Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 110 (1992)

Heft: 19

Artikel: Verminderung von Schadenfällen: aus der Praxis des beratenden Ingenieurs

Autor: Heierli, Werner

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-77897

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

samtmodell im Zeitbereich formuliert werden. Methoden, die auf dem klassischen Faltungsintegral beruhen, führen jedoch für ein dreidimensionales Problem zu einer Rechenzeit und einem Speicherplatzbedarf, die auch von grossen Computern kaum bewältigt werden können. Deshalb wurde eine neue Methode entwickelt, bei welcher der Fernbereich durch wenige zusätzliche interne Freiheitsgrade erfasst wird, so dass keine Faltung mehr nötig ist. Der Nahbereich wird mit finiten Elementen modelliert, was erlaubt, nichtlineare Effekte miteinzubeziehen. Als Beispiel wird für einen Halbkreiskanal die Lösung nach der neuen Methode mit der analytischen Lösung verglichen. Es zeigt sich eine ausgezeichnete Übereinstimmung.

Die Verfasser danken dem Bundesamt für Wasserwirtschaft, Bern, und der ETH Zürich für die Unterstützung dieses Forschungsprojektes.

Adresse der Verfasser: *H. Bachmann*, Dr. sc. techn., Professor für Baustatik + Konstruktion, *J.-M. Hohberg*, Dipl. Ing. und *B. Weber*, dipl. Bauing. ETH, Institut für Baustatik + Konstruktion, ETH-Hönggerberg, Gebäude HIL, 8093 Zürich.

ASIC-Artikelreihe: Neuartige Aufgaben

Verminderung von Schadenfällen

Aus der Praxis des beratenden Ingenieurs

Fehler und Schadenfälle sind nie absolut ausschliessbar. Nur der ständige Kampf gegen Fehler kann die Schadenfälle vermindern. In diesem Beitrag folgen sieben Regeln zur Verminderung von Schadenfällen.

VON WERNER HEIERLI, ZÜRICH

Ziel unserer Planungs-, Projektierungs- und Bauleitungsarbeit ist selbstverständlich die zweckmässige und *möglichst fehlerfreie* Lösung der gestellten Aufgaben. Dabei kennen wir alle das «Naturgesetz», dass es absolute Sicherheit vor Fehlern und Schadenfällen nicht gibt und nie geben wird.

Fehler sind vergleichbar mit Krankheitserregern, welche unseren Organismus befallen. Ähnlich wie die ständige Abwehr unseres Immunsystems gegen Krankheiten kann uns nur der ständige Kampf gegen Fehler wirksam schützen.

- ☐ ***Kritische Einstellung bewahren***
- ☐ ***Verantwortung bewusst machen***
- ☐ ***Einfach, robust und flexibel entwerfen***
- ☐ ***Schadenträchtige Situationen erkennen***
- ☐ ***Kontrollen organisieren***
- ☐ ***Defensive Haltung einnehmen***
- ☐ ***Persönliche Weiterbildung betreiben***

Der vorliegende Beitrag soll zeigen, wie dieser Kampf *systematischer* geführt werden kann.

Da die Hartnäckigkeit – das Durchhalten – in diesem Kampf entscheidet, braucht es unter anderem auch einige einfache, konkrete Regeln, die man sich einprägen, laufend selbst verfeinern und täglich anwenden kann. Es wird daher im folgenden versucht, *7 Regeln für die Verminderung von Schadenfällen* aufzustellen, zu begründen und nachfolgend zu diskutieren. Die nachfolgenden 7 Abschnitte sind je einer dieser Regeln zugeordnet.

Kritische Einstellung bewahren

☐ *Ist die Aufgabenstellung sinnvoll?* Die grössten «Schäden» entstehen wohl dann, wenn eine Aufgabe angegangen wird, deren Lösung bei genauer Betrachtung gar nicht das Ziel des Auftraggebers sein kann. Bei grossen Aufgaben mag es selten sein, bei Teilaufgaben kommt es häufiger vor, dass die Aufgabe im Grunde genommen nicht richtig, zu weit oder zu eng formuliert ist. Der beratende Ingenieur muss genau wissen, was der Auftraggeber erreichen will, und sich auch dann der kritischen Würdigung der Aufgabenstellung unterziehen, wenn daraus der Verlust eines Auftrags resultieren kann, weil dieser vielleicht nicht oder anders zur Ausführung kommt.

☐ *Können wir diese Aufgabe bewältigen?* Fehler entstehen oft dort, wo eine Firma oder ein Konsortium durch eine Aufgabe überfordert ist. Es gehört zur Pflicht des beratenden Ingenieurs, die Frage nach der Kompetenz der eigenen Firma wie auch anderer beteiligter Firmen nüchtern zu stellen, und zwar für die Gesamtaufgabe ebenso wie für die Detailprobleme. Die Frage kann zum Teil durch den Beizug von Spezialisten gelöst werden.

☐ *Gibt es grundsätzlich andere, unkonventionelle Lösungen?* Erfahrung hat viele Vorteile, aber sie darf nicht dazu verleiten, nur noch bisherige Lösungen fortzuschreiben. Auch wenn echt unkonventionelle Lösungen im Bauwesen selten sind, so lohnt es sich trotzdem immer, das Problemfeld nach solchen Möglichkeiten abzusuchen. Dazu ein frappantes Beispiel des verstorbenen Astronomen und Morphologen Fritz Zwicky: Nach vorherrschender Meinung gab es Räume am Himmel, in denen neue Sterne zu entdecken waren, und andere, wo man sicher keine finden würde. Zwicky entschied sich für die unkonventionelle Lösung, forschte in den als sternenleer «bekannten» Räumen und fand dort gleich eine Anzahl neuer Sterne.

Der «alte Praktiker» hat häufig recht, aber nicht immer. Am besten bewährt sich eine kritische Einstellung zu allem.

Verantwortung bewusst machen

☐ *Verantwortlichkeiten schriftlich festlegen:* Dadurch wird nicht nur die Rechtslage geklärt, sondern – viel bedeutsamer – vermieden, dass Lücken in den Verantwortungsbereichen vorkommen. Bekanntlich ereignet sich dort der Fehler, wo jeder meinte, der andere kümmere sich um das Problem. Verantwortung muss bewusst gemacht und bewusst gehalten werden.

☐ *Änderungen in der Verantwortung schriftlich festhalten:* Änderungen in der Verantwortung generieren oft Fehler, weil die Vorgeschichte dem neuen Verantwortlichen zu wenig bekannt ist.

☐ *Verantwortungsgefühl der Mitarbeiter fördern:* Es ist notwendig, alle Beteiligten periodisch an ihre Verantwortung zu erinnern. Die Darstellung der Auswirkungen von Fehlern, besonders auf den unteren Entscheidungsebenen, hilft hier am besten (vgl. Vorschlag am Schluss).

Einfach – robust – flexibel entwerfen

☐ *Einfache Lösungen ergeben überschaubare Systeme und weniger Fehler:* Wenn die Lösung einfach ist, so sind auch allfällige Fehler einfach zu entdecken. Einfache Lösungen bergen weniger Fehlermöglichkeiten in sich.

☐ *Robuste Lösungen sind weniger fehleranfällig:* Oder umgekehrt: Wenn Lösungen durch kleine Änderungen der Annahmen zu Fall kommen, sind sie meistens schlecht!

☐ *Flexible Lösungen gestatten Anpassungen:* Es kommt vor, dass wichtige Voraussetzungen für ein Projekt bei Beginn nicht genügend genau bekannt sind. Eingeplante Flexibilität kann spätere Korrekturen ermöglichen.

Schadenträchtige Situationen erkennen

Im folgenden werden einige Beispiele von Situationen genannt, in denen Fehler häufig vorkommen:

☐ *«Wasser»*

– *Hochwasser und Kolk* gehören zu den wichtigsten Schadensursachen im Flussbereich. Weltweit sind mehr Brücken durch Kolk zerstört worden als durch irgendeine andere Ursache. Häufig wird vergessen, dass sich die Erosionswirkung des Wassers durch neue (weitere) Einbauten ändert, so dass bestehende Bauten unerwartet gefährdet werden. Modellversuche lohnen sich hier sehr bald.

– Das *Grundwasser* ist wegen der Phänomene «Grundbruch, Wasserdruck und Auftrieb» immer wieder die Ursache von sehr teuren Schadenfällen.

– *Wasserdichtigkeit* im allgemeinsten Sinne – vom Wasserdampf bis zum Grundwasser – spielt häufig eine Rolle bei Schadenfällen.

☐ *«Erde»*

– Der *Baugrund kann von der Prognose abweichen.* Ein Teil dieses Risikos kann durch den Entwurf aufgefangen werden, der Rest verbleibt beim Bauherrn – aber er muss darüber informiert werden.

– Die *Modellvorstellung* des Baugrundes kann von dessen tatsächlichem Verhalten wesentlich abweichen. In wichtigen Fällen muss man mehr als ein plausibles Modell annehmen und die Nachweise für alle Modelle führen.

– *Eingriffe in bestehende Böschungen:* Hier lohnt es sich, den Zustand vor dem Bau kritisch zu analysieren und die *Änderung* der Sicherheit durch Bauvorgang und Bauwerk zu untersuchen. Die Rückwärtsrechnung leistet hier hervorragende Dienste, ähnlich wie auch bei der Analyse bestehender Bauten. Jedes vorhandene Bauwerk, jede vorhandene Böschung usw. stellt in einem gewissen Sinne einen Grossversuch dar.

☐ *Konstruktion und Dimensionierung*

– *Bauzustände beachten.*

– *Krafteinleitungs- und Stabilitätsprobleme* gehören zu den häufigsten Fehlerursachen.

– Oft wird vergessen, dass *dynamische Wirkungen* sich nicht immer durch Stosszuschläge allein berücksichtigen lassen. Stichworte: Resonanz, Lärm/Erschütterungen; als positiver Effekt für einmalige Belastung: Energieaufnahme durch Plastifizierung; bei oft wiederholter Belastung aber: Ermüdung, Aufsummierung von Verformungen.

– Stets an *«Temperatur, Schwinden, Kriechen»* denken.

Kontrollen organisieren

☐ *Im Projekt:* In einfachen Fällen bewährt sich die Kontrolle durch Kollegen (engl. «peer review»), bei anspruchsvollen Berechnungen sind unabhängige Zweitberechnungen notwendig, und bei komplexen Problemen wohl nur die teamfremde, kritische Expertenkontrolle.

☐ *Bei der Ausführung:* Kontroll- und Sicherheitspläne müssen *durchgesetzt* werden. Auch die Bauleitung muss die *Wirkungsweise* des zu erstellenden Systems verstehen.

Überwachung und Unterhalt sind nicht nur vorzusehen, sondern vom Bauherrn auch *durchzusetzen.*

Defensive Haltung einnehmen

Defensives Autofahren ist bekanntlich der wichtigste Schlüssel zur Vermeidung von Unfällen. Defensiv fährt man, wenn man sich bewusst ist, dass stets etwas Unerwartetes passieren kann. Auch der beratende Ingenieur sollte sich in diesem Sinne defensiv verhalten; realistisch betrachtet gibt es eben sehr viele Fehler-Möglichkeiten. Die stete Frage: «Was könnte schief gehen?» ist daher ebenso berechtigt wie nützlich – auch wenn Murphy natürlich übertreibt, wenn er sagt, es gehe alles schief, was überhaupt schief gehen könne.

Auf begrenzte Risiken, für deren Abdeckung der Aufwand sehr gross wäre, ist der Bauherr aufmerksam zu machen; er entscheidet – aber en connaissance de cause! – welchen Weg er beschreiten will. Nach unserer Erfahrung lohnt sich die Übernahme begrenzter, gut umschriebener finanzieller Risiken für den Bauherrn sehr oft. Eine schriftliche Abmachung und Begründung eines solchen Vorgehens ist aber unabdingbar.

Schadenfälle entstehen vornehmlich dort, wo Risiken gar nicht erkannt werden, und weniger dort, wo der Sicherheitsfaktor – z.B. im Grundbau – aus klaren Überlegungen heraus in einem definierten Fall knapp angesetzt wird. Wo alles überdacht wird, weil man sich des Risikos voll bewusst ist, ergeben sich selten Schäden.

Persönliche Weiterbildung

Man bewahrt erfahrungsgemäss dann am besten eine kritische, defensive Haltung, wenn man laufend Angaben über Schadenfälle sammelt, die Folgerungen daraus zieht und versucht, für unseren Berufsstand und für sich selbst Lehren zu entwickeln.

Die Schwierigkeiten und der Aufwand eines solchen Unterfangens sind nicht zu unterschätzen. Sehr viele Schadenfälle werden aus evidenten Gründen geheimgehalten. Trotzdem oder gerade deshalb wird an dieser Stelle vorgeschlagen, dass der ASIC bzw. die ASIC-Stiftung Schadenfälle sammelt, auswertet und die Lehren daraus publiziert, unter Beachtung berechtigter Geheimhaltungsinteressen. Dabei sollte man sich natürlich nicht auf schweizerische Fälle beschränken.

Adresse des Verfassers: Dr. *W. Heierli,* Ingenieurbüro Heierli AG, Culmannstrasse 56, 8033 Zürich.

Leicht überarbeitete Fassung des Referates, gehalten anlässlich der Info-Tagung der ASIC über «Risiken und Versicherungen des Ingenieurs», Casino Zürichhorn, 14. November 1991.