

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 108 (1990)  
**Heft:** 41

**Artikel:** Neue Dimensionen des Risikos: Abschied von der "Restrisiko-Philosophie"  
**Autor:** Binswanger, Hans Christoph  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-77527>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

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

Sicherheit und Risiko**Neue Dimensionen des Risikos**

Abschied von der «Restrisiko-Philosophie»

**Die herkömmlichen Ansätze zur quantitativen Erfassung von Risiken (versicherungstechnisches Risiko) bedienen sich des Produktes aus Schadenausmass und Eintretens-Wahrscheinlichkeit, was in Fällen extrem hoher bzw. extrem geringer Werte nicht voll zu befriedigen mag. Vielmehr sollen hier auch Belange der Risiko-Aversion und des Katastrophenschutzes mit einbezogen werden. Daraus lassen sich Forderungen betreffend Restrisiko sowie Betrachtungen zur Frage der Akzeptanz ableiten.**

Seit Ende des Zweiten Weltkrieges verzeichnet die industrielle Welt im Trend ein stetiges wirtschaftliches Wachstum.

---

VON HANS CHRISTOPH  
BINSWANGER,  
ST. GALLEN

---

Dieses hat ein Füllhorn von Gütern über uns ausgeschüttet und damit eine wesentliche Steigerung des Lebensstandards bewirkt. Gleichzeitig wurden aber auch neue Probleme geschaffen, die wir generell als Umweltprobleme bezeichnen. Diese können trotz hohem Lebensstandard eine Minderung der Lebensqualität zur Folge haben. Ob es insgesamt wirklich zu dieser Minderung kommt, ist immer noch offen und wesentlich davon abhängig, inwieweit die Gesellschaft bereit ist, einen grösseren Teil des Bruttosozialproduktes in den Umweltschutz zu investieren und gegebenenfalls dort auf einen möglichen Sozialproduktzuwachs zu verzichten, wo die Umweltschäden überwiegen.

Um uns die Umweltproblematik zu verdeutlichen, müssen zwei Phasen des Wirtschaftswachstums unterschieden werden. Die erste Phase, die vor rund 40 Jahren begonnen hat, war eindeutig bedingt durch den Siegeszug des Erdöls, das die teurere Kohle ersetzte, überallhin leicht transportiert werden konnte und auch als Energie für Kraftfahrzeuge und Luftschiffahrt zu einer ausserordentlichen Steigerung des Verkehrs und damit auch der Arbeitsteilung und des Handels beitrug. Man kann das dadurch erzielte Wachstum als *ressourcengestütztes Wachstum* bezeichnen.

Die zweite Phase, die vor rund 20 Jahren eingesetzt hat (und die erste nicht ersetzte, sondern überlagerte), ist gekennzeichnet durch neue Technologien, deren Grundlage nicht mehr so sehr der unmittelbare Mehrverbrauch

natürlicher Ressourcen ist, sondern die Umwandlung der natürlichen Ressourcen in künstliche «Aggregate». Dazu gehört neben der Grosschemie vor allem die Kernenergie und die Gentechnologie. Hier ist sozusagen die Materie selber Resultat der Technik. Da so die Technologie eine ganz neue, selbständige Rolle spielt, können wir diesbezüglich von einem *technologiegestützten Wachstum* sprechen.

Die Unterscheidung zwischen beiden Wachstumsphasen ist wichtig, weil mit beiden unterschiedliche Umweltprobleme verbunden sind.

*Das ressourcengestützte Wachstum* belastet die Umwelt vor allem durch die Abfälle und Emissionen, die aus dem Ressourcenverbrauch resultieren. Wir müssen bedenken, dass alles, was man an Material und Energie in den Wirtschaftsprozess hineinsteckt, gemäss dem ersten Satz der Thermodynamik zu 100% wieder als Abfälle und Emissionen aus dem Wirtschaftsprozess herauskommt. Dies war so lange unproblematisch, als der Input in den Wirtschaftsprozess nur aus regenerierbaren Ressourcen - Erde, Luft, Wasser, Tiere, Pflanzen - bestand. Die Natur hat im Rahmen der ökologischen Kreisläufe die Abfälle aus solchen Ressourcen ohne Zutun der Menschen, also gratis, wieder in Ausgangsstoffe zurückverwandelt. Es entstanden nur vorübergehend Abfälle. Dies ist völlig anders bei den nichtregenerierbaren Ressourcen, wie bei Erdöl (und vorher bei der Kohle) sowie bei Metallen und chemischen Grundstoffen, deren Produktion im Zuge der Erdölschwemme ebenfalls stark gesteigert wurde. Hier werden die Abfälle - wie die Bezeichnung sagt - nicht mehr in den natürlichen Kreisläufen regeneriert. Die «Abfallkübel» Boden, Wasser, Luft quellen über, indem sich die festen Abfälle zu schadstoffhaltigen Müllhalden auftürmen und die flüssigen und gasförmigen Ab-

fälle in Form von Emissionen eine zunehmende Wasser- und Luftverschmutzung bewirken. An diesen Erscheinungen setzt der traditionelle Umweltschutz an, der sich vornimmt, die Umweltmedien zu schützen durch Festlegung von Emissionsgrenzwerten und andere Massnahmen, mit denen der Abfallberg und die Emissionsausweitung eingedämmt werden sollen.

Demgegenüber ist das *technologiegestützte* Wachstum relativ sauber. Es entstehen z.B. keine SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> oder CO<sub>2</sub> Emissionen, gegen die der traditionelle Umweltschutz vor allem angeht. Für viele scheint daher eine «fortschrittliche» Lösung der Umweltprobleme gerade darin zu bestehen, dass man den Übergang zur zweiten Phase des Wachstumsprozesses forciert. Weil die Grundlage dieses Wachstums die High-Technology ist und der ganze Produktionsprozess in hochspezialisierten, von wissenschaftlichem Sachverstand geleiteten Betriebsstätten vor sich geht, ist auch eine bessere Überwachung der stofflichen Abfälle und Emissionen möglich, die selbstverständlich auch hier anfallen: Es dringt weniger nach aussen, und wenn etwas nach aussen dringt, ist es sorgfältig behandelt und verpackt.

Dabei ist aber lange Zeit übersehen worden, dass ganz neue Umweltprobleme entstehen, die nicht aus der kontinuierlichen Anhäufung von Abfällen und Emissionen resultieren, sondern aus dem plötzlichen Aus-der-Kontrolle-Geraten der künstlichen «Aggregate» und den damit verbundenen Risiken, die sich gerade aus der Künstlichkeit dieser «Aggregate» und der hohen Komplexität der Verfahren ergeben. Das heisst: Die Umweltprobleme sind in diesem Bereich nach heutigem Kenntnisstand geringfügig im Normalbetrieb, können aber ungeahnte Dimensionen annehmen, sobald etwas in den Produktionsstätten, beim Transport oder bei den Abfalldeponien «passt».

Der Grund für die Nichtbeachtung dieser neuen Umweltdimension liegt in der Gewohnheit, die neuen Grossrisiken in Analogie zu den Risiken der Vergangenheit zu behandeln. Auch in der ersten Wachstumsphase haben die Risiken stark zugenommen, insbesondere im Zusammenhang mit dem Kraftfahrzeug- und Flugverkehr. Diese blieben aber in ihrer Wirkung beschränkt auf die unmittelbar Betroffenen. Die Folgeschäden beschränkten sich - von Sachschäden abgesehen - auf die am Unfallort Verunfallten (Tote

und Verletzte). Spätfolgen waren selten. Vor allem wurde die Umwelt durch solche Unglücksfälle nicht oder kaum berührt. Eine Ausnahme machten im wesentlichen nur Havarien von Erdöltankern, die zur Meeresverschmutzung beitrugen, und Dammbürche von Stauseen, die Überschwemmungen ganzer Talschaften zur Folge haben konnten. Aber auch hier blieb der Risikobereich regional eingeschränkt. Man war noch nicht gezwungen, solche Risiken in die Umweltproblematik einzubeziehen. Die Risikofrage konnte separat behandelt und im wesentlichen staatlichen Aufsichtsstellen einerseits, den Versicherungen andererseits überlassen werden.

Heute ist diese Sonderbehandlung der Risiken nicht mehr zulässig. Wir brauchen eine neue Risikobetrachtung, die in die gesamte Umweltproblematik eingebettet ist und mit der gewohnten, auf die Normal-Risiken ausgerichteten «Risikophilosophie» bricht.

**Versicherungstechnische Risiken**

Wenn wir von der herkömmlichen, versicherungstechnischen Behandlung ausgehen, dann liegt es nahe, das Risiko (R) zu definieren als Produkt aus Wahrscheinlichkeit des Schadensereignisses (w) mit dem Schadensausmass (A), also  $R = w \cdot A$

Dieses Risiko entspricht dem Betrag, den die Versicherungsgesellschaften insgesamt an Schadenszahlungen zu erwarten haben, also - statistisch gesprochen - dem sog. Erwartungswert der Zahlungen. Dabei wird die Wahrscheinlichkeit im wesentlichen aus der statistisch ermittelten Häufigkeit der Schadensfälle geschätzt. Bei den Schadensfällen selber wird - abgesehen von Sachschäden - vor allem auf die Toten abgestellt (wobei Erfahrungszahlen über das «Normal»-Verhältnis von Verletzten und Toten Auskunft geben). Wir können dieses Risiko als das *versicherungstechnische Risiko* bezeichnen. Es hat meist die Dimension «Tote» oder, wenn man die «Toten» (und Verletzten) in die entsprechenden Versicherungszahlen umrechnet, die Dimension «Franken».

Entscheidend ist: Das versicherungstechnische Risiko bzw. der Erwartungswert der Schadensfälle ist gleich hoch, wenn ein kleiner Schaden häufig oder ein grosser Schaden selten auftritt.

Tragen wir in der folgenden Grafik auf einem Koordinatensystem die Schadenswahrscheinlichkeit auf der Ordinate und das Schadensausmass auf der Abszisse ab, so erhalten wir für einen konstanten Erwartungswert des Scha-

dens eine hyperbelförmige Indifferenzkurve. Das Risiko, bzw. der Erwartungswert, wird durch die bei konstantem Risiko flächengleichen Rechtecke unter der Hyperbel dargestellt, welche dem Produkt von Wahrscheinlichkeit und Schadensausmass entsprechen. Die Versicherung verlangt dieselbe Prämie, ob sie mit einem Schaden von 100 000 SFr. und einer Wahrscheinlichkeit von 0,1 oder einem Schaden von einer Million und einer Wahrscheinlichkeit von 0,01 rechnet.

**Grossrisiken**

Der Einbezug der neuen grosstechnologischen Risiken in die Risikobetrachtung zwingt zuerst, die beiden Komponenten des Risikos - Wahrscheinlichkeit und Schaden - neu zu interpretieren.

Die Grossrisiken des technologiegestützten Wachstums umfassen andere Schadenskategorien als die normalen Kleinrisiken. Die Normalrisiken werden im wesentlichen - abgesehen von Sachschäden - nach Soforttoten und Verletzten beurteilt. Bei einem Autounfall, bei einer Feuersbrunst, beim Bruch einer Gasleitung sind dies die relevanten Grössen. Ganz anders ist es z.B. bei einem grösseren Chemieunfall. Dieses kann sich zu einer eigentlichen Katastrophe ausweiten, ohne dass ein einziger Soforttoter zu verzeichnen ist. Krankheits- und Todesfolgen treten u.U. erst nach Monaten oder Jahren auf. Ausserdem wird die Natur in viel grösserem Masse miteinbezogen (z.B. gehäuftes Tiersterben). Diese Schäden müssen daher über die Haftungsregeln in die Schadensbetrachtung einbezogen werden, auch wenn sie schwerer kalkulierbar sind.

Ausserdem bestehen grössere Unsicherheiten über die Wahrscheinlichkeiten eines Ereignisses: Bei den normalen Kleinrisiken kann die Wahrscheinlichkeit über die relativen Häufigkeiten geschätzt werden: Von einer bestimmten Anzahl Autofahrten n enden m Fahrten mit einem Unfall. Anders bei den Grossrisiken: Hier darf man es nicht auf die Erfahrungen ankommen lassen (es darf ja gar kein Grossunglück geben!), sondern muss sich auf analytische Methoden stützen. Diese sind aber naturgemäss weniger «erprobt» und daher auch mit wesentlich grösserer Unsicherheit behaftet als Erfahrungszahlen. Diese Problematik wird übrigens heute auch von den Versicherungen wahrgenommen, die in diesen Fällen vom versicherungstechnischen Risiko abrücken.

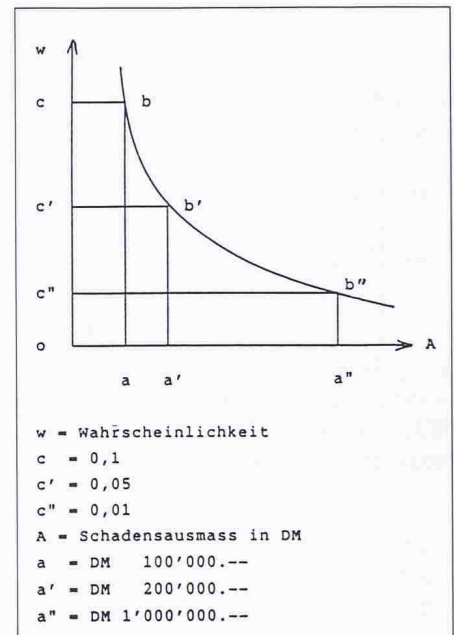


Bild 1. Kurve gleicher versicherungstechnischer Risiken R

**Risikoaversion**

Bei grosstechnologischen Risiken kommen aber vor allem zwei weitere Elemente hinzu, die die traditionelle Risikodefinition sprengen und von vornherein zwingen, aus der versicherungstechnischen Betrachtungsweise herauszutreten. Diese beiden Elemente sind zwar an sich nicht neu, aber sie gewinnen jetzt eine neue Dimension, bei der Quantität in Qualität umschlägt. So verschieden diese beiden Elemente an sich sind, so haben sie eines gemeinsam: Sie hängen nicht von der Wahrscheinlichkeit, sondern allein vom Schadensausmass ab. Diese zwei Elemente sind die unterschiedliche Risikoaversion je nach dem Ausmass der Gefahr und das Ausmass der nötigen Vorsorge zur konkreten Schadenseindämmung, also der Notfall- und Katastrophenschutz.

Wir betrachten zuerst die unterschiedliche Risikoaversion je nach dem Ausmass der Chancen bzw. der Gefahr. Vergleichen wir zwei Lotterien, bei denen die Wahrscheinlichkeit zu gewinnen bzw. zu verlieren jeweils 0,5 beträgt. Der Lospreis entspricht jeweils dem Erwartungswert der Auszahlung.

- Erste Lotterie: Bei einer Auszahlung von SFr. 1,- und einem Lospreis von SFr. -,50 wird die Zahl der Risikofreudigen wahrscheinlich grösser sein als die Zahl der Risikoaversen, denn der Verlust schmerzt fast nicht, aber der Gewinn, weil es ein Gewinn ist, freut.
- Zweite Lotterie: Bei einer Auszahlung von 1 Million SFr. im Gewinn-

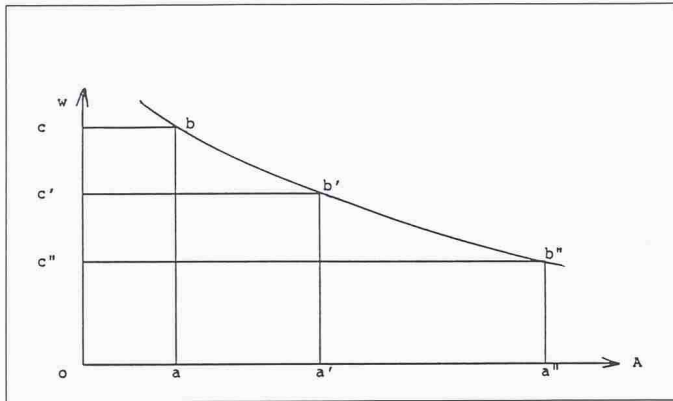


Bild 2. Kurve des steigenden psychologischen Risikos  $R^*$  (bei konstantem versicherungstechnischem Risiko  $R$ )

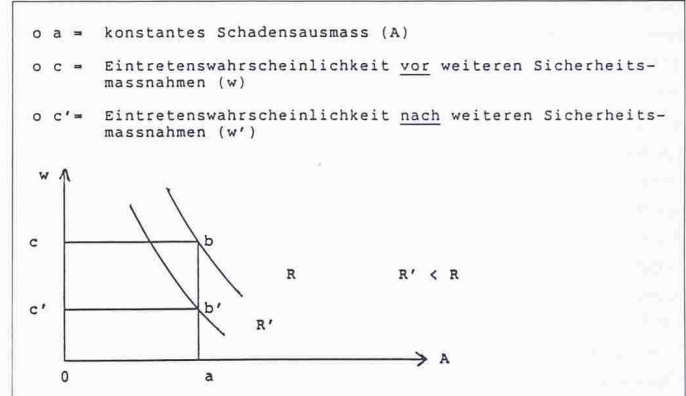


Bild 4. «Restrisiko-Philosophie»: Reduktion der Eintretenswahrscheinlichkeit bei gleichem Schadensausmass

fall und einem Lospreis von SFr. 500 000 ist anzunehmen, dass die Anzahl der risikoaversen Personen, die das Los nicht kaufen, stark zunimmt, obschon der Erwartungswert des Gewinns bzw. des Verlusts konstant bleibt. Dies ist nicht nur deshalb der Fall, weil viele das Los wegen des hohen Preises gar nicht bezahlen können, sondern weil in diesem Fall der mögliche Verlust dessen, was man hat und worauf man angewiesen ist, mehr zählt als der mögliche Gewinn gleicher Grösse, mit dem man nicht gerechnet hat und auf den man daher auch nicht angewiesen ist.

Daraus ergibt sich: Von einer gewissen Höhe des Risikos an kehrt sich die Risikovorliebe in Risikoaversion um, wobei die Risikoaversion mit dem möglichen Schadensausmass anwächst, selbst wenn ihm ein entsprechend hoher Gewinn gegenübersteht.

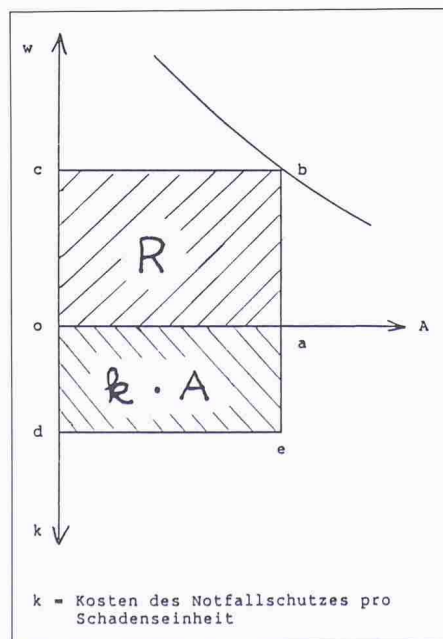


Bild 3. Kurve des steigenden vorsorgeorientierten Risikos  $R^{**}$  (bei konstantem versicherungstechnischem Risiko  $R$ )

Diese Risikoaversion lässt sich auch mathematisch untermauern. Der erwartete Gewinn bzw. Verlust ist in beiden Lotterien null, aber die Varianz ist verschieden. Bei einer Auszahlung von  $A$  beträgt die Varianz des Gewinns bzw. des Verlusts  $A^2/4$ , d.h. die Unsicherheit, ausgedrückt durch die Varianz, wächst quadratisch in  $A$ . Diese Unsicherheit gibt zu grösserer Vorsicht und damit zu Risikoaversion Anlass.

Diese Überlegung lässt sich auf den Vergleich zwischen einem einzigen Grossunfall und einer Vielzahl von Kleinunfällen übertragen. Selbst wenn beide Unfallsituationen im Mittel den gleichen Schaden verursachen, so werden sie doch unterschiedlich bewertet: «Die Folgen eines einzelnen Unfalles mit 1000 Todesfällen werden von den meisten Menschen als viel schwerer beurteilt als die Folge von 1000 Unfällen mit je einem einzigen Todesopfer ...; eine Technologie wird oft um so risikoreicher eingestuft, je grösser ihr Potential für Grossunfälle und ihr Unbekanntheitsgrad sind» [2].

Demgemäss ist die Risikoaversion in die Risikobetrachtung einzubeziehen und dadurch ein neuer Risikobegriff zu definieren als:

$$R^* = w \cdot A \cdot \Phi(A), \text{ wobei } \Phi(A) > 1$$

Wir können dieses Risiko  $R^*$  als das *psychologische Risiko* bezeichnen, weil die Risikoaversion ein psychologischer – gleichzeitig aber auch, wie die statistische Untermauerung zeigt, durchaus rational begründbarer Tatbestand ist. Der Term  $\Phi(A)$  hat die Dimension der «Intensität der Risikoaversion pro Schadenseinheit». Das psychologische Risiko selbst hat somit die Dimension «Intensität der Risikoaversion». Die Tatsache, dass dieser Term schwer messbar ist, darf nicht zur Annahme führen, er sei null.

Die Konsequenz dieser Erweiterung ist aus folgender Grafik ersichtlich (vgl. Bild 2).

Wegen der mit dem Schadensausmass steigenden Risikoaversion ( $\Phi'(A) > 0$ ) nimmt das psychologische Risiko bei konstantem statistischen Risiko überproportional zur Abnahme der Eintrittswahrscheinlichkeit zu, so dass

$$oa'bc < oa'b'c' < oa''b''c''$$

ist. Es ist also zu beachten, dass das Risiko auf der Kurve  $b, b', b''$  nicht konstant bleibt und diese infolgedessen keine Indifferenzkurve darstellt. Das psychologische Risiko  $R$  steigt mit dem Ausmass des Schadens  $A$ .

### Katastrophenschutz

Das zweite Element, das neu in die Risikobetrachtung einbezogen werden muss, ist der *Notfall- oder Katastrophenschutz* im Ernstfall. Schon Aristoteles hat erkannt: «Es gehört zum Wesen des Wahrscheinlichen, dass das Unwahrscheinliche passieren kann». Auch wenn die Schadenswahrscheinlichkeit sehr gering ist, also ein Unfall z.B. nur alle 10 000 Jahre ( $w = 0,0001$ ) zu erwarten ist, kann er sich schon morgen ereignen, genauso, wie wenn er schon alle 10 Jahre zu erwarten wäre ( $w = 0,1$ ). Über den Zeitpunkt des Unfalles sagt die Wahrscheinlichkeit grundsätzlich nichts aus. Das bedeutet aber, dass ein Notfall- oder Katastrophenschutz *jederzeit* bereitgestellt werden muss, um die Folgen des Unglücks bzw. der Katastrophe einzudämmen.

Auch für den Fall der vielen kleinen Risiken, z.B. im Autoverkehr, sind solche Vorsorgen nötig: Strassenpolizei, Rettungsdienst, Notfallstationen in Spitälern usw. Bei Grossrisiken geht es aber um einen wesentlich grösseren Aufwand: Für den Fall eines Kernkraftwerkunglücks ist ein Evakuierungsplan für ganze Städte, evtl. Landstriche, vorzusehen. Soll dieser nicht nur auf dem Papier stehen, ist ein ausgebauter Zivilschutz nötig mit entspre-

chenden Einrichtungen und periodischem Training der Bevölkerung. Tatsächlich ist man in der Schweiz, die wohl über die am stärksten ausgebaute Zivilschutzorganisation in Europa verfügt, in der Folge der verschiedenen Katastrophenfälle der letzten Jahre dazu übergegangen, an den Einsatz des Zivilschutzes auch für solche Fälle zu denken. Dieser wird somit nicht unnötig, auch wenn ein künftiger Krieg in Europa immer unwahrscheinlicher ist. Das heisst aber gleichzeitig, dass die Kosten des Zivilschutzes nicht mehr (nur) dem militärischen Schutz, sondern dem Katastrophenschutz zuzurechnen sind. Ausserdem ist er – soweit dies überhaupt möglich ist – auf den «Naturschutz» auszudehnen.

In der Europäischen Gemeinschaft wird der Zivilschutz jetzt erst unter dem Gesichtspunkt des Katastrophenschutzes aufgebaut, zu dem neben dem Schutz vor Naturkatastrophen ausdrücklich auch die Unfälle gehören, die, wie es in einer von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften herausgegebenen Schrift heisst, «mit der Entwicklung der modernen Technologien verbunden sind». Dazu wird weiter ausgeführt: Es «handelt sich um seltene oder ganz neuartige Unglücksfälle, denen das betroffene Land völlig hilflos gegenübersteht». Welche Dimension dieser Katastrophenschutz hat, wird aus den weiteren Erläuterungen deutlich: «Auf lange Sicht soll eine echte europaweite Strategie entstehen, die sämtliche Mittel der Katastrophenbekämpfung einbezieht und über die blosse Reaktion auf Notsituationen weit hinausgeht, indem sie sich auch auf die Vorhersage, die Verhütung, die Frühwarnung, die Soforthilfemassnahmen, den Beistand und die mittel- und langfristige Instandsetzung erstreckt» [3].

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, sich zu vergegenwärtigen, dass die Kosten realer Vorsorgemassnahmen und Bereitschaftsdienste für den Notfall- oder Katastrophenfall mit dem Schadenausmass allein und nicht wie die Versicherungszahlungen mit dem Produkt aus Wahrscheinlichkeit und Schadenausmass ansteigen. Der Erwartungswert der Versicherungszahlungen ist, wie oben dargelegt, im Prinzip gleich gross bei 10 000 Ereignissen mit je einem Verunglückten wie bei einem einzigen Ereignis mit 10 000 Verunglückten. Ganz im Gegensatz dazu ist es ein enormer Unterschied, ob 10 000-mal ein einziger Verunglückter geborgen und gepflegt werden muss oder ob auf einmal 10 000 Verunglückte betreut werden müssen! Im ersten Fall kann z.B. ein einziger Rettungswagen, in dem eine Person transportiert werden kann, 10 000mal verwendet werden. Im

anderen Fall braucht man im Extremfall auf einmal 10 000 Rettungswagen! Die Kosten eines Unglücks- oder Katastrophendienstes steigen also mit dem Schadenausmass an (auch wenn wir nicht von vornherein sagen können, ob dieser Anstieg linear, fallend oder steigend ist).

Wir müssen somit zum Erwartungswert der Schadenssumme die Vorsorgekosten des Notfalls und Katastrophenschutzes hinzurechnen. Wenn wir einen linearen Zusammenhang unterstellen, ergeben sich die Kosten  $K$  als Produkt aus Kosten pro Schadenseinheit ( $k \geq 1$ ) und Schadenausmass  $A$ . Das vorsorgeorientierte Risiko  $R^{**}$  ist dann (vgl. auch Bild 3):

$$R^{**} = w \cdot A + k \cdot A = R + k \cdot A$$

Als Masszahl für das Risiko  $R^{**}$  dient die in Bild 3 schraffierte Fläche, welche sich zusammensetzt aus dem versicherungstechnischen Risiko  $R$  und den zu  $A$  proportionalen Kosten des Notfallschutzes  $k \cdot A$ . Das Risiko  $R^{**}$  steigt auch in diesem Fall mit dem Ausmass des Schadens  $A$ .

### Restrisiko-Philosophie

Unter dem Aspekt der für Grossrisiken notwendigen Neuinterpretation von Wahrscheinlichkeit und Schaden einerseits, der Erweiterungen des Risikobegriffs als solchen andererseits ist die bisherige «Risikophilosophie» zu hinterfragen. Sie beruht auf der Vorstellung eines sog. «Restrisikos», das möglichst zu minimieren, im übrigen aber hinzunehmen sei. Der Ansatzpunkt der auf dieser Philosophie aufbauenden Risikopolitik ist die Eintretenswahrscheinlichkeit. Ihr Ziel ist es, durch immer bessere Sicherheitsvorkehrungen, insbesondere durch bauliche Massnahmen, die Möglichkeit und damit auch die Eintretenswahrscheinlichkeit eines Unfalls möglichst zu vermindern (vgl. Bild 4).

Das Risiko  $R'$  ( $oa'b'c'$ ) ist kleiner als das Risiko  $R$  ( $oabc$ ).  $R'$  ist das Restrisiko, das akzeptiert werden soll.

Unabhängig von den vorausgegangenen Überlegungen ist dabei zu bedenken: Den Möglichkeiten zur Minderung der Eintrittswahrscheinlichkeit ist eine Grenze gegeben durch die Komplexität der modernen Technik, die keine Übersicht gestattet über alle möglichen Fehlerquellen und insbesondere ihre Koinzidenz. Die Behauptung, man habe durch diese oder jene Vorrichtung die Unfallwahrscheinlichkeit von 0,0001 auf 0,00001 heruntergedrückt, bleibt daher immer mit einem Fragezeichen behaftet.

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass es nicht allein auf die Unfallanfälligkeit einer Risikoquelle ankommt. Vielmehr geht es immer mehr auch um die Anfälligkeit aller vorhandenen Risikoquellen: Ein kleines Risiko für eine einzelne Anlage kann dann zu einem grossen Risiko werden. Dies ist dann der Fall, wenn die Folgeschäden, im Gegensatz z.B. zu einem Autounfall, sich nicht nur auf einen lokalen Bereich beschränken, sondern überregionale, u.U. weltweite Dimensionen haben.

Geht man beispielsweise davon aus, dass ein Grossunfall *pro Jahr* mit einer Wahrscheinlichkeit  $w$  von  $10^{-4}$  eintritt und 1000 Risikoquellen existieren, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass in mindestens einem der 1000 unabhängig voneinander operierenden Risikoquellen ein Grossunfall passiert

$$R = 1 - (1 - 0,0001)^{1000} = 0,0952$$

Die Wahrscheinlichkeit, dass es *in mindestens einem der nächsten 10 Jahre* zu mindestens einem Grossunfall kommt, ist dann

$$R = 1 - (1 - 0,0952)^{10} = 0,6321$$

also bereits wesentlich höher als 50%, obwohl eine Risikoquelle für sich allein im Durchschnitt nur einmal in 10 000 Jahren «explodiert».

### Einbezug des psychologischen Risikos und des Katastrophenschutzes

Unabhängig von der Frage des Summen-Risikos ist nun aber auch die bisherige «Restrisiko-Philosophie» deswegen in Frage zu stellen, weil unter dem Aspekt der Risikoaversion und der Notfall- und Katastrophenvorsorge die Senkung der Eintretenswahrscheinlichkeit von einem gewissen Moment an nicht mehr zielführend ist.

Das psychologische Risiko  $R^*$  wird dominiert durch das Schadenausmass  $A$ . Eine Verminderung der Wahrscheinlichkeit eines Grossunfalls führt zwar zu einer proportionalen Verringerung des Risikos. In dieser Hinsicht verhält es sich gleich wie das versicherungstechnische Risiko. Aber: Eine Verminderung des Schadenausmasses würde das psychologische Risiko wesentlich stärker reduzieren. Darin liegt der Unterschied zum versicherungstechnischen Risiko.

Es ist daher im Sinne der Risikominimierung vorteilhafter, die Anstrengungen auf die Verminderung des Schadenausmasses auszurichten als auf diejenige der Wahrscheinlichkeit.

Zu einer ähnlichen Schlussfolgerung kommen wir, wenn wir die Notfall- und

Katastrophenvorsorge in das Risiko einbeziehen und somit das vorsorgeorientierte Risiko  $R^{**}$  betrachten. Eine Reduktion der Wahrscheinlichkeit führt hier zu einer unterproportionalen Verminderung des Risikos, da die Vorsorgekosten die gleichen bleiben (d.h. die Fläche unter der Abszisse in Bild 3 bleibt bei der Verminderung von  $w$  konstant).

### Grenzen der Akzeptanz

Wo ist aber der Unterschied zwischen den Grossrisiken zu ziehen, die auf jeden Fall zu vermeiden sind, und den Risiken, die man weiterhin oder neu akzeptieren soll? Eine sachadäquate Antwort kann aufgrund des demokratischen und des marktwirtschaftlichen Prinzips gegeben werden.

Eine exakte Messung der Risikoaversion und damit des psychologischen Risikos ist kaum möglich. Das bedeutet aber nicht, dass sie nicht berücksichtigt werden kann. Vielmehr geht es darum, dass alle potentiell vom Risiko Betroffenen (Benachteiligte und Begünstigte) in einem demokratischen Verfahren sich zur Frage äussern können sollten, ob sie das noch verbleibende Restrisiko bzw. das damit verbundene Schadenausmass sich selbst und den anderen zumuten wollen. Die Beantwortung dieser Frage muss ein wichtiger Bestandteil des demokratischen Entscheidungsprozesses sein, der entsprechend dem räumlichen Schadensbereich einer möglichen Schadensquelle und der damit gegebenen unterschiedlichen Risikoaversion zu regionalisieren ist.

Gemäss dem marktwirtschaftlichen Prinzip sollten alle wirtschaftlichen Aktivitäten zur Geltung kommen, deren Erträge grösser sind als deren Kosten. Dies setzt aber voraus, dass wirklich alle Kosten gedeckt werden. Ist dies nicht der Fall, kann der Markt seine Ordnungsfunktion nicht ausüben; es kommt vielmehr zu einer Desorientierung. Durch die moderne Technologie und die sich daraus ergebenden Gefahren entstehen nun aber immer mehr sog. externe Kosten, die vom Verursacher (noch) nicht bezahlt werden. Diese

Kosten müssen gemäss dem Verursacherprinzip internalisiert werden.

Entsprechend ist dem Verursacher der Grossrisiken zuzumuten, die Kosten für den Aufbau und die dauernde Bereitstellung einer dem Ausmass der möglichen Katastrophen entsprechenden Notfall- und Katastrophenorganisation im potentiellen Gefahrenraum zu übernehmen.

Übernimmt der Verursacher die Kosten und übersteigen trotzdem die Erträge aus den das Risiko verursachenden Aktivitäten diese Kosten, so lässt sich die Aufrechterhaltung dieser Aktivitäten mindestens ökonomisch rechtfertigen. Im anderen Fall werden die Verursacher von sich aus die entsprechenden Aktivitäten reduzieren bzw. einstellen, weil sie sich nicht mehr lohnen, und damit die Gefahrenquellen – ein bestimmtes Produkt, ein bestimmtes Verfahren oder die zu starke Konzentration gefährlicher Aktivitäten an einem bestimmten Ort – selber beseitigen, also die Aktivität reduzieren oder sogar die Aktivität und damit das Restrisiko auf null abbauen. Wenn keine genügenden Vorsorgemassnahmen vorgesehen werden können oder zusätzlich ethische Massstäbe, z.B. *Wirkung auf die künftigen Generationen*, einbezogen werden sollen, müssen allerdings auch Verbote in Betracht gezogen werden.

Auf diese Weise ist es möglich, auch im Rahmen eines technologiegestützten Wachstums eine adäquate Umweltpolitik aufzubauen, die sich nicht mehr allein auf das versicherungstechnische Risiko und damit auf die «Restrisiko-Philosophie» stützt, sondern auch das psychologische und Vorsorge-Risiko miteinbezieht. Auf dieser Grundlage gilt: Man kann es bei Grossrisiken nicht mehr allein damit bewenden lassen, das Restrisiko durch Ausbau der Sicherheitsvorschriften und -vorkehrungen möglichst klein zu halten. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass auf gewisse Risikopotentiale überhaupt verzichtet werden muss. Auf jeden Fall gilt die Devise: In erster Linie muss das Schadenausmass  $A$  – und nicht nur die Eintrittswahrscheinlichkeit  $w$  – vermindert werden. Das Hauptaugenmerk ist auf das Schadenausmass zu richten!

### Literatur

- [1] Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement (Hrsg.), *Energieszenarien*, Hauptbericht, Bern, Februar 1988
- [2] Eidg. Verkehrs- und Volkswirtschaftsdepartement (Hrsg.), *Energieszenarien – Hauptbericht*, Bern, Februar 1988, S. 461
- [3] Auf dem Weg zu einer Europäischen Gemeinschaft: Der Zivilschutz. Hrsg. von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Bruxelles, April 1988, S. 6ff.
- [4] Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement (Hrsg.), *Risiko von Energiebevorzugungssystemen*, Schriftenreihe der Expertengruppe Energieszenarien, Nr. 21, Bern, 1988. Darin: *Fritzsche, A.F.*: Gesundheitsrisiken von Energieversorgungssystemen. Quantitative Vergleiche. / *Schneider, Th., und Mauch, S.*: Risikobeurteilung von Energieversorgungssystemen – Konflikte und Wertungsfragen. / *Bühler, R.*: Probleme der Risikobeurteilung von Energieversorgungssystemen. / *Burkart, W.*: Gesundheitsrisiken von Energiesparmassnahmen. / *Binswanger, H.C.*: Vermeidung von Restrisiken als Weg zu einer umweltgerechten Wirtschaft.
- [5] *Knoepfel, P.* (Hrsg.), *Risiko und Risikomanagement*, Basel/Frankfurt a.M. 1988 / *Perrow, Ch.*, *Normale Katastrophen – die unvermeidbaren Risiken der Grosstechnik*, Frankfurt a.M./New York 1987
- [6] *Saner, G.W.*, *Tschernobyl gegen Grundgesetz? Die neue Gesellschaft – Frankfurter Hefte*, August 1986, S. 696–700

Dieser Artikel ist unter dem gleichen Titel erschienen in: Schüz, M., *Risiko und Wagnis, Die Herausforderung der industriellen Welt*, Neske-Verlag, Pfullingen 1990, 1. Band, S. 257–775.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. *Hans Christoph Binswanger*, Hochschule St. Gallen (HSG), Dufourstrasse 48, 9000 St. Gallen.