
Erstellung und Revision von kantonalen Geotopinventaren

Ein Erfahrungsbericht

Impressum

Auteurs

Géraldine Regolini

Simon Martin

Bureau d'étude Relief

Rue Samuel Cornut 12

1860 Aigle

info@bureau-relief.ch

Auftraggeberin

Plattform Geowissenschaften

Haus der Akademien

Laupenstrasse 7

Postfach

3001 Bern

Begleitgruppe

Eva Bischof- Bächli (Geotest)

Thomas Buckingham (UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona, SGEK)

Luc Braillard (Universität Freiburg, Schweizerische Geo-Erbe Kommission)

Markus Felber (Consulenze geologiche e ambientali SA, Schweizerische Geo-Erbe Kommission)

David Girogis (GEODE, Kanton VD)

Philippe Häuselmann (SISKA, Schweizerische Geo-Erbe Kommission)

Michelle Schneuwly (Amt für Wald und Natur, Kanton Freiburg)

Yvonne Stampfli (Amt für Natur und Umwelt, Kanton Bern, Schweizerische Geo-Erbe Kommission)

Erschienen am: 15.09.2025

1. Einleitung.....	3
1.1. Auftrag.....	3
1.2. Vorgehen.....	3
1.3. Definitionen.....	3
2. Kantonale Geotopinventare: Erfahrungen und Empfehlungen.....	5
2.1. Ausgangslage.....	5
Geotopinventar BE.....	5
Ausgangslage und Anlass für die Inventarisierung.....	5
Mit dem Inventar verfolgte Ziele.....	5
Rechtsgrundlage und Finanzierung.....	5
Geotopinventar FR.....	6
Ausgangslage und Anlass für die Inventarisierung.....	6
Mit dem Inventar verfolgte Ziele.....	6
Rechtsgrundlage und Finanzierung.....	6
Revision Geotopinventar VD.....	7
Ausgangslage und Anlass für die Inventarisierung.....	7
Mit dem Inventar verfolgte Ziele.....	7
Rechtsgrundlage und Finanzierung.....	7
Synthese Ausgangslage.....	7
2.2. Vorgehensweise bei der Erstellung und Revision von Inventaren.....	8
Vorarbeiten: Definition der Zielsetzungen und des Vorgehens.....	10
Erfahrungen.....	10
Übersichtserhebung.....	10
Erfahrungen.....	10
Auswahlverfahren.....	11
Vorgehensweisen und Erfahrungen.....	11
Dokumentation und Darstellung.....	12
Erfahrungen.....	12
Zusammenfassung Dokumentationsphase.....	13
Vernehmlassung.....	13
2.3. Erfassungs- und Kriterienkatalog.....	14
2.4. Projektmanagement und Rolle der SCNAT.....	20
Geotopinventar Bern.....	20
Erfahrungen.....	21
Geotopinventar Waadt.....	21
Erfahrungen.....	22
Geotopinventar Freiburg.....	23
Erfahrungen.....	23
Rolle der schweizerischen Geo-Erbe Kommission.....	24
Synthese Projektmanagement.....	24
3. Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Ausblick.....	26
3.1 Schlussfolgerungen.....	26
3.2 Empfehlungen.....	26
3.3 Ausblick.....	28
4. Literaturverzeichnis.....	29
Anhänge.....	30

1. Einleitung

1.1. Auftrag

Die Erfassung und Dokumentation von Geotopen in kantonalen Inventaren ist in der Schweiz sehr heterogen (Regolini & Martin, 2019). Die Inventare wurden über einen grossen Zeitraum (1975 bis heute) und mit unterschiedlichen Methoden erstellt. Auch verfügen 2025 noch nicht alle Kantone über ein spezifisches Geotopinventar.

In den letzten Jahren ist seitens einiger Kantone jedoch eine rege Tätigkeit rund um die Inventarisierung von Geotopen feststellbar. Der Kanton Freiburg hat 2022 sein Inventar publiziert, der Kanton Waadt revidiert sein Inventar von 2008 und der Kanton Bern ist an der Erstellung eines vollständigen, flächendeckenden Inventars.

Die Schweizerische Geo-Erbe Kommission (SGEK), bis 2025 Arbeitsgruppe Geotope, hat das Bureau d'étude Relief beauftragt, die drei oben genannten Projekte eingehend zu analysieren. Ziel ist es, die gewonnenen Erfahrungen zu dokumentieren und in einem Bericht zusammenzuführen. Dabei sollen sowohl die angewandten Methoden als auch die Herausforderungen und Lösungsansätze der einzelnen Kantone beleuchtet werden. Wo möglich, werden zudem Empfehlungen für zukünftige Geotopinventare abgeleitet, um Kantonen und Projekt- und Planungsbüros eine Orientierung für die Erarbeitung oder Revision von Geotopinventaren zu bieten.

1.2. Vorgehen

Zur Erarbeitung dieses Erfahrungsberichts wurde ein mehrstufiges Vorgehen gewählt. Zunächst erfolgte das Studium der vorhandenen Unterlagen zu den drei Inventaren, einschliesslich Methodenberichte, Kriterienkatalog und Objektblätter. Ergänzend wurden Interviews mit den jeweiligen Projektverantwortlichen geführt, um Einblicke in die praktischen Herausforderungen, Projektorganisation, Entscheidungsprozesse und angewandte Methoden zu gewinnen (Anhang 1).

Die gewonnenen Erkenntnisse und formulierten Empfehlungen wurden anschliessend mit einer Begleitgruppe bestehend aus Mitgliedern der SGEK und Projektverantwortlichen reflektiert und diskutiert und in diesem Bericht präsentiert.

Ursprünglich war vorgesehen, den Bericht erst nach Abschluss aller Projekte zu finalisieren, um Erfahrungen aus sämtlichen Projektphasen umfassend einzubeziehen. Aufgrund von Verzögerungen in den Kantonen Waadt und Bern wurde in Absprache mit der Auftraggeberin entschieden, den Erfahrungsbericht auf Basis der bis Frühjahr 2025 verfügbaren Informationen abzuschliessen. Im Bericht wird darauf hingewiesen, welchen Bearbeitungsstand die dargestellten Daten oder Erfahrungen widerspiegeln.

1.3. Definitionen

Bei jedem Inventar wurde eine eigene Definition von "Geotop" gegeben. Sie sind miteinander vergleichbar und stellen Variationen der Definition von Strasser et al. 1995, 5 dar:

" Geotope sind räumlich begrenzte Teile der Geosphäre von besonderer geologischer, geomorphologischer oder geoökologischer Bedeutung. Sie beinhalten wichtige Zeugen der Erdgeschichte und geben Einblick in die Entwicklung der Landschaft und des Klimas. "

Was in den kantonalen Definitionen zusätzlich hervorgehoben wird, ist der Wert und die Schutzwürdigkeit von Geotopen.

Definition von Geotop im Inventarbericht des Kantons Bern:

" Geotope sind räumlich begrenzte Teile der Geosphäre. Sie vertreten in ihrer Vielfalt die Geodiversität. "

Geotope sind schützenswerte geowissenschaftliche Objekte, welche Einblick in die Vielfalt der erdgeschichtlichen Prozesse geben. Sie sind Zeugen der Entwicklung der Landschaft, des Klimas und des Lebens, vom Werden und Vergehen der Gebirge und vom Entstehen der Gesteine und Mineralien. Einige Geotope werfen ein Licht auf Vorgänge an der Erdoberfläche oder im Erdinnern.

Sie schliessen auch das verborgene Reich der Höhlen und des Grundwassers ein. Eine weitere Gruppe von Geotopen umfasst aktive Landschaftselemente, wie Blockgletscher oder Grundwasseraufstösse.

Es gibt keine Mindest- oder Maximalgrösse eines Geotops ".

(Bächli et al, 2023: 21)

Definition von Geotop im Inventarbericht des Kantons Freiburg:

" Die Geotope von kantonaler Bedeutung (GKB) sind Teile der Geosphäre, die aufgrund ihrer Repräsentanz, Integrität, Seltenheit und ihres paläogeographischen Werts einen für den Kanton besonderen und einzigartigen Wert besitzen. Diese Referenzstätten veranschaulichen die geomorphologischen Prozesse, die zur Landschaftsgestaltung beitragen, oder dokumentieren bedeutende Ereignisse der langen und reichen geologischen Geschichte des Freiburger Territoriums. Sie sind Schlüsselzeugen, um die Geschichte der Gesteine und des Lebens nachzuvollziehen, Klimaschwankungen zu rekonstruieren und die dynamische Entwicklung der Reliefs zu erfassen. Insgesamt repräsentieren die GKB die Vielfalt des geologischen und geomorphologischen Erbes des Kantons, ein empfindliches Naturerbe, dass es zu erhalten, zu schützen und aufzuwerten gilt. "

(Vonlanthen & Braillard, 2022: 10)

Definition von Geotop im Inventarbericht des Kantons Waadt:

" Les géotopes sont des sites témoins d'histoire de notre planète. Leur étude permet de reconstruire l'histoire de la Terre et comprendre l'évolution du monde vivant, des paysages et du climat. Ces sites rares et précieux méritent d'être conservés pour que les générations futures puissent continuer à les étudier et à apprendre de leur observation. "

(Regolini & Martin, 2023: 4)

Die drei Definitionen legen, ebenso wie die von Strasser, den Schwerpunkt auf den wissenschaftlichen Wert der Geotope. In der Literatur finden sich auch weiter gefasste Definitionen, die Geotopen zusätzlich kulturgeschichtliche, ästhetische, ökologische oder sozioökonomische Werten zuschreiben. Ein solcher Ansatz betrachtet Geotope nicht nur als Forschungsobjekte der Geowissenschaften, sondern auch als Stätten mit kultureller Bedeutung, historischer Nutzung, landschaftlicher Schönheit oder touristischem Potenzial (Reynard 2004, et Panizza & Piacente 1993). Wie in Kapitel 2.3 erläutert, werden die zusätzlichen Wertedimensionen in den drei Kantonen auch berücksichtigt.

2. Kantonale Geotopinventare: Erfahrungen und Empfehlungen

2.1. Ausgangslage

Den drei Inventaren liegen ganz unterschiedliche Kontexte zugrunde. In diesem Kapitel werden die jeweiligen Grundkonstellation, aufgeschlüsselt nach Ausgangslage, Anlass und Zielsetzungen der Projekte sowie deren Rechtsgrundlage und Finanzierung, beschrieben. Wie wir später sehen werden, wirkt sich der jeweilige Kontext auf die Ausrichtung des Inventars, seine Erarbeitungsmethode sowie das Projektmanagement aus.

Geotopinventar BE

Ausgangslage und Anlass für die Inventarisierung

Der Entscheid, im Kantonsgebiet von Bern ein flächendeckendes und vollständiges Inventar aller wertvollen und bedeutenden Geotope zu erstellen, wurde 2022 gefasst, um den bestehenden gesetzlichen Auftrag zur Sicherung schutzwürdiger Objekte gemäss Art. 1f NSchG zu erfüllen. Bis zu diesem Zeitpunkt verfügte der Kanton lediglich über ein Verzeichnis rechtskräftig geschützter geologischer Objekte (GGO), die zwischen 1920 und 1993 durch Regierungsratsbeschlüsse unter Schutz gestellt wurden und grösstenteils aus Findlingen bestehen. Ergänzend dazu identifizierte die Masterarbeit von C. Blum (2012) 36 repräsentative Geotope, die besonders für die Quartärgeologie von Bedeutung sind. Diese Auswahl ist unvollständig, da sie nur zwei Objekte pro Geotoptyp umfasst.

Mit dem Inventar verfolgte Ziele

Erklärtes Ziel des Projektes ist es, eine systematische Übersicht über die Geotope auf Kantonsgebiet zusammenzustellen, die Geotope detailliert zu dokumentieren, zu bewerten und für jedes Objekt Empfehlungen zu Schutz- und Pflegemassnahmen, die für seine langfristige Erhaltung notwendig sind, zu formulieren.

Das Geotopinventar soll zudem den folgenden Stakeholdern als Grundlage dienen:

- Prüf- und Vollzugsbehörden: Fachgrundlage für allfällige Unterschutzstellungen und Formulierung von allfälligen Massnahmen
- Forschende: Empfehlung für Probenahmen
- Mit der Wissensvermittlung betrauten Akteuren: Informationen für eine allfällige pädagogisch-touristische Inwertsetzung.

Rechtsgrundlage und Finanzierung

Im Naturschutzgesetz des Kantons Berns sind Geotope unter dem Begriff "schutzwürdige geologische Objekte, die es zu sichern gilt" erwähnt (Art. 1f + 3 NSchG). Zuständig für die Erstellung, Führung sowie den korrekten Vollzug von Inventaren über schutzwürdige Gebiete und Objekte ist die Abteilung Naturförderung (ANF). Die Gesamtkosten von 685'000 CHF wurden durch 397'000 CHF aus dem kantonalen Abteilungsbudget sowie durch 288'000 CHF an Bundesmitteln finanziert (Stand 8.8.2025). Die Bundesbeiträge sind als Einzelprojekt eingegeben worden. Die Finanzhilfe für die Projektentwicklung stützte sich auf Art. 14a Abs. 1 Bst. a NHG (Forschungsprojekt). Die Beiträge für Methodentest, Datenerhebung und Berichterstellung erfolgten gemäss Art. 18d Abs. 2 NHG und Art. 18 Abs. 3 NHV i.V.m. Art. 4a Abs. 1 NHV

Geotopinventar FR

Ausgangslage und Anlass für die Inventarisierung

Erste ausführliche Grundlagen für das aktuelle Geotopinventar wurden bereits in den 1990 Jahren von Berger (1995) und Grandgirard (1999) erstellt. Diese Verzeichnisse erlangten aufgrund mangelnder Rechtsgrundlage jedoch keinen offiziellen Status.

Die Lage änderte sich mit dem Inkrafttreten des kantonalen Gesetzes über den Natur- und Landschaftsschutz (NatG) vom 12. Sept. 2012, welches dem Kanton aufträgt, innerhalb von fünf Jahren (Art. 61) als Ergänzung zu den Bundesinventaren die wichtigsten Landschaften und Geotope, die für den Kanton charakteristisch sind, zu inventarisieren und allgemeinen Grundsätze für den Schutz der verschiedenen Geotopkategorien im kantonalen Richtplan festzulegen (Art. 33). In der Folge setzte sich das Amt für Wald und Natur (WNA; früher Amt für Natur und Landschaft, ANL) mit dem Departement für Geowissenschaften der Universität Freiburg in Verbindung und erteilte letzteren im Jahr 2016 den Auftrag, ein "Inventar der Geotope von kantonaler Bedeutung" (kurz GKB-Inventar) zu erstellen (Vonlanthen & Braillard 2022).

Mit dem Inventar verfolgte Ziele

Neben der Ermittlung von Geotopen von kantonaler Bedeutung, die die geologische Vielfalt und den geomorphologischen Reichtum des Kantons Freiburg repräsentieren, wurden für jedes Objekt spezifische Ziele in Bezug auf Schutz, Unterhalt und Inwertsetzung formuliert. Das Geotopinventar bildet somit die Grundlage für die Definition und Einleitung von Schutzmassnahmen über die Raumplanungsinstrumente gemäss einschlägigem Recht. Des Weiteren gibt es für die geeigneten Geotope konkrete Empfehlungen für Akteure, die geologisches oder geomorphologisches Erbe in Wert setzen möchten.

Zu erwähnen ist, dass der Kanton keinen Misserfolg mit dem Geotop-Inventar einfahren wollte, so wie er es mit der Ablehnung des Inventars von Landschaften von kantonaler Bedeutung (LKB) erlebt hatte. Daher setzte man auf einen konstruktiven und demokratischen Ansatz. Es sollte ein Inventar erstellt werden, das in erster Linie die Bedeutung der Geotope und die Möglichkeiten ihrer Inwertsetzung mit Hilfe von attraktiven und für jedermann verständlichen Objektblättern aufzeigt.

Bei der Erarbeitung des Geotopinventars wurde bewusst ein pragmatischer Ansatz gewählt. Ziel war es, ein Inventar zu schaffen, das die geowissenschaftliche Bedeutung der Geotope sichtbar macht und gleichzeitig deren Inwertsetzung durch allgemein verständliche und attraktiv gestaltete Objektblätter unterstützt. Erfahrungen aus dem Verfahren zu den Landschaften von kantonaler Bedeutung (LKB) hatten gezeigt, dass eine Integration in den kantonalen Richtplan politisch heikel sein kann. Trotz intensiver Beteiligung der Gemeinden im LKB-Prozess führte die öffentliche Auflage zu zahlreichen Rückmeldungen – teils widersprüchlicher Natur – und erschwerte die Umsetzung. Um ähnliche Kontroversen zu vermeiden, blieb es bislang bei einer fachlichen Dokumentation, die öffentlich einsehbar ist. Im Richtplan ist das Thema "Geotope" derzeit nur allgemein verankert. Mit diesem Vorgehen wurde eine sachorientierte Grundlage geschaffen, die als Basis für spätere planerische Schritte dienen kann.

Rechtsgrundlage und Finanzierung

Die Regelungen zur Landschafts- und Geotoppolitik im Kanton Freiburg sind im kantonalen Gesetz über den Natur- und Landschaftsschutz (NatG) vom 12. September 2012 verankert.

Gemäss Artikel 33 NatG sind die kantonalen Behörden dafür verantwortlich, Geotope von kantonaler Bedeutung (GKB) zu erfassen und auszuweisen. Artikel 34 NatG definiert die Aufgaben der Gemeinden im Bereich des Geotopschutzes. Sie sind verpflichtet, durch ihre Ortsplanung (OP) die im Gesetz festgelegten Grundsätze umzusetzen, Massnahmen zum Schutz gefährdeter oder besonders empfindlicher Objekte zu ergreifen und die Aufwertung der inventarisierten Geotope zu fördern.

Die Entwicklung der Methodik erfolgte im Rahmen einer Masterarbeit an der Universität Freiburg. Die Ausarbeitung und Gestaltung der Objektblätter sowie die Erstellung des Erfahrungsberichts wurden im Mandatsverhältnis an die Universität Freiburg vergeben (siehe Kapitel 2.4 Projektmanagement und Rolle der SCNAT). Die dafür benötigten Mittel von rund 204'000 CHF stammen aus dem ordentlichen Budget

des Amts für Wald und Natur - 110'000 CHF im Rahmen der Programmvereinbarung (20-24: Landschaft, PZ1: Landschaftskonzeption und 53'000 CHF über die "Chancenprojekte" im Bereich "Naturschutz" des BAFU - sowie aus einem Beitrag des Vereins IGF–Itinéraires géologiques fribourgeois (6'000 CHF). Zusätzlich wurden im Rahmen der Betreuung von Studierenden Leistungen im Umfang von rund 15'000 CHF durch die Universität Freiburg erbracht. Darüber hinaus leistete ein Mitarbeiter freiwillige Arbeit im geschätzten Wert von 20'000 CHF. Das Inventar der Freiburger Geotope umfasst 92 Objekte. Unter Berücksichtigung aller eingesetzten Mittel (inklusive studentischer Arbeiten und freiwilliger Leistungen) ergeben sich durchschnittliche Kosten von etwa 2'200 CHF pro Geotop.

Revision Geotopinventar VD

Ausgangslage und Anlass für die Inventarisierung

Ein erstes Inventar von Geotopen von kantonalen Bedeutung wurde 2008 von Experten und unter der Aufsicht der Abteilung Biodiversität und Landschaft (DGE-BIODIV) erstellt. Dieses 171 Objekte umfassende Inventar kam jedoch nie in die öffentliche Vernehmlassung und wurde weder publiziert noch im kantonalen Geoportal zugänglich gemacht.

Mit dem Inkrafttreten des Gesetzes über den Schutz des Natur- und Landschaftserbes (LPrPNP) am 1. Januar 2023 ist der Kanton Waadt verpflichtet, innerhalb von 5 Jahren kantonale Inventare der schützenswerten Objekte zu erstellen. Zu den in Artikel 20 genannten schützenswerten Objekten gehören neben Biotopen, Landschaften von regionaler und lokaler Bedeutung, Habitats von national prioritären Arten und Wildkorridore auch die Geotope (Art. 20 d). Im Frühjahr 2023 hat die Abteilung Geologie, Boden und Abfall (DGE-GEODE) die Überarbeitung des Inventars in die Wege geleitet.

Mit dem Inventar verfolgte Ziele

Beim Waadtländer Projekt steht bei der Erfassung der Geotope die Aktualisierung des bestehenden Inventars und der Abgleich der Objekte mit anderen kantonalen Inventaren im Vordergrund. Es wird insbesondere geprüft, welche Objekte des IMNS (Inventaire des monuments naturels et des sites), welches langfristig aufgehoben wird, als Geotope ins Inventar aufgenommen werden können und welche grossflächigen Geotope im neu zu erstellenden Inventaire des paysages remarquables Eingang finden könnten. Für die Geotope von kantonalen Bedeutung werden die Schutzziele und Massnahmenvorschläge formuliert, aufgrund derer die kantonalen Behörden konkrete Massnahmen erlassen können. Die Geotopbeschreibungen sollen zudem Hinweise für die Inwertsetzung der Objekte liefern.

Rechtsgrundlage und Finanzierung

Das bereits erwähnte Gesetz über den Schutz des Natur- und Landschaftserbes hat zum Ziel, die Qualität und die Vielfalt des Naturerbes zu erhalten und zu fördern. Die Geotope sind darin namentlich erwähnt (Art. 1h) und es besteht für den Kanton eine Pflicht für deren Inventarisierung (Art. 20d). Die Zuständigkeiten von Kanton, Gemeinden und der beratenden Kommission für den Schutz der Natur und Landschaft (commission consultative pour la protection de la nature et du paysage) sind in den Art. 4-9 erläutert.

Im Kanton Waadt gilt das kantonale Geotopinventar als kantonalrechtliche Geobasisdaten. Die Methodik sowie die Umsetzung des Inventars konnten daher über einen spezifischen Investitionskredit für den Erwerb von Geodaten nach dem Gesetz über die Geoinformation (LGéo-VD) finanziert werden. Insgesamt wurden etwas mehr als 300'000 CHF für dieses Inventar (Methodik, Bewertung und Beurteilung, Dokumentation) im Rahmen externer Mandate aufgewendet. Beteiligt waren ein Büro zur Unterstützung der Projektleitung sowie Fachleute der Universität Lausanne, des kantonalen Geologischen Museums (MCG) und des Schweizerischen Instituts für Speläologie und Karstologie (SISKA). Das Inventar der Waadtländer Geotope umfasst rund hundert Objekte. Daraus lässt sich ableiten, dass für die Fertigstellung jedes Geotops durchschnittlich etwa 3'000 CHF eingesetzt wurden.

Synthese Ausgangslage

In zwei der drei Fälle (FR und VD) wurde der Start der Geotopinventare durch das Inkrafttreten neuer

Gesetze angestossen. Im Kanton Bern hingegen sind die rechtlichen Grundlagen bereits seit Längerem vorhanden. Mit dem Projekt Geotopinventar Kanton Bern wird diese offene Aufgabe nun in Angriff genommen. Auch im Tessin werden Geotope und ihre Inventarisierung seit 2001 im kantonalen Naturschutzgesetz erwähnt (480.100, Art. 2 + 11), doch ein entsprechendes Inventar wurde bisher nicht veröffentlicht. Die Beispiele Bern und Tessin zeigen, dass es nicht nur auf die rechtlichen Rahmenbedingungen ankommt, sondern auch auf den politischen Willen zur Umsetzung.

Die drei Inventar-Projekte verfolgen alle sehr ähnliche Ziele. Neben dem Hauptziel der Inventarisierung (Bewertung, Auswahl und Beschreibung) der Geotope steht auch die Erstellung der nötigen Grundlagen für deren Management im Vordergrund. Die Inventarblätter sollen Hinweise für eine allfälligen Schutzlegung liefern und das Verfügen von Pflege-, Erhaltungs- oder Überwachungsmaßnahmen (Monitoring) erlauben. Als weiteres Ziel wird bei den drei Projekten auch eine spätere Inwertsetzung der Geotope genannt. Die Inventare bieten diesbezüglich Informationen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad (siehe Erfassungs- und Kriterienkatalog). **Im Vergleich zu den früher erstellten Inventaren, bei denen es oftmals "nur" darum ging, eine Auswahl von Geotopen zu treffen und diese zu beschreiben (rein naturwissenschaftlicher Ansatz), sind die drei dargelegten Projektbeispiele von Anfang an auf eine konkrete Anwendung ausgelegt (Managementansatz).** Dies steht im Zusammenhang mit den Rechtsgrundlagen, welche nebst der Inventarisierung auch den Vollzug regelt. Was die Finanzierung betrifft, beobachtet man den Einsatz von sehr unterschiedlichen Geldquellen, die unter anderem auch Bundesmittel und Beiträge von Vereinen und Freiwilligenarbeit beinhalten.

Gestartet sind die drei Projekte mit je sehr unterschiedlicher Datengrundlage. Im folgenden Kapitel wird erläutert, wie sich dies auf die Bearbeitungsprozesse auswirkt.

2.2. Vorgehensweise bei der Erstellung und Revision von Inventaren

Beim Vergleich der Vorgehensweise der drei Geotopinventare fällt auf, dass sich der Erarbeitungsprozess an den gleichen **fünf Hauptarbeitsschritten** (Vorarbeiten, Übersichtserhebung, Auswahlverfahren, Dokumentation und Darstellung, Vernehmlassung und Umsetzung, Tab.1) orientiert, ob es sich nun um eine Erstinventarisierung oder um eine Revision handelt.

In der Folge werden die fünf Hauptarbeitsschritte dargestellt und mit spezifischen Hinweisen aus den verschiedenen Projekten ergänzt. Details zu jedem Hauptarbeitsschritt finden sich in den jeweiligen Methodenberichten (Vonlanthen 2019, Vonlanthen & Braillard 2022, Regolini & Martin 2023, Bächli und Pittet 2023).

Etappen	Arbeitsschritte und Inputs	Outputs
1. Vorarbeiten	Berücksichtigung des rechtlichen und politischen Rahmens Vergleich von nationalen und internationalen Erhebungsmethoden Anpassung von bestehenden Methoden Berücksichtigung der kantonalen geo(morpho)logischen Merkmalen Grundlagenanalyse	Zielsetzungen für das Inventar Erfassungs- und Kriterienkatalog Inventarisierungsprozess
2. Übersichtserhebung	Zusammenstellung der vorhandenen Daten Expertenkonsultation (Vorschläge) Abgleich mit bestehenden Inventaren ↓ Erstellung einer vorläufigen Liste	Grunddokumentation Vorläufige Liste der Geotope
3. Auswahlverfahren	Aufnahme-, Ausschluss- und Bewertungskriterien Festlegung des Auswahlverfahren ↓ Geotopselektion ↓ Definitive Geotopliste	Definitive Liste der Geotope <i>Bemerkungen: Das Auswahlverfahren wurde von den drei Kantonen sehr unterschiedlich gehandhabt. Wichtig ist, dass das Vorgehen nachvollziehbar und dokumentiert ist.</i>
4. Dokumentation und Darstellung	Dokumentation und Feldarbeit Perimeterabgrenzung	Objektblätter Geodatenatz
5. Vernehmlassung und Umsetzung	Vernehmlassung bei kantonalen Fachstellen, Regierungsrat (mit oder ohne öffentliche Konsultation) Verabschiedung Umsetzung von Schutz- und/oder Inwertsetzungsmassnahmen	Verabschiedetes Inventar Umsetzung von konkreten Schutz-, Pflege-, Überwachungs- und / oder Inwertsetzungsmassnahmen

Tab. 1 Übersichtstabelle zu den fünf Bearbeitungsschritten.

Vorarbeiten: Definition der Zielsetzungen und des Vorgehens

Die *Vorarbeiten* sind ein zentraler und vom kantonalen Kontext abhängiger Arbeitsschritt. **Ziel dieser Phase ist es einerseits, die allgemeinen Rahmenbedingungen für das Geotopinventar festzulegen.** Dazu gehört die Klärung der Zielsetzungen für das Inventar unter der Berücksichtigung des rechtlichen und politischen Rahmens. Sind die Zielsetzungen definiert, kann das genaue Vorgehen (Details für die weiteren Arbeitsschritte) festgelegt werden. Zentral ist die Erarbeitung eines Erfassungs- und Kriterienkatalogs, der für die Erreichung der Zielsetzungen erforderliche Informationen liefert. Sie stützt sich auf den Vergleich von nationalen und internationalen Erhebungsmethoden und der Auswahl der relevanten Kriterien und Attributen (siehe dazu Kapitel 2.3 Erfassungs- und Kriterienkatalog). Ergänzt wird die Erhebungsmethode mit einem entsprechenden Inventarisierungsprozesses, welcher die zeitliche Abfolge und die Rollen der verschiedenen bei der Inventarisierung / Revision involvierten Akteuren klärt. Der genaue Ablauf ist projektspezifisch und hängt sowohl von der Datengrundlage, wie auch der Anzahl und Art der involvierten Akteuren, den finanziellen Ressourcen und dem angestrebten Zeitplan ab. Die sorgfältige Grundlagenanalyse (Übersicht über die vorhandenen Daten und Datenquellen) ermöglicht es, ein effizientes Vorgehen zu planen.

Erfahrungen

Im Kanton BE und VD wurde die Vorbereitungsphase durch eine externe Projektunterstützung umgesetzt. Sie endete mit der Vernehmlassung durch die Begleitkommission des Methodenberichts, der die Zielsetzung, die Grundlagenanalyse, das Vorgehenskonzept sowie des detaillierten Erfassungs- und Kriterienkatalog erläutert. Während im Kanton VD sogleich der Inventarisierungsprozess eingeleitet wurde, entschloss man sich in Bern, auf Empfehlung des Fachgremiums, das Vorgehen anzupassen und eine Zwischenphase einzuschalten. Ziel der Zwischenphase war es, die Erfassungsmethode und -Instrumente zu testen.

Im Kanton FR wurde das genaue Vorgehen im Rahmen einer Masterarbeit und im Austausch mit der kantonalen Fachstelle erarbeitet, durch die begleitenden Dr. Luc Braillard und Prof. Reynald Delaloye gutgeheissen und dann umgesetzt.

Übersichtserhebung

Bei der Übersichtserhebung geht es darum, einen Überblick über mögliche Geotope im Referenzgebiet zu erhalten. Durch die Konsultation von verschiedenen Datenquellen kann eine vorläufige Geotopliste zusammengestellt werden.

Für die Zusammenstellung der Daten stehen folgende Quellen zur Verfügung:

- Fachliteratur
- geo(morpho)logische Karten und Erläuterungen
- lokale, kantonale und nationale Inventare
- thematische Inventare
- amtliche Verzeichnisse
- frühere Geotoperhebungen
- Fernerkundung (télédétection)
- Feldbegehungen
- Expertenkonsultation

Für die weitere Bearbeitung ist es wichtig, dass die Geotope der vorläufigen Liste mit minimalen Angaben versehen sind, was ihre Selektion erlaubt.

Erfahrungen

Im Kanton VD hat man sich für die Erstellung der vorläufigen Liste auf das 2008 erstellte Inventar gestützt (Pieracci et al. 2008), was die Datenmenge und den Zeitaufwand für die Zusammenstellung begrenzt hielt. Da es sich bei diesem Kanton um eine Revision des Inventars handelt, wollte der Kanton nicht, dass man die bereits vor 15 Jahren erfolgte Selektion neu aufrollt.

Beim Inventar vom Kanton FR wurden im Rahmen der Masterarbeit Objekte aus früheren

Geotoperhebungen (Berger 1995, Grandgirard 1999) sowie aus allgemeinen und spezifischen Inventaren und Verzeichnissen eine vorläufige Liste erstellt.

Die geotopspezifische Datengrundlage des Kantons Bern war sehr dünn und es musste ein entsprechender grosser Aufwand geleistet werden, um die **Fachliteratur und bestehenden Verzeichnissen** (z.B. Verzeichnis der geschützten geologischen Objekte, welches hauptsächlich Findlinge enthält) zu visionieren und eine erste Liste zusammenzustellen.

Der Abgleich der vorläufigen Geotopliste mit bestehenden **Inventaren** warf bei allen Kantonen verschiedene Grundsatzfragen auf: Sollen Objekte doppelt geführt werden (d.h. in verschiedenen Inventaren)? Wie ist bei abweichenden Perimetern vorzugehen? Werden Objekte aus thematischen Inventaren, z.B. speläologisches Inventar oder Findlingsverzeichnis *en bloc* übernommen? Diese Fragen stellen sich unweigerlich auch im späteren Prozess der Objektbeschreibung und Perimeterabgrenzung und müssen nicht selten fallweise und mit den verantwortlichen Behörden beurteilt werden.

Alle drei Kantone haben zusätzlich zur Literatur und Inventarkonsultation eine **Expertenbefragung** durchgeführt, um die Liste mit Vorschlägen zu ergänzen. Das Vorgehen wie auch die Rückmeldungen fielen unterschiedlich aus. Von den 20 angefragten Experten im Kanton Freiburg antworteten gerade mal fünf Personen. Mit ihrer Hilfe kamen aber eine grosse Anzahl von Objektvorschlägen zusammen, darunter etwa 30 bisher unveröffentlichte Geotope. Im Kanton Waadt blieb das Vorschlagen neuer Objekte Vertretern des Musée Cantonal de Géologie (MCG) und dem schweizerischen Institut für Speläologie und Karstforschung (SISKA) vorbehalten. Nach Einholung von Vorschlägen bei den Amis du musée und regionalen Speläologiegruppen wurden der Projektleitung rund 30 neue Objekte mitgeteilt. Im Kanton BE antworteten rund 30 Fachexperten mit insgesamt um die 200 Meldungen auf einen Anruf zur Objektangabe.

Bei der Expertenbefragung wird auf das Lokal- und Fachwissen einer Gruppe von Spezialisten aus verschiedenen geowissenschaftlichen Disziplinen zurückgegriffen, was es erlaubt, auch weniger bekannten Objekten eine Chance für den Einzug in das Inventar zu geben. Es ist somit eine wertvolle Ergänzung zu den oben genannten Datenquellen. Man muss jedoch anmerken, dass **Expertenbefragungen in der Vorbereitung und Begleitung schnell sehr aufwändig sind (zum Beispiel Erarbeitung von Erhebungstools, Verfassung von Erhebungsanleitungen, wiederholte Aufforderung zur Eingabe,...) und nicht immer von Erfolg gekürt sind. In der Regel bewährt es sich, genügend Zeit dafür einzurechnen.**

Auswahlverfahren

Ziel des Auswahlverfahrens ist es, eine **Selektion innerhalb der vorläufigen Liste** vorzunehmen. In vielen Fällen ist es sinnvoll, nur die Objekte, die in die definitive Liste Einzug halten, detailliert zu dokumentieren. Damit kann der Bearbeitungsaufwand, insbesondere bei grossen Mengen, signifikant verringert werden.

Das entsprechende Auswahlverfahren kann, wie die drei Beispiele zeigen, mehrere Schritte beinhalten, unterschiedlich ausgestaltet sein und von verschiedenen Akteuren vorgenommen werden. **Wichtig ist, dass das Verfahren transparent und nachvollziehbar ist und die Ausmusterung von Objekten dokumentiert und archiviert wird**, sodass in der Zukunft, z.B. bei einer allfälligen Revision des Inventars, darauf zurückgegriffen werden kann.

Vorgehensweisen und Erfahrungen

Im Kanton Freiburg wurden die Geotopanwärter (FR: rund 2000 Objekte aus bisherigen Listen und Inventaren, zuzüglich Expertenvorschläge) einer ersten Triage unterzogen. Dabei wurden sie in thematische Kategorien eingeteilt und dann kategorienintern bewertet. Es handelt sich dabei um eine numerische Bewertung mit unterschiedlicher Gewichtung von einzelnen Kriterien, bei der auch die Ergebnisse der Expertenkonsultation einfluss (Vonlanthen 2019). Die Geotope von lokaler Bedeutung wurden anschliessend nicht weiterbearbeitet.

In den Kantonen BE und VD wurden in einem ersten Schritt **Aufnahme /Ausschlusskriterien** formuliert. Genügte ein Objekt den Mindestanforderungen (Haupttyp) nicht oder war vollständig zerstört / nicht mehr auffindbar (BE, VD), nicht repräsentativ (VD); sehr häufig (VD) oder für die Geowissenschaften unbedeutend (VD) wurde es nicht in die vorläufige Geotopliste aufgenommen.

Im Kanton VD wurden im Anschluss an diese Erstbewertung die Objekte einer **quantitativen Bewertung**

unterzogen und durch die Expertengruppe validiert. Dabei wurden alle Geotoptypen nach dem gleichen Prinzip bewertet. Das heisst, es wurde nicht innerhalb von Objektgruppen eine Auswahl mit jeweils spezifischen Kriterien getroffen. Ein solch differenziertes Vorgehen ist bei Projekten gerechtfertigt, bei denen zu Beginn eine sehr grosse Zahl von potenziellen und ähnlichen Objekten vorliegt und eine nachvollziehbare Auswahl aus den Objektvorschlägen für das Inventar getroffen werden muss. Im Fall des Kantons Waadt wurde diese Auswahl bereits 2008, als die erste Geotop-Liste erstellt wurde, von Experten getroffen. Die mathematisch berechnete Bedeutung wurde in einzelnen Fällen von den Experten übersteuert, z.B. wenn es sich um den einzigen Vertreter eines Objekttyps handelte. Da es sich im Kanton VD um ein Inventar von kantonal bedeutenden Objekten handelt, wurden die Geotope von lokaler Bedeutung anschliessend nicht weiter berücksichtigt. Vor der Vernehmlassung haben die kantonalen Fachstellen die dokumentierten Geotope nochmals begutachtet und in Einzelfällen Änderungen des Perimeters vorgenommen oder Geotope nach Interessenabwägung ganz gestrichen. Dies aufgrund von Nutzungskonflikten zwischen Geotopen und dem Abbau von geologischen Ressourcen.

Im Kanton Bern setzt sich die provisorische Liste aus Objektmeldungen von Fachexperten sowie bestehenden Verzeichnissen und Listen (primär Binggeli 2008, Blum 2012, Geologisch Geschützte Objekte GGO, SCNAT 2012) zusammen. Aufgrund der grossen Datenmenge wurde im Vorfeld keine strukturierte Präselektion unternommen. Da alle Fachverantwortlichen angewiesen werden, die nach ihrer Expertise wichtigsten Objekte zuerst zu erfassen, findet somit eine "rollende Präselektion" statt. Während die Bewertungskriterien bereits im Methodenbericht (Anfangs 2024) definiert wurden, wird die Gewichtung der einzelnen Kriterien erst zu einem späteren Zeitpunkt festgelegt werden (Stand Sommer 2025). Bis die mathematische Bewertungsmethode festgelegt wird, gilt eine subjektive Einschätzung der Bedeutung der erfassenden Person. Die Erfassungsmethode wurde so gestaltet, dass nach der Definition Bewertungsformel die Berechnung auf Knopfdruck durchgeführt werden kann.

Die unterschiedliche Handhabung des Auswahlverfahrens der drei Kantone zeigt auf, wie das jeweilige Vorgehen auf die unterschiedlichen Ausgangslagen und Zielsetzungen abgestimmt wurde (FR: Erstellung eines Inventars von Geotopen von kantonaler Bedeutung, BE: flächendeckendes und vollständiges Inventar, VD: Revision eines Inventars von Geotopen von kantonaler Bedeutung). **Alle Auswahlverfahren sind in den jeweiligen Berichten dokumentiert.** Nebst den methodischen Überlegungen ist das Auswahlverfahren auch eine Ressourcenfrage, die die Ausgestaltung (mit und ohne Experten, kategorienübergreifende Beurteilung oder nicht, ...) beeinflusst.

Dokumentation und Darstellung

Nachdem die Objektauswahl feststeht, erfolgt deren **Detailerfassung anhand eines zuvor festgelegten Kriterienkatalogs** (siehe Kapitel 2.3). Die Dokumentation der Objekte kann von verschiedenen Akteuren und in unterschiedlicher Arbeitsweise durchgeführt werden. Zu unterscheiden sind Kriterien, die durch fachkundiges Personal beschrieben werden sollten und Kriterien, die durch Personen, die eine Schulung erhalten haben, bearbeitet werden können. **Um eine einheitliche Erfassung zu gewährleisten, sind insbesondere bei einer grossen Anzahl von Erfassungspersonen, sogenannte Kartieranleitungen oder Erhebungsleitfäden, Schulungen und Eichtage von Vorteil.**

Erfahrungen

Bei den Waadtländern haben neben der externen Projektbegleitung sogenannte Dokumentationsteams die Informationen geliefert. Diese bestanden aus je einer Referenzperson (Vertreter des MCG, SSKA und der Universität Lausanne) und deren Mitarbeiter (z.B. Assistenten und Praktikanten). Jedes Team erhielt bei einer Einführungsveranstaltung eine Schulung und konnte sich danach bei Fragen an die externe Projektleitung wenden.

Es war vorgesehen, dass die Referenzpersonen in regelmässigen Abständen die dokumentierten Objekte an das beauftragte Büro zur Qualitätskontrolle und Weiterverarbeitung übermitteln. Mit diesem Kaskadenprozess wollte man die Dokumentation so gut wie möglich vereinheitlichen und die Projektzeit verkürzen. Der vorgegebene Zeitplan musste jedoch verlängert werden und schlussendlich wurden die Geotopbeschreibungen in zwei Etappen (Dezember 2024 / März 2025) eingereicht und weiterbearbeitet. Die Dokumentation der 103 Geotope durch die Experten, inklusive Überarbeitung nach Qualitätskontrolle, dauerte insgesamt 9 Monate (Juli 2024 bis März 2025) anstatt der geplanten 6 Monate. Zur Unterstützung der Dokumentationsteams, hat das beauftragte Büro die Dokumentation von 10 Geotopen übernommen. Eine zentrale Herausforderung bei der Dokumentation war die räumliche

Abgrenzung der Geotope. Diese Problematik wurde unter anderem durch die Definition unterschiedlicher Perimeter pro Objekt adressiert, welche jeweils verschiedene Ausdehnungen repräsentieren – etwa ein wissenschaftlicher Perimeter und ein Managementperimeter – und mit jeweils angepassten Schutz- und Managementmassnahmen versehen sind. Auch die geometrische Erfassung von unterirdisch gelegenen Objekten wurde berücksichtigt, obwohl deren Ausdehnung und Lage an der Oberfläche nicht unmittelbar erkennbar sind. Eine zusätzliche Schwierigkeit ergab sich aus der räumlichen Nähe ähnlicher Geotope, die sich jedoch auf verschiedenen Kantonsgebieten befinden und daher eine koordinierte Bearbeitung über administrative Grenzen hinweg erfordern.

Im Kanton BE konnten sich Fachexperten für die Dokumentation melden. Sie erhalten eine umfassende Hilfestellung zur Erfassung der Objekte mit dem Erfassungs- und Kriterienkatalog, einer Erklärung zur Einstufung der Bedeutung, verschiedenen Objektbeispiele, der Anleitung fürs WebGIS und den Methodenbericht. Bei Unklarheiten können sie sich an die externe Projektunterstützung wenden.

Im Kanton FR wurde die Dokumentation der 92 kantonalen Geotope der Universität Freiburg in Auftrag gegeben. Die zu dokumentierenden Aspekte sowie das Layout wurden gemeinsam festgelegt, wobei ein grosser Wert auf eine einheitliche und ansprechende Präsentation der Objektblätter gelegt wurde. Basierend auf diesen Vorgaben dokumentierte und illustrierte ein zweier Team die Geotope ausführlich. Die fertigen Objektblätter bestechen denn auch durch einheitliche Beschreibungen mit leicht verständlichen Texten sowie zahlreichen Bildern und Grafiken. Auch bei den Fotografien wurde viel Aufwand betrieben und insbesondere für das Hauptbild der Geotope wurden zahlreiche Neuaufnahmen gemacht. Die Dokumentation aller Freiburger Geotope hat anstatt der geplanten 8 Monate, 20 Monate in Anspruch genommen. Luc Brillard unterstrich im Interview (24.6.2024) die Wichtigkeit von attraktiven Objektblättern mit den folgenden Worten: *Il faut donner l'envie de lire les fiches, et il faut une homogénéité iconographique.*

Zusammenfassung Dokumentationsphase

Die Wahl zwischen drei Organisationsstrukturen – Auftrag an wenige Personen, Dokumentationsteams oder einzelne Fachexperten – **beeinflusst den Koordinationsaufwand sowie die Einheitlichkeit der Produkte.** Bei wenigen Personen bleibt der Aufwand gering, die Einheitlichkeit hoch, während Teams und einzelne Fachexperten eine stärkere Abstimmung erfordern. Auch bei Vorliegen einer klar strukturierten und präzisen Vorgehensweise mittels Erhebungsleitfäden und Eichungsbemühungen besteht weiterhin ein Bedarf an inhaltlicher Homogenisierung. Zur Sicherstellung einer konsistenten und vergleichbaren Dokumentation ist daher die Einsetzung einer koordinierenden Nachbearbeitung von zentraler Bedeutung. Der Vorteil des Einbezugs von verschiedenen Fachexperten liegt vor allem darin, dass spezifischere Fachkenntnisse vorliegen. Wie die Beispiele verdeutlichen, sollte für die Dokumentation genügend Zeit einberechnet werden. Das genaue Vorgehen sollte jeder Kanton auf Basis der personellen und finanziellen Ressourcen, dem vertretbaren Koordinationsaufwand, den erwarteten Outputs und dem anvisierten Zeitplan abstimmen.

Vernehmlassung

Der letzte Schritt ist hauptsächlich administrativer Natur, bei der die Inventare je nach gesetzlicher Grundlage bei verschiedenen Stellen und Akteure in die Vernehmlassung kommen. Anschliessend erfolgt die Umsetzung von spezifischen Schutz-, Pflege-, Überwachungs- und / oder Inwertsetzungsmassnahmen.

Im Kanton Waadt geht das Inventar nach der Vernehmlassung durch die kantonalen Fachstellen in eine 30-tägige öffentliche Konsultation. Das Departement der Jugend, Umwelt und Sicherheit (Département de la jeunesse, de l'environnement et de la sécurité: DJES) verabschiedet das kantonale Inventar und publiziert eine entsprechende Notiz im kantonalen Amtsblatt. Zudem werden Gemeinden, Natur- und Landschaftsschutzorganisationen informiert. Grundbesitzer werden nicht direkt angeschrieben. Aufgrund des Inventars kann das Departement Schutzbestimmungen wie etwa Unterschutzstellungen (Classement) veranlassen. Weitere Massnahmen, wie zum Beispiel die Verabschiedung von kommunalen Nutzungsplänen, Pflege- und Unterhaltsmassnahmen, Überwachung oder Monitoring, werden durch die kantonalen Fachstellen koordiniert.

Im Kanton Freiburg wird das Inventar formell vom Staatsrat bezeichnet und die allgemeinen Schutzmassnahmen werden im Rahmen des kantonalen Richtplans festgelegt. Es ist vorgesehen, das

Inventar bei der nächsten Revision des kantonalen Richtplans in die Vernehmlassung zu schicken. Es wird dadurch behörden- aber noch nicht grundeigentümerverbindlich. In der Folge müssen die Gemeinden die Geotope in die kommunalen Zonenpläne aufnehmen.

Im Kanton Bern erfolgt die Genehmigung über eine öffentliche Mitwirkung und anschliessend einem Beschluss durch den Regierungsrat. Durch die Aufnahme in den Sachplan Bio-Geo-Diversität wird das Inventar behördenverbindlich. Im kommunalen Zonen- oder Schutzplan sind Geotope als Hinweis enthalten. Im Einzelfall findet eine Interessensabwägung statt. Für die EigentümerInnen hingegen werden die Einträge im Geotopinventar erst im Rahmen einer allfälligen Unterschutzstellung verbindlich. Nur gefährdete Objekte werden grundeigentümerverbindlich unter Schutz gestellt.

2.3. Erfassungs- und Kriterienkatalog

Die Beschreibung und eventuelle Bewertung von Geotopen erfolgten gemäss einem Erfassungs- und Kriterienkatalogs. Im Anhang 2 sind die verschiedenen Kriterien der drei kantonalen Geotopinventare und des Inventars der Schweizer Geotope aufgeführt und gegenübergestellt. **Bei den allgemein beschreibenden Kriterien herrscht eine grosse Übereinstimmung** bei allen Inventaren. Geotope werden mit einer Identifikationsnummer und einem Namen versehen, sowie mehr oder weniger detailliert beschrieben (Kurzbeschreibung, detaillierte Beschreibung, Informationen zu Objekttyp). Bei allen werden die Geotope auch einem Haupttyp und, wo angebracht, einem oder mehreren Sekundärtypen zugeordnet. Die Kategorisierung fällt dabei unterschiedlich aus. Sie stützen sich auf die verschiedenen Disziplinen der Geowissenschaften, sind aber insbesondere für den Kt. Fribourg im Bereich der Geomorphologie noch zusätzlich in Prozesse aufgeteilt (für Haupt- und Sekundärtypen siehe Anhang 2).

In den drei Kantonen wurden je **vier Bewertungskriterien für die Ermittlung der Bedeutung der Geotope** bestimmt: Zustand, Repräsentativität, Seltenheit, geowissenschaftlicher Wert. Die jeweiligen Attribute unterscheiden sich jedoch nach dem Kriterium mehr oder weniger stark (für Attribute siehe jeweilige Methodenberichte und deren Anhänge).

Die Variabilität der Kriterien, welche den Schutz und die Inwertsetzung der Objekte betreffen ist relativ gross, sowohl in der Anzahl als auch im Inhalt. Die unterschiedlichen Zielsetzungen (siehe Kapitel 2.1) der jeweiligen Projekte beeinflussen auch in diesem Punkt die Ausprägung der Inventare. Beim Kanton Freiburg zum Beispiel wurde der späteren Inwertsetzung der Geotope von Anfang an eine grosse Bedeutung beigemessen, entsprechend ausgeprägt sind die Erfassungskriterien zu diesem Thema. Im Kanton Bern sind hingegen Schutzanliegen wichtig, was sich in den Kriterienwahl und deren Bearbeitung widerspiegelt. Nebst deren Beschreibung werden sie zur Berechnung des Handlungsbedarfs verwendet.

Eine ähnlich grosse Vielfalt zeigt sich bei **Informationen, die das Inventar selbst betreffen**. Nebst verschiedenen Daten (Eintrag des Geotopes ins Inventar, letzter Feldbesuch, usw.) werden auch die Autoren aufgeführt.

In Absprache mit der Begleitgruppe, bestehend aus Mitgliedern der Schweizerischen Geo-Erbe Kommission und Vertretern der drei Inventare, wurden die **Minimalkriterien** zur Erfassung der Geotope festgelegt. Diese definieren die Merkmale, die bei jedem Geotop beschrieben werden sollten (siehe Tabelle 2). Weiter kann es für die politische Umsetzung, das Management, den Schutz und die Inwertsetzung von Geotopen sinnvoll sein, **zusätzliche Daten** zu erheben. Sie sind in der Tabelle 3 (Empfohlene Kriterien) und 4 (weitere nützliche Kriterien) zusammengefasst. Die Begleitgruppe ist sich bewusst, dass aufgrund von regionalen geologischen Unterschieden, kantonal variierenden Rechtsgrundlagen und verschiedenartigen Projekthistorien und -zielen eine strikte standardisierte Erfassung wenig sinnvoll ist. Als wichtig erachtet sie jedoch, dass neue Inventare und Revisionen sich auf die erarbeiteten Grundlagen stützen und diese nur so weit wie nötig angepasst werden.

Im Anhang 3 finden sich Beispiele von Objektblättern aus den Geotopinventaren vom Kanton Freiburg, Waadt und Bern (noch in Bearbeitung).

Minimalkriterien	Beschreibung und Hinweise zur Anwendung des Kriteriums
Allgemein beschreibende Kriterien	
Objektnummer / Objekt ID	Mit der Objektnummer lassen sich die Geotope eindeutig identifizieren. Bei Revisionen alte Nummerierung für die Wiedererkennung im Hintergrund mitführen <i>Beispiel: GS280 (Inventarcode + Objektnummer: Géotope suisse - Objekt 280)</i>
Objektname	Der Objektname gibt Aufschluss über Art und Standort (Ortschaft / Flurname) des Geotops. <i>Beispiel: Glaziallandschaft Aueli-Tosbach</i>
Standortgemeinde(n)	Auflistung der Gemeinden mit Anteil am Geotop.
Objektperimeter	Karte mit der Ausdehnung des Geotops. Bei einigen Geotopen, z.B. Erratiker, kann das auch ein Punkt sein. Es kann sinnvoll sein zwischen dem wissenschaftlichen und Managementperimetern (z.B. Schutzperimeter) zu unterscheiden. Bei speläologischen Objekten kann neben dem Eingang auch die unterirdische Ausdehnung aufgezeigt werden.
Koordinaten X / Y (Zentroid)	Aufgrund des Perimeters automatisch generierter Zentroid. Hilfreich für Übersichtsdarstellungen.
Beschreibung Objekt	Detaillierte und fachkundige Beschreibung der wichtigsten Merkmale und Charakteristika, die das Objekt kennzeichnen und seine Bedeutung ausmachen. Für eine einheitliche Beschreibung der Objekte sollte ein Leitfaden mit Angaben zu den gewünschten Informationen für eine strukturierte Dokumentation eingesetzt werden. Zusätzlich kann in der Folge eine für Laien verständliche Kurzbeschreibung verfasst werden (siehe Tabelle 3 empfohlene Kriterien).
Haupttyp	Zuordnung des Geotops zu einer geowissenschaftlichen Disziplin. Die Klassifizierung nach Möglichkeit von anderen kantonalen Geotopinventaren übernehmen (z.B. BE oder VD, siehe Anhang 2). Bei Bedarf anpassen und dabei darauf achten, dass die Anzahl der Geotoptypen so tief wie möglich angesetzt wird, die Unterteilung jedoch so genau wie nötig vollzogen werden kann. Ein Objekt jeweils nur einem Haupttyp zuschreiben.
Sekundärtyp(en)	Die gleiche Liste wie für den Haupttyp verwenden. Während ein Objekt jeweils nur einem Haupttyp zugeschrieben werden kann, sind mehrere Sekundärtypen möglich.

Objektfoto(s)	Fotodokumentation der wichtigsten Merkmale des Objekts.
Illustrationen	Abbildungen, Skizzen, Schnitte, die Merkmale oder die Entstehung/Entwicklung des Objekts veranschaulichen. Für einheitliche Objektblätter ist eine Bearbeitung der verschiedenen Abbildungen empfehlenswert.
Literaturhinweise	Angaben zu den wichtigsten Publikationen über das Geotop.
Zugehörigkeit zu anderen Inventaren oder Schutzgebieten	Auflistung der Objekte aus lokalen, kantonalen und nationalen Natur- und Landschaftsinventaren und Schutzgebieten, die das Geotop (teilweise) einschliessen beziehungsweise überlappen.
Aktueller Schutzstatus und bestehende Schutzmassnahmen für die Geotope	Auflistung der aktuellen Schutzbestimmungen das Geotop betreffend, z.B. Einzelschutzverfügung für das Geotop, Geotop im kantonalen Nutzungsplan, Geotop im kommunalen Nutzungsplan und bestehenden Schutzmassnahmen wie Monitoring, Leistungsvereinbarung, physischer Schutz des Standorts, usw.
Bewertungskriterien	
Integrität / Zustand	Erfassung des Zustandes der wertbestimmenden Merkmale. Erhaltungszustand angesichts natürlicher und anthropogener Einflüsse. Beispiel für 4 Kategorien (BE und VD): • vollständig zerstört / nicht mehr auffindbar • sehr beeinträchtigt • wenig beeinträchtigt • intakt oder natürlicher Zustand
Repräsentativität / Aussagekraft	Einschätzung des Beispiel- und Illustrationswerts des Objektes bezüglich der Repräsentativität und Veranschaulichung eines bestimmten geologischen Phänomens, Themas oder eines bestimmten geologischen Kontextes. Beispiel für 4 Kategorien (BE und VD): • nicht (mehr) repräsentativ • wenig repräsentativ • sehr repräsentativ • beispielhaft / höchst repräsentativ
Seltenheitswert / Einzigartigkeit des Objektes.	Erfassung der Seltenheit / Einzigartigkeit des Geotops. Dieses Kriterium ist in Bezug auf die Anzahl von gleichartigen Geotopen im Erhebungsperimeter zu beurteilen. Beispiel für 4 Kategorien (BE und VD): • sehr häufig • wenig häufig • selten • einzigartig / einmalig

Geowissenschaftlicher Wert	Beurteilung der ehemaligen, aktuellen oder zukünftigen Nutzung der Stätte als Lehr-, Studien- und Forschungsobjekt. Beispiel für 4 Kategorien (BE) : • Keine Bedeutung • Geringe Bedeutung • nachgewiesenes Interesse / bedeutend • grosses Interesse / sehr bedeutend Im Kanton VD werden für die Bewertung des geowissenschaftlichen Wertes (intérêt pour les géosciences) nur die Anzahl Publikationen berücksichtigt. Wenn die Stätte erst vor kurzem entdeckt wurde und noch keine Publikationen vorhanden sind, kann das Potenzial für die Bedeutung geschätzt werden. Dieses Fokussieren auf die Publikationen soll die Bewertung nachvollziehbar machen. Im Kanton Freiburg wird der geowissenschaftliche Wert (valeur paléogéographique) eines Objekts anhand seines Potenzials beurteilt, relevante Informationen zur Rekonstruktion der Erdgeschichte zu liefern.
----------------------------	---

Tab. 2 Empfehlung der Schweizerischen Geo-Erbe Kommission für Minimalkriterien.

Empfohlene Kriterien	Beschreibung und Hinweise zur Anwendung des Kriteriums
Allgemein beschreibende Kriterien	
Kurzbeschreibung für Laien	Für die Bekanntmachung des Inventars und Inwertsetzung der Geotope kann es sinnvoll sein, auch eine für Laien verständliche Kurzbeschreibung zu verfassen.
zusätzliche Werte	Erfassung von zusätzlichen, nicht geowissenschaftlichen Werten und Interessen, die dem Geotop nachweislich zugeschrieben werden. Diese Merkmale können bei Inwertsetzung Massnahmen mobilisiert werden. <i>Beispiel:</i> <i>Historischer und Soziokultureller Wert / Interesse</i> <i>Landschaftlicher Wert / Interesse</i> <i>Biologischer Wert / Interesse</i> <i>Wirtschaftlicher Wert / Interesse</i>
Bedeutung	Die Eruierung der Bedeutung der Objekte ist ein wichtiger Schritt bei der Inventarisierung und entscheidet über die Aufnahme oder Streichung von Geotopen in das Inventar. Die arithmetische Berechnung und Definition von Schwellenwerten als Entscheidungsgrundlage für die Einordnung in lokale (kommunale) oder regionale (kantonale) Bedeutung hat sich bewährt. Die endgültige Einteilung erfolgt durch ein Validierungsgremium (z.B. Fachgremium oder comité scientifique), welches mit konkreter Begründung die errechnete Bedeutung auch übersteuern kann.
Sitemanagement (Handlungsbedarf und Schutzziele/Massnahmen)	
Beeinträchtigung	Erfassung von bestehenden Beeinträchtigungen des Geotops, welche dessen Merkmale und Zustand verändern.
Aktueller Schutzstatus oder bestehende Schutzmassnahmen	Auflistung der aktuellen Schutzbestimmungen des Geotop betreffend, z.B. Einzelschutzverfügung Geotop, Geotop im kantonalen Nutzungsplan, Geotop im kommunalen Nutzungsplan und der bestehenden Schutzmassnahmen wie Monitoring, Leistungsvereinbarung, physischer Schutz des Standorts, usw.
Zugänglichkeit	Informationen, wie gut das Objekt erreichbar ist. <i>Beispiel:</i> - nicht zugänglich = Zugang versperrt, unterbrochen, verschüttet - zugänglich = zu Fuss durch Gelände oder auf Pfad erreichbar - sehr gut zugänglich = bestehender Weg, Strasse
Vulnerabilität	Einschätzung der Vulnerabilität des Geotopes aufgrund deren intrinsischer Empfindlichkeit gegenüber natürlichen und

	anthropogenen Einflüssen, der potenziellen Gefährdung und dem aktuellen Schutzstatus. <i>Beispiel:</i> <i>geringe, mässige oder starke Vulnerabilität</i>
Handlungsbedarf	Die Einschätzung des Handlungsbedarfs resultiert aus der Evaluation der Gefährdung, der Zugänglichkeit und des aktuellen Schutzstatus des Geotops, also der Dringlichkeit Massnahmen zu ergreifen. <i>Beispiel:</i> <i>geringer, mässiger oder starker Handlungsbedarf</i>
Handlungsempfehlungen	Vorschläge von Massnahmen für die Sicherstellung des langfristigen Erhalts der Geotope, z.B. Einzelschutzverfügung Geotop, Eintrag in kantonalen Nutzungsplan, Eintrag in kommunalen Nutzungsplan, Monitoring, Leistungsvereinbarung, physischer Schutz des Standorts, usw.
Schutzziele	Formulierung von geotopspezifischen oder für eine Gattung von Geotopen zutreffende Schutzziele, um die besonderen Merkmale des Geotops (des Geototypes) zu schützen, die bereits bestehenden Beeinträchtigungen ihrer Integrität zu mildern und das Eintreten der identifizierten Bedrohungen zu verhindern.

Tab. 3 Von der Schweizerischen Geo-Erbe Kommission empfohlene Kriterien.

Weitere nützliche Kriterien	Beschreibung und Hinweise zur Anwendung des Kriteriums
Inwertsetzung	
Didaktische und geotouristischen Interessen	Nennung der geologischen und geomorphologischen Themen und Konzepte, die sich auf das Geotop beziehen und die bei einer didaktischen Inwertsetzung angesprochen werden könnten.
Vorhandene Inwertsetzung	Erfassung von interpretativen Einrichtungen oder Produkten, die der Öffentlichkeit die wissenschaftliche Bedeutung des betreffenden Geotops näherbringen (z.B. Schautafeln, Broschüren, Hörpfad, App, ...).
Inwertsetzungsvorschläge	Formulierung von Vorschlägen für Projekte für die didaktische Aufwertung, die ein einzelnes Geotop betreffen oder mehrere in derselben Region gelegene Objekte gruppieren (z.B. Wander- oder Radwege, die mehrere bedeutende Standorte oder Stätten miteinander verbinden).
Unterhalt	Aufführung von Massnahmen, die regelmässig unternommen werden müssen, um den Zugang zum Geotop zu erleichtern, die Sichtbarkeit seiner besonderen Charakteristika zu gewährleisten und gegebenenfalls die eingerichteten Inwertsetzungsvorrichtungen instand zu halten.

Tab. 4 Empfehlung der Schweizerischen Geo-Erbe Kommission für weitere nützliche Kriterien.

2.4. Projektmanagement und Rolle der SCNAT

Interessant ist der Vergleich des Projektmanagements und der Einbindung von Fachexperten bei der Ausarbeitung/Revision der Inventare und deren Auswirkungen auf die Methodik und den Projektfahrplan.

Geotopinventar Bern

Beim **Kanton Bern** kann man von einer **komplexen Organisationsstruktur** sprechen, sowohl was die Menge an Gremien, die involvierten Parteien und Anzahl Personen betrifft (Abb. 1).

Das Amt für Landschaft und Natur erteilt den Projektauftrag und trägt die Gesamtverantwortung. Die Gesamtleitung und Projektleitung erstellt die Projektorganisation - Strategie und Planung. Die Begleitkommission stellt die strategische Begleitung sicher, unterstützt die Gesamtleitung und genehmigt die Vorschläge der Projektgruppe.

Die interne Projektleitung wird von einer externen Projektunterstützung (privatwirtschaftliches Mandat) assistiert, die für die Sachbearbeitung verantwortlich ist. Das Fachgremium, zusammengesetzt aus sieben ExpertInnen, begleitet das Projekt fachlich und erarbeitet Vorentscheide (Methodik, provisorische und definitive Liste, Objektbeschreibungen), die von der Gesamtleitung und der Begleitkommission verabschiedet werden. Die Beratergruppe testet den Erfassungskatalog sowie das Erfassungstool. Die Fachexperten sind in erster Linie für die Dokumentation der Objekte zuständig.

Mit der Gesamtleitung, der Begleitkommission und dem Fachgremium verfügt das Projekt gleich über drei Validierungsorgane, welche die Meilensteine (Methode, provisorische und definitive Objektliste, Objektbeschreibungen) prüfen und gutheissen. Erwähnenswert ist auch die relativ grosse Anzahl der am Projekt beteiligten Fachexperten (rund 30).

Alle am Projekt beteiligten Personen wurden für ihren Aufwand in Form von Verträgen oder Fallpauschalen entschädigt.

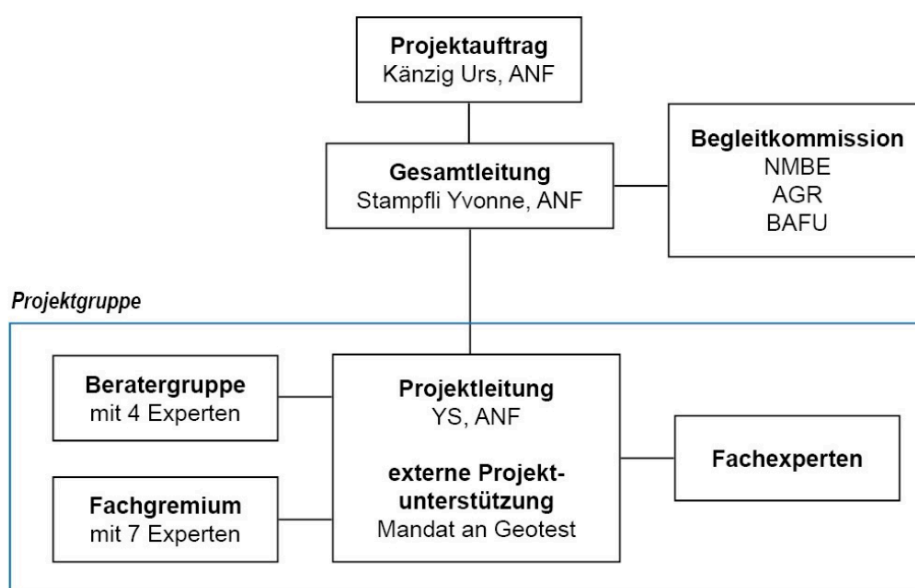


Abbildung 1 Projektorganisation des Kantons Bern.

Erfahrungen

Die Zusammenarbeit im Projekt wird insgesamt als konstruktiv und bereichernd erlebt. Der Austausch mit der externen Projektunterstützung sowie mit den verschiedenen beratenden Gremien bringt wertvolle Impulse in den Prozess ein. Die Entwicklung der Methodik und die dazugehörige Evaluation nehmen mehr Zeit in Anspruch als ursprünglich geplant. Diese vertieften Überlegungen gelten jedoch als sinnvoll, da sie eine solide Grundlage für weitere Projekte bilden und als Orientierungshilfe für andere Kantone dienen können.

Die gewählte Projektstruktur bringt gewisse kommunikative Herausforderungen mit sich. Da Informationen an verschiedene Gremien fliessen und von dort wieder zurückgespielt werden, ist eine effiziente Kommunikation zentral. Besonders hilfreich erweist sich dabei ein möglichst direkter Austausch zwischen den beteiligten Akteuren,

Vorteile	Nachteile
• breit abgestütztes Inventar • solide ausgearbeitete Methode, mehr Objektivität	• Doppelvalidierung verlängert den Prozess (Terminfindung, mehrmaliges Hin und Her, wiederholte Anpassungen durch die PU) • Hohe Kosten für Entschädigung aller beteiligten Personen

Tab. 4 Vor- und Nachteile einer komplexen Organisationsstruktur.

Geotopinventar Waadt

Im Gegensatz zur Berner Organisation, ist das Waadtländer Projekt einfacher aufgestellt (Abb. 2). Eine Begleitgruppe, zusammengesetzt aus VertreterInnen verschiedener kantonalen Fachstellen, genehmigt die Meilensteine des Projektes. Die Projektleitung wird durch die Division géologie, sols, déchets et eaux souterraines (GEODES) sichergestellt, die eine externe Projektunterstützung für die Sachbearbeitung und Koordination des wissenschaftlichen Beirates beauftragt hat. Letzteres besteht aus sieben Vertretern von drei Institutionen: SSKA (2), Musée Cantonal de Géologie (MCG) (3) und Universität Lausanne (UNIL) (2). Die sieben Experten sind für die Evaluation und Selektion der Objekte verantwortlich sowie für deren Dokumentation.

Das Projekt wurde in zwei Phasen durchgeführt. Der wissenschaftliche Beirat kam erst in der zweiten Phase und nach der Genehmigung der Methodik dazu. Bei dieser **schlanken Projektorganisation** gibt es keine Doppelspurigkeit und die Anzahl der involvierten Personen und Institutionen ist gering. Die sieben Experten wurden so ausgewählt, dass alle relevanten geowissenschaftlichen Fachbereiche vertreten sind.

Mit der MCG wurde eine Leistungsvereinbarung unterzeichnet und mit der SSKA und der UNIL eine Pauschalentschädigung für die Evaluation und Selektion und eine zweite für die Dokumentation vereinbart.

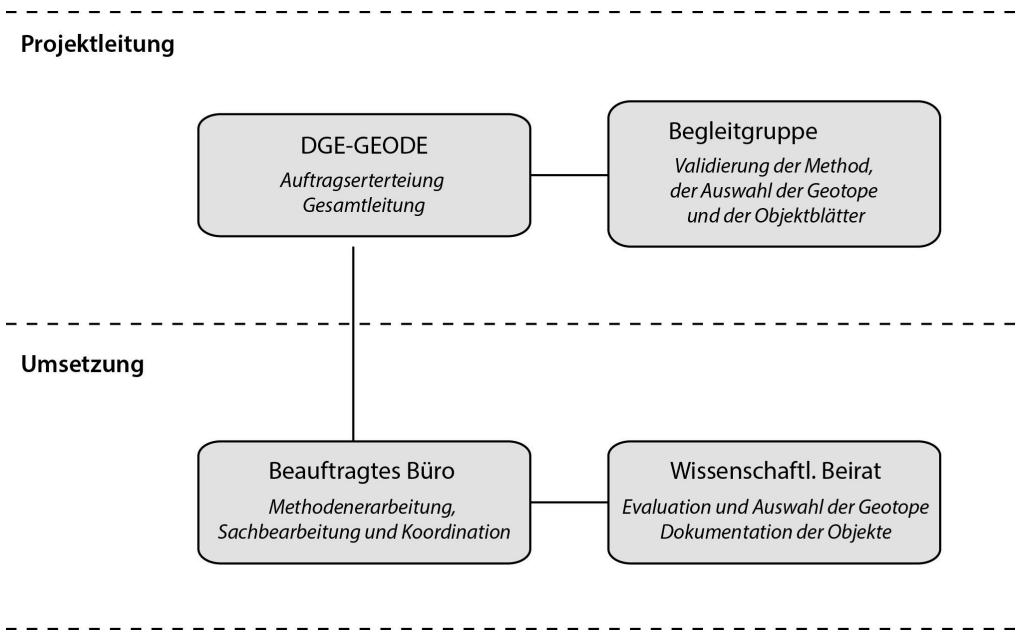


Abbildung 2 Projektorganisation des Kantons Waadt.

Erfahrungen

Dank der externen Projektunterstützung (Methodenentwicklung und operative Leitung) und der Experten (fachliche Bearbeitung) kann sich die Projektleitung auf die strategischen und administrativen Aspekte der Revision konzentrieren, sowie den Austausch mit der Begleitgruppe organisieren. Diese Aufgabenteilung und ein regelmässiger Austausch mit der externen Projektunterstützung ermöglichen schnelle Abklärungen und ein zielgerichtetes Vorgehen.

Eine besondere Herausforderung stellt das Zeitmanagement in der Dokumentationsphase dar, da die anderweitig vielbeschäftigten Experten Schwierigkeiten haben, ihre Aufgaben fristgerecht zu bearbeiten. Die Termine mussten mehrmals verlängert werden. Der Waadtländer Projektleiter unterstreicht, dass es von Vorteil ist, wenn das beauftragte Büro punktuell als Experte fungieren kann, um in bestimmten Situationen die Nichtverfügbarkeit von Experten zu überbrücken.

Vorteile	Nachteile
• überschaubare und effiziente Projektorganisation • keine Doppelspurigkeit > zielgerichtetes vorankommen • überschaubare Kosten	• nur 1 Experte pro Fachbereich zu haben reduziert die wissenschaftliche Diskussion, insbesondere bei der Evaluation und Selektion. • Von der Verfügbarkeit der Experten abhängige Bearbeitungszeit, insbesondere bei der Dokumentation der Objekte.

Tab. 5 Vor- und Nachteile einer Organisationsstruktur von mittlerer Komplexität.

Geotopinventar Freiburg

Im Kanton Freiburg wurde das aktuelle Geotopinventar hauptsächlich von der Universität Freiburg unter der Beaufsichtigung des Amtes für Wald und Natur (WNA) durchgeführt.

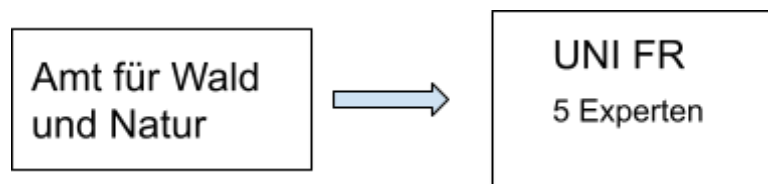


Abbildung 3 Projektorganisation des Kantons Freiburg.

Die Auswahl der Geotope wurde im Rahmen einer Masterarbeit (Vonlanthen 2019) und mit Einbezug von einer handvoll freiwilliger Experten durchgeführt. Letztere waren jedoch "nur" für das Vorschlagen für Objekte zuständig. Ein zweites Mandat der WNA beauftragte das Departement für Geowissenschaften der Universität Freiburg mit der Dokumentation der 92 kantonalen Geotope, inklusive Abgrenzung der Objektperimeter und der Erstellung eines Inventarblattes. Diese Arbeiten wurden zwischen November 2019 und August 2021 von Quentin Vonlanthen und Luc Brailard (Universität Freiburg) durchgeführt.

Erfahrungen

Die Verantwortlichen konnten sich auf die in den Jahren zuvor geleisteten Vorarbeiten von Berger (1995), Grandgirard (1999) und Vonlanthen (2019) stützen, was eine sehr schlanke Projektstruktur ermöglichte. Die gute Beziehung zwischen der UNI Freiburg und dem WNA erlaubte des Weiteren ein effizientes Projektmanagement, ohne Doppelspurigkeiten. Im Kanton Freiburg hat diese Formel dank eines guten und motivierten Studenten und der engen Betreuung durch die Professoren sehr gut funktioniert. Die Projektleiterin des Amtes für Wald und Natur räumt ein, dass eine solche Konstellation nur selten gegeben ist.

Der Einbezug von Experten hat sich schwieriger gestaltet als erwartet. Von den rund 20 kontaktierten Experten waren nur fünf bereit mitzuwirken. Dafür wurden verschiedene Gründe angegeben: Zeitmangel, zu wenig Kenntnisse, Kritik an der Methodik oder am Vorhaben allgemein. Es ist auch möglich, dass einige Experten den unentgeltlichen Zeitaufwand für das Projekt scheuten. Dass das ganze Projekt von einem Kleinteam bewältigt wurde, hat sich auf den Projektfahrplan ausgewirkt. Die Erarbeitung der Methodik und Auswahl der Geotope dauerte 3 Jahre, die Verfassung der Objektblätter weitere 2 Jahre.

Vorteile	Nachteile
• überschaubare und effiziente Projektorganisation • keine Doppelspurigkeit • einheitliche Dokumentation der Objektblätter	• lange Vorbereitung (Erarbeitung Methodik und Auswahl der Objekte) • lange Dokumentationszeit • Qualitätsrisiko wenn die Kompetenzen der Studenten und wissenschaftlichen Mitarbeitern nicht richtig eingeschätzt werden • Grosser Arbeitsaufwand für einzelne Individuen

Tab. 6 Vor- und Nachteile einer einfachen Organisationsstruktur.

Rolle der Schweizerischen Geo-Erbe Kommission

Die Schweizerische Geo-Erbe Kommission (SGEK) engagiert sich für die Harmonisierung der Grundlagen zur Geotoperfassung (Artikel 3.1, Absatz 5 der Geschäftsordnung). Sie steht den Kantonen auf Wunsch beratend zur Seite, indem sie ihr Wissen, Erfahrungen und Kontakte in die Projekte einbringt. Bei bestehendem Interesse ist die SGEK bereit, Workshops und Erfahrungsaustausche mit an der Thematik von Geotopen und Inventaren interessierten Akteuren zu organisieren.

In zwei der drei Inventarsprojekten waren Vertreter der SGEK direkt und indirekt eingebunden. Beim Kanton Bern sassen zwei VertreterInnen in der Begleitkommission und konnten dort ihre Expertise einbringen. Im Organigramm des Kantons Waadt besetzt die externe Projektunterstützung zugleich die Rolle als VertreterInnen der SGEK, da die Personen zugleich Mitglied der Kommission sind. Ihnen kommt somit eine Doppelrolle zu.

Im Kanton Bern waren die SGEK-VertreterInnen insbesondere bei der Ausarbeitung der Erhebungsmethode involviert. Sie konnten auf die bevorstehenden Herausforderungen und Stolpersteine hinweisen und konkrete Beispiele und Lösungsansätze vorschlagen. Ein wichtiges Anliegen war ihnen die maximale Angleichung der Kriterienkataloge und Bewertungsmethode. Dies in Bezug auf die Qualitätssicherung des Vorgehens und eine schweizweite Vergleichbarkeit der Inventare.

Im Kanton Freiburg wurde das Inventar ohne direkte oder indirekte Beratung der SGEK durchgeführt. Es ist jedoch zu erwähnen, dass die Universität Freiburg seit den 1990er Jahren an den Arbeiten des Inventars der Schweizer Geotope beteiligt war und 1999 ein Inventar der geomorphologischen Geotope des Kantons erstellte (Grandgirard, 1999) und mit der Thematik durchaus vertraut ist. Die Methode und der Kriterienkatalog des Inventars von Fribourg sind den auch sehr ähnlich mit denen von Bern und Waadt.

Synthese Projektmanagement

Die drei Beispiele zeigen eine grosse Bandbreite von Projektorganisationsformen auf, vom einfachen Auftrag (Freiburg), über ein schlankes (Waadt), bis hin zum komplexen (Bern) Organigramm mit respektiven zwei, vier und sieben Organen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass je komplexer die Organisationsform, desto breiter abgestützt das Geotopinventar ist, da sich verschiedene Kreise damit beschäftigt haben. Diese Abstützung geht mit einem grossen finanziellen Aufwand und teils langwierigen Prozessen einher, die sich auf den Projektfahrplan auswirken. Im Gegenzug dazu kennzeichnen sich schlank organisierte Projekte durch effiziente Abläufe aus und sind in der Regel kostengünstiger. Bei der Dokumentation der Geotope sei darauf hingewiesen, dass es eine gute Koordination und Begleitung braucht, wenn mehrere Fachspezialisten zum Einsatz kommen. Denn es besteht das Risiko, dass die Experten die Standorte unterschiedlich dokumentieren – einige sehr detailliert, andere nur in den Grundzügen.

Die Wahl für die Organisationsstruktur sollte sich in erster Linie nach der Ausgangslage (Vorhandene Grundlagen, Ersterfassung, Revision) und den zur Verfügung stehenden personellen und finanziellen Ressourcen richten, die von Kanton zu Kanton unterschiedlich ausfallen. Es gibt in diesem Sinne kein besseres oder schlechteres Vorgehen. Wichtig ist in jedem Fall eine sorgfältige Auswahl der involvierten Personen sowie eine detaillierte Dokumentation des Vorgehens und der Entscheidungen, um ein objektives und nachvollziehbares Verfahren zu garantieren.

Die Beauftragung fachkundiger Büros als externe Projektunterstützung oder die Zusammenarbeit mit Hochschulen ermöglicht es kantonalen Fachstellen, auf Fachkompetenzen im Bereich Management des Geo-Erbes und Geoinventare zurückzugreifen. Gleichzeitig können sie einen Teil des Koordinationsaufwands sowie der inhaltlichen Bearbeitung auslagern. Je nach Bedarf kann die Unterstützung punktuell oder projektfassend in Anspruch genommen werden.

Auf die Expertise der SGEK kann mittels der Einbindung von VertreterInnen in eine Begleitgruppe oder in andere Gremien des Projekts zugegriffen werden. Damit erhält das Projektmanagement Zugang zu

Erfahrungen und Wissen bezüglich der Methoden, Vorgehensweisen und praktischen Beispielen in anderen Kantonen und im Ausland, was die Erarbeitung des Inventars erleichtert, die Sicherung der Qualität unterstützt und die schweizweite Harmonisierung der kantonalen Geotopinventare vorantreibt.

3. Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Ausblick

Der Vergleich der Geotopinventare der Kantone Bern, Freiburg und Waadt zeigt, dass die Erstellung und Überarbeitung eines Inventars von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird. Nachfolgend werden die wichtigsten Erkenntnisse und Empfehlungen zusammengefasst.

3.1 Schlussfolgerungen

Rechtliche Grundlagen und politischer Wille: Während in einigen Kantonen neue gesetzliche Vorgaben die Inventarisierung vorantrieb (FR, VD), blieb sie in anderen trotz bestehender Gesetze aus (BE, TI). Die Umsetzung hängt somit auch stark vom politischen Willen und der Priorisierung innerhalb der kantonalen Verwaltung ab.

Finanzierung: Finanzierung: Für die Inventarsprojekte wurden sowohl kantonale als auch Bundesmittel eingesetzt, wobei die einzelnen Kantone unterschiedliche Finanzierungsquellen nutzten. Finanzielle, sachliche und ideelle Unterstützung kann darüber hinaus auch von Vereinen, Freiwilligen oder naturwissenschaftlichen Gesellschaften stammen.

Zieldefinition: Die drei Inventar-Projekte verfolgen alle sehr ähnliche Ziele. Im Vergleich zu den früher erstellten Inventaren, bei denen die naturwissenschaftliche Beschreibung der Objekte im Vordergrund stand, ist das Ziel der drei dargelegten Projektbeispiele die Erstellung der nötigen Grundlagen für eine allfälligen Schutzlegung, Pflege-, Erhaltungs-, Überwachungs- und Inwertsetzungsmassnahmen.

Vorgehen in fünf Schritten: Sowohl die Erstinventarisierungen (BE, FR) als auch die Revision (VD) wurden in fünf Hauptarbeitsschritten abgewickelt: Vorbereitung, Übersichtserhebung, Auswahlverfahren, Dokumentation und Darstellung, Vernehmlassung und Umsetzung. Bei der Reihenfolge gab es jedoch Unterschiede.

Kriterien- und Erfassungskatalog: Die Bewertung der Geotope in den drei Kantonen basiert auf den gleichen vier Hauptkriterien: Zustand, Repräsentativität, Seltenheit, geowissenschaftlicher Wert. Bei Kriterien, die den Schutz und die Inwertsetzung der Geotope betreffen, gibt es Unterschiede in der Anzahl der Kriterien und der erfassten Attribute.

Bestimmung der Bedeutung und Auswahlverfahren: Der grösste Unterschied zwischen den Inventaren liegt beim Zeitpunkt der Bestimmung der Bedeutung der Geotope und der damit verbundenen Selektion. Bei den Inventaren der Kantone Freiburg und Waadt bewertete man die Geotope gleich zu Beginn und musterte Objekte von lokaler Bedeutung aus. Im Kanton Bern erfolgte die Einteilung in lokale und überregionale Geotope hingegen erst nach vollständiger Dokumentation der Objekte. Alle Projektleiter betonen, dass das Auswahlverfahren transparent und lückenlos dokumentiert werden muss.

Zeitmanagement für die Dokumentation: Die Detailerfassung der Geotope erforderte bei allen Projekten mehr Zeit als geplant, insbesondere wenn externe Fachexperten eingebunden waren. Eine realistische Zeitplanung und ein kontinuierlicher Austausch mit den Beteiligten sind daher notwendig.

Projektorganisation und Ressourcen: Die drei untersuchten Inventare zeigen eine grosse Bandbreite von Projektorganisationsformen auf (von einfach bis komplex). Die Wahl der Organisationsstruktur richtete sich nach der Ausgangslage sowie den verfügbaren personellen und finanziellen Ressourcen und beeinflusste die Abläufe, den Zeitplan und die Kosten.

3.2 Empfehlungen

Ein erfolgreiches und reibungsloses Inventar- oder Revisionsprojekt erfordert eine sorgfältige Planung, fundierte methodische Grundlagen und eine gute Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen

involvierten Akteuren. Die Schweizerische Geo-Erbe Kommission empfiehlt bei der Vorbereitung und Umsetzung eines kantonalen Geotopinventares oder dessen Revision folgende Punkte zu beachten:

Im Vorfeld der Inventarisierung / Revision

- Genaue Zielsetzungen für das Inventar/die Revision definieren
- Übersicht über die Datengrundlage gewinnen: Sie beeinflusst den Bearbeitungsprozess, den Zeitplan und die Kosten.
- Allgemeiner Zeitrahmen festlegen
- Finanzierung sichern:
 - Neben finanziellen Mitteln auch sachliche und ideelle Unterstützung beantragen, z.B. bei naturwissenschaftlichen Gesellschaften, Umweltschutzorganisationen, Vereinen oder Stiftungen.
- Projektorganisation festlegen
 - Interne Kompetenzen und personelle Ressourcen abklären: braucht es eventuell eine externe Projektunterstützung?
 - Kontakt mit der Schweizerischen Geo-Erbe Kommission aufnehmen und Form der Begleitung definieren.
 - Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit Fachexperten, Universitäten, Hochschulen oder anderen Institutionen (z.B. Naturwissenschaftliche Gesellschaft, kantonales Museum für Naturwissenschaften) abklären
 - Organigramm und Verantwortlichkeiten der verschiedenen Gremien festlegen

Bei der Erarbeitung der Erhebungsmethode und des Inventarisierungs- bzw. Revisionsprozesses

- Erfassungs- und Kriterienkatalog bestehender Methoden auf die spezifischen Zielsetzungen und die kantonalen geologischen Gegebenheiten anpassen. Im Sinne der Harmonisierung der kantonalen Geotopinventare empfiehlt die SGEK, sich auf die Methoden aus BE, FR oder VD zu stützen und diese nur so weit wie nötig anzupassen.
- Ablauf des Inventarisierungs- oder Revisionsprozesses festlegen:
 - festlegen, welche Daten zusammengetragen und wie Datenlücken geschlossen werden können. Bestehende Inventare und wissenschaftliche Studien sind wertvolle Quellen, müssen aber oft aktualisiert oder ergänzt werden.
 - definieren wer, wann und wie eine Präselektion vorgenommen wird und wer diese validiert
 - bestimmen wer die Geotope dokumentiert
 - detaillierter und realistischer Zeitplan erstellen: genügend Zeit für die verschiedenen Projektphasen einplanen, insbesondere wenn berufstätige Fachexperten einbezogen werden

Während der Bearbeitungsphase

- Provisorische Geotopliste erstellen
- Präselektion vornehmen
 - Nachvollziehbarkeit von Auswahlen und Entscheidungen gewährleisten (detaillierte Dokumentation sicherstellen)
- Auswahl analysieren: Entspricht die Selektion den gesetzten Zielen?
- Objekte dokumentieren:
 - Erhebungsleitfäden erstellen,
 - Erhebungstools testen,
 - Fachexperten für die Erhebung schulen
 - Qualitätskontrollen durchführen
 - Zeit für die Vereinheitlichung der Inventarblätter (Beschreibungen und Dokumentation) einberechnen
- Objektblätter und Geodaten finalisieren
- Interne Vernehmlassung organisieren

Während der Bearbeitungsphase empfehlen wir regelmässige Abstimmung mit den Projektpartnern zur Sicherstellung des Fortschritts.

Nach der Bearbeitungsphase

- Da noch kein Kanton sein Inventar in die Vernehmlassung geschickt hat, sind Empfehlungen dazu derzeit nicht möglich.
- Ein Inventar stellt stets eine Momentaufnahme dar und sollte auch nach seiner offiziellen Anerkennung anpassbar bleiben. Neu entdeckte Geotope – etwa Dinosaurierspuren oder bedeutende Mineralienfunde – müssen ergänzt, zerstörte oder nicht mehr relevante Geotope gegebenenfalls aus dem Inventar entfernt werden können.
 - Gesamte Dokumentation archivieren
 - Langlebige technische Lösungen wählen, die eine spätere Aktualisierung oder Revision des Inventars erlauben
- Finanzielle Mittel für die bildungsbezogene oder touristische Wertschöpfung des Inventars bereitstellen. Eine gezielte Finanzierung trägt somit dazu bei, das Inventar lebendig zu halten und seinen Mehrwert für Bildung, Tourismus und Naturschutz nachhaltig zu sichern.

3.3 Ausblick

Aus Sicht der SGEK sind erneute Vergleiche mit bereits verwendeten Kriterienkatalogen in der Schweiz oder im Ausland im Vorfeld von neuen Inventarsprojekten nicht erforderlich. Kantone, die künftig ein Geotopinventar erstellen oder überarbeiten, können auf die hier vorgestellten Methoden und Kriterien (Kapitel 2.3) aufbauen und diese gezielt anpassen. Indem insbesondere die Minimalkriterien übernommen werden, lässt sich eine schweizweite Vergleichbarkeit sicherstellen.

Die in diesem Bericht zusammengefassten Erfahrungen und Empfehlungen sollen eine hilfreiche Orientierung bei der Erstellung oder Überarbeitung von Geotopinventaren sein. Interessierte Kantone können sich für weitere Unterstützung oder fachlichen Austausch an die SGEK oder an spezialisierte Fachpersonen oder Büros wenden.

Als sinnvolle und praxisnahe Ergänzung zu diesem Bericht könnte die SGEK eine zweisprachige Broschüre mit Tipps für die Inventarisierung von Geotopen und exemplarischen Objektblättern erarbeiten.

4. Literaturverzeichnis

Bächli, E., Pittet, C., Surdez, M. (2023) Grundlagen zur Entwicklung der Methodik (Stand November 2023), pp. 72.

Blum C. (2012) Geotope im Kanton Bern, Masterarbeit, Universität Bern, pp. 28.

Berger, J.-P. (1995). Liste provisoire des géotopes géologiques d'importance cantonale. Institut de Géologie de l'Université de Fribourg, non publié.

Grandgirard, V. (1999). Inventaire des géotopes géomorphologiques du canton de Fribourg. Institut de Géographie de l'Université de Fribourg, non publié.

Panizza, M. Piacente, S. (1993) Geomorfologia culturale. Bologna. Piragora.

Pieracci, K., Reynard, E., Marchant, R., Meisser N., Borel, G. (2008) Inventaire des géotopes du canton de Vaud. Rapport, pp. 47.

Reynard, E. (2004). Géotopes, géo(morpho)sites et paysages géomorphologiques. In Reynard, E., Pralong, J.-P. (Eds). Paysages géomorphologiques, Compte-rendu du séminaire de 3^e cycle CUSO 2003, Lausanne, Institut de géographie, Travaux et recherches n° 27, 124-137.

Reynard, E., Berger, J. P., Constandache, M., Felber, M., Grangier, L., Häuselmann, P., Martin, S. (2012) Révision de l'inventaire des géotopes suisses: rapport final, pp. 45.

Regolini G., Martin S., (2023), Révision et publication de l'inventaire vaudois des géotopes. Phase 1: cadre, démarche et préparation. pp. 19.

Vonlanthen Q., Braillard L. (2022) Inventar der Geotope von kantonalen Bedeutung: Grundlagenstudie, Staat Freiburg, Amt für Wald und Natur, pp. 65.

Vonlanthen Q. (2019) Géotopes fribourgeois d'importance cantonale: approche méthodologique et inventaire, Travail de Master, Universität Freiburg, pp. 284.

Zitierte Gesetze

Kanton Bern

Naturschutzgesetz (NSchG) vom 15.09.1992, BSG 426.11

Kanton Freiburg

Gesetze über den Natur- und Landschaftsschutz (NatG) vom 12. Sept. 2012, 721.0.1

Kanton Tessin

Legge cantonale sulla protezione della natura del 12 dicembre 2001, 480.100

Kanton Waadt

Loi sur la protection du patrimoine naturel et paysager (LPrPNP, BLV 450.11)

Anhänge

Anhang 1: Liste der geführten Interviews

Anhang 2: Vergleich der Kriterienkataloge

Anhang 3: Beispiele von Objektblättern aus den Kantonen FR, VD und BE

Anhang 1: Liste der geführten Interviews

Geotopinventar FR

- Michelle Schneuwly (Projektleiterin Kanton Freiburg), 3.09.2024
- Luc Brillard (Projektleiter UNIFR), 18.06.2.24

Geotopinventar BE

- Yvonne Stampfli (Projektleitung Kanton Bern, Abteilung Naturförderung ANF), 27.8.2024 (schriftliche Rückmeldungen)
- Eva Bächli (Projektleitung externe Projektunterstützung, Geotest AG), 24.2.2025

Geotopinventar VD

- David Giorgis (Projektleitung Kanton), 20.2.2025

Weitere Inputs durch Géraldine Regolini und Simon Martin (externe Projekt Unterstützung, Bureau d'étude Relief).

Bereich	Kriterien	Kanton FR	Kanton BE	Kanton VD	CH-Geotope	Bemerkung		
Objektbeschreibung	Objektnummer / Objekt ID	1	1	1	1			
	Objektname	1	1	1	1			
	Landeskarte (Nr.)	0	0	0	1			
	Standortgemeinde(n)	1	1	1	1			
	Ortschaft / Flurnamen	1	1	0	0			
	Koordinaten X (Zentroid)	1	1	1	0			
	Koordinaten Y (Zentroid)	1	1	1	0			
	Objektgeometrie	0	1	0	0			
	Fläche	0	1	1	0			
	Perimeter	1	1	1	1			
	Beschreibung Objekt (Laien, kurz)	1	1	1	0			
	Beschreibung Objekt (Fachkundige, detaillierter)	1	1	1	1			
	Lithologie	0	1	0	0			
	Originale Bezeichnung (Lithologie)	0	1	0	0			
	Chronostrat. Stufe/Alter	0	1	0	0			
	Numerisches Alter	0	1	0	0			
	Lithostrat. Formation	0	1	0	0			
	Lithostrat. Member	0	1	0	0			
	Tektonische Einheit	0	1	0	0			
	Auftreten / Erscheinung (Einzelobjekt, Objektgruppe, Komplex, Potentialfläche)	0	1	1	0			
	Objekttyp (natürlich, künstlich)	0	1	1	0			
	Aktivität (aktiv, inaktiv)	0	1	1	0			
	Haupttyp	1	1	1	1	Haupttypen BE: Strukturgeologie Tektonik Sedimentologie Stratigraphie Petrographie Mineralogie, Geochemie, Vulkanologie Geomorphologie - Exokarst Hydrogeologie Paläontologie - Paläoklimatologie Speläologie- Endokarst Geohistorische Objekte - historischer Bergbau	Haupttypen VD: Strukturgeologie Tektonik Sedimentologie Stratigraphie Petrographie - Mineralogie - Geochemie Geomorphologie - Exokarst Hydrologie - Hydrogeologie Paläontologie - Paläoklimatologie Pädologie Speläologie- Endokarst Bergbau	Haupttypen FR: <i>Geologische Bedeutungen:</i> Strukturelle / tektonische Bed. Sedimentologische Bed. Stratigraphische Bed. Petrographische Bed. Geochemische Bed. Hydrogeologische Bed. Paläontologische Bed. <i>Geohistorische Bedeutung</i> Geomorphologische Bed. Glaziale Bed. Glazial-karstige Bed. Karstige Bed. Speläologische Bed. Periglaziale Bed. Fluviale Bed. Gravitative Bed. Lakustrische / palustrische Bed.
	Sekundärtyp(en)	1	1	1	1			
	Assoziierte Werte	0	1	1	1			
	Objektfoto	1	1	1	1			
	Bild / Illustration	1	1	1	0			
	Literaturhinweise	1	1	1	1			
	Weitere Bemerkungen	0	1	0	0			
Bewertungskriterien								
	Zustand	1	1	1	1			
	Repräsentativität / Aussagekraft	1	1	1	1			

Bereich	Kriterien	Kanton FR	Kanton BE	Kanton VD	CH-Geotope	Bemerkung
	Seltenheit	1	1	1	1	
	Geowissenschaftlicher Wert / Interesse	1	1	1	0	
	vergleichbare Objekte	0	0	0	1	
	Assoziierte Werte	0	1	0	1	
	Bedeutung	0	1	1	0	
Schutz						
	Vulnérabilität	1	0	1	0	
	Beeinträchtigungen	1	0	1	0	
	Bedrohungen / Gefährdung	1	1	1	0	
	Zugehörigkeit zu anderen Inventaren	1	1	1	1	
	Aktueller Schutzstatus	0	1	0	0	
	Zugehörigkeit zu anderen Inventaren	1	1	1	1	
	Bestehende Schutzmassnahmen	0	1	1	0	
	Schutzziele	1	0	1		
	Handlungsempfehlung	1	1	1	0	
	Zugänglichkeit	0	1	0	0	Im Kanton FR wird die Zugänglichkeit beim Kriterium "Zustand des Standortes und Aufwertungspotenzial" beschrieben.
Inwertsetzung	Aktueller Stand der Inwertsetzung	1	1	1	0	
	Didaktische Interessen	1	0	1	0	Im Kanton Bern wir den didatischen Interesse unter dem Bewertungskriterium Geowissenschaftlicher Wert / Interesse Rechnung getragen.
	Zustand des Standortes und Aufwertungspotenzial	1	0	0		
	Empfehlung Inwertsetzung	1	1	0	0	
	Unterhalt	1	0	0	0	
Total		30	43	33	18	
<i>CH-Geotope = Geotope von nationaler Bedeutung gemäss informellen Inventar der Arbeitsgruppe Geotope Schweiz (Reynard et al. 2012)</i>						
<i>1= Kriterien wird erhoben 0 = Kriterien wird nicht erhoben</i>						

Gastlosen-Kette

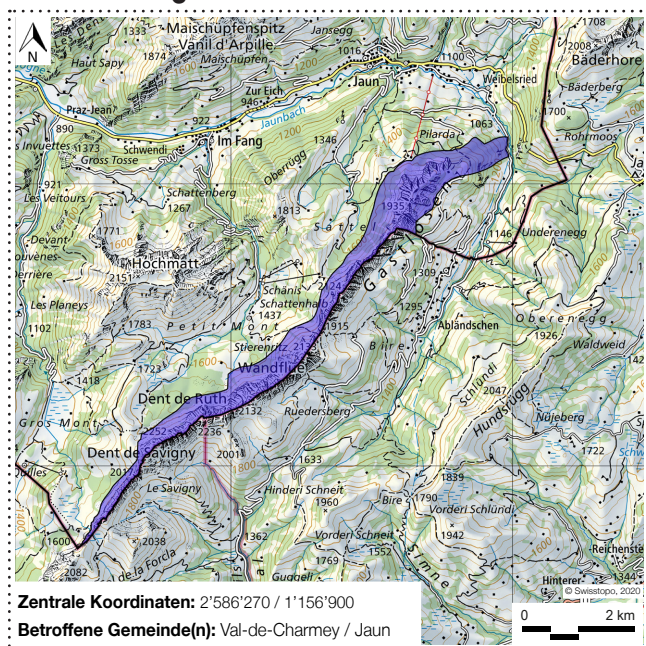
Gastlosen - Sattelspitzen - Wandflue - Zuckerspitz - Dent de Ruth - Dent de Savigny - Les Pucelles - Corne Aubert

GKB Nr. 12

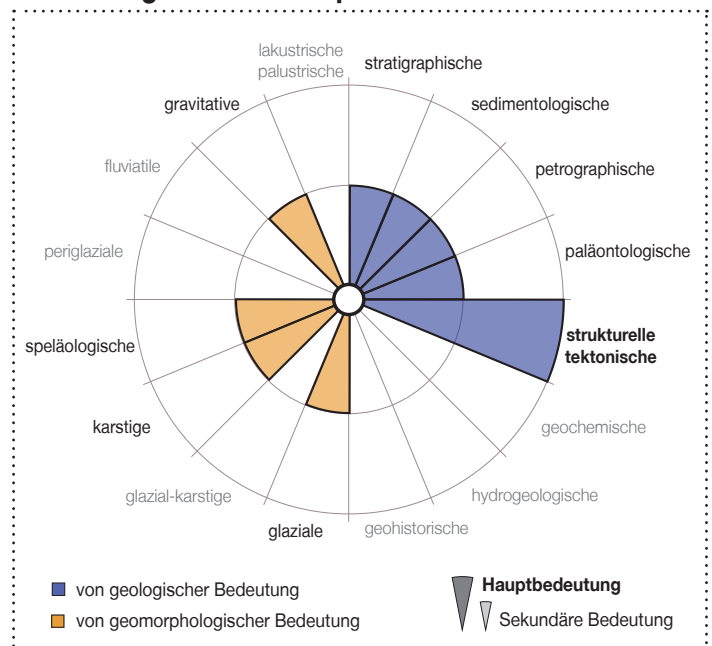
Kurze Beschreibung:

Die Gastlosen gehören zu den eindrucklichsten Bergketten der Freiburger Voralpen. Sie bilden ein strukturell bedeutendes Geotop, welches das tektonisch „starre“ Verhalten der Decke der « Préalpes médianes rigides » illustriert. Während der präalpinen Orogenese wurden die Gesteine dieser Decke nicht etwa verfaltet, sondern es entstand eine Schuppe, welche die heutige steilstehende imposante Felswand bildet. Der Aufstieg vom Soldatenhaus zum Wolfs Ort stellt eine etwa hundert Millionen Jahre dauernde Zeitreise dar. Entlang dieses Pfads können die unterschiedlichen Sedimentgesteine, aus welchen die Gastlosen aufgebaut sind, beobachtet werden.

Lokalisierung



Bedeutungen des Geotops



Standortübersicht



Abb. 1: Ausblick auf einen Abschnitt der Gastlosen-Kette (Sattelspitzen, 2124 m).

Gastlosen-Kette

Gastlosen - Sattelspitzen - Wandflue - Zuckerspitz - Dent de Ruth - Dent de Savigny - Les Pucelles - Corne Aubert

GKB Nr. 12

Beschreibung des Geotops

Geografischer Rahmen

Die Gastlosen-Kette befindet sich im Herzen der Voralpen und bildet die Grenze zwischen dem Kanton Freiburg im Nordwesten und den Kantonen Bern und Waadt im Südosten. Den Freiburger Nordwesthang erreicht man, indem man durch das Jaunbachtal bis nach Jaun hochfährt oder die Seitentäler Gros Mont oder Petit Mont benutzt. Die fünfzehn Kilometer lange Gebirgskette erstreckt sich von der Klus des Jäunli (südöstlich von Jaun) im Nordosten bis zu derjenigen des Ciernes Picat (nordöstlich von Château d'Oex) im Südwesten. Sie zählt rund sechzig Gipfel, wovon der Dent de Savigny mit 2252 m ü. M. der höchste ist. Diese Höhe vermag vielleicht nicht zu beeindrucken, doch der Anblick der Gastlosen-Kette mit ihren zackigen Gipfeln und manchmal bis zu vierhundert Meter hohen Felswänden lassen kaum jemanden gleichgültig (Abb. 1 u. 2).

Tektonik und Stratigraphie

Die Gastlosen-Kette ist eine monoklinale Schuppe. Es handelt sich also nicht um eine erodierte antiklinale Falte, sondern um einen steil aufgerichteten starren Felskamm. Er ist hauptsächlich aus hellgrauen «Massivkalken» der Dorflüe-Formation aufgebaut. Der untere Teil besteht aus dunklen Mergelkalken mit Pflanzen-

resten und Schalenbruchstücken – den Mytilus-Schichten – sowie aus Rauwacke und Dolomit – Gesteinsformationen der Trias. Während den 1870er Jahren wurde aus den Mytilus-Schichten in zwei kleinen Bergwerken – im Mattenwald und oberhalb der Hütte Mauzes Berge – Kohle gefördert. Die stratigraphische Abfolge endet mit den Couches Rouges, die nur an der Südostseite der Bergkette aufschliessen, und beim Wolfs Ort (Col du Loup) gut sichtbar sind. Diese lithostratigraphische Gruppe ist aus dünnbankigen Kalkmergeln aufgebaut, deren Farbe von hellrosa bis dunkelrot reicht – und so dieser Gruppe den Namen gab.

Die Schuppe lässt sich aufgrund ihres tektonischen Stils, der als «spröde» bezeichnet werden kann, der Decke der «Préalpes médianes rigides» zuordnen. Beidseits oder eher oberhalb und unterhalb der Schuppe befinden sich ausgedehnte Gebietszonen mit sanfterer Morphologie – Flysche, die aus Wechsel-lagerungen aus Sandsteinen, Tonsteinen, mergeligen Kalken und Konglomeraten bestehen. Diese besonders brüchigen, weichen und undurchlässigen Gesteine gehören tektonisch gesehen zu den «Préalpes supérieures». Weiter im Nordwesten liegen Kalkgesteine, deren Deformationsstil es erlaubt, sie in die Decke der «Préalpes médianes plastiques» zu stellen (Abb. 3).

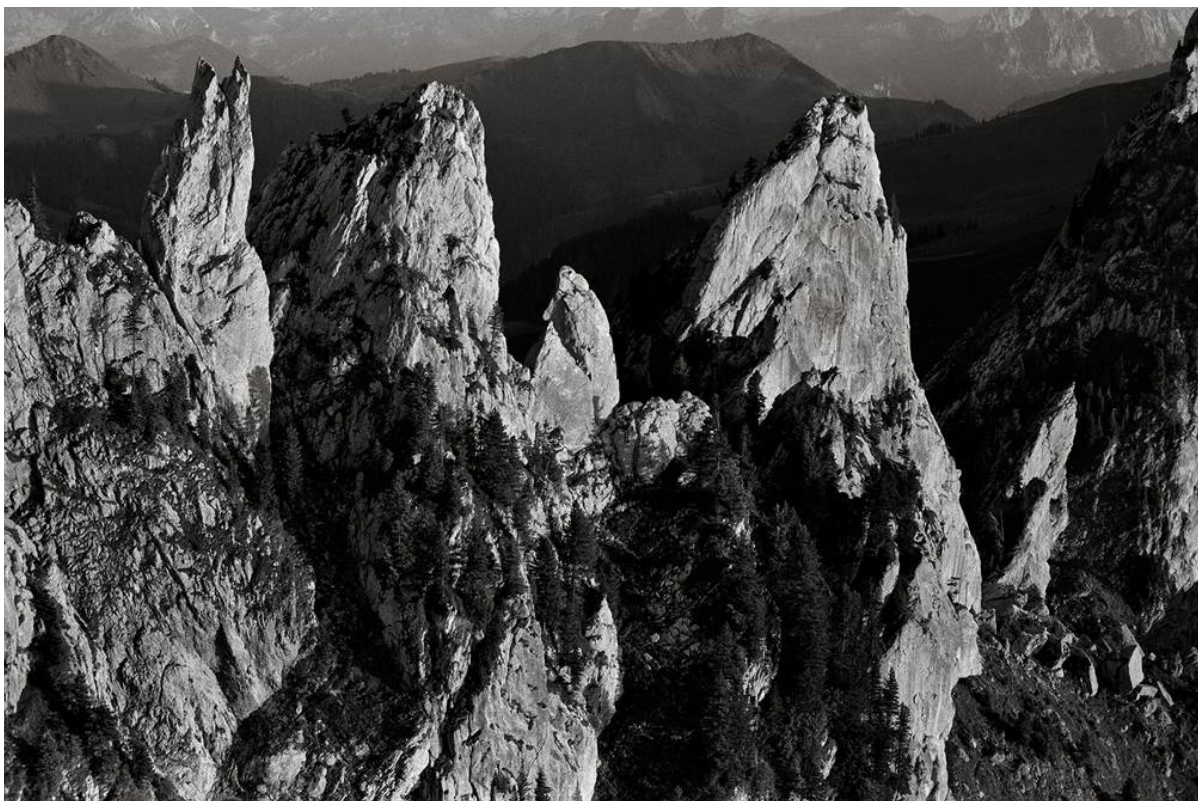


Abb. 2: Le Chat (Katze), Le Grand und Le Petit Pouce (Grosser und Kleiner Daumen) sowie der Eggturm gehören zu den zahlreichen Bergspitzen, die den zackigen Bergkamm der Gastlosen bilden.

Gastlosen-Kette

Gastlosen - Sattelspitzen - Wandflue - Zuckerspitz - Dent de Ruth - Dent de Savigny - Les Pucelles - Corne Aubert

GKB Nr. 12

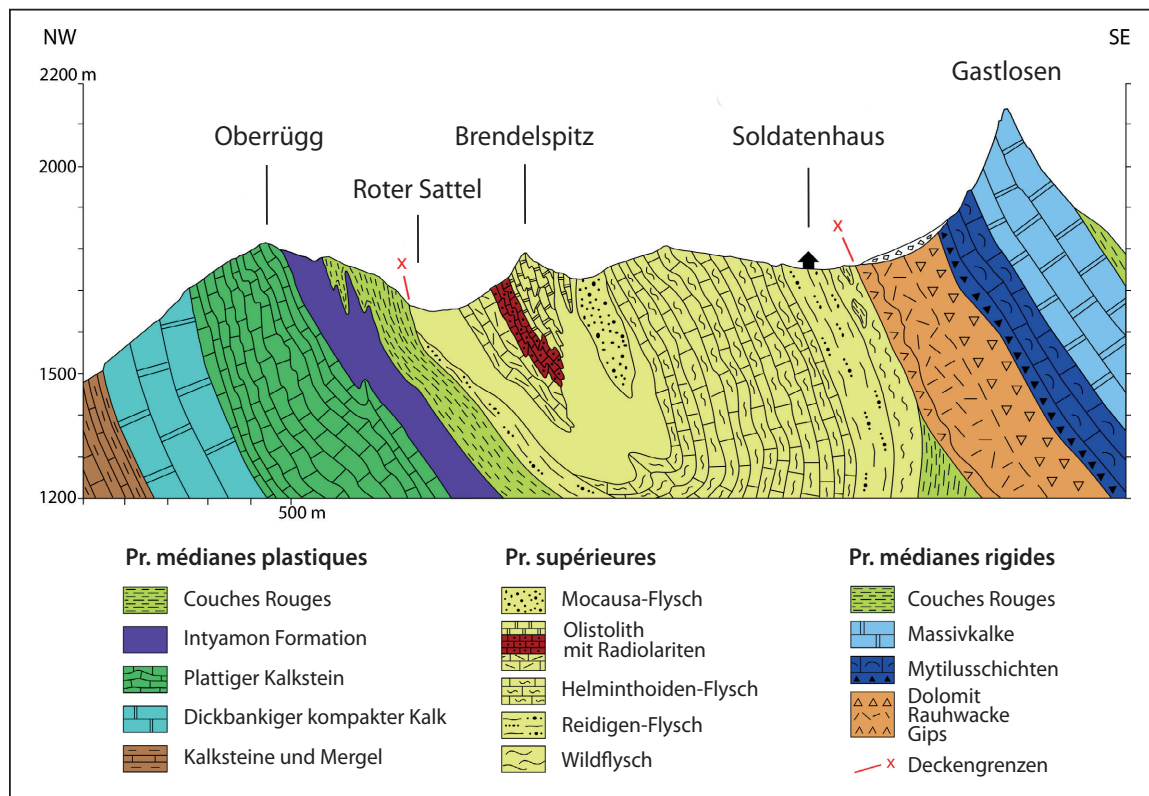


Abb. 3: Vereinfachtes geologisches Profil von Oberrügg (Préalpes médianes plastiques) bis zu den Gastlosen (Préalpes médianes rigides). Das Fehlen von Mergeln und plattigen Kalksteinen in der stratigraphischen Abfolge der Gastlosen führte zu deren spröden und eben nicht plastischen Deformation.

Ursprung der Gesteine, Paläogeographie

Der Ursprung der «Massivkalke» liegt rund hundert Kilometer südlicher auf der «Briançonnais-Schwelle» – einem der Horste, die den Tethys-Ozean während des Späten Juras umgaben. Auf dieser ausgedehnten untiefen Plattform (Abb. 4) lagerten sich ab dem Oxfordium bis zum Tithonium (vor etwa 165 bis 145 Millionen Jahren) Sedimente ab, die reich an Sand, karbonatischem Schlamm, Algen, Korallen, Gastropoden, Echinodermen und Foraminiferen waren. Am Rande dieser Karbonat-Plattform bildeten sich zeitgleich – aber in einem tieferen Becken – die aus teilweise mächtigen und charakteristischen Bänken aufgebauten Kalke der «Préalpes médianes plastiques» (Hochmatt, Vanil Noir).

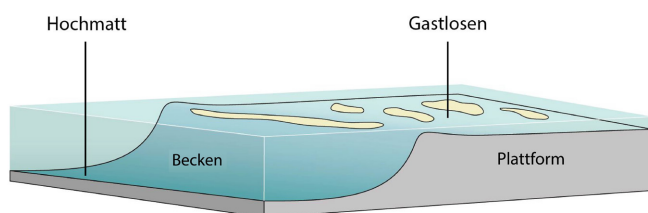


Abb. 4: Ablagerungsraum der «Massivkalke» (Gastlosen) und der «Dickbankigen Kalke» (Hochmatt) während des späten Juras.

Mit der Zeit und durch starken Druck wurden die einzelnen Bestandteile dieser Sedimente verkittet und bildeten schliesslich eine sehr kompakte Felsmasse (Diageneseprozess). Während der frühen Kreide ragte die Plattform sehr wahrscheinlich über den Meeresspiegel hinaus, denn es können keine Sedimente aus dieser Zeitspanne (55 Millionen Jahre) festgestellt werden. Im Gegensatz dazu gibt es im Gebiet der «Préalpes médianes plastiques» keine Schichtlücke. Dort entstand eine vollständige stratigraphische Abfolge, in welcher die «Plattigen Kalke» und mergeligere weichere Gesteinsschichten vorkommen.

In den «Préalpes médianes rigides» setzte die Sedimentation erst wieder am Ende der Kreide oder zu Beginn des Tertiärs ein und führte zur Bildung der Couches Rouges. Diese lithostratigraphische Gruppe ist reich an planktonischen Foraminiferen und weist ihrerseits Kondensationshorizonte (hardgrounds genannt) auf, welche stratigraphischen Lücken entsprechen und es ermöglichen, die Couches-Rouges-Gruppe in drei verschiedene Formationen zu unterteilen.

Die Flyschablagerungen der Kreide (vor 135 bis 65 Millionen Jahren) bildeten sich noch südlicher, am Meeresgrund, zu einer Zeit, als die Ozeanschiessung bereits eingeleitet war.

Gastlosen-Kette

Gastlosen - Sattelspitzen - Wandflue - Zuckerspitz - Dent de Ruth - Dent de Savigny - Les Pucelles - Corne Aubert

GKB Nr. 12

Präalpine Orogenese und Steilstellen der Bergkette

Ungefähr 100 Millionen Jahre nach der Ablagerung der «Massivkalke» begann sich der Tethys-Ozean aufgrund des Schubes der afrikanischen Platte zu schliessen und liess einen Akkretionskeil entstehen. Im Innern dieses Keils überschoben sich ursprünglich nebeneinander gelagerte Gesteinseinheiten. Auch die hauptsächlich Flysch führende «Nappe supérieure» wurde dabei über die Decke der «Préalpes médianes» geschoben (Abb. 5) und beide Teildecken wurden schliesslich gemeinsam über eine Distanz von mehreren Hundert Kilometern nach Norden verschoben.

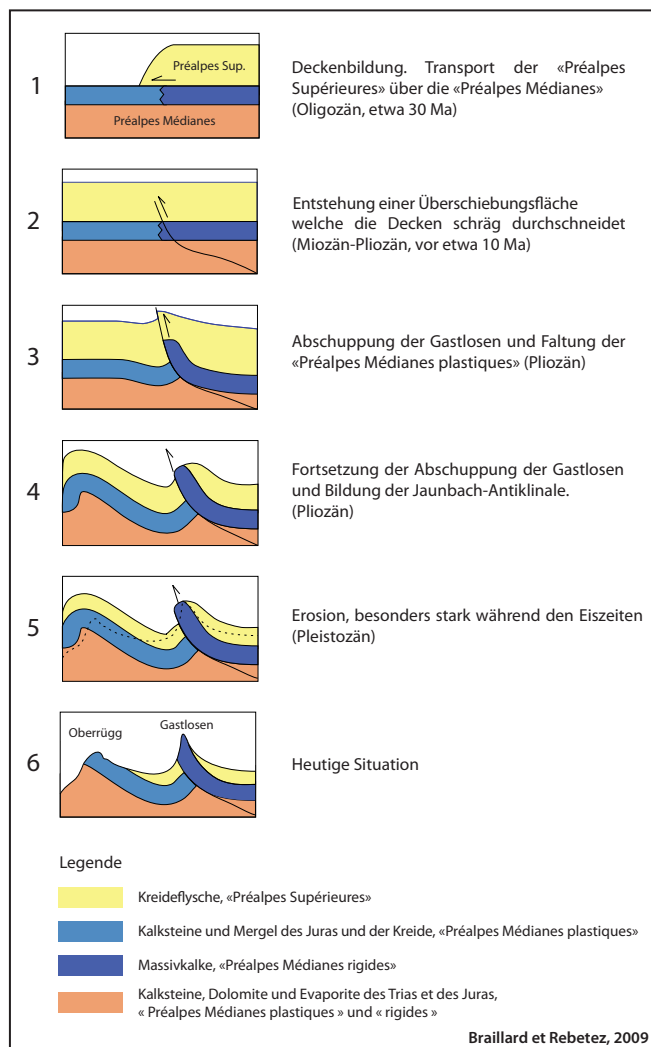


Abb. 5: Vereinfachtes Schema zur Entstehung der heutigen Gastlosen-Kette.

Nach der Schliessung des Ozeans stiessen die eurasische und afrikanische Platte direkt zusammen, was eine intensive Deformation der Gesteine verursachte. Die Wechsellagerungen aus Kalksteinen und Mergeln in den «Préalpes médianes plastiques» erhöhten dabei die Biegsamkeit der Gesteine, deren Verformung sich hier ausschliesslich in Form von Anti- und Synklinalen äus-

serte. Im Gegenzug verhielten sich die «Massivkalke» der Gastlosen starr und bildeten daher eine Schuppe und keine Falte. Diese Schuppe wurde schliesslich steilgestellt und durchstoss ihre Flyschbedeckung. Daraus erklärt sich die Eigentümlichkeit, dass sowohl nordwestlich als auch südöstlich der Gastlosen-Kette Flyschzonen vom selben Ablagerungsraum und aus der gleichen Ablagerungsperiode vorkommen, und dass sich heute ältere stratigraphische Einheiten oberhalb der jüngeren befinden.

Schliesslich verlieh die Erosion, besonders diejenige, welche von den Lokalgletschern der quartären Eiszeiten (letzte 2.6 Millionen Jahre) ausgeübt wurde, der Landschaft ihre heutige Form, indem die Gletscher die härteren Kalksteine herausragen liessen und sich in die weicheren Flysche eingruben.

Geomorphologie

Heutzutage sind die hohen stark zerklüfteten Kalkfelsen der Gastlosen der Frostsprengung ausgesetzt. Wasser dringt in Risse ein, dehnt sich beim Gefrieren aus und vergrössert dadurch den Druck auf die sich öffnenden Spalten. Wiederholungen dieses Phänomens führen Schritt für Schritt zum Absprengen von Blöcken und riesigen Felsbrocken. Dieser Prozess ist einer der Faktoren, die zur Entstehung des Grossmutterlochs – ein Loch, welches die gesamte Gebirgskette durchquert – führten (Anhang 2). Er ist aber auch verantwortlich für zahlreiche gravitative Ablagerungen am Fusse der Felswände der Gastlosen: Geröll-, Fels- und Bergsturzablagerungen (Abb. 5: siehe auch GKB Nr. 33 – Supraglazialer Felssturz des Lapé-Waldes). Die sehr reinen Kalke der Dorfllue-Formation sind der Verkarstung besonders ausgesetzt.



Abb. 5: Geröllablagerungen und Schuttböcke am Fuß der Dent de Ruth.

Bibliografische Referenzen sind dem erläuternden Bericht zum vorliegenden Inventar zu entnehmen.

Fotos: Abb. 1 u. 6, Anhang 1 u. 2: Q. Vonlanthen, Uni-FR / Abb. 2: E. Gavillet.

Anhang 2: Jean-Christophe Bott, Keystone

Gastlosen-Kette

Gastlosen - Sattelspitzen - Wandflue - Zuckerspitz - Dent de Ruth - Dent de Savigny - Les Pucelles - Corne Aubert

GKB Nr. 12

Vulnerabilität

> **Bestehende Beeinträchtigungen:** keine

> **Potenzielle Bedrohungen:** keine

> **Geschützte Biotope und Landschaften im Geotop-Perimeter:**

- **Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN)**
Objekt Nr. 1504, «Vanil Noir».
- **Kantonales Naturschutzgebiet Vanil Noir**
- **Kantonale Waldreservate**
Totalwaldreservat «Le Lapé» und «Le Pralet», Verordnung Nr. 721.3.21 und 721.3.28.
Altholzinsel von «Musersbergli».

> Dieses Geotop ist in der Liste der **Schweizer Geotope** (Objekt Nr. 54 - *Chaîne des Gastlosen*) aufgeführt, die von der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften erstellt wurde.



Schutzziele

> Bewahrung der Morphologie der Kette.

> Erhaltung geologischer Strukturen und geomorphologischer Formen.

Inwertsetzung des Standortes

> **Unterhalt:** keiner

> **Didaktische Interessen:**

- Beziehung zwischen stratigraphischer Abfolge (Schichtlücken in den Préalpes médianes rigides) und Art der tektonischen Deformation.
- Strukturelle und stratigraphische Unterscheidung zwischen den Préalpes médianes plastiques und rigides.
- Unterschiedliche Erosion von Gesteinen in Abhängigkeit von ihrer petrographischen Zusammensetzung.
- Verwitterungs- und Erosionsprozesse an Kalksteinfelswänden (Karstlösung, Frostsprengung, quartäre Eiszeiten).
- Gravitative Phänomene im Voralpenraum: Steinschlag, Fels- und Bergsturz.

> **Vorhandene Informationsmittel:**

- Der **Geologische Pfad Gastlosen** ist ein didaktischer Weg mit 12 Beobachtungsposten, die der regionalen Geologie gewidmet sind. Der Weg kann von jedermann ab der Schneeschmelze bis etwa Oktober frei begangen werden. Ein ausführlicher 64-seitiger Führer kann unter folgender Adresse heruntergeladen werden: www.sentier-geologique.ch.
- Im Soldatenhaus befindet sich eine Tafel mit Erläuterungen zum Themenpfad.

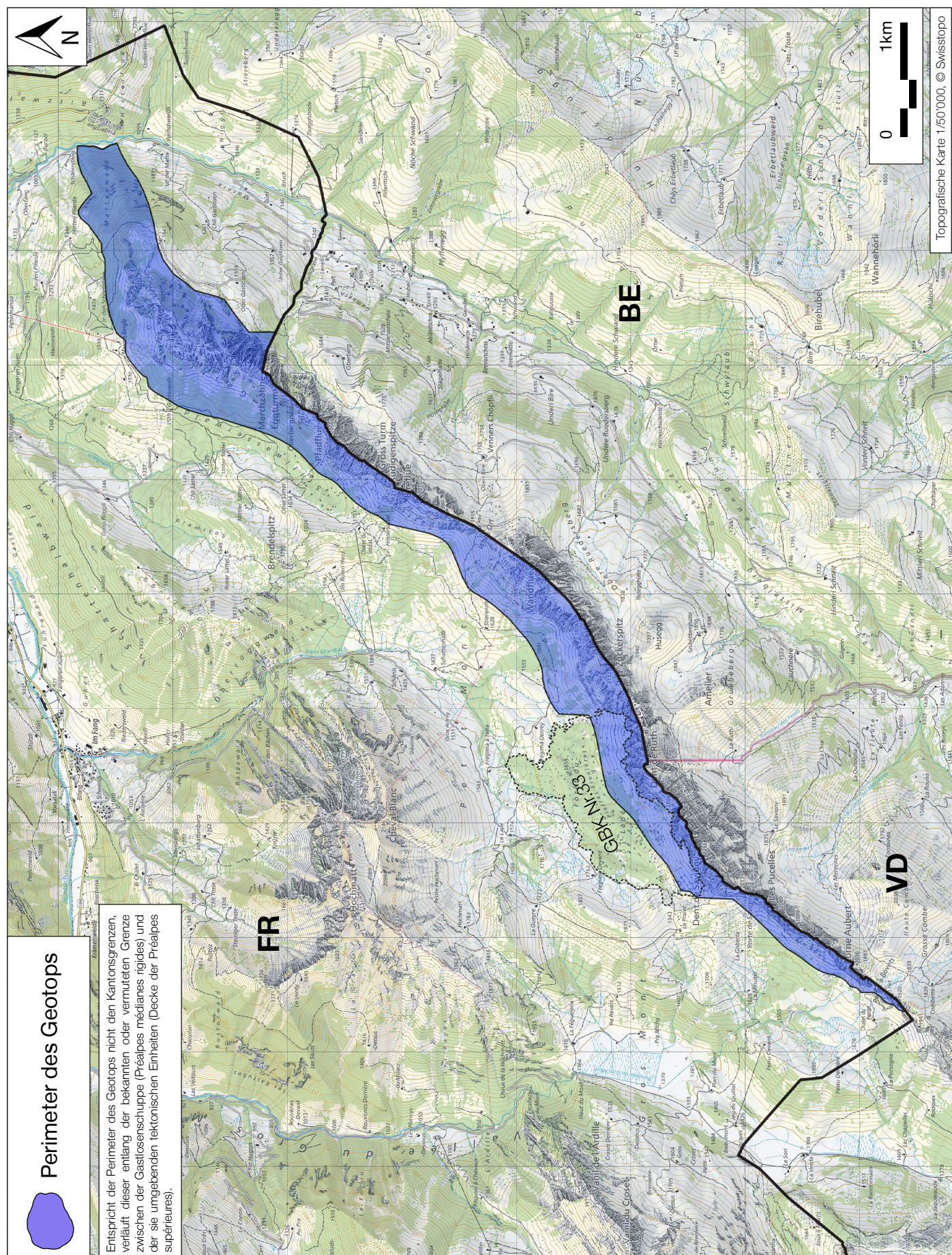
> **Zustand des Standortes und Aufwertungspotenzial:**

- Dank dieses Themenpfades wird die geologische Bedeutung der Gastlosen und der Region besonders gut hervorgehoben.

Gastlosen-Kette

Gastlosen - Sattelspitzen - Wandflue - Zuckerspitz - Dent de Ruth - Dent de Savigny - Les Pucelles - Corne Aubert

GKB Nr. 12



Gastlosen-Kette

Gastlosen - Sattelspitzen - Wandflue - Zuckerspitz - Dent de Ruth - Dent de Savigny - Les Pucelles - Corne Aubert

GKB Nr. 12

Anhänge



Anhang 1: Blick auf die gesamte Gastlosen-Kette vom Gipfel des Cheval Blanc (2146 m) aus. Die Bergkette erstreckt sich über eine Länge von rund 15 km zwischen der Klus des Jäunli und derjenigen des Ciernes Picat. Das bewaldete Gebiet am Fusse der Dent de Ruth und de Savigny entspricht dem Lapé-Wald, der eine grosse Bergsturzlagerung überdeckt. Dieses Gebiet ist als Waldreservat klassiert und bildet gleichzeitig ein vollwertiges Geotop (siehe GKB Nr. 33). Im Hintergrund sind die verschneiten Gipfel der Berner, Waadtländer und Walliser Alpen ersichtlich, die sich vom Jungfrau- bis zum Mont-Blanc-Massiv erstrecken.



Anhang 2: Sonne durch das Grossmutterloch, ein Hohlraum, der die Sattelspitzen von einer Seite zur anderen durchquert (29. Januar 2018). Dieses Loch im Gestein ist das Ergebnis der Erosion (Verkarstung, Gelifraktion) eines geologisch schwachen Bereichs, der dem Schnittpunkt mehrerer tektonischer Brüche entspricht.

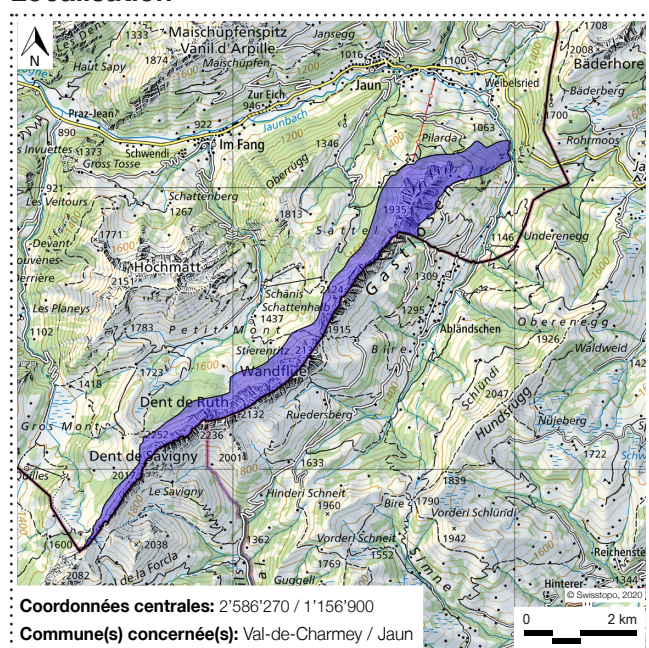
Chaîne des Gastlosen

 Gastlosen - Sattelspitzen - Wandflue - Zuckerspitz - Dent de Ruth - Dent de Savigny - Les Pucelles - Corne Aubert **GIC n° 12**

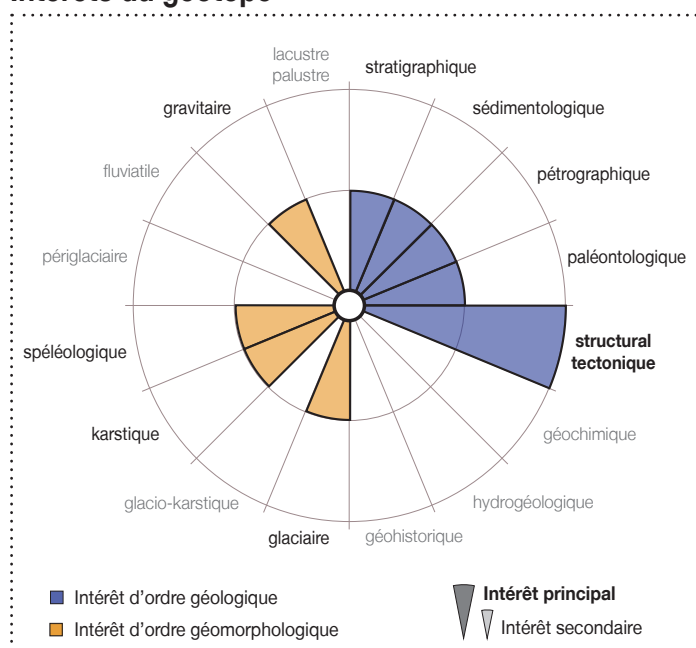
Brève description:

Les Gastlosen représentent l'une des chaînes les plus emblématiques des Préalpes fribourgeoises. Considérées dans leur ensemble, elles constituent un géotope structural illustrant le comportement tectonique « cassant » qui caractérise la nappe des Préalpes médianes rigides. Lors de l'orogénèse préalpine, les roches de cette nappe ne se sont pas plissées mais se sont redressées sous la forme d'une écaille constituant l'imposante barre rocheuse que l'on observe aujourd'hui. Les diverses roches sédimentaires formant les Gastlosen s'observent aisément le long du sentier montant du Chalet du Soldat au *Wolfs Ort*, dont l'ascension représente un voyage dans le temps d'une bonne centaine de millions d'années.

Localisation



Intérêts du géotope



Aperçu du site



Fig. 1: Vue sur les Sattelspitzen (2124 m) qui constituent une partie de la chaîne des Gastlosen.

Chaîne des Gastlosen

Gastlosen - Sattelspitzen - Wandflue - Zuckerspitz - Dent de Ruth - Dent de Savigny - Les Pucelles - Corne Aubert

GIC n° 12

Description du géotope

Cadre géographique

La chaîne des Gastlosen se situe au coeur des Préalpes et marque la frontière entre les cantons de Fribourg au nord-ouest et de Berne et Vaud au sud-est. On accède à son versant fribourgeois en remontant la vallée de la Jogne jusqu'au village de Jaun ou alternativement en empruntant les vallées transversales du Gros Mont ou du Petit Mont. La chaîne s'étend du nord-est au sud-ouest sur quinze kilomètres, de la demi-cluse du Jäunli (sud-est de Jaun) à celle des Ciernes Picat (nord-est de Château d'Oex). Elle comporte une soixantaine de sommets dont le plus élevé, la Dent de Savigny, culmine à 2252 m (Annexe 1). Si cette altitude n'est en soi pas impressionnante, il en va autrement de l'allure générale de la chaîne. Ses pointes déchiquetées avec des faces atteignant parfois quatre cents mètres de hauteur ne laissent en effet personne indifférent (Fig. 1 et 2).

Tectonique et stratigraphie

La chaîne des Gastlosen est une écaille monoclinale, c'est-à-dire qu'il ne s'agit pas là d'un pli anticlinal érodé mais d'une lame rocheuse redressée. Celle-ci est constituée, dans sa majeure partie, de calcaires massifs gris clair appartenant à la Formation de la Dorfflüe. Des calcaires marneux sombres contenant des débris

végétaux et des restes de coquilles - les Couches à Mytilus - ainsi que des formations du Trias telles la cornieule et les dolomies, en délimitent la partie inférieure. A noter que du charbon a été extrait des Couches à Mytilus dans les années 1870, dans deux petites mines situées dans le Mattenwald et au-dessus du chalet de Mauzes Bergle. La série stratigraphique se termine par les Couches Rouges qui affleurent uniquement du côté sud-est de la chaîne, mais qui sont bien visibles au col du Loup. Comme son nom l'indique, ce groupe lithostratigraphique est composé d'une alternance de petits bancs calcaréo-marneux vivement colorés dont la teinte va du rose clair au rouge foncé.

Le style tectonique cassant de cette écaille tend à la faire attribuer à la nappe des Préalpes médianes rigides. De chaque côté de celle-ci, ou plutôt au-dessus et au-dessous, se trouvent de vastes zones de terrains aux morphologies plus émoussées - les flyschs - qui sont faits d'alternances de grès, d'argiles, de calcaires marneux et de conglomérats. D'un point de vue tectonique, ces roches particulièrement friables, tendres et imperméables appartiennent à la nappe des Préalpes supérieures. Plus loin au nord-ouest, on retrouve des roches calcaires dont la tendance à se déformer permet de les classer dans la nappe des Préalpes médianes plastiques (Fig. 3).



Fig. 2: Le Chat, le Grand et le Petit Pouce ainsi que l'Eggturm comptent parmi les nombreux pics composant la crête déchiquetée des Gastlosen.

Chaîne des Gastlosen

Gastlosen - Sattelspitzen - Wandflue - Zuckerspitz - Dent de Ruth - Dent de Savigny - Les Pucelles - Corne Aubert

GIC n° 12

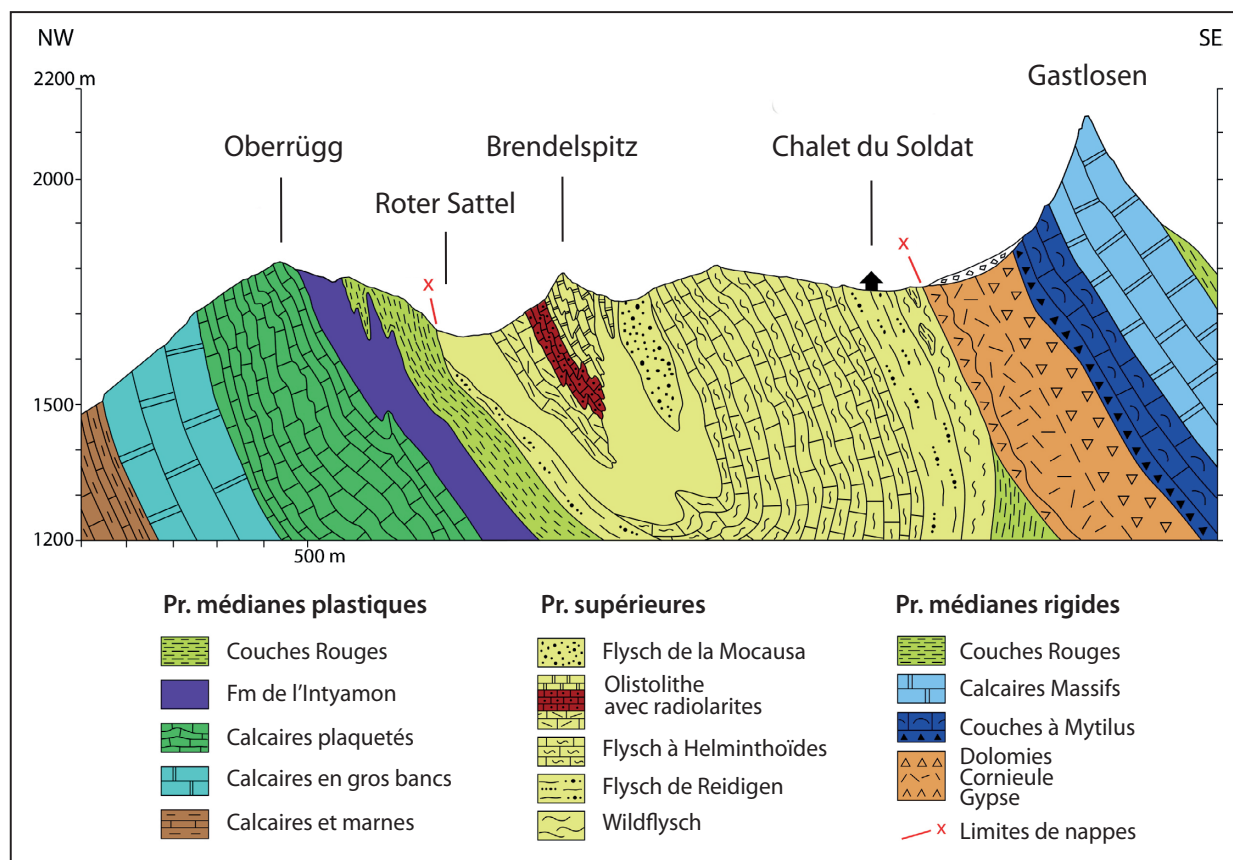


Fig. 3: Coupe géologique simplifiée entre la crête de l'Oberriigg (Préalpes médianes plastiques) et les Gastlosen (Préalpes médianes rigides). A noter l'absence de marnes et de calcaires plaquetés dans la série stratigraphique des Gastlosen, ce qui conduira à sa déformation cassante et non plastique.

Origine des roches, paléogéographie

L'origine des calcaires massifs, est à chercher une bonne centaine de kilomètres plus au sud sur le « seuil briançonnais », l'un des hauts-fonds qui bordait le vaste océan téthysien au Jurassique tardif. C'est sur cette vaste plate-forme aux conditions peu profondes que vint s'accumuler un riche matériel sédimentaire (sable, boue carbonatée, algues, récifs coralliens, gastéropodes, échinodermes, foraminifères) entre l'Oxfordien et le Tithonien (165 à 145 millions d'années environ). Les « calcaires en gros bancs » contemporains et constitutifs des Préalpes médianes plastiques (Hochmatt, Vanil Noir) se sont quant à eux formés dans un bassin plus profond, en marge de cette plate-forme carbonatée.

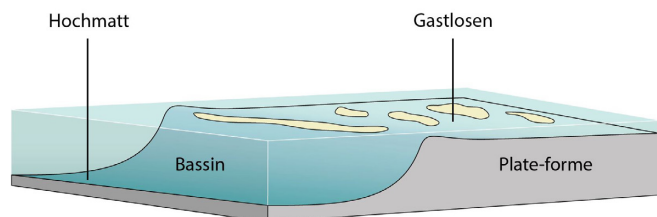


Fig. 4: Milieux de dépôts des calcaires massifs (Gastlosen) et des calcaires en gros bancs (Hochmatt) au Jurassique tardif.

Avec le temps, et sous l'effet de fortes pressions, ces dépôts sédimentaires se lièrent pour former une masse rocheuse extrêmement compact (processus de diagenèse). Durant le Crétacé précoce, la plate-forme fut très probablement émergée si bien qu'aucune accumulation n'eût lieu pendant près de 55 millions d'années. A l'inverse les Préalpes médianes plastiques n'ont pas connu de période sans sédimentation. Il en résulte une série stratigraphique plus complète dans les Préalpes médianes plastiques qui intègrent des calcaires plaquetés et des niveaux marneux plus tendres.

Dans les Préalpes médianes rigides, ce n'est qu'à la fin du Crétacé ou au début du Tertiaire que la sédimentation put reprendre avec la constitution des Couches Rouges. Ce groupe lithostratigraphique riche en foraminifères planctoniques intègre lui-même des niveaux de condensation (nommés *hardgrounds*) qui correspondent à des lacunes stratigraphiques et permettent de diviser les Couches Rouges en trois formations différentes.

Les dépôts de flyschs du Crétacé (135-65 millions d'années) se sont, quant à eux, formés encore plus au sud, au fond de la mer, alors que sa fermeture était amorcée.

Chaîne des Gastlosen

Gastlosen - Sattelspitzen - Wandflue - Zuckerspitz - Dent de Ruth - Dent de Savigny - Les Pucelles - Corne Aubert

GIC n° 12

Orogenèse préalpine et redressement de la chaîne

Environ 100 millions d'années après le dépôt des calcaires massifs, la poussée de la plaque africaine entraîna la fermeture de l'océan Téthys et la création d'un prisme d'accrétion. A l'intérieur de ce prisme, des ensembles de roches disposés à l'origine les uns à côté des autres furent charriés les uns sur les autres puis déplacés de plusieurs centaines de kilomètres vers le nord. A cette occasion, la nappe des Préalpes supérieures, constituée principalement de flyschs, fut transportée sur la nappe des Préalpes médianes (Fig. 5).

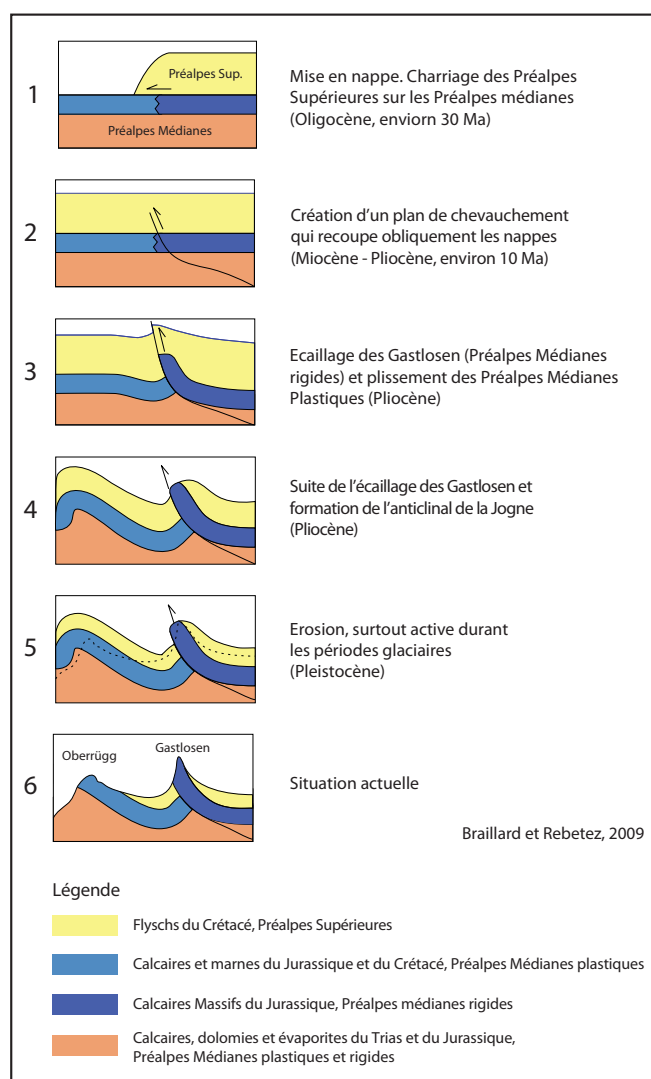


Fig. 5: Schéma simplifié illustrant la mise en place des Gastlosen.

Une fois l'océan fermé, les plaques tectoniques eurasiennne et africaine entrèrent en collision, provoquant une intense déformation des roches. L'alternance de calcaires et de marnes qui caractérise les Préalpes médianes plastiques induisit une déformation «souple» qui se manifeste par des anticlinaux et des synclinaux. En revanche, les calcaires massifs des Gastlosen se comportèrent de façon cassante pour former une écaille plutôt

que des plis. Cette écaille s'est ensuite redressée en perçant sa couverture de flyschs. Voilà pourquoi les zones de flyschs se trouvant de part et d'autre de la chaîne sont similaires. Ceci explique également comment des unités stratigraphiques plus anciennes se retrouvent aujourd'hui au-dessus de roches plus récentes.

Finalement, l'érosion, tout particulièrement celle exercée par les glaciers locaux lors des glaciations quaternaires (2.6 derniers millions d'années), s'est chargée de modeler le paysage, ménageant les roches plus dures comme les calcaires et entaillant les zones plus tendres comme les flyschs.

Géomorphologie

Aujourd'hui, les hautes parois calcaires intensément fracturées des Gastlosen sont le siège de processus de gélifraction. L'eau s'infiltré dans les anfractuosités du rocher puis, en gelant, augmente de volume ce qui conduit à l'agrandissement des fissures et, à terme, au détachement de blocs voire de pans entiers de falaises. Ce mécanisme est l'un des facteurs à l'origine du *Grossmutterloch*, cavité qui traverse la chaîne de part en part (Annexe 2), mais aussi des nombreuses formes gravitaires visibles au pied des parois des Gastlosen: éboulis, dépôts d'éboulement ou d'écroulement (Fig. 6, voir aussi GIC n° 33 - *Ecroulement de la forêt du Lapé*). Enfin, les calcaires très purs de la formation de la Dorflüe sont particulièrement sensibles au processus de karstification.



Fig. 6: Cônes d'éboulis et blocs éboulés au pied de la Dent de Ruth.

Les **références bibliographiques** sont disponibles dans le rapport explicatif qui accompagne le présent inventaire.

Crédits photographiques:

Fig. 1 et 6 et Annexe 1: Q. Vonlanthen, Uni-FR / Fig. 2: E. Gavillet.

Annexe 2: Jean-Christophe Bott, Keystone

Chaîne des Gastlosen

Gastlosen - Sattelspitzen - Wandflue - Zuckerspitz - Dent de Ruth - Dent de Savigny - Les Pucelles - Corne Aubert

GIC n° 12

Vulnérabilité

> **Atteinte constatée:** aucune

> **Menace potentielle:** aucune

> **Biotopes et paysages protégés dans le périmètre du géotope:**

- **Paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (IFP)**
Objet n° 1504, « Vanil Noir ».
- **Réserve naturelle cantonale du Vanil Noir**
- **Réserves forestières cantonales**
Réserves totales « Le Lapé » et « Le Pralet », arrêtés de protection n° 721.3.21 et 721.3.28.
Îlot de vieux bois de « Musersbergli ».

> Ce géotope figure à la liste des **Géotopes suisses** (objet n° 54 - *Chaîne des Gastlosen*) établie par l'Académie suisse des sciences naturelles.



Objectifs de protection

> Maintenir la morphologie de la chaîne.

> Conserver les structures géologiques et les formes géomorphologiques.

Mise en valeur du site

> **Entretien:** aucun

> **Intérêts didactiques:**

- Relation entre série stratigraphique (lacunaire dans les Préalpes médianes rigides) et type de déformation tectonique.
- Distinction structurale et stratigraphique entre les Préalpes médianes plastiques et rigides.
- Erosion différentielle des roches en fonction de leurs propriétés pétrographiques.
- Processus d'altération et d'érosion des parois calcaires (dissolution karstique, gélifraction, glaciations quaternaires).
- Phénomènes gravitaires en milieu préalpin: éboulis, éboulement, écroulement.

> **Moyens d'information existants:**

- Le **Sentier géologique des Gastlosen** est un itinéraire didactique ponctué de 12 postes d'observation dédiés à la géologie de la région. Il peut être parcouru librement par tout un chacun dès la fonte des neiges jusqu'en octobre. Un livret-guide détaillé de 64 pages est téléchargeable ici: www.sentier-geologique.ch.
- Un panneau explicatif présentant le sentier thématique est installé au Chalet du Soldat.

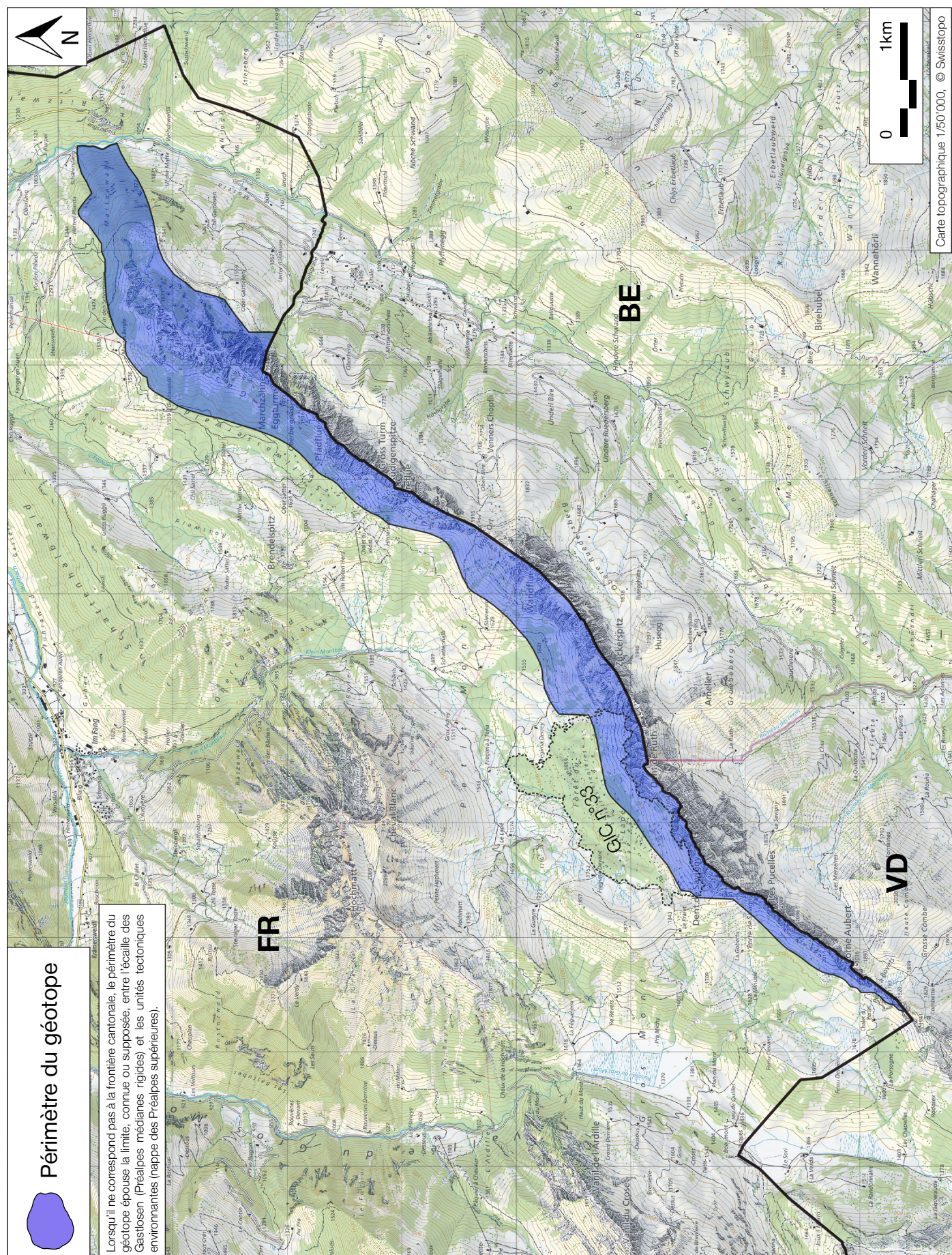
> **Etat du site et potentiel de valorisation**

- Grâce à ce sentier thématique, l'intérêt géologique des Gastlosen et de la région est particulièrement bien mis en valeur.

Chaîne des Gastlosen

Gastlosen - Sattelspitzen - Wandflue - Zuckerspitz - Dent de Ruth - Dent de Savigny - Les Pucelles - Corne Aubert

GIC n° 12



Chaîne des Gastlosen

Gastlosen - Sattelspitzen - Wandflue - Zuckerspitz - Dent de Ruth - Dent de Savigny - Les Pucelles - Corne Aubert

GIC n° 12

Annexes



Annexe 1: Vue sur l'ensemble de la chaîne des Gastlosen depuis le sommet du Cheval Blanc (2146m). La chaîne s'étire sur une quinzaine de kilomètres entre la demi-cluse du Jaünli et celle des Ciernes Picat. Le secteur boisé au pied des Dents de Ruth et de Savigny correspond à la forêt du Lapé qui recouvre un important dépôt d'écroulement. Cette zone est classée en tant que réserve forestière mais constitue également un géotope à part entière (voir GIC n°33). En arrière-plan, les sommets enneigés correspondent aux Alpes bernoises, vaudoises et valaisannes qui s'étendent du massif de la Jungfrau à celui du Mont Blanc.



Annexe 2: Soleil à travers le Grossmutterloch, cavité qui traverse les Sattelspitzen de part en part (29 janvier 2018). Cette trouée dans la roche est issue de l'érosion (karstification, gélifraction) d'une zone de faiblesse géologique correspondant à l'intersection de plusieurs failles tectoniques.

1036 Formes d'érosion glaciaire des collines de Chiètres, Bex



Intérêt principal:	géomorphologie
Type:	naturel - passif - complexe d'objets
Coordonnées:	2566535 / 1120874
Surface [ha]:	1.2
Commune(s):	Bex

Quel est ce géotope?

Lors de la dernière période glaciaire, le glacier valaisan s'écoulait par dessus les collines de Chiètres qui font partie du verrou barrant la plaine du Rhône à la hauteur de St-Maurice. En creusant et polissant le calcaire, le glacier a laissé plusieurs traces, dont la plus marquante est la marmite glaciaire des Caillettes. Avec ses 5 mètres de diamètre et 8 mètres de profondeur, c'est la plus grande de Suisse.



Détail de la paroi inférieure de la marmite glaciaire des Caillettes (S. Martin - bureau Relief, 2014)

Intérêt(s)	Valeur scientifique	Dimensions associées
• géomorphologie	rareté ☒ ☒ ☐ représentativité ☒ ☒ ☐ intégrité ☒ ☒ ☐ intérêt scientifique ☒ ☒ ☐	paysagère ☒ culturelle ☒ écologique ☒ économique ☒

Objectifs de protection	Vulnérabilité	Valorisation
Un curage régulier (5-10 ans) de la marmite est nécessaire pour éviter que les intéressantes formes en spirale au fond ne disparaissent sous la vase et les feuilles. L'accès pourrait être garanti à long terme par une servitude. Les autres marmites gagneront à rester inaccessibles.	faible ☐ moyenne ☒ forte ☐	existante ☒

Description

Les collines (ou plateau) de Chiètres désignent le verrou glaciaire qui barre la plaine du Rhône en rive droite, directement à l'aval de St-Maurice. Sur 3.5km², le secteur présente une topographie tourmentée mais très émaillée, avec diverses éminences dépassant de 100 à 200m le niveau de la plaine. Le plateau de Chiètres est entièrement cultivé et boisé et ne présente aucun affleurement ni de roche ni de moraine; par contre, les versants escarpés à l'ouest (Caillettes, Sous-Vent) et au nord (Mûriers, Duin) montrent des gradins et parois rocheuses. Le secteur est séparé du versant du massif de Morcles à l'est et au sud par deux vallons au profil peu creusé. Au-dessus de la ferme des Caillettes s'ouvre une marmite glaciaire géante de 5 m de diamètre et de 8 m de profondeur. Un groupe d'autres marmites de taille bien plus modeste se situe à l'extrémité nord-ouest, au lieu-dit Les Mûriers. Quelques dizaines de mètres plus loin vers l'aval, la roche affleure encore à seulement 30m au-dessus de la plaine et présente une série d'affleurements parallèles érodés en roches moutonnées et striés en dos de baleine.

Valeur scientifique

Le verrou glaciaire de St-Maurice conserve plusieurs traces marquantes laissées par le passage du glacier valaisan. En effet, lors de la dernière glaciation du Würm (en tout cas) et au moins jusqu'aux alentours 18'000 BP (stade de Monthey), la glace s'écoulait par-dessus les collines de Chiètres. Le glacier a modelé cette morphologie émaillée dans les calcaires autochtones du Crétacé inférieur.

Aux Mûriers, à l'aval du verrou, on trouve une série de roches moutonnées et striées dans le sens de l'écoulement encore parfaitement lisibles (1036-02). Cet affleurement se présente sous formes de petites crêtes parallèles, allongées dans le sens de la vallée (dos de baleines). Quelques dizaines de mètres au-delà, le profil du bedrock plonge profondément (-250 msm à la hauteur de Collombey, -500 msm à la hauteur de Vouvry).

Comme la glace se déforme au passage du verrou, la pression basale est modifiée et les écoulements d'eau sous-glaciaires peuvent se faire turbulents. Cette eau sous pression, chargée de till, a un fort pouvoir érosif qui peut se concentrer localement et créer des marmites dans la roche. Deux sites témoignent de ce phénomène. Aux Mûriers, la roche est percée d'une série de ces cavités cylindriques de petite taille (20-100 cm de diamètre), concentrées sur une surface très restreinte de quelques mètres de largeur (1036-03). Aux Caillettes, des conditions particulières ont permis le développement de - probablement - la plus grande marmite glaciaire de Suisse (1036-01). L'érosion a emporté la roche encaissante sur plus de la moitié de la hauteur, mais le fond de la marmite est entièrement préservé. Il laisse apparaître des modelés très bien conservés: marques de l'écoulement de l'eau en spirale sur la périphérie, dôme central au fond, exutoire vers l'aval.

La position de ces marmites, bien au-dessus du niveau de la plaine et éloignées de tout thalweg, assure de leur origine glaciaire (et non fluviale).

Lors du stade de Monthey, la langue glaciaire occupait le vallon Lavey-Le Châtel et ses eaux descendaient du Châtel vers Bex avant le creusement complet de la cluse du Rhône. La topographie générale en reste marquée: vallons inadaptés à l'hydrographie actuelle, déconnexion entre collines et versant. Après le retrait du glacier, les collines de Chiètres ont été recouvertes par les dépôts de deux éboulements successifs datés approximativement de 13'000 et entre 6'300 et 6'000 cal BP. Deux masses de flyschs, estimées à 200 et 100 mio de m³, se sont détachées de la Croix de Javerne. L'absence de débris entre le versant et les collines s'expliquerait par une très grande énergie cinétique de la masse en mouvement : 1500m de dénivelé sur seulement 3km.

Bibliographie

Besson, O., & Marchant, R. (1986). Étude gravimétrique des collines de Chiètres. Travail de diplôme en géophysique. Univ. Lausanne (inédit).

Burri, M. (1961). Les dépôts quaternaires de la vallée du Rhône entre St-Maurice et le Léman. Bull. Murithienne, 78, 36-59.

Burri, M. (1977). Sur l'extension des derniers glaciers rhodaniens dans le bassin lémanique. Bulletin des Laboratoires de géologie, minéralogie, géophysique et du musée géologique de l'Université de Lausanne, 223, 1-9.

Mariétan, I. (1964). Note sur la formation de la marmite glaciaire des Caillettes. Bulletin de la Murithienne, 81, 81-82.

Martin, J. (1964). La marmite glaciaire des Caillettes. Bulletin de la Murithienne, 81, 72-80.

Parriaux, A., Burri, M., & Weidmann, M. (2017). Données nouvelles sur la géologie des collines de Chiètres. Bulletin de la Société vaudoise des Sciences Naturelles, 96, 31-48.

Valeur scientifique

	1 2 3	
Rareté		rare le site présente des caractéristiques intéressantes ou non usuelles et peu (2-5) d'autres sites similaires se trouvent dans le canton.
Représentativité		bien représentatif le site illustre clairement un phénomène, un thème, un objet ou un contexte géologique particulier.
Intégrité		peu impacté les caractéristiques déterminantes pour la valeur de l'objet sont conservées, mais d'autres impacts sont présents (déplacement d'objets, modification de l'environnement de l'objet).
Intérêt scientifique		intérêt scientifique avéré le site est étudié scientifiquement, avec au moins une publication scientifique.

Etat actuel de conservation et de protection

Etat de conservation

L'essentiel de la marmite des Caillettes est conservé, malgré la passerelle d'observation masquant l'exutoire. La partie supérieure est instable. Le comblement par des débris végétaux masque très rapidement la morphologie détaillée du fond de la marmite. Les autres formes sont bien conservées.

Atteintes	Menaces	
---	X	développement de la forêt ou de la végétation
X	X	érosion ou comblement naturel
---	---	renaturation ou comblement artificiel
X	---	construction, aménagement, clôture
	X	dégradation d'origine humaine, pollution, vandalisme
---	---	exploitation (mine, carrière, gravière, gisement)

Actuellement, pour permettre la visite de la marmite, une plate-forme couvre l'exutoire de la marmite et une barrière métallique a été fixée directement dans la pierre. La marmite est principalement menacée par l'érosion de la partie supérieure, en surplomb (un câble sécurise déjà un bloc) et par le remplissage par les feuilles mortes qui masquent le fond. Plusieurs blocs cristallins, sortis de la marmite, sont encore visibles aux alentours. Les abords du site sont régulièrement fauchés. La marmite étant facile d'accès, des déprédations ne sont pas à exclure. Les autres sites ne sont pas impactés.

Appartenance à un périmètre protégé

Inv. cant. Monuments naturels et sites: 187 | Géotopes suisses: 314 |

Vulnérabilité: moyenne

Les formes se trouvent toutes sur des terrains agricoles privés. La marmite est actuellement bien entretenue et les visiteurs bienvenus, mais c'est au bon vouloir du propriétaire actuel. Le risque d'éboulement de la partie supérieure est bien réel d'autant que des arbres poussent en bord de paroi.

Gestion du site

Objectifs de protection

Un curage régulier (5-10 ans) de la marmite est nécessaire pour éviter que les intéressantes formes en spirale au fond ne disparaissent sous la vase et les feuilles. L'accès pourrait être garanti à long terme par une servitude. Les autres marmites gagneront à rester inaccessibles.

Mesures de protection

décision de classement	---	entretien	à mettre en place
servitude inscrite au RF	à mettre en place	contrat de gestion	à mettre en place
contrat de droit privé	---	protection physique	en vigueur
intégration au PACom	à mettre en place	monitoring/surveillance	---
intégration au PACant	---	balisage et signalétique	en vigueur

Mise en valeur

Intérêt éducatif et géotouristique

La marmite, de par sa position à l'aval du verrou, en hauteur et bien à distance du cours actuel du Rhône, est un témoin clair du passage du glacier du Rhône. Le site permet d'aborder les thèmes des modelés et dynamiques glaciaires (érosion et dépôt) ainsi que du remplissage post-glaciaire. Esthétique et impressionnante par sa taille, la marmite est un but d'excursion mis en valeur par l'office du tourisme. Les roches moutonnées et striées sont un excellent complément à la visite, mais leur accès est compliqué.

Mise en valeur actuelle

Sentier d'accès public et signalétique mis en place en 2014 par l'OT de Bex. Deux panneaux explicatifs (A. Perret, S. Martin, Bureau Relief) donnent des informations sur la formation de la marmite, l'histoire de sa "découverte" et sa valeur de témoin de l'histoire glaciaire de la vallée du Rhône.

Proposition de mise en valeur

Les roches moutonnées des Mûriers pourrait faire l'objet d'un aménagement léger en permettant l'accès à pied, assorti éventuellement d'un contrat d'entretien.

1036 Formes d'érosion glaciaire des collines de Chiètres

 Périmètre du géotope avec autorisation requise au sens de l'article 23 LPrPNP pour intervention de toute nature, y compris entretien et prélèvement d'échantillons.



Informations sur le suivi de l'inventaire

Création de la fiche: 2025-05-27

Dernière mise à jour: 2025-07-07

Visite de terrain: 2024-07-04

Auteur(s): Simon Martin
bureau ReliefEmmanuel Reynard
UNIL, FGSEE-mail de contact: simon.martin@bureau-relief.ch

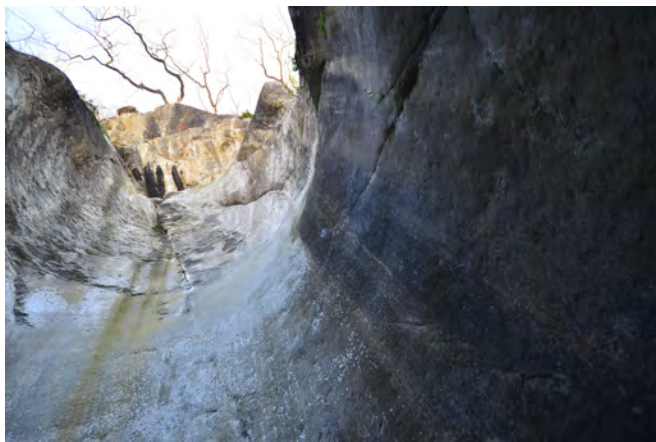
Administration: Direction générale de l'environnement (DGE)
Géologie, sols, déchets et eaux souterraines (GEODES)
Avenue de Valmont 30b
1014 Lausanne

Annexes: Photos du site
Figures
Cartographie des sous-périmètres

Annexe - Photos du site



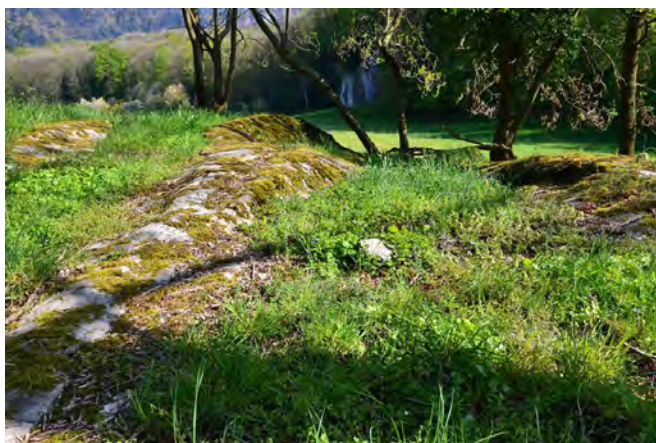
Marmite glacière des Caillettes vue du dessus (S. Martin - bureau Relief, 2014)



Intérieur de la marmite glacière des Caillettes (S. Martin - bureau Relief, 2014)



Une des marmites des Fourches (S. Martin - bureau Relief, 2017)



Roches moutonnées et striées en "dos de baleine" aux Mûriers. A l'arrière-plan on aperçoit l'abri sous-roche des Mûriers (S. Martin - bureau Relief, 2018)

Annexe - Figures

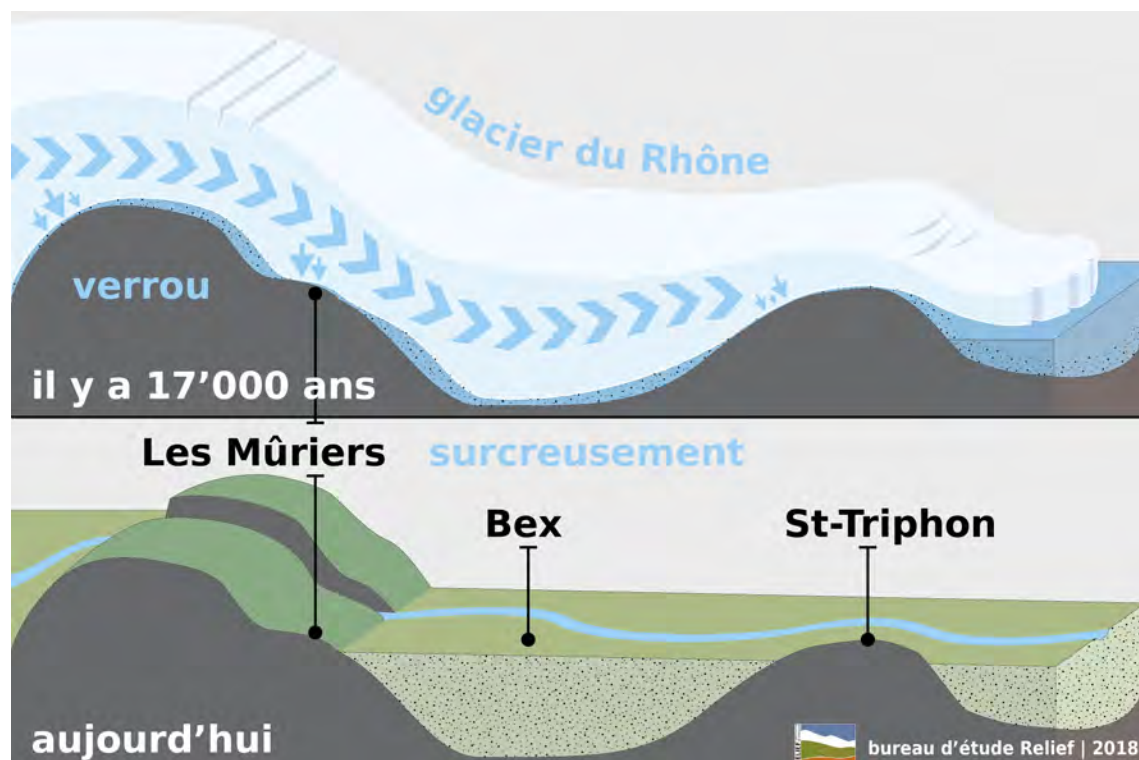


Schéma vulgarisé du verrou glaciaire de Chiètres avec localisation des roches moutonnées des Mûriers. Le profil n'est pas à l'échelle (S. Martin - bureau Relief, 2018)

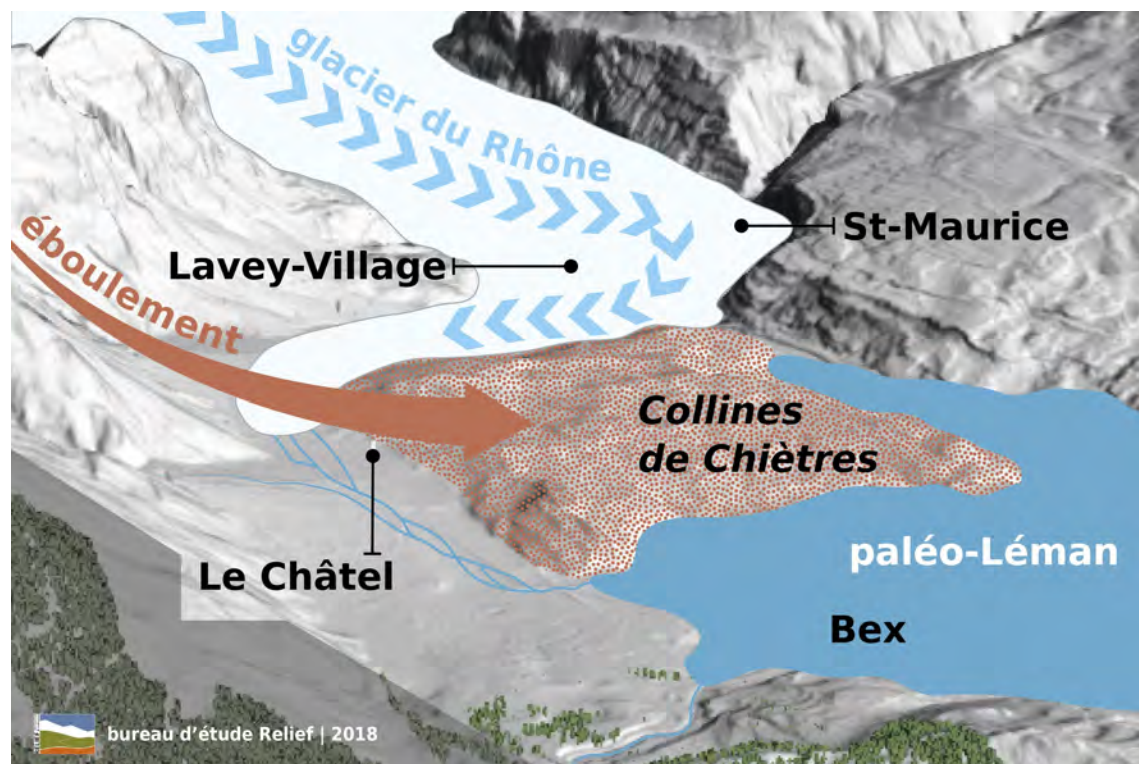
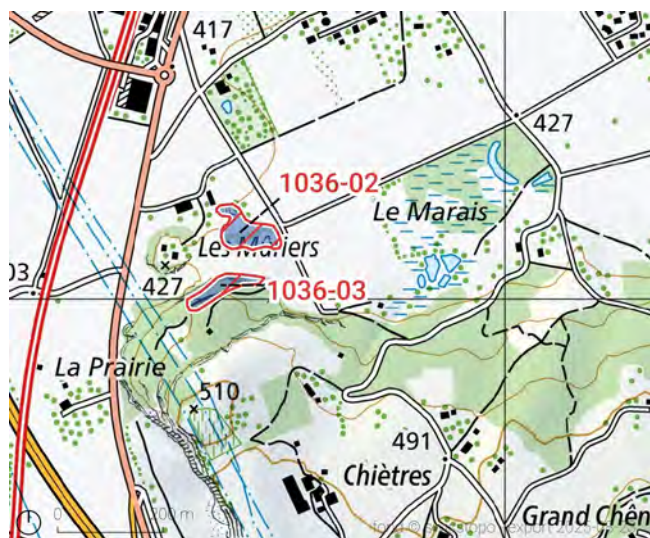


Schéma vulgarisé présentant la position des collines de Chiètres lors du stade tardiglaciaire de St-Maurice. Une partie de la langue occupe le vallon Lavey - Le Châtel. L'éboulement post-glaciaire représenté ici n'est pas contemporain de la position du glacier (S. Martin - bureau Relief, 2018)



Principe de formation de la marmite des Caillettes et détail des micro-formes visibles à l'intérieur de la cavité (S. Martin - bureau Relief, 2018)

Annexe - Cartes détaillées



1037 Carrières et roches moutonnées des collines de St-Triphon



Intérêt principal:	géologie structurale/tectonique
Type:	artificiel - passif - complexe d'objets
Coordonnées:	2564361 / 1126434
Surface [ha]:	96.32
Commune(s):	Ollon

Quel est ce géotope?

Ces collines calcaires présentent une stratigraphie inversée, avec les couches récentes en bas. Le géotope regroupe des formations sédimentaires du Trias, des cavités karstiques et des structures tectoniques jurassiques, ainsi que des roches polies par les glaciers. Le site est d'importance internationale pour les scientifiques. De plus, un calcaire noir fin, le "marbre noir de St-Triphon", y a longtemps été exploité.



Vue sur la carrière des Fontenailles et la colline de Charpigny (arrière-plan) (S. Martin - bureau Relief, 2016)

Intérêt(s)	Valeur scientifique	Dimensions associées
• géologie structurale/tectonique • géomorphologie • pétrographie/minéralogie/géochimie • sédimentologie	rareté représentativité intégrité intérêt scientifique	paysagère culturelle écologique économique

Objectifs de protection	Vulnérabilité	Valorisation
Protection de la paroi de 60 m x 10 m qui présente le paléo-karst, les stylolites et les traces des méthodes d'exploitation des calcaires de la carrière des Andonces.	faible moyenne forte	aucune

Description

La klippe tectonique de St-Triphon forme une portion retournée des Préalpes Médiannes Rigides. Sa position actuelle dans la vallée du Rhône, séparée du reste des Préalpes, n'est pas encore clairement expliquée. Un ensemble de failles conjuguées et de stylolithes confirment une extension à la période Lias supérieur-Dogger dans ce domaine de sédimentation briançonnais. C'est un site de référence stratigraphique internationale défini et décrit in Baud (1987).

Valeur scientifique

D'un point de vue sédimentologique, les séries carbonatées de St-Triphon du Trias moyen sont formées de 600 à 700 mètres de sédiments littoraux, péri-littoraux et lagunaires, montrant souvent de nombreuses bioturbations et quelques bivalves. Ces séries comprennent deux formations: la Formation de Saint-Triphon d'âge anisien (250 m) et la Formation de Champocella d'âge ladinien formée de bandes sombres de calcaires et de dolomites.

C'est la partie supérieure de la Formation de St-Triphon qui est exposée dans la carrière des Andonces (1037-04). Des calcirudites, calcarénites et calcilutites visibles ont été déposées dans des environnements de barrières et périlittoraux. Des strates granoclassées, laminations obliques et stratifications entrecroisées indiquent la présence de rides de vagues, de barres sableuses, de dunes, etc. La carrière a permis l'exploitation du "marbre noir de St-Triphon".

La localité de St-Triphon est également bien connue pour ses paléokarst et ses formes paléotectoniques: on peut y voir plusieurs cavités karstiques remplies avec, entre autres, des clastes et des dépôts montrant des figures sédimentaires inversées de strates granoclassées (graded bedding).

Description détaillée des objets

1037-05 : Le paléo-karst renversé dans les niveaux d'âge triasique est toujours visible dans la carrière des Andonces (2°56'39.73 / 1°12'59.22). Il n'est pas plus dégradé qu'il y a 20 ans. Toutefois une végétation envahissante en restreint l'accès ainsi qu'aux structures sédimentaires (stylolithes) visibles sur la paroi. Cette végétation empêche aussi la mise en valeur de l'ensemble de la paroi sur laquelle apparaît parfaitement la manière d'exploiter au fil le calcaire dans cette carrière.

1037-06 et 07 : Des roches moutonnées au sommet de la colline gardent la trace du passage du glacier valaisan à son sommet. Il n'en subsiste que quelques m² visibles au pied SW de la Tour de Saint-Triphon et dans les prés dominant la carrière du Lessus.

Dimensions additionnelles

Dimension culturelle-historique

Il s'agit d'un site patrimonial important comprenant un grand site archéologique et plusieurs sites historiques médiévaux.

Dimension écologique

Le secteur est reconnu pour la diversité de sa flore.

Dimension paysagère

Les collines entourées de parois rocheuses verticales se démarquent particulièrement au milieu des champs cultivés de la plaine du Rhône.

Valeur scientifique

	123	
Rareté		unique: l'objet est (presque) unique dans son genre, sa forme, sa taille et/ou sa qualité pour le canton.
Représentativité		exemplaire: le site est un exemple reconnu pour illustrer un phénomène, un thème, un objet ou un contexte géologique particulier.
Intégrité		peu impacté les caractéristiques déterminantes pour la valeur de l'objet sont conservées, mais d'autres impacts sont présents (déplacement d'objets, modification de l'environnement de l'objet).
Intérêt scientifique		intérêt scientifique majeur. le site est d'importance géo-historique ou site très étudié, avec plusieurs publications scientifiques.

Etat actuel de conservation et de protection

Etat de conservation

Raisonné étant donné l'absence d'entretien. En 2024, la carrière de Lessus ne présente plus d'intérêt géologique, elle est pratiquement entièrement comblée par des dépôts en pente qui ne respectent pas la topographie d'origine des collines.

Atteintes	Menaces	
X	---	développement de la forêt ou de la végétation
---	---	érosion ou comblement naturel
X	---	renaturation ou comblement artificiel
---	X	construction, aménagement, clôture
	X	dégradation d'origine humaine, pollution, vandalisme
---	---	exploitation (mine, carrière, gravière, gisement)

Site menacée principalement par des facteurs anthropiques.

Appartenance à un périmètre protégé

Inv. cant. Monuments naturels et sites: 185 | Géotopes suisses: 225 | Inv. féd. Pâturages et prairies sèches: 6419 |

Vulnérabilité: forte

Risque de destruction ou de comblement

Gestion du site**Objectifs de protection**

Protection de la paroi de 60 m x 10 m qui présente le paléo-karst, les stylolites et les traces des méthodes d'exploitation des calcaires de la carrière des Andonces.

Mesures de protection

décision de classement	à mettre en place	entretien	à mettre en place
servitude inscrite au RF	---	contrat de gestion	---
contrat de droit privé	---	protection physique	à mettre en place
intégration au PACom	---	monitoring/surveillance	à mettre en place
intégration au PACant	---	balisage et signalétique	à mettre en place

Mise en valeur

**Intérêt éducatif
et géotouristique**

Site parfait pour une initiation à la géologie. Les notions de stratigraphie, de sédimentologie, de tectonique peuvent être abordées ainsi que la notion de temps profond et les témoins du passage du glacier du Rhône.

**Mise en valeur
actuelle**

**Proposition
de mise en valeur**

1037 Carrières et roches moutonnées des collines de St-Triphon

 Périmètre du géotope avec autorisation requise au sens de l'article 23 LPrPNP pour intervention de toute nature, y compris entretien et prélèvement d'échantillons.

 Périmètre scientifique du géotope



Informations sur le suivi de l'inventaire

Création de la fiche: 2024-10-09

Dernière mise à jour: 2025-07-07

Visite de terrain: 2024-08-30

Auteur(s): Gilles Borel
Naturéum, département de géologie

E-mail de contact: Gilles.Borel@unil.ch

Administration: Direction générale de l'environnement (DGE)
Géologie, sols, déchets et eaux souterraines (GEODES)
Avenue de Valmont 30b
1014 Lausanne

Annexes: Bibliographie
Photos du site
Figures

Annexe - Bibliographie

Badoux H. (1962). La géologie des collines de Saint-Triphon. Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles, 1962-01, Vol.68 (306), p.35

Badoux H. et al. (1960). Monthey : topographie: carte nationale 1:50000, partie NW de la feuille 272 St-Maurice et annexe de la feuille 271 Chablais, agrandie au 1:25000

Baud A. & Masson H. (1975). Preuves d'une tectonique liasique de distension dans le domaine briançonnais : failles conjuguées et paléokarst à Saint-Triphon (Préalpes Médiannes, Suisse). Eclogae geologicae Helveticae, 1975-04, Vol.68 (1), p.131

Baud A. (1987). Stratigraphie et sédimentologie des calcaires de Saint-Triphon (Trias, Préalpes, Suisse et France). Thèse Université de Lausanne, Institut de Géologie et Paléontologie.

Baud A. et al. (1990). Paleozoic geodynamic domains and their alpidic evolution in the Tethys; IGCP project No. 276

Jaccard F. (1908). La région Rubli-Gummfluh : Préalpes médianes, Suisse. Bulletin des Laboratoires de Géologie, Géographie Physique, Minéralogie et Paléontologie de l'Université de Lausanne 11, 142 p.

Jeannet A. (1912-1913). Monographie géologique des Tours d'Ai et des régions avoisinantes (Préalpes vaudoises). Matériaux pour la carte géologique de la Suisse. Nouvelle série 34. 2 vol. 701 p.

Masson H. & Baud A. (1974). Stries et lunules glaciaires à Saint-Triphon (vallée du Rhône). Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles. DOI : 10.5169/seals-276685a

Baud A. & Septfontaine, M. (1980) Présentation d'un profil palinspastique de la nappe des Préalpes médianes en Suisse occidentale. Eclogae geologicae Helveticae, 1980-07, Vol.73 (2), p.651

Pradervand B. & Baud A. (2007). Les collines de Saint-Triphon, un géotope unique. Association de l'Académie du Chablais

Annexe - Photos du site



Les stylolites de la carrière des Andonces (D. Giorgis - DGE, 2025)



Roches moutonnées sur la colline du Lessus (S. Martin - bureau Relief, 2016)



Vue générale de la paroi présentant le paléo-karst renversé avec les couches géologiques les plus vieilles situées au sommet de la paroi (G. Borel - MCG, 2024)



Le paléo-karst renversé (G. Borel - MCG, 2024)

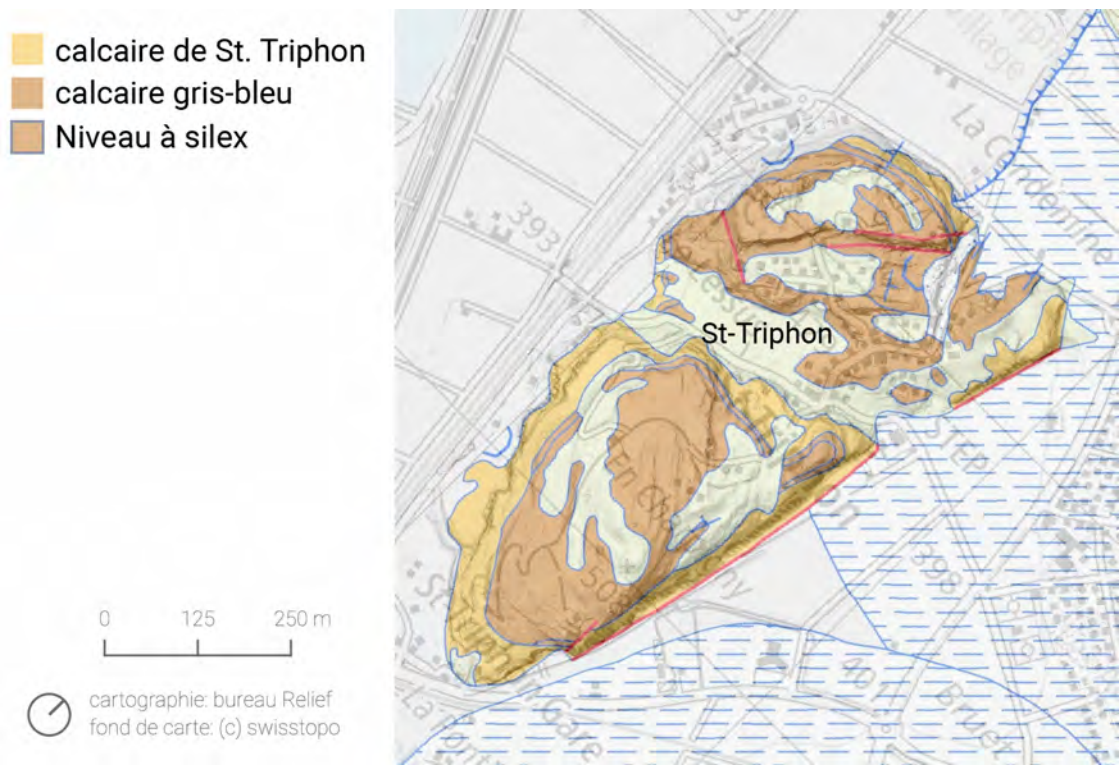


Traces de l'exploitation du calcaire par la technique du fil (G. Borel - MCG, 2024)

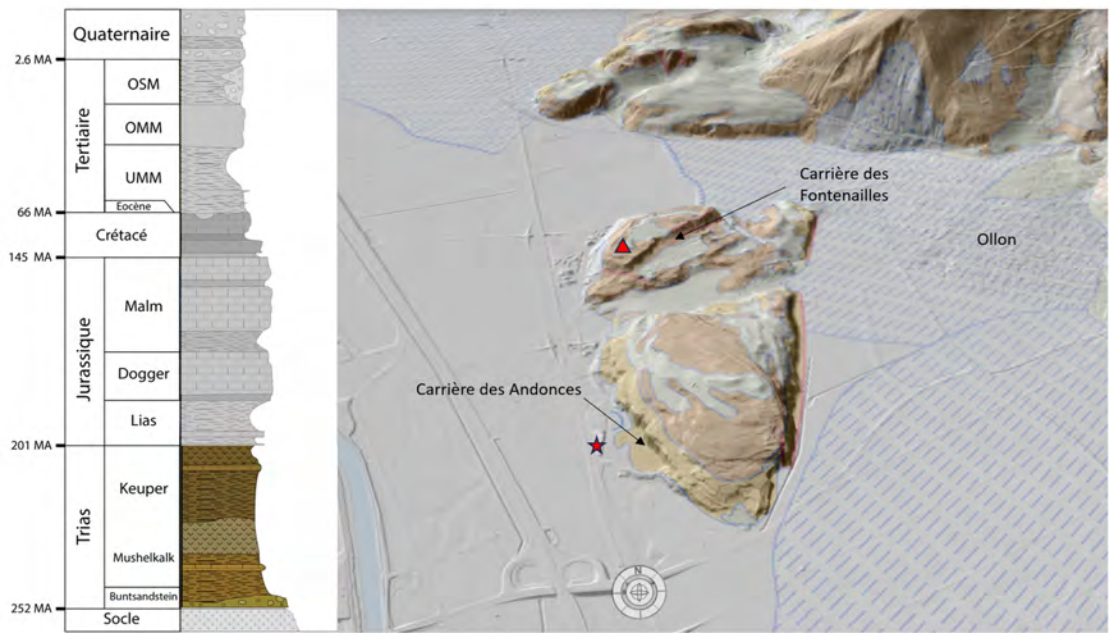


Affleurement de roche moutonnées au pied de la tour de Saint-Triphon (G. Borel - MCG, 2024)

Annexe - Figures



Carte géologique simplifiée (H. Badoux, 1967)



Représentation 3D (selon map.geo.admin.ch) des collines de St-Triphon et localisation du paléokarst (étoile rouge) et des roches moutonnées (triangle rouge) (D. Giorgis - DGE, 2025)



Calcaire de St-Triphon utilisé comme roche ornementale dans le hall de la coupole du Palais fédéral à Berne (D. Giorgis - DGE, 2025)

Name des Objektes / Geometrie	Austernriff Scherpfenrain (Häutligen, BE)
Erfassungsstand *	abgeschlossen
Bestehende Nummerierung *	97 (SCNAT) / M8 (Blum) / 202-00 (GGO)
Quellverzeichnis / Quelle *	Blum (2012)
Objektname *	Austernriff Scherpfenrain (Häutligen, BE)
Standortgemeinde(n) *	Häutligen
Ortschaft / Flurnamen	Strassenböschung entlang Kantonsstrasse 1252
Fachverantwortliche:r *	T. Burri; E. Bächli
Verifiziert im Feld *	Nein
Bemerkungen zu Pendenzen *	Dimensionen (Länge, Mächtigkeit) des heutigen Aufschlusses sollte überprüft werden.
Objektbeschreibung	
Beschreibung Objekt (Laien, max. 500 Zeichen inkl. Leerzeichen) *	<i>Hinweis Aufbau Beschreibung für Laien:</i> 1. Um was für ein Objekt handelt es sich? 2. Welche Bedeutung hat dieses Objekt für die Erdgeschichte (Paläo-Umwelt, Paläo-Klima, Entwicklung des Lebens, Gesteins oder Mineralieninformation ..., ..., ...). 3. Weitere relevante Informationen In der Böschung entlang der Kantonsstrasse zwischen Häutligen und Konolfingen ist ein fossiles Austernriff aufgeschlossen, das in einem Meer vor rund 20 Millionen Jahren gebildet wurde. Das Riff ist max. 1.2 m mächtig und mind. 140 m lang. Dieses Austernriff ist neben demjenigen von Stetten bei Wien das einzige bekannte, derartige fossile Riffvorkommen nördlich der Alpen. Es wurde deshalb 1993 unter Schutz gestellt, das Aufsammeln von Fossilien ist untersagt.
Beschreibung Objekt (Fachkundige, detaillierter, max. 2000 Zeichen inkl. Leerzeichen) *	<i>Hinweis Aufbau Beschreibung für Fachkundige:</i> 1. Einführung: Um was für ein Objekt handelt es sich? 2. Geologische Bildungsgeschichte / Informationen 3. Objekt in breiteren Kontext setzen und Relevanz erläutern Im Marmorbruch zwischen der Pfingstegg und der Gletscherschlucht oberhalb von Grindelwald wurden während zwei Abbauphasen eine siderolithische Brekzie, der Grindelwald-Marmor abgebaut. Der Abbau erfolgte in zwei Phasen (ca. 1740-1760 und 1868-1903) der durch einen Vorstoss des Grindelwaldgletschers während der kleinen Eiszeit unterbrochen war. Die Gesamtfläche des Steinbruchs beträgt knapp 1'000 m², das engere Abbauareal 20*25 m. Zudem existiert ein Stollen von 23 m Länge der zu einer 3 m hohen Kaverne von 6*9 m Grundfläche führt. Heute ist der stillgelegte Steinbruch ein beliebtes Ausflugsziel. Im Steinbruch wurden bunte Paläokarst-Füllungen des Eozäns (ca. 40 Ma) abgebaut, die im kreidezeitlichen Öhrli-Kalk (ca. 140 Ma) eingetieft sind. Die Gesteine werden auch als Siderolithikum oder lokal als Grindelwald- oder Rosenlauimarmor bezeichnet. Sie bestehen aus eckigen bis gerundeten Marmorstücken die in einer feinkörnigen, farbigen Matrix aus eisenhaltigen roten Tonen und Sanden eingebettet sind. Auch die Marmore zeigen oft lebhafte Farben. Der Grindelwald-Marmor ist Zeuge einer komplexen geologischen Bildungsgeschichte. Spätestens seit dem Eozän wurden die Kreidesedimente im Zuge tektonischer Bewegungen aus dem Meer gehoben und verkarstet. Feinkörnige oberflächliche Verwitterungsprodukte sammelten sich anschliessend zusammen mit Brocken der unmittelbar benachbarten Gesteinsformationen in den Karstöffnungen. Im weiteren Verlauf der Alpenbildung wurden die Gesteine versenkt und auf über 250 °C aufgeheizt und zusätzlich durch Schuppentektonik stark deformiert. Dabei wurden die Gesteine zu einem Marmor umgewandelt. Später gelangten die Gesteine durch Abtrag wieder an die Erdoberfläche. Aufgrund ihres abwechslungsreichen und attraktiven Aussehens war der Grindelwald-Marmor ein beliebter Baustein, der beispielsweise auch im Bundeshaus in Bern seine Verwendung fand. Die Gesteine wurden aber auch im Kunsthandwerksbereich verwendet (Werkstatt Funk in Bern).
Lithologische Einheit	Mergel und Sandsteine mit reichlich Austern, besonders Crassostrea gryphoides
Alter (Stufe/Epoche/Periode)	Burdigalien
Alter (numerisch)	
Lithostratigraphische Formation	Belpberg - Formation der OMM-II
Alte Bezeichnung lithostratigraphischer Einheit (falls vorhanden)	Obere Meeresmolasse
Lithostratigraphisches Member	
Tektonische Einheit	mittelländische Molasse
Objektfoto	Blum (2012)
Quelle Dokumentation; ggf. weitere Angaben	Blum (2012), Kanton Bern (2023)

Literaturhinweise	- Blum, C. (2012). Geotope im Kanton Bern. Masterarbeit der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern, 176 p. - Kanton Bern (2023). Geoportal des Kantons Bern: Kantonal geschützte geologische Objekte. https://www.topo.apps.be.ch/pub/map/, Publikation 16.11.2023. - Beck, P., Rutsch, R. (1958). Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 21 Münsingen, Erläuterungen. - Kanton Bern (2024). Geoportal des Kantons Bern: Kantonal geschützte geologische Objekte. https://www.topo.apps.be.ch/pub/map/, Publikation 16.11.2023. - Pfister, T., Wegmüller, U., & Keller, B. (2011). Die Molluskenfauna der St. Galler Formation (Belpberg-Schichten, Obere Meeresmolasse) bei Bern (Schweiz): Taphonomie und Paläoökologie. Zitteliana, 153-208. - Reynard, E., Berger, J.-P., Constandache, M., Felber, M., Grangier, L., Häuselmann, Ph., Jeannin, P.-Y., Martin, S. (2012). Révision de l'inventaire des géotopes suisses: rapport final. Geosciences, Platform of the Swiss Academy of Sciences, 45 p. - Rutsch, R. (1928). Geologie des Belpbergs: Beiträge zur Kenntnis der Stratigraphie, Paläontologie und Tektonik der Molasse südlich von Bern. - Rutsch, R. (1955). Die fazielle Bedeutung der Crassostreen (Ostreidae, Mollusca) im Helvétien der Umgebung von Bern. Eclogae geol. helv. 48, 2. - R. Herb (1984) Recifs a huitres recents et micenes, Geologie et paleoecologie des recifs, 3eme cycle en sciences de la terre, Bern
Weitere Bemerkungen	
Objekteigenschaften	
Aktivität *	inaktiv
Entstehung *	natürlich / anthropogen
Geotopkategorie	
Objektgruppe	kein Häkchen
Bezeichnung Objektgruppe *	
Geotopkomplex	kein Häkchen
Bezeichnung Geotopkomplex *	
Potentialfläche	kein Häkchen
Bezeichnung Potentialfläche *	
Biodiversität / biologische Werte	Flora (Schutz): - Flora (2018): Büsche, Bäume
Biodiversität / biologische Werte	
Geotoptyp, erdwissenschaftliche Aussage	
Haupttyp *	Paläontologie / Paläoklimatologie
Sekundärtyp	- Strukturgeologie / Tektonik - Sedimentologie - Stratigraphie
Bewertungskriterien Bedeutung / Wert	
Zustand	wenig beeinträchtigt
Zustand Bemerkungen *	Der Verwitterung ausgesetzte Böschung mit starker Vegetation, deshalb eher ungünstige Aufschlussverhältnisse. Könnte bauliche Massnahmen zur Böschungssicherung und damit (Zer)Störung provozieren. Die fossilführende Schicht zieht sich um den Locheberg und ist bei Bauarbeiten temporär aufgeschlossen.
Repräsentativität / Aussagekraft *	beispielhaft / höchst repräsentativ
Repräsentativität / Aussagekraft	Einzigartige Erhaltung der Paläoökologie und Paläodiversität der Oberen Meeresmolasse
Bemerkungen *	
Seltenheit *	einzigartig / einmalig
Seltenheit Bemerkungen *	Neben dem Riff von Stetten bei Wien ist dasjenige in Häutligen das einzige bekannte, derartige fossile Riffvorkommen nördlich der Alpen.
Geowissenschaftlicher Wert / Interesse *	grosses Interesse / sehr bedeutend

Geowissenschaftlicher Wert / Interesse	repräsentativer Aufschluss zur Paläoökologie der Oberen Meeresmolasse
Bemerkungen *	
Soziokultureller Wert / Interesse *	nachgewiesenes Interesse / bedeutend
Soziokulturelle Werte / Interesse	Für didaktische Zwecke geeignet.
Bemerkungen *	
Landschaftlicher Wert / Interesse *	geringe Bedeutung
Landschaftlicher Wert / Interesse	Der Strassenaufschluss hat keinen besonderen landschaftlichen Wert.
Bemerkungen *	
bestehende Bedeutung *	national
provisorische Einschätzung / Bedeutung *	überregional
provisorische Einschätzung / Bedeutung (Beschreibung) *	Die Austernbank in Häutligen ist eine wichtige Lokalität für die Beschreibung der Palökologie der Oberen Meeresmolasse.
Beurteilungskriterien Handlungsbedarf	
aktueller Schutzstatus *	mit Schutzbeschluss geschützt
Beschlussdatum	30.06.1993
Beschlusnummer	2471
Beschlussart	RRB
Zugehörigkeit zu anderen Inventaren	
Zugänglichkeit *	schlecht zugänglich
Zugänglichkeit Bemerkung *	Besucher am Aufschluss sind durch Strassenverkehr beeinträchtigt.
Gefährdung *	mögliche Gefährdung
Gefährdung Bemerkung *	Grabungen und Materialentnahme durch Fossilsammler. Verbauung der Böschung
bestehende Schutzmassnahmen *	Das Austernriff ist mit Schutzbeschluss geschützt
Handlungsempfehlung Schutz *	Keine notwendig
	Geschützt ist einzig die Böschung, aber die Schicht erstreckt sich rund um den Locheberg. Evtl. sollte das gesamte Gebiet entlang der Schicht als Verdachtsfläche aufgenommen werden. Bei baulichen Massnahmen könnte eine Baubegleitung gefordert werden.
Bestehende Inwertsetzung *	Ja
Bemerkung Bestehende Inwertsetzung *	Schaukasten hinter Glas mit ausgestellten Fossilien und bebilderten Texttafeln neu gestaltet 2024. Dauernd zugänglich in der gedeckten Pausenhalle beim Schulhaus. Schalter zur Beleuchtung ist vorhanden.
Empfehlung potentieller Inwertsetzung *	Keine Massnahme notwendig