

## Spuren von Massenbewegungen auf dem Grund des Vierwaldstättersees bei Weggis: Die Ereignisse von 1601 und 1795

Michael Hilbe<sup>1</sup>, Flavio S. Anselmetti<sup>1</sup>, Raymond S. Eilertsen<sup>2</sup>, Louise Hansen<sup>3</sup>

Der nördliche Abhang des Vitznauerbeckens (Vierwaldstättersee, Fig. 1) wurde in der Vergangenheit wiederholt von subaquatischen Massenbewegungen erfasst (z. B. Schnellmann et al. 2006). Die zwei jüngsten Grossereignisse sind die von einem Erdbeben in Unterwalden ( $M_W \sim 6.2$ ) ausgelöste subaquatische Rutschung vor Weggis von 1601 (Schnellmann et al. 2006) und der Schuttstrom am Rigi-Südhang von 1795 (Louis et al. 2008), welcher bei Weggis den See erreichte und auch unter dem Wasserspiegel Spuren hinterlassen hat (Zwyer 2006).

Ein im Herbst 2007 aufgenommenes hochauflösendes Tiefenmodell des Sees erlaubt eine morphologische Charakterisierung des Seegrundes und somit auch des unterseeischen Teils dieser Massenbewegungen. Für die Erfassung der Bathymetriedaten wurde ein interferometrisches Sonar des Typs GeoAcoustics GeoSwath mit 125 kHz eingesetzt; zur Positionierung diente ein Leica GPS System 500 mit RTK-Korrektur (Positionierungsdienst swipos-GIS/GEO). Das für die Verarbeitung der Rohdaten verwendete Schallgeschwindigkeitsmodell des Sees wurde mit einem Valeport 650 Sound Velocity Profiler ermittelt. Die Daten wurden in der gerätespezifischen Software GeoSwath Plus prozessiert. Der aus den gefilterten Daten berechnete Rasterdatensatz mit einer Zel-

lengrösse von 1 m kann mit GIS-Software visualisiert werden.

Der Abhang vor Weggis gegen die Seemitte (Fig. 2 und 3) ist nur mässig steil, die durchschnittliche Neigung vom Ufer bis zum Hangfuss in einer Tiefe von etwa 120 m beträgt zwischen  $5^\circ$  und  $7^\circ$ , mit flacheren und steileren Partien bis ca.  $20^\circ$ . Charakteristisch ist eine Verflachung im westlichen Teil des Gebiets in einer Tiefe von etwa 80 m. Die Bucht von Weggis ist bei Oberdorf in grösserer Wassertiefe ausgeprägter als die Uferlinie erwarten lässt. Sie ist im Südwesten von einem markanten Rücken (vermutlich Molassekonglomerat unter geringer Bedeckung) begrenzt.

In 20-90 m Wassertiefe verläuft die typischerweise etwa 5 m hohe Anrisskante der Rutschung von 1601 (Schnellmann et al. 2006), oft entlang des Übergangs vom flacheren Gelände in Ufernähe zu steileren Partien. Sie setzt sich nach Westen bis gegen Meggen fort und erreicht eine Länge von insgesamt  $\sim 9$  km.

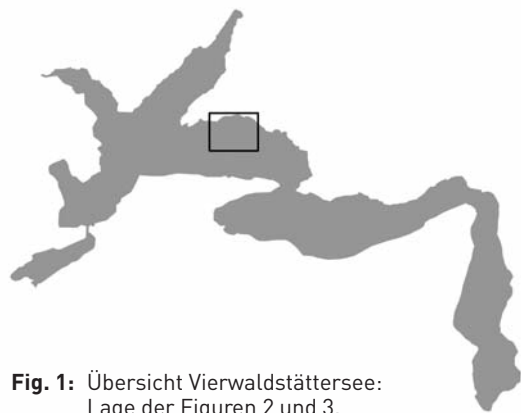
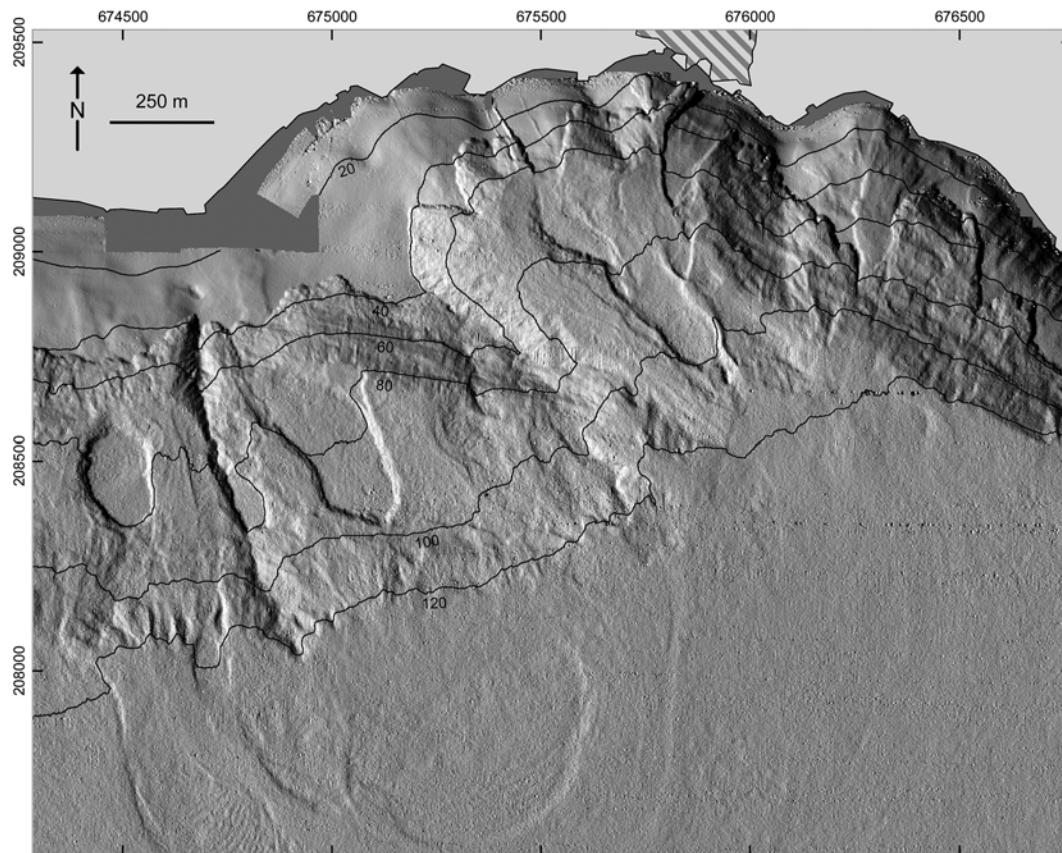


Fig. 1: Übersicht Vierwaldstättersee: Lage der Figuren 2 und 3.

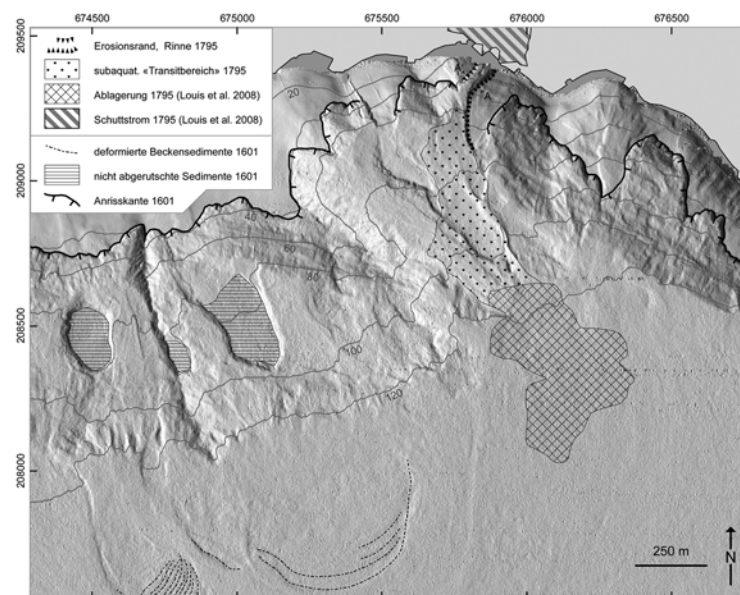
<sup>1</sup> Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf.  
Mail: michael.hilbe@eawag.ch

<sup>2</sup> Norges Geologiske Undersøkelse (NGU), N-9296 Tromsø

<sup>3</sup> Norges Geologiske Undersøkelse (NGU), N-7495 Trondheim



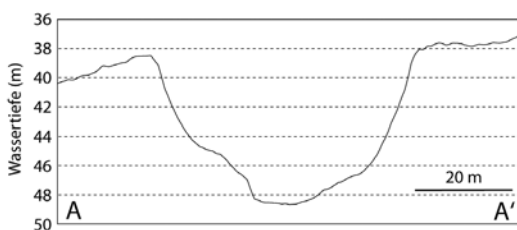
**Fig. 2:** Bathymetrische Karte des Vitznauerbeckens südlich von Weggis. Man beachte die unübliche Beleuchtung des Reliefs aus Osten. Graustufen und Isobathen geben die Tiefe relativ zum mittleren Wasserstand des Sees an. Das schraffierte Gebiet am Ufer ist der Perimeter des Schuttstroms von 1795 nach Louis et al. (2008).



**Fig. 3:** Interpretation der Morphologie, Spuren der Ereignisse von 1601 und 1795. Die Umrisse des Schuttstroms und der Ablagerungen von 1795 wurden aus Louis et al. (2008) übernommen. Die Lage des Profils in Fig. 4 ist mit A-A' bezeichnet. Isobathen und Beleuchtung des Reliefs sind analog zu Fig. 2.

Die Sedimentoberfläche über dem Anriss erscheint glatt und unterscheidet sich in ihrer Struktur deutlich von der raueren Gleitfläche der Rutschung. Diese liegt überwiegend in glazialen Sedimenten und weist nur eine dünne post-1601-Bedeckung auf (Strasser 2007), während in den von Rutschungen nicht betroffenen Gebieten die gesamte, mehrere Meter mächtige holozäne Sedimentbedeckung erhalten ist. In den flacheren Teilen des «Transitbereichs» der Rutschung liegen neben kleineren umgelagerten Massen auch scheinbar ungestörte Sedimentpakete. Die Hauptmasse der Ablagerungen liegt auf dem fast ebenen Grund des Vitznauerbeckens vor dem Abhang und tritt morphologisch nur schwach in Erscheinung. Die durch die Auflast der Ablagerungen verursachten Deformationen der Beckensedimente (Schnellmann et al. 2005) sind hingegen deutlich sichtbar als Reihe von Wülsten, die bis 600 m weit in den flachen Beckenboden reichen.

Diese wesentlich durch das Ereignis von 1601 bestimmte Morphologie wird in der Bucht bei Oberdorf geringfügig überprägt durch den subaquatischen Teil des Schuttstroms von 1795. In der Fortsetzung der von Louis et al. (2008) kartierten Schuttstromablagerung verläuft im Uferbereich des Sees eine ca. 50 m breite und bis zu 13 m tiefe Rinne (Fig. 4), die nach einer Länge von 150 m am Anriss von 1601 endet. Der östliche Rand setzt sich bis in eine Tiefe von 70 m fort und fällt wahrscheinlich teilweise mit dem Anriss von 1601 zusammen. Wie dieser weist sie eine wenig veränderte, «frische» Morpho-



**Fig. 4:** Topographisches Profil durch die Rinne bei Weggis Oberdorf (siehe Fig. 3), dreifach überhöht.

logie auf, greift aber im Gegensatz dazu tiefer (> 10 m) und erreicht unmittelbare Ufernähe. Es ist deshalb plausibel, dass die Rinne als Erosionsform im Rahmen des Ereignisses von 1795 entstanden ist, womöglich in Zusammenhang mit der damaligen Ufer-rutschung (Louis et al. 2008). Der weitere Verlauf des «Transitbereichs» der Massenbewegung lässt sich anhand von Topografie und Oberflächenstruktur des Seebodens abschätzen. Insbesondere auf einer Hangverflachung in einer Tiefe von 60-100 m liegen Pakete von umgelagertem Sediment. Der von Zwyer (2006) anhand seismischer Daten kartierte Ablagerungsbereich liegt im fast ebenen Grund des Beckens. Morphologisch treten die ausgedehnten und wenig mächtigen Ablagerungen allerdings kaum hervor.

#### Dank

Die Autoren bedanken sich bei Oddbjørn Totland (NGU) und Alois Zwysig (Eawag) für die Mitarbeit bei der Feldkampagne. Diese Studie wurde unterstützt durch das Bundesamt für Landestopografie (swisstopo), das Bundesamt für Umwelt (BAFU), das Eidgenössische Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) und die Fachstelle für Archäologie des Kantons Nidwalden.

#### Literatur

- Louis, K., Bänninger, P., Luterbacher, J. & Zwyer, T. 2008: Der Schuttstrom vom 15./16. Juli 1795 in Weggis – Rekonstruktion des Ereignisses und Beurteilung des vorhandenen Gefahrenpotentials. *Bull. angew. Geol.* 13/1, 55-81.
- Schnellmann, M., Anselmetti, F.S., Giardini, D. & McKenzie, J.A. 2005: Mass movement-induced fold-and-thrust belt structures in unconsolidated sediments in Lake Lucerne (Switzerland). *Sedimentology* 52, 271-289.
- Schnellmann, M., Anselmetti, F.S., Giardini, D. & McKenzie, J.A. 2006: 15,000 Years of mass-movement history in Lake Lucerne: Implications for seismic and tsunami hazards. *Eclogae geol. Helv.* 99, 409-428.
- Strasser, M., Stegmann, S., Bussmann, F., Anselmetti, F. S., Rick, B. & Kopf, A. 2007: Quantifying subaqueous slope stability during seismic shaking: Lake Lucerne as model for ocean margins. *Marine Geology* 240, 77-97.
- Zwyer, T. 2006: Die unterseeische Fortsetzung des Schuttstromes von Weggis im Jahre 1795. Unpubl. Bachelorarbeit, ETH Zürich.