



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Strassen ASTRA

RICHTLINIE
BODEN- UND FELSANKER

Ausgabe 2022 V3.13
ASTRA 12005

Impressum

Autoren

Jeanneret Alain	ASTRA N-SSI, Vorsitz
Schuler Willy	ASTRA N-SSI
Matt Peter	Beratender Ingenieur
von Matt Ueli	Ingenieurbüro, Erarbeitung

Untergruppe Erdbeben

Wenk Thomas	Ingenieurbüro
Laue Jan	ETHZ, IGT
von Matt Ueli	Ingenieurbüro, Erarbeitung

Originalsprache Deutsch

Herausgeber

Bundesamt für Strassen ASTRA
Abteilung Strassennetze N
Standards und Sicherheit der Infrastruktur SSI
3003 Bern

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von www.astra.admin.ch heruntergeladen werden.

© ASTRA 2022

Abdruck - ausser für kommerzielle Nutzung - unter Angabe der Quelle gestattet.

Vorwort

Die vorliegende Revision der ASTRA-Richtlinie "*Boden- und Felsanker*" Ausgabe 1999 erfolgte aus formellen und aus inhaltlichen Gründen.

Die Gültigkeit der Richtlinie 1999 war bis 31. Dezember 2004 beschränkt. Mit Schreiben an die Kantone vom 12. Juli 2005 wurde ihre Gültigkeit bis 31. Dezember 2006 verlängert. Die revidierte Richtlinie musste an die neuen Normen des SIA (Swisscodes und Swissconditions) angepasst werden. Diese Anpassung erforderte aus mehreren Gründen zusätzliche Bestimmungen: Die Norm SIA 267:2013 "*Geotechnik*" ist knapper gefasst als die Empfehlung SIA V191:1995 "*Vorgespannte Boden- und Felsanker*". Hauptaugenmerk der Norm SIA 267:2013 ist die Sicherheit bei der Tragwerksbemessung. Die wichtigen Themen Überwachung und Erhaltung sind darin eher allgemein behandelt. Ergänzungen hinsichtlich besserer Überwachungsmöglichkeiten und geringerer Überwachungs- und Unterhaltskosten drängten sich aus Sicht des ASTRA auf. Die Swissconditions SIA 118/267:2004 weisen aus Bauherrensicht wesentliche Lücken bezüglich der Mängelhaftung auf. Die revidierte Richtlinie schliesst diese Lücken.

In letzter Zeit werden vermehrt ungespannte Anker für die permanente Sicherung von Bauwerken eingesetzt. Dabei werden in der Praxis bei Bauherrenvertretern und Projektierenden oft Unklarheiten über die Wirkungsweise von ungespannten Ankern und die Unterschiede zu vorgespannten Ankern festgestellt. Die revidierte Richtlinie wurde deshalb mit Bestimmungen zu ungespannten Ankern ergänzt.

Eine durch einen Kanton veranlasste und vom ASTRA unterstützte Untersuchung der Erdbebeneinwirkung auf verankerte Bauwerke zeigte auf, dass diesbezüglich ein Ergänzungsbedarf zur Norm SIA 267:2013 besteht. Die revidierte Richtlinie enthält deshalb Hinweise und Präzisierungen zur Erdbebenbemessung von verankerten Bauwerken, die von einer separaten Arbeitsgruppe erarbeitet worden sind.

Zur Sensibilisierung der Projektverantwortlichen wird überdies auf das besonders auch für Stützbauwerke wichtige Phänomen der Alkali-Aggregat-Reaktion des Betons (AAR) hingewiesen. Dazu laufen noch Forschungsprojekte, über deren Ergebnisse das ASTRA zu gegebener Zeit informieren wird.

Die aktualisierte und erweiterte Richtlinie "*Boden- und Felsanker*, Ausgabe 2022" wird verankerte Bauwerke ohne nennenswerte Mehrkosten noch zuverlässiger und dauerhafter machen.

Bundesamt für Strassen

Jürg Röthlisberger
Direktor

Inhaltsverzeichnis

Impressum	2
Vorwort	3
0	Einleitung
0.1	Inhaltliche Gliederung der Richtlinie
0.2	Inkrafttreten und Änderungen
1	TEIL 1 Einsatz von vorgespannten Ankern
1.1	Geltungsbereich und Zielsetzung
1.2	Grundsatz.....
1.3	Technische Voraussetzungen.....
1.4	Präzisierungen und Ergänzungen zur Norm SIA 267 [9] Ziffer 10
1.4.1	Konstruktion und Korrosionsschutz
1.4.2	Ausführung
1.4.3	Anker mit umfassendem Korrosionsschutz.....
1.4.4	Beschränkter Korrosionsschutz (Anker mit Nutzungsdauer kürzer als 2 Jahre)
1.4.5	Überwachung
1.4.6	Mängelhaftung.....
2	TEIL 2 Einsatz von ungespannten Ankern
2.1	Geltungsbereich und Zielsetzung
2.2	Grundsatz.....
2.3	Technische Voraussetzungen.....
2.4	Präzisierungen und Ergänzungen zur Norm SIA 267 [9].....
2.4.1	Verankerungskonzept und Bemessung
2.4.2	Korrosionsschutz.....
2.4.3	Ausführung und Prüfungen
2.4.4	Überwachung
2.4.5	Mängelhaftung.....
3	TEIL 3 Erhaltung von verankerten Bauwerken
3.1	Geltungsbereich und Zielsetzung
3.2	Grundsatz.....
3.3	Ankerspezifische Ergänzungen.....
3.3.1	Allgemeines
3.3.2	Mit vorgespannten Ankern gesicherte Bauwerke
3.3.3	Mit ungespannten Ankern gesicherte Bauwerke
4	TEIL 4 Besondere Aspekte bei verankerten Bauwerken
4.1	Verankerte Bauwerke unter Erdbebeneinwirkung
4.1.1	Geltungsbereich und Zielsetzung
4.1.2	Grundsätze
4.1.3	Erdbebennachweis von neuen verankerten Bauwerken
4.1.4	Erdbebennachweis von bestehenden verankerten Bauwerken.....
4.2	Alkali-Aggregat-Reaktion des Betons (AAR)
	Anhänge
	Literaturverzeichnis
	Auflistung der Änderungen

0 Einleitung

0.1 Inhaltliche Gliederung der Richtlinie

TEIL 1 Einsatz von vorgespannten Ankern

behandelt den Einsatz von vorgespannten Ankern bei neuen Bauwerken oder bei der Verstärkung von bestehenden Bauwerken. Er entspricht dem Teil I der Richtlinie 1999, ist an die neuen Normen angepasst und etwas ergänzt worden.

TEIL 2 Einsatz von ungespannten Ankern

behandelt den Einsatz von ungespannten Ankern bei neuen Bauwerken oder bei der Verstärkung von bestehenden Bauwerken. Er ist neu in die Ankerrichtlinie aufgenommen worden. Weil in der Praxis oft Unklarheiten über die Wirkungsweise und die Unterschiede von ungespannten Ankern zu vorgespannten Ankern festgestellt werden, sind im Anhang I Erläuterungen zu den Bestimmungen in TEIL 2 Einsatz von ungespannten Ankern angegeben.

TEIL 3 Erhaltung von verankerten Bauwerken

behandelt die Erhaltung von mit vorgespannten oder ungespannten Ankern gesicherten Bauwerken, die gemäss den neueren Normen und Richtlinien (ab 1995) erstellt bzw. instand gesetzt worden sind. Die Erhaltung von älteren verankerten Bauwerken, die im Teil II der Richtlinie 1999 ausführlich geregelt war, ist nun im Anhang II geregelt. Dies, weil noch nicht alle älteren verankerten Bauwerke gemäss der Richtlinie 1999 überprüft und instandgesetzt worden sind. Der Anhang II ist eine gekürzte und leicht überarbeitete Version von Teil II der Richtlinie 1999.

TEIL 4 Besondere Aspekte bei verankerten Bauwerken

behandelt besondere Aspekte bei verankerten Bauwerken, nämlich die Erdbebeneinwirkung und die Alkali-Aggregat-Reaktion des Betons (AAR). Beim Erdbeben besteht Ergänzungsbedarf zur Norm SIA 267 [9]. Das Phänomen AAR ist noch wenig bekannt und noch in keiner Norm geregelt.

ANHÄNGE

Drei Anhänge ergänzen die Richtlinie. Diese sind wie folgt:

- Anhang I: Erläuterungen zu den Bestimmungen in Teil 2 Einsatz von ungespannten Ankern
- Anhang II: Erhaltung von älteren verankerten Bauwerken
- Anhang III: Erhaltung von verankerten Bauwerken, Vorgehensweise.

0.2 Inkrafttreten und Änderungen

Die vorliegende Richtlinie tritt am 01.08.2007 in Kraft. Die "Auflistung der Änderungen" ist auf Seite 43 zu finden.

1 TEIL 1 Einsatz von vorgespannten Ankern

1.1 Geltungsbereich und Zielsetzung

Der Teil 1 der vorliegenden Richtlinie ist für alle vom Bund mitfinanzierten verankerten Bauwerke für Strassen verbindlich. Er soll dazu beitragen, dass alle zuständigen Bauherren die Anwendung von vorgespannten Ankern nach gleichen Kriterien handhaben.

1.2 Grundsatz

Vorgespannte Anker kommen dort zur Anwendung, wo ihr Einsatz Vorteile gegenüber anderen technischen Lösungen mit sich bringt.

Um die verschiedenen technischen Lösungen beurteilen zu können, ist ein Variantenvergleich durchzuführen. Als Grundlagen sind die Nutzungsvereinbarung und die Projektbasis sowie ein Überwachungs- und Unterhaltskonzept zu erstellen. In der Regel ist für verankerte Bauwerke eine Nutzungsdauer von 100 Jahren anzunehmen.

Das Ergebnis des Variantenvergleichs ist in einem technischen Bericht darzustellen. Der Bauherr und das ASTRA entscheiden auf dieser Grundlage gemeinsam, welche Variante zur Ausführung weiter bearbeitet wird.

1.3 Technische Voraussetzungen

Projektierung, Ausführung, Prüfung und Erhaltung von vorgespannten Ankern haben auf der Grundlage der Norm SIA 267 [9] Ziffer 10 zu erfolgen.

Verankerte Bauwerke sind gemäss den Normen SIA 260 [5], SIA 261 [6], SIA 262 [7], SIA 263 [8] und SIA 267 [9] zu bemessen.

Es dürfen nur Ankersysteme zum Einsatz kommen, deren Eignung durch eine Schweizerische Technische Zulassung (STA)¹⁾ und eine Konformitätsbewertung nachgewiesen ist. Die Ankerlieferanten und die Bohrunternehmer müssen über ein zertifiziertes QM-System nach ISO 9001 (2015) verfügen.

1.4 Präzisierungen und Ergänzungen zur Norm SIA 267 [9] Ziffer 10

In Klammern sind die entsprechenden Ziffern der Norm SIA 267 [9] angegeben.

1.4.1 Konstruktion und Korrosionsschutz

Anker, bei denen Kraftverluste bis unter die minimal erforderliche Ankerkraft zu befürchten sind, müssen nachspannbar ausgebildet sein (10.5.1.2).

Anker in Rutschgebieten oder im quellenden Fels müssen um mindestens 100 mm entspannbar sein (10.5.1.2).

Vorgespannte Anker mit einer Nutzungsdauer von mehr als 2 Jahren müssen einen umfassenden Korrosionsschutz aufweisen.

1.4.2 Ausführung

Jeder Anker ist für eine mehrfache Nachinjektion auszurüsten. (10.6.4.4)

Die Wartezeit zwischen letzter Injektion und Ankerversuch hat der entsprechenden Zeitspanne für die Prüfung der Bauwerksanker (Spannproben) Rechnung zu tragen. Sie be-

¹⁾ STA = Swiss Technical Approval

trägt in der Regel mindestens 7 Tage, in tonigem Baugrund mindestens 10 Tage. Im Bauprogramm ist genügend Zeit für die Erstellung der Versuchsanker inkl. Widerlager und für die Durchführung und Auswertung der Ankerversuche einzuplanen (10.7.2).

Bei jedem Anker ist die tatsächliche Festsetzkraft durch Abheben des Ankerkopfes nach dem Festsetzen zu ermitteln. Dies gilt auch für Messanker (Kontrolle der Messdose) (10.6.4.6).

Muss ein Anker mit Keilverankerung in der Bauphase nochmals entspannt werden, beispielsweise zur Verbesserung des Korrosionsschutzes hinter der Verankerung, darf das Stahlzugglied beim Wiederspannen nicht an der gleichen Stelle verkeilt werden. Eine zweite Verkeilung ist nur zulässig, wenn der zweite Keilbiss mindestens 15 mm erdseitig des ersten beginnt oder vollständig luftseitig des ersten liegt.

1.4.3 Anker mit umfassendem Korrosionsschutz

Bei allen umfassend korrosionsgeschützten Ankern ist die elektrische Widerstandsmessung I in folgenden Bauphasen durchzuführen und mit den Messwerten zu protokollieren (10.7.4.1).

- A nach der Primärinjektion
- B nach jeder Nachinjektion
- C vor der Spannprobe
- D nach der Spannprobe, Anker entspannt
- E nach dem Spannen auf P_0
- F nach dem Spannen auf P_0 , Ankerkopf ausinjiziert
- G (bei Messankern) nach dem Anschluss der Messkabel an den Messkasten

Die Messung F wird gemeinsam mit der Bauleitung ausgeführt (Abnahme).

Anmerkung: Bei auffälligen Abweichungen von den vorgängigen Messungen wird empfohlen, die Messung F bei günstigen Witterungsbedingungen zu wiederholen. Bei korrekter Durchführung der Messung gilt das bessere Ergebnis.

Anker, deren Köpfe einbetoniert werden, müssen so ausgebildet sein, dass im Ausnahmefall (Entfernen des Nischenbetons) die vorhandene Ankerkraft durch Abheben mit der Spannpresse ermittelt werden kann (Kontrollankerkopf oder ausreichender Zuggliedüberstand). Es versteht sich, dass auch einbetonierte Ankerköpfe vom Tragwerk elektrisch isoliert sein müssen.

Werden die Ankerköpfe einbetoniert, ist eine Betonüberdeckung von mindestens 40 mm, eine hohe Dichtigkeit, ein minimales Schwindmass und eine einwandfreie Haftung des Nischenbetons auf dem Beton des Tragwerks sicherzustellen.

1.4.4 Beschränkter Korrosionsschutz (Anker mit Nutzungsdauer kürzer als 2 Jahre)

Im Bereich der Verankerungslänge muss das Stahlzugglied von mindestens 20 mm Zementstein umhüllt sein. Diese Anforderung ist mit Distanzhaltern sicherzustellen. (10.6.3.3)

Auf der freien Ankerlänge ist das Stahlzugglied durch ein Hüllrohr aus Kunststoff, das mit einer dauerplastischen Korrosionsschutzmasse verfüllt ist, bis unmittelbar hinter den Ankerkopf zu schützen. (10.6.3.3)

Im Bereich des Ankerkopfes sind Stahlzugglied, Verankerungsteile und Ankerplatte durch Beschichtung mit einer gut haftenden, wasserabweisenden und temperaturbeständigen Korrosionsschutzmasse zu schützen (10.6.3.3)

1.4.5 Überwachung

Alle verankerten Bauwerke sind mit Messankern auszurüsten. Die minimale Anzahl der Messanker beträgt 5% aller Anker. Von den in Ziffer 10.7.5.4 minimal pro Bauteil geforderten drei Kontroll- oder Messankern sind zwei als Messanker auszubilden.

Bei jedem verankerten Bauwerk sind Einrichtungen zur Überwachung der Bauwerksdeformationen anzuordnen, die aussagekräftige Informationen über das Bauwerksverhalten liefern (10.7.5.1).

1.4.6 Mängelhaftung

Im Werkvertrag ist die Verantwortlichkeit für Qualitätsmängel der ausgeführten Anker zu regeln.

Ankertragfähigkeit

Die pro Untergrundbereich erreichbare Tragfähigkeit bzw. die zulässige Festsetzkraft ist auf der Basis von repräsentativen Ankerversuchen zu vereinbaren (10.7.2). Für Anker mit ungenügender Tragfähigkeit ist die Ermittlung des Minderwerts festzulegen. Sind zur Gewährleistung der normgemässen Tragsicherheit Zusatzanker erforderlich, ist deren Vergütung zu regeln.

Korrosionsschutz

Die Anzahl Anker, die den Grenzwert $R_1 = 0.1 M\Omega$ bei der Abnahme unterschreiten dürfen, ist zu definieren (10.7.4.2). Wird die zulässige Ausfallquote überschritten, sind auf Kosten des Unternehmers Ersatzanker auszuführen. Die Lage der Ersatzanker wird, abgestimmt auf die langfristige Tragsicherheit des Bauwerks, durch Vertreter des Bauherrn festgelegt.

2 TEIL 2 Einsatz von ungespannten Ankern

2.1 Geltungsbereich und Zielsetzung

Der Teil 2 der vorliegenden Richtlinie ist für alle vom Bund mitfinanzierten verankerten Bauwerke für Strassen verbindlich. Er soll dazu beitragen, dass alle zuständigen Bauherren die Anwendung von ungespannten Ankern nach gleichen Kriterien handhaben.

2.2 Grundsatz

Ungespannte Anker sind hinsichtlich ihrer Wirkung, Prüfung und Überwachbarkeit nicht gleichwertig wie vorgespannte Anker. Ungespannte Anker kommen nur dort zur Anwendung, wo ihr Einsatz Vorteile gegenüber vorgespannten Ankern und anderen technischen Lösungen mit sich bringt (Anhang I).

Um die verschiedenen technischen Lösungen beurteilen zu können, ist ein Variantenvergleich durchzuführen. Als Grundlagen sind die Nutzungsvereinbarung und die Projektbasis sowie ein Überwachungs- und Unterhaltskonzept zu erstellen. In der Regel ist für verankerte Bauwerke eine Nutzungsdauer von 100 Jahren anzunehmen.

Das Ergebnis des Variantenvergleichs ist in einem technischen Bericht darzustellen. Darin sind insbesondere die Vorteile gegenüber einer Lösung mit vorgespannten Ankern ausreichend zu begründen. Der Bauherr und das ASTRA entscheiden auf dieser Grundlage gemeinsam, welche Variante zur Ausführung weiterbearbeitet wird.

2.3 Technische Voraussetzungen

Projektierung, Ausführung, Prüfung und Erhaltung von ungespannten Ankern mit Vollverbund haben auf der Grundlage der Norm SIA 267 [9] Ziffer 11 zu erfolgen.

Verankerte Bauwerke sind gemäss den Normen SIA 260 [5], SIA 261 [6], SIA 262 [7], SIA 263 [8] und SIA 267 [9] zu bemessen.

Es dürfen nur Ankersysteme zum Einsatz kommen, die den Anforderungen der Norm SIA 267 [9] Ziffer 11 entsprechen und umfassend dokumentiert sind (11.6.1.2). Die Ankerlieferanten und die Bohrunternehmer müssen über ein zertifiziertes QM-System nach ISO 9001 (2015) verfügen.

Für permanente Anwendungen sind grundsätzlich nur Anker aus Stahl zulässig. Permanente Verankerungen mit Ankern aus Faserverbundwerkstoffen z.B. GFK oder aus anderen Materialien erfordern spezielle Nachweise hinsichtlich der Dauerhaftigkeit und eine Genehmigung des ASTRA.

Anker aus normalen Betonstählen ($f_{sk} < 750 \text{ N/mm}^2$) dürfen nicht mit einer freien Ankerlänge ausgebildet und als vorgespannte Anker eingesetzt werden. Für vorgespannte Anker gilt ausschliesslich Ziffer 10 der Norm SIA 267 [9] mit den dort formulierten Anforderungen an die Zugglieder, den Korrosionsschutz und die Prüfung.

Sollen permanente ungespannte Anker mit Vollverbund zur Reduktion von Deformationen im Kopfbereich mit einer Kraft angespannt werden, darf diese Anspannkraft höchstens 0,2 F_{sk} betragen.

2.4 Präzisierungen und Ergänzungen zur Norm SIA 267 [9]

In Klammern sind die entsprechenden Ziffern der Erläuterungen im Anhang I bzw. der Norm SIA 267 [9], angegeben.

2.4.1 Verankerungskonzept und Bemessung

Bei der Wahl des Verankerungskonzeptes ist der unterschiedlichen Wirkung von ungespannten Ankern gegenüber vorgespannten Ankern Rechnung zu tragen (Anhang I.1).

Werden vorgespannte und ungespannte Anker im gleichen Bauwerk eingesetzt, ist bei den Nachweisen der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit die unterschiedliche Wirkung der beiden Ankertypen zu berücksichtigen (Anhang I.2).

Zur Stabilisierung von aktiven Rutschungen sind ungespannte Anker grundsätzlich nicht geeignet (Anhang I.3).

Die erforderliche Länge von ungespannten Ankern ist mit dem Baugrundmodell mit dem höchst möglichen (Hang-)Wasserspiegel zu ermitteln. Bei Verankerungen in Hanglagen und von Geländeanschnitten ist grundsätzlich immer ein gewisser Wasser- bzw. Strömungsdruck zu berücksichtigen (Anhang I.4).

Der Wirkung von wechselnden Belastungen auf die langfristige Ankertragfähigkeit ist Rechnung zu tragen (Anhang I.5).

Bei Verankerungen im Unterfangungsverfahren ("Nagelwände") sind alle kritischen Bauzustände zu untersuchen (Anhang I.6).

2.4.2 Korrosionsschutz

Für permanente Anker aus unlegierten Stählen ist im Lockergestein und im klüftigen Fels mindestens Schutzstufe 2 anzuwenden (11.6.3). In Bereichen mit Tausalzeintrag, zum Beispiel talseitig einer Strasse, empfiehlt sich sogar Schutzstufe 3. Nur beim Einsatz von nicht-rostenden Cr-Ni-Mo-Stählen, z.B. Werkstoffe 1.4462 oder 1.4429, genügt in diesen Fällen Schutzstufe 1, wobei dort, wo sich Schutzstufe 3 empfiehlt, eine Mörtelumhüllung von 40 mm zu gewährleisten ist.

Die verlangte Diffusionsdichtigkeit der Kunststoffumhüllung gemäss Ziffer 11.6.3.4 gilt auch im Bereich von Ankerkupplungen sowie für alle Hüllrohrkupplungen. Die Dichtigkeit der Kunststoffumhüllung ist bei im Werk vorinjizierten Ankern vom Hersteller auf Verlangen durch elektrische Widerstandsmessungen nachzuweisen. Die Prüfung erfolgt mit der Widerstandsmessung I gemäss Norm SIA 267 [9] Ziffer 10.7.4. Der Grenzwert beträgt $R_i \geq 0.1 \text{ M}\Omega$.

Die Kunststoffumhüllung muss mindestens 100 mm in den Tragwerksbeton hineinreichen. Durch konstruktive Massnahmen ist zu verhindern, dass die Ankerköpfe die Tragwerksbewehrung berühren (kein metallischer Kontakt) (Anhang I.7).

2.4.3 Ausführung und Prüfungen

Im Werk vorinjizierte Anker sind so sorgfältig zu transportieren, zu lagern und einzubauen, dass ihre Kunststoffumhüllung nicht beschädigt wird.

Für permanente Anker im Lockergestein und im nicht standfesten Fels sind verrohrte Bohrungen erforderlich. Die Primärinjektion ist vor und während dem Rückzug der Verrohrung auszuführen. Die Injektion muss mit einem Injektionsrohr "von unten nach oben" erfolgen. Bei Ankern im Lockergestein kann die Injektion auch direkt mit Druck über die Verrohrung erfolgen.

Bei permanenten Verankerungen sind mindestens drei Ausziehversuche pro Untergrundbereich mit vergleichbaren geotechnischen Eigenschaften durchzuführen (11.7.2.7).

Bei permanenten Verankerungen sind mindestens an 10% aller Anker Zugproben zur Überprüfung der Ausführungsqualität durchzuführen (11.7.5.3).

Bei permanenten Verankerungen sind mindestens an 10% aller Anker der Schutzstufen 2 und 3 elektrische Widerstandsmessungen am eingebauten Anker durchzuführen. Bei Ankern mit auf der Baustelle hergestellten Kupplungen sind diese Messungen an mindestens

20% der Anker durchzuführen. Nach dem Ankereinbau muss der Widerstand $R_I \geq 0.1 \text{ M}\Omega$ betragen. Unmittelbar vor dem Einbetonieren des Ankerkopfes (Tragwerksbewehrung verlegt) muss $R_{II} \geq 100 \Omega$ sein. (Definition R_I und R_{II} gemäss Ziffer 10.7.4).

2.4.4 Überwachung

Bei jedem verankerten Bauwerk sind Einrichtungen zur Überwachung der Deformationen anzuordnen, die aussagekräftige Informationen über das Verhalten von Tragwerk und Baugrund liefern (11.7.7).

2.4.5 Mängelhaftung

Im Werkvertrag ist die Verantwortlichkeit für Qualitätsmängel der ausgeführten Anker zu regeln. Insbesondere ist festzulegen, wie viele der geprüften Anker die in Abschnitt 2.4.3 beschriebenen Anforderungen an den Korrosionsschutz verletzen dürfen. Wird die zulässige Ausfallquote überschritten, sind auf Kosten des Unternehmers zusätzliche Messungen und Ersatzmassnahmen auszuführen.

3 TEIL 3 Erhaltung von verankerten Bauwerken

3.1 Geltungsbereich und Zielsetzung

Der Teil 3 der vorliegenden Richtlinie gilt für verankerte Bauwerke, die auf der Grundlage der Empfehlung SIA V 191 [11], der Vornorm SIA 191/1:2001 oder der Norm SIA 267 [9] bemessen und ausgeführt worden sind. Der Teil 3 gilt ebenfalls für ältere verankerte Bauwerke, die gemäss der Richtlinie ASTRA 12005 "Boden- und Felsanker" Ausgabe (1999) [3] überprüft und instand gesetzt worden sind. Der Teil 3 soll dazu beitragen, dass alle verankerten Bauwerke der Nationalstrassen nach gleichen Kriterien überwacht und unterhalten werden.

Hinweis: Die Erhaltung von älteren verankerten Bauwerken, die noch nicht gemäss der Richtlinie ASTRA 12005, (1999) [3] überprüft worden sind, ist in Anhang II geregelt.

3.2 Grundsatz

Für die Erhaltung von verankerten Bauwerken ist die Richtlinie ASTRA 12002 "Überwachung und Unterhalt der Kunstbauten der Nationalstrassen" [1] anzuwenden.

Wesentliche Grundlage für die Erhaltung von verankerten Bauwerken sind im Sinne dieser Richtlinie die Hauptinspektionen im 5-Jahresrhythmus, die Zwischeninspektionen sowie die Sonderinspektionen nach besonderen Ereignissen.

3.3 Ankerspezifische Ergänzungen

3.3.1 Allgemeines

Die zeitliche Entwicklung der Ankerkräfte und der Bauwerksdeformationen und -verschiebungen sind das zentrale Element zur Beurteilung des Verhaltens von verankerten Bauwerken. Neben dem Vergleich der Messwerte mit den im Überwachungsplan festgelegten Melde- und Alarmwerten, sind die Messwerte grundsätzlich immer grafisch auf der Zeitachse darzustellen. Sobald sich daraus ein Trend abzeichnet, sind die Ursachen dafür zu ergründen und die möglichen Konsequenzen für das Bauwerk abzuschätzen (Prognose).

Bei Hauptinspektionen ist auch die Funktionstüchtigkeit der Überwachungseinrichtungen zu überprüfen.

3.3.2 Mit vorgespannten Ankern gesicherte Bauwerke

Um Veränderungen über die Zeit rechtzeitig zu erkennen, sind die Ankerkräfte der Messanker mindestens jährlich zu messen.

Bei auffälligen Kraftänderungen ist die Funktionstüchtigkeit des Messgerätes (Batterien usw.) und der Kraftmessdosen durch Abheben des Ankerkopfes zu überprüfen, bevor andere Massnahmen getroffen werden.

Bei Hauptinspektionen ist bei allen inspizierten Ankerköpfen mit umfassendem Korrosionsschutz auch der elektrische Widerstand R_i zu messen. Dabei sind neben den Messwerten auch die Witterungsverhältnisse und die Temperatur zu protokollieren.

Wenn bei einzelnen Ankern der elektrische Widerstand unter den Grenzwert $R_i = 0,1 \text{ M}\Omega$ abfällt, besteht noch kein Ersatzbedarf. Zunächst ist durch zusätzliche Messungen abzuklären, ob R_i dauernd unter dem Grenzwert liegt (Wiederholung der Messung bei anderen klimatischen Bedingungen, Inspektion und Messung direkt am Ankerkopf). Liegt R_i dauernd unter dem Grenzwert, sind diese Anker bei der weiteren Überwachung besonders zu beachten, zum Beispiel Inspektion des Ankerkopfes bei jeder Hauptinspektion. Wenn R_i bei zahlreichen Ankern dauerhaft unter den Grenzwert abfällt, sind zur Abklärung der Ursache und zur Beurteilung der Konsequenzen Spezialisten beizuziehen.

Bei Hauptinspektionen ist ein allfälliger Unterhaltsbedarf im Bereich der Ankerköpfe zu beurteilen (Ankerkopfschutz, Schutzhauben, Dichtungen, Befestigungen, Entwässerung von Messankerschächten, Pflanzenbewuchs usw.). Überdies sind auffällige Veränderungen wie Wasseraustritte oder Rissbildungen zu protokollieren.

3.3.3 Mit ungespannten Ankern gesicherte Bauwerke

Da bei ungespannten Ankern mit Vollverbund die Ankerkräfte nicht überwachbar sind, sind die Bauwerksdeformationen und -verschiebungen mindestens einmal auch zwischen den Hauptinspektionen zu messen. Eine Abweichung von dieser Regel ist im Überwachungsplan zu begründen.

Mit ungespannten Ankern gesicherte Bauwerke sind bei jeder Inspektion auf Zustandsveränderungen wie Rissbildungen, Wasseraustritte, Versinterungen von Entwässerungen, örtliche Verformungen usw. zu untersuchen.

4 TEIL 4 Besondere Aspekte bei verankerten Bauwerken

4.1 Verankerte Bauwerke unter Erdbebeneinwirkung

4.1.1 Geltungsbereich und Zielsetzung

Der vorliegende Abschnitt ist für alle vom Bund mitfinanzierten verankerten Bauwerke für Strassen verbindlich. Er soll dazu beitragen, dass alle zuständigen Bauherrschaften den Nachweis der Erdbebensicherheit von verankerten Bauwerken nach gleichen Kriterien erbringen.

4.1.2 Grundsätze

Im Sinne der Norm SIA 261 [6] Ziffer 16.1.5 und als Präzisierung zur Norm SIA 267 [9] Ziffer 7.2.2 ist für jedes verankerte Bauwerk die Tragsicherheit unter Erdbebeneinwirkung nachzuweisen.

Anmerkung: Der Erdbebennachweis für die gemäss Norm SIA 267 [9] Ziffer 7.2.3 nicht zu untersuchenden Fälle, BWK I und II in Zone 1 und BWK I in Zone 2, wird zwar im Grenzzustand Typ 2 in der Regel nicht massgebend, weil die Erdbebeneinwirkung durch die auf 1,0 reduzierten Lastbeiwerte kompensiert wird. Im Grenzzustand Typ 3 ist dies jedoch nicht der Fall.

Beim Nachweis der Erdbebensicherheit ist zu unterscheiden zwischen der Bemessung von Neubauten und der Untersuchung von bestehenden Bauwerken.

Das im Abschnitt 4.1.3 beschriebene Vorgehen gilt für die Bemessung von neuen verankerten Bauwerken. Das Vorgehen enthält verschiedene Präzisierungen und Ergänzungen zur Norm SIA 267 [9] Ziffer 7.

Der Abschnitt 4.1.4 enthält ergänzende Hinweise zur Überprüfung bestehender Bauwerke.

4.1.3 Erdbebennachweis von neuen verankerten Bauwerken

Zum Nachweis von Grenzzustand Typ 2

Der erforderliche Bemessungswiderstand der Verankerung ist mit folgenden Annahmen zu ermitteln:

Einwirkungen

Andauernde Einwirkungen gemäss SIA 261 [6] et SIA 267 [9] auf Basis der charakteristischen Bodenkennwerte, geometrischen Kenngrössen und mittleren Wasserspiegel (Lastbeiwerte 1,0).

Erdbebeneinwirkung

Die Formel für die horizontale Ersatzkraft gemäss SIA 267 [9] Ziffer 7.5.2.1 wird um den von der Baugrundklasse abhängigen Parameter S erweitert:

$$A_{h,d} = \gamma_f \cdot \frac{a_{gd} \cdot S}{g \cdot q_a} \cdot G_K$$

γ_f , a_{gd} und S gemäss Norm SIA 261 [6] Ziffer 16
 $q_a = 1,0$ bis $2,0$ (abhängig von zulässiger Wandverschiebung, Präzisierung zu Tabelle 2 der Norm SIA 267 [9] siehe unten).

Die zulässige Wandverschiebung wird mit der Dehnung der Anker zwischen der vorhandenen Ankerkraft P und dem Tragwiderstand der Anker ermittelt. Für die Beziehung zwischen zulässiger Wandverschiebung s_{zul} und dem Wert q_a werden nicht die pauschalen Werte von Tabelle 2 der Norm SIA 267 [9], sondern die Formeln in EN 1998-5 [10] Tabelle 7.1 angewendet.

$$q_a = 1,0 \quad \text{für} \quad s_{zul} < 200 \cdot \frac{a_{gd}}{g} \cdot S \text{ (mm)}$$

$$q_a = 1,5 \quad \text{für} \quad 200 \cdot \frac{a_{gd}}{g} \cdot S \leq s_{zul} < 300 \cdot \frac{a_{gd}}{g} \cdot S \text{ (mm)}$$

$$q_a = 2,0 \quad \text{für} \quad s_{zul} \geq 300 \cdot \frac{a_{gd}}{g} \cdot S \text{ (mm)}$$

Die um die Erdbebeneinwirkung vergrösserten Erd- und Wasserdrücke bzw. die entsprechend verminderten Erdwiderstände (passiver Erddruck) können mit den Formeln von Mononobe-Okabe ermittelt werden (siehe EN 1998-5 Anhang E) [10].

Dabei werden folgende Annahmen getroffen:

- Die vertikale Beschleunigung wird nicht auf beiden Seiten je ungünstig wirkend angesetzt (nicht plausibel). Die vertikale Beschleunigung wird auf der aktiven Seite nach unten gerichtet angesetzt und auf der passiven Seite Null gesetzt. Alternativ wird sie auf der passiven Seite nach oben gerichtet angesetzt und auf der aktiven Seite Null gesetzt.
- Die dynamische Wirkung des Porenwasserdruckes wird gemäss EN 1998-5 [10] Ziffer 7.3.2.3 (8) und Anhang E.6 berücksichtigt (gültig für Böden mit einer Durchlässigkeit $k < 5 \cdot 10^{-4}$ m/s).
- Die Wirkungslinie der Zusatzdrücke (= Differenz zwischen erhöhten Drücken und statischen Drücken) wird auf $0,6 H$ angesetzt (H = Wandhöhe).

Widerstände

Bemessungswert des Erdwiderstands

gemäss SIA 267 [9] Ziffer 7.5.3.1 und 5.3.5.5 ($\gamma_M = 1,4$).

Bemessungswert des Ankerwiderstandes

Im Grenzzustand Typ 2 darf der Bemessungswert des Ankerwiderstandes $R_d = P_y = A_p \cdot f_p$ $0,1k$ gesetzt werden.

Hinweis: Die Berechnung wird zweckmässigerweise stufenweise durchgeführt. Zunächst mit $q_a = 1,0$ (unverschiebliche Wand) und G_K gemäss Norm SIA 267 [9] Ziffer 7.4.2. Wird dieser Nachweis nicht massgebend, ist keine weitere Untersuchung nötig (er liegt auf der sicheren Seite). Wenn der Nachweis massgebend wird, können aufgrund der zulässigen Wandverschiebung ein grösserer Wert für q_a angesetzt und die Erd- und Wasserdrücke mit den Formeln von Mononobe-Okabe ermittelt werden. Bei grossen Wandhöhen von über 10 m darf überdies gemäss EN 1998-5 [10] Anhang E.2 eine eindimensionale Freifeldberechnung für vertikal propagierende Wellen durchgeführt werden, zur Bildung eines Mittelwertes der horizontalen Bodenbeschleunigung.

Zum Nachweis von Grenzzustand Typ 3 Gesamtstabilität

Bodenkennwerte X_d gemäss SIA 267 [9] Ziffer 5.3.2 (Bemessungswerte)

Erdbebeneinwirkung

Die Formel für die horizontale Ersatzkraft für GZ Typ 2 wird um den Faktor q_h ergänzt:

$$A_{h,d} = \gamma_f \cdot \frac{a_{gd} \cdot S}{g \cdot q_a \cdot q_h} \cdot G_K$$

Darin berücksichtigt q_a die Verschieblichkeit der Stützwand wie für GZ Typ 2: $q_a = 1,0$ bis $2,0$.

q_h berücksichtigt den Umstand, dass die maximale Beschleunigung nicht gleichzeitig auf den ganzen Gleitkörper wirkt. q_h ist somit von der Mächtigkeit und Ausdehnung des Gleitkörpers abhängig. $q_h = 1,0$ bis $2,5$. Der Wert $1,0$ gilt für kleine Gleitkörper, die in etwa dem aktiven Keil (Erddruck) entsprechen. $q_h = 1,5$ gilt für übliche Gleitkreisberechnungen. $q_h = 2,0$ bis $2,5$ gilt für grössere Gleitkörper mit einer Mächtigkeit von über 10 m und/oder einer Ausdehnung von mehr als 30 m.

Erfordert ein Problem eine genauere Untersuchung, kann die massgebende Beschleunigung mit einer nicht-linearen dynamischen Berechnung des horizontalen und vertikalen Verlaufes der Beschleunigung im Gleitkörper ermittelt werden (Wellenphänomene).

Die vertikale Beschleunigung muss bei diesem Nachweis in der Regel nicht berücksichtigt werden, da sich ihre Auswirkung oft gesamthaft weitgehend kompensiert.

Bemessungswert des Ankerwiderstandes

Für Anker, die in der Bemessungssituation Erdbeben primär auf Zug beansprucht werden, darf $R_d = P_y$ gesetzt werden, wenn das verankerte Bauwerk die damit verbundene Verschiebung ausführen und ertragen kann und die Anker genügend lang und im stabilen Baugrund verankert sind. Bei Ankern, die in der Bemessungssituation Erdbeben nur teilweise zusätzlich gespannt werden (Ankerachse stark schief zur Verschiebungsrichtung) ist fallweise im Sinne von SIA 267 [9] Ziffer 10.5.2.2.3 ein angemessener Ankerkraftbeiwert γ_A festzulegen.

Anmerkung: Das beschriebene Vorgehen berücksichtigt den Umstand nicht, dass die Scherfestigkeit des Baugrundes bei hohen Belastungsgeschwindigkeiten in der Regel grösser ist als bei statischer Belastung, solange kein Aufbau von Porenwasserspannungen zu befürchten ist. Bei Böden, wie sie in Norm SIA 267 [9] Ziffer 7.3.3 beschrieben sind, trifft dies nicht zu. Sie erfordern spezielle Abklärungen.

4.1.4 Erdbebennachweis von bestehenden verankerten Bauwerken

Die Bodenbeschleunigung a_{gd} darf statt gemäss Norm SIA 261 [6] Ziffer 16.2.1.2 und Anhang F anhand der Isolinienkarte des Schweizerischen Erdbebendienstes SED (SED-ETHZ 9/02 SSL) festgelegt werden (siehe Dokumentation SIA D 0181 S.60 [12]).

Die massgebende Bodenbeschleunigung darf generell mit nicht-linearen dynamischen Analysen ermittelt werden.

Wenn die Überprüfung eines bestehenden Bauwerkes ohne Erdbebeneinwirkung keine Verstärkung des Bauwerks erfordert, kann eine Reduktion des infolge Erdbebeneinwirkung erforderlichen Bemessungswiderstandes der Verankerung um 20% akzeptiert werden (Erfüllungsfaktor 0,8). Wenn auch ohne Erdbebeneinwirkung eine Verstärkung nötig ist, ist die Verankerung auch zu 100% auf Erdbeben zu bemessen.

4.2 Alkali-Aggregat-Reaktion des Betons (AAR)

Verankerte Bauwerke wie beispielsweise Stützmauern sind oft beidseitig der Feuchtigkeit ausgesetzt (Baugrund und Witterung). Bei einigen dieser Bauwerke werden seit einigen Jahren Schäden durch AAR festgestellt.

In Bezug auf Grundlagen und Massnahmen bei neuen und bestehenden Bauten sei auf die Dokumentation ASTRA 82013 "Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR)" [2] verwiesen.

Anhänge

I	Erläuterungen zu den Bestimmungen in TEIL 2 Einsatz von ungespannten Ankern ...	21
I.1	Wesentliche Unterschiede zwischen ungespannten und vorgespannten Ankern	21
I.2	Kraftentwicklung und Bauwerksverschiebungen	21
I.3	Aktive Rutschungen	22
I.4	Auswirkung von Hangwasser	22
I.5	Wechselnde Einwirkungen	22
I.6	Bauzustände	22
I.7	Korrosionsschutz	22
II	Erhaltung von älteren verankerten Bauwerken	23
II.1	Allgemeiner Teil	23
II.1.1	Geltungsbereich	23
II.1.2	Zielsetzung	23
II.1.3	Grundsätze	23
II.1.4	Allgemeines Vorgehen	23
II.2	Detaillierte Angaben zum Vorgehen	27
II.2.1	Phase 1: Inventar und Bewertung der verankerten Bauwerke	27
II.2.2	Phase 2: Überprüfung und Instandsetzung der einzelnen Bauwerke	28
II.3	Massnahmenprojekt	34
II.4	Ausführung der Massnahmen und Erstellung der Bauwerksdokumente	34
III	Erhaltung von verankerten Bauwerken, Vorgehensweise	35
III.1	Beurteilungsschema für Stützbauwerke mit vorgespannten Ankern, Bauwerksbewertung (BWB)	37
III.2	Beurteilungsschema für Stützbauwerke mit vorgespannten Ankern, Handlungs- und Massnahmenempfehlungen	39

I Erläuterungen zu den Bestimmungen in TEIL 2 Einsatz von ungespannten Ankern

I.1 Wesentliche Unterschiede zwischen ungespannten und vorgespannten Ankern

Abb. I.1: Tabelle Vergleich ungespannte und vorgespannte Anker

	Ungespannte Anker	Vorgespannte Anker
Tragfähigkeit	wird für Bauwerksanker nicht nachgewiesen (Zugproben erlauben keine Aussage über die Tragfähigkeit) kann während der Nutzungsdauer nicht überprüft werden	wird für jeden Anker nachgewiesen kann auch während der Nutzungsdauer überprüft werden
Ankerkraft	entwickelt sich erst durch Bauwerksverschiebungen (passiv) ihre Grösse ist nicht bekannt und kann nicht gemessen werden	wirkt nach dem Festsetzen sofort vollständig (aktiv) kann bei Mess- und Kontrollankern während der Nutzungsdauer gemessen werden kann bei Bedarf reguliert werden (entspannen, nachspannen)
Bauwerksverschiebungen	sind nötig zur Entwicklung der Ankerkräfte setzen sich zusammen aus der Ankerdehnung und den Deformationen des gesamten Tragwerkes	werden je nach Fall aktiv reduziert oder weitgehend verhindert oder sind sogar gegen das Erdreich gerichtet
Überwachung	die einzelnen Anker sind nicht überwachbar die gesamte Verankerung ist nur durch Messung der Bauwerksdeformationen überwachbar	Mess- und Kontrollanker sind während der ganzen Nutzungsdauer direkt überwachbar (Kraft und Korrosionsschutz) Überwachung wird durch Messung der Bauwerksdeformationen ergänzt

Aus den aufgelisteten Unterschieden folgt die allgemeine Regel, dass ungespannte Anker dann eingesetzt werden können, wenn ein einzelner Anker keinen nennenswerten Beitrag zur Tragsicherheit des Bauwerks und einzelner Bauwerksteile liefert (≤ 3 bis 5%) und die systembedingten Bauwerksverschiebungen tolerierbar sind.

I.2 Kraftentwicklung und Bauwerksverschiebungen

Bei vorgespannten Ankern wirkt die Festsetzkraft P_0 sofort nach dem Festsetzen der Anker. Die Ankerkraft variiert anschliessend nur noch wenig, primär infolge von Bauwerksverschiebungen (Prinzip der Vorspannung). Ungespannte Anker mit Vollverbund benötigen zur Kraftentwicklung Verschiebungen zwischen Verankerungslänge und Ankerkopf. Je nach Baugrund und Ankerlänge können die dabei resultierenden Bauwerksverschiebungen signifikant sein. Bei gleichzeitigem Einsatz von vorgespannten und ungespannten Ankern ist das unterschiedliche Kraft-Verformungsverhalten der beiden Ankertypen zu berücksichtigen. Das heisst, bei den Nachweisen der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit ist die Kompatibilität der Verformungen und der Ankerkräfte bzw. -widerstände nachzuweisen.

I.3 Aktive Rutschungen

Ungespannte Anker mit Vollverbund entwickeln ihre Verbundfestigkeit parallel zum Abbinden des Injektionsgutes und der Konsolidierung der Bohrlochwandung. Spielen sich in dieser Zeit zwischen der Verankerungszone und dem verankerten Bauwerk nennenswerte Verschiebungen ab, kann die Verbundfestigkeit zwischen Anker und Baugrund dauerhaft beeinträchtigt oder gar weitgehend zerstört werden. Je nach Baugrund und Ankerlängen kann dieser Vorgang sogar ohne Montage des Ankerkopfes zum Verbundbruch in der Verankerungszone führen.

I.4 Auswirkung von Hangwasser

Bei gleichen geometrischen und geotechnischen Verhältnissen ist der kritische Gleitkörper beim Vorhandensein eines (Hang-)Wasserspiegels in der Regel grösser als im trockenen Baugrund. Weil bei ungespannten Ankern nur die hinter der Gleitfuge liegende Ankerlänge stabilisierend wirkt, können für trockenen Baugrund bemessene Anker beim Auftreten von Hangwasser zu kurz sein und damit wirkungslos werden.

I.5 Wechselnde Einwirkungen

Bei vorgespannten Ankern variiert die Ankerkraft nicht, solange die Vorspannkraft grösser ist als die äussere Einwirkung. Ungespannte Anker reagieren hingegen direkt auf äussere Einwirkungen. Analog zur Ziffer 9.5.3.5 der Norm SIA 267 [9] ist deshalb bei ungespannten Ankern der Wirkung von wechselnden Belastungen auf die langfristige Tragfähigkeit der Anker Rechnung zu tragen.

I.6 Bauzustände

Bei Nagelwänden, die nicht schachbrettartig etappiert erstellt werden, sind in der Regel die Bauzustände für die Bemessung der Anker massgebend. Bei der Festlegung des Bauablaufes ist darauf zu achten, dass die bereits erstellten Anker nicht zu früh beansprucht werden (Verlust der Tragfähigkeit, siehe I.3).

I.7 Korrosionsschutz

Wenn das Kunststoffhüllrohr eine Defektstelle aufweist und der Ankerkopf in elektrischem Kontakt mit der Bauwerksbewehrung steht, bildet sich ein sehr wirksames Makroelement mit der Bauwerksbewehrung als Kathode. Dies kann bei der Fehlstelle im Hüllrohr am Anker zu starkem lochfrassartigem Materialabtrag führen.

II Erhaltung von älteren verankerten Bauwerken

II.1 Allgemeiner Teil

II.1.1 Geltungsbereich

Der Anhang II gilt für verankerte Bauwerke, die nicht gemäss den nachfolgend aufgelisteten Normen, Richtlinien und Empfehlungen erstellt und noch nicht gemäss der ASTRA-Richtlinie "*Boden- und Felsanker*" Ausgabe 1999 überprüft und instand gesetzt worden sind:

Richtlinie ASTRA "*Permanente Boden- und Felsanker*" (1993) [4]

Empfehlung SIA V 191. "*Vorgespannte Boden- und Felsanker*" (1995) [11].

Richtlinie ASTRA "*Boden- und Felsanker*" (1999) [3].

Norm SIA 267 "*Geotechnik*" (2003) [9].

II.1.2 Zielsetzung

Ältere verankerte Bauwerke müssen eine ausreichende Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit im Sinne der Norm SIA 267 [9] aufweisen. Wo dies nicht der Fall ist, sind diese Anforderungen durch bauliche und/oder Überwachungsmassnahmen zu gewährleisten.

Bei der Wahl dieser Massnahmen ist der geforderten Restnutzungsdauer des Bauwerkes Rechnung zu tragen.

II.1.3 Grundsätze

Für jedes verankerte Bauwerk muss ein Überwachungs- und Unterhaltsplan bestehen, der ausreichende Informationen über den Zustand und die Funktionstüchtigkeit der Verankerung liefert.

Ist dies nicht der Fall, ist der Zustand der Anker zu beurteilen und der Überwachungs- und Unterhaltsplan auf der Basis einer Nutzungsvereinbarung und, falls bauliche Massnahmen getroffen werden, einer Projektbasis zu erstellen bzw. zu überarbeiten.

Sind mehrere verankerte Bauwerke zu bearbeiten, richtet sich die Reihenfolge der Bearbeitung nach dem Gefährdungspotential der einzelnen Bauwerke.

Angaben über den Zustand des verankerten Bauwerkes, über getroffene Massnahmen und über weiteren Handlungsbedarf sind in die KUBA-DB aufzunehmen.

II.1.4 Allgemeines Vorgehen

(siehe Ablaufschema Abb II.1 und II.2)

Phase 1: Inventar und Bewertung der älteren verankerten Bauwerke

1. Zusammenstellen und Sichten der vorhandenen Bauwerksdokumente aller älteren verankerten Bauwerke.
2. Bewertung der einzelnen Bauwerke aufgrund der Art eines möglichen Tragwerkversagens, des mutmasslichen Zustandes der Verankerung und deren Kontrollierbarkeit. Daraus ergibt sich die provisorische Bewertung der Bauwerke.
3. Einteilung der Bauwerke in Kategorien aufgrund ihrer provisorischen Bewertung und ihres Schadenpotentials. Aus dieser Einteilung ergibt sich ihr Gefährdungspotential.
4. Erfassen der Daten in KUBA-DB.

Anmerkung: Allenfalls kann sich aus dieser ersten Risikobeurteilung bei einzelnen Bauwerken die Notwendigkeit von Sofortmassnahmen wie Nutzungsbeschränkungen, Sicherungs- oder Überwachungsmassnahmen ergeben.

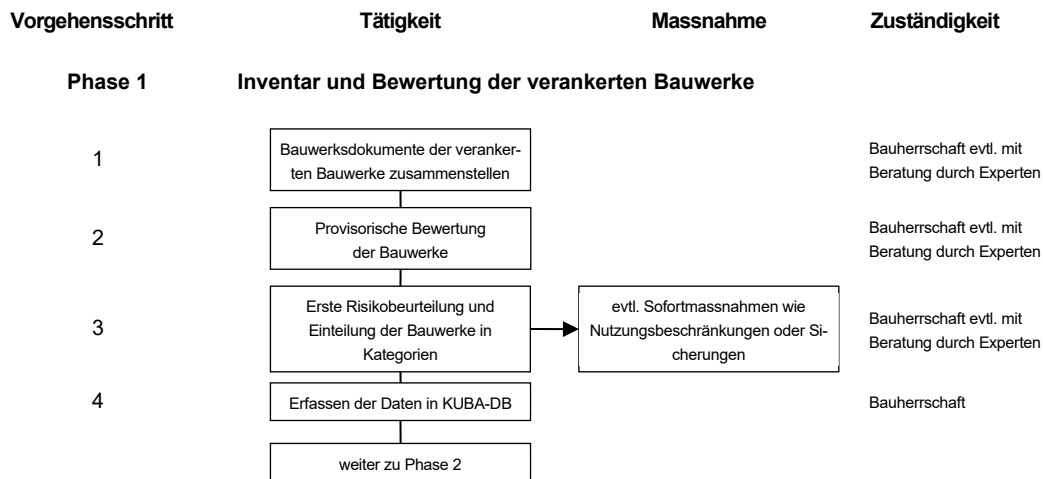


Abb. II.1: Erhaltung von älteren verankerten Bauwerken, Ablaufschema Phase 1.

Phase 2: Überprüfung und Instandsetzung der einzelnen Bauwerke

Für jedes ältere verankerte Bauwerk sind in der Regel folgende Arbeiten durchzuführen:

5. Generelle Überprüfung der Verankerung mit allgemeiner Zustandserfassung und Zustandsbeurteilung aufgrund einer Inspektion und einer überschlägigen rechnerischen Untersuchung der Verankerung hinsichtlich ihrer Funktion und ihres Umfanges. Falls für die Beurteilung notwendig und technisch durchführbar, erarbeiten eines Untersuchungsprojektes für die detaillierte Überprüfung der Verankerung. Dazu ist eine Auftragserweiterung durch die Bauherrschaft erforderlich, die für ihren Entscheid einen Zwischenbericht benötigt. Das Untersuchungsprojekt soll auch gleichzeitig auszuführende Unterhaltsarbeiten an den Ankerköpfen sowie den Entwurf eines zweckmässigen Überwachungskonzeptes enthalten.
6. Untersuchen der Anker gemäss Untersuchungsprojekt. Gleichzeitig werden erforderliche Unterhaltsarbeiten durchgeführt und Teile des Überwachungssystems eingerichtet.

Anmerkung: Wenn eine detaillierte Überprüfung der Anker nicht möglich ist, z.B. bei Vollverbundankern oder unzugänglichen Ankerköpfen, ist aufgrund der vorhandenen Gefährdungen und von Stichproben eine Risikoanalyse der Verankerung durchzuführen.

7. Auswerten der Ergebnisse der generellen und der detaillierten Überprüfung resp. der Risikoanalyse der Verankerung. Darstellen der Ergebnisse in einem Überprüfungsbericht. Aufgrund dieser zweiten, detaillierten Risikobeurteilung ist festzulegen, ob und wann bauliche und/oder zusätzliche Überwachungsmaßnahmen zu ergreifen sind. Der Vorschlag für zu treffende Massnahmen (Massnahmenkonzept) ist mit einer Kostenschätzung der Bauherrschaft vorzulegen. Die Bauherrschaft bespricht die vorgeschlagenen Massnahmen mit dem ASTRA und beschliesst mit ihm das weitere Vorgehen.

Anmerkung: Je nach Aussagekraft der detaillierten Risikobeurteilung kann das Massnahmenkonzept eine umfassende, für die ganze Restnutzungsdauer des Bauwerks ausreichende Instandsetzung beinhalten oder – unter Anwendung der Beobachtungsmethode – die für eine beschränkte Zeitspanne minimal erforderlichen Massnahmen vorsehen, die später zu überprüfen und gegebenenfalls zu ergänzen sind.

8. Erfassen der Daten in KUBA-DB.
9. Projektieren der erforderlichen baulichen und/oder Überwachungsmaßnahmen mit Kostenvoranschlag (Massnahmenprojekt).

10. Durchführen der erforderlichen baulichen und/oder Überwachungsmassnahmen und erstellen bzw. ergänzen folgender Dokumente:
 - Nutzungsvereinbarung;
 - Projektbasis (bei baulichen Massnahmen);
 - Überwachungsplan;
 - Unterhaltsplan;
 - Projektunterlagen;
 - Berichte.
11. Erfassen der Daten in KUBA-DB.

Anmerkung: Alle Tätigkeiten der Phasen 1 und 2 fallen unter baulichen Unterhalt.

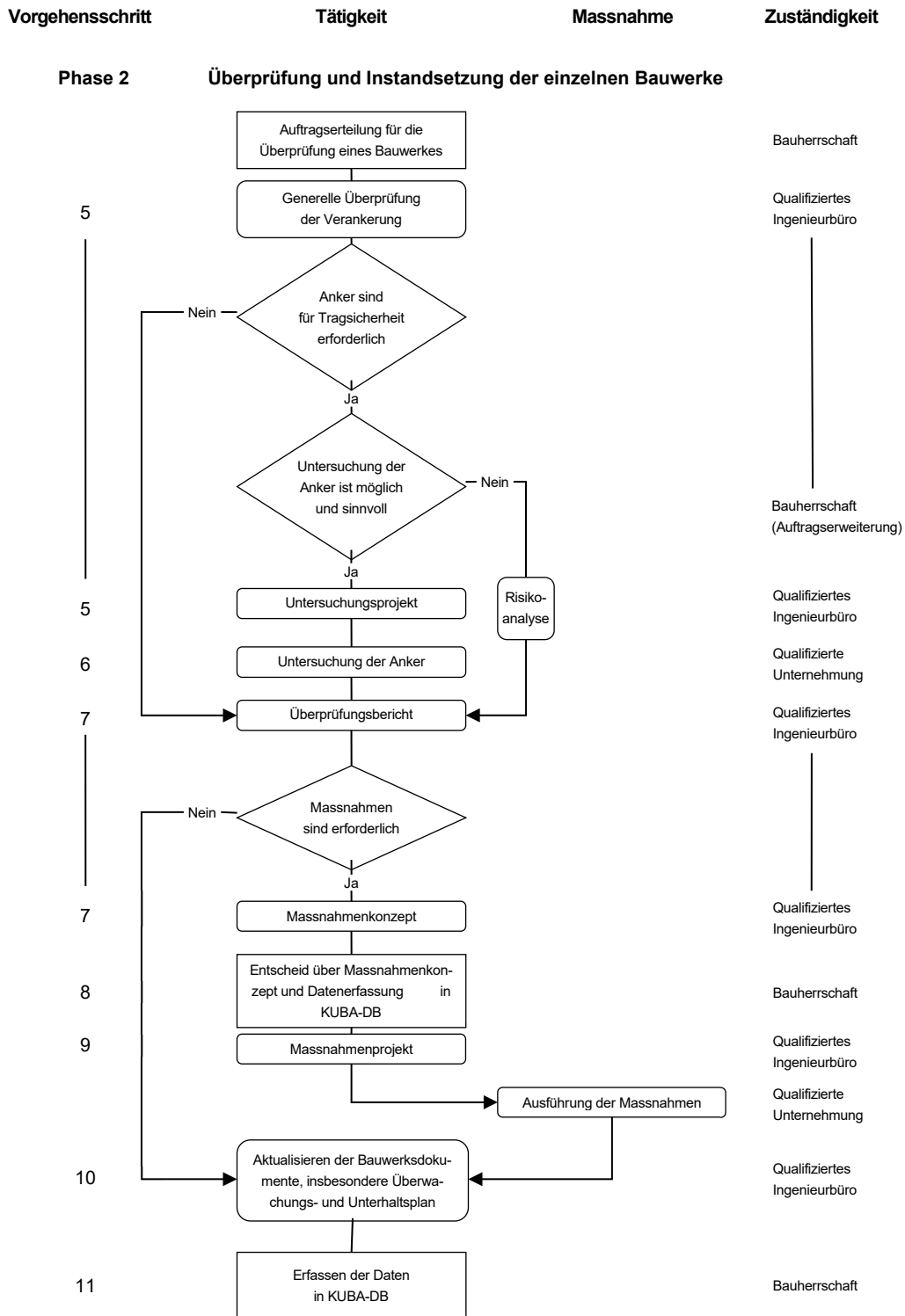


Abb. II.2: Erhaltung von älteren verankerten Bauwerken, Ablaufschema Phase 2.

II.2 Detaillierte Angaben zum Vorgehen

II.2.1 Phase 1: Inventar und Bewertung der verankerten Bauwerke

Bauwerksdokumente der verankerten Bauwerke

Von allen verankerten Bauwerken sind die vorhandenen Bauwerksdokumente zusammenzustellen. Diese sollten in der Regel folgende Angaben enthalten:

- Bauwerksbezeichnung, Baujahr und Beteiligte;
- Funktion des Bauwerkes und gefährdete Verkehrsträger und Bauten;
- Geologische Situation;
- Konstruktionstyp des Bauwerkes mit Objektskizze;
- Funktion der Anker und Gewichtung der Bedeutung der einzelnen Anker;
- Daten der Verankerung;
- Besondere Gefährdungsfaktoren für die Anker;
- Bauwerksakten;
- Vorhandene Überwachungseinrichtungen und bisherige Ergebnisse;
- Durchgeführte Überprüfungen und Erhaltungsarbeiten;
- Aktueller Zustand der Verankerung und des Bauwerks.

Provisorische Bewertung der verankerten Bauwerke

Die Bauwerke werden aufgrund der vorhandenen Bauwerksdokumente und einer Sonderinspektion einer provisorischen Bewertung unterzogen. Bei der Inspektion sollen, wenn möglich, im Sinne von Stichproben einzelne Ankerkopfschutzhauben entfernt werden, um den Zustand der Verankerung besser beurteilen zu können. Die provisorische Bewertung der Bauwerke erfolgt aufgrund der in der folgenden Tabelle aufgeführten Kriterien:

Abb. II.3: Tabelle für die provisorische Bauwerksbewertung

Kriterium / Bewertungspunkte	gut	mangelhaft	schlecht
Versagensart	0	1	2
Mutmasslicher Zustand der Verankerung	0	1	2
Kontrollierbarkeit der Anker	0	1	2

Aus der Summe der Bewertungspunkte ergibt sich die provisorische Bewertung des Bauwerkes.

Anmerkung: Das Bewertungsschema ist stark vereinfacht. Die Plausibilität des Ergebnisses ist in jedem Fall zu überprüfen. Erhalten mehrere Bauwerke gleichviele Bewertungspunkte, ist das Schema objektbezogen zu verfeinern.

Abb. II.4: Entsprechende Zustandsklassen für die Erfassung in KUBA-DB

Mutmasslicher Zustand der Verankerung	Zustandsklasse in KUBA-DB
gut (0)	⇒ 1 oder 2
mangelhaft (1)	⇒ 3
schlecht (2)	⇒ 4 oder 5

Erläuterungen zu den einzelnen Kriterien:

Versagensart

Die Versagensart eines verankerten Bauwerkes wird als "gut" betrachtet, wenn:

- die Stabilität des Tragwerkes durch den Ausfall eines einzelnen Ankers nicht gefährdet ist und beim Ausfall eines einzelnen Ankers keine Bauwerksteile versagen
- das Tragwerk vor dem Versagen mit elastischen und/oder plastischen Deformationen auf erhöhte Beanspruchungen reagieren kann (kein spröder Bruch).

Mutmasslicher Zustand der Verankerung

Der Zustand der Verankerung wird als "gut" betrachtet, wenn:

- die Anker mit einer genügend hohen Prüfkraft ohne Erreichen des äusseren Tragwiderstandes geprüft worden sind ($P_p \geq 1.25 P_0$)
- die Anker mit einem Korrosionsschutz versehen sind
- die Ankerkopfbereiche keine Korrosions- und Alterungsschäden, keine mechanischen Beschädigungen, keine relevante Beanspruchung durch Wasser, keine unübliche Verschmutzung und keinen Pflanzenbewuchs aufweisen
- das verankerte Bauwerk keine unzulässigen Risse, Verformungen, Verschiebungen oder andere Schäden aufweist.

Kontrollierbarkeit der Anker

Die Kontrollierbarkeit der Anker wird als "gut" betrachtet, wenn:

- alle Anker als Kontrollanker konzipiert sind
oder
- das Tragverhalten von Bauwerken aufgrund von Verformungsmessungen und repräsentativen Ankerkraftmessungen beurteilt werden kann. Dies ist der Fall, wenn Einrichtungen für die Messung von Bauwerks- und Geländeverschiebungen vorhanden und 5 bis 10% der Anker als Kontrollanker ausgebildet sind.

Anmerkung: Das dem Bauwerk zugrunde liegende Sicherheitsniveau (Bemessungsannahmen, Vorspanngrad, Stabilitätssicherheit usw.) ist ein wesentlicher Faktor für die Risikobewertung. Häufig ist das Sicherheitsniveau zu diesem Zeitpunkt aber noch gar nicht bekannt.

Einteilung der verankerten Bauwerke in Kategorien

Die Bauwerke werden aufgrund der durchgeführten provisorischen Bewertung und ihrer Bedeutung (Schadenpotential) im Sinne der Norm SIA 261 Ziffer 16.3, Tabelle 26 [6] in die Kategorien A bis D eingeteilt. Die Zuordnung erfolgt gemäss nachstehender Tabelle.

Abb. II.5: Schema für die Einteilung der Bauwerke in die Kategorien A bis D

BWK	Bauwerksbedeutung		provisorische Bauwerksbewertung BWB						
			0	1	2	3	4	5	6
I	kleines	Schadenpotential	D	D	D	C	C	B	B
II	mittleres	Schadenpotential	D	D	C	C	B	B	A
III	grosses	Schadenpotential	D	C	C	B	B	A	A

Die Kategorie des Bauwerkes bestimmt sein Gefährdungspotential:

- A Bearbeitung und Überprüfung sind unverzüglich an die Hand zu nehmen. Es ist zusätzlich zu prüfen, ob Sofortmassnahmen (Nutzungsbeschränkungen, Sicherungs- oder Überwachungsmassnahmen) anzuordnen sind.
- B / C / D Bearbeitung und Überprüfung sind in der entsprechenden Reihenfolge durchzuführen.

II.2.2 Phase 2: Überprüfung und Instandsetzung der einzelnen Bauwerke

Generelle Überprüfung der Verankerung

Die Erfassung des allgemeinen Zustandes der Verankerung und die überschlägige rechnerische Untersuchung ihrer Funktion und ihres Umfangs (Anzahl Anker, gesamte Ankerkraft) sollen eine Zustandsbeurteilung ermöglichen: eine generelle Aussage über die Trag-sicherheit, die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit des verankerten Bauwerkes. Daraus sind Empfehlungen für das weitere Vorgehen abzuleiten. Insbesondere ist zu beurteilen, ob eine detaillierte Überprüfung mit weiteren Untersuchungen notwendig, sinnvoll und technisch durchführbar ist. Oder ob – mangels Überprüfbarkeit der Anker – eine Risikoanalyse der Verankerung durchzuführen ist.

Allgemeine Zustandserfassung

- Zielsetzung
Erfassung des allgemeinen Zustandes der Verankerung und ihrer Überprüfbarkeit.
- Vorgehen
 1. Eingehendes Studium aller vorhandenen Bauwerksakten, insbesondere der Baugeschichte und der Daten der Verankerung. Daraus abzuleiten ist eine detaillierte Beschreibung der vorhandenen Ankerkonstruktionen, ihrer hinsichtlich der Dauerhaftigkeit kritischen Bereiche und deren Überprüfbarkeit.
 2. Inspektion des verankerten Bauwerkes. Das zweckmässige Vorgehen bei der Inspektion ist abhängig von den vorhandenen Informationen über die Verankerung sowie von der Zugänglichkeit der Ankerköpfe und ihres sichtbaren Zustandes. Oft genügt eine rein visuelle Inspektion des Bauwerkes und seiner Umgebung sowie der Ankerköpfe. In anderen Fällen kann es sinnvoll sein, einzelne Ankerköpfe im Sinne von Stichproben freizulegen, zu inspizieren und die Ankerkraft durch Abheben zu ermitteln.
 3. Zusammenstellen der bekannten und der fehlenden Informationen über den Zustand der Verankerung. Daraus ist der mutmassliche allgemeine Zustand der Verankerung abzuleiten, wobei die Aussagekraft der Zustandsbeschreibung anzugeben ist. Zusätzlich ist zu beschreiben, ob und wenn ja, wie es möglich ist, die fehlenden Informationen über den Zustand der Verankerung zu erlangen.

Rechnerische Untersuchung

- Zielsetzung
Die rechnerische Untersuchung des verankerten Bauwerkes soll Aufschluss geben über seine nominelle Tragsicherheit und über die Bedeutung der Verankerung.
- Vorgehen
Auf der Basis der Normen SIA 260 bis 267 ist eine überschlägige Nachrechnung der Verankerung durchzuführen, zum Beispiel in einem oder zwei repräsentativen Schnitten. Unter der Annahme, dass die vorhandenen Anker intakt sind und die Sollkraft aufweisen, ergibt sich aus dieser Nachrechnung die nominelle vorhandene Tragsicherheit des verankerten Bauwerkes.

Zustandsbeurteilung

- Zielsetzung
Die Zustandsbeurteilung soll eine generelle Auskunft über die Tragsicherheit, die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit des verankerten Bauwerkes liefern.
- Vorgehen
Zunächst ist zu beurteilen, ob die mit der rechnerischen Untersuchung ermittelte nominelle Tragsicherheit ausreichend ist. Daraus ergibt sich die Bedeutung der vorhandenen Verankerung für das Bauwerk. Zusätzlich sind die Folgen des Versagens einzelner Anker für das Bauwerk aufzuzeigen. Aufgrund dieser Untersuchungen sowie der Ergebnisse der allgemeinen Zustandserfassung ist zu entscheiden, ob, und wenn ja mit welcher Gewissheit, eine Zustandsbeurteilung möglich ist, also eine generelle Aussage über die vorhandene Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit sowie über die weitere Zustandsentwicklung gemacht werden kann.
Die Ergebnisse der generellen Überprüfung sind in einem Überprüfungsbericht darzustellen, der auch Empfehlungen für das weitere Vorgehen enthält. Für vorgeschlagene Untersuchungen oder Massnahmen sind eine Kostenschätzung und ein Terminplan zu erstellen.

Anmerkung: Die generelle Überprüfung einer älteren Verankerung kann zu qualitativ höchst unterschiedlichen Ergebnissen führen. Dies mögen folgende Möglichkeiten illustrieren:

- *die Verankerung ist für die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Bauwerkes erforderlich / nicht erforderlich;*
- *die Verankerung weist verbreitet irreparable / reparable Korrosionsschäden auf;*
- *die Funktionstüchtigkeit der bestehenden Verankerung ist mit einer detaillierten Überprüfung eruiert / nicht eruiert;*

- das Versagen eines einzelnen Ankers hat gravierende / nicht gravierende Folgen;
- das Versagen eines einzelnen Ankers lässt sich rechtzeitig durch Überwachungsmassnahmen feststellen / nicht feststellen.

Je nach Fall ist aufgrund der generellen Überprüfung eine Zustandsbeurteilung mit klaren Aussagen möglich (eigentlicher Prüfungsbericht) oder sie muss sich auf Mutmassungen beschränken, die nur durch weitere Untersuchungen geklärt werden können (Zwischenbericht).

Detaillierte Überprüfung inkl. Unterhaltsarbeiten und Überwachungssystem

Wenn aufgrund der Ergebnisse der generellen Überprüfung weitere Untersuchungen zur Erfassung des Zustandes der Verankerung möglich und sinnvoll sind, ist - nach Erteilung eines entsprechenden Auftrages durch die Bauherrschaft aufgrund eines Zwischenberichtes - ein Untersuchungsprojekt mit Leistungsverzeichnis zu erstellen. Das Projekt soll auch die zweckmässigerweise gleichzeitig mit der Zustandserfassung durchzuführenden Unterhaltsarbeiten und den Einbau von Überwachungseinrichtungen (Instrumentierung) enthalten.

Untersuchung der Anker

- Zielsetzung
Die Untersuchung der Anker soll Aufschluss geben über den Zustand der Verankerung und die vorhandene Ankerkraft.

- Vorgehen

In der Regel wird folgendes Vorgehen gewählt:

1. Visuelle Kontrolle sämtlicher zugänglicher Ankerköpfe (vorerst ohne Demontage der Schutzhauben) hinsichtlich Beschädigungen, Korrosionserscheinungen, Wasseraustritten usw.
2. Ermittlung der Bauwerks- und Geländedeformationen. Mit allen vorhandenen Messinstrumenten ist eine Kontrollmessung auszuführen. Zusätzlich ist eine Inspektion des Bauwerkes und seiner Umgebung vorzunehmen.
3. Nähere Untersuchung einer repräsentativen Anzahl der Anker
 - a. Demontage der Schutzhauben bzw. entfernen des Schutzbetons und Beurteilung des Korrosionsschutzes bzw. des Zustandes des Ankerkopfes. Wo entsprechende Öffnungen im Ankerkopf vorhanden sind, soll der Bereich hinter dem Ankerkopf mit einem Endoskop inspiziert werden.
 - b. Wenn möglich, Ermittlung der vorhandenen Ankerkraft durch Abheben. Bei Ankern, die mit Kraftmessdosen ausgerüstet sind, wird gleichzeitig eine Kraftmessung vorgenommen (Kontrolle der Funktionstüchtigkeit der Kraftmessdosen).
 - c. Prüfung eines Teils dieser Anker, besonders jener mit überdurchschnittlichen Kraftverlusten mit einer in der Regel 3-stufigen speziellen Spannprobe bis auf die Prüfkraft $P_p \geq 1.25 P_0$. Als zulässiges Kriechmass wird dabei $k_{adm} = 0.50$ mm angenommen. Mit dieser Spannprobe sollen Erkenntnisse über die Tragfähigkeit des Verankerungskörpers sowie über allfällige Korrosionsschäden am Ankerstahl gewonnen werden.
4. Untersuchung des Zustandes der Bauwerkskonstruktion, insbesondere der Bauteile, die der Ankerkrafteinleitung dienen. In der Regel genügt eine detaillierte visuelle Inspektion. In kritischen Fällen sind weitere Untersuchungen wie Ermittlung der Betonüberdeckung, Potentialmessungen, Ermittlung der Betonkarbonatisierung und -versalzung, der Schädigung durch AAR usw. anzuordnen.

Unterhaltsarbeiten

- Zielsetzung
Anlässlich der Untersuchung der Verankerung sollen auch offensichtlich nötige Unterhaltsarbeiten ausgeführt werden.
- Vorgehen
 1. Nachspannen oder entspannen der Anker
In manchen Fällen ist es zweckmässig, die Anker auf die Sollkraft nachzuspannen bzw. zu entspannen. Das Untersuchungsprojekt soll Anweisungen enthalten, ob

und bei wieviel Prozent Kraftverlust bzw. -zunahme ein Nachspannen bzw. Entspannen durchzuführen ist.

2. Zusatzinjektionen und/oder Drainagen

Werden hinter dem Ankerkopf Hohlräume innerhalb oder ausserhalb der Umhüllung des Stahlzugliedes festgestellt, sind Injektionen mit Zementsuspension oder einer geeigneten Korrosionsschutzmasse anzuordnen. Werden im Ankerkopfbereich Wasseraustritte beobachtet, ist zu versuchen, diese entweder mit Injektionen oder anderen geeigneten Massnahmen zu stoppen oder mit Drainagebohrungen vom Ankerkopf abzulenken.

3. Korrosionsschutz des Ankerkopfes

Nach der Untersuchung der Anker ist der Korrosionsschutz des Ankerkopfes zu erneuern. Dabei sind in der Regel folgende Arbeiten auszuführen:

- Reinigen (sandstrahlen oder abschleifen) der Ankerplatte und beschichten mit einem Schutzanstrich.
- Reinigen des Ankerkopfes und der Zuggliedüberstände (von Hand oder abdampfen) und auftragen einer geeigneten Korrosionsschutzmasse.
- Reinigen und beschichten oder ersetzen der Schutzhaube sowie ersetzen der Dichtung.
- Anbringen eines Lüftungsloches \varnothing 6 mm am tiefsten Punkt der Schutzhaube (Verhindern von Kondenswasseransammlungen).

4. Weitere Unterhaltsarbeiten

Je nach Bauwerk können weitere Arbeiten erforderlich sein, zum Beispiel:

- Instandsetzen der Entwässerung von Messankerschächten.
- Anordnen von Schutzdächern gegen Steinschlag.
- Anbringen von Leitern und Podesten zur Verbesserung der Zugänglichkeit von Kontrollankern.
- Injizieren von Rissen im Konstruktionsbeton.
- Instandsetzen oder beschichten der Betonoberflächen.
- Felsreinigung.
- Ersatz von Felsnägeln (ungespannte Anker).
- Drainagebohrungen, Instandsetzung von Drainagen.
- Bauwerksabdichtungen.
- Bepflanzung oder Rückschnitt von Büschen und Bäumen.

Überwachungssystem

- Zielsetzung
Das verankerte Bauwerk soll mit einem aussagekräftigen Überwachungssystem ausgerüstet sein.
- Vorgehen
Ausgehend von den allenfalls vorhandenen Überwachungseinrichtungen ist ein auf das Bauwerk und die geologischen Verhältnisse abgestimmtes Überwachungssystem zu entwerfen.
Werden bestehende Überwachungseinrichtungen in dieses System integriert, ist eine Überprüfung ihrer Funktionstüchtigkeit anzuordnen.
Die Installation der zusätzlichen Überwachungseinrichtungen ist so frühzeitig wie möglich vorzusehen. Nach der Installation ist eine Ausgangsmessung durchzuführen.

Ausführung des Untersuchungsprojektes

Die Arbeiten sind von einer Fachperson mit gründlichen Kenntnissen der Ankertechnik zu leiten. Die Arbeiten sind einer qualifizierten Ankerfirma in Auftrag zu geben. Dies kann, muss aber nicht zwingend die Lieferantin der eingebauten Anker sein.

Das Untersuchungsprojekt ist laufend an die anfallenden Ergebnisse anzupassen.

Werden bei der Untersuchung der Anker gebrochene Stahlzugglieder aufgefunden, sind diese auszubauen und umgehend einer qualifizierten Prüfstelle zur korrosionstechnischen Untersuchung zu übergeben.

Risikoanalyse

Sind aufgrund der generellen Überprüfung weitere Abklärungen nötig, aber eine Überprüfung der Anker technisch-wirtschaftlich nicht möglich (Vollverbundanker, unzugängliche Ankerköpfe), ist eine Risikoanalyse der Verankerung durchzuführen.

- Zielsetzung
Die Risikoanalyse soll Aufschluss geben über die minimal erforderlichen Massnahmen zur Gewährleistung der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit des Bauwerkes während einer zu vereinbarenden Dauer (z.B. 25 Jahre). Die Massnahmen sollen so konzipiert sein, dass nach der vereinbarten Dauer ausreichende Informationen vorliegen zur Beurteilung der Notwendigkeit von weiteren Massnahmen (Beobachtungsmethode).
- Vorgehen
 1. Risikobeurteilung
Folgende sicherheitsrelevanten Faktoren werden objektbezogen beurteilt und gewichtet, z.B. mit einem Punktesystem:
 - Gefährdung der einzelnen Anker.
Stichworte dazu sind z.B. Ankerkonstruktion und –typ, Wasserzutritt, Chlорideinwirkung, Tragfähigkeit, Spannungsniveau.
 - Tragwerksfunktion.
Stichworte dazu sind z.B. Rutschsicherung, Anschnittsicherung, Felsverkleidung, Verankerung von äusseren Zugkräften.
 - Gewicht der einzelnen Anker.
Stichworte dazu sind z.B. Anzahl Anker, Redundanz des Tragsystems, Folgen eines Ankerbruches.
 - Art und Folgen des Tragwerkversagens.
Stichworte dazu sind z.B. sprödes oder von messbaren Deformationen begleitetes Versagen, Gefährdung von wichtigen Verkehrsträgern und Gebäuden.
 2. Zusätzliche Untersuchungen
Oft sind zur Verbesserung der Aussagekraft der Risikobeurteilung zusätzliche Untersuchungen durchzuführen wie z.B.:
 - Statische Nachrechnung.
 - Sondierungen.

- Chemische Wasseruntersuchungen.
 - Freilegung einzelner Ankerköpfe.
3. Interpretation der Risikobeurteilung
- Aus dem Ergebnis der Risikobeurteilung ist abzuleiten, mit welchen baulichen und/oder Überwachungsmassnahmen die Zielsetzung der Risikoanalyse erreichbar ist. Dabei sind auch mögliche Varianten aufzuzeigen.

Überprüfungsbericht und Massnahmenkonzept

Über die durchgeführten Untersuchungen resp. die Risikoanalyse ist ein ausführlicher und dokumentierter Überprüfungsbericht zu erstellen.

Der Bericht soll zu einer zusammenfassenden Beurteilung des Zustandes der Verankerung und des Bauwerkes sowie zu einer Aussage über die künftige Zustandsentwicklung führen. Daraus ist abzuleiten, ob und wenn ja, welche Massnahmen zur Gewährleistung der Trag-sicherheit und der Gebrauchstauglichkeit während der Restnutzungsdauer bzw. während einer bestimmten Zeitdauer nötig sind. Bei der Evaluation von Massnahmen und ihrem Umfang ist dem bisherigen Verhalten des Bauwerkes Rechnung zu tragen.

Grundsätzlich kommen folgende Massnahmen oder Kombinationen davon in Betracht:

- Erhöhung der Überwachungsintensität.
- Anordnung von zusätzlichen Überwachungseinrichtungen.
- Nutzungsbeschränkungen.
- Einbau von Zusatz- oder Ersatzankern.
- Änderung des Tragsystems.

Zusammen mit einem konkreten Vorschlag für die zu treffenden Massnahmen (Massnahmenkonzept) soll der Überprüfungsbericht auch eine Aussage über den zeitlichen Rahmen enthalten, innerhalb welchem diese Massnahmen durchzuführen sind. Überdies ist darzustellen, ob die vorgeschlagenen Massnahmen in Etappen ausgeführt werden können.

Verbunden mit einer Kostenschätzung für die vorgeschlagenen Massnahmen ist der Überprüfungsbericht der Bauherrschaft zur Beschlussfassung zu unterbreiten.

II.3 Massnahmenprojekt

Die von der Bauherrschaft aufgrund des Überprüfungsberichtes beschlossenen Massnahmen zur Gewährleistung einer ausreichenden Tragsicherheit des verankerten Bauwerkes sind zu projektieren, zu devisieren und von ausgewiesenen Unternehmungen offerieren zu lassen. Im Vergabeantrag soll die Qualität der Unternehmung und die Erfahrung der vorgesehenen Schlüsselpersonen in der Ankertechnik stark gewichtet werden.

II.4 Ausführung der Massnahmen und Erstellung der Bauwerksdokumente

Die Arbeiten sind von einem Ingenieur zu beaufsichtigen, der sich über gründliche Kenntnisse der Ankertechnik und über eine entsprechende Erfahrung ausweisen kann. Vorzugsweise soll die Bauleitung oder zumindest die technische Baubegleitung vom Projektverfasser wahrgenommen werden.

Sind Ersatz- oder Zusatzanker zu erstellen, sind diese gemäss Teil I dieser Richtlinie auszuführen und zu prüfen.

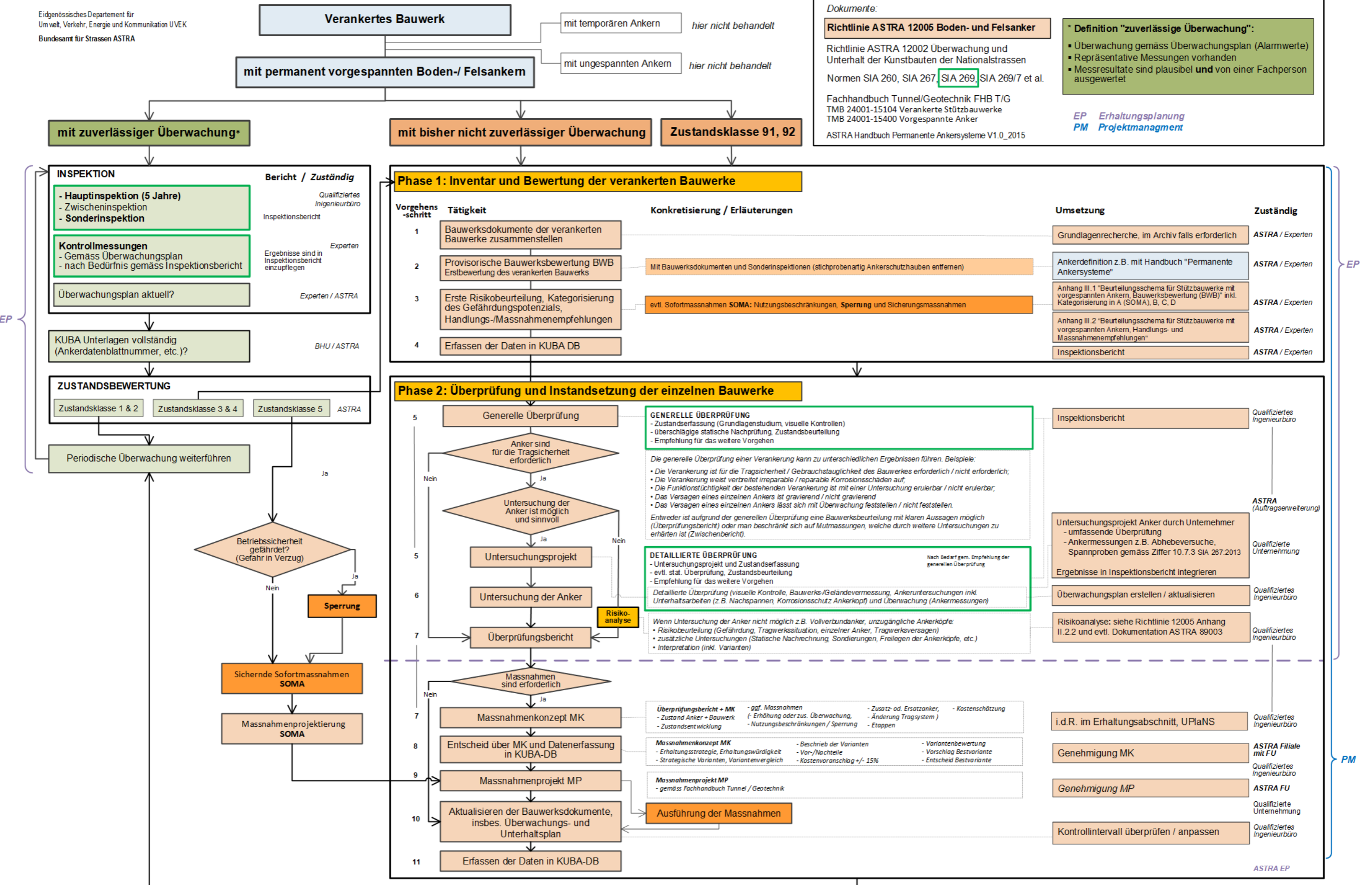
Fallen bei der Durchführung der Arbeiten neue, für die Beurteilung der Tragsicherheit wesentliche Erkenntnisse an, ist der Projektverfasser durch die Bauleitung umgehend zu informieren. Der Projektverfasser überprüft das Projekt aufgrund dieser neuen Erkenntnisse so rasch, dass die sich daraus ergebenden Konsequenzen in die laufenden Bauarbeiten einbezogen werden können.

Nach Abschluss der Bauarbeiten sind die Bauwerksdokumente zu erstellen bzw. zu ergänzen. Zudem sind die entsprechenden Daten in KUBA-DB zu erfassen.

III Erhaltung von verankerten Bauwerken, Vorgehensweise

Bemerkung: für eine bessere Lesbarkeit (Richtlinie ohne Anhang III im A4-Format und Anhang III im A3-Format) wird das Setzen eines Häkchens vor "Papierquelle gemäss PDF-Seitengrösse auswählen" in den Druckereinstellungen.

Anhang III: Erhaltung von verankerten Bauwerken, Vorgehensweise



III.1 Beurteilungsschema für Stützbauwerke mit vorgespannten Ankern, Bauwerksbewertung (BWB)

Anhang III.1: Beurteilungsschema für Stützbauwerke mit vorgespannten Anker, Bauwerksbewertung (BWB)

Phase 1, Vorgehensschritt 2: Erstbewertung des verankerten Bauwerks gemäss RiLi 12005

Grundlagen: Bauwerksdokumente und Sonderinspektion gemäss RiLi 12005 Anhang II.2.1

Ankertyp bestimmt oder eingegrenzt mit Hilfe von Handbuch Permanente Ankersysteme V1.0_2015

BAUWERK :

- Datum:
- Büro/Inspektor:
- Ankerdatenblatt Nr.:
- Bauanlage Nr.:
- Bauanlage Name:
- IO-Nr.:
- IO-Bezeichnung:
- Ankerkategorie:
- Erstellungsjahr:
- Bemerkungen:

Ankertyp:

- Vollverbundanker**
Draht- und Litzenanker: ca. 1952 – 1978
Einstab- und Mehrstabanker: ca. 1952 - 1975
- Freispielanker ohne doppelten Korrosionsschutz**
Draht- und Litzenanker: ca. 1973 – 1988
Einstab- und Mehrstabanker: ca. 1965 - 1988
- Freispielanker mit doppeltem Korrosionsschutz**
Draht- und Litzenanker: ca. 1978 – 1997
Einstab- und Mehrstabanker: ca. 1983 - 1995
- Anker mit umfassendem Korrosionsschutz**
Vollständig elektrisch isolierte Litzenanker, mit elektrischer Widerstandsmessung^{**}; ab ca. 1995

Versagensart	Mutmassl. Zustand der Verankerung	Kontrollierbarkeit Anker
<p>V1: Bedeutung eines einzelnen Ankers (Gefährdung der Tragsicherheit und Versagensrisiko eines Bauwerksteils bei Ankerausfall)</p> <p>V2: Reagiert das Tragwerk vor dem Versagen mit ausreichender Deformation? (kein spröder Bruch)</p> <p>Bewertung Versagensart:</p> <p>gut (0) mangelhaft (1) schlecht (2) V= [] Pkt.</p>	<p>Z1: Wurden Anker mit genügend hoher Prüfkraft ohne Erreichen des äusseren Tragwiderstand geprüft ($P_p > 1.25 P_{02}$)?</p> <p>Z2: Anker mit Korrosionsschutz versehen?</p> <p>Z3: Weisen die Ankerkopfbereiche Korrosions- und Alterungsschäden, mechanische Beschädigungen, relevante Wasserdrücke, unübliche Verschmutzungen oder Pflanzenbewuchs auf?</p> <p>Z4: Weist das verankerte Bauwerk unzulässige Risse, Verformungen, Verschiebungen oder andere Schäden auf?</p> <p>Bewertung mutmasslicher Zustand:</p> <p>mangelhaft (1) schlecht (2) Z= [] Pkt.</p>	<p>K1: Alle Anker Kontrollanker?</p> <p>K2: 5-10% der Anker als Kontrollanker ausgebildet? (mindestens 3 Kontrollanker pro Bauteil)</p> <p>K3: Einrichtungen für Bauwerks- und Geländeverschiebungsmessung vorhanden?</p> <p>Bewertung Kontrollierbarkeit der Anker:</p> <p>mangelhaft (1) schlecht (2) K= [] Pkt.</p>
<p>Bauwerksbewertung BWB = V+Z+K= [] Pkt.</p>		

Phase 1, Vorgehensschritt 2: Erste Risikobeurteilung & Bauwerkseinteilung gemäss RiLi 12005

Auszug gem. SIA 261 (2014) Tabelle 25:

BWK I	- Personenbelegung PB ≤ 50 Personen - keine grösseren Menschenansammlungen - keine besonders wertvollen Güter und Einrichtungen - Schädigung der Bevölkerung oder der Umwelt ausgeschlossen z.B.: Brücken untergeordneter Bedeutung nach einem Erdbeben
BWK II	- Personenbelegung PB > 50 Personen - grössere Menschenansammlungen wahrscheinlich - Besonders wertvolle Güter und Einrichtungen - Bedeutende Infrastrukturfunktion z.B.: Stützmauern und Böschungen im Bereich von Verkehrswegen erheblicher Bedeutung nach einem Erdbeben
BWK III	- Lebenswichtige Infrastrukturfunktion z.B.: Stützmauern und Böschungen im Bereich von Verkehrswegen mit grosser Bedeutung für die Zugänglichkeit ausgewählter Bauwerke oder eines Gebiets nach einem Erdbeben

Bemerkung: für die Klassierung der Bauwerke sind die Filialen zuständig

* Das Beurteilungskriterium K2 ist nicht anwendbar in folgenden Fällen (Ziffer 10.7.5.5 SIA 267:2013)

- bei permanenten Verankerungen, deren Tragverhalten nicht aufgrund von Verformungsmessungen beurteilt werden kann, z.B. Felsankerungen oder steife, auf Fels fundierte Bauten
- bei Anker, die infolge erwarteter Bauwerks- oder Geländeverschiebungen nachspannbar oder entspannbar ausgebildet werden müssen.

Auszug: Richtlinie ASTRA 12005 (2007), Anhang II.2.1, Seite 28:

BWK	Bauwerksbedeutung	Bauwerksbewertung BWB = V+Z+K =						
		0	1	2	3	4	5	6
I	kleines Schadenspotential	D	D	D	C	C	B	B
II	mittleres Schadenspotential	D	D	C	C	B	B	A
III	grosses Schadenspotential	D	C	C	B	B	A	A

Abb. II.5: Schema für die Einteilung der Bauwerke in die Gefährdungs-Kategorien A bis D

Auszug: Richtlinie ASTRA 12005 (2007), Anhang II.2.1, Seite 28:

Die Kategorie des Bauwerks bestimmt sein Gefährdungspotential:

A Bearbeitung und Überprüfung sind unverzüglich an die Hand zu nehmen. Es ist zusätzlich zu prüfen, ob Sofortmassnahmen (Nutzungsbeschränkungen, Sicherungs- oder Überwachungsmaßnahmen) anzuordnen sind.

B / C / D Bearbeitung und Überprüfung sind in der entsprechenden Reihenfolge durchzuführen.

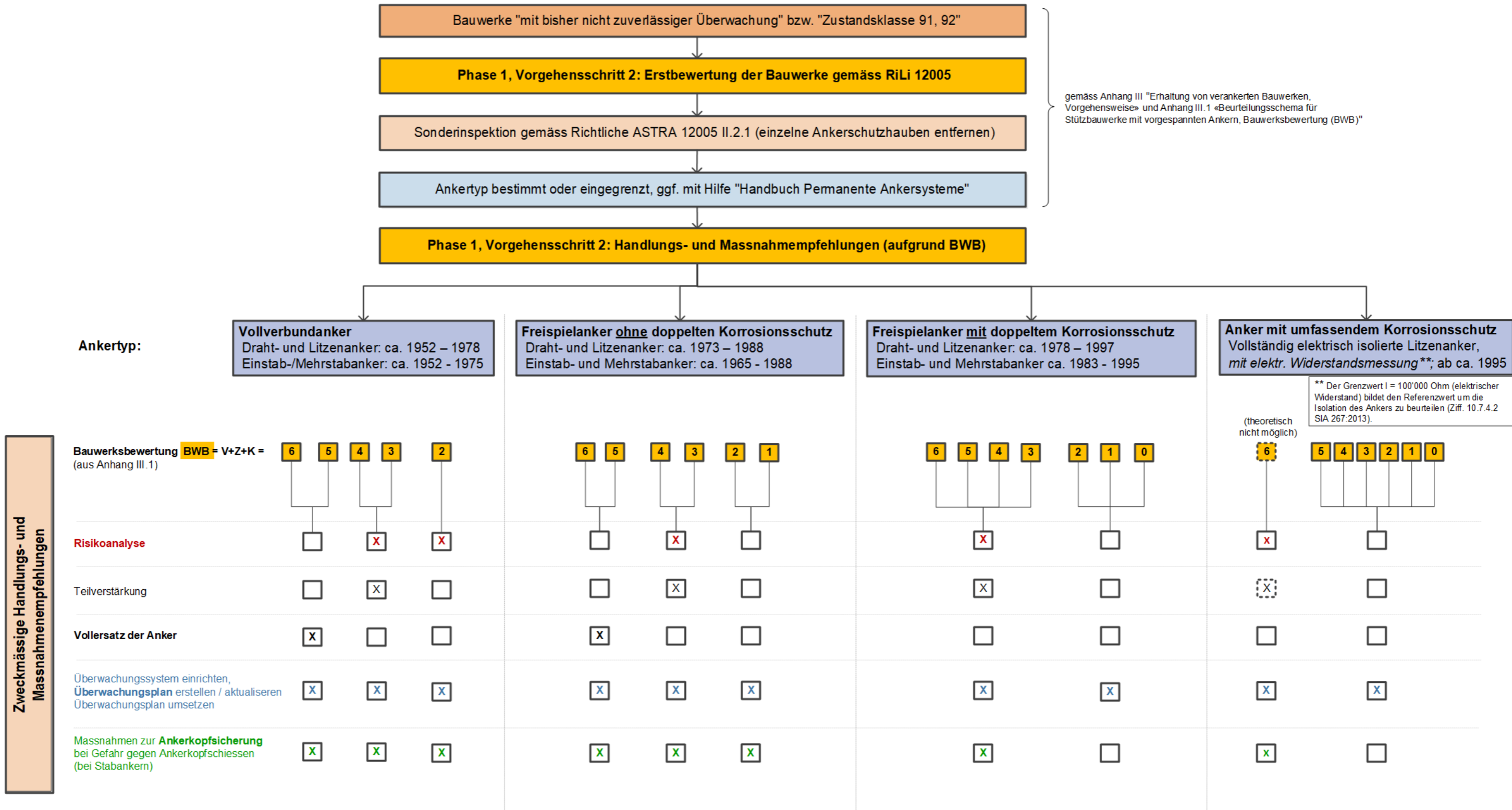
Gefährdungspotential des Bauwerks: []

Kategorie: []

III.2 Beurteilungsschema für Stützbauwerke mit vorgespannten Ankern, Handlungs- und Massnahmenempfehlungen

Anhang III.2: Beurteilungsschema für Stützbauwerke mit vorgespannten Ankern, Handlungs- und Massnahmenempfehlungen

gemäss Anhang III "Erhaltung von verankerten Bauwerken, Vorgehensweise" und Anhang III.1 «Beurteilungsschema für Stützbauwerke mit vorgespannten Ankern, Bauwerksbewertung (BWB)»



^{**} Der Grenzwert I = 100'000 Ohm (elektrischer Widerstand) bildet den Referenzwert um die Isolation des Ankers zu beurteilen (Ziff. 10.7.4.2 SIA 267:2013).

(theoretisch nicht möglich)

Zweckmässige Handlungs- und Massnahmenempfehlungen

Literaturverzeichnis

ASTRA Richtlinien

-
- [1] Bundesamt für Strassen ASTRA (2005), "**Überwachung und Unterhalt der Kunstbauten der Nationalstrassen**" Richtlinie ASTRA 12002, www.astra.admin.ch.
-
- [2] Bundesamt für Strassen ASTRA (2007), "**Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR); Grundlagen und Massnahmen bei neuen und bestehenden Bauten**", Dokumentation ASTRA 82013, V1.01, www.astra.admin.ch.
-
- [3] Bundesamt für Strassen ASTRA (1999), "**Boden- und Felsanker**", Richtlinie ASTRA 12005 (alte Version V2.00)
-
- [4] Bundesamt für Strassen ASTRA (1993), "**Permanente Boden- und Felsanker**" Richtlinie ASTRA 12005 (alte Version V1.00)
-

Normen

-
- [5] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2013), "**Grundlagen der Projektierung von Tragwerken**" Norm SIA 260.
-
- [6] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2020), "**Einwirkungen auf Tragwerke**" Norm SIA 261.
-
- [7] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2013), "**Betonbau**" Norm SIA 262.
-
- [8] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2013), "**Stahlbau**", Norm SIA 263.
-
- [9] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2013), "**Geotechnik**" Norm SIA 267.
-
- [10] Comité européen de normalisation CEN (2004), "**Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance. Foundations, retaining structures and geotechnical aspects**", EN 1998-5 :2004
-
- [11] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (1995), "**Vorgespannte Anker**" Empfehlung SIA V 191.
-
- [12] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2003), "**Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses - Actions sur les structures porteuses - Introduction aux normes SIA 260 et 261**", Documentation SIA D 0181
-

Publikationen

-
- [13] F. Hunkeler, P. Matt, U. von Matt und R. Werner, Spannglieder (August 2005), "**Schrägseile und Anker - Beschreibung der Systeme und Erkenntnisse aus Korrosionsschäden**", Bundesamt für Strassen ASTRA, Forschungsauftrag AGB 2000/470, Bericht VSS Nr. 588.
-
- [14] U. von Matt und M. Büchler (Februar 2007), "**Permanente, vorgespannte Boden- und Felsanker: Fluktuationen des elektrischen Widerstands**", Bundesamt für Strassen ASTRA, Forschungsauftrag AGB 2001/489, Bericht VSS Nr. 612.
-

Auflistung der Änderungen

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2022	3.13	30.11.2022	Formale Anpassungen, kleine Korrekturen an Normen-Verweisen,
2007	3.12	01.07.2019	Formelle Anpassungen in Deutsch. In Bezug auf die Erhaltung von verankerten Bauwerken wird Anhang III hinzugefügt unter Mitwirkung von: A. Lutz und U. von Matt (Ingenieurbüro) M. Folly und B. Fonyo (ASTRA)
2007	3.11	13.02.2012	Formelle Anpassungen in Deutsch und Französisch. Neue revidierte französische Übersetzung.
2007	3.10	01.10.2007	Formelle Anpassungen.
2007	3.00	01.08.2007	Inkrafttreten Ausgabe 2007. Präzisierungen und Ergänzungen zur SIA Norm 267:2003 "Geotechnik", und zu den "Allgemeinen Bedingungen für geotechnische Arbeiten" SIA 118/267:2004, Erweiterung für ungespannte Anker, Erdbebeneinwirkung auf verankerte Bauwerke und Alkali-Aggregat-Reaktion des Betons (AAR).
1999	2.00	1999	Inkrafttreten Ausgabe 1999. Präzisierungen und Ergänzungen zur Empfehlung SIA V 191:1995.
1993	1.00	1993	Inkrafttreten Ausgabe 1993.

