

**Erfahrungen aus dem Einsatz von  
vorgespannten Verpressankern und  
Verpresspfählen für Dauerverankerungen**

**T 3012**

**T 3012**

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2003, ISBN 3-8167-6516-5

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69  
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00  
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail [info@irb.fhg.de](mailto:info@irb.fhg.de)

URL <http://www.IRBbuch.de>

# Schlußbericht

zum Forschungsauftrag des  
Deutschen Instituts für Bautechnik  
Nr. P 32-5-11.57-976/01

## **Erfahrungen aus dem Einsatz von vorgespannten Verpressankern und Verpresspfählen für Dauerverankerungen**



Cottbus, den 23.12.2002

# Schlußbericht

zum Forschungsauftrag des  
Deutschen Instituts für Bautechnik  
Nr. P 32-5-11.57-976/01

**Erfahrungen aus dem Einsatz  
von vorgespannten Verpressankern  
und Verpresspfählen für  
Dauerverankerungen**

Cottbus, den 23.12.2002

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Veranlassung	1
2. Untersuchungsmethoden	2
3. Untersuchungen und Untersuchungsergebnisse an ausgewählten Objekten	3
3.1 Einschnitt Aalen - Westhausen im Zuge der BAB A7	3.1
3.2 Bengener Damm im Zuge der BAB A 61	3.2
3.3 Hangsicherung im Zuge des Neubaus der Ortsumgebung Lorch	3.3
3.4 Hangsicherung Berkheimer Steige	3.4
3.5 Sicherung einer Dammböschung an der Klemmenbachtalbrücke im Zuge des Ausbaus der B 10 Landau - Pirmasens	3.5
3.6 Verankerte Stützmauer an der Bundesautobahn A 98 bei Rötteln	3.6
3.7 Hangsicherung an der Bundesautobahn A 98 - Auffahrt zur Burg Rötteln	3.7
3.8 Verankerte Stützmauer an der Bundesstraße B 314 in Fützen	3.8
3.9 Verankerte Stützmauer an der Bundesstraße B 33 in Triberg	3.9
3.10 Widerlagersicherung einer Feldwegüberführung an der Bundesautobahn A 8 (E 52) westlich der AS 55 (Wendlingen)	3.10
3.11 Hangsicherung an der Bundesautobahn A 8 (E 52) westlich der AS 55 (Wendlingen)	3.11
3.12 Verankerte Bohrpfahlwand an der Bundesstraße B 27 bei Haßmersheim (Neckar)	3.12
3.13 Hangsicherung an der Bundesstraße B 500 nördlich von Waldshut	3.13
3.14 Verankerte Stützmauer an der Mainbrücke in Wertheim	3.14
3.15 Verankerung der Talsperre Rauschenbach im Erzgebirge	3.15
4. Beobachtungen aus der Praxis	4
5. Schlußfolgerungen	5

## 1. Veranlassung

Seit dem ersten Einsatz von Verpressankern im Jahre 1958 (bei der Baugrube für das Gebäude des Bayerischen Rundfunks in München, Temporäranker) sind nahezu 45 Jahre vergangen. In dieser Zeit wurden in Deutschland eine große Zahl von Verankerungen hergestellt. Die ersten Daueranker kamen seit dem Ende der Sechzigerjahre zum Einsatz. Nach einer Schätzung auf der Grundlage von Eignungsprüfungen an Dauerankern, die von der FMPA Stuttgart und der BTU Cottbus in den letzten beiden Jahrzehnten betreut wurden, dürften inzwischen nahezu 500.000 Daueranker in Deutschland eingebaut worden sein. Sie dienen den verschiedensten Zwecken, z.B.:

- Verankerungen von Seilabspannungen bei Brücken, Gebäuden, Kühltürmen etc.
- Verankerung von Stützmauern
- Hangsicherungen und Rutschungssicherungen entlang von Verkehrswegen oder in Wohngebieten
- Dauerhafte Rückverankerung von Baugrubenwänden
- Auftriebssicherungen

Viele bedeutende Bauvorhaben der letzten Jahrzehnte hätten ohne den Einsatz von Verpressankern nicht oder nur mit sehr großen zusätzlichen Aufwendungen realisiert werden können. Anker haben ihren festen Platz in dem Verfahrenskatalog des Spezialtiefbaus, und sie haben sich als sichere, kostengünstige und gut handhabbare Konstruktionselemente bewährt.

Das Deutsche Institut für Bautechnik regelt den Einsatz von Dauerankern über die Erteilung von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und stellt damit sicher, dass alle erforderlichen Vorkehrungen für die Dauerhaftigkeit der Anker, insbesondere unter dem Gesichtspunkt des Korrosionsschutzes, bereits bei der Konstruktion, der Herstellung und dem Einbau getroffen werden. Die Nutzungsdauer der Anker veranschlagt man (ähnlich wie die von Betonbauwerken, z. B. Brücken, Tunnels etc.) mit ca. 80 - 100 Jahren.

Anders als „sichtbare“ Bauwerke oder Bauteile entziehen sich Anker nach ihrer Fertigstellung aber einer vollständigen optischen Kontrolle ihres Zustandes. Manchmal werden die Ankerköpfe einbetoniert, oder sie sind aus anderen Gründen irgendwann nicht mehr ohne weiteres zugänglich. Eine regelmäßige Kontrolle des Zustandes der sichtbaren Ankerteile oder der Ankerkräfte findet nur in Ausnahmefällen statt. Da die meisten Daueranker das Ende ihrer Einsatzzeit noch längst nicht erreicht haben, und es keine allgemein verbindlichen Regeln für die Überprüfung von Verankerungen gibt, sollte eine Studie zum Zustand von Dauerverankerungen und ihrer Behandlung im Alltag der Bauverwaltungen erarbeitet werden. Die Studie sollte zum einen eine Art Bestandsaufnahme sein und zum anderen auch mögliche Verbesserungen bei der Ausbildung von Dauerankern aufzeigen. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden im folgenden Bericht dargelegt. Die Mehrzahl der untersuchten Verankerungen befindet sich in Südwestdeutschland, wo der Unterzeichner (rechts) bis zum Jahr 1992 seinen Beruf in der Forschungs- und Materialprüfungsanstalt in Stuttgart (FMPA Otto-Graf-Institut) ausübte.

Die Unterzeichner bedanken sich für die Hilfe und Unterstützung, die ihnen von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Straßenbauverwaltungen in Baden-Württemberg und

Rheinland-Pfalz zuteil wurde. Der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen danken wir für die Erlaubnis, die Untersuchungsergebnisse an der Verankerung der Talsperre Rauschenbach in diesen Bericht aufnehmen zu dürfen. Besonderer Dank gilt auch Herrn BD Dipl.-Ing. W. Meiniger vom Otto-Graf-Institut in Stuttgart, der seine Informationen aus der Bauzeit der untersuchten Konstruktionen bereitwillig zur Verfügung stellte.

## 2. Untersuchungsmethoden

Nur bei einigen der untersuchten Verankerungen waren vor dem Spannen und Festlegen Kraftmeßdosen zur Kontrolle der Ankerkraftentwicklung installiert worden. Die Anzeige sowohl der hydraulischen als auch der elektrischen Kraftmeßdosen wird nach einigen Jahren unzuverlässig. Das ist bekannt, und weil es keine Möglichkeit der Überprüfung der Funktionsfähigkeit eingebauter und belasteter Meßdosen gibt, besitzen Ablesungen der Ankerkräfte nach 10 und mehr Jahren wenig Aussagekraft.

Die einzige Möglichkeit, auch nach langer Zeit die aktuelle Kraft eines Anker zu überprüfen, besteht darin, an ihm einen Abhebeversuch durchzuführen. Dabei wird am Zugglied luftseitig des Ankerkopfes (bei Einstabankern) oder am Keilträger (bei Litzenankern) unter gleichzeitiger Messung der Zugkraft und der Verschiebung gezogen, bis die Anker Mutter (bei Einstabankern) oder der Keilträger (bei Litzenankern) sich von der Auflage abhebt. Die Zugkraft im Moment des Abhebens entspricht der vorhandenen Ankerkraft.

Bei Einstabankern sind Abhebeversuche immer möglich, unter der Voraussetzung, dass

- a) die Platzverhältnisse um den Ankerkopf das Aufsetzen eines Spannsattels erlauben, und
- b) das Zugglied über der Mutter nicht so kurz abgetrennt wurde, dass eine Muffe nicht mehr aufgeschraubt werden kann.

Die Köpfe der Litzenanker (und auch der Bündelanker) lassen sich nur abheben, wenn die Keilträger so ausgebildet wurden, dass sie mit der Spannvorrichtung gepackt und gezogen werden können. In der Regel erhalten die Keilträger dazu außen ein Gewinde, auf das dann eine Spannglocke aufgeschraubt werden kann. Wenn über dem Keilträger genügend Litzenüberstand belassen wurde, kann mit einem zweiten Keilträger auch an den Litzen selbst gezogen werden. Allerdings ist der Litzenüberstand meist zu kurz, um diese Methode anzuwenden. Sie hat zudem den Nachteil, dass die Keile im Augenblick des Abhebens aus den Keilsitzen gehoben werden, oder dass die Litzen durch die Keile gezogen werden können. Bei sehr lange eingebauten Anker ist die Methode, an den Litzen zu ziehen, nicht zu empfehlen, es sei denn, man wollte die Anker mit höheren Kräften (und neuen Keilen) wieder festlegen.

Ursprünglich war vorgesehen, an den Verankerungen auch Abhebeversuche durchzuführen, wenn die Art des Ankers und die Platzverhältnisse es erlauben würden. Von diesem Vorhaben wurde aber Abstand genommen. Um die Anker überhaupt in Augenschein nehmen zu können, war die Erlaubnis der Eigentümer (hier im wesentlichen der Straßenbauverwaltung) erforderlich. Es wurde bei der Einholung der Erlaubnisse schnell klar, dass gegen eine Inaugenscheinnahme und Beschreibung des Zustandes der Verankerungen keine Einwände erhoben würden. Gegen eine Manipulation an den Zuggliedern, Köpfen, Keilträgern und Keilen bestanden aber begründete Bedenken. In der Tat ist es nicht undenkbar, dass in der Folge eines Abhebeversuches eine Verschlechterung des Korrosionsschutzes eintritt; immerhin bewegt man dabei Teile des Ankerkopfes. Einen gut korrosionsschutzten Anker läßt man am besten in Ruhe. Außerdem waren einige der untersuchten Verankerungen unter Begleitumständen (z. B. Hangrutschungen, Stützmauerbewegungen) entstanden, die für die betroffenen Bauämter unvorhergesehen und nicht erfreulich waren. Allein die Einsicht in die damaligen Bauakten, in denen die Festlegekräfte

der Anker vermerkt sind, wäre bei der in den letzten Jahren immer wieder durchgeführten Umorganisation der Straßenbauverwaltungen in Südwestdeutschland nicht einfach gewesen.

Vor allem aber wäre die Frage aufgetreten, was zu tun sei, wenn bei den Abhebeversuchen wesentliche Abweichungen der Ankerkraft von der damaligen Festlegekraft festgestellt worden wären. Alle Bauwerke, deren Verankerungen überprüft werden sollten, erfüllen offensichtlich seit ihrer Fertigstellung ihren Zweck. Vor diesem Hintergrund hätten bei Abhebeversuchen eventuell festgestellte (erhöhte oder abgefallene) Ankerkräfte nur zu Unruhe und Spekulationen über den Grund der Änderung geführt. Lediglich am Bengener Damm wurden mit Einwilligung der Straßenbauverwaltung Abhebeversuche durchgeführt.

Die Untersuchungen beschränkten sich aus den genannten Gründen in der Regel auf die Inaugenscheinnahme der Ankerköpfe, nachdem vielerorts zunächst die Vegetation entfernt werden mußte. Dazu wurden die Kappen abgenommen. Zugglieder, Muttern, Keilträger und Verkeilungen wurden durch Anklopfen mit einem Hammer auf festen Sitz untersucht. Die Korrosionsschutzmassen wurden beurteilt und dort, wo zu wenig vorhanden war, ergänzt. Anschließend wurden die Kappen wieder aufgesetzt und sorgfältig verschraubt.

Wo ein Abnehmen der Kappen nicht ohne Gewaltanwendung möglich gewesen wäre, wurde auf das Abnehmen verzichtet.

### 3. Untersuchungen und Untersuchungsergebnisse an ausgewählten Objekten

Die Auswahl der Untersuchungsobjekte erfolgte vorrangig unter dem Gesichtspunkt, dass die Verankerungen einfach zugänglich sein sollten, und dass die technischen Gesichtspunkte, die zu ihrem Einbau führten, bekannt sein sollten. Von den insgesamt 15 untersuchten Objekten waren 10 unter Mitwirkung des Unterzeichners (rechts) errichtet worden. Über einige davon wurde in der Fachliteratur berichtet. Bei drei der Verankerungen waren keine Details zu Ankertyp, Ankerlänge und Ankerkraft mehr zu erfahren. Es ist wenig aussichtsreich, in Anbetracht der in den letzten beiden Jahrzehnten immer wieder veränderten Strukturen in den Bauverwaltungen und der Verringerung des Personalstandes nach alten Bauakten zu suchen.

Die Fragestellung des Forschungsprojektes bedingt es, dass in diesem Bericht zahlreiche Fotos eingearbeitet wurden. Alle Fotos wurden digitalisiert. Bedingt durch die großen Datenmengen waren die Formate und die Anzahl der Fotos pro Seite nicht immer frei wählbar.



Kopf eines Dauerankers aus der Frühzeit der Ankertechnik

### 3.1 Einschnitt Aalen - Westhausen im Zuge der BAB A 7

#### Beschreibung der Baumaßnahme

Die Bundesautobahn BAB A 7 Würzburg - Ulm verläuft zwischen den Anschlussstellen 114 (Aalen/Westhausen) und 115 (Aalen/Oberkochen) südlich des Agnesbergtunnels durch einen ca. 1000 m langen und bis zu 55 m tiefen Hangeinschnitt, der an seiner Westseite durch eine Reihe von Verbausystemen (Raumgitterwände, Futtermauern, Gabionen) und massive Verankerungsmaßnahmen gesichert ist. Bild 3.1-1 zeigt einen Blick in den Einschnitt im Jahr 1985 während des Abtrags und der Sicherungsarbeiten, Bild 3.1-2 eine Ansicht von Süden im Jahr 1991.



Bild 3.1-1 Ansicht des Einschnittes von Norden (1985)



Bild 3.1-2 Ansicht des Einschnittes von Süden (1991)

Die Herstellung des Einschnittes erfolgte in den Jahren 1984 bis 1987. Das Bauwerk liegt im Zuständigkeitsbereich des Landesamtes für Straßenwesen Baden-Württemberg. Die Unterhaltung obliegt dem Autobahnbetriebsamt und der Autobahnmeisterei Heidenheim.

Die Autobahntrasse durchschneidet mit dem Einschnitt die gesamte Schichtenfolge des Weißjura  $\alpha$  bis Weißjura  $\gamma$ . Diese Schichten weisen unterschiedliche Festigkeits- und Erosionseigenschaften auf. Die Einschnittböschung sollte daher in den verwitterungsempfindlichen Schichten durch Futtermauern geschützt werden.

Das Planungskonzept sah im Einschnittbereich die Herstellung von Einzelböschungen von jeweils 11 m Höhe und 79° Böschungsneigung vor, welche den Schichtgrenzen folgen und durch befahrbare 5 m breite Bermen voneinander getrennt sein würden. Die mittlere Neigung der Gesamtböschung ergab sich so zu 58°.

Die verwitterungsempfindlichen Stufen des Weißjura  $\alpha$  und  $\gamma$  sollten durch rückverankerte, begrünbare Futtermauern (nach den Entwicklern Kirchhoff-Bechert-System (K-B-System) genannt) geschützt werden. Bei den erosionsunempfindlicheren Schichten des Weißjura  $\beta$  und  $\delta$  wurde nur eine Sicherung aus Steinschlagnetzen vorgesehen. Bild 3.1-3 zeigt einen Schnitt durch eine Einzelböschung von 11 m Höhe mit vorgesetzter K-B-Wand und der vorgesehenen Verankerung.

BAB A7 - EINSCHNITT AALEN  
SICHERUNGSSYSTEM DER FELSBÖSCHUNG

- Verankerung der KB-Wand  
( Stump - Duplex - Anker  $\varnothing$  32 mm )
- Verankerung für Gesamtstabilität  
( VSL- Felsanker, max VSL F 5S - 14 )

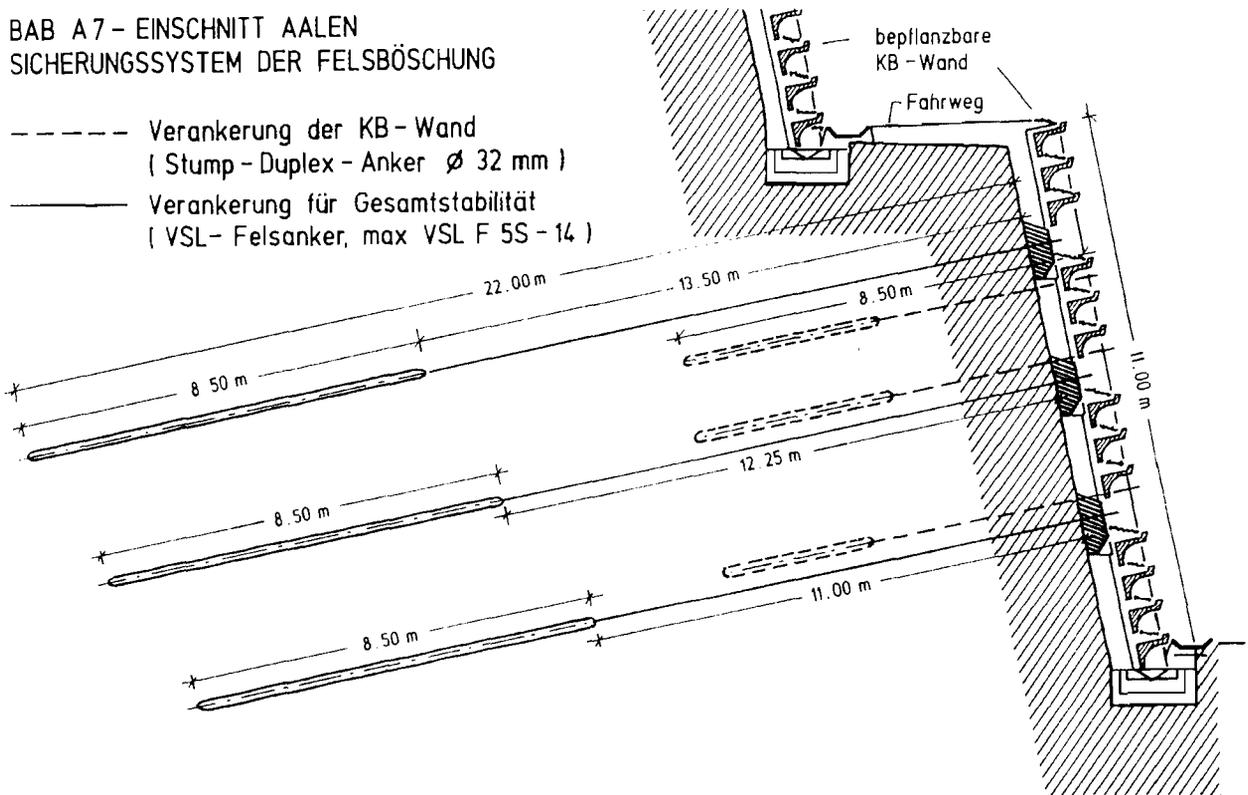


Bild 3.1-3 Schnitt durch eine K-B-Wand mit Verankerung zur Sicherung einer Einzelböschung und Zusatzankern für die Gesamtstandsicherheit (aus [3.1/1])

Schon kurze Zeit nach Beginn der Aushubarbeiten und Herstellung der ersten Teilböschungen wurde im Fels ein System von Hangzerreißungsklüften angetroffen, welches sich in seiner räumlichen Orientierung sehr ungünstig auf die Standsicherheit der Teilböschungen auswirkte. Zusätzlich ergaben sich Probleme mit unvorhergesehenem Wasserzufluss und dem Antreffen einer Karsthöhle im Bereich der größten Einschnitttiefe. Um die Standsicherheit der Einzelböschungen zu gewährleisten und die Gesamtstandsicherheit des Einschnittes sicherzustellen, wurde der zusätzliche Einbau von ca. 2500 schweren vorgespannten Felsankern erforderlich. Über die Maßnahme ist in [3.1/2] und [3.1/3] berichtet worden; dort wird auch ein Überblick über die gesamten Sicherungsmaßnahmen gegeben. Auf die an den Rändern und am Kopf der Böschungen errichteten Sicherungen aus unverankerten Raumgitterstützwänden und Gewichtsmauern aus Drahtschotterkörben wird deshalb im Rahmen dieses Berichtes nicht weiter eingegangen.

### Verankerungssystem

Die zur Gewährleistung der Standsicherheit der Einzelböschungen und zur Sicherung der Gesamtböschung erforderlichen Zusatzanker wurden, den Ausbruchabschnitten von ca. 3 m folgend, zu jeweils 3 Stück auf horizontalen Stahlbetonkopfbalken zusammengefasst und gespannt. Pro Teilböschung waren so 3 Ankerlagen erforderlich (s. Bild 3.1-4 und 3.1-5). Es kamen Litzen-Daueranker mit Längen von 10 bis 30 m und Ankerkräften von

360 bis 1258 kN zum Einsatz (System VSL-Felsanker mit 4 bis 14 Litzen; Stahlgüte 1570/1770 N/mm<sup>2</sup>). Die Verankerung wurde von der Stump Bohr GmbH (Ismaning) ausgeführt.



Bild 3.1-4 Zusatzverankerung während der Bauzeit    Bild 3.1-5 Spannen von Zusatzankern

Die als Verwitterungsschutz (Futtermauern) dienenden K-B-Wände wurden aus vorgefertigten Stahlbeton-Fertigteilen montiert. Sie bestehen aus senkrechten, 11 bis 14 m hohen, verankerten Lisenen, in welche über Konsolen waagerechte Traversen eingehängt wurden. Diese Traversen wurden mit Erde befüllt und zur Begrünung des Einschnittes bepflanzt. Insgesamt wurden 20.000 m<sup>2</sup> Futtermauern ausgeführt.

Zur Verankerung der Lisenen waren 3 Lagen Dauerfelsanker notwendig. Die hauptsächlich verwendeten Stump-Duplex-Druckrohranker (Durchmesser 32 mm, Längen von 8 bis 10 m, Stahlgüte 835/1030 und 1080/1230 N/mm<sup>2</sup>) wurden ebenfalls von der Stump Bohr GmbH eingebaut. In Einzelfällen wurden unter dem herrschenden Zeitdruck auch Litzenanker eingebaut. Die Anker zur Lisenenfixierung wurden mit einer Vorspannkraft von 50 kN festgelegt. Ihre volle Belastung sollten diese Anker erst im Gebrauchszustand der Konstruktion durch Auflockerungskräfte infolge Verwitterung der Felsmasse hinter der K-B-Wand erhalten. Zur Kontrolle dieser Ankerkräfte wurden an einigen Anker hydraulische Kraftmessdosen installiert (Bild 3.1-6). Auf einer Anzahl von Stahlbetonbalken der Zusatzverankerungen wurden stationäre Abhebepressen montiert (Bild 3.1-7).



Bild 3.1-6 Stationäre Kraftmesseinrichtung an einem Ankerkopf auf einer Lisene

Bild 3.1-7 Abhebepresse auf einem Betonriegel der Zusatzverankerung

Insgesamt wurden am Einschnitt Aalen-Westhausen rd. 1.400 Stück Stump-Duplex-Druckrohranker und 2.500 Stück VSL-Litzenanker eingebaut.

### Überwachungs- und Kontrollmaßnahmen an den Dauerankern

Alle 3.900 Daueranker wurden nach ihrem Einbau und nach Erhärtung des Verpresskörpers den nach DIN 4125 vorgeschriebenen Ankerprüfungen unterzogen. Dabei erreichten nur 5 Anker die erforderliche Prüflast nicht. Noch während der Gewährleistungszeit mussten an einigen Ankern die Befestigungsschrauben der Abdeckkappen ausgetauscht werden. Anlaß zu dieser Maßnahme war Rostbildung an den Kappen und schlechter Sitz der Schrauben.

Nach Fertigstellung des Gesamtbauwerkes erfolgten im Rahmen der Überwachung von Ingenieurbauwerken nach DIN 1076 regelmäßige Kontrollen durch die Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg. Im Einzelnen wurden folgende für die Beurteilung des Zustandes der Verankerungen notwendigen Kontrollen durchgeführt:

- visuelle Kontrollen
- Messung der Ankerkräfte an den Lisenenankern
- Abhebeversuche an den Zusatzankern
- Hammerschlagprüfungen

Die Kontrollen wurden vom zuständigen Autobahnbetriebsamt durchgeführt bzw. veranlasst. Mit dem Hauptteil der Kontrollen wurde das Otto-Graf-Institut der Universität Stuttgart (FMPA) beauftragt. Insbesondere sei hier auf den Untersuchungsbericht IV.42/32349 dieses Institutes hingewiesen [3.2/4]. Nachfolgend werden die Prüfverfahren beschrieben und die Ergebnisse der Kontrollen dargestellt.

### Visuelle Kontrollen

Visuelle Kontrollen liefern einen Gesamteindruck vom Zustand der Verankerungen. Besonders Rostbildung an den Ankerköpfen, den Abdeckkappen, den Verkeilungen bzw. Verschraubungen, den Grundplatten und den Spannstäben sowie der Status des Korrosionsschutzes können überprüft werden. Eine visuelle Kontrolle gibt Anhaltspunkte für den wahrscheinlichen Zustand des Ankers hinter dem Ankerkopf.

Bei den bisher überprüften Ankern wurden Korrosionsangriffe an den Ankerköpfen in unterschiedlichem Ausmaß festgestellt. Die Grundplatten und Abdeckkappen zeigten an der Außenseite zum Teil starke Korrosionserscheinungen. Die Außengewinde der Keilplatten waren teilweise angerostet und in einem Fall sogar stark verrostet. Bei einem untersuchten Anker wurde schwacher Flugrost an einigen Litzen festgestellt. Andere Anker zeigten keinerlei Korrosionsspuren. Die Korrosionsschutzpaste in den Abdeckkappen war bei einigen Ankern verfärbt und/oder hatte sich in einen flüssigen Öl- und einen festen fettähnlichen Anteil getrennt. In manche Abdeckkappen war Wasser eingedrungen. Die Befestigungsschrauben der Abdeckkappen waren teilweise zu kurz und im Gewindebereich beschädigt.

### Messungen der Ankerkräfte an den Lisenenankern

Die Messung der Ankerkräfte an den Lisenenankern erfolgte durch die FMPA Stuttgart in regelmäßigen Abständen an ursprünglich 46 Stück fest installierten, über den Einschnittbereich verteilten, hydraulischen Kraftmessdosen. Einige Kraftmessdosen sind im Laufe der Jahre ausgefallen. Die Mehrzahl der Messdosen zeigt jedoch bis heute Kräfte an; ob die Anzeigen richtig sind, wurde bisher nicht überprüft. Es wurden keine nennenswerten Erhöhungen der Ankerkräfte festgestellt.

### Abhebeversuche an den Zusatzankern

Bei einem Abhebeversuch wird am Ankerkopf bzw. Stahlzugglied gezogen, bis sich der Ankerkopf von der Grundplatte „abhebt“. Die dafür erforderliche Kraft entspricht der aktuellen Ankerkraft. Mittels fest installierter, voll gekapselter Abhebepressen (Bilder 3.1-8) sowie transportabler Spannpressen (Bild 3.1-9) wurden durch die FMPA Stuttgart in den Jahren 1987 bis 1989 insgesamt 4-mal Abhebeversuche an 45 Lisenenankern der Zusatzverankerung durchgeführt. Danach wurden die Abhebeprüfungen nur noch mit den 6 Stück stationären Abhebepressen ausgeführt; und zwar in den Jahren 1990, 1992 und 2000.

Die Ankerkraftmessungen an den Zusatzankern ergaben über den gesamten Beobachtungszeitraum nur geringfügige Differenzen zu den ursprünglichen Festlegelasten.



Bild 3.1-8 Fest installierte Abhebepresse im Jahr 2001



Bild 3.1-9 Abhebeprüfung an Lisenenanker (1990)

### Hammerschlagprüfung

Bei der Hammerschlagprüfung wird mit einem Fäustel seitlich gegen den Ankerkopf geschlagen. Kann der Ankerkopf dabei verschoben werden, steht der Anker nicht mehr oder nur noch unter geringer Last. Es wurde bei dieser Prüfung kein Ausfall von Ankern festgestellt.

## Untersuchungen der BTU Cottbus

Die vom Lehrstuhl für Bodenmechanik und Grundbau / Geotechnik der BTU Cottbus durchgeführten Untersuchungen umfaßten die bereits o.g. Sichtkontrollen sowie die Hammerschlagprüfungen. Die Prüfungen wurden ohne spezielle Auswahlkriterien, über die gesamte Westseite des Einschnittes hinweg verteilt, an ca. 80 Anker durchgeführt. Bei besonderen Auffälligkeiten (starke Rostbildung, Ablagerungen, starker Bewuchs, Wasserzufluss u.ä.) wurde ein gesondertes Augenmerk auf diese Anker gelegt.

Zur Durchführung der Überprüfungsmaßnahmen mussten die Anker zunächst zugänglich gemacht und von z. T. starkem Bewuchs, Kalkablagerungen und/oder Erde befreit werden (s. Bilder 3.1-10 und 3.1-11). Nach Inspektion der Abdeckkappe und Grundplatte wurde die Abdeckkappe entfernt und Menge und Zustand der Korrosionsschutzpaste überprüft. Um den Zustand der Ankermutter, Keilplatten, Spannstäbe, Keile und Keilsitze erkennen zu können, wurde die Paste zeitweilig entfernt. Dann wurden die Sichtkontrollen und die Hammerschlagprüfung durchgeführt.



Bild 3.1-10 bewachsener Zusatzanker



Bild 3.1-11 bewachsener Lisenenanker

Zusätzlich wurde ein Endoskop durch freie Keilsitze (wenn vorhanden) der Keilplatte geführt, um die Existenz und ggfs. den Zustand von Korrosionsschutzpaste hinter den Ankerköpfen zu überprüfen.

Da sich der Zustand der Anker über die jeweils 3 Ankerlagen der Teilböschungen gleichzeitig darstellte, wurden aus Gründen der besseren Zugänglichkeit, und um die Arbeiten nicht mit einer Absturzsicherungsvorrichtung ausführen zu müssen, vorwiegend Anker der unteren Ankerlage überprüft.

Ausgewertet wurden außerdem die von der Straßenbauverwaltung zur Verfügung gestellten Unterlagen.

## Bezeichnung der Anker

Die Bezeichnung der Anker der Zusatzverankerung wurde nach dem Bezeichnungsschema der FMPA Stuttgart vorgenommen. Im Bild 3.1-12 ist dieses Schema dargestellt.

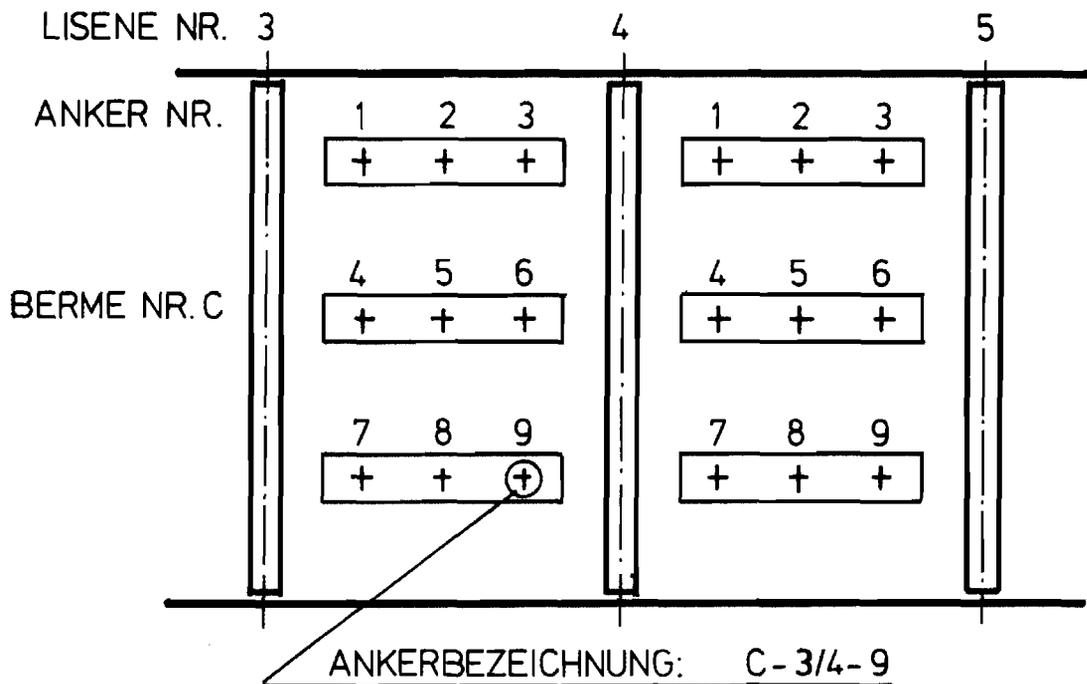


Bild 3.1-12 Bezeichnungen der Zusatzanker (aus Prüfbericht Otto-Graf-Institut)

Die Bezeichnung der Lisenenanker erfolgte nach dem Prinzip:

***Bermennamen – Lisenennummer – Ort des Ankers (oben, mittig, unten)***

### Zustand der Verankerungen

Der Zustand der Köpfe der Daueranker am Einschnitt Aalen-Westhausen ist ca. 16 Jahre nach dem Einbau sehr unterschiedlich. Es wurden Ankerköpfe in sehr gutem, nahezu neuwertigem Zustand, als auch solche mit stärkerer Korrosion, besonders an den Grundplatten und Abdeckkappen, gefunden.

Der Zustand der Köpfe der Daueranker in den Lisenen ist durchweg gut bis sehr gut. Die Anker mit Abdeckkappen und Grundplatten aus verzinktem Stahl wiesen ausnahmslos praktisch keinen nennenswerten Korrosionsangriff auf. Lediglich leichte Oxidationsfilme an den Oberflächen waren an einigen wenigen Ankern zu sehen. Die Bilder 3.1-13 und 3.1-14 zeigen die Köpfe von Lisenenankern im Jahr 2001.



Bild 3.1-13 Verzinkter Lisenenankerkopf  
(Einstabanker)



Bild 3.1-14 Verzinkter Lisenenankerkopf  
(Litzenanker)

Ein Einfluss des Bewuchses oder einer Bedeckung mit Erde auf das Erscheinungsbild des Ankerkopfes war nicht erkennbar. Die Bilder 3.1-15 und 3.1-16 zeigen einen verzinkten Ankerkopf vor und nach der Befreiung von Pflanzen und Erdrich. Grundplatte und Abdeckkappe sind in gutem Zustand.



Bild 3.1-15 Anker H-16b-u ca. 16 Jahre nach dem Einbau



Bild 3.1-16 Anker H-16b-u nach Befreiung von Bewuchs und Erde

Die Füllung der Kappen der Einstabanker mit Korrosionsschutzpaste erwies sich als ausreichend und dauerhaft. Die über ein eigenes Innengewinde aufgeschraubten Abdeckkappen stellen einen guten Schutz der Spannstäbe und Ankermuttern sicher (s. Bild 3.1-17); Rost wurde in keinem der untersuchten Ankerköpfe vorgefunden.



Bild 3.1-17 Lisenenanker H-0b-u

Auch die als Litzen-Daueranker ausgeführten Lisenenanker boten ein gutes äußeres Erscheinungsbild. Da der bereits weiter oben erwähnte teilweise Austausch der Befestigungsschrauben der Abdeckkappen während der Gewährleistungszeit hauptsächlich an diesem Ankertyp vorgenommen worden war, war der korrekte und dichte Sitz der Abdeckkappen bei allen untersuchten Ankeren vorhanden. Einen günstigen Effekt auf die Beschaffenheit der Gewindebohrungen in der Grundplatte hatte in diesen Fällen auch der Einsatz von Kunststoff - Dichtungsscheiben und Unterlegscheiben an den Befestigungsschrauben. Der teilweise zu sparsame Einsatz von Korrosionsschutzpaste hatte somit auch keine größeren Auswirkungen auf den Korrosionsschutz der Keilplatten, Keile und Litzen. Lediglich an den Außenseiten der Keilträger traten zum Teil leichte Rostspuren auf. Die folgenden Bilder 3.1-18 bis 3.1-20 geben einen Eindruck vom Aussehen der Litzenankerköpfe in den Lisenen der K-B-Wand.



Bild 3.1-18 Anker G-(13)-u



Bild 3.1-19 Anker E-38-u



Bilder 3.1-20 Anker E-38-u nach Abnahme der Kappe

Bei allen untersuchten Verkeilungen war der Sitz der Litzenkeile einwandfrei. Alle Daueranker in den Lisenen standen nach den Ergebnissen der Hammerschlagprüfungen noch unter Last. Der Ausfall von Anker wurde nicht festgestellt. Die vorgefundenen Korrosionsspuren waren gering und beeinträchtigen die Funktion der Lisenenanker nicht.

### Zusatzanker

Die Beschaffenheit der Köpfe der Litzen-Daueranker für die Zusatzverankerung war von sehr unterschiedlicher Qualität. Von praktisch rostfreiem Zustand bis zu starken Korrosionserscheinungen wurden verschiedene Erscheinungsbilder vorgefunden. Die Grundplatten und Ankerköpfe der Zusatzanker sind, im Gegensatz zu den verzinkten Bauteilen der Lisenenanker, seinerzeit nur farbbeschichtet worden.

Einige Ankerköpfe waren teilweise stark überwachsen oder mit Erde bedeckt (Bild 3.1-21). Auf anderen Köpfen war durch austretendes Bergwasser Erde bis ca. 2 cm Dicke abgelagert worden (Bild 3.1-22). Insgesamt war im Einschnitt über große Bereiche eine gleichmäßig feuchte Umgebung um die Ankerköpfe vorhanden. Bereits während der Bauzeit hatten lokal starke Wasseraustritte aus der Wand dazu gezwungen, Drainagebohrungen zwischen den Anker anzuordnen. Die Wasserzutritte haben seitdem kaum nachgelassen. In kalten Wintern vereisen Teile der Wandoberfläche.



Bild 3.1-21 Anker E-7/8-8



Bild 3.1-22 Anker F-5/6-9

Ein erkennbarer Zusammenhang zwischen diesen Umgebungsbedingungen und dem Ausmaß der Korrosion an den Anker wurde nicht festgestellt. Insbesondere die Erdablagerungen auf manchen Anker wirkten sich sogar eher konservierend auf die äußeren Ankerbauteile aus. Die Bilder 3.1-23 bis 3.1-25 zeigen exemplarisch Ablagerungen und

Rostmarken an den Ankern E-11/12-7 und F-13/14-9. Auch Ankerköpfe an trockenen und freien Stellen waren von teilweise starkem Rost befallen. Andere waren an vergleichbaren Orten in relativ gutem Zustand (Bilder 3.1-26 und 3.1-27).



Bild 3.1-23 Anker E-11/12-7



Bild 3.1-24 Rostangriff am Ankerkopf



Bild 3.1-25 Rostangriff am Ankerkopf



Bild 3.1-26 Ankerkopf in relativ gutem Zustand



Bild 3.1-27 Ankerkopf in relativ gutem Zustand

Die Abdeckkappen und Grundplatten der zusätzlichen Litzenanker wiesen teilweise starke Korrosionserscheinungen auf. Die Farbbeschichtung war stellenweise völlig zerstört. Rostnarben und flächenhafte Ablösungen der oxidierten Schichten bis ca. 2 mm Tiefe wurden mehrfach festgestellt (Bilder 3.1-28 und 3.1-29).



Bild 3.1-28 Rostschäden am Anker F-(2)/(-1)-8



Bild 3.1-29 Ablätzungen infolge Rost

Bedingt durch zu kurze Befestigungsschrauben der Abdeckkappen, verkantete Schrauben sowie nicht symmetrisch übereinstimmende Lochbilder der Kappen und Grundplatten saßen in mehreren Fällen die Abdeckkappen nicht gut auf. Die Gewindebohrungen in den Grundplatten waren mehrfach so verrostet, dass die Befestigungsschrauben nicht mehr fest angezogen werden konnten. Durch die schlechte Abdichtung konnte bei einigen Anker Wasser in den Bereich des Keilträgers gelangen. Die Dichtungsringe aus Kunststoff konnten den Wasserzutritt nicht verhindern. Die vorhandene Korrosionsschutzpaste

reichte in der Regel aus, um die Keile und Litzen zu schützen. Die Außenseiten der Keilträger waren aber oft verrostet (Bilder 3.1-30 und 3.1-31).



Bild 3.1-30 unterschiedliche Befestigungsschrauben



Bild 3.1-31 Rost am Außengewinde des Keilträgers

Qualität und Quantität der Korrosionsschutzpaste in den Abdeckhauben der Anker waren sehr unterschiedlich. Teils war die Menge der Paste ausreichend und der Zustand gut. Bei anderen Ankern hatte sich die Schutzmasse in einen flüssigen Öl- und einen plastischen Pastenteil getrennt und/oder sie war nicht in einer für einen wirksamen Schutz ausreichenden Menge vorhanden (Bilder 3.1-32 und 3.1-33). Offensichtlich gibt es bei den verschiedenen Produkten deutliche Qualitätsunterschiede.

Bei allen untersuchten Dauerankern der Zusatzverankerung ergab die Hammerschlagprüfung keinen Hinweis auf nicht mehr gespannte Anker. Die Keile saßen gut in ihren Sitzen. Das Vorhandensein von Korrosionsschutzmasse konnte hinter jedem untersuchten Keilträger mit einem freiem Keilsitz nachgewiesen werden.



Bild 3.1-32 Ausreichende Korrosionsschutzpaste in gutem Zustand



Bild 3.1-33 zu wenig und verfärbte Paste

## Beurteilung

Die Auswertung der uns zur Verfügung gestellten Messwerte, Prüfberichte und sonstigen Unterlagen, die Befragungen von Mitarbeitern der Straßenbauverwaltung sowie die Ergebnisse eigener Untersuchungen der Verankerungen an den Stützwänden der Bundesautobahn A 7 bei Aalen-Westhausen ergaben insgesamt keine Bedenken hinsichtlich der Tragfähigkeit und der Dauerhaftigkeit der Permanentanker. Alle Anker standen noch unter Last. Die Messungen der Autobahnmeisterei Heidenheim und der FMPA Stuttgart ergaben auch keine nennenswerten Veränderungen der Ankerkräfte während der bisherigen Standzeit des Bauwerkes. Aufgetretene Schwankungen liegen innerhalb der Mess- bzw. Anzeigegegenauigkeit der verwendeten Meßeinrichtungen.

Die Schutzfunktion des Anstriches insbesondere an den Ankerköpfen der Zusatzverankerung ist aber teilweise bereits stark gemindert. Für die Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der Anker in der vorgesehenen Nutzungsdauer des Bauwerkes sind Maßnahmen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit des Korrosionsschutzes der äußeren Teile der Ankerköpfe notwendig. Speziell ist an einigen Grundplatten und Abdeckkappen die Erneuerung der Farbbeschichtung erforderlich. Weiterhin sollten die dazugehörigen Schrauben und Gewindelöcher überprüft und ggf. durch längere (auch nichtrostende) Schrauben ausgetauscht sowie verrostete Gewindebohrungen nachgearbeitet werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass in den oberen Ankerlagen die Köpfe in ähnlichem Zustand sind wie in der unteren Lage. Die Erneuerung des Korrosionsschutzes unter Verwendung moderner Beschichtungssysteme sollte mittelfristig eingeplant werden.

## Literatur

- [3.1/1] Wichter, L. und Meiniger, W.: Verankerungen und Vernagelungen im Grundbau. ISBN 3-433-01216-4. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2000
- [3.1/2] Denzer, G. und Wichter, L.: Dimensioning and performance of a deep cutting for an express highway. Proc. 6<sup>th</sup> Intern. Congr. on Rock Mechanics, pp. 331-335, Montreal, 1987.
- [3.1/3] Wichter, L., Meiniger, W. und Denzer, G.: Erfahrungen bei der Herstellung und meßtechnischen Beobachtung eines sehr tiefen Einschnittes für eine Autobahn im Weißjura. Vortr. 9. Nat. Felsmechanik Symposium, Geotechnik-Sonderheft, S. 1-9, Aachen, 1990.
- [3.1/4] Untersuchungsbericht Nr. IV.42/32349 des Otto-Graf-Institutes Stuttgart

### 3.2 Bengener Damm im Zuge der BAB A 61

Die Bundesautobahn A 61 verläuft südlich der Anschlussstelle Bad Neuenahr - Ahrweiler (nahe der Ortschaft Bengen) über einen ca. 300 m langen und bis zu 50 m hohen Erd-damm. Das Bauwerk liegt im Zuständigkeitsbereich des Autobahnamtes Montabaur und der Autobahnmeisterei Mendig. Der Bengener Damm wurde in den Jahren 1972 bis 1974 errichtet. Bild 3.2-1 zeigt eine Ansicht des Dammes von Westen her im Jahr 1980.



Bild 3.2-1 Ansicht des Bengener Dammes im Jahr 1980

Als Schüttmaterial wurden sehr stark zersetzte und entfestigte devonische Tonschiefer und Sandsteine verwendet, die aus dem im Norden an den Damm anschließenden Einschnitt stammten. Die Böschung der westlichen Dammseite ist mit Bermen unterteilt. Zwischen den Bermen beträgt die Böschungsneigung 1:1,5; die Generalneigung der Dammböschung ist 1:2.

Ungefähr ab 1980 traten Schäden an dem Dammbauwerk auf. In der Fahrbahn entstanden Längsrisse, an der westlichen Dammseite traten Sackungen und Rutschungen auf. Auch in der östlichen Böschung des Einschnittes, aus dem das Dammschüttmaterial stammte, traten Rutschungen auf. Bild 3.2-2 zeigt Risse in der vermörtelten Frostschuttschicht unter der Fahrbahndecke des Dammes im Jahr 1980, Bild 3.2-3 einen Bereich der Einschnittböschung mit Rutschungen.

Der Fortschritt der Schäden ließ Befürchtungen hinsichtlich der Sicherheit des Kraftverkehrs auf der Autobahn aufkommen. Da eine ungenügende Verdichtung des Schüttmaterials als Ursache für die Schädigungen vermutet wurde, umfassten die eingeleiteten Sanierungsmaßnahmen zunächst eine Injektion der Dammlanken und der westlichen Dammschulter mit Zementsuspension. Die Injektionen bewirkten vorübergehend eine Verlangsamung der Bewegungen. Ab ca. 1984 stanzen sich die Injektionslanzen jedoch durch die Böschungs- und Fahrbahnoberfläche durch. Die Zementinjektionen hatten also nicht genügt, den Damm zu standfest zu machen.

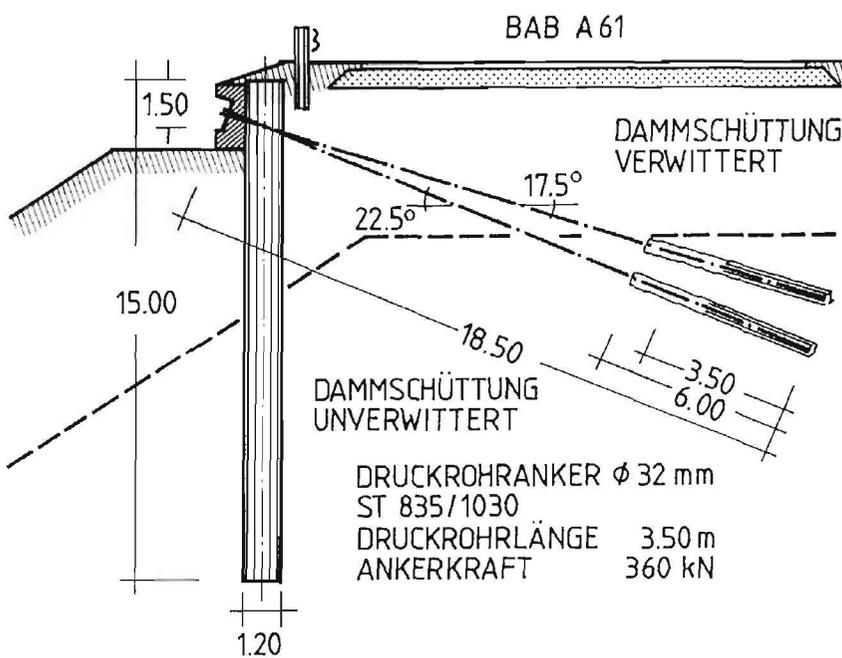


Bild 3.2-2 Risse in der Frostschuttschicht

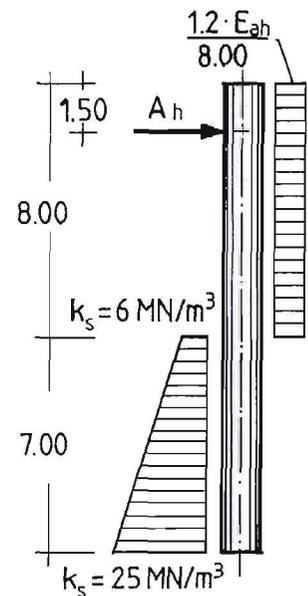


Bild 3.2-3 Rutschungen in der anschließenden Einschnittböschung

Nachdem feststand, dass mit einer Beruhigung der Bewegungen im Dammkörper nicht zu rechnen war, wurde im Jahr 1985 eine aufgelöste, rückverankerte Bohrpfehlwand an der Dammschulter ausgeführt. Bild 3.2-4 zeigt einen Querschnitt durch diese Maßnahme. Danach zeigten sich keine Fahrbahnschäden mehr, die Böschungen unterhalb der Bohrpfehlwand bewegen sich allerdings weiter talwärts. Die Erforschung der Ursachen der Schäden am Bengener Dam und an anderen Dämmen in der Bundesrepublik waren Gegenstand eines Forschungsprojektes, über das in [3.2/1] berichtet wurde. Ursache der Bewegungen war nicht mangelhafte Verdichtung, sondern die sich im Laufe der Zeit verringende Strukturfestigkeit des Schüttbodens.



Querschnitt



Belastungsbild

Bild 3.2-4 Aufgelöste Bohrpfehlwand mit Dauerankern (aus [3.2/2])

Die Bilder 3.2-5 und 3.2-6 zeigen die Herstellung der Bohrpfahlwand und den verankerten Kopfbalken. Die Anker in der Dammschüttung stellten seinerzeit ein Novum dar, und die Straßenbauverwaltung Rheinland-Pfalz hatte zunächst Bedenken gegen deren Ausführung. Allerdings bestanden kaum Alternativen, und die Lösung hat sich bewährt. Die Rutschungsschäden im angrenzenden Einschnitt zwangen die Straßenbauverwaltung Rheinland-Pfalz zu einer umfangreichen Böschungssanierung bei gleichzeitiger Entfernung der Bermen (Bild 3.2-7).



Bilder 32-5 Bohrpfähle am Böschungskopf



Bild 3.2-6 Pfahlkopfbalken mit Ankern (1985)



Bild 3.2-7 Einschnittböschung während der Sanierung

### Verankerungssystem

Die ausgeführte Sicherungsmaßnahme besteht aus Bohrpfählen von 1200 mm Durchmesser und 15 m Länge sowie Ankern mit einer Gebrauchslast von 360 kN. Die Ankerkräfte werden über einen Stahlbetonkopfbalken eingeleitet. Es wurden Dauer-Druckrohranker System Bauer mit Stahlzuggliedern von 32 mm Durchmesser, Stahlgüte St 835/1030 N/mm<sup>2</sup>, Druckrohrlänge 3,50 m, eingebaut.

Es wurden insgesamt 270 Stück Dauer-Einstabanker eingebaut. Im Kopfbalken wurden Leerbohrungen angeordnet, um bei Bedarf zusätzliche Anker einbauen zu können. Das erwies sich aber bisher nicht als notwendig.

Die Böschung talseits der Bohrpfähle bewegt sich wie erwartet weiter. Dadurch ist ein Spalt zwischen Erdreich und Pfahlwand entstanden, der sich ständig erweitert. Er wird von der Straßenbauverwaltung immer wieder verschlossen, damit kein Wasser eindringen und das Abgleiten beschleunigen kann. Bild 3.2-9 zeigt die Situation im Jahr 2001; der Spalt ist mit einem Blech verschlossen.



Bild 3.2-9 Kopfbalken und Unterhaltungsweg (2001)

### Überwachungs- und Kontrollmaßnahmen der Straßenbauverwaltung

Alle 270 Daueranker wurden nach ihrem Einbau und nach Erhärtung des Verpresskörpers den nach DIN 4125 vorgeschriebenen Ankerprüfungen unterzogen. Das Gesamtbauwerk wurde nach Fertigstellung längerfristig durch Beobachtung, Neigungsmessungen an den Bohrpfählen und geodätische Messungen überprüft. Wegen der Anordnung der Verpressstrecken im bindigen Dammmaterial sind die Ankerkräfte seitdem einmal mittels Abhebeversuchen kontrolliert worden. Ein nennenswerter Lastabfall war nicht eingetreten. Sonstige Kontrollen wurden an den Anker seitdem nicht durchgeführt. Schäden sind dem zuständigen Autobahnbetriebsamt nicht bekannt. Instandhaltungs- oder Instandsetzungsarbeiten wurden keine durchgeführt.

## Untersuchungen der BTU Cottbus

Die vom Lehrstuhl für Bodenmechanik und Grundbau / Geotechnik der BTU Cottbus durchgeführten Untersuchungen umfassten visuelle Kontrollen des Gesamtzustandes der Verankerung am Bengener Damm. Besonders Rostbildung an den Ankerköpfen, den Abdeckkappen, den Ankermuttern und Kalotten und den Spannstäben sowie der Status des Korrosionsschutzes wurden überprüft und daraus auf den wahrscheinlichen Zustand des Ankers hinter dem Ankerkopf geschlossen. Weiterhin wurde der feste Sitz der Ankermutter kontrolliert, um zu prüfen, ob die Anker noch unter Last standen.

Die Prüfungen wurden stichprobenartig an ca. 10 % der Daueranker vorgenommen. Bei besonderen Auffälligkeiten (Austritt von Korrosionsschutzmasse, Rostbildung u.ä.) wurde besonderes Augenmerk auf diese Anker gelegt. Nach Inspektion der Abdeckkappen und Grundplatten wurden die Abdeckkappen entfernt und Menge und Zustand der Korrosionsschutzpaste sowie die Verfassung von Ankermutter, Kalotten und Spannstäben überprüft. Anschließend wurde durch den Versuch des Abschraubens der Ankermutter deren kraftschlüssiger Sitz kontrolliert.

Die einst durchgeführten Messungen der Ankerkräfte ergaben keine nennenswerte Veränderung während der Standzeit des Bauwerkes. Da diese Messungen einige Jahre zurück liegen, sind zur Aktualisierung des Kenntnisstandes durch uns Abhebeversuche zur Bestimmung der aktuellen Ankerkräfte durchgeführt worden. Dabei wurden die Stahlglieder der Anker verlängert, die Prüfkraft mit einer Hohlkolbenpresse aufgebracht und mit einer geeichten elektrischen Kraftmessdose kontrolliert. Mittels mechanischer Messuhr (1/100 mm Anzeigegenauigkeit) wurden die Ankerkopfverschiebungen registriert. Dabei war die Messuhr an einem Stativ befestigt, welches verschiebungsneutral vor dem Widerlager aufgestellt war. Der Versuchsaufbau ist in Bild 3.2-10 dargestellt.



Bild 3.2-10 Abhebeversuch an einem Anker

Die Abhebeversuche wurden an insgesamt 20 Anker vorgenommen. Die ursprüngliche Vorspannkraft von 360 kN war bei keinem überprüften Anker mehr vorhanden. Der mittlere Wert der aktuellen Ankerkräfte liegt bei 254 kN. Die Ursachen des Kraftabfalls sind derzeit noch ungeklärt.

Die Zusammenstellung der aktuellen Abhebekräfte ist in Bild 3.2-11 dargestellt. (Anmerkung: Die Nummerierung wurde vom Bearbeiter in Nord-Süd-Richtung in aufsteigender Reihenfolge vorgenommen und entspricht deshalb wahrscheinlich nicht der ursprünglichen Ausführungsplanung).

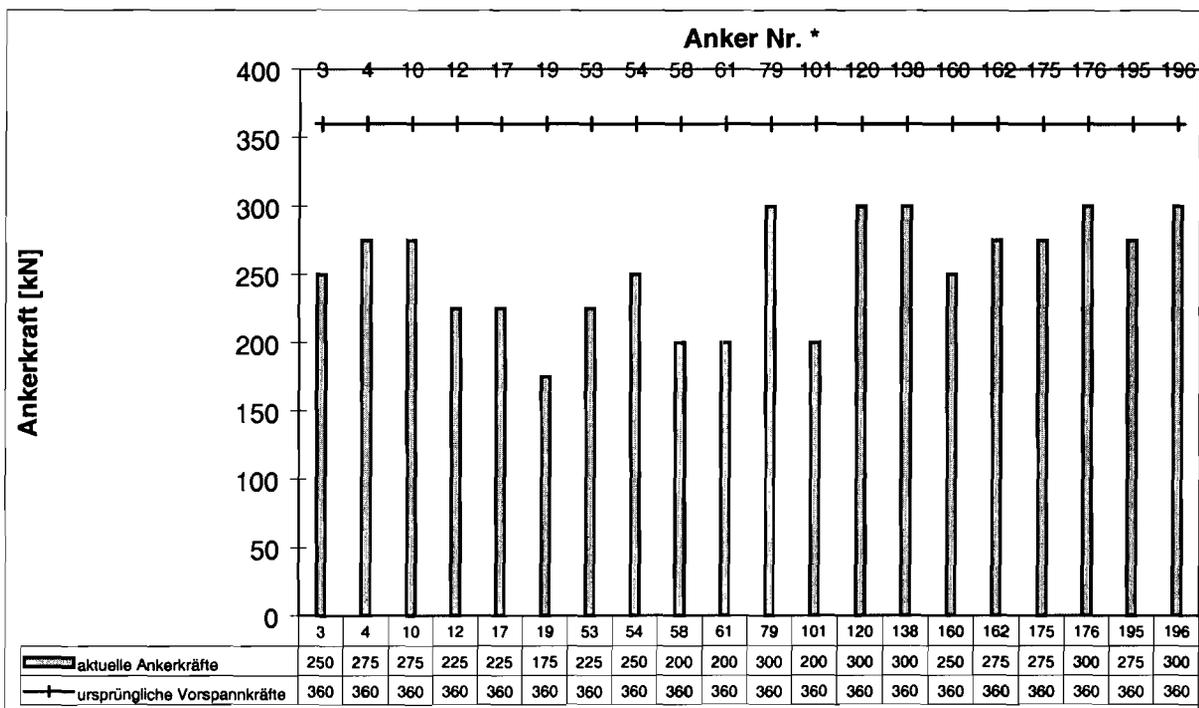


Bild 3.2-11 Zusammenstellung der Ankerkräfte bei den Abhebeversuchen

### Zustand des Korrosionsschutzes der Verankerung

Der Status des Korrosionsschutzes der Daueranker am Bengener Dam ist gut. Die Abdeckkappen und Grundplatten aus verzinktem Material sind in durchweg sehr gutem Zustand. Bei ca. der Hälfte der Anker ist Korrosionsschutzmasse ausgetreten. Der Austritt erfolgte durch das Gewinde zwischen der Abdeckkappe und der Grundplatte (s. Bilder 3.2-12 und 3.2-13). Die nach Südwesten orientierte Böschung und die Anker wurden (bevor die Vegetation in der Böschung für eine Beschattung sorgen konnte) in den Sommern nach der Herstellung stark erhitzt, wodurch die Paste sehr dünnflüssig wurde. Zum Zeitpunkt unserer Untersuchungen, einem Hochsommertag mit über 30°C Lufttemperatur, lagen die Ankerköpfe den ganzen Tag im Schatten des Kopfbalkens bzw. des jetzt bestehenden Bewuchses. Temperaturen, die zur Verflüssigung der Korrosionsschutzmasse führen könnten, herrschten im Bereich der Ankerköpfe nicht mehr.



Bild 3.2-12 Austritt von Korrosionsschutzmasse    Bild 3.2.-13 Austritt von Korrosionsschutzmasse

Dieser Verlust beeinträchtigt den Korrosionsschutz der Ankermuttern und Spannstähle bisher nicht. In jedem untersuchten Fall waren diese Bauteile ausreichend (wie exemplarisch aus den Bildern 3.2-14 und 3.2-15 ersichtlich) mit Korrosionsschutzmasse bedeckt und damit gegen Rost geschützt.



Bild 3.2-14 Anker vor dem Entfernen der Abdeckkappe

Bild 3.2-15 Anker nach dem Entfernen der Abdeckkappe

Der Ausfluss der Korrosionsschutzmasse ist auf ein nichtbündiges Aufschrauben der Abdeckhauben zurückzuführen. Manche Abdeckkappen ließen sich noch mehrere Gewindegewinde weit bis zum Erreichen eines festen Sitzes weiterschrauben. Die Korrosionsschutzmasse selbst war in einem optisch neuwertigen Zustand.

An einigen Kalottenscheiben der Ankerköpfe wurde leichte Korrosion festgestellt (Bild 3.2-16), die aber auf den Bestand der Verankerung selbst keinen Einfluß hat.



Bild 3.2-16 Geringfügige Korrosion an einer Kalotte

### Zusammenfassung

Der Zustand der Verankerungen am Bengener Damm der Bundesautobahn A 61 ist insgesamt gut. Bedenken hinsichtlich der Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit der eingebauten Permanentanker bestehen nicht. Die Funktion des Korrosionsschutzes ist auch weiterhin nicht beeinträchtigt. Prophylaktisch sollten jedoch alle Abdeckkappen auf ihren korrekten Sitz hin überprüft und im Bedarfsfalle nachgezogen werden.

### Literatur

- [3.2/1] Wichter, L.: Verwitterungsbedingte Rutschungen an Dammböschungen - eine Fallstudie. Straße und Autobahn, H. 2, S. 74-79, 1991
- [3.2/2] Wichter, L. und Meiniger, W.: Verankerungen und Vernagelungen im Grundbau. ISBN 3-433-01216-4. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2000

### 3.3 Hangsicherung im Zuge des Neubaus der Ortsumgehung Lorch

Die Bundesstraße B 29 zwischen Stuttgart und Schwäbisch Gmünd wurde in den Jahren 1983/84 mit einem Regelprofil mit jeweils zwei Richtungsfahrbahnen und einem Standstreifen neu trassiert. Um die Ortschaft Lorch zu umfahren, musste die Straße über eine Länge von ca. 1,4 km in den Bereich der Talflanke südlich der Rems ausweichen. Die natürliche Hangneigung beträgt dort zwischen 13 und 18°. Die durch die Trassierung erforderlichen Anschnittböschungen wiesen bergseits Höhen von 20 bis 35 m auf. Bild 3.3-1 zeigt einen Blick auf die Anschnittböschung während der Bauarbeiten.

Die geologische Situation im Anschnittbereich war gekennzeichnet durch das Vorhandensein von Hangzerreißungsklüften und fossilen Gleitflächen in den Mergeln und Sandsteinen des Mittleren Keupers. Rutschungen beim Bau der im gleichen Hangbereich oberhalb des Anschnitts der B 29 befindlichen Bundesstraße B 297, Abrisse an der oberen Böschungskante bereits zu Beginn der Erdbauarbeiten an der B 29 sowie ein Großschürf (Probeböschung) zeigten die Notwendigkeit von Hangstabilisierungsmaßnahmen.



Bild 3.3-1 Blick auf die Anschnittböschung

In den Anschnittbereichen mit niedrigeren Böschungshöhen wurde eine Verdübelung mit Stahlbetonpfählen ausgeführt. Es wurden in diesen Abschnitten ca. 260 Pfähle mit 120 cm Durchmesser und 4,20 m Pfahlabstand eingebaut. Die Pfähle wurden in zwei Reihen mit einem Reihenabstand von 3,10 bis 3,50 m angeordnet.

In den Bereichen mit größeren Böschungshöhen konnten die erforderlichen Stabilisierungskräfte durch eine reine Verdübelung nicht mehr eingebracht werden. In diesem Abschnitt wurde eine rückverankerte Bohrpfahlwand mit Kopfbalken angeordnet. Bild 3.3-2 zeigt einen Querschnitt durch die verankerte Wand. Die Bilder 3.3-3 und 3.3-4 geben einen Eindruck von den Bauarbeiten. Die Maßnahmen zur Hangsicherung sind in [3.3/1] beschrieben.

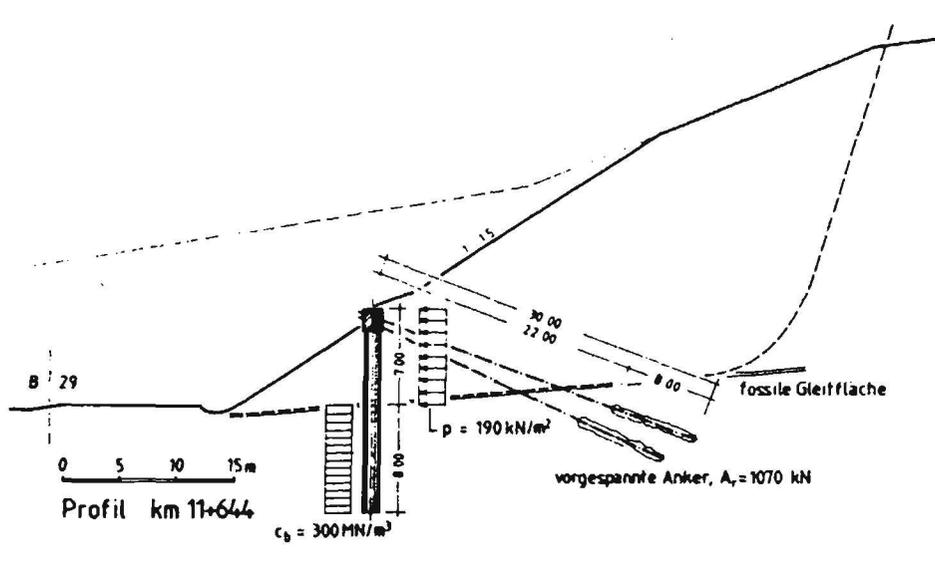


Bild 3.3-2 Im Kopfbereich verankerte, aufgelöste Bohrpfehlwand (aus [3.3/1])



Bild 3.3-3 Spannarbeiten an den Anker



Bild 3.3-4 Verankerter Pfahlkopfbalken

### Verankerungssystem

Die Verankerung der Bohrpfehlwand erfolgte mit Litzenankern von 30 m Gesamtlänge und Verpreßkörperlängen von jeweils 8 m. Die Gebrauchskraft eines Ankers betrug 1070 kN. Bis auf einen Anker konnten alle Anker auf diese Last gespannt werden. Die Anker wurden durch Halbschalen, die unter den Keilträgern eingelegt wurden, nachlassbar gemacht. Im Kopfbalken wurden Aussparungen für eine eventuelle Zusatzankerung vorgesehen, falls Messungen ergeben hätten, dass die zulässigen Ankerkräfte überschritten wurden.

### Bisherige Überwachungs- und Kontrollmaßnahmen an den Dauerankern

Die Verankerung wurde über einen gewissen Zeitraum vom Otto-Graf-Institut in Stuttgart überprüft. Die Ergebnisse sind den Unterzeichnern nicht bekannt.

### Untersuchungen der BTU Cottbus

Bild 3.3-5 zeigt den verankerten Kopfbalken der Pfähle im Jahr 2002. An 12 Anker wurden nach einer Inaugenscheinnahme der freiliegenden Ankerteile die Kappen abgenommen und durch Hammerschlag geprüft, ob noch Vorspannung vorhanden war, und ob Zustand und Menge der Korrosionsschutzpaste noch einen Schutz der Kopfteile gewährleisten konnten. Danach wurden die Kappen wieder aufgesetzt.



Bild 3.3-5 Verankerte Böschung im Jahr 2002



Bild 3.3-6 Detail des Kopfbalkens

### Zustand der Verankerung

Die Ankerköpfe sind durch ihre Anordnung in Nischen im Kopfbalken gegen direkte Bewitterung geschützt. Alle untersuchten Anker waren noch gespannt. Nach Abnahme der Kappen zeigte es sich, dass die Füllung mit Korrosionsschutzpaste sehr unterschiedlich war. Insgesamt waren jedoch alle tragenden Kopfteile von Korrosionsschutzpaste umhüllt, so dass der Korrosionsschutz der Köpfe gewährleistet ist. Die Bilder 3.3-7 bis 3.3-12 geben einen Eindruck vom Zustand der Keilträger und Litzen im Kopfbereich.



Bild 3.3-7 Korrosionsschutz unter der Kappe



Bild 3.3-8 Korrosionsschutz unter der Kappe



Bild 3.3-9 Korrosionsschutz unter der Kappe



Bild 3.3-10 Korrosionsschutz unter der Kappe

Aus mehreren Ankerköpfen war Korrosionsschutzpaste ausgetreten, offensichtlich weil die Gummidichtung nicht dicht abschloß. Die meisten Kappen waren in gutem Zustand und wiesen kaum Korrosion auf. Die Farbbeschichtung der Grundplatten der Anker war jedoch stellenweise abgeblättert, so dass die dann ungeschützten Stahlteile zu rosten begonnen hatten (Bilder 3.3-13 und 3.3-14). Die Dauerhaftigkeit der Verankerung beeinflusst das nicht. Bei technisch hochwertigen Bauteilen, unter die man die Anker einreihen muß, sollte aber auch die Umgebung der Ankerköpfe insgesamt vor Korrosion geschützt sein. Die Verwendung schwarzer Stähle für die Auflagerplatten, die lediglich mit einem Anstrich geschützt sind, erfüllt diese Forderung offensichtlich nicht.



Bild 3.3-11 Korrosionsschutz unter der Kappe



Bild 3.3-12 Korrosionsschutz unter der Kappe



Bild 3.3-13 Kappe mit ausgetretener  
Korrosionsschutzpaste



Bild 3.3-14 Rostende Auflagerplatte

### Literatur

- [3.3/1] Meiniger, W., Röger, G. und Wichter, L.: Sicherung eines großen Hanganschnitts mit Stahlbetondübeln und verankerten Bohrpfählen. Ber. d. 5. Nat. Tagung über Ingenieurgeologie, S. 287-292, Kiel, 1985.

### 3.4 Hangsicherung Berkheimer Steige

Die Berkheimer Steige ist die Verbindungsstraße zwischen Esslingen am Neckar und dem südlich auf der Filderhochfläche gelegenen Ort Berkheim. Die Verankerung dient dazu, einen rutschgefährdeten Straßenabschnitt zu sichern, in dem die kurvenreiche Strecke die geologische Formation des Knollenmergels überwinden muß. Die Bilder 3.4-1 und 3.4-2 zeigen die Verankerung in einem Wiesengrundstück unterhalb der Straße.



Bild 3.4-1 Verankerung im Hanggelände



Bild 3.4-2 Verankerte Stahlbetonplatten

Der Einbau der Anker erfolgte vermutlich im Jahr 1977. Es handelt sich um insgesamt 8 Stück Einstabanker  $\varnothing$  36 mm mit geschnittenem Gewinde. Die Stahlsorte ist nicht bekannt, ebenso nicht, ob die Anker eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung besitzen oder mit einer Zustimmung im Einzelfall eingebaut wurden. Die gußeisernen Ankerplatten sind Auflager für Kugelbundmutter. Über die Mutter wurde eine stählerne und mit Korrosionsschutzpaste gefüllte Abdeckkappe geschraubt. Bild 3.4-3 zeigt einen Ankerkopf mit direkt aufgeschraubter Kappe, Bild 3.4-4 eine gesteckte und mit einer Mutter gesicherte Kappe.

Die Ankerplatten sitzen auf Scheiben aus Stahlbeton, die unter ca.  $60^\circ$  gegen die Horizontale geneigt sind. Alle Anker waren noch gespannt. Bei insgesamt 3 Anker wurden die Kappen abgeschraubt und der Korrosionsschutz darunter kontrolliert. Die Bilder 3.4-5 und 3.4-6 zeigen zwei der Ankerköpfe mit abgenommenen Kappen.



Bild 3.4-3 Ankerkopf, Kappe mit Gewinde



Bild 3.4-4 Ankerkopf, Kappe aufgesteckt



Bild 3.4-5 Ankerkopf mit Korrosionsschutzpaste



Bild 3.4-6 Ankerkopf mit Korrosionsschutzpaste

Die Verankerung ist offensichtlich intakt und erfüllt ihren Zweck. Der Korrosionsschutz im Kopfbereich ist auch nach der langen Einsatzzeit gut. Die eingesetzte Korrosionsschutzmasse neigt offensichtlich nicht zur Zersetzung.

### 3.5 Sicherung einer Dammböschung an der Klemmenbachtalbrücke im Zuge des Ausbaus der B 10 Landau - Pirmasens

Im Jahre 1983 erfolgte der Ausbau der Bundesstraße B 10 zwischen Landau und Pirmasens. Im Zuge des Baus der Ortsumgehung Albersweiler mußte die Straße einen rutschgefährdeten Hang queren. Zur Stabilisierung wurden umfangreiche Sicherungsmaßnahmen durchgeführt, über die in [3.5/1] berichtet wurde. Es wurden eine Tiefdränage aus Kiespfählen sowie Stahlbetonpfähle  $\varnothing$  150 cm als Dübel eingebaut. Am östlichen Widerlager der Klemmenbachtalbrücke mußte die Straße über eine Rampe auf die Brücke geführt werden. Die Situation ist in Bild 3.5-1 dargestellt. Das Bild zeigt einen Blick auf den gesamten Rutschhang in Richtung Osten. Talseits des Rampendamms war bereits im Jahr 1977 eine Rutschung im Hang aufgetreten. Unter dem Gewicht des Damms geriet der Hang oberhalb der alten Rutschung in Bewegung und erfaßte den Damm in unmittelbarer Nähe des Brückenwiderlagers (s. Bild 3.5-2). Zur Sicherung wurde am Dammfuß eine aufgelöste und am Kopf rückverankerte Bohrpfehlwand angeordnet. Auf Bild 3.5-1 erkennt man am linken Dammfuß den Kopfbalken der Sicherungsmaßnahme. Bild 3.5-3 zeigt eine Skizze der Maßnahme. Die Bilder 3.5-4 und 3.5-5 zeigen die Situation während des Baus. Eingebaut wurden Einstabanker  $\varnothing$  32 mm von 20 m Gesamtlänge und einer Verpreßstrecke von 6 m Länge. Es wurden im Kopfbalken eine Anzahl unbesetzter Ankerlöcher angeordnet, um im Bedarfsfall nachankern zu können.



Bild 3.5-1 Talbrücke Klemmenbach mit östlichem Widerlager



Bild 3.5-2 Rutschung am östlichen Dammwiderlager

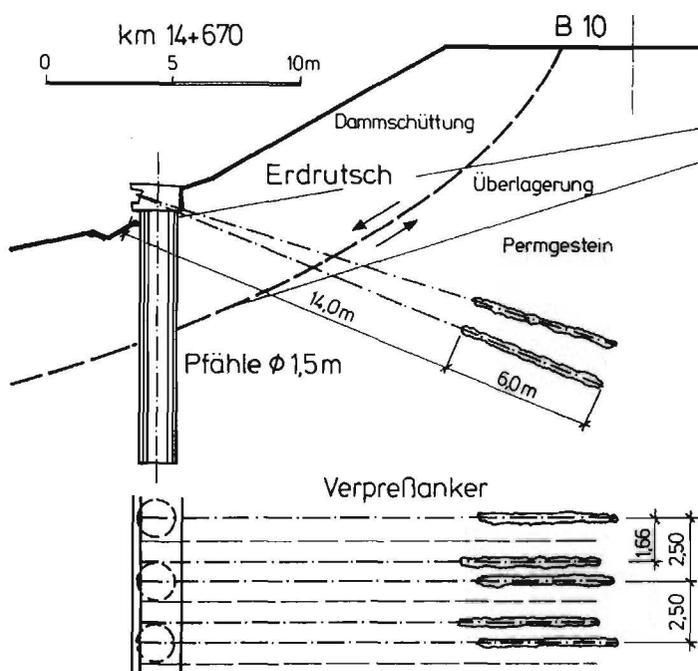


Bild 3.5-3 Skizze der Verankerung



Bild 3.5-4 Kopfbalken während der Ausführung der Verankerung



Bild 3.5-5 Blick auf die Ankerköpfe

Die Ankerköpfe befinden sich in einer horizontalen durchlaufenden Nische und wurden von der Straßenbauverwaltung durch aufgeschraubte Deckel aus Blech geschützt. Die Ankerköpfe sind dadurch gut gegen starke Erhitzung und Niederschlag geschützt.

Die Anker wurden am Juni 2002 in Augenschein genommen. Bild 3.5-6 zeigt ein Teilstück des Kopfbalkens mit entfernter Abdeckung. Von insgesamt 34 Ankern wurden bei 8 Ankern die stählernen Kappen abgeschraubt. Die Bilder 3.5-7 und 3.5-8 zeigen Ankerköpfe mit abgenommenen Kappen. Bei allen überprüften Ankern waren die Zugglieder gespannt und die Kopfteile vollständig mit Korrosionsschutzpaste umhüllt. Bei 4 Ankern war an der Dichtung eine geringe Menge Paste ausgelaufen, möglicherweise bereits vor dem Anbringen der Abdeckung (Bild 3.5-9). Eine Beeinträchtigung der Funktion und Dauerhaftigkeit der Anker ergibt sich daraus nicht.



Bild 3.5-6 Teilstück des Kopfbalkens mit entfernter Abdeckung



Bild 3.5-7 Ankerkopf mit abgenommener Kappe



Bild 3.5-8 Ankerkopf mit abgenommener Kappe



Bild 3.5-9 Ausgetretene Korrosionsschutzpaste

Der gute Zustand der Ankerköpfe zeigt, daß ein konstruktiver Schutz der Köpfe durch eine Abdeckung der Ankernischen bei Dauerankern immer zu empfehlen ist.

#### Literatur:

- [3.5-1] Wichter, L., Krauter, E. und Meiniger, W.: Case history of a landslide stabilization using deep drainage wells, reinforced concrete dowels, and anchored bore pile walls. Proc. 5<sup>th</sup>. Intern. Symp. on Landslides, Lausanne (Switzerland), 1988.

### 3.6 Verankerte Stützmauer an der Bundesautobahn A 98 bei Rötteln

Beim Bau der BAB A 98 nördlich von Lörrach wurde in den Jahren 1981 und 1982 eine ca. 320 m lange und bis zu 25 m hohe Stützmauer errichtet. Sie besteht aus bis zu 5 fahrbahnparallel verlaufenden Lamellen von je 4,5 m Höhe. Zwischen den Lamellen wurden 2 m breite Bermen angeordnet, die später begrünt werden sollten. Die Lamellen wurden in Segmenten von 40 cm Dicke hergestellt. Die Segmente wurden mit insgesamt ca. 1000 Stück Dywidag Einstab-Dauerankern  $\varnothing$  32 mm (Stahlgüte St. 835/1039) rückverankert. Die Anker hatten Längen zwischen 9 m und 37 m; die rechnerische Ankerkraft betrug 384 kN. Bild 3.6-1 zeigt einen Querschnitt durch die Stützmauer an ihrer höchsten Stelle, die Bilder 3.6-2 und 3.6-3 Ansichten im Jahr 1984 bzw. 1986.

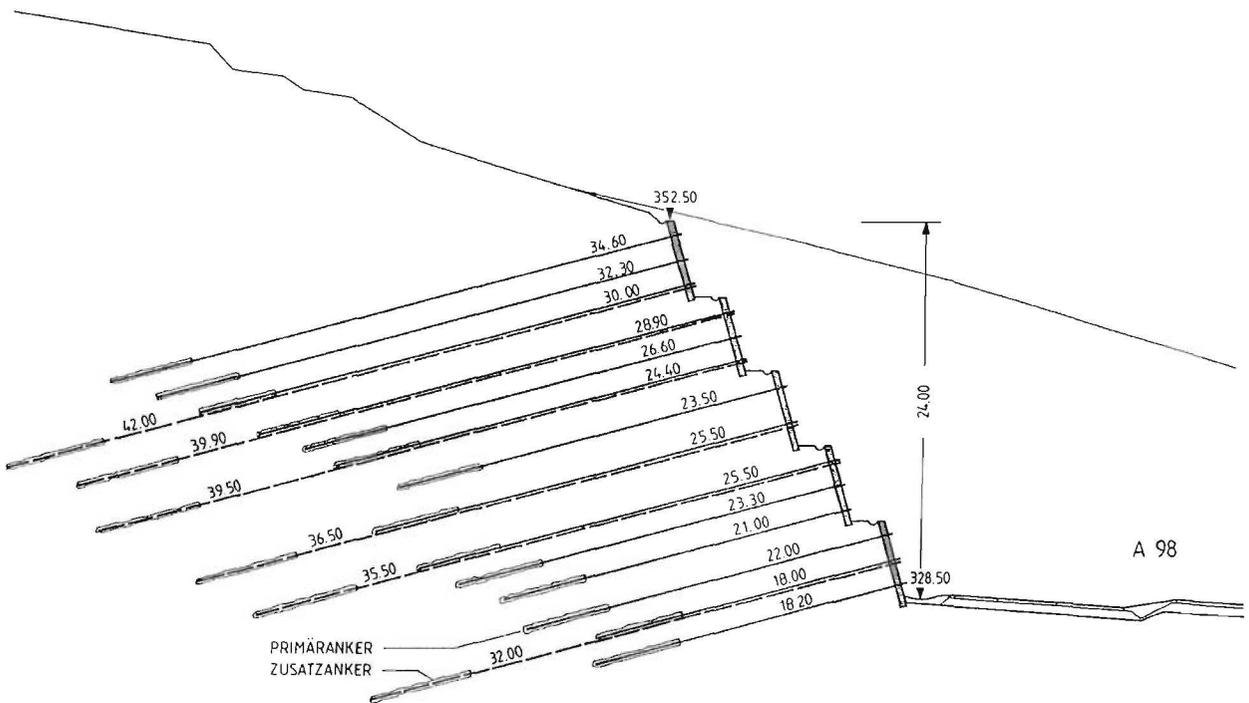


Bild 3.6-1 Querschnitt durch die Stützmauer Rötteln (aus [3.6/1])



Bild 3.6-2 Ansicht der Stützmauer (1984)



Bild 3.6-3 Ansicht der Stützmauer (1986)

Nach dem Setzen und Spannen der Anker wurden die tragenden Mauerteile mit einer Sichtbetonschale verkleidet. Auch die Ankerköpfe wurden einbetoniert; nur bei einer kleinen Anzahl sogenannter Meßanker wurden die Ankerköpfe in Aussparungen zugänglich gehalten (Bild 3.6-4). Im Frühherbst 1982 wurde die untere Lamelle hergestellt. Noch während der Verankerungsarbeiten an dieser Lamelle riß in der oberen Lamelle ein Anker. Die Kontrolle der Ankerkräfte an wieder freigelegten Ankern zeigte (Bild 3.6-5), dass die Anker bis zu 60 % gegenüber der Festlegekraft von 384 kN überspannt waren, d. h. es wurden Ankerkräfte über 600 kN gemessen. Ein Vergleich mit der Tragkraft der Anker an der Fließgrenze, die bei 671 kN liegt, zeigt, wie kritisch der Zustand der Wand zu diesem Zeitpunkt war. Messungen in eilends eingebauten Inklinometern hinter der Wandkrone und geodätische Messungen zeigten, dass die Wand sich seit Beginn der Messungen (etwa seit dem Ende der Ankerarbeiten) um weitere 2 bis 3 cm bewegt hatte.



Bild 3.6-4 Kopf eines Meßanker im Jahr 1984



Bild 3.6-5 Abhebeversuch an einem Anker (1984)

Zur Verstärkung der Wand wurden auf Empfehlung eines Gutachters auf der Basis umfangreicher Standsicherheitsberechnungen Zusatzanker eingebaut. In mehreren Sanierungsstufen wurden 1983 und 1984 einige hundert Litzenanker ( $3 \text{ } \varnothing 0,6''$ , St. 1570/1770) eingebaut. Die Verpreßkörper der Zusatzanker wurden bergseits der Verankerungszone der Einstabanker angeordnet. Dadurch ergaben sich Ankerlängen bis zu 48 m. Herstellungstechnisch war das Setzen der Zusatzanker schwierig und aufwändig, da alle Anker von Gerüsten aus gebohrt werden mußten. Bild 3.6-6 zeigt die Wand mit Zusatzankern im Jahr 1984, die Bilder 3.6-7 bis 3.6-9 Zusatzanker mit und ohne Wasseraustritte.



Bild 3.6-6 Wand mit Zusatzankern im Jahr 1984



Bild 3.6-7 Zusatzanker (1983)



Bild 3.6-8



Bild 3.6-9

Während des Einbringens der Zusatzanker zeigte es sich, dass die Wandverschiebungen und die Gebirgsverformungen hinter der Wand erneut zunahmen. Innerhalb von 3 bis 4 Monaten wurde eine Zunahme der Verschiebungen von 2 bis 4 cm gemessen. Gleichzeitig nahmen die Ankerkräfte der regulären Anker erneut zu. Daraufhin wurden die Ankerarbeiten eingestellt und das Otto-Graf-Institut (Stuttgart) mit der Erkundung der Schadensursache und der Ausarbeitung eines Sanierungsvorschlages beauftragt. Über die Schadensursachen (Nichtberücksichtigung des Hangwassers in der Mauerstatik, zu hohe Verpreßdrücke, Mängel im Bauentwurf) und die getroffenen Sanierungsmaßnahmen (Regulierung der Ankerkräfte, Einbau von Tiefbrunnen hinter den Verpreßkörpern) wurde von Meigner und Wichter [3.6/2] berichtet.

Nach der Sanierung wurden die Köpfe der Anker mit abnehmbaren Kappen bzw. Blechen abgedeckt und die Bermen bepflanzt. Im Oktober 2002 wurden die Köpfe von 24 Ankern nach Abnahme der Kappen einer Inaugenscheinnahme unterzogen. Die Bilder 3.6-9 bis 3.6-14 zeigen die Köpfe von 6 Einstabankern, die Bilder 3.6-15 bis 3.6-20 die Köpfe von Zusatzankern. Auf Bild 3.6-21 ist die Wand in ihrem derzeitigen Erscheinungsbild dargestellt. Die Bilder 3.6-22 und 3.6-23 zeigen Zusatzanker, aus denen trotz der umfangreichen Entwässerungsmaßnahmen weiterhin Wasser austritt.



Bild 3.6-9 Kopf eines Einstabankers (Meßankers)



Bild 3.6-10 Kopf eines Einstabankers (Ankerkraft reguliert nach Freilegung)



Bild 3.6-11 Kopf eines Einstabankers (Meßankers)



Bild 3.6-12 Kopf eines Einstabankers (Ankerkraft reguliert nach Freilegung)



Bild 3.6-13 Kopf eines Einstabankers (MeßBankers)



Bild 3.6-14 Kopf eines Einstabankers (MeßBankers)



Bild 3.6-15 Zusatzanker nach Abnahme der Blechhaube



Bild 3.6-16 Zusatzanker nach Abnahme der Ankerkappe



Bild 3.6-17 Zusatzanker nach Abnahme der Blechhaube



Bild 3.6-18 Zusatzanker nach Abnahme der Ankerkappe



Bild 3.6-19 Zusatzanker nach Abnahme der Blechhaube



Bild 3.6-20 Keilträgeroberfläche



Bild 3.6-21 Blick auf die Stützmauer Rötteln im Jahr 2002



Bild 3.6-22 Zusatzanker mit Wasseraustritt (2002)



Bild 3.6-23 Zusatzanker mit Wasseraustritt (2002)

### Ergebnis der Inaugenscheinnahme

Die insgesamt in Augenschein genommenen 24 Anker (Einstab- und Litzenanker) waren alle noch gespannt. Man kann daher davon ausgehen, dass hinter den Ankerköpfen im Bereich des gespannten Stahles keine nennenswerten Korrosionsangriffe vorhanden sind. Es bestehen deshalb keine Bedenken hinsichtlich der Standsicherheit der Mauer auch über einen langen Zeitraum. Allerdings wies die Mehrzahl der freigelegten Ankerköpfe an den luftseitigen Oberflächen Korrosionsangriffe auf, die eigentlich so nicht sein sollten. Die Bilder lassen das deutlich erkennen. Die Kopfteile waren nur durch einen Farbanstrich geschützt worden, was nicht zuletzt Folge der schwierigen Herstellbedingungen vor ca. 20 Jahren war. Durch Öffnungen in den Abdeckungen war vielerorts Korrosionsschutzpaste ausgetreten, da die nach Südwesten ausgerichtete Wandoberfläche im Sommer sehr stark erwärmt wird. Unter vielen Abdeckungen hatten sich Wespenvölker angesiedelt, die den Untersuchungstrupp immer wieder zur Flucht zwangen.

Mittelfristig sollten die Köpfe der Anker einer Inspektion unterzogen werden. Dabei sollte eine Erneuerung bzw. Verbesserung des Korrosionsschutzes vorgenommen werden. Bei dieser Gelegenheit wäre es auch sinnvoll, die Eigenschaften der seinerzeit verwendeten Korrosionsschutzpaste nach 20 Jahren Einsatzzeit zu überprüfen.

### Literatur

- [3.6/1] Wichter, L. und Meiniger, W.: Verankerungen und Vernagelungen im Grundbau. ISBN 3-433-01216-4. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2000
- [3.6/2] Meiniger, W. und Wichter, L.: Hangstabilisierung mit Tiefbrunnen im Tertiär des Hochrheins. Veröffentl. 9. Nat. Tagung für Ingenieurgeologie, Garmisch-Partenkirchen, S. 86-92, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, 1993

### 3.7 Hangsicherung an der Bundesautobahn A 98 - Auffahrt zur Burg Rötteln

Während der Erdarbeiten für den Neubau der Bundesautobahn A 98 (Hochrheinautobahn) kam es im Jahr 1979 zu einem Erdbeben unterhalb der Burg Rötteln bei Lörrach. Der Rutschkörper von ca. 80 m Breite reichte 300 m weit in den Hang oberhalb der Trasse. Die Gleitfuge lag in 18 bis 22 m Tiefe. Die Rutschung wurde von der Straßenbauverwaltung mit einem System aus Tiefdränagen und Injektionsnägeln stabilisiert. Drei Jahre nach der Stabilisierung wurde eine Brücke über die Autobahn teilweise in den Rutschmassen auf Bohrpfählen tiefgegründet. Bild 3.7-1 zeigt einen Schnitt durch die Gründungssituation.

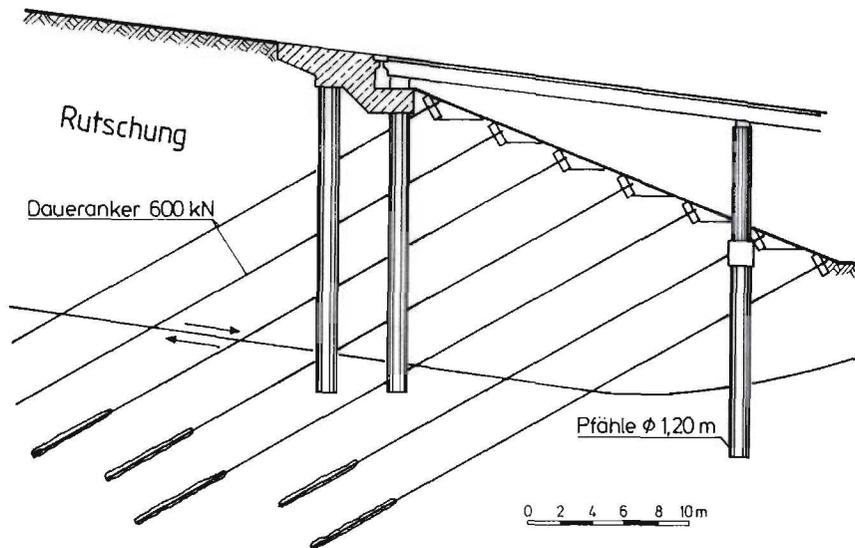


Bild 3.7-1 Gründung der Brücke über die A 98 zur Burg Rötteln

Nach der Fertigstellung der Brücke stellte man fest, dass die Rutschung nicht völlig zum Stillstand gekommen war, und dass sie die Bohrpfähle der Brückengründung verschob. Der Überbau erhielt dadurch Zwangskräfte, und drohte beschädigt zu werden. Die Umgebung des bergseitigen Widerlagers wurde daraufhin mit insgesamt 81 Stück Verpreßankern (Bündelanker Typ Bilfinger + Berger, 7  $\varnothing$  12 mm) und drei Stück Einstabankern von je 360 kN Gebrauchskraft gesichert. Über die Maßnahme ist in [3.7/1] berichtet worden. Die Bilder 3.7-2 und 3.7-3 zeigen die Maßnahme während und nach dem Bau.



Bild 3.7-2 Blick auf den Widerlagerbereich während der Ankerarbeiten

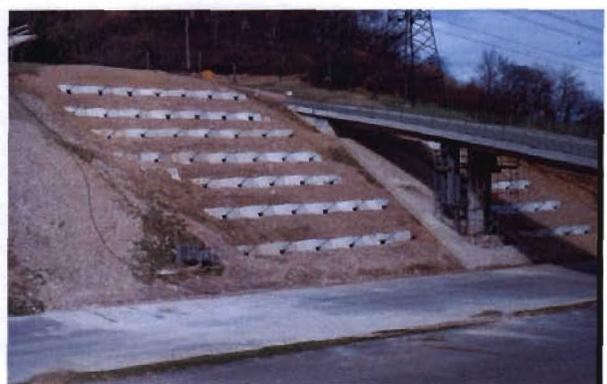


Bild 3.7-3 Verankerung nach Fertigstellung



Bild 3.7-4 Ankerreihe mit Stahlüberstand zur Ankerkraftregulierung



Bild 3.7-5 Kopf eines regulierbaren Dauerankers mit Stellmutter

Da über die Entwicklung der Ankerkräfte keine Vorhersagen gemacht werden konnten, wurden die Anker in der Böschung mit einer Vorrichtung zum Nachlassen der Ankerkräfte ausgestattet. Die Verankerungsscheibe wurde auf ein Distanzstück mit Außengewinde aufgesetzt, das sich über eine Mutter (Stelling) auf die Unterlage (Ankerplatte oder Kraftmeßdose) abstützte. Außerdem wurde zunächst ein größerer Stahlüberstand belassen (Bilder 3.7-4 und 3.7-5). Dieser Ausbildung der Anker lag die Idee zugrunde, dass im Falle einer weiteren Bewegung des Hanges Zeit gewonnen werden könnte, um Zusatzanker zu setzen, bevor die "ersten" Anker versagten. Nachdem über einen Zeitraum von ca. 1,5 Jahren keine weiteren Anzeichen von Bewegungen und Änderungen der Ankerkräfte registriert wurden, erhielt die Mehrzahl der verankerten Stahlbetonplatten und Ankerköpfe eine Erdbedeckung. Nur einige Kontrollanker und die parallel zu den Ankern eingebauten Extensometer wurden zugänglich gehalten (Bild 3.7-6).

Während der Ankerarbeiten mußte mit äußerster Vorsicht vorgegangen werden, weil über die Sicherheitsreserve des zu verankernden Böschungsabschnittes keine Kenntnisse vorlagen. Klar war nur, dass er sich bewegt hatte. Um vor der Ausführung der Hauptverankerung eine gewisse Stabilisierung zu erreichen, wurden zunächst drei Anker (Einstabanker) in den Kopfbalken der Pfeilergründung gesetzt, mit Kraftmeßdosen ausgerüstet und vorgespannt. Bild 3.7-8 zeigt die Bohrarbeiten für diese Anker, die auch heute noch zugänglich und auf Bild 3.7-7 deutlich zu erkennen sind.



Bild 3.7-6 Überschüttete verankerte Böschung mit Kontrollankern



Bild 3.7-8 Bohren der Löcher für die Verankerung des Pfeilerkopfbalkens



Bild 3.7-9 Zwei Anker im Kopfbalken (1990)



Bild 3.7-10 Anker im Kopfbalken mit Kraftmeßeinrichtung (2002)

Die Bilder 3.7-9 und 3.7-10 zeigen Köpfe der Verankerung des Kopfbalkens im Jahr 1990 und im Jahr 2002. Die mit Meßdosens ausgerüsteten Ankerköpfe haben keine Schutzkappe. Vor Niederschlägen sind sie durch den Überbau der Brücke weitgehend geschützt. Die Anker wurden lediglich einem Augenschein unterzogen. Seit ihrem Einbau haben sich die Köpfe, bis auf eine leichte Anrostung der Kalotten und Muttern, praktisch nicht verändert.

Auch die Kontrollanker in der Böschung (Bilder 3.7-11 und 3.7-12) zeigen praktisch keine Veränderung. Sie sind durch die um die Köpfe eingebauten Schachtringe aus Beton einigermaßen geschützt. Ein Öffnen der Kappen war mit den Mitteln des Untersuchungstrupps nicht ohne weiteres möglich; ein Versuch unter Anwendung von Gewalt hätte zu Schäden führen können. Deswegen wurde die Beurteilung auf eine Inaugenscheinnahme beschränkt.



Bild 3.7-11 Kontrollanker in der Böschung (2002)



Bild 3.7-12 Kontrollanker in der Böschung (2002)

### Literatur

- [3.7/1] Stabilization of a bridge foundation area threatened by a landslide using prestressed anchors. Proc. International Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering. European Regional Sub-Committee on Stabilization of Landslides in Europe, Vol. 2, p. 53-66, Bosphorus-Universität, Istanbul, 1989

### 3.8 Verankerte Stützmauer an der Bundesstraße B 314 in Fützen

Die Bundesstraße B 314 unterquert in der Ortschaft Fützen (südlich von Blumberg in Baden-Württemberg) die historische Bahnlinie Blumberg-Stühlingen (Sauschwänzlebahn). Die äußerst gewundene Bahnstrecke (daher der Name "Sauschwänzlebahn") mit ihren Brücken und Tunneln wurde aus militärischen Gründen gebaut. Sie ist ein technisches Denkmal und wird noch gelegentlich von Museumsbahnen befahren. Bild 3.8-1 zeigt eine charakteristische Brückenkonstruktion.

Im Jahr 1988 wurde die Bundesstraße B 314 ausgebaut. Dabei mußte eine Böschung am westlichen Widerlager der Brücke angeschnitten werden. Bild 3.8-2 zeigt die Situation zu Beginn der Abtragsarbeiten. Der anstehende geklüftete und angewitterte Muschelkalk wurde im Anschnitt durch eine verankerte Ortbeton-Futtermauer gesichert, nachdem zunächst beim Abtrag eine vorläufige Sicherung der Felsoberfläche mit Spritzbeton erfolgt war. Bild 3.8-3 zeigt den Beginn der Abtragsarbeiten.



Bild 3.9-1 Brücke der Sauschwänzlebahn bei Fützen



Bild 3.8-2 Zu verankernde Felsböschung vor dem Abtrag



Bild 3.8-3 Anker und temporäre Spritzbetonsicherung

Einige der insgesamt 94 Anker in der Wand versagten einige Monate nach dem Einbau infolge Beschädigung des Korrosionsschutzes im Bereich der Überschubrohre während des Einbaus. Nach der Sanierung wurden die Ankerköpfe aus Sicherheitsgründen an der Ortbetonwand festgekettet. Man wollte verhindern, dass im Falle eines weiteren Ankerversagens der Verkehr auf der B 314 gefährdet würde. Die Kopfnischen wurden mit Deckeln verschlossen. Bild 3.8-4 zeigt einen Blick auf die Wand im November 2002, die Bilder 3.8-5 und 3.8-6 Ankerköpfe mit Kettensicherung.



Bild 3.8-4 Verankerte Stützmauer (2002)



Bild 3.8-5 Ankerkopf mit Kettensicherung



Bild 3.8-6 Ankerkopf mit Kettensicherung

Wegen des eingetretenen Ankerversagens und der Unkenntnis über mögliche noch existierende Gewährleistungsansprüche der Straßenbauverwaltung wurden die Ankerköpfe lediglich in Augenschein genommen, nachdem die Abdeckplatten abgenommen waren. Die Kappen wurden nicht abgeschraubt.

Die Anker sind Einstabanker Stump Duplex Durchmesser 32 mm. Es wurden insgesamt 6 Stück Anker in in der unteren Reihe Augenschein genommen. Die Ankerköpfe zeigten keine Anzeichen mangelhaften Korrosionsschutzes. Die inspizierten Anker waren offensichtlich auch sämtlich gespannt. Die Verschraubungen der Abdeckplatten der Ankerköpfe fehlten aber zum Teil oder waren verrostet.

Die Bilder 3.8-7 und 3.8-8 zeigen exemplarisch einige Abdeckungen der Nischen für die Ankerköpfe. Vermutlich sind die Schrauben gestohlen worden, weil sie aus Edelstahl waren.



Bild 3.8-7 Abdeckplattenreihe



Bild 3.8-8 Abdeckplatte

### Beurteilung

Die Inspektion der Ankerköpfe am Fuß der Mauer ergab keine Hinweise auf Mängel bei den Ankern und ihrem Korrosionsschutz. Die Deckelverschraubungen stellen keinen echten Mangel dar. Der Zustand der Verdeckelung zeigt aber (wie derjenige anderer untersuchter Abdeckungen von Ankerköpfen), dass bei der Ausschreibung, Vergabe und der Abnahme auch diesem Detail mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte. Andernfalls sind nach einigen Jahren Nachbesserungen notwendig, die teurer sind als eine von Anfang an dauerhafte und robuste Lösung.

### 3.9 Verankerte Stützmauer an der Bundesstraße B 33 in Triberg

Im Jahr 1986 wurde die Bundesstraße B 33 in der Ortslage Triberg ausgebaut. Dabei wurde ein Felshang angeschnitten, der wegen seines ungünstigen Kluffeinfallens mit Einstabankern gesichert wurde (Bild 3.9-1). Vor die Felsböschung wurde eine Ortbeton-Futtermauer betoniert. Die Ankerköpfe wurden in Nischen in der Futtermauer angeordnet. Bereits während der Bauarbeiten wurde ein Teil der aus der Wand herausragenden Anker durch Baumaschinen verbogen (Bild 3.9-2) und mußte aufwändig saniert werden.

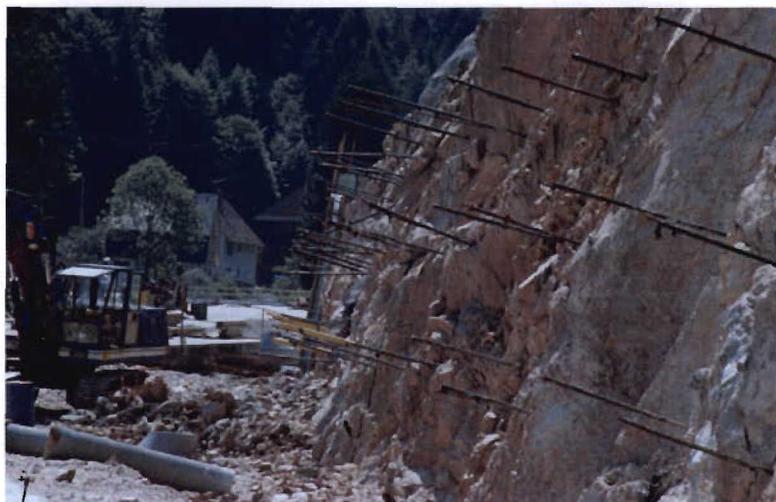


Bild 3.9-1 Verankerte Felsböschung

Bild 3.9-2 Verbogene Anker

Nach der Fertigstellung der Futtermauer wurden die Ankerköpfe von der Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg durch Kettenstücke, die an den Ankerkappen und in der Wand angeschäkelt wurden, gegen Herausschnellen im Falle eines Ankerversagens gesichert. Bild 3.9-3 zeigt eine solche Sicherung kurz nach Bauende. Später wurden die Ankerköpfe mit in die Aussparungen eingesetzten und verschraubten Deckeln aus Faserzement oder Blech verschlossen.



Bild 3.9-3 Mit Kettenstück gesicherter Ankerkopf

Bild 3.9-4 Regulierungsarbeiten

Im Oktober 2002 wurden die Verankerungen in der unteren Lage in Augenschein genommen. Es wurden lediglich die Abdeckplatten der Ankerischen abgeschraubt. Die Kappen der Anker konnten mit üblichem Kraftaufwand nicht gelöst werden, so daß auf eine Inaugenscheinnahme des Kappeninneren verichtet wurde. Die Ankerung besteht aus Stump-Duplexankern Durchmesser 32 mm. Die Bilder 3.9-5 und 3.9-6 zeigen die Wand im Oktober 2002. Während der Inspektionsarbeiten wurden oberhalb der Wand Pflegearbeiten am Bewuchs durchgeführt.



Bild 3.9-5 Stützmauer an der B 33  
in Triberg



3.9-6 Stützmauer Triberg

Die Abdeckplatten der Nischen sind zum Teil beschädigt und schützen die Ankerköpfe nicht mehr. Die Bilder 3.9-7 bis 3.9-10 zeigen einige der Kappen.



Bild 3.9-7 Kappe, offensichtlich mit  
Schussbeschädigung



Bild 3.9-8 Kappe mit Bewuchs



Bild 3.9-9 Zerstörte Faserzementplatte



Bild 3.9-10 Angerosteter Ankerkopf



Bild 3.9-11 Ankerkopf (2002)



Bild 3.9-12 Ankerkopf (2002)

Zumindest der äußere Zustand der Ankerköpfe in der unteren Lage ist ebenfalls nicht gut. Die Köpfe sind zum Teil angerostet, was möglicherweise auf den Salzeinfluss durch den Winterdienst auf der B 33 zurückzuführen ist. Die Korrosionsangriffe auf den Oberflächen der äußeren Ankerteile stellen für sich genommen keine Gefährdung der Verankerung dar, wenn der Korrosionsschutz im Inneren der Kappen und hinter der Ankerplatte in Ordnung ist. Es wäre sicher ein Erkenntnisgewinn, wenn einmal sämtliche Anker der Wand einer Kontrolle des Kappeninneren unterzogen werden könnten. Dazu ist ein gewisser Aufwand erforderlich, und die Straßenbauverwaltung müßte dem zustimmen. Möglicherweise sind die Stahlteile der Anker in den oberen Lagen in besserem Zustand. Insgesamt sind die Ankerköpfe an der Mauer in Triberg ein Beispiel dafür, dass der beste Schutz über die vorgesehene Lebensdauer vermutlich das Einbetonieren der Köpfe ist.

Aus dem optisch nicht befriedigenden Zustand der Ankerköpfe resultiert ausdrücklich jedoch keine Gefährdung des Verkehrs auf der B 33 oder eine Beeinträchtigung der Stand-sicherheit des Geländesprunges. Die Mauer ist, wie die Bilder zu Anfang dieses Kapitels zeigen, eine Futtermauer. Selbst wenn einzelne Anker versagen würden, so ist die Sicherung mit Ketten ein geeignetes Mittel, um ein Herausschleudern der Köpfe zu verhindern.



Bild 3.9-13 Ankerkopf (2002)



Bild 3.9-14 Ankerkopf (2002)

### 3.10 Widerlagersicherung einer Feldwegüberführung an der Bundesautobahn A 8 (E 52) westlich der AS 55 (Wendlingen)

Im Zuge des Ausbaus der BAB A 8 um das Jahr 1980 gerieten die Widerlager einer Wirtschaftswegüberführung westlich der AS Wendlingen in Bewegungen. Das Autobahnamt Baden-Württemberg veranlaßte die Sicherung der Widerlagerbereiche mit je 3 Dauerankern eines Typs, der heute nicht mehr am Markt ist (mit großer Wahrscheinlichkeit handelt es sich um von der Fa. Stump hergestellte Einstabanker mit aufgeschnittenem Gewinde ähnlich denen an der Berckheimer Steige). Alle sechs Anker wurden mit hydraulischen Kraftmeßdosen des Typs Glözl bestückt. Die Manometer wurden mit Schutzkappen aus Metall versehen. Die Ankerköpfe sitzen auf Platten aus Stahlbeton. Um die Platten herum ist eine Böschungspflasterung aus Betonpflaster-Verbundsteinen ausgeführt. Die Pflaster haben sich infolge von oberflächennahen Böschungsbewegungen verschoben, wie auf den folgenden Bildern zu erkennen ist. Bild 3.10-1 zeigt einen Blick auf das nördliche Widerlager mit der Verankerung, Bild 3-10-2 die drei Anker an diesem Widerlager.



Bild 3.10-1 Nördliches Widerlager der Feldwegüberführung



Bild 3.10-2 Anker in der Böschung unterhalb des Widerlagers

Die Kappen der Anker konnten bei der Inaugenscheinnahme im November 2002 nicht gelöst werden. Die Anker und auch die Betonplatten, auf denen die Köpfe aufgelagert sind, zeigen aber keine Anzeichen von Bewegungen. Die hydraulischen Kraftmeßdosen zeigen sehr unterschiedliche Werte für die Ankerkräfte (siehe Bilder 3.10-3 und 3.10-4). Es muß davon ausgegangen werden, dass die Meßwerte mit den tatsächlichen Ankerkräften nicht identisch sind. Eine Bestimmung der aktuellen Ankerkräfte könnte nur mit Abhebeprüfungen erfolgen, wozu die Kappen zunächst unter Einsatz entsprechender Hilfsmittel wieder beweglich gemacht werden müßten. Die Kappenlänge läßt vermuten, dass die Zugglieder ausreichende Stahlüberstände besitzen, um solche Prüfungen durchzuführen. Es wird jedoch davon abgeraten, solche Prüfungen vorzunehmen. Derzeit gibt es keinen Anlaß dazu. Parallel zur Autobahn und unmittelbar südlich angrenzend soll in der Zukunft die Trasse der Bahnstrecke Stuttgart-Ulm gebaut werden. Zum Zeitpunkt der Inaugenscheinnahme (Oktober 2002) wurden dort bereits Aufschlußbohrungen durchgeführt. Beim Neubau der Bahn werden vermutlich auch neue Brückenbauwerke erforderlich; die Anker würden dann überflüssig und könnten ggfs. sogar freigelegt und in Augenschein genommen werden.



Bild 3.10-3 Manometeranzeige am nördlichen Widerlager



Bild 3.10-4 Manometeranzeige am nördlichen Widerlager

Das südliche Widerlager ist wie das nördliche Widerlager ausgebildet. Die Verschiebungen im Böschungspflaster sind dort deutlicher als auf der Nordseite. Die Manometer der Kraftmeßdosen zeigen wie auf der Nordseite sehr unterschiedliche Kraftwerte. Nach Beendigung der Untersuchungsarbeiten und vor Beginn des Baus der Bündelungsstrecke Autobahn - Eisenbahn wird die BTU Cottbus versuchen, vom Autobahnamt Baden-Württemberg die Erlaubnis zur intensiven Prüfung der Anker und zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Kraftmeßdosen zu erhalten. Die Bilder 3.10-5 und 3.10-6 zeigen Bilder der Verankerung in der Südböschung



Bild 3.10-5 Anker am südlichen Widerlager



Bild 3.10-6 Kraftmeßdose, Ankerkraftanzeige nahe Null

### 3.11 Hangsicherung an der Bundesautobahn A 8 (E 52) westlich der AS 55 (Wendlingen)

Im Zuge des Ausbaus der BAB A 8 ca. im Jahr 1978 geriet unmittelbar westlich einer Wirtschaftswegüberführung (2. Überführung, gerechnet von der AS Wendlingen aus) eine Einschnittböschung in Bewegung. Die Böschung wurde mit insgesamt 6 Stück Dauerankern, deren Köpfe auf Betonplatten aufgesetzt wurden, gesichert. Es handelt sich um Einstabanker. Die Art des Stahlzugliedes und der Hersteller der Anker ließen sich nicht mehr feststellen. Bild 3.11-1 zeigt einen Teil der Anker, aufgenommen im Jahr 1982, als die Böschung noch nicht richtig begrünt war. Auf Bild 3.11-2 ist die gleiche Stelle im Herbst 2002 zu sehen.



Bild 3.11-1 Verankerung in der südlichen Einschnittböschung westlich der AS Wendlingen (Aufnahmedatum: 1982)



Bild 3.11-2 Verankerung in der südlichen Einschnittböschung westlich der AS Wendlingen (Aufnahmedatum: November 2002)

Die verankerten Platten sind heute weitgehend überwachsen. Die Anker tragen Stahlkappen und sind beim Einbau mit hydraulischen Kraftmeßringen vom Typ Glötzl ausgerüstet worden. Die Kappen ließen sich nicht ohne Gewaltanwendung entfernen. Um die Ankerköpfe nicht zu beschädigen, wurde auf die Abnahme der Kappen deshalb verzichtet. Die Bilder 3.11-3 und 3.11-4 zeigen zwei der Ankerköpfe.



Bild 3.11-3 Ankerkopf auf Betonplatte



Bild 3.11-4 Ankerkopf mit Kraftmeßring

Die Anker zeigen keine erkennbaren Schäden und erfüllen offensichtlich ihre Aufgabe. Die Kraftmeßbringe zeigen unterschiedliche und wenig wahrscheinliche Kräfte. Nach der Erfahrung darf man davon ausgehen, dass sowohl hydraulische wie elektrische Kraftmeßbringe über Zeiträume von mehr als fünf Jahren zunehmend völlig ausfallen oder falsch anzeigen. Die aktuellen Ankerkräfte ließen sich nur durch Abnehmeversuche feststellen. Dazu besteht jedoch kein Anlaß, zumal voraussichtlich die Anker und die gesamte verankerte Böschung im Zuge des Ausbaus der ICE-Strecke Stuttgart-München, die im Raum Wendlingen parallel zur Autobahn geführt werden soll, in wenigen Jahren abgegraben werden.

### 3.12 Verankerte Bohrpfehlwand an der Bundesstraße B 27 bei Haßmersheim (Neckar)

Im Neckartal unmittelbar nördlich der Ortschaft Böttingen (gegenüber der Ortschaft Haßmersheim) verläuft die B 27 parallel zum Neckar und wird durch eine Stützmauer aus rückverankerten Bohrpfehlen gestützt. Die ca. 2 km lange Mauer wurde im Jahr 1989 erbaut. Die Mauer ist mit Naturstein verkleidet. Die Ankerköpfe können von einem Fußweg am Mauerfuß in Augenschein genommen werden. Die Bilder 3.12-1 und 3.12-2 zeigen Teile der Mauer.



Bild 3.12-1 Stützmauer Haßmersheim, Blick nach Süden



Bild 3.12-2 Stützmauer Haßmersheim, Blick neckarabwärts

Die Verankerung besteht aus insgesamt ca. 590 Einstab-Dauerankern von 32 mm Durchmesser. Die Ankerköpfe sind in Nischen angeordnet, die eine Verkleidung aus Edelstahl besitzen und gegen das Naturstein-Mauerwerk mit Siliikonmasse abgedichtet sind. Die Anker besitzen einen vergleichsweise großen Stahlüberstand. Vermutlich wollte man sich die Möglichkeit offen halten, die Ankerkräfte auch längere Zeit nach der Fertigstellung der Mauer durch Abhebeversuche zu überprüfen, da die Lebensdauer handelsüblicher Kraftmeßgeber begrenzt ist. Ankerköpfe und Stahlüberstände sind durch stählerne Aufsatzrohre, die über die Mauervorderseite hinausragen, geschützt. Rohre und sämtliche Metallteile des Ankerkopfes besitzen einen Schutzanstrich. Die Bilder 3.12-3 und 3.12-4 zeigen zwei der insgesamt 590 Ankerköpfe.



Bild 3.12-3 Ankerkopf in Edelstahlnische

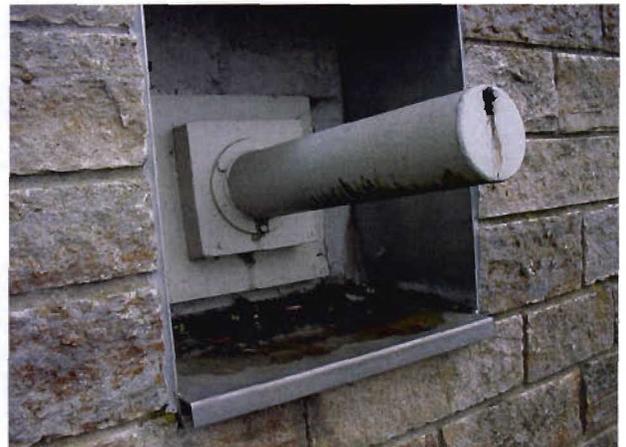


Bild 3.12-4 Ankerkopf in Edelstahlnische stehendes Wasser in der Ausparung

Die Ankerköpfe befinden sich zum Teil im Hochwasserbereich des Neckars und werden deshalb gelegentlich überflutet. Die Verankerung befindet sich in einem optisch sehr guten Zustand und wird offensichtlich gelegentlich überprüft; die Farbanstriche der äußeren Ankerkopfteile sind vor nicht allzu langer Zeit offensichtlich erneuert worden.. Eine Anzahl von Ankern ist mit hydraulischen Kraftmeßdosen der Firma Glötzl ausgerüstet. Die Manometer sind mit stählernen Kappen gegen mutwillige Zerstörung geschützt.

Bei einigen wenigen Ankern tritt an der Dichtung der Abdeckkappen Korrosionsschutzpaste aus (s. Bilder 3.12-5 und 3.12-6). Ursache ist vermutlich, dass bei der Erhitzung der Ankerköpfe durch die Sonneneinstrahlung in der Kappe ein Überdruck entsteht, und die dann weniger zähe Korrosionsschutzpaste herausgedrückt wird. Eine Gefährdung der Dauerhaftigkeit entsteht durch diesen Effekt, der auch bei anderen überprüften Verankerungen beobachtet wurde, nicht.



Bild 3.12-5 Ankerkopf, austretende Korrosionsschutzpaste



Bild 3.12-6 Ankerkopf, austretende Korrosionsschutzpaste

Um die Beschichtung der Ankerkopfteile nicht zu beschädigen, wurde auf die Abnahme einer größeren Anzahl von Kappen verzichtet. Lediglich bei zwei mit Kraftmeßdosen ausgerüsteten Ankern wurden die Kappen abgenommen, weil dort offensichtlich bereits früher die Befestigungsschrauben einmal herausgeschraubt worden waren. Die Muttern, Auflagerplatten und die Gewinde des Stahlüberstandes waren vollständig und sorgfältig mit Korrosionsschutzpaste umhüllt. Es wurden keine Anzeichen von Korrosion festgestellt. Diese Aussage gilt mit großer Wahrscheinlichkeit auch für die nicht geöffneten Ankerköpfe. Die Bilder 3.12-7 und 3.12-8 zeigen die beiden Anker, an denen die Kappen zur Inspektion abgenommen wurden.

Die Verankerung ist noch nicht sehr alt. Durch ihre Konzeption ist sie aber leicht zu überprüfen und gut zugänglich. Bei Verankerungen mit ähnlichen Nischenausbildungen für die Köpfe empfiehlt es sich, die untere Fläche der Nischenauskleidung mit einem etwas stärkeren Gefälle nach außen zu versehen, um Niederschlags- oder Flußwasser abfließen zu lassen. Bei den meisten der Anker war ausreichend Gefälle vorhanden; durch einbaubedingte Ungenauigkeiten bleibt in einigen wenigen Nischen das Wasser stehen. Solange dadurch keine leitende Verbindung zwischen Ankerstahl und Metall der Nischenauskleidung entsteht (bei der Mauer in Haßmerheim ist das nicht gegeben - die Edelstahlbleche berühren die Stahlteile nicht, und der Wasserstand erreicht die Stahlplatten nicht), entsteht keine Korrosionsgefährdung für die Anker.



Bild 3.12-7 Stahlüberstand und Anker Mutter



Bild 3.12-8 Stahlüberstand und Anker Mutter

Auf die gelegentliche exemplarische Überprüfung einiger Anker in der Hochwasserzone durch Abnahme der Kappen und Inaugenscheinnahme der Kopfteile sollte trotz des insgesamt sehr guten Zustandes der Verankerung nicht verzichtet werden.

### 3.13 Hangsicherung an der Bundesstraße B 500 nördlich von Waldshut

Im Jahr 1983 beobachtete die Baustoff- und Bodenprüfstelle in der Fahrbahn der B 500 zwischen Eschbach und Waldshut einen schräg verlaufenden Riß, der sich langsam und kontinuierlich aufweitete. Bild 3.13-1 zeigt diese Stelle, an der die Fahrbahndecke ausgebessert wurde, Bild 3.13-2 den Riß vor der Fahrbahnausbesserung. Die B 500 verläuft in diesem Bereich an einem Hang, so dass es wahrscheinlich war, dass eine Rutschung sich ankündigte. Es wurden daraufhin im Hangelände umfangreiche Bohr- und Erkundungsmaßnahmen ausgeführt, die aber kein schlüssiges Bild der Situation lieferten. Schließlich wurde beschlossen, etwa normal zur Rißrichtung vorsorglich 20 Stück Anker von 40 m Länge einzubauen, um die Situation zu verbessern. Bild 3.13-3 zeigt den Einbau der Anker, deren Köpfe auf Kopfplatten aus Stahlbeton aufgesetzt wurden, Bild 3.13-4 eine Ankerprüfung. Zum Einsatz kamen Litzenanker der Fa. Bilfinger + Berger mit je 5 Litzen.



Bild 3.13-1 Fahrbahn der B 500 an der Schadensstelle



Bild 3.13-2 Riß in der Fahrbahn



Bild 3.13-3 Baustelle während der Ankerarbeiten



Bild 3.13-4 Prüfung eines Ankers

Wegen der nicht bekannten Größe und Form des in Bewegung befindlichen Bodenkörpers und damit der Unkenntnis über die zu erwartenden Kräfte wurden die Ankerköpfe so ausgebildet, dass ein Nachlassen der Anker möglich war. Dazu wurden auf die verlängerten Keilträger Außengewinde aufgeschnitten, und die Keilträger trugen die Ankerkräfte über auf die Gewinde aufgeschraubte Stellmuttern auf die Ankerplatten ab. Parallel zu den Ankerkern wurden zur Überwachung Extensometer eingebaut. Bild 3.13-5 zeigt das Zentrum der Verankerungen mit den montierten Stahlbetonplatten, Bild 3.13-6 die speziellen Keilträger vor dem Einbau.



Bild 3.13-5 Stahlbetonplatten zur Krafteinleitung

Bild 3.13-6 Verlängerte Keilträger mit Außengewinde

Die Stahlbetonplatten wurden mit Betonplomben an die Form der Böschung am Einbauort angepaßt (Bild 3.13-7). Nach dem Spannen und Festlegen der Anker wurden die Köpfe mit zusätzlichen äußeren Schutzhauben aus Stahl, die auf die Betonplatten aufgeschraubt und mit Schloßern gesichert wurden, gegen Witterungseinflüsse und unerwünschte Manipulationen geschützt. Bild 3.13-8 zeigt die Verankerung im November 2002 mit den aufgeschraubten Schutzkappen.



Bild 3.13-7 Anpassung der Platten an die Böschungsoberfläche

Bild 3.13-8 Ankerköpfe im Jahr 2002

Am 20.11.2002 wurden von insgesamt 4 Anker die äußeren und inneren Schutzkappen abgenommen und die Anker auf Unversehrtheit und Zustand des Korrosionsschutzes untersucht. Bild 3.13-9 zeigt eine innere komplette Schutzkappe, Bild 3.13-10 die Füllung der Kappe mit Korrosionsschutzpaste. Die Bilder 3.13-12 und 3.13-13 zeigen zwei Keilträger nach der Abnahme der kompletten inneren Schutzkappe. Auf den Bildern 3.13-14 und 3.13-15 sind Details der Korrosionsschutzpaste zu sehen.



Bild 3.13-9 Innere Schutzkappe



Bild 3.13-10 Korrosionsschutzpaste im Kappenkopf



Bild 3.13-11 Keilträger mit Korrosionsschutz



Bild 3.13-12 Keilträger mit Korrosionsschutz

### Zustand der Verankerung

Der Zustand der Ankerköpfe im November 2002 war gut. Die äußeren zusätzlichen Kap-  
pen hatten die Köpfe gut geschützt. Weil die Anker in einem Waldgebiet im Schatten ho-  
her Bäume eingebaut sind, ist es auch zu keiner Erhitzung und Verflüssigung der Korrosi-  
onsschutzpaste gekommen. Alle Anker, deren Köpfe in Augenschein genommen wurden,  
waren noch gespannt. Alle Ankerkopfteile waren mit Korrosionsschutzpaste vollständig  
überzogen. Die Paste selbst war im Vergleich zum Zustand beim Einbau kaum verändert.  
Lediglich lokale geringfügige Verfärbungen (Bilder 3.13-13 und 3.13-14) waren Indiz für  
eine gewisse Alterung.

Insgesamt hat die Verankerung die ihr zuge dachte Aufgabe erfüllt und wird sie auch weiter  
erfüllen. Die Rissbildung in der Fahrbahn der B 500 tritt seit dem Einbau nicht mehr auf.  
Die Anker sind inzwischen schwer zu finden. Von Waldshut kommend sollte man nach  
dem Ortsausgang sein Fahrzeug auf dem ersten Parkplatz rechts abstellen. Nach dem  
Queren der Fahrbahn sind es zu Fuß auf der Talseite der B 500 ca. 300 m bergauf bis zur  
Verankerung. Eine direkte Zufahrt auf den Weg vor den Ankern ist wegen der nicht unter-  
brochenen Schutzplanken nicht mehr möglich.



Bild 3.13-13 Korrosionsschutzpaste an der  
Dichtung der Ankerkappe



Bild 3.13-14 Verfärbung der Paste

### 3.14 Verankerte Stützmauer an der Mainbrücke in Wertheim

Im Jahr 1988 wurde in Wertheim am Main westlich der Brücke über den Main am nördlichen Stadtrand ein Felsanschnitt im Buntsandstein mit einer Futtermauer aus Betonfertigteilen gesichert. Zum Einsatz kam ein Fertigteilensystem mit Lisenen und horizontalen Pflanzbrettern (Kirchhoff-Bechert-System). Die Lisenen wurden mit GEWI-Verpreßpfählen  $\varnothing 50$  mm mit doppeltem Korrosionsschutz rückverankert. Es bestand die Gefahr, dass beim Abtrag durch Hangzerreißungsklüfte vorgegebene Felspartien abgleiten und das Personal auf der Baustelle gefährden wurde. Deswegen wurde zwischen den Verpreßpfählen eine temporäre Vernagelung mit GEWI-Nägeln Durchmesser 28 mm ausgeführt. Bild 3.14-1 zeigt einen Querschnitt durch die Böschungssicherung. Die Bilder 3.14-2 und 3.14-3 zeigen die Mauer kurz nach der Fertigstellung.

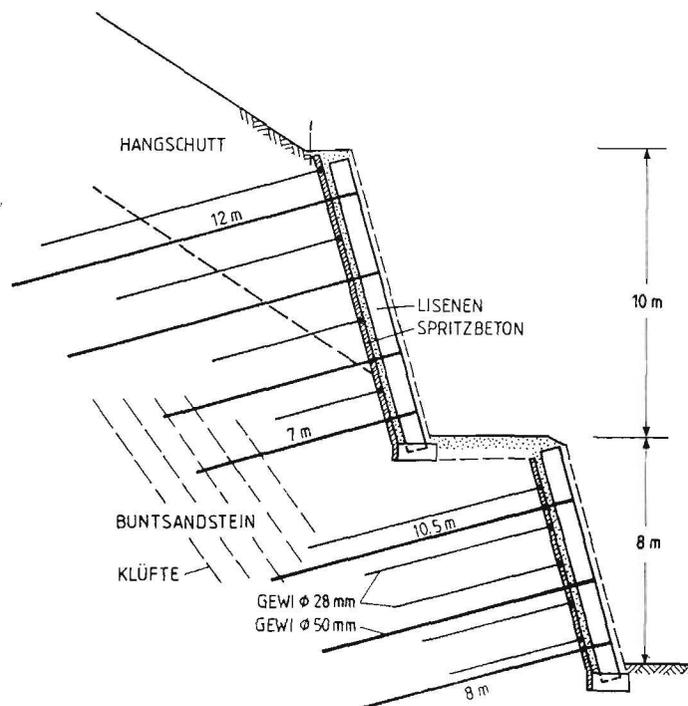


Bild 3.14-1 Querschnitt der Böschungssicherung Wertheim  
(Zeichnung: Dipl.-Ing. Meiniger)



Bild 3.14-2 Obere Mauerböschung vor der Bepflanzung



Bild 3.14-3 Randabschluß der Mauer



Bild 3.14-4 Mauer im Jahr 1989



Bild 3.14-5 Mauer im Jahr 2002

Ursprünglich waren die Köpfe der Verpreßpfähle in der Mauer mit Kappen aus Blech verschlossen worden. Bei der Inspektion im Sommer 2002 zeigte es sich, dass die Straßenbauverwaltung die Köpfe mit zylindrischen Mörtelkappen endgültig verschlossen hatte. Es wurden keine Anzeichen dafür entdeckt, dass unter den Kappen die Stahlteile einem Korrosionsangriff ausgesetzt sind. Die Bilder 3.14-6 und 3.14-7 zeigen den derzeitigen Zustand der Mauer und ihres Bewuchses.



Bild 3.14-6 Bewachsene Mauer

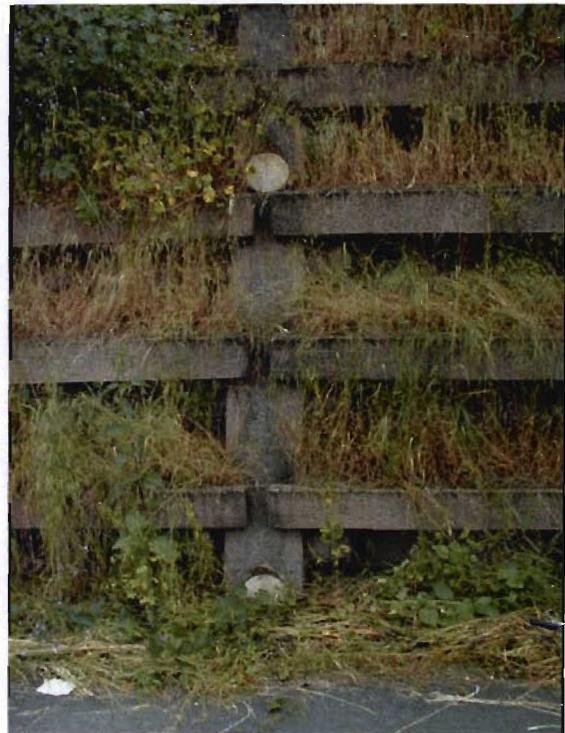


Bild 3.14-7 Mauerfuß

Bild 3.14-8 zeigt einen mit Mörtel verschlossene Pfahlkopf. Es hat sich bewährt, bei Maßnahmen ähnlicher Art den Verschluss der Pfahlköpfe mit Mörtel von Anfang an vorzusehen und auszuführen. Die Bilder 3.14-9 bis 3.14-11 zeigen verschiedene Möglichkeiten der Ausführung. Um eine gute Haftung des Mörtelpfropfens zu erzielen, sollten vor der Installation der Kopfplatten Bügel oder Kopfbolzen angeschweißt werden.



Bild 3.14-8 Kopfverschluss Wertheim



Bild 3.14-9 Verschluss eines Pfahlkopfes, Futtermauer am Westportal des Rollenbergtunnels



Bild 3.14-10 Pfahlkopf vor dem Verschluss



Bild 3.14-11 Verschlossener Pfahlkopf, Mauer an der B 14 (Stuttgart-Heslach)

### 3.15 Verankerung der Talsperre Rauschenbach im Erzgebirge

Die Talsperre Rauschenbach im Erzgebirge wurde in den Jahren 1964/65 als Gewichtstaumauer aus Beton errichtet. Während des Beginns der Bauarbeiten entstanden Zweifel an der ausreichenden Gleitsicherheit der Staumauer. Sie wurde daraufhin mit insgesamt 368 Spanngliedern an eine wasserseitig auf dem Talgrund angeordnete Schleppplatte angeschlossen. Die Schleppplatte selbst wurde mit vertikalen Felsankern nach unten verankert. Die Spannglieder liegen im Kontrollgang der Sperrmauer auf einer Länge von 1,5 m frei, um die Verbindung zwischen Mauer und Schleppplatte gelenkig zu halten. Bild 3.15-1 zeigt einen Querschnitt durch die Talsperre und die Verankerung, Bild 3.15-2 eine Ansicht der Sperrmauer von der Luftseite.

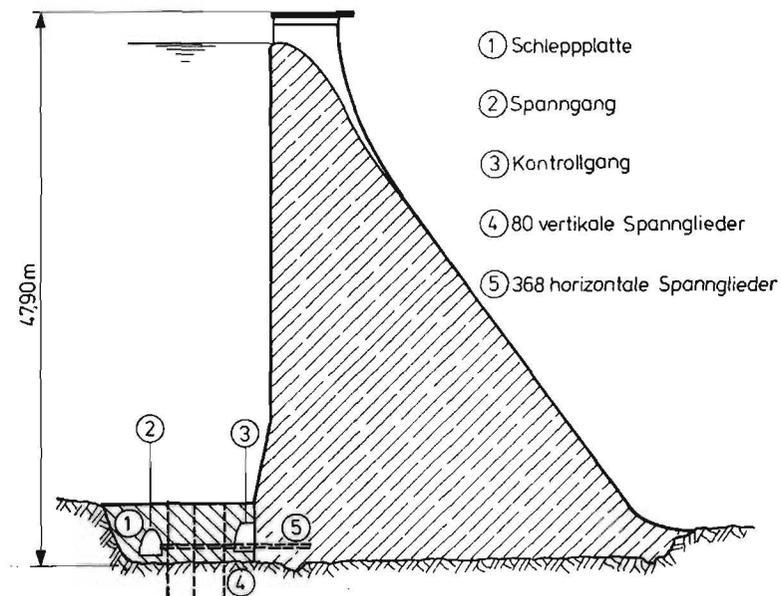


Bild 3.15-1 Schematischer Querschnitt durch die Talsperre Rauschenbach in Talmitte

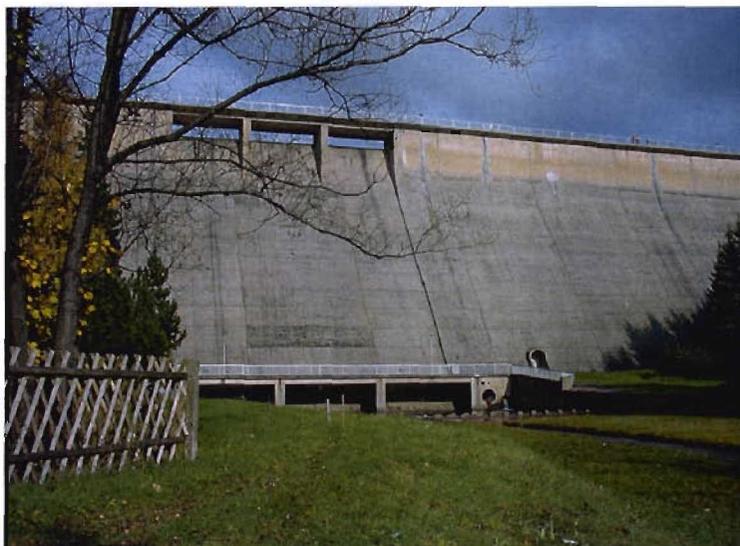


Bild 3.15-2 Talsperre Rauschenbach, HW-Entlastung

Der Lehrstuhl für Bodenmechanik und Grundbau der BTU Cottbus wurde von der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (Referat Bautechnik / Standsicherheit) beauftragt, ein Gutachten zum Zustand der Verankerungen zu erstellen. Die wichtigsten Ergebnisse werden im Rahmen dieses Berichtes mit freundlicher Genehmigung der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen wiedergegeben.

### Vertikale Verankerung der Schleppplatte

Die Schleppplatte befindet sich auf der Wasserseite der Mauerfelder 13 bis 18. Sie ist 5 m hoch und hat in der Sohlfuge eine Länge von 12 m. Ihre Errichtung wurde während des Beginns der Bauarbeiten beschlossen, nachdem beim Freilegen der Aufstandsfläche Zweifel an der Übertragbarkeit der erforderlichen Reibungskräfte für den Nachweis der Gleitsicherheit der Staumauer aufgekomen waren. Eine Beschreibung des Sperrbauwerkes und der Verankerung findet man in [3.15/1]

Die Einzelanker bestehen aus je vier Spanngliedern (4  $\varnothing$  26, St 60/90 glatt, mit aufgeschnittenem Gewinde für die Muttern) als Verbundanker und mit Abstandhalterplatten in der Verpreßstrecke. Die zulässige Spannkraft beträgt je Stab  $\varnothing$  26 = 27,5 Mp (275 kN). Platten und Muttern erhielten als Korrosionsschutz einen Heißbitumenanstrich. Über die Platten wurden auf der Oberseite der Schleppplatte Schutzkappen aus Ortbeton mit den Maßen 70x70x30 cm aufgebracht. In der Schleppplatte befinden sich die Anker in einem Betonrohr  $\varnothing$  250 mm, im Untergrund in Bohrungen  $\varnothing$  159 mm. Die Bohrungen wurden von den bereits betonierten Plattenfeldern nach Abschluß der Injektionsarbeiten niedergebracht.

Es ist zu vermuten, daß die Ankerköpfe auf der Schleppplatte nach ca. 35 Jahren Sperrbetrieb unter einer mehr oder weniger mächtigen Sedimentschicht liegen. Die Schleppplatte wurde bereits planmäßig mit einer 1 m mächtigen Schicht aus bindigem Boden abgedeckt. Eine Möglichkeit zur Überprüfung der Anker besteht nicht, denn das würde eine völlige Entleerung der Talsperre erfordern. Auch dann ließe sich die Vorspannkraft nicht kontrollieren, weil die Zugglieder nach dem Spannen blockiert wurden. Es wäre technisch möglich, die Überprüfung des Korrosionsschutzes der Anker durch Überbohren eines Ankers vorzunehmen, wenn das Becken einmal völlig geleert werden muß. Nach den Erfahrungen bei ähnlich alten Ankern im Fels, die wieder freigelegt wurden, besteht aus ankertechnischer Sicht keine akute Gefahr, daß die Anker durch Korrosion in größerer Zahl so beschädigt wurden, daß eine Beeinträchtigung der Sicherheit der Talsperre befürchtet werden muß. Die Zugglieder und Köpfe der Anker befinden sich seit der Herstellung vollständig und ununterbrochen unter Wasser. Planmäßig werden die Zugglieder von mindestens 20 mm Zementmörtelüberdeckung geschützt. Das Grundwasser im Bereich der Talsperre enthält keine beton- oder stahlaggressiven Bestandteile. Selbst wenn, bedingt durch Schwierigkeiten beim Einbau und Verpressen, lokale Fehlstellen im Korrosionsschutz vorhanden wären, hätte dies kaum Auswirkungen auf die Tragkraft der vollständig blockierten Anker, die durch die Blockierung auf der gesamten Länge mit dem Fels verbunden sind. Sämtliche Vertikalanker sind an das kathodische Korrosionsschutzsystem der Talsperre angeschlossen

### Horizontale Verankerung zwischen Schleppplatte und Staumauer

Insgesamt wurden zwischen der Schleppplatte und der Staumauer 368 Stück horizontale Spannglieder mit je 10 Mp Vorspannkraft eingebaut. Zum Einsatz kamen Bündelspannglieder BSG 100 nach TGL 118- 0785, die vom BMK Karl-Marx-Stadt geliefert wurden. Ein Bündelspannglied BSG 100 besteht aus 24 Spannstählen St 140/160 nach TGL 101 - 036 (Nennquerschnitt pro Stahl 50 mm<sup>2</sup>, max. Gebrauchskraft 105,6 Mp). Der Bündeldurchmesser beträgt 6,0 cm. Bild 3.15-3 zeigt ein Stück eines solchen Bündelspanngliedes mit gewickelter Manschette über dem Spannkonus. Spannglieder dieser Art waren in den Sechzigerjahren des vorigen Jahrhunderts im Spannbetonbau gebräuchlich. Inzwischen sind sie durch andere Systeme ersetzt worden.



Bild 3.15-3 Bündelspannglied BSG 100 mit Manschette



Bild 3.15-4 Blick in den Kontrollgang, Spannglieder unter der Abdeckung

Im Beton (Schleppplatte + Mauer) und im Kontrollgang liegen die Spannglieder in profilierten Hüllrohren aus Stahl. Im Kontrollgang sind sie auf 1,5 m Länge frei beweglich (Bild 3.15-4).

Die Verankerung in der Mauer erfolgte auf 4 m Länge. Die Spanndrähte wurden am mau-erseitigen Ende gespreizt. Die Verpressung erfolgte vom jeweils unteren Spannkanal aus für die beiden in einem Schnitt liegenden Anker gleichzeitig. Die Spannglieder wurden mit je 80 Mp Vorspannkraft geprüft und dann mit je 10,0 Mp vorgespannt. Nach dem Spannen wurden sie aus Gründen des Korrosionsschutzes blockiert. Dafür wurde ein Einpreßmörtel nach TGL 117 - 0492 verwendet. Klemmschalen um die Hüllrohre im Kontrollgang verhin-derten beim Verpressen das Platzen der Hüllrohre. Die Hüllrohre wurden nach dem Ent-fernen der Klemmschalen mit 2-fachem Bitumenanstrich versehen und mit 3 Lagen bitu-mengetränktem Gewebe umwickelt. Bild 3.15-5 zeigt den Schnitt durch ein Spannglied, das für die Beurteilung des Zustandes der Verankerung aus dem Kontrollgang entnommen wurde (leider ist die Schärfe des Bildes unbefriedigend). Auf Bild 3.15-6 ist ein Spannglied nach dem Öffnen des metallischen Hüllrohres zu sehen.



Bild 3.15-5 Schnitt durch ein Spannglied



Bild 3.15-6 Spannglied nach Abnahme des Hüllrohres

### Korrosionsschutz

Der Korrosionsschutz der 368 Bündelspannglieder im Kontrollgang wurde noch während des Baus der Sperre beschädigt. Die gewellten Hüllrohre aus Blech sind örtlich durchgerostet, und die Spannstähle weisen Anrostungen auf. Die Beschädigungen der Hüllrohre erfolgten durch Ablagerung von Baumaterial auf den Spanngliedern, und es ist davon auszugehen, daß alle Spannglieder in ähnlicher Weise betroffen sind. Der dreifache Bitumenanstrich und die Umwicklung mit bitumengetränktem Gewebe haben nicht verhindern können, daß in den ca. 35 Jahren nach der Inbetriebnahme der Sperre der Korrosionsangriff völlig verhindert wurde. Im Kontrollgang herrscht ganzjährig eine die Korrosion fördernde hohe Luftfeuchtigkeit.

Vermutlich haben die projektierenden Ingenieure mit der Möglichkeit der mechanischen Beschädigung der Hüllrohre während der Bauzeit gerechnet und deshalb bewußt einen möglichst kleinen Hüllrohrdurchmesser gewählt. Dies hat aber dazu geführt, daß der hohe Füllungsgrad der Rohre eine vollständige Verpressung stellenweise verhindert hat (Bild 3.15-7). Der Zement hat sich abgesetzt, und im Scheitel der Rohre sind Hohlräume verblieben, die auch nicht nachverpreßt werden konnten. Dadurch waren vor allem die oberliegenden Spannstähle im Bereich der Beschädigungen der Hüllrohre einem lokalen Korrosionsangriff ausgesetzt. Die Untersuchungen des Verpreßmörtels an der Forschungs- und Materialprüfanstalt der TU Cottbus haben aber ergeben, daß der alkalische Korrosionsschutz durch den Mörtel weitgehend noch vorhanden ist. Selbst die dünne Zementhaut, die beim Absinken des Mörtelspiegels auf den Stählen verblieb, hatte offensichtlich noch eine gewisse Schutzwirkung. Insgesamt ist die Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit der Verankerung nicht gefährdet.

### Literatur

[3.15/1] Sieber, H.-U.: Talsperren in Sachsen. Herausgeber Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen, 1992

#### 4. Beobachtungen aus der Praxis

Die tägliche Erfahrung aus Eignungs- und Abnahmeprüfungen von Ankern, Ankernachkontrollen und der Bearbeitung von Schadensfällen zeigt, dass die Ursache von Schäden an den Ankern praktisch immer in Fehlern vor und beim Einbau besteht. Insbesondere bei der Montage des Ankerkopfes und beim Einbringen der Korrosionsschutzpaste zeigt es sich, dass eine Anzahl von Firmen nicht über das notwendige sachkundige Personal verfügt, das notwendig ist, um diese Arbeiten in der erforderlichen Qualität auszuführen. Auch Beschädigungen bereits fertiggestellter Verankerungen durch den Baubetrieb vor dem verankerten Bauteil sind nicht allzu selten.

Bereits bei der Lagerung und dem Transport zur Einbaustelle können Beschädigungen entstehen. Nicht selten beobachtet man, dass die Anker an Stellen gelagert werden, wo sie verschmutzen können (Bilder 4-1 und 4-2). Wenn solche Anker bei der Lagerung unbeschädigt bleiben und vor dem Einbau gereinigt werden, könnte man vielleicht darüber hinwegsehen. Allerdings darf man nicht davon ausgehen, dass eine Reinigung tatsächlich stattfinden wird. In der Regel wird eine Ankerbohrmannschaft, die ihre Anker vor dem Einbau im Schmutz lagert, diese auch nicht reinigen. Im Schmutz liegende Anker werden nach der Erfahrung auch ohne weiteres von Baustellenfahrzeugen, Betonmischern und Betonpumpen etc. überfahren, solange die Fahrer keine Beschädigung ihrer Fahrzeugreifen befürchten müssen.



Bild 4-1 Nicht fachgerechte Ankerlagerung



Bild 4-2 Nicht fachgerechte Ankerlagerung

Der fachgerechte Transport von langen und schweren Ankern vom Lagerplatz zur Einbaustelle bindet Personal. Er sollte auf den Schultern der Leute erfolgen, wenn nicht andere schonende Möglichkeiten auf der Baustelle zur Verfügung stehen. Keinesfalls dürfen die Anker von einem Fahrzeug auf dem Boden zum Einbauort geschleift werden, wie dies Bild 4-3 zeigt. Auch der Einbau selbst muß so erfolgen, dass die Anker nicht beschädigt werden. Das Anhängen an einen so genannten "Würger", wie es auf Bild 4-4 zu sehen ist, stellt keine akzeptable Methode dar.



Bild 4-3 Nicht fachgerechter Ankertransport



Bild 4-4 Nicht fachgerechter Einbau mit Würgeschlinge

Wenn das Stahlzugglied in das Bohrloch eingebaut ist, beginnt für die Anker eine gefährliche Zeit. Um sie spannen und festlegen zu können, müssen sie einen Überstand haben. Einstabanker werden nicht selten durch den Betrieb vor der verankerten Konstruktion verbogen. Sie müssen dann hinter der Biegestelle abgeschnitten und fachgerecht gemufft werden. Das ist wegen der eingeschränkten Zugänglichkeit dieser Stelle immer eine teure und umständliche Prozedur. Auch nach dem Spannen sind die Anker gefährdet, wenn der Baustellenbetrieb vor der verankerten Konstruktion weitergeht (Bild 4-5). Gelegentlich lassen auch die Eigenschaften austretenden Grundwassers bereits auf eine künftige Gefährdung des Korrosionsschutzes schließen (Bild 4-6).



Bild 4-5 Beschädigter Ankerkopf



Bild 4-6 Möglicherweise aggressives Wasser am Ankerkopf

Ursache für Korrosionsschäden an Ankern sind nicht selten Probleme, die daraus entstehen, dass der Ankerkopf mit der Dichtung (z. B. im Überschubrohr) nicht über den Anker

geschoben werden kann, weil Betonreste im Bohrloch, schlechte Zentrierung der Bohrung in der Kopfnische o. Ä. dies verhindern. Die dann notwendige Reinigung oder Erweiterung der Bohrung im Kopfbereich ist schwierig und mit der Gefahr der Beschädigung des eingebauten Ankers verbunden. Schnell kann dann die Versuchung entstehen, in diesem für den Korrosionsschutz des Ankers sensibelsten Bereich Gewalt anzuwenden. Beschädigungen im Bereich des Anschlusses des Kopfes an die Korrosionsschutzhülle im Bereich der freien Stahllänge führen praktisch immer zum Bruch des Ankers durch Spannungsrißkorrosion, da hier die für einen Korrosionsangriff notwendige Feuchtigkeit und die Sauerstoffzufuhr in der Regel vorhanden sind. Hier dürfte, neben dem Bruch an Koppelstellen, die häufigste Ursache für das Versagen von Dauerankern liegen.

Bild 4-7 zeigt einen Daueranker, bei dem aus der Verkeilung Wasser austritt. Ursache dafür war, dass vor dem Einbau ein Stück des Überschubrohres einschließlich Dichtung abgetrennt worden war, weil Schwierigkeiten bei der Montage aufgetreten waren (die Kernbohrung durch den Bohrpfahl war durch Verpressmörtel blockiert). Der Schaden wurde noch während der Bauarbeiten bemerkt. Alle Ankerköpfe mußten demontiert, überprüft und neu gesetzt werden. Auf Bild 4-8 ist der Kopf eines Einstabankers zu sehen, der nach ca. 4 Jahren aus dem gleichen Grund versagte.



Bild 4-7 Wasseraustritt aus der Verkeilung eines Litzenankers (Foto: Dipl.-Ing. Meiniger)



Bild 4-8 Gebrochener Einstabanker (Foto: Dipl.-Ing. Meiniger)

Bild 4-9 zeigt einen Einstabanker (Durchmesser 36 mm), der infolge einer ungenügenden Verfüllung des Hohlraums innerhalb des Überschubrohres gebrochen ist. Die Anker wurden zur Verankerung einer Bohrpfahlwand für ein Parkhaus in Hanglage eingesetzt (Bild 4-10). Durch Feuchtigkeit am teilweise freiliegenden Spannstahl entstanden Korrosionsmulden; der Bruch erfolgte nach ca. 12 Jahren durch wasserstoffinduzierte Spannungsrißkorrosion.



Bild 4-9 Bruch des Ankerzuggliedes im Überschubrohr (Foto: Dipl.-Ing. Meiniger)



Bild 4-10 Verankerte Bohrpfehlwand

Die Erfahrung zeigt, dass Anker mit schadhaftem Korrosionsschutz nahe dem Kopf in der freien Stahllänge beim Vorliegen von korrosionsfördernden Randbedingungen in der Regel innerhalb weniger Jahre (gelegentlich nach zwei bis drei Jahren) versagen. Bei Einstabankern tritt das Versagen plötzlich ein; der Ankerkopf und das darin befindliche Ende des Stahlzuggliedes können herausgeschleudert werden. Bei Litzen- und Bündelankern versagen nicht alle Drähte gleichzeitig. Ein Bruch des gesamten Ankers kündigt sich daher eher an und kann, wenn die Köpfe kontrolliert werden, vor seinem Eintritt bemerkt werden. Auch die Muffen an Koppelstellen von Einstabankern haben sich als mögliche Schwachstellen erwiesen. Bild 4-11 zeigt die aufgeschnittene Muffe eines Einstabankers, der versagte, weil ein Stahlende nur 3 bis 4 Gewindegänge eingeschraubt war (sichtbar an den Scherflächen auf den Rippen). Der Bruch wurde durch einen ca. 20-prozentigen Anstieg der Ankerkraft in den ersten 10 Jahren nach der Fertigstellung des Bauwerkes ausgelöst. Es ist möglich, dass die ungenügende Einschraublänge bereits bei der Montage vorhanden war. Bei linksdrehendem Drehkopf könnte es auch beim Ausbau der Verrohrung zu einem Herausschrauben des Stahls aus der Muffe gekommen sein. Als Folge des Bruches wurde durch den Ankerkopf (Bild 4-12) eine ca. 10 kg schwere Abdeckplatte aus ihrer Verankerung gestoßen und auf die Fahrbahn einer Autobahn geschleudert. Ungenügende Einschraublängen bei gekoppelten Einstabankern oder Verpreßpfählen führen oft schon bei den Probelastungen oder Eignungsprüfungen zum Versagen. Natürlich wird beim unbeabsichtigten Ausdrehen der Stähle aus der Muffe auch der Korrosionsschutz im Bereich der Koppelstelle zerstört. Meiniger [4/1] berichtet, dass in einem von ihm begutachteten Fall auf einer Baustelle von 12 Dauerankern insgesamt 7 Anker wegen fehlerhafter Muffenverbindungen versagten.



Bild 4-11 Ungenügende Einschraublänge in einer Koppelmuffe (Foto: Dipl.-Ing. Meiniger)



Bild 4-12 Loser Ankerkopf nach Stahlbruch (Foto: Dipl.-Ing. Meiniger)

Bild 4-13 zeigt die Bruchstelle eines Einstabankers unmittelbar vor einer Muffe. Bei der Herstellung des inneren Verpreßkörpers war eine Luftblase verblieben. Die ungeschützte Stahloberfläche wurde durch Korrosionsmulden eingekerbt; der Anker versagte dann durch Spannungsrißkorrosion. An der verankerten Bohrpfehlwand versagten bisher auf diese Weise zwei Anker (einer nach 8 und einer nach 10 Jahren). Die Anker wurden aus den Bohrungen herausgeschleudert und durch die vor der Bohrpfehlwand befindliche Gebäudewand gebremst (Bild 4-14)



Bild 4-13 Stahlbruch neben einer Muffe, Bruchstelle  
(Foto: Dipl.-Ing. Meiniger)



Bild 4-14 Herausgeschleudertes Einstabanker  
(Foto: Dipl.-Ing. Meiniger)

Eine weitere mögliche Schadensursache besteht in der ungenügenden Umhüllung der Stahlteile mit Korrosionsschutzpaste infolge mangelhafter Verarbeitung. Besonders bei tiefen Temperaturen, bei denen die Massen sehr zäh sind, besteht die Gefahr, dass hinter der Ankerplatte das Stahlzugglied ungeschützt bleibt. Wenn trotzdem weitergearbeitet wird, ist ein frühzeitiges Ankerversagen fast sicher.

Bei Bohrarbeiten in der Nähe von Ankern ist ebenfalls äußerste Vorsicht geboten. Am besten ist es, solche Aktivitäten zu vermeiden. Bild 4-15 zeigt ein Ankerbohrloch in einem Pfahl; das Zugglied wurde bei dem Versuch beschädigt, Wasser aus dem Bereich des Ankerkopfes durch nachträgliche Drainagebohrungen abzuleiten. Der Anker versagte einige Zeit danach durch Korrosion. Der Ankerkopf wurde herausgeschleudert. Die Drainagebohrungen sind seitlich der Pfähle zu erkennen.



Bild 4-15 Beschädigung eines Ankers mit nachfolgendem  
Korrosionsversagen durch Drainagebohrungen

Auf den Ankerbaustellen hat sich seit den 90-iger Jahren des vergangenen Jahrhunderts eine Veränderung bei der Ankerherstellung ergeben. Während bis zu diesem Zeitpunkt Anker in der Regel von Firmen eingebaut wurden, die gleichzeitig Inhaber einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung waren, so werden seitdem Ankerarbeiten immer mehr an kleine Nachunternehmer vergeben. Sie beziehen die Anker bei den Herstellern und Zulassungsinhabern. In den Zulassungen wird zwar darauf hingewiesen, dass Anker nur von Personal eingebaut werden dürfen, das vom Zulassungsinhaber geschult ist bzw. dass der Einbau vom Zulassungsinhaber überwacht werden muß. Leider ist das nicht immer der Fall. Die Bilder 4-16 und 4-17 sollen exemplarisch zeigen, wozu bestimmte Firmen fähig sind. Bild 4-16 zeigt den Kopf eines "Dauerankers", bei dem die winkelgerechte Auflage durch ein Stück ungesichertes Eisen unter der Verankerungsscheibe hergestellt wurde. Bild 4-17 zeigt eine freigelegte Schadensstelle hinter einer Spundwand. Die Winkelabweichung der Litzenanker betrug ca. 15° bis 20° von der Sollrichtung bei etwa der Hälfte der eingebauten Anker. Dadurch wurden die Überschubrohre beim Spannen deformiert und die Dichtungen beschädigt. Die Aufzählung von Baustellen, auf denen durch unqualifiziertes Personal großer Aufwand zur Schadensbeseitigung an einer Vielzahl von Ankern erforderlich wurde, ließe sich fortsetzen.



Bild 4-16 Ankerkopf mit Klötzchenauflagerung  
(Fotos 4-16 und 4-17. Dipl.-Ing. Meiniger)



Bild 4-17 Schräg zur Spundwand  
gebohrter Anker

Die Qualitätssicherung auf der Baustelle, insbesondere alle den Korrosionsschutz betreffenden Arbeiten, bedürften nach den Ergebnissen der Untersuchungen einer besseren Überwachung. In der Schweiz wird die Wirksamkeit des Korrosionsschutzes am eingebauten Anker durch elektrische Widerstandsmessung abschließend überprüft. Eine ähnliche Praxis in Deutschland könnte zweifellos zu einer Qualitätsverbesserung bei Verankerungen beitragen.

#### Literatur

- [4/1] Meiniger, W.: 30 Jahre Erfahrung mit Dauerankern. Vorträge des 3. Kolloquiums "Bauen in Boden und Fels". Technische Akademie Esslingen, 2002

## 5. Schlussfolgerungen

Die untersuchten fünfzehn Bauwerke haben Standzeiten zwischen ca. 15 und 40 Jahren. Bei der Inaugenscheinnahme von insgesamt ca. 120 Anker wurden keine Anker gefunden, bei denen Anzeichen eines Verlustes der Tragkraft oder gar eines Versagens infolge Korrosion der Stahlzugglieder erkennbar waren. Bedenken hinsichtlich der künftigen Tragfähigkeit der Verankerungen ergaben sich bei den Untersuchungen also nicht.

Die Ankerköpfe und ihre Umgebung waren allerdings in sehr unterschiedlichem Zustand. Es wurden Ankerköpfe in sehr gutem Zustand als auch Anker mit starkem Korrosionsangriff an den äußeren Kopfbauteilen vorgefunden. Dabei ergaben sich zwischen einzelnen Ankertypen deutliche Unterschiede.

Die Köpfe von Einstabankern mit aufgeschraubten Abdeckkappen, Grundplatten, Kalotten usw. aus verzinktem Stahl waren durchweg in gutem Zustand. Die Bedeckung der unter den Kappen befindlichen Stahlzugglieder und Ankermuttern mit Korrosionsschutzmasse war vollständig. Dieser Ankertyp bedarf offensichtlich (unter Voraussetzung einer fachgerechten Montage) keiner weiteren Pflege oder Instandhaltung.

Anders waren die Beobachtungen bei Anker, deren Kopfteile nicht verzinkt waren. Bei den häufig verwendeten Grundplatten und Abdeckkappen mit Farbbeschichtung hatte die Schutzfarbe oft schon nach der relativ kurzen Einsatzdauer von 10 bis 20 Jahren ihre Funktion verloren, und die Metallteile waren von Rost befallen.

Die Abdeckhauben saßen oft schlecht und verhinderten nicht wirksam den Wasserzutritt an die Zugglieder, Muttern und Verkeilungen. Die Befestigungsschrauben der Abdeckkappen mussten oft nach der Inaugenscheinnahme ausgetauscht werden. Das war auch meist ohne Probleme möglich, solange sich die zugehörigen Gewindebohrungen in den Grundplatten an den richtigen Stellen befanden und Korrosion nicht die Gewinde unbrauchbar gemacht hatte.

Der schlechte Sitz der Abdeckkappen resultierte oft aus vielfach nicht übereinstimmenden Schraubenlochbildern in den Kappen und Grundplatten. Die Befestigungsschrauben waren deshalb oftmals verkantet. Weiterhin waren die Schrauben mehrfach auch zu kurz. Ein dichtes Anmontieren der Kappen konnte auch im unbeeinträchtigten Neuzustand nicht möglich sein.

Auffällig war (bei den Litzenankern) der meist schlechtere Zustand größerer Ankerköpfe (ab ca. 8 Litzen) im Vergleich zu den kleineren. Vermutlich ist dies in der schwierigeren Handhabung bei der Montage begründet. Wegen des hohen Eigengewichtes der einzelnen Bauteile erfolgt der Einbau und das Ausrichten oft nicht mit der notwendigen Sorgfalt, sondern unter Zuhilfenahme von Gewalt. Auch beim Transport und der Lagerung sind bei den großen und schweren Teilen Beschädigungen des Korrosionsschutzes eher zu erwarten als bei leichter handhabbaren teilen.

Das Auftreten von Korrosion an Keilträgern und Spannstäben war i. d. R. auf undichte Kopfabdeckungen zurückzuführen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass verzinkte Bauteile wesentlich dauerhafter sind als solche mit Farbbeschichtung. Das auch heute noch übliche Befestigen der Abdeckkappen an der Grundplatte mittels einfacher Schrauben und Gewindebohrungen ist nicht die beste und dauerhafteste Lösung. Die Herstellungstoleranzen sind zu groß oder sind nicht eingehalten. Für große, schwere Bauteile sollte über Montagehilfen nachgedacht werden. Hier besteht Verbesserungsbedarf bei Herstellern und Bauausführenden.

Die in vielen Zulassungsbescheiden vorgesehene Verfüllung der Kappen über den Ankerköpfen mit erhitzter und dadurch flüssiger Korrosionsschutzpaste scheidet in der Praxis oft an ungenügend dimensionierten und falsch positionierten Einfüllmöglichkeiten. Die Öffnungen sind zu klein, und sie können mit den Ausgießöffnungen der Gefäße zum Erhitzen nicht erreicht werden. In der Praxis wird dann meist Paste von Hand auf die Zugglieder, Keile, Muttern und Keilträger geschmiert. Die Qualität dieses Schutzes ist derjenigen einer Heißverfüllung nicht gleichzusetzen. Eine andere Variante der Praxis besteht darin, die Paste heiß in die noch nicht aufgesetzten Kappen zu gießen, die Erhärtung abzuwarten und die gefüllten Kappen dann aufzuschrauben. Auch bei dieser Methode findet eine vollständige Benetzung aller Metallteile nicht statt. Wünschenswert ist bei manchen Kappentypen auch eine Öffnung, die es verhindert, dass unter der Kappe bei Erhitzung ein Überdruck auftritt, der dazu führt, dass Korrosionsschutzpaste an der Dichtung vorbeigequetscht wird.

Daueranker sollten nach ihrem Einbau nicht völlig sich selbst überlassen werden. Eine Kontrolle der Ankerkräfte ist in aller Regel nicht erforderlich; wenn Kraftmeßdosen eingebaut wurden, wird man die Meßwerte sicher über einen begrenzten Zeitraum ablesen und registrieren. In größeren Zeitabständen vorgenommene Kontrollen des Zustandes der Abdeckungen und ggfs. werterhaltende Maßnahmen wie Erneuerungen des Korrosionsschutzanstriches sollten bereits von Anfang an bei Verankerungen eingeplant werden. Der beste und dauerhafteste Schutz für die Ankerköpfe dürfte es sein, sie nach Ablauf einer gewissen Beobachtungszeit (2-3 Jahre) sorgfältig mit Zementmörtel zu umhüllen. Damit wäre auch ein Wartungsaufwand überflüssig.

Die Auswertung der Erfahrungen aus der Praxis von mehr als zwei Jahrzehnten Eignungsprüfungstätigkeit zeigt, dass Ankerversagen immer durch Fehler beim Einbau bedingt war. Deshalb sollte auf den Baustellen eine Überwachung des Einbaus insbesondere dann erfolgen, wenn der Korrosionsschutz an Koppelstellen und im Kopfbereich aufgebracht wird. Die elektrische Prüfung des Korrosionsschutzes durch Widerstandsmessungen am eingebauten Anker vor der Abnahme könnte dazu beitragen, die Qualität von Verankerungsarbeiten zu verbessern.

Cottbus, den 23.12.2002

*i. V. Lohmann*

Dipl.-Ing. (FH) E. Joppa  
(Bearbeiter)

*Lör*

Dipl.-Ing. (FH) R. Lör  
(Bearbeiter)

*Wichter*

Prof. Dr.-Ing. L. Wichter