



JAHRESBERICHT 2024



FOCUS

Die heissen und kalten
Seiten des Karsts

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des SSKA im Jahr 2024

Angestellte

Denis Blant	Wissenschaft, Karstschutz (50%)
Constanze Bonardo	Sekretariat (10%)
Maud Galletti	Wissenschaft (75%)
Philipp Häuselmann	Wissenschaft, Karstschutz (50%)
Pierre-Yves Jeannin	Wissenschaft, Administration (90%)
Marc Luetscher	Wissenschaft, Administration (100%)
Arnauld Malard	Wissenschaft (90%)
Carole Mettler	Sekretariat (40% bis Ende 4.24)
Véronique Monnard	Sekretariat (40% ab 5.24)
Amandine Perret	Wissenschaft, Schulung (80%)
Simon Pettelat-Drouin	Wissenschaft (80%)
Eric Weber	Wissenschaft (80%)

Externe Mitarbeiter

Michel Blant
Christian Lüthi
Urs Eichenberger
Rémy Wenger

(Post-)Doktoranden

Miguel Bartolomé	Post-Doktorand Projekt Paleoflood
Neal Mathes	Doktorand Projekt CaveSeds
Claudio Pastore	Doktorand Thermokarst
Amir Sedaghatkish	Doktorand Thermokarst
Ainhua Val Pascua	Doktorand Projekt CaveSeds

Zivildienstleistende

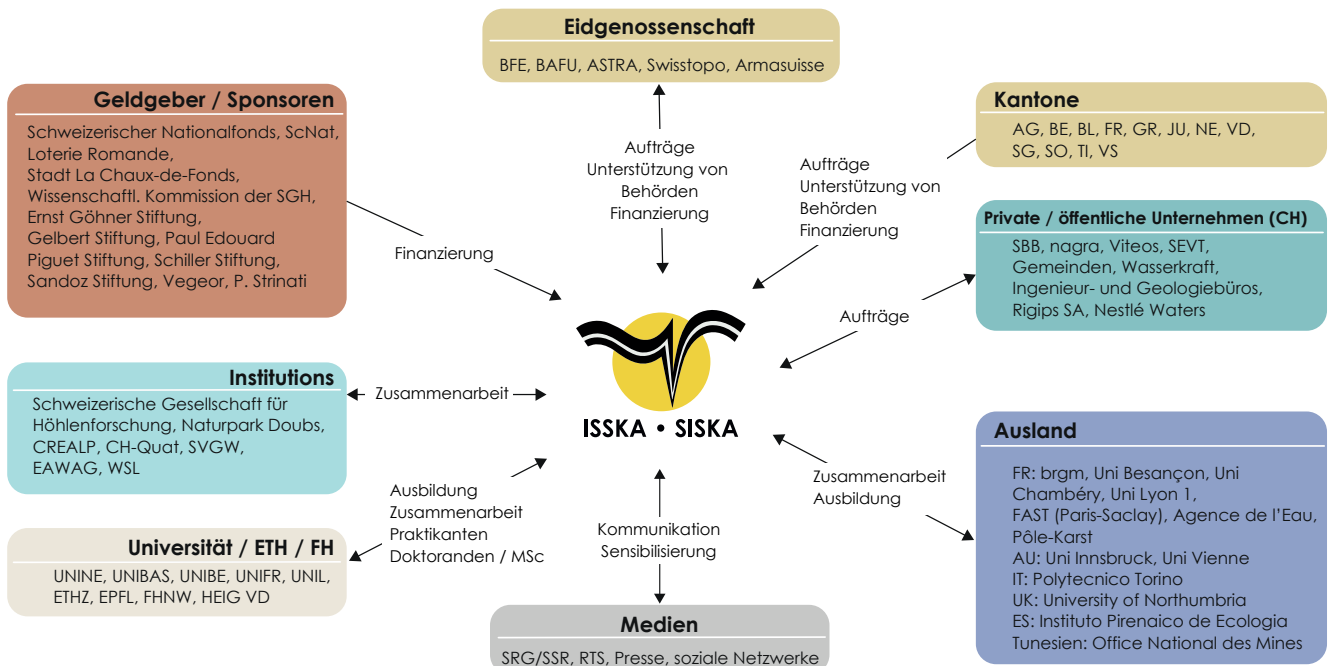
Marco Bearzi
Jonathan Boissonnas
Max Condouret
Jonas Hermann
Timothy Houle

Praktikanten/-innen / Studenten/-innen

Romane Herrisé
Valentin Michel
Joël Stöcklin

Das SSKA pflegt intern einen Arbeitsstil, der Gleichheit, Absprache und gegenseitigen Respekt ins Zentrum stellt. Wirtschaftliche Aspekte werden als Notwendigkeit gesehen und nicht als Ziel. Diese integrative Arbeitsweise hinterlässt ihre Spuren bei den vielen Praktikanten, Studenten und Zivildienstleistenden, die wir jedes Jahr empfangen und betreuen.

Die wichtigsten Partner des SSKA im Jahr 2024



@isska.siska



@isska.siska



Das SSKA in den Medien im Jahr 2024

Presse : Horizon, Sonntagszeitung, Schweizer Familie, Coopé-ration Magazine, Pro Natura Magazine, Schweizer Strahler, Le Quotidien Jurassien, ArclInfo, 24Heures, SRF 1 und 2
TV : Val TV

Umschlagbild:
Georadarmessungen zur Bestimmung
der Eisdicke in der Gletscherhöhle
von Montlési (NE).



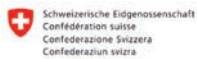
SCHWEIZERISCHES INSTITUT FÜR
SPELÄOLOGIE UND KARSTFORSCHUNG

Rue de la Serre 68
CH-2300 La Chaux-de-Fonds
Tel. +41 (0)32 913 35 33
info@isska.ch
www.isska.ch

Gründer



Schweizerische Gesellschaft für
Höhlenforschung



Bundesamt für Umwelt



Schweizerische Akademie der
Naturwissenschaft



Kanton Neuenburg



Kanton Jura



Stadt La Chaux-de-Fonds



Sublime, Gesellschaft für die
Organisation des XII. Internationalen
Kongresses für Speläologie

Unterstützung



Editorial

Der Karst im Dienst der Energiewende

Heute entfällt etwa 50 % des Schweizer Energieverbrauchs auf den Wärmebereich. Hier fallen allein mehr als 35 % der CO₂-Emissionen an. Das Ziel, bis 2050 null Emissionen zu erreichen, erfordert daher sowohl den Ausbau der einheimischen erneuerbaren Energien als auch eine Stärkung der Versorgungssicherheit. Die Nutzung des Untergrunds und seines besonderen «Klimas», das von der Erdwärme, der Wasserzirkulation und den Eigenschaften der Gesteine beeinflusst wird, kann dafür zahlreiche vielversprechende Lösungen bieten.

Karstgebiete sind im Hinblick auf die Energieversorgung noch wenig erforscht, haben aber den Vorteil, dass sie grosse Mengen an Wärme speichern und transportieren können. Ihre Grundwasservorkommen mit ihren stabilen Temperaturen erweisen sich als geeignet für die Nutzung bei niedrigen Temperaturen, um einzelne Wärmepumpen oder Fernwärmenetze zu versorgen. Da das Wasser schnell zirkuliert, kann Energie effizient gewonnen werden, ohne die Grundwärme wesentlich zu senken. Dies trägt zu einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Ressourcen bei.

Da die Nachfrage nach Wärmeenergie grossen Schwankungen unterworfen ist, wächst das Interesse an der saisonalen Speicherung. Die Idee dabei ist, die überschüssige Wärmeproduktion des Sommers in den Winter zu verlagern. Einige Karstgebiete könnten sich als gute Kandidaten für die Entwicklung solcher Projekte erweisen. Allerdings ist ein gutes Verständnis des Wärmeaustauschs und der unterirdischen Strömungen erforderlich. Der Einsatz von SSKA-Modellen kann daher die Planung erleichtern, wie sie das auch bei anderen Nutzungen wie der Trinkwasserversorgung sicherstellen.

Der Einbezug des Potenzials des Untergrunds in die Raumplanung wird entscheidend sein, um die Klima- und Energieziele der Schweiz zu erreichen. Bereits heute stehen Werkzeuge zur Verfügung, die es ermöglichen, günstige Gebiete für eine thermische Nutzung in Abhängigkeit von ihrer Tiefe auszuwählen. Dieselben Werkzeuge dienen auch dazu, empfindliche Ressourcen, die anfällig für Verschmutzungen sind, besser zu schützen. Hier zeichnet sich eine echte Chance ab: die starke Tradition der Schweiz im Bereich des Gewässerschutzes mit dem Willen zur Dekarbonisierung zu kombinieren.

Wenn Wissenschaftler, Ingenieure, Behörden und Bürger zusammenarbeiten, könnte der Karst am Ende durchaus zu einem wichtigen Akteur der Energiewende werden.

Dr Pierre Christe

Fachmitarbeiter «Erneuerbare Wärme», Bundesamt für Energie

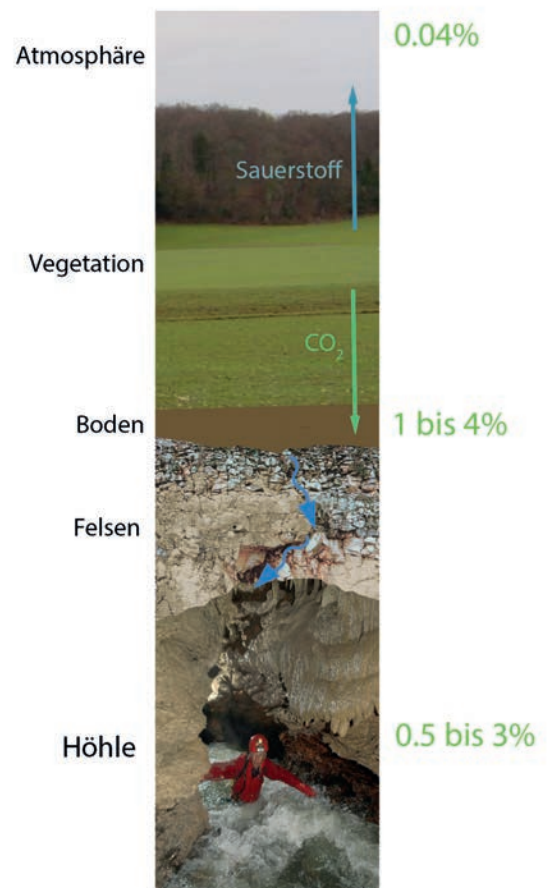
Das Höhlenklima und seine Auswirkungen

Fledermäuse finden Höhlen attraktiv, da sie eine konstante Temperatur aufweisen und die Tiere im Winter vor Frost schützen. In vielen Regionen werden Höhlen noch immer als gekühlte Vorratskammern genutzt... Im Folgenden werden Sie sehen, dass es im höhlenreichen Untergrund im Vergleich zu Regionen ohne Höhlen eher kalt ist. Aktuell steht das Forschungsprojekt THERMOKARST kurz vor dem Abschluss, das vom Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung unterstützt wird und uns ein besseres Verständnis davon vermittelt, wie die Wasser- und Luftzirkulation die Temperatur in Karstmassiven steuert.

Ein gutes Verständnis des unterirdischen Klimas ist grundlegend für die Erforschung der Paläoklimata (siehe S. 8), für die Frage nach unterirdischen Lebensräumen (siehe S. 9) und für die Geothermie (siehe S. 10).

Kann man in Höhlen atmen?

Diese Frage gehört zu den häufigsten, die uns von der Öffentlichkeit gestellt werden. Die einfache Antwort lautet: «Ja, denn die Höhlen werden auf natürliche Weise belüftet». Ohne diese Belüftung wäre die Luft kaum atembar. Im Detail ist es jedoch ein wenig komplizierter! Wie die Figur 1 zeigt, wird nämlich das Kohlendioxid, das im Boden von Pflanzenwurzeln und Mikroorganismen produziert wird, im einsickernden Regenwasser aufgelöst. Dieses Gas, das vom Wasser in die Tiefe gespült wird, tritt in der Höhlenluft wieder aus (Entgasung) und führt zu hohen Konzentrationen in der unterirdischen Atmosphäre. In alpinen Höhlen mit geringer Vegetationsbedeckung ist dies nicht wirklich ein Problem. In Regionen, in denen dicke Böden über dem Kalkstein liegen, kann die unterirdische Luft jedoch sehr stickig werden. Im Tafeljura, einem Karstgebiet in geringer Höhe, wird die Luft in einigen Höhlen besonders im Spätherbst schwer zu atmen, wenn die Regenfälle das Gas, das sich den ganzen Sommer über

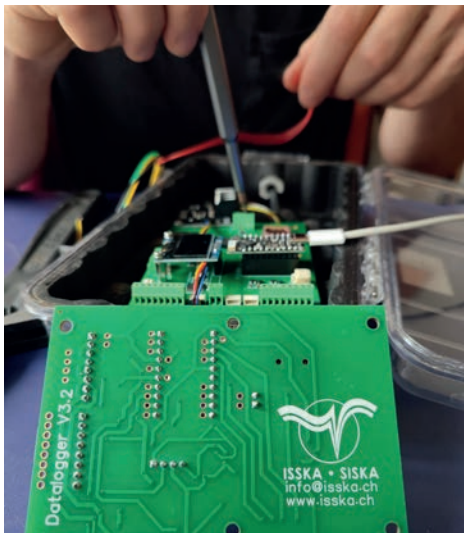


Figur 1: CO₂-Konzentration in der Luft (rechts). Die Vegetation produziert im Boden viel CO₂, das sich im Wasser löst, in den Untergrund sinkt und in die Luft der Höhlen gelangt.

angesammelt hat, vom Boden in die darunter liegenden Höhlen transportieren. Dieses Phänomen verstärkt sich im Laufe der Jahre mit der globalen Erwärmung, die die biologische Aktivität der Böden verstärkt und damit die Produktion von Kohlendioxid erhöht.

Neben Kohlendioxid ist in Karstböden auch Radium angereichert, aus dem das krebserregende radioaktive Gas Radon entsteht. Wie Kohlendioxid löst es sich im Sickerwasser und dringt in die Höhlenluft ein. Die Radonkonzentrationen sind in Höhlen oft höher als in der Aussenluft, aber nur wenige schlecht belüftete Höhlen enthalten wirklich hohe Werte.

Die meisten Höhlen sind also ausreichend belüftet, um die Luft atmen zu können, aber der Gehalt an Bodengasen ist dennoch deutlich höher – in der Regel 10- bis 100-mal höher – als in der Aussenatmosphäre.

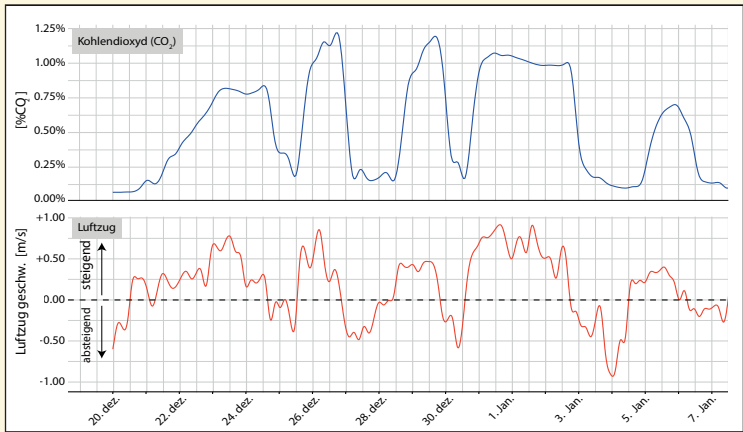


Vom SSKA gebautes Gerät zur Messung von CO₂ in Höhlen.

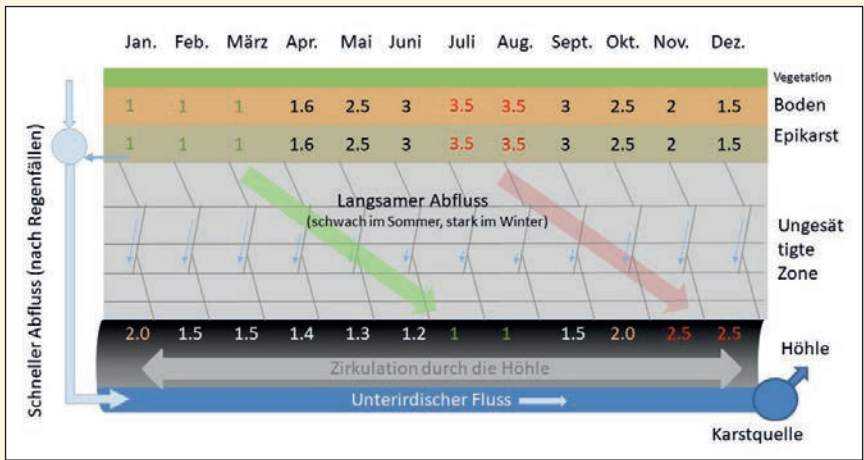
In der Milandre braucht das CO₂ aus dem Boden mehrere Monate, um in die Höhle zu gelangen

Im unterirdischen Labor der Höhle von Milandre wurden die CO₂-Konzentrationen im Boden und in der Höhle gemessen. Es werden schnelle und starke Schwankungen gemessen, die hauptsächlich durch die Richtungsänderung des Luftzugs der Höhle aufgrund von warmen und kalten Tagen hervorgerufen werden (Figur 2).

Im Laufe eines Jahres schwankt die biologische Aktivität des Bodens erheblich zwischen der Winterruhe mit Konzentrationen von etwa 1 % und der intensiven Aktivität im Frühling und Sommer, die Konzentrationen von mehr als 3-5 % bewirken kann. Die Figur 3 zeigt, wie sich die CO₂-Konzentration im Boden und im Epikarst im Laufe eines Jahres verändert. Etwas überraschend werden die maximalen bzw. minimalen Konzentrationen in der Höhle 3 bis 5 Monate (je nach Jahr) nach den Konzentrationen im Boden gemessen. Die Verzögerung entspricht der Zeit, die das CO₂-haltige Bodenwasser benötigt, um die Höhle zu erreichen. Die in der Höhle gemessenen Werte liegen weit über dem Expositionsgrenzwert für «gesunde» Arbeitsbedingungen (max. 0.5 % bei regelmässiger Exposition während 8 Stunden pro Tag).



Figur 2: Die täglichen Schwankungen des Luftstroms in der Milandre-Höhle führen zu Schwankungen der Kohlendioxidkonzentration (CO₂).



Figur 3: Die schnellen Richtungsänderungen des Luftzugs, die mit den Schwankungen der Aussentemperatur zusammenhängen, führen zu Schwankungen der Kohlendioxidkonzentration (CO₂) in der Höhle von Milandre. Der Luftzug ist an kalten Tagen aufsteigend und an warmen Tagen abfallend.

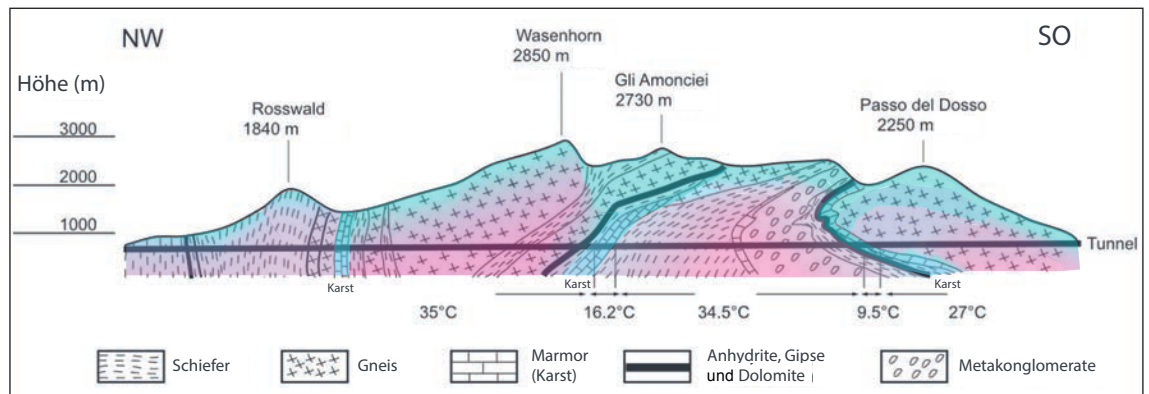
Warum ist es in Tunneln und Bergwerken wärmer als in Höhlen?

Es ist allgemein bekannt (und oft gemessen), dass die Temperatur im Untergrund pro Kilometer Tiefe unter der Erdoberfläche um 30 °C ansteigt. Diese Regel gilt jedoch nicht in Karstgebirgen! So beträgt die Temperatur im Bärenschacht, dessen Gänge teilweise von 1400 m Fels bedeckt sind, nur ~10 °C, während es im Simplontunnel in derselben Tiefe über 30 °C warm ist (Figur 4).

In Karstmassiven ermöglichen die natürlichen Öffnungen die Zirkulation von Luft (Ventilation) und Wasser (Perkolation) in erheblich grösseren Mengen als in Nicht-Karstmassiven.

empirischen Teil, der auf Messungen in verschiedenen Höhlen basierte. Während es relativ einfach ist, die Temperaturen von Luft, Wasser und Gestein zu messen, ist es schon schwieriger, die Wasserströme durch das Gebirge zu messen. Dennoch können Grössenordnungen dieser Wasserströme geschätzt werden, da sie durch die Gesamtmenge an Niederschlägen, die auf ein Gebirge treffen, begrenzt sind. Die grösste Herausforderung bei diesem Projekt bestand darin, den Luftzug in den Höhlen zu messen. Die vorhandenen Messinstrumente sind nicht für die Bedingungen in Höhlen geeignet, insbesondere wenn die Luftfeuchtigkeit sehr hoch ist.

Figur 4: Geologisches Profil und Temperaturen im Simplontunnel. Zonen mit starker Karstzirkulation sind deutlich kälter als wenig durchlässige Zonen (verändert nach Bianchetti et al. 1993).

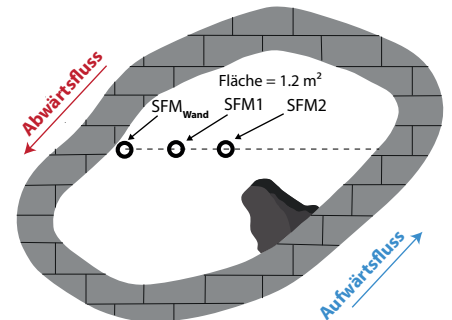
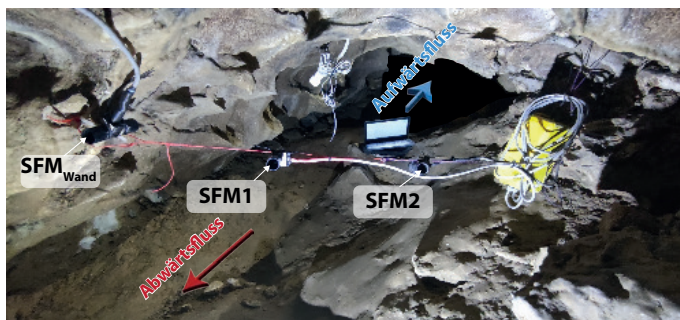


Der Karstuntergrund ist also wesentlich besser mit der Aussenwelt verbunden als andere Arten von Untergrund. Diese Verbindung wird hauptsächlich durch Luft- und Wasserströme gesteuert. Eines der Ziele des Projekts THERMOKARST, das das Siska in den letzten vier Jahren durchgeführt hat, war es, die Bedeutung dieser Ströme besser zu verstehen. Für interessierte Leser werden die wissenschaftlichen Veröffentlichungen im Zusammenhang mit diesem Projekt auf Seite 16 zitiert.

Das Projekt umfasste einen theoretischen Teil, der numerische Simulationen auf der Grundlage physikalischer Gesetze beinhaltete, und einen

Daher mussten zahlreiche Geräte getestet werden, um zu relativ einheitlichen Ergebnissen zu gelangen. Ausserdem variieren der Luftzug von einem Punkt zum anderen innerhalb eines Gangabschnitts, der in der Regel eine komplexe Geometrie aufweist, sehr stark. Es ist daher schwierig, eine lokale Messung auf einen ganzen Abschnitt zu extrapolieren. So war es nach vielen Bemühungen möglich, für einige Höhlen über einen Zeitraum von etwa zwei Jahren ungefähre Werte für den Luftzug zu erhalten. Diese Messungen gehören zu den ersten ihrer Art und ermöglichen es, eine Grössenordnung festzulegen, die auf andere Höhlen übertragbar ist.

Figur 5: Test eines Anemometers in der Baume de Longeigue zur Beurteilung der Luftgeschwindigkeiten, die an drei verschiedenen Stellen in einem Gangabschnitt gemessen wurden (aus Pastore et al. 2024).



Figur 6: Messungen der Luft- und Gesteinstemperatur. Die Sonde im Inneren des Rohrs ist abgeschirmt, um nur die Lufttemperatur zu messen und zu verhindern, dass sie von der Wandtemperatur (durch Wärmestrahlung) beeinflusst wird. Auf der rechten Seite ist die Sonde an die Wand geklebt. Die weissen Zylinder messen Temperaturen, die zwischen der Wand- und der Lufttemperatur liegen.



Monitoring der Baume de Longeague

Die Baume de Longeague am westlichen Ende des Val-de-Travers (NE) wurde ziemlich detailliert untersucht, um die verschiedenen Wärme Flüsse zu quantifizieren. Diese stehen im Zusammenhang mit der Zirkulation von Wasser, Luft und der Wärmeleitfähigkeit durch das Gestein.

Wasser

Da die Höhle eine temporäre Quelle ist, haben wir angenommen, dass kein geothermischer Wärme fluss aus dem Erdinneren die Höhle erreicht, da dieser vollständig durch das Grundwasser in Richtung der Quellen weiter unten im Massiv abgeleitet wird. Diffus in die Oberfläche des Massivs einsickerndes Wasser wird hingegen von einem Wärmestrom begleitet, der in den Untergrund eindringt und zur Höhle hinunterfließt. Modelle zeigen, dass sich das eingedrungene Wasser sehr schnell (nach wenigen Metern) an die Temperatur des Gesteins angleicht, die ihrerseits nahe der durchschnittlichen äusseren Lufttemperatur liegt. Ausserdem führt der Höhenverlust des Sickerwassers zu einer Erwärmung in der Grössenordnung von 0.25 °C pro 100 m (Umwandlung von potenzieller Energie in Wärme).

Luft

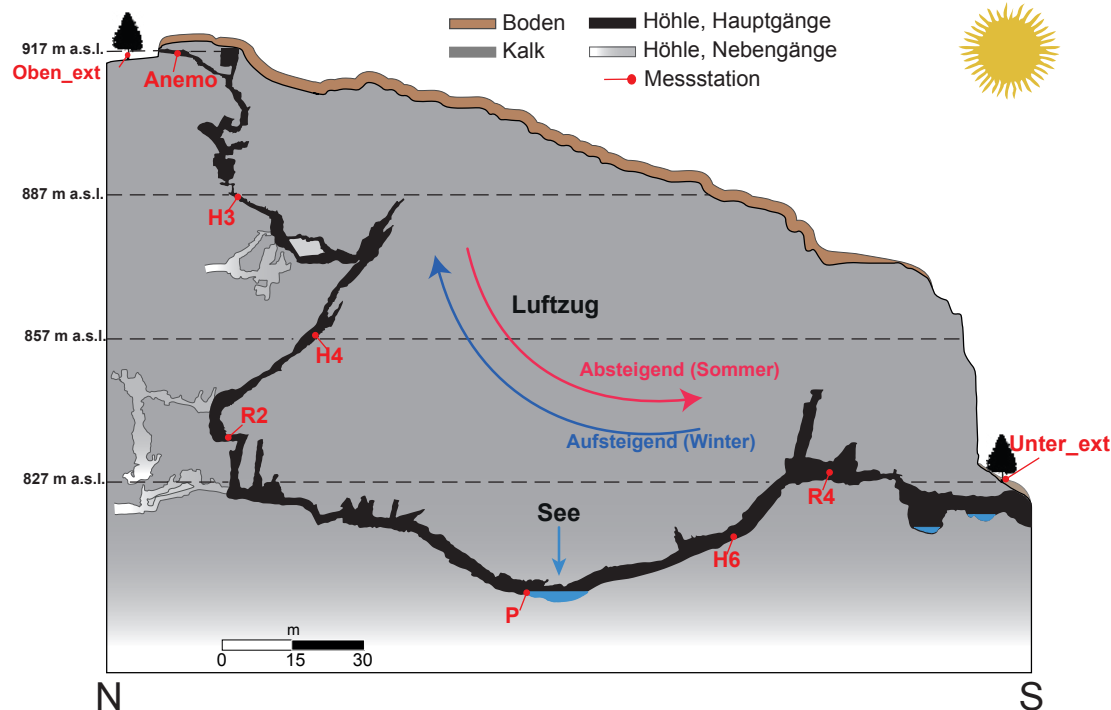
Da die Höhle zwei Eingänge hat, entsteht auf natürliche Weise ein «Kamineffekt», der im Winter einen aufsteigenden und im Sommer einen abfallenden Luftzug erzeugt (Figur 7). Daher wurden verschiedene Messstationen entlang der Höhle aufgestellt, um den Luftzug und die Temperaturschwankungen zu messen (Figur 8). Je weiter man sich von den Eingängen entfernt, desto geringer ist die Amplitude

der Temperaturschwankungen der in die Höhle einströmenden Luft. Durch die Untersuchung dieser Daten konnten wir den Wärmeaustausch zwischen der Aussenwelt und der Höhle quantifizieren.

Ein numerisches Modell, das die Luftströmungen und den Wärmeaustausch mit den Höhlenwänden koppelt, wurde entwickelt und führt zu zufriedenstellenden Ergebnissen, vorausgesetzt, dass die engsten Gänge der Höhle berücksichtigt werden. Wie die orangefarbene Kurve in Figur 9 zeigt, wurden die Temperaturschwankungen in der Mitte der Höhle korrekt simuliert, aber eine systematische Abweichung in der Grössenordnung von 1.5 °C wurde zwischen den Feldmessungen (schwarze Kurve) und den Modellergebnissen (orangefarbene Kurve) beobachtet...

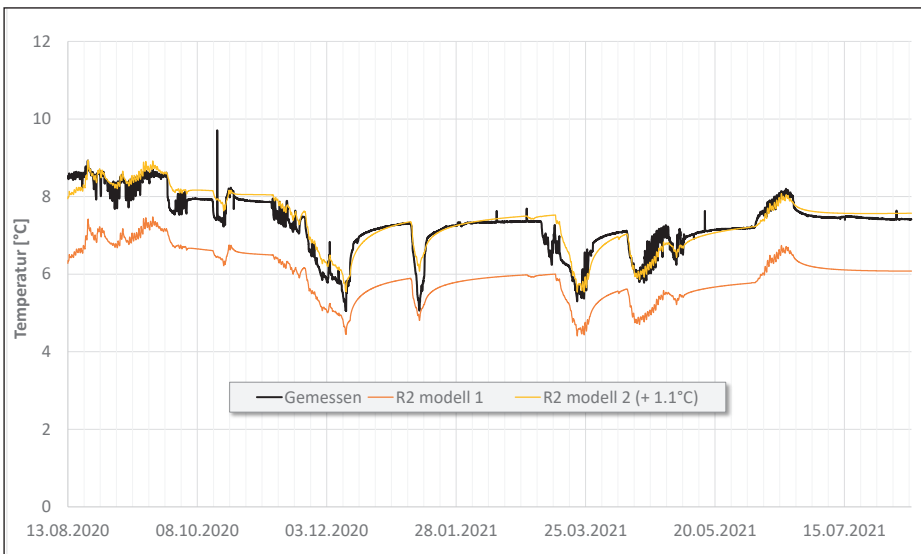
Leitfähigkeit

Die beobachtete Abweichung ist wahrscheinlich auf den Effekt der Wärmeleitfähigkeit ab der Bodenoberfläche zurückzuführen. Wir hatten nämlich angenommen, dass die Temperatur im Boden oberhalb der Höhle der durchschnittlichen Lufttemperatur entspricht. Nun scheint es aber üblich zu sein, im Boden Temperaturen zu messen, die 1 bis 2 °C über der durchschnittlichen jährlichen Lufttemperatur liegen. Die Sonneneinstrahlung, die den Boden erwärmt, wäre der Hauptgrund für diese Abweichung. Die Berücksichtigung dieses Parameters führt zu einem Ergebnis, das mit den gemessenen Werten übereinstimmt (gelbe Kurve in Figur 9).



Figur 7: Abgewickelter Schnitt durch die Baume de Longeague mit den Positionen der verschiedenen Messstationen.

Figur 8: Schematisches Profil der Baume de Longeigue, vereinfacht für die Wärmeberechnung. Die Höhle wird von einem Luftzug durchströmt, der je nach Jahreszeit der Richtung wechselt. Für die Berechnung wird die Höhle in einen Zylinder mit einem Durchmesser von 20 m eingeschlossen, um den herum die Bedingungen durch die Temperatur des Gebirges unter der Oberfläche festgelegt werden. Die Temperatur der in die Höhle einströmenden Luft variiert je nach der ausserhalb der Höhle gemessenen Temperatur. Der orangefarbene Punkt markiert die Position der in der nächsten Abbildung simulierten Messstation.



Figur 9: Die schwarze Kurve beschreibt den Temperaturverlauf an der Station R2, die sich fast in der Mitte der Höhle befindet (orangefarbener Punkt in Figur 8). Das erste Modell (orangefarbene Kurve) simuliert die Schwankungen korrekt, aber die Temperatur ist durchweg zu niedrig. Modell 2 (gelbe Kurve) nimmt an, dass die Bodentemperatur 1.1 °C höher ist als die Temperatur der in die Höhle eintretenden Luft. Es zeigt sich, dass der Effekt der Wärmeleitung durch das Gestein eine bedeutende Rolle für die Temperatur in der Höhle spielt.

Wie Höhlen den Klimawandel aufzeichnen

Da Höhlen der aktiven Erosion an der Oberfläche entgehen, bleiben Konkretionen (Stalaktiten, Stalagmiten usw.) über Hunderttausende oder sogar Millionen von Jahren erhalten. Stalagmiten zeichnen Klimasignale am besten auf und sind daher Gegenstand intensiver wissenschaftlicher Studien, um Klimaveränderungen im Laufe der Zeit zu rekonstruieren.

Sie entstehen aus den Wassertropfen, die von der Höhlendecke fallen und etwas Kalk enthalten, der im darüber liegenden Gestein gelöst wurde. Beim Eintritt in die Höhlenluft entweicht das gelöste CO_2 in die Höhlenluft (Entgasung) und der gelöste Kalk fällt aus, wobei sich jährlich eine dünne Kalzitschicht an der Spitze des Stalagmiten absetzt. Die Ausgasungsrate wird durch die CO_2 -Produktion im Boden, den Wasserfluss und die Luftzirkulation in der Höhle gesteuert. Sie bestimmt die Kristallstruktur und die Dicke der abgelagerten Schicht. Ein schnelles Wachstum spiegelt häufig einen gut belüfteten Hohlraum in einem Massiv wider, das von einem dicken Boden bedeckt ist. Umgekehrt ist ein langsames Wachstum in der Regel in einem alpinen

Massiv zu beobachten, in dem in grossen Höhen nur eine bescheidene oder gar keine Bodenbedeckung vorhanden ist. Im Laufe der Zeit ändern sich die Wassermenge und die Dicke des Bodens in Abhängigkeit vom Aussenklima. Auch das Belüftungssystem kann sich ändern, z. B. wenn ein Höhleneingang einstürzt. Wenn man die morphologische Entwicklung eines Karstsystems versteht, kann man die paläoklimatischen Aufzeichnungen in einer Höhle besser interpretieren.

Die Kalzitkristalle eines Stalagmits können auch auf ihre Isotopenzusammensetzung hin analysiert werden. So ist das Verhältnis der Sauerstoffisotope 18 und 16 mit dem Verhältnis dieser Isotope im Wasser, das die Konkretion speist, verbunden. Dieses hängt wiederum vom Wasser der Niederschläge auf dem Kalksteinmassiv ab. In gemässigten und feuchten Regionen wie der Schweiz spiegelt diese Isotopensignatur in erster Linie die Temperaturschwankungen der äusseren Atmosphäre wider. Allerdings beeinflusst auch die Temperatur in der Höhle das aufgezeichnete Signal. Aus diesem Grund waren die Ergebnisse des THERMOKARST-

Projekts zur Bestimmung der Entfernung, in der äussere Temperaturschwankungen messbar sind, wichtig. Sie können die wissenschaftliche Probenahme von Stalagmiten leiten. Die Untersuchungen in der Baume de Longeaigne zeigen eine kontrastreiche Temperaturreaktion. In den stark belüfteten Galerien sind jahreszeitliche Schwankungen der Höhlentemperatur und -feuchtigkeit wahrscheinlich, die Isotopenschwankungen in einem Jahreszyklus erzeugen. In den Seitengängen, die wenig belüftet und daher weniger mit der Oberfläche verbunden sind, sind nur thermische Schwankungen über lange Zeiträume (Jahrzehnte, Jahrhunderte oder Jahrtausende) sichtbar. Es ist also absehbar, dass sich die Klimaaufzeichnung von Gang zu Gang je nach Probenort unterscheiden wird. Durch eine sorgfältige Auswahl der Probenahmestellen lassen sich jedoch gute Korrelationen der Isotopensignale auf einer grossräumigen Skala erzielen.



Figur 10: Kleiner Stalagmit, der in der Milchbachhöhle entnommen wurde. Die petrographischen Veränderungen spiegeln eine Änderung des Belüftungsregimes infolge der Vorstösse und Rückzüge des oberen Grindelwaldgletschers wider, die den Höhleneingang episodisch verstopften.

Unterirdisches Klima und Lebensräume

Während die Temperatur in einer Höhle ein wichtiger Parameter für das unterirdische Ökosystem ist, scheint das Vorhandensein von Wasser noch bedeutender zu sein. Mit dem Klimawandel ändert sich die Verteilung der Niederschläge im Jahresverlauf, und extreme Regenereignisse treten häufiger auf. Obwohl die Höhlenfauna sehr widerstandsfähig ist, muss sie sich an diese neuen Bedingungen anpassen, die längere Dürreperioden oder wiederkehrende Überschwemmungen mit sich bringen können. In Höhlen, die frei von grossen Wasserzirkulation sind, stellt Kondensation eine willkommene Wasserzufuhr dar. Die Messung des Luftzugs in Verbindung mit den im Rahmen des THERMOKARST-Projekts entwickelten thermischen Modellen ermöglicht es, die damit verbundenen Wassermassen zu quantifizieren. In der Baume de Longeaigne entspricht dies einer jährlichen Wassermenge von etwa 1000 l. Im Vergleich zu den Wassermengen, die in einem Karstmassiv zirkulieren, mag dies unbedeutend erscheinen, lokal kann es jedoch eine wertvolle Feuchtigkeitszufuhr darstellen. Dies gilt insbesondere für Länder in ariden Gebieten, in denen die Kondensation manchmal die einzige Wasserquelle darstellt. Umgekehrt ist die Verdunstung in den Wintermonaten im unteren Eingangsbereich eines Höhlensystems besonders stark ausgeprägt.

Abgesehen von den thermischen Auswirkungen wirkt sich die unterirdische Belüftung auf verschiedene Weise auf die unterirdischen Lebensräume aus. Je nach Geometrie der Gänge können sich Warm- oder Kaltluftfallen bilden. So neigen die Kolke an den Gangdecken dazu, warme, leichtere Luft zu sammeln, was bestimmte Arten von Tieren dazu veranlassen kann, dort Zuflucht zu suchen. In ähnlicher Weise können schlecht belüftete Gänge eine relativ hohe CO₂-Konzentration aufweisen, was ebenfalls ein

entscheidendes Kriterium dafür sein kann, ob eine Art einen bestimmten Lebensraum besiedelt oder nicht. Jede Veränderung der Wasser- und Luftströme kann somit ein empfindliches Ökosystem verändern. Bisher gibt es nur relativ wenig Studien, die diese verschiedenen Lebensräume charakterisieren und die verschiedenen Arten, die darin leben, beschreiben. Die Schweiz ist in diesem Bereich besonders rückständig. Die Arbeiten des SSKA, die vom BAFU und dem Kanton Neuenburg unterstützt werden, liefern einige erste Antworten, um diese verschiedenen Lebensräume und ihre Bewohner zu beschreiben. Langfristig werden diese Studien es ermöglichen, Erhaltungsmaßnahmen vorzuschlagen, um den menschlichen Einfluss auf die unterirdische Umwelt zu mässigen.



Figur 11: Ein Doppelschwanz (Diplura) der Gattung Plusiocampa. Foto: Myriam Widmer.

Die Wärme von Karstmassiven nutzen

Da die Gebirge im Karst kälter sind als in anderen Gebieten, ist es wichtig, angemessene Empfehlungen für die Nutzung der Wärme aus dem Untergrund (Geothermie) geben zu können. Dadurch wird vermieden, dass nach Wärme gesucht wird, wo weniger vorhanden ist, als man erwarten würde. Dieses Wissen ermöglicht es, die Anlagen richtig zu dimensionieren und ihre Rentabilität zu bewerten, um zu entscheiden, ob sie aufgestellt werden sollen oder nicht. Dies betrifft vor allem die Nutzung von Erdwärmesonden, die auch als oberflächennahe Geothermie bezeichnet werden (in der Regel bis zu 200 m unter der Oberfläche).

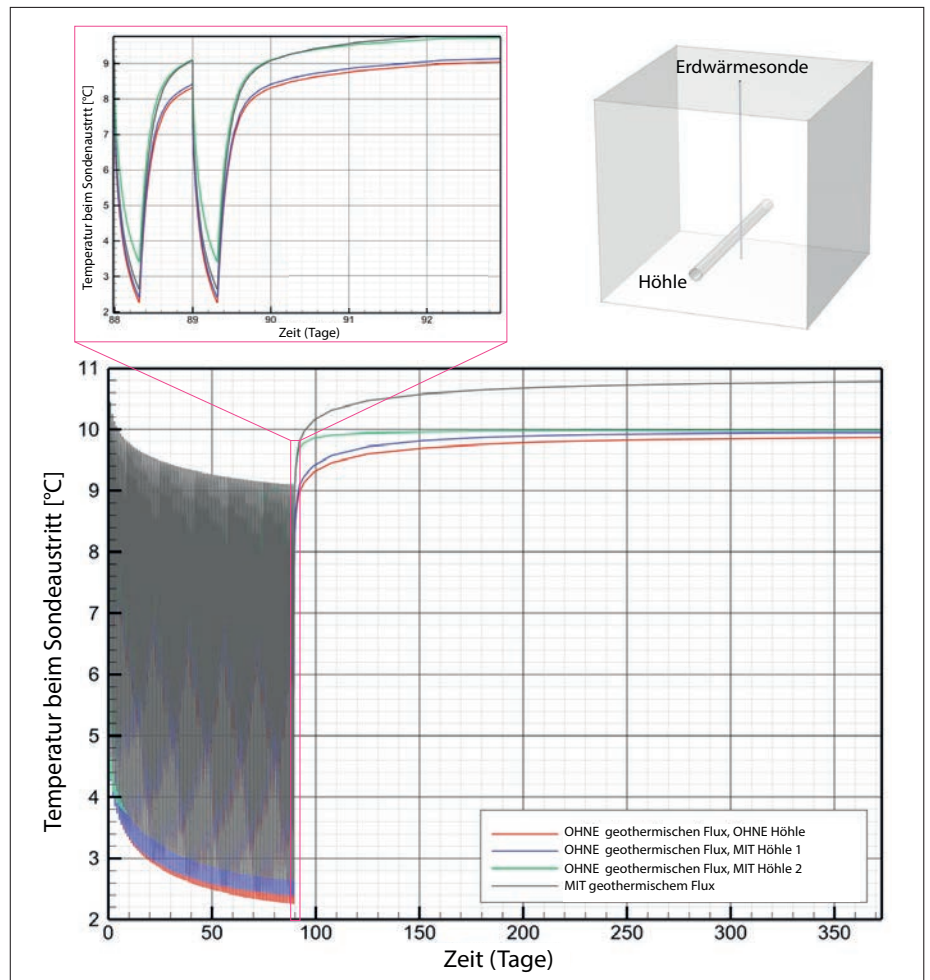
Das Vorhandensein von Hohlräumen im Gestein wird im Allgemeinen als problematisch für die Nutzung von Erdwärmesonden angesehen. Wir haben verschiedene Simulationen durchgeführt, die von unseren Feldmessungen inspiriert waren. Wir wollten herausfinden, ob das Vorhandensein von Hohlräumen die Effizienz von Erdwärmesonden merklich verringert. Wir stellten fest, dass der Effekt im Allgemeinen eher unbedeutend ist und in manchen Fällen sogar tendenziell zu einer Verbesserung der Effizienz führen könnte! Ein Beispiel für eine Simulation ist in Figur 12 dargestellt.

Die aus einer Erdwärmesonde extrahierbare Energie ist ziemlich begrenzt. Sie entspricht zwar der Energie,

die für eine Villa oder ein kleines Gebäude benötigt wird, reicht aber nicht aus, um ein grosses Gebäude zu versorgen. So ist es selbst bei einer Vielzahl von Sonden kaum möglich, eine Fernheizung zu speisen.

Die sogenannte «mitteltiefe» Geothermie (zwischen 200 und 2000 m Tiefe) ist eine interessante Alternative, und mehrere Projekte dieser Art werden derzeit erforscht, vor allem im Kanton Waadt. Die ersten Bohrungen haben jedoch zu einigen Überraschungen geführt, die man besser verstehen sollte. So ermöglichen uns die im Rahmen unserer Forschung gewonnenen Erkenntnisse, die Auswirkungen des Vorhandenseins von Karstsystemen -und ganz allgemein von Grundwasserzirkulationen auf diese geothermischen Ressourcen zu bewerten. Der Kanton Waadt ist deshalb an das SSKA herangetreten, um herauszufinden, inwiefern wir die Prognosen verbessern und die Erfolgsquote solcher Projekte erhöhen können. Neben der Analyse der Daten aus den Fallbeispielen beginnen wir mit der Entwicklung eines Konzepts, das es uns ermöglichen soll, die Temperatur des Untergrunds vorherzusagen und Wärme aus den Gesteinsserien zu gewinnen, die den Jura und das Schweizer Mittelland bilden. Wir gehen davon aus, dass wir in der Lage sein werden, 3D-Karten der Untergrundtemperaturen zu erstellen, die genauer und zuverlässiger sind als die bisherigen.

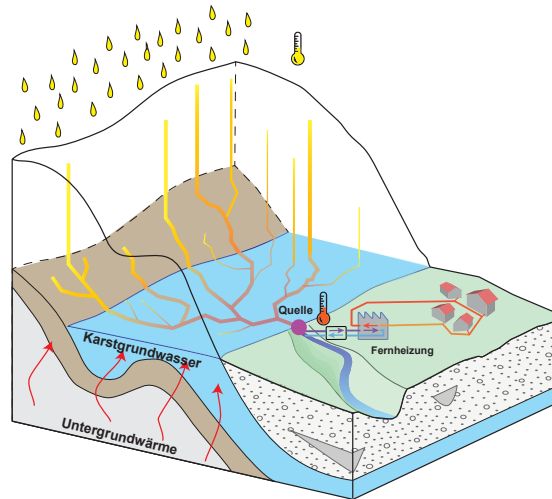
Figur 12: Simulation der Wärmeengewinnung aus einer 100 m tiefen vertikalen Erdwärmesonde, mit oder ohne Höhlen in der Nähe des Bohrlochs. Der Wärmeentzug findet in den ersten 90 Tagen statt, während sich die Bohrung während des restlichen Jahres erholt. Der ungünstigste Fall (violette Kurve) ist ein Bohrloch ohne Höhlen in der Nähe, bei dem der geothermische Fluss jedoch gleich null ist, da er durch die Wasserzirkulation in der Tiefe des Karsts abgeleitet wird. Die Situation ist etwas besser, wenn sich Höhlen in der Nähe des Bohrlochs befinden (blaue und grüne Kurve). Der Fall eines nicht verkarsteten Gebirges (schwarze Kurve) ist in allen Fällen günstiger.



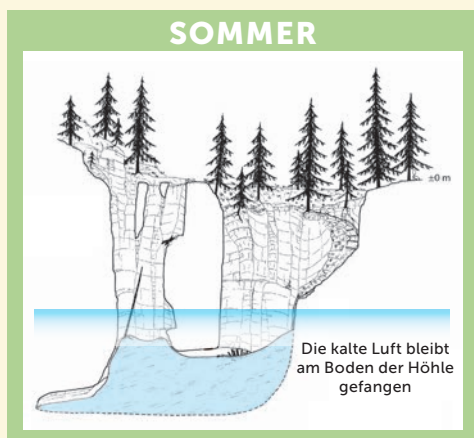
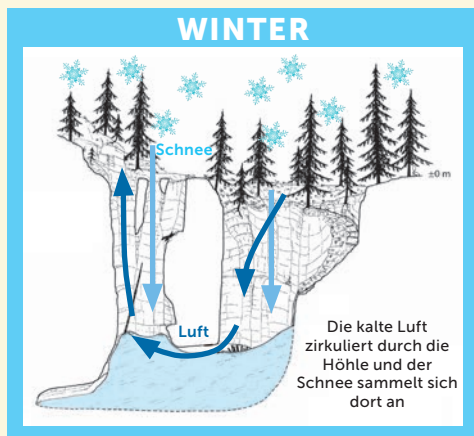
Eine weitere Möglichkeit, Wärme zu nutzen, besteht darin, grossen Wassermengen einige Grad zu entziehen. Diese Strategie wird derzeit von mehreren Schweizer Städten angewandt, die Wasser aus Seen als Energiequelle nutzen. In ähnlicher Weise ist es auch denkbar, Karstquellen zu nutzen, da sie eine hohe Fließgeschwindigkeit und eine konstante Temperatur aufweisen. Die verfügbaren Leistungen sind beträchtlich und erreichen oft mehrere Dutzend Megawatt (MW) pro Quelle: Diese Methode ist wesentlich einfacher und weniger riskant als die Förderung über Bohrungen. Das Prinzip wird in Figur 13 beschrieben: Ein Wärmetauscher kühlt das Wasser der Quelle mithilfe einer Wärmepumpe um 1 bis 3 °C ab. Diese Kühlung wird in der heutigen Zeit der globalen Erwärmung eher als Umweltvorteil gesehen. Das System hat jedoch den Nachteil, dass eine stromverbrauchende Wärmepumpe eingesetzt werden muss. Ein Projekt, das auf einen solchen Betrieb abzielt, wird derzeit im Kanton Jura diskutiert. Weitere könnten in naher Zukunft folgen.

Es werden weitere Überlegungen angestellt, um das Energiemanagement zu verbessern. Es ist den Energieversorgern bekannt, dass die Speicherung von Wärme eine grosse Herausforderung darstellt. Die im Rahmen unserer Forschung durchgeführten

Informationen und Simulationen deuten darauf hin, dass die Karstumgebung nicht weniger geeignet ist als andere, um Wärme zu speichern, und dass der Untergrund insgesamt aufgrund seiner hohen Wärmekapazität ein interessantes Medium darstellen kann. Wir bewerten daher, wie solche Speicher in Kalksteinregionen aussehen könnten. Die möglichen Szenarien sind recht zahlreich und die Überlegungen haben gerade erst begonnen...



Figur 13: Nutzung der Wärme von Karstquellen: Auf dem Weg durch das Karstmassiv erwärmt sich das Regenwasser um einige Grad. Es sammelt insbesondere die Wärme des Untergrunds, die an die Oberfläche gelangt, und zwar über die Dutzende von Quadratkilometern des Einzugsgebiets der Quelle. Seit einigen Jahren ermöglichen es Wärmepumpen, grossen Wassermengen einige Grad Wärme zu entziehen und die Wärme mit einer recht hohen Temperatur in eine Fernheizung einzuspeisen. So kann eine einzige Karstquelle im Prinzip mehrere tausend Wohnungen heizen!



Die Monlési-Eishöhle, eine kalte thermische Anomalie

Die in den letzten zehn Jahren durchgeführten Studien haben uns ein gutes Verständnis des Höhlenklimas ermöglicht. Ist die Monlési-Gletscherhöhle, in der sich der grösste unterirdische Gletscher des Juras befindet, ein Sonderfall? In der Tat weisen viele Höhlen Zonen auf, die kälter als normal sind. Klassischerweise findet man drei Situationen:

- 1) Es kann sich um Kaltluftfallen mit einem abfallenden Eingang handeln, bei denen im Winter kalte, dichte Luft nach unten sinkt und die Höhlenluft ersetzt. Im Sommer wird die kühle Höhlenluft nur wenig mit der Aussenluft ausgetauscht.
- 2) Es kann sich um eine belüftete Höhle mit zwei oder mehr Eingängen handeln, in der der Bereich des unteren Eingangs im Winter durch die einströmende kalte Luft normalerweise gekühlt wird, während sich im Sommer der Luftstrom umkehrt und die temperierte (aber nicht heisse) Höhlenluft dort zirkuliert.
- 3) Auch die Ansammlung von Schnee im Winter kann eine Kältequelle darstellen, die die Temperatur messbar beeinflusst.

Die Monlési-Eishöhle vereint alle drei Elemente in sich. Die Anomalie ist so gross, dass die Durchschnittstemperatur unter null Grad liegt, was zum Gefrieren von eindringendem Wasser und damit zur Eisbildung führt.

Es ist also vor allem die natürliche Geometrie des Standorts, die eine recht ausgeprägte lokale Abkühlung bewirkt.



Pierre-Yves Jeannin
Direktor
pierre-yves.jeannin@isska.ch



Marc Luetscher
Stellvertretender Direktor
marc.luetscher@isska.ch

Unserer Institut in fünf verschiedene, sich manchmal überschneidende Bereiche gegliedert: Wissenschaft, Geocomputing, Höhlenschutz, Bildung, Archäozoologie und Projekte im Zusammenhang mit dem Nationalfonds für Forschung. Hinzu kommen die Verwaltung und die Öffentlichkeitsarbeit.

Wir stellen hier einige Elemente aus diesen Sektoren vor, die das Jahr 2024 geprägt haben.

BILDUNG

Vom Abenteuer zur Wissenschaft ... in den Höhlen der Schweiz

27 Jahren nach dem Erscheinen von «Karst und Höhlen der Schweiz» von Andres Wildberger und Christian Preiswerk porträtiert ein neues Buch die unterirdische Schweiz. Das im letzten Jahr begonnene Werk ist wie geplant im September 2024 im Haupt Verlag AG erschienen. Es ist im Buchhandel, insbesondere in der Buchhandlung der SGH, oder direkt beim Verlag erhältlich. Die ersten Rückmeldungen sind begeistert, sei es von der Vielfalt der abgedeckten Themen oder von der Qualität der Illustrationen – die wir zu einem guten Teil den zahlreichen Beiträgen der Schweizer Höhlenfotografen zu verdanken haben.



Kurse, Vorträge und Exkursionen

Das Siska konnte 990 Personen erreichen, um sie für das Thema Karst und unterirdische Umwelt zu sensibilisieren, Zusammenhänge zu erklären oder sie zu befragen. Zusätzlich

zu dieser in diesem Jahr besonders hohen Zahl trat das Siska anlässlich der nationalen Höhlenforschertage bei einer Veranstaltung in den Höhlen von Milandre auf, die ein grosser Erfolg war und über 1000 Besucher in die Höhle lockte. Die Veranstaltung wurde vom Speleo Club du Jura organisiert. Das Siska war dort mit einem Stand vertreten und informierte den ganzen Tag über ununterbrochen Neugierige.

ARCHÄOZOOLOGIE

Die Höhlen von Vanil blanc in Haut-Intyamon (Freiburg)

In den Bergen des Vanil Blanc haben Höhlenforscher aus Freiburg eine erstaunliche Höhle entdeckt, das Trou de la Fève (Bohnenloch), in dem sich eine grosse Menge an Knochen befindet. Diese Knochen wurden nicht am unteren Ende von Schächten oder in fossilen Gängen entdeckt, sondern entlang eines kleinen unterirdischen Wasserlaufs. Es scheint sogar, dass sie hauptsächlich zwischen -75 m und -100 m abgelagert wurden. Dieser Fund ist ziemlich überraschend, da die Knochen gut erhalten sind, obwohl der Einfluss des Wasserlaufs sie hätte erodieren, brechen oder abstumpfen lassen müssen, was aber nicht der Fall war. Unsere Hypothese ist, dass die Knochen in einer tonhaltigen Matrix eingebettet waren und dass bei einem oder mehreren Hochwassern eine grosse Menge an Sedimenten mobilisiert wurde, die dann vom Fluss mitgeführt wurden. Es existiert also möglicherweise eine unbekannte paläontologische Fundstelle flussaufwärts.

Die Knochenfunde an der Fundstelle sind ebenfalls sehr interessant. Man findet Braunbären, hauptsächlich Jungtiere, aber auch Rothirsche, Marder, Hermeline, Hasen, Eichhörnchen und Vögel, darunter den kompletten Schädel einer Rabenkrähe. An der Basis des ersten Schachts wurden auch Haustierarten gefunden. Diese Tiere fielen erst in jüngerer Zeit in den Abgrund und sind unabhängig von dem Fossilkomplex, der im Rest der Höhle entdeckt wurde. Es handelt sich um Überreste von Hunden und Steinböcken, wobei der Hund auf 338 ± 22 Jahre vor heute datiert wird, was uns zeigt, dass der Eingangsschacht vor über 300 Jahren noch offen war, während er bei der



Eingang zum Bohnenloch (Kt. Freiburg).

Entdeckung der Höhle vor einigen Jahren verstopft war. Die Wildtier-Arten sind mit einem Alter zwischen 7830 (Hirsch) und 6275 Jahren vor heute (Bär) älter.

Diese Entdeckung ist umso interessanter, als in denselben Gebieten zwei weitere Höhlen Überreste von Rothirschen enthielten, von denen eine auf 6568 Jahre vor heute datiert wurde, also fast zeitgleich mit dem Hirsch aus dem Bohnenloch. Diese Daten geben also Aufschluss über die zu dieser Zeit vorhandene Fauna sowie über die Vegetation und das Klima. Der Vanil Blanc war also vor etwa 7000 Jahren teilweise von Wäldern bedeckt, in einem gemässigten Klima, das dem heutigen ähnelt.

VISUALKARSYS.COM

Eine stabilere und leistungsfähigere Anwendung!

Die Anwendung visualkarsys.com hat mittlerweile mehr als 1600 Nutzer und viele von ihnen nehmen an den Online-Kursen teil, die etwa alle zwei Monate stattfinden.

Im Jahr 2024 konzentrierten sich die Entwicklungen auf drei Themenbereiche: (i) Verbesserung des Moduls zur Simulation von Tracern und Kontaminanten, (ii) Erhöhung der Rechenleistung und (iii) Stärkung der Stabilität der Anwendung.

Das Modul «Tracer & Kontaminanten» ermöglicht es, hydrogeologische Verbindungen zu erfassen, die durch Tracer

nachgewiesen wurden, aber auch die Fließmodalitäten von Tracern oder eventuellen Kontaminanten, die an einem Punkt injiziert oder auf einer bestimmten Fläche ausgebracht wurden, dynamisch zu reproduzieren. Dieses Modul, das vom Staat Wallis finanziert wird, ermöglicht es, die vermuteten unterirdischen Zirkulationen direkt zu visualisieren und die manchmal komplexen Wege bestimmter Substanzen zwischen der Oberfläche und dem oder den betrachteten Quellen zu verstehen.

Das Rechenzentrum der Anwendung, mit dem unter anderem geologische 3D-Modelle, 3D-Renderings um Bohrungen oder Stollen und Profile erstellt werden, wurde komplett neu konzipiert und geschrieben, um alle Rechenprozesse zu beschleunigen. Die Rechenzeiten wurden in nur wenigen Monaten um den Faktor 3 reduziert und die Aussichten lassen auf noch grössere Zeitgewinne hoffen. Diese Entwicklungen werden von swisstopo über ein dreijähriges Projekt finanziert. Letztendlich könnte der «GeoCruncher» als webbasiertes Rechenzentrum für alle Arten von geostatistischen Prozessen angeboten werden.

Ausserdem wurde die Stabilität der Anwendung durch die Verwendung einer neuen serverseitigen Softwarestruktur verbessert. Diese Änderungen sind zwar für den Benutzer nicht sichtbar, aber sie sind erheblich und ermöglichen eine modularere Entwicklung der Anwendung.

Parallel dazu wurden Verbesserungen am Modul zur Erstellung und Bearbeitung von Schwachstellen sowie an Aspekten des Designs und der Nutzererfahrung vorgenommen. Fehler, die einer so komplexen Anwendung innewohnen, werden regelmässig behoben, und im Durchschnitt wird alle zwei Wochen eine neue Version von visualkarsys.com veröffentlicht. Die Nutzer können also regelmässig neue Funktionen entdecken und wesentliche Verbesserungen im laufenden Betrieb feststellen.

Für das Jahr 2025 sind die Anwendungs- und Entwicklungsperspektiven erfreulich. Im Rahmen eines von Nestlé Waters finanzierten Projekts ist bereits eine Pilotanwendung auf dem Gelände des Mineralwassers von Henniez (VD) geplant, und weitere Entwicklungen werden mit verschiedenen Partnern diskutiert.

HÖHLENSCHUTZ

Sanierung von Dolinen

Die Sanierung von Karstgebieten beschäftigte das SSKA dieses Jahr auf Gemeindegebiet von Ollon und markierte den Beginn eines

3- bis 4-jährigen Projektes, das von der Gemeinde mit Unterstützung des Kantons (DGE-GEODE) in Angriff genommen wurde. Ziel ist es, alle verschmutzten Dolinen auf dem Gemeindegebiet zu sanieren. Nach dem Quartier Ecovets werden die Weiler Panex und Plambuit von Forstteams, Freiwilligen aus internationalen Schulen und Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des SSKA in Angriff genommen, um die Abfälle zu beseitigen.



Laufende Arbeiten in den Dolinen von Ecovets, Gemeinde Ollon.

Biodiversität

Dieses Jahr war auch von zwei Projekten zur Biodiversität geprägt. Das eine war auf kantonaler Ebene angesiedelt und schloss eine vierjährige Periode der Forschung und Beobachtung der Neuenburger Trogllobiontenfauna in einer Auswahl von Höhlen ab, darunter die bekannten Höhlen von Vers-chez-le-Brandt und Gouffre de la Tourne. Das zweite Projekt erstellte eine nationale Übersicht über die bestehenden Inventare der in der Schweiz beobachteten höhlenbewohnenden Arten und integrierte Umwelt-DNA-Analysen, die in Zusammenarbeit mit der Universität Neuenburg durchgeführt wurden.



Der Trichaphaenops jurassicus ist ein endemischer Käfer, der in den Höhlen des Jura vorkommt.

ANGEWANDTE WISSENSCHAFT

Neben den Energieprojekten, die im Fokusteil dieses Berichts skizziert werden, gab es mehrere Projekte, die sich mit der Wasserqualität befassten. Die Schutzzonen

für Trinkwasserfassungen in Karstgebieten werden seit Ende der 1990er Jahre nach der sogenannten EPIK-Methode festgelegt. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) arbeitet seit mehreren Jahren an einer Revision dieser Methode. Diese haben wir an mehreren Beispielen getestet und das endgültige Dokument verfasst, das Anfang 2025 offiziell veröffentlicht werden soll. Dasselbe Amt wandte sich an uns, um zu evaluieren, inwieweit Trinkwasserentnahmen in Karstgebieten weniger mit Pestiziden belastet sind als anderswo. Die Studie, die auf den guten Kenntnissen der Karstgebiete des Berner Juras und des Kantons Solothurn beruht, hat die Situation für den gesamten Schweizer Jura beurteilt. Sie zeigt, dass nur wenige Prozent der Wasserfassungen von dieser Problematik betroffen sind, während die Mehrheit der Wasserfassungen im Schweizer Mittelland die neuen Normen in diesem Bereich nicht mehr erfüllt. In diesem Zusammenhang haben wir die Charakterisierung der



Messung von Temperatur, Leitfähigkeit und Schätzung der Durchflussmenge einer Quellgruppe in Balsthal.

Schweizer Karstgrundwasserreserven fortgesetzt, um potenziell nutzbare Ressourcen zu identifizieren, die die am stärksten verschmutzten Wasserfassungen ersetzen könnten.

Zum Thema Instabilitäten in Karstgebieten haben wir die Karte der Einsturzgefahren des Kantons Neuenburg aktualisiert, die Feldmessungen zum Verständnis der markanten Absenkung eines Teils der Stadt Muttenz (BL) abgeschlossen, die Herausgabe einer Broschüre über die Bewertung und das Management von Einstürzen in Karstgebieten für den Kanton Waadt beendet und die Probleme im Zusammenhang mit Karstphänomenen beim Bau mehrerer Tunnel in den Kantonen Neuenburg, Waadt und Bern bewertet.

Betriebsrechnung & Bilanz

BETRIEBSRECHNUNG	2024	2023
	CHF	CHF
Mandate	913 655,12	898 836,28
Subventionen	329 538,68	183 520,40
Projekt (SNF)	210 174,20	176 719,16
Übertrag der Unterstützung durch die Lot.Rom.	13 750,00	33 750,00
Verkäufe	3 410,10	4 852,97
Spenden	24 256,36	19 416,27
Andere Umsätze	7 244,60	27 491,44
./. MWST	(5 453,86)	(2 920,48)
Delkredereprovision	0,00	0,00
Total Ertrag	1 496 575,20	1 341 666,04
Honorare (Lieferanten)	(196 342,48)	(154 281,28)
Projektkosten (SNF)	(29 193,94)	(51 387,29)
Material	(61 775,53)	(2 702,02)
Druck & Herausgabe	(1 734,32)	(2 276,88)
Verbrauchsmaterial	(93 044,98)	(61 433,86)
Reisekosten	(23 529,70)	(15 446,94)
Diverse Kosten	(32 288,39)	(53 924,78)
Bruttomarge I	1 058 665,86	1 000 212,99
Personalkosten	(973 311,10)	(915 799,22)
Bruttomarge II	85 354,76	84 413,77
Miete	(39 722,17)	(30 170,00)
Versicherungen	(4 509,60)	(4 590,30)
Betriebskosten	(4 600,00)	(3 600,00)
Betriebsrechnung vor Zinsen, Kosten und Produkte	36 522,99	46 053,47
Ertrag	970,60	762,75
Finanzielle Belastungen	(1 500,24)	(1 816,22)
Jahresgewinn vor Zuteilung Reservefonds	35 993,35	45 000,00
Zuteilung Reservefonds	0,00	0,00
ÜBERSCHUSS DER (AUSGABEN) / EINNAHMEN	35 993,35	45 000,00

BILANZ PER 31. DEZEMBER	2024	2023
	CHF	CHF
AKTIVA		
Umlaufvermögen		
Finanzwesen und Aktiva mit Börsennotierung		
• Liquidität	324 193,93	240 562,91
• Titel mit kurzer Notierung	10 214,12	8 128,42
Schulden aus Verkäufen oder Leistungen an Dritte	313 193,30	233 891,83
Andere kurzfristige Schulden an Dritte	995,16	0,00
Nicht verrechnete Arbeiten		
• Laufende Arbeiten	94 517,62	54 637,67
Transitorische Aktiva	3 010,00	3 010,00
	746 124,13	540 230,83
Umlaufvermögen immobilisiert		
Finanzanlagen	1 569,49	1 562,68
Sachanlagen netto	0,00	2 072,01
Total Umlaufvermögen immobilisiert	1 569,49	3 634,69
Total Aktiva	747 693,62	543 865,52

BILANZ PER 31. DEZEMBER	2024	2023
	CHF	CHF
PASSIV		
Fremdkapital kurzfristig		
Schulden aus Lieferungen und Leistungen	29 230,76	22 169,25
Andere kurzfristige Schulden mit Zinsen	10 000,00	10 000,00
Andere kurzfristige Schulden	54 223,60	29 384,99
Transitorische Passiva	302 887,03	251 952,40
	396 341,39	313 506,64
Fremdkapital langfristig		
Andere langfristige Schulden mit Zinsen	30 000,00	40 000,00
	30 000,00	40 000,00
Eigenkapital		
Gründungskapital	355 000,00	260 000,00
Reservefonds	120 000,00	120 000,00
Ausgabenüberschuss in der Bilanz		
• Übertragene Ausgaben	(189 641,12)	(234 641,12)
• Einnahmenüberschuss	35 993,35	45 000,00
Total Eigenkapital	321 352,23	190 358,88
BILANZSUMME	747 693,62	543 865,52



Rapport de l'organe de révision sur le contrôle restreint au Conseil de fondation de ISSKA, Institut Suisse de Spéléologie et Karstologie, La Chaux-de-Fonds

En notre qualité d'organe de révision, nous avons contrôlé les comptes annuels (bilan, compte de résultat et annexe) de ISSKA, Institut Suisse de Spéléologie et Karstologie pour l'exercice arrêté au 31 décembre 2024.

La responsabilité de l'établissement des comptes annuels incombe au Conseil de fondation alors que notre mission consiste à contrôler ces comptes. Nous attestons que nous remplissons les exigences légales d'agrément et d'indépendance.

Notre contrôle a été effectué selon la Norme suisse relative au contrôle restreint. Cette norme requiert de planifier et de réaliser le contrôle de manière telle que des anomalies significatives dans les comptes annuels puissent être constatées. Un contrôle restreint englobe principalement des auditions, des opérations de contrôle analytiques, ainsi que des vérifications détaillées appropriées des documents disponibles dans l'entité contrôlée. En revanche, des vérifications des flux d'exploitation et du système de contrôle interne ainsi que des auditions et d'autres opérations de contrôle destinées à détecter des fraudes ou d'autres violations de la loi ne font pas partie de ce contrôle.

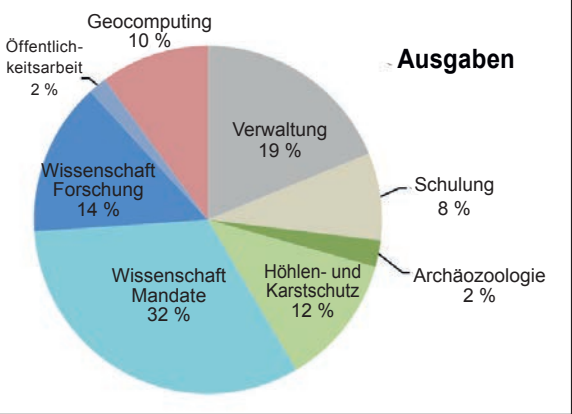
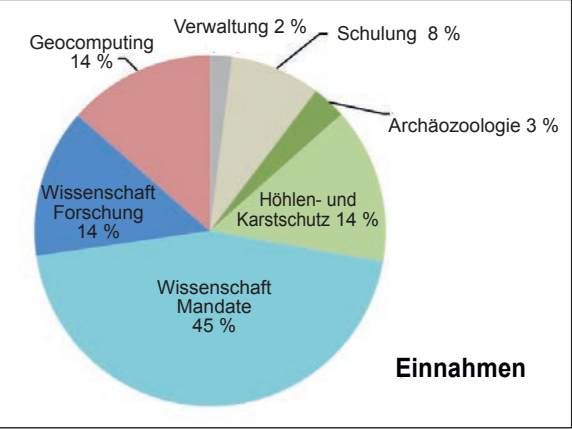
Lors de notre contrôle, nous n'avons pas rencontré d'éléments nous permettant de conclure que les comptes annuels ainsi que la proposition concernant l'emploi du bénéfice au bilan ne sont pas conformes à la loi suisse et à l'acte de fondation.

La Chaux-de-Fonds, le 7 avril 2025

FIDUCONSULT ACTA SA

Laszlo Kelemen
Expert-réviseur agréé
(Responsable du mandat)

Kevin Lombard
Réviseur agréé



Ein kontrastreiches Jahr

Das Jahr 2024 begann mit einem hohen Tempo, das uns dazu veranlasste, über neue Personaleinstellungen nachzudenken, insbesondere im Hinblick darauf, dass wir einen unserer Mitarbeiter ersetzen mussten, der in den Ruhestand ging. Einige grosse Projekte sicherten die Basisarbeit für das gesamte Team, dazu kamen zahlreiche kleinere Projekte. Anfang des Jahres wurde bekannt, dass der Nationalfonds ein neues Forschungsprojekt zu den Sedimenten der Jura-Höhlen unterstützen wird.

Die beiden Doktoranden würden in den nächsten vier Jahren die Doktoranden ersetzen, die gerade ihre Dissertation beendeten (Projekt über die Thermik von Karstsystemen). Während des Sommers geriet das Rad jedoch etwas ins Stocken. Ein grosses Projekt zur 3D-Modellierung, das allein fast 10 % unseres Budgets über mehrere Jahre ausmachte, musste gestoppt und sogar abgesagt werden, bevor es überhaupt richtig begonnen hatte. Andere wichtige Projekte kamen nur schleppend in Gang oder wurden ganz auf Eis gelegt. Im Laufe des Herbstes waren zwei Mitarbeiter etwas unterbeschäftigt. Die Aussicht, neue Mitarbeiter einzustellen, schwand und es bedurfte einiger Anstrengungen, um für alle eine Arbeit zu finden.

Insgesamt endete das Jahr jedoch sehr ansehnlich, und das sehr hohe Tempo im ersten Halbjahr konnte die relative Ruhe zum Ende des Jahres ausgleichen. Der Betriebsgewinn betrug schliesslich rund 70'000.-, was sehr ansehnlich ist und es uns ermöglicht, unser Programm zur Kompensation der im Jahr 2022 erzielten Verluste zu verfolgen.

Der Haushalt 2025 wurde also in einem eher angespannten Umfeld erstellt, mit einem höheren Anteil an Unsicherheit als zwölf Monate zuvor, aber einer insgesamt verbesserten

Finanzlage. Ab Herbst setzten wir Energie ein, um neue Wege zu erkunden. Zu Beginn des Jahres galt nur 1/3 unseres Budgets als sicher (mit unterzeichneten Verträgen), was im Vergleich zu den meisten Vorjahren wenig war. Bis Ende März 2025 stieg die Quote auf 63 % und wir sind zuversichtlich, dass wir die veranschlagten Beträge annähernd erreichen werden, dürfen aber in unseren Bemühungen nicht nachlassen...

Die Geschäftsentwicklung resultiert hauptsächlich aus Projekten im Zusammenhang mit der Wasserwirtschaft, dem Tunnelbau und der Entwicklung erneuerbarer Energien (Wind-, Wasser- und Solarenergie). Sie eröffnen unserem Institut sehr interessante neue Perspektiven, die zu unseren üblichen Aktivitäten (Forschung, Lehre, Aufklärung, Altlastensanierung) hinzukommen. Wir hoffen auch, dass es uns gelingen wird, den Aspekt der unterirdischen Biologie weiter zu entwickeln.

Eine wiederkehrende Schwierigkeit bei der Leitung eines Instituts wie dem unseren ist die sehr grosse Variabilität der Zeiträume zwischen einem positiven Signal zu einem Projekt, das auf eine hohe Wahrscheinlichkeit hindeutet, dass ein Vertrag unterzeichnet wird, und dem tatsächlichen Beginn der Arbeiten und der daraus resultierenden ersten Rechnung... Normalerweise vergehen Monate, aber nicht selten mehr als ein Jahr... Es bedarf also einer gewissen Erfahrung und Beweglichkeit, um das Arbeitsmanagement innerhalb unserer Teams anzupassen!

Pierre-Yves Jeannin, Direktor



Das SSKA in Kürze

Das SSKA, eine gemeinnützige Stiftung ohne Gewinnabsicht, wurde im Februar 2000 auf Initiative der Schweizerischen Gesellschaft für Höhlenforschung ins Leben gerufen. Der Sitz befindet sich in La Chaux-de-Fonds.

Das SSKA arbeitet mit der ETH und verschiedenen Universitäten in der Schweiz und im Ausland zusammen.

Das SSKA, für wen und wofür?

Ein Ziel des SSKA ist es, die Behörden und Beratungsbüros betreffend die spezifischen Eigenheiten von Karst und Höhlen zu unterstützen. Es stellt ein einzigartiges Kompetenzzentrum zur Verfügung.

Dank seines weitverzweigten Netzes von Partnern und Mitarbeitern ist es dem SSKA möglich, Kontakte zu den besten schweizerischen und europäischen Fachleuten in den entsprechenden Bereichen zu unterhalten.

Das SSKA kann je nach Auftrag als Partner, Subunternehmer oder als Experte aktiv werden.

Im Bereich der Grundlagenforschung reicht die Bandbreite von der unterirdischen Klimaforschung über die Archäologie und Paläontologie bis hin zur Hydrogeologie oder Speläogenese. Diese Projekte werden im Rahmen von Doktoraten oder Universitätsdiplomen durchgeführt; das SSKA übernimmt hierbei die wissenschaftliche Leitung, Koordination und Begleitung in Zusammenarbeit mit den beteiligten akademischen Kreisen.

Arbeitsbereiche

- Wissenschaftliche Grundlagenforschung und angewandte Forschung
- Geocomputing
- Höhlen- und Karstschutz
- Archäozoologie
- Bildung und Sensibilisierung

Mitglieder des Stiftungsrates

Borer Paul (Kanton Bern)
Cailhol Didier (Spéléo Club Jura)
Deriaz Patrick (individuell)
Grossenbacher Yvan (SC Préalpes fribourgoises)
Häuselmann Anamaria (Kom. für wissenschaftliche Speläologie SGH)
Hug Peter Dorothea (SCNAT)
Lalou Jean-Claude (Sublime)
Malaguerra Flavio (Bundesamt für Umwelt / BAFU)
Martin Suzette (SGH-Basel)
Meier Hansrudolf (Schweizerische Gesellschaft für Speläologie)
Perrochet Pierre (Kanton Neuenburg)
Roth Edouard (Kanton Jura)
Schneider Pierre (Stadt La Chaux-de-Fonds)
Stünzi Hans (AGS-Regensdorf)
Wildberger Andres (individuell)
Vacant (AG-Höllochforschung)

Publikationen 2024

International

BARTOLOMÉ, M., LUETSCHER, M., STOLL, H., MORENO, A., & BENITO, G. (2024). Extreme flood events in the western Mediterranean : Integrating numerical MODelling and flood records in KARST systems (MODKARST project). *Geogaceta*, 75, 95-98. <https://doi.org/10.55407/geogaceta100997>.

CALVET, M., GUNNELL, Y., DELMAS, M., BRAUCHER, R., JAILLET, S., HÄUSELMANN, P., DELUNEL, R., SORRIAUX, P., VALLA, P. G., & AUDRA, P. (2024). Valley incision chronologies from alluvium-filled cave systems. *Earth-Science Reviews*, 258(104963), 40 p. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.104963>.

GIMÉNEZ, R., MORENO, A., LUETSCHER, M., EZQUERRO, L., DELGADO-HUERTAS, A., BENITO, G., & BARTOLOMÉ, M. (2024). Mitigating flood risk and environmental change in show caves : Key challenges in the management of the Las Güixas cave (Pyrenees, Spain). *Journal of Environmental Management*, 370, 122285. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122285>.

KLABA, V., CELLE, H., TRAP, P., CHOULET, F., SMERAGLIA, L., MALARD, A., & CARRY, N. (2024). Multi-scale hydrostructural approach for karst environment. Application to the Arcier hydrosystem (eastern France). *Journal of Structural Geology*, 184, 105154. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2024.105154>.

PASTORE, C., SEDAGHATKISH, A., WEBER, E., SCHMID, N., JEANNIN, P.-Y., & LUETSCHER, M. (2024). Monitoring air fluxes in caves using digital flow metres. *International Journal of Speleology*, 53(1), 63-73. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.53.1.2500>.

PASTORE, C., WEBER, E., DOUMENC, F., JEANNIN, P.-Y., & LÜTSCHER, M. (2024). Dispersion of artificial tracers in ventilated caves. *International Journal of Speleology*, 53(1), 51-62. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.53.1.2497>.

SEDAGHATKISH, A., DOUMENC, F., JEANNIN, P.-Y., & LUETSCHER, M. (2024). Modelling the effect of free convection on permafrost melting rates in frozen rock clefts. *The Cryosphere*, 18(10), 4531-4546. <https://doi.org/10.5194/tc-18-4531-2024>.

SEDAGHATKISH, A., PASTORE, C., DOUMENC, F., JEANNIN, P., & LUETSCHER, M. (2024). Modeling Heat Transfer for Assessing the Convection Length in Ventilated Caves. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 129(6), e2024JF007646. <https://doi.org/10.1029/2024JF007646>.

SPÖTL, C., BAKER, J. L., SKIBA, V., HONIAT, A., FOHLMEISTER, J., LUETSCHER, M., & TRÜSSEL, M. (2024). Speleothems in subglacial caves : An emerging archive of glacial climate history and mountain glacier dynamics. *Quaternary Science Reviews*, 333(108684), 20 p. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2024.108684>.

National / Regional

LÜTHI, C. (2024a). Das Höhlentier des Jahres 2025. *L'Animal Cavernicole de l'Année 2025. Stalactite*, 2(74), 35-39.

LÜTHI, C. (2024b). Die CaveLife-App – eine Tour d'Horizon. *L'appli CaveLife – un tour d'horizon. Stalactite*, 2(74), 55-63.

JEANNIN, P. Y. (2024a). Inventaire spéléologique du canton de Neuchâtel, la grotte de Prépunel. *Cavernes*, 68, 12-16.

JEANNIN, P. Y. (2024b). Inventaire spéléologique du canton de Neuchâtel, la grotte du Seyon. *Cavernes*, 68, 20-23.

JEANNIN, P. Y. (2024c). Réflexions sur la topographie souterraine... à partir de l'exemple de Prépunel. *Cavernes*, 68, 17-19.

WENGER, R., PERRET, A., LALOU, J.-C. (2024). Dans les grottes de Suisse. 239 p. Haupt Verlag.

Akten

ORTLER, M., MOERNAUT, J., RECHENMACHER, J., FRANCO, A., HÄUSELMANN, P., NEUMAIR, L., STRACHWITZ, M., & HEINE, E. (2024). Signals of two earthquakes at Lake Altaussee (Salzkammergut, Austria). *Proceedings, Abstract*.

Das SSKA lebt auch dank ihrer Spenden

Ihre Spenden ermöglichen es uns beispielsweise, Knochen zu datieren, Höhlen zu säubern oder in Schulen die Kenntnis über Karst und Höhlen zu fördern. Sie unterstützen uns auch bei der Betreuung von Diplomen und Doktorarbeiten sowie bei der wissenschaftlichen Unterstützung von Schweizer Höhlenforschern, die dies wünschen.

Unser Konto : CH12 8080 8004 4839 3207 3, ISSKA, Schweizerisches Institut für Speläologie und Karstologie
Eine Spendenbescheinigung für Ihre Steuerabzüge wird Ihnen automatisch zugesandt.

