

# Umweltkatastrophen und Sicherheitskultur

## Organisationale und kulturelle Faktoren im Vorfeld der Katastrophe von Tschernobyl<sup>1</sup>

Der GAU (Größter Anzunehmender Unfall) im Kernkraftwerk Tschernobyl am 26.4.1986 wurde zum Symbol für Katastrophen, die unmittelbar durch das Handeln von Menschen ausgelöst werden. Aber dieser GAU war nicht nur eine der schwersten menschengemachten Umweltkatastrophen der jüngeren Vergangenheit, Tschernobyl wirkte auch – zumindest indirekt – als bedeutsamer Katalysator der Fehlerforschung (z.B. Dörner 1989, Reason 1990) und als wichtiger Impuls für die Verbreitung des Human-Faktoren-Gedankens, d.h. der psychologischen Analyse der Interaktion von Menschen mit komplexen soziotechnischen Systemen (Strauch 2002, Vicente 2004). Tschernobyl beförderte damit eine Perspektivenverschiebung weg von rein technischen Sicherheitsdebatten hin zur deutlicheren Betonung der Rolle des Menschen.

Umweltkatastrophen vom „Tschernobyl-Typ“ sind gekennzeichnet durch zeitliche Nähe von Auslösern und Ereignis, eine begrenzte Zahl diskreter auslösender Ereignisse und das bewusste Handeln von Menschen an entscheidender Stelle der Kausalkette. Die meist daraus abgeleitete Ursachenerklärung „menschliches Versagen“ ist eine Scheinerklärung: Die gesetzten Handlungen sind einerseits „Fehler“, weil sie eine Katastrophe auslösen, sie folgen aber andererseits den allgemeinen Gesetzmäßigkeiten menschlichen Denkens und Handelns. Im Fall des GAUs von Tschernobyl führte erst die Kombination der diesen menschlichen Gesetzen folgenden Entscheidungen mit den besonderen situativen Umständen zur Explosion. Dies

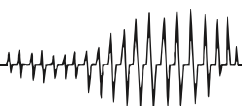
macht die Katastrophe noch bedrohlicher, als sie durch Ihre Auswirkungen auf Mensch und Natur ohnehin schon ist: Wenn die in Tschernobyl wirksamen Mechanismen den psychischen und sozialen Systemen des Menschen immanent sind und gerade nicht vereinzelte, außergewöhnliche Fehlritte der Fahrer des Reaktors 4, dann ist ein ähnlicher Unfall wieder möglich.

Diese Erkenntnis, in der Unfallforschung unter dem Stichwort „*Human Factors*“ spätestens seit den 1980er-Jahren Konsens (Reason 1990, Vicente 2004), verlangt auch ein Umdenken in der Sicherheitsphilosophie. Nicht nur die Funktion technischer Systeme muss verstanden und berücksichtigt werden, sondern auch die Funktionsweise des Menschen, seine psychische und soziale Regulation.

Generell kann man die verschiedenen Ursachen vier großen Gruppen zuordnen: kognitive, motivationale, soziale und organisationale/kulturelle Faktoren. Eine ausführliche Analyse der psychologischen Hintergründe haben wir in unserem Artikel in der „*Umweltpsychologie*“<sup>1</sup> vorgelegt. Die im folgenden zusammenfassend dargestellten wenig bekannten organisationalen<sup>2</sup> und kulturellen Faktoren im Vorfeld der Katastrophe haben den Unfall nicht direkt bewirkt, aber als „*latente Bedingungen*“ (Reason 1997) die Situation für den Unfall quasi vorbereitet. (Die Abläufe sind nach den Schilderungen in Michel und Spengler 1986, Knigge 1988, Koepp und Koepp-Schewyrina 1996, Medwedew 1991, Medwedjew 1991 Reason 1990, 1997, Tschernousenko 1992 zusammengefasst.)

<sup>1</sup> Zusammenfassung des Artikels: Hofinger, G., Rek, U., Strohschneider, S. (2006) „*Menschengemachte Umweltkatastrophen. Psychologische Hintergründe am Beispiel von Tschernobyl.*“ *Umweltpsychologie*, 10 (1) 2006, S. 26-45. Mit freundlicher Genehmigung der Zeitschrift „*Umweltpsychologie*“

<sup>2</sup> Organisational: zur Organisation gehörend (Organisationstheorie)



Für die schier unfassbare Tatsache, dass die Ingenieure und Operateure den Reaktor scheinbar „sehenden Auges“ in den GAU gefahren haben, ist neben individuellen psychologischen Mechanismen der organisationalen und kulturellen Kontext wichtig, auch wenn dies nicht eindeutig kausal belegt werden kann. Kulturelle Rahmenbedingungen geben Tendenzen und Inhalte vor, die überhaupt erst koordiniertes und „sinnvolles“ Handeln innerhalb einer Kultur ermöglichen (vgl. auch Thomas 1996). Sie machen sozusagen einen „Handlungstunnel“ auf, der festlegt, welche Handlungsmöglichkeiten dem Einzelnen überhaupt offen stehen. Durch die Eingebundenheit in ihre (Organisations- und National-)Kultur haben Handelnde also nicht – wie von außen oft angenommen – alle theoretisch denkbaren Handlungsmöglichkeiten zur Verfügung (Strohschneider 2001).

Beispielsweise unterschied sich die Weisungskultur im ehemals sowjetischen System mit hoher Machtdistanz (Fischer und Smith 2003) stark von der mitteleuropäischen. Ein Befehl sollte „blind“ durchgeführt werden, ohne dass von den Vorgesetzten Wert darauf gelegt wurde, dass der Befehlsempfänger die Anweisung noch einmal selbst durchdachte (Muckle 1988). Verstärkt wurde dieses Prinzip im Falle von Tschernobyl durch militärische- und Geheimhaltungsinteressen.

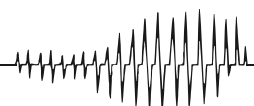
Die Hochleistungs-Druckröhren-Reaktoren (RBMK-Reaktoren), von dessen Typ auch das Kraftwerk von Tschernobyl ist, wurden als Aushängeschild der sowjetischen Ingenieurkunst gesehen, besonders wegen einiger Details der Sicherheitssysteme. Aber genau diese wurden vor der Inbetriebnahme des Tschernobyl-Reaktors im Dezember 1983 nicht – wie nach dem sowjetischen Reglement für die Stromversorgung vorgesehen – ausreichend getestet. Hätte man für die Durchführung der versäumten Tests die Inbetriebnahme verzögert oder später die Reaktoren explizit zur Durchführung

dieser Tests heruntergefahren, wäre der Technik-Mythos angekratzt worden.

So wurde der Test des Stromüberbrückungssystems (bei einer Abschaltung des Reaktors muss die Energie, die rein durch das mechanische Auslaufen der Turbinen gewonnen wird, für die Versorgung der Wasserpumpen des Primärkreislaufs und für die Motoren zum Bewegen der Brennstäbe ausreichen) nur als zusätzlicher Punkt im Rahmen der jährlichen Wartung des Reaktors angesetzt und durch ein externes Team von Ingenieuren aus Kiew angeleitet. Dies führte dazu, dass ein kritischer Vorgang im Reaktor (der Test) von zwei Teams (Operateuren und Ingenieuren) mit unterschiedlichen Zielsetzungen und Wissen gesteuert werden musste.

Erst vor diesem Hintergrund erklärt sich der hohe Druck, der auf den Ingenieuren und damit auch auf den Operateuren lastete, das Experiment schnell und geheim sowie möglichst erfolgreich durchzuführen, so dass sich alles weitere Tun diesem Ziel unterordnete.

Neben der Tatsache, dass der Reaktor 1983 nicht hätte ans Netz genommen werden dürfen, ohne dass dieser Sicherheitstest stattgefunden hätte, wurde der Öffentlichkeit auch verschwiegen, dass in Tschernobyl neben Strom auch waffenfähiges Plutonium hergestellt wurde. Diese Konstellation erhöhte den Druck auf die Ingenieure, den Test schnell und ohne Aufsicht durchzuführen und führte zu einer Stimmung der Heimlichtuerei zwischen den Teams. Die Operateure fühlten sich wohl bevormundet und nicht ernst genommen, erlebten die Verschwiegenheit der Ingenieure als Arroganz, wurden aber ihrerseits zur Geheimhaltung verpflichtet, ohne ausdrücklich die Gründe dafür zu wissen. Durch diese Umstände entstand eine starke Gruppenkohäsion innerhalb der beiden Einzelteams so wie eine deutliche Abgrenzung gegenüber „den Anderen“, was einen offenen, konstruktiven Austausch zwischen



den Gruppen unwahrscheinlich machte. Durch die verordnete Heimlichtuerei konnten Sicherheitsbedenken wohl nicht frei kommuniziert werden. Als die Operateure einmal Bedenken äußerten, wurden sie zum Gehorsam aufgefordert. Unter diesen Umständen scheint es eher erstaunlich, dass die Operateure überhaupt Widerspruch wagten; nicht erstaunlich dagegen ist, dass sie erneute Versuche unterließen, als sie kein Gehör gefunden hatten. Das entsprach sowjetischer „Weisungskultur“, doch ist eine ähnliche Konstellation durchaus auch in anderen hierarchischen Systemen, in denen das Sicherheitsbewusstsein noch nicht tief verankert ist, aufzufinden – auch im Westen.

Darüber hinaus bedeutete das „Verstecken“ des Experiments in die jährliche Wartung, dass es ausgerechnet in eine Phase erhöhten Stromverbrauchs kurz vor den Maifeiertagen gelegt worden war, als alle Betriebe zur Erfüllung des Plansolls auf Hochtouren arbeiteten. Das Nichtbeachten von Nebenwirkungen ist ein klassischer Planungsfehler (Dörner 1989). So wurde das nötige teilweise Herunterfahren des Reaktors durch Stromanforderungen aus Kiew um mehrere Stunden verzögert. Dadurch fand bei den Operateuren ein Schichtwechsel statt, nicht jedoch bei den Ingenieuren. Schichtwechsel sind als problematische Schnittstellen mit erhöhten Kommunikationsanforderungen aus allen Arbeitsbereichen bekannt. Es fand jedoch keine auf das Experiment bezogene ausführliche Übergabe statt, was der Geheimhaltung geschuldet sein mag. Die Ingenieure arbeiteten weiter – die erhöhte Fehleranfälligkeit unter Müdigkeit ist vielfach belegt (Überblick in Coren 2002, St.Pierre et al. 2005).

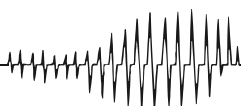
Diese kurze Darstellung möge genügen um zu zeigen, dass organisationale und kulturelle Faktoren im Vorfeld entscheidend zum Unfall beitrugen. Andersherum gilt: Sicherheit verlangt nicht nur sicheres Handeln

einzelner, sondern eine sicherheitsorientierte Organisationskultur (Weick und Sutcliffe 2003, Reason 1997) – auch im Dienste des Umweltschutzes.

*Gesine Hofinger, Wissenschaftlerin und Beraterin; Plattform „Menschen in komplexen Arbeitswelten“ e.V.  
gesine.hofinger@plattform-ev.de*

*Ute Rek, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Theoretische Psychologie, Universität Bamberg  
ute.rek@ppp.uni-bamberg.de*

*Stefan Strohschneider, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Theoretische Psychologie, Universität Bamberg  
Stefan.strohschneider@ppp.uni-bamberg.de*



## Literatur- und Quellenangaben

**Coren, S. (2002):** Die unausgeschlafene Gesellschaft. Rowohlt, Reinbek bei Hamburg

**Dörner, D. (1989):** Die Logik des Misslingens. Rowohlt, Reinbek bei Hamburg

**Fischer, R., Smith, P. B. (2003):** Reward allocation and culture: A meta-analysis. *Journal of Cross-Cultural Psychology* 34, pp. 251-268

**Knigge, V. (Hg.) (1988).** Fragen nach Tschernobyl. 12 Vorträge der Universität Oldenburg. Bibliotheks- und Informationssystem der Universität Oldenburg: ZWW Informationen zur Wissenschaftlichen Weiterbildung Nr. 35, Universität Oldenburg, Oldenburg

**Koopp, R., Koopp-Schewyrina, T. (1996):** Tschernobyl: Katastrophe und Langzeitfolgen. Teubner, Stuttgart, Zürich

**Medwedew, G. (1991):** Verbrannte Seelen: Die Katastrophe von Tschernobyl. Hanser, München

**Medwedjew, Z. (1991):** Das Vermächtnis von Tschernobyl. Daedalus, Münster

**Michel, K. M., Spengler, T. (Hg.) (1986):** Kursbuch 85/86: GAU – Die Havarie der Expertenkultur. Kursbuch Verlag, Berlin

**Muckle, J. A. (1988):** Guide to the Soviet curriculum: What the Russian child is taught in school. Croom Helm, New York

**Reason, J. (1990):** Human Error. Cambridge University Press, Cambridge, UK

**Reason, J. (1997):** Managing the Risks of Organizational Accidents. Ashgate, Aldershot

**Strauch, B. (2002):** Investigating Human Error: Incidents, Accidents, and Complex Systems. Ashgate, Aldershot.

**Strohschneider, S. (2001):** Kultur – Denken – Strategie. Eine indische Suite. Huber, Bern

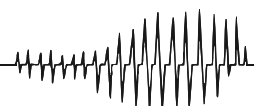
**St.Pierre, M., Hofinger, G., Buerschaper, C. (2005).** Notfallmanagement. Human Factors in der Akutmedizin. Springer, Berlin

**Thomas, A. (1996):** Analyse der Handlungswirksamkeit von Kulturstandards. In: Thomas, A. (Hg.): Psychologie interkulturellen Handelns. Hogrefe, Göttingen, S. 107-135

**Tschernousenko, W. M. (1992):** Tschernobyl: Die Wahrheit. Rowohlt, Reinbek bei Hamburg

**Vicente, K. J. (2004):** The Human Factor: Revolutionizing the way people live with technology. Routledge, London

**Weick, K., Sutcliffe, K. (2003):** Das Unerwartete managen. Wie Unternehmen aus Extremsituationen lernen. Klett-Cotta, Stuttgart





# Grenzen technischen Katastrophenschutzes

*Technische Systeme und Maschinen arbeiten typischerweise in einem strukturell stabilen unterkritischen Bereich. Während selbstorganisierende Systeme die überkritische Energie dazu nützen, um selbstorganisierte Strukturen aufzubauen, gehen technische Systeme an überkritischer Energie einfach kaputt. Ein Hinausschieben des kritischen Punktes durch technische Verbesserungen vergrößert zwar den unterkritischen Bereich, ändert aber nichts daran, dass ein Versagen eines technischen Systems jenseits eines schon sehr hoch liegenden kritischen Punktes Großkatastrophen auslösen kann. In manchen Fällen ist es jedoch möglich, in technische Systeme auch eine gewisse Fähigkeit zur Selbstorganisation einzubauen. Dies kann helfen, mit Katastrophensituationen besser umzugehen.*

**Schlüsselworte:** Komplexe Systeme, Katastrophen, Technik, Sicherung, Rückkopplung

## Technischer Katastrophenschutz

Der gewaltige Aufschwung technischer Möglichkeiten und Lösungen im 20. Jahrhundert brachte auch eine Vielzahl von technischen Anwendungen, die Sicherheit verschaffen und vor Katastrophen schützen sollen. Wir wollen in diesem Artikel aufzeigen, dass man mit technischen Maßnahmen zwar den Bereich sicheren Verhaltens vergrößern und die Grenze zur Katastrophe verschieben kann, dass aber jenseits dieser Grenze oft noch größere Gefahren lauern. Ein Pkw mit einem antischleuder Stabilitätssystem (Elektronisches Stabilitätsprogramm = ESP) fährt auch in einem Bereich noch sicher, wo man ohne ESP bereits im breiten Grenzbereich zur Instabilität ist. Mit ESP erfolgt dieser Übergang zum unkontrol-

## The limits of technical protection measures

Technical systems and machines typically operate in a structurally stable undercritical state. Self-organizing systems use the overcritical energy for their self-organization, whereas technical systems simply break down in situations involving an overcritical supply of energy. Technological improvements may raise the critical point of technical systems. This, however, does not avert the threat of a major catastrophe once a state beyond this high critical point is reached. In some cases it is possible to build into technical systems some kind of self-organization ability. This may help the system to better survive catastrophic situations.

**Keywords:** complex systems, catastrophes, technology, protection, feedback

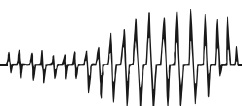
lierten Ausbrechen des Wagens deutlich später, aber dafür umso abrupter. Analog helfen Hochwasserschutzdämme, kleinere Überschwemmungen zu vermeiden. Wenn sie allerdings brechen, hat dies meist eine Großkatastrophe des dahinter liegenden (meist hochwertig genutzten Landes) zur Folge.

## Selbstorganisierende versus technische Systeme

### Eigenschaften selbstorganisierender Systeme

Als Selbstorganisation wird in der Systemtheorie eine Form der Systementwicklung bezeichnet, bei der die formgebenden, gestaltenden und beschränkenden Einflüsse von den Elementen des sich organisierenden Systems<sup>1</sup> selbst ausgehen. Die Natur ist ein solches selbstorganisierendes oder komplexes System.

<sup>1</sup> System: Gebilde, dessen wesentliche Elemente (Teile) so aufeinander bezogen sind und in einer Weise wechselwirken, dass sie (aus einer übergeordneten Sicht heraus) als aufgaben-, sinn- oder zweckgebundene Einheit (d.h. als Ganzes) angesehen werden (können) und sich in dieser Hinsicht gegenüber der sie umgebenden Umwelt auch abgrenzen. (<http://de.wikipedia.org/wiki/System> [12.09.2006])



Selbstorganisierende Systeme unterscheiden sich in zwei wesentlichen Punkten von technischen Systemen bzw. Maschinen:

1. Während technische Systeme von Ihrer Struktur her sehr stabil bleiben, verändern selbstorganisierende Systeme ganz wesentlich ihre eigene innere Struktur und damit oft auch die innere Logik, nach der sie funktionieren.

2. Der entscheidende Grund dafür ist, dass selbstorganisierende Systeme einen größeren Eintrag an Energie zu verarbeiten haben, der Selbstorganisation möglich und auch notwendig macht. Die Theorie selbstorganisierender Systeme nennt diese Menge an Energiezufuhr, ab der ein System selbstorganisierend wird, den kritischen Punkt.

Bei einem Fluss in einer Naturlandschaft etwa, bleibt der Flusslauf stabil, so lange der Fluss relativ wenig Wasser führt; die Wassermenge und die damit verbundene Energiemenge bleiben unterkritisch. Wenn mehr Wasser kommt – und damit auch mehr Energie zu verarbeiten ist – wird der Fluss irgendwann mit dem verfügbaren Flussbett nicht mehr das Auslangen finden und über seine Ufer treten. In diesem Moment tritt das System Flusslauf in einen überkritischen Zustand. Das überschüssige Wasser beginnt, sich neue Wege zu bahnen – eine Form von Selbstorganisation mit dem Ziel, die Wassermassen (und die damit verbundenen Energien) irgendwie zu verarbeiten. Durch die überschießenden Wassermassen werden Hindernisse aus dem Weg geräumt, es kann zur Bildung neuer Wasserläufe und auch zu einer Verlegung des Flussbettes kommen.

Gewisse Systeme sind also in einem bestimmten energetischen Bereich, den die Systemtheorie als überkritisch bezeichnen, selbstorganisierend. Die überkritische Menge an vorhandener Energie wird genutzt, um in der Selbstorganisation großräumige Strukturen zu schaffen, die den jeweiligen Anforderungen aus der Systemumgebung adäquat sind (Prigogine und Stengers 1986).

## **Eigenschaften von Maschinen und technischen Systemen**

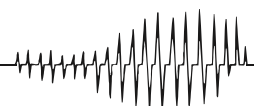
Maschinen und (funktionierende) technische Systeme verhalten sich in gewisser Weise ähnlich wie ein normal fließender Fluss im unterkritischen Bereich. Sie bleiben in ihrem Verhalten stabil und arbeiten permanent im unterkritischen Bereich, wo sie – so lange kein technischer Fehler auftritt – genau so agieren, wie sie konstruiert wurden (Brödner 1997).

Bei Überschreiten des kritischen Punktes verhalten sich technische Systeme typischerweise jedoch nicht selbstorganisierend, sondern gehen an dem zu Viel an Energieeintrag einfach kaputt. Ein zu stark beanspruchtes Seil etwa reißt. Diese Unfähigkeit zur Selbstorganisation macht den kritischen Punkt in einem schärferen Sinne kritisch, weil an diesem Punkt das technische System vor einem funktionellem Versagen oder gar seiner Zerstörung steht.

Eine praktische Konsequenz dieser Tatsache, dass technische Systeme jenseits des kritischen Punktes nicht mehr funktionieren, ist das Bestreben, durch technische Verbesserungen den Bereich des unterkritischen Funktionierens auszuweiten. Jede technische Verbesserung eines Systems bedeutet eine Verschiebung des kritischen Punktes nach oben und somit eine Vergrößerung des Bereiches, in dem der Energieeintrag unterkritisch bleibt. Dies ändert jedoch nichts an der grundsätzlichen Art des Systems, auf überkritische Energieeinträge fatal zu reagieren.

## **Die Grenzen technischen Katastrophenschutzes**

In vielen Fällen ist dieses Hinausschieben der Grenze zum überkritischen Bereich kein unmittelbares Problem, sondern schafft im Gegenteil zunächst einmal zusätzliche Sicherheit. Wenn beispielsweise für Bergsteiger ein Seil mit einer etwa 10-fach höheren Reißfestigkeit (bei sonst vergleichbaren Struktureigenschaften) entwickelt werden



würde, würde das den Bergsteiger freuen und unmittelbar keine Probleme verursachen. Es könnte allerdings fatal werden, wenn diese höhere Reißfestigkeit eine ganze Gruppe von fünf Kletterern dazu verleitet sich gleichzeitig mit dem selben – weil ja 10-fach reißfestere – Seil zu sichern. Bei einem Absturz der ganzen Gruppe würde zwar das Seil nicht reißen, aber womöglich der entscheidende Wandhaken der vielfachen Belastung nicht mehr standhalten und so gleich eine ganze Gruppe von Bergsteigern verheerend zu Schaden kommen.

Dass technische Systeme und insbesondere Maschinen immer im unterkritischen Bereich bleiben (müssen), lässt sich theoretisch folgendermaßen begründen: In Maschinen bzw. technischen Systemen ist typischerweise eine gewisse Funktionslogik zwingend enthalten. Gewisse autonome Adaptionsmechanismen sind zwar möglich (wie etwa bei einem Thermostat), diese Adaptionen passieren allerdings ausschließlich im Rahmen einer von vornherein festgelegten Funktionslogik. Für selbstorganisierende Systeme ist es hingegen typisch, dass das System im Rahmen seiner Selbstorganisation Grenzen überschreitet und dabei stets mit Widerständen und Widersprüchen konfrontiert wird. Dabei können im Zuge der Selbstorganisation auch neue Logiken des Funktionierens entstehen. So sucht sich das Wasser bei Hochwasser neue Wege, um abzufließen. Es dringt in neue Bereiche vor, trifft auf Widerstände und ist zunächst mit dem massiven Widerspruch konfrontiert, dass es jetzt in Bereichen fließt, die eigentlich nicht dafür vorgesehen sind. Bisweilen schafft das Hochwasser auch neue Wasserläufe – was insgesamt die strukturelle Logik des Wasserabflusses auf Dauer verändert.

### **Schlussfolgerungen für die Konstruktion technischer Sicherheitseinrichtungen**

In manchen Fällen ist es auch möglich, in technische Systeme ein bestimmtes Maß an Selbstorganisation gewissermaßen ein-

#### **Bsp. 1: Hochwasserretentionsbecken an der Gail**

Das Gailtal ist ein U-förmiges Tal von ca. 60 km Länge mit steilen Bergflanken an beiden Seiten, in dem bei besonderen Stauwetterlagen innerhalb weniger Stunden Niederschläge von mehreren 100 mm fallen können, was dem mittleren Niederschlag von mehreren Monaten entspricht. Dies führt zu einer massiven Überforderung des Wasserabtransportsystems durch den Gailfluss. Nach einigen verheerenden Hochwässern in den 1960er-Jahren wurden Dämme derart angelegt, dass im Hochwasserfall die Gail in bestimmten Wiesen-Bereichen ungehindert über die Ufer treten kann und sich im unbesiedelten Talboden ganze Hochwasserseen (sogenannte Retentionsbecken, die das Hochwasser für eine gewisse Zeit zurückhalten) bilden können. Die Dämme verhindern also nicht, dass das Wasser über die Ufer tritt, sondern sorgen im Gegenteil dafür, dass das bereits über die Ufer getretene Wasser in einer Art temporärem Stausee ausreichend lange zurückgehalten wird, so dass insgesamt der Abfluss des Wassers über einen längeren Zeitraum verteilt wird. Durch die Dämme werden im Ernstfall die Retentionsbecken noch deutlich höher überflutet und können damit wesentlich mehr Wasser zwischenspeichern, als dies ohne diese Dämme der Fall wäre.

Durch das Zurückhalten der Wassermassen in den Retentionsbecken wird eine Hochwassergefährdung von besiedeltem Gebiet und insbesondere der Stadt Villach (mit ca. 50.000 Einwohnern) am Ausgang des Gailtales verhindert. In diesen Retentionsbecken (die ja seit jeher das Überflutungsgebiet der Gail sind) gibt es praktisch keine Gebäude oder Straßen, sondern fast nur Grünland. Daher ist auch eine längere und höhere Überflutung dieser Bereiche problemlos und der Schaden hält sich in sehr bescheidenen Grenzen.

zubauen. Ein Beispiel dafür sind Wolkenkratzer, die so elastisch gebaut werden, dass sie Erdstöße eines Erdbebens durch Schwingungen abfangen können, anstatt komplett auseinander zu brechen (was eine völlig starre Konstruktion tun würde).

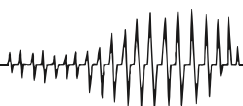
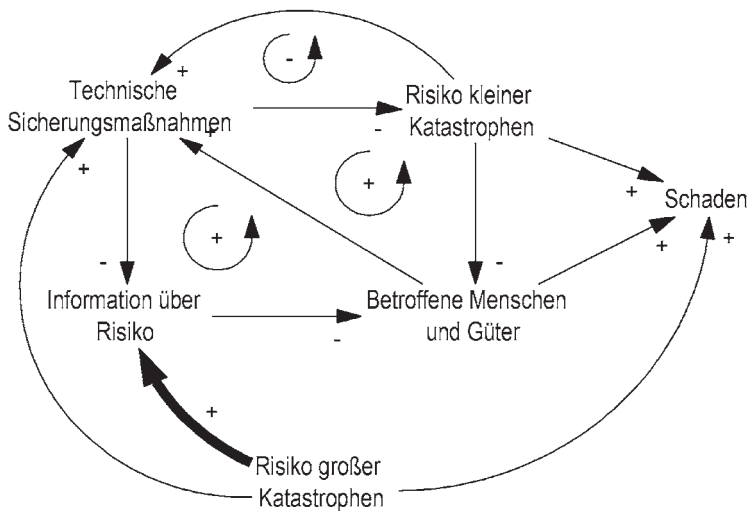




Abb. 1: Das Wirkungsgefüge von Katastrophen und Sicherungsmaßnahmen



Zusammenhang zwischen technischer Sicherung und Informationsverlust über das Risiko: Während das Risiko kleiner Katastrophen tatsächlich reduziert wird, kommt es zu einem Informationsverlust über das Risiko großer Katastrophen. Sowohl aus dem Grund der reell verringerten Gefahr kleiner Katastrophen, als auch aus dem Gefühl heraus, dass nichts passieren kann, ziehen vermehrt Menschen in das betroffene Gebiet, was schließlich den möglichen Schaden in die Höhe treibt. Eine Lösung ist, den betroffenen Menschen das Risiko großer Katastrophen bewusst zu machen, um so den Informationsstand zu verbessern und das vorhandene Risiko zu einem Faktor in den individuellen Entscheidungen zu machen (dicker Pfeil).

Quelle: Lapp 2006

Ein weiteres Beispiel für eine Art technisch eingebauter Selbstorganisation sind Retentionsbecken zum Hochwasserschutz wie etwa im Kärntner Gailtal (siehe Beispiel 1).

Für den Einsatz technischer Sicherheitsmaßnahmen heißt das, dass zunächst einmal ein besonderes Augenmerk darauf gelegt werden sollte, was passiert, wenn der Energieeintrag doch zu hoch wird und das System in den überkritischen Bereich gerät. Sicherheitsglas, das nicht nur besonders bruchsicher ist, sondern beim Bersten auch keine gefährlichen Splitter erzeugt, ist ein positives Beispiel dafür.

Überall dort, wo man versucht, durch technische Verbesserungen den Bereich unterkritischen Funktionierens eines Systems auszuweiten, sind zwei Aspekte besonders zu beachten:

1. Was passiert, wenn der höhere kritische Punkt überschritten wird? Tritt dann eine

große Katastrophe ein? Welche Vorsorge kann man für diesen Fall treffen?

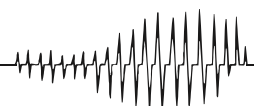
2. Durch den Einbau technischer Sicherungseinrichtungen kann es passieren, dass die Gefahr einer größeren Katastrophe außerhalb der menschlichen Vorstellung liegt und der dadurch bedingte Leichtsinns zu einer Totalkatastrophe führt. Die Besatzung des Luxus Schiffes *Titanic* hat das Schiff mit Volldampf mitten durch ein Eisbergfeld fahren lassen, weil das Schiff als „unsinkbar“ galt. Genau diese angenommene Unsinkbarkeit führte zu einem leichtsinnigen Verhalten mit verheerenden Folgen.

## Die soziale Dynamik hinter „Jahrhundert-Katastrophen“

Um das Risiko kleiner Katastrophen zu reduzieren, werden technische Sicherungsmaßnahmen gesetzt. Das Risiko großer Katastrophen wird davon nicht betroffen, da die große Katastrophe per definitionem außerhalb des Rahmens der Sicherungsmaßnahme steht (Abbildung 1).

Während eine Maßnahme das Risiko kleiner Katastrophen tatsächlich reduzieren kann, kommen zwei Dynamiken in Gang, die diesen positiven Effekt teilweise bis ganz aufheben oder sogar in sein Gegenteil verkehren können: Aufgrund des effektiv geringeren Risikos kleiner Katastrophen kommen mehr Menschen und Güter in den Gefahrenbereich. Zugleich bleibt die warnende Wirkung kleiner Katastrophen aus und daher wird das Risiko der großen Katastrophe tendenziell unterschätzt bis negiert, was den Zuzug in die gefährdete Region weiter verstärkt. Je mehr Menschen und Güter in einem Gebiet sind, desto größer wird aber auch das Bedürfnis nach Schutz, das typischerweise durch mehr technische Sicherungsmaßnahmen gestillt wird – von denen das Risiko der großen Katastrophe aber nicht berührt wird.

Jährliche Hochwässer sensibilisieren die Menschen für die Gefahr und führen zu





einem der Natur angepassten Verhalten – wie beispielsweise im Gailtal, wo die traditionellen Überflutungsbereiche der Gail frei von Bebauung und sonstiger teurer Infrastruktur sind (siehe Beispiel 1). Wird die Natur jedoch in technische Schranken gewiesen, kann es zu einem langfristig sehr schädlichen Informationsverlust kommen. Daher erscheint uns auch die Bezeichnung Naturkatastrophe als nicht treffend, da sie suggeriert, dass die Ursachen für die Katastrophe außerhalb des menschlichen Handlungsspielraumes liegen würden.

## Die Sicherung als Käfig

Besonders perfide sind Situationen, in denen sich die Sicherungsmaßnahme im Katastrophenfall gegen jene wendet, die sie beschützen soll. Beim Seilbahnunglück in Kaprun<sup>2</sup> etwa waren es gerade die Sicherungsmaßnahmen, die den täglichen Betrieb reibungslos gestalten sollten, die zu der großen Katastrophe massiv beigetragen haben. Dass die Tür einer unbesetzten Fahrer-Kabine abgeschlossen wird, macht Sinn – wenn dadurch der dort entstandene Brand nicht rechtzeitig gelöscht werden kann, ist es kontraproduktiv. Dass sich die Türen bei einem Stopp im Tunnel nicht öffnen lassen, dient dem Schutz der Fahrgäste, wenn der Zug wieder Fahrt aufnimmt – dass dadurch auch die Flucht vor einem Brand verhindert wird, ist der große Nachteil. Ebenso sind bruchssichere Scheiben wichtig, nur nicht wenn sie die Fahrgäste im Brandfall einsperren.

Ähnlich fatale Auswirkungen hatte eine Sicherungseinrichtung auch beim Unglück in der Seegrotte nahe dem niederösterreichischen Hinterbrühl im Mai 2004, bei dem ein Boot im flachen Wasser der Seegrotte (ca. 1 m Wassertiefe) kenterte. Die Reling des Bootes, die im Normalbetrieb verhindert, dass die Fahrgäste aus dem Boot fallen können, wurde, nachdem das Boot

### Christian Lapp

Jg. 1975, Studium der Umweltsystemwissenschaften mit Betriebswirtschaft in Graz, Promotion in Systemtheorie/Mathematik in Klagenfurt; Lehrbeauftragter für Systemwissenschaften an der Karl-Franzens-Universität Graz.

**E-mail:** christian.lapp@uni-graz.at

### Günther Ossimitz

Jg. 1958, Studium der Mathematik und Geographie in Klagenfurt, Promotion in Mathematik; Ao. Univ. Prof. für Mathematikdidaktik und Systemwissenschaften am Institut für Mathematik der Universität Klagenfurt.

**E-mail:** guenther@ossimitz.at

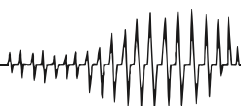
kieloben gekentert war, zur tödlichen Falle für fünf Menschen. Zwischen der nunmehr direkt nach unten weisenden Reling und dem Seegrund waren nur mehr 30 bis 40 cm Platz – zu wenig, um unter dem gekenterten Boot wieder herauszukommen und sich zu retten.

Positiv sind die Fenster von Bussen zu erwähnen. Sie sind für den Normalbetrieb möglichst bruchssicher ausgelegt, wenn sie aber als Fluchtweg gebraucht werden, können sie mittels verschiedener Vorrichtungen entweder aus dem Rahmen gedrückt oder mit den im Bus mitgeführten Spezialhämmern einfach zerschlagen werden.

## Conclusio

Selbstorganisierende Systeme verarbeiten die überkritische Energie durch Selbstorganisation, während technische Systeme im überkritischen Bereich einfach kaputtgehen. Ein einfaches Hinausschieben des kritischen Punktes verringert zwar die Gefahr kleiner Katastrophen, vergrößert aber die Gefahr seltener, aber fataler Großkatastrophen. In

<sup>2</sup> Beim Brand einer Schrägseilbahn am Kitzsteinhorn in Kaprun kamen am 11.11.2000 155 Menschen ums Leben.

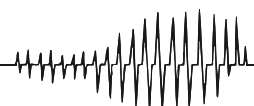


manchen Fällen ist es allerdings möglich, in technische Systeme ein gewisses Maß an Selbstorganisation einzubauen.

Die fatalen Folgen von „Jahrhundert-Katastrophen“ wurde mithilfe der Rückkopplungen zwischen Risiko, Sicherung, Anzahl der Betroffenen und der vorhandenen Information über das Risiko dargestellt. Hier wurde empfohlen, den Informationsverlust zu minimieren, um das vorhandene Risiko in den Entscheidungsprozess der Betroffenen zu integrieren.

## Literatur

- Brödner, P. (1997):** Der überlistete Odysseus. Über das zerrüttete Verhältnis von Menschen und Maschinen. Ed. Sigma, Berlin
- Huber, A. (2004):** a.h group lectures. <http://www.uni-graz.at/~huber/ahlectures/> [27.02.2006]
- Lapp, C. (2006):** Die Selbstorganisation komplexer Systeme unter besonderer Berücksichtigung des Aporie-Konzeptes. Dissertation, Universität Klagenfurt
- Maturana, H., Varela, F. (1987):** Der Baum der Erkenntnis. Die biologischen Wurzeln menschlichen Erkennens. Goldmann, München
- Ossimitz, G. (2000):** Entwicklung systemischen Denkens. Theoretische Konzepte und empirische Untersuchungen. Klagenfurter Beiträge zur Didaktik der Mathematik; Bd. 1. Profil, München, Wien
- Ossimitz, G., Lapp, C. (2006):** Das Metanoia-Prinzip. Einführung in systemgerechtes Denken und Handeln. Franzbecker, Hildesheim
- Prigogine, I., Stengers, I. (1986):** Dialog mit der Natur. Neue Wege naturwissenschaftlichen Denkens. Büchergilde Gutenberg, Frankfurt/M.
- Richardson, G. P. (1986):** Problems with causal-loop diagrams. System Dynamics Review 2(2), pp. 158-170
- Senge, P. (2003):** Die fünfte Disziplin. Kunst und Praxis der lernenden Organisation. Klett-Cotta, Stuttgart
- Watzlawick, P., Beavin, J. H., Jackson, D. D. (2000):** Menschliche Kommunikation: Formen, Störungen, Paradoxien. 10. Aufl., Hans Huber, Bern
- Wolstenholme, E. F. (2003):** Towards the definition and use of a core set of archetypical structures in system dynamics. System Dynamics Review 19(1), pp. 7-26



# Die Entwicklung von Naturkatastrophen seit 1950

Jahr für Jahr ereignen sich rund um den Globus Hunderte Naturkatastrophen. Die Schadenbelastungen haben weltweit dramatische Ausmaße angenommen. Die Trendberechnung für die Anzahl der jährlichen großen Naturkatastrophen zeigt einen Anstieg von weltweit zwei Großkatastrophen pro Jahr zu Beginn der 1950er-Jahre auf heute ca. sieben pro Jahr (siehe Abbildung 1). Die bereits inflationsbereinigten volkswirtschaftlichen und versicherten Schäden aus diesen großen Naturkatastrophen sind noch weit stärker angestiegen – im Rekordjahr 2005 auf 170 Mrd. US \$ volkswirtschaftliche bzw. 80 Mrd. US \$ versicherte Schäden (siehe Abbildung 2).

Die GEO-Experten der Münchener Rückversicherung analysieren seit über 30 Jahren alle weltweiten Naturereignisse, die Schäden verursachen und dokumentieren diese in der *NatCatSERVICE®-Datenbank*. Retrospektiv wurden auch die Daten aller großen historischen Naturkatastrophen aufgenommen. Mittlerweile sind im *Münchener Rück NatCatSERVICE®* mehr als 23.000 Schadenereignisse dokumentiert. Je nach ihren monetären oder humanitären Auswirkungen werden diese Ereignisse in sieben Katastrophenklassen eingestuft – vom reinen Naturereignis mit sehr geringen volkswirtschaftlichen Auswirkungen bis hin zur sogenannten „Großen Naturkatastrophe“ (Tausende Todesopfer oder Hunderttausende Obdachlose, Volkswirtschaft schwer betroffen). Unseren Langzeitstatistiken und Trendanalysen werden diese Großen Naturkatastrophen zugrunde gelegt.

Die beobachtete Schadenzunahme wird größtenteils von sozio-ökonomischen Veränderungen verursacht. Die meisten großen Naturkatastrophen ereignen sich in dicht besiedelten Regionen. Das Zusammentreffen hoher Intensitäten eines Naturereignisses mit Bevölkerungs- oder

Abb. 1: Große Naturkatastrophen 1950-2005 (Anzahl der Ereignisse)

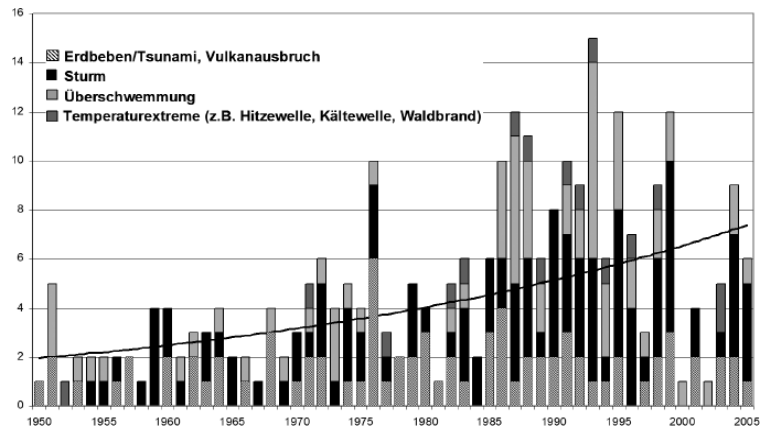
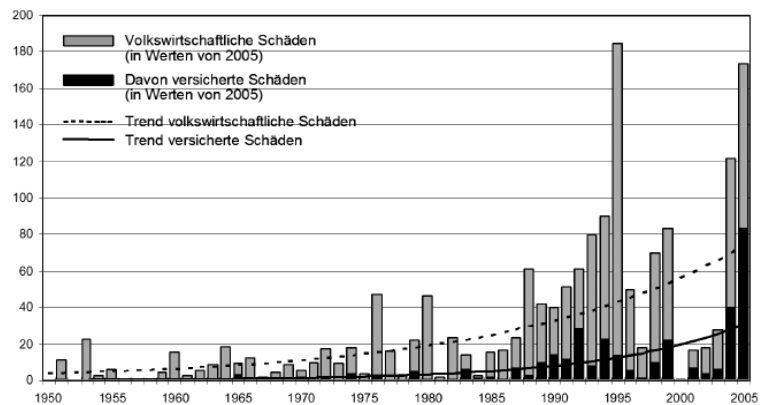
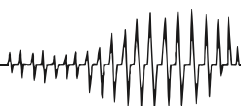


Abb. 2: Volkswirtschaftliche und versicherte Schäden der großen Naturkatastrophen 1950-2005 (Mrd. US \$)



Wertekonzentrationen ist eine notwendige Voraussetzung für das Entstehen eines Katastrophenschadens. Je mehr Ballungszentren es in den Gefahrenzonen der Erde gibt, desto größer ist die Trefferwahrscheinlichkeit für die verschiedenen Naturereignisse. Heute gibt es bereits doppelt so viele Menschen auf der Erde als noch in den 1950er-Jahren; sie konzentrieren sich und ihre Werte immer mehr in Großstädten. So ist die Anzahl der weltweiten Millionenstädte von ca. 80 in den 1950er-Jahren auf heute ca. 400 gestiegen.

Diese Veränderungen alleine reichen allerdings noch nicht aus, um den gesamten Schadenanstieg zu erklären. Hier muss man auch die gestiegene Katastrophenan-



fälligkeit der hochentwickelten Industriegesellschaften berücksichtigen. Beispiele hierfür sind die Erdbebenkatastrophe von Kobe (Japan) 1995 und der Eissturm von Kanada 1998. In Kobe wurde neben dem größten Containerhafen Japans wichtige Transportwege und Infrastrukturen schwer beschädigt und machten das Beben zu einem Schulbeispiel für indirekte Schäden durch Produktionsausfall und Zulieferungsprobleme. Durch den Eissturm von Kanada wurden Zehntausende Kilometer Strom- und Telefonleitungen zerstört: die Stromversorgung fiel für mehrere Wochen aus und legte die Handelszentren Ottawa und Montreal lahm, da ein mehr als 4 cm dicker Eispanzer über einer Fläche von 100.000 km<sup>2</sup> – das entspricht einem Drittel der Fläche Deutschlands – lag.

Darüber hinaus steigen die Schäden auch deshalb, weil durch die zunehmende globale Vernetzung die Reichweite von Naturkatastrophen heute größer denn je ist. Eine bittere Bestätigung hierzu lieferte der Tsunami im Dezember 2004 im Indischen Ozean, von dieser Naturkatastrophe war bis dato die größte Anzahl von Ländern betroffen: nicht nur erreichten die Tsunamiwellen selbst die Küsten von 13 Ländern auf zwei Kontinenten, insgesamt verloren 220.000 Menschen aus über 40 Nationen ihr Leben.

Da sich jedoch die langfristige Zunahme von Naturkatastrophen hauptsächlich bei wetterbedingten Ereignisse wie Stürmen und Überschwemmungen zeigt und nicht in ähnlicher Weise bei den geophysikalisch bedingten Ereignissen, wie Erdbeben, Tsunamis oder Vulkanausbrüchen, scheint die Annahme berechtigt, dass anthropogene Veränderungen in der Atmosphäre, insbesondere die Klimaänderung, die Hauptursachen von immer höheren Schäden sind.

In den letzten Jahren mehren sich die Indizien für einen anthropogenen Klimawandel.

So zeigen Analysen von in Eisbohrkernen aus der Antarktis eingeschlossenen Luftblasen, dass die Konzentration des wichtigsten der Treibhausgase, Kohlendioxid in den vergangenen 650.000 Jahren nie so hoch war wie heute. Berechnungen der Weltmeteorologieorganisation der UNO (WMO) zufolge war 2005 das zweitwärmste Jahr seit Beginn der Beobachtungen 1861. Die neun wärmsten Jahre liegen alle zwischen 1995 und 2005 – nichts veranschaulicht die kontinuierliche Aufheizung der Erde eindrucksvoller. Immer fundiertere physikalische Modellrechnungen belegen zudem, dass viele atmosphärische Vorgänge neuen Extremwerten zustreben, dass also das Erreichen bestimmter Grenzwerte immer wahrscheinlicher wird. Mehr Hitzewellen und Dürren, Stürme und Überschwemmungen mit stärker schwankenden Schadenssummen werden die Folge sein.<sup>1</sup>

Die Versicherungswirtschaft bietet trotz der ungünstigen Schadentrends nach wie vor ein breites Spektrum von Deckungen gegen Elementarschäden an; sie versucht gleichzeitig, ihre Kunden zu verstärkter SchADVorsorge zu motivieren. Außerdem unternimmt sie große Anstrengungen, ihre eigenen Risiken mit modernen geowissenschaftlichen Methoden zu kontrollieren.

Die Versicherungsindustrie hat auch ein großes Potenzial, Klimaschutz zu fördern und damit zukünftige Schäden zu minimieren, indem sie Aspekte des Klimaschutzes in ihren Produkten, Investments, Sponsoringaktivitäten und ihrer Kommunikation berücksichtigt. Die Münchener Rück wird in diesen Bereichen auch weiterhin eine führende Rolle spielen.

*Angelika Wirtz, Datenanalytikerin,  
verantwortlich für den Münchener Rück  
NatCatSERVICE®; Chefredakteurin TOPICS  
geo - Jahresrückblick Naturkatastrophen;  
awirtz@munichre.com*

<sup>1</sup> Siehe auch H. Kromp-Kolb „Klimakatastrophen“ in diesem Heft.

