

Jber. Natf. Ges. Graubünden 120 (2018), Seiten 41–49

Rätselhafte Unterwasserbäume in den Oberengadiner Seen

von Christian Schlüchter¹, Georges Bonani², Florian Donau³, Reto Grischott², Kurt Nicolussi⁴,
Andreas Pfenninger⁵, Beat Schlüchter⁶, Mathias Seifert⁷, Sandro Vattioni² und Irka Hajdas²

¹ Universität Bern
Institut für Geologie und OCCR
Baltzerstrasse 1 + 3
3012 Bern

² Institut für Ionenstrahlphysik
Hönggerberg
ETH Zürich
8092 Zürich

³ BauGrundRisk GmbH
Sennensteinstrasse 5
7000 Chur

⁴ Universität Innsbruck
Institut für Geografie
Innrain 52
A-6020 Innsbruck

⁵ Gymnasium Hofwil
3053 Münchenbuchsee

⁶ Gymnasium Thun,
3600 Thun

⁷ Archäologischer Dienst
Graubünden
7000 Chur

Zusammenfassung

Aufrecht stehende Bäume sind etwas Spezielles, besonders wenn sie sich rund 30 m unter der Wasseroberfläche befinden. Datierungen an Unterwasserbäumen in den Oberengadiner Seen Silser- und Silvaplanersee stellen die Frage nach deren Geschichte in der heutigen Ausdehnung neu. Zwischen AD 650 und 700 haben im Silsersee und um AD 1000 beziehungsweise an der Wende 13./14. Jahrhundert im Silvaplanersee beträchtliche, mehrphasige und folgenschwere Bewegungen stattgefunden. Es muss davon ausgegangen werden, dass diese zu einer Veränderung der Wasserspiegel führten, so dass die Bäume unter Wasser zu stehen kamen. Die wirklichen Ursachen dieser Vorgänge bleiben spekulativ; Bewegungen an der Engadiner Linie sind aber nicht einfach auszuschliessen.

Schlagerworte: Subaquatische Bäume, Engadiner Linie, Silsersee, Silvaplanersee, Seespiegelanstieg

1. Einleitung

Es machte den Anschein, als ob nach den bisherigen Untersuchungen und den entsprechend publizierten Daten zur Beckengeologie und Sedimentati-

onsgeschichte von Silser- und Silvaplanersee keine grundsätzlich neuen landschaftsgeschichtlichen Erkenntnisse mehr zu erwarten wären. Denn detaillierte seismische Profile aus den beiden Seen, kombiniert mit untiefen Bohrungen, haben grundlegende Erkenntnisse zur Steuerung der sedimentären Geschichte in den Seen während der letzten 1300 Jahre gebracht (LEEMANN 1993, BLASS ET AL. 2005, GRISCHOTT et al. 2014). Wichtige Punkte kurz zusammengefasst:

- Als Bezugshorizont gilt in beiden Teilbecken des Silsersees ein mehrere Meter mächtiger Turbidit, der das Produkt beträchtlicher umgelagerter Sedimentmengen ist. Dieser ist mit Bohrungen und in seismischen Profilen nachgewiesen worden (BLASS et al. 2005, GRISCHOTT et al. 2014).
- Der Turbidit ist nach BLASS et al. (2005) um ca. AD 700 beziehungsweise gemäss GRISCHOTT et al. (2014) nahe bei AD 700 abgelagert worden.
- Die Sedimentationsverhältnisse im Silsersee mit unregelmässig laminierten Sedimenten unterscheiden sich vom Silvaplanersee mit ausgeprägter Jahresschichtung (Warven).
- Die Sedimente im Silvaplanersee dokumentieren nach LEEMANN (1993) eine kontinuierliche holozäne Becken- und Gletschergeschichte.
- Anhand von Korngrösse und erhöhtem Glimmergehalt in entsprechenden Bohrkernabschnitten

aus dem Silsersee ist der Einfluss der Gletschervorstösse der späten Phase der Kleinen Eiszeit aus der Val Fedox dokumentiert (BLASS et al. 2005, HOLZHAUSER, ZUMBÜHL 1999).

- Die jüngsten Veränderungen im sedimentären Geschehen sind im Silsersee mit zivilisatorisch bedingter Eutrophierung als direktes Abbild des zunehmenden Tourismus ab AD 1880 nachweisbar. Die Oberengadiner Seen sind äusserst sensible Umweltarchive (BLASS et al. 2005).

Die erwähnten Punkte bilden den Rahmen von ergänzenden Beobachtungen, die nachfolgend dargestellt werden. Bei einem Tauchgang im Silvaplanersee am 3. September 2005 sind 10 bis 20 m vom Ufer entfernt bei Plaun da Lej senkrecht stehende Bäume entdeckt worden. Ein zusätzlicher Tauchgang zur gleichen Stelle zur Probenahme für dendrochronologische Analysen hat am 12. Oktober 2006 stattgefunden. Dieser zweite Tauchgang im Silvaplaner- und ein weiterer Tauchgang im Silsersee haben unter der Leitung der Kantonspolizei Graubünden und deren Experten Urs Grigoli am 14. Dezember 2006 stattgefunden. Der Tauchgang im Silsersee führte zu den bei Sporttauchern bereits bekannten Bäumen. Die Fundumstände der subaquatischen Bäume sind klar: Sie stehen aufrecht in mehreren Metern Wassertiefe. Für die Beantwortung der Frage nach deren Alter sind Stammaussenproben für die Radiokarbonbestimmung und Bohrungen für

die dendrochronologische Analyse entnommen worden. Am 21. Oktober 2017 sind bei einem weiteren Tauchgang im Auftrag der RTR (Radiotelevision Svizzera Rumontscha) eine weitere Stammoberflächenprobe von einem Baum und zwei Astproben aus dem Silsersee an Land gebracht worden. Dieses reiche Probenmaterial soll im vorliegenden Artikel dargestellt und nach seinen Altersbestimmungen im geomorphologischen Kontext diskutiert werden. Die Koordinaten der Unterwasserbäume sind im Malojabecken vom Silsersee 2774.865/1142.420 und im Silvaplanersee 2780.010/1146.570 (Abb. 1).

Eine zentrale Frage, die aus den bisherigen Untersuchungen hervorgeht, ist diejenige nach dem Zusammenhang zwischen dem Ereignis, das den grossen Turbidit im Silsersee auslöste und den Unterwasserbäumen beziehungsweise deren Absterben. Denn entweder wurzeln die Bäume auf dieser Schicht und wären demzufolge jünger oder sie sind älter und vom Turbidit im Wurzelbereich bedeckt worden.

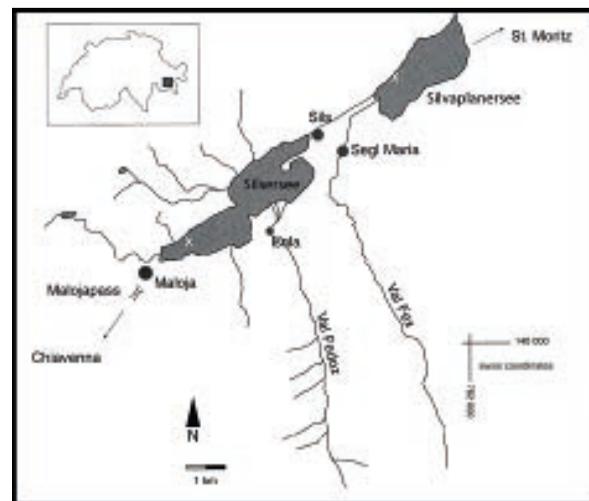


Abb. 1: Schematische Karte der Oberengadiner Seen mit Indexkärtchen des Untersuchungsgebietes innerhalb der Schweiz (vereinfacht aus BLASS et al. 2005). Die Lage der Unterwasserbäume in den beiden Seen ist mit einem weissen x markiert (Fundpunktkoordinaten siehe Text).

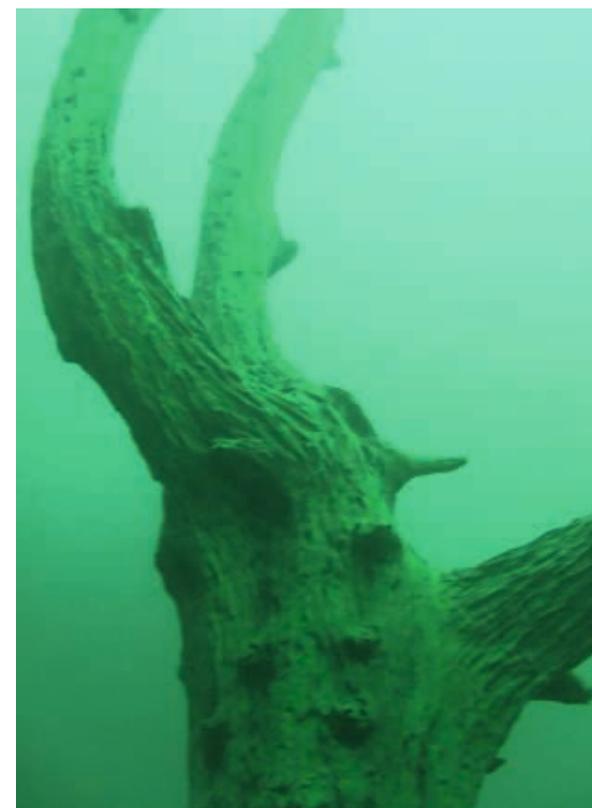


Abb. 2: Der grosse, verzweigte Lärchenstamm (Baum SI-1) im Silsersee, der in 28 m Wassertiefe wurzelt und mit der Krone bis in 20 m Wassertiefe hochragt (Foto: Universität Bern).

2. Die Unterwasserbäume

Der Archäologische Dienst des Kantons Graubünden untersuchte im Jahr 2011 Unterwasserbäume im Silsersee in 2,5 m Wassertiefe. Radiokarbon- und dendrochronologische Datierungen dieser Unterwasserbäume erlaubten die Rekonstruktion eines Seespiegelanstiegs um ca. 3 m auf das heutige Niveau zwischen AD 200 und AD 300. Als Ursache für diesen Seespiegelanstieg wurde eine erhöhte Auflandung im Schuttfächer bei Sils infolge von Gletscherschwankungen angedacht (VATTIONI et al. 2015).

Die in den beiden Seen in grösseren Wassertiefen ertauchten und hier diskutierten Unterwasserbäume stehen mit einer Ausnahme senkrecht, sind also in Wachstumsposition und von beachtenswerter Grösse. Der grosse, in seinem Gipfel verzweigte Lärchenstamm (SI-1) im westlichen Teil des Malojabeckens vom Silsersee (Abb. 2) steht in ca. 28 m, sein Gipfel ist in 20 m Wassertiefe. Der Stamm ragt mindestens 8 m aus dem Seegrund und ist in leichter Schräglage.

Der zweite Stamm (SI-2) steht ca. 2 m daneben. Der verzweigte Baum (SI-1) hat auf Seegrund einen Umfang von 113 cm (Abb. 3), sein Nachbar (SI-2) von 100 cm. Der Seegrund ist an dieser Stelle flach und im sichtbaren Tauchbereich ohne feststellbares Relief. Die Position der Bäume ist in der Seemitte ausserhalb von Plan di Mort und ca. 750 m seebwärts von der Wanderwegbrücke über das Drainagebächlein bei seiner Einmündung in den See bei Maloja (Abb. 1).

Die beiden Bäume im Silvaplanersee stehen ebenfalls in flachem Seegrund in ca. 15 m beziehungsweise 20 m Entfernung vom recht steilen, felsigen Ufer bei Fiuors. Baum SP-1 steht, leicht geneigt, ca. 20 m vom Ufer weg in 12,5 m Wassertiefe und mit der Krone 3,2 m unter Wasserspiegel. Der Umfang beträgt 98 cm. Baum SP-2 steht ca. 15 m vom Ufer weg in 6,9 m Wassertiefe und endet mit der Krone nur 1,3 m unter Wasserspiegel (Abb. 1, Abb. 4). Sein Umfang beträgt 290 cm. An der Stammbasis ist die Verbreiterung zu einem Wurzelstock sichtbar. Im Gegensatz



Abb. 3: Basis der Lärche (Baum SI-1) im Silsersee in 28 m Wassertiefe im flachen, ungestörten Seegrund. Der Wurzelstock lässt sich nur noch erahnen und ist um einige Dezimeter eingesedimentiert. Dieser Baum wurzelt sicher nicht in der sichtbaren Ablagerung. Der Baumumfang beträgt ca. 113 cm über Grund. Vergleiche auch Abb. 2 (Foto: Universität Bern).



Abb. 4: Die Krone des grossen Lärchenstammes (Baum SP-2) im Silvaplanaersee befindet sich nur 1,3 m unter dem Seespiegel (Foto: Universität Bern).

zur Umgebung der Bäume im Silsersee, wo nur vereinzelte Aststücke auf dem Seegrund liegen, wurde zwischen den beiden Stämmen im Silvaplanaersee viel Totholz mit mindestens einem grösseren Stamm (SP-3), der praktisch sedimentfrei ist, entdeckt. Die kleinen Hangschuttfächer erreichen die Bäume hier noch nicht. Bei den beprobten Unterwasserbäumen im Silvaplanaersee handelt es sich ausschliesslich um Lärchen. Aus dem Silsersee ist je ein Baum als Lärche beziehungsweise Fichte bestimmt worden. Bei den übrigen Streuproben handelt es sich um nicht weiter bestimmte Nadelhölzer.

3. Die Altersbestimmungen

Die Ablagerung des mächtigen Turbidits im Silsersee wird in BLASS et al. (2005) nach zwei Radiokarbonbestimmungen mit cal AD 650 bis 780 und cal AD 530 bis 670 eingegrenzt. Das jüngere Alter wird als Maximalalter für die grossen Sedimentumlagerungen im See herangezogen (BLASS et al. 2005).

Die Versuche einer genaueren Altersbestimmung in einer Kombination von Radiokarbon- und Jahrringmessungen sind für die Proben aus dem Silser-

see nicht ganz befriedigend ausgefallen (Tab. 1). Die ¹⁴C-Alter liegen annähernd alle auf Plateaus der Kalibrationskurve. Die an den beiden Bohrkernen erarbeiteten kurzen Jahrringserien lassen ebenfalls keine eindeutige Datierung auf Basis der Jahrringbreitenmessungen zu. Auch der Versuch, über Holzdichteanalysen zu einer Datierung zu kommen, blieb ergebnislos.

4. Der geologisch-geomorphologische Rahmen

Auch wenn es hier um die jüngste Geschichte des Silsersees und Silvaplanaersees geht, so sei dennoch der geologisch-geomorphologische Rahmen des Untersuchungsgebiets beleuchtet. Denn die Frage nach der Entwicklung der Oberengadiner Seen stellt sich, womöglich nach der «Baumdiskussion» – zumindest spekulativ – neu.

Bei Maloja ändert das Nordost-Südwest verlaufende inneralpine Tal, das durch die Engadiner Linie von Zernez her strukturell vorgegeben ist: Das weite offene Hochtal des Oberengadins bricht abrupt ins Bergell ab. Der unmittelbare Höhenunterschied zwischen der Kirche von Maloja und der kleinen Brücke über die Orlegna bei Cavril beträgt gute 250 m bei nur einem Kilometer Horizontaldistanz. Ein solcher morphologischer Sprung bei fast gleichbleibender Talrichtung kann nicht nur mit eiszeitlicher fluss- und gletschermorphologischer Prägung erklärt werden. Der grosse geotektonische Rahmen muss hier als Disposition mitspielen. Das generell nach Osten gerichtete Axialgefälle und der lithologisch komplexe Zwischenbau zwischen dem Maloja-Kristallin der Sella-Einheit und dem Julier-(Bernina-)Kristallin der Margna-Einheit bilden genügend strukturelle Komplikationen für selektiv erosive Angriffe. Weiter fehlt der Nachweis für grosse Nord-Süd beziehungsweise Nordwest-Südost verlaufende Brüche. Aber darf nicht spekuliert werden, dass der Talverlauf der Orlegna, das erosive Freilegen des Bergeller Intrusivkörpers und das scheinbar einfachere Abtragen der Rahmengesteine im Osten und Nordosten für die grosse talmorphologische Entwicklung ebenfalls wichtig gewesen sind? Dafür spricht, dass die morphogenetischen Vorgänge, die zur Steilstufe bei Maloja geführt haben, sicher durch strukturelle Komplikationen und nicht ausschliesslich durch Gletschererosion bei wiederholten Vergletscherungen kontrolliert sind. Dabei haben die Gletscher die heutige Landschaft überprägt, jedoch nicht die Talanlage geschaffen. Riesige Eismassen sind dabei jeweils vom Engadiner Eisdom nach Westen ins Ber-

gell abgeflossen (STAUB 1952, FLORINETH, SCHLÜCHTER 1998). Die Steilstufe von Maloja kann dabei durchaus als ins Tal «eingeschachtelten Grossrundhöcker» bezeichnet werden, wobei die überschleifene Rückenlandschaft im Talboden beziehungsweise im Passgebiet von Maloja die luvseitige Rampe des Rundhöckers darstellt. Bei diesem morphogenetischen Szenario wird davon ausgegangen, dass auch bei den Vergletscherungen vor der letzten Eiszeit ein Engadiner Eisdom mit dem entsprechenden Eisstrom ins Bergell existierte und damit die tektonische Anlage der Orlegna ins Bergell weiter nachgeschliffen hat.

5. Diskussion der Baumanalysen

Die Altersbestimmungen der Unterwasserbäume erlauben, drei Altersgruppen zu unterscheiden. Die Lärchen aus dem Silvaplanaersee gehören zu den beiden jüngeren Altersgruppen, Lärche und Fichte aus dem Silsersee zu der dritten und ältesten Gruppe (Tab. 1, Tab. 2).

Die jüngste Gruppe (mit nur einer Altersbestimmung) ist durch den liegenden Lärchenstamm SP-3 im Silvaplanaersee gegeben (Tab. 2). Sein frühestes ¹⁴C-statistisches Absterbedatum liegt zwischen AD 1450 und 1650 (95.4% Wahrscheinlichkeit). Es ist unklar, wie viele Jahrringe zwischen der beprobten Stammaussenseite und dem Wachstumsende des Baumes gezählt werden könnten. Am Stamm konnten 123 Jahrringe gemessen werden. Wenn wir das untere Datum annehmen, dann heisst das, dass dieser Stamm seit AD 1327 wachsen konnte und spätestens um 1650 abgestorben ist. Demnach könnte man diesen Baum als Opfer der Kleinen Eiszeit bezeichnen (HOLZHAUSER, ZUMBÜHL 1999). Die lokalen Umstände lassen keine Schlüsse zu, ob der Stamm als Totholz an die Fundstelle gestürzt oder gerollt ist oder ob der Baum an dieser Stelle gewachsen und dann altershalber umgestürzt ist.

Die nächstältere Gruppe ist nur mit einem angebohrten und radiokarbondatierten Baum erfasst worden. Es handelt sich um Baum SP-2 aus dem Silvaplanaersee (Tab. 2). Sein frühestes ¹⁴C-statistisches Absterbedatum liegt zwischen AD 1017 und 1211 (95.4% Wahrscheinlichkeit). An diesem Stamm konnten 495, äusserst enge Jahrringe ausgemessen werden. Das Zentrum des Stammes ist beim Anbohren nicht erreicht worden. Die 495 Jahrringe entsprechen somit einer minimalen Wachstumszeit. Wenn wir auch hier das untere Ende des Wachstumsbereiches annehmen, dann heisst das, dass dieser Baum seit

Tab. 1: Liste der datierten Proben im Silsersee.

Probe	Resultate
ETH-83'513	Baum SI-2/Fichte/70 Jahrringe = 1304 ± 22 yrs BP 95.4% Wahrscheinlichkeit cal AD 661–723, 740–768 Median cal AD 699
ETH-83'514	Baum SI-1/Lärche/64 Jahrringe = 1313 ± 22 yrs BP 95.4% Wahrscheinlichkeit cal AD 658–717, 742–767 Median cal AD 687
ETH-33'169	CS-PLM-1/Ast/Nadelholz = 1395 ± 50 yrs BP 95.4% Wahrscheinlichkeit cal AD 552–710, 746–764 Median cal AD 639
ETH-33'170	CS-PLM-2/Ast/Nadelholz = 1335 ± 50 yrs BP 95.4% Wahrscheinlichkeit cal AD 606–774 Median cal AD 687
ETH-82'928	TV/Ast Nr. 1/Nadelholz = 1273 ± 22 yrs BP 95.4% Wahrscheinlichkeit cal AD 76–771 Median cal AD 721
ETH-82'929	TV/Ast Nr. 2/Nadelholz = 1298 ± 22 yrs BP 95.4% Wahrscheinlichkeit cal AD 664–724, 739–768 Median cal AD 705
ETH-82'930	TV/Stammoberfläche/Nadelholz = 1395 ± 22 yrs BP 95.4% Wahrscheinlichkeit cal AD 610–665 Median cal AD 646

Tab. 2: Liste der datierten Proben im Silvaplanaersee.

Probe	Resultate
ETH-31'117	kleines Brett von Baum SP-2/Lärche = 940 ± 50 yrs BP 95.4% Wahrscheinlichkeit cal AD 1017–1211, Median cal AD 1100 Bohrkern mit 495 Jahrringen, Endjahr = AD 974, kein Splintholz erkennbar Absterben frühestens im frühen 11. Jahrhundert
ETH-32'818	kleines Brett von Baum SP-3/Lärche = 340 ± 45 yrs BP 95.4% Wahrscheinlichkeit cal AD 1450–1650, Median cal AD 1556 Bohrkern mit 123 Jahrringen

AD 479 wachsen konnte. Das dendrochronologisch bestimmbare letzte Jahr ist AD 974. Da Splintholz am analysierten Bohrkern fehlt, kann geschlossen werden, dass dieser Baum frühestens im 11. Jahrhundert abstarb. Dieser Baum ist noch in Wachstumsposition und zeigt an der Basis eine wurzelstockartige Verbreiterung. Zwischen den beiden datierten Bäumen im Silvaplanersee liegen bei Berücksichtigung der Maximas und Minimas nach der jetzigen Probensituation 116 lärchenfreie Jahre.

Die älteste Gruppe findet sich im Silsersee. Die Radiokarbondatierungen der Proben aus dem Silsersee sind eine statistisch einfache Population und in ihrer Aussage eindeutig. Die sieben vorhandenen Alter sind im Prinzip innerhalb des einfachen Fehlers gleich alt: 1339 ± 33 Jahre BP. Zwei Proben haben sogar ein identisches Alter ergeben: 1395 ± 50 Jahre BP. Die kalibrierten ^{14}C -Daten variieren zwischen AD 552–764, 606–774, 610–665, 658–767, 661–768, 664–768 und 676–771 (mit jeweils 95.4% Wahrscheinlichkeit, Tab. 1). Einfach gemittelte Absterbejahre ergäben sich somit um AD 658, 690, 638, 713, 715, 716 und 724 mit einer Bandbreite von 66 Jahren. Die gemittelten Absterbejahre machen ein Wachstumsende um AD 700 sehr wahrscheinlich. Beide Stämme sind auch für dendrochronologische Analysen angebohrt worden. An der Fichte waren 70 Jahrringe, an der Lärche 64 Jahrringe auswertbar. In beiden Fällen ist wiederum das Stammzentrum nicht erreicht worden. Die Jahrringzahlen überspannen den einfachen Fehler der Radiokarbondatierungen in allen Fällen deutlich.

Die übereinstimmenden Radiokarbonalter legen nahe, dass sämtliche Proben aus dem Silsersee nur von den beiden Bäumen SI-1 und SI-2 stammen können. Die Wurzelstöcke der beiden Bäume im Silsersee sind weich eingesedimentiert und in den Ansätzen sichtbar. Bäume von solcher Dimension können nicht in weichem Seegrund, sondern müssen naturgemäß in festem Boden wurzeln (Abb. 3).

Aufgrund der vorhandenen Datierungen kann belegt werden, dass die Bäume im Silsersee nicht zur gleichen Zeit abgestorben sind wie die Bäume im Silvaplanersee. Denn der grosse Baum im Silvaplanersee mit seinen 495 Jahrringen (Wachstum seit AD 579) ist nach der Absterbezeit der Silsersee-Bäume nochmals mindestens 300 Jahre weitergewachsen. Den postulierten Anstieg des Silsersees auf das heutige Niveau um AD 300 (VATTIONI et al. 2015) hat er ebenfalls überlebt.

6. Diskussion der Baumanalysen im Kontext der Entwicklung der Seen

Die vollständige Geschichte der beiden grossen Oberengadiner Seen anhand der Analyse der Unterwasserbäume herleiten zu wollen, ist zu ambitioniert. Aber ein paar Hinweise sind dennoch möglich:

In beiden Seen stehen Nadelbäume praktisch in Wachstumsposition. Im Silsersee sind die Wurzelstöcke noch knapp sichtbar, jedoch bis in die untersten Stammbereiche eingesedimentiert (Abb. 3). Die Bäume sind in beiden Seen gemäss Beobachtungen bei den Tauchgängen nicht die einzigen standhaft Überlebenden in einem Baumfriedhof. Ein solcher Friedhof ist bis jetzt in den Oberengadiner Seen in dieser Wassertiefe nicht nachgewiesen worden (VATTIONI et al. 2015). Die Bäume konnten offenbar normal wachsen, bevor sie ersäuft wurden. Beim Abtauchen unter Wasser sind die Bäume offensichtlich auch nicht umgefallen. Das unterschiedliche Alter der Bäume in beiden Seen zeigt, dass sie nicht durch das gleiche Ereignis eingewässert worden sind, was ein Hinweis auf die unterschiedliche Geschichte der beiden Seen während den letzten rund 1500 Jahren ist und die Schlussfolgerungen von LEEMANN (1993) bestätigt.

Der Schuttfächer-Deltakomplex von Sils-Baselgia ist offenbar ein stabiler «Damm» zwischen den beiden Seen. Aufgrund der ungestörten Sedimentation im Silvaplanersee über das ganze Holozän (Nacheiszeit) wirkte dieser Schuttfächer-Deltakomplex bereits seit dem Gletscherrückzug als Stauer. Somit müssten Seespiegelanstiege im Silsersee über diese Zeit bescheiden ausgefallen sein. Die gleiche Bemerkung gilt für den Silvaplanersee mit den beiden Schuttfächer-Deltas Silvaplana und Surlej.

Möglich ist aber auch, dass das folgende Szenario zu den Wasserstandsveränderungen führte: Die stauenden Schuttfächer-Deltakomplexe hatten schon einmal einen höheren Wasserstand gestaut, der katastrophal ausgebrochen und dann zwischen AD 650 und 700 im Silsersee wieder angestiegen ist.

Aus den Untersuchungen an den Unterwasserbäumen kann geschlossen werden, dass der Seespiegelanstieg im Silvaplanersee seit dem Wachstum des grossen Baumes (AD 479–974), d. h. über die letzten ca. 1000 Jahre, mindestens 16 bis 18 m beträgt. Im Silsersee stieg der Seespiegel über die letzten ca. 1250 Jahre mindestens 30 m, plus die geschätzte eingesedimentierte Stammlänge von einigen Dezimetern (Abb. 3). Dieser beträchtliche Seespiegelanstieg nur über die Auflandung in den Schuttfächern zu erklären dürfte schwierig sein, zeigen doch GRISCHOTT et al. (2017) quasi-konstante Abtragungsraten für die

Val Fedox über die letzten 6000 Jahre, was ebenso gleichmässige Sedimentationsraten zur Folge haben müsste.

Damit stellt sich die Frage, auf welchem Substrat die Bäume denn wurzelten. Im Silvaplanersee sieht der Standort aus wie eine kleine Unterwasserterrasse. Ob es eine (randglaziale) Schotterterrasse oder eine Felsstufe ist, konnte bei den Tauchgängen nicht ausgemacht werden. Die Beobachtungen im Hang über dem See in diesem Bereich lassen eher auf eine Felsterrasse schliessen (gleiche geologische und somit auch morphologische Einheit). Im Gegensatz zum Baumstandort im Silvaplanersee ist die Fundstelle im Silsersee weit draussen im flachen Malojabecken. GRISCHOTT et al. (2014) berichten über die Fortsetzung des mächtigen Turbidits im südwestlichen Teil des Silsersees, also bis ins Malojabecken. Interessant ist, dass die Oberfläche des Turbidits in weniger als 2 m Sedimenttiefe zu finden ist. Für die vorliegende Diskussion stellt sich somit die Frage, ob im flachen Malojabecken die beiden Bäume auf dem Turbidit wurzeln oder im Zuge dessen Ablagerung von ihm umflossen und dabei geringfügig eingesedimentiert worden sind. Für die Einsedimentierung sprechen die Datierungen, die ein identisches Absterbealter der Bäume mit dem postulierten Alter des Turbidits ergeben (BLASS et al. 2005, GRISCHOTT et al. 2014). Das würde aber heissen, dass die Bäume im Silsersee in den Schichten unter dem Turbidit wurzeln und dass die Strömungen während des Trübestromes sie nicht zu Fall gebracht haben. Immerhin weisen die beiden Stämme minimale Lebzeiten von 64, beziehungsweise 70 Jahren auf, und das auf einer Stammhöhe einige Metern über dem Wurzelstock. Umgekehrt argumentiert starben die Bäume möglicherweise aufgrund der grossen Sedimentumlagerung ab, die den Turbidit produziert hat. Das würde jedoch heissen, dass die Bäume unmöglich auf dem Turbidit wurzeln können. Zuerst müssten sie wachsen, bevor der Turbidit sie zum Absterben bringen könnte. Diese Fragen können nur Bohrungen am Seegrund bei den Bäumen beantworten; aber bisher sind aus den Schichten unter dem Turbidit weder fossile Böden noch gestörte Sedimentpakete bekannt. Auch fehlen ausgeprägte Hiäten in den seismischen Profilen. Und weshalb fehlen äquivalente Schichten des Turbidits im Silvaplanersee oder sind das die gemäss den seismischen Profilen gestörten Schichtpakete am Beckenrand (LEEMANN 1993)? Der einzige bisherige Nachweis von terrestrischen Sedimenten beziehungsweise Schichtlücken und somit ein um maximal wenige Meter tieferer Seespiegel im Sil-

sersee um ca. BC 2000 stammt aus Bohrungen im Isola-Schuttfächer (GRISCHOTT et al. 2017). Diese Tiefenrekonstruktion ist allerdings für die Unterwasserbäume im Silsersee zu bescheiden.

BLASS et al. (2005) und GRISCHOTT et al. (2014) postulieren einen teilweisen, erdbebeninduzierten Kollaps des Isola-Deltas als Auslöser für einen grossen Trübestrom im Silsersee. Die Restmorphologie des Delta-Schuttfächers und die Verlagerung des Hauptkanals nach Nordosten stützen eine solche Erklärung. Ebenso ist der Hinweis auf eine mögliche Aktivierung von Bewegungen an der Engadiner Linie, die das Delta schneidet, richtig.

Ein anderer Erklärungsansatz für den Standort der Unterwasserbäume wäre, dass diese durch relativ grosse Hangbewegungen an die jetzigen Stellen verschoben wurden. Für den Silvaplanersee ist eine ufernahe Sackung ohne wesentliche horizontale Dislokation vorstellbar. Entsprechende Hinweise fehlen jedoch auf der geologischen Karte (PETERS 2005). Ebenso sieht die Römerstrasse, die dem Hang entlang führt, stabil aus. Kritisch gilt es zudem zu klären, wie 10 m hohe Bäume eine Sackung in Wachstumsposition überstehen könnten. Bewegungen, die Bäume über mehrere hundert Meter dislozieren könnten, wären bei Lawinen möglich. Allerdings ist von Lawinnenniedergängen nicht bekannt, dass je ein Baum beschrieben wurde, der aufrecht und intakt verwurzelt stehen blieb. In Zusammenhang mit einem Lawinenereignis müsste geklärt werden, ob dies im Silsersee überhaupt realistisch wäre und von welcher Bergflanke dieses stammen könnte. Alle diese Aspekte sind ungeklärt.

Ein weiterer Ansatz geht von der Frage aus, ob es möglich ist, dass im Silsersee eine Insel vorhanden ist, die überflutet wurde. Diese könnte eine ähnliche morphologische Position einnehmen, wie die kleine Insel an der Front vom Isola-Delta-Schuttfächerkomplex.

Aus der Tatsache, dass die Bäume senkrecht stehen und demzufolge dort auch wurzeln, stellt sich die oben bereits in Zusammenhang mit dem Turbiditen andiskutierte Frage nach dem Substrat. Diese Frage kann nur mit gezielten Bohrungen beantwortet werden. Interessante Hinweise zur Entwicklung der Oberengadiner Seen geben möglicherweise zwei Ortsbezeichnungen: Plan di Mort am Silsersee und der «flache ebene Wald» bei Silvaplana. Sind auf Plan di Mort Menschen oder eine ganze Siedlung ertrunken? Oder liegt dort ein ertrunkener Friedhof oder ein toter Wald, von dem die beiden aufrechten Bäume ein bizarrer, etwas abgelegener Rest sind? Der «flache ebene Wald» beim Silvaplanersee könnte ein

Indiz dafür sein, dass grössere Randflächen des Sees bewaldet waren und jetzt überflutet sind.

Ergänzend zu den vielfältigen Diskussionsbeiträgen sollte der Einfluss der Engadiner Linie auf die junge Talgeschichte nicht ausser Acht gelassen werden. Man denke an die jungen postglazialen Bewegungen in der Val Laschadura bei Zernez (SCHLÜCHTER et al. 2013). Und schliesslich sei darauf hingewiesen, dass im Silvaplanersee die Engadiner Linie nahe am nördlichen Ufer, d. h. bei den ertrunkenen Bäumen, liegt. Mit limnogeologischen Analysen und hochauflösender Seismik konnte BELLWALD (2012) in den Sedimenten des Silvaplanersees, neben anderen, zwei seismische Ereignisse dokumentieren, die für die Diskussion der Absterbealter der Unterwasserbäume von direkter Bedeutung sind: das ältere um AD 600 ± 40 und das jüngere um AD 1000 ± 200.

Der grosse Baum SP-2 im Silvaplanersee, der seit mindestens AD 479 lebte, weist darauf hin, dass die grosse Überflutung der beiden Seen nicht gleichzeitig erfolgte. Zwischen AD 650 und 700 sind im Silsersee und um AD 1000 beziehungsweise an der Wende vom 13. zum 14. Jahrhundert im Silvaplanersee landschaftsbildende Vorgänge geschehen. Bewegungen an der Engadiner Linie als Auslöser von Erdbeben und Bodenverflüssigung im Delta-Schuttfächer sind wahrscheinlich. Die grossen Delta-Schuttfächerkomplexe enthalten wahrscheinlich die Antworten auf die gestellten Fragen. Für den Silsersee könnte das heissen, dass die grosse Sedimentumlagerung die Bäume im Zeitbereich wie von BLASS et al. (2005) angegeben, absterben liess. Als Frage offen bleibt dabei, warum denn nicht mehr Holz auf dem Grund der beiden Seen liegt. Oder liegt es noch tiefer?

7. Folgerungen

Im Silser- und im Silvaplanersee stehen Baumskelette in Wachstumsposition: Eine Lärche und eine Fichte sind es im Silser-, zwei Lärchen im Silvaplanersee. Es handelt sich um bis gegen 10 m hohe Stämme mit gut erhaltenen Astansätzen beziehungsweise Astresten. Im Silvaplanersee ist der Wurzelstock gut erkennbar. Im Silsersee sind die Stöcke im Seesediment noch einigermaßen erkennbar. Der grösste Stamm im Silvaplanersee (SP-2) hat einen Umfang von 290 cm. Das Substrat, in dem die Bäume wurzeln, ist in beiden Seen nicht bekannt; es muss sich aber um eine stabile Unterlage handeln. Radiokarbondatierungen ergeben drei Zeitbereiche für das Absterben der Bäume: zwischen AD 650 und 700 im Silsersee, um AD 1000 und an der Wende 13./14. Jahrhundert im Silvapla-

nersee. Die Bäume sind ganz offensichtlich aufrecht stehend ertrunken. Ein Transport an die Fundstellen durch Lawinen oder grosse Geländebewegungen hätten sie wohl kaum stehend überstanden. Am grossen Lärchenstamm im Silvaplanersee sind 495 Jahrringe gemessen und das Endjahr mit AD 974 bestimmt worden. Dieser Baum hat somit den Tod der Bäume im Silsersee mit- und überlebt.

Die drei unterschiedlichen Absterbealter weisen auf verschiedene Ereignisse in den beiden Seen hin. Zuerst geschah etwas im Silsersee. Nach weiteren 300, beziehungsweise 600 Jahren fanden Ereignisse im Silvaplanersee statt. Eine mögliche Interpretation ist ein Seespiegelanstieg von ca. 30 m im Silsersee über die letzten ca. 1300 Jahre, gefolgt von einem Anstieg im Silvaplanersee von 16 bis 18 m, in wahrscheinlich zwei Etappen in den letzten ca. 1000 Jahren. Den etappenweisen Aufbau der Schuttfächer-Deltakomplexe von Sils beziehungsweise von Silvaplana-Baselgia alleine als Ursache der Seespiegelanstiege zu sehen, ist unwahrscheinlich. Es ist davon auszugehen, dass Bewegungen an der Engadiner Linie zu den Seespiegelanstiegen beigetragen haben.

8. Dank

Die kompetente Betreuung und grossartige Begleitung einzelner Tauchgänge durch Urs Grigoli von der Kantonspolizei Graubünden sei formell und vor allem sehr herzlich verdankt. Spezieller Dank gebührt Radiotelevision Svizra Rumantscha RTR für das Interesse und für die Vermittlung von weiteren Unterwasserproben. Herzlicher Dank an Maria Jakob für die professionelle Redaktionsarbeit.

9. Literatur

- BELLWALD, B., 2012. Paleoseismic implications of the sediment stratigraphy in Lake Silvaplana (Engadine, Eastern Switzerland). MSc-Thesis, Department of Earth Sciences, ETH Zürich. 82 Seiten u. Anhänge.
- BLASS, A., ANSELMETTI, F. S., GROSJEAN, M., STURM, M., 2005. The last 1300 years of environmental history recorded in the sediments of Lake Sils (Engadine, Switzerland). *Swiss Journal of Geosciences* Vol. 98, No. 3, 319–332.
- FLORINETH, D., SCHLÜCHTER, C., 1998. Surface Geometry of the Last Glacial Maximum (LGM) in the southeastern Swiss Alps (Graubünden) and its paleoclimatological significance. *Eiszeitalter und Gegenwart* 48, 23–37.

- GRISCHOTT, R., DONAU, F., KOBER, F., HAJDAS, I., STRASSER, M., 2014. Mass Movements at 700 AD in Lake Sils, Engadine. *Annual Report, Ion Beam Physics ETH Zurich*, p. 46.
- GRISCHOTT, R., KOBER, F., LUPKER, M., HIPPE, K., IVY-OCHS, S., HAJDAS, I., SALCHER, B., CHRISTL, M., 2017. Constant denudation rates in a high alpine catchment for the last 6 kyrs. *Earth Surface Processes and Landforms* 42, 1065–1077.
- HOLZHAUSER, H., ZUMBÜHL, H. J., 1999. Glacier fluctuations in the western Swiss and French Alps in the 16th century. *Climate Change* 43, 223–237.
- LEEMANN, A., 1993. Rhythmite in alpinen Vorgletscherseen – Warvenstratigraphie und Aufzeichnung von Klimaveränderungen. Dissertation ETH Nr. 10386. 129 Seiten.
- PETERS, T., 2005. Geologischer Atlas der Schweiz (Atlasblatt 118) 1257 St. Moritz/S. Murezzan. Karte 1:25000 mit Erläuterungsheft. Bundesamt für Landestopografie. Wabern.
- SCHLÜCHTER, C., CLAUSEN, M., STADELMANN, F., KISSLING, E., 2013. Tektonik. Das bewegte und gestapelte Gebirge. In: HALLER, H., EISENHUT, A., HALLER, R., (Hrsg). *Atlas des Schweizerischen Nationalparks. Die ersten 100 Jahre. Nat.park-Forsch. Schweiz* 99/1. Bern: Haupt Verlag. 18–19.
- STAUB, R., 1952. Der Pass von Maloja, seine Geschichte und Gestaltung. *Jber. Natf. Ges. Graubünden* 83.
- VATTIONI, S., HAJDAS, I., STRASSER, M., GRISCHOTT, R., SORMAZ, T., 2015. Lake level reconstruction of Lake Sils, Engadine. *Annual Report, Ion Beam Physics ETH Zurich*, p. 33.