

Kriterien für die Bewertung gefährlicher Stoffe

Hans-Jürgen Heinrich

Spektakuläre Unfälle mit Chemikalien haben die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit verstärkt auf die chemische Industrie gelenkt und Anlaß zur Frage gegeben, in welchem Maße der Einzelne Gefahren durch chemische Stoffe schutzlos ausgeliefert ist. Vielfach wurde dabei der Eindruck erweckt, es habe bisher kaum Vorkehrungen gegen die Auswirkungen gefährlicher Stoffe gegeben und erst unter dem Eindruck von Katastrophen, wie sie sich in Los Alfaques, Feyzin, Flixborough oder Seveso ereigneten, habe der Gesetzgeber eingegriffen und mit Vorschriften wie der Gefahrgutverordnung Straße, dem Chemikaliengesetz oder der Störfallverordnung der Bevölkerung einen Mindestschutz verschafft. Der beruflich mit der Gefahrenvorsorge oder Gefahrenabwehr Befasste weiß, daß es sich so nicht verhält, daß vielmehr eine Vielzahl von schon seit langem bestehenden und auch befolgten Sicherheitsvorschriften es nicht dazu hat kommen lassen, daß sich in Deutschland in den letzten 30 Jahren Katastrophen wie die oben geschilderten ereigneten. In der Bundesrepublik haben sich zwar auch folgenschwere Desaster ereignet, sie liegen aber sehr viel länger zurück, man hat aus ihnen gründlich gelernt.

Der Arbeitsschutz hat in Deutschland eine lange Tradition, er reicht bis in das vorige Jahrhundert zurück. Die Überlegung, daß der Schutz der Arbeitnehmer am Arbeitsplatz – wenn er erfolgreich durchgeführt wird – auch die Bevölkerung jenseits des Fabrikzauns vor akuten Wirkungen gefährlicher Stoffe wirksam schützt, gilt vor allem beim Brand- und Explosionsschutz, heute wie gestern. Allerdings deckt der Arbeitsschutz nicht alle Bereiche ab, in denen gefährliche Stoffe wirksam werden können. So kann eine am Arbeitsplatz wirkungsvoll arbeitende Absaugung an anderer Stelle zu unerwünschten Immissionen führen. Auch für den großen Bereich der Beförderung gefährlicher Stoffe auf öffentlichen Verkehrswegen waren besondere Regelungen zu schaffen. Aber auch diese reichen in ihren Wurzeln bis in das vorige Jahrhundert.

Alle Sicherheitsvorschriften, die sich mit gefährlichen Stoffen befassen, stützen sich auf Bewertungen der Gefährlichkeit der Stoffe unter dem besonderen Aspekt des Schutzziels ab. Als Grundlage der

Bewertung dienen dabei neben den chemischen und physikalischen Eigenschaften insbesondere die sicherheitstechnischen Kenngrößen. Letztere sind konventionelle, zweckbezogene Meßgrößen, mit deren Hilfe bestimmte, in sicherheitstechnischer Hinsicht wichtige, komplexe Phänomene beschreibbar werden. Von der physikalischen Konstanten unterscheidet sich die sicherheitstechnische Kenngröße durch ihre Abhängigkeit vom gewählten Bestimmungsverfahren. Sie ist nicht Maßzahl für eine bestimmte Stoffeigenschaft, sondern Maßzahl für ein bestimmtes stoffliches Verhalten unter vorgegebenen Bedingungen. Die richtige Anwendung sicherheitstechnischer Kenngrößen auf Probleme der Sicherheit setzt deshalb ein gründliches Wissen darüber voraus, wie die Werte zustande gekommen sind und unter welchen Grenzbedingungen sie nicht mehr anwendbar sind. Einige Beispiele mögen dies demonstrieren.

Die Zündtemperatur ist Maßzahl für die Beurteilung der Entzündbarkeit explosionsfähiger Atmosphären an heißen Oberflächen. Sie ist nach DIN 51 794 „Prüfung von Mineralöl-Kohlenwasserstoffen; Bestimmung der Zündtemperatur“ definiert als die niedrigste Temperatur, bei der in einem Prüfgerät – einem Erlentmeyerkolben bestimmter Abmessung – unter vorgegebenen Prüfbedingungen sich ein Gemisch des brennbaren Stoffes mit Luft von selbst entzündet. Die Zündtemperatur ist eine komplexe Größe, die insbesondere von den geometrischen Abmessungen der Zündapparatur abhängt und von deren Material. So führt eine Volumenvergrößerung des Zündgefäßes bzw. eine Verkleinerung seines Oberfläche/Volumen-Verhältnisses zu einer Absenkung der Zündtemperatur. Tropft man die zu untersuchende Flüssigkeit nicht in ein erhitztes Gefäß, sondern auf ein von innen erhitztes Rohr, findet man einen beträchtlich höheren Wert für die Zündtemperatur. Verwendet man statt Glas rostigen Stahl als Wandmaterial, findet man bei einigen Stoffen eine starke Absenkung der Zündtemperatur, so z. B. bei Hydrazin von 270 °C auf Zimmertemperatur. Andere brennbare Stoffe hingegen zeigen sich mehr oder weniger indifferent in bezug auf die Beschaffenheit der Wandoberfläche. Gibt man eine Lösung von Metallalkylen in brennbarem Lösemittel tropfenweise in das Zündgefäß – so wie das Prüfverfahren es vorschreibt – findet man die Zündtemperatur des Lösemittels. Gießt man die Lösung dagegen in einem Zuge ein, liegt

die Zündtemperatur um u. U. mehrere Hundert Grad Celsius tiefer. Die Wahl der Modalitäten eines Prüfverfahrens – dies zeigt dieses Beispiel – ist nur dem Ziel unterworfen, das man in sicherheitstechnischer Hinsicht mit dem Prüfverfahren erreichen will.

Dies wird im zweiten Beispiel noch deutlicher. Das Explosionsverhalten von explosionsfähigen Gas/-, Dampf/- oder Staub/Luft-Gemischen wird von zwei Kenngrößen charakterisiert, dem maximalen Explosionsdruck und dem maximalen zeitlichen Druckanstieg. Letztere Größe ist entscheidend für die Bemessung von Druckentlastungsöffnungen. Bei Gasen und Dämpfen ist der maximale zeitliche Druckanstieg verhältnismäßig leicht und vor allen Dingen eindeutig bestimmbar aus dem zeitlichen Explosionsdruckverlauf im Kugelgefäß bei zentraler Zündung; er ist volumenabhängig und muß für den jeweils zur Beurteilung anstehenden Fall umgerechnet werden. Für Stäube ergeben sie größere methodische und grundsätzliche Probleme. Der Schwerkraft unterworfen, können Stäube nur relativ kurze Zeit in der Schwebe gehalten werden. Die Konzentration ist dabei örtlichen und zeitlichen Veränderungen unterworfen. So tritt in einem frei fallenden Staub bereits nach kurzer Zeit Entmischung auf: Größere Körner befinden sich schon bald in Bodennähe, während der feinere Staub noch die oberen Volumenbereiche einnimmt. Will man örtliche und zeitliche Inhomogenitäten der Staubkonzentration nach Möglichkeit vermeiden, ist man gezwungen, den Staubteilchen eine Eigenbewegung aufzuzwingen, die wenigstens kurzzeitig dem Einfluß der Schwerkraft entgegenwirkt. Praktisch alle Verfahren zur Bestimmung sicherheitstechnischer Kenngrößen von Staub/Luft-Gemischen bedienen sich deshalb einer Methode, bei welcher der Staub durch einen Druckluftstoß so aufgewirbelt wird, daß er kurzzeitig im Versuchsbehälter ein annähernd homogenes Gemisch bildet.

Infolge der aufgezwungenen Eigenbewegung des Staubes ergeben sich Schwierigkeiten, den maximalen zeitlichen Druckanstieg zu definieren. Schon bei Gasen trägt jede Verzerrung der zunächst kugelförmigen Flammenfront zu einer Vergrößerung der Oberfläche und damit zu einer beschleunigten Verbrennung bzw. zu einer Erhöhung des zeitlichen Druckanstiegs bei. Solche Verzerrungen der Flammenfront entstehen

*Dir. u. Prof. Dr. Hans-Jürgen Heinrich,
Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM),
Berlin*

beispielsweise bei der Beugung der Flamme um Hindernisse, aber auch schon bei nicht mehr punktförmigen Zündquellen. Bei Staub/Luft-Gemischen ist wegen der zur Aufwirbelung nötigen turbulenten Luftströmung von Beginn an keine zusammenhängende Flammenfront gegeben. Je nach Richtung, Mächtigkeit und Geschwindigkeit des Luftstrahls wird die Flamme mehr oder weniger aufgerissen, wobei sich ihre Brennfläche beträchtlich vergrößern kann. Bei Staub/Luft-Gemischen ist daher der maximale zeitliche Druckanstieg eine Apparatekonstante, die ohne Angabe des verwendeten Bestimmungsverfahrens wenig Aussagegewert hat.

Zur Ermittlung des maximalen zeitlichen Druckanstiegs hat man sich in der Bundesrepublik Deutschland mit der VDI-Richtlinie 3673 „Druckentlastung von Staubexplosionen“ auf ein Verfahren geeinigt, das für die Aufwirbelung des Staubes bestimmte Bedingungen vorgibt, von denen man annimmt, daß sie die gewöhnlich vorkommenden Bewegungszustände bei der Handhabung von Stäuben einschließen.

Ob dies aber in allen Fällen zutrifft, ist zumindest fraglich. Bei der pneumatischen Befüllung sehr großer Silos wird die Ansicht vertreten, daß die unvermeidlichen Turbulenzen im allgemeinen geringer ausfallen als im Prüfverfahren vorgegeben. Träfe dies zu, würde man nach den z. Zt. geltenden Vorschriften sicherheitstechnisch überzogene Forderungen stellen. Deshalb wird durch Forschungsarbeiten zu klären sein, ob ggf. das Prüfverfahren zu modifizieren ist.

Der Brand in einem mit Polyurethanschaum isolierten Kühlraum eines Kühlschiffes war Anlaß für Untersuchungen über das Verhalten von Polyurethanschaumstoff bei Flammeneinwirkung. Die Laboratoriumsprüfung nach der britischen Vorschrift ASTM D 1692-67 T hatte ergeben, daß der Schaumstoff „selbstverlöschend“ ist. Auf diesem Befund fußend, war seinerzeit vom Erbauer des Schiffes die Materialauswahl getroffen worden. Versuche in der BAM mit einer den praktischen Verhältnissen angenäherten Anordnung der Polyurethanschaumplatten in einer 3 m hohen und 1,5 m breiten Wand zeigten jedoch, daß nach Zündung von Polyurethanabrieb an der Unterseite der Platten sich die Flammen in ca. 20 s über die ganze Fläche ausbreiteten. Dies zeigt, wie problematisch es sein kann, Ergebnisse aus Laboratoriumsversuchen – die oft nur einer vergleichenden Beurteilung unter bestimmten Gesichtspunkten dienen – unmittelbar auf die Praxis anzuwenden.

Als letztes Beispiel sei das erst jüngst entwickelte Prüfverfahren zur Bewertung brandfördernder Stoffe im Rahmen des Anmeldeverfahrens beim Vollzug des

Chemikaliengesetzes genannt. Die Gefährlichkeitsmerkmale-Verordnung als nationale Umsetzung einer EG-Richtlinie bezeichnet Stoffe als brandfördernd, wenn sie in Berührung mit anderen, insbesondere entzündlichen Stoffen stark exotherm reagieren können. Diese Verbaldefinition erwies sich als wenig hilfreich für die Entwicklung eines Prüfverfahrens, denn sie ist viel zu umfassend und diffus. So gibt es viele Stoffe, die miteinander exotherm reagieren können, ohne daß der Chemiker auf die Idee käme, sie als brandfördernd zu bezeichnen. Beispielsweise reagieren Aluminiumpulver und Trichlorethylen miteinander sehr heftig unter Gluterscheinungen. Niemand würde indessen auf den Gedanken verfallen, Trichlorethylen einen brandfördernden Stoff zu nennen, es wirkt im allgemeinen vielmehr eher brandhemmend. Oder man denke an die Reaktion von Eisen-III-oxid mit Aluminiumpulver. Solche Gemische sind als Thermitmischungen bekannt. Eisen-III-oxid wird dennoch nicht als brandfördernd angesehen.

Offensichtlich ist eine Begriffsbestimmung „brandfördernd“ ohne nähere Beschreibung des Begriffs „entzündlich“ nicht praktikabel. Beide Begriffe bedingen einander. Auch die bei der Reaktion entwickelte Wärme ist kein zufriedenstellendes Kriterium zur Definition von „brandfördernd“. Fortpflanzung bzw. Beschleunigung eines Brandes ist nämlich nicht nur durch thermodynamische Größen, sondern in gleicher Weise auch durch reaktionskinetische Parameter geprägt. Erstere wären z. B. in einem Kalorimeter noch meßbar; letztere sicher nicht mehr auf einfache Weise bestimmbar.

So war es notwendig, im Prüfverfahren Korrekturen anzubringen, die den Kreis der von der Verbaldefinition erfaßten Stoffe auf solche beschränkt, die in der Umgebung des Menschen Brände gefährlich zu verstärken imstande sind. Nun sind in der menschlichen Umgebung cellulosehaltige Produkte in Form von hölzernen Möbeln, Verpackungsmaterialien, Baumaterialien, Textilien oder Papier weit verbreitet. So bot sich Cellulose als Standard für einen entzündlichen Stoff an. Das Prinzip des Prüfverfahrens sei kurz vorgestellt: Der als brandfördernd verdächtige Stoff wird mit Cellulose homogen gemischt und als Schüttung definierter Form an einem Ende gezündet. Die ermittelte lineare Abbrandgeschwindigkeit wird mit der eines unter gleichen Bedingungen hergestellten Bezugsgemisches verglichen. Ist sie größer als die Abbrandgeschwindigkeit des Bezugsgemisches, gilt der untersuchte Stoff als brandfördernd.

Sicherheitstechnische Kenngrößen sollen – die Beispiele belegen dieses –

bestimmte gefährliche Verhaltensweisen von Stoffen mit Hilfe eigens dafür ausgewählter Prüfverfahren quantifizieren. Sie können auf einer kontinuierlichen Skala innerhalb bestimmter, durch das Prüfverfahren vorgegebener Grenzen stoffspezifisch jeden Wert annehmen. Für eine gesetzestechnische Umsetzung eignet sich eine kontinuierliche Skala jedoch nicht. Abgestufte Maßnahmen verlangen vielmehr eine Abstufung der Gefahr. So kommen wir zwangsläufig zur Einführung von Grenzwerten.

Innerhalb einer kontinuierlichen Reihe von Kennwerten stellen Grenzwerte ein vergleichsweise grobes Raster dar. Die durch sie vorgenommene Gefahrenbewertung ist entsprechend grob abgestuft. Vom Gesetzgeber und auch von der Öffentlichkeit wird meist übersehen, daß Grenzwerte in den allermeisten Fällen nicht rational streng begründbar sind. Innerhalb einer gewissen, naturwissenschaftlich plausibel zu machenden Bandbreite sind Grenzwerte gegriffene Werte. Der Flammpunkt von 21 °C – ein Grenzwert, der bei der Lagerung, Handhabung und Beförderung entzündlicher Flüssigkeiten auf Straße und Schiene eine wichtige Rolle spielt und dessen Unter- oder Überschreitung viele technische und rechtliche Konsequenzen hat – ist offensichtlich an der Zimmertemperatur ausgerichtet. Dieser Grenzwert könnte mit gleicher Begründung z. B. auch bei 15 °C liegen; die UNO hat ihn auf 23 °C festgesetzt. Die nächsthöhere Flammpunktgrenze liegt bei 55 °C. Auch dieser Wert ist plausibel durch die bei Sonneneinstrahlung in größeren Behältern im allgemeinen nicht überschrittene Temperatur; bei der UNO liegt der entsprechende Grenzwert bei 61 °C.

Ein anderes Beispiel:

Derzeit liegt die Grenze der Verpflichtung zur Mitgabe von Unfallmerkblättern beim Straßentransport gefährlicher Güter in der Bundesrepublik – von Ausnahmen abgesehen – bei 3 t. Bietet eine Absenkung dieses Grenzwertes auf 1 t mehr Sicherheit für die Allgemeinheit, oder wird im Gegenteil durch die zwangsläufig ansteigende Zahl von Merkblättern im Fahrzeug die Gefahr von Irrtümern vergrößert? Welches Argument wiegt schwerer? Ein rational nicht lösbares Problem.

Kehren wir noch einmal zu den sicherheitstechnischen Kenngrößen zurück. Ihnen ist eigen, daß sie recht erfolgreich außer für den angestrebten Zweck auch zur vergleichenden Bewertung der Stoffe herangezogen werden können. Allerdings trifft dies immer nur für eine bestimmte Eigenschaft zu. Stoffe mit niedrigem Flammpunkt sind als gefährlicher zu betrachten als Stoffe mit hohem Flammpunkt; Stoffe, die bei Anwendung des Stahlhülsenverfahrens zur Ermittlung

der Explosionsgefährlichkeit einen großen Grenzdurchmesser aufweisen, sind thermisch empfindlicher als Stoffe mit kleinem Grenzdurchmesser; Stoffe mit einer LD_{50} * kleiner als 20 mg / kg Körpergewicht gelten als sehr giftig, Stoffe mit einer LD_{50} größer als 200 mg / kg Körpergewicht als minder giftig. Gänzlich ungeeignet sind diese Kenngrößen jedoch zur Beantwortung einer Frage, die etwa lautet: Ist Trinitrotoluol gefährlicher oder ungefährlicher als Phenol? Abstrakter formuliert: Ist ein Sprengstoff gefährlicher als ein Gift? Fragen dieser Art werden zunehmend häufiger aus der Öffentlichkeit an die politisch verantwortlichen Stellen herangetragen und von diesen gewöhnlich an sachverständige Institutionen wie BAM, PTB oder BGA weitergeleitet. Antworten hierauf sind nur in Form von umfassenden Risikoanalysen möglich, in die die klassischen sicherheitstechnischen Kenngrößen zwar einfließen können, die aber erweiterter Kriterien wissenschaftlich-technischer Art bedürfen. Das Bundesverkehrsministerium hat vor einigen Jahren ein Forschungsvorhaben vergeben mit dem Ziel einer stoffklassenübergreifenden Gefahrenbewertung bei der Beförderung von Stoffen.

Der Forschungsnehmer hat hierzu einen interessanten Ansatz geliefert. Als Bemessungsgröße für das Gefahrenpotential eines Stoffes wurde diejenige Fläche definiert, innerhalb derer 50% aller darin befindlichen Menschen zu Tode kommen, wenn im Zentrum dieser Fläche 1 Tonne eines gefährlichen Stoffes seine Wirkung entfaltet, also z. B. explodiert, mit Stichflamme verbrennt oder als giftiges Gas ausströmt. Die ausführliche Diskussion dieser Arbeit hat zwar gezeigt, daß für die meisten der beförderten Stoffe die für eine solche Berechnung erforderlichen Kenngrößen nicht bekannt sind, daß aber dort, wo genügend Daten vorliegen, zumindest bei gleichen Wirkungsmechanismen sehr wohl eine vernünftige Rangordnung der Stoffe zustande kommt. Dort allerdings, wo verschiedene Wirkungsmechanismen zu vergleichen sind, wird das Ergebnis fragwürdig, entspricht u. U. nicht mehr der gesellschaftlichen Akzeptanz. So errechnet sich für feste giftige Stoffe nach dem beschriebenen Modell nur eine sehr kleine Schadensfläche; diese Stoffe werden entsprechend schwach bewertet. Hält man beispielsweise dagegen, daß zukünftig Transporte von sonst ungefährlichen Stoffen, die als Verunreinigung mehr als 10 ppb** 2,3,7,8-TCDD (Dioxin) enthalten, von der Beförderung ausgeschlossen sind, wird der Einfluß auch anderer als toxikologischer Kriterien bei der Entscheidungsfindung deutlich.

Noch mehr kommen solche Einflußgrößen zum Tragen, wenn nicht das Gefahrenpotential, sondern das komplexe Risiko betrachtet wird. Das mit einem

bestimmten technischen Vorgang oder Zustand verbundene Risiko wird bekanntlich zusammenfassend durch eine Wahrscheinlichkeitsaussage beschrieben, welche die Häufigkeit des Eintritts eines zum Schaden führenden Ereignisses und das bei Ereigniseintritt zu erwartende Schadensausmaß – das vorstehend als Gefahrenpotential bezeichnet wurde – multiplikativ zusammenfaßt. Das Schadensausmaß läßt sich anhand der sicherheitstechnischen Kenngrößen und der Stoffeigenschaften verhältnismäßig exakt voraussagen. Über die Eintrittswahrscheinlichkeit kann man jedoch häufig nur noch philosophieren; entsprechend unbestimmt – u. U. um mehrere Zehnerpotenzen unbestimmt – errechnet sich das Risiko. Vollends schwammig wird die Ermittlung des Grenzkrisikos als größtes noch vertretbares Risiko. Bei seiner Festlegung kommt objektiven Bewertungskriterien meist viel weniger Gewicht zu als irrationalen Gesichtspunkten. Ein Beispiel möge dies belegen.

Anfang April 1985 hatte sich bei Freiburg auf der Autobahn ein Auffahrunfall ereignet, bei dem drei Personen unmittelbar zu Tode kamen. Ein Folgebrand griff auf die Ladung über, die aus Chemikalien bestand. Diese waren nicht giftig, waren keine Gefahrgüter im Sinne der Gefahrgutverordnung Straße. Vorsorglich und aufgrund von zunächst falschen Informationen hatte die Polizei alle, die Rauch eingeatmet hatten, aufgefordert, sich in ein Krankenhaus zur Beobachtung zu begeben. Die Betroffenen wurden nach kurzer Zeit aus der ärztlichen Obhut entlassen. Der Vorfall wurde von der Presse unter Verweis auf die drei Todesopfer aufgegriffen. Der Bundesjustizminister verlangte eine Verlagerung der Beförderung gefährlicher Güter von der Straße auf die Schiene, von Bundestagsabgeordneten verschiedener Parteien wurden schärfere Sicherheitsbestimmungen gefordert, der Bundesverkehrsminister zieht sie in Erwägung. Wären nicht Chemikalien in den Unfall verwickelt gewesen, hätte die Öffentlichkeit vermutlich kaum Notiz genommen. Drei Tote auf der Autobahn sind Alltag. Erst in Verbindung mit einem ursächlich hiermit gar nicht zusammenhängenden, harmlos abgelaufenen Chemikalienbrand gewinnen die Toten Bedeutung, werden als Argument mißbraucht.

Ein anderes Beispiel. Stadtgasexplosionen finden mit großer Regelmäßigkeit statt, erst kürzlich wieder in Hamburg und in Berlin. Jährlich werden dabei zehn bis zwanzig Menschen getötet oder schwer verletzt. Dies wird von der Öffentlichkeit kommentarlos hingenommen.

Ein letztes Beispiel. Das Risiko, bei Asbeststaubexposition an Lungenkrebs zu erkranken, ist bei Rauchern um den Faktor 10 bis 100 größer als bei Nichtrauchern.

So wäre das Nichtrauchen eine sehr wirkungsvolle Arbeitsschutzmaßnahme. In der Tat ist in Norwegen die Beschäftigung von Rauchern beim Umgang mit Asbest untersagt. Offensichtlich wird aber eine solche Einschränkung in der Bundesrepublik von der Gesellschaft nicht akzeptiert.

Beispiele dieser Art lassen sich in großer Zahl anführen. Sie machen deutlich, wie schwer es ist, Grenzkrisiken festzulegen. Objektive Kriterien werden immer wieder unterlaufen von subjektiven Betrachtungsweisen; Betrachtungsweisen, die aus Unwissenheit, Furcht, Gewöhnung und Ignoranz genährt werden.

Im Vertrauen auf die Objektivierbarkeit eines Risikos und in dem Bemühen, dieses Risiko zu minimieren und zu relativieren, hat der Gesetzgeber in den verschiedensten Rechtsvorschriften die anzustrebende Sicherheit in eine Rangfolge gebracht. In der Reihe

„Stand von Wissenschaft und Technik“

„Stand der Sicherheitstechnik“

„Anerkannte Regeln der Technik“

beschreibt der „Stand von Wissenschaft und Technik“ das höchste Sicherheitsniveau. Diese Stufe bezieht wissenschaftliche Erkenntnisse ein, die bisher praktisch noch nicht realisiert worden sind. Der Begriff stammt aus dem Atomgesetz. Hier stellt die Rechtsordnung wegen der großen Gefahren beim Betrieb von Kernenergieanlagen und der vergleichsweise geringen mit ihnen gewonnenen Erfahrungen wohl mit Recht höchste Anforderungen an die Technik, insbesondere an die Sicherheitstechnik. In der Begründung zum Kalkar-Urteil führt das Bundesverfassungsgericht aus, daß

„diejenige Vorsorge gegen Schäden getroffen werden muß, die nach den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen für erforderlich gehalten wird. Läßt sie sich technisch noch nicht verwirklichen, darf die Genehmigung nicht erteilt werden; die erforderliche Vorsorge wird mithin nicht durch das technisch gegenwärtig Machbare begrenzt.“

Den „Stand der Sicherheitstechnik“ als nächstniedrigere Stufe definiert die Störfallverordnung in Anlehnung an eine Forderung nach dem Stand der Technik bei der Emission von Schadstoffen wie folgt:

„Stand der Sicherheitstechnik im Sinne dieser Verordnung ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Verhinderung von Störfällen oder zur Begrenzung ihrer Auswirkungen gesichert erscheinen läßt. Bei der Bestimmung

* LD = Letale Dosis

** ppb = pars per billion = Teile pro Milliarde

des Standes der Sicherheitstechnik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen, die mit Erfolg im Betrieb erprobt sind."

Nach dieser Definition ist eine praktische Erprobung im Betrieb nicht zwingend notwendig, sondern gilt lediglich als Indiz. Die bloße Möglichkeit der Realisierbarkeit einer Erkenntnis reicht für die Praxis bereits aus.

Die Anwendung von ursprünglich für Belange des Atom- und Umweltschutzrechts entwickelten Begriffe auf die Sicherheit beim Umgang mit gefährlichen Stoffen und bei der Beförderung gefährlicher Güter bereitet nun zunehmend Probleme. Das auf diesem Schutzgebiet herrschende Sicherheitsniveau wird nämlich im allgemeinen weder vom „Stand der Wissenschaft und Technik“ noch vom „Stand der Sicherheitstechnik“, sondern durch die „anerkannten Regeln der Technik“ beschrieben.

Die „anerkannten Regeln der Technik“ werden von Fachleuten aufgrund von Unfällen oder Gefährdungsanalysen unter Berücksichtigung eines kontinuierlichen, bald 100 Jahre andauernden Erfahrungsflusses im Rahmen anerkannter Gremien erarbeitet.

Als Beispiele für Gremien seien die Technischen Ausschüsse beim Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung (BMA), Fachausschüsse der gewerblichen Berufsgenossenschaften, des DIN, VDE, VDI usw. genannt. Da auf diese Weise erarbeitete Regeln ständig auf Aktualität geprüft werden, nähern sie sich schon dem oben definierten Stand der Sicherheitstechnik.

Leider macht der Gesetzgeber in seinen sicherheitstechnischen Forderungen unnötigerweise gerne auch da vom anspruchsvollen „Stand von Wissenschaft und Technik“ Gebrauch, wo die Befolgung der „anerkannten Regeln der Technik“ allein schon genügende Sicherheit bietet.

Die in der Praxis von den Sachverständigen der BAM oft verlangte Beweisführung, daß, wenn der nach Verordnung geforderte „Stand von Wissenschaft und Technik“ nicht erfüllt ist, die verbleibenden Risiken bei Anwendung der „anerkannten Regeln der Technik“ dennoch vertretbar gering sind, verursacht viel überflüssige Arbeit. Sie wäre durch verbal weniger überzogene Formulierungen bei der Beschreibung der vom Gesetzgeber gewünschten Sicherheit leicht zu vermei-

den; Entbürokratisierung – eine gern gebrauchte, griffige und zeitgemäße Forderung – hätte hier ein weites Feld der Betätigung.

Zusammenfassend sei vermerkt, daß am Anfang jeder Risikobewertung, jeder Störfallanalyse, jedes Genehmigungsbescheides die Frage nach der Gefährlichkeit der zu handhabenden Stoffe steht. Die Abschätzung der Gefahren wird anhand der sicherheitstechnischen Kenngrößen und der physikalisch-chemischen Stoffeigenschaften vorgenommen. Dabei sollte man sich stets vor Augen halten, daß die sicherheitstechnischen Kenngrößen die Beurteilung nur solcher Verhaltensweisen erlauben, die bei der Konzeption der Prüfverfahren schon vorgegeben worden sind. Eine kritische Reflexion ihrer Grenzen bei der Anwendung ist daher unerlässlich. Indessen ist dies ein bewältigbares, technisches Problem. Ein noch nicht bewältigtes Problem ist die Art und Weise, in der die Bewertung von Gefahren durch chemische Stoffe in der Öffentlichkeit – vor allem durch die Medien – vorgenommen wird. Dieses Problem ist wohl nur durch verstärktes Bemühen um technische Bildung und Aufklärung lösbar.

Durch Brand beschädigte Stahlbetonbauteile – Abbruch oder Reparatur

Thermoanalytische Untersuchungen von Beton als Hilfsmittel
zur Beurteilung der Tragfähigkeit von Stahlbetonbauteilen nach einem Brand.

Herbert Blauß

Einleitung

Stahlbeton ist nicht nur nach DIN 4102 ein unbrennbarer Baustoff, sondern auch im Bewußtsein weiter Bevölkerungskreise schlechthin die Verkörperung des optimal Möglichen, was man in punkto Feuer-sicherheit bei der Erstellung eines Gebäudes tun kann. Um so größer ist dann das Erstaunen oder auch das Entsetzen der Eigentümer beschädigter Gebäude, wenn sie nach einem Brand feststellen müssen, daß auch Stahl- und Spannbetonbauteile durch die thermische Wirkung des Feuers und durch Rauchgase beschädigt, in selteneren Fällen sogar zerstört worden sind. Das Vertrauen in die in der Tat vorhandene optimale Feuerwiderstandsfähigkeit, insbesondere in die Reparaturfähigkeit brandgeschädigter Stahlbetonbauteile ist dann zum Teil erschüttert; und dies nicht nur bei den Geschädigten, sondern auch

häufig bei dem mit dem Wiederaufbau beauftragten Architekten und Statiker. Die Folge davon ist, daß die Betroffenen und die beauftragten Fachleute (Architekt und Statiker) sehr häufig dazu neigen, brandbeschädigte Stahlbetonbauteile abbrechen zu wollen, anstatt die mögliche und in den allermeisten Fällen wirtschaftlichere Reparatur auszuführen. Der Grund hierfür ist letzten Endes der, daß man nicht in den Beton „hineinsehen“ kann und daher auch nicht weiß, ob noch thermisch bedingte, unerkannte Beschädigungen vorliegen. Leider gibt es auch nur wenig Fachleute, die ausreichend Erfahrung in der Reparatur brandbeschädigter Tragkonstruktionen haben.

Thermische Schäden an Betonbauteilen

1979 wurde von E. Klement [1] beschrieben, welchen Einfluß die bei Bränden freierwerdenden Temperaturen auf die Tragfähigkeit einer Stahlbeton- bzw. Spannbetonkonstruktion haben. Besonders deutlich wird dabei die Auswirkung des Festigkeitsverlustes, den kalt vergütete Beton- und Spannbetonstähle nach einer ther-

mischen Beanspruchung erleiden können. Für die Beurteilung der Wiederverwendbarkeit von Stahlbetonbauteilen ist es daher von ausschlaggebender Bedeutung, nach einem Brand feststellen zu können, welcher Temperaturbelastung die im Bauwerk vorhandenen Betonstähle bzw. Spannstähle während des Brandes ausgesetzt waren.

Nachträgliche Bestimmung der Temperatur in einem Bauteil, das einem Schadenfeuer ausgesetzt war

a. Theoretische Verfahren

Verschiedene Untersuchungen, die im Rahmen von Forschungsaufträgen an Technischen Universitäten durchgeführt wurden [2] [3] [4], eröffnen die Möglichkeit, die während eines Brandes eingetretenen Temperaturen mit Hilfe rechnerischer Verfahren abschätzen zu können. Dabei wird allerdings vorausgesetzt, daß Art und Menge der vorhandenen und während des Brandes wirksam gewordenen Brandlast mit hinreichender Genauigkeit ermittelt werden können. Dies

RB Dir. Dipl.-Ing. Herbert Blauß,
Württ. Gebäudebrandversicherungs-
anstalt, Stuttgart