

Schlussbericht gefördertes Forschungsprojekt

Projekt Titel: Testanlage Diavolezza Talstation für bodenunabhängiges Beschneigungssystem

Abteilung/ Fachbereich FHGR: Entwicklung im alpinen Raum/IBAR/Zentrum für Angewandte Glaziologie (ZAG)

Antrag bewilligt: Juni 2021

Gesprochener Förderbetrag: 80'000 CHF

Projektleitung/ Projektverantwortung: Müller, Dieter, 079 239 79 73, dieter.mueller@fhgr.ch

Projektteam: Felix Keller ZAG/Academia Engiadina, Samedan/ Roger Waser HSLU/Horw, Adrian Bachmann BTT/Emmenbrücke, Dieter Müller FHGR

Kooperationspartner: Bartholet Maschinenbau AG, Flums/ Bächler Top Track AG, Emmenbrücke/ HSLU,Horw.

Geplante Laufzeit des unterstützten Projektes: Oktober 2021 bis Mai 2022

1) Management Summary:

a) Projekt Ziele laut Antrag sowie geplantes/r Vorgehen/ Ansatz:

Die Testanlage für ein bodenunabhängiges Beschneigungssystem erfolgte im Zusammenhang mit einem laufenden Innosuisse-Projekt, das als Hauptnutzen Gletscherschutzprojekte betrachtet, um lebenswichtige Süsswasserspeicher effizient zu schützen. Ein weiterer potenzieller Zusatznutzen ergibt sich aus der Tatsache, dass in Skigebieten vermehrt auch die Zonen mit Permafrost/Gletschereis beschneit werden müssen, um den Skibetrieb zu gewährleisten.

Die Versuche an der Testanlage ermöglichten es, das neuartige Beschneigungssystem während dem Winter 2021/22 zu prüfen und optimieren. Dabei konnten die wesentlichen Problemstellungen weitgehend erfolgreich abgeschlossen werden und das System ist für ein erstes Pilotprojekt in einem Skigebiet einsatzfähig.



b) Konkrete Ergebnisse/ Resultate:

Die wesentlichen *technischen* und betrieblichen Ziele konnten erfolgreich abgeschlossen werden:

- Die Optimierung des Sprühkopfs für eine gute Schneequalität ab grosser Schneehöhe und unter verschiedenen Wind- und Temperaturbedingungen konnte erreicht werden. Versuche konnten bis -20° gefahren werden. Zum Teil nur eingeschränkter Betrieb bei Südwind (Einschränkung infolge Vereisung des Mastens). 45° -Düsenwinkel zum Rohr funktioniert gut, auch bei höheren Wind-geschwindigkeiten.
- Ausrichtung des Abstrahlwinkels zur Seilnormalen mit einstellbarer Flanschverbindung zur Anpassung an Windverhältnisse hat gut funktioniert: $2 \times 15l/min$ Wasserdüsen Flachstrahl und $2 \times 0.6mm$ Nukleatordüsen hat sich als solide Startkonfiguration gezeigt.
- Ein Betriebskonzept für den Start- und Abschaltvorgang konnte entwickelt werden. Diverse Varianten wurden getestet. Auch eine Steuerung über Handy ist erfolgreich verlaufen.
- Betriebliche und konstruktive Lösungen für mögliche Vereisungsszenarien: Isolierte Rohre zeigten nie einen Eisbehang. Das Problem einer verstopften Mischkammer während einem Versuch infolge rücklaufendem Wasser konnte durch Anpassung der Geometrie gelöst werden.

Mit dem Bau/Betrieb dieser Testanlage ist ein Forschungsschwerpunkt im Departement Entwicklung im alpinen Raum sichtbar. Die Testanlage war ein Teil der Ausstellung «VR Glacier Experience» an der Talstation Diavolezza und ermöglichte der breiten Öffentlichkeit einen Einblick in die Thematik des Klimaschutzes.

2) Detaillierte Projektbeschreibung:

- a) Projektteam:** Felix Keller ZAG/Academia Engiadina, Samedan/ Roger Waser HSLU/Horw, Adrian Bachmann BTT/Emmenbrücke, Dieter Müller FHGR
- b) Kooperationspartner:** Bartholet Maschinenbau AG, Flums/ Bächler Top Track AG, Emmenbrücke/ HSLU, Horw.
- c) Projekthintergrund:** Angewandte Glaziologie, Klimaänderung
- d) Projektziele:** Mit diesem Projekt wurde eine Testanlage zur Verfügung gestellt, die es ermöglicht einen wichtigen Aspekt der Schneitechnologie weiterzuentwickeln/optimieren. Als Hauptnutzen des gesamten Projektes werden Gletscherschutzprojekte betrachtet, um lebenswichtige Süsswasserspeicher effizient zu schützen. Ein weiterer potenzieller Zusatznutzen ergibt sich aus der Tatsache, dass in Skigebieten vermehrt auch die Zonen mit Permafrost/Gletschereis beschneit werden müssen, um den Skibetrieb zu gewährleisten. Das zu entwickelnde System soll für jede spezifische Situation im Hinblick auf Umweltverträglichkeit und Energieeffizienz optimiert sein.

Konkret wurden folgende Ziele definiert:

- Optimierung des Sprühkopfs unter verschiedenen Wind- und Temperaturbedingungen.
- Entwicklung des Betriebskonzeptes für den Start- und Abschaltvorgang.
- Betriebliche und konstruktive Lösungen für mögliche Vereisungsszenarien.

e) Projektverlauf/ Vorgehen/ Termine:

Vorgehen	Projektplanung	Umsetzung	Erläuterung
Bewilligung	Juni 2021	31.05.2022	
Aufbau Testanlage	Okt. 2021	12.10.2022	
Start Versuche	Nov. 2021	14.12.2022	Später Start, da kein Wasser zur Verfügung (Beschneigung Piste hat Vorrang).
Abschluss Versuche	März 2022	26.04.2022	Verlängerung infolge späterem Start.
Auswertung Versuche	Juni 2022	15.07.2022	Auswertung Langzeitversuche mit Drohnenvermessung
Demontage Anlage	April 2022	23.05.2022	Verlängerung durch Gemeinde Pontresina genehmigt.

3) Resultate/ Ergebnisse:

Die Optimierung des Sprühkopfs für eine gute Schneequalität ab grosser Schneehöhe und unter verschiedenen Wind- und Temperaturbedingungen konnte erreicht werden. Versuche konnten bis -20° gefahren werden. Zum Teil nur eingeschränkter Betrieb bei Südwind (Einschränkung infolge Vereisung des Mastens). 45° -Düsenwinkel zum Rohr funktioniert gut, auch bei höheren Wind-geschwindigkeiten.

Ausrichtung des Abstrahlwinkels zur Seilnormalen mit einstellbarer Flanschverbindung zur Anpassung an Windverhältnisse hat gut funktioniert: $2 \times 15 \text{ l/min}$ Wasserdüsen Flachstrahl und $2 \times 0.6 \text{ mm}$ Nukleatordüsen hat sich als solide Startkonfiguration gezeigt.

Ein Betriebskonzept für den Start- und Abschaltvorgang konnte entwickelt werden. Diverse Varianten wurden getestet. Auch eine Steuerung über Handy ist erfolgreich verlaufen.

Betriebliche und konstruktive Lösungen für mögliche Vereisungsszenarien: Isolierte Rohre zeigten nie einen Eisbehang. Das Problem einer verstopften Mischkammer während einem Versuch infolge rücklaufendem Wasser konnte durch Anpassung der Geometrie gelöst werden.

4) Schlussfolgerungen/ Synthese:

Aufgrund der Versuchsergebnisse lassen sich noch folgende konstruktive Optimierungen umsetzen:

- Flanschverbindung anpassen, falls Festigkeitsnachweis nicht befriedigend ausfällt.
- Ggf. Strömungswiderstand verringern (abhängig von Resultaten der Druckverlustmessungen im Labor)
- Ggf. Isolation der Verbindungsflansche
- Wasseranstich der Stützen höher legen
- Stützenentleerung anpassen

Die durchgeführten Versuche und Optimierungen für die Schneitechnik sind nun so weit entwickelt, dass eine Umsetzung in einer Pilotanlage angestrebt werden kann. Die Abklärungen verschiedener Standorte dazu sind am Laufen. Diverse Kunden (Corvatsch

/Laax/Flims/Titlis) zeigen Interesse an der Technologie. Ziel ist die Realisierung einer Pilotanlage für den Winter 2022/23 bzw. 2023/24.

5) Kosten/ Finanzen Überblick über das Gesamtprojekt:

a) Einnahmen: Gesprochener Beitrag

Institution	Betrag (CHF)	Bemerkung	Status
Stiftung für Förderung Hochschule Luzern – T&A	40'000.--		bezahlt
Diavolezza Lagalb AG	20'000.--		abgerechnet
Industriepartner	20'000.--		Realisiert mit Rabatten
Förderverein FHGR	80'000.--	Gesprochener Beitrag	CHF 40'000 ausbezahlt, Restbetrag ausstehend
Beitrag Innosuisse		Kosten für Durchführung der Versuche (Personalkosten)	Personalkosten sind Teil des Innosuisse-Projektes
TOTALE GELDMITTEL	160'000.--		Ausgleich Restbetrag durch Stiftung Cover Project Foundation

b) Ausgaben:

Der Beitrag des Fördervereins gemäss Antrag umfasste die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Budgetpositionen. Der effektive Aufwand ist in den ergänzten Spalten ersichtlich, unterteilt in Material mit bleibendem Wert und Verbrauchsmaterial.

Positionen	Budget (CHF)	IST (CHF)	Material mit bleibendem Wert (CHF)	Verbrauchsmaterial (CHF)
Engineering (Personal-aufwand intern)	9'000.--	13'603.--		
Schacht und Bodenverlegung Wasserleitung	33'700.--	26'492.--	18'997.--	7'495.--
Schlauch Zuleitung Beschneigungsrohre	30'000.--	30'180.--	12'000.--	18'180.--
Versicherung/Klimastation	2'000.--	4'000.--		
Total (exkl. MWST)	74'700.--	74'275.--	30'997.--	25'675.--
Total (inkl. MWST)	80'452.--	79'994.--		

c) Kostenstand:

Das Budget von 80'000 CHF (inkl. MWST) konnte trotz den Abweichungen in den Einzelpositionen eingehalten werden. Die Kosten des Gesamtprojektes beliefen sich auf 164'467 CHF (inkl. MWST). Diese konnten mit den verfügbaren Mitteln der Geldgeber inkl. der Stiftung Cover Project Foundation vollständig gedeckt werden.



6) Publikationen:

Während dem Projekt kam es zu folgende Publikationen:

- Blogbeitrag FHGR

Nach Abschluss des Projektes sind folgende Publikationen geplant:

- Blog FHGR
- Zusammenfassung der Resultate innerhalb des Innosuisse-Projekts

Mud/20.07.2022