

Zeitschrift:	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
Herausgeber:	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Band:	80 (1989)
Heft:	11
Artikel:	Sicherheit : eine Herausforderung für den Ingenieur
Autor:	Schneider, T.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-903685

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: 22.01.2026

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

Sicherheit – eine Herausforderung für den Ingenieur

Th. Schneider

Die zunehmende Komplexität technischer Systeme hat den Sicherheitsfragen eine immer grössere Bedeutung verliehen. Dabei sind verschiedenste Konflikte sichtbar geworden. Da vieles, was dabei abgewogen, bewertet und zu einer Synthese geführt werden muss, immer noch im Einflussbereich des Ingenieurs liegt, sollte sich gerade dieser sehr eingehend und grundsätzlich mit der Sicherheitsproblematik auseinandersetzen.

Les questions de sécurité revêtent une importance accrue au vu de la croissance de la complexité des systèmes techniques. Divers conflits ont été mis en évidence. Etant donné que presque tout ce qui doit être pesé, apprécié et conduit à une synthèse relève encore de l'ingénieur, celui-ci doit justement se pencher de manière approfondie et globale sur la problématique de la sécurité.

Adresse des Autors

Thomas Schneider, dipl. Ing. ETH, Ernst Basler & Partner AG, Zollikerstrasse 65, 8702 Zollikon.

Befasst man sich in unserer hochtechnisierten Gesellschaft mit Fragen der Sicherheit, stösst man unweigerlich auf folgende Diskrepanz: Wir erfreuen uns einer langen, in der Geschichte beispiellosen Lebenserwartung, die sich aus der immer besseren Bewältigung von Krankheiten und Gefahren ergibt – doch je grösser die Sicherheit wird, desto mehr scheint sie in den Blickpunkt der Öffentlichkeit zu rücken, bewegt sie die Gemüter und ist Gegenstand heftiger Auseinandersetzungen.

Unsere steigenden Ansprüche mögen mit ein Grund für diese Entwicklung sein, was durchaus verständlich ist: Wenn mehr machbar ist und Vorbeugen letztlich weniger kostet als Heilen, warum sollte man dann nicht auch mehr für die Sicherheit tun?

In der modernen Sicherheitstechnik stehen schon seit vielen Jahren Methoden zur Verfügung, die zur besseren Lösung von Sicherheitsproblemen beitragen. Als Beispiel hierfür seien die Anstrengungen verschiedener Firmen (z.B. Du Pont de Nemours) erwähnt, die gezeigt haben, wie man Arbeitsunfälle um eine Grössenordnung reduzieren kann. Anderseits nehmen wir die fast hundert jährlichen Opfer im schweizerischen Baugewerbe als normalen und offenbar akzeptablen Tribut immer noch hin.

Der Druck zur stärkeren Auseinandersetzung mit Sicherheitsfragen kommt aber nicht von der Seite der seit langem bekannten Gefahren. Ereignisse wie jene von Bhopal und Tschernobyl, aber auch die durch das Ereignis in Schweizerhalle ausgelösten Befürchtungen haben eine neue Dimension von Unfällen ins öffentliche Bewusstsein gerückt, die bisher nur in den mehr oder weniger abstrakten Diskussionen um die Kernenergie zum Vorschein kamen: das Phänomen der Katastrophe. Katastrophen sprengen

den Rahmen der Alltagsrisiken. Während diese zwar insgesamt den grössten Teil der Unfallopfer fordern, sich aber zeitlich und räumlich verteilen werden, sind die Auswirkungen von Katastrophen konzentriert; sie werden nicht so leicht hingenommen. Tausend Opfer, wie man sie Jahr für Jahr im Strassenverkehr in Kauf nimmt, würden als Folge einer jährlich, wiederkehrenden Katastrophe auf keinen Fall akzeptiert.

Bei Katastrophen sind Rettungsdienste und Gesundheitswesen überlastet, und die Reaktion der Öffentlichkeit ist zum Teil vehement. Je verheerender die Auswirkungen eines Unfallereignisses auf Mensch und Umwelt wirken, desto grösser werden die mit den verursachenden Risiken verbundenen Ängste und Zweifel. Gewiss gab es auch schon früher gigantische Katastrophen; für Seuchen, Hungersnöte und Naturkatastrophen konnte jedoch niemand verantwortlich gemacht werden. Dort aber, wo die technische Entwicklung neue Risiken schafft, muss der Mensch auch die Verantwortung dafür übernehmen. Der Ingenieur hat dabei als Sachverständiger der Technik eine Schlüsselposition inne.

Trennung von Sachverhalten und Wertvorstellungen

Die Probleme, die sich heute im Sicherheitsbereich ergeben, sind grundsätzlicher Natur: Technik, Recht, Ökonomie und psychologische Aspekte sind hier eng verflochten – aus diesem Grunde ist ein Lösungsversuch, der nur von einer dieser Fachrichtungen ausgeht, zum Scheitern verurteilt. Die Technik kann jedoch von sich aus einen wesentlichen Beitrag leisten. Allen voran sind die massgeblichen Sachverhalte und Zusammenhänge systematischer, wirklichkeitstreuer und auch für den Aussen-

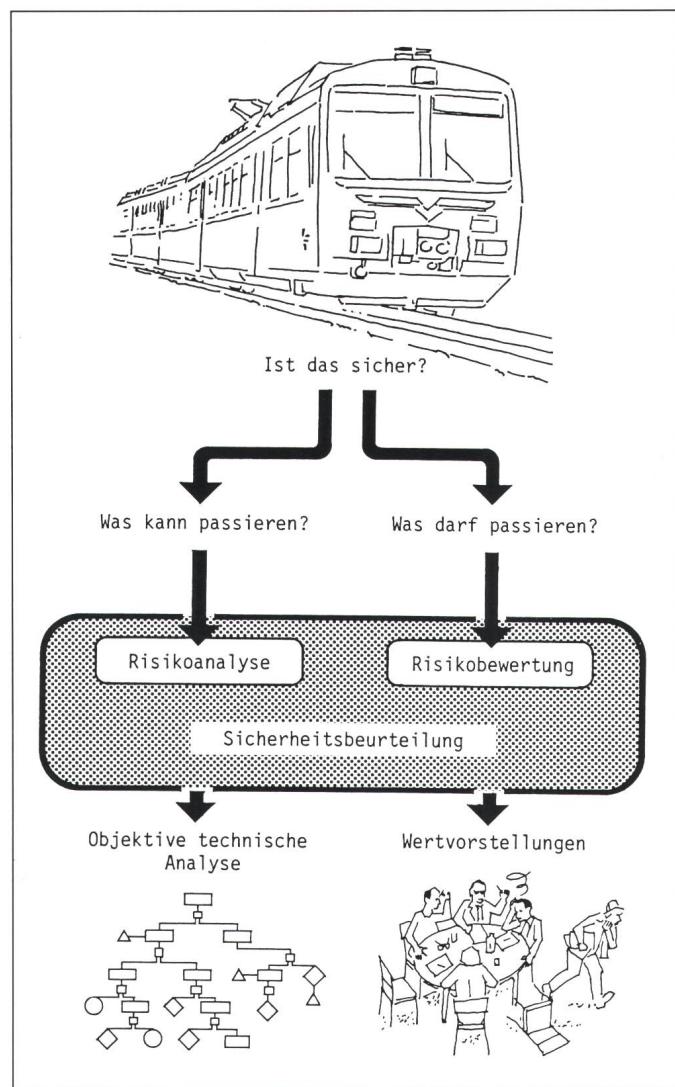
stehenden transparenter darzustellen. Bis anhin war man gewohnt, mit technischen Regeln und Modellen zu arbeiten, deren Handhabung zwar einfach war, die aber die tatsächlichen Vorgänge nicht klar genug zum Ausdruck brachten. So sind beispielsweise alle Arten von Sicherheitsfaktoren und -koeffizienten in der täglichen Anwendung praktisch zu handhaben, welche Risiken aber damit auf welche Weise und – vor allem – in welchem Masse abgedeckt werden, bleibt weitgehend verborgen. Als Bewährungsprobe blieb nur die Erfahrung im Laufe der Jahre.

Dieses Verfahren ist vor allem dann ein gangbarer, wenngleich nicht unbedingt optimaler Weg, wenn es um relativ häufige Schadensfälle von geringem Ausmass geht. Sobald es aber um die Beherrschung seltener Ereignisse mit möglicherweise katastrophalem Ausmass geht, bieten uns Erfahrungen, auch wenn sie sich über Jahrzehnte erstrecken, nur wenig Hilfe. Ein einziges solches Ereignis in 10 000 oder gar 100 000 Jahren – das sind Wahrscheinlichkeiten, die heute für Katastrophen bereits als gross gelten können.

Durch diese Art von Risiken ist denn auch die Entwicklung der Sicherheitswissenschaft geprägt; bei ihrer Beurteilung müssen zunächst Tatsachen von Meinungen unterschieden werden. Dazu müssen die möglichen Unfallereignisse systematisch bezüglich ihrer Wahrscheinlichkeit und ihrer Konsequenzen untersucht werden. Anschliessend sind die ermittelten Risiken auf ihre Tolerierbarkeit hin zu bewerten. Manches lässt sich hier objektiv abklären, anderes ist dem subjektiven Urteil überlassen. Der Übergang vom einen zum andern ist – darüber ist man sich heute im Klaren – fließend. Einerseits lassen sich viele an sich sachliche Fragen nicht restlos abklären, so dass das fehlende Wissen durch unweigerlich subjektiv gefärbte Expertenmeinungen ersetzt werden muss; anderseits gibt es Wertvorstellungen, über die ein so breiter Konsens besteht, dass sie beinahe wie Fakten behandelt werden können.

An der grundsätzlichen Verschiedenheit von technischen Sachverhalten und menschlichen Wertvorstellungen muss dennoch festgehalten werden: Es hat sich heute eingebürgert, die beiden Teile einer Sicherheitsbeurteilung mit den Begriffen *Risikoanalyse* und *Risikobewertung* zu umschreiben (Fig. 1). Die Risikoanalyse hat die Frage «Was kann passieren?» zu beant-

Figur 1
Bei der Sicherheitsfrage ist zwischen der Analyse und der Bewertung von Risiken zu unterscheiden



worten. Sie versucht, die technisch-wissenschaftlichen Sachverhalte nach bestem Wissen und Gewissen darzustellen. Die Risikobewertung befasst sich in der Folge mit der Frage «Was darf passieren?».

Bis heute haben Ingenieure und Techniker oft beide Fragen in einem Zug beantwortet, zum Beispiel beim Aufstellen technischer Normen. Im Prinzip werden hier aber die Kompetenzen überschritten. Allerdings wird diese Art von Kompetenzüberschreitung heute noch oft erwartet: Wenn aber Konflikte bei der Risikobewertung auftreten, müssen an sich Ingenieure und Techniker zurückstehen, das heisst: Die Betroffenen, technisch meist nicht Sachverständigen, müssen *mitentscheiden*. Damit jedoch auch sie erkennen können, worum es geht und welcher Entscheidungsspielraum besteht, müssen ihnen die Sachverhalte leicht fasslich dargestellt werden. Dies ist nicht immer einfach, muss aber in Zukunft vermehrt geschehen.

Verständnisförderung und Suche nach Einigung

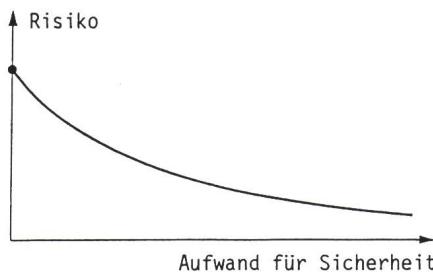
Die zentrale Aufgabe der Sicherheitswissenschaft besteht darin, die massgebenden Aspekte der Risikoanalyse und vor allem der Risikobewertung zu untersuchen, mit dem Ziel, diese immer besser zu verstehen und eine möglichst einheitliche Handhabung dafür zu finden. Es ist also für die Tätigkeit auf der praktischen Ebene die – heute weitgehend fehlende – «philosophische» Basis zu schaffen. Im Bereich der Risikoanalyse werden schon seit Jahrzehnten Methoden entwickelt, welche helfen sollen, die Wahrscheinlichkeit und die Auswirkungen möglicher Schadeneignisse zu ermitteln. Eine klassische Methode ist die Fehlerbaumanalyse, mit der versucht wird, die Wahrscheinlichkeit von seltenen komplexen Unfallabläufen aufgrund der Kenntnisse über einfache, häufige Ereignisse abzuschätzen. Darüber und über andere heikle

Fragen der Risikoanalyse wurden mittlerweile umfangreiche Erfahrungen gesammelt, die aber vielerorts noch wenig bekannt sind.

Die Probleme der Risikoanalyse liegen heute weniger bei den theoretischen Grundlagen als in der Kunst ihrer praktischen Anwendung. Bis heute wird ihr deshalb immer noch mit einiger Skepsis begegnet, die verständlich erscheint, wenn man das oft unvollständige Datenmaterial und die damit verbundenen Ungewissheiten betrachtet. Gerade die Risikoanalyse zeigt jedoch diese Wissenslücken auf und fördert damit Anstrengungen, diese zu schliessen. Traditionelle Gedankenmodelle umgehen solche Wissenslücken, indem sie gar nicht auf die Frage der effektiven Sicherheit beziehungsweise des effektiven Risikos eines Systems eingehen. Genau um diese Frage geht es aber gegenwärtig immer häufiger. Im gleichen Sinne soll die Risikoanalyse auch die Frage nach der Wirksamkeit von Sicherheitsmaßnahmen beantworten.

Diese beiden Aspekte, also das effektive Risikoniveau und die Risikoreduktion durch Sicherheitsmaßnahmen, sind für die Sicherheitsdiskussion ausschlaggebend (Fig. 2). Dabei ist es die Aufgabe der technischen Fachleute, die bestmögliche Vorstellung vom erwarteten Funktionieren oder Nichtfunktionieren technischer Systeme zu liefern, und zwar nicht auf der Ebene von Schrauben und Ösen, sondern ausgedrückt in Form der zu erwartenden Auswirkungen. Das immer wieder gehörte Argument, man könne solche Aussagen nicht zuverlässig oder «genau genug» machen, ist nicht stichhaltig. Wenn man beschliesst, ein System zu realisieren, ist man offensichtlich der Auffassung, die Risiken seien akzeptabel. Diese Auffassung ist jedoch ohne eine Vorstellung über diese Risiken nicht vertretbar. Die ausdrückliche Darlegung dieser Vorstellungen – inklusive der bestehenden Ungewissheiten – ist eines der zentralen Anliegen der Risikoanalyse. Für den technischen Fachmann, dem es primär um die fachgerechte Konstruktion und Bemessung einer Anlage geht, mag dies wenig bedeutsam erscheinen, für die Öffentlichkeit ist dies jedoch von zentraler Bedeutung.

Noch dringender als bei der Risikoanalyse ist eine Klärung der Zusammenhänge im konfliktbeladenen Bereich der Risikobewertung. Im Bereich der Risikoanalyse sind Fortschritte



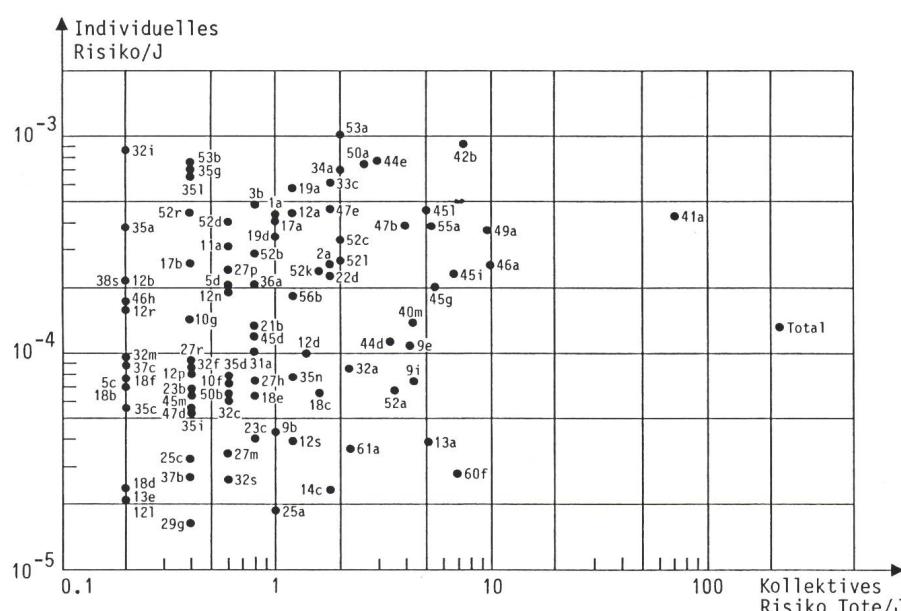
Figur 2 Mit zunehmendem Aufwand für Sicherheitsmaßnahmen lässt sich das Risiko eines Systems kontinuierlich vermindern

Die entsprechende Kurve sieht für jedes System wieder anders aus, hat aber qualitativ stets den oben angedeuteten Verlauf

wesentlich leichter zu erzielen, weil es sich um technisch-methodische, also gleichsam objektive Fragen handelt. Für die Risikobewertung kann es hingegen keine festen Massstäbe geben; Risikoforscher müssen sich untereinander abstimmen, dabei verschiedenste Aspekte miteinander verknüpfen und letztlich die Wertvorstellungen der Allgemeinheit berücksichtigen, wobei zu beachten ist, dass letztere erst noch einem steten Wandel unterworfen sind. Für die Risikobewertung liegen strukturierte Denkansätze erst seit allerneuester Zeit vor; manche Grundprobleme sind allerdings schon vor langer Zeit erkannt worden. Zu den bekanntesten Einflussfaktoren zählt der Grad der *Freiwilligkeit*, mit der Ri-

siken eingegangen werden. Es ist offensichtlich, dass beim Sport, aber auch im Straßenverkehr höhere Risiken in Kauf genommen werden als bei Risiken, die einem unbeeinflussbar auferlegt sind.

Die Sicherheitsdiskussionen der letzten Zeit haben auf vielfältige Art gezeigt, dass Risiken nicht ohne weiteres vergleichbar sind. So trägt der Hinweis auf das hohe «freiwillige» Risiko im Straßenverkehr nichts zur Diskussion über Katastrophenrisiken bei, weil sich hier für die meisten Betroffenen keine gedankliche Verbindung herstellen lässt. Oder es zeigt sich, dass für den Fabrikarbeiter aus rein praktischen Gründen kein gleich hoher Sicherheitsgrad erreicht werden kann wie für den Anwohner außerhalb des Fabrikareals. Wieviel zusätzliches Risiko darf man aber dem Fabrikarbeiter zumuten? Welche Faktoren spielen dabei eine Rolle? All diese Fragen können nicht objektiv beantwortet werden. In diesem Beispiel etwa wird insbesondere auch die Beziehung zu Rechtsfragen ersichtlich. Bis heute hat man aber noch nicht versucht, in diesen Fragen auf systematischem Weg zu einer Einigung zu kommen. Es ist deshalb nicht verwunderlich, wenn die Darstellung einer aktuellen Risikosituation wie diejenige der Berufsrisiken (Fig. 3) einem Sternenhimmel gleicht: Ein Ordnungsprinzip ist nicht zu erkennen.



Figur 3 Individuelle Risiken (mittlere Todesfallwahrscheinlichkeit pro Person und Jahr) und kollektives Risiko (Todesopfer pro Jahr) für verschiedene Berufsgattungen gemäss Unfallstatistik 1978-82 der Suva

Beispiele:

41a Energes Baugewerbe
42b Forstbetriebe

53a Schiffahrtsbetriebe

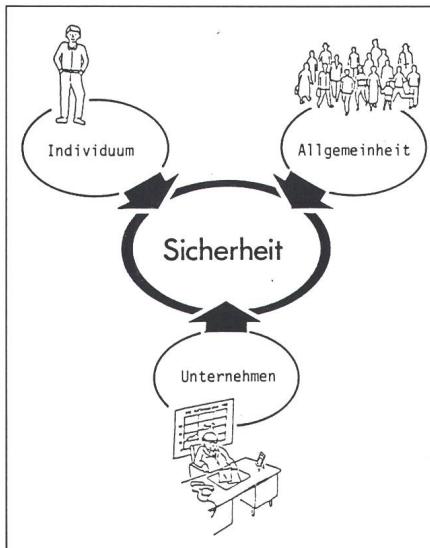
32i Herstellung von Bitumen und Asphaltprodukten
25a Druckerei, Buchbinderei

Ein anderes Beispiel der bedingten Vergleichbarkeit von Risiken zeigt sich gerade beim Phänomen der Katastrophe. Seit Jahren ist bekannt, dass ein Unfall mit hundert Opfern als schwerwiegender gilt als hundert Unfälle mit je einem Opfer. Je seltener die Ereignisse und je grösser die möglichen Auswirkungen, desto schwieriger ist die Risikobeurteilung. In diesem Zusammenhang wird daher ebenfalls seit langem von einer sogenannten Risikoaversion gesprochen, die den Risiken mit grossen Auswirkungen überproportionales Gewicht beimisst. In zahlreichen Fällen können aufwendige Massnahmen nur auf der Basis einer solchen Risikoaversionsfunktion verstanden und begründet werden. Es wäre deshalb ausserordentlich wichtig, sich über den Stellenwert und den praktischen Umgang mit einer solchen Risikoaversion zu unterhalten und zu einigen.

Ein weiteres Beispiel: Bei näherer Betrachtung zeigt sich, dass die Beurteilung eines Risikos vom Standpunkt des Beurteilenden abhängt. Ein Individuum fragt zunächst nach seiner persönlichen Gefährdung, also nach dem sogenannten individuellen Risiko. Vom Standpunkt der Gemeinschaft aus betrachtet kann die Beurteilung eines Risikos aber ganz anders ausfallen, denn, auch wenn der Einzelne nur wenig gefährdet ist, ergibt sich unter Umständen doch eine unakzeptabel grosse Anzahl von Opfern; dann nämlich, wenn eine sehr grosse Personenzahl einem kleinen individuellen Risiko ausgesetzt ist, wie es beispielsweise bei einer grossflächigen Verstrahlung der Fall wäre. Das Verhältnis dieses kollektiven Risikos zum individuellen Risiko lässt sich für verschiedene Beurtsrisiken aus Figur 4 ersehen.

Noch einmal anders sieht es aus, wenn sich der Betreiber einer gefährlichen Anlage die Sicherheitsfrage stellt. Natürlich muss er die Sicherheit von Angestellten und Anwohnern gewährleisten; darüber hinaus ist er aber in erster Linie daran interessiert, seine Anlage zu betreiben. Dies kann er nur, wenn sie technisch zuverlässig ist, aber auch nur, wenn die Öffentlichkeit ihm das erforderliche Vertrauen entgegenbringt und beispielsweise die nötigen Bewilligungen erteilt. Dieser Standpunkt ist in vielen Fällen sogar ausschlaggebend für das Sicherheitskonzept einer Anlage.

Im heutigen Recht wird die Frage nach den unterschiedlichen Standpunkten nicht explizit ausgesprochen.



Figur 4 Sicherheit ist keine eindeutig definierbare Grösse, sondern eine Frage des Standpunktes

Es scheint so, als ob es nur *eine* Sicherheit gäbe. Eine Diskussion über Sicherheitsziele kann aber ohne Unterscheidung dieser Standpunkte nicht geführt werden. Die aufgeführten Beispiele illustrieren die mangelnde Systematik in wichtigen Grundfragen der Risikobewertung. Gewiss kann eine Risikobewertung nicht wissenschaftlich «richtig» vorgenommen werden, doch ohne Systematik ist die Gefahr der Willkür gross.

Förderung von Theorie und Praxis

Die Scheu vor einer konsequenten und systematischen Auseinandersetzung mit der Sicherheitsproblematik ist nicht zuletzt auch die Folge eines Circulus vitiosus: Vorteile, Stärken und Erkenntnisse moderner Sicherheitsmethodik sind bei uns immer noch wenig bekannt. Daher wird diese Disziplin und ihre praktische Anwendung wenig gefördert. Dies aber führt nur langsam zu einer Verbesserung des Verständnis- und Erfahrungsstandes, welcher wiederum zur Vertiefung und Weiterentwicklung anregen könnte. Die wenigen Spezialisten auf diesem Gebiet haben sich ihr Wissen aus unterschiedlichen Quellen selbst erarbeitet und sind sich dementsprechend auch untereinander oft noch uneinig. Somit ist es schwierig, dieses Fachwissen in die Breite zu tragen. Früher oder später allerdings müssen Kenntnisse in diesem Bereich zum Rüstzeug jedes technischen Fachmanns gehören.

Wenn das Sicherheitsdenken wirk-

lich interdisziplinär fortschreiten, sich also über die Technik hinaus auf Recht, Wirtschaft und Politik erstrecken soll, muss jemand die Führungsrolle übernehmen. Dies könnten Fachorganisationen, Hochschulinstitute oder etwa eine eidgenössische Kommission für technologische Risiken sein. Die folgenden Massnahmen stehen für eine Weiterentwicklung im Bereich der Sicherheit im Vordergrund:

- die Schaffung institutionalisierter Ausbildungsmöglichkeiten auf Hochschulebene,
- die Förderung der Forschung, besonders auch im technisch-gesellschaftlichen Bereich
- die systematische und konsequente Anwendung des erreichten Kenntnisstandes in konkreten Fallbeispielen; Auswertung und Weitergabe der Erfahrungen,
- die Schaffung oder Bezeichnung eines Koordinationsorgans für konzeptionelle Sicherheitsaspekte,
- die Erarbeitung einer Grundvorstellung zur Frage der Risikoakzeptanz und von Sicherheitszielen,
- die Erforschung und Erprobung neuer Mechanismen der Konsensfindung.

Herausforderung für den Ingenieur

Im Gegensatz zum Wissenschaftler sind Ingenieure und Techniker in erster Linie die Ausführenden. Bis heute war man oft stolz darauf, mit wenigen Grundlagen zu Entscheiden zu kommen; Studien und Abklärungen sind vielerorts immer noch verpönt. Die Gewichtung wird sich hier in Zukunft wohl verschieben. Wenn in der Öffentlichkeit eine einführende, differenziertere Auseinandersetzung mit den Grundfragen der technischen Entwicklung in Gang gebracht werden kann, sind Ingenieure und Techniker wichtige Gesprächspartner. Dieser Öffnung dürfen sie sich nicht entziehen. Wenn Fachleute die heutige, oft als technikfeindlich bezeichnete Entwicklung nur als einengend und hemmend empfinden, anstatt sich aktiv mit ihr auseinanderzusetzen, dürfen sie sich nicht über mangelndes Image beklagen. Technische Möglichkeiten sind wertfrei; ihre Anwendung ist es aber nicht. Wo und wie Technik Segen bringt und wann der Mensch zum Zauberlehrling wird, durch diese Frage erst kommt eine menschliche Dimension in unser Tun.