

 Kanton Zürich Baudirektion Tiefbauamt Projektieren und Realisieren Kunstbauten	Fachhandbuch Kunstbauten TBA ZH	C2-5
	Stützbauwerke	Datum: 01.07.2023
		Ersetzt: V 01.07.2022
		Seite 1 von 24

1 Inhalt

1	Inhalt.....	1
2	Grundlagen.....	2
3	Zweck.....	2
4	Stützbauwerk-Typen.....	2
4.1	Schergewichtsmauern.....	2
4.2	Winkelstützmauern.....	2
4.3	Stützwände.....	2
4.4	Verbundkonstruktionen.....	3
4.5	Verankerte Stützbauwerke.....	3
5	Anforderungen.....	3
5.1	Allgemeines.....	3
5.2	Bemessung.....	4
6	Konzeptionelle Hinweise.....	4
6.1	Grundsätze.....	4
6.2	Konstruktive Hinweise zu einzelnen Stützbauwerk-Typen.....	5
7	Entwässerung.....	7
8	Hinweise zur Ausführung.....	8
8.1	Winkelstützmauern.....	8
8.2	Hinterfüllung und Verdichtung.....	9
9	Überwachung.....	9
9.1	Anlageverantwortung.....	10
9.2	Einteilung in Gefährdungsstufe.....	10
9.3	Zustandsbeurteilung durch das Tiefbauamt.....	11
9.4	Verankerte Stützbauwerke.....	12
9.5	Entwässerung.....	12
10	Überprüfung durch Ingenieurbüro.....	12
10.1	Phase 1: Grundlagenbeschaffung.....	13
10.2	Phase 2: Erste Zustandsaufnahme mit einfachen Hilfsmitteln.....	13
10.3	Phase 3: Detaillierte Zustandsaufnahme.....	14
10.4	Rechnerische Überprüfung.....	14
11	Anhänge.....	16

2 Grundlagen

- | | | |
|-----|----------------------|--|
| [1] | SIA 260 – 267 | Tragwerksnormen |
| [2] | Norm VSS SN 640 383a | Stützbauwerke / Konzeption, Projektierung und Ausführung |
| [3] | ASTRA RL 12005 | Boden- und Felsanker |
| [4] | ASTRA 22001 | Fachhandbuch Geotechnik, Ausgabe 2021 |
| [5] | AWEL Kanton Zürich | Merkblatt zur Verwendung von Natursteinen im Wasserbau im Kt. Zürich |

3 Zweck

Stützbauwerke dienen der Stützung des Baugrundes oberhalb (Einschnitte) und unterhalb von Strassenbauten (Schüttungen), wenn eine natürliche Böschung aus Platzgründen oder geotechnischen Gründen nicht möglich ist.

Grundsätzlich wird zwischen talseitigen und bergseitigen (hangseitigen) Stützmauern unterschieden. Als Betrachtungspunkt bei dieser Unterscheidung gilt die Achse der Kantonsstrasse.

Das vorliegende Merkblatt enthält Anforderungen an permanente Stützbauwerke bezüglich Bemessung, konstruktive Durchbildung, Erscheinungsbild und Unterhalt für folgende Stützbauwerk-Typen:

- Schwergewichtsmauern aus unbewehrtem Beton oder Natursteinmauerwerk
- Winkelstützmauern
- Stützwände

Steinkörbe (Gabione) und Raumgitter-Stützmauern (Fertigelemente), Rühlwände mit Stahlprofilen oder Spundwände, bewehrte Erde und Geotextilmauern werden in der Regel aus Gründen des intensiven Unterhalts und der eingeschränkten Dauerhaftigkeit als ungeeignete Stützbauwerke entlang Kantonsstrassen erachtet.

4 Stützbauwerk-Typen

In diesem Kapitel werden die gängigsten Stützbauwerk-Typen in Anlehnung an [2] kurz vorgestellt.

4.1 Schwergewichtsmauern

Schwergewichtsmauern sind massive Mauern, die durch ihr Eigengewicht den äusseren Einwirkungen, insbesondere dem Erddruck, entgegenwirken. Schwergewichtsmauern können aus unbewehrtem Beton oder aus Natursteinmauerwerk erstellt werden. Die Mauerhöhen sind beschränkt.

Zu den Schwergewichtsmauern werden auch Stützmauern aus Steinkörben (Gabione), die aus aneinandergereihten und übereinander geschichteten Steinpackungen gezählt, welche durch ein Drahtgeflecht zusammengehalten werden. Sie werden nur in Spezialfällen (Ergänzung bestehender Steinkörbe, besondere ökologische Anforderungen) eingesetzt wie auch die Raumgitter-Stützmauern, bestehend aus Fertigelementen aus Beton, Stahl oder Holz, welche ein räumliches System bilden. Diese beiden letztgenannten Typen eignen sich nicht für den Einsatz entlang Kantonsstrassen.

4.2 Winkelstützmauern

Winkelstützmauern sind schlanke, auf Biegung beanspruchte, Stahlbetonwände mit einem annähernd horizontalen Fundament. Das Gewicht des zu stützenden Erdreichs, das als Auflast auf das Fundament wirkt, wird zur Erhöhung der Kipp- und Gleitstabilität genutzt. Bei hohen Winkelstützmauern können Konsolen angebracht werden, die lokal die Erddruckkräfte sowie die Biegebeanspruchung der Mauer reduzieren. Dadurch kann evtl. die Breite des Fundaments reduziert werden.

4.3 Stützwände

Stützwände sind am Wandfuss gelenkig oder eingespannt im Untergrund gelagert und tragen die äusseren Einwirkungen auf Biegung ab. Zusätzlich zur Aktivierung des passiven Erddrucks können Verankerungen oder Abstützungen helfen. Stützwände eignen sich auch für grosse Wandhöhen. Die gängigsten Stützwandtypen sind:

Pfahlwände

Pfahlwände können offen (Zwischenräume zwischen den Pfählen mit Ausfachung) oder geschlossen ausgeführt werden. Geschlossene Pfahlwände bestehen entweder aus sich berührenden oder sich überschneidenden Bohrpfählen. Die Durchmesser der im Baugrund eingespannten Pfähle liegen zwischen 60 und 150 cm. Sie eignen sich, wenn tiefliegende Gleitflächen unterhalb des Böschungsfusses verlaufen und können sowohl für temporäre als auch für permanente Anwendungen eingesetzt werden.

Schlitzwände

Schlitzwände werden in der Regel in vorher ausgehobenen Schlitzten in Ortbeton erstellt.

Rühlwände

Rühlwände bestehen aus Stahlprofilen, die entweder gerammt oder in vorgebohrte Bohrlöcher gestellt werden, mit einer Ausfachung aus Holz, Beton oder Spritzbeton. Rühlwände eignen sich für temporäre Baumassnahmen, in der Regel jedoch nicht als permanente Stützbauwerke entlang Kantonsstrassen.

Spundwände

Spundwände bestehen aus miteinander verbundenen Stahlbohlen, die in den Baugrund gerammt, vibriert oder eingepresst werden. Spundwände eignen sich für temporäre Baumassnahmen, in der Regel jedoch nicht als permanente Stützbauwerke entlang Kantonsstrassen.

4.4 Verbundkonstruktionen

Bei Verbundkonstruktionen werden die Bodeneigenschaften verbessert, so dass sich ein Verbundkörper bildet, der wie eine Schwergewichtsmauer wirkt. Je nach Art der Baugrundverbesserung wird unterschieden zwischen:

Bewehrte Erde

Bei bewehrter Erde wird der Verbundkörper aus Wandelementen, Boden und Bewehrung gebildet. Als Bewehrung kommen Geotextilien, Stahl- oder Kunststoffstäbe, Reibungsbänder, Matten etc. zum Einsatz. Diese Art der Stützkonstruktion nimmt sehr viel Raum in Anspruch, da die Bewehrung ausreichend auf Zug verankert werden muss. Bewehrte Erde ist für den Einsatz entlang Kantonsstrassen nicht geeignet.

Geotextilwände

Geotextilwände wirken ähnlich wie bewehrte Erde. Aussenhaut und Bewehrung bestehen aus Geotextilien. Auch sie sind für den Einsatz entlang Kantonsstrassen in der Regel nicht geeignet.

Nagelwände

Nagelwände bestehen aus dem anstehenden Boden, einer dünnen Schutzschicht (z.B. bewehrter Spritzbeton) und Stahl- oder Kunststoffstäben (Nägeln) als Bewehrung, welche durch Injektion mit dem Boden in Verbund wirken. Nagelwände eignen sich für temporäre Baumassnahmen, in der Regel jedoch nicht als permanente Stützbauwerke entlang Kantonsstrassen.

4.5 Verankerte Stützbauwerke

Die Tragsicherheit eines Stützbauwerks kann durch Anker sichergestellt werden. Es wird zwischen temporären (Nutzungsdauer < 2 Jahre) und permanenten (Nutzungsdauer > 2 Jahre), ungespannten (oder schlaffen) und vorgespannten Ankern unterschieden. Permanente verankerte Stützbauwerke sind ausschliesslich mit umfassend korrosionsgeschützten, vorgespannten Ankern auszuführen. Es gilt die ASTRA Richtlinie 12 005 „Boden und Feldanker“ [3].

5 Anforderungen

5.1 Allgemeines

- Es wird vorausgesetzt, dass Stützbauwerke nur dort errichtet werden, wo keine ungesicherten Böschungen realisierbar sind. Die Stabilität der Böschungen muss dabei gewährleistet sein. Im Lockergestein darf die Böschungsneigung von 2:3 (h:b) nicht überschritten werden.
- Für Stützbauwerke bis 4 m Gesamthöhe sind in der Regel nur Schwergewichtsmauern vorzusehen. Diese sind nicht nur aus Gründen der Dauerhaftigkeit sondern auch in der Regel hinsichtlich der Ökobilanz vorteilhaft.

- Die Baustoffe des Stützbauwerks sind so zu wählen, dass sie die in der Projektbasis gestellten Anforderungen bezüglich der Tragsicherheit, der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit erfüllen.
- Eine Bepflanzung / Bewuchs von Stützbauwerken ist grundsätzlich nicht erwünscht, es sei denn, es liegt dazu ein spezielles Konzept hinsichtlich Ästhetik und Unterhalt vor.
- Notwendigkeit und Ausbildung von Absturzsicherungen sind gemäss den entsprechenden VSS-Normen zu beurteilen und auszuführen (VSS SN 640 568 «Passive Sicherheit im Strassenraum – Geländer» und VSS SN 640 562 «Passive Sicherheit im Strassenraum – Fahrzeug-Rückhaltesysteme»).
- Allfällige Geländerpfosten auf Mauerkronen sind vertikal und mit aufgeschraubten Fussplatten auszubilden.
- Ein allfälliger Graffitischutz ist je nach Exposition in Absprache mit dem TBA / Sektion Kunstbauten festzulegen.
- Abweichungen von diesen Grundsätzen sind denkbar, jedoch zu begründen und vom TBA zu genehmigen.

5.2 Bemessung

- Falls die Verformungen begrenzt werden müssen (z.B. bei talseitigen Stützbauwerken), ist mit dem erhöhten aktiven Erddruck zu rechnen. Der Verdichtungsdruck ist zu berücksichtigen.
- Kann erdseitig keine dauerhafte Entwässerung sichergestellt werden, so ist das Bauwerk für einen maximal anzunehmenden Wasserdruck zu bemessen. Der Grundwasserspiegel ist in der statischen Bemessung mit dem Höchststand zu berücksichtigen.
- Die Kraftereinleitung allfälliger horizontaler Kräfte auf Abschrankungen und Lärmschutzwände bzw. Anprallkräfte auf Leitschranken ist bei der Bemessung zu berücksichtigen.
- Schwergewichtsmauern aus unbewehrtem Beton oder Natursteinmauerwerk sind so zu bemessen, dass die Resultierende aus horizontalen und vertikalen Einwirkungen im Querschnitt verbleibt und in der überdrückten Zone die Druckfestigkeit des Materials nicht überschritten wird.
- Die Tragsicherheit unter Erdbebeneinwirkung ist für alle verankerte Stützbauwerke nachzuweisen, unabhängig von Gefährdungszone und Bauwerksklasse. Gerade im Grenzzustand Typ 3 (Tragwiderstand des Baugrunds) kann die Erdbebeneinwirkung massgebend werden (vgl. [3]).

6 Konzeptionelle Hinweise

6.1 Grundsätze

- Stützbauwerke sind stark prägende Elemente im Strassenbau. Sie sind deshalb bewusst zu gestalten. Entlang eines Strassenabschnittes sollen gleiche Gestaltungsgrundsätze ablesbar sein. Bei Verwendung von Natursteinen ist die Gesteinsart auf die Umgebung abzustimmen.
- Die Struktur einer Mauer (Schalbild bei Betonmauern bzw. Schichtung der Steine) ist grundsätzlich parallel zur Strasse (Längsneigung der Mauer \triangleq Gefälle der Strasse) auszubilden. Bei grosser Längsneigung ($> 5\%$) oder einer Umgebung, in der die horizontalen bzw. vertikalen Linien dominieren, bei einer speziellen Mauer- oder Bruchsteingeometrie oder bei talseitigen Stützmauern kann eine horizontale Struktur der Mauer vorteilhaft wirken.
- Die Stützbauwerke sind in der Regel mit einem Anzug h:b von max. 20:1 auszubilden; für Schwergewichtsmauern gilt ein maximaler Anzug h:b von 10:1.
- Bei anfallendem Hang- bzw. Sickerwasser hinter der Stützmauer ist i.d.R. ein langfristig funktionstüchtiges, kontrollier- und spülbares Drainagesystem erforderlich (Drainagematte, drainierende Hinterfüllung, Sickerleitung, kein Sickerbeton) (Kapitel 7).
- Entwässerungslöcher im Stützbauwerk sind zu vermeiden.

6.2 Konstruktive Hinweise zu einzelnen Stützbauwerk-Typen

Betonmauern

- Aus konstruktiven Gründen sollte die Mauerdicke mindestens 30 cm betragen.
- Um stehendes Wasser zu verhindern, sind Oberkanten nicht horizontal, sondern grundsätzlich mit einer Neigung auszuführen, dabei gilt für Konsolkopfoberkanten eine Neigung $\geq 5\%$ von der Strasse weg und für Fundamentoberkanten eine Neigung $\geq 10\%$ nach aussen.
- Mauerkronen sind entsprechend der gewählten Struktur (in der Regel parallel zur Strasse) auszubilden. Übergänge zwischen verschiedenen hohen Mauerpartien sind durch kurze, schräge Übergangsstücke mit konstanten Winkeln (in der Regel 30 Grad) zu bilden (wechselnde Neigungswinkel wirken nervös).
- Grundsätzlich ist eine glatte, qualitativ hochwertige, unterhaltsarme Sichtbetonqualität anzustreben.
- Alle sichtbaren Kanten sind zu brechen.
- Stützbauwerke aus Beton sind in der Regel mit einem durchgehenden bewehrten Konsolkopf auszubilden. Die horizontale Bewehrung talseitiger Konsoköpfe ist für hohe Anforderungen bezüglich Rissbildung auszulegen. Bei bergseitigen Konsolköpfen genügen i.d.R. erhöhte Anforderungen, ausser sie liegen im Spritzwasserbereich. Die Konsolköpfe sind in einem separaten Arbeitsgang zu betonieren.

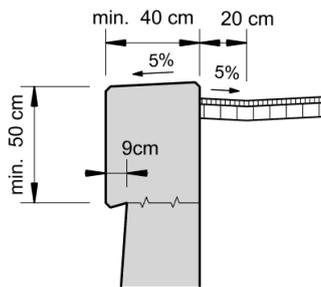


Abbildung 1 Abmessungen Konsolkopf

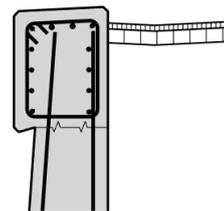


Abbildung 2 Konsolkopfbewehrung

- Bei Schwergewichtsmauern aus unbewehrtem Beton darf bei bergseitigen Mauern auf einen durchgehenden bewehrten Konsolkopf verzichtet werden, wenn der Bereich nicht öffentlich zugänglich ist und so keine zusätzlichen Nutzlasten auf die Mauer wirken und es keiner Absturzsicherung bedarf.
- Bei bergseitigen Böschungen ist gemäss [2] die Mauerkrone 30 cm höher als das anstehende Gelände auszuführen. Zusätzlich ist in der Regel ein ebener Auffangraum von mindestens 50 cm Breite zu erstellen.

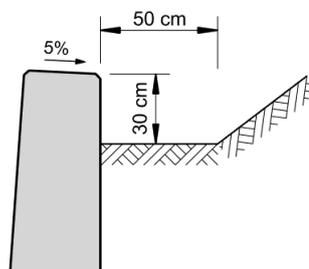


Abbildung 3 Abmessungen bergseitiger Abschluss ohne Konsolkopf

- Schwergewichtsmauern sind nach Möglichkeit ohne Bewehrung auszuführen. Es sind daher vertikale Dilatationsfugen vorzusehen, mit einem Fugenabstand, je nach Mauerhöhe, zwischen 4 m und 8 m, wobei ein Verhältnis Fugenabstand zu Höhe kleiner 1.5 anzustreben ist. Die Fugen sind von hinten abzudichten. Die Wahl des Abdichtungssystems hängt vom zu erwartenden Wasserdruck und den zu erwartenden differentiellen Verformungen an der Fuge ab. In den Fugen selber sind keine Einlagen vorzusehen, nur eine Trennlage.

Das Fundament wird fugenlos und ohne Bewehrung ausgeführt. Sollte der talseitige Sporn jedoch so weit hervorstehen, dass eine Kraftausbreitung $b:h > 1:2$ erforderlich ist, ist eine untere Bewehrung von $\varnothing 18/300$ in beide Richtungen vorzusehen bzw. die untere Bewehrung ist auf Biegung zu bemessen (vgl. Abbildung 4).

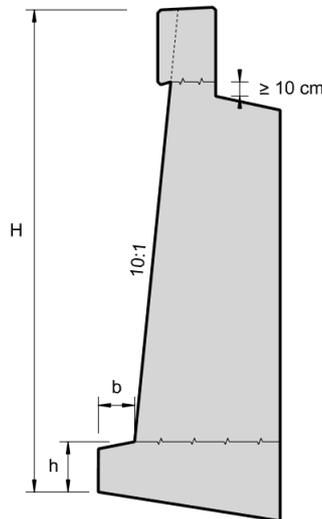


Abbildung 4 Geometrie Schwergewichtsmauer aus Beton. Die Neigung der Fundamentunterkante ist abhängig von der Gleitsicherheit

- Bewehrte Betonmauern sind in Längsrichtung grundsätzlich fugenlos auszuführen.
- Der Mindestbewehrungsgehalt von Stahlbetonstützbauwerken zur Begrenzung der Rissbreiten ist gemäss der Norm SIA 262 [1] vorzusehen. Für Bauteile im Spritzwasserbereich (Konsolköpfe bei talseitigen und die unteren drei Meter bei hangseitigen Stützbauwerken) gelten hohe Anforderungen bez. Rissbildung. Für Bauteile ausserhalb dieser Bereiche gelten erhöhte Anforderungen.
- Es ist eine Bewehrungsüberdeckung von $c_{nom} \geq 55$ mm einzuhalten.
- Bei bewehrten Betonmauern ist grundsätzlich ein Tiefbaubeton T4 (NPK G: XC4(CH), XD3(CH), XF4(CH)) anzuwenden. Bei unbewehrten Betonmauern genügt ein T1 (NPK D: XC4(CH), XD1(CH), XF2(CH)) mit einer niedrigeren Festigkeit. Zur Vorbeugung einer AAR sind die Anforderungen des Merkblatts SIA 2042 einzuhalten.
- Eine Hydrophobierung ist entsprechend den Vorgaben des Merkblatts C2-6, Hydrophobierung, vorzusehen. Ausgenommen sind unbewehrte Bauteile.

Schwergewichtsmauern mit Natursteinvormauerung Natursteinmauerwerk

- Die Fugen sind rundvertieft gemäss der Norm SIA 266/2 [1], Figur 17 auszuführen.

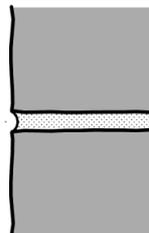


Abbildung 5 Rundvertiefte Fugen gemäss der Norm SIA 266/2 [1], Figur 17

- In der Regel ist ein gerichtetes Schichtenmauerwerk (z.B. Typ D gem. Norm SIA 266/2 [1], Anhang A) auszuführen (Abbildung 6).
- Bei der Auswahl der Natursteine ist das Merkblatt [5] zu beachten.

Quader-Blocksteinmauern

- Die sichtbaren Oberflächen der Quaderblöcke dürfen keine durchgehenden Bohrlöcher aufweisen.
- Die Mörtelfugen sind mindestens 5 cm zurückversetzt so auszubilden, dass mit einer minimalen Schichtstärke ein vollflächiger Kontakt der Blöcke gewährleistet ist.

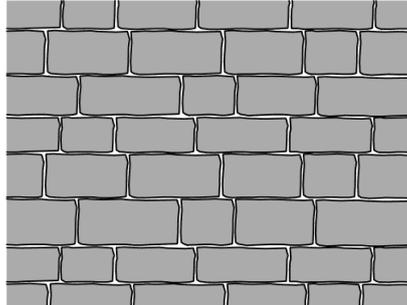


Abbildung 6 Gerichtetes Schichtenmauerwerk Typ D gemäss der Norm SIA 266/2 [1], Anhang A

Verankerte Stützbauwerke

- Beim Einsatz von Anker ist in jedem Fall ein Überwachungskonzept mit Verschiebungsmessungen und Festlegung von Grenzwerten und Massnahmen bei Nichterreichen durch Überschreitung festzulegen.
- Für permanente Anwendungen sind grundsätzlich nur Litzenanker aus Spannstahl zulässig.
- Es dürfen nur zertifizierte Ankersysteme verwendet werden.
- Die Dauerhaftigkeit der Anker muss durch einen angemessenen Korrosionsschutz und allenfalls Erdungsmassnahmen gewährleistet werden. Für alle vorgespannten, permanenten Anker ist ein umfassender Korrosionsschutz gemäss SIA 267 auszuführen. Die Prüfung des Korrosionsschutzes ist gemäss SIA 267/1 (6.2.5) durchzuführen. Für alle ungespannten, permanenten Anker gilt die Schutzstufe 2a oder 2b.
- Bei Stützbauwerken, deren Verhalten durch Deformationsmessungen aussagekräftig überwachbar ist, z.B. Pfahlwände (nicht jedoch Winkelstützmauern!), können die Ankerköpfe durch Einbetonieren dauerhaft geschützt werden (sofern keine grösseren Ankerkraftänderungen zu erwarten sind). Voraussetzung ist eine ausreichende Anzahl von Kontroll- und Messankern gemäss Norm SIA 267 [1].
- Bei einbetonierten Ankerköpfen ist die Schutzhaube vollständig mit Korrosionsschutzmasse zu verfüllen.
- Einbetonierte Anker müssen einfach lokalisierbar sein.
- Nicht einbetonierte Ankerköpfe sind gegen mechanische (z.B. Fahrzeuganprall, Steinschlag) und chemische (Spritzwasser) Einwirkungen zu schützen (z.B. Nischen, Abdeckblech, Schutzhauben).
- Bei nicht einbetonierten Ankerköpfen ist der Ankerkopf mit einer dünnen Schicht Korrosionsschutzmasse und Schutzhauben zu schützen. Die Schutzhaube weist am tiefsten Punkt ein Loch ($D = 6 \text{ mm}$) zur Belüftung und Entwässerung auf.

7 Entwässerung

Im Baugrund kann Hang- oder Grundwasser vorhanden sein. Dadurch vergrössern sich die Einwirkungen auf die Stützbauwerke. Diese müssen in der Bemessung berücksichtigt werden oder durch bauliche Massnahmen (Drainagematte, drainierende Hinterfüllung, Sickerleitung) verhindert werden. Das Drainagesystem muss kontrollier- und spülbar sein. Sicker- oder Drainagebeton dürfen nicht angewendet werden (Verstopfungsgefahr durch Zementauslaugung).

- Das Meteorwasser ist bereits oberflächlich hinter dem Bauwerk zu fassen und getrennt abzuführen. Bei Bedarf ist eine Rinne auszuführen.
- Das anfallende Hang- bzw. Sickerwasser an der Rückseite des Stützbauwerks wird vertikal drainiert und in einer längs verlaufenden Sickerleitung gefasst und gezielt abgeleitet. Zur Drainage ist eine Drainagematte / Noppenfolie oder eine Drainageschicht mit Geröll / Kies vorzusehen (siehe Abbildung 7).

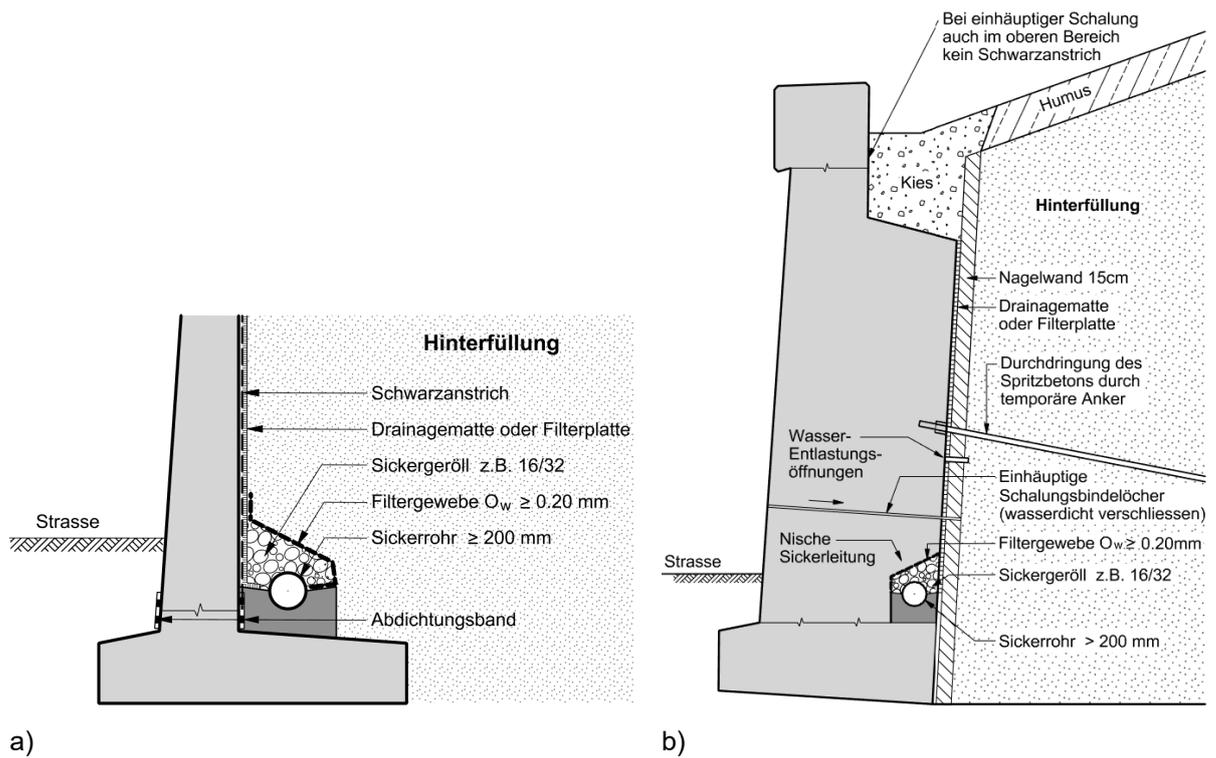


Abbildung 7 Detail Entwässerung am Mauerfuss a) am Beispiel einer Winkelstützmauer und b) am Beispiel einer Schwergewichtsmauer, die einhäufig an einen temporären Baugrubenabschluss oder an eine Felsoberfläche erstellt wurde

- Der Durchmesser von Sickerleitungen soll mindestens DN 200 mm betragen und ihr Gefälle $\geq 1\%$ aufweisen. Abbiegungen sind mit max. 45° auszuführen. Rohre aus PE-HD oder PP haben sich bewährt. Die Verwendung von PVC ist nicht zugelassen [4].
- Es ist auf geeignete Spülmöglichkeiten zu achten. Bei neuen Objekten sind mindestens alle 75 m Spülöffnungen und an den Enden Kontrollschächte vorzusehen. Deren Abmessungen sind so zu wählen, dass übliche Unterhaltswerkzeuge eingesetzt werden können (hydromechanische und mechanische Reinigungsinstrumente, Kanalfernsehen usw.) [4]. Die Spülstutzen sind mit Deckeln zu verschliessen.
- Bei sehr langen Mauern kann eine abschliessbare Inspektionstüre mit Nische vorgesehen werden.
- Die Pläne der ausgeführten Entwässerung müssen separat der Fachstelle Staatstrassenentwässerung gemäss deren Vorgaben abgegeben werden.

8 Hinweise zur Ausführung

8.1 Winkelstützmauern

Bei Winkelstützmauern ist die bergseitige Anschlussbewehrung der Wand zum Fundament kritisch für die Tragsicherheit. Korrosion dieser Anschlussbewehrung kann zu einer bedeutenden Reduktion des Tragwiderstandes der Stützmauer führen, ohne dass dies sichtbar oder durch eine zunehmende Verformung erkennbar ist. Ein plötzliches Versagen ohne Vorankündigung kann aufgrund des heutigen Wissenstandes die Folge sein.

Dieses Kapitel enthält Anforderungen an die Ausführung am Wandfuss von Winkelstützmauern, um Korrosion der kritischen Anschlussbewehrung zu verhindern.

Anforderungen an die Ausführung

Generelle Anforderungen

- Beim Betonieren der Wand ist i.d.R. ein Fallrohr zu benutzen. Um ein gutes Verdichten zu gewährleisten, ist bei Wänden mit Anzug oder grossen Betonierhöhen durch Führungsspiralen sicherzustellen, dass die Vibriernadeln überall hinreichen. Betonierhöhen > 4 m sind möglichst zu vermeiden.

- Um Kiesnester zu vermeiden, ist die Wandschalung vor dem Betonieren auf OK Fundament abzudichten. Ein Höhenversatz der Betonierfuge Fundament / Wand (vgl. auch Abbildung 7) bietet hier den Vorteil, dass das Dichtungsband auf die glatte Oberfläche des vertikalen Wandabschnitts unterhalb der erhöhten Betonierfuge aufgebracht werden kann und nicht, wie bei der konventionellen Schalung, auf die unebene (taloschierte) Oberfläche des Fundamentfusses, wodurch die Dichtigkeit besser gewährleistet werden kann.
- Nachbehandlung
- Die erdberührten Bereiche der Stützmauer sind mit einem Schutzanstrich auf Bitumenbasis zu versehen.
- Die Arbeitsfugen sind rückseitig mit einem Fugenabdichtungsband (z.B. Hypalonband) abzukleben.

Zusätzliche Anforderungen

Zusätzlich zu den oben aufgeführten Massnahmen können weitere Massnahmen zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit verlangt werden:

- Erhöhung der Arbeitsfuge Fundament / Wand um ≥ 10 cm mit Hilfe einer Kickerschalung
- Anschlussbewehrung aus nichtrostendem Betonstahl ($KWK \geq 3$ gemäss Merkblatt SIA 2029). Die geforderten Duktilitätseigenschaften des Betonstahls (Duktilitätsklasse B gemäss Norm SIA 262 [1]) sind sicherzustellen.

Welche zusätzlichen konstruktiven Massnahmen anzuwenden sind, hängt von der Gefährdung (vgl. Tabelle 2) und der Höhe der Stützmauer ab ($H_{s,max}$ = Höhe Stützmauer ab OK Terrain):

Gefährdung H _{s,max}	klein	mittel	gross
< 2.0 m	-	-	b
2.01 – 4.0 m	-	a	b
> 4.0 m	a	a	a + b

Tabelle 1 *Zusätzliche Massnahmen zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit in Abhängigkeit der Gefährdung und der Höhe der Stützmauer*

Die Einteilung in die drei Gefährdungsstufen klein, mittel und gross folgt dem Grundsatz in Abschnitt 9.2.

8.2 Hinterfüllung und Verdichtung

- Stützbauwerke sind mit natürlichem, unverschmutztem und durchlässigem Schüttmaterial (Lockergestein) zu hinterfüllen, welches einen möglichst geringen Anteil an Silt und Ton aufweist. Talseitige Stützmauern sind mit gut verdichtbaren kiesig, sandigen Schüttmaterialien schichtweise zu hinterfüllen. Dabei sind die Schüttschichten alle 30 bis 60 cm zu verdichten, um nachträgliche Setzungen und Verschiebungen zu begrenzen.
- Die Schichtoberflächen sind mit Gefälle in Richtung der Drainage auszuführen.
- Dort, wo eine Ausbruchsicherung mit Spritzbeton erforderlich ist, besteht das Risiko, dass sich hinter dem Spritzbeton Wasser aufstaut. Dieser Gefahr ist durch systematische Perforation der Spritzbetonschale und einer Drainageschicht auf dem Spritzbeton zu begegnen. Im Lockergestein und im Mergelfels ist dazu eine Drainagematte geeignet, im harten Fels kann auch eine Noppenbahn eingesetzt werden.

9 Überwachung

Grundsätzlich sind Stützbauwerke während ihrer ganzen Nutzungsdauer periodisch zu überwachen. Umfang und Intensität der Überwachung sind stark abhängig von der Höhe und vom Gefährdungspotential des Stützbauwerks. Insbesondere bei verankerten Stützbauwerken mit vorgespannten Ankern ist die Überwachung von grosser Bedeutung.

Die Stützbauwerke in der Anlageverantwortung der Sektion Kunstbauten der Abteilung P+R im Tiefbauamt des Kantons Zürich werden periodisch (5-jährlich) visuell und / oder mit einfachen Hilfsmitteln kontrolliert. Aufgrund dieser ersten Beurteilung werden die Bauwerke in verschiedene Zustandsklassen eingeteilt, und je nach Dringlichkeitsstufe für eine detaillierte Überprüfung vorgesehen.

9.1 Anlageverantwortung

Die Anlageverantwortung im TBA für die Stützbauwerke im Kanton Zürich sind im Dokument Anlagenverantwortung Kantonsstrassen [121.01.07-B] definiert:

- Die Stützbauwerke mit einer sichtbaren Höhe H_s (vgl. nachfolgende Abbildung) grösser 1.50 m (Winkelstützmauern) respektive 2.0 m (Schwergewichtsmauern) und verankerte Stützbauwerke liegen in der Verantwortung der Sektion Kunstbauten der Abteilung P+R im Tiefbauamt und werden in LOGO «Modul Kunstbauten» erfasst und gepflegt.
- Die Anker der verankerten Stützbauwerke werden in Zusammenarbeit mit der Sektion O+G des Strasseninspektorats im Tiefbauamt geprüft und beurteilt.
- Für die übrigen Stützbauwerke sowie alle Elementplattenmauern mit Injektionsvernagelungen und Raumgitter-Stützmauern, unabhängig ihrer Höhe, ist das Strasseninspektorat zuständig. Diese werden in LOGO «Modul Kunstbauten Bund» erfasst und gepflegt.
- Stützbauwerke mit Baujahr vor 2005 wurden meistens unter der Leitung des Strasseninspektorats oder des Strassenbaus (ehemals Abteilung Staatsstrassen) erstellt. Es sind häufig keine detaillierten Pläne vorhanden.

9.2 Einteilung in Gefährdungsstufe

	Gefährdungsstufe		
	klein	mittel	gross
Gefährdung oberhalb, $b < 2 \cdot H_{s,max}$			
Gleise von Bahnen			x
Strassen			x
Flurwege		x	
Häuser	$\alpha < 20^\circ$	$20^\circ < \alpha < 30^\circ$	$30^\circ < \alpha$
Fussweg	x		
Bäume, Wald, Grünflächen	x		
Gefährdung unterhalb, $a < 2 \cdot H_{s,max}$			
Haltestellen von Bussen etc.			x
Wichtige Strassen, Bahnlinien			x
Gewässer		x	
Fussweg	x		

Tabelle 2 Einteilung in Gefährdungsstufen (vgl. Abbildung 8)

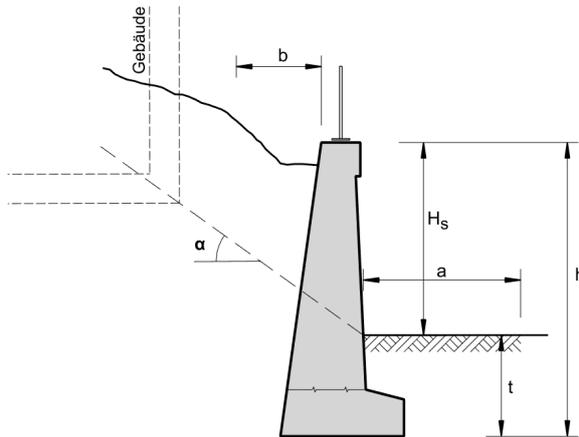


Abbildung 8 Abmessungen für Einteilung in Gefährdungsstufen (Skizze schematisch)

9.3 Zustandsbeurteilung durch das Tiefbauamt

Bei den 5-jährlichen Hauptinspektionen wird der Zustand der Stützbauwerke mit 5 Kategorien bewertet:

- 1 = gut
- 2 = annehmbar
- 3 = schadhaft
- 4 = schlecht
- 5 = alarmierend

Hinweise zur Zustandsbeurteilung sind im Anhang 1 aufgeführt.

Werden im Rahmen der Hauptinspektionen oder aus anderem Anlass bei einem Stützbauwerk relevante Schäden oder Hinweise auf eine Gefährdung der Tragsicherheit festgestellt, und gehört das Stützbauwerk gemäss Abschnitt 9.2 zu einer mittleren bis grossen Gefährdungsstufe, kann eine Priorisierung für eine Überprüfung durch ein fachkundiges Ingenieurbüro (vgl. Kapitel 10) festgelegt werden:

Visuelle Beurteilung	Gefährdung			
	$H_{s, max}$	klein	mittel	gross
gut	bis 2.0 m			
	2.01 - 4.0 m			
	über 4.0 m			
schadhaft	bis 2.0 m			
	2.01 - 4.0 m			
	über 4.0 m			
schlecht	bis 2.0 m			
	2.01 - 4.0 m			
	über 4.0 m			

Dringlichkeitsstufen

- 1: Überprüfung durch Ingenieurbüro bis in 3 Jahren (ZK 4, 5)
- 2: Überprüfung durch Ingenieurbüro bis in 5 Jahren (ZK 3)
- 3: Erneute Beurteilung durch TBA im Rahmen der nächsten Inspektion in 5 Jahren (ZK 1, 2)

Anmerkungen

- Falls Bewuchs die visuelle Zustandsbeurteilung behindert, ist dieser vor der Inspektion von der zuständigen Strassenregion entfernen zu lassen.

- Bei der Zustandsbeurteilung ist zu beachten, dass der visuelle Zustand täuschen kann. Es ist möglich, dass das Stützbauwerk visuell betrachtet in einem guten Zustand zu sein scheint, obwohl es bedeutende Schäden aufweist. Verdeckte Schadstellen, wie z.B. innen liegende Hohlstellen und Kiesnester, können visuell nicht erkannt werden. Oberflächennahe Hohlstellen können mit Abklopfen lokalisiert werden. Tiefer liegende oder bergseitige Schäden dagegen sind mit einfachen Mitteln nicht erkennbar. Dies ist insbesondere bei Winkelstützmauern, bei denen die hintenliegende Bewehrung massgebend für die Tragsicherheit ist, kritisch.

9.4 Verankerte Stützbauwerke

- Permanente Anker müssen regelmässig kontrolliert und unterhalten werden können. Der Erhaltungsplan (Messungen, späteres Ersetzen der Anker) ist im Dokument „Nutzung und Erhaltung“ zu dokumentieren.
- Nur vorgespannte Anker sind überwachbar. Die Überwachung der Verankerung mit ungespannten Ankern beschränkt sich allein auf die Messung der Verschiebungen und Deformationen des Stützbauwerks.
- Bei vorgespannten Ankern ist eine ausreichende Anzahl Messanker gemäss Norm SIA 267 [1] vorzusehen.
- Die Messanker sind jährlich zu kontrollieren.
- Die Kabel von den Messankern sollten zu einem zentralen, gut zugänglichen Messkasten geführt werden.
- Kraftmessdosen von Messankern an exponierten Stellen oder mit langen Messleitungen sind mit Blitzschutz auszurüsten.
- Zur Überwachung des Korrosionsschutzes sind die Messanker zusätzlich mit eine Kabel für die Messung des elektrischen Widerstandes auszurüsten. Der elektrische Widerstand ist mindestens bei der Hauptinspektion zu messen.

9.5 Entwässerung

Insbesondere bei älteren Stützbauwerken wurden oft vorhandene Entwässerungen in den Planunterlagen nicht dokumentiert, so dass die Zuständigkeit nicht geklärt ist und kein Unterhalt wie Spülen erfolgt. Der mangelnde Unterhalt wirkt sich direkt auf den Zustand der Leitungen aus, es kann zu Ablagerungen, Schäden, Einbrüchen und Verwurzelungen kommen, was wiederum zu Wassereinstau führen kann.

Zudem wurden Drainageleitungen teilweise nicht geplant oder trotz Planung nicht ausgeführt, oder die Anschlüsse an die Strassenentwässerung wurden nicht erstellt. Auch hier kann es zu Wassereinstau kommen.

In der Folge sind diese Konstruktionen so möglicherweise schon länger hydrostatischem Druck ausgesetzt und es besteht die Gefahr eines möglichen Tragwerksversagens. Beobachtungen (Verformungen kombiniert mit Wasseraustritt, Feuchte), die auf eine schadhafte oder fehlende Entwässerung hindeuten, sind bei der Inspektion daher besonders zu beachten.

Vorgehen bei Verdacht einer nicht funktionstüchtigen Entwässerung:

- Spülen der Leitungen und Nachführen in den Plänen.
- Ist das Spülen der Leitungen nicht möglich, bzw. sind diese nicht auffindbar, ist eine Überprüfung durch ein Ingenieurbüro zu veranlassen und/oder Entlastungsbohrungen sind vorzusehen.

10 Überprüfung durch Ingenieurbüro

Ist eine Überprüfung durch ein Ingenieurbüro angezeigt, erfolgt diese in 3 Phasen (Flussdiagramm/Ablauf Überprüfung, Anhang 2):

- Phase 1: Grundlagenbeschaffung (Checkliste Phase 1, Anhang 3)
- Phase 2: Erste Zustandsaufnahme mit einfachen Hilfsmitteln (Checkliste Phase 2, Anhang 4)
- Phase 3: Detaillierte Zustandsaufnahme (Checkliste Phase 3, Anhang 5)

Mit der phasenweisen Überprüfung werden folgende Ziele angestrebt:

- Festlegung des Stützbauwerktyps (Winkelstützmauer, Schwergewichtsmauer, verankerte/nicht verankerte Stützbauwerke, Verkleidungen, etc.)
- Aufnahme der detaillierten Geometrie (Länge, Höhe, Stärke, Mauerkrone, Öffnungen, etc.), falls keine Pläne vorhanden sind
- Bestimmung des allgemeinen Zustandes des Stützbauwerks

- Aufnahme des Zustandes des Materials (Hohlstellen, Abplatzungen, Kiesnester, etc.)
- Rechnerische Überprüfung \Rightarrow Statische Beurteilung
- Erfassen / Dokumentation und Nachführung der Entwässerung

10.1 Phase 1: Grundlagenbeschaffung

Nach dem Studium der Erkenntnisse aus den Hauptinspektionen sind die weiteren Grundlagen zu beschaffen. Je nach Bauwerkalter ist es jedoch möglich, dass beim TBA keine Pläne des Stützbauwerks vorhanden sind. Daher ist nicht nur in den Archiven des TBA (Planarchiv, Baugrundarchiv), sondern auch in anderen Archiven (z.B. Gemeinde, Ingenieurbüros, etc.) nachzuforschen. Bei Stützbauwerken im Bereich von Brücken sollen zudem die Akten der Kunstbaute gesichtet werden. Ebenso sind auch Akten allfälliger Projekte von Strassen entlang des Stützbauwerks zu sichten.

Falls keine Unterlagen vorhanden sind, ist in der nächsten Phase die Geometrie aufzunehmen.

Über frühere Nutzungen ober- oder unterhalb der Mauer können auch Gespräche mit (älteren) Anwohnern wertvolle Hinweise geben.

Zudem sollen die weiteren Grundlagen erhoben werden, welche einen Einfluss auf das Stützbauwerk haben oder den Zustand des Stützbauwerks beeinflussen können, z.B. Werkleitungen, Kandelaberstandorte, etc.

Die Randbedingungen allfälliger weiterer Projekte oder Werkleitungserweiterungen sind zu prüfen. Eventuell sind sogar Massnahmen durch Drittprojekte an dem Stützbauwerk vorgesehen oder bereits erfolgt (Abbrechen, Erhöhung, Laständerungen oberhalb, etc.).

10.2 Phase 2: Erste Zustandsaufnahme mit einfachen Hilfsmitteln

Für die Zustandsaufnahmen ist ein Konzept auf Basis der Phase 1, Grundlagenbeschaffung, zu erstellen, welches vor Ausführung mit dem TBA (P+R, O+G) besprochen wird. Die Phase 2 dient dazu, die Grundlagen für die detaillierte Zustandsaufnahme zu erarbeiten.

Das Konzept soll folgende Punkte beinhalten

- Aufnahme der Stützbauwerkgeometrie (Länge, Höhe, Breite Mauerkrone, etc.), sofern diese nicht aufgrund von Plänen bekannt sind. Falls Pläne über das Bauwerk vorhanden sind, sind die sichtbaren Abmessungen zu verifizieren (Verifizierung der Mauerstärke in Phase 3). Allfällige Fugen sind zu dokumentieren.
- Visuelle Beurteilung: Sichtbare Schäden werden in Skizzen eingezeichnet, Verformungen sind aufzunehmen (z.B. mit Wasserwaage), auch weitere Beobachtungen wie Feuchtstellen, Risse, Wasseraustrittsstellen, etc. sind zu dokumentieren.
- Zum Gesamteindruck gehört auch eine visuelle Aufnahme der Umgebung. Schächte, Entwässerung, Kandelaber, allfällige Hangrutschungen, allfällige Hinweise auf Kolkerscheinungen bei Gewässern oder der Zustand allfällig vorhandener Strassen und Wege oberhalb der Mauer sind aufzunehmen und zu dokumentieren. Die Zugänglichkeit zum Stützbauwerk für weitere Aufnahmen ist zu prüfen.
- Zugängliche Oberflächen sollen mit dem Hammer abgeklopft werden. Dabei können oberflächennahe Hohlstellen lokalisiert werden. Je nach Ausmass der Schädigungen sind in der Phase 3 noch grössere Bereiche oder sogar die ganze Mauerfläche abzuklopfen
- Für die Bestimmung des Stützbauwerktyps kann versucht werden, allfällige Bewehrungen zu orten (Magnete, Profometer, Ferroskan). Zudem können aufgrund der Erkenntnisse allfällige weitere Messungen (Potentialmessungen, Bestimmung des Chloridgehalts, etc.) für die Phase 3 geplant werden.
- Für die Aufnahme der Foundation in der Phase 3 sind Sondagen zu definieren. Dabei gilt es zu beachten, dass bei einem Längsgefälle der Mauer oder des talseitigen Geländes, die Fundamente abgetrept sein können.
- Die für eine rechnerische Überprüfung notwendigen Grundlagen sind zusammenzustellen. Falls die Baugrundwerte nicht bekannt sind, sind diese in Rücksprache mit dem TBA O+G festzulegen. Allenfalls sind für die Bestimmung oder Verifizierung in der nächsten Phase noch zusätzliche Sondierungen (Rammsondierungen, Baggerschlitze) nötig. Die Grundwasserverhältnisse sind zu klären.
- Mit Prallhammermessungen kann die Betonfestigkeit abgeschätzt und die Homogenität des (oberflächlichen) Betons beurteilt werden. Anmerkung: Bei älteren Stützbauwerken sind diese Aufnahmen wegen unregelmässigen oder unebenen Oberflächen nicht immer möglich.

Mit Abschluss der Phase 2 soll ein Konzept für das Vorgehen in Phase 3 erarbeitet werden. Dabei sollen folgende Fragen geklärt werden:

- Welche Angaben sind bereits vorhanden?
- Welche weiteren Angaben sind für die weitere Bearbeitung/Beurteilung erforderlich?

10.3 Phase 3: Detaillierte Zustandsaufnahme

Als Grundlage dienen die Aufnahmen der Phasen 1 + 2. Die detaillierten Zustandsaufnahmen sind je nach Objekt, der vorhandenen Unterlagen und Randbedingungen festzulegen. Allenfalls ist es sinnvoll diese nochmals in 2 Phasen zu unterteilen, um den Aufwand der Aufnahmen zu beschränken. Nachfolgend werden verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, mit welchen der Zustand oder die Geometrie aufgenommen werden kann.

- Mit Kernbohrungen kann die Qualität des Materials des Stützbauwerks sowie die Mauerstärke geprüft werden. Die Bohrungen sind dabei durch die gesamte Mauer auszuführen und haben in unterschiedlichen Höhenstufen zu erfolgen. Dabei kann allenfalls auch eine Aussage über das Material hinter dem Stützbauwerk gewonnen werden.
- Mit Georadar- und Ultraschallmessungen kann die Mauerstärke aufgenommen werden. Die Messungen können in horizontalen und vertikalen Streifen ausgeführt werden. Dies muss je nach Objekt entschieden werden. Aufgrund der komplizierten Auswertung der Messungen sind diese zwingend mit Bohrkernen zu verifizieren.
- Die Foundation kann mit Sondagen am Fundamentfuss verifiziert werden. Dabei sind min. zwei Sondagen auszuführen. Da die Fundamente früher oft abgetrept ausgebildet wurden, macht es Sinn, die Sondagen bei Fugen oder Höhenunterschied anzuordnen. Dabei kann auch die Überdeckung bis OK Fundament und die Belagsstärke aufgenommen werden.
- Zur Festlegung des Baugrundmodelles müssen allenfalls Rammsondierungen oder Sondierschlitze (bergseitig) ausgeführt werden.
- Bei einer allfällig vorhandenen Bewehrung soll die Überdeckung und der Zustand der Bewehrung, die Karbonatisierungstiefe und ev. der Chloridgehalt in verschiedenen Tiefenstufen gemessen werden. Aus statischer Sicht ist die vordere Bewehrung nicht wichtig. Die Karbonatisierung des Betons oder Chlorideintrag können jedoch grossflächige Bewehrungskorrosion und damit grössere Betonabplatzungen verursachen, was eine Reduktion der Biegedruckzone zur Folge hat.
- Prüfen oder Lokalisieren von vorhandenen Ankern, z.B. visuell oder evtl. mit Ultraschall
- Zustand und Funktion von Entwässerungsleitungen können mit Kanalfernsehaufnahmen geprüft werden.

10.4 Rechnerische Überprüfung

Die rechnerische Überprüfung umfasst die Ermittlung der geotechnischen (Gleiten, Kippen, Grundbruch, Stabilität, etc.) und der statischen Sicherheit (Biegung, Querkraft, etc.).

Bei vielen Stützbauwerken kann mit einfachen Modellannahmen und Handabschätzungen eine grobe rechnerische Beurteilung erfolgen. Wenn wenige, unklare Angaben über den Baugrund vorhanden sind, so sind die Baugrundwerte zu variieren und ein "oberer" bzw. "unterer" Grenzwert bezüglich der Tragsicherheit abzuschätzen.

Ob eine rechnerische Überprüfung notwendig und sinnvoll ist, ist im Einzelfall zu prüfen und mit dem TBA zu besprechen (vgl. Bemerkungen unten).

Bei Stützbauwerken, bei denen die für eine zuverlässige rechnerische Überprüfung notwendigen Grundlagen (Geometrie, Baugrundwerte) fehlen, die keine Verformungen aufweisen und bei denen keine Korrosion der tragenden Bewehrung zu erwarten ist, ist der Aufwand einer Nachrechnung häufig nicht gerechtfertigt. In solchen Fällen muss je nach Gefährdung das Stützbauwerk überwacht bzw. weitere Messungen (Felsverschiebungen, Wasserstand, etc.) durchgeführt werden.

Wird entschieden, dass eine rechnerische Überprüfung durchzuführen ist, soll zuerst ein Konzept erarbeitet werden, aus dem ersichtlich ist, welche Grundlagen angenommen und welche Nachweise geführt werden.

Bei folgenden Anzeichen ist eine detailliertere rechnerische Überprüfung sinnvoll:

- Wenn Anzeichen von Verformungen oder Verschiebungen einzelner Bauwerksabschnitte oder des ganzen Stützbauwerks ersichtlich sind.
- Falls eine Laständerung (z.B. infolge einer neuen Strasse) oberhalb des Stützbauwerks geplant ist.
- Falls alle für eine zuverlässige Berechnung notwendigen Grundlagen (Bauwerksgeometrie und Baugrundwerte) vorhanden sind und die Nachweise mit einfachen Berechnungen geführt werden können.

Aufgrund der Feuchtigkeit hinter dem Stützbauwerk und der meist grossen Mauerstärke ist es nicht möglich, mittels einer Potenzialmessung eine zuverlässige Aussage über den Korrosionszustand der bergseitigen Bewehrung zu machen. Im Bericht Nr. 2685/1 von Dr. Vollenweider AG im Auftrag des ASTRA wurde die Gefährdung von Winkelstützmauern durch Korrosion untersucht. Zu beachten ist, dass die Korrosion zu einer bedeutenden Reduktion des Tragwiderstandes führen kann, ohne dass dies sichtbar oder durch eine zunehmende Verformung erkennbar ist.

Falls eine Korrosion der hinteren Bewehrung nicht ausgeschlossen werden kann und die vorhandenen Tragreserven als eher gering beurteilt werden, sind spezielle Überlegungen oder Massnahmen zu treffen und mit dem TBA zu besprechen (z.B. Erstellen von vertikalen Schächten bis auf den Fundationsfuss und materialtechnologische Untersuchungen).

11 Anhänge

- Anhang 1 Hilfsblatt zur Inspektion
- Anhang 2 Flussdiagramm / Ablauf Überprüfung
- Anhang 3 Checkliste Phase 1
- Anhang 4 Checkliste Phase 2
- Anhang 5 Checkliste Phase 3

Anhang 1 Hilfsblatt zur Inspektion

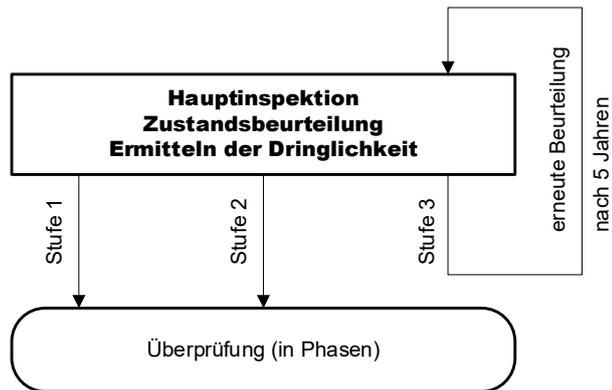
Zustand	1 gut	2 annehmbar	3 schadhaft	4 schlecht	5 alarmierend
Allgemeiner Zustand					
Feuchtigkeit, Kalkablagerungen		vereinzelte Stellen, wenig Kalkablagerungen	mehrere Stellen mit starken Ablagerungen	grossflächige, starke Ablagerungen	
Wasseranstrich, Eisbildung	Keine nennenswerten Schäden	vereinzelte Tropfstellen bzw. Eisbildung	mehrere Tropfstellen, Wasseranstriche bzw. Eisbildung (möglicher Hinweis auf schadhafte Entwässerung)	viele Stellen, grossflächiger Wasseranstrich / Eisbildung (Hinweis auf nicht mehr funktionstüchtige Entwässerung und damit mögliche Gefährdung der Tragsicherheit des Bauwerks und der Verkehrssicherheit durch Vereisung der Fahrbahn)	Die Sicherheit ist gefährdet, es sind dringend Massnahmen erforderlich
Verformung / Verkipfung (ausgenommen Steinkörbe)	keine sichtbaren			sichtbare Verformung / Verkipfung	
Bewuchs	hinsichtlich Tragsicherheit nicht relevanter Bewuchs		Bewuchs, der zu unkritischen Schäden an der Mauer geführt hat (z.B. Versatz / Rissbildung infolge Baumwurzeln)	Bewuchs, der zu kritischen Schäden am Bauwerk geführt hat (z.B. grosser Versatz / Rissbildung infolge Baumwurzeln)	
Stahlbeton					
vertikale Ritze	Bemerkung: vertikale Ritze sind i.d.R. Schwindrisse und hinsichtlich Tragsicherheit nicht relevant				
horizontale Ritze, Netzfisse	feine, trockene Ritze < 0.5 mm	einzelne grössere Ritze > 0.5 mm, z.T. mit Wasseranstrich / Aussinterungen / Hohlstellen / Abplatzungen	zahlreiche kleine oder wenige grössere Hohlstellen, gehäuft Abplatzungen mit teilweise freiliegender Bewehrung	viele grössere Ritze > 0.5 mm, mit Wasseranstrich / Aussinterungen / Abplatzungen, freiliegender Bewehrung	
Abplatzungen, Hohlstellen	örtlich, vereinzelte, kleine Abplatzungen, Hohlstellen	zahlreiche kleine oder wenige grössere Hohlstellen, gehäuft Abplatzungen mit teilweise freiliegender Bewehrung	oberflächlich korrodierte Bewehrungsstäbe: Korrosionsabtrag < 10%	Zahlreiche grosse Hohlstellen, flächige Abplatzungen, Gefügezerstörung des Betons, freiliegende Bewehrung	stark korrodierte Bewehrungsstäbe mit Bewehrungsabtrag > 10% und/oder Lochriss
Korrosion	Keine nennenswerten Schäden	vereinzelte Rostflecken, feine Ritze im Überdeckungsbelton über der Bewehrung	bedeutende Schäden: teilweise loser, ausgebrochener Fugementrikel, Kittkeil herausgelöst, Wasseranstriche aus Fugen, Fugenlanken an mehreren Stellen abgebrochen / gerissen.	starke Schäden: Fugementrikel generell stark beschädigt, Kittkeil fehlt, Wasseranstriche mit Aussinterungen, Fugenlanken grossflächig gerissen / ausgebrochen.	Die Sicherheit ist gefährdet, es sind dringend Massnahmen erforderlich
Schäden an Fugen		unbedeutende Schäden: Fugementrikel vereinzelte verwittert, nicht vollständig verfüllt, Kittkeil lokal gerissen, Fugenlanken mit kleinen Abplatzungen, Rissen.	bedeutende Schäden: teilweise loser, ausgebrochener Fugementrikel, Kittkeil herausgelöst, Wasseranstriche aus Fugen, Fugenlanken an mehreren Stellen abgebrochen / gerissen.	starke Schäden: Fugementrikel generell stark beschädigt, Kittkeil fehlt, Wasseranstriche mit Aussinterungen, Fugenlanken grossflächig gerissen / ausgebrochen.	Die Sicherheit ist gefährdet, es sind dringend Massnahmen erforderlich
Versatz bei Fugen		sichtbarer, feiner Versatz < 2 cm	festgestellter Versatz > 2 cm, Gemessen: cm		
Blockstein- / Bruchsteinmauer					
Risse in Fugen	Rissbreiten < 1 bis 2 mm	Rissbreiten 2 bis 5 mm	Rissbreiten > 5 mm		
Risse in Steinen	vereinzelte feine, steinbrechende Ritze	viele feine oder vereinzelte grosse, steinbrechende Ritze	viele grosse, steinbrechende Ritze		
Hohlstellen, Abschälungen, Ausbrüche an Steinen	oberflächliche Verwitterungsercheinungen oder Frostschäden (Abblättern, Hohlstellen)	bedeutende Verwitterungsercheinungen, grössere Stellen mit Abblättern, vereinzelte gelöste Steine	starke Verwitterungsercheinungen, einzelne Steine herausgefallen		Die Sicherheit ist gefährdet, dringend Massnahmen erforderlich
Verformungen	Keine nennenswerten Schäden	keine sichtbaren	Verformung erkennbar	starke Verformung / Ausbauchen / Kippen	
Schäden an Fugen		Fugementrikel vereinzelte verwittert, nicht vollständig verfüllt und / oder durchlässig	breite Ritze (> 5 mm) entlang den Fugen	Fugementrikel generell stark beschädigt, ausgebrochen, teilweise nur loser Verbund des Mauerwerks	starke Durchmässung der Mauerwerkstufen
Steinkörbe					
Verformung	Keine nennenswerten Schäden	Verformungen der Körbe	feststellbare Verschiebung / Verkipfung.	Steinkörbe stark verformt und teilweise zerstört, starke Verformungen / Verkipfung, Steine können auf Fahrbahn gelangen	Die Sicherheit ist gefährdet, es sind dringend Massnahmen erforderlich
Umgebung					
Belag		einzelne Ritze oberhalb der Wand	mehrere Ritze, leichte Abbenkung oberhalb der Wand	starke Rissbildung, Absenkung oberhalb der Wand	
Wasserläufe, Erosion im Terrain	Keine nennenswerten Schäden	Anzeichen von Wasserläufen und Erosion vorhanden	Schäden / Erosion infolge Wasser vorhanden	starke Schäden / Erosion infolge Wasser vorhanden	Die Sicherheit ist gefährdet, es sind dringend Massnahmen erforderlich
Geländeveränderung / Steinschlag		Anzeichen von geringer Geländeveränderung vorfländen	deutlich erkennbare Geländeveränderung	starke Geländeveränderung hat zu Folgeschäden am Bauwerk geführt und / oder Steinschlag	
Weiteres - Zustand nicht relevant für Gesamtbeurteilung der Tragsicherheit des Stützbauwerks					
Zaun / Geländer / Absturzsicherung	Keine nennenswerten Schäden	Prosten / Sargen leicht verbogen, Rostflecken, Untergrössenmatten mit einigen Abplatzungen, einzelne fehlende Schrauben	stärkere Verformung, Oberfläche rostig, Untergrössenmatten ausgebrochen	Zaun / Geländer defekt, durchgerostet, Prosten ausgebrochen	
Werkelungen	Keine nennenswerten Schäden	kleine Schäden, aber noch funktionstüchtig	grössere Schäden, Funktion gestört	Werkelungen nicht mehr funktionstüchtig	

Anhang 2 Flussdiagramm / Ablauf Überprüfung

Legende:

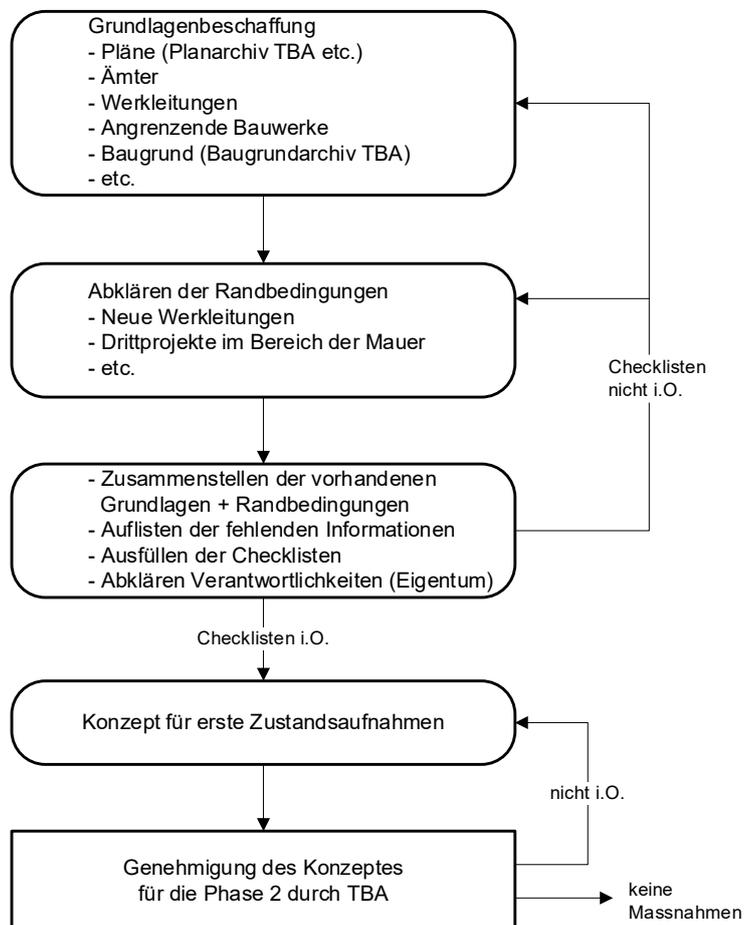


Einteilung Dringlichkeitsstufen

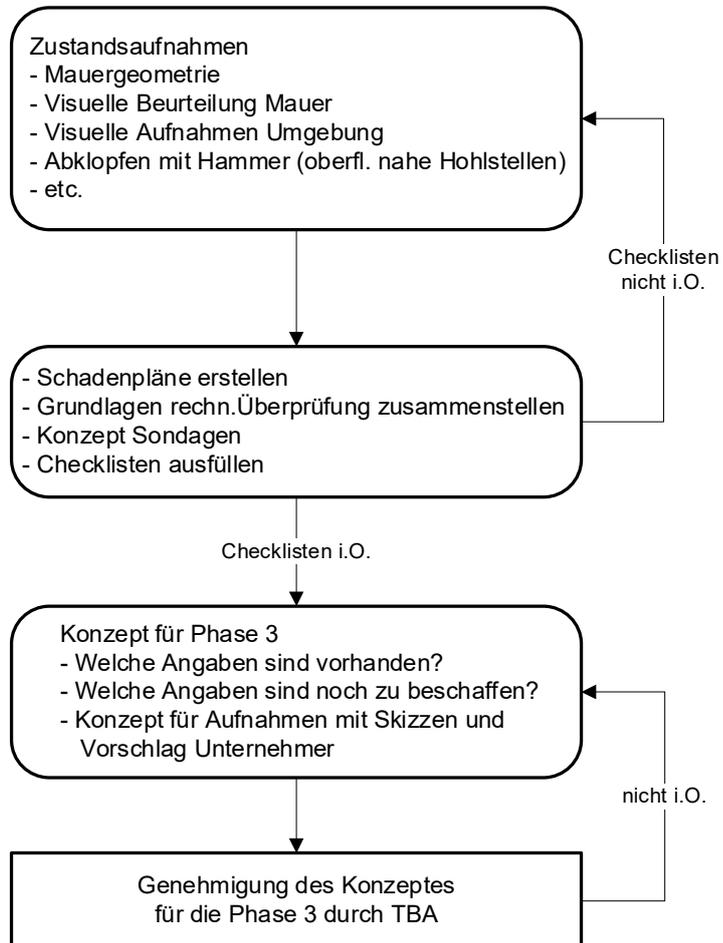


Überprüfung in Phasen

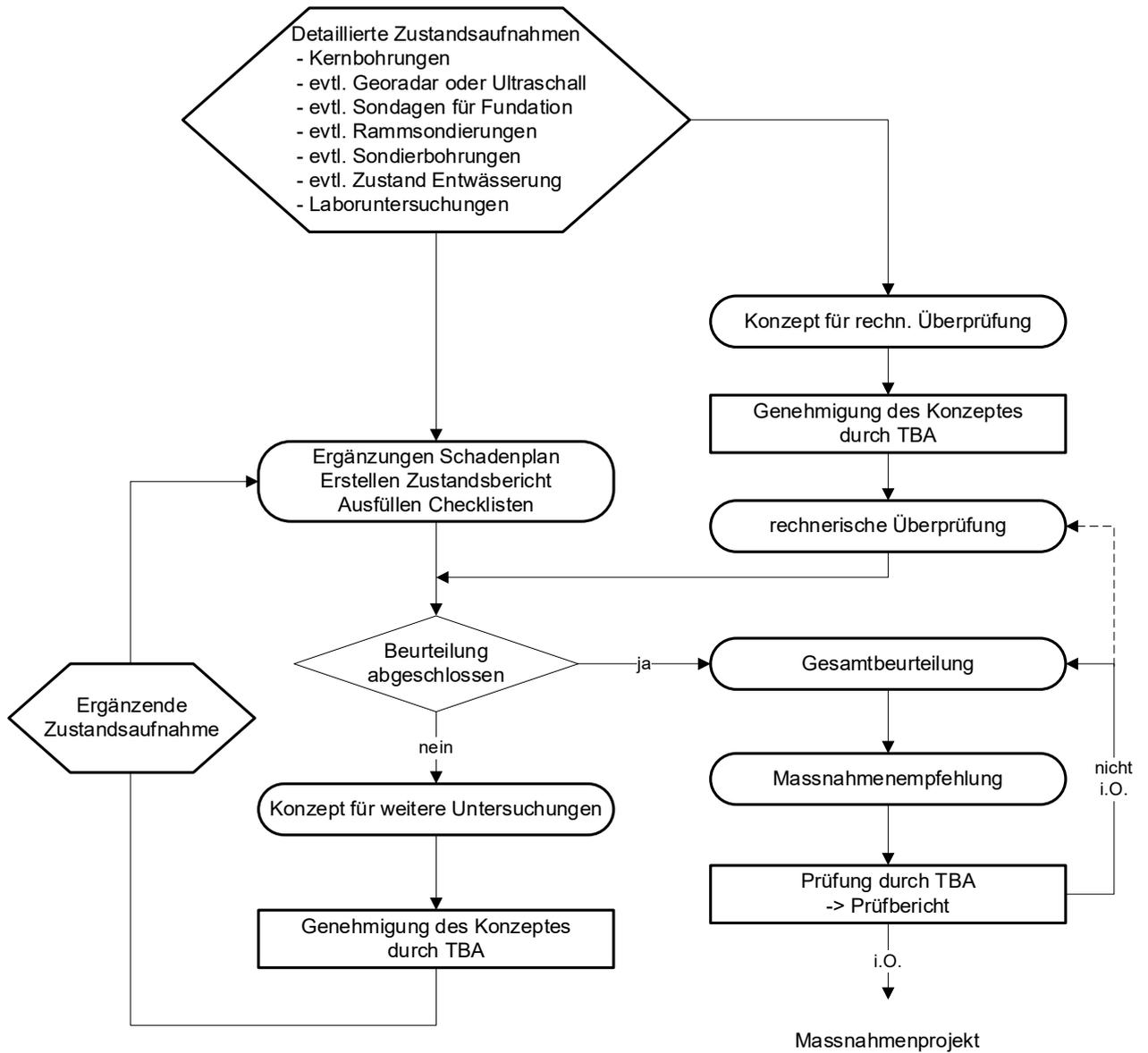
Phase 1: Grundlagenbeschaffung



Phase 2: Erste Zustandsaufnahme mit einfachen Hilfsmitteln



Phase 3: Detaillierte Zustandsaufnahme



Anhang 3 Checkliste Phase 1

Gemeinde _____
Strasse _____
Objekt _____

Grundlagenbeschaffung

	i.O.	Bemerkungen
Archiv	<input type="checkbox"/>	_____
Kt. ZH, Planarchiv	<input type="checkbox"/>	_____
BD Kt. ZH, Baugrundarchiv	<input type="checkbox"/>	_____
Gemeinde	<input type="checkbox"/>	_____
Ingenieurbüro	<input type="checkbox"/>	_____
Fachstelle Staatstrassen- Entwässerung	<input type="checkbox"/>	_____
Strasseninspektorat	<input type="checkbox"/>	_____
AWEL	<input type="checkbox"/>	_____
Weitere Ämter, Werke, etc.	<input type="checkbox"/>	_____
_____	<input type="checkbox"/>	_____
_____	<input type="checkbox"/>	_____
Weitere	<input type="checkbox"/>	_____
_____	<input type="checkbox"/>	_____

Randbedingungen	best.	keine	Bemerkungen
Bauten oberhalb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Bauten unterhalb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Änderungen Einwirkungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Mauererhöhung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Terrainabsenkung am Mauer- fuss	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Gewässerunterhalt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Vorhandene Grundlagen

	Ja	Nein	Bemerkungen
Pläne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Schalungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Bewehrungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vorspannanker, Nägel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Werkleitungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Geologisches Gutachten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Angaben über Grund-/Hangwasser	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Statik-Akten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pläne Bauwerke oberhalb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pläne Bauwerke unterhalb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Weitere Pläne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Anhang 4 Checkliste Phase 2

→ siehe auch Anhang 1, Hilfsblatt zur Inspektion

Gemeinde _____
Strasse _____
Objekt _____

Erste Zustandsaufnahmen

	Ja / i.O.	Nein	Bemerkungen
Aufnahme Geometrie			
Visuelle Aufnahmen Mauer			
Betonabplatzungen			
Hohlstellen (Abklopfen)			
Risse			
Verformungen			
Oberflächenstruktur			
Feuchtigkeit			
Wasseraustritte			
Weitere Schäden			
Visuelle Aufnahmen Umgebung			
Schächte			
Kandelaber			
Hangrutschungen			
Strasse oberhalb			
Abklopfen der Oberfläche			
Bestimmung Mauertyp			
Bewehrung vorhanden			
Grundlagen rechn. Überprüfung			
Baugrund			
Grund-/Hangwasser			
Geometrie			
Mauerstärke			
Foundation			

