

Risiko aus technischer Sicht

Meine sehr verehrten Damen und Herren, ich habe jetzt die Ehre, als Erster das Risiko aus einer fachtechnischen Sicht zu zeigen, und zwar aus der Sicht der Technik, insbesondere aus der Sicht des Bauingenieurwesens. Wenn wir das Bauingenieurwesen ansehen, dann steht im Mittelpunkt immer das Bauwerk. Und um dieses Bauwerk herum gruppiert sich jetzt eine Reihe von Anforderungen, die hoffentlich auch Sie an die Bauwerke stellen. Das Thema, das ich heute hier behandeln soll, betrifft nur einen Punkt dieser Vielfalt, nämlich die Sicherheit. Thema des heutigen Tages heißt „Risiko“ und ich sage gleich: „Sicherheit“. Darin liegt eine Spannung, die sich auch in den politischen Parteien sofort abbildet. Sie sehen hier: Eine politische Partei hat in einem Wahlkampf damit geworben „Sicherheit statt Risiko für Deutschland“ (Abb. 1); Sie sehen in diesem Spannungsfeld schon, dass es mit dieser Definition des Risikos vielleicht doch nicht ganz so einfach ist, wie wir eben gehört haben. Politiker und Laien – das ist für mich in dem Zusammenhang dasselbe – sagen also: „Sicherheit ist das Gegenteil von Risiko.“ Während die Techniker sagen: „Sicherheit ist begrenztes Risiko“. Wenn ich Risiko definiere, dann als eine Verknüpfung



Abbildung 1

(darauf hat Herr Renn soeben hingewiesen) von Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens und Schadensumfang. Um den Nicht-Technikern im Raum gleich zu sagen, was das zum Beispiel heißt: Es besteht eine bestimmte Wahrscheinlichkeit, dass die Decke über Ihnen während meines Vortrages auf Sie herunterfällt. Jetzt können Sie überlegen, wie groß der Schaden ist: Sie können erstmal die Flaschen auf den Tischen zählen, dann Ihre Einkommenssteuer zusammenaddieren oder auch Ihren persönlichen Wert, und dann kämen Sie vielleicht auf irgend so etwas wie ein Schadensausmaß. Das würde natürlich nicht ganz dem Sachverhalt entsprechen, aber es zeigt zumindest, wie die Techniker das Risiko – wenn sie ganz kaltblütig sind – definieren. Dann könnte man einfach sagen: „Okay, das vorhandene Risiko muss kleiner sein als das akzeptierte oder akzeptable Risiko. Ist das gegeben, sprechen wir von Sicherheit“. Also da hier offensichtlich nichts passiert, fühlen Sie sich wohl und empfinden Sicherheit.

Jetzt zeige ich Ihnen einige Bilder, von denen ich überlegt habe, ob ich sie in dem Zusammenhang zeigen darf, ich zeige sie aber, weil ich glaube, dass sie für das Verständnis wichtig sind. Lassen Sie die Bilder auf sich wirken. Und entscheiden Sie bei jedem Bild, ob das ein Risiko ist, das Sie akzeptieren würden. Oder wo Sie sagen würden: „Hoppla, da habt ihr Techniker aber etwas falsch gemacht und so geht’s nicht.“ Ich zeige Bilder, die, wie gesagt, relativ heftig sind. Sie kennen sie alle, den Concorde-Absturz mit etwa 100 Toten, den ICE-Unfall mit etwa 100 Toten, das Transrapid-Unglück und den Seilbahnabsturz in Italien, der durch ein Jagdflugzeug hervorgerufen wurde, mit etwa 60 Toten (Abb. 2–5). Der Untergang der Kursk, Tschernobyl, Moskau – Brand des Fernsehturms, diese Brücke in Gent kennt wahrscheinlich keiner von Ihnen, außer den Bauingenieuren vielleicht, Brückeneinstürze sind zum Glück sehr selten (Abb. 6–9). Lawinenunglücke, Erdbeben und dann gibt es natürlich auch noch Tsunami und den Terrorismus, auch das ist ein Risiko, das wir irgendwie verkraften müssen. Dann gibt es Dinge, die wir offensichtlich ganz einfach und anders betrachten, wenn wir beispielsweise mit Handys an die Tankstelle fahren und tanken. Wenn Sie dafür normale Regularien einhalten würden, müssten Sie mindest einen – na ich schätze mal vierwöchigen – Kurs machen, müssten in Vollschutzkleidung erscheinen und vielleicht ein, zwei Liter in einen dafür klar definierten und zertifizierten Behälter abfüllen. In Wirklichkeit können Sie einfach den Tank Ihres Autos füllen, Sie dürfen die Zapfanlage sogar auf Automatik stellen und währenddessen rumlaufen – alles sehr risikoreich. Wir wissen, dass wir in Deutschland im Autoverkehr etwa einen Toten pro Stunde haben. Hier ein Bild eines Autounfalls. (Für die Autokenner unter Ihnen ist es ein ganz besonderer Unfall, der hätte eigentlich gar nicht passieren dürfen. Nämlich ein „Leukoplastbomber“, trifft einen Prototyp eines RO 80; davon gab’s nur



Abbildung 2
Concorde 2000



Abbildung 3
Eschede 1999



Abbildung 4
Transrapid 2006



Abbildung 5
Cavalese 1998



Abbildung 6
Kursk 2000



Abbildung 7
Tschernobyl 1986



Abbildung 8
Moskau 2000



Abbildung 9
Gent 1994

einen) (Abb. 10). Es existieren Risiko-Sportarten, auch da haben Sie sicherlich eine eigene Einschätzung. Folgendes Bild zeigt noch ein ganz spezielles Risiko. Sie sehen eine einfache Eisenbahnbrücke – das ist übrigens die Brücke am River Kwai – und die wird gleichzeitig von Personen benutzt. Auf den Pfeilern sehen Sie die Personen, die eben diese Brücke benutzen. Wenn der Zug kommt, müssen sie bis zum nächsten Pfeiler laufen, um in Sicherheit zu sein (Abb. 11). Betrachtet man statistische Daten wird das Dilemma der Risikoeinschätzung noch deutlicher (Abb. 12). Was ist wirklich gefährlich? BSE ist viel ungefährlicher als Fischessen zum Beispiel oder der Sturz von der Leiter, aber trotzdem empfinden wir psychologisch gesehen BSE als das höhere Risiko.

Was passiert also? Wir haben individuelle und kollektive Empfindungen von Risiko; wir haben bei Freiwilligkeit von Aktivitäten ein ganz anderes Risikoempfinden. Manche machen Bungee-Springen und andere haben Angst, in eine Eisenbahn zu steigen, weil es einen ICE-Unfall gab. Der Grad möglicher Einflussnahme entscheidet beim Autofahren darüber, dass wir einen Toten pro Stunde akzeptieren. Subjektives Empfinden von möglichem Nutzen und Akzeptanz großer und kleiner Schäden ist unterschiedlich. Wie gehen wir damit um? Nachdem es so schwierig war, das akzeptable Risiko festzulegen, hat man sich in weiten Bereichen der Technik entschieden, diese beiden Punkte – Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens und Schadensumfang – voneinander zu trennen. Wir betrachten weiterhin die Eintrittswahrscheinlichkeit und den Schadensumfang aber wir tun das – zumindest im Bauingenieurwesen – in zwei unterschiedlichen Schritten. Wir weisen nach, dass die Struktur unter einer bestimmten Belastung sicher nicht einstürzt. Wir stellen in Ergänzung Konstruktionsregeln auf, um das Ausmaß des Schadens zu begrenzen. Rechnerisch will ich das hier nicht ausführen, aber am Beispiel der Decke über Ihnen bemerken, dass man die Einwirkung, zum Beispiel die Verkehrslast, quantitativ beschreiben kann (Abb. 13). Diese Einwirkung streut, und auch der Widerstand der Decke streut. Es sind also beides Kurven, die streuen können, und wir müssen diese beiden Kurven jetzt so weit auseinander ziehen, dass der Übergreifungsbereich dieser Kurven so klein wird, dass wir uns sicher fühlen. Das ist technische die Umsetzung in die Sicherheitswahrscheinlichkeit. Im Bauwesen gehen wir für normale Bauwerke davon aus, dass eine Versagenswahrscheinlichkeit von 10^{-6} pro Jahr nicht überschritten werden soll. Ich will Ihnen an einem Glasbeispiel zeigen, wie das in der Praxis umgesetzt wird, nämlich am Beispiel der Neuen Messe Leipzig (Abb. 14). Hier wurde das Tragwerk komplett nach diesem Sicherheitskonzept bemessen. (Abb. 15) Da es sich um eine besondere Bauweise handelte, hat man dort besonders viele Anstrengungen bei der Sicherheitsbetrachtung unternommen. Die ganz linke Spalte gilt für „normale“ Einwirkungen wie Wind und Eigengewicht.



Abbildung 10



Abbildung 11

Individuelle „Todesrisiken“	
(passiver) Flugzeugabsturz:	$2.5 \cdot 10^{-10}$
Blitzschlag:	$1.3 \cdot 10^{-9}$
BSE (GB):	$1.2 \cdot 10^{-7}$
Ertrinken in Badewanne:	$2.0 \cdot 10^{-6}$
Fischgräten:	$1.0 \cdot 10^{-5}$
Autobahnunfall:	$1.3 \cdot 10^{-5}$
Sturz von Leiter:	$2.0 \cdot 10^{-5}$
Autounfall:	$1.0 \cdot 10^{-4}$
Selbstmord:	$1.0 \cdot 10^{-4}$
Herz:	$4.0 \cdot 10^{-3}$

Abbildung 12

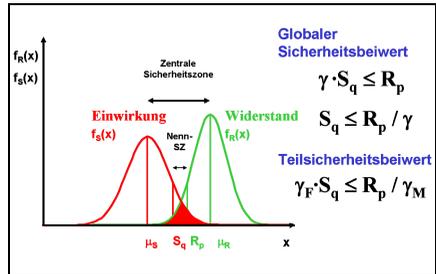


Abbildung 13
Bemessungskonzept



Abbildung 14
Neue Messe Leipzig

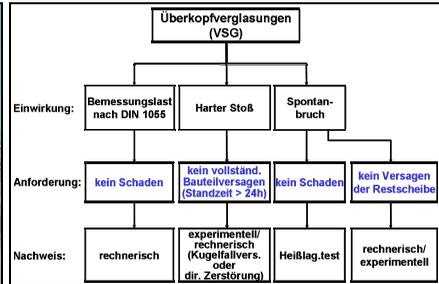


Abbildung 15



Abbildung 16
Neue Messe Leipzig

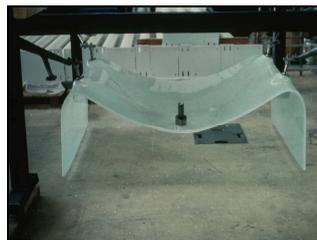


Abbildung 17
Neue Messe Leipzig

Hier wird über ein übliches Bemessungsverfahren nachgewiesen, dass die Konstruktion hält. Aber dann muss man noch Verschiedenes bedenken, es könnte ja sein, dass es Vandalismus gibt, dass jemand etwas auf die Konstruktion wirft. Das ist ein typischer Fall, bei dem ich den Schadensumfang begrenzen will. Für Glas gibt es noch den Sonderfall des NiS-induzierten Spontanbruchs. NiS sind winzige Einschlüsse, die dazu führen können, dass plötzlich eine Glasplatte zerplatzt, ohne dass vorher jemand etwas beobachtet hat. Das alles ist in einem Bemessungsverfahren abzuarbeiten. (Abb. 16). Auf diesem Bild sehen Sie einen Ausschnitt aus der Konstruktion im Versuch. Man erkennt zwei Glas-scheiben, die durch eine Folie miteinander verbunden sind. Selbst wenn eine Scheibe bricht, bleibt das Dach immer noch oben. Wir sind noch weiter gegangen und haben auch den Bruch beider Scheiben postuliert. (Abb. 17). Auch für diesen Fall konnten wir nachweisen, dass die Konstruktion für eine gewisse Zeit nicht herunterfällt. Wir haben also eine Begrenzung des Schadensumfanges für eine Einwirkung, die wir nicht genau kennen. Und das „Schöne“ ist, dass die Neue Messe Leipzig den Ingenieuren und Wissenschaftlern einen „Gefallen“ getan hat: Die verschiedenen Szenarien sind nämlich tatsächlich aufgetreten: Sie sehen hier einen Ausschnitt des wirklichen Tragwerks, die obere Scheibe ist zerstört, und zwar hat ein Handwerker oben auf der Glastonne gestanden und einen Hammer fallen lassen; der ist über die Tonne gerutscht und hat hier genau eine Scheibe zerstört. (Abb. 18). Das Konzept hat funktioniert, obwohl es einen Schaden gegeben hat, aber der Schadensumfang ist begrenzt worden. Zweiter Fall: Ein Reinigungswagen ist von innen gegen das Glasdach gefahren und hat dabei beide Scheiben zerstört, auch diese fielen nicht herunter. Wieder hat die Methodik der Bemessung nach Sicherheit und gleichzeitig Schadensumfangbegrenzung bei Zerstörung funktioniert. Und auch den dritten Fall, der nun sehr, sehr selten ist, dieser Nickel-Sulfid-Einschluss, selbst der ist uns „freundlicherweise“ „beschenkt“ worden (Abb. 19). Sie sehen hier, dass die Risse auf der Glas-scheibe auf einen Punkt zulaufen. Wenn wir diesen Bereich vergrößern, dann sehen Sie im Zentrum einen ganz winzigen schwarzen Punkt, das ist der Nickel-Sulfid-Einschluss (Abb. 20). Aber die Konstruktion hat gehalten und damit hat das Ganze funktioniert. Also, was wir sagen, ist: „Sicherheit ist begrenztes Risiko, das vorhandene Risiko wird kleiner gemacht als das akzeptable Risiko.“ Risiko als Wahrscheinlichkeit mal Umfang wird über die zwei Wege definiert: die Sicherheitsfaktoren und Konstruktionsregeln. Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.



Abbildung 18



Abbildung 19
Neue Messe Leipzig

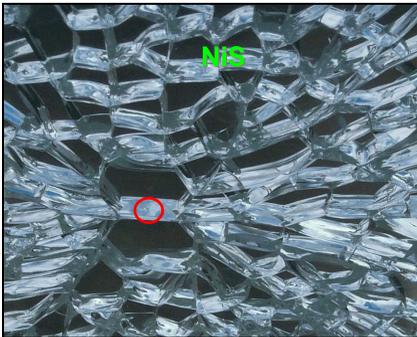


Abbildung 20
Neue Messe Leipzig

Ortwin Renn: Vielen herzlichen Dank, Herr Wörner, auch für diese lebendige Art, wie Sie uns das technische Risiko nahe gebracht haben. Wir werden jetzt nicht diesen Beitrag diskutieren, sonst laufen wir aus der Zeit. In unserer heutigen Veranstaltung geht es gerade darum, die ganze Palette der Ansätze aufzuzeigen. An die Ausführungen von Herrn Wörner schließt sich unser nächster Vortrag unseres Kollegen Helmchen nahtlos an, in dem es um evidenzbasierte Medizin geht.