Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Luzern
Band: 34 (1996)

Artikel: Der Dropstone von Luzern
Autor: Keller, Beat / Wick, Peter / Schenker, Franz
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-523417

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

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

Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern | Band 34 1995

Der Dropstone von Luzern

BEAT KELLER, PETER WICK, FRANZ SCHENKER, WALTER FELLMANN

Zusammenfassung

Während der Bauarbeiten für den Westtrakt des Bahnhofs Luzern wurde am 26. Oktober 1993 beim Aushub eines Pfahles in 32 m Tiefe ein ca. 1 m³ grosser und etwa 2,5 Tonnen schwerer Granitblock geborgen. Der kantige Findling befand sich im oberen Teil einer gut 70 m mächtigen Abfolge aus siltigen, eiszeitlichen Seeablagerungen. Umgelagerte Moränen, Unterwassermoränen und subglaziale Schmelzwasserablagerungen stehen erst etwa 60 m im Liegenden des Fundpunktes, in ca. 90 m Tiefe an. Etwa 15 m oberhalb der Fundstelle gehen die eiszeitlichen Seeablagerungen in kiesige Deltaablagerungen und junge Seesedimente über.

Eine Verfrachtung des Granitblocks sowohl durch den Gletscher als auch durch Fliessgewässer oder gravitative Sedimentumlagerung kann aufgrund der Interpretation der vorgängig am gleichen Ort abgeteuften Sondierbohrung ausgeschlossen werden. Der erratische Granitblock wurde durch den Reuss-Gletscher aus dem Zentralen Aar-Massiv bis an den Vierwaldstättersee verfrachtet. Auf einem Eisberg des kalbenden Gletschers driftete der Block anschliessend bis nach Luzern, wo er im Gebiet des heutigen Bahnhofs von der Eisscholle kippte und auf den etwa 30 m tiefen Seegrund sank. Danach wurde er von weiteren Seesedimenten, später noch von Deltaablagerungen des Krienbachs überdeckt.

Der vorliegende Artikel beleuchtet die Fundumstände, die Petrographie und die Herkunft des heute im Gletschergarten von Luzern ausgestellten Dropstone. Anhand der faziellen Interpretation des sedimentologischen Profils werden die Phasen des Gletscherrückzugs und die Verfüllung des Luzernersees diskutiert und eine zeitliche Einstufung versucht: Demnach bildete sich vor ca. 15 500 Jahren vor dem abschmelzenden Gletscher ein Gletschersee – der Vorläufer des Luzernersees. Vor ca. 15 000 Jahren driftete der Dropstone auf einem Eisberg nach Luzern und sank dort auf den Grund des oligotrophen Sees. Etwa 2000 Jahre später – also vor etwa 13 000 Jahren – waren die Gletscher bis in die Alpentäler zurückgeschmolzen. Zu dieser Zeit war der See bereits eutroph und im Mittelland hatte die Wiederbewaldung eingesetzt.

Résumé

Au cours des travaux de construction pour l'aile ouest de la gare CFF lucernoise, lors du creusement d'un pieu, un bloc granitique d'un volume de 1 m³ environ et d'un poids d'à peu près 2,5 tonnes a été retiré le 26 octobre 1993 d'une profondeur de 32 m. Le bloc erratique anguleux se trouvait dans la partie supérieure d'une séquence de pelites glacio-lacustres d'une épaisseur de 70 m environ. Ce n'est que 60 m en dessous du lieux de découverte, dans une profondeur de 90 m environ, que se trouvent des moraines resédimentées, des moraines sous-aquatiques et des torrentiels

sous-glaciaires. A peu près 15 m au dessus de l'endroit de découverte les dépôts glacio-lacustres sont couverts de graviers deltaïques et de sédiments glacio-lacustres jeunes.

Le transport du bloc granitique par un glacier, un cours d'eau ou les simples forces de la gravitation terrestre peuvent être exclus selon l'interprétation des résultats d'un forage, préalablement réalisé à cet endroit. Le bloc erratique a été amené par le glacier de la Reuss de la partie centrale du massif de l'Aar jusqu'au lac des Quatre-Cantons. C'était sur un iceberg, relâché lors du vêlage du glacier, que le bloc était amené jusqu'à Lucerne, où, aux environs de la gare, il bascula du glaçon et tomba au fond du lac profond d'environ 30 m. Ensuite il fut couvert par d'autres sédiments lacustres et plus tard par les dépôts deltaïques du Krienbach.

Cet article éclaircit les circonstances de découverte, la pétrographie et la provenance de ce dropstone, exposé aujourd'hui dans le jardin des glaciers à Lucerne. A l'aide de l'interprétation facielle de la coupe sédimentologique sont discutés les phases de retrait du glacier et du remplissage du lac de Lucerne ainsi que la chronologie des ces évènements: D'après cela, il y a 15 500 ans un lac glaciaire se formait devant le front du glacier fondant – un prédécesseur du lac de Lucerne. Il y a 15 000 ans le dropstone était amené sur un iceberg jusqu'à Lucerne où il tomba sur le fond du lac oligotrophe. A peu près 2000 ans plus tard – il y a 13 000 ans – les glaciers s'étaient retirés jusque dans les vallées alpines. A ce temps là, le lac était déjà eutrophe et sur le plateau Suisse le reboisement avait débuté.

Abstract

During building work for the western sector of Lucerne Station, extraction of a pile at a depth of 32 m on 26 October 1993 saw the recovery of a large granite block. Approximately 1 m³ size and 2,5 tons in weight, this angular erratic boulder was encountered within the upper part of a 70 m succession of silty glacial lake deposits. However, resedimented tills, waterlain tills and subglacial outwash deposits were first penetrated only at depths of 90 m or more, some 60 m beneath the block. The glacial deposits around the boulder pass upward around 15 m above the block into gravelly delta deposits and more recent lake sediments.

Interpretation of an earlier borehole drilled at the same location indicates that the granite block could not have been delivered to its resting place by ice, stream or gravity alone. The erratic boulder was first transported from the central Aar Massif to the area of present-day Lake Lucerne by the Reuss glacier, and then drifted further on an iceberg calved from the front of the glacier. Only at the site of Lucerne station did the boulder slip off the ice surface and sink to the lake floor some 30 m below. Subsequently, the block was buried by lake deposits and later by deltaic sediments laid down at the mouth of the Krienbach.

This article outlines the field occurrence, petrography and origin of this dropstone, now displayed in the Glacier Garden Lucerne.

This phase of glacial retreat and the filling of Lake Lucerne are discussed in the light of sedimentological facies analysis of the section described. The present study reveals that a glacial lake, the predecessor of modern Lake Lucerne, developed in the front of the melting glacier about 15 500 years ago. Some time afterwards, around 15 000 years ago, the dropstone drifted towards Lucerne on an iceberg and sank there to the bottom of the oligotrophic lake. The glaciers retreated back into the Alpine valleys some 2 000 years later, or around 13 000 years ago. By this time the lake was already eutrophic and the reforestation of the Swiss Mittelland had begun.

Einleitung

Der Brand des Luzerner Bahnhofs vom 5. Februar 1971 löste ein umfangreiches Bauvolumen aus. Provisorien für den Bahnhof, ein neues Postbetriebsgebäude mit Parkhaus, eine Tiefgarage, das neue Aufnahmegebäude, die Gewerbeschule im Osttrakt, sowie der heute im Rohbau erstellte Südteil des Westtrakts des Bahnhofs – in dem die Höhere Wirtschafts- und Verwaltungsschule (HWV) ihre Schulräume beziehen wird – sind die wichtigsten Bauten, die in den letzten 25 Jahren erstellt wurden. Der nördliche Teil des Westtrakts sowie das neue Kultur- und Kongresshaus am See werden die intensive Bautätigkeit abschliessen. Für all diese Bauwerke mussten zur Abklärung der örtli-

chen Baugrundverhältnisse zahlreiche Sondierbohrungen abgeteuft werden, damit die in diesem schwierigen und setzungsempfindlichen Baugrund (z.B. MENGIS & ROTH 1985) notwendige Pfahlfundation optimal dimensioniert werden konnte. Für die verschiedenen Bauten wurden mehrere hundert Bohrpfähle mit Durchmessern zwischen 90 cm und 320 cm auf Tiefen von 50 m und mehr erstellt.

Nie wurden dabei aus den späteiszeitlichen Seeablagerungen unterhalb von 20 m Tiefe grössere Blöcke zu Tage gefördert. Es war deshalb eine grosse Überraschung, als am 26. Oktober 1993 beim Aushub eines 62 m tiefen Schlitzwandpfahls für den Westtrakt aus einer Tiefe von 32 m ein ca. 1 m^3 Block aus Granit gehoben wurde. Zufall war, dass das mit der Bentonit-Suspension bedeckte «Hindernis» mit dem 17 Tonnen schweren Schlitzwandgreifer gepackt und ohne Zerkleinerung ans Tageslicht gefördert werden konnte. (Abb. 1)

Dank der Separierung des Blockes vom übrigen Aushubmaterial durch den Bohrmeister und den Polier entkam der wichtige Erratiker der «Entsorgung». Der zuständige Geologe erkannte die besondere Bedeutung des Fundes und überzeugte auch den Vertreter des Bauherrn von dessen Einzigartigkeit. Die Firma Zschokke Schäfer AG (Bauliche Gesamtanlagen, Luzern) übernahm daraufhin die Patenschaft für den Erratiker und ermöglichte mit materieller und finanzieller Unterstützung, dass der Luzerner Dropstone eine neue, allen Interessierten zugängliche Bleibe im Gletschergarten Luzern fand. Am 9. Juni 1994 konnte Herr T. Eggermann (Zschokke und Schäfer AG) als Götti die Einweihung im Gletschergarten vornehmen und auf die gelungene Rettung anstossen.

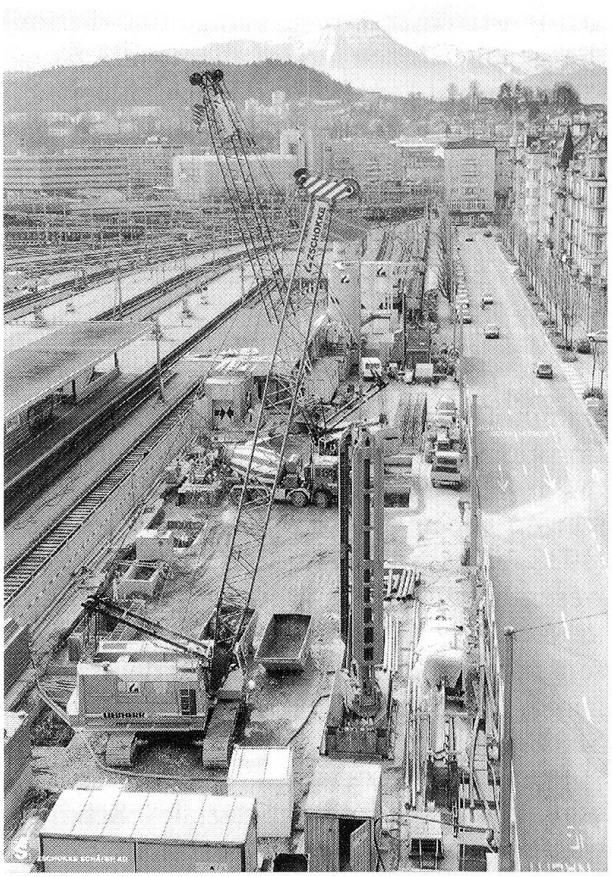


Abb. 1: Fundort des Dropstone zwischen der Zentralstrasse (rechts) und den Geleiseanlagen des Bahnhofs Luzern (links). Im Vordergrund der Schlitzwandgreifer, der den 2,5 Tonnen schweren Findling aus 32 m Tiefe gehoben hat. (Foto: P. Morf)

Überblick der Quartärgeologie im Stadtgebiet

Die Stadt Luzern verdankt ihre reizvolle Szenerie nicht zuletzt dem Wirken der geologischen Kräfte, die das Landschaftsbild seit dem Beginn des Eiszeitalters vor etwa 2 Millionen Jahren in mannigfaltiger Weise geformt haben. So modellierten die wiederholt aus den nahen Alpen vorstossenden Gletscher aus den unterschiedlich erosionsbeständigen Molassegesteinen während Jahrtausenden das heutige Felsrelief. Für das Landschaftsbild der Stadt sind aber auch die lokal sehr mächtigen Lockergesteine von Bedeutung, die seit dem Zurückschmelzen der Gletscher abgelagert wurden.

Bei der Beschreibung und Deutung der eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Bildungen konnte sich F. J. KAUFMANN (1887) für seine «Geologische Skizze von Luzern und Umgebung» lediglich auf Oberflächenbeob-

achtungen sowie einige wenige untiefe Sondierungen stützen – vor allem im Zusammenhang mit dem Bau der Eisenbahn. Demgegenüber können wir unser heutiges Wissen auf eine breite Palette von Sondierbohrungen der letzten Jahrzehnte gründen. Sehr wichtige Erkenntnisse über die geologischen Verhältnisse lieferten insbesondere die bis auf den Fels abgeteuften Bohrungen für das Aufnahmegebäude des Bahnhofs Luzern (MENGIS & ROTH 1985) und für den Bahnhof-Westtrakt sowie die Grundwasser-Forschungsbohrung am Franziskanerplatz.

Für die nachfolgenden Erläuterungen stützen wir uns auf die Arbeiten von KOPP (1938, 1962), MENGIS & ROTH (1985) und im wesentlichen auf den Bericht MENGIS + LORENZ AG (1993), in dem der aktuelle Wissensstand über die Geologie, die Hydrogeologie und die Geotechnik im Auftrag von Stadt und Kanton Luzern festgehalten ist.

Demnach wissen wir heute, dass die Gletscher und deren subglaziale Schmelzwasserströme im Gebiet der Stadt Luzern Felstalungen von beachtlicher Tiefe herauserodiert haben: Die Achse der Haupttalung in der Felsoberfläche folgt nicht etwa dem heutigen Reusslauf zum See, sondern verläuft vom Kasernenplatz nach SE in Richtung Bundesplatz und von dort vermutlich gegen den Alpenquai. Interessanterweise wird dieses Felstal gegen den Kreuztrichter und somit gegen die Alpen hin zunehmend tiefer: Während der Fels auf der linken Seite der SBB-Sentibrücke noch auf ca. 375 m ü.M. (59,5 m unter Terrain) ansteht, stiess man unter dem Franziskanerplatz fast 40 m tiefer, nämlich erst 336,4 m ü.M. (98,7 m unter Terrain), auf anstehenden Fels. Unter dem Westtrakt des Bahnhofgebäudes befindet sich die Felsoberfläche gar 103,5 m unter Terrain, also auf 332,5 m ü.M.!

Die Lockergesteinsfüllung der Felstäler und -becken im Stadtgebiet ist besonders in den Randgebieten zur Hügelzone – beispielsweise im Gebiet Hofgarten – Löwenplatz – sehr wechselhaft und noch nicht vollständig geklärt. Generell hinterliessen die abschmelzenden Gletscher auf der Felsoberfläche eine unterschiedlich mächtige Moränenbedeckung. In dem von den schwindenden Eismassen freigegebenen Gletschersee setzten sich Feinsedimente (Feinsand und vor allem Silt) ab, die die verbleibenden Mulden und Täler weitgehend auffüllten. Dieser Gletschersee – der Vorläufer des heutigen Vierwaldstättersees – bedeckte ursprünglich die ganze Talebene zwischen Horw und Luzern, so dass der Bireggwald anfänglich eine Insel bildete.

Die in der Hügelzone von den Gletschern zurückgelassenen, erosionsanfälligen Lokkergesteine indes wurden infolge der häufigen Frostwechsel und wegen der noch spärlichen Vegetation rasch als Murgänge und Rutschungen talwärts verfrachtet und durch die Bäche dem See zugeführt. Für die Stadt Luzern von besonderer Bedeutung sind der sedimentfrachtreiche Krienbach (KOPP 1938 und ROESLI 1965) und seine Zuflüsse, die von Kriens her innert kurzer Zeit ein Delta bis ins Gebiet des heutigen Inseli vorbauten.

Im See lagerten sich während der Nacheiszeit vor allem tonige Sedimente mit organischen Beimengungen ab, während die Sümpfe und Moore der Verlandungszonen durch Torfbildungen dokumentiert sind.

Wie Torfhorizonte in verschiedenen Bohrungen belegen, lag der Seespiegel in prähistorischer Zeit bis zu ca. 5,5 m unter dem heutigen Mittelwasserstand. Den späteren Anstieg des Seespiegels hat anfänglich der Krienbach verursacht, der durch seinen Geschiebeeintrag das Reussbett allmählich anhob. Noch in historischer Zeit befand sich der Ausfluss der Reuss etwa beim Lido. Im Mittelalter floss die Reuss durch Wiesen und Matten bis nach Luzern, wie Petermann Etterlin 1507 berichtet (KOPP 1938). Historisch dokumentiert ist der weitere Aufstau des Sees bis auf das heutige Niveau von 433,6 m (Mittelwasserstand), der teils durch weiteren Geschiebeeintrag des Krienbachs, teils durch Menschenhand (Reussschwelle) erfolgte, um die Schiffahrt bis in die Stadt zu gewährleisten und den Mühlenbetrieb zu optimieren.

Das sedimentologische Profil und seine Interpretation

Einleitung

Die Ende Juni 1993 für die geologische Untersuchung der Fundationsverhältnisse des Bahnhof-Westtraktes durchgeführte Sondierbohrung erreichte eine Endteufe von 114 m. Aus Kostengründen wurde die Bohrung nicht durchgehend gekernt und zwischen 20,0 m ÷ 44,0 m sowie zwischen 96,0 m ÷ 110,9 m als Rotary-Spülbohrung abgeteuft. (In den Intervallen der Spülbohrung wird das Sediment gesamthaft ausgespült, weshalb Detailinformationen wie feinere Wechsel in der Sedimentzusammensetzung oder Sedimentstrukturen verlorengehen.)

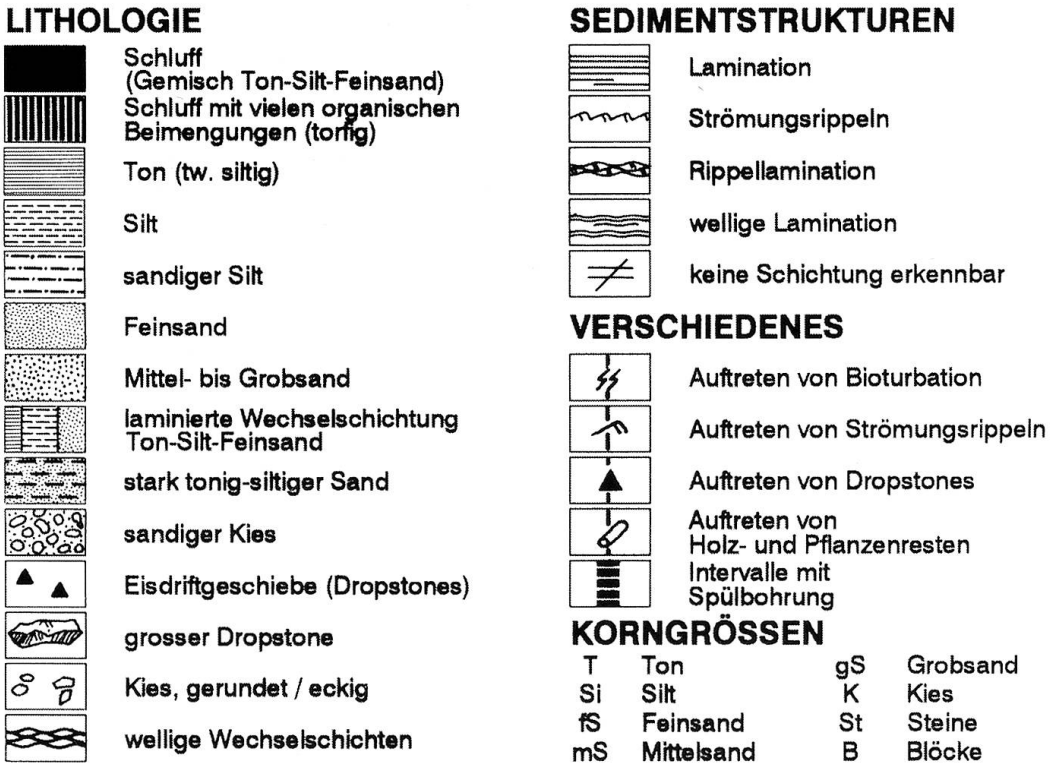
Da die Ablagerung logischerweise von unten nach oben erfolgte, wird das sedimentologische Bohrprofil (Abb. 2) von unten (alt) nach oben (jung) beschrieben.

In der vereinfachten Beschreibung der Sedimente werden verschiedentlich Diamikte erwähnt. Es sind dies schlecht sortierte Sedimentgemische aus Ton, Silt, Sand, Kies und Steinen.

Die Interpretation bezieht sich in erster Linie auf den Transport- und Ablagerungsmechanismus sowie auf weitere fazielle Charakteristika.

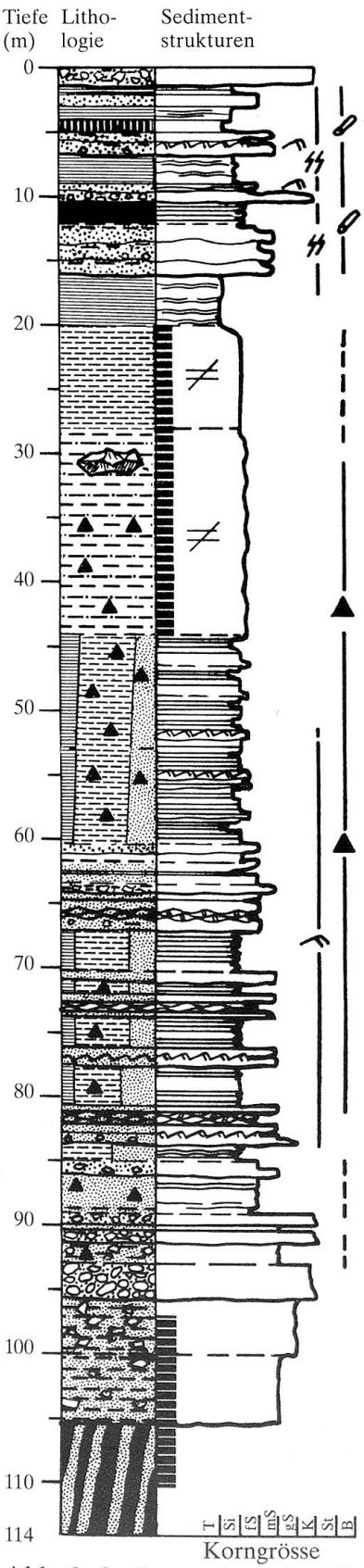
Profilbeschreibung und Interpretation des Ablagerungsmechanismus

Tiefe unter Terrain, 436,10 m ü.M.	Beschreibung	Interpretation
114,0 m ÷ 103,5 m	Harter Schlammstein mit dünnen Bänken aus Feinsandstein und Siltstein.	Fels der Unteren Süsswassermolasse.
103,5 m ÷ 95,4 m	Stark tonig-siltiger Sand mit vieleckigem bis kantengerundetem Kies, matrix- bis komponentengestützter Diamikt.	Ablagerungen aus gravitativer Sedimentumlagerung und/oder durch Eistransport.
95,4 m ÷ 92,9 m	Fast sauberer, kantengerundeter bis gerundeter Kies mit unterschiedlichen Sandanteilen.	Ablagerungen durch Bodenfracht-Strömungstransport mit Geschwindigkeiten > ca. 4 ÷ 5 m/s.
92,9 m ÷ 88,0 m	Komponenten- und matrixgestützte Diamikte aus siltig-sandiger Matrix und eckigem bis kantengerundetem, teilweise fein gekritztem Kies. Dünne Zwischenschichten aus siltigem bis fast sauberem Sand.	Ablagerungen aus gravitativer Sedimentumlagerung und/oder durch Eistransport mit Einschaltungen von strömungstransportiertem Sediment.
88,0 m ÷ 80,6 m	Unterschiedlich siltiger, teilweise fast sauberer Feinsand mit wenig locker oder lagenweise eingestreutem, kantengerundetem Kies. Zwischenschichten aus Silt-Sand-Wechselschichtungen, meist laminiert und mit Strömungsrippeln.	Strömungstransportierte Bodenfracht-Sedimente mit Geschwindigkeiten > ca. 0,4 m/s, daneben untergeordnet Suspensionsausfall sowie Ausregnungen (locker eingestreute Kieskörner).



Legende zu Abb. 2: Sedimentologisches Profil der Bohrung Bahnhof-Westtrakt mit Interpretation der Ablagerungen. (B. Keller)

80,6 m ÷ 62,0 m	Laminierte und wellige Wechselschichtungen aus Silt (teilweise tonig bis siltiger Ton) und Feinsand mit dünnen gradierten Bänken aus unterschiedlich siltigem Fein- bis Mittelsand; Sand häufig mit Strömungsrippeln. Daneben viele locker eingestreute, kantengerundete Kieskörner und bei 64 m dünne Zwischenschicht aus matrixgestütztem Diamikt. Bis 64 m kommen Kies-Komponenten aus Molassesandsteinen und -mergeln vor.	Wechsel von Ablagerungen vorwiegend schwächerer Bodenströmungen (< ca. 0,4 m/s) und Suspensionsausfall; Ausregnungen von Kieskörnern, vereinzelte gravitative Sedimentumlagerungen sowie Körnerströme (grain flows).
62,0 m ÷ 28,0 m	Laminierte und wellige Wechselschichtungen aus Silt und Feinsand sowie untergeordnet siltigem Ton mit locker eingestreutem, kantengerundetem Kies; bei 31 m grosser Granitblock (Luzerner Dropstone); gelegentlich dicke Laminae aus sauberem Sand. Gradierte Sandlagen zeigen noch bis ca. 52 m Strömungsrippeln.	Wechselweise Ablagerungen von schwachen Bodenströmungen (< ca. 0,4 m/s) und Suspensionsausfall; Ausregnungen von Kieskörnern und vereinzelten Blöcken.
28,0 m ÷ 20,0 m	Toniger Silt, keine Strukturen sichtbar (Spülbohrung).	Starker Suspensionsausfall.



Beschreibung	Interpretation
siltiger Kies mit Sand und mit Ziegelbruchstücken	künstliche Auffüllung
laminierte siltige Tone und tonige Silte mit Einschaltungen aus siltigen Sanden mit wenig Kies: mit Holzresten, torfigen Einschaltungen und Bioturbation	Suspensationsausfall im eutrophen Seebecken mit Verlandungstendenzen und deltaischen Schüttungen, bewaldetes Einzugsgebiet
laminierte siltige Tone und tonige Silte, ab 16,5 m Bioturbation	nachlassender Suspensationsausfall aus der Gletschermilch und Übergang vom oligotrophen hin zum eutrophen See
nach oben feiner werdende Abfolge mit laminierten Wechselschichtungen aus tonigen Silten und sandigen Silten sowie Sand als Laminae und dünne Bänke: viele locker eingestreute kantengerundete Kieskörner, grosser Granitblock bei 31 m	starker Suspensationsausfall aus der Gletschermilch mit Trübeströmungen und Ausregnungen aus driftenden Eisbergen und -schollen
schlecht sortierte Sedimentgemische aus tonig-siltigem Sand mit Kies (Diamikte) mit Zwischenschichten aus gut sortiertem Kies und Sand	umgelagerte Moränen und Unterwassermoränen mit Ablagerungen subglazialer Schmelzwasser-Ströme
bankige Wechsellagerung aus Schlamm- und Sandsteinen	Untere Süsswassermolasse

Abb. 2: Sedimentologisches Profil der Bohrung Bahnhof-Westtrakt mit Interpretation der Ablagerungen. (B. Keller)

20,0 m ÷ 15,7 m	Siltiger Ton, oben bis stark toniger Silt, fein wellig laminiert (beige / dunkelgrau), ab 16.5 m Bioturbation (Wühlspuren).	Suspensionsausfall, ab 16,5 m wühlende Infauna im Seeboden-Sediment.
15,7 m ÷ 12,2 m	Gradierte Bänke aus Mittelsand, siltigem Feinsand und tonigem Silt, basal mit Feinkies, gelegentlich mit zersetzten Holzresten.	Bodenfrachttransport bei abnehmender Strömungsenergie (< ca. 1.5 m/s), übergehend in Suspensionsausfall; am Land Vegetation aus Pflanzen mit Holz.
12,2 m ÷ 1,5 m	Toniger Silt, unten laminiert mit dünnen Feinsandschichten (teilweise mit Strömungsrippeln), oben mit zunehmenden organischen Beimengungen; Zwischenschichten aus gradierten Bänken aus Sand bis Silt mit Strömungsrippeln, vereinzelte diamiktische Schichten; mit zersetzten Holzresten und Pflanzenmaterial; gegen oben zunehmend bioturbiert.	Suspensionsausfall mit Einschaltungen von Sedimenten schwacher, gelegentlich stärkerer Bodenströmungen (< ca. 2 m/s), vereinzelte gravitative Sedimentumlagerungen; Pflanzendecke an Land sowie wühlende Bodenorganismen.
1,5 m ÷ 0,0 m	Siltiger Kies mit Sand und mit Ziegelbruchstücken.	Künstliche Auffüllung.

Interpretation der Ablagerungsräume

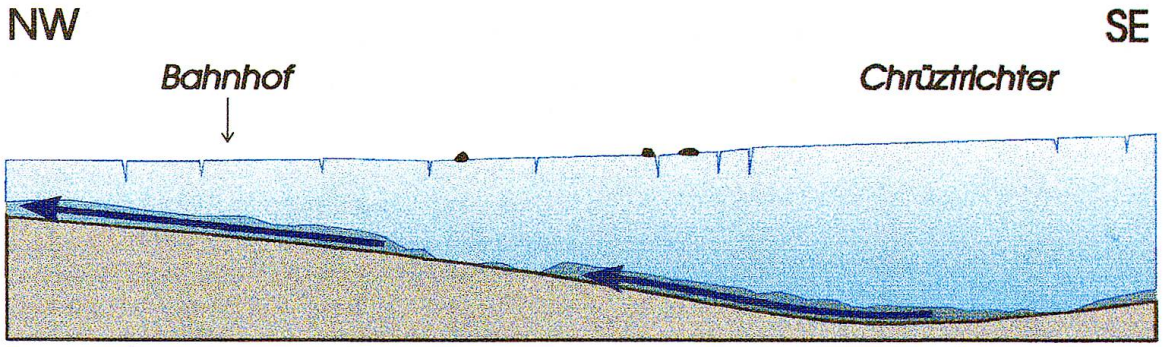
Basierend auf der Sedimentbeschreibung und der Interpretation des Ablagerungsmechanismus lassen sich die Ablagerungsräume der einzelnen Sedimenteinheiten deuten.

Basale grobkörnige Einheit (103,5 m ÷ 88,0 m): Umgelagerte Moränen und Unterwassermoränen mit Ablagerungen subglazialer Schmelzwasser-Ströme

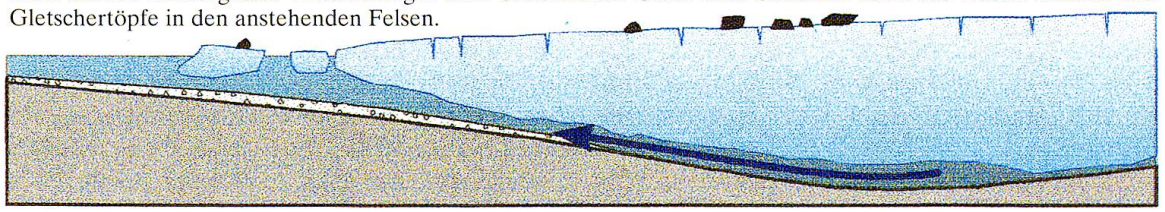
Die basale Einheit besteht aus grobkörnigen Sedimenten mit viel Sand und Kies. Sie beinhaltet sowohl gut sortierte, durch starke und mittelstarke Bodenströmungen verfrachtete Sedimente (gerundeter Kies und Sand) als auch schlecht sortierte Sedimentgemische aus tonig-siltigem Sand mit eckigem Kies, die als matrix- bis korngestützte Diamikte zu klassieren sind. Aufgrund der mehrheitlich groben Korngrösse ist auf gletschernahe Ablagerungsräume zu schliessen. Während Diamikte über dem Felsen verschiedentlich einfach als Moränen (Grund- und Unterwassermoränen) gedeutet wurden, weiss man heute, dass in Felstalungen über dem Felsenbett häufig mächtigere Abfolgen gravitativ resedimentierter, diamiktischer Sedimente vorkommen (z.B. EYLES & MENZIES 1983, KRZYSZKOWSKI 1993). Dabei handelt es sich vorwiegend um umgelagerte Grund- und Unterwassermoränen der Talflanken, die während des Eisrückzugs infolge der starken Wassersättigung instabil wurden und als subaquatische Sedimentströme (debris flows) zur Talmitte hin – wo die Bohrung abgeteuft wurde – abgeglitten sind. Leider wurde die Bohrung in diesem Abschnitt als Spülbohrung durchgeführt; so sind viele wichtige Informationen verlorengegangen. Anscheinend fehlen die für Grundmoränen typischen, stark kompaktierten Diamikte; die wenigen gekritzten Geschiebe jedoch lassen zumindest teilweise auf einen Ursprung aus Grundmoränenmaterial schliessen.

Stärkere, anhaltende Bodenströmungen, wie sie für den Transport, die Rundung und die gute Sortierung des Kieses und des Grobsandes verantwortlich sind, treten im subaquatischen Milieu eigentlich nur im subglazialen Schmelzwasserstrom oder nahe dessen Mündung in das stehende Wasser des Gletscherstausees auf (EYLES & MENZIES 1983, EYLES & MIALL 1984).

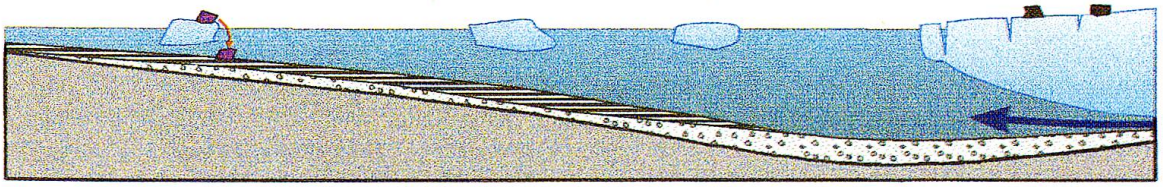
Insgesamt kann gesagt werden, dass die basale



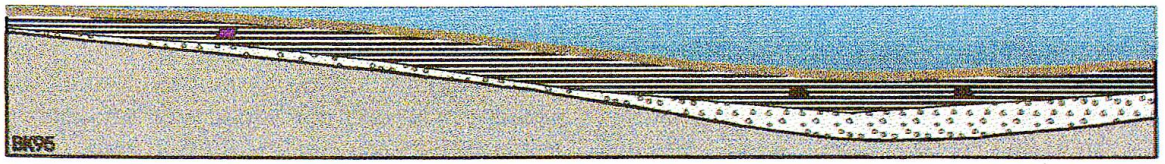
Vor ca. 18000 Jahren
Das Seebecken ist bis auf die Felsoberfläche mit Gletschereis bedeckt. Subglaziale Schmelzwasserläufe fördern unter hohem Druck grosse Wassermengen zum Gletschertor. Unter dem Gletscher kolkt das Wasser Rinnen und Gletschertöpfe in den anstehenden Felsen.



Vor ca. 15500 Jahren
Vor dem abschmelzenden Gletscher bildet sich ein Schmelzwassersee. Durch den Auftrieb löst sich das Gletschereis vom Untergrund, und die Gletscherzunge beginnt zu schwimmen. Die subglazialen Schmelzwasserströme fördern grosse Mengen von Sedimenten und lagern diese im Seebecken ab.



Vor ca. 15000 Jahren
Aus der Gletschermilch setzen sich fern vom Gletscher siltige Seesedimente in grosser Mächtigkeit ab. Die vom kalbenden Gletscher losgelösten Eisberge driften nach Luzern. Der Luzerner Dropstone sinkt von einem abschmelzenden Eisberg beim heutigen Bahnhof auf den Seegrund und wird anschliessend von weiteren glazialen Seesedimenten überlagert.



Vor ca. 13000 Jahren
Die Gletscher sind bis in die Alpentäler zurückgeschmolzen. Der See ist wärmer geworden und belebt. Der Krienbach hat sein Delta schon fast bis zum Bahnhof vorgebaut. In der Umgebung hat die Wiederbewaldung eingesetzt.

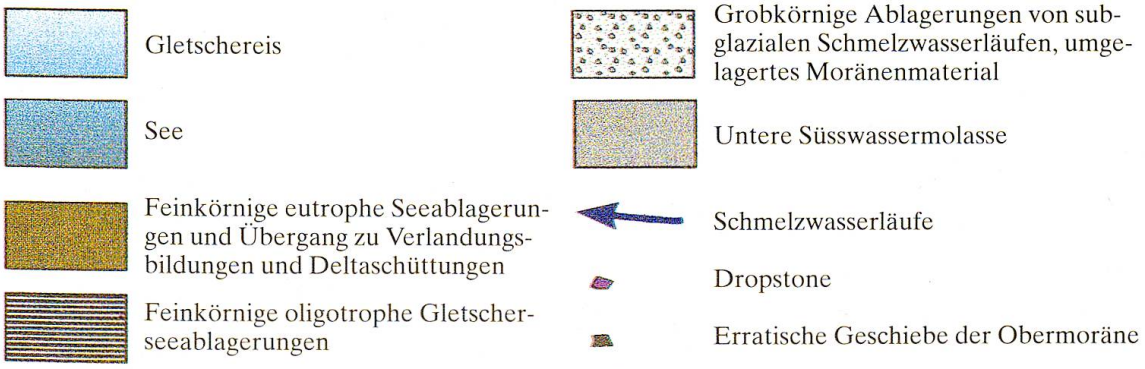


Abb. 3: Schematische Darstellung der Sedimentabfolgen im Seebecken von Luzern und der Verfrachtung des Dropstone (B. Keller).

grobkörnige Einheit sehr nahe dem Eisrand, teilweise wohl noch unter dem aufschwimmenden Gletscher, abgelagert wurde.

Nach oben feiner werdende, sandig-siltige Einheit mit Eisdriftgeschieben (88,0 m ÷ 28,0 m): Suspensionsausfall aus der Gletschermilch mit Trübeströmen und Ausregnungen aus driftenden Eisbergen und -schollen

In diesem Abschnitt sind laminierte Wechselschichtungen (Rhythmite) aus tonigen Silten und sandigen Silten häufig. Es kommt aber viel Sand als einzelne Laminae oder als Bänke von bis zu 0,5 m Dicke vor. Generell wird die Abfolge auf Kosten des Sandanteils nach oben zunehmend feinkörniger.
Während die pelitischen Rhythmite aus Ton und Silt als Suspensionsausfall aus der Gletschermilch des Eisrandsees zu deuten sind, bedarf es für den Transport des Sandes mässige bis mittelstarke Bodenströmungen. Im Zusammenhang mit den häufigen gradierten Sand-Siltbänken und -laminae und den öfters vorkommenden Strömungsrippeln sind die sandigen Einschaltungen einem turbiditischen Ablagerungsmechanismus (Trübeströme) zuzuschreiben.
Die häufigen, locker eingestreuten, kantengerundeten Kieskörner und der grosse Granitblock bei 31 m dagegen sind als Eisdriftgeschiebe (Dropstones) zu deuten. Es handelt sich dabei um glaziales Geschiebe, das aus dem schwimmenden Eis – also Eisbergen – ausgeschmolzen und auf den Seegrund ausgeregnet ist.
Der hohe Sandanteil im tieferen Profilteil (bis ca. 62 m) lässt auf eine nahe, sehr ergiebige Sedimentquelle schliessen. Als Turbidite abgelagerter Sand kann sowohl im landfernen Teil von Deltas als auch im distaleren Teil der Mündungen subglazialer Schmelzwasserströme in den See auftreten. Im Gegensatz zu vorrückenden Deltas wird die Abfolge nach oben zunehmend feiner. Bereits in der basalen Einheit sind Schmelzwasserstrom-Ablagerungen zu verzeichnen. So liegt eine Interpretation der Turbidite als distale Schmelzwasser-Dichteströmungsablagerungen nahe (z.B. EYLES et al. 1983, QUIGLEY 1983).
Die dominanten rhythmischen Wechselschichtungen und -laminationen aus Sand, Silt und Ton können sowohl auf einen turbiditischen Ablagerungsmechanismus als auch auf jahreszeitliche Sedimentationszyklen zurückgeführt werden (QUIGLEY 1983). Vermutlich stehen die beiden Mechanismen aber in einem engen Zusammenhang: Während im Winter die Schmelzwasserflüsse versiegten, setzte sich aus der stehenden Wassersäule unter der winterlichen Eisdecke die Ton-Silt-Suspension ab. Im Sommer dagegen wurden die subglazialen Schmelzwasserzuflüsse aktiviert und ergossen sich als sedimentbeladener Dichtestrom in den See. Das schwere, kalte und sedimentfrachtreiche Gletscherschmelzwasser floss dabei über den Seegrund und liess bei nachlassender Strömungsgeschwindigkeit die Bodenfracht als mächtigere Sandlagen mit Strömungsrippeln liegen. Instabile Sedimentakkumulationen im Mündungsbereich fuhren als Turbidite in das Becken ab.
Der untere Teil dieses Profilabschnittes lässt sich zusammenfassend als Ablagerung in einen Gletschersee mit schwimmenden Eisbergen deuten. Diese Sedimente bestehen aus gletschernahen Turbiditen und Dichteströmungen mit einem reichlichen Suspensionsausfall aus der Gletschermilch. Dass die gesamte Abfolge nach oben feiner wird, ist durch das Nachlassen der Sedimentzufuhr beim Zurückweichen der Gletscher erklärbar.

Nach oben feiner werdende tonig-siltige Einheit (28,0 m ÷ 15,7 m): Nachlassender Suspensionsausfall aus der Gletschermilch und Übergang vom oligotrophen zum eutrophen See

Graue und grau-beige siltige Tone (oben) und tonige Silte (unten) bilden diesen Profilabschnitt. Diese zeigen an, dass dem tieferen Seebecken nur noch Suspensionsfracht und kaum mehr gröbere Bodenfracht zugeführt wurde. Während im untere Teil die Rotaryspülbohrung keine Aussagen über Schichtstrukturen erlaubt, lassen sich im gekernten Teil zwischen 20 m ÷ 15,8 m laminierte Wechselschichtungen zwischen beigen und dunkelgrauen Silten sowie Tonen nachweisen. Derartige Wechsel könnten jahreszeitliche Warven (Bändertone) darstellen. Die ab 16,5 m beobachteten ersten Bioturbationen – es sind dies Wühlspuren von im Sediment lebenden wirbellosen Tieren – zeigen auf jeden Fall an, dass sich der See von einem kalten und nährstoffarmen oligotrophen See zu einem wärmeren und nährstoffreicheren eutrophen Gewässer wandelte. In anderen, nahe gelegenen Bohrprofilen wurden aber auch in dieser lithostratigraphischen Position noch Dropstones gefunden.

Tonig-siltige Einheit mit sandigen und torfigen Einschaltungen (15,7 m ÷ 1,45 m): Suspensionsausfall im eutrophen Seebecken mit Verlandungstendenzen und deltaischen Schüttungen, bewaldetes Einzugsgebiet

Nebst warvenartig laminierten tonigen Silten und siltigen Tonen – die wiederum als jahreszeitlich fluktuierende Suspensionsabsätze im Seebecken zu deuten sind – treten in diesem Anschnitt wiederholt siltige Sande, teilweise mit wenig Kies und mit Strömungsrippeln auf. Diese gröberen Sedimente weisen auf einen erneuten Einfluss stärkerer Bodenströmungen hin. Nur sind es diesmal nicht mehr subglaziale Schmelzwasserströme, sondern viel mehr distale Schüttungen des sich rasch vorbauenden Krienbach-Deltas. Die nicht nur in den Deltaschüttungen, sondern ebenso in den Seesedimenten reichlich vorkommenden Holzreste belegen, dass das Einzugsgebiet des Sees fortan eine Vegetationsdecke trug. Die starke Bioturbation ab 5 m zeugt davon, dass der See endgültig eutroph und wärmer geworden ist. Die torfreichen Schluffe zwischen 4 m und 5 m weisen auf zunehmende Verlandung des Sees hin, die durch einen markanten Seespiegelanstieg unterbrochen wurde. Insgesamt sind in diesem Profilabschnitt verschiedene Seespiegelschwankungen aufgezeichnet, auf die hier nicht näher eingegangen wird (vgl. «Überblick der Quartärgeologie im Stadtgebiet», S. 13).

Künstliche Auffüllungen (1,45 m ÷ 0,0 m): Urbanisierung

Interessanterweise liegt die durch Ziegelreste angezeigte künstliche Auffüllung direkt über den Seeablagerungen. Ohne weitere Untersuchungen kann aber nicht entschieden werden, ob hier flache Seearme während der frühen Stadtentwicklung zugeschüttet wurden, oder ob man – was wahrscheinlicher ist – beim Bahnhofbau zur Stabilisierung tiefreichend Material auffüllte.

Der Dropstone

Lithologische Beschreibung und Angaben zur Entstehung und Herkunft des Dropstone

Morphologische Beschreibung

Die Aussenmasse des Blockes sind 170 cm × 130 cm × 90 cm. Das Gewicht wurde mit der Pneukran-Waage auf annähernd 2,5 Tonnen (+/– 0,2 t) bestimmt, was bei einem spezifischen Gewicht von 2,7 g/cm^3 auf ein Volumen von knapp 1 m^3 schliessen lässt. Die Kanten sind eckig. Es sind weder Spuren von Gletscher- noch von Wassertransport (Schrammung, Kritzung, Zurundung) erkennbar. Deutlich sichtbar sind die tief eingegrabenen länglichen Spuren des Schlitzwandgreifers, die bei der Bergung entstanden sind. Nach dem äusseren Eindruck erscheint der prächtige Findling unverwittert und wie frisch aus der Felswand gebrochen.

Makroskopische Beschreibung

Der Dropstone ist ein heller, leicht parallel texturierter Granit, welcher der Intrusivmasse des Zentralen Aaregranits zuzuordnen ist. Hauptminerale bilden Quarz und Feldspate, wobei die Quarze dunkelgrau, die Plagioklase leicht grünlich und die Kalifeldspate milchigweiss ausgebildet sind. Der Biotit, der zum Teil in Chlorit umgewandelt ist, akzentuiert die Einregelung der Minerale. Bei den braunen, erdigen Aggregaten auf den Biotiten handelt es sich um rezent gebildetes Eisenhydroxid.

Der sonst kaum angewitterte Granit ist mittel- bis grobkörnig, vereinzelt sind auch grosse, idiomorphe Feldspate zu beobachten. Im Zentralen Aaregranit ist dieses Gefüge typisch für die als porphyrische Fazies bezeichneten randlichen Bereiche des Intrusivkörpers.

Als interessante, ebenfalls meistens in den Randgebieten des Zentralen Aaregranits auftretenden Phänomene, finden sich im Dropstone dunkelgrüne, feinkörnige Einschlüsse, wobei der grösste dieser basischen Einschlüsse (sogenannte «Butzen») 14 cm × 7 cm misst.

Generell gibt es zwei Möglichkeiten für die Entstehung dieser Einschlüsse. Entweder sind sie auf das Eindringen von schlecht mischbarem, basischem, d.h. eisen- und magnesiumreichem Magma in die granitische Schmelze zurückzuführen, oder es handelt

Abb. 4: Der Dropstone in der botanischen Anlage des Gletschergartens Luzern. (Foto: F. Schenker)

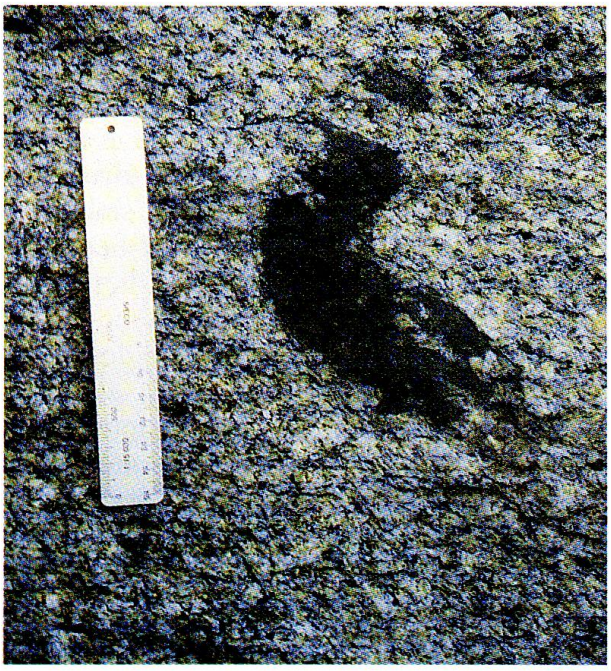


Abb. 5: Detail aus dem Dropstone: Basische Einschlüsse im Aaregranit. Abgebildeter Massstab = 15 cm. (Foto: F. Schenker)

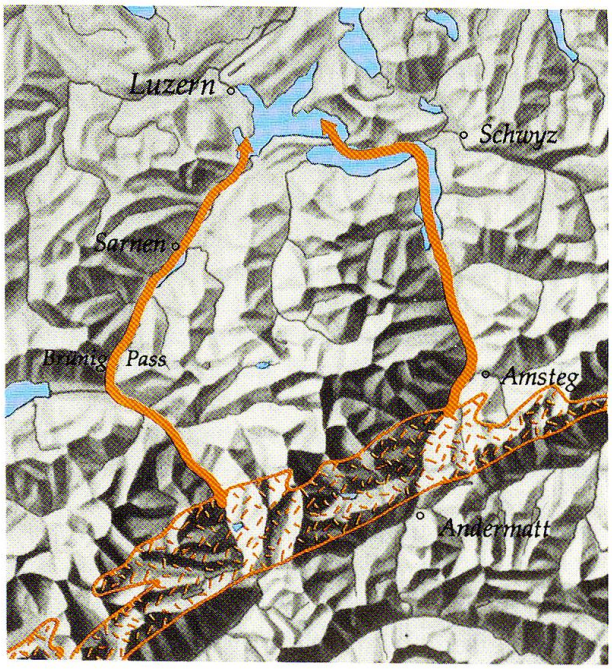


Abb. 6: Herkunft (nach LABHART, T.P. 1987) und mögliche Transportwege des Dropstone aus dem Zentralen Aare-Massiv. Aus Atlas der Schweiz, Tafel 3, Ausgabe 1965. Bearbeiter: E. Imhof, H. Leuzinger. Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 5.5.1995.

sich um Nebengesteinsstücke, die bei der Intrusion in die Granitschmelze gelangten und durch diese nicht vollständig aufgeschmolzen wurden. Aufgrund der Homogenität der «basischen Butzen», ihrer generell spindelförmigen Ausbildung, sowie des dioritischen Mineralbestandes dürfte es sich hier eher um Mischungen von unterschiedlichen Magmen denn um Nebengesteinsrelikte handeln.

Alter und Entstehung

Aufgrund der Zuordnung des Dropstone zum Zentralen Aaregranit beträgt sein Alter rund 300 Millionen Jahre (SCHALTEGGER & VON QUADT 1990). Während der Karbonzeit wurde im Zusammenhang mit der Kollision der Mega-Kontinente Gondwana und Laurasia das Variskische Gebirge gebildet (ZIEGLER 1989). Dabei entstanden siliziumreiche Gesteinsschmelzen, die entweder als vulkanische Bildungen an die Oberfläche extrudierten (z.B. Windgällen-Rhyolithe), oder aber als Magmenkammern in der Erdkruste verblieben, langsam abkühlten und zu Graniten erstarrten (SCHENKER 1987).

Herkunft

Der Zentrale Aaregranit erstreckt sich als langezogener Körper vom Tödi in den Glarner Alpen bis zum Finsteraarhorn im Berner Oberland. Gesteine, die mit dem Dropstone vergleichbar sind, stehen sowohl im Urner Reussgebiet (u.a. Gurtnellen – Wassen – Göscheneralp) als auch im Oberhasli zwischen Guttannen und dem Rätrichsbodensee an. Aufgrund der Gesteinsart kann somit nicht beurteilt werden, ob der Dropstone durch den Urner Reuss-Gletscher oder den Brünigarm des Aare-Gletschers in den Vierwaldstättersee transportiert wurde.

Bedeutung der Drifthypothese in der Wissenschaftsgeschichte

Die Erklärung der erratischen Blöcke anhand der Vergletscherungstheorie gehört heute zum Allgemeinwissen. Ursprünglich aber wurde der Transport erratischer Blöcke sowohl im norddeutschen Vereisungsgebiet als auch im Alpenvorland durch die biblische Sintfluttheorie gedeutet (KAISER, K. 1975, darin die nachfolgenden wissenschaftsgeschichtlichen Literaturzitate). Der 1823 von W. BUCKLAND eingeführte, heute veraltete geologische Abteilungsbegriff «Diluvium» (lat. Sintflut, Überschwemmung) für das Eiszeitalter (Pleistozän) erinnert an diese Theorie. Demgegenüber erklärt die ebenfalls veraltete Drifttheorie die Verbreitung von erratischen Blöcken durch die Verdriftung von Eisbergen mit eingeschlossenen Geschieben über ein ehemals höherliegendes Meer (VON WINTERFELD, G.A 1790). Ein Hauptvertreter der Drifttheorie war C. LYELL (1835). Zahlreiche bekannte Persönlichkeiten wie J.W. VON GOETHE, C. DARWIN, R.I. MURCHISON schlossen sich dieser Lehre an. Die Drifttheorie wurde in der Schweiz im Verlauf der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts (u.a. VENETZ-SITTEN, J. 1816, 1822, 1824 und 1825, VON CHARPENTIER, J.G. 1835), in Deutschland offiziell erst wesentlich später (TORELL, O. 1859, 1872) aufgegeben und durch die Vergletscherungstheorie ersetzt.
Der überwiegende Teil der im Schweizerischen Mittelland gefundenen Findlinge ist ausschliesslich durch den Gletschertransport erklärbar. Oftmals wurden diese Erratiker durch subglaziale oder periglaziale Wasserläufe noch verschwemmt und zugerundet, was beispielsweise für die Findlinge im Gletschergarten Luzern zutrifft. Auch der Dropstone wurde durch die Gletscher aus den Zentralalpen bis in den Vierwaldstättersee verfrachtet. Erst die letzten Kilometer überwand er im Sinne der alten Drifthypothese auf oder in einem Eisberg.

Transport von Gesteinen durch Eisberge

Wie gross muss der Eisberg gewesen sein, um den 2,5 Tonnen schweren erratischen Block von der kalbenden Gletscherzunge bis zum heutigen Fundort in Luzern transportieren zu können? Es lässt sich annähernd berechnen, wie gross ein Eisberg unter idealen Bedingungen (plattenförmige Eisscholle aus reinem Eis mit einem spezifischen Gewicht von 0,9 g/cm^3) mindestens sein müsste, um die Last zu tragen. Eine Eisscholle mit einem Volumen von 30 m^3, beladen mit dem 2,5 Tonnen schweren Granit (Dichte 2,7 g/cm^3) würde theoretisch noch knapp unter der Wasseroberfläche schwimmen ohne abzusinken. Der Eisberg muss aber wahrscheinlich wesentlich grösser gewesen sein, denn mit Gesteinsschutt durchsetztes Gletschereis kann eine wesentlich höhere Dichte als reines Eis aufweisen. Unbekannt sind im Falle des Luzerner Dropstone die genaue Transportdistanz (Lage der Gletscherzunge), die Transportzeit (Strömung, Winddrift), die Abschmelzdauer (Wassertemperatur) und die Geometrie der Eisscholle (Umkippen des Eisberges).

Eisberge können bei günstiger Strömung und niedriger Wassertemperatur grosse Distanzen zurücklegen. Arktische Eisberge aus dem Packeis der Polarkappe, von Grönland und aus der Baffin-Bay erreichen bei heutigen Klimabedingungen Island, die Südspitze von Grönland und Neufundland. Im Rahmen von Tiefsee-Bohrkampagnen im Nordatlantik fand man in Bohrkernen Steine, die aus der Hudson-Bay stammen bis südlich des 40. nördlichen Breitengrades, d.h. bis auf die Höhe von New York und Nordspanien (BERGER, W.H. et al. 1994). Anhand der Verteilung dieser eiszeitlichen Eisdriftgeschiebe oder Dropstones können Phasen mit verstärkter Eisbergdrift mit Zeiten verstärkter Gletschervorstösse infolge von Erwärmungen sowie Surges (= schnelle Gletschervorstösse) korreliert werden (sog. Heinrich-Ereignissen nach HEINRICH, H. 1988).

Dropstone – Dripstone – Driftblock – Eisdriftgeschiebe

Die Bezeichnung «Dropstone» führt teilweise zu Verwirrungen und zu Diskussionen. Abgrenzung zu andern Begriffen:

- Von der naheliegenden Übersetzung «dropstone» = Tropfstein, welche gelegentlich auch in Fachwörterbüchern auftaucht, sollte Abstand genommen werden. In der Karstforschung wird für die Tropfsteine (Stalagmite und Stalaktite) der Begriff «dripstones» verwendet.
- In der deutschsprachigen Literatur werden die Begriffe «Driftblöcke» und «Eisdriftgeschiebe» auch für Gesteine verwendet, die durch Flusseis verfrachtet wurden, d.h. Gesteine, die von den Uferhängen auf den gefrorenen Fluss gefallen sind oder aus dem Flussbett auf Eisschollen transportiert wurden.
- Der Begriff «dropstone» wird ausschliesslich für Geschiebe verwendet, die in stehenden Gewässern (Meer/See) in eindeutig lakustrische oder marine Sedimente abgelagert wurden. Als Dropstones sollte nur Geschiebe bezeichnet werden, das durch Eisberge von einem kalbenden Gletscher über die Meer- oder Seeoberfläche verfrachtet wurde und beim Abschmelzen auf den Grund gesunken ist (engl. to drop = hinunterfallen, sinken). Damit ergibt sich eine klare Abgrenzung zu den Ablagerungen der Unterwassermoränen (waterlain tills). Diese stammen unmittelbar aus dem Gletscher, der das Seebecken bedeckte; sie sind einerseits mit dem Grundmoränenmaterial und andererseits mit den Seesedimenten verzahnt.

Bedeutung

Sowohl aus Bohrprofilen als auch aus Aufschlüssen sind schon seit längerer Zeit Funde von Geschieben bekannt, die in Seesedimenten eingelagert sind und als Eisdriftgeschiebe interpretiert wurden (z.B. QUIGLEY, R.M. 1983, EYLES, N. & MIALL, A.D. 1984, KRZYSKOWSKI, D. 1993).

Die Bedeutung des Dropstone von Luzern liegt nicht nur in seiner Grösse und seinem guten Erhaltungszustand, sondern ebenso in den ausserordentlich glücklichen Fundumständen, welche seine Bergung und Erhaltung erlaubten. Wäre der Aushub für den vorgesehenen Schlitzwandpfahl nur um wenige Dezimeter verschoben gewesen, hätte der Greifer des Baggers den Block in 32 m Tiefe nicht packen können, und er hätte mit einem Meissel zerstört werden müssen.

Die Bergung des Dropstone von Luzern bestätigte auf eindrückliche Weise und in attraktiver Form die Interpretation der Sondierbohrprofile. Er beweist eindeutig, dass während der Ablagerung des überwiegenden Teils der Seesedimente die Gletscher noch weite Flächen des Vierwaldstättersees bedeckt haben.

Für den Gletschergarten Luzern ist die Präsentation des Dropstone ein weiteres attraktives, permanentes Ausstellungsobjekt, das mithilft, breiten Publikumskreisen die Vorgänge der jüngeren Erdgeschichte anschaulich und verständlich zu vermitteln.

Zeitliche und gletschergeschichtliche Einstufung

Das Dropstone-Ereignis muss im Spätglazial zwischen dem Zeitpunkt des Abschmelzens der Gletscherzunge bis südlich von Luzern und dem Verschwinden der Gletscher aus dem Gebiet des spätglazialen Vierwaldstättersees geschehen sein. In der Zeit nach dem Rückzug des Gletschers aus dem heutigen Stadtgebiet und der Ablagerung des Dropstone wurden ca. 60 m feinkörnige, kaltzeitliche Gletscherseesedimente abgelagert. Auch bei einer sehr hoch geschätzten Sedimentationsrate muss dafür mit einem Zeitraum von mindestens einigen Jahrhunderten gerechnet werden. Untersuchungen an echten Bändertonen (Warven) in Skandinavien und im Bodenseegebiet gehen von viel geringeren Sedimentationsraten von einigen Millimetern bis wenigen Zentimetern kompaktiertem Sediment pro Jahr aus. Bei einer derart geringen Sedimentationsrate würde die Ablagerung der 60 m Seesedimente mindestens ein bis zweieinhalb Jahrtausende gedauert haben. Gegen eine solch lange Ablagerungszeit spricht einerseits die Sedimentologie, handelt es sich doch bei den feingeschichteten Sedimenten grösstenteils um Turbidite, die im vorliegenden Zusammenhang zu viel höheren Sedimentationsraten führen. Andererseits kann aufgrund der Interpretation des Sondierbohrprofils angenommen werden, dass der Grossteil der Sedimente deponiert worden ist, bevor die Gletscherzungen hinter die Riegel der helvetischen Randkette Vitznau–Bürgenstock–Lopper zurückgeschmolzen waren.

Zeitliche Einstufung in die spätglaziale Landschaftsentwicklung der Schweiz

Die heutigen, auf Radiokarbondaten, lithostratigraphischen Korrelationen sowie auf Sauerstoffisotopen- und Pollenuntersuchungen basierenden Erkenntnisse über den zeitlichen Ablauf des Abschmelzens der grossen Vorlandgletscher lassen sich zusammenfassend wie folgt darstellen (WOHLFARTH, B. 1993):

- Vor etwa 20000 Jahren erreichten die Gletscher ihre letzte Maximalausdehnung: Der Reuss-Gletscher reichte bis Mellingen und Staffelbach und bedeckte das ganze Wauwilermoos. Die Eismächtigkeit betrug in Luzern ca. 550 m.
- Vor ca. 18000 Jahren begann der Eiszerfall im Mittelland. Danach kam es zur Bildung der Mittellandseen (Zürichsee, Sempacher-, Hallwiler- und Baldeggersee

Abb. 7: Eisberg mit erratischem Block auf dem «eiszeitlichen Vierwaldstättersee». Fotomontage: Isländische Küstenlandschaft mit driftender Eisscholle (Foto: P. Fitze) und Dropstone von Luzern (Foto: P. Wick).

zwischen 18000 und 16000 vor heute). Der Vierwaldstättersee und das Gebiet der heutigen Stadt Luzern waren damals wohl noch vom Gletscher bedeckt.

- Zwischen 15000 und 14500 Jahren vor heute wurden die Alpenrandgebiete eisfrei.

  In die Zeit zwischen 16000 und 15000 Jahren vor heute können demnach folgende Ereignisse eingestuft werden: Eisfreiwerden des Stadtgebietes von Luzern, Beginn der Seeablagerungen im Bahnhofgebiet und damit Bildung des Vierwaldstättersees.
- Eine rasche Erwärmung vor ca. 14500 Jahren führte zum endgültigen Zurückweichen der aktiven Gletscher in die Alpentäler hinein, wobei sich inaktive Toteismassen vielleicht noch einige Jahrhunderte in den Seebecken halten konnten.

Gestützt auf obige grossräumige Zusammenstellung der spätglazialen Entwicklung kann das Dropstone-Ereignis auf ca. 15000 +/– ca. 500 Jahre vor heute festgelegt werden.

Gletschergeschichtliche Einstufung

Der Schweizer Eiszeitforscher R. Hantke (z.B. HANTKE, R. 1980) unterscheidet im Bereich des Vierwaldstättersees folgende moränenbildende Gletscherstände, die während des allgemeinen Rückschmelzens von Stillstands- oder kleineren Vorstossphasen der Gletscher zeugen: Luzern, Chrütztrichter, Vitznau (s. Abb. 8), Gersau-Chindli/Alpnach, Attinghausen/Giswil. Zur Zeit des Luzerner Standes war das Stadtgebiet noch von Gletschern bedeckt, beim Attinghausen/Giswil-Stand war der See vollständig gletscherfrei. Nach dem Rück-

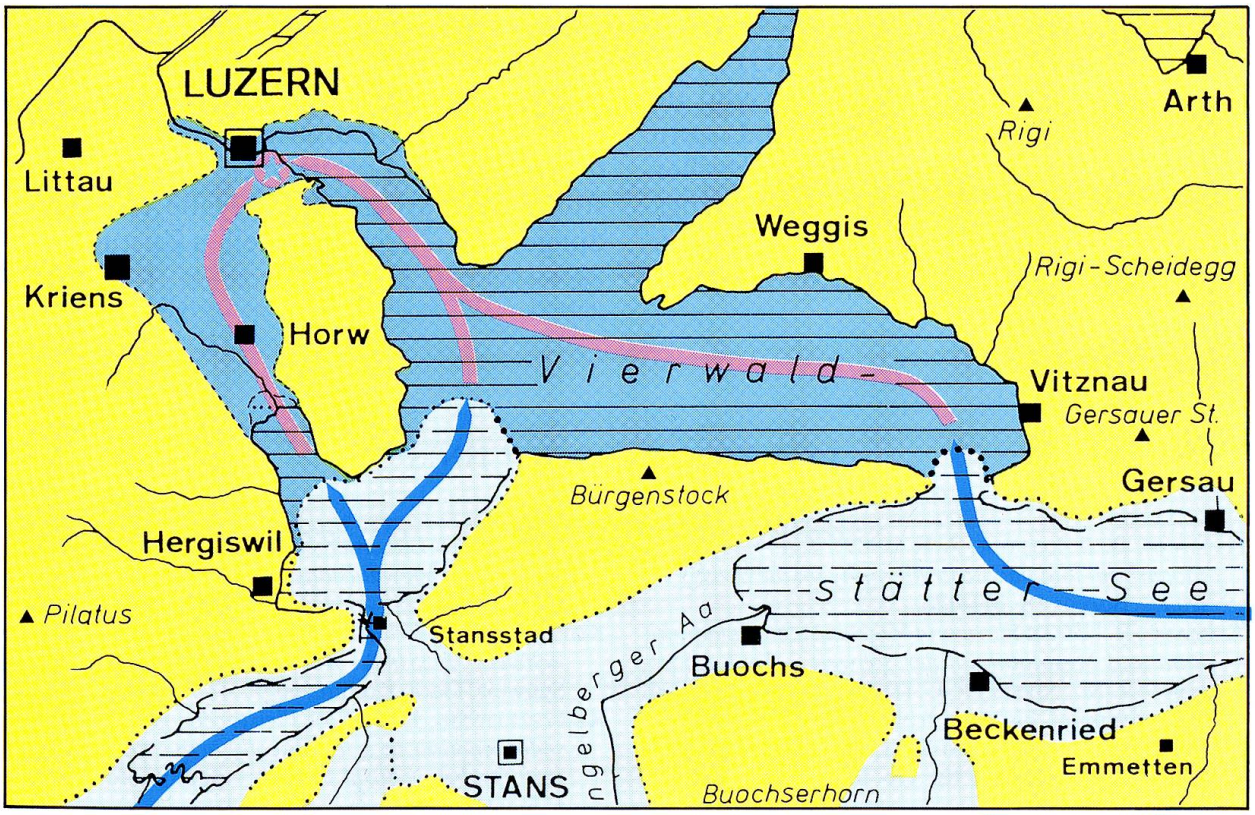


Abb. 8: Der Reuss-Gletscher Stand von Vitznau (umgezeichnet nach Hantke 1986). Der Brünigarm des Aare-Gletschers kalbte nördlich von Stansstad in den werdenden Vierwaldstättersee. Das Gebiet zwischen Luzern, Kriens und Horw war noch vom See bedeckt.

- Ausdehnung des späteiszeitlichen Vierwaldstättersees
- Gletscher aus den Alpentälern
- Eisfreie Gebiete (ohne Berücksichtigung von Lokalvergletscherungen)
- Mögliche Transportwege des Dropstone auf dem Gletscher
- Mögliche Transportwege des Dropstone durch Eisberg-Drift
- Fundort

schmelzen der Gletscherzungen hinter die Seeverengungen zwischen den Nasen bei Vitznau und Lopper/Bürgenstock bei Stansstad verringert sich die Wahrscheinlichkeit, dass nicht bereits schon vorher gestrandete Eisberge diese Hindernisse passieren und ohne abzuschmelzen, gegen das See-Ende zutreiben konnten. Ausserdem wirkte das Becken des Chrütztrichters als Sedimentationsfalle. Sobald es eisfrei wurde, verringerte sich die Sedimentationsrate im Bereich des Luzerner Seebeckens wohl stark.

Somit lassen sich das Loslösen des mit dem erratischen Block beladenen Eisberges von der Gletscherzunge, die Drift nach Luzern und die Ablagerung auf dem noch ca. 30 m tiefen Seegrund am wahrscheinlichsten zwischen Hantkes Reuss-Gletscherständen von Vitznau/Stansstad und Chrütztrichter einordnen.

Verdankungen

Die Verfasser danken allen, die zur Bergung und Rettung des Dropstone beigetragen und den vorliegenden Artikel ermöglicht haben. Dank der Aufmerksamkeit des Bohrmeisters und des Poliers und der materiellen und

finanziellen Unterstützung durch Herrn T. Eggermann (Zschokke Schäfer AG) gelangen der Transport, die Plazierung und die Ausstellung im Gletschergarten Luzern. Aus Beiträgen der Gönner des Gletschergartens konnten die baulichen Anpassungsarbeiten finanziert werden. Die Übersetzungen der Zusammenfassung besorgten C. Halmes und N. Platt. H. G. Lorenz, A. Wick und der Redaktorin E. Schlegel danken wir für die kritische Durchsicht des Manuskriptes. Mengis + Lorenz AG, Luzern, unterstützte die farbige Wiedergabe der Abbildungen mit einem finanziellen Zustupf.

LITERATURVERZEICHNIS

AMMANN, B. & LOTTER. A.F. (1989): *Late-Glacial radiocarbon- and palynostratigraphy on the Swiss Plateau.* – Boreas 18, 109–126.

AMMANN, B. (1993): *Flora und Vegetation im Paläolithikum und Mesolithikum der Schweiz.* – In: LE TENSORER J.-M., NIFFELER, U. (Eds.): Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter, Bd. 1: Paläolithikum und Mesolithikum. – Verlag Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, Basel, 66–84.

BERGER, W.H., BICKERT, T., JANSEN, E., YASUDA, M. & WEFER, G. (1994): *Das Klima im Quartär – Rekonstruktion aus Tiefseesedimenten mit Hilfe der Milankowitch-Theorie.* – Geowissenschaften 12/9, 258–266.

EYLES, N. & MENZIES, J. (1983): *The subglacial landsystem.* In: EYLES, N.: Glacial geology. p. 19–70. – Pergamon Press, Oxford, 409 p.

EYLES, N. & MIALL, A.D. (1984): *Glacial facies.* In: WALKER, R.G.: Facies models. 2nd ed. p. 15–38. – Geosc. Can. Repr. Ser. 1, 317 p.

EYLES, N., EYLES, C.H. & MIALL, A.D. (1983): *Lithofacies types and vertical profile models; an alternative approach to the description and environmental interpretation of glacial diamict and diamictite sequences.* – Sedimentology 30, 393–410.

HANTKE, R. (1980): *Eiszeitalter.* Band 2. – Ott Verlag. Thun.

HANTKE, R. (1986): *Zur Entstehung des Vierwaldstättersees.* – Schweizer Hotel-Journal 16/2, 13–16.

HEINRICH, H. (1988): *Origin and consequences of cyclic ice rafting in the northeast Atlantic Ocean during the past 130 000 years.* – Quat. Res. 29, 142–152.

KAISER, K. (1975): *Die Inlandeis-Theorie, seit 100 Jahren fester Bestand der Deutschen Quartärforschung.* – Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 26, Öhringen/Württ., 1–30.

KAUFMANN, F.J. (1887): *Geologische Skizze von Luzern und Umgebung.* – Beil. Jber. Kantonsschule u. Theologie in Luzern (1886/87), 12 p.

KELLER, B. & WICK, P. (1986): *Gletschergarten Luzern.* – Gletschergarten Luzern.

KOPP, J. (1938): *Der Einfluss des Krienbachs auf die Gestaltung des Luzernersees und die Hebung des Seespiegels des Viewaldstättersees.* – Eclogae geol. Helv. 31/2, 376–377.

KOPP, J. (1962): *Erläuterungen: Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000. Bl. 1150 Luzern (Nr. 28).* – Schweiz. Geol. Komm., 66 p.

KRZYSZKOWSKI, D. (1993): *Pleistocene glaciolacustrine sedimentation in a tectonically active zone, Kleszczow Graben, central Poland.* – Sedimentology 40/4, 623–644.

KÜTTEL, M. (1982): *Veränderungen in der spätglazialen Umwelt von Luzern.* – Phys. Geogr. 1, 195–204.

KÜTTEL, M. (1989): *Züge der jungpleistozänen Vegetations- und Landschaftsgeschichte der Zentralschweiz.* – Revue Paléobiol. 8, 525–614.

LABHART, T.P., 1987: *Geologie der Schweiz* – Bern, Stuttgart (Hallwag).

LOTTER, A.F. (1988): *Paläoökologische und paläolimnologische Studie des Rotsees bei Luzern.* – Dissertationes Botanicae 124, Berlin/Stuttgart.

MENGIS, R. & ROTH, J. (1985): *Baugrund im Bahnhofgebiet.* – Schweiz. Ing. u. Arch. 24/1985, 38–40.

MENGIS + LORENZ AG (1993): *Hydrogeologischer und geotechnischer Bericht über die Grundwasser- und Baugrundverhältnisse in der Stadt Luzern.* – Gutachten im Auftrag des Kantonalen Amtes für Umweltschutz und des Tiefbauamtes der Stadt Luzern, 57 p., mit Anhängen, Karten und Profilen.

QUIGLEY, R.M. (1983): *Glaciolacustrine and glaciomarine clay deposition: A North American perspective.* In: EYLES, N.: Glacial geology. p. 140–167. – Pergamon Press, Oxford, 409 p.

ROESLI, F. (1965): *Das Renggloch als geologisches Phänomen und als Beispiel einer frühen Wildbachkorrektion.* – Eclogae geol. Helv. 58/1, 109–126.

SCHALTEGGER, U. & VON QUADT, A. (1990). *U-Pb zircon dating of the Central Aar Granite.* – Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 70, 361–371.

SCHENKER, F. (1987): *Hinweise für kompressive Tektonik während der Ablagerung von oberpaläozoischen Sedimenten und Vulkaniten im Aarmassiv.* – Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing 54/124, 45–57.

SCHLÜCHTER, CHR., (1993): *Geologie.* In: LE TENSORER J.-M., NIFFELER, U. (Eds.): Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter, Bd. 1: Paläolithikum und Mesolithikum. – Verlag Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, Basel, 47–57.

SCHREINER, A. (1992): *Einführung in die Quartärgeologie.* – Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 257 S.

REINECK, H.-E. & SINGH, I.B. (1975): *Depositional Sedimentary Environments.* – Springer-Verlag, Berlin, 439 p.

WOHLFARTH, B. (1993): *Landschaftsentwicklung im Spätglazial des Oberen Würm und im frühen Holozän der Schweiz.* – In: LE TENSORER J.-M., NIFFELER, U. (Eds.): Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter, Bd. 1: Paläolithikum und Mesolithikum. – Verlag Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, Basel, 57–65.

ZIEGLER, P.A. (1989): *Evolution of Laurasia – a study of Late Palaeozoic plate tectonics.* – Kluver Academic, Dordrecht, 102 pp.

Dr. Beat Keller &
Walter Fellmann
R. Mengis + H.G. Lorenz AG
Schlossstrasse 3
6005 Luzern

Peter Wick
Gletschergarten Luzern
Denkmalstrasse 4
6006 Luzern

Dr. Franz Schenker
CSD – Colombi Schmutz Dorthe AG
Langsägestrasse 2
6010 Kriens