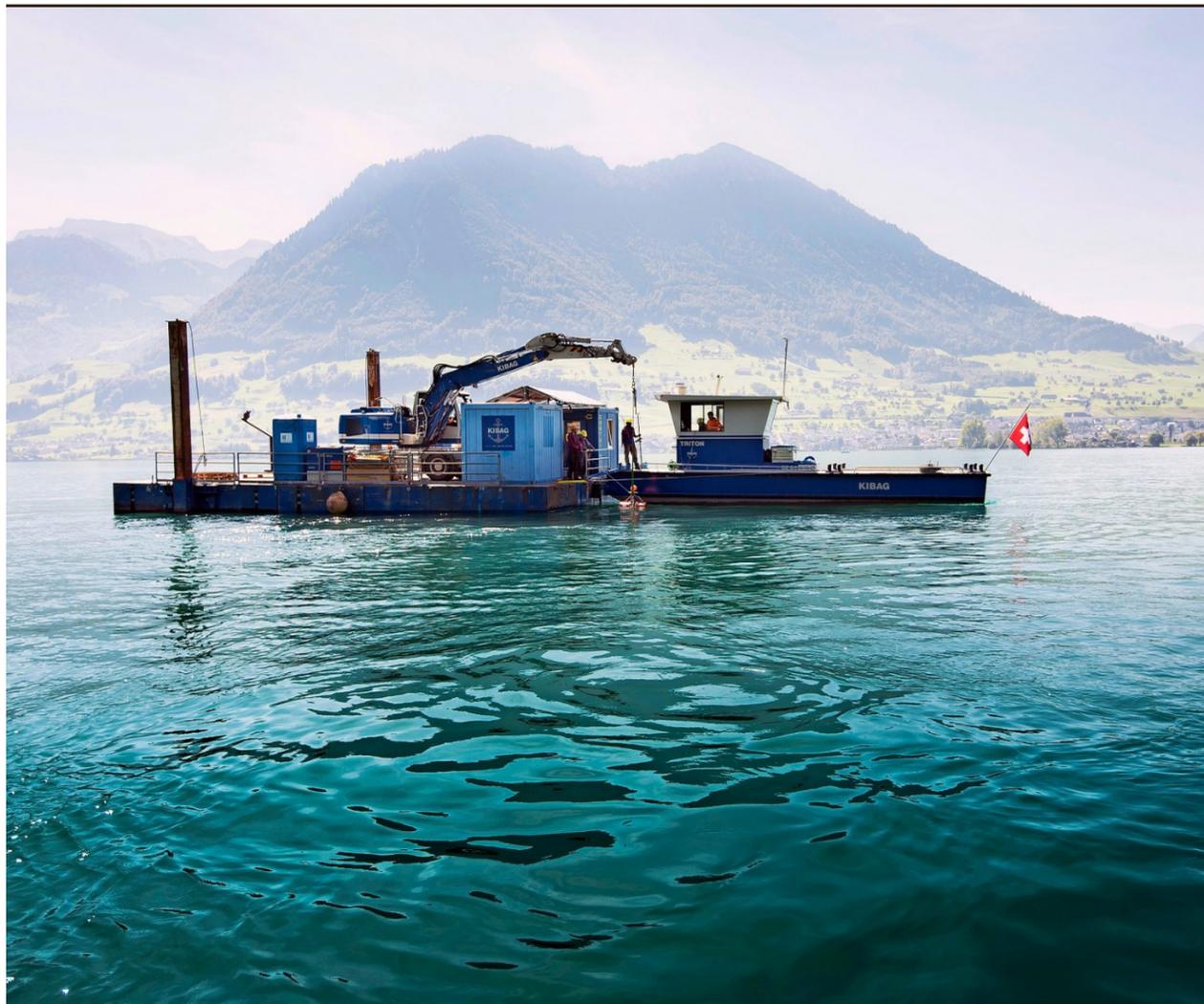
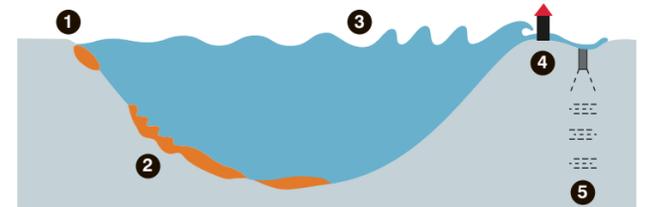


# Wissen



Im Vierwaldstättersee wird eines von zahlreichen Ozeanboden-Seismometern versenkt. Foto: Dominique Meienberg

## Fünf Teilprojekte, um Tsunamis auf den Grund zu gehen



### 1. Delta

Kollabierende Flussdeltas gehören zu den Hauptverursachern von Tsunamis in Schweizer Seen. Hier soll geklärt werden, wie häufig Deltakollapse tatsächlich sind und ob sie externe Ursachen wie Erdbeben haben.

### 2. Response

In diesem Teilprojekt wird mithilfe verschiedener Messgeräte der Einfluss von Erdbeben auf die Hangstabilität entlang von Seeufnern ermittelt. Die Daten fließen direkt in die Modellierung von Tsunamiwellen ein.

### 3. Wave

Hier geht es um die Entstehung, Ausbreitung und Modellierung von Tsunamiwellen in Seen. Dazu werden sowohl Experimente im Wasserbaulabor als auch numerische Computersimulationen durchgeführt.

### 4. Hazard

In der Schweiz fehlen Methoden, um die von Tsunamis ausgehende Gefahr quantitativ abzuschätzen. Auch die Möglichkeiten und Grenzen der Alarmierung sind kaum bekannt. Das Teilprojekt soll diesen Mangel beheben.

### 5. Paleo

Das Teilprojekt untersucht historische Tsunamiereignisse in Schweizer Seen. Dazu werden an geeigneten Standorten Sedimentkerne entnommen. So sollen alle Tsunamis der letzten 14 000 Jahre identifiziert werden.

### Messungen Vierwaldstättersee



Grafik: mt / Quelle: Schweizerischer Erdbebendienst

# Auf der Spur der Riesenwellen

**Naturgefahren** Am Beispiel des Vierwaldstättersees untersuchen Wissenschaftler die Entstehungsmechanismen von Tsunamis in der Schweiz und eruieren die Gefahr, die von ihnen ausgeht.

## Joachim Laukenmann

Das Manöver ist offenbar nicht einfach. Auf den Punkt genau muss die schwimmende Plattform an den gewünschten Ort im Vierwaldstättersee bewegt werden. Mal schiebt das angedockte Arbeitsschiff die Plattform etwas nach vorn, dann dreht es die Plattform zur Seite, dann geht es wieder ein paar Meter zurück, dann wird sie wieder gedreht. Erst nach rund zehn Minuten feinsten Navigation lässt ein auf der Plattform stehender Kran auf Kommando einer Wissenschaftlerin seine Fracht ins Wasser gleiten: ein Ozeanboden-Seismometer. Ein solches Messgerät wird zur Aufzeichnung von natürlicher Bodenunruhe und Erdbeben auf dem Seegrund eingesetzt. Neun dieser samt Schwimmer, Boje und Messgeräten rund 400 Kilogramm schweren Apparaturen werden an diesem Tag in 30 bis 40 Metern Tiefe im Seebecken von Ennetbürgen bei Stans auf Grund gesetzt.

Mit den Geräten wollen Forscher der ETH Zürich, der Universität Bern und des Zentrums für Marine Umweltwissenschaften Bremen untersuchen, wie gross die Gefahr für Tsunamis in Schweizer Seen ist. Finanziert wird das zwei Millionen Franken teure «Sinergia»-Projekt vom Schweizerischen Nationalfonds, dem Bundesamt für Umwelt und von der ETH Zürich.

Beim aktuell fast spiegelglatten Vierwaldstättersee kann man sich kaum vorstellen, dass hier Tsunami-Gefahr herrschen könnte. Meist werden diese ausgedehnten Wellen mit katastrophalen Erdbeben im Pazifischen

Ozean in Verbindung gebracht. «Aber auch in der Schweiz sind Tsunamis nicht so exotisch, wie man denken könnte», sagt Flavio Anselmetti vom Institut für Geologie und dem Oeschger-Zentrum für Klimawandelforschung der Uni Bern, einer der beiden leitenden Forscher des Projekts. Bei einer Medienveranstaltung am Vierwaldstättersee berichtet er von einem Tsunami, der im Jahr 563 Genf überflutet, Brücken und Mühlen zerstört, sowie mehrere Menschenleben gefordert hat. Das geht aus einem Bericht des Bischofs Marius von Avenches hervor.

### Historische Riesenwellen im Vierwaldstättersee

Vom Vierwaldstättersee sind sogar mehrere Tsunamis dokumentiert. In der Nacht vom 18. September 1601 erschütterte ein Beben mit einer Magnitude von 5,9 die Zentralschweiz.

### Klimawandel als indirekter Auslöser für Tsunamis

Wie eine kürzlich im Fachblatt «Scientific Reports» publizierte Studie zeigt, erhöhen abschmelzende Berggletscher die Gefahr von Erdbeben und dadurch auch von Tsunamis. Das folgern Forscher um Bretwood Higman von der Umweltorganisation Ground Truth Trekking in Seldovia, Alaska, aus der Rekonstruktion eines Ereignisses vom 17. Oktober 2015. Damals stürzten am Tyndall-Gletscher in Alaska rund 180 Millionen Tonnen Erdmassen und Gestein in die Tiefe. Ein Drittel davon landete in einem Fjord. Das verursachte einen etwa 100 Meter hohen Tsunami, der den

Sedimente des Vierwaldstättersees kamen ins Rutschen, ein Teil des Bürgenstocks stürzte in den See. Wenig später bildeten sich mehrere Wellen von vermutlich bis zu vier Metern Höhe und Längen von bis zu einem Kilometer, gefolgt von ebenso grossen und tiefen Wellentälern. Mindestens acht Menschen kamen durch den Tsunami ums Leben, und mehrere Gebäude wurden zerstört. In Buochs am Südufer des Sees schoss das Wasser rund 500 Meter über das Ufer hinaus.

Der damalige Luzerner Stadtschreiber Renward Cysat notierte, dass am Küssnachtsee – der nordöstliche Arm des Vierwaldstättersees – Schiffe weit vom Ufer entfernt in einer Höhe von etwa vier Metern über dem normalen Seespiegel aufgefunden wurden. In Luzern sei das Wasser der Reuss mehrmals versiegt und wieder zurückgekehrt, sodass man manchmal fast trockenen

gegenüberliegenden Hang bis in eine Höhe von 193 Metern überspülte. Die Forscher werten das Ereignis als indirekte Folge des Klimawandels. Dieser könne die Häufigkeit und Stärke solcher Ereignisse erhöhen. Denn durch den Rückzug der Gletscher würden instabile Hänge freigelegt und könnten abrutschen. Über den direkten Auslöser des Bergsturzes können die Forscher aber nur spekulieren. Möglicherweise spielte ein Erdbeben der Magnitude 4,1 in rund 500 Meter Entfernung eine Rolle, das die Region zwei Minuten vor dem Ereignis erschütterte. (jol)

Fusses den Fluss habe überqueren können. Auch am 23. September 1687 wurde der Vierwaldstättersee von einem Tsunami heimgesucht. Damals rutschten Teile des Muotadeltas unter Wasser ab, ganz ohne Erdbeben als Auslöser. Das verursachte eine teils mehr als fünf Meter hohe Flutwelle.

«Mit unserem Forschungsprojekt wollen wir die unterschätzte Naturgefahr der Tsunamis quantifizieren», sagt Donat Fäh vom Schweizerischen Erdbebendienst der ETH Zürich. «Wir wollen die Prozesse identifizieren, die Tsunamis auslösen können, sowie deren Häufigkeit und maximale Auswirkungen abschätzen.» Tsunamis seien zwar seltene, aber potenziell verheerende Ereignisse. Seit dem Tohoku-Erdbeben vom März 2011 vor Japan, das einen extremen Tsunami und damit letztlich die Reaktorkatastrophe von Fukushima auslöste, habe es sich in der Wissenschaft etabliert, solche Extremereignisse genauer zu untersuchen.

### Felsstürze und Rutschungen als Auslöser für Tsunamis

In den Schweizer Seen entstehen Tsunamis allerdings nicht durch grosse Erdbeben, bei denen sich Kontinentalplatten unter Wasser anheben oder senken. Hierzulande sind Felsstürze oder Hangrutschungen die Ursache: «Durch das plötzliche Absacken zieht die Rutschung das Wasser über sich nach unten», sagt Flavio Anselmetti. «Gleichzeitig verdrängt die Front der Rutschung Wasser nach oben.» So bilde sich ein Wasserberg, umgeben von einem Wassertal. «Der Auslöser ist zwar

ein anderer als im Ozean, aber die Physik des entstehenden Tsunamis ist dieselbe.» Daher dürften manche Resultate des Schweizer Forschungsprojekts auch dem Verständnis der Hochsee-Tsunamis dienen.

Die bei Ennetbürgen versenkten Seismometer gehören zum Teilprojekt «Response». Über Tage bis Monate hinweg registrieren die an vielen Orten im Vierwaldstättersee ausgebrachten Geräte seismische Signale, mit deren Hilfe die Forscher den

**«Wir wollen wissen, wie gross diese Naturgefahr wirklich ist.»**

Flavio Anselmetti, Uni Bern

mechanischen Zustand rutschgefährdeter Sedimente ermitteln und deren Volumina abschätzen. Die Festigkeit, der Porendruck und weitere geotechnische Eigenschaften der Sedimente erfassen die Wissenschaftler zusätzlich mithilfe einer sogenannten Drucksondierung. Dabei wird ein Messkopf in den Seeboden gerammt.

Alle Daten zu den mechanischen Eigenschaften der Sedimentschichten sowie zur Stabilität und Mächtigkeit der unterschiedlichen Hangsegmente des Vierwaldstättersees fließen dann in die Modellierung von Rutschungen und Tsunami-Wellen ein. Weitere Teilprojekte küm-

mern sich speziell um Rutschungen in Flussdeltas der Seen, um die Entstehung und Ausbreitung von Tsunami-Wellen, um das Risikomanagement und um historische und prähistorische Tsunami-Ereignisse.

### Tsunami-Warnsystem für Schweizer Seen

Valentin Nigg vom Institut für Geologie der Uni Bern zieht die konservierende Frischhaltefolie von einem Bohrkern aus Chappelmatte bei Küssnacht, den er im Rahmen seiner Doktorarbeit analysieren wird. Auf fast drei Metern Tiefe zeigt der Bohrkern eine Schicht aus körnigem Material, die sich klar von der meist torfähnlichen Struktur des restlichen Bohrkerns abhebt. «Es ist gut möglich, dass das auf einen Tsunami hindeutet, der sich vor circa 6000 bis 7000 Jahren ereignet hat», sagt Nigg. Ob dem so ist, werden die Analysen zeigen. Auch die jüngeren Tsunamis sollten ihre Spuren in den Bohrkernen hinterlassen haben.

Laut Fäh wollen die Forscher zudem abklären, ob ein Tsunami-Warnsystem für gewisse Schweizer Seen sinnvoll wäre, wie es sich gegebenenfalls realisieren liesse und ob es in Anbetracht der Kosten überhaupt zu rechtfertigen sei. Schliesslich werden die Resultate der verschiedenen Teilprojekte zusammengeführt, um, wie Anselmetti sagt, ein Tool herzustellen, mit dem sich die Tsunami-Gefahr für alle grossen Schweizer Seen abschätzen lässt. «Wir machen nicht auf Panik», sagt Flavio Anselmetti. «Wir wollen einfach wissen, wie gross diese Naturgefahr wirklich ist.»