

Wissen

Die Erforschung der Belastbarkeit

Erdbeben in der Türkei und Syrien Nach einem Erdbeben funktioniert die Infrastruktur nicht mehr und die Menschen leiden. Wie sich eine Region schneller erholen kann, untersuchen Forschende der ETH Zürich in einem Resilienz-Modell.

Joachim Laukenmann

Bozidar Stojadinovic ist zwar kein Psychologe, sondern Professor für Strukturmechanik und Erdbebeningenieurwesen an der ETH Zürich. Aber was er erforscht, hat durchaus Parallelen in der Psychologie. Wenn ein Mensch psychisch belastbar ist, wenn er schwierige Lebenssituationen gut übersteht, wenn er sich von Schicksalsschlägen nicht aus der Bahn werfen lässt, dann gilt er als resilient. Das Wort stammt vom lateinischen «resilire» und bedeutet «zurückspringen». Je resilienter ein Mensch ist, desto schneller springt er aus einer Krise zurück in die Normalität.

Stojadinovic und sein Team erforschen die Resilienz nicht auf der Ebene einer Person, sondern auf der Ebene einer Nachbarschaft, einer Stadt, einer Region oder eines ganzen Landes. Erdbeben wie Anfang Februar im türkisch-syrischen Grenzgebiet mit mehr als 500'000 schwer beschädigten Gebäuden, rund drei Millionen Obdachlosen und mehr als 50'000 Toten sind ein enormer Stresstest, und es stellt sich die Frage: Wie schnell kann sich die durchgeschüttelte Region wieder von der Katastrophe erholen?

Jäher Sturz, zähe Erholung

Die Antwort wird etwas salopp als «Swoosh-Kurve» bezeichnet – das entspricht der geschwungenen Form des Nike-Markenzeichens. Das Symbol hat in etwa den Verlauf, um den es geht: Nach einem Desaster – sei es ein Erdbeben, ein Hochwasser oder ein Hurrikan – geht es mit der Funktionalität der betroffenen Region steil bergab, weil Gebäude kollabiert sind, weil Wasser- und Stromversorgung, Kommunikationsnetze und das Transportsystem nicht mehr funktionieren und weil viele Menschen verletzt oder gar tot sind. Wenn die Talsohle der Funktionalität erreicht ist, geht es nur langsam bergauf – wie bei der Swoosh-Kurve. Denn die Instandsetzung der zerstörten Infrastruktur und der Wiederaufbau sind oft zäh.

In der türkisch-syrischen Grenzregion ist die Swoosh-Kurve als Folge der jüngsten Erdbeben sehr tief abgestürzt. Das System hat kaum Resilienz gezeigt. Das lag vor allem an der schlechten Konstruktionsqualität vieler Gebäude.

Forschende um Stojadinovic entwickeln derzeit ein Modell, das den genauen Verlauf der Swoosh-Kurve vorhersagen soll. Anhand dieses sogenannten Resilienz-Quantifikations-Modells lässt sich dann zum Beispiel ableiten, was in den Stunden, Tagen, Wochen und Monaten nach einer Katastrophe an welchem Ort angepackt werden sollte, um die Folgen der Katastrophe optimal abfedern zu können.

Das Resilienz-Modell prognostiziert auch, welche Ressourcen es braucht: wie viele Nothelfer und Nothelferinnen, wie viele Zelte, wie viel Zement, wie viele Kräne, Ingenieurinnen, Bauarbeiter und Finanzmittel.

Ein wichtiger Aspekt ist die Dauer des Wiederaufbaus: Sollte sich zum Beispiel in Basel ein Erdbeben der Magnitude 6 oder



Wie lange dauert es, bis Normalität einkehrt – etwa hier in der türkischen Provinz Hatay? Rund 500'000 Häuser hat das Beben in der Region schwer beschädigt. Foto: Murat Kocabas (Getty)

höher ereignen, so ist gemäss dem Modell mit Schäden in zweistelliger Milliardenhöhe zu rechnen. Wie lange der Wiederaufbau tatsächlich braucht, hängt aber massgeblich davon ab, ob frühzeitig, entschlossen und strategisch geschickt in diesen Prozess investiert wird. «Das ist die Kraft des Modells», sagt Stojadinovic. «Wir wollen die langfristigen Fragen zur Erholung der betroffenen Region schon gleich nach der Katastrophe beantworten können.»

Entscheidender Zeitfaktor

Das ist nicht nur für Einsatzkräfte und für das Bauwesen eine essenzielle Information, sondern auch für betroffene Familien. «Familien wollen, dass ihre Kinder in die Schule gehen», sagt Stojadinovic. «Da macht es einen Unterschied, ob die Menschen in einem Jahr oder erst in drei Jahren in ihre Heimat zurückkehren können. Wenn es heisst, es dauert drei Jahre, dann suchen sich viele eine neue Heimat und kommen nicht mehr zurück.»

Ein Beispiel dafür ist das Erdbeben von L'Aquila in Italien im Jahr 2009. «Der Wiederaufbau hat einfach zu lange gebraucht, die Schulen hatten zu lange nicht geöffnet», sagt Stojadinovic. «Viele Leute haben die Region daher für immer verlassen.» Beim Erdbeben in Kraljevo in Serbien von 2010 hat der Wiederaufbau indes sehr schnell und gut funktioniert. «Soweit wir wissen, gab es keinen grösseren Exodus aus der Region.»

«Der Aufbau hat zu lange gebraucht. Viele Leute haben die Region verlassen.»

Bozidar Stojadinovic
Professor an der ETH Zürich

Resilienz in diversen Wissenschaften

Der Begriff Resilienz wird in verschiedenen Wissenschaften verwendet. In der Klimaforschung beschreibt er die Fähigkeit sozialer und ökologischer Systeme, sich von den Folgen der Erderwärmung zu regenerieren, etwa von Dürren und Starkniederschlägen, oder sich an die neuen Klimabedingungen anzupassen. Ökonomische Resilienz ist die Fähigkeit einer Volkswirtschaft, Krisenfolgen abzumildern und sich an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen. In der Psychologie bezeichnet Resilienz die psychische Belastbarkeit eines Menschen. Die technologische Resilienz von Gebäuden und anderen Infrastrukturen wird vor allem seit dem Hurrikan Katrina erforscht, der Ende August 2005 in den südöstlichen Teilen der USA gewaltige Schäden angerichtet hat. (jöl)

Zentral für den Ansatz von Stojadinovic ist die Vernetzung aller beteiligten Systeme. Denn vieles geht Hand in Hand. Wenn der Strom ausfällt, fallen auch die Wasserpumpen aus. Selbst wenn die Wasserleitungen noch intakt sind, wird ohne Strom kein Wasser fließen. Wenn gewisse Strassen unpassierbar sind, wird auch die Reparatur der Stromleitungen erschwert. «Die frühere Resilienz-Forschung hat sich stark auf das Verhalten einzelner Teilaspekte fokussiert», sagt Stojadinovic. «Wir berücksichtigen die gegenseitige Abhängigkeit der verschiedenen Systeme.»

Dem ETH-Forscher geht es nicht nur um die rein technische Widerstandskraft der Gebäude, Brücken und Leitungen. Er und Kolleginnen untersuchen die damit verknüpfte gesellschaftliche Resilienz: Welche Folgen hat das Desaster für die Arbeitskraft kleiner Unternehmen, für die Fähigkeit, Lebensmittel in die Supermärkte und Restaurants zu liefern, und für die Fähigkeit einer Person, überhaupt zur Arbeit zu gelangen oder Freunde und Bekannte zu besuchen?

Mit dem Resilienz-Quantifikations-Modell lassen sich auch Massnahmen identifizieren, um die Resilienz bereits im Vorfeld einer potenziellen Katastrophe zu erhöhen. Diese Massnahmen sollen dafür sorgen, dass die Swoosh-Kurve gar nicht erst so tief absinkt wie beim Erdbeben in der Türkei und in Syrien.

Dazu zählt eine gewisse Redundanz an Wasser- und Strom-

leitungen oder an Bahntrassees: Wenn eine Leitung ausfällt, funktioniert vielleicht noch die andere, wenn eine Schienenverbindung zwischen Zürich und Genf zerstört wird, gelangen Züge vielleicht auf der alternativen Route ans Ziel. Auch die erdbebensichere Sanierung von Gebäuden gehört in diese Kategorie.

Zurzeit besteht eine Herausforderung darin, das Resilienz-Quantifikations-Modell anhand von konkreten Ereignissen auf seine Qualität zu prüfen. Dazu haben die Forschenden die Vorhersagen des Modells mit realen Folgen vergangener Erdbeben und dem tatsächlichen Verlauf des Wiederaufbaus nach der Katastrophe verglichen. «Wir schauen also zuerst, wie sich unser Modell bei vergangenen Ereignissen verhält, und nutzen es dann, um Vorhersagen zu machen», sagt Stojadinovic.

Neue Daten aus der Türkei

Auch vom Erdbeben im türkisch-syrischen Grenzgebiet erhofft sich der ETH-Forscher Daten, um sein Modell weiter zu prüfen und vor allem um testweise eine Prognose für die Swoosh-Kurve betroffener Regionen erstellen zu können. Daher waren kürzlich zwei Vertreter seines Teams in der Türkei und haben einen ersten Eindruck mitgebracht: Welche Gebäudetypen sind in der Regel wie und wie stark beschädigt?

Benötigt werden auch Expertenmeinungen und Daten zur Frage, wie lange es braucht, um

typische Gebäude erdbebensicher wieder zu errichten. Es braucht Informationen zu den Materialien, die dafür nötig sind. Dann kann Stojadinovic mithilfe des Modells abschätzen, wie hoch der gesamte Bedarf an Stahl, Zement, Kränen, Lastwagen, Bauarbeitern, Handwerkerinnen und Finanzmitteln ist, um die gewünschte Geschwindigkeit des Wiederaufbaus zu erreichen.

Auch muss Stojadinovic eng mit der Wasser-, Strom- und Gasversorgung zusammenarbeiten, damit ihm Daten zum Zustand der jeweiligen Leitungen zur Verfügung gestellt werden. Da es sich um sicherheitsrelevante Informationen handelt, müssen diese verschlüsselt übermittelt und ins Modell gefüttert werden – schliesslich könnten Wasser-, Gas- und Stromleitungen das Ziel von Terrorangriffen sein.

Da das Resilienz-Quantifikations-Modell so komplex ist, gibt es viele Stellschrauben, die noch justiert werden müssen. «Erst wenn es auf Herz und Nieren geprüft ist, wird es dereinst das Vertrauen von Regierungen geniessen können», sagt Stojadinovic.

Das Schweizer Modell zur Erdbebengefährdung und die kürzlich vorgestellte Erdbebenrisikokarte haben für die Entwicklung jeweils mehrere Jahrzehnte benötigt. «Entsprechend wird es wohl noch 10 bis 20 Jahre dauern», schätzt Stojadinovic, «bis wir ein einsatzfähiges Resilienz-Quantifikations-Modell für die Schweiz präsentieren können.»