

Sicherheiten in der Norm SIA 267

1 Einleitung

Das Ziel des Beitrags ist aufzuzeigen, wie die Normenreihe SIA 260 und insbesondere die Norm SIA 267 Geotechnik Sicherheiten in der Projektierung schaffen. Es soll bewusst gemacht werden, dass viele Bausteine zu Sicherheit führen und dass die rechnerische Bemessung und die Partialfaktoren nur ein Baustein unter vielen sind. Das systematische Vorgehen in der Projektierung und das Denken in Gefährdungsbildern sind zentrale Konzepte der Norm und die Lesenden sind aufgefordert, dieses ingenieurmässige Vorgehen und Denken in ihrer Arbeit umzusetzen.

2 Sicherheit und Grundbau

Die Praxis lehrt, dass die meisten Schäden und Unfälle als Folge grober Verstösse gegen die Regeln der Baukunde – als Nichterkennen von Gefahren – zu werten sind. Um mehr Sicherheit zu schaffen, müssen also in erster Linie die Gefahren besser erkannt werden.

Schaffen von Sicherheit heisst,

Gefahren, welche die Einrichtung und den Bestand des Bauwerks bzw. die Sicherheit der Benutzer tangieren, aufzuspüren und zu erkennen. Und dann sind Massnahmen festzulegen, anzuordnen und zu ergreifen, mit denen Gefahren abgewehrt, ausgeschlossen, eliminiert werden können. Unerkannte Gefahren bleiben als echte Bedrohung bestehen.

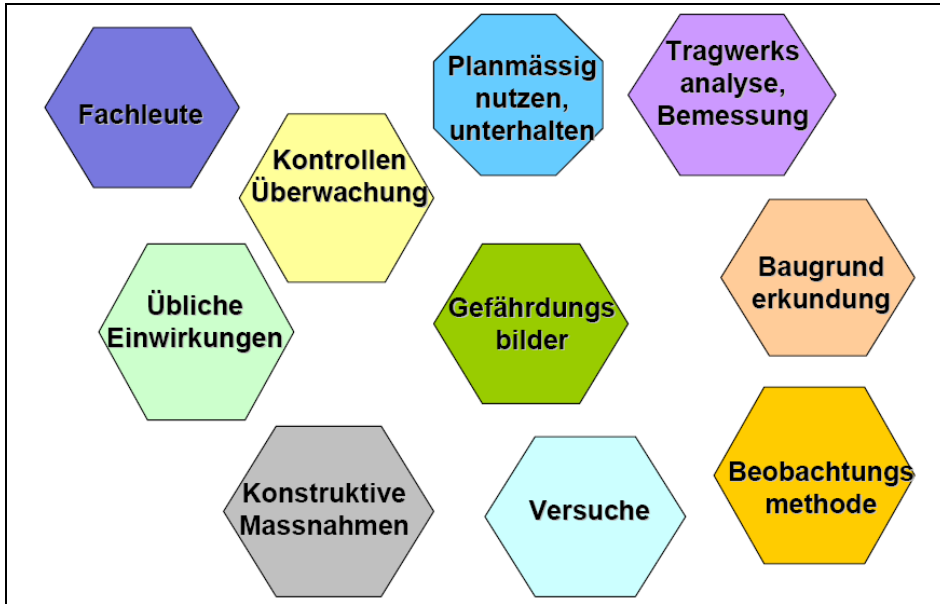
Das Schaffen von Sicherheiten im Grundbau setzt voraus, dass man sich der für den Grundbau typischen und vom konstruktiven Ingenieurbau abweichenden Ausgangslage bewusst ist (aus [2] in leicht veränderter Formulierung):

- Im Gegensatz zum konstruktiven Ingenieurbau gilt es im Grundbau, die Grundlagen durch Baugrunderkundung jeweils objektspezifisch zu erarbeiten.
- Die Lasten aus dem Baugrund sind nicht in der Norm festgelegt, wie z.B. die Verkehrslasten, sondern sie müssen aufgrund der Baugrunderkundung in ingenieurmässiger Beurteilung durch den Ingenieur selber ermittelt werden.
- Im Gegensatz zum konstruktiven Ingenieurbau wird das Material nicht in passender Güte bestellt und geliefert werden, sondern es ist mit dem anstehenden Boden und Fels zu arbeiten.
- Der Masshaltung von Bauteilen im konstruktiven Ingenieurbau steht der effektive Baugrundaufbau gegenüber, der nie vollständig mit dem prognostizierten Baugrundmodell übereinstimmt.
- Im konstruktiven Ingenieurbau kann mit klar definierten Baustoffkennwerten gearbeitet werden, während im Grundbau die geschätzten oder beprobten Wertangaben für Baugrundwerte vorliegen.
- Während es im konstruktiven Ingenieurbau kaum üblich ist, Risiko-Kosten-Überlegungen bei der Wahl des konstruktiven Sicherheitsmasses anzustellen, da ja die Sicherheit normmässig verbindlich vorgeschrieben ist, ist dies im Grundbau nicht selten der Fall. Es wird diskutiert, ob weitere Baugrunduntersuchungen durchzuführen sind, ob eine Böschungsneigung 3:4 vertretbar ist, ob ein Brunnen zur Grundwasserentspannung erforderlich ist, die Wand auf erhöhten Erddruck zu bemessen ist, etc.
- Mit der Bauwerksabnahme kann im konstruktiven Ingenieurbau in der Regel mit relativ geringem Aufwand das Bauwerk auf der Baustelle begutachtet und kontrolliert werden, im Grundbau ist dies nur sehr bedingt der Fall, (z.B. Abnahme Baugrubensohle, Pfähle).

Die Normenreihe SIA 260 folgende und im Speziellen die Norm SIA 267 sind auch unter Berücksichtigung dieser Überlegungen zu betrachten. Die Normen dienen der Verständigung und sie legen die Anforderungen an das Vorgehen und Sicherheitsniveau fest.

3 Bausteine zur Schaffung von Sicherheit

Die im Folgenden aufgeführten Bausteine zur Schaffung von Sicherheit sind von der Autorin ausgewählt worden. Die Auflistung ist nicht als abschliessend zu betrachten.



(Bild 1) Illustration von ausgewählten Bausteinen, mit welchen die Norm SIA 267 und ihre übergeordneten Normen Sicherheiten schaffen

3.1 Einsatz von Fachleuten

Mit der Forderung, dass qualifizierte Fachleute die Projektierung und Ausführung leiten müssen, wird sichergestellt, dass die Projektierenden und Ausführenden die Voraussetzung mit sich bringen, Gefahren erkennen zu können.

(Norm SIA 260 / 0.2.1 sowie SIA 267 / 0.2.1).

3.2 Systematisches Vorgehen mit Gefährdungsbildern

Die SIA Normen legen ein systematisches Vorgehen fest, welches auf Gefährdungsbildern basiert. Durch dieses Vorgehen wird der Fokus auf das Erkennen von Gefahren gelegt. Schon in der Entwurfsarbeit sind die massgebenden Gefährdungen zu erfassen, die möglichen Gefährdungsbilder durchzudenken und geeignete Massnahmen festzulegen (Norm SIA 260 / 2.4.3 und 2.4.4). Es sind explizit unterschiedlichste mögliche Massnahmen vorgesehen, welche darauf abzielen, die Gefährdung zu beseitigen, zu umgehen, zu bewältigen, zu überwinden und / oder zu akzeptieren. (Norm SIA 260 / 2.4.6)

Das systematische Erarbeiten von Gefährdungsbildern schafft Sicherheit durch das konsequente lückenlose Durchdenken von Gefahren, Gefährdungen und Massnahmen.

Das Denken in Gefährdungsbildern wird in der Projektbasis abgebildet durch die Dokumentation der Gefährdungsbilder und der festgelegten, geeigneten Massnahmen zum Umgang mit den Gefährdungen (Beispiel siehe Tabelle 1). Eine klare Dokumentation spiegelt das Know How und das umsichtige Vorgehen der Projektierenden. Keine Gefährdungsbilder oder unvollständige Gefährdungsbilder deuten auf Unqualifiziertheit, auf falsche Beurteilung der Verantwortung bzw. der Gefährdungen oder auch auf Fahrlässigkeit hin.

Die Erfahrung der Autorin ist, dass die Projektierenden und Bauherren oft gerade diesem Vorgehen zuwenig Beachtung schenken oder es zum grossen Teil nicht einhalten. Allzu oft ist in der Projektbasis das Durchdenken aller massgebender Gefährdungen nicht dokumentiert, sondern es wird nur auf die Gefährdungen und Massnahmen eingegangen, welche durch Bemessung beherrscht werden. Sind Überwachungs- und / oder Kontrollmassnahmen aufgelistet, dann stehen sie immer wieder zusammenhangslos im Raum. In diesen Fällen besteht die Vermutung, dass die Gefährdungsbilder zuwenig durchdacht sind. Das Risiko von nicht erkannten Gefahren kann in diesen Fällen unakzeptabel hoch werden.

Analog zum Durchdenken der Gefährdungsbilder (Tragsicherheit) verlangt die Norm das Durchdenken der Nutzungszustände (Gebrauchstauglichkeit). Auf diese wird im Rahmen dieses Beitrags nicht weiter eingegangen.

Gefährdungsbild	akzeptiert	Bemessung	konstruktiv	Überwachung/Kontrolle, Unterhalt
Baugrundeigenschaften ungünstiger als erwartet	Vorgehen nach der Beobachtungsmethode; noch ungünstigere Verhältnisse, die zu zusätzlichen Ankern führen, akzeptiert	Rückrechnung der aktuellen Verhältnisse; Bemessung mit vorsichtig festgelegten charakteristischen Werten	Anordnen von Reservestandorten für Anker; Aushubetappen verkleinern; Betoneinbau gleichentags wie Aushub	Visuelle Kontrolle der angetroffenen Verhältnisse; Auswerten der Baugrundbeschreibung in Bohrprotokolle; Bauwerksüberwachung (Inklinometer, Anker, Geodäsie) während Bau und langfristig
Baugrund- und Bauwerksverhalten ungünstiger als erwartet	Dito oben	Dito oben	Dito oben	Verschiebungsmessungen mittels Inklinometern, Messung der Ankerkräfte mittels Kraftmessdosen
Hangwasserdruck	Vorgehen nach der Beobachtungsmethode; noch ungünstigere Verhältnisse, die zu zusätzlichen Drainagebohrungen und Fassen und Ableiten von Wasser führen, akzeptiert	Bemessung GZ Typ 3 mit Strömungsdruck, sowie mit Wasserdruck in hangparalleler Schicht; Bemessung GZ Typ 2 mit geringer Ersatzkraft (Wasserdruck)	Systematische Perforation der Ankerwand; Kurze Drainagebohrungen in grösserem Abstand; Zusätzliche Drainagebohrungen bei in Bohrungen angetroffenem Wasser; Fassen und Ableiten von Wasser in Aushubböschung	Visuelle Kontrolle der angetroffenen Verhältnisse; Auswerten der Ankerbohrprotokolle bezüglich angetroffenem Wasser; Überwachung der Wässerschüttungen während Bau und langfristig Unterhalt der Drainagemassnahmen
Tragfähigkeit des Ankers ungenügend		Vorbemessung mit vorsichtigen Werten; Bemessung auf Resultat Ankerversuche anpassen	Anordnen von Reservestandorten	Ankerversuche, Prüfung jedes Ankers; Während Bau und langfristige Ankerüberwachung (visuell, Kraftmessdosen, Bauwerksverschiebung); Unterhalt der Verankerung
Setzungen infolge Materialaustrag aus Boden bei Ankerbohrungen			Leistungsabstand grösser als 2 m.	Nivellement im Bereich der Leitungsunterquerungen während Ankererstellung
Betonqualität schlechter als erwartet		Bemessung mit normierten Betonsorten		Visuelle Kontrolle Einbau; Betonkontrollen
...				

(Tabelle 1) Beispiel: Auszug aus einer Gefährdungsbildanalyse für eine Ankerwand

3.3 Genügende Grundlagen, Baugrunderkundung

Im Gegensatz zu den anderen Ingenieurdisziplinen, müssen die Grundlagen im Grundbau zuerst erarbeitet werden. Die Normenreihe SIA 260 weist in sehr vielen Ziffern auf dieses Erfordernis hin. Um Sicherheit für das Bauwerk zu schaffen müssen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse fachkundig und für das Bauvorhaben angemessen erkundet werden und genügend bekannt sein. Die Verhältnisse müssen beschrieben und beurteilt werden. (SIA 260 / 2.4.2, SIA 261 / 4.1.3, SIA 267 / 2.1.4 und 3.1.1)

Darauf aufbauend und in ingenieurmässiger Beurteilung sind die Einwirkungen und Widerstände aus Baugrund und Grundwasser nach anerkannten bodenmechanischen Verfahren und auf der Grundlage eines repräsentativen Baugrund- und Tragwerkmodells bestimmt werden. (SIA 261 / 4.3.1.2 und 4.4.1.1).

Die Kenntnis von Baugrund- und Wasserverhältnissen und deren Beurteilung sind Voraussetzung, dass die Gefahren aus dem Baugrund erkannt werden können.

Sie sind auch Voraussetzung für das die richtige Einschätzung der Einwirkungen und Widerstände. Bei ungenügender Kenntnis können auch unter Annahme scheinbar vorsichtiger, schlechter Baugrundverhältnisse und -werte die Gefährdungen aus dem Baugrund nicht mit genügender Sicherheit erfasst werden. Eine genügende Kenntnis des Baugrunds ist nicht nur eine Frage der Optimierung eines Projektes sondern kann eine Frage der Machbarkeit werden.

Es ist zudem zu berücksichtigen, dass auch bei einer sorgfältigen Baugrunderkundung mit Beurteilung in jedem Fall Restunsicherheiten bezüglich Baugrund und Grundwasser verbleiben. Baugrunduntersuchungen sind immer nur Stichproben auf Grund derer eine Prognose über das Baugrundmodell, -verhalten und die Baugrundwerte erstellt wird. Den in der Erkundung und im resultierenden Baugrundmodell verbleibenden Unsicherheiten ist in jedem Projekt mit Massnahmen zu begegnen. Mit der Baugrunderkundung müssen die Restunsicherheiten auf ein akzeptierbares Mass reduziert werden.

In Hochbauprojekten hat die Autorin wiederholt die Situation angetroffen, dass die Bauherrschaften aus Kostengründen auf zusätzliche Baugrunderkundungen verzichten (wollen). Es wird vermutet, dass sie sich nicht immer bewusst sind, dass sie damit die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Projektes verringern. Die Projektierenden sollten sich in solchen Fällen gut überlegen, ob sie die Verantwortung tragen können, mit ungenügenden Grundlagen zu projektieren. Es sollte eine genügende Baugrunduntersuchung als Grundlage verlangt und gegebenenfalls in der Nutzungsvereinbarung festgehalten werden, dass die Bauherrschaft explizit auf eine zusätzliche Untersuchung verzichtet. Die Verantwortung der Projektierenden kann dadurch allerdings nicht für alles abgegeben werden.

3.4 Tragwerksanalyse und Bemessung

3.4.1 Grenzzustände der Tragsicherheit, Nachweise

An verschiedenen Stellen in den Normen SIA 260, 261 und 267 finden sich Hinweise zu den zu berücksichtigenden Einwirkungen und der Kombination der einzelnen Einwirkungen. Für andauernde und vorübergehende Bemessungssituationen sind die Bemessungswerte der Auswirkungen folgendermassen zu bestimmen:

$$E_d = \gamma_S E\{\gamma_f F_{rep}, X_d, a_d\} \quad \text{bzw.} \quad E_d = E\{\gamma_F F_{rep}, X_d, a_d\}$$

wobei die verschiedenen Einwirkungen folgendermassen kombiniert werden:

$$E_d = E\{\gamma_G G_k, \gamma_P P_k, \gamma_{Q1} Q_{k1}, \gamma_{Qi} Q_{ki}, X_d, a_d\}$$

Die Bemessungswerte des Widerstands sind folgendermassen zu bestimmen

$$R_d = R\{X_d, a_d\} / \gamma_R \quad \text{bzw.} \quad R_d = R\{\eta X_k / \gamma_M, a_d\} \quad \text{oder}$$

$$R_d = \eta R_k / \gamma_M \quad \text{oder} \quad R_d = R\{F_{R,d}, X_d, a_d\} / \gamma_R$$

Der Nachweis gilt erbracht wenn für die Grenzzustände gilt:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb} \quad (\text{GZ Typ 1}) \quad \text{bzw.} \quad E_d \leq R_d \quad (\text{GZ Typ 2 bis 4})$$

Das nach Norm erforderliche Sicherheitsniveau wird u.a. gesteuert durch die Definition der Kombination der Einwirkungen und durch die Einführung von Partialfaktoren, Umrechnungsfaktoren und Reduktionsbeiwerten.

3.4.2 Partialfaktoren, Umrechnungsfaktoren und Reduktionsbeiwerte

Die Partialfaktoren, Umrechnungsfaktoren und Reduktionsbeiwerte vergrössern oder vermindern Einwirkungen, Auswirkungen sowie Widerstände, Baustoff- und Baugrundeigenschaften. In welchem Fall diese Faktoren und Beiwerte eingeführt werden, wird mit den Nachweisformaten in den Normen gesteuert.

Die Werte sind an folgenden Orten festgelegt:

- Lastbeiwerte und Reduktionsbeiwerte in der Norm SIA 260.
- Partialfaktoren für die geotechnischen Grössen in der Norm SIA 267
- Widerstandsbeiwert und Partialfaktor für den Tragwiderstand in der Norm SIA 267
- Umrechnungsfaktoren in der Norm SIA 267.

Die in der Norm gewählten Werte von Partialfaktoren, Umrechnungsfaktoren und Reduktionsbeiwerte sind als Konvention zu verstehen.

3.4.3 Geometrische Sicherheiten

In Fällen, wo das Abweichen vom Nennwert einer geometrischen Grösse einen erheblichen Einfluss auf die Zuverlässigkeit des Tragwerks ausübt, sieht die Norm geometrische Sicherheiten Δa vor: $a_d = a_{nom} \pm \Delta a$.

Die geometrischen Sicherheiten sind an folgenden Orten festgelegt:

- ein allgemeiner Hinweis in der Norm SIA 260, 4.4.2.3
- Festlegung der Werte in der Norm SIA 267, 5.3

Für Erdarbeiten (Terrainaufschüttungen, Hanganschnitte, Baugrubenaushübe und Überschüttungen von Bauwerken) sowie für Wasserdrücke, Druckspiegellagen und Strömungsdrücke sind in der Regel geometrische Sicherheiten einzuführen.

Wenn in Tragwerksanalyse und Bemessung auf die Einführung der geometrischen Sicherheiten verzichtet wird, ist dies als Abweichung zur Norm zu begründen und mit der Bauherrschaft zu vereinbaren.

3.4.4 Zuverlässigkeitstheorie

Die Normen lassen die Anwendung der Zuverlässigkeitstheorie ebenfalls zu für die Bemessung, bzw. sie fordern diese, wenn der Anwendungsbereich der Normenserie SIA 260 verlassen wird. Im Rahmen dieses Beitrags wird nicht weiter darauf eingegangen. (SIA 260 / 4.6).

3.5 Übliche Einwirkungen

Durch die Festlegung der üblichen Einwirkungen in der Norm SIA 261 definiert die Norm das Mass, auf welches die Bauwerke minimal bemessen werden müssen.

Die Norm definiert das Mass an erforderlicher Sicherheit, bzw. indirekt die akzeptierbare Wahrscheinlichkeit des Überschreitens der Bemessungseinwirkung.

Die Einwirkungen stellen nicht zwingend die grösstmöglichen Lasten dar (z.B. Windlasten). Aber es erscheint verhältnismässig und der Gesellschaft zumutbar, auf die in der Norm definierten Einwirkungen zu bemessen.

3.6 Strategisches Vorgehen (Beobachtungsmethode)

Die Norm verlangt, dass schon bei der Entwurfsarbeit Strategien entwickelt und Massnahmen geplant werden, mit denen geotechnische Risiken erkannt werden und je nach Situation eliminiert, reduziert oder unter Kontrolle gehalten werden können. (SIA 267 / 2.2.2)

Bei ungenügender Zuverlässigkeit der Vorhersage von Baugrund- und Tragwerkverhalten kann die Projektierung nach Anwendung der Beobachtungsmethode erfolgen. Für die Anwendung müssen allerdings gewisse Voraussetzungen erfüllt sein.

Das Vorgehen nach dieser Methode führt zu Sicherheit, wenn Gefährdungen entweder durch Analyse zuverlässig erfasst oder durch Beobachtungen rechtzeitig erkannt werden können und die Gefährdungen nicht zu einem plötzlichen oder nicht mehr beherrschbaren Versagen führen können. (SIA 267 / 2.3.1, 2.3.4)

Bei diesem in der Norm klar geregelten Vorgehen werden die Sicherheiten und das Zuverlässigkeitsniveau nicht nur durch Ansetzen von vorsichtigen Baugrundwerten und Bemessung geschaffen und erreicht, sondern auch durch Beobachtung und Überwachung sowie durch das Vorhalten und gegebenenfalls Umsetzen von Massnahmen.

3.7 Konstruktive Massnahmen

Gemäss Norm ist Sicherheit auch durch die Wahl von konstruktiven Massnahmen zu schaffen. SIA 267 / 5.6. Die Wahl von erprobten Konstruktionen, Ersatz von risikobehaftetem Boden, bewährte konstruktive Durchbildungen sind typische Beispiele für die Schaffung von Sicherheit mit konstruktiven Massnahmen.

Sicherheit wird durch die vertiefte Erfahrung im Umgang mit und Einsatz der Konstruktionen geschaffen.

Die Norm impliziert, dass spezielle Gefährdungen bestehen, wenn nicht bewährte Konstruktionen (z.B. neue Entwicklungen) gewählt werden. In diesen Fällen sind Massnahmen zur Beherrschung der damit verbundenen Gefährdungen erforderlich.

3.8 Versuche

Sicherheit kann oder soll gemäss Norm durch Versuche geschaffen werden. Dafür sieht die Norm die versuchsgestützte Bemessung vor. (SIA 260 / 4.5, SIA 267 / 5.7). Rückrechnungen sind wie Ankerprüfungen oder Probeschütten typische Beispiele für die versuchsgestützte Bemessung.

In der versuchsgestützten Bemessung ist für die massgebenden Bemessungssituationen und Grenzzustände dieselbe Zuverlässigkeit gefordert, wie sie gewöhnlich auf der Grundlage einer Bemessung nach den Normen SIA 260 bis 267 erreicht wird.

Sicherheit wird durch die Erhöhung der Zuverlässigkeit der Prognose des Verhaltens des Versuchsgegenstandes geschaffen.

Mit den Versuchen können Unsicherheiten (z.B. Machbarkeit) und Gefährdungen (ungenügendes Tragverhalten) geklärt und eliminiert werden.

3.9 Ausführungskontrollen und Überwachung

Die Normen fordern, dass während der Projektierung, Ausführung, Nutzung und Erhaltung geeignete Qualitätssicherungsmassnahmen und Überwachungsmassnahmen vorgesehen und ergriffen werden (*Norm SIA 260 / 0.2.2 sowie SIA 267 / 0.2.2, 2.3, 3.1.5, 6*).

Die Kontroll- und Überwachungsmassnahmen dienen zur Beherrschung von vielen subjektiv verursachten Gefahren in der Ausführung, zur Beherrschung der Restrisiken im Baugrundmodell, zur Beherrschung von bekannten baugrund- und bauwerksbezogenen Gefahren u.a.m.

Kontrollen und Überwachungen dienen zur Beherrschung von ERKANNTEN Gefahren, deren Intensität oder Umfang nicht bestimmbar ist (z.B. Abweichen der angetroffenen Verhältnisse vom Baugrundmodell).

Art und Umfang der Ausführungskontrollen und Überwachungen sind auf der Grundlage der Gefährdungsbildanalyse festzulegen und auf der Grundlage der Nachweise zu ergänzen.

3.10 Planmässige Nutzung und Instandhaltung

Das Sicherheitskonzept der SIA Normen sieht vor, dass das Bauwerk plangemäss genutzt und Instand gehalten wird (*Norm SIA 260 / 0.2.3 sowie SIA 267 / 0.2.3*).

Eine massgebliche Gefahr für die planmässige Nutzung und Instandhaltung ist das fehlende Wissen oder Bewusstsein der Nutzenden darüber, was vorgesehen und der Projektierung als Annahme zu Grunde gelegt worden ist.

Zur Beherrschung dieser Gefahr sieht die SIA Normen Kommunikationsmittel vor, die im Rahmen der Projektierung zu erstellen sind. Es sind dies die Nutzungsvereinbarung, die Nutzungsanweisungen, die Betriebsanweisungen sowie Überwachungsplan und Unterhaltsplan. Diese Dokumente haben entsprechend eine wichtige Aufgabe zur Sicherstellung der Sicherheit des Bauwerks.

Literaturverzeichnis

- [1] Normen SIA 260 bis 267 (2003)
- [2] Dr. Ulrich Vollenweider , Gedanken zur Sicherheit im Grundbau, Artikel im Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 39/1988
- [3] Dr. Ulrich Vollenweider , Gedanken zur Sicherheit im Grundbau, Artikel im Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 7/1983

Autorin:

Anita Lutz
Dipl. Bauingenieurin ETH/SIA
Dr. Vollenweider AG
8048 Zürich

22.03.2013