Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft in Bern
Band: 79 (2022)

Artikel: Tsunami am Genfersee
Autor: Giger, Matthias
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1049726

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Siehe Rechtliche Hinweise.

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. Voir Informations légales.

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. See Legal notice.

Download PDF: 29.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Tsunami am Genfersee

Autor

Matthias Giger

Obwohl es historische Quellen gibt, die das Ereignis im Jahre 563 gut beschreiben, war die Ursache lange nicht klar. Der Gelehrtenstreit dauerte von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis Anfang des 21. Jahrhunderts. Seitdem sind wichtige, neue Forschungsergebnisse publiziert worden, die eine plausible Erklärung ermöglichten und eine verhängnisvolle Ereigniskette aufzeigten.

Abb. 1: Der Ort Saint Saphorin in der Lavaux (Waadt). In der Ferne sind hinten von links bis in die Bildmitte die Waadtländer Alpen und rechts die Savoyer Alpen zu sehen. Dort löste sich der grosse Bergsturz, dessen Massen auf die Feuchtgebiete am Rhônedelta (aber nicht in den See) fielen. Weil der See vor den Gewässerkorrektionen im 19. Jahrhundert von Hochwässern bedroht war, liegen sowohl die Siedlung wie auch die alte Landstrasse etliche Meter oberhalb des Sees (heutiger Normalpegel 372 m ü. Meer). Bild: www.region-du-leman.ch

Wer an einer kulturellen und önologischen Führung durch das Lavaux-Dorf Saint Saphorin[1] teilnimmt, bekommt zu hören, dass einmal ein gewaltiger Tsunami das Dorf erfasst und Vieles zerstört habe. Einen grossen Bergsturz kann man sich aber, an den relativ sanften, mit Reben bebauten Molasse-Hängen der Lavaux nicht vorstellen *(Abb. 1)*. Die Kirche und der alte Dorfkern liegen übrigens rund 30 m über dem heutigen Seespiegel. Das ist aber damit zu begründen, dass der Genfersee, vor den Flussregulierungen im 19. und 20. Jahrhundert, oft über die Ufer trat. Die in Saint Saphorin gehörte Geschichte war auf jeden Fall eine Motivation der «grossen Welle» näher auf den Grund zu gehen und passt gut zum Thema «Zeitreisen».

Alte Schriften berichten über grosse Welle

Zwei alte, historische Quellen beschreiben eine Naturkatastrophe am Genfersee und geben mit 563 n. Chr. dafür auch eine Jahrzahl an. Der erste Bericht stammt vom Bischof und Heiligen Marius von Avenches, der in der *Chronica ad annum 563*[2] beschreibt, dass ein Bergsturz bei der Burg Tauredunum am Alpenrand auf dem Genfersee eine grosse Welle ausgelöst habe, die am Seeufer Siedlungen und in Genf eine Brücke sowie Mühlen zerstörte und in der Innenstadt (genauer Unterstadt; siehe *Abb. 6)* etliche Menschen tötete. Ein ähnlich lautender, zeitgenössischer Bericht stammt von Gregor (Grégoire) von Tours und befindet sich in der französischen Nationalbibliothek. Da sich Historiker ein solches Ereignis am «friedlichen Genfersee» nicht vorstellen konnten, wurde die Geschichte der «grossen Welle» lange als Metapher bzw. Legende gewertet, eine Darstellung der politischen Stürme in der unsicheren Völkerwanderungszeit[3].

Forscher suchen nach Tauredunum

Im 19. Jahrhundert wurden neue wissenschaftliche Methoden angewandt: In der Archäologie hat man nicht nur Zufallsfunde an der Oberfläche gesammelt, vielmehr versuchte man durch Grabungen mehr über die Vergesellschaftung und Schichtabfolge der Funde zu erfahren. Die Geologen wandten das Aktualismus-Prinzip von Charles Lyell[4] und anderen an, wonach heute beobachtete, geomorphologische Prozesse auch in der Vergangenheit (Erdgeschichte) wirkten. So ist zu erwarten, dass die Ablagerungen rezenter Bergstürze jenen von erdgeschichtlich älteren Bergstürzen ähneln.

In der Region des Genfersees waren Frédéric Troyen (1815–1866), ein Archäologe und Adolphe Morlat (1820–1867), ein brillanter Geologe aus Bern, die Pioniere des neuen Vorgehens. Sie glaubten nicht, dass die Geschichte des Heiligen Marius nur eine Legende ist und machten sich auf die Suche nach Spuren des Tauredunum-Ereignisses im Gelände. Beide neigten dazu, das Ereignis in der Ostflanke des «Le Grammont» (2172 m; SW von Bouveret) zu verorten, genauer auf der Alp «La Dérotchia» («nomen est omen»[5]). Diese Idee wurde vom Naturforscher und Konservator Rodolphe Blanchet (1807–1864) aufgenommen. Er hielt fest, dass das Seeufer in der spätrömischen Zeit noch einige Kilometer östlich von Le Bouveret lag und die Bergsturztrümmer direkt in den See fielen, diesen dort teilweise auffüllten und so eine grosse Flutwelle auslösten.

1 2007 erfolgte die Aufnahme der Lavaux ins UNESCO Weltkulturerbe.
2 Marius von Avenches lebte von 530 (oder 531) bis 594 n. Chr. Galt schon zu Lebzeiten als Heiliger. Approbation durch Rom 1605. Eine Abschrift seiner Chronik findet sich heute in der British Library (Nationalbibliothek; London).
3 Sogenannt barbarische Völker aus dem Osten bedrohten damals Westeuropa.
4 Der Geologe Charles Lyell (1797–1875) war der wichtigste (aber nicht der erste und einzige) Verfechter des Aktualismus-Prinzips.
5 Name wohl abgeleitet von dérocher = «faire tomber des pierres».

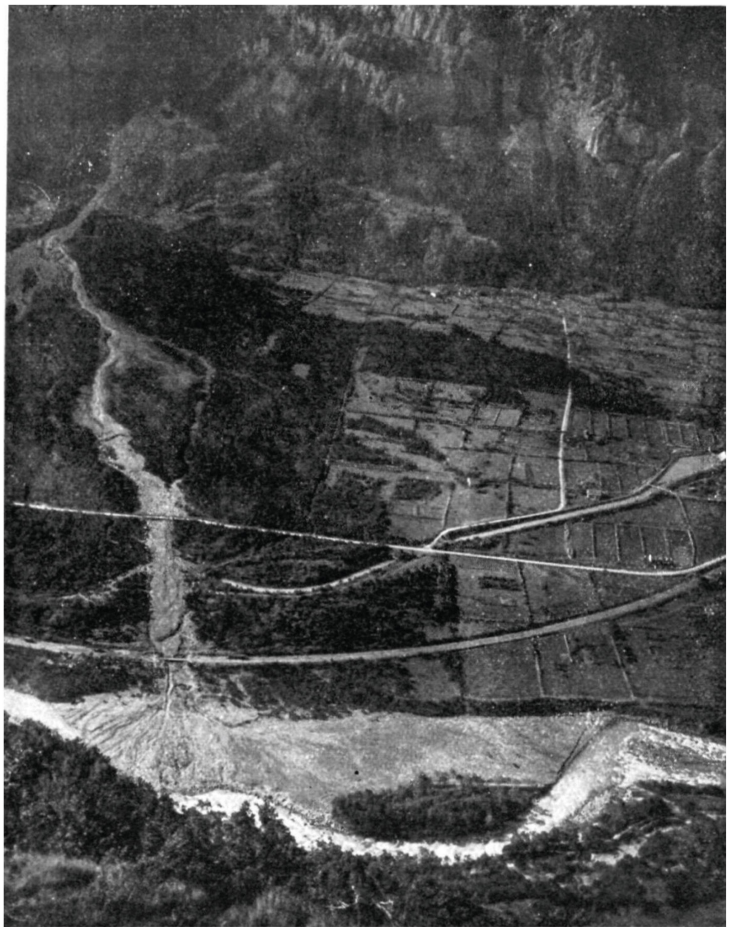

Abb. 2: Quelle allen Unheils? Anhänger der «Bois-Noir»-Hypothese sahen den heute bewaldeten Schuttkegel südlich von St. Maurice als Auslöser des Tsunami-Ereignisses. Instabile Felsen im Quellgebiet liefern Lockermaterial, das vom Wildbach «Torrent Saint Barthélemy» bis in die Rhône geschwemmt wird und diese stauen kann. Ein grösseres Ereignis 1926 wurde beispielsweise dokumentiert in einem Bericht von Ignace Marietan, der auch auf das Tauredunum-Ereignis Bezug nimmt. Bild: Ignace Marietvan

Ursache? Zwei ältere Hypothesen!

Eine andere Hypothese war im 19. Jahrhundert populärer als die Verortung am Grammont bei Le Bouveret. Sie postulierte einen grossen Bergsturz unweit südlich St. Maurice gefolgt von einem Stau im Rhônetal. Von der instabilen Felsflanke der «Rochers des Gagneries» (2735 m), ein Grat der markanten Dents du Midi, soll sich ein gewaltiger Bergsturz gelöst und dessen Schutt sich bis ins Tal ergossen habe. Dort entstand gemäss der **«Bois Noir»-**Hypothese ein grosser Schuttkegel, der heute bewaldet ist (siehe *Abb. 2).* Der Schutt soll die Rhône vorübergehend zurückgestaut haben. Ein späterer Dammbruch hätte demnach zu einer Flutwelle geführt, die bis nach Genf zu spüren war. Diese Hypothese war auch bei den Historikern beliebt, weil der alte Chronist Gregor (Grégoire) von Tours nur den Fluss Rhône, aber nirgends einen See erwähnt.

Aus aktueller Sicht erklärt ein solches Dammbruchereignis die 563 beobachtete Hydrodynamik auf dem Genfersee aber keineswegs: Angesichts seiner grossen Fläche hätte der See ausgleichend gewirkt und der Spiegel des Genfersees wäre nur leicht angestiegen (vielleicht maximal 1 m). Vor allem im Rhônetal selbst hätte die Flut aber grosse Zerstörungen angerichtet. Es gibt jedoch z. B. im Kloster St. Maurice, wo schon um etwa 400 n. Chr. der erste Bischof des Wallis Theodul (auch Theodor) wirkte, keine schriftlichen Belege für einen grossen Bergsturz gleich nebenan und eine grosse Flut, wohl aber zeitnahe Beschreibungen eines Langobarden-Überfalls um 574.

Die Kontroverse der Anhänger der «Le Grammont» – Hypothese und der «Bois Noir»-Hypothese ging jahrzehntelang weiter bis etwa in die 1930er-Jahre, dann kamen neuere Ideen auf, was 563 passiert sein könnte.

Spezialisten für Felsbewegungen und Bergstürze, so der Geomorphologe Philippe Schoeneich (aus Grenoble), sind mittlerweile geneigt die Ursache für das Tauredunum Ereignis an der Felsnase der **«La Suche»** (1541 m), unweit nördlich von Vouvry (VS), zu verorten. Die Felsnase der «La Suche» ist stark zerklüftet, immer noch instabil und

somit Quelle von Steinschlag sowie kleineren Felsstürzen. In der Talebene, östlich der Rhône zwischen Bouveret und Villeneuve, gibt es kleinere Unebenheiten und Hügel, deren innerer Aufbau bei Tiefbauarbeiten punktuell untersucht werden konnte (siehe *Abb. 3)*. Es zeigte sich, dass diese Erhebungen zertrümmertes, kalkiges Material von der «La Suche» enthalten, insbesondere helle Malmkalke, aber auch Gesteine der «Couches Rouges», also dunkelrote, dünnbankige und schiefrige Mergel sowie Kalke (Alter: Oberkreide bis Alttertiär). Insgesamt umfasst die Bergsturzmasse mindestens 30 Millionen Kubikmeter, was einem Felswürfel von rund 310 m Kantenlänge entspricht und die Bergsturzmasse von Bondo (GR) im Jahr 2017 um das Zehnfache übertrifft! Die *Abb. 3* zeigt auch, dass die Bergsturztrümmer zwar Feuchtgebiete zugedeckt haben, der damalige See aber nur ganz am Rande berührt wurde, was nicht ausreichte, einen grossen, bis nach Genf wirkenden Tsunami auszulösen.

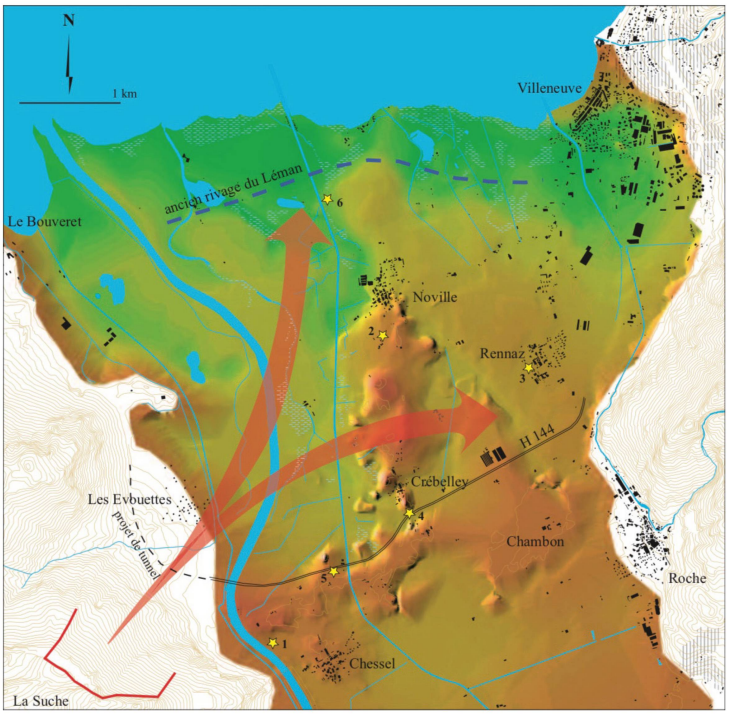

Abb. 3: Die Ausbruchnische, der Transport (orange Pfeile) und die hügeligen Ablagerungen (braun bis orange dargestellt) des «Suche»-Bergsturzes zwischen Le Bouveret, Villeneuve, Chessel und Vouvry (liegt links unten; gerade ausserhalb des Kartenausschnitts). Verschiedene Tiefbauarbeiten (gelbe Sterne) erlaubten es, den Aufbau der Hügel punktuell zu studieren*. Bild: Philippe Schoeneich, Marc Weidmann und Carole Blomjous (2015).

* Mittlerweile ist die Ansicht, dass der Bergsturz von der Suche das alte Tauredunum zerstörte, bestätigt worden. Unter den Bergsturztrümmern fand man 2018 gallo-römische Siedlungsreste (Mauern) und Gegenstände!

Blick in die Tiefen des Sees

Die Vorgänge im Jahr 563 konnte man aber erst richtig deuten, als man die Entstehung des Sees, die Formen des Seebodens sowie die Seeablagerungen limnologisch[6] und limnogeologisch umfassend studierte und verstand. Der See hat eine Fläche von 580 km^2 und einen Inhalt von 89 km^3, was ihn zum wasserreichsten See von Mitteleuropa macht. Entstanden ist die Vertiefung des heutigen Sees in der letzten Kaltzeit. Das letzte glaziale Maximum (Last Glacial Maximum, LGM) erreichte seinen Höhepunkt vor etwa 21 000 bis 18 000 Jahren, als der Rhône-Gletscher bei Genf noch 1 km dick war und bis in die Region von Lyon reichte. Durch die Einwirkung des Gletschers entstand am Alpenrand im Felsuntergrund ein stark übertieftes, gewaltiges Trogtal von bis zu 1100 m Tiefe! Mit dem Zurückweichen des Gletschers wurde das Trogtal mit Wasser und Sedimenten gefüllt. Trotz der Verfüllung dieser glazialen Übertiefung über viele Jahrtausende ist der Genfersee zwischen Evian und Lausanne noch immer 310 m tief.

Entscheidend war die Untersuchung der Sedimente an der tiefsten Stelle des Sees, einer flachen Unterwasserebene zwischen Lausanne (VD) und Evian (F). Dabei wurde ein Sonar eingesetzt, dessen Quelle ein akustisches Signal erzeugt. Die Echos werden von einem Detektor aufgefangen und zeigen mehr oder weniger stark reflektierende Schichten im Untergrund. Aus der

6 Limnologie: Ist die Wissenschaft von Binnengewässern. Limnogeologie befasst sich mit den Ablagerungen in Binnengewässern.

Laufzeit des Echos kann auf die Tiefe der Schicht geschlossen werden. Das Signal ist breitbandig (2 bis 4 kHz) und für die Erkundung des Sedimentstapels bis in Tiefen von 40 m geeignet. Die Resultate der Erkundung sind auf der *Abb. 4* zu sehen.

Schliesslich wurde von der vermuteten «Tauredunum»-Schicht vier bis zwölf Meter lange Bohrkerne entnommen. Diese im Mittel 5 m bis 7 m mächtige Schicht (maximale Mächtigkeit 11 m) weist wenig interne Struktur auf und ist heller, siltiger[7] als die tonigen (dunkleren) Seesedimente darunter und darüber. An Blattresten aus diesem Sedimentkörper konnte eine Radiokarbondatierung (^{14}C-Datierung; siehe dazu auch Artikel in diesen Mitteilungen) durchgeführt werden. Dadurch liess sich ein Zeitfenster zwischen 381 n. Chr. und 612 n. Chr. ermitteln, was mit den historischen Angaben des Heiligen Marius («annum 563») und des Gregor von Tours gut übereinstimmt.

Verständnis für den Gesamtprozess

Fasst man alle Erkenntnisse zusammen, kann man das «Tauredunum»-Ereignis heute plausibel erklären und numerisch modellieren. Man geht davon aus, dass der Bergsturz von Gipfel der «La Suche» auf die weichen und feuchten Ablagerungen im unteren Rhônetal der Auslöser der ganzen Ereigniskette war *(Abb. 3)*. Die Erschütterungen waren so stark, dass die feinen, siltigen Ab-

7 Sehr feine Tone und Sande mit einer Korngrösse von maximal 0.063 mm. Silt ist typisch für die Trübung von Gletscherflüssen, wie eben auch der alpinen Rhône im Wallis.

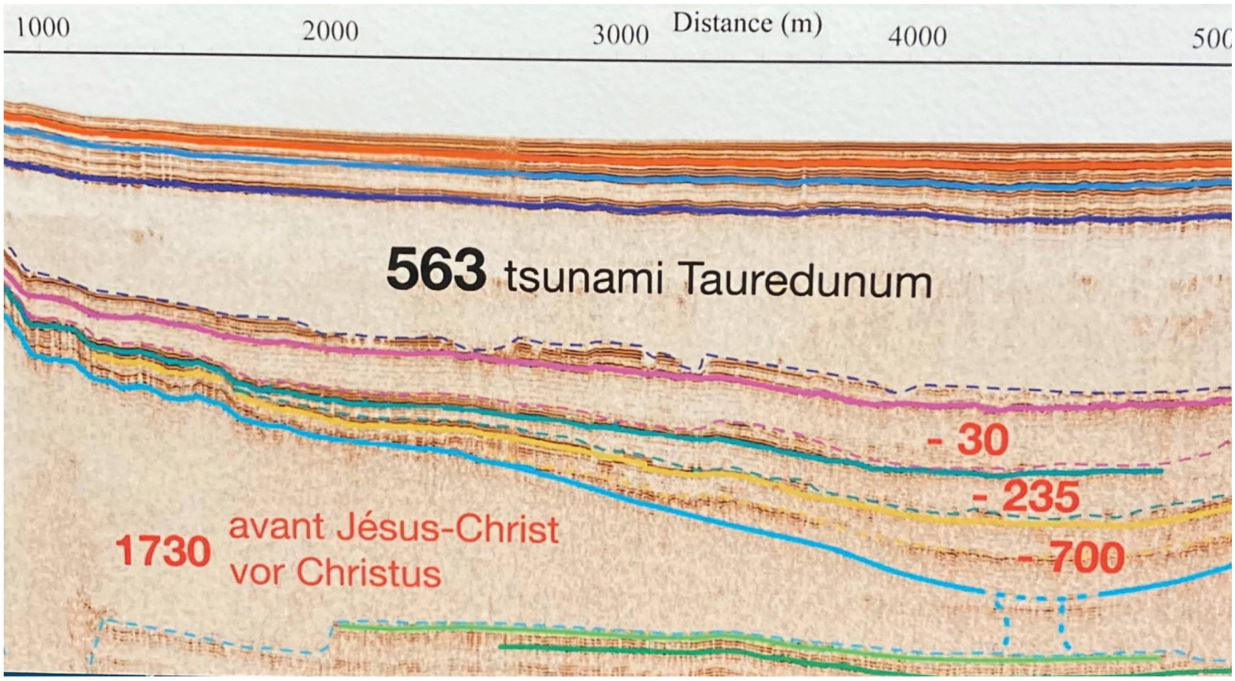

Abb. 4: Stark überhöhte Ansicht des Sedimentprofils am Seegrund (insgesamt etwa 22 m). An der Oberfläche liegen ungestörte, parallelgeschichtete Sedimente des Seegrunds (Mächtigkeit ca. 2.5 m bis 4 m in 1450 Jahren). Darunter folgt eine 5 m bis 11 m mächtige, wenig strukturierte Schicht, die sich über viele Kilometer erstreckt. Sie ist im Jahr 563 durch einen Unterwasser-Rutsch innerhalb von Minuten bis Stunden entstanden. Weitere Schichten, die auf solche Massenverschiebungen im See hindeuten, finden sich ca. 30 v. Chr., 235 v. Chr., 700 v. Chr. und 1730 v. Chr. («bronzezeitlicher Tsunami»). Quelle: Stéphanie Girardclos und Katrina Kremer. Bild ausgestellt im Musée du Léman (Nyon).

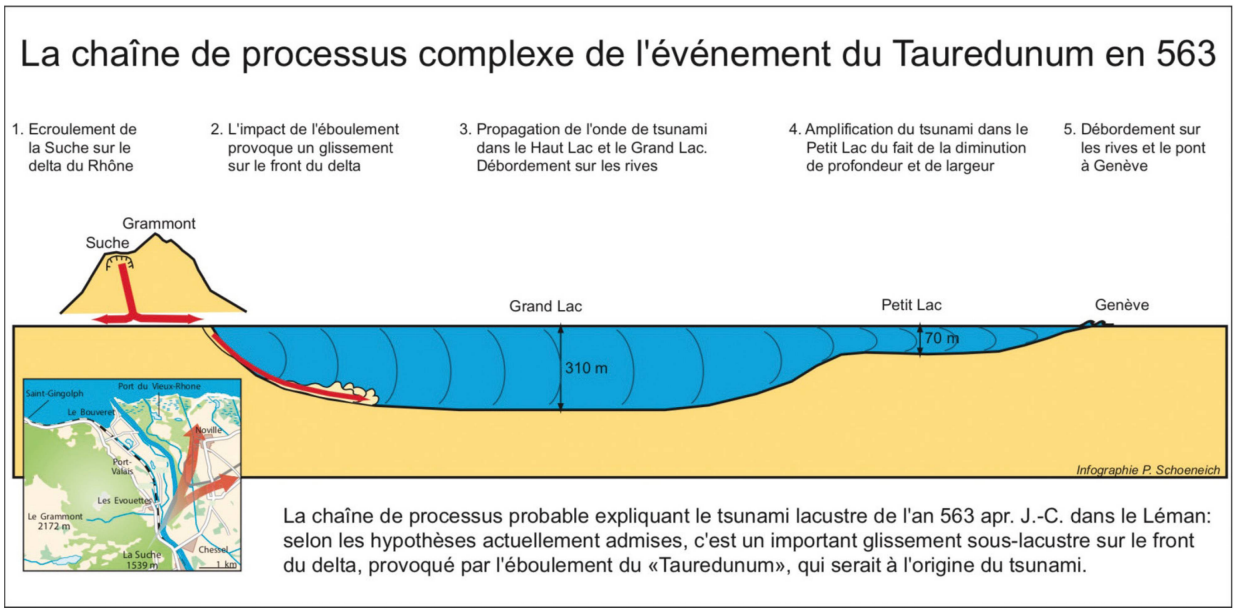

Abb. 5: Die Ereigniskette des Tauredunum-Ereignisses: Alles begann mit einem grossen Bergsturz von der «La Suche» (1). Die Erschütterungen lösten am Rhônedelta einen grossen Rutsch und Trübestrom unter dem Seespiegel aus, dessen Schubwirkung den Tsunami auslöste (2). Der Tsunami bewegte sich in etwa 70 Minuten bis nach Genf (3). Man beachte das Tiefenprofil des Sees vom Grand Lac zum Petit Lac. Die Einengung im Petit Lac führte zu einer Verstärkung (Erhöhung) des Tsunamis, der schliesslich in Genf wieder 8 m Höhe erreichte (5) und zerstörerisch wirkte. Bild: Philippe Schoeneich, Marc Weidmann und Carole Blomjous (2015). Erstpublikation: Kremer, K., Simpson, G., Girardclos, S. (2012).

lagerungen vor der Rhônemündung destabilisiert wurde. Es ist ein bekannter Effekt, dass wasserhaltige, feinkörnige Sedimente durch Erschütterungen destabilisiert werden. In unserem Fall war die Erschütterung Folge eines Bergsturzes, es könnte aber auch ein starkes Erdbeben als Auslöser wirken. Man nennt diesen Effekt Thixotropie[8]. Aufgrund der Ausdehnung des «Tauredunum»-Sedimentkörpers *(Abb. 4)* nimmt man an, dass sich dabei 250 Millionen (!) Kubikmeter Sediment als Trübestrom vom Rhônedelta in die Tiefen des Genfersees zwischen Lausanne und Evian bewegt haben, was genügend kinetische Energie für ein grosses Tsunami-Ereignis lieferte. Die Dauer des Trübestroms ist unbekannt, aber es wird vermutet, dass in einer halben Stunde schon die Hauptmasse transportiert war. Die restliche Trübung sedimentierte in Stunden bis Tagen.

Die numerische Modellierung der Tsunami-Vorgänge hat ein Spezialist der Universität Genf, Guy Simpson, übernommen. Er hat viel Erfahrung mit der Modellierung von Naturkata-strophen weltweit, z. B. in Neuseeland. Die Modellierung für den Genfersee war aber eine grosse Herausforderung. Im Längsprofil variiert die Tiefe nämlich stark, wie auch die *Abb. 5* zeigt. Der über 300 m tiefe «Grand Lac» liegt oberhalb von Nyon. Von Nyon bis Genf erstreckt sich der «Petit Lac», der deutlich weniger tief (bis 76 m) und zudem weniger breit ist, als der «Grand Lac». Je schmaler der See wird, desto komplexer ist das Modell zur Ableitung der maximalen Wellenhöhen, weil z. B. Wellen von der Gegenküste zurückschwappen

8 Phasenübergang in feinkörnigem Sediment durch mechanische Beanspruchung (typisch ist ein Wechsel fest → flüssig durch eine Erschütterung).

Abb. 6: Genf zur Zeit der Völkerwanderung («Fränkisches Genf»). Die Kernsiedlung mit Kirche lag auf dem Hügel (links), wo noch heute die Kathedrale Saint-Pierre steht. Von der Überflutung betroffen waren vor Allem die befestigte Unterstadt am Seeufer (Bildmitte) sowie die grosse Brücke über die Rhône (Mitte; rechts). Die heutige Innenstadt rund um den Pont du Mont Blanc existierte damals noch nicht, wäre aber bei einem gleichartigen Tsunami-Ereignis heute sehr stark betroffen! Bild ausgestellt im Musée du Léman (Nyon).

können (Reflexion und Interferenzen). Die Strände wurden wohl nicht nur von einer einzigen Welle getroffen, sondern es gab wohl mehrere Wellen (Effekt des «hin und her Schwappens»). So ist die alte Beschreibung des Marius von Avenches wohl treffend: «Der See wurde so aufgewühlt, dass er über seine Ufer trat und Dörfer mit Mensch und Vieh zerstörte». Gemäss Guy Simpsons Modell war der Tsunami in Vevey (Vilette) 6 m hoch, Lausanne bis 13 m (!), in Evian 8 m, in Nyon 4 m und in Genf (maximale Verengung) wieder 8 m. Im Bereich des Rhône-Deltas gab es dagegen einen Sog und der See wich zurück. Für Montreux wird gemäss dem numerischen Modell ein Absinken des Seespiegels von 2 m angenommen!

Auch die Vorgänge im Jahre 563 in Genf[9] kann man nun besser verstehen *(Abb. 6)*. Marius von Avenches hat sie treffend beschrieben (siehe weiter oben). Gregor von Tours hielt auch fest, dass die Stadtmauer überflutet wurde, was mit den 8 m Überflutungshöhe gemäss dem numerischen Modell übereinstimmt. Würde sich ein solcher Tsunami heute wiederholen, würden etwa 2 bis 3 km^2 der Genfer Innenstadt überflutet, alles tieferliegende Gebiete, die 563 n. Chr. noch nicht besiedelt waren! Die Verluste an Menschenleben und der Schaden wäre also heute wohl wesentlich grösser, als in fränkischer Zeit.

Tsunami-Gefahr heute

Im Sedimentprofil *(Abb. 4)* gibt es Hinweise auf mehrere ähnliche Ereignisse, wobei beim Tauredunum Ereignis weitaus das grösste Volumen bewegt wurde (die Ablagerung ist grossflächig und mächtig). Der bronzezeitliche Tsunami[10] war vor Allem zwischen Lausanne und Evian zu spüren. Quelle ist in diesem Fall nicht das Rhône-Delta, sondern der Unterwasserrutsch bewegte sich vom Nordufer über den Steilhang des eiszeitlichen Trogtals in die Tiefen des Sees. Die Mächtigkeit der Ablagerungen am

9 Zusammen mit Burgund fiel Genf im Jahre 532 an die Franken.

10 Alter etwa 1730 Jahre v. Christus; siehe auch Abbildung 4

Seegrund schwankt stark und das Volumen war nur halb so gross wie beim Tauredunum-Ereignis. Einige bronzezeitliche Seesiedlungen waren dennoch von diesem Ereignis stark betroffen und die Untersuchung von bronzezeitlichen Holzpfählen deutet auf eine etwa 129 Jahre dauernde Siedlungspause.

Es ist keineswegs auszuschliessen, dass sich auch heute ein ähnliches Ereignis wiederholt, z. B. bei starken Erschütterungen durch ein Erdbeben.

Tsunamis sind auch von anderen Alpenrandseen bekannt, so vom Vierwaldstättersee (1601 und 1687; maximale Höhe 4 bis 5 m), vom Lac de Bourget (Savoyen; 1822; Höhe mehrere Fuss) oder vom Comersee (nicht datierte Ablagerungen am Seegrund).

Auch Bergstürze, die in Seen hineinfahren, können Flutwellen auslösen. So wurde der Lauerzersee (SZ) 1806 randlich vom Bergsturz am Rossberg aufgefüllt, was eine bis zu 9 m hohe, zerstörerische Flutwelle auslöste.

Der interdisziplinäre Ansatz von Geologen, Limnologen, Archäologen und Historikern half, die Gefahr von See-Tsunamis zu erkennen und deren Häufigkeit abzuschätzen. Die Ergebnisse sind sehr wichtig für die Behörden, welche für die Gefahrenprävention und -abwehr zuständig sind.

Literatur

Kremer, K., Simpson, G., Girardclos, S. Giant Lake Geneva tsunami in AD 563. Nature Geoscience 5, 756–757 (2012).

L'énigme du Tauredunum enfin résolue? Philippe Schoeneich, Marc Weidmann, Carole Blomjous, p. 153–174 dans de «Le Rhône, entre nature et société», textes réunis par Emmanuel Reynard, Myriam Evéquoz-Dayen, Gilles Borel, Sion, 2015 (Cahiers de Vallesia, 29).

Un tsunami sur le Léman – Tauredunum 563 – Pierre-Yves Frei, Sandra Marongiu; Buch; EPFL Press; 2019

Dank

Beatrice Giger sei gedankt für das sorgfältige Korrigieren der Orthographie.

Matthias Giger

Matthias Giger, Jahrgang 1954, promovierte in Isotopengeologie an der Universität Bern. Danach Tätigkeit als Gymnasiallehrer für Geographie sowie Chemie und später als wissenschaftlicher Mitarbeiter für Bevölkerungsschutz (Kanton Bern), wo auch Naturgefahren ein Thema waren. Von 2001 bis 2019 wirkte er als Fachlehrer für Chemie im ABC Zentrum Spiez.

Kontakt: aries1@bluemail.ch