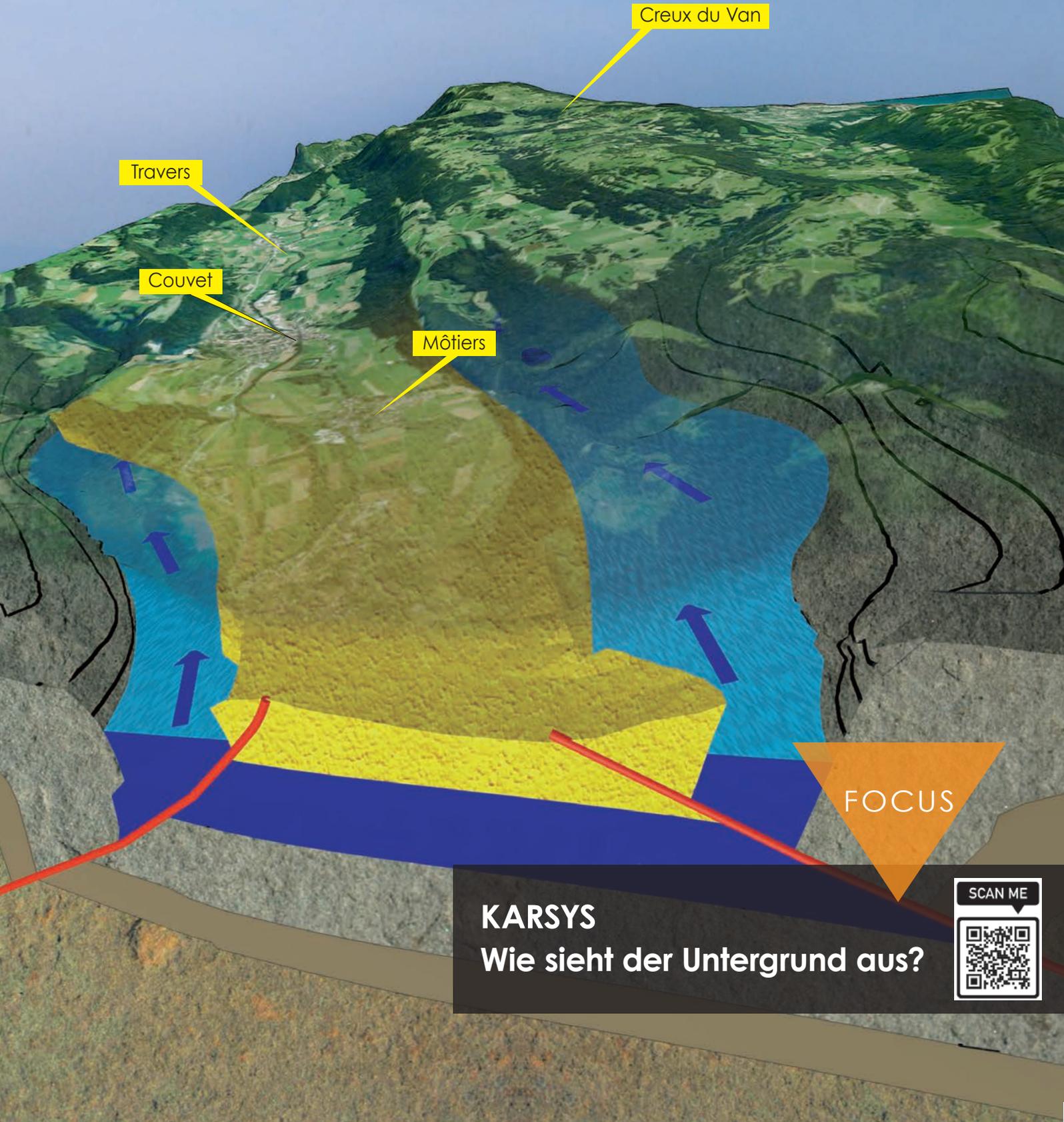


JAHRESBERICHT 2019



INHALTSVERZEICHNIS

FOCUS

KARSYS

- 4 **Wie sieht der Untergrund aus?**
- 6 **Beobachtungen und Massnahmen**
- 8 **Explizites konzeptuelles Modell:
den Untergrund so konkret wie
möglich darstellen**
- 10 **Numerische Modelle:
Simulation der Vorgänge im Untergrund**

Verschiedene Aktivitäten

- 12 **Eine Übersicht der anderen Aktivitäten
des Instituts**

Varia

- 14 **Veröffentlichungen**
- 14 **Mitarbeiter**
- 14 **Medien**
- 14 **Soziale Netzwerke**
- 15 **Betriebsrechnung & Bilanz**

Liste der wichtigsten Partner im Jahr 2019:

- ▶ Bundesamt für Umwelt (BAFU)
- ▶ Bundesamt für Strassen (ASTRA)
- ▶ Bundesamt für Landestopografie (Swisstopo)
- ▶ Direction régionale des affaires culturelles – Aquitaine (F) (DRAC-AQ)
- ▶ Bureau de recherches géologique et minière (F) (BRGM)
- ▶ Direction générale de l'environnement du Canton de Vaud (DGE)
- ▶ Dienststelle für Umwelt des Kantons Wallis (DUW)
- ▶ Service de l'énergie et de l'environnement du canton de Neuchâtel (SENE)
- ▶ Amt für Umwelt des Kantons Solothurn (AFU)
- ▶ Institut pour les technologies 4D (i4Ds)
- ▶ Laboratoire FAST, Université de Paris Sud
- ▶ Stadt La Chaux-de-Fonds



Bohrung durch ein Bergwerk zur Überwachung
des Grundwasserspiegels.

Editorial

Wichtige Projekte Große Unsicherheiten Welche Zukunft für das SISK A?

Auf der positiven Seite: ein auf 4 Jahre angelegtes Projekt des Nationalfonds zur Thermik der Karstsysteme, ein innovatives und vielversprechendes Instrument zur Modellierung des Untergrunds, das auf großes Interesse stößt, internationale Projekte (Algerien, Guadeloupe, Réunion), Anfragen im Bereich Naturgefahren, ein Speläion-Forum in Sicht.

Auf der dunklen Seite: ein schwieriges Ende des Finanzjahres 2019, Mandate, die sehr zögernd unterzeichnet werden, eine Gesundheitsbombe, die alle trifft: Die Covid19-Pandemie, ein Hammerschlag für eine Stiftung wie das SISK A. Projekte, die aufgrund der mangelnden Mobilität nicht durchgeführt werden können, verlangsamter Fortschritt in Belangen der übrigen Gesellschaft, administrative Schwierigkeiten bei der Erlangung der vom Bund vorgeschlagenen finanziellen Unterstützung und bei der Organisation der Fernarbeit...

Die Krise überstehen: Das SISK A hat vom ORCT eine positive Antwort für die Kurzarbeit des Personals erhalten. Diese Unterstützung ist eines der Elemente, die es uns ermöglichen sollten, aus der schlechten Situation herauszukommen, insbesondere in einer Zeit, in der wir gerade zwei neue Mitarbeiter eingestellt haben, für neue Projekte.

Das SISK A wurde gegründet, um spezifische wissenschaftliche Expertise im Karst anzubieten, und das seit zwanzig Jahren. In wenigen Tagen oder Wochen müssen nun wegen COVID-19 zusätzlich gesellschaftliche Kompetenzen an den Tag gelegt werden, um das Boot aus dem Sturm zu retten.

Der Jahresbericht 2019, der sich auf den KARSYS-Ansatz konzentriert, ist eine Demonstration der Dynamik und Kompetenz des SISK A. KARSYS ist ein vom Institut entwickeltes Werkzeug, das es uns erlaubt, unser Wissen über den Untergrund synthetisch darzustellen und zu interpretieren. Es ist ein wertvolles Managementinstrument im Dienste der öffentlichen Institutionen.

Hoffen wir, dass diese Errungenschaften noch lange Zeit anerkannt, geschätzt und auch verbreitet werden.

Jean-Claude Lalou, Präsident der Stiftung

HYDROGEOLOGIE

Wie sieht der Untergrund aus?

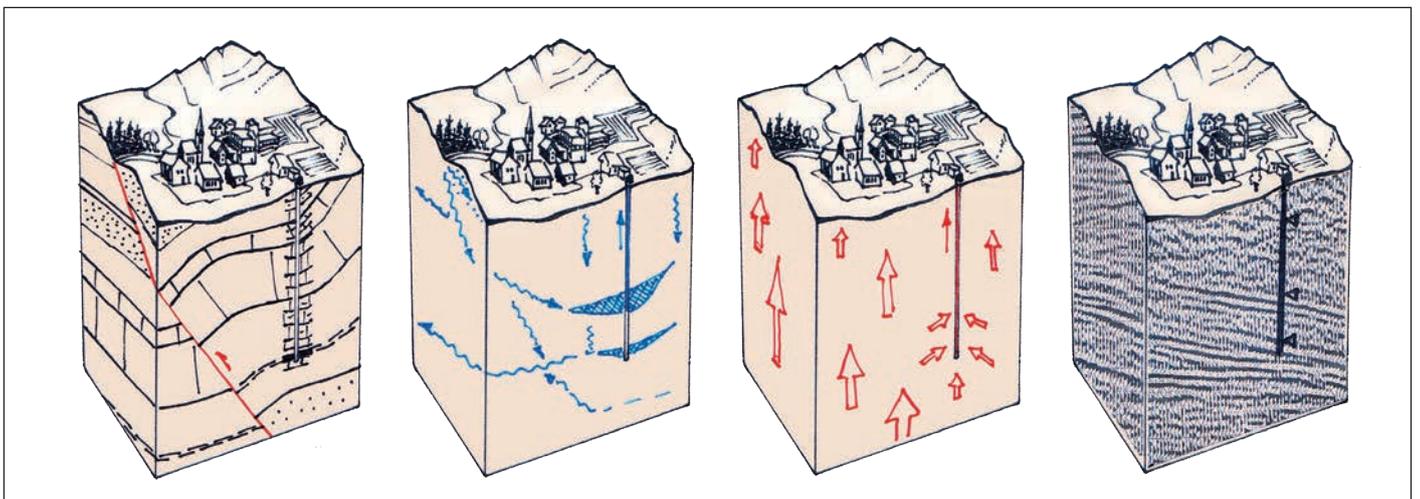
**Was tut das SSKA, um den Untergrund besser zu verstehen und zu präsentieren?
Der Untergrund ist nicht zu sehen, man muss ihn sich vorstellen! Die einzige Möglichkeit,
ihn abzubilden, ist, Modelle davon zu. Seit 20 Jahren modelliert und entwickelt das SSKA
Methoden, um den Untergrund besser zu verstehen und darzustellen.**

Um den Untergrund einzuschätzen, leitet die Geologie unsere Vorstellungskraft: Der Geologe beschreibt die Gesteine und schätzt ihre Verbreitung ab. Auf diese Weise ist es möglich, zu zeigen, welches Gestein sich möglicherweise an welcher Stelle befindet, und sich für ein bestimmtes Gestein dessen Eigenschaften vorzustellen. Die Mächtigkeit der Gesteine variiert jedoch im Raum, und Falten und Brüche versetzen sie. Es ist schwierig, die

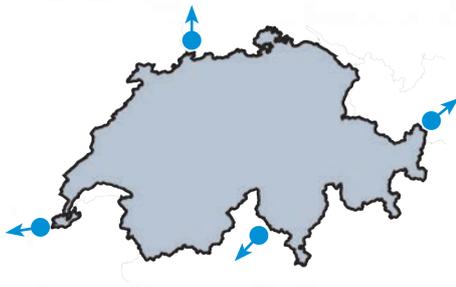
genaue Tiefenposition jedes Gesteins abzuschätzen. Die Daten aus geologischen Karten sind somit oft unzureichend, und es sind Bohrungen oder geophysikalische Untersuchungen erforderlich, um die im Allgemeinen immer noch erhebliche Unsicherheit zu verringern.

Im löslichen Kalkstein gräbt die Natur ein Höhlennetz, das fast das gesamte Wasser absorbiert. Um die Gewässer in Karstgebieten

zu verstehen, ist es notwendig, das Aussehen des Karstnetzes, das im Wesentlichen unsichtbar ist, zu skizzieren. Es ist fast so, als würde man Oberflächengewässer studieren, ohne eine Karte von Flüssen und Seen zu besitzen. Seit 20 Jahren entwickelt das SSKA Methoden und Werkzeuge zur Konstruktion von konzeptuellen, expliziten Modellen des unterirdischen Abflusses (Organisation des Karstwassernetzwerks im Einzugsgebiet der Quellen).



Der Untergrund ist unsichtbar, wir machen uns ein Bild (Modell) davon entsprechend der Frage, die wir uns stellen. Der Geologe fragt sich, wie sich die Schichten der verschiedenen Gesteine unter seinen Füßen ausbreiten und wie sie verformt sind. Der Hydrogeologe interessiert sich für die Ansammlung von Trinkwasser und die Durchlässigkeit, die im Untergrund sehr variabel sein kann. Der Ingenieur, der geothermische Energie nutzen will, interessiert sich für Wärme flüsse und -kapazitäten. Der Geophysiker misst z.B. elektromagnetische Tomographie, Georadarreflexionen oder, wie hier gezeigt, Reflexionsseismik. In jedem Fall handelt es sich um Modelle, deren wahre Eigenschaften nur sehr lokal, beispielsweise durch ein Bohrloch, bekannt sind.



Wie werden die Gewässer der Schweiz verwaltet? Der erste Schritt ist die Erkenntnis des Abflusssystems. Dort werden dann Messstationen eingerichtet, die eine Modellierung der Abflussmengen für verschiedene Bedingungen ermöglichen.



Zum Verständnis machen wir folgende Analogie:

Stellen wir uns vor, Sie wollen ein Haus kaufen, dessen Fensterläden seit Jahren verschlossen sind, das einem Erben gehört, der weit entfernt wohnt und von dem Sie keine Kontaktdaten haben. Bevor Sie investieren, möchten Sie die zu leistende Arbeit abschätzen. Dazu müssen Sie – oder ein Architekt – versuchen, das Innere des Gebäudes darzustellen, ohne es betreten zu können. Anhand verschiedener Anhaltspunkte versuchen Sie, sich die Anzahl, Grösse und Anordnung der Räume vorzustellen. Als Anhaltspunkte werden Sie die Position der Tür und der Fenster, ihre Grösse, die Form des Daches usw. verwenden. Diese Rekonstruktion, basierend auf verschiedenen Hinweisen ähnelt der Arbeit eines Untergrundmodellierers, für die er Werkzeuge entwickelt.

In unserer Karst-Analogie wäre der Geologe derjenige, der die Pläne für das unbekannte Haus skizziert, und der Hydrogeologe wäre derjenige, der sich für das Heizrohr- und Heizkörpersystem interessiert. Die Frage der Wandstabilität wäre die Arbeit des Geotechnikers.

Durch die Schätzung des Hausvolumens, der Heizleistung und der Dämmleistung von Dach, Wänden und Fenstern kann der jährliche Energieverbrauch des Hauses abgeschätzt werden. Diese Schätzung gibt einen Hinweis auf die jährlichen Heizlasten des Hauses.



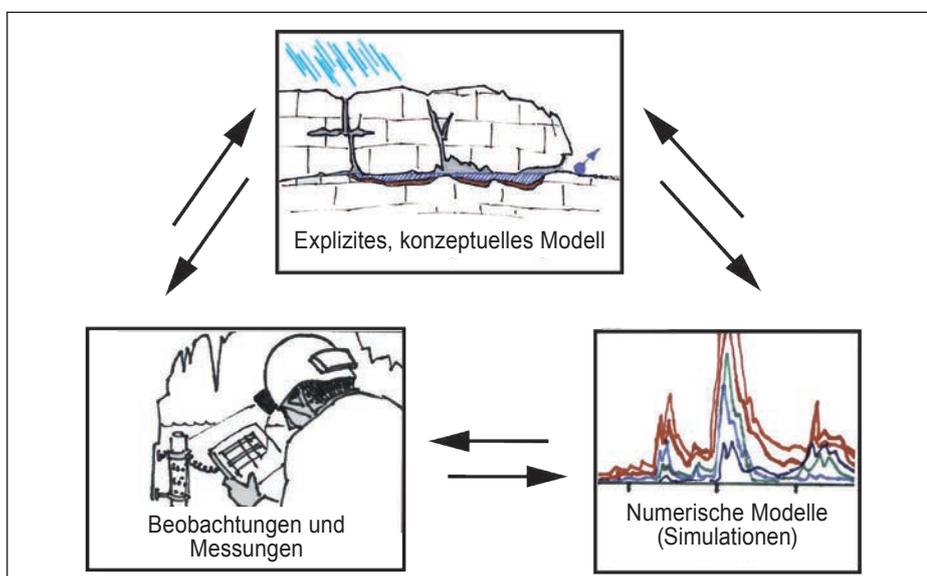
Auf der Grundlage dieses Modells und um den Untergrund besser zu verstehen, können wir versuchen, die Strömungen zu simulieren, um die physikalische Kohärenz des Konzepts zu überprüfen: Reicht die Grösse der Leitungen aus, um das gesamte beobachtete Wasser durchfliessen zu lassen? Reicht die Menge der Leitungen aus, um das Wasser der intensivsten Regenfällen aufzunehmen? Ist die Fliessgeschwindigkeit mit den bei Markierversuchen beobachteten Geschwindigkeiten kompatibel?

Es gibt zahlreiche Simulationswerkzeuge, sowohl für die Oberflächenhydrologie als auch für die Grundwasserströmung. Das SSKA ist das einzige Institut, welches eine Methode entwickelt, die eine 3D Konstruktion des konzeptuellen Modells erlaubt.

Eine Kombination dieser Werkzeuge ist in der Regel erforderlich, um sich

den Strömungsbedingungen im Karst anzunähern.

Natürlich sind zur Auswertung der Modellergebnisse Feldbeobachtungen und Messungen erforderlich, die mit den Simulationsergebnissen verglichen werden können und die es uns ermöglichen, das konzeptuelle Modell zu verbessern. Genauso wie eine Brücke gebaut werden muss, um einen Fluss zu überqueren, stellen unterirdische Höhlensysteme besondere Probleme dar, wenn ein Tunnel gegraben wird oder wenn der Bau eines Gebäudes über einem unterirdischen Hohlraum vermieden werden soll. Seit seiner Gründung hat das SSKA Methoden entwickelt, um immer präziser zu bestimmen, wo sich die Karstsysteme befinden und was ihre Eigenschaften sind. Dies ist ein wichtiges Thema für das Wasser- und Umweltmanagement in Kalksteinregionen, die 20 % der Oberfläche der Kontinente bedecken.



Man kann den Untergrund nicht sehen, man muss ihn sich vorstellen. Wir bauen daher ein konzeptuelles Modell auf, dessen hydraulische Konsistenz mit einem Strömungssimulationsmodell getestet wird. Der Vergleich der Simulationsergebnisse mit Feldmessungen ermöglicht eine Verbesserung des konzeptuellen Modells.

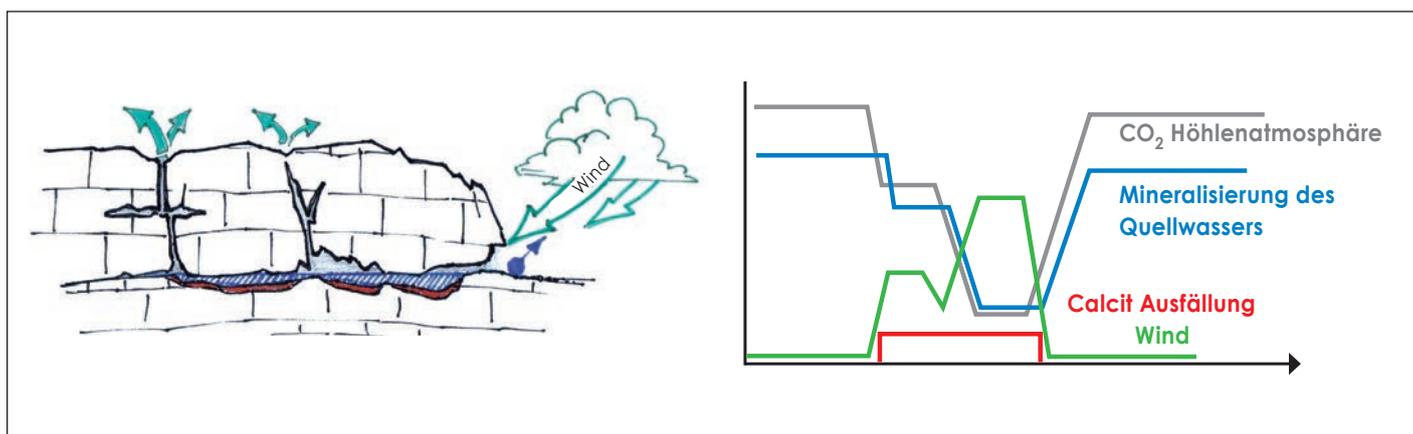
Beobachtungen und Massnahmen

In der Praxis beginnt der Prozess fast immer mit einer Reihe von Beobachtungen und Messungen. Während es klar ist, dass Wasser immer und überall von hohen zu niedrigen Lagen fließt, sind andere Elemente standortspezifisch. Die geologische Struktur ist zum Beispiel standortspezifisch und bestimmt die Entwässerungsachsen, indem einige Gesteine durchlässig sind und andere nicht. Daher beginnen wir fast immer mit der Suche nach Felddaten, um ein erstes Schema zu erstellen, das als Grundlage für ein explizites konzeptuelles Modell und dann für die Simulation dient.

Um uns den Untergrund vorzustellen, verwenden wir oft Beobachtungen, die in anderen Kalkregionen gemacht wurden, insbesondere in solchen, die gut dokumentiert sind und in denen wir direkte Beobachtungen machen konnten (Höhlen, Tunnel, Bohrlöcher). Deshalb ist unser unterirdisches Labor in Milandre wichtig. Es ist dort möglich, Messungen an den Quellen des Systems und, dank der Höhle, am unterirdischen Fluss zu machen. Dazu kann das die Höhle umgebende Gestein dank zahlreicher Bohrungen, die im Zusammenhang mit dem Bau der Autobahn A16 durchgeführt wurden, beobachtet werden. Es hat viel

Überlegung und technische Entwicklung erfordert, bestimmte Parameter unter nicht immer einfachen Bedingungen zu messen.

Diese Daten bestätigten zunächst das allgemein akzeptierte Muster eines Karstwassernetzes, das ein Volumen von zerklüftetem Kalkstein entwässert. Sie betonten jedoch auch, dass dieses Modell nicht ausreicht, um alle Beobachtungen zu erklären. Mehrere andere Elemente können nicht ignoriert werden: zum Beispiel, dass eine nicht vernachlässigbare Menge Wasser in der ungesättigten Zone gespeichert



Wenn es kalt ist, weht Aussenluft durch die Höhle und senkt den CO₂-Gehalt der Höhlenluft. Im unterirdischen Fluss fällt nun Calcit aus und so nimmt der Mineralgehalt des Wassers an der Quelle ab.



Wasserinfiltrationssystem zur Speisung der Tropfsteine, die sich unter der undurchlässigen Oberfläche der Autobahn befinden.



Messtation im unterirdischen Labor von Milandre.

wird, oder dass Variationen des Fließquerschnitts in Karstkanälen (Seen und Verengungen) eine wichtige Rolle beim Transfer von Substanzen (Schadstoffen, Tracern, Partikel, Sedimente) spielen.

Im Laufe der Jahre haben wir festgestellt, dass die Luftströmungen durch die Karstmasse nicht nur eine Rolle für die Temperatur der Höhle spielt, sondern auch für die Chemie des Wassers spielen.

Die Überwachung, die sich anfangs sehr auf das Grundwasser konzentrierte, wurde daher auf das Höhlenklima ausgedehnt.

Die Details der Wechselwirkungen zwischen dem Boden über dem Karst und dem Gestein ist ein Bereich, in dem noch gezielte Beobachtungen erforderlich sind. Dies ist besonders wichtig für die Bewertung der Kohlenstoffflüsse, die die Wasserqualität und die unterirdischen Biotop kontrollieren.



Tracer-Tests in offenem und bedecktem Karst: links bewegt sich der Farbstoff mehrere Kilometer pro Tag; rechts brauchte der Tracer mehr als 5 Jahre, um die Höhle in 50 Metern Tiefe zu erreichen!



... Folge der Analogie

Wenn ich erwäge, eine Wand im Haus zu entfernen (oder hinzuzufügen), ist es unerlässlich, vorher einen genauen Plan zu erstellen, anhand dessen sich beurteilen lässt, ob die Wand tragend ist oder nicht. Es muss auch überlegt werden, wie eine Beschädigung des Heizsystems durch Zerstörung der Wand vermieden werden kann, und es muss sogar geprüft werden, wie das Heizsystem so modifiziert werden kann, dass es in der neuen Raumaufteilung richtig funktioniert.

Konkret beginnen wir damit, das Haus zu betrachten, zu beschreiben und zu vermessen. Aus diesen Beobachtungen können wir eine Reihe von Schlussfolgerungen ziehen. Die Höhe der Stockwerke lässt sich beispielsweise anhand der Fenster abschätzen, das Aussehen des Gebäudes lässt uns wissen, ob es sich um ein Wohnhaus oder eine Schule handelt. Die Position der Haustür und der Fenster sagen uns oft, wo sich das Treppenhaus befindet. Die Verwendung einer Wärmekamera kann Hinweise darauf geben, welche Teile erwärmt sind und welche nicht, und sogar auf die Lage von Hotspots, die möglicherweise Heizkörpern entsprechen, hinweisen.

Um uns das Innere eines Hauses, benützen wir unsere Erfahrungen. Dieses Wissen erlaubt es uns, glaubwürdige Hypothesen zu formulieren, z.B. dass sich ein Fussboden in der Regel etwa 60 bis 90 cm unter der Unterseite von Fenstern befindet.

Wenn wir Glück haben, können wir das Treppenhaus besichtigen, was uns erlaubt, die Höhe der Stockwerke genau zu bestimmen, die Anzahl der Türen auf jedem Stockwerk zu sehen... Wir werden erhebliche Fortschritte machen, aber das Innere der Räumlichkeiten bleibt für uns unzugänglich.

Die Inspektion des Treppenhauses sollte zeigen können, ob das Haus über eine Zentralheizung verfügt (z.B. durch das Vorhandensein eines Radiators), aber nicht, durch welche Wärmequelle sie gespeist wird oder ob alle Räume (z.B. der Dachboden) beheizt sind oder nicht.

Die Beobachtung eines Holzstapels, der vor dem Haus trocknet, lässt das Vorhandensein eines Wohnzimmerkamins oder eines Zusatzofens vermuten. Ist dies bei den meisten Häusern in dieser Region der Fall oder eher eine Ausnahme?



Explizites konzeptuelles Modell: den Untergrund so konkret wie möglich darstellen

Wie kann man den Untergrund darstellen? Zu welchem Zweck?

Der an der Erdgeschichte interessierte Geologe wird versuchen, das Alter der Gesteine, ihre Lage und die darin enthaltenen Fossilien zu identifizieren. Der Bauingenieur, der einen Tunnel gräbt, wird die mechanischen Eigenschaften der verschiedenen Gesteine kennen wollen, aber er wird sich nicht mit Fossilien beschäftigen. Der Hydrogeologe hingegen versucht, die Felsen nach der Durchlässigkeit zu beschreiben, die das Wasser nutzt, um hindurchzufließen. Die Darstellung des Untergrundes wird daher eindeutig vom Zweck abhängen, für den sie gemacht wird. Wollen wir einen Tunnel bauen? Eine Wasserfassung bauen? Erdwärmesonden platzieren? Abfall oder CO₂ lagern? Eine Windkraftanlage aufstellen?

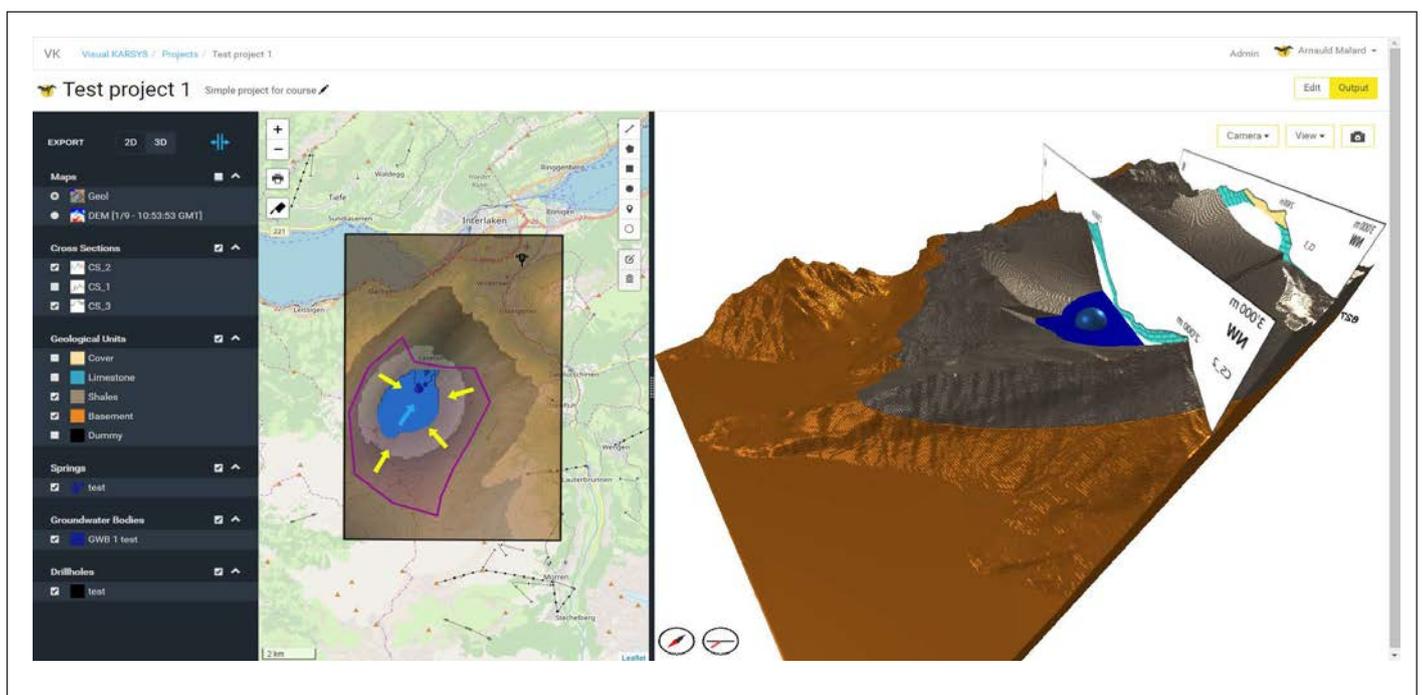
Für all diese Vorhaben (und viele andere) bildet das geologische Wissen die Grundlage, die jeder entsprechend

seinem Zweck interpretiert. Der erste Schritt eines konzeptuellen Modells besteht daher immer darin, seinen Zweck und die Interpretation der geologischen Daten zu definieren, um die Einheiten des Modells festzulegen.

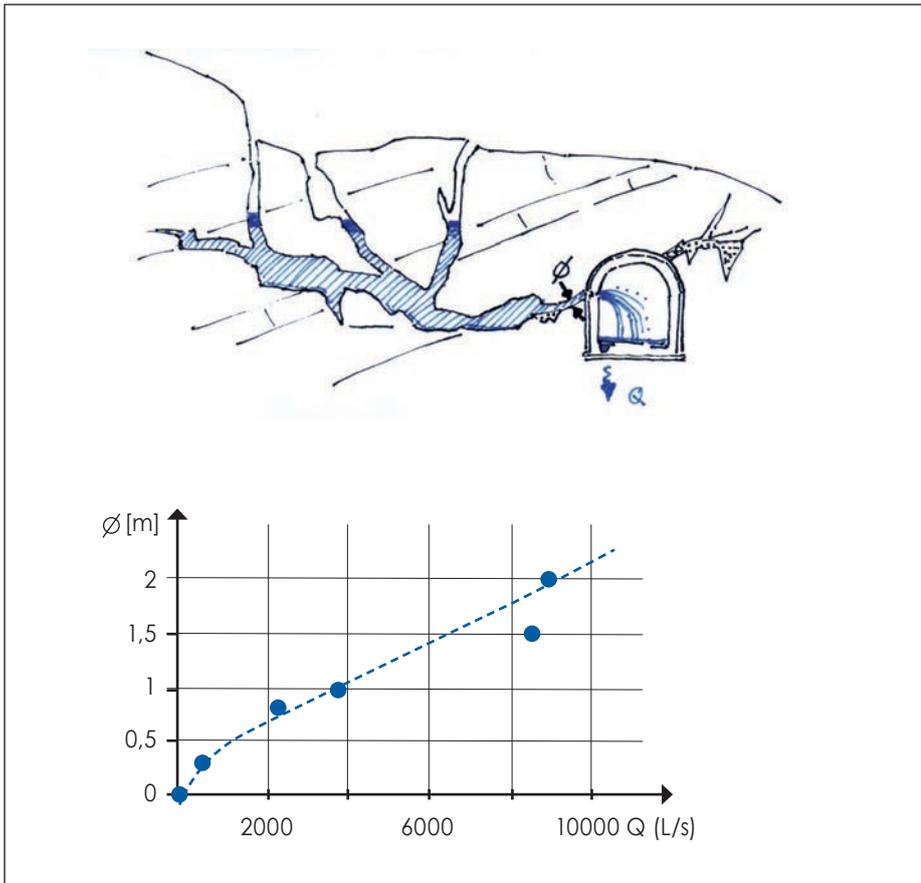
Die Schwierigkeit mit dem Untergrund besteht darin, dass die Daten rar und ungenau sind. Die einzigen genauen Daten werden aus Felsaufschlüssen, Bohrlöchern oder Tunnels gewonnen. Im Verhältnis zum Gesamtvolumen des zu modellierenden Gesteins machen die Daten bestenfalls 10 % des Volumens aus. Daraus ergibt sich das Bild, das der Modellierer darstellt und welches er für realitätsnah hält. Da jeder sein eigenes geistiges Bild entwickelt, ist es interessant, es explizit in 3D zeigen zu können, damit jeder es vergleichen und kritisieren kann. Es ist eine ausgezeichnete Möglichkeit, die weniger bekannten Bereiche zu identifizieren und gezielte Untersuchungen zu diesen Bereichen vorzuschlagen.

Zum Beispiel ist das Graben eines Tunnels in einem Karstmassiv immer eine riskante Unternehmung, weil das Modell des Massivs immer ungenau ist. Es müssen mindestens drei Aspekte entlang der Achse berücksichtigt werden: Ist das Gestein mechanisch stabil oder nicht? Wo werden sich die Hauptwassereinlässe befinden und wie hoch wird ihre Durchflussmenge sein? Wo gibt es Hohlräume (Höhlen), in denen eine Tunnelbohrmaschine stecken bleiben könnte?

Um die beste Achse für einen Tunnel zu finden, benötigt man also ein 3D-Modell, das alle drei Aspekte berücksichtigt. Die geologischen Daten sind zwar gut genug, um die geotechnischen und hydraulischen Eigenschaften des Gesteins vorherzusagen, aber sie allein reichen nicht aus, um die Lage und die Eigenschaften der Karströhren zu beurteilen. Um dies zu erreichen, müssen auch die Untergrundhydraulik und die Landschaftsentwicklung berücksichtigt werden.



Situationsplan und Ansicht eines 3D-Modells, das auf Visual KARSYS, unserer Web-Plattform, erstellt wurde. Jedermann kann mit Visual KARSYS sein eigenes Modell des Untergrundes herstellen.



Mit geeigneten Daten ermöglichen unsere hydraulischen Modelle des Untergrunds eine ziemlich genaue Bewertung der Durchflussmengen (oder Wasserdrücke) für verschiedene Durchmesser von Karstwasserleitern, die in einem Tunnel angeschnitten werden.

Sorgfältig entwickelte konzeptuelle Modelle reichen oft aus, um viele praktische Fragen zu beantworten. Seit mehr als 10 Jahren entwickelt das SSKA die KARSYS-Methode, die nun einen klaren und konkreten Rahmen für die Erstellung expliziter konzeptueller Modelle von Fliesswegen im Karst bildet. Die Karstsysteme der Kantone Waadt, Wallis und Solothurn sind auf diese Art dokumentiert. Diese Modelle ermöglichen es, das gesamte Wissen zu synthetisieren und in 3D darzustellen. In einigen Fällen, zum Beispiel in der Region Ligerz, werden solche Modelle als Grundlage für aufwendigere Modelle benutzt, um das Kalkgebirge im Hinblick auf einen geplanten Tunnelbau zu durchleuchten.

Deshalb versucht das SSKA seit seiner Gründung einerseits, das Bild des Untergrundes zu verbessern, das wir Spezialisten auf der Grundlage der vorhandenen Daten und Kenntnisse

zu erstellen versuchen, die Mittel zu verbessern, um diese Modelle anderen, nicht spezialisierten Menschen zu zeigen.

In diesem Sinne entwickeln wir ein Werkzeug, das es jedem ermöglicht, sein eigenes Modell der unterirdischen Fliesswege im Karst zu erstellen: Mit VisualKARSYS kann jeder sein konzeptuelles Modell der unterirdischen Fliesswege in 3D darstellen. Nach und nach werden KARSYS-Modelle auf der ganzen Welt produziert...

... weitere Folge der Analogie

Die durch Beobachtungen und Messungen gesammelten Elemente erlauben es uns, einen Plan und vielleicht sogar ein 3D-Modell des Hauses, seines Äusseren und Inneren, zu erstellen. Einige Teile sind gut definiert (Aussenbereich, Treppenhaus), andere sind noch recht rätselhaft (genaue Anzahl der Räume, Grösse der Räume, mögliche Existenz eines Bades im Innern...). Um das Modell zu erstellen, werden wir die Grundregeln der Architektur verwenden. Wenn es unser Ziel ist, zu wissen, wie die Heizung gebaut ist, werden wir uns nicht mit den Details der Kücheneinrichtung beschäftigen. Die Verteilung der Räume ist jedoch sehr wichtig.

Die Tatsache, dass eine Wohnung mindestens ein Badezimmer, eine Küche und ein Wohnzimmer enthält, ermöglicht es, glaubwürdige Annahmen über die Organisation des Raumes zu treffen, was notwendig ist, um die Verteilung der Heizkörper und der Kreisläufe, die sie versorgen, abzuschätzen.

Die Möglichkeit, das 3D-Modell des Hauses zu zeigen, erlaubt es jedem, das Abgeschätzte zu visualisieren und zu kritisieren. Wenn Sie es jemandem zeigen, der eine der Wohnungen gesehen hat, kann er oder sie direkt reagieren und Korrekturen vorschlagen. Wenn Sie es zufällig einem ehemaligen Mieter zeigen, kann dieser Ihr Modell präzisieren.

Wenn Sie wirklich Arbeiten machen lassen müssen, werden Sie die notwendigen Schritte unternehmen, um einen Schlüssel für das Haus zu bekommen und die Teile, die Sie interessieren, zu inspizieren und im Detail zu vermessen. In jedem Fall wird ein guter Plan oder sogar ein 3D-Modell der Räume (konzeptuelle Modelle) benötigt, um die auftretenden Fragen zu beantworten.

Um die Pläne zu zeichnen oder das 3D-Modell zu erstellen, benötigen Sie Werkzeuge, mindestens ein Metermass, Papier, Bleistift und ein Talent zum Zeichnen. Wenn Sie einen präzisen 3D-Plan erstellen müssen, ist eine Software erforderlich.



Numerische Modelle: Simulation der Vorgänge im Untergrund

Um wieviele Meter steigt das Wasser im Bereich des Ligerz-Tunnels bei Hochwasser? Unter welchen Bedingungen ist es für die Arbeiter gefährlich? Wie schnell wird eine Verschmutzung ein Trinkwasser-Einzugsgebiet erreichen? Wieviel Wärme kann ich von einem geothermischen Bohrloch erwarten? Wie wäre die Schüttung der Quellen unseres Landes nach drei Monaten ohne Regen? Wie schnell kann sich unter einer Talsperre bilden?

Um diese Fragen quantitativ zu beantworten, ist es oft notwendig, eine Simulation durchzuführen, die die lokale Situation und die lokalen Eigenschaften jedes Standorts berücksichtigt. Das konzeptuelle Modell muss daher in physikalische Parameter übersetzt werden, um die Simulation zu ermöglichen.

Die Schwierigkeit dabei ist, dass das Wasser etwa eine Million Mal leichter durch die Karströhren fließt als durch das umgebende Gestein. So kann ein kleiner Fehler in der Position oder bei den Parametern dieser Röhren zu erheblichen Unterschieden in den Ergebnissen der Simulationen führen.

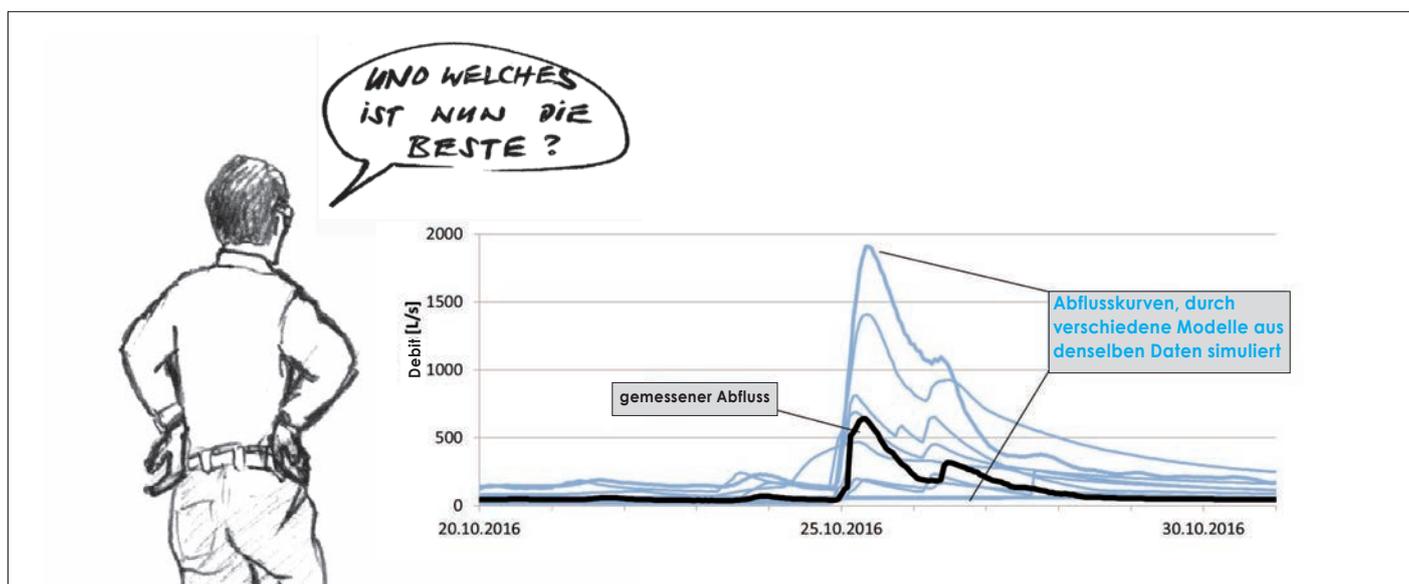
Beispielsweise würde das Anschneiden einer Karströhre mit einem Durchmesser von 100 cm statt nur 40 cm beim Bau des Ligerz-Tunnels zu einer geschätzten maximalen Schüttung von 4000 l/s statt nur 200 l/s führen.

Da die genaue Geometrie der Karstsysteme nie bekannt ist, sind die Unsicherheiten immer recht gross, und es ist wichtig, Daten an besonders bedeutenden Stellen zu haben, da nicht alle Beobachtungen von gleicher Wichtigkeit sind.

Der Simulation ist es oft schwierig, zwischen den verschiedenen weltweit verfügbaren Berechnungsmethoden zu wählen. Auf dem Papier sehen sie alle hervorragend aus, aber sie führen eindeutig zu Ergebnissen, die sich deutlich unterscheiden können... Deshalb hat das Siska eine internationale Herausforderung (Karst Modeling Challenge) organisiert: 10 Teams haben einen Datensatz von unserem Untergrundlabor in der Milandre erhalten und müssen nun die Schüttung der Quelle mit denselben meteorologischen Daten simulieren.

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass die meisten Modelle, mit sehr unterschiedlichen Ansätzen, insgesamt akzeptable Ergebnisse liefern, auch wenn bei der Grössenordnung eines einzelnen Hochwassers noch erhebliche Unterschiede bestehen. Welches Modell wird das beste sein? Die Arbeit der Bewertung und des Vergleichs ist im Gange... sicher ist, dass kein Modell so perfekt ist, wie wir es erhofften!

Im unterirdischen Bereich legen die Simulationsergebnisse Grössenordnungen fest. Präzise Werte geben sie selten, zumindest für Schadstoff- oder Wärmeübertragungen, da die Unsicherheiten im Allgemeinen hoch sind. So ist beispielsweise seit langem bekannt, dass verkarstete Schichten kälter sind als Schichten. Die grossen Wasser- und Luftströme, die durch diese Massive fließen, kühlen sie ab, was bei anderen Gesteinsarten nicht der Fall ist. Es ist daher notwendig, Messungen und Beobachtungen dieser Ströme durchzuführen, um ihre Verteilung in Zeit und Raum zu verstehen. Allerdings sind die Wasser- und insbesondere die Luftströmungen schwer abzuschätzen,



Vergleich zwischen der gemessenen und der von zehn verschiedenen Gruppen international renommierter Modellierer simulierten Durchflussmenge. Es gibt immer noch Raum für Verbesserungen!

und die Tatsache, dass Karst ein diskontinuierliches Medium ist (von Gestein umgebene Röhren), erhöht die Unsicherheiten erheblich. Diese Eigenschaft (diskontinuierliches Medium) impliziert auch oft die Verwendung spezifischer Modelle, die sich von den in der Hydrogeologie üblichen Modellen unterscheiden.

Wie sieht der Untergrund aus? Die Antwort hängt von den Zielen und Kenntnissen der einzelnen Personen ab. Das SSKA entwickelt Instrumente,

die eine Annäherung an gemeinsame und standardisierte Darstellungen ermöglichen, die das kollektive Verständnis und damit die Bewirtschaftung des Untergrundes verbessern.

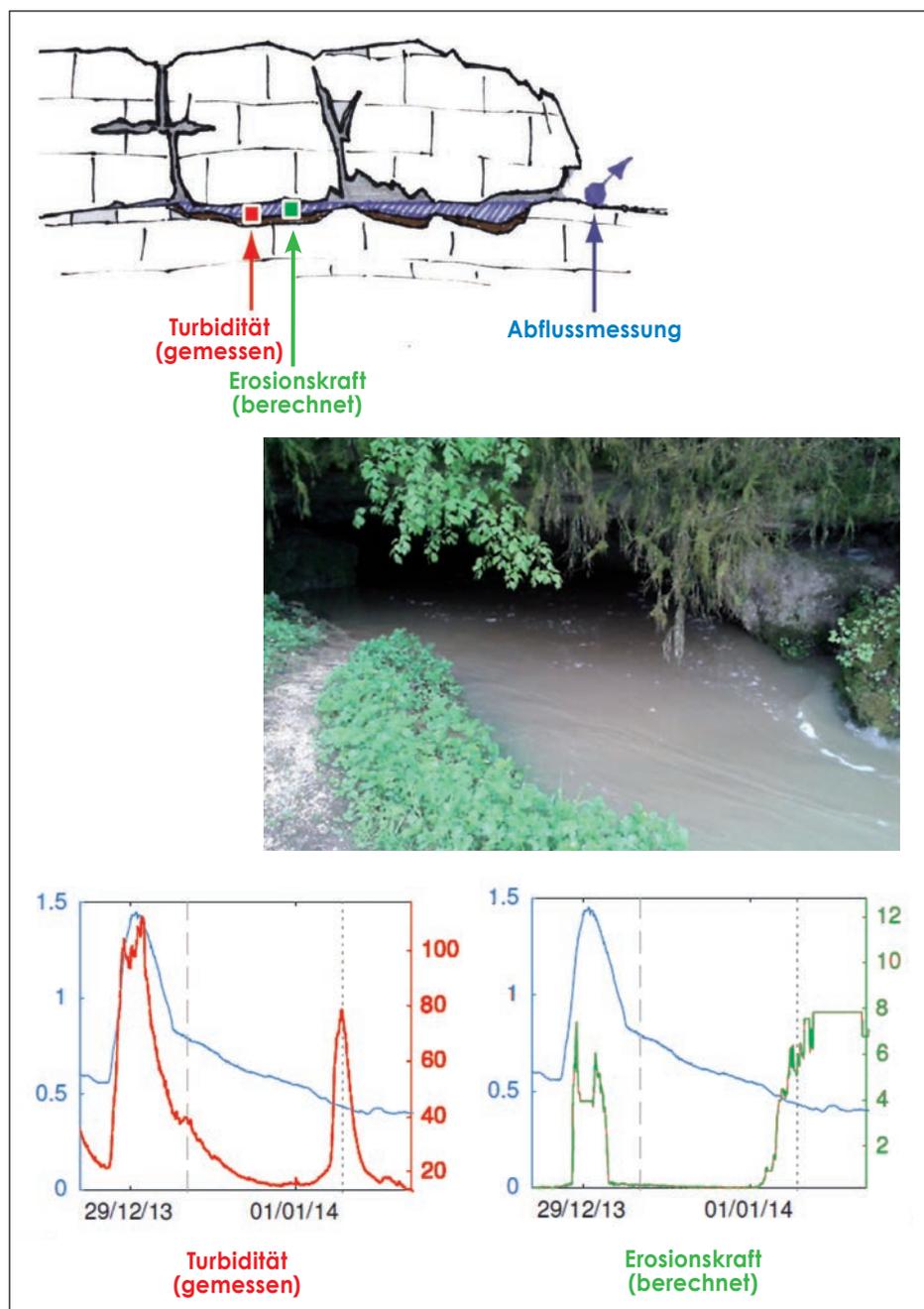
In 20 Jahren hat das SSKA durch seine Arbeiten eine einmalige Erfahrung erworben, indem es spezifisch Daten aus dem Karst sammelte und verschiedene Werkzeuge zur Konstruktion von konzeptuellen 3D Modellen und zur Simulation des Karstwasserabflusses kontinuierlich anwendete.



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



Arnauld Malard
Verantwortlicher Projekt Visual KARSYS
arnauld.malard@isska.ch



Die Wassertrübung in der Höhle von Milandre wird eindeutig durch die Erosionskraft der Strömung erzeugt, deren Geschwindigkeit in einem Strömungsmodell berechnet wurde (blau: Abflussmenge).

... und Ende der Analogie

Wenn Sie den Energieverbrauch des Gebäudes, das Sie endlich kaufen konnten, wirklich vollständig optimieren wollen, dann könnte eine vollständige thermische Simulation nützlich sein. Die Art und Dicke jeder Wand sollte überprüft werden, um ihre Wärmeleitfähigkeit zu bestimmen. Jedes Fenster, jede Tür, jedes Dach, jeder Keller, aber auch Heizkörper, Rohre und die Art der Heizung müssen bewertet werden. Auf dieser Grundlage und je nach Ihrem Energieziel können Sie die Wärmeverluste des Gebäudes unter verschiedenen Bedingungen (Heizung, Aussentemperatur, Wind, Sonne usw.) simulieren. Sie können dann die zu installierende Dämmung an jeder Wand und unter dem Dach abschätzen. Sie werden auch in der Lage sein, zu beurteilen, welche Fenster installiert werden müssen und ob es bestimmte Energieverlustpunkte gibt. Die ideale Dämmung macht jedoch nur Sinn, wenn sie durch die Gebäudenutzung gerechtfertigt ist. Es macht zum Beispiel keinen Sinn, in die Isolierung zu investieren, wenn man gleichzeitig die Fenster die ganze Zeit offen hält...

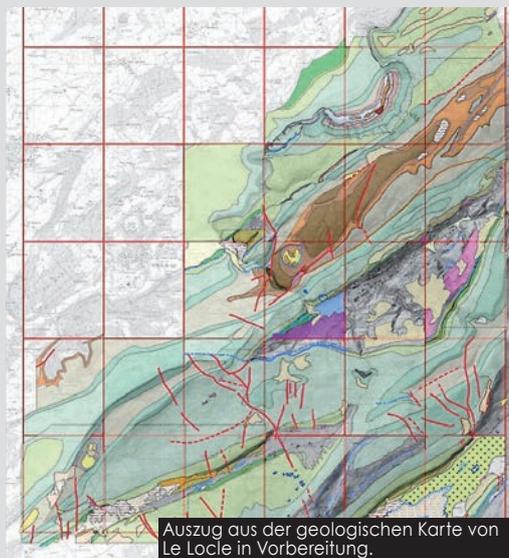
In der Praxis werden solche detaillierten Simulationen fast nie durchgeführt, weil sie mühsam sind und nur dann Sinn machen, wenn die Ergebnisse durch tatsächliche Messungen der effektiven Eigenschaften jedes Bauteils überprüft

Eine Übersicht der anderen Aktivitäten des Instituts

Die geologische Karte von Le Locle

Vor drei Jahren wurde das SISKA von Swisstopo mit der Neubearbeitung des Blattes Le Locle des Geologischen Atlas der Schweiz beauftragt. Wir dachten, dass wir diese Karte auf effiziente Weise zusammenstellen können, da wir bereits eine Menge Daten aus der Region im ArcGIS-Format besitzen. Die Kombination verschiedener geologischer Interpretationen, die in der Vergangenheit gemacht wurden, erforderte jedoch eine Überprüfung der Formationen im Gelände. Dabei war ein hochauflösendes digitales Geländemodell sehr nützlich. Quartäre Ablagerungen lassen sich von Aufschlüssen unterscheiden, und im Wald und auf Hochweiden kann man die Schichten leicht verfolgen und tektonisch beanspruchte Gebiete identifizieren. Die Kartenelemente, die tektonischen Schnitte und ein Entwurf der Erläuterungen wurden dank der Mitarbeit von A. Pictet, P.-O. Mojon und S. Gogniat 2019 abgeliefert. Da Swisstopo als Editor die Karte und die Figuren neu zeichnen wird, ist die Zusammenarbeit mit Bern noch nicht abgeschlossen. Es tauchen immer wieder Fragen auf. Die Erfahrung zeigt, dass ein solcher Auftrag nicht ohne einen grossen Aufwand an unbezahlten Stunden ausgeführt werden kann. Jedenfalls nicht, wenn die Qualität und der gute Ruf der geologischen Karten der Schweiz erhalten bleiben soll. Der Aufwand für 2020 wird auf zusätzliche 200 Stunden geschätzt, die wir vermutlich unbezahlt leisten müssen...

Informationen : urs.eichenberger@isska.ch



Auszug aus der geologischen Karte von Le Locle in Vorbereitung.

Ausstellung



Die Ausstellung "Histoires d'OS - Eine Zeitreise in den Höhlen des Juras" am 14. Nationalen Kongress für Höhlenforschung in Interlaken.

Die Ausstellung "**Histoires d'OS - Eine Zeitreise in den Höhlen des Juras**" präsentiert die bemerkenswertesten Entdeckungen alter Knochen, die von Höhlenforschern in Höhlen des französischsprachigen Schweizer Juras (Kantone Waadt, Neuenburg, Jura und Berner Jura) gemacht wurden. Sie besteht aus didaktischen Tafeln, die die sechs wichtigsten gefundenen Arten (Höhlenbär, Braunbär, Steinbock, Wisent, Elch und Rothirsch), die mit C14 datiert sind, sowie die von den Entdeckern gesammelten Originalstücke präsentieren. Eine Tafel mit einer chronologischen Skala ermöglicht die zeitliche Lokalisierung der Arten.

Im Jahr 2019 wurde die Ausstellung am Nationalen Kongress für Höhlenforschung "Sinterlaken" (Foto) präsentiert. Ab 2020 wird sie in den Museen der betroffenen Juraregionen (Waadt, Neuenburg, Jura und Berner Jura).

Informationen : michel.blant@isska.ch

Hydrogeologische Tracerversuche

Unser spektrofluorometrisches Labor nimmt Fahrt auf und ermöglicht es uns, die aus den Modellen gewonnenen hydrogeologischen Erkenntnisse mit einem experimentellen Ansatz zu testen. Mehrere in der Jurakette durchgeführte Tracerversuche erlauben es, die Entwässerungsachsen zu bestätigen und damit die Geometrie der Grundwasserleiter zu klären. Ob es sich um die Charakterisierung von Wasserressourcen oder die Identifizierung möglicher Kontaminationsquellen handelt, das Labor des SSKA arbeitet eng mit den hydrogeologischen Ämtern und den kantonalen und/oder eidgenössischen Verwaltungen zusammen.

Informationen : marc.luetscher@isska.ch



Injektion von fluoreszierenden Tracern (unschädlich für die Wasserfauna) in den unterirdischen Fluss in der Höhle von Milandre (JU).

Grundwasser und Klima



Die Quelle Arvoux im trockenen Bett des Doubs im Herbst 2018 (NE).

Der Klimawandel impliziert eine Umverteilung des Niederschlags. Sommerliche Dürreperioden werden immer häufiger, ebenso wie extreme Niederschlagsereignisse. Wasserressourcen im Karst werden somit immer wichtiger. In Partnerschaft mit dem Bundesamt für Umwelt und verschiedenen Schweizer Kantonen bewertet und charakterisiert das SSKA die unterirdischen Wasservorräte im Karst. Gleichzeitig liefert die Untersuchung von Höhlensinter und anderen Höhlensedimenten wertvolle Informationen über das vergangene Klima. Wir untersuchen speziell die drastischen Veränderungen und ihren Einfluss auf die Bevölkerung in Nordafrika, wo sie gut dokumentiert sind. Ein besseres Verständnis der Wasserreserven im Karst ist von grundlegender Bedeutung, um sich besser an zukünftige Veränderungen anzupassen.

Informationen : marc.luetscher@isska.ch

VERÖFFENTLICHUNGEN

BLANT M., REYNAUD SAVIOZ N. & WENGER R. (2019): Les Bouquetins de la Grotte de Giétroz. Actes du 14^e Congrès National de Spéléologie, Sinterlaken. Supplément n° 20 à Stalactite, 149-152.

BLANT M., HÄUSELMANN P. & MÜLLER W. (2019): Nouvelles découvertes d'élans dans la région d'Habkern (Préalpes bernoises) et synthèse des connaissances. Actes du 14^e Congrès National de Spéléologie, Sinterlaken. Supplément n° 20 à Stalactite, 145-148.

COMAS-BRU, L., HARRISON, S. P., WERNER, M., REHFELD, K., SCROXTON, N., VEIGA-PIRES, C., **and SISAL working group members** (2019): Evaluating model outputs using integrated global speleothem records of climate change since the last glacial. *Clim. Past*, 15, 1557–1579, <https://doi.org/10.5194/cp-15-1557-2019>.

FREYDIER P., MARTIN J., GUERRIER B., **JEANNIN P.-Y.**, DOUMENC F. (2019): Rheology of cave sediments. Application to vermiculations. *Rheologica Acta*, 58 (10): 675-685.

GRETZINGER J., MOLAK M., REITER E., PFRENGLE S., URBAN C., NEUKANN J., **BLANT M.**, CONRAD N.J., CUPILLARD C., DIMITRIJEVIC V., DRUCKER D.G., HOFMAN-KAMINSKA E., KOWALCYK R., KRAJCARZ M.T., KRAJCARZ M., MÜNZEL S.C., PERESANI M., ROMANDINI M., RUF I., SOLER J., TRELATO G., KRAUSE J., BOCHERENS H. & SCHUENEMANN V. J. (2019): Large-scale mitogenomic analysis of the phylogeography of the Late Pleistocene cave bear. *Scientific Reports* (2019)9 : 10700. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47073-z>.

GUERRIER, B., DOUMENC, F., ROUX, A., MERGUI, S., & **JEANNIN, P.-Y.** (2019): Climatology in shallow caves with negligible ventilation: Heat and mass transfer. *International Journal of Thermal Sciences*, 146.

HÄUSELMANN, PH. (2019): Siebenhengste-Hohgant: Vorstellung. - Akten des 14. Nationalen Kongresses für Höhlenforschung, Interlaken, 37-42.

JEANNIN P.-Y. (2019): La Baume de Longeaigne, 30 ans de silence. - *Cavernes*, 62 : 32-49.

REYNAUD SAVIOZ N., **BLANT M. & WENGER R.** (2019): Découvertes paléontologiques au Gouffre de Giétroz Devant dans le valon de Susanfe (Commune d'Évionnaz, Valais). *Bull. Murith*. 136/2018, 21-30.

ROGERSON M., DUBLYANSKY Y., HOFFMANN, D.L., **LUETSCHER M.**, TÖCHTERLE P., SPÖTL C. (2019): Enhanced Mediterranean water cycle during MIS 3 humid phases from speleothem fluid inclusions. *Clim. Past*, 15, 1757-1769, <https://doi.org/10.5194/cp-2018-134>.

VUILLEUMIER, C., **JEANNIN, P.-Y.**, & PERROCHET, P. (2019). Physics-based fine-scale numerical model of a karst system (MilandreCave, Switzerland). *Hydrogeology Journal*, 27(7), 2347–2363.

WILHELM B., BALLESTEROS CÁNOVAS J.A., MACDONALD N., TOONEN W.H.J., BAKER V., BARRIENDOS M., BENITO G., BRAUER A., CORELLA J.P., DENNISTON R., GLASER R., IONITA M., KAHLE M., LIU T., **LUETSCHER M.**, MACKLIN M., MUDELSEE M., MUNOZ S., SCHULTE L., ST GEORGE S., STOFFEL M., WETTER O. (2019): Interpreting historical, botanical, and geological evidence to aid preparations for future floods. *WIRES water*, 6: null. doi: 10.1002/wat2.1318.

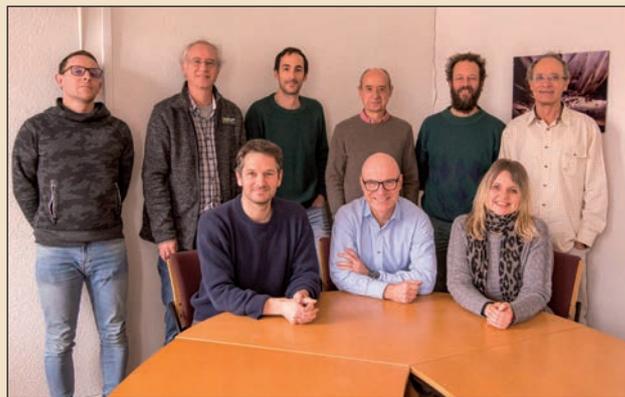
MEDIEN

Presse: ArInfo • Die Alpen • Littoral Région
• Pays Neuchâtelois • Schweiz am Wochenende
TV+radios: Canal Alpha • RTS Un

MITARBEITER

Regelmässige Mitarbeiter/innen

Denis Blant	Wissenschaft, Karstschutz (50%)
Michel Blant	Wissenschaft, Archäozoologie (25%)
Constanze Bonardo	Sekretariat 5%
Urs Eichenberger	Wissenschaft, Schulung (75%)
Philipp Häuselmann	Wissenschaft (33%)
Pierre-Yves Jeannin	Wissenschaft, Administration (90%)
Marc Luetscher	Wissenschaft, Administration (80%)
Arnauld Malard	Wissenschaft (80%)
Carole Mettler	Sekretariat (45%)
Georges Naman	Informatik (35%)
Eric Weber	Wissenschaft (80%)



Praktikanten / Zivildienstleistende

Miguel Bartolomé	Praktikant, post-doc
Maxime Beck	Zivildienstleistender
Paul Berclaz	Zivildienstleistender
Raymond Erwing	Zivildienstleistender
Sébastien Toth	Zivildienstleistender
Marie Vallat	Praktikantin, Studentin
Yiwei Wang	Praktikantin, post-doc

Das SSKA pflegt intern einen Arbeitsstyl, der Gleichheit, Absprache und gegenseitigen Respekt ins Zentrum stellt. Wirtschaftliche Aspekte werden als Notwendigkeit gesehen und nicht als Ziel. Viele Beiträge wirken vorerst indirekt, da ihre Reichweite und Umsetzung die Kapazität unserer kleinen Gruppe etwas übersteigt. Aber in den Köpfen vieler Praktikanten, Studenten und Zivildienstleistenden, die wir jedes Jahr betreuen, hinterlassen sie bleibende Spuren.

SOZIALE NETZWERKE

Verfolgen Sie die Aktualitäten des SSKA auf dem sozialen Netz



@Isska_Siska



@isska.siska

BETRIEBSRECHNUNG & BILANZ

BETRIEBSRECHNUNG	2019	2018
	CHF	CHF
Mandate	562 610,57	774 309,52
Subventionen	253 626,00	285 000,00
Unterstützung durch die Loterie Romande	54 000,00	16 000,00
Verkäufe	7 227,60	3 693,94
Spende	19 578,20	11 875,00
Andere Umsätze	31 705,77	36 356,82
./. MWST	(2 326,98)	(3 413,15)
Total Ertrag	926 421,16	1 123 822,13
Material	(25 198,74)	(6 303,67)
Druck & Herausgabe	(2 255,11)	(1 656,92)
Verbrauchsmaterial	(49 162,76)	(40 740,67)
Reisekosten	(25 628,87)	(32 472,18)
Honorare (Lieferanten)	(200 221,85)	(230 166,25)
Diverse Kosten	(21 936,34)	(41 636,44)
Bruttomarge I	602 017,49	770 846,00
Personalkosten	(627 787,65)	(713 960,90)
Bruttomarge II	(25 770,16)	56 885,10
Miete	(32 136,01)	(31 499,42)
Versicherungen	(4 719,40)	(5 012,70)
Verbrauchsmaterial	(3 600,00)	(3 200,00)
Betriebsrechnung vor Zinsen, Kosten und Produkte	(66 225,57)	17 172,98
Ertrag	2 023,12	694,34
Finanzielle Belastungen	2 133,85	(1 470,79)
Variationen auf Börsenwerte	0,00	(1 111,15)
Zuteilung Provision Prévoyance.ne	0,00	(64 314,00)
Jahresgewinn vor Zuteilung Reservefonds	(62 068,60)	(49 028,62)
Zuteilung Reservefonds	0,00	0,00
ÜBERSCHUSS DER (AUSGABEN) / EINNAHMEN	(62 068,60)	(49 028,62)



FIDUCONSULT ACTA
Société fiduciaire d'expertises et de révision - Conseils juridiques et fiscaux

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 2019.

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 audits, 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 audits 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 ne sont pas conformes à la loi et à l'acte de fondation.

La Chaux-de-Fonds, le 20 mars 2020

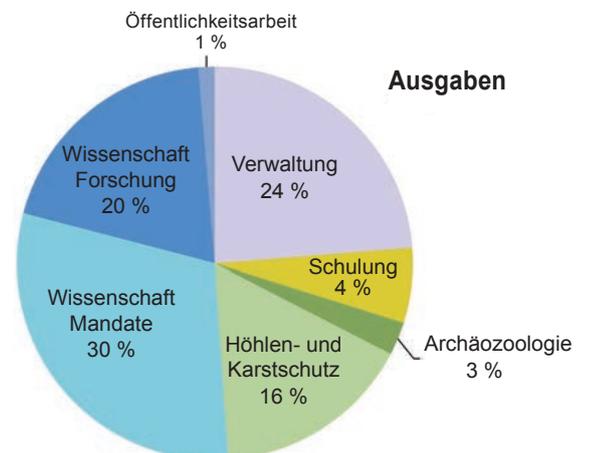
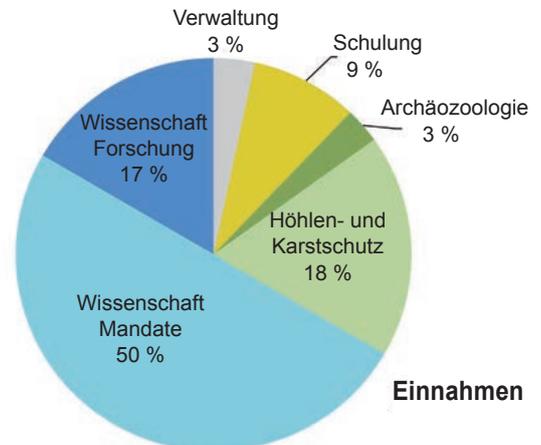
FIDUCONSULT ACTA SA


 Laszlo Kelemen
Expert-réviseur agréé
(Responsable du mandat)


 Kevin Lombard
Réviseur agréé

BILANZ PER 31. DEZEMBER	2019	2018
	CHF	CHF
AKTIVA		
Umlaufvermögen		
Finanzwesen und Aktiva mit Börsennotierung		
• Liquidität	310 845,55	328 299,24
• Titel mit kurzer Notierung	23 129,65	21 658,91
Schulden aus Verkäufen oder Leistungen		
• an Dritte	172 387,59	203 374,37
Andere kurzfristige Schulden		
• an Dritte	165,91	719,57
Nicht verrechnete Arbeiten		
• Laufende Arbeiten	32 537,00	44 242,42
Transitorische Aktiva	13 569,65	3 203,40
	552 635,35	601 497,91
Umlaufvermögen immobilisiert		
Finanzanlagen	1 557,18	1 556,50
Total Aktiva	554 192,53	603 054,41

BILANZ PER 31. DEZEMBER	2019	2018
	CHF	CHF
PASSIF		
Fremdkapital kurzfristig		
Schulden aus Lieferungen und Leistungen	128 233,67	92 564,25
Andere kurzfristige Schulden mit Zinsen	20 000,00	10 000,00
Andere kurzfristige Schulden	20 869,75	28 377,10
Transitorische Passiva	67 994,30	55 435,65
	237 097,72	186 377,00
Fremdkapital langfristig		
Andere langfristige Schulden mit Zinsen	110 000,00	40 000,00
Provisionen	0,00	107 514,00
	110 000,00	147 514,00
Eigenkapital		
Gründungskapital	240 000,00	240 000,00
Reservefonds	120 000,00	120 000,00
Ausgaben Überschuss in der Bilanz		
• Übertragene Ausgaben	(90 836,59)	(41 807,97)
• Einnahmen Überschuss	(62 068,60)	(49 028,62)
	207 094,81	269 163,41
BILANZSUMME	554 192,53	603 054,41



Das Schweizerische Institut für Speläologie und Karstforschung

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 den ETH und den Universitäten Zürich, Bern, Freiburg, Lausanne und Neuenburg zusammen.

DAS SSKA, FÜR WEN UND WOFÜR?

Ein Ziel des SSKA ist es, die Behörden und Beratungsbüros in den spezifischen Bereichen des Karstes und der Höhlen zu unterstützen. Es stellt ein einzigartiges Kompetenzzentrum zur Verfügung.

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

Das SSKA kann je nach Auftrag als Partner, Unterakkordant 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, in Zusammenarbeit mit den entsprechenden Kreisen an den Hochschulen, die wissenschaftliche Leitung, Koordination und Begleitung.

ARBEITSBEREICHE

- Wissenschaftliche Grundlagenforschung und angewandte Forschung
- Höhlen- und Karstschutz
- Paläontologie - Osteologie
- Schulung
- Ausstellungen

UNTERSTÜTZUNG DURCH



Das SSKA lebt auch dank Ihrer Spenden

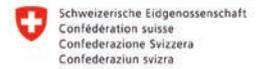
Ihre Spenden ermöglichen es uns, Knochen zu datieren, Hohlräume zu säubern oder in Schulen die Kenntnis von Karst und Höhlen zu fördern. In diesem Jahr möchten wir insbesondere dem anonymen Spender danken, der 6000,00 auf unser Konto eingezahlt hat. Dieser Betrag ermöglichte es, die Betreuung von Diplomen und Dissertationen sowie die wissenschaftliche Betreuung der Schweizer Höhlenforscher sicherzustellen.

Unser Konto : CH12 8080 8004 4839 3207 3, ISSKA, Schweizerisches Institut für Speläologie und Karstologie

Eine Spendenbescheinigung für Ihre **Steuerabzüge** wird Ihnen automatisch zugesandt.

GRÜNDER

- Schweizerische Gesellschaft für Höhlenforschung
- Bundesamt für Umwelt
- Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften
- Kanton Neuenburg
- Kanton Jura
- Stadt La Chaux-de-Fonds
- Sublime, Gesellschaft für die Organisation des XII. Internationalen Kongresses für Speläologie



MITGLIEDER DES STIFTUNGSRATES

- Paul Borer (Kanton Bern)
- Didier Cailhol (SC-Jura)
- Patrick Deriaz
- Kurt Graf (Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften)
- Roman Hapka (SC Préalpes fribourgeoises)
- Ana Häuselmann (Kommission für wissenschaftliche Speläologie SGH & SCNAT)
- Werner Janz
- Ulrich Jörin (AG-Höllochforschung)
- Jean-Claude Lalou (Sublime + Präsident des Stiftungsrates)
- Pierre Perrochet (Kanton Neuenburg)
- Jean-Louis Regez (SGH-Basel)
- Edouard Roth (Kanton Jura)
- Pierre Schneider (Stadt La Chaux-de-Fonds)
- Michael Sinreich (Bundesamt für Umwelt - BAFU)
- Mirjam Widmer (AGS-Regensdorf)
- Andres Wildberger (Schweizerische Gesellschaft für Höhlenforschung)



SCHWEIZERISCHES INSTITUT FÜR SPELÄOLOGIE UND KARSTFORSCHUNG

Rue de la Serre 68
CH-2301 La Chaux-de-Fonds
Tel. +41 (0)32 913 35 33
Fax +41 (0)32 913 35 55
info@isska.ch
www.isska.ch

Umschlag :
Ansicht des Karsys 3D-Modells der Region
Val de Travers (Neuenburger Jura).