

Eiszeit: Indizien für abrupten Zusammenbruch des laurentischen Eisschildes

Zahlreiche groß- und kleinskalige Oberflächenformen in vielen Teilen Kanadas werden als Produkte subglazialer, hochenergetischer Schmelzwasserströme im Kontext von Megaflut-Ereignissen interpretiert. Einen neuartigen Blick auf einige dieser Formen bieten die Drohnen-Fotografie und die Videoanimation.

Michael Kotulla

Die Kontroverse: Eis oder Wasser

Drumlins, Eskers*, Tunnelkanäle (Tunneltäler, glaziale* Rinnen), S-Formen. – In der wissenschaftlichen Literatur besteht eine Jahrzehnte währende und weiter anhaltende Debatte darüber, ob die aufgezählten subglazialen* Landformen durch Eis oder durch Wasser (unter dem Eis) gebildet wurden (MUNRO-STASIUK et al. 2009). Während ihre Entstehung durch Eis quasi „gesetzt“ ist, wird der herausfordernde Erklärungsversuch – durch Wasser – von John SHAW und anderen als „Schmelzwasser-Hypothese“, „Ausbruchs-Flut-Hypothese“ oder einfach „Megaflut-Hypothese“ bezeichnet. Er besagt, dass diese Erosions- und Ablagerungsformen durch regionale Schmelzwasserfluten mit flächenhaften, mitunter schnell schießenden, turbulenten und Sediment-beladenen Wasserströmen entstanden. Für das Gebiet des French River (Ontario; bezogen auf eine Breite von 75 km) beträgt die geschätzte Abfluss- bzw. Durchflussrate $7,5 \times 10^6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (MUNRO-STASIUK et al. 2009, 97); Fluten dieser Dimension werden als Megafluten bezeichnet.

Die Entstehung dieser Formen (unter dem Eis) kann nicht beobachtet werden. SHAW (2002) zufolge müssen postulierte Prozesse für ihre Entstehung mit den Charakteristika der Formen übereinstimmen. Hierfür wendet er methodisch hauptsächlich den Analogieschluss an.

Zusammenbruch des Eisschildes

Was hat am Ende der Eiszeit initial den Zusammenbruch des laurentischen Eisschildes* bewirkt? BLANCHON & SHAW (1995, 7) schlagen vor, dass der Kollaps durch katastrophische Freisetzung von Schmelzwasser-Megafluten ausgelöst wurde, deren Wassermassen glazialen oder proglazialen* Reservoiren entstammten (s. Video 5, Kasten 2).

Diese Sichtweise wird u. a. durch die Beobachtung unterstützt, dass die mutmaßlich von

Zahlreiche subglaziale Formen können nur durch die Bildung von strömendem Wasser und nicht durch Gletscher-Aktivität erklärt werden.

Schmelzwasserströmen gebildeten subglazialen Oberflächenformen – nach Abfluss der Wasser – von der dann aufsetzenden (Rest-) Eismasse nicht mehr oder örtlich nur geringfügig überprägt worden sind; also wohl keine signifikante Eisbewegung mehr stattgefunden hat.



Abb. 1 S-Formen vom Typ Sichelwannen, French River (Ontario). Strömungsrichtung vom Betrachter weg. Inlet: Seitliche Aufsicht auf Sichelwannen; Strömungsrichtung von links nach rechts. Größe: jeweils Meter-Bereich. Fotos: © Geodoxa; Inlet: Screenshot von Video 1.



Abb. 2 S-Form. Visualisierung der Strömung, von rechts nach links: Hufeisenwirbel (horseshoe vortices). „Die skulpturierten Felsen von Cantley“, Quebec. Screenshot von Video 2 (© Geodoxa), siehe Kasten 1.



Abb. 3 Kavitationsmarken, French River (Ontario). Strömungsrichtung auf den Betrachter zu. Screenshot auf den Betrachter zu. Screenshot von Video 3 (© Geodoxa), siehe Kasten 1.

Die Formen und ihre Visualisierung

Eine neuartige Perspektive auf zahlreiche kleinskalige Formen bietet die Drohnen-Fotografie aus unterschiedlichen Höhen und Winkeln und ihre Erweiterung zu 3D-Darstellungen (Video-grammetrie). Daneben liegen inzwischen auch

vermehrt reine Animationsvideos vor, die insbesondere die mögliche Entstehung der Formen eindrucksvoll und nachvollziehbar präsentieren. Für die Formen, die in Kasten 1 und 2 in Kurzform beschrieben werden, werden Videoempfehlungen ausgesprochen, die teilweise in Vorträgen und in Verbindung mit universitären Lehrveranstaltungen verwendet wurden.

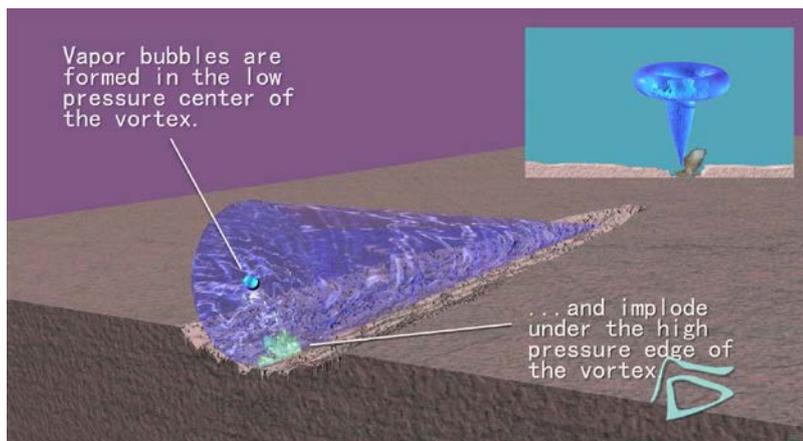


Abb. 4 Entstehung von Kavitationsmarken durch Kavitationserosion. Screenshot von Video 3 (© Geodoxa), siehe Kasten 1. Strömungsrichtung des turbulenten, schießenden Wassers von links nach rechts. Beschriftung übersetzt: „Im Niederdruckzentrum des Wirbels bilden sich Dampfblasen. ... und implodieren unter der Hochdruckkante des Wirbels.“



Abb. 5 Drumlin-Feld im Gebiet des Livingstone-See, Nord-Saskatchewan (Kanada). Strömungsrichtung von Nordosten (= oben) nach Südwesten. Schräge Aufsicht, N etwa links oben, weiße Linie (unten) 15 km; Koordinaten Bildmitte: 58°30'09"N, 107°26'27"W. Bild: Google Earth Pro, Eintragungen durch den Verfasser.

Resümee

Zur Entstehung der skulpturierten Formen (S-Formen) haben SHAW et al. (2020)⁴ kürzlich eine umfassende Arbeit vorgelegt, die u. a. die wissenschaftlich methodische Vorgehensweise nachvollziehbar und überzeugend aufzeigt: a) Ähnlichkeit der Formen: moderne Erosionsmarken und subglaziale S-Formen; b) Analogie der Entstehung dieser Formen: durch Fließprozesse; Vergleich von Geländebeobachtungen, Wasserkanal-Experimenten und rechnergestützten Dynamiken von Fluiden (Strömungslehre); c) daraus resultierend die Interpretation der subglazialen, hydrologischen Konditionen. – Die Autoren folgern erneut: Die S-Formen müssen sich unter einer abrupt endenden katastrophischen Flutströmung gebildet haben.

Anmerkungen

- ¹ Diese Video-Vorlesung hielt John SHAW bei einem Mini-Symposium 2017 mit dem Titel „The Beauty of Drumlins and the Mystery of their Genesis“.
- ² Dieses Video wurde für die Quartärkonferenz CANQUA/AMQUA 2018 in Ottawa produziert, insbesondere zur Vorbereitung der Teilnehmer auf die Exkursion zu den skulpturierten Felsen von Cantley, Quebec.
- ³ Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg: <https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/glossar/drumlin>
- ⁴ John SHAW verstarb 2018; der Artikel ist von Kollegen posthum fertiggestellt und schließlich publiziert worden.

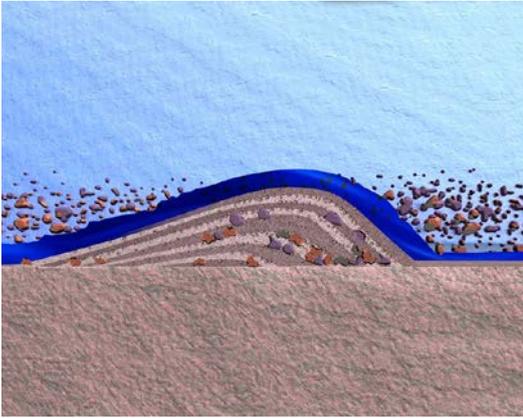


Abb. 6 Entstehung eines Ablagerungs-Drumlins. Screenshot von Video 4 (© Geodoxa), siehe Kasten 2.

Glossar

Esker: Höhenrücken (irische Herkunft); geschwungener Kamm aus teilweise geschichtetem Sand und Kies. Auch als Os (skandinavische Herkunft) bezeichnet.

Glazial: Eiszeitlich; allgemein für Erscheinungen der Eiszeit(en) oder konkret für Tätigkeit des Gletschereises (→ glazigen).

Glazigen: Vom Gletscher- oder Inlandeis geschaffene Formen und abgelagerte Sedimente, z. B. Till (Geschiebemergel). – Diese kurze Definition geht auf die

Wirkkraft subglazialer Schmelzwasser nicht ein.

Glaziofluvial: Unter dem Einfluss von Schmelzwasser entstanden; → pro- oder subglazial.

Laurentischer Eisschild: Größter Teil des nordamerikanischen Eismassenkomplexes; laurentisch: ausgestorbene Sprache der irokesischen Sprachfamilie (ehemals an den Ufern des Sankt-Lorenz-Stroms verbreitet).

Pro-/subglazial: vor/unter der Eismasse/dem Gletscher gebildet/befindlich.

1 | Skulpturierte Formen (sog. S-Formen) – Videos 1 bis 3

Alle S-Formen sind durch Erosion entstanden (Abb. 1-4). Aus dem Gebiet des French River (Georgsbucht) werden transversale (querverlaufende), longitudinale (längslaufende) und ungerichtete Formen beschrieben und unterschieden (KOR et al. 1991, MUNRO-STASIUK et al. 2009). Sie reichen vom Millimeter- bis zum Zehnermeter-Bereich.

Sichelwannen: Sichelförmige, konvexe Strömungsmarken, mit „Armen“, die sich um den Mittelkamm erstrecken (Abb. 1). Sie treten häufig in Gruppen auf, mitunter verschachtelt oder kaskadiert („hintereinandergeschaltet“).

Muschelbrüche: Flache Einsenkungen, die inversen Muschelabdrücken ähneln; mit schar-

fen, konvexen (Aufströmungs-) Rändern.

Spindelmarken: Längliche, flache, spindelförmige Erosionsfurchen mit scharfen Rändern an der Aufströmungsseite.

Strudellöcher: Trichterförmige oder zylindrische Aushöhlungen (Kolke) in Festgestein; Erosion durch Sediment-beladene spiralförmige Strömung.

Kavitationsmarken: Längliche, tiefere, unregelmäßig spindelförmige Riefen im Millimeter- bis Zentimeter-Bereich, häufig in Gruppen neben- und hintereinander (Abb. 3-4).

Videoempfehlungen

Video 1: S-forms: form, pattern and process – Evidence for megafloods (13:10 min.)¹

[S-Formen: Form, Muster und Prozess – Evidenz für Megafluten];

<https://www.youtube.com/watch?v=Qg74Qmg9hKI>

Video 2: Cantley, Quebec – Monument of the Ice Age (10:31 min.)² [Monument der Eiszeit];

https://www.youtube.com/watch?v=wYp8nolc_Uk

Video 3: Hydraulic Shock by Subglacial Water – French River (7:51 min.) [Hydraulischer Schock durch subglaziale Wasser];

<https://www.youtube.com/watch?v=JDF6m-6t1Io>

<https://www.youtube.com/watch?v=JDF6m-6t1Io>

2 | Drumlins – Videos 4 und 5

Im Glossar von „LGRBwissen“³ heißt es: „Drumlin: von Gletschern aus den an der überfahrenen Geländeoberfläche anstehenden Gesteinen stromlinienförmig herausmodellerte längliche Hügel, deren Längsachse in Richtung der Eisbewegung weist“ (im Tatsachen-Modus). SHAW et al. (1989) unterscheiden in Nord-Saskatchewan „Erosions-Drumlins“ (Residual-Hügel) und „Ablagerungs-Drumlins“ (sedimentärer Aufbau). Ihre Länge variiert von Zehner Meter bis zu Zehner Kilometer und ihre Breite reicht bis Hunderte Meter.

In beiden Fällen werden die Drumlins als glaziofluviale* Bildungen interpretiert. Im zweiten Fall wird angenommen, dass strömendes, turbulentes Wasser das Eisbett von unten erodiert und in den dann entstandenen Hohlräumen angeliefertes und aus dem Eisbett gespültes Material sedimentiert wird (Abb. 5-6). Als Argument nennen sie u. a., dass diese Drumlins hauptsächlich von geschichtetem Material aufgebaut seien. – Die Verbreitung von Drumlin-Feldern in Kanada ist enorm, sie nehmen dort etwa drei Viertel der Fläche ein.

Videoempfehlungen

Video 4: Theory of depositional drumlin (1:30 min.)

[Theorie des Ablagerungs-Drumlin];

<https://www.youtube.com/watch?v=xKtUpWZ8RqQ>

Video 5: Ice age controversy (6:32 min.)

[Eiszeit-Kontroverse];

https://www.youtube.com/watch?v=vWPew_EzUXY

Literatur

BLANCHON P & SHAW J (1995) Reef Drowning during the last deglaciation: Evidence for catastrophic sea-level rise and ice-sheet collapse. *Geology* 23, 4-8.

MUNRO-STASIUK MJ, SHAW J, SJORGEN DB, BRENNAND TA, FISHER TG, A HARPE DR, KOR PSG, BEANEY CL & RAINS BB (2009) The morphology and sedimentology of landforms created by subglacial megafloods. In: BURR DM, CARLING PA & BAKER VR (eds.) *Megaflooding on Earth and Moon*, 78-103.

KOR PSG, SHAW J & SHARPE DR (1991) Erosion of bedrock by subglacial meltwater, Georgian Bay, Ontario: a regional view. *Can. J. Earth Sci.* 28, 623-642.

SHAW J (2002) The meltwater hypothesis for subglacial bedforms. *Quaternary International* 90, 5-22.

SHAW J, KVILL D & RAINS B (1989) Drumlins and catastrophic subglacial floods. *Sedimentary Geology* 62, 177-202.

SHAW J, GILBERT RG, SHARPE DR, LESEMANN J-E & YOUNG RR (2020) The origins of s-forms: Form similarity, process analogy, and links to high-energy, subglacial meltwater flows. *Earth-Science Reviews* 200, 102994.

Link

Geodoxa: <https://www.geodoxa.com/>