

Katastrophaler Dominoeffekt

Ein Stresstest soll zeigen, mit welchen Folgen bei Naturkatastrophen zu rechnen ist. Zürcher Forscher haben dafür eine Methodik entwickelt.



Ein Todesopfer wird nach dem Erdbeben und dem Tsunami von Fukushima von Polizeikräften geborgen. Foto: Hiro Komae (Keystone)

Walter Jäggi

Arnaud Mignan denkt immer gleich an den Ausnahmefall. Der Worst Case in allen Formen beschäftigt ihn von Berufswegen, während das Sammeln von Meteoriten zu seinen Hobbies zählt. Das Spezialgebiet des Geophysikers bei der Gruppe für Seismologie und Geodynamik an der ETH ist die Risikoanalyse bei grossen Naturkatastrophen. Das ist schwierig bei Ereignissen, die äusserst selten eintreffen, die dann aber enorme Auswirkungen haben.

Besonders interessiert Mignan sich für die Dominoeffekte, wenn eine Katastrophe die Ursache für Folgekatastrophen ist. Was passiert, wenn mehrere Umstände zusammenkommen und sich gegenseitig verstärken? Das Tohoku-Beben 2011 etwa löste einen Tsunami aus, für den das Atomkraftwerk Fukushima nicht gewappnet war. Nicht das Erdbeben war Ursache für 16 000 Todesopfer und Sachschäden von mehr als 200 Milliarden Franken, es war die Verkettung einzelner Risikofaktoren in einer an sich sehr unwahrscheinlichen Konstellation.

Schweizer Know-how

Für Banken und für Nuklearanlagen sind auf Druck der Öffentlichkeit in den letzten Jahren sogenannte Stresstests durchgeführt worden. Die maximalen Risiken sollen mathematisch beschrieben werden. Beides sind Bereiche, bei denen sich ein Zusammenbruch ganz massiv auf die Gesellschaft auswirken würde. Es drohen allerdings auch noch andere Gefahren, «Natech»-Ereignisse, wie die Fachleute es nennen. Das sind Naturkatastrophen, die sich auf technische Anlagen auswirken und eine Kaskade von Störungen auslösen.

Das hat man vor einiger Zeit auch bei der EU-Kommission erkannt und mehrere Forschungsprojekte gestartet. Bei einem davon mit der Kurzbezeichnung Strest, das im letzten Herbst abgeschlossen wurde, war Arnaud Mignan der Projektleiter. Und Domenico Giardini, ETH-Professor für Seismologie und Geodynamik, war der Koordinator des internatio-

nen Konsortiums. Das Ziel der Arbeiten waren gemeinsame Bezeichnungen und eine neue, allgemein anerkannte Methode für die Modellierung von Extremereignissen.

Jetzt liegt es an den Behörden, diese Erkenntnisse anzuwenden. Heute gibt es von Land zu Land grosse Unterschiede, was sich in unterschiedlichen Risikobewertungen, etwa bei der Siedlungsplanung oder bei den Normen für erdbebensicheres Bauen, auswirkt. Die Schweizer Experten brachten ihr Wissen über Erdbeben ein, zum Beispiel über das Verhalten von Bauten, wenn sie von einer ganzen Reihe von Beben erschüttert werden. Die Geophysiker profitierten dabei vom Wissen der Kollegen im ETH-Departement Bau, Umwelt und Geomatik.

In Fréjus war die Staumauer plötzlich nicht mehr da.

Ein anderer Schwerpunkt von Risiko-Know-how in der Schweiz ist die Sicherheit von Talsperren. An diesem Thema wird am Schweizer Kompetenzzentrum für Energieforschung (SCCER) gearbeitet. 25 Staumauern hierzulande sind höher als 100 Meter, der Damm von Grande Dixence ist fast so hoch wie der Eiffelturm. Staueen bergen Natech-Risiken: In Italien führte ein Bergsturz in den Stauee von Vajont 1963 zum Überschwappen des Wassers, die Flutwelle riss 2000 Menschen in den Tod.

Mit Modellrechnungen, die zum Teil in Laborversuchen überprüft werden, ermitteln Forscher des SCCER die Folgen eines Staudammversagens unter den verschiedensten Umständen. Selbst der Fall, dass die Mauer von einem Moment zum nächsten nicht mehr da ist, wird untersucht - er ist 1963 in Fréjus tatsächlich vorgekommen, ein Beispiel dafür, dass auch höchst unwahrschein-

liche Szenarien nie auszuschliessen sind. Auch der Hurrikan Katrina 2005 oder das Erdbeben von San Francisco 1906 hatten Folgen, die zuvor niemand bedacht hatte: «Man muss auch an Szenarien denken, die bisher gar nicht eingetroffen sind», sagt Risikoexperte Arnaud Mignan.

Die Forscher brauchen Zahlen, Randbedingungen, Details über Anlagen und Zusammenhänge, auch über Schwachstellen beispielsweise eines Netzes oder über gefährliche Fabrikationsprozesse. Was spielt sich ab, wenn ein Erdbeben, ein Bergsturz oder eine Überschwemmung ein Chemiewerk trifft, eine Pipeline zerstört, Verkehrswege und Energienetze unterbricht?

Millionen Simulationen

Ziel der Forscher ist eine Methode für die Modellierung verschiedenster Fälle nach einem einheitlichen Muster, das sich jedoch auch möglichst ökonomisch am Computer durchrechnen lässt. Sie lassen die Zeit im Eiltempo ablaufen: «Eine Million Simulationen ist eine gute Anzahl für statistisch aussagekräftige Resultate», sagt Arnaud Mignan.

Auch Ereignisse, die nur alle paar Tausend Jahre zu erwarten sind, tauchen dabei auf. Die EU, aber auch das Schweizer Bundesamt für Bevölkerungsschutz ist besonders interessiert an Informationen über die Gefährdung von sogenannten kritischen Infrastrukturen. Dazu gehören etwa der Schienen- und der Strassenverkehr, die Versorgungsnetze für Strom, Wasser und Telekommunikation, zudem das Bankensystem.

Das Schweizerische Inventar der kritischen Anlagen ist als geheim klassifiziert. Verhindern lassen sich Naturkatastrophen kaum, die Folgen lassen sich aber mildern, wenn genügend Vorkehrungen für den seltenen, aber schlimmen Ereignisfall getroffen wurden. Was die Industrie angeht, läuft der Trend allerdings heute aus Kostengründen in die andere Richtung: Durch die Konzentration von Unternehmen auf immer weniger Regionen und die Spezialisierung von Zulieferern wächst die Verletzbar-

keit, wie Experten der Münchener Rückversicherung festgestellt haben. 2013 beschädigte ein Erdbeben die weltweit einzige Fabrik, die hoch spezialisierte Chips für Smartphones herstellt.

Die Auswirkungen einer Naturkatastrophe auf die Gesellschaft, die immer mehr auf die Technik angewiesen ist, sind heute komplexer als früher. Die Dominoeffekte gehen immer weiter. 2008 erschütterte ein Erdbeben die Region Sichuan in China - die Welt hat die 84 000 Todesopfer längst vergessen. Die Risikoforscher haben einiges über Katastrophenkaskaden gelernt. Unter anderem hatte das Beben zur Folge, dass ein Güterzug mit Tankwagen in einem Tunnel entgleiste und in Brand geriet. Mehrere Chemiewerke erlitten Schäden, die sich auf die Umwelt auswirkten. Erdbeben stauten Flüsse auf und führten zu Überschwemmungen. Beunruhigend war zudem die Erkenntnis, dass sich in diesem Fall der Boden bei dem Beben vor allem in vertikaler Richtung bewegt hatte; die Normen für erdbebensicheres Bauen gehen heute davon aus, dass die Konstruktionen horizontale Bewegungen verkraften müssen.

Zum Risiko von Katastrophen wird in der Schweiz nicht nur an der ETH und an der EPF Lausanne geforscht. Das Paul-Scherrer-Institut führt eine der weltweit umfangreichsten Datenbanken über schwere Zwischenfälle im Energiesystem. Diese Ensad-Datenbank enthält auch Katastrophenfälle, die nicht von der Natur, sondern von Menschen ausgelöst wurden, sei es wegen Fehlern oder auch mit kriminellen Hintergründen. Auf europäischer Ebene ist das EU-Forschungszentrum im italienischen Ispra aktiv. Alle beteiligten Institutionen haben ihre Spezialitäten. Kooperationsprojekte wie dasjenige von Arnaud Mignan sollen helfen, dass kein blinder Fleck bleibt. Gefahren drohen heute der Welt von vielen Seiten; während der Laie den Katastrophen ungläubig oder sogar in Panik gegenübersteht, versuchen Forscherinnen und Forscher, die Phänomene mit mathematischen Formeln und Modellen zu erfassen.

Tödlichste Katastrophen Ereignisse seit 1980

12. Januar 2010

Erdbeben in Haiti. Es trifft die Insel mit einer Stärke von 7.3. Das Epizentrum liegt etwa 22 Kilometer von der Hauptstadt entfernt im Meer. Über **159 000** Menschen sterben, der Gesamtschaden beträgt 8 Milliarden Dollar - versichert sind Schäden für 200 Millionen.

12. Mai 2008

Erdbeben in China. Der Erdstoss mit einer Stärke von 7.9 ist der schlimmste in China seit mehr als 30 Jahren. Das Beben ist auch in Bangladesh, Thailand, Vietnam und in Taiwan zu spüren. Es gibt gegen **84 000** Todesopfer. Der Schaden beträgt rund 85 Milliarden Dollar.

2. Mai 2008

Zyklon Nargis in Burma. Der Wirbelsturm und eine Sturmflut bringen dem damals noch von einer Militärjunta regierten Land grosses Leid. **140 000** Menschen kommen um; es entsteht ein Schaden von rund 4 Milliarden Dollar.

8. Oktober 2005

Erdbeben in Pakistan. Mit einer Stärke von 7,6 erschüttert ein Erdbeben Pakistan, Indien und Afghanistan. Es ist das stärkste Beben im Norden Pakistans seit 100 Jahren. Über **88 000** Menschen sterben. Der Gesamtschaden beträgt 5,2 Milliarden Dollar.

26. Dezember 2004



Tsunami im Indischen Ozean. Ein Seebeben verursacht eine gigantische Flutwelle, einen Tsunami, der unter anderem Sri Lanka, Indonesien, Thailand und verschiedene Inselgruppen brutal trifft. Es sterben über **220 000** Menschen. Die Munich Re schätzt den Gesamtschaden auf 10 Milliarden Dollar - versichert ist etwa ein Zehntel der Schäden.

Juli-August 2003



Hitzewelle in Europa. Die Bevölkerung leidet während Wochen unter einer enormen Hitzebelastung. Vor allem ältere Menschen gehören zu den Opfern. Es sterben etwa **70 000** Menschen, am meisten in Frankreich und Italien. Ob die Todesursache etwa in Spitälern oder Pflegeheimen direkt mit der Hitze zu tun hat, ist nicht in jedem Fall sicher. Die Munich Re schätzt die Gesamtschäden inklusive Ernteverluste auf etwa 14 Milliarden Dollar.

29. April 1991

Tropischer Zyklon in Bangladesh. Der Wirbelwind fegt mit einer Geschwindigkeit von 260 Kilometern pro Stunde über das Land und verursacht eine Sturmflut. Über **139 000** Menschen werden getötet; es entsteht ein Gesamtschaden von 3 Milliarden Dollar. (Iae)