Gefahren, Gefährdungsbild und ein Sicherheitskonzept

Autor(en): **Schneider, Jörg**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 7

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74048

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Gefahren, Gefährdungsbild und ein Sicherheitskonzept

Von Jörg Schneider, Zürich*)

Ausgehend vom Gegensatzpaar Gefahr versus Sicherheit wird gezeigt, dass Sicherheit wegen unvermeidbarer Restgefahren nicht in uneingeschränktem Mass erreichbar ist. Zur Abwehr von Gefahren steht eine Reihe von Massnahmen zur Verfügung. Es zeigt sich jedoch, dass deren Anwendung die Definition von sog. Gefährdungsbildern erfordert sowie als Ordnungsmittel einen sog. Sicherheitsplan als wünschbar erscheinen lässt. Ohne weitergehende Strategien gegen menschliche Fehlhandlungen bleibt jedoch allen Anstrengungen nur ein beschränkter Erfolg beschieden.

Der Mensch verändert mit seiner Arbeit die Welt, der Ingenieur die sichtbare Umwelt. Er tut dies im Auftrag der Gesellschaft und des einzelnen, um deren Lebensbedingungen zu verbessern. Verbesserung der Lebensbedingungen ist oft gleichbedeutend mit Abwehr drohender Gefahren aus der natürlichen und der gebauten Umwelt. Dabei dürfen wir nicht übersehen, dass mit der Tätigkeit des Ingenieurs und durch seine Werke neue Gefahren in unsere Umwelt hineingetragen werden. Dies wird der Gesellschaft in rasch zunehmendem Masse bewusst. Sie fordert aus dieser Erkenntnis heraus, und der Grundeinstellung des sog. westlichen Menschen folgend, Abwehr der die Lebensbedingungen bedrohenden Gefahren, sie fordert Sicherheit. Und der Ingenieur muss sich dieser Forderung stellen.

Der folgende, bewusst allgemein gehaltene Exkurs über Gefahren, Gefahrenabwehr und Sicherheit geschieht aus der Sicht eines Bau-Ingenieurs, der sich als praktisch tätiger Ingenieur im Einzelfall mit *Tragwerkssicherheit* auseinandergesetzt hat, der als Hochschullehrer versucht, die angesprochenen Begriffe sachgerecht in die Ingenieurausbildung zu integrieren und der als Präsident einer Kommission des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) die Aufgabe hat, eine Weisung für die Koordination des Normenwerks des SIA im Blick auf Sicherheit und Gebrauchsfähigkeit von Tragwerken (SIA 260) zu erarbeiten [1]. Dieser gedankliche Hintergrund der Ausführungen hat den Nachteil einer gewissen Einschränkung des Erfahrungsbereichs, jedoch den Vorteil, allgemeinen Aussagen konkrete Beispiele unterlegen zu können.

Die *Fragen* sind: Was ist eigentlich Sicherheit, was sind die Gefahren, welche die Sicherheit beeinträchtigen, und schliesslich, wie wehrt man Gefahren ab? Ich will versuchen, diese Fragen in einer zweckmässigen Ordnung zu beantworten.

*) Vortrag, gehalten an der ETH-Fachtagung «Brandschutz und Sicherheit», am 5. Sept. 1979.

Was ist Sicherheit?

Die Begriffe *Sicherheit und Gefahr* sind umgangssprachlich als *Gegensatzpaar* zu verstehen. Die *Brockhaus Enzyklopädie* definiert Sicherheit als *«objektiv das Nichtvorhandensein von Gefahr, subjektiv die Gewissheit des Einzelnen, einer Gruppe oder eines Staates, vor möglichen Gefahren geschützt zu sein»*. Bezeichnenderweise kennen manche Sprachen nur einen der beiden Begriffe und ersetzen den anderen durch Verneinen des einen (Sicherheit: Nichtsicherheit; Ohnegefahr: Gefahr). Das Zeichen in der japanischen Schrift für Sicherheit steht sinnvollerweise gleichzeitig für Frieden, das altchinesische Zeichen für Gefahr gleichzeitig für Regen. *Larousse* definiert Sicherheit als *«la tranquillité d'ésprit resultant de la pensée, qu'il n'y a pas de péril à redouter»*, frei übersetzt also als die Seelenruhe, die aus der Gewissheit stammt, dass keine Gefahr zu fürchten sei. Wir werden sehen, dass Sicherheit in diesem umfassenden, qualitativen Sinn nicht erreichbar ist, und die Gesellschaft wird lernen müssen, mit einem anderen Sicherheitsbegriff zu leben. Doch wie sollen wir Sicherheit dann definieren?

Bauingenieure haben sich die Frage lange – und mit bemerkenswertem Erfolg, denn Bauwerke und Tragwerke gelten als vergleichsweise überaus sicher – recht leicht gemacht. Sie setzen Sicherheit in einer etwas nachlässigen Umgangssprache gleich dem *sogenannten Sicherheitsfaktor*. Dies ist der *Quotient aus quantifizierbaren Merkmalen einer gefahrabwehrenden Massnahme* und *der zugehörigen Gefahr selbst*. Die Sicherheit des Tragseils eines Aufzugs ist damit der Quotient aus der Bruchlast des Seils und der Last der beladenen Aufzugskabine. Ein Zahlenwert von 20 dürfte für viele Aufzugsanlagen zutreffen. Für Balken aus konventionellen Baustoffen wie Stahl, Stahlbeton und Holz kennen wir entsprechende «Bruchsicherheiten» von 1,6 bis etwa 3. Warum diese Unterschiede? Fachleute wissen um die Schwierigkeiten bei der Definition von Zähler und Nenner in diesem konventionellen Sicherheitsbegriff der Bauingenieure und die Beschränktheit des Begriffs ist bereits dem klar, der eine Strasse zu bauen hat: Kann man mit einem Sicherheitsfaktor von z. B. 2 eine Strasse befahren?

In anderen Bereichen der Technik versucht man dem Problem mit dem *Risikobegriff* beizukommen. Risiko kann dabei vereinfachenderweise verstanden werden als die *quantifizierte Wahrscheinlichkeit eines Schadenereignisses multipliziert mit der quantifizierten Grösse des zugehörigen Schadens*. Ein Risiko lässt sich damit beispielsweise in Geldeinheiten oder in Menschenleben ausdrücken. Situationen werden dann als sicher bezeichnet, wenn ein derart quantifiziertes Risiko kleiner als ein entsprechender, festzulegender Grenzwert bleibt.

Soweit, so gut, zumindest solange es sich um *Sachschadenrisiken* handelt. Doch wie sollen wir *Grenzwerte für das Risiko von Leib und Leben von Personen* festlegen? Dürfen wir den Risikobegriff auf Personenschäden ausdehnen? Die Antwort ist zweifach: nein und ja. In jedem Einzelfall müssen wir uns nach allen verfügbaren Kräften bemühen, Personenrisiken auf null zu beschränken. Im grossen und über alles gesehen wird uns dies nicht gelingen, wir müssen gewisse Personenrisiken akzeptieren, und es bleibt eine schwierige volkswirtschaftliche Frage, wo wir die Grenze setzen wollen oder setzen müssen: Wieviel ist die Gesellschaft bereit, für die Rettung eines Menschenlebens zu bezahlen? [3]

Die eingangs erwähnte Weisung SIA 260 [1] definiert das Sicherheitsziel des Normenwerks des SIA über alles gesehen deshalb als zahlenmässige Begrenzung des auf Tragwerkversagen zurückzuführenden *Todesfallrisikos*. Dieses steht – weil von Staates wegen erfasst und damit leicht erfassbar – stellvertretend für alle Personenrisiken. Die zahlenmässige Begrenzung des Todesfallrisikos orientiert sich an der Erfahrung und an den Risiken aus anderen Aktivitäten des Menschen. Erfahrungswerte für Personenrisiken aus Tragwerksversagen sind nicht genau bekannt, da entsprechende Kategorien in nationalen und internationalen Statistiken fehlen (an sich ein gutes Zeichen und ein Hinweis, dass entsprechende Risiken vergleichsweise sehr klein sind). Die Weisung SIA 260 schlägt vor, diesen Grenzwert auf 10^{-4} Tote pro Person und Jahr für die allgemeine Bevölkerung und auf 10^{-6} Tote pro auf Baustellen beschäftigte Person und Jahr festzulegen. Diese Zahlenwerte sind z. B. zu vergleichen mit dem Todesfallrisiko infolge Gebäudebrandes, das für die Schweiz (und ähnlich entwickelte Länder) bei etwa 10^{-5} Tote pro Person und Jahr liegt.

Sicherheitsprobleme im Sinne der Wei-

sung SIA 260 sind demnach zunächst ausschliesslich *Gefahren und Versagensformen*, die Leib und Leben von Personen gefährden. In bezug auf die *Ursachen* des Tragwerkversagens werden dabei jedoch keine Einschränkungen gemacht. Es gehören dazu neben den konventionell betrachteten Gefahren der Überlastung und mangelnden Tragwerkwiderstandes vor allem auch Lücken, Unterlassungen, Fehler, Missverständnisse usw. in Planungs-, Projektierungs-, Ausführungs-, Kontroll- und Nutzungsprozessen.

Alle übrigen Gefahren und Versagensformen können im Sinne eines erweiterten Wirtschaftlichkeitsbegriffs Gegenstand ökonomischer Überlegungen sein, beispielsweise in der Form, dass man im konkreten Einzelfall das Minimum für die Summe aus Anlagekosten, Unterhaltskosten und dem Geldwert des Sachschadenrisikos aufsuchen könnte. Dieser Geldwert liesse sich, im Prinzip wenigstens, in eine Versicherungsprämie umlegen. Es wird sich jedoch herausstellen, dass volkswirtschaftlich untragbar grosse Sachschadenrisiken sowie unreparierbare Schäden an Umwelt und Kulturgütern, obwohl definitionsgemäss nicht Sicherheitsproblem, doch bei der Organisation von Abwehrmassnahmen den Sicherheitsproblemen gleichgesetzt werden müssen.

Gefahren, Restgefahren und akzeptiertes Risiko

Der Lebensbereich des Menschen wird durch vielfältige Gefahren bedroht. Beschränken wir uns auf Bauwerke (siehe Bild 1), können wir ziemlich deutlich *zwei grosse Gruppen von Gefahren* unterscheiden: links im Bild die Gruppe der *Gefahren aus der natürlichen Umwelt* mit Wind, Schnee, Lawinen, Eis und gekoppelte Wirkungen, Erdbeben, Blitzschlag usw. sowie Einwirkungen aus Erdrutsch, Steinschlag, dem eigentlichen Baugrund und dem allfällig vorhandenen Grundwasser, schliesslich natürliche chemische und physikalische Einwirkungen auf das Bauwerk und seine einzelnen Komponenten; rechts im Bild die Gruppe der *Gefahren aus menschlicher Tätigkeit*, aus Nutzung des Bauwerks und aus der gebauten Umwelt, darunter ursächlich oder begleitend Unwissenheit, Nachlässigkeit, Irrtümer und Fehlhandlungen aller an Planung, Projektierung, Ausführung und Nutzung beteiligten Menschen.

Typisch für jede derartige Gefahrenliste ist ihre *Unvollständigkeit*. Nicht alle auf ein Bauwerk oder eine vergleichbare Situation einwirkenden Gefahren sind objektiv bekannt, und weitere Gefahren bleiben subjektiv unerkannt [2]. Die ersten sind nach dem jeweiligen Stand von Wissenschaft und Technik – zumindest vorderhand – nicht bekannt, die letzten nach dem Wissensstand des Einzelnen nicht erkannt (Bild 2). Beispielsweise war die Gefahr *aerodynamischer Instabilität von Hängebrücken* bis zum Einsturz der *Brücke über die Meerenge von Tacoma* objektiv unbekannt. Heute ist sie dies nicht mehr. Sie mag allenfalls bei manchem Ingenieur subjektiv unerkannt sein (hoffentlich baut ein solcher keine Hängebrücken).

Beispiele für heute noch objektiv unbekannte Gefahren lassen sich definitionsgemäss nicht bringen. Die Diskussionen über Kernkraftwerke und ihre Gefahren erhitzen sich meiner Meinung nach gerade an diesem Punkt. Befürworter argumentieren mit der Tatsache, dass alle (objektiv bekannten) Gefahren durch adäquate Massnahmen abgewehrt seien, Gegner mit notgedrungenermassen vagen Hinweisen auf möglicherweise objektiv noch unbekannte Gefahren. Ist es ein Wunder, wenn man bei mangelhafter begrifflicher Klärung aneinander vorbeiredet?

Die Liste der Beispiele subjektiv unerkannter Gefahren ist lang und oft erschreckend banal. Beispielsweise bleibt immer wieder unerkannt, dass die *Windwirkung auf die durch Schneeverfrachtung oder Eisbildung stark veränderte Geometrie* bei gewissen Bauwerken fatale Wirkung haben kann.

Ein Teil der *subjektiv* erkannten Gefahren wird immer vernachlässigt bleiben, z. B. in der subjektiven Meinung, dass ein anderer die Gefahr auch erkannt habe und in seinem Aufgabenbereich dann schon berücksichtigen werde. *Objektiv* unbekannte Gefahren, subjektiv unerkannte Gefahren sowie aus verschiedenen Gründen vernachlässigte Gefahren bilden eine erste Gruppe von *Restgefahren*, die im Bereich der Massnahmenplanung stehen bleiben. Vom objektiven Gefahrenpotential wird demnach nur eine bestimmte Reihe von Gefahren effektiv berücksichtigt und zwar entweder durch Massnahmen abgewehrt oder bewusst als Risiko akzeptiert.

Die *Wahl unzweckmässiger Massnahmen* und die *fehlerhafte Anwendung an sich geeigneter Massnahmen* bilden eine zweite Gruppe von Restgefahren, die im Bereich der Massnahmenanwendung stehen bleiben. Beispiele sind jedem bekannt, denn jeder hat zu dieser ungeschriebenen Liste seinen Beitrag geleistet. Auch schlummern in jeder an sich zweckmässigen Massnahme wieder objektiv unbekannte und subjektiv unerkannte Gefahren. Wir müssten unsere Frageliste Bild 2 aufs neue durchgehen und die vorgesehenen Massnahmen überdenken.

Auf der rechten Seite von Bild 2 nehmen die *bewusst als Risiko akzeptierten Gefahren* eine Sonderstellung ein. Die angesprochenen Restgefahren lassen sich – mindestens prinzipiell – auf null reduzieren, ohne akzeptierte Risiken können wir jedoch schlechthin nicht bauen. Viele Einwirkungen (insbesondere der natürlichen Umwelt) haben naturgemäss keine obere Grenze. Als Beispiel erwähnen wir *Schneelasten* und *Windkräfte*. Für beide Einwirkungen gibt die Belastungsnorm (z. B. SIA 160) bestimmte Werte, auf die z. B. Tragwerke zu bemessen sind. Was als Schneelast oder Windkräfte über die

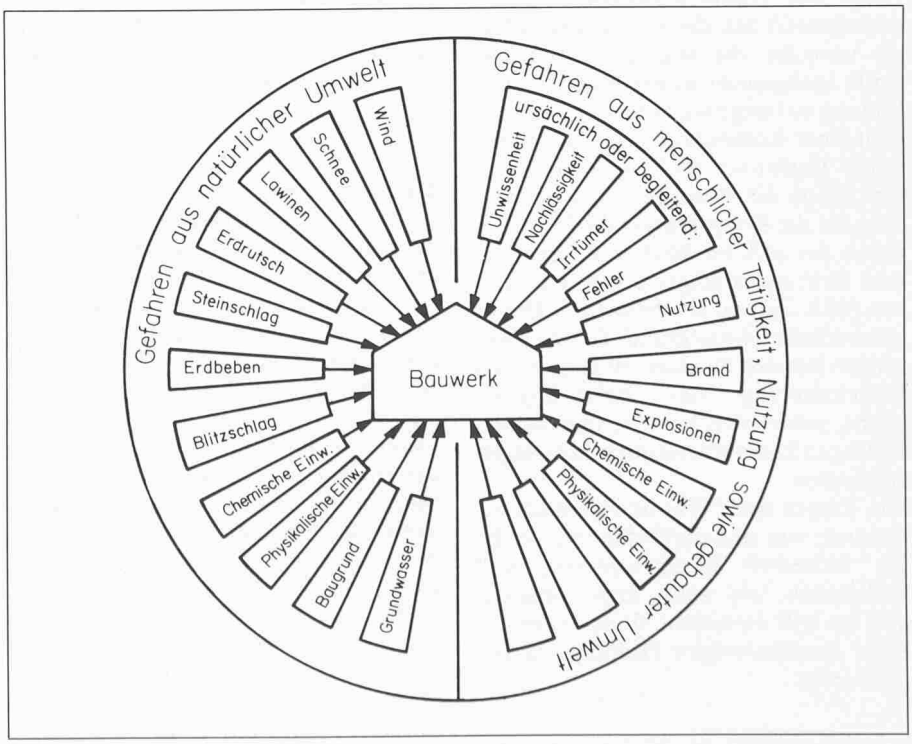


Bild 1. Die ein Bauwerk bedrohenden Gefahren (unvollständige Zusammenstellung im Sinne von Beispielen)

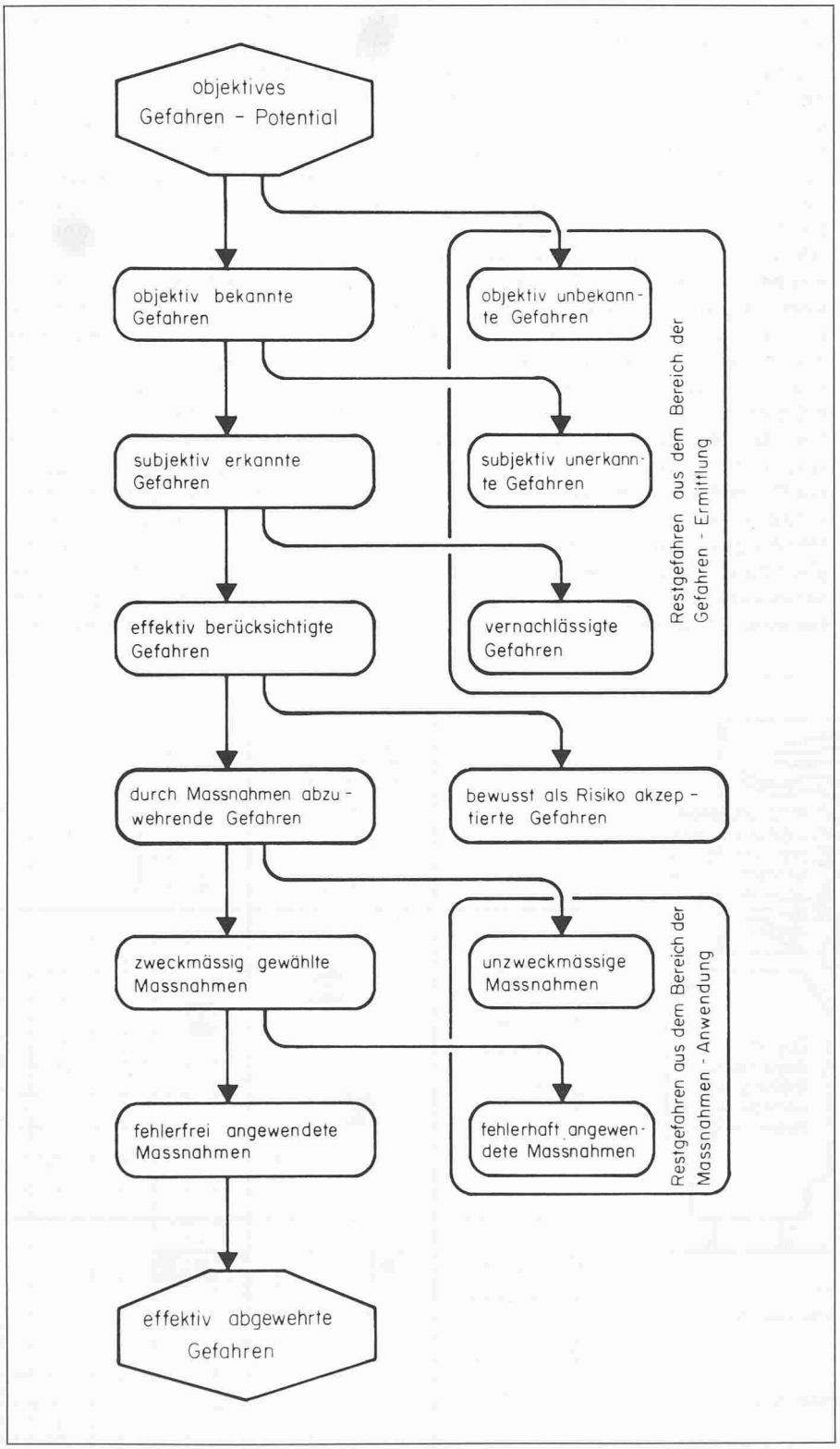


Bild 2. Gefahren, Restgefahren aus Gefahrenermittlung und aus Massnahmen-Anwendung sowie akzeptiertes Risiko

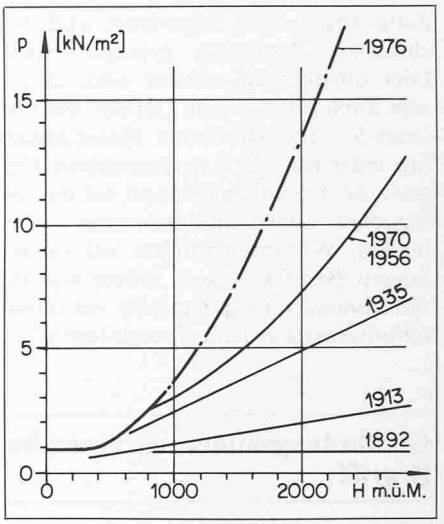


Bild 3. Schneelasten in Funktion der Höhe über Meer. Entwicklung der Anforderungen in den Normen des SIA seit 1892

dort angegebenen Werte hinausgeht, wird offenbar vom Normgeber als Vertreter der Gesellschaft und von den Ingenieuren als Risiko akzeptiert. Die Normen des SIA für die Schneelasten haben jedoch – als Folge einer Erweiterung objektiver Kenntnisse und technischer Möglichkeiten und in Anpassung an die kleiner werdende Risikobereitschaft der Gesellschaft – eine Erhöhung der durch Tragwerkbemessung abzuwehrenden Werte in mehreren Stufen gefordert (Bild 3). Für andere Gefahren und andere Bereiche der Technik gilt unzweifelhaft ähnliches.

Schliesslich ist klar: Sicherheit lässt sich nur in bezug auf die effektiv abgewehrten Gefahren erreichen. Die stehengebliebenen Restgefahren und das notgedrungen zu akzeptierende Risiko machen es unmöglich, die Forderung nach Sicherheit uneingeschränkt zu erfüllen. Absolute Sicherheit gibt es nicht.

Massnahmen zur Abwehr von Gefahren

Das Spektrum der dem Ingenieur zur Abwehr von Gefahren zur Verfügung stehenden Massnahmen ist breit und nicht jeder ist sich bewusst, dass Gefahren auch anders und oft wesentlich wirtschaftlicher abgewehrt werden können als durch entsprechende Bemessung von Tragwerken und Sicherheitseinrichtungen. Die bereits erwähnte Weisung SIA 260 [1] zählt die folgenden grundsätzlichen Möglichkeiten auf:

- *Elimination* von Gefahren durch Massnahmen am Gefahrenherd selbst (z. B. Lawinenverbau im Abrissgebiet).
- *Umgehen* von Gefahren durch Änderung der Absicht und/oder der Bauwerkkonzeption (z. B. Änderung der Linienführung einer Strasse).
- *Bewältigung* von Gefahren durch Kontrolle, Überwachung und Warnsysteme (z. B. Überwachung und rechtzeitige Evakuierung von Baugruben).
- *Überwältigen* von Gefahren durch Vorhalten von Reserven (z. B. durch entsprechende Bemessung von Tragwerken). (Auf die begriffliche und numerische Ausgestaltung dieser Massnahme innerhalb der Weisung SIA 260 kann hier nicht eingegangen werden. Siehe hiezu [1].)
- *Akzeptieren* von Gefahren (z. B. von sehr starken Erdbeben).

In der Regel führt im konkreten Einzelfall eine *sinnvolle Kombination aller dieser Möglichkeiten zur optimalen Lösung*. Merkwürdigerweise haben die im statisch-konstruktiven Bereich tätigen Ingenieure und insbesondere die *Architekten* bisher wenig Gebrauch gemacht von diesem ganzen Spektrum. Ich halte es für dringend notwendig, dass diesem unbestreitbaren Mangel in der Ausbil-

dung angehender Ingenieure und Architekten Rechnung getragen wird. Dies dürfte nicht schwer sein, lassen sich doch für fast jede Gefahr und fast jedes Sicherheitsproblem Massnahmen fast jeder Kategorie herausschälen. Der gesunde Menschenverstand tut das im täglichen Leben an unerwartet vielen Stellen. Warum verbilden wir unsere jungen Berufskollegen, indem wir auf *Berechnung und Bemessung ein unverhältnismässig grosses Gewicht* legen?

Gefährdungsbilder: ein zentraler Begriff

Wenn bis hierher von Gefahren die Rede war, die durch Massnahmen abgewehrt oder als Risiko akzeptiert werden können, so ist das nicht ganz korrekt. Gefahren verschiedenen Ursprungs wie Schnee, Wind, Erdbeben, Überlastung, Korrosion von Betonstählen oder Schraubenbolzen usw. (siehe Bild 1) wirken nicht säuberlich getrennt und quasi der Reihe nach auf ein Bauwerk ein, sondern in der Regel gemeinsam. Und oft ist die gemeinsame Wirkung für den Bestand des Bauwerks bzw. die Ausgestaltung der Massnahmen bestimmend. Die Weisung SIA 260 [1] hat hierfür den Begriff *Gefährdungsbild* bereit. Der Begriff wurde in der englischen Sprache als *Hazard Scenario* geprägt. Szenario soll dabei durchaus im üblichen Sprachsinn als Drehbuch verstanden werden: ein Drehbuch, das festlegt, welche Gefahren in welcher Rolle wie und innerhalb welchen Bühnenbilds zusammen agieren [4]. Die deutsche Bezeichnung für diese sehr konkrete Vorstellung über das Zusammenwirken ist nicht überaus glücklich, doch geben andere Vorschläge (z. B. Gefährdungszustände, Gefahrensituationen usw.) die Vorstellung noch weit schlechter (weil statischer, einengender) wieder. So bleiben wir vorderhand beim Begriff Gefährdungsbild. Eine korrekte Aussage wäre somit, dass wir den in Gefährdungsbildern beschriebenen Gefahren durch adäquate Massnahmen Rechnung tragen müssen.

Um den Begriff Gefährdungsbild anschaulicher zu machen, betrachten wir ein Beispiel, die *Konstruktion eines Perrondachs* (Bild 4). Sehen wir von Gefährdungsbildern mit Erdbeben, Entgleisung von Zügen usw. ab, bleiben die wesentlichen Gefahren auf der Einwirkungsseite Schnee und Wind in denkbaren Kombinationen und Betriebszuständen. Eine Elimination dieser Gefahren am Gefahrenherd selbst steht verständlicherweise nicht zur Diskussion. Gefährdet ist – wie jeder leicht einsehen wird – unter anderem der *Stützenfuss*. Durch Ändern der Bauwerkskonzeption liessen sich die statischen Verhältnisse verbessern, doch würde dies betrieblichen Anforderungen widersprechen. Eine Bewältigung der im Gefährdungsbild beschriebenen Gefahren durch Überwachung und allfälliges Wegschaufeln allzu grosser Schneelasten ist denkbar, doch wird man diese Massnahme im konkreten Fall als wenig zuverlässig (ist das notwendige Personal verfügbar, wenn gleichzeitig Weichen freizulegen sind usw.?) beiseite lassen. Damit bleibt aus der Liste möglicher Massnahmen die *ausreichende Bemessung* der Stütze.

Nun gilt es, sich von den Gefahren des Gefährdungsbildes eine zutreffende Vorstellung zu bilden. Gehen wir davon aus, dass der Schnee in «extremer» Grösse und Verfrachtung auftritt, bezeichnen wir Schnee als *Leitgefahr* des Gefährdungsbildes. Es ist nicht anzunehmen, dass der Wind gleichzeitig in seiner «extremen» Grösse auftritt, da die Zeitdauer, innerhalb der Schnee in der beschriebenen Form zu beobachten wäre, vergleichsweise recht kurz ist und somit die Wahrscheinlichkeit «extremer» Kombinationen akzeptierbar klein ist. Wir bezeichnen Wind in dieser Situation mit dem Begriff *Begleitumstand* des Gefährdungsbilds und werden ihn mit einer Grösse berücksichtigen, die während der Einwirkungsdauer der Leitgefahr zu erwarten ist.

Ein anderes Gefährdungsbild, das bei der Bemessung der Stütze zu untersuchen wäre, vertauscht die Rollen: Wind wird als Leitgefahr in «extremer» Grösse agieren und Schnee die Rolle des Begleitumstandes übernehmen.

Wie man erkennt, heisst *«in Gefährdungsbildern denken»*, sich sehr konkret und bildhaft mit Gefahren und ihren Wirkungen auseinandersetzen. Und gerade das entspricht echtem ingenieurmässigem Denken. Dieses durch forma-

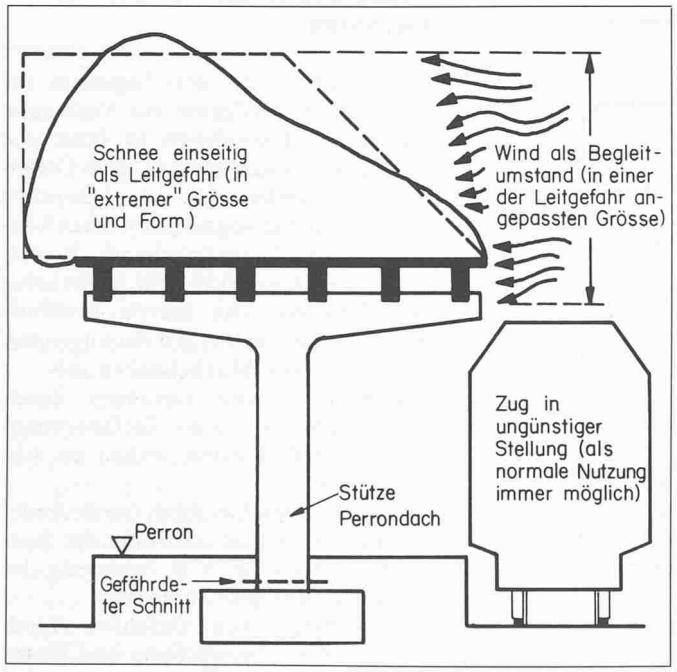


Bild 4 (oben). Gefährdungsbild für die Bemessung der Stütze des Perrondachs auf Biegebruch

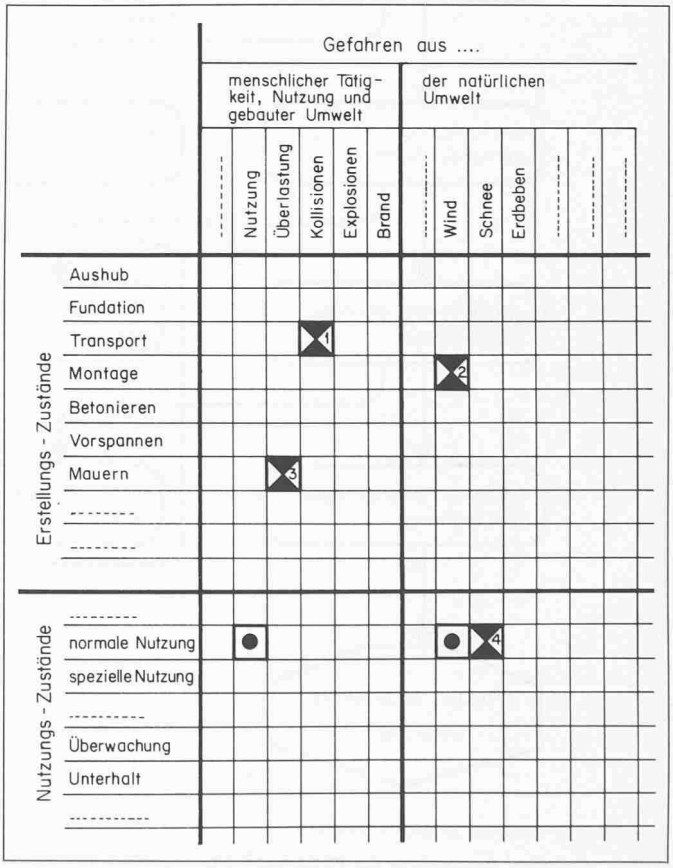


Bild 5 (rechts). Gefährdungsbilder, definiert als Schnittpunkte zwischen Leitgefahr und zeitlichen Zuständen.
- ⧓ *Leitgefahren für verschiedene Gefährdungsbilder 1 bis 4*
- ⊡ *Begleitumstände für 4*

le Regeln ersetzen zu wollen, wird der Problematik nie gerecht werden können. Freilich werden die Normen (im vorliegenden Beispiel die Belastungsnorm) dem Ingenieur manche Denkarbeit und Entscheidung abnehmen müssen, indem sie wichtige Elemente von Gefährdungsbildern - quasi als Versatzstücke des Szenarios - endgültig fixieren. Wie das für einseitigen Schnee aussehen könnte, ist in Bild 4 mit gestrichelter Linie angedeutet. Für Wind sind solche Elemente schon heute in der Belastungsnorm ausführlich festgelegt (siehe z. B. SIA 160 [5]).

Gefährdungsbilder enthalten im übrigen nicht nur Elemente der *Einwirkungsseite,* sondern auch solche der *Widerstandsseite,* z. B. Abweichungen von Querschnittsabmessungen, Baustoffestigkeiten usw. von den Sollwerten. Dass zur Abwehr derartiger Gefahren oft *Kontrollmassnahmen* wirkungsvoller und billiger sind als die Berücksichtigung «extremer» Abweichungen bei der Bemessung, ist schon lange erkannt und bestehende Praxis. Gefährdungsbilder können jedoch auch den Ausfall einzelner Tragelemente stipulieren, z. B. Ausfall einzelner Stützen oder Wände. Es wäre dann zu prüfen, ob das Resttragwerk noch Sicherheit bietet.

Ich bin überzeugt, dass das Denken in Gefährdungsbildern die Arbeit des Ingenieurs, die heute in vielen formalen Sackgassen stattfindet, wieder befreien und damit sinnvoller gestalten kann. Wir sollten auch diesem Begriff in der Ausbildung unserer zukünftigen Kollegen genügend Raum geben.

Wie entwirft man Gefährdungsbilder?

Für das Entdecken und Entwerfen von Gefährdungsbildern kann ein morphologisches Vorgehen im Sinne von *Zwikky* [6] hilfreich sein. In der einfachsten Form gehen wir aus von einem *«morphologischen Kasten»* gemäss Bild 5. In der Vertikalen sind alle zeitlich aufeinander folgenden Zustände des Bauwerks aufgetragen, in der Horizontalen alle erkennbaren Gefahren aus der natürlichen und gebauten Umwelt sowie aus menschlicher Tätigkeit (siehe auch Bild 1). Jede Schublade in diesem Kasten definiert ein Gefährdungsbild und die zugehörige Leitgefahr. Auf der Horizontalen sind jeweils die Begleitumstände des Gefährdungsbildes zu suchen. Nicht alle Schubladen haben sinnvollen Inhalt. Die bildhafte Vorstellung jedes Kreuzungspunktes wird jedoch mit Sicherheit Gefährdungsbilder aufdecken, die man ohne dieses Vorgehen übersehen hätte.

Einige Beispiele sind in Bild 5 eingetragen, die Gefährdungsbilder mag sich jeder selbst ausmalen. Gefährdungsbild 4 wurde im vorhergehenden Abschnitt ausführlich diskutiert.

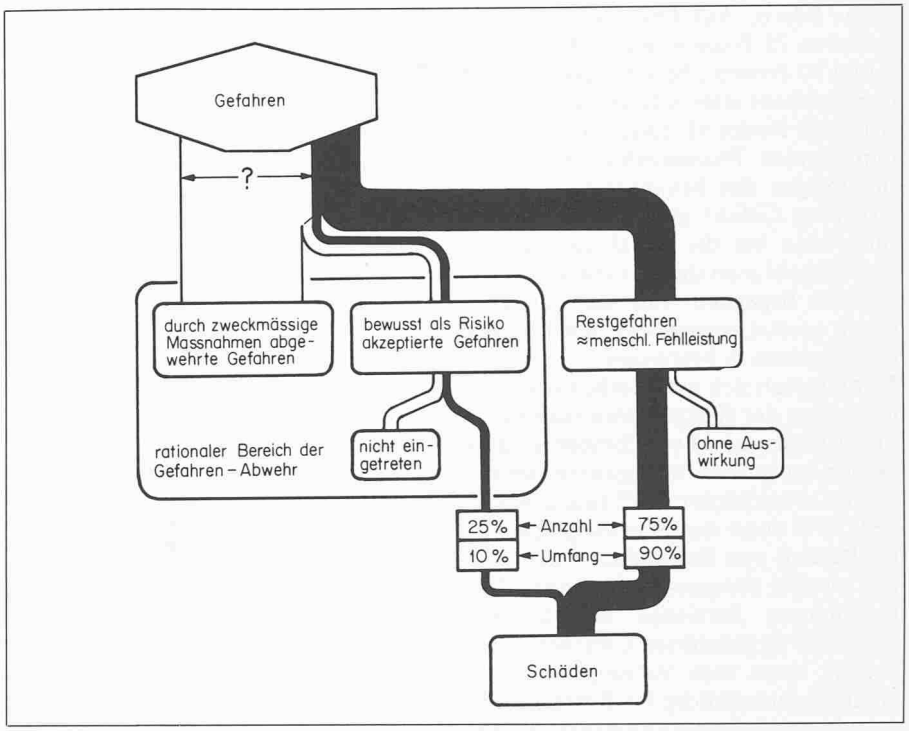


Bild 6. Gefahren, rationaler Bereich der Gefahrenabwehr, Restgefahren und Schäden (Zahlenwerte aus [2])

Sicherheitsplan als Ordnungsmittel

Nun dürfen wir jedoch den Überblick nicht verlieren. In dem Wirrwarr von Gefahren, Gefährdungsbildern und Massnahmen müssen wir unter dem Aspekt Sicherheit *Ordnung* schaffen. Die Weisung SIA 260 [1] sieht dafür den sogenannten *Sicherheitsplan* vor. Der Sicherheitsplan legt für die sicherheitsrelevanten Gefährdungsbilder die jeweils vorgesehenen Sicherheitsmassnahmen fest. Über die grundsätzlichen Möglichkeiten haben wir gesprochen.

Der Sicherheitsplan dient damit zunächst einmal als *Pflichtenheft* für den das Tragwerk oder andere sicherheitstechnische Einrichtungen bemessenden Ingenieur. Er legt z. B. fest, welchen Gefährdungsbildern das Tragwerk mittels seines Tragwiderstandes standhalten muss. Ein Bestandteil des Sicherheitsplans ist sodann der *Kontrollplan,* der festlegt, welche Kontrollen von wem, wann, wo, wie und warum (Denkschema 6 W) durchzuführen sind. Sofern Sicherheitsprobleme durch Überwachung gefährlicher Situationen gelöst werden sollen, dient ein spezieller Kontrollplan (ebenfalls als Teil des Sicherheitsplans) zu einer analogen Klärung der Pflichten, Kompetenzen und Verantwortung. Weiter können Teile des Sicherheitsplans, die sich mit der Nutzung oder mit dem Unterhalt von Bauwerken befassen, in *Nutzungsplänen* bzw. *Unterhaltsplänen* festgehalten werden.

Dies alles - zugegeben - tut man heute auch schon. Aber man tut es nur *sporadisch,* tut es *unsystematisch* und damit ohne Zweifel *lückenhaft,* weil man begrifflich nicht über die entsprechenden Ordnungsmittel verfügt. Hier soll die Forderung nach einem Sicherheitsplan helfen. Wir erstellen Installationspläne, Schalungspläne, Bewehrungspläne usw. - diese sind gewiss nötig, aber ebenso nötig ist ein Sicherheitsplan, insbesondere dann, wenn man alle Möglichkeiten der Gefahrenabwehr im Sinne wirtschaftlichen Bauens ausschöpfen will. Und das ist nicht eine Frage des Wollens, sondern im Zeichen zunehmender Rohstoff-Verknappung eine Verpflichtung. Auch das Aufstellen von Sicherheitsplänen sollte deshalb in der Ausbildung unserer zukünftigen Berufskollegen seinen Platz finden.

Strategien gegen menschliches Fehlverhalten

Wir haben ausführlich über Gefährdungsbilder, Sicherheitsmassnahmen und akzeptiertes Risiko gesprochen, also über den *rationalen* Bereich der Gefahrenabwehr. Dass die Aktivitäten in diesem Bereich nicht ausreichen, lässt sich mit den Ergebnissen einer Analyse von 800 Bauwerkschäden (siehe [2]) belegen. Die beobachteten Schäden stammen definitionsgemäss aus nicht abgewehrten, als Risiko bewusst akzeptierten Gefahren und aus den anhand Bild 2 besprochenen Restgefahren

(siehe Bild 6). Auf diese zweite Gruppe entfallen 75 Prozent aller Schadenfälle – und 90 Prozent, bezieht man sich auf den Geldwert aller Schäden. Die auf bewusst als Risiko akzeptierten Gefahren entfallenden Prozentzahlen bestätigen im übrigen das bekannte Sprichwort: Erkannte Gefahr gleich halbierte Gefahr. Man hat die Gefahren erkannt, und obwohl man ihnen nicht mit Massnahmen begegnen will, hat man alles daran gesetzt, wenigstens den Umfang des Schadens zu begrenzen.

Bemüht man sich um Klarheit über den Charakter der Restgefahren (siehe Bild 7), wird man unschwer feststellen, dass es sich im grossen und ganzen um die *Gefahr menschlicher Fehlleistungen* handelt. Will man das Schadengeschehen im Bereich von Bauwerken verringern (ich zweifle übrigens nicht daran, dass in anderen Bereichen der Technik durchaus vergleichbare Umstände vorliegen), muss man vorwiegend daran arbeiten, menschliche Fehlleistungen in Anzahl und Schwere zu verringern. Wir müssen *Strategien gegen menschliches Fehlverhalten entwickeln.* In Bild 7 sind diese Strategien durch dicke, nach links gerichtete Pfeile angedeutet. Um die Strategien konkreter anzudeuten: im Bereich objektiv unbekannter Gefahren handelt es sich um *Förderung der Grundlagenforschung, sorgfältige Auswertung der Erfahrung* und *eingehende Untersuchung sogenannter unerklärbarer Phänomene.* Im Bereich subjektiv unerkannter Gefahren besteht die Strategie in einer *Verbesserung von Ausbildung und Weiterbildung auf allen Stufen* und in der *Einsicht jedes Einzelnen, mit der Entwicklung der Technik Schritt zu halten.* Im Bereich vernachlässigter und unberücksichtigter Gefahren geht es um *Schaffung klarer Verantwortungsbereiche und Pflichtenhefte* sowie um die *Bekämpfung aller Formen von Sorglosigkeit, Nachlässigkeit, Fahrlässigkeit, Ignoranz* usw., und zwar *auf allen Stufen.* Im Bereich unzweckmässiger Massnahmen kann eine Verbesserung herbeigeführt werden durch *sorgfältiges Studium möglicher Konsequenzen vor der Realisierung von Massnahmen* (Improvisationen haben grosse Chancen, sich nachträglich als falsch zu erweisen). Schliesslich helfen gegen fehlerhaft angewendete Massnahmen *klare und eindeutige Anweisungen, übersichtliche und kontrollierbare Unterlagen und die Schaffung von Kontrollinstanzen überall* dort, wo die Verantwortung gegenüber dem Auftraggeber und der Gesellschaft dies erfordert.

Ziel ist, die rechte Seite von Bild 7 auf die bewusst als Risiko akzeptierten Gefahren zu beschränken. Das Ziel ist – wie so viele – unerreichbar, aber wir sollten uns trotzdem in dieser Richtung auf den Weg machen. Die Einsicht allein genügt nicht.

Ein Sicherheitskonzept und Schlussbemerkung

Das im Titel versprochene *Sicherheitskonzept* ist in seinen Elementen im vorhergehenden angedeutet worden. Ein allgemeines und problemübergreifendes Sicherheitskonzept muss von einer sorgfältigen *Analyse der Gegebenheiten* ausgehen, in die es eingebettet werden soll. Die *Ziele* müssen klar und eindeutig definiert werden. Soll es wirksam werden, braucht es *klare Begriffe:* Gefahren, Gefährdungsbilder. Die *Mittel* zum Erreichen dieser Ziele sind aufzuzeigen, in unserem Fall ist es das ganze Spektrum der Sicherheitsmassnahmen. Dann braucht es *Ordnungsmittel:* den Sicherheitsplan und alle seine Bestandteile. Ohne Anstrengungen zur Vermeidung menschlicher Fehlhandlungen wird jedoch dieser ganze rationale Bereich der Gefahrenabwehr nur bescheidene Früchte tragen. *Strategien gegen Fehlhandlungen* gehören also in ein Sicherheitskonzept hinein. Und endlich ist auch eine *Überprüfung des Erfolgs*

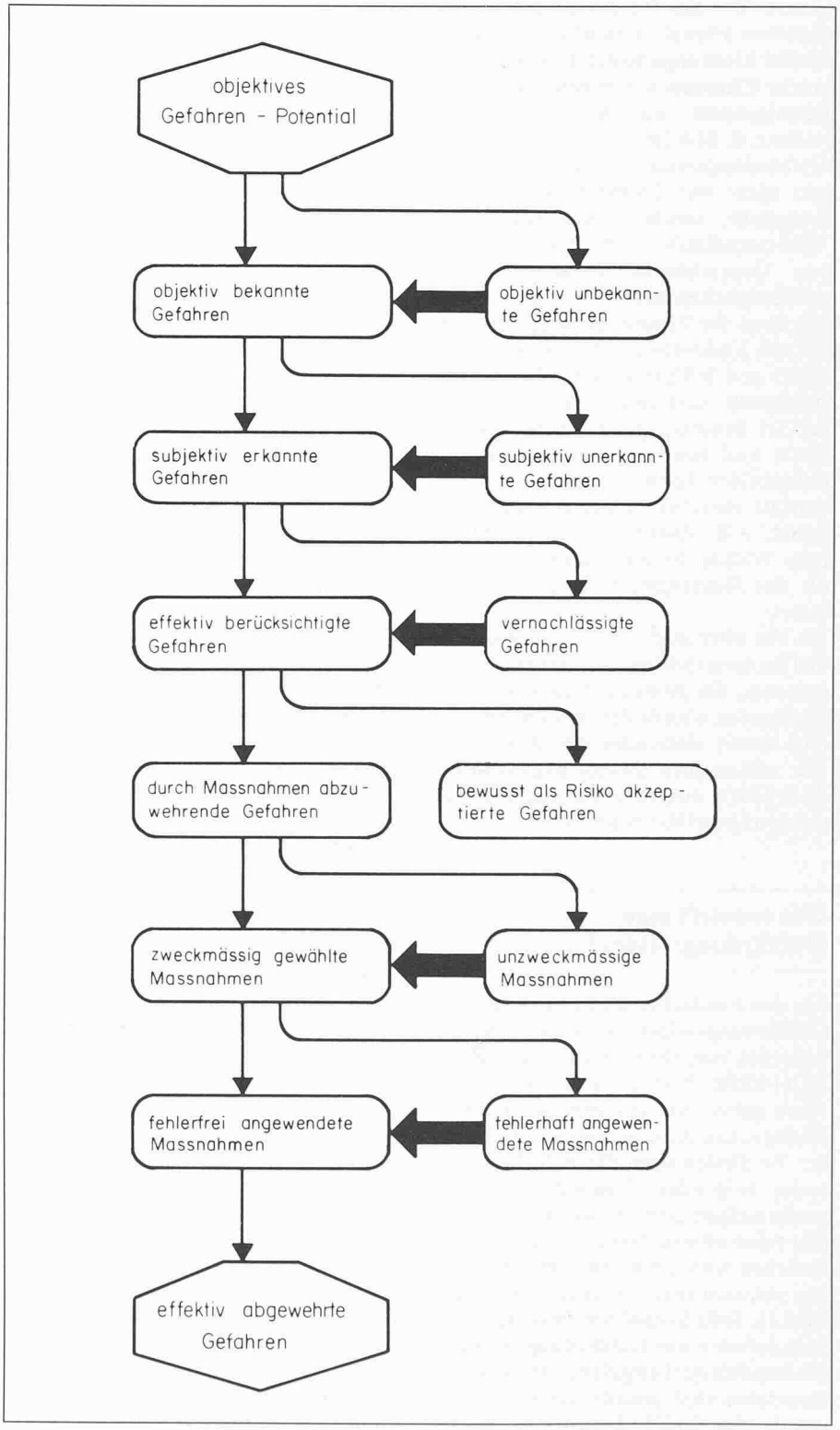


Bild 7. Strategien gegen menschliches Fehlverhalten

eines solchen Sicherheitskonzeptes nötig. Die Weisung SIA 260 sieht hierfür eine Sicherheitskommission vor, die – dem Sicherheitsziel entsprechend – Fälle von Tragwerkversagen untersucht und die nötigen Schlüsse für das Normenwerk des SIA zieht. Damit ist der Kreis geschlossen und der schrittweise Einbau der Erfahrung und damit eine echte Entwicklung gesichert.
Ich bin überzeugt davon, dass das angedeutete Sicherheitskonzept auch in anderen Bereichen der Technik gute Dienste leisten könnte.

Literatur

[1] SIA 260 Weisung für die Koordination des Normenwerks des SIA im Hinblick auf Sicherheit und Gebrauchsfähigkeit von Tragwerken. 3. Fassung März 1979. Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein, Selnaustr. 16, Zürich.
[2] *Matousek M. & Schneider J.:* «Untersuchungen zur Struktur des Sicherheitsproblems bei Bauwerken». Institut für Baustatik und Konstruktion ETH Zürich, Bericht Nr. 59, Februar 1976, Birkhäuser Verlag Basel und Stuttgart.
[3] *Schneider, Th.:* «Sicherheit als sozio-ökonomisches Optimierungsproblem». IVBH, Einführungsbericht für den Kongress Wien 1980.
[4] *Bosshard W.:* «Structural Safety – a Matter of Decision and Control». IVBH-Periodica 2/1979, Survey S-9/79.
[5] SIA 160: «Norm für die Belastungsannahmen, die Inbetriebnahme und die Überwachung der Bauten». Ausgabe 1970. Herausgeber SIA/siehe [1]
[6] *Zwicky F.:* «Entdecken, Erfinden, Forschen im morphologischen Weltbild». Droemer Knaur, 1966.

Adresse des Verfassers: Prof. *J. Schneider*, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.

Baumanagement

Leitung von komplexen Bauvorhaben in der Vorbereitungs- und Projektierungsphase

Von Hans Knöpfel, Zürich und Alexander J. Lässker, Basel

Bei der Vorbereitung und Projektierung von Bauvorhaben wird in der Regel die planerisch-gestalterische Arbeit in den Vordergrund gestellt. Mit wachsender Komplexität der Projekte gewinnt auch die organisatorisch-führungstechnische Arbeit an Bedeutung. Schwierigere Vorhaben erfordern bereits in den ersten Phasen eine umfassende, professionelle Projektleitung, während in einfachen Fällen eine Leitung als Teilbeschäftigung vorgesehen werden kann. In diesem Beitrag werden einige wesentliche Aufgaben und Methoden der Projektleitung bei der Vorbereitung und Projektierung komplexer Bauvorhaben zusammenfassend dargestellt. Der Beitrag wurde verfasst im Blick auf eine Arbeitstagung der SIA-Fachgruppe für das Management im Bauwesen vom 12./13. März in Zürich. Er dient als einleitender Artikel. Das Ziel der zweitägigen Veranstaltung ist die intensive Bearbeitung wichtiger Tätigkeitsgebiete der Projektleitung anhand von Fallstudien über die Vorbereitung umfangreicher Bauprojekte, die gegenwärtig ausgeführt werden. Die Fallstudien werden unter der Leitung von Fachleuten aus Praxis und Hochschule durchgeführt.

Überblick über die Hauptaufgaben der Projektleitung

Im allgemeinen versteht man unter einem *Projekt* ein Vorhaben, das sich von permanenten Aufgaben einer Organisation durch folgende Merkmale unterscheidet:
- es weist eine gewisse Einmaligkeit auf;
- Anfangs- und Endtermin sind definierbar;
- Beteiligte aus verschiedenen unabhängigen Organisationen arbeiten zusammen;
- es werden speziell freigesetzte Mittel eingesetzt.

Aufgaben mit dieser Charakteristik erfordern besondere planerische, organisatorische, führungs- und kontrolltechnische Massnahmen, die unter dem Begriff Projekt-Management oder Projektleitung zusammengefasst werden.
Die Arbeiten, die durch die Projektleitung im Laufe eines Bauprojekts immer wieder zu leisten sind, können im wesentlichen in die Bereiche
- Projektzielsetzung,
- Bauanlage,
- Bauablauf,
- Projektorganisation

eingeordnet werden [2]. Die *Projektzielsetzung* ist im industriellen, privatwirtschaftlichen Bereich primär die Wirtschaftlichkeit. Sie enthält die Berechnung bzw. Schätzung der Investitions- und Betriebskosten und der günstigsten Qualitätsanforderungen und Projektdauer ebenso wie das Problem der optimalen technischen Kapazitäten der Anlage. Sie bildet die Grundlage für den Entscheid, sich am Projekt zu beteiligen oder nicht. Die Elemente der in Betrieb stehenden *Bauanlage* sind hauptsächlich der Rohbau, die Installationen, der Ausbau, die Ausrüstungen, die zugehörigen Benützer und die durchfliessenden Materialien und Informationen. Die gesamte Anlage lässt sich abgrenzen und in Subsysteme unterteilen. Die Subsysteme erfüllen bestimmte Funktionen und können teilweise für sich bearbeitet werden (z. B. Tragsystem, Lüftungssystem). Der *Bauablauf* zeigt, welche wichtigen Vorgänge während der gesamten Projektdauer nötig sind, wie sie verknüpft sind und mit welchem Aufwand an Produktionsfaktoren, Zeit und finanziellen Mitteln sie verbunden sind. Die Bauablaufpläne werden für ein Gesamtprojekt objekt- und phasenweise entlang einem Grobzeit- oder Meilensteinplan entwikkelt. Die *Projektorganisation* ist die geordnete Gruppe der am Projekt Beteiligten. Sie besteht aus Delegationen aus den verschiedenen permanenten Organisationen, die für das Projekt Leistungen erbringen. Die Ordnung ergibt sich durch die Zuweisung von Aufgaben und Zuständigkeiten und die Regelung der Verbindungen (Dienstweg). Das Kommunikationssystem der Projektorganisation soll mit den wesentlichen Verbindungen übereinstimmen.
Aus der Vielfalt der gesamten Aufgaben der Projektleitung werden hier folgende *Themenkreise* betrachtet:
- Projektdefinition,
- Vorprojektstudien,