, hat es eine Richtlinie erarbeitet, in der das Vorgehen für die Erhaltung der Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit und Tragsicherheit von bestehenden Verankerungen beschrieben ist [2], [3]. Die Kantone müssen sich zunächst Klarheit verschaffen über die Art der vorhandenen Ankerbestände und der damit verankerten Bauwerke (Inventar und erste Risikobeurteilung). Je nach Gefährdungspotential sind für die einzelnen verankerten Bauwerke kurz- oder mittelfristig Massnahmen zu treffen. Diese können von einer Verbesserung der Bauwerksüberwachung bis zum Ersatz der Anker gehen (siehe Bild 2).

Für die Beurteilung von bestehenden Verankerungen im Umkreis von Talsperren empfiehlt sich ein analoges Vorgehen.

Das Ziel des Referates war, das Augenmerk der Kraftwerkbetreiber auf die mögliche Gefährdung baulicher Anlagen durch das nicht auszuschliessende Versagen bestehender Verankerungen zu lenken und ein zweckmässiges Vorgehen zur Problemlösung aufzuzeigen.

[1] Empfehlung SIA V 191 (1995) «Vorgespannte Boden- und Felsanker».

[2] Bundesamt für Strassenbau (ASB): Richtlinien für permanente Boden- und Felsanker 1993.

[3] Bundesamt für Strassenbau (ASB): Anker-Richtlinien 1997 (Aktualisierte Version von [2]).

Adresse des Verfassers: *Ueli von Matt,* dipl. Bauingenieur ETH, SIA, Dr. Vollenweider AG, Beratende Ingenieure für Geotechnik, Grundbau und Tunnelbau, Hegarstrasse 22, CH-8032 Zürich.

Überarbeiteter Vortrag, den der Verfasser am 28. August 1997 in Valbella-Lenzerheide gehalten hat. Die Arbeitsgruppe Talsperrenbeobachtung des Schweizerischen Nationalkomitees für grosse Talsperren organisierte diese Arbeitstagung.