



SCHWEIZER JUGEND FORSCHT  
LA SCIENCE APPELLE LES JEUNES  
SCIENZA E GIOVENTÙ  
SCIENZA E GIUVENTETGNA

## **Ausgezeichnete Leistungen von vier Lernenden der Berufsmaturitätsschule Zürich am Nationalen Wettbewerb von «Schweizer Jugend forscht» 2024**

11. Juni 2024

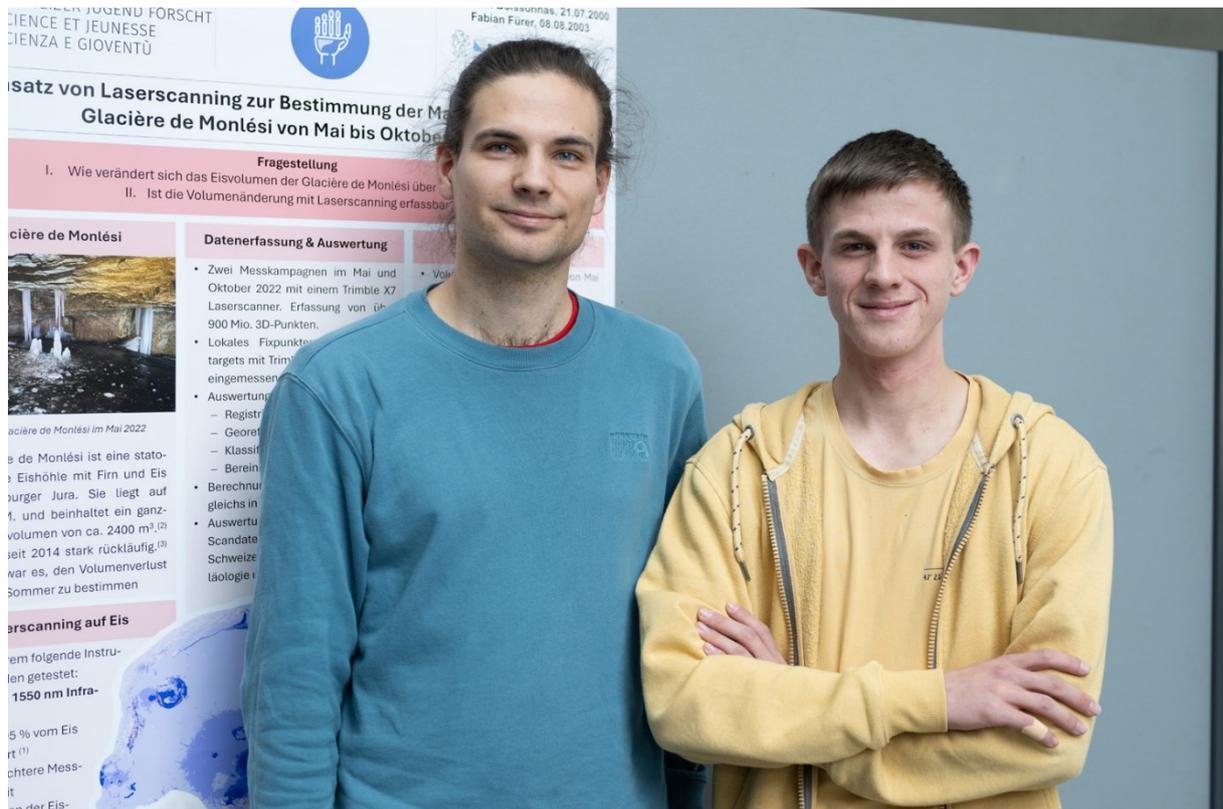
Martin Brogle, Leiter BM 1

Die beiden BM 1-Absolventen Jonathan Boissonnas und Fabian FÜRer sind am Nationalen Wettbewerb von «Schweizer Jugend forscht» (SJf) für ihre Berufsmaturitätsarbeit mit dem Titel «Einsatz von Laserscanning zur Bestimmung der Massenbilanz der Glacière de Monlési von Mai bis Oktober 2022» mit der höchsten Auszeichnung «hervorragend» geehrt worden. Zudem haben sie den vom Paul Scherrer Institut gestifteten Sonderpreis «Forschung auf dem Jungfrauoch» erhalten. Die BMS Zürich gratuliert den beiden Jungforschern aus dem BM 1-Bildungsgang der Ausrichtung Technik, Architektur, Life Sciences herzlich zum grossartigen Erfolg und der herausragenden Leistung.

Die beiden jungen Geomatiker haben die BMS im vergangenen Jahr abgeschlossen und sich nach der Berufsmatur für den Nationalen Wettbewerb von «Schweizer Jugend forscht» angemeldet. Sie untersuchten in ihrer Berufsmaturitätsarbeit über einen Zeitraum von fünf Monaten die Volumenänderung des Eises in der Glacière de Monlési, einer Eishöhle im Kanton Neuenburg. Dabei zeigten sie, inwiefern sich das terrestrische Laserscanning zum Zweck der Messung des Eisverlustes eignet. Zur Messbarkeit von Eis wurden Laserscanner unterschiedlicher Bauart und mit unterschiedlichen Laser-Wellenlängen getestet. «Wir wollten in unserer Arbeit einen Gletscher vermessen, er musste aber klein sein, so kamen wir auf die Höhle im Neuenburger Jura, die sich für unsere Forschungszwecke sehr gut eignete», berichtet Fabian FÜRer. «Laserscanning auf Eis ist schwierig, wir benötigten schliesslich vier Geräte, bis die Messungen funktioniert haben», ergänzt Jonathan Boissonnas. Die Scandaten belegen und quantifizieren den bisher nur geschätzten Eisrückgang. In der untersuchten Zeitspanne nahm das Eisvolumen in der Gletscherhöhle um 126 m<sup>3</sup> ab. Damit liegt der Volumenverlust eindeutig in einem mit Laserscanning erfassbaren Bereich.

Nach den SJf-Workshops im Januar 2024 erhielten die beiden Jungforscher mit Lorenz Schmid einen ausgewiesenen Experten der ETH Zürich auf dem Gebiet der Geosensorik und Ingenieurgeodäsie. «Die Betreuungsperson war fachlich wichtig für uns», sind sich Herr Boissonnas und Herr FÜRer einig. «Zudem konnten wir von unseren beruflichen Kompetenzen als Geomatiker profitieren», resümieren sie gemeinsam. Herr Boissonnas absolviert zurzeit seinen Zivildienst am Schweizerischen Institut für Höhlen- und Karstforschung in La Chaux-de-Fonds und führt die Forschungsarbeit mit den Vorbereitungen für ein zehnjähriges Monitoring der untersuchten Glacière de Monlési weiter.

Beide Absolventen der Berufsmaturitätsschule Zürich empfehlen aufgrund ihrer Erfahrungen und ohne zu zögern die Anmeldung zum Nationalen Wettbewerb von «Schweizer Jugend forscht»: «Wer seine Arbeit interessant findet, soll sich anmelden, man kann nichts verlieren, nur gewinnen.»



Das Finale des diesjährigen Nationalen Wettbewerbs von «Schweizer Jugend forscht» fand vom 25. bis am 27. April 2024 in Freiburg/Fribourg statt. Jonathan Boissonnas und Fabian Fürer (BGM19a) wurden für ihre Berufsmaturitätsarbeit mit dem Prädikat «hervorragend» geehrt und erhielten den Sonderpreis «Forschung auf dem Jungfrauojoch» gestiftet vom Paul Scherrer Institut.

Alle Angaben zur ausgezeichneten Arbeit können unter folgendem Link oder QR-Code eingesehen werden:

<https://inspiration.sjf.ch/einsatz-von-laserscanning-zur-bestimmung-der-massenbilanz-der-glaciere-de-monlesi-von-mai-bis-oktober-2022/>





## Einsatz von Laserscanning zur Bestimmung der Massenbilanz der Glacière de Monlési von Mai bis Oktober 2022

### Fragestellung

- I. Wie verändert sich das Eisvolumen der Glacière de Monlési über einen Sommer?
- II. Ist die Volumenänderung mit Laserscanning erfassbar?

### Glacière de Monlési



Abb. 1: Glacière de Monlési im Mai 2022

Die Glacière de Monlési ist eine statodynamische Eishöhle mit Firn und Eis im Neuenburger Jura. Sie liegt auf 1130 m.ü.M. und beinhaltet ein ganzjähriges Eisvolumen von ca. 2400 m<sup>3</sup>.<sup>(2)</sup> Dieses ist seit 2014 stark rückläufig.<sup>(3)</sup> Unser Ziel war es, den Volumenverlust über einen Sommer zu bestimmen

### Datenerfassung & Auswertung

- Zwei Messkampagnen im Mai und Oktober 2022 mit einem Trimble X7 Laserscanner. Erfassung von über 900 Mio. 3D-Punkten.
- Lokales Fixpunktenetz aus Scantargets mit Trimble SX12 Totalstation eingemessen.
- Auswertung in Trimble RealWorks:
  - Registrierung
  - Georeferenzierung
  - Klassifizierung
  - Bereinigung
- Berechnung des 2.5 D Volumenvergleichs in Trimble RealWorks.
- Auswertung und Vergleich mit Scandaten aus dem Jahr 2020 des Schweizerischen Institutes für Speleologie und Karstforschung (SISKA).

### Ergebnis

- Volumenverlust von 126 m<sup>3</sup> von Mai bis Oktober 2022 gemessen.
- Durchschnittliche Abnahme der Eishöhe von 18 cm.
- Grösste Eisverluste unter den senkrechten Eingangsschächten und in Bereichen mit Wasserinfiltration.
- Scheinbare Volumenzunahme durch Umlagerung von Steinen und organischem Material auf dem Eis.

### Diskussion & Fazit

Laserscanning erlaubt eine effiziente, hochauflösende Datenerfassung in der Glacière. Die gewonnenen Daten können zudem für weitere Analysen wie z.B. zur Erkennung von Deformationen verwendet werden.

Die Volumenänderung kann einfach aus den Daten berechnet werden. Die Messgenauigkeit auf Eis ist grösser als auf matten, festen Objekten wie

Stein, weshalb die Höhenänderung mehr als 10 mm betragen sollte, um Messfehler auszuschliessen. Der Wassergehalt der Eisoberfläche hat einen grossen Einfluss

auf deren Messbarkeit und erschwert eine zuverlässige Aufnahme. Fotogrammetrie ist hier im Vorteil, doch ist eine gute Ausleuchtung der Bilder schwierig.

### Laserscanning auf Eis

Unter anderem folgende Instrumente wurden getestet:

#### Trimble X7, 1550 nm Infrarot-Laser:

- Wird zu 95 % vom Eis absorbiert <sup>(1)</sup>
  - Schlechtere Messbarkeit
- Wird nur an der Eisoberfläche reflektiert
  - Geringe Messfehler

#### Z+F Imager 5006, 650 nm Rotlicht-Laser:

- Wird zu 70-80 % vom Eis reflektiert <sup>(1)</sup>
  - Gute Messbarkeit
- Wird bis in 7 cm Tiefe reflektiert
  - Grosse Distanzmessfehler

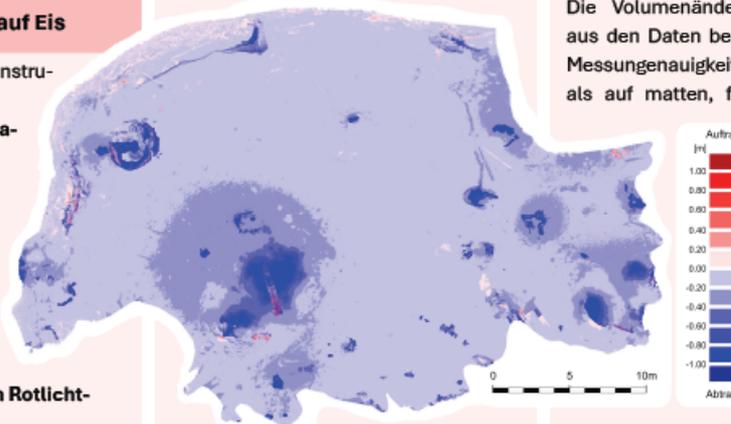


Abb. 2: Volumenvergleichsplan von Mai bis Oktober 2022. Der Auftrag wird durch die Umlagerung von Steinen und organischem Material auf dem Eis verursacht, eine stellenweise Eiszunahme ist unwahrscheinlich.

### Quellen

- (1) Deerns, J. S., Painter, T. H., & Finnegan, D. C. (2013). Lidar measurement of snow depth: a review. *Journal of Glaciology*, 59, 467–479. DOI: 10.3189/2013JoG12/154  
 (2) Boissonnas, J., Grab, M., Lüscher, M. (2024). Assessing Monlési cave ice volume from terrestrial laser scanning and ground penetrating radar (unpublished).  
 (3) SISKA. (2020). Unterirdisches Klima. <http://www.isska.ch/index.php/de/siska/recherche-et-developpement/projets-realises/climatologie>

Joel Billeter und Silvan Etter haben im Schuljahr 2022/23 den Bildungsgang Berufsmaturität nach der Lehre (BM 2-Vollzeit) in der Ausrichtung Technik, Architektur, Life Sciences absolviert. Ihre Berufsmaturitätsarbeit haben sie wie das Team Boissonnas/Fürer nach Abschluss der Berufsmaturität bei «Schweizer Jugend forscht» eingereicht und sind am diesjährigen Nationalen Wettbewerb mit dem Prädikat «sehr gut» prämiert worden. Zudem haben sie den vom Nuklearforum Schweiz gestifteten Sonderpreis «Energie» erhalten. Auch ihnen gratuliert die BMS Zürich herzlich zu dieser herausragenden Leistung.

Die beiden gelernten Berufsleute stellten sich die Frage, mit welcher Antriebsart die verschiedenen Buslinien der Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ) am ökologischsten und zugleich am wirtschaftlichsten betrieben werden können. Von den sieben untersuchten Antriebsarten erwiesen sich der batterieelektrische- und der «Trolley+»-Antrieb als sehr umweltfreundlich, geräuscharm und vor allem als sehr effizient. Durch diese Erkenntnisse kamen sie zum Ergebnis, dass mit dem bereits gut ausgebauten Oberleitungsnetz vier zusätzliche Buslinien problemlos auf den «Trolley+»-Antrieb umgestellt werden könnten. Für alle restlichen Buslinien empfehlen die beiden Autoren aus Kostengründen einen Betrieb mit einem batterieelektrischen Antrieb. «Bei uns wurde die Motivation für die Arbeit während des BMA-Prozesses immer grösser. Der Spass an der Arbeit nahm markant zu», sind sich die beiden BM-Absolventen einig. Herr Billeter ergänzt: «Wir wurden hervorragend unterstützt von unserer BMA-Betreuungsperson Albert Werz und von den VBZ.» Zudem betont er im Gespräch, wie wichtig es für das BMA-Team war, während der Projektwoche ungestört im Schulzimmer arbeiten zu können: «Diese Woche war perfekt für die Arbeit an der BMA, es gab keine Prüfungen, keine Ablenkung, wir konnten in Ruhe recherchieren und gaben Vollgas.»

Die Erfahrungen am Nationalen Wettbewerb von «Schweizer Jugend forscht» beurteilen der gelernte Forstwart und der gelernte Konstrukteur durchwegs positiv. «Wir machten mit, ohne uns unter Druck setzen zu lassen. Der Austausch mit den Fachleuten an den Finaltagen war sehr spannend. Die anwesenden Expertinnen und Experten diskutierten mit uns auf Augenhöhe, alle waren per Du», zeigt sich Herr Billeter nach dieser Erfahrung beeindruckt. Der zuständige Experte, Prof. Dr. Reimond Wüst von der ZHAW School of Engineering mit dem Forschungsschwerpunkt Transport and Traffic Engineering, zollt dem BMA-Team Respekt: «Die Arbeit überzeugt durch eine professionelle Darstellung der technischen Grundlagen und bezieht sich auf ein sowohl betrieblich als auch städtebaulich relevantes Thema.»

Auch die beiden BM 2-Absolventen geben den zukünftigen BMA-Autorinnen und BMA-Autoren mit auf den Weg: **«Go for it, habt den Mut, euch anzumelden – ihr könnt nichts verlieren, nur gewinnen!»**



Joel Billeter und Silvan Etter (EVT22d) wurden am Nationalen Wettbewerb von «Schweizer Jugend forscht» für ihre Berufsmaturitätsarbeit mit dem Prädikat «sehr gut» ausgezeichnet und erhielten den Sonderpreis «Energie» gestiftet vom Nuklearforum Schweiz.

Alle Angaben zur prämierten Arbeit können unter folgendem Link oder QR-Code eingesehen werden:

<https://inspiration.sjf.ch/welcher-typ-fuer-welche-zueri-linie/>





SCHWEIZER JUGEND FORSCHT  
SCIENCE ET JEUNESSE  
SCIENZA E GIOVENTÙ

Physik/Technik



Joel Billeter, 02.04.2002  
Silvan Etter, 06.01.2004



Berufsmaturitätsschule Zürich

## Welcher Typ für welche Züri-Linie

### Fragestellung

Mit welcher Antriebsart können die verschiedenen Buslinien der VBZ am ökologischsten betrieben werden?

### Antriebsarten im Vergleich

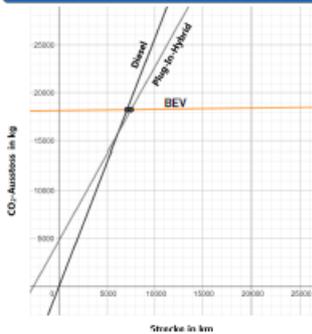
	Gewichtung	Diesel	Biogas	Hybrid	H2	BEV	Trolley	ST+
Anschaffungskosten	2	5	5	5	1	4	4	4
Anschaffungskosten Infrastruktur	1	5	2	5	1	3	1	1
Treibstoffkosten	2	2	1	4	2	5	5	5
Wartung	1	2	2	2	3	5	4	4
Emissionen	6	1	2	1	2	4	5	5
Vorhandene Infrastruktur	2	5	2	5	1	2	3	3
Reichweite	4	5	5	5	4	3	5	5
Effizienz	6	2	2	3	2	5	5	5
Fahrverhalten	1	3	3	4	5	5	5	5
Umweltgeräusche	2	2	3	3	5	5	4	4
Stadtbild	2	5	5	5	5	5	2	3
Flexibilität	3	5	5	5	5	4	2	3
<b>Total</b>		<b>101</b>	<b>98</b>	<b>114</b>	<b>92</b>	<b>133</b>	<b>132</b>	<b>137</b>

### Aktueller VBZ-Linienplan

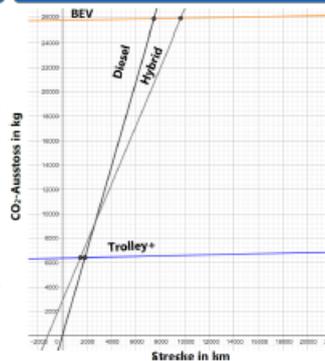


### CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich

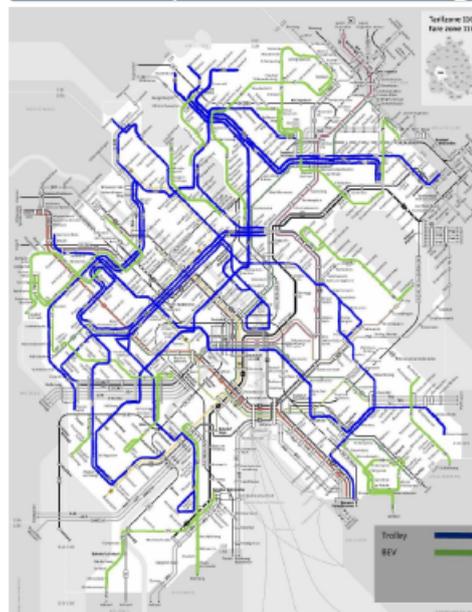
#### 12m-Bus



#### Gelenkbus



### VBZ-Linienplan nach Umstellung



### Ergebnisse

- Umstellung auf Trolley+: Linien 61, 62, 89 & 94
- Umstellung auf BEV: Linien 35, 37, 38, 39, 40, 64, 66, 67, 70, 73, 75, 76, 77, 78 & 79

### Schlussfolgerung

- Trolleybus und BEV überraschten uns positiv
- Akku-Technologie ist schon weit fortgeschritten
- BEV's können Problemlos ins VBZ Busnetz eingesetzt werden
- Wasserstoffantrieb enttäuschte sehr
- Dank dieser Arbeit konnten wir eine gute Einsicht in den öffentlichen Verkehr erlangen