

Objekttyp: **AssociationNews**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **110 (1992)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Anwendung Norm SIA 160 «Einwirkungen auf Tragwerke»

Nutzungs-/ Sicherheits-/ Kontrollplan

Einleitung

Die neue Norm SIA 160 (1989) «Einwirkungen auf Tragwerke» wurde in den Jahren 1989 und 1990 mit Einführungskursen der Praxis vorgestellt. Anlässlich dieser Kurse, die von rund 2500 Teilnehmern in der deutschen, französischen und italienischen Schweiz besucht wurden, bot sich auch die Gelegenheit, um Fragen zum Inhalt und Umfeld der Norm zu stellen. Diese Fragen wurden anlässlich der Einführungskurse vorerst mündlich beantwortet.

Alle Fragen zur Norm wurden gesammelt, geordnet und in der Begleitkommission SIA 160 (BK SIA 160) sowie in

VON MANFRED A. HIRT,
LAUSANNE

einzelnen Arbeitsgruppen eingehend behandelt. Die Fragen können in drei Gruppen eingeteilt werden:

- allgemeine Fragen zur Norm,
- Fragen rechtlicher Natur,
- spezifische Fragen zum Normtext.

Die BK SIA 160 hat es sich zur Aufgabe gemacht, auf die allgemein interessierenden Fragen in verschiedenen Veröffentlichungen weiter einzutreten.

In die erste Gruppe der Fragen gehört diejenige nach der «richtigen Form» der sogenannten Ordnungsmittel, insbesondere des Nutzungsplans und des Sicherheitsplans. Dazu wurde verschiedentlich angeregt, dass «SIA-Standard-Pläne» erstellt und veröffentlicht werden sollten. Die Kommission SIA 160 hatte es aber schon im Vernehmlassungsverfahren abgelehnt, solche Pläne zu «standardisieren». Als Begründung kann darauf hingewiesen werden, dass die unendliche Vielzahl von kleinen und grossen, einfachen oder komplexen Bauvorhaben auch eine unterschiedliche Behandlung durch die Projektierenden erfordern. Im übrigen würden es die Bauingenieure als Zumutung empfinden, wenn man in Analogie dazu eine «SIA-Standard-Statik» einführen wollte.

Beispiele aus der Praxis

Damit Beispiele zu Nutzungsplan und Sicherheitsplan der Praxis zur Verfügung gestellt werden können, hat die BK SIA 160 verschiedene Ingenieure und Planer angefragt, ob sie ihre Projekte einem grösseren Leserkreis vor-

stellen würden. Die nachfolgenden Veröffentlichungen sind die ersten Beispiele aus der täglichen Praxis. Dazu sei allerdings bemerkt, dass die BK SIA 160 gewisse Schwierigkeiten hatte, Autoren mit «einfachen» Beispielen zur Mitarbeit zu gewinnen. Diese erste Serie von fünf Beispielen wird von einer zweiten, und wahrscheinlich dritten Serie gefolgt werden. Wir stellen neuerdings fest, dass Autoren spontan anfragen, ob ihr Beispiel auch von Interesse wäre, was in der Regel bejaht werden kann.

Weiter wird darauf hingewiesen, dass in den SIA-Dokumentationen D041 und D072 in deutscher sowie in D040 in französischer Sprache ein «Schulbeispiel» dargestellt ist. Die Ordnungsmittel für das in Bild 1 gezeigte Industriegebäude werden anhand der neuen Normen SIA 160 und SIA 162, der Empfehlung SIA 169 sowie der Honorarordnung SIA 103 ausführlich besprochen.

Bezüglich der anderen anlässlich der Einführungskurse aufgeworfenen Fragen ist zu erwähnen, dass nächstens eine Veröffentlichung in SI+A zur Beantwortung der allgemeinen und spezifischen Fragen und eine weitere zu den Fragen rechtlicher Natur erscheinen werden. Ein Kommentar zum Abschnitt Wind sowie eine Ergänzung für dynamisch empfindliche Bauwerke und ein Hintergrundbericht zum Gebiet der Ermüdung sind ebenfalls vorgesehen.

Nachfolgend werden die wesentlichen Grundsätze und Überlegungen zu den Ordnungsmitteln wiederholt, sozusagen als «Richtlinie» der BK SIA 160 zum Thema. Wir überlassen es dem Leser, die Beispiele aus der Praxis mit dieser Grundlage zu vergleichen und mit eigenen Überlegungen zu ergänzen. Die BK SIA 160 ist der Überzeugung, dass die von unseren Kollegen bearbeiteten Beispiele einen riesigen Erfahrungsschatz beinhalten und als Quelle zur eigenen schöpferischen Arbeit dienen werden.

Ordnungsmittel und Informationsfluss

Dialog zwischen Architekt und Bauherr

Der Bauherr hat eine wichtige, eine bestimmende Rolle: er stellt Anforderungen, er hat Wünsche, er legt Bedingungen an das Bauwerk fest. Das Ziel des Bauherrn ist klar: die Nutzung seines Bauwerks. Bevor dies aber möglich ist, muss er bauen (oder umbauen) lassen, und dazu braucht er Fachleute. Damit beginnt auch der Informationsfluss zwischen den verschiedenen, für ein Projekt verantwortlichen Personen. Dieser Informationsaustausch sollte durch eine klare Zuordnung der Aufgaben und Kompetenzen gefördert werden, wozu die verschiedenen, in Bild 2 dargestellten Pläne als Ordnungsmittel dienlich sind.

Der Dialog zwischen dem Bauherrn, oben rechts im Organigramm von Bild 2, und dem Architekten oder Ingenieur erlaubt das Aufstellen des Nutzungsplans. Sind die vorgesehene Nutzung des Bauwerks und die Anforderungen des Bauherrn definiert, dann können die verschiedenen Nutzungszustände aufgelistet werden. Mit der nötigen Sachkenntnis und basierend auf Normen und Empfehlungen können dann Massnahmen festgelegt werden, um die geforderte Gebrauchstauglichkeit zu gewährleisten.

Das Aufstellen des Nutzungsplans setzt aber voraus, dass die Fachleute sich intensiv mit dem Vorhaben des Bauherrn auseinandersetzen. Es geht darum, die möglicherweise vage und unklar formulierten Ziele und Anforderungen des Bauherrn in die Sprache der Fachleute zu übersetzen. Dies kann nur erfolgreich sein, wenn die Kommunikation nicht auf eine Richtung beschränkt bleibt. Der Bauherr sollte mit den Vorstellungen der Fachleute konfrontiert werden und ihre Massnahmen zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit und der Sicherheit verstehen und gutheissen.

Die ersten Fragen sind die wichtigsten: «Was will der Bauherr eigentlich?». Und «Will er wirklich das, was er fordert, oder sind seine Ziele anderer Art?». Es ist gemeinsam zu prüfen, ob das Geforderte auch sinnvoll und zweckmässig ist.

Sind die Ziele klar festgelegt, müssen die Details diskutiert werden: «Welche Nutzungsformen sind hier möglich?». «Welche Anforderungen an das Ver-

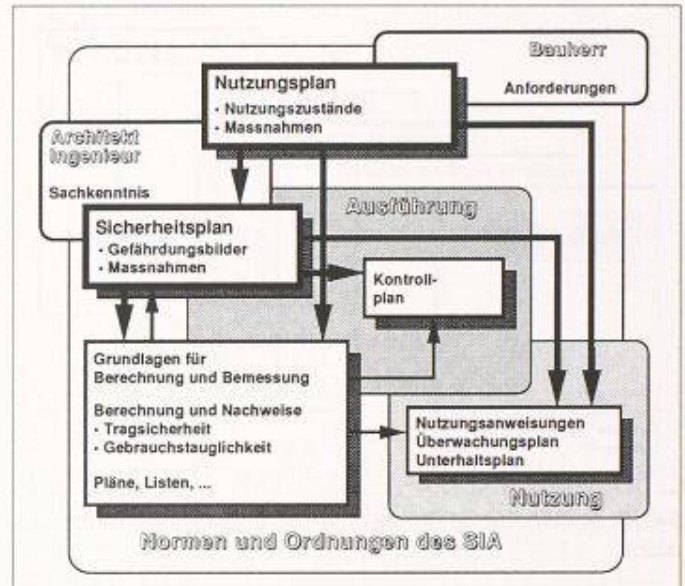
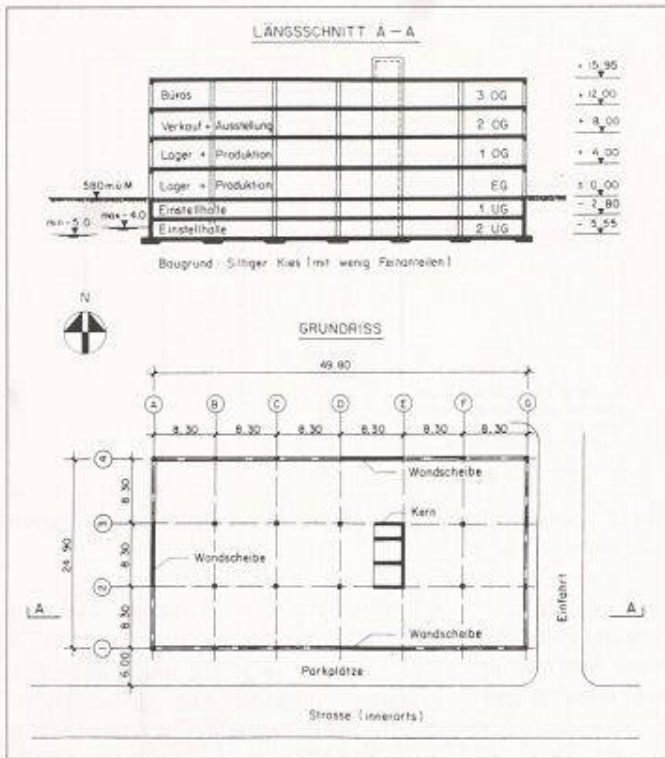


Bild 2. Schematische Darstellung der hierarchischen Folge von Ordnungsmitteln

Bild 1. Ordnungsmittel am Beispiel eines Industriegebäudes

halten des Tragwerks stellt der Bauherr?». «Sind hier Einflüsse aus der Umwelt zu erwarten, die spezielle Aufmerksamkeit erfordern?», sowie ähnliche Fragen mehr, deren Charakter sich aus der jeweiligen Aufgabe ergibt.

Nutzungsplan

Der Nutzungsplan ist das Resultat dieses Dialogs zwischen Bauherr und Fachleuten und hält die wichtigsten Ergebnisse in technischer Sprache fest. Er ist eines der wichtigsten Dokumente für die Planung und Nutzung des Bauwerks und sollte deshalb von allen Beteiligten unterzeichnet werden.

Der Nutzungsplan enthält beispielsweise (Bild 3):

- die geplante Nutzungsdauer,
- die Nutzungszustände,
- die Anforderungen hinsichtlich Funktionstüchtigkeit, Dauerhaftigkeit und Aussehen,
- die vorgesehenen Massnahmen,
- die wesentlichen Berechnungsannahmen.

Umfang, Inhalt und Art der Darstellung des Nutzungsplans sind abhängig von der Bedeutung des Bauwerks.

Das Festlegen der geplanten Nutzungsdauer ist bei Gebäuden und Hallen vor allem dazu dienlich, dass Überlegungen bezüglich möglicher Änderungen in der Nutzung angestellt werden. Ist eine grosse Anpassungsfähigkeit des Tragwerks an beliebige Nutzlasten gefordert, oder sind innerhalb der geplanten Nutzungsdauer Erweiterungsbauten

oder Aufstockungen vorgesehen, dann können diese Anforderungen einen grossen Einfluss auf die Konstruktionsart und die Kosten ausüben. Überlegungen bezüglich des Verhältnisses zwischen Kosten und Nutzen sind wichtig zur Beurteilung der Erreichbarkeit der Ziele.

In verschiedenen Ländern wird die geplante Nutzungsdauer gleichgesetzt mit der Zeitspanne, die für die Abschreibung der Baukosten vorgesehen ist. Bei der Bemessung von Brücken wird sie benötigt, um den Verkehr für den Nachweis der Ermüdungssicherheit zu definieren.

Weiter sei noch erwähnt, dass die geplante Nutzungsdauer nichts mit Garantiedauer, die rechtlich geregelt ist, zu tun hat. Hingegen ist sie als Planungsgrundlage für die periodische Überwachung, den Unterhalt und eventuell der Erneuerung von Teilen des Bauwerks von grösster Bedeutung.

Der Nutzungsplan (Bild 3) ist eine Zusammenstellung der zu berücksichtigenden Nutzungszustände, der vereinbarten Anforderungen und der Massnahmen, die zu ergreifen sind, um die Vorstellungen des Bauherrn zu realisieren. Man denkt an Wasserdichtigkeit, Frost- und Tausalzbeständigkeit, Abriebfestigkeit usw. unter den normalen Umständen der Nutzung, und im engeren Sinn an Durchbiegungen, Rissbreiten, Schwingungsverhalten des Tragwerks. Werden keine Absprachen getroffen, sind implizit die im Normenwerk des SIA vorgesehenen Massnahmen und Grenzwerte verbindlich.

Dialog zwischen Architekt und Ingenieur

Ein zweiter Schritt ist das Erarbeiten des Sicherheitsplans, welcher die angestellten Überlegungen bezüglich der von der vorgesehenen Nutzung herrührenden Gefährdung enthält. Der Ingenieur muss weitere Gefährdungen untersuchen, wie beispielsweise diejenigen, die durch natürliche Einwirkungen (Wind, Schnee usw.) oder durch aussergewöhnliche Einwirkungen (Anprall, Brand, Erdbeben usw.) verursacht werden. Diese Überlegungen führen zu den Gefährdungsbildern.

Die Methodik beim Aufstellen der Gefährdungsbilder besteht darin, dass mit Phantasie und Sachkenntnis die Gefährdungen für das Tragwerk aufgelistet werden. Typische Fragen sind: Welche Gefahren ergeben sich aus der Nutzung? Welche Gefahren drohen aus der menschlichen oder natürlichen Umwelt? Was könnte sonst noch schief gehen, und welches sind beispielsweise aussergewöhnliche Ereignisse?

Geht man anhand geeigneter Denkhilfen in phantasievoller Freiheit die Bauausführung und die Nutzung durch, tauchen in der Vorstellung des Architekten und Ingenieurs Gefahren auf, die man notiert, zusammen mit den oft gleichzeitig als zweckmässig erkannten Gegenmassnahmen. Allerdings sind nicht alle erkannten Gefährdungen relevant. Man wird versuchen, die Fülle des Erkannten auf das für den betrachteten Fall Wesentliche und Notwendige zu reduzieren, indem man eine «Gefahrenbewertung» anschliesst.

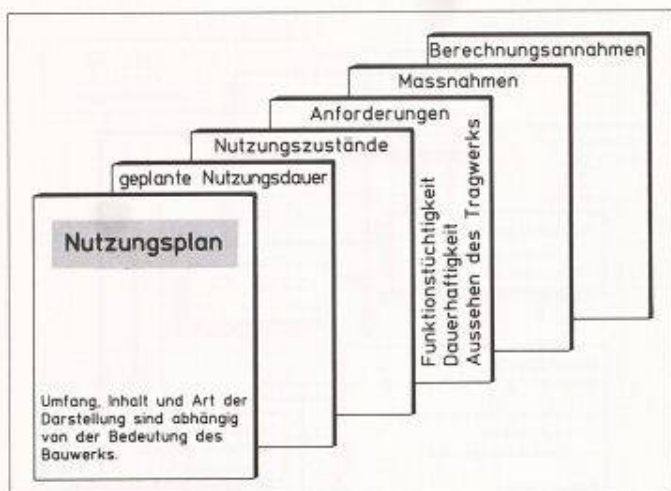


Bild 3. Schematische Darstellung des Inhalts eines Nutzungsplans

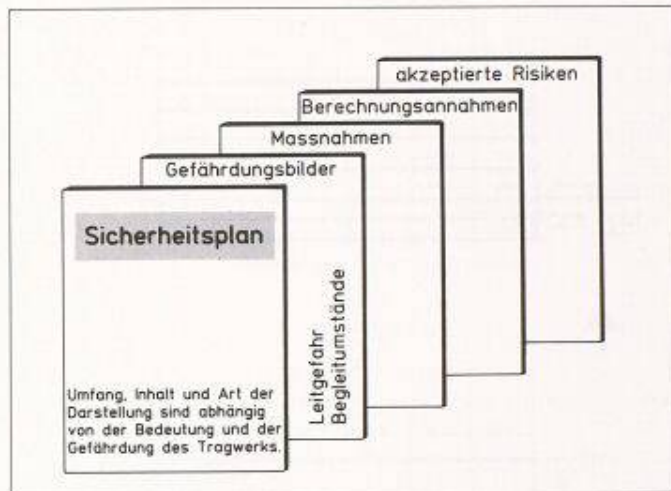


Bild 4. Schematische Darstellung des Inhalts eines Sicherheitsplans

Sicherheitsplan

Der Sicherheitsplan ist das Resultat des Denkens in Gefährdungsbildern und hält die wichtigsten Ergebnisse schriftlich fest. Er ist eines der wichtigsten Dokumente, neben dem Nutzungsplan, für die Planung und Nutzung des Bauwerks, insbesondere auch für die Bemessung und Berechnung.

Der Sicherheitsplan enthält beispielsweise (Bild 4):

- die Gefährdungsbilder,
- die vorgesehenen Massnahmen,
- die angenommenen Baugrundverhältnisse,
- die wesentlichen Berechnungsannahmen,
- die akzeptierten Risiken.

Umfang, Inhalt und Art der Darstellung des Sicherheitsplans sind abhängig von der Bedeutung und der Gefährdung des Tragwerks.

Der *Sicherheitsplan* ist eine Zusammenstellung der massgebenden *Gefährdungsbilder* und der zugehörigen *Massnahmen*, die zu ergreifen sind, um angesichts dieser Gefährdungen die geforderte Sicherheit zu gewährleisten. Man denkt an das Beseitigen von Gefährdungen durch Massnahmen am Gefahrenherd selbst, an das Umgehen von Gefährdungen durch Ändern von Absicht oder Konzept, man denkt an das Beherrschen von Gefährdungen durch Kontrollen und Warnsystemen und an das Überwältigen von Gefährdungen durch Vorhalten von Reserven, im Zusammenhang mit Tragsicherheit wird darunter ausreichende Bemessung des Tragwerks verstanden. Oft ist eine Kombination aller dieser Massnahmen und Möglichkeiten sinnvoll.

Der Sicherheitsplan dient nicht nur als Grundlage für die Berechnung und Bemessung, für die konstruktive Gestal-

tung und die Wahl geeigneter Baustoffe, sondern er bildet auch die Grundlage für den *Kontrollplan* zur Ausführung und für die Nutzungsanweisungen (vgl. Bild 2).

Dokumentation für den Bauherrn

Die Empfehlung SIA 169 enthält Hinweise zur Inbetriebnahme, zur Überwachung, zum Unterhalt und zur Erneuerung von Bauwerken. Insbesondere soll in Zusammenhang mit dem Bauherrn auf den Abschnitt 2 «Dokumente» verwiesen werden. Es ist erstaunlich (und beunruhigend) festzustellen, dass normalerweise das fertiggestellte Bauwerk dem Bauherrn übergeben wird, ohne dass in einem speziellen Dokument die zur Nutzung notwendigen Anweisungen zusammengefasst werden. Jedes Haushaltgerät wird mit einer Bedienungs- und Unterhaltsanleitung geliefert. Für Motorfahrzeuge sind auch die Bedingungen für die Garantieleistungen aufgeführt, und ein spezielles Service-Heft empfiehlt die Zeitintervalle zwischen den Unterhaltsarbeiten sowie deren Umfang.

Analoge Dokumente für ein Bauwerk können, oder besser sollten, erstellt werden. Eine günstige Gelegenheit, um die Leistung der Planer gegenüber dem Bauherrn ersichtlich zu machen! Die *Nutzungsanweisungen*, zusammen mit Nutzungsplan und Sicherheitsplan, dienen ebenfalls zur Beantwortung von Fragen bei Nutzungsänderungen oder beim Wechsel des Eigentümers. Die beiden Pläne zur *Überwachung* und zum *Unterhalt* bilden die Grundlage zur Finanzierung der laufenden Kosten und sind unabdingbar für das Erreichen der geplanten Nutzungsdauer.

Zusammenfassung und Ausblick

Die wichtigsten, mit der neuen Generation der Tragwerksnormen eingeführ-

ten Neuerungen seien noch einmal wiederholt:

Vor jeglicher Berechnung ist es unerlässlich, dass die Anforderungen an das Bauwerk festgelegt werden. Davon ausgehend können die Nutzungszustände definiert werden, und es ist abzuschätzen, welche Situationen für das Bauwerk kritisch werden können.

Diese Überlegungen, wie auch die zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit und Sicherheit zu ergreifenden Massnahmen, sind im Nutzungs- bzw. Sicherheitsplan schriftlich festzuhalten.

Diese Pläne ergeben die Grundlage für die Bemessung und Berechnung. Sie beinhalten ebenfalls Bedingungen, die während der Ausführung kontrolliert werden müssen (Kontrollplan) und solche, die für die Nutzungsanweisungen bedeutsam sind (vgl. Bild 2).

Zur Gewährleistung der Nutzung während der geplanten Nutzungsdauer ist es empfehlenswert, einen Überwachungsplan und einen Unterhaltsplan aufzustellen.

Die Ordnungsmittel sind wichtige Hilfsmittel zur Gewährleistung der Anforderungen an das Bauwerk, indem sie frühzeitig in der Planung den Denkprozess fördern und zum Informationsaustausch zwischen den am Bau beteiligten Personen beitragen.

Sind solche Dokumente vorhanden, dann können auch unvermeidliche Änderungen oder Ergänzungen in geordnetem Verfahren und unter Beachtung der früher festgelegten Randbedingungen erfolgen. Solche Ergänzungen bedürfen der Zustimmung aller Beteiligten.

Das schriftliche Festhalten der Grundlagen in Ordnungsmitteln ist zur Zeit noch ungewohnt. Sehr bald wird man die Vorteile dieses systematischen Vorgehens und den Wert der erarbeiteten

Ordnungsmittel kennen und schätzen lernen. Es wird dann auch nicht mehr eine Frage sein, ob die Aufstellung dieser Dokumente mehr Zeit erfordert. Man wird erkennen, dass diese Zeit lediglich zu einem anderen Zeitpunkt im Bauprozess, nämlich früher, aufgewendet wird. Die Planer können sich

auf die wesentlichen Punkte konzentrieren, unnötige Änderungen vermeiden und den Gesamtaufwand optimieren.

Der vorliegende Aufsatz basiert teilweise auf Veröffentlichungen zur Einführung der Norm SIA 160 «Einwirkungen auf Tragwerke» und zitiert auch

aus den Beiträgen von Prof. Jörg Schneider und Dr. Paul Lüchinger, die in der SIA Dokumentation D041 (1989) enthalten sind.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. Manfred A. Hirt, Präsident der Normkommission SIA 160, ICOM-Constructiions MétaIliques, EPF Lausanne, 1015 Lausanne.

Anwendung Norm SIA 160 «Einwirkungen auf Tragwerke»

Nutzungs-/Sicherheits-/Kontrollplan

Eine Hilfestellung zur Bearbeitung der Nutzungs- und Sicherheitspläne

Die Einführung der Nutzungs- und Sicherheitspläne im Rahmen der neuen Tragwerksnormen des SIA hat teilweise zu Problemen und Unsicherheiten bei der Erstellung dieser Pläne geführt. Im Grunde genommen handelt es sich dabei um Leistungen, die bei der Bearbeitung von Tragwerken in Ansätzen schon immer ausgeführt werden mussten. Für eine ganzheitliche und umfassende Qualitätssicherung während der Projektierung und Ausführung eines Bauwerkes ist jedoch eine systematische Erarbeitung dieser Pläne von massgebender Bedeutung. Der vorliegende Beitrag soll helfen, die diesbezüglichen Unsicherheiten zu beseitigen und zur Verständigung unter den Fachleuten beitragen.

Bevor die Bearbeitung der Nutzungs- und Sicherheitspläne in Angriff genommen wird, sollte man sich über Ziel,

VON WERNER STREICH,
ZÜRICH

Konzept und Inhalt dieser Pläne klarwerden (zuerst denken, dann handeln). Dabei ist es zweckmässig, gemäss den in diesem Beitrag behandelten Abschnitten zu verfahren.

Im Rahmen der Bearbeitung der Nutzungs- und Sicherheitspläne sind vor allem folgende Punkte zu beachten: Umfang und Bearbeitungsgrad haben den speziellen Eigenschaften des Objektes und dem jeweiligen Stand der Projektierung zu entsprechen. Im Laufe der Projektierung (Vorprojekt, Bauprojekt, Ausführungsprojekt) sind die Nutzungs- und Sicherheitspläne im Sinne eines iterativen Prozesses zu erarbeiten, zu ergänzen und allenfalls zu korrigieren. Dabei sollen diese Pläne möglichst frühzeitig erstellt werden, so einfach wie möglich sein, aber nicht einfacher, sowie für alle Empfänger verständlich und nachvollziehbar sein.

Unter den einzelnen Abschnitten ist die Detailbearbeitung der Nutzungs- und

Sicherheitspläne vorzunehmen. Dabei sind vor allem Kreativität und Phantasie gefordert. Die Beiträge von Professor Jörg Schneider, ETH-Zürich, in den Dokumentationen D 041 und D 042 des SIA zur Einführung in die neuen SIA-Normen 160 und 162 vermögen die Kreativität und die Phantasie bezüglich Nutzungs- und Sicherheitspläne bestens anzuregen. (Probleme, an die man gedacht hat, sind bereits halb gelöst.)

Die folgende Wegleitung zur Erstellung der Nutzungs- und Sicherheitspläne ist im konkreten Fall bezüglich ihrer Gebrauchstauglichkeit kritisch zu überprüfen. Sie soll nicht als Kochbuch, sondern als Checkliste zur systematischen Erarbeitung der Nutzungs- und Sicherheitspläne sowie als Anstoss zum eigenen kreativen Nachdenken und Handeln verstanden werden. Im übrigen wird auf die SIA-Normen und die Literatur verwiesen, die am Schlusse des Artikels aufgeführt sind.

Anforderungen des Auftraggebers und der Benutzer

Die Anforderungen des Auftraggebers und der Benutzer sind gemeinsam mit ihnen zusammenzutragen und schriftlich in einem Protokoll oder in einem

entsprechenden Dokument festzuhalten. Dabei sind vor allem folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Bauaufgabe
- Vorgesehene Nutzungen und Nutzungsdauer
- Anforderungen des Auftraggebers und der Benutzer an das Bauwerk resp. an die Instandsetzung eines Bauwerkes
- Unterlagen des Auftraggebers und der Benutzer

Nutzungsplan

Die Anforderungen des Auftraggebers und der Benutzer werden unter den folgenden Punkten zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit ingenieurmässig umgesetzt. Dabei sind auch die Anforderungen der beteiligten Fachleute mitzubedenken.

- Grundlagen:**
 - Anforderungen des Auftraggebers und der Benutzer (siehe vorangehender Abschnitt)
 - Anforderungen der beteiligten Fachleute
 - Einschlägige SIA-Normen / Literatur
- Projektbeschreibung** (Planskizzen, Pläne, Beschrieb): Dabei sind die Bearbeitungsphasen Vorprojekt, Bauprojekt und Ausführungsprojekt zu unterscheiden.
- Massgebende Nutzungszustände:** Diese werden aufgrund der möglichen Nutzungszustände ermittelt und ausgewählt.
- Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit:** Die Anforderungen sind eindeutig und verständlich zu umschreiben.

Massnahmen zur Gewährleistung der Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit: Die einzelnen Massnahmen sind zu beschreiben. Insbesondere sind folgende Massnahmen zu prüfen:

- Massnahmen bei den Einwirkungen
- Wahl geeigneter Baustoffe
- sorgfältige konstruktive Durchbildung