

Geologie Schweiz – das Wissen aus dem Untergrund
Géologie de la Suisse – la découverte du sous-sol
Geologia della Svizzera – la scoperta del sottosuolo
Geology of Switzerland – Knowledge from Underground



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo
Office fédéral de topographie swisstopo
Ufficio federale di topografia swisstopo
Federal Office of Topography swisstopo

www.swisstopo.ch

Produktion

- Projektidee: Andreas Kühni, Holcim AG
- Koordination: Milan Beres, Landesgeologie
- Design: Martin Baumann und Kathrin Bühler, Designsensor AG
- Textbearbeitung deutsch: Mareike Fischer, Klarkom AG
- Übersetzung französisch: Christian Marro, Traductonet
- Übersetzung italienisch: Marcus Hoffmann, SUPSI
- Übersetzung englisch: Lance Reynolds, Landesgeologie
- Seitenlayout, Bildgestaltung: Andreas Baumeler, Grenzen

Redaktion

- Milan Beres, Landesgeologie
- Reto Burkhalter, Landesgeologie
- Marta Caprio, ETHZ, SED
- Yves Gouffon, Landesgeologie
- Eduard Kissling, ETHZ
- Souad Sellami, SimplyScience Stiftung
- Sandrine Vallin, Landesgeologie
- Alessia Vandelli, Geosfera sagl

Umschlagbild: Niederhorn mit Thunersee, Ercan Akkaya, Langenthal

Herausgeber

© 2013, Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Landesgeologie
Seftigenstrasse 264, CH-3084 Wabern

1. Auflage, 2013
2. leicht veränderte Auflage, 2015

ISBN: 978-3-302-40071-6



Geologie Schweiz – das Wissen aus dem Untergrund
Géologie de la Suisse – la découverte du sous-sol
Geologia della Svizzera – la scoperta del sottosuolo
Geology of Switzerland – Knowledge from Underground



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo
Office fédéral de topographie swisstopo
Ufficio federale di topografia swisstopo
Federal Office of Topography swisstopo

Vorwort

Avant-propos

Prefazione

Preface

Die Geologie im Dienst der Gesellschaft

Um unsere Lebensweise in einer sinnvollen und nachhaltigen Perspektive zu planen, schützen und aususchöpfen, benötigen wir immer mehr die Unterstützung der Erdwissenschaften.

Rund 40 namhafte Spezialisten aus Wissenschaft, Praxis und Verwaltung präsentieren einen kleinen Ausschnitt aus der grossen Fülle geowissenschaftlicher Themengebiete. In Kurzform erläutern sie Datensätze und geben Hinweise auf weiterführende Literatur und Originaldatensätze im Internet. Um die Öffentlichkeit für diese spannende Wissenschaft zu begeistern, haben Fachleute in den letzten Jahren ein vielseitiges Veranstaltungs- und Wissensvermittlungsangebot entwickelt. Auch hierzu finden Sie in «Geologie Schweiz – das Wissen aus dem Untergrund» Informationen. Die Themen dieser Publikation – eingeteilt in die vier Kapitel Grundlagedaten, Ressourcen, Naturgefahren und Umweltbelastung, Geologie im Alltag – sind so vielseitig wie die Fragestellungen, mit denen sich Geologinnen und Geologen befassen. Wo sind in der Schweiz Rohstoffe zu finden, um Zement herzustellen? Wie ist es um die Qualität unseres Trinkwassers bestellt? Wohin mit unseren Abfällen? Wo und wie lassen sich Geothermie oder Wasservorkommen nachhaltig nutzen, um Energie zu gewinnen? Auch Naturgefahren sind von Bedeutung. Geologinnen und Geologen beurteilen die Risiken von Hochwasser, Rutschungen oder Erdbeben und liefern wichtige Grundlagen für Präventionsmassnahmen. Und letztlich können Ingenieure ohne geologische Gutachten keine Tunnel, Strassen oder Schienenwege planen und realisieren. Sie sehen: Die Geologie trägt zur Lösung alltäglicher Probleme unserer Gesellschaft bei.

Wir wünschen Ihnen eine spannende Reise durch den Erduntergrund.

Olivier Lateltin
Leiter der Landesgeologie, swisstopo

La géologie au service de la société

Pour planifier, protéger et exploiter notre milieu de vie dans une perspective judicieuse et durable, nous avons toujours plus besoin des sciences de la terre.

Environ 40 spécialistes, en provenance des universités, des bureaux privés et des administrations, présentent un petit extrait du large spectre d'activités liées aux sciences de la terre. Sous une forme succincte, ils expliquent les données en proposant des liens vers d'autres publications ou un accès à des données sur Internet. Afin de sensibiliser la collectivité à ce domaine passionnant de la science, les spécialistes proposent depuis quelques années une large palette de manifestations et de matériel didactique de médiation. Vous retrouverez aussi dans «Géologie de la Suisse – la découverte du sous-sol» toutes ces informations. Les thèmes de cette publication s'articulent selon quatre chapitres: données de base, ressources, dangers naturels et pollution de l'environnement, la géologie au quotidien. Ils représentent bien la diversité des questions auxquelles les géologues sont confrontés: où se trouvent les matières premières pour produire du ciment en Suisse? Quelle est la qualité de nos eaux potables? Où stocker nos déchets? Comment et où utiliser de façon durable les pompes à chaleur, la géothermie et les nappes souterraines pour produire de l'énergie? Les géologues s'intéressent aussi aux dangers naturels: ils évaluent les risques d'inondations, de glissements de terrain ou de tremblements de terre et produisent des données essentielles à la planification des mesures de prévention. Les expertises sur le sous-sol aident également les ingénieurs à planifier et à réaliser des tunnels, des routes et des voies ferrées. Vous pouvez le constater: la géologie apporte des réponses aux questions quotidiennes de notre société.

Nous vous souhaitons un voyage passionnant au centre de la Terre.

Olivier Lateltin
Responsable du Service géologique national, swisstopo

La geologia al servizio della società

Per pianificare, proteggere e sfruttare il nostro ambiente di vita in una prospettiva giudiziosa e sostenibile, abbiamo sempre più bisogno delle scienze della terra.

Circa 40 di specialisti, provenienti da università, studi privati ed amministrazioni pubbliche, presentano un piccolo estratto di un largo spettro di attività legate alle scienze della terra.

Essi spiegano i temi in forma succinta proponendo degli approfondimenti in altre pubblicazioni o in link per l'accesso a dei dati su internet. Per sensibilizzare il collettivo a questo appassionante ambito della scienza, gli specialisti propongono da qualche anno una larga offerta di manifestazioni e di materiale didattico di divulgazione. Troverete tutte queste informazioni anche in «Geologia della Svizzera – la scoperta del sottosuolo».

I temi di questa pubblicazione sono ripartiti in quattro capitoli: dati di base, risorse, pericoli naturali e inquinamento dell'ambiente, la geologia nella vita quotidiana. Essi rappresentano bene la diversità delle domande alle quali i geologi sono confrontati: dove si trovano le materie prime per produrre il cemento in Svizzera? Qual è la qualità della nostra acqua potabile? Dove stochiamo i nostri rifiuti? Come e dove utilizzare in modo duraturo le pompe a calore, la geotermia e le falde sotterranee per produrre l'energia? I geologi si interessano anche ai pericoli naturali: valutano i rischi d'inondazione, di frane e di terremoti e producono dei dati essenziali per la pianificazione delle misure di prevenzione. Le perizie sul sottosuolo supportano, inoltre, gli ingegneri nella pianificazione e realizzazione di gallerie, strade e ferrovie. Come potete vedere: la geologia fornisce risposte alle domande quotidiane della nostra società.

Vi auguriamo un appassionante viaggio al centro della Terra.

Olivier Lateltin

Responsabile del Servizio geologico nazionale, swisstopo

Geology in the Service of Society

To plan, protect and fulfill our way of life in a sensible and durable manner, we need increasingly more support from the earth sciences.

Around 40 experts from universities, private offices and public administration present a small fragment of the broad spectrum of activities concerning the earth sciences. In a rather succinct manner, they describe various datasets and include relevant publications or information about access to them via internet. In order to sensitize a wide audience to this fascinating realm of the sciences, the specialists have been providing a rich palette of events and learning opportunities for many years. Information about such topics can also be found in «Geology of Switzerland – Knowledge from Underground».

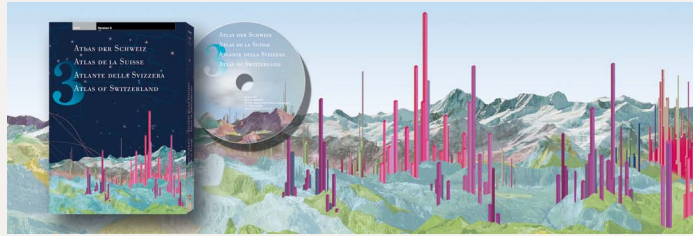
The themes of this book are arranged into four chapters: Basic Data, Resources, Natural Hazards and Environmental Pollution, Geology in Everyday Life. They clearly illustrate the diversity of questions with which geologists are confronted: where do we find raw material for producing cement in Switzerland? What is the quality of our drinking water? Where can we bury our wastes? How and where can we exploit underground resources to produce energy? Geologists are also preoccupied with natural hazards: they evaluate dangers from floods, landslides or earthquakes and produce the data essential in determining and carrying out measures of risk management. Expert reports on the subsurface also help engineers to plan and build tunnels, roads and train tracks. You can see: geology delivers answers to everyday questions of our society.

We wish you a thrilling voyage into the Earth.

Olivier Lateltin

Head of the Swiss Geological Survey, swisstopo

Verwandte Produkte
Produits apparentés
Prodotti affini
Related Products



Atlas der Schweiz

Der Atlas der Schweiz ist ein Gemeinschaftswerk von ETH Zürich, Bundesamt für Landestopografie swisstopo und Bundesamt für Statistik. Er enthält mehr als 2000 thematische Karten über Verkehr, Energie, Kommunikation, Natur und Umwelt, Gesellschaft, Wirtschaft, Staat und Politik.

Atlas de la Suisse

L'Atlas de la Suisse est une œuvre commune de l'EPF de Zurich, de l'Office fédéral de topographie swisstopo et de l'Office fédéral de la statistique. Il contient plus de 2000 cartes thématiques sur les transports, l'énergie, les communications, la nature et l'environnement, la société, l'économie, l'Etat et la politique.

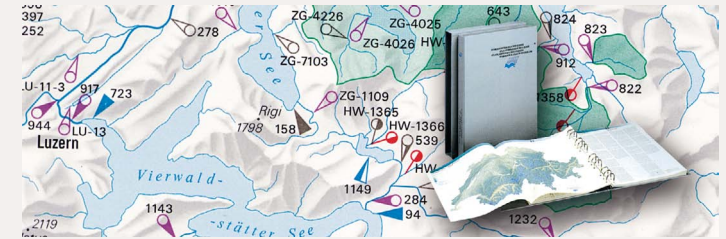
Atlante della Svizzera

L'Atlante della Svizzera è un'opera comune del politecnico di Zurigo ETH, dell'Ufficio federale di topografia swisstopo e dell'Ufficio federale di statistica. Esso contiene oltre 2000 carte tematiche sui trasporti, l'energia, le comunicazioni, la natura e l'ambiente, la società, l'economia, lo Stato e la politica.

Atlas of Switzerland

The Atlas of Switzerland is a collaborative work of ETH Zurich, swisstopo and the Federal Statistical Office. Over 2000 maps from the subject areas of transport, energy, communication, nature and the environment, society, economy, state and politics are included.

(www.atlasderschweiz.ch)



Hydrologischer Atlas

Regen, Schnee und Gletscher, Abfluss und Verdunstung: Der Wasserhaushalt als Ganzes prägen die schweizerischen Landschaften. Der Hydrologische Atlas wurde vom Bundesamt für Umwelt herausgegeben und zusammen mit dem Geographischen Institut der Universität Bern produziert.

Atlas hydrologique

Pluie, neige et glaciers, écoulement fluvial et évaporation: Le cycle de l'eau marque de son empreinte le paysage. L'Atlas hydrologique a été publié par l'Office fédéral de l'environnement et produit en collaboration avec l'Institut de géographie de l'Université de Berne.

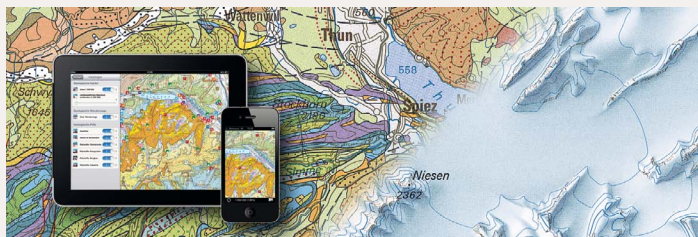
Atlante idrologico

Pioggia, neve e ghiacciai, corrente fluviale ed evaporazione: Il ciclo dell'acqua lascia la propria impronta nel paesaggio. L'Atlante idrologico è stato pubblicato dall'Ufficio federale dell'ambiente e prodotto in collaborazione con l'Istituto di geografia dell'Università di Berna.

Hydrological Atlas

Precipitation, snow and glaciers, discharge and evaporation: The water balance on the whole shapes the Swiss landscape. The Hydrological Atlas was published by the Federal Office for the Environment and produced together with the Geographical Institute of the University of Berne.

(www.hades.unibe.ch)



Swiss Map Mobile

Schweizer Landeskarten sind für Ihr Smartphone und Tablet verfügbar. Beim Kauf von Swiss Map Mobile erhalten Sie gratis die Möglichkeit, geologische Daten für den Offline-Gebrauch auf Ihrem Gerät abzuspeichern.

Swiss Map Mobile

Les cartes nationales pour l'iPhone et l'iPad sont disponibles. A l'achat de Swiss Map Mobile vous pouvez sauvegarder gratuitement des données géologiques sur votre appareil pour une utilisation offline.

Swiss Map Mobile

Le carte nazionali per iPhone e iPad sono disponibili. All'acquisto di Swiss Map Mobile potete salvare gratuitamente i dati geologici sul vostro apparecchio per l'utilizzo offline.

Swiss Map Mobile

Swiss national maps are available for iPhone and iPad. Upon purchasing Swiss Map Mobile, you will receive free of charge the possibility to store geological data for offline use on your device.

(www.swisstopo.ch/swissmapmobile)



Geologie-Portal

Das Geologie-Portal ist ein wichtiger Schritt für die Stärkung der Schweizer Geologie-Szene, für eine effizientere Zusammenarbeit und eine verbesserte Wahrnehmung der Geologie in der Öffentlichkeit. Das Geologie-Portal wird von einer Gruppe von Organisationen betrieben.

Portail géologique

Le portail géologique contribue à soutenir la scène géologique suisse, à optimiser la collaboration et à sensibiliser davantage l'opinion publique aux questions de la géologie. Le portail géologique est exploité par un groupe d'organisations.

Portale geologico

Il portale geologico contribuisce a rafforzare l'ambiente geologico svizzero, a ottimizzare la collaborazione e a sensibilizzare l'opinione pubblica ai quesiti della geologia. Il portale geologico è utilizzato da un gruppo di organizzazioni.

Geology Portal

The Geology Portal is an important step in strengthening the Swiss geology scene, for a more efficient collaboration and an improved awareness of geology amongst the general public. The Geology Portal is operated by a group of organizations.

(www.geologieportal.ch)

Inhaltsverzeichnis

Table des matières



11 **Grundlagedaten**

- 13 Historische geologische Karten
- 15 Erste geologische Übersichts-karten
- 17 Geologische Karte der Schweiz
1:500 000
- 19 Geologischer Atlas der Schweiz
1:25 000
- 21 Tektonische Karte der Schweiz
1:500 000
- 23 Geologische Informationsstelle
- 25 Das Erdmagnetfeld
- 27 Aeromagnetische Karten
- 29 Das Schwerefeld
- 31 Bouguer-Anomalien
- 33 Isostatische Anomalien
- 35 Das Geoid
- 37 Hebungsdaten
- 39 Topographie
- 41 Bathymetrie der Schweizer Seen
- 43 Die Schweiz während
der letzten Eiszeit
- 45 Mächtigkeit der Lockergesteine
- 47 Geologische 3D-Modelle
- 49 Seismischer Atlas des
schweizerischen Molassebeckens
- 51 Seismische Geschwindigkeit
von Gesteinen
- 53 Dichte von Gesteinen
- 55 Lithologische Karte 1:500 000,
Geotechnische Karte 1:200 000
- 57 Baugrunderkarten

Données de base

- Cartes géologiques historiques
- Premières cartes géologiques
d'ensemble
- Carte géologique de la Suisse
1:500 000
- Atlas géologique de la Suisse
1:25 000
- Carte tectonique de la Suisse
1:500 000
- Centre d'informations géologiques
- Le champ magnétique terrestre
- Cartes aéromagnétiques
- Le champ de pesanteur
- Anomalies de Bouguer
- Anomalies isostatiques
- Le géoïde
- Vitesses de surrection
- Topographie
- Bathymétrie des lacs suisses
- La Suisse durant la dernière
glaciation
- Epaisseur des roches meubles
- Modèles géologiques en 3D
- Atlas sismique du bassin
molassique suisse
- Vitesse sismique des roches
- Densité des roches
- Carte lithologique 1:500 000,
Carte géotechnique 1:200 000
- Cartes des sols de fondation

59 Ressourcen

- 61 Abbau von Tongestein
- 63 Abbau von Festgestein
- 65 Abbau von Lockergestein
- 67 Erze und Industriemineralien
- 69 Energierohstoffe
- 71 Hydrologie und Einzugsgebiete
- 73 Hydrogeologische Karten der Schweiz 1:500 000
- 75 Hydrogeologische Karte 1:100 000
- 77 Wärmestromdichte
- 79 Geothermische Ressourcen
- 81 Erdwärmenutzung

Ressources

- Extraction d'argile
- Extraction de roche cohérente
- Extraction de roche meuble
- Minerais et minéraux industriels
- Matières premières énergétiques
- Hydrologie et bassins versants
- Cartes hydrogéologiques de la Suisse 1:500 000
- Carte hydrogéologique 1:100 000
- Densité de flux thermique
- Ressources géothermiques
- Exploitation de l'énergie géothermique

83 Naturgefahren und Umweltbelastung

- 85 Terrestrische Strahlung
- 87 Radonrisiko
- 89 Hochwassergefahren
- 91 Massenbewegungen
- 93 Permafrost
- 95 Historische Seismizität
- 97 Seismizität von 1996 bis 2010
- 99 Seismotektonik
- 101 Erdbebengefährdung und -risiko
- 103 Baugrundklassen und Mikrozonierung
- 105 Nationale Bodenbeobachtung
- 107 Grundwasserqualität
- 109 Geologische Tiefenlager
- 111 CO₂-Sequestrierung

Dangers naturels et pollution de l'environnement

- Radiation terrestre
- Risque en radon
- Dangers liés aux crues
- Mouvements de terrain
- Pergélisol
- Sismicité historique
- Activité sismique entre 1996 et 2010
- Sismotectonique
- Aléa et risque sismique
- Classes de sol de fondation et microzonage
- Observatoire national des sols
- Qualité des eaux souterraines
- Dépôts géologiques profonds
- Stockage du CO₂

113 Geologie im Alltag

- 115 Tiefenplanung
- 117 Nationale Schutzgebiete
- 119 Geotope
- 121 Geologische Wanderwege
- 123 Erlebnis Geologie
- 125 Steine an historischen Bauwerken
- 127 Stein und Wein

La géologie au quotidien

- Planification souterraine
- Régions protégées à l'échelle nationale
- Géotopes
- Sentiers géologiques
- Géologie Vivante
- Pierres des monuments historiques
- Roche et vin

- 129 Autoren und Beitragende

- Auteurs et contributeurs

- 131 Bildnachweis und Bibliographie

- Crédits images et bibliographie

Indice

Table of Contents

11 Dati di base

- 13 Carte geologiche storiche
- 15 Prime carte geologiche panoramiche
- 17 Carta geologica della Svizzera 1:500 000
- 19 Atlante geologico della Svizzera 1:25 000
- 21 Carta tettonica della Svizzera 1:500 000
- 23 Centro di informazioni geologiche
- 25 Il campo magnetico terrestre
- 27 Carte aeromagnetiche
- 29 Il campo di gravità
- 31 Anomalie di Bouguer
- 33 Anomalie isostatiche
- 35 Il geoide
- 37 Velocità di sollevamento
- 39 Topografia
- 41 Batimetria dei laghi svizzeri
- 43 L'ultima glaciazione in Svizzera
- 45 Spessore dei sedimenti
- 47 Modelli geologici in 3D
- 49 Atlante sismico del Bacino molassico svizzero
- 51 Velocità delle onde sismiche nelle rocce
- 53 Densità delle rocce
- 55 Carta litologica 1:500 000, Carta geotecnica 1:200 000
- 57 Carte dei terreni edificabili

Basic Data

- Historical Geological Maps
- First General Geological Maps
- Geological Map of Switzerland 1:500 000
- Geological Atlas of Switzerland 1:25 000
- Tectonic Map of Switzerland 1:500 000
- Geological Information Center
- The Earth's Magnetic Field
- Aeromagnetic Maps
- The Gravity Field
- Bouguer Anomalies
- Isostatic Anomalies
- The Geoid
- Rates of Uplift
- Topography
- Bathymetry of Swiss Lakes
- The Last Ice Age in Switzerland
- Sediment Thickness
- Geological 3D Models
- Seismic Atlas of the Swiss Molasse Basin
- Seismic Velocity of Rocks
- Density of Rocks
- Lithological Map 1:500 000, Geotechnical Map 1:200 000
- Ground Maps



59 Risorse	Resources	113 La geologia nella vita quotidiana	Geology in Everyday Life
61 Estrazione dell'argillite	Quarrying of Clay Rock	115 Pianificazione del sottosuolo	Planning at Depth
63 Estrazione di materiale lapideo	Quarrying of Hard Rock	117 Aree protette nazionali	National Protected Zones
65 Estrazione dei depositi sciolti	Quarrying of Unconsolidated Rock	119 Geotopi	Geotopes
67 Giacimenti minerali e minerali industriali	Ores and Industrial Minerals	121 Sentieri geologici	Geological Hiking Trails
69 Risorse energetiche	Energy Resources	123 Avventura geologia	Experience Geology
71 Idrologia e spartiacque	Hydrology and Watersheds	125 Pietre dei monumenti storici	Stones on Historical Buildings
73 Carte idrogeologiche della Svizzera 1:500 000	Hydrogeological Maps of Switzerland 1:500 000	127 Roccia e vino	Rock and Wine
75 Carta idrogeologica 1:100 000	Hydrogeological Map 1:100 000		
77 Densità di flusso termico	The Heat Flux		
79 Risorse geotermiche	Geothermal Resources	129 Autori e contributori	Authors and Contributors
81 Utilizzo dell'energia geotermica	Exploitation of Geothermal Energy	131 Fonti iconografiche e bibliografia	Picture Credits and Bibliography
83 Pericoli naturali e inquinamento dell'ambiente	Natural Hazards and Environmental Pollution		
85 Radiazione terrestre	Terrestrial Radiation		
87 Rischio radon	Radon Risk		
89 Pericoli associati alle piene	Flood Hazards		
91 Movimenti di terreno	Mass movements		
93 Permafrost	Permafrost		
95 Sismicità storica	Historical Seismicity		
97 Sismicità dal 1996 al 2010	Seismicity from 1996 to 2010		
99 Sismotettonica	Seismotectonics		
101 Pericolosità e rischio sismico	Earthquake Hazard and Risk		
103 Carta dei terreni di fondazione e microzonazione	Subsoil Classes and Microzonation		
105 Osservatorio nazionale dei suoli	Swiss Soil Monitoring Network		
107 Qualità delle acque sotterranee	Groundwater Quality		
109 Depositi geologici profondi	Deep Geological Repositories		
111 Stoccaggio del CO ₂	CO ₂ Sequestration		

Grundlagedaten

Gesteinseinheiten lassen sich nach ihrer stofflichen Beschaffenheit, ihrem Alter oder ihrer strukturellen Stellung klassieren. Von den ersten historischen Karten bis zu modernen digitalen 3D-Modellen und Höhenmodellen dienen geologische, geophysikalische und topographische Datensätze als wichtige Grundlage für die Nutzung, Planung und Gestaltung unseres Lebensraums.

Données de base

Les formations géologiques peuvent être évaluées en fonction de leur composition, de leur âge et de leur structure. Des premières cartes historiques aux modèles numériques tridimensionnels et de terrain les plus modernes, des jeux de données géologiques, géophysiques et topographiques ont été appliqués pour utiliser, planifier et aménager notre milieu de vie dans une perspective durable.

Dati di base

Le formazioni geologiche possono essere classificate in base alla composizione, all'età oppure alla struttura. Dalle prime carte storiche fino ai più moderni modelli numerici tridimensionali e di terreno: i dati geologici, geofisici e topografici vengono utilizzati da tempo immemorabile come base importante per l'utilizzo, la pianificazione e l'organizzazione del nostro spazio vitale in modo sostenibile.

Basic Data

Geological formations can be assessed according to their material composition, age sequence or structure. From the first historical maps to the most modern digital 3D models and elevation models: geological, geophysical and topographical datasets traditionally serve as an important foundation for the sustainable utilization, planning and shaping of our environment.

Weitere Informationen | Plus d'informations

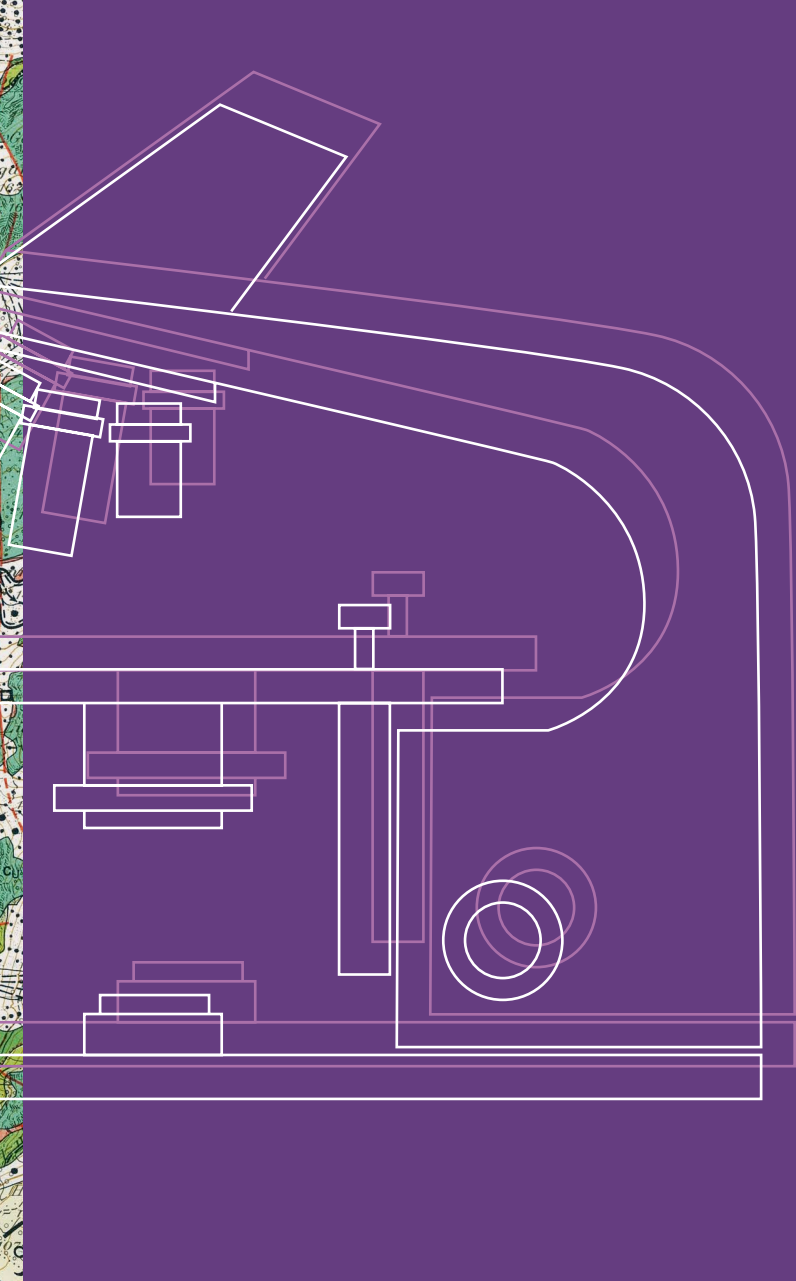
www.geologieportal.ch > Themen > Grundlagen der Geologie, Bau & Technik

www.portailgeologique.ch > Thèmes > Bases de la géologie, Construction & technique



Legende Ausschnitt aus Blatt 78 Säntis des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000

Légende Extrait de la feuille 78 Säntis de l'Atlas géologique de la Suisse 1:25 000



Historische geologische Karten

Wie ist unsere Landschaft entstanden? Wie sah der Meeresgrund früher aus? Geologische Karten erzählen uns die Geschichte vergangener Zeiten. Für die Suche nach Bodenschätzen und den Abbau von Rohstoffen spielen sie seit jeher eine bedeutende Rolle.

Seit der Mensch Metalle und andere Rohstoffe gewinnt, hat er Erfahrungen gesammelt, wo solche gefunden und abgebaut werden können. Viele Minen, die später Bedeutung erlangten, waren schon den Kelten und Römern bekannt. Im 18. Jahrhundert begann Jean-Etienne Guettard, ein Mitglied der Académie royale in Paris, Kenntnisse über Erze und andere Rohstoffe sowie deren Abbau und Verarbeitung systematisch zu sammeln. Als erster hatte er die Idee, diese Informationen mit Symbolen auf einer Karte darzustellen. 1746 gab er eine Karte für Frankreich heraus. 1752 veröffentlichte er die von Philippe Buache erstellte erste geologisch-mineralogische Karte der Schweiz – ohne jemals hier gewesen zu sein; er verliess sich auf die Angaben von Naturkundlern vor Ort.

Anfangs des 19. Jahrhunderts begannen Geologen, grundlegende Kenntnisse über die genaue zeitliche Abfolge der geologischen Schichten und ihre Entstehung zu gewinnen und daraus die Erdgeschichte zu rekonstruieren. 1853 publizierten Bernhard Studer und Arnold Escher von der Linth, damals die besten Kenner der geologischen Verhältnisse in der Schweiz, eine erste detaillierte geologische Karte der Schweiz im Massstab 1:380 000.

Cartes géologiques historiques

Comment est né notre paysage? Comment se présentait le fond de la mer autrefois? Les cartes géologiques nous racontent l'histoire de temps passés. Elles ont toujours joué un rôle important dans l'investigation du sous-sol et l'extraction de matières premières.

Depuis que l'être humain exploite des métaux et d'autres matières premières, il a appris où les trouver et les extraire. Les Celtes et les Romains connaissaient déjà de nombreuses mines qui ont pris de l'importance ultérieurement. Au 18^e siècle, Jean-Etienne Guettard, membre de l'Académie royale de Paris, s'est mis à collecter systématiquement les connaissances sur les minerais et autres matières premières, sur leur extraction et leur traitement. Il a eu l'idée de reporter ces informations sur des cartes en les assortissant de symboles. Ayant édité une carte de la France en 1746, il a ensuite publié la première carte géologique de la Suisse en 1752 – dressée par Philippe Buache – sans y avoir jamais mis les pieds, en se fiant uniquement aux indications de naturalistes locaux.

Au début du 19^e siècle, les géologues ont commencé à acquérir des connaissances fondamentales sur la formation et la succession temporelle des couches de roche, et ainsi en comprendre l'histoire géologique. Bernhard Studer et Arnold Escher von der Linth, les meilleurs connaisseurs de la géologie helvétique de leur temps, ont publié en 1853 une première carte géologique détaillée de la Suisse à l'échelle 1:380 000.

Carte geologiche storiche

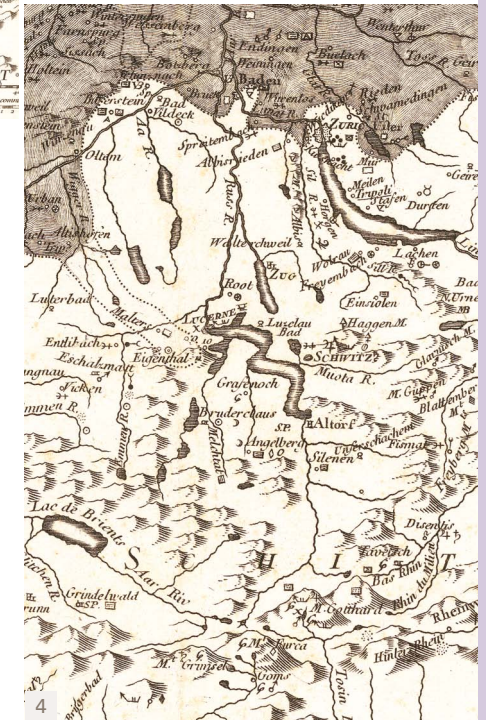
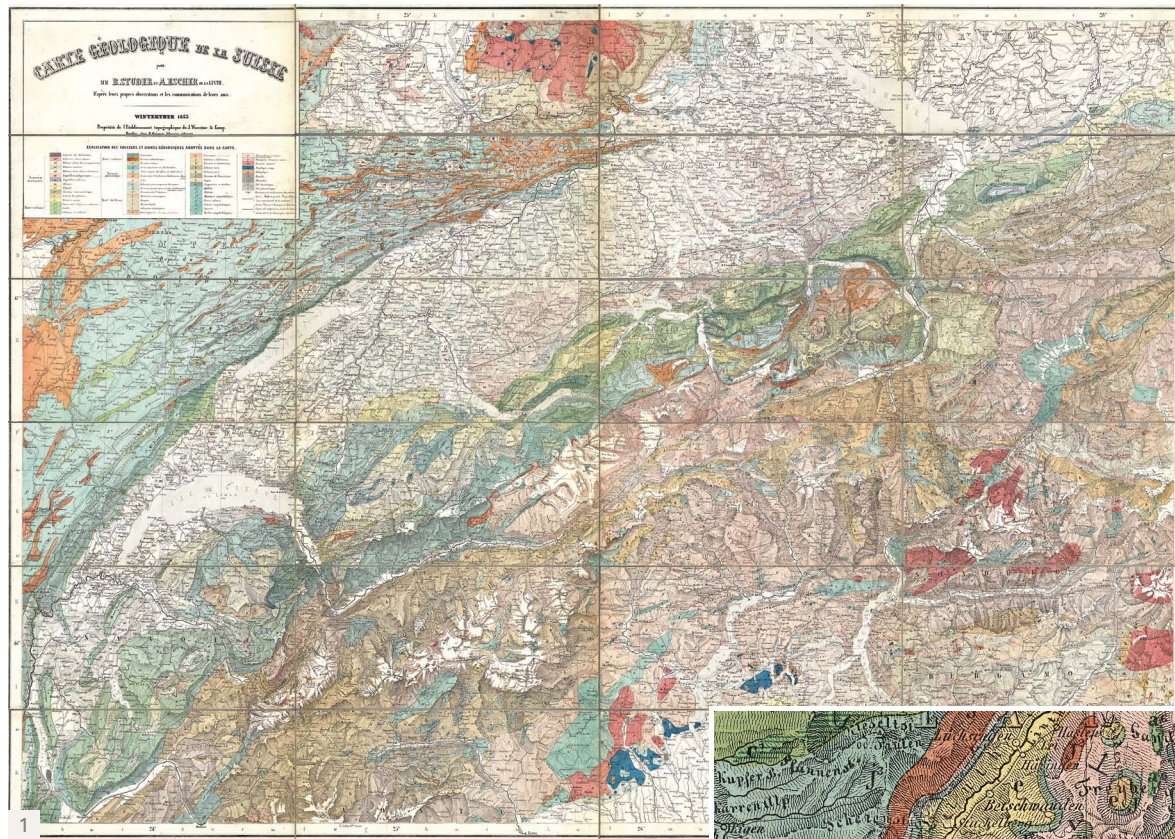
Le carte geologiche raccontano la storia del paesaggio. Da quando esistono, hanno sempre svolto un ruolo importante per la ricerca di risorse minerarie e l'estrazione di materie prime. Jean-Etienne Guettard fu il primo, nel XVIII secolo, a rappresentare su una carta i depositi e i luoghi di estrazione e di lavorazione delle materie prime. Nel 1752 pubblicò la prima carta geologica e mineralogica della Svizzera. All'inizio del XIX secolo, i geologi cominciarono ad acquisire conoscenze fondamentali sulla genesi e la sequenza degli strati rocciosi ricostruendo così la storia geologica del Paese. La prima carta geologica dettagliata della Svizzera fu pubblicata nel 1853, in scala 1:380 000, ad opera di Bernhard Studer e Arnold Escher von der Linth.

Historical Geological Maps

Geological maps decode the history of landscapes. From the outset they have played a significant role in the search for mineral resources and the mining of raw materials. In the 18th century, Jean-Etienne Guettard was the first person to represent the occurrence, mining and processing of ores and other raw materials by means of symbols on a map. In 1752 he released the first geological-mineralogical map of Switzerland. At the start of the 19th century, geologists began to understand the origin and exact chronological sequence of geological strata and to interpret their geological history. In 1853 Bernhard Studer and Arnold Escher von der Linth published the first detailed geological map of Switzerland in a scale of 1:380 000.

Datenquelle | Source des données

- Geologische Karte: Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Landesgeologie | Carte géologique: Office fédéral de topographie swisstopo, Service géologique national (www.swisstopo.ch/landesgeologie)
- Mineralogische Karte: Zentralbibliothek Zürich, Kartensammlung | Carte minéralogique: Zentralbibliothek Zürich, Collection de cartes (www.zb.uzh.ch)



Légende 1 Geologische Karte der Schweiz von B. Studer und A. Escher von der Linth 1:380 000 (1853). 2 Ausschnitt aus der Geologischen Karte der Schweiz von 1853. 3 Mineralogische Karte der Schweiz von Philippe Buache; sie diente den Studien und als Grundlage für eine Publikation von J.-E. Guettard (1752). 4 Ausschnitt aus der mineralogischen Karte der Schweiz von Philippe Buache.

Légende 1 Carte géologique de la Suisse par B. Studer et A. Escher von der Linth 1:380 000 (1853). 2 Extrait de la carte géologique de la Suisse (1853). 3 Carte minéralogique de la Suisse par Philippe Buache pour servir aux recherches et pour un Mémoire de J.-E. Guettard (1752). 4 Extrait de la carte minéralogique de la Suisse par Philippe Buache.

Erste geologische Übersichtskarten

In den 40er und 50er Jahren des 19. Jahrhunderts schuf das «Topographische Bureau» das erste gesamtschweizerische Kartenwerk im Massstab 1:100 000, die berühmte Dufour-Karte. Diese diente ab 1860 als topographische Grundlage für die Geologische Karte der Schweiz 1:100 000, die erste geologische Übersichtskarte.

Zur Aufnahme der Geologischen Karte der Schweiz 1:100 000 wurde 1860 die Schweizerische Geologische Kommission gegründet; ihr erster Präsident war der Berner Bernhard Studer. Von 1864 bis 1888 wurden 25 Blätter, analog zu den Blättern der Dufour-Karte, aufgenommen und publiziert. Dazu mussten die Geologen auf jedem einzelnen Blatt in aufwändiger Feldarbeit die geologischen Formationen kartieren. Für den Druck wurden die Kartenmanuskripte von Kartografen in Kupfer gestochen – der Farbdruck der geologischen Karte war damals eine echte Herausforderung. Ein Lagerbrand vernichtete 1923 den Bestand der Geologischen Karte 1:100 000. Daraufhin wurde die Herausgabe der Geologischen Generalkarte der Schweiz 1:200 000 in acht Blättern beschlossen. Als topographische Grundlage diente die Generalkarte der Schweiz 1:250 000, vergrössert auf 1:200 000, eine Karte ohne Höhenlinien, die den Bedürfnissen der Zeit bald nicht mehr entsprach. Das neue geologische Kartenwerk integrierte viele neue Erkenntnisse. Zwischen 1942 und 1964 wurde die nachgeführte Karte veröffentlicht, ergänzt mit Erläuterungen der einzelnen geologischen Formationen und einem Überblick über den Aufbau des Gebirges.

Premières cartes géologiques d'ensemble

Le Bureau topographique fédéral a élaboré la première série de cartes topographiques à l'échelle 1:100 000 couvrant l'ensemble du territoire helvétique, la célèbre «Carte Dufour», au cours des années 1840 à 1850. À partir de 1860, elle a servi de fond à la Carte géologique de la Suisse au 1:100 000, la première carte géologique d'ensemble.

La Commission géologique suisse a été créée en 1860 pour dresser cette Carte géologique de la Suisse au 1:100 000; son premier président fut le bernois Bernhard Studer. Elle a publié vingt-cinq feuilles, suivant le découpage de la Carte Dufour, entre 1864 et 1888. Pour chacune d'entre elles, les géologues ont minutieusement cartographié les diverses formations sur le terrain. Puis les documents manuscrits étaient gravés sur cuivre – l'impression de la carte géologique en couleurs était une vraie performance à l'époque.

Les cartes géologiques au 1:100 000 ayant été détruites dans l'incendie d'un dépôt en 1923, on a décidé d'éditer une Carte géologique générale de la Suisse au 1:200 000 en huit feuilles. Son fond topographique était la Carte générale de la Suisse au 1:250 000, agrandie au 1:200 000. Sans courbes de niveau, cette base topographique a vite été dépassée. Cette nouvelle série de cartes géologiques intégrait de nombreuses connaissances récentes et a été publiée entre 1942 et 1964, elle était complétée par des notices explicatives décrivant chaque formation géologique et par une vue d'ensemble de la structure des montagnes.

Prime carte geologiche panoramica

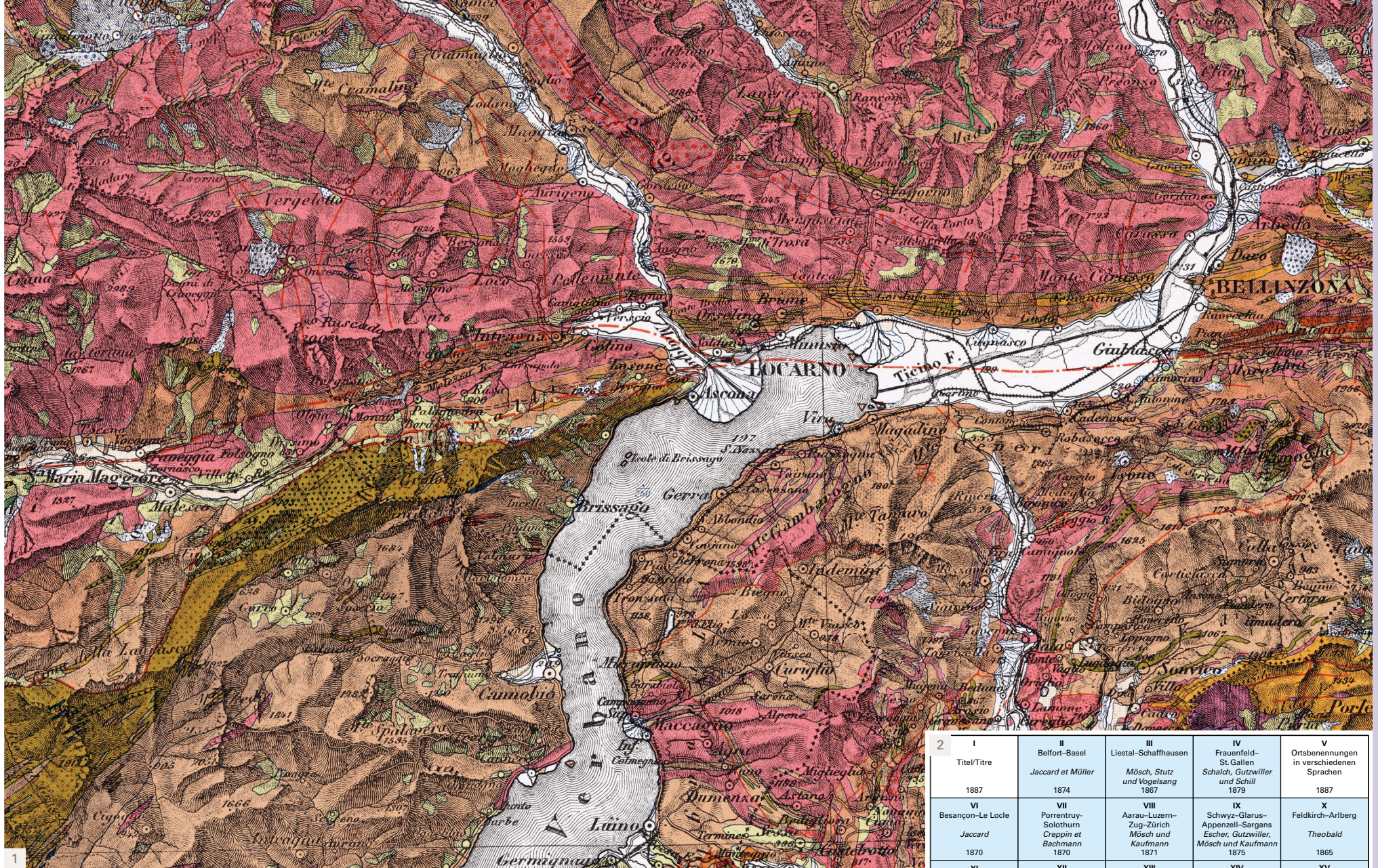
Negli anni '40 e '50 del XIX secolo, l'«Ufficio topografico» produsse la prima serie di carte nazionali in scala 1:100 000, la famosa «carta Dufour», e nel 1860 fu fondata la Commissione Geologica Svizzera con lo scopo di realizzare la carta geologica della Svizzera in scala 1:100 000. Tra il 1864 ed il 1888, ne furono rilevati e pubblicati 25 fogli. Nel 1923, le carte geologiche 1:100 000 andarono distrutte nell'incendio del magazzino che le conteneva. Successivamente, fu decisa la pubblicazione di una carta geologica generale della Svizzera 1:200 000 in otto fogli. Tra il 1942 e il 1964 fu pubblicata la carta aggiornata, accompagnata da spiegazioni sulle diverse formazioni geologiche e da una sintesi della struttura tettonica.

First General Geological Maps

In the 1840s and 1850s the «Topographische Bureau» created the first map series of the entire Switzerland in the scale 1:100 000: the famous «Dufour Map». The Swiss Geological Commission was founded in 1860 for the purpose of creating the Geological Map of Switzerland 1:100 000. From 1864 to 1888, 25 sheets were created and published. A warehouse fire destroyed the 1:100 000 scale geological maps in 1923. It was then decided to issue a General Geological Map of Switzerland 1:200 000 in eight sheets. The updated map was released between 1942 and 1964, expanded with explanations of individual geological formations and an overview of the structure of the mountains.

Datenquelle | Source des données

Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Landesgeologie | Office fédéral de topographie swisstopo, Service géologique national (www.swisstopo.ch/landesgeologie)



Legende 1 Geologische Generalkarte der Schweiz 1:200 000, Ausschnitt aus Blatt Nr. 7, Ticino (1955). 2 Geologische Karte der Schweiz 1:100 000, Blattschnitt mit Blattnummern, Autoren und Publikationsjahren.

Légende 1 Carte géologique générale de la Suisse 1:200 000, extrait de la feuille n° 7, Ticino (1955). 2 Carte géologique de la Suisse 1:100 000, découpage des feuilles avec leur numéro, auteurs et année de publication.

2	I	II	III	IV	V
	Titel/Titre	Belfort-Basel	Liestal-Schaffhausen	Frauenfeld-St. Gallen	Ortsbenennungen in verschiedenen Sprachen
	1887	Jaccard et Müller 1874	Mösch, Stutz und Vogelsang 1867	Schalch, Gutzwiler und Schill 1879	1887
VI	Besançon-Le Locle	VII	VIII	IX	X
Jaccard	Porrentruy-Solothurn Coppin et Bachmann 1870	Aarau-Luzern-Zug-Zürich Mösch, Gutzwiler und Kaufmann 1871	Schwyz-Glarus-Appenzell-Sargans Escher, Gutzwiler, Mösch und Kaufmann 1875	Feldkirch-Arlberg Theobald 1865	
XI	Pontarlier-Yverdon	XII	XIII	XIV	XV
Jaccard	Freiburg-Bern	Interlaken-Sarnen-Stans Kaufmann, Baltzer und Mösch 1887	Altdorf-Chur-Heim, Escher, Theobald, Baltzer und v. Frisch 1885	Davos-Martinsbruck Theobald 1864	
XVI	Genève-Lausanne	XVII	XVIII	XIX	XX
Jaccard	Vevey-Sion	Brig-Airolo v. Fellenberg, Bachmann, Mösch und Gerlach 1885	Bellinzona-Chiavenna Rolle 1882	Sondrio-Bormio Theobald 1865	
XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV	
Farben- und Zeichenerklärung Heim 1887	Martigny-Aosta Gerlach 1870	Domodossola-Arona Gerlach 1882	Lugano-Como Spreafico, de Negri e Stoppani 1876	Höhenangaben	

Geologische Karte der Schweiz 1:500 000

Geologische Karten geben Auskunft über die obersten Gesteinsschichten der Erdkruste. Die geologischen Formationen werden nach ihrer stofflichen Beschaffenheit (Lithologie), ihrer Altersabfolge (Stratigraphie) und ihrer strukturellen Position (Tektonik) klassiert und in eine topographische Karte eingetragen.

Die Geologische Karte der Schweiz 1:500 000 bietet einen guten Überblick darüber, wie die Gesteinseinheiten in der Schweiz und dem angrenzenden Ausland verteilt sind. Der Betrachter erkennt auf den ersten Blick die überwiegend kalkigen Gesteine des Jurabogens, das Mittelland mit den Molasseabfolgen aus Sandstein, Mergel und Nagelfluhbänken sowie den Alpenraum mit Sediment- und Kristallineinheiten. Die Geologische Übersichtskarte ist ein unerlässliches Hilfsmittel für überregionale Studien, Forschung und die Vermittlung des geologischen Grundwissens auf allen Stufen. Zudem dient sie als Beitrag der Schweiz zur weltweiten geologischen Übersichtskarte des Projektes OneGeology.

Die laufend aktualisierte Geologische Übersichtskarte der Schweiz sowie sämtliche neue geologische Karten sind in gedruckter Form und als Pixel- und Vektordatensatz verfügbar. Weitere Datensätze der Reihe der GeoKarten 500 beschreiben tektonische (→21), geophysikalische (→31), paläoglazilogische (→43) und hydrogeologische (→73) Inhalte.

Carte géologique de la Suisse 1:500 000

Les cartes géologiques nous renseignent sur les couches rocheuses se trouvant à la surface de la croûte terrestre. Les formations géologiques sont reportées sur un fond topographique et classées en fonction de leur composition (lithologie), de leur âge (stratigraphie) et de leur position structurale (tectonique).

La Carte géologique de la Suisse 1:500 000 fournit un bon aperçu de la répartition des unités rocheuses en Suisse et dans les régions limitrophes. Le lecteur reconnaît au premier coup d'œil les roches essentiellement calcaires de l'Arc jurassien, le Plateau avec ses alternances de grès, marnes et poudingues en bancs et les Alpes avec leurs unités sédimentaires et cristallines. Cette carte d'ensemble est un instrument indispensable pour les études suprarégionales, la recherche et la transmission de connaissances élémentaires en géologie à tous les échelons. Elle représente en outre la contribution de la Suisse à la carte géologique mondiale du projet OneGeology.

La carte géologique de l'ensemble de la Suisse, constamment actualisée, et toutes les nouvelles cartes géologiques sont disponibles sur papier ou sous la forme de cartes pixel ou de jeux de données vectorielles. D'autres jeux de données de la série GéoCartes 500 sont consacrés à la tectonique (→21), à la géophysique (→31), à la paléogéologie (→43) et à l'hydrogéologie (→73).

Carta geologica della Svizzera 1:500 000

Le carte geologiche sono una base importante per progetti di tipo geotecnico e ambientale. La carta geologica d'insieme della Svizzera offre una buona visione della distribuzione delle unità rocciose in Svizzera e nei Paesi limitrofi. Il lettore riconosce le rocce prevalentemente calcaree del Giura, l'Altipiano con le sequenze di molassa costituite da arenarie, marne e conglomerati, come pure la catena alpina con le coperture sedimentarie e le unità del basamento cristallino. Strumento fondamentale per gli studi transregionali, la ricerca scientifica e la messa a disposizione di dati geologici di base, questa carta è disponibile sia in forma cartacea sia digitale (pixel o vettoriale).

Geological Map of Switzerland 1:500 000

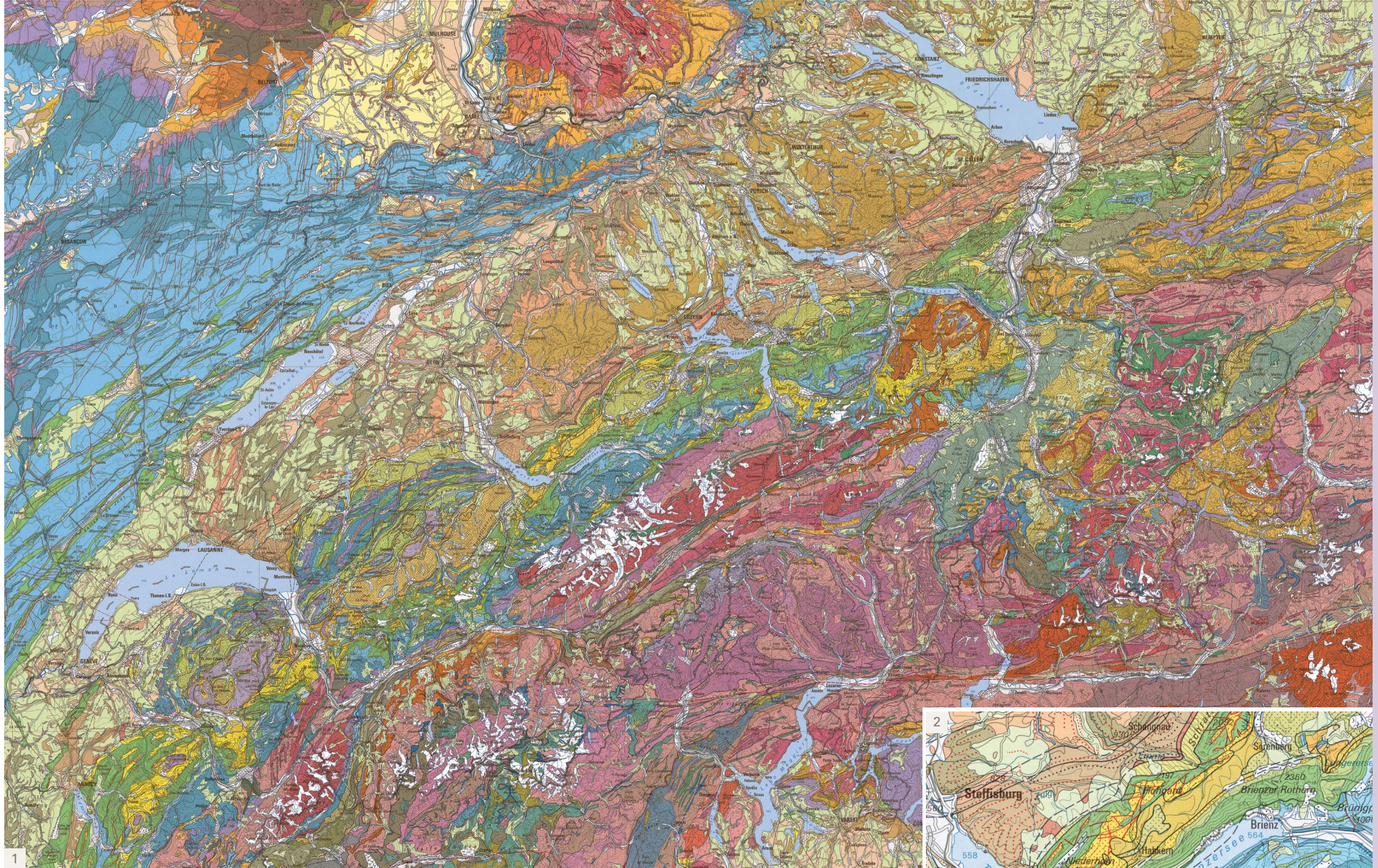
Geological maps are an important basis for geotechnical and environment related decisions. The Geological Map of Switzerland provides a good overview of the distribution of the rock units in Switzerland and neighboring countries. The observer recognizes the Jura Arc with predominantly calcareous rocks, the Swiss Plateau with Molasse sequences of sandstone, marl and conglomerate beds as well as the Alpine region with sedimentary and crystalline units. This map is a vital tool for national studies, research and the exchange of basic geological knowledge at all levels. Like all new geological maps, it is available in printed, pixelmap or vector dataset format.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Bundesamt für Landestopografie swisstopo, GeoKarten | Office fédéral de topographie swisstopo, GéoCartes (www.swisstopo.ch/geologiemaps)
- Geoportal des Bundes | Géoportail de la Confédération (map.geo.admin.ch)
- OneGeology (www.onegeology.org)

Datenquelle | Source des données

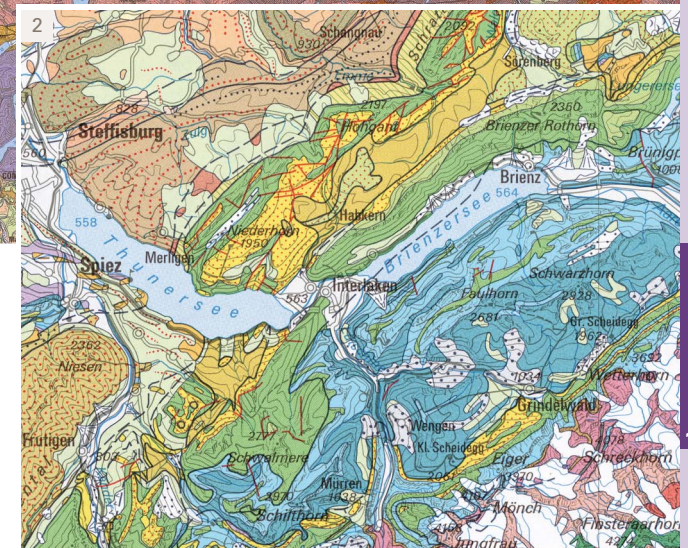
Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Landesgeologie | Office fédéral de topographie swisstopo, Service géologique national (www.swisstopo.ch/landesgeologie)



1

Légende 1 Die Geologische Karte der Schweiz 1:500 000 gibt einen Überblick über die Verteilung der an der Erdoberfläche auftretenden Gesteinsschichten. Die unterschiedlichen Farben beschreiben Art und Alter der Gesteinseinheiten. **2** Ausschnitt aus der Geologischen Karte der Schweiz 1:500 000.

Légende 1 La Carte géologique de la Suisse 1:500 000 donne une vue d'ensemble de la répartition des couches géologiques à la surface de la Terre. Les différentes couleurs décrivent la nature et l'âge des unités rocheuses. **2** Extrait de la Carte géologique de la Suisse 1:500 000.



2

Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000

Der Geologische Atlas der Schweiz (GA25) ist eine wichtige Grundlage für Entscheide, die beispielsweise Naturgefahrenprävention, Grundwasserschutz oder Bauprojekte betreffen. Die Atlasblätter, deren Blattschnitt und Topographie der Landeskarte 1:25000 entspricht, stellen den obersten Bereich des Untergrundes detailliert dar. Seit 1930 wird am Geologischen Atlas gearbeitet, der in Zukunft die Schweiz vollständig mit geologischen Karten im Massstab 1:25000 abdecken wird. Grundlage für die detaillierten Atlasblätter ist eine genaue Bestandsaufnahme im Gelände, die so genannte Feldkartierung, die auf einer Vielzahl von Einzelbeobachtungen und Messungen beruht. Zusätzlich werden Ergebnisse von Bohrungen und Sondierungen mit einbezogen und Gesteinsproben im Labor analysiert.

Der Geologische Atlas der Schweiz ist die geologische Referenzkarte für Wissenschaftler, Praktiker und Laien. Die Atlasblätter zeigen das Festgestein und – wo vorhanden – die Bedeckung mit jüngeren, quartären Lockergesteinen. Letztere sind vor allem im Hinblick auf Bauten, Naturgefahren und Rohstoffe von grossem Interesse.

Die Vektordatensätze eines GA25-Blattes enthalten bis zu 8000 Flächen und 3000 Punktinformationen. Sie erlauben gezielte Abfragen, zum Beispiel zu einzelnen Gesteinstypen, deren stofflicher Zusammensetzung und Lagerung.

Atlas géologique de la Suisse 1:25 000

L'Atlas géologique de la Suisse (AG25) est un document de base important pour prendre des décisions concernant notamment la prévention des dangers naturels, la protection des eaux souterraines et des projets de construction. Les feuilles le constituant, qui reprennent le découpage et le fond topographique de la Carte nationale de la Suisse, fournissent des renseignements détaillés sur la tranche supérieure du sous-sol.

Depuis 1930 l'Atlas géologique de la Suisse est élaboré afin de couvrir intégralement le pays avec des cartes géologiques à l'échelle 1:25000. Toutes ces cartes détaillées sont basées sur des levés de terrain précis, comprenant de nombreuses observations et mesures. Elles intègrent aussi les résultats de forages, sondages et analyses d'échantillons de roche en laboratoire.

L'Atlas géologique de la Suisse est la carte géologique de référence pour les scientifiques et les praticiens. Les feuilles qui le composent indiquent la roche cohérente et – lorsqu'elle existe – la couverture récente de roche meuble quaternaire. Cette dernière présente notamment un grand intérêt pour la construction, la gestion des dangers naturels et la recherche de matières premières.

Les jeux de données vectorielles d'une feuille de l'AG25 incluent jusqu'à 8000 surfaces et 3000 informations ponctuelles. Ils permettent de répondre à des questions spécifiques concernant par exemple le type de roche, sa composition et sa situation.

Atlante geologico della Svizzera 1:25 000

L'Atlante geologico della Svizzera (AG25), in elaborazione dal 1930, ha per scopo la copertura di tutta la superficie svizzera con carte geologiche in scala 1:25000. Ogni carta di dettaglio deve essere basata su una cartografia di precisione e dati raccolti direttamente sul terreno, ai quali sono integrati i risultati di sondaggi e vari tipi di indagini analitiche effettuate sulle rocce. L'AG25 è la carta di riferimento per professionisti, scienziati e appassionati di geologia. I fogli dell'Atlante mostrano il substrato roccioso e la più recente copertura quaternaria. I set di dati vettoriali dell'AG25 sono costituiti da un massimo di 8000 superfici e 3000 informazioni puntuali che consentono ricerche mirate, ad esempio, per singolo tipo di roccia.

Geological Atlas of Switzerland 1:25 000

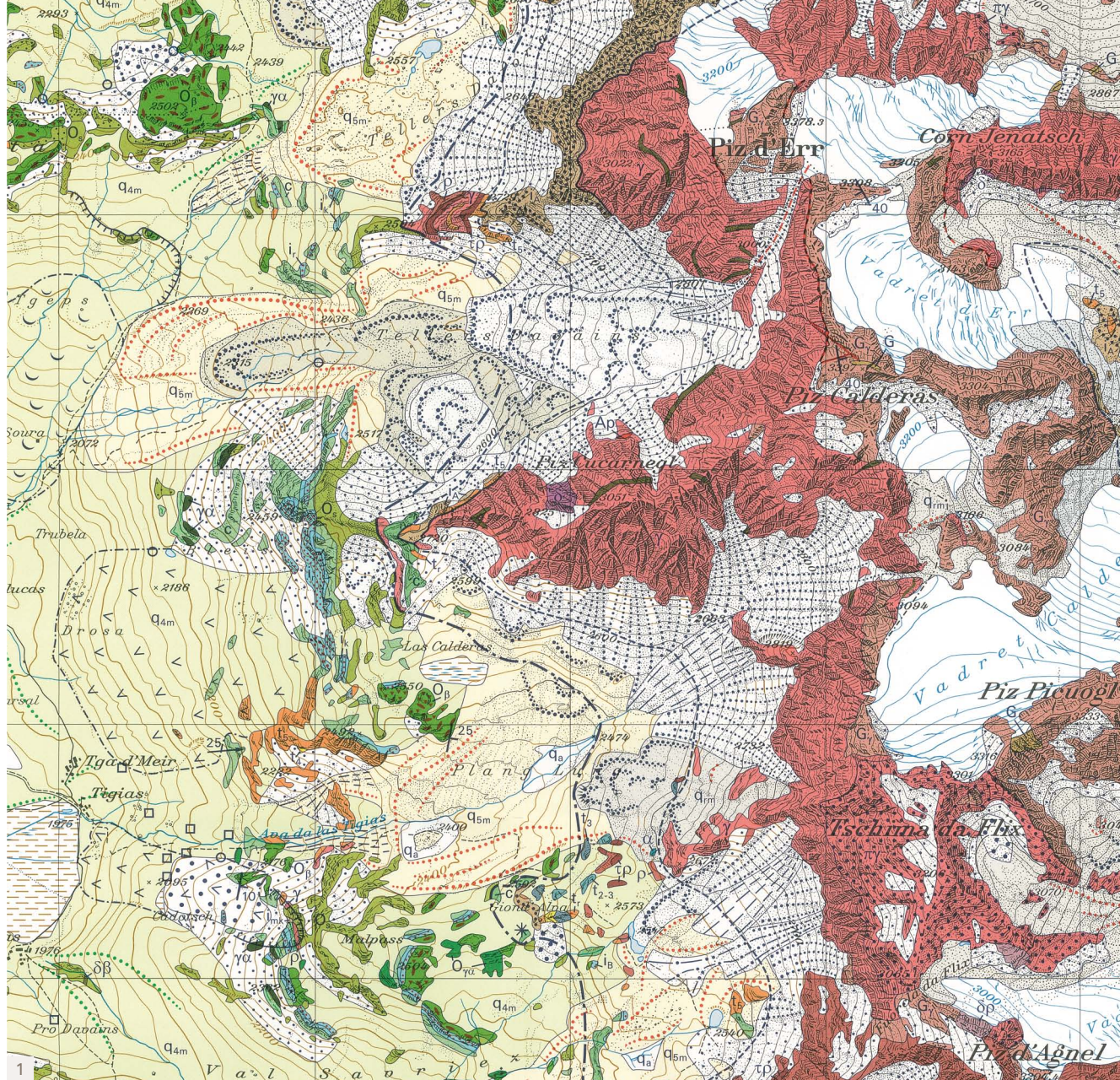
The Geological Atlas of Switzerland (GA25) has been in progress since 1930 – with the aim of achieving a complete coverage of Switzerland with geological maps in the scale of 1:25000. The prerequisite for each detailed map is accurate field mapping. Results from boreholes and laboratory analyses of samples are included. The GA25 is the geological reference map for practitioners, scientists and laymen. The atlas sheets show the solid rock and – where present – the younger cover of Quaternary unconsolidated rocks. The GA25 vector datasets contain up to 8000 surfaces and 3000 data points and allow specific queries such as locating individual rock types or listing their material composition.

Weitere Informationen | Plus d'informations

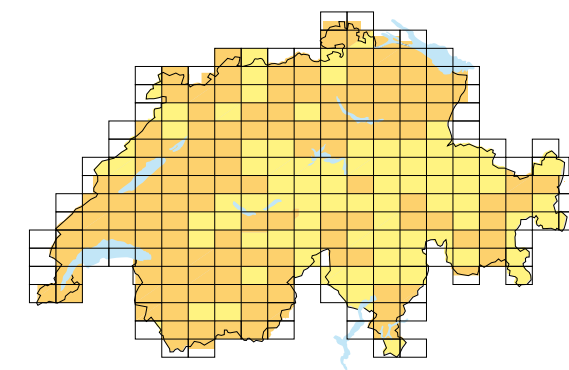
- Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Geologischer Atlas
Office fédéral de topographie swisstopo, Atlas géologique
(www.swisstopo.ch/geolatlas)
- Geoportal des Bundes | Géoportail de la Confédération (map.geo.admin.ch)

Datenquelle | Source des données

Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Landesgeologie | Office fédéral de topographie swisstopo, Service géologique national
(www.swisstopo.ch/landesgeologie)



4 Stand-état 2013



Legende 1 Ausschnitt aus Blatt 124 Bivio des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000, mit Blockgletschern (dunkelblaue lobenförmige Punktreihen). 2 Blockgletscher. 3 Ausschnitt aus dem Atlasblatt 140 Winterthur. 4 Blattschnitt und Abdeckung des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000; orange: gedruckte Karte, Pixelkarte und Vektordatensatz, gelb: Vektordatensatz.

Légende 1 Extrait de la feuille 124 Bivio de l'Atlas géologique de la Suisse 1:25 000 montrant des glaciers rocheux (doubles rangées de points en formes de lobes). 2 Glacier rocheux. 3 Extrait de la feuille 140 Winterthur. 4 Répartition des feuilles de l'Atlas géologique de la Suisse 1:25 000; orange: carte imprimée, carte pixel et jeu de données vectorielles, jaune: jeu de données vectorielles.

Tektonische Karte der Schweiz 1:500 000

Durch plattentektonische Vorgänge werden Krustenplatten bewegt. Wo Platten zusammenstossen, werden Gesteinsabfolgen verfaultet, zerschert und übereinander geschoben. Die Tektonische Karte der Schweiz 1:500 000 zeigt die tektonischen Einheiten der Schweiz und des angrenzenden Auslands und bildet die grossmassstäblichen Strukturen ab. Diese sind oftmals unter jüngeren und örtlich mächtigen Lockergesteinsbedeckungen verborgen und müssen daher geometrisch rekonstruiert werden. Die tektonische Übersichtskarte leistet einen wichtigen Beitrag zum besseren Verständnis des geologischen Aufbaus der Schweiz. Ausgangspunkt aller tektonischen Arbeiten ist es, vorhandene Bruchflächen, Überschiebungen und Falten sowie sonstige Verformungen in und zwischen den einzelnen Gesteinseinheiten zu erfassen und darzustellen. Ergänzt werden diese Feldbefunde durch räumliche Analysen von Bohrlochdaten und geophysikalische Untersuchungen des Untergrundes (z.B. Seismik, Aeromagnetik). Tektonische Einheiten können von der Erdoberfläche in die Tiefe extrapoliert werden, was die Konstruktion von Schnitten durch die obere Erdkruste, so genannten tektonischen Profilen, erlaubt.

Carte tectonique de la Suisse 1:500 000

À la surface du Globe, les plaques lithosphériques se déplacent les unes par rapport aux autres; ce phénomène est appelé «tectonique des plaques». Où les plaques entrent en collision, les séries de roches se plissent, se laminent et s'empilent les unes sur les autres. La Carte tectonique de la Suisse 1:500 000 présente les unités tectoniques du pays et des régions limitrophes et les structures à grande échelle. Souvent masquées par une couverture de roche meuble plus jeune, localement épaisse, leur géométrie doit être extrapolée. Cette carte tectonique d'ensemble favorise ainsi considérablement la compréhension de la structure géologique de la Suisse. Toute étude tectonique commence par un relevé et par une représentation des plans de faille, des chevauchements et des plis, ainsi que des diverses déformations à l'intérieur des unités lithologiques et entre elles. Ces observations de terrain sont complétées par des analyses de forages en trois dimensions et par des investigations géophysiques du sous-sol (p.ex. sismique ou aéromagnétisme). Les unités tectoniques peuvent être extrapolées de la surface vers l'intérieur de la Terre, ce qui permet de construire des coupes de la partie supérieure de la croûte terrestre, nommées «profils tectoniques».

Carta tettonica della Svizzera 1:500 000

Attraverso i processi tettonici, le placche litosferiche vengono spostate e le formazioni rocciose piegate, fratturate e spinte una sopra all'altra. La carta tettonica mostra le strutture e le unità tettoniche su larga scala, fornendo così un importante contributo per migliorare la comprensione della struttura geologica della Svizzera. La base di partenza di tutti gli studi di tettonica è cogliere e rappresentare la presenza di superfici di faglia, sovrascorrimenti, pieghe e deformazioni. Le osservazioni di terreno vengono completate grazie a dati di sottosuolo diretti, come i sondaggi, oppure indiretti, come le indagini geofisiche. L'insieme di tutte le informazioni così raccolte permette la realizzazione di profili.

Tectonic Map of Switzerland 1:500 000

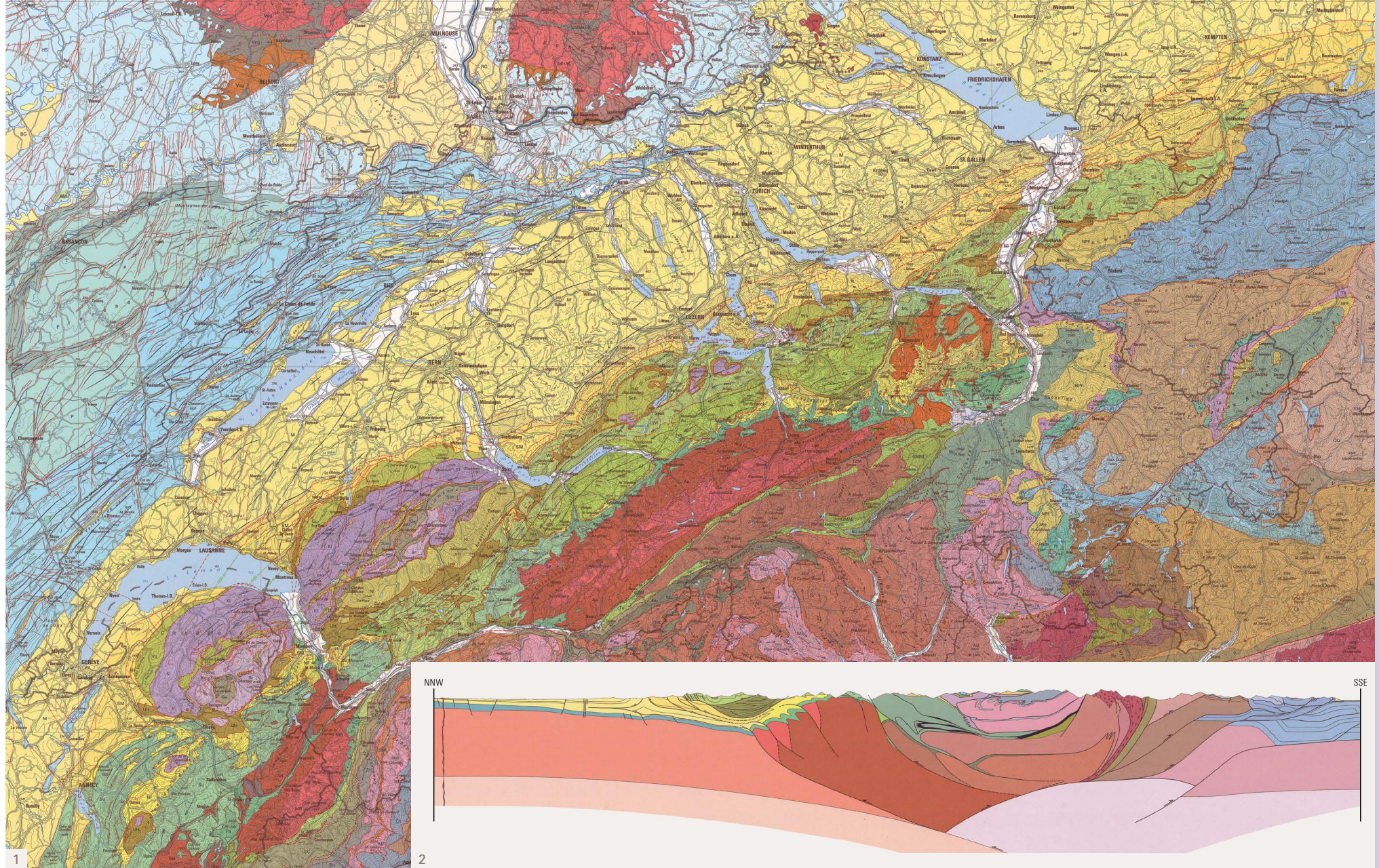
By tectonic processes crustal plates are displaced and rock sequences are folded, sheared and pushed on top of each other. The Tectonic Map of Switzerland shows large-scale structures and tectonic units, thereby providing an important contribution to better understanding the geological structure of Switzerland. The starting point for all tectonic studies is to depict existing fracture surfaces, thrusts, folds and other deformations. These field observations are supplemented with spatial analyses of borehole data as well as geophysical investigations. Tectonic units can be extrapolated from the Earth's surface into the subsurface to produce so-called tectonic profiles or cross-sections.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Bundesamt für Landestopografie swisstopo, GeoKarten | Office fédéral de topographie swisstopo, GéoCartes (www.swisstopo.ch/geologiemaps)
- Geoportal des Bundes | Géoportail de la Confédération (map.geo.admin.ch)

Datenquelle | Source des données

Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Landesgeologie | Office fédéral de topographie swisstopo, Service géologique national (www.swisstopo.ch/landesgeologie)



Legende 1 Die Tektonische Karte der Schweiz 1:500 000 bildet die tektonischen Einheiten und die grossmassstäblichen geologischen Strukturen ab. **2** Tektonisches Nord-Süd-Profil durch die östliche Schweiz.

Légende 1 La Carte tectonique de la Suisse 1:500 000 illustre les unités tectoniques ainsi que les grandes structures géologiques. **2** Profil tectonique nord-sud à travers la Suisse orientale.

Jura-Mittelland – Jura-Plateau

Molasse – Molasse
Sedimente – Sédiments
Kristallines Grundgebirge
Socle cristallin

Helvetikum – Helvétique

Helvetische Decken – Nappes helvétiques
Kristalline Decken – Nappes cristallines
Sedimente – Sédiments
Kristalline Massive – Massifs cristallins

Unterpenninikum – Pennique inférieure

Ozeanische Sedimente
Sédiments océaniques
Ozeanische Kruste – Croûte océanique

Mittelpenninikum – Pennique moyen

Sedimente – Sédiments
Kristallines Grundgebirge
Socle cristallin

Oberpenninikum – Pennique supérieure

Ozeanische Sedimente
Sédiments océaniques
Ozeanische Kruste – Croûte océanique

Ost- und Südalpin – Austro- et Sudalpin

Sedimente – Sédiments
Kristallines Grundgebirge
Socle cristallin

Intrusion – Intrusion

Geologische Informationsstelle

Die Geologische Informationsstelle der Landesgeologie sichert unveröffentlichte geologische Dokumente und Berichte und stellt sie als Grundlagen für geologische Untersuchungen oder Projektvorhaben zur Verfügung. Mit den grossen Rohstoffprospektions- und Infrastrukturprojekten in der Schweiz wurden bis in die 1970er Jahre zahlreiche hervorragend dokumentierte Berichte über die Beschaffenheit des Untergrundes in der Schweiz erstellt. Dazu gehören beispielsweise die Akten des Büros für Bergbau, welche die Fundstätten mineralischer Rohstoffe (zum Beispiel Eisen, Kohle oder Edelmetalle) detailliert beschreiben und bezüglich ihrer Ergiebigkeit analysieren. Private Geologiebüros und Beratungsfirmen erstellen Gutachten sowohl für Grossprojekte der öffentlichen Hand als auch für kleinere Bauprojekte im Auftrag privater Eigentümer. Darin steckt viel wichtiges Wissen über den Untergrund. Doch nach Abschluss der Arbeiten geraten die Dokumente oft in Vergessenheit oder gehen verloren. Damit dies nicht mehr geschieht, sammelt die Geologische Informationsstelle der Landesgeologie seit rund 50 Jahren systematisch unpublizierte Gutachten wie Karten, Legenden und Berichte und sichert diese auf langzeitstabilem Mikrofilm. Daraus ergibt sich eine ansehnliche Abdeckung der Schweiz mit Grundlagendaten aus erster Hand.

Centre d'informations géologiques

Le Centre d'informations géologiques du Service géologique national archive des documents et des rapports géologiques non publiés et les met à disposition comme bases pour des études géologiques ou d'autres projets. De nombreux rapports très bien documentés concernant les caractéristiques du sous-sol helvétique ont été établis jusque dans les années 1970, à l'occasion de grands projets d'infrastructures et de prospection de matières premières. Il s'agit notamment des dossiers du Bureau des mines, qui décrivent en détail les gisements de matières premières minérales (fer, charbon, métaux précieux, etc.) et analysent leur rendement prévisible. Les sociétés de conseil et les bureaux de géologues privés réalisent des expertises dans le cadre de grands projets publics comme de petits mandats privés. Ces documents renferment de vastes connaissances à propos du sous-sol, mais ils sont souvent oubliés ou perdus à l'issue des travaux. Pour éviter cela, le Centre d'informations géologiques, rattaché au Service géologique national, collecte systématiquement, depuis environ une cinquantaine d'années, des expertises non publiées revêtant la forme de cartes, légendes ou rapports et il les archive sur des microfilms stables. La Suisse est ainsi remarquablement couverte par des données de base de première main.

Centro di informazioni geologiche

Grazie a grandi progetti di prospezione per la ricerca di materie prime e per la progettazione di infrastrutture, negli anni '70 sono stati realizzati molti studi di ottima qualità ed è stata prodotta un'abbondante documentazione riguardante il sottosuolo in Svizzera. Molte informazioni importanti sul sottosuolo, non pubblicate, si trovano anche in perizie di uffici geologici o di società di consulenza per progetti pubblici o privati. Il Centro di informazioni geologiche del Servizio geologico nazionale conserva e mette a disposizione documenti geologici e rapporti inediti.

Geological Information Center

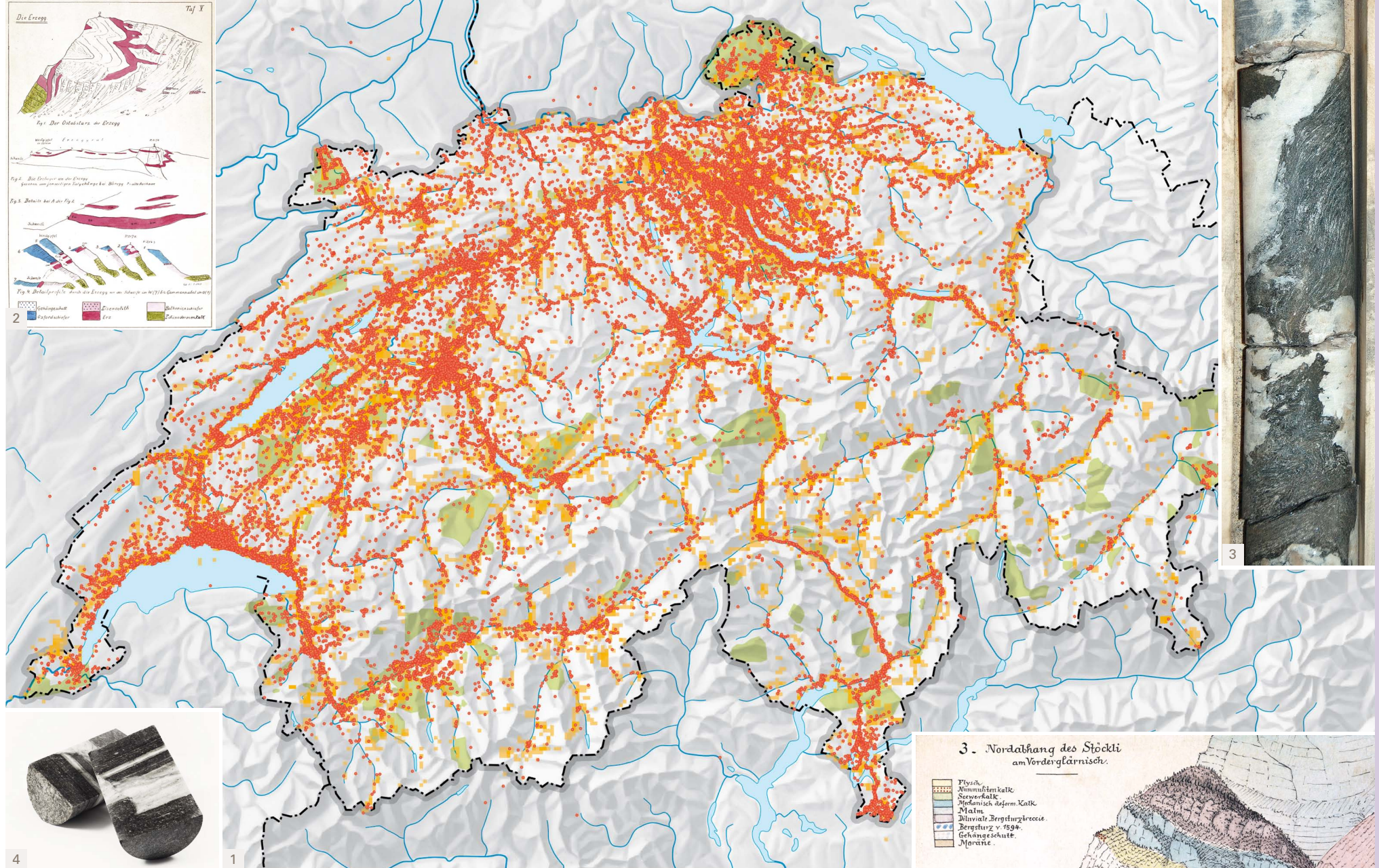
Numerous outstandingly documented reports on the nature of Switzerland's subsurface were compiled up until the 1970s as a result of the large mineral resource prospecting and infrastructure projects in Switzerland. Much important knowledge about the subsurface is contained in unpublished expert reports from geological bureaus and consultancies for public or private projects. The Geological Information Center of the Swiss Geological Survey secures unpublished geological reports and documents and makes them available.

Weitere Informationen | Plus d'informations

Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Geologische Informationsstelle, Metadatenbank | Office fédéral de topographie swisstopo, Centre d'informations géologiques, base de métadonnées (map.geo.admin.ch)

Datenquelle | Source des données

Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Landesgeologie | Office fédéral de topographie swisstopo, Service géologique national (www.swisstopo.ch/landesgeologie)



Legende 1 Abdeckung der kleinräumigen Grundlegendaten der Geologischen Informationsstelle der Landesgeologie; rot: Punktdaten, orange: Flächen bis zu 1km², grün: Polygone. 2, 5 Beispiele archivierter Dokumente. 3, 4 Beispiele archivierter Bohrkernproben.

Légende 1 Périmètres couverts par les données de base locales déposées au Centre d'informations géologiques du Service géologique national; rouge: données ponctuelles, orange: données surfaciques jusqu'à 1km², vert: polygones. 2, 5 Exemples de documents archivés. 3, 4 Exemples de carottes de forage archivées.

Das Erdmagnetfeld

Das Erdmagnetfeld umgibt die Erde. Nahe der Erdoberfläche ähnelt es dem eines magnetischen Dipols. Geomagnetische Karten sind insbesondere bei der Navigation mit dem Kompass von Bedeutung. Sie ergeben sich aus den Messungen der Totalintensität (F), der Deklination (D) und der Inklination (I). Die Deklination beschreibt dabei den Winkel, der sich zwischen dem magnetischen und dem geographischen Norden ergibt. Die Inklination ist die Neigung der Magnetfeldrichtung gegen den Horizont.

Das geomagnetische Feld lässt sich mittels eines Vektors definieren, der durch seine Richtung und Intensität (Nanotesla, nT) dargestellt wird. Da sich das Magnetfeld der Erde mit der Zeit ändert, beziehen sich geomagnetische Karten immer auf einen bestimmten Zeitabschnitt. Die Werte lassen sich mit Hilfe von Korrekturformeln, deren Koeffizienten experimentell bestimmt wurden, anpassen.

Der Hauptanteil des Erdmagnetfelds verändert sich nur sehr langsam innerhalb von Jahrtausenden (Säkularvariation). Heute ist seine horizontale Komponente auf weiten Teilen der Erdoberfläche grob in die geographische Nord-Süd-Richtung gerichtet.

In ferromagnetischen Mineralien ist die Richtung des Erdmagnetfeldes zum Zeitpunkt ihrer Ablagerung oder Bildung erhalten. Dieser Paläomagnetismus ist ein wichtiges Werkzeug zur Erforschung der plattentektonischen Geschichte der Erde, z.B. der «Kontinentaldrift».

Le champ magnétique terrestre

Le champ magnétique terrestre entoure la planète. A la surface de la Terre, il est similaire à un dipôle magnétique. Les cartes géomagnétiques sont notamment importantes pour se diriger à la boussole. Elles sont établies en mesurant l'intensité totale (F), la déclinaison (D) et l'inclinaison (I) du champ magnétique terrestre. La déclinaison est l'angle entre le nord magnétique et le nord géographique. L'inclinaison est l'angle entre la direction du champ magnétique et l'horizon.

Le champ magnétique peut être ramené à un vecteur défini par sa direction et son intensité – exprimée en nanoteslas (nT). Comme le champ magnétique terrestre varie avec le temps, les cartes géomagnétiques se réfèrent toujours à une période donnée. Les valeurs qu'elles indiquent peuvent être corrigées à l'aide de formules dont les coefficients sont déterminés expérimentalement.

La composante principale du champ magnétique terrestre varie très lentement à l'échelle des millénaires (variation séculaire). A l'heure actuelle, sa composante horizontale pointe sensiblement vers le nord géographique dans de vastes régions de la surface terrestre.

Les roches contenant du fer conservent la direction du champ magnétique qui régnait au moment de leur dépôt ou de leur formation. Ce paléomagnétisme est un outil très utile pour étudier l'évolution des plaques tectoniques de la Terre au cours du temps, comme la dérive des continents.

Il campo magnetico terrestre

Il campo magnetico terrestre è definito da un vettore caratterizzato da direzione e verso (Sud-Nord) ed intensità (espressa in nanotesla o nT). La navigazione con bussola usa le carte geomagnetiche; su di esse vengono registrate l'intensità totale, l'inclinazione e la declinazione del campo magnetico. La declinazione rappresenta l'angolo tra il nord magnetico e quello geografico, mentre l'inclinazione indica l'angolo tra la direzione del campo magnetico e l'orizzonte. I minerali ferromagnetici «registrano» le caratteristiche del campo magnetico al momento della loro formazione, e per questa specificità sono utilizzati nello studio dei fenomeni di tettonica come la deriva dei continenti.

The Earth's Magnetic Field

The geomagnetic field can be defined by a vector that is represented by its direction and intensity (nanotesla or nT). Geomagnetic maps are important when navigating with a compass. They are produced from the measurements of the total intensity, declination and inclination. The declination describes the horizontal angle formed between magnetic and geographic north. The inclination is the vertical angle formed by the orientation of the magnetic field relative to the horizon. The direction of the geomagnetic field in ferromagnetic minerals is fixed at the time of their deposition or formation. This paleomagnetic information is used to study plate tectonic phenomena such as continental drift.

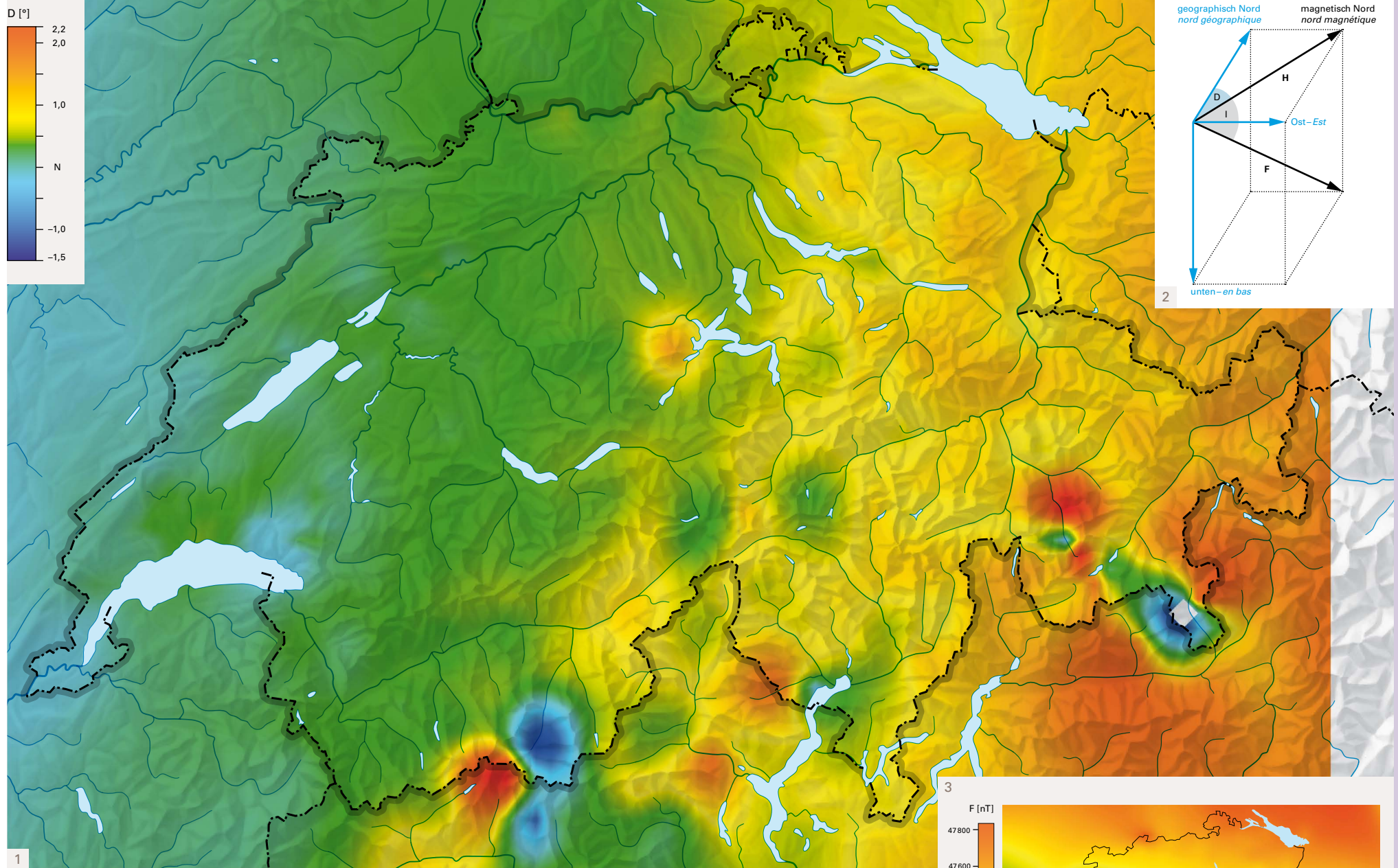
Weitere Informationen | Plus d'informations

Geoportal des Bundes | Géoportail de la Confédération (map.geo.admin.ch)

Datenquelle | Source des données

– Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)

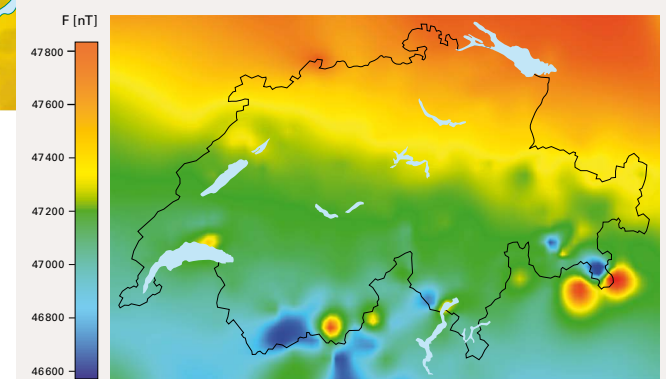
– Karte aus Atlas der Schweiz (mit neuer Farbskala) | Carte de l'Atlas de la Suisse (avec nouvelle gamme des couleurs)



Legende 1 Deklinationskarte der Schweiz 1:500 000 (2001). 2 D: Deklination, Winkel (°) zwischen dem magnetischen und dem geographischen Norden. I: Inklination, Neigung der Richtung des Magnetfelds (F) gegen den Horizont. H: horizontale Komponente des Magnetfelds. 3 Die Totalintensität des Erdmagnetfelds (F) ist am stärksten in der Nordschweiz.

Légende 1 Carte de la déclinaison en Suisse au 1:500 000 (2001). 2 D: déclinaison, l'angle (°) entre le nord magnétique et le nord géographique. I: inclinaison, l'angle entre la direction du champ magnétique (F) et l'horizon. H: composante horizontale du champ magnétique.

3 L'intensité totale du champ magnétique terrestre (F) est plus forte au nord de la Suisse.



Aeromagnetische Karten

Bei aeromagnetischen Untersuchungen wird das Erdmagnetfeld beim Überfliegen der Erdoberfläche in unterschiedlicher Höhe gemessen. Dabei werden die Daten mit Hilfe eines Magnetometers aufgezeichnet. Gemessen werden Horizontal-, Vertikal- oder Totalintensität des Magnetfelds, woraus sich das Vorhandensein und die Mächtigkeit magnetisierter Gesteine ermitteln lassen. Die meisten Gesteine zeigen eine «induzierte» Magnetisierung; dazu kommt die «remanente» Magnetisierung, die gewisse Gesteine bei ihrer Entstehung erhalten haben. Die mit dem Flugzeug gemessenen regional oder lokal begrenzten Abweichungen des Erdmagnetfelds werden mit dem globalen Modell abgeglichen, um die Anomalien im Magnetfeld zu erfassen. Diese Anomalien ermöglichen Aussagen über geologische und tektonische Strukturen und zeigen, wo und in welcher Konzentration magnetische Mineralien vorhanden sind. Die Aeromagnetische Karte 1:500 000 der Schweizerischen Geophysikalischen Kommission (SGPK) zeigt die Totalintensität des Magnetfelds (Nanotesla, nT). Der Abzug des regionalen Trends wurde berechnet, um die aeromagnetischen Residualanomalien zu bestimmen und eine Bestimmung der Tiefe der Grundgebirgsoberfläche zu ermöglichen.

Weitere Informationen | Plus d'informations

Geoportal des Bundes | Géoportail de la Confédération (map.geo.admin.ch)

Cartes aéromagnétiques

Un levé aéromagnétique consiste à mesurer le champ magnétique de la Terre en la survolant, éventuellement à différentes altitudes. Les données sont collectées et enregistrées à l'aide d'un magnétomètre embarqué dans un avion. L'appareil mesure l'intensité horizontale, verticale et totale du champ magnétique, ce qui permet de révéler la présence de roches magnétisées et de déterminer leur épaisseur. La roche est magnétisée par «induction» du champ magnétique terrestre, à quoi il faut ajouter la magnétisation «rémanente», conservée depuis sa formation. Le champ magnétique terrestre ainsi mesuré par avion est comparé avec un modèle global pour détecter les écarts régionaux ou locaux. Ces anomalies fournissent de précieux renseignements sur les structures géologiques et tectoniques. Elles indiquent notamment où il y a des minéraux magnétiques et en quelle concentration. La carte aéromagnétique à l'échelle 1:500 000 éditée par la Commission géophysique suisse (SGPK) indique l'intensité totale du champ magnétique (exprimée en nanoteslas – nT). La tendance régionale a été soustraite pour détecter les anomalies aéromagnétiques résiduelles et afin de déterminer la profondeur du soubassement rocheux.

Datenquelle | Source des données

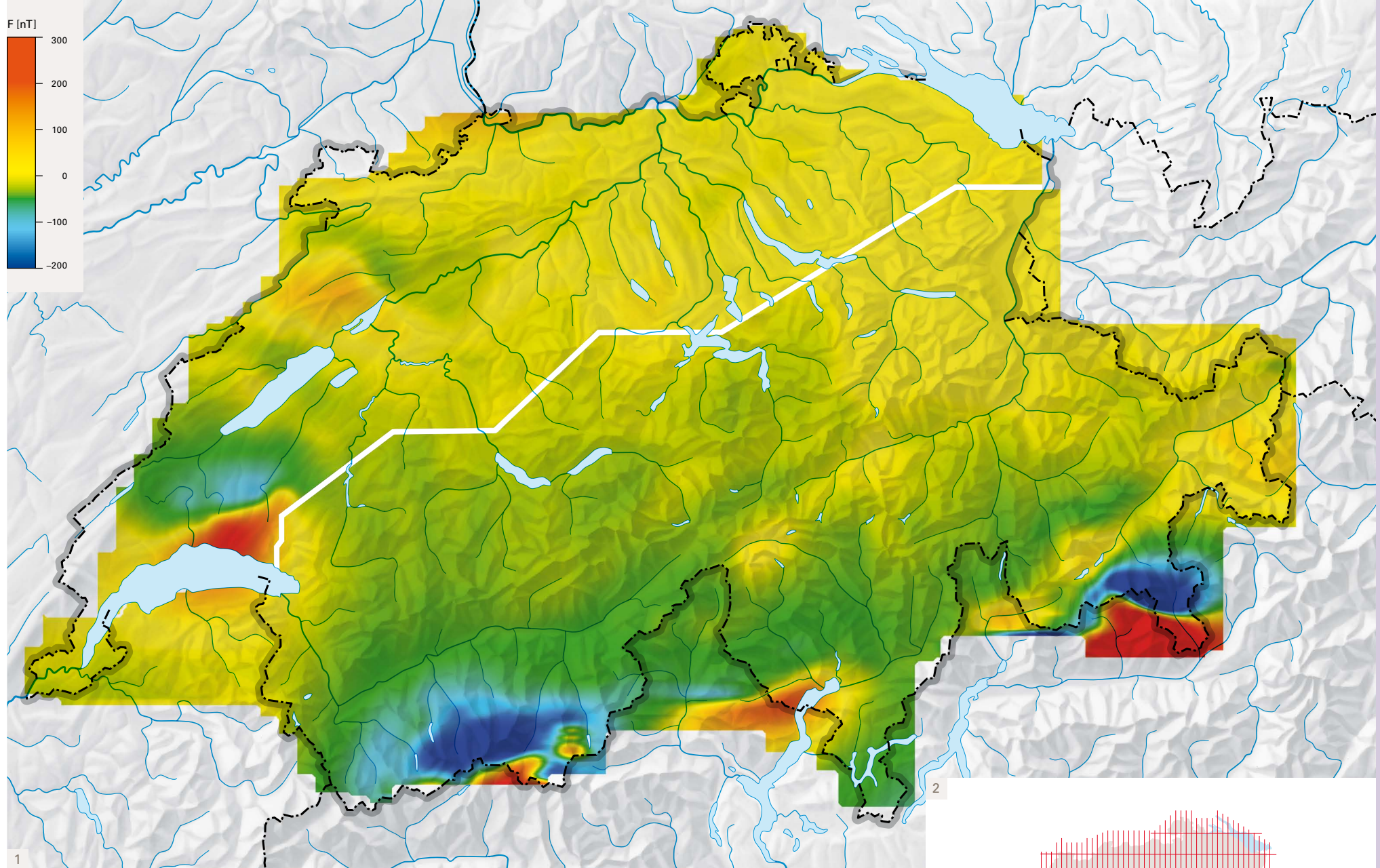
Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)

Carte aeromagnetiche

L'aeromagnetismo è la misurazione del campo magnetico al di sopra della superficie terrestre. I dati vengono raccolti da un velivolo dotato di magnetometro e riferiscono dell'esistenza, dimensione e profondità delle rocce magnetizzate. La maggioranza delle rocce reagisce al campo magnetico terrestre (magnetizzazione indotta), ma esistono anche rocce che manifestano una magnetizzazione «rimanente», residua cioè dalla loro formazione. Le anomalie del campo magnetico vengono calcolate confrontando il modello globale con le variazioni regionali o locali registrate. Tali anomalie, dipendendo dalle strutture geologiche e tettoniche, indicano dove e in quale concentrazione sono presenti minerali ferromagnetici.

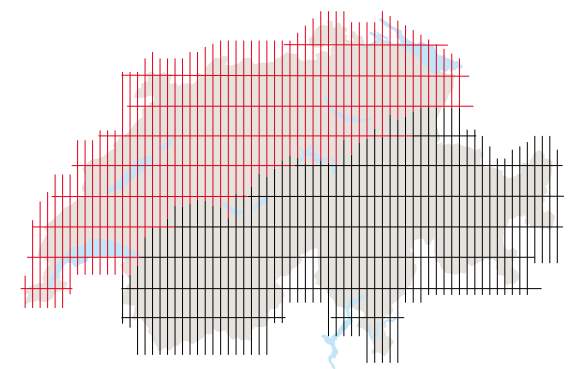
Aeromagnetic Maps

Aeromagnetic surveys measure the Earth's magnetic field by flying over the Earth's surface with a magnetometer. Existence, thickness and dip of magnetized rocks can be inferred therefrom. Most rocks exhibit induced magnetization, i.e. they react to current magnetic field. Some rocks, however, contain «remanent» magnetization that was obtained during its formation. The aerially measured regionally or locally limited variations of the geomagnetic field are compared with the global model in order to register the magnetic field anomalies. These anomalies depend on geological and tectonic structures and indicate where and in what concentrations magnetic minerals are present.



Legende 1 Aeromagnetische Karte der Totalintensität (F , Residualanomalien) 1:500 000 (2009), Kombination aus 2 Flughöhen: Karte der ganzen Schweiz (Epoche 1981.5) und Karte des Schweizerischen Alpenvorlandes und des Juras (Epoche 1980.5). **2** Fluglinien der aeromagnetischen Messungen. Flughöhen; schwarz und rot: 5000 m ü. M., rot: 1829 m ü. M.

Légende 1 Carte aéromagnétique de l'intensité totale (F , anomalies résiduelles) 1:500 000 (2009), combinaison de deux altitudes de vol: la carte de toute la Suisse (époque 1981.5) et la carte du Plateau et du Jura suisse (époque 1980.5). **2** Lignes de vol pour les mesures aéromagnétiques. Altitudes de vol; noir et rouge: 5000 m, rouge: 1829 m au-dessus du niveau de la mer.



Das Schwerefeld

Schwerewerte dienen unter anderem dazu, Präzisionswaagen zu eichen und Höhen genau zu bestimmen. Sie geben zudem wertvolle Informationen über die Verteilung der Massen im Untergrund und den Aufbau des Erdinneren. Die Schwerkraft – oder Schwerebeschleunigung – setzt sich aus der Anziehung (Gravitation) der Massen der Erde und anderer Himmelskörper und aus der durch die Rotation der Erde verursachten Zentrifugalbeschleunigung zusammen. Generell nimmt die Schwerkraft wegen des vergrößerten Abstands vom Massenschwerpunkt mit zunehmender Höhe über Meer ab. Andererseits nimmt die Schwerebeschleunigung wegen der Abplattung der Erde und der Zentrifugalbeschleunigung vom Äquator (ca. $9,78 \text{ m/s}^2$) zu den Polen hin (ca. $9,83 \text{ m/s}^2$) zu, in der Schweiz (ca. $9,8 \text{ m/s}^2$) also von Süden nach Norden. Auch unterschiedliche Gesteinsdichten beeinflussen die Schwerkraft. In Gebieten mit ausgeprägter Topographie ist das Schwerefeld deshalb komplex strukturiert. Gemessen wird die Schwerkraft mit Gravimetern, welche heute eine Genauigkeit von einem Milliardstel der Schwerebeschleunigung erreichen. Unterschieden wird zwischen Absolut- und Relativgravimetern. Absolutgravimeter bestimmen die Schwere, indem sie die Fallgeschwindigkeit eines Objekts im Vakuum messen. Relativgravimeter nutzen für die Bestimmung von Schwereunterschieden die Auslenkung einer Federwaage. Da Absolutmessungen relativ aufwändig und teuer sind, gibt es in der Schweiz nur 15 absolut bestimmte Punkte. Alle übrigen Punkte (ca. 40 000) wurden mit Relativmessungen bestimmt.

Le champ de pesanteur

Les valeurs de la gravité terrestre ou les mesures du champ de pesanteur servent notamment à étalonner les balances de précision et à déterminer exactement les altitudes. Elles fournissent également des informations précieuses sur la répartition des masses dans le sous-sol et sur la structure interne de la Terre. La pesanteur – ou accélération gravitationnelle – est composée de l'attraction des masses de la Terre et d'autres corps célestes ainsi que de la force (ou accélération) centrifuge due à la rotation de la Terre. Elle diminue avec l'altitude, en raison de l'augmentation de la distance par rapport au centre de gravité. Elle augmente en revanche de l'équateur (env. $9,78 \text{ m/s}^2$) vers les pôles (env. $9,83 \text{ m/s}^2$) – soit du sud au nord en Suisse (env. $9,8 \text{ m/s}^2$) – à cause de l'aplatissement de la Terre et de l'accélération centrifuge. Les différences de densité des roches influencent aussi la gravité, c'est pourquoi sa configuration est complexe dans les régions au relief tourmenté. La gravité est mesurée avec des gravimètres, qui atteignent aujourd'hui une précision d'un milliardième de l'accélération terrestre. On distingue les gravimètres absolus et les gravimètres relatifs. Les gravimètres absolus déterminent directement la gravité en mesurant la vitesse de chute d'un objet dans le vide. Les gravimètres relatifs déterminent des différences de gravité en mesurant la déformation d'une balance à ressort. En Suisse, la gravité absolue n'est établie qu'à 15 endroits, car les mesures absolues sont relativement complexes et coûteuses. Tous les autres points (env. 40 000) résultent de mesures relatives.

Il campo di gravità

La forza di gravità è dovuta all'attrazione della massa della Terra e degli altri corpi celesti, e alla forza centrifuga causata dalla rotazione del nostro pianeta. Generalmente la forza di gravità diminuisce con l'altitudine poiché aumenta la distanza dal centro di massa terrestre. Per la stessa ragione, a causa dello schiacciamento della Terra e della forza centrifuga la gravità aumenta procedendo dall'equatore verso i poli. Anche la diversa densità delle rocce influenza la forza di gravità. Il gravimetro assoluto determina la gravità misurando la velocità di caduta libera di un oggetto, mentre il gravimetro relativo utilizza la deflessione di una bilancia a molla per determinare differenze di gravità.

The Gravity Field

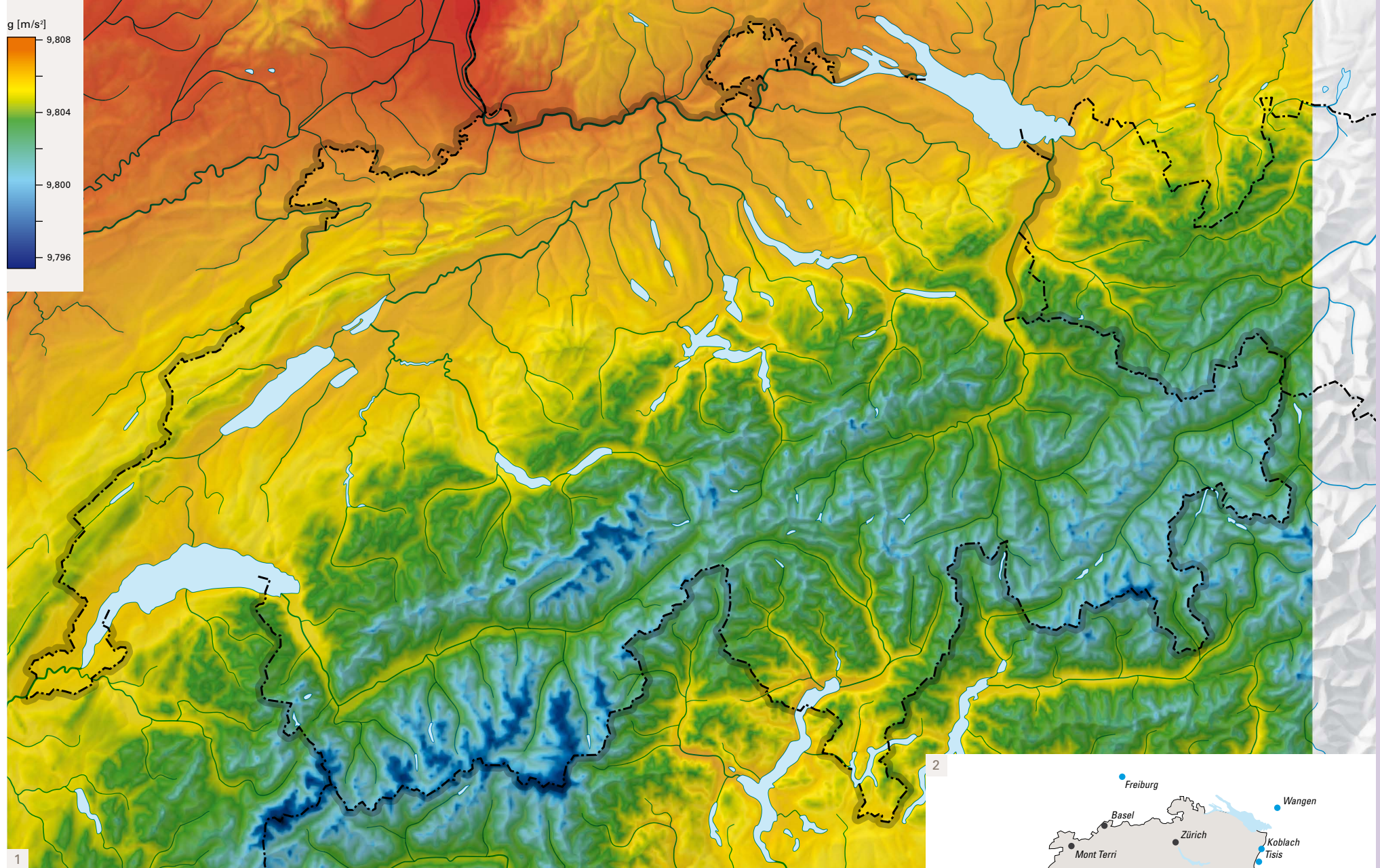
The Earth's gravity field is the result of the attractive force (gravitation) of the masses of the Earth and other celestial bodies as well as the centrifugal force generated by the rotation of the Earth. Gravity generally decreases with increasing height above sea level because of increasing distance to the center of mass. On the other hand, the flattening of the Earth and centrifugal acceleration cause it to increase from the equator to the poles. Different rock densities also affect gravity. Absolute gravimeters determine gravity by measuring the velocity of a falling object in a vacuum chamber. Relative gravimeters use the deflection of a spring balance for determining variations in gravity.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Schweizerische Geodätische Kommission | Commission géodésique suisse (www.sgc.ethz.ch)
- Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)

Datenquelle | Source des données

Bundesamt für Landestopografie swisstopo | Office fédéral de topographie swisstopo (www.swisstopo.ch)



Legende 1 Karte der Schwerkraft (g) in der Schweiz (2008). 2 Standorte der Absolutmessungen in der Schweiz (schwarz) und der Anschlussstationen im Ausland (blau).

Légende 1 Carte de la gravité (g) en Suisse (2008). 2 Sites des mesures absolues en Suisse (noir) et stations de liaison à l'étranger (bleu).



Bouguer-Anomalien

Im 18. Jahrhundert stellte der französische Geodät Pierre Bouguer bei Messungen in der Nähe der Anden fest, dass die zu erwartenden lokalen Abweichungen der Schwere durch die Masse der Anden geringer ausfielen als vorausgesagt. Er folgerte daraus, dass sich unterhalb der Anden ein Massendefizit – eine Anomalie – befinden müsse.

Als Bouguer-Anomalie bezeichnet man die Differenz zwischen der an einem bestimmten Punkt auf der Erdoberfläche gemessenen Schwere und dem Schwerewert, den man für eine schalenförmig homogene Erde dort erwarten würde. Bouguer-Anomalien werden als Differenz zwischen den beobachteten Schwerewerten und den für eine homogene Erde am selben Punkt erwarteten Schwerewerten mit Hilfe der internationalen Schwereformel und einem digitalen Höhenmodell berechnet. Bouguer-Anomalien geben Auskunft über die regionalen Unterschiede der Dichte der Gesteine im Untergrund.

Um hochauflösende Karten der Bouguer-Anomalien herstellen zu können, wurden die Schwerewerte in einem Netz mit einer Dichte von rund einem Punkt pro Quadratkilometer verteilt über die gesamte Schweiz gemessen. Die «Schwerekarte der Schweiz 1:500 000 – Bouguer-Anomalien» und der «Gravimetrische Atlas der Schweiz 1:100 000» mit 22 Blättern verdeutlichen die regionalen negativen Schwereanomalien entlang den Alpen, die auf Massendefizite im Untergrund hinweisen, und die positive Anomalie der Sesia-Finero-Zone, die einen Massenüberschuss im Erdinnern anzeigt.

Gravimetrische Messungen mit dem Flugzeug können grosse Gebiete recht kostengünstig erfassen – auch wenn terrestrische Messungen genauer sind. Europas erste aerogravimetrische Karte der Bouguer-Anomalien wurde 1992 für die Schweiz realisiert.

Anomalies de Bouguer

Au 18^e siècle, le géodésien français Pierre Bouguer, qui faisait des mesures à proximité des Andes, a constaté que les variations locales de la gravité dues à la masse des montagnes étaient plus faibles que prévu. Il en a conclu qu'il devait y avoir un déficit de masse – une anomalie – sous les Andes.

L'anomalie de Bouguer est la différence entre la gravité mesurée en un point donné de la croûte terrestre et la valeur qu'on aurait dû obtenir si la Terre était recouverte d'une croûte homogène. Les anomalies de Bouguer sont calculées à l'aide de la formule internationale de la gravité et d'un modèle topographique numérique de terrain. Les anomalies de Bouguer donnent des informations sur les différences régionales de la densité des roches du sous-sol. Pour établir les cartes à haute résolution des anomalies de Bouguer, la valeur de la gravité a été mesurée dans toute la Suisse selon un réseau dense d'environ un point par kilomètre carré. «La Carte gravimétrique de la Suisse 1:500 000 – Anomalies de Bouguer» et «l'Atlas gravimétrique de la Suisse 1:100 000» en 22 feuilles indiquent les anomalies négatives de la gravité le long des Alpes, qui révèlent un déficit de masse dans le sous-sol, et l'anomalie positive de la zone Sesia-Finero, qui signale un excédent de masse en profondeur.

Les mesures gravimétriques par avion permettent de couvrir de grandes surfaces à un prix relativement modeste, mais elles sont moins précises que les mesures au sol. La première carte aérogravimétrique des anomalies de Bouguer établie en Europe a été levée pour la Suisse en 1992.

Anomalie di Bouguer

L'accelerazione di gravità dipende dalla posizione del punto di misura e dalla distribuzione della massa nel sottosuolo. Per anomalia di Bouguer si intende la differenza tra la gravità misurata in un dato punto della superficie terrestre e il valore presunto se la Terra fosse ricoperta da una crosta omogenea. Per produrre carte ad alta risoluzione delle anomalie di Bouguer, i valori di gravità sono stati misurati, in tutta la Svizzera, con una rete a densità di circa un punto per chilometro quadrato. Sono stati pubblicati una carta di sintesi (1:500 000) e un atlante con 22 fogli (1:100 000). La prima carta aerogravimetrica delle anomalie di Bouguer d'Europa è stata realizzata in Svizzera nel 1992.

Bouguer Anomalies

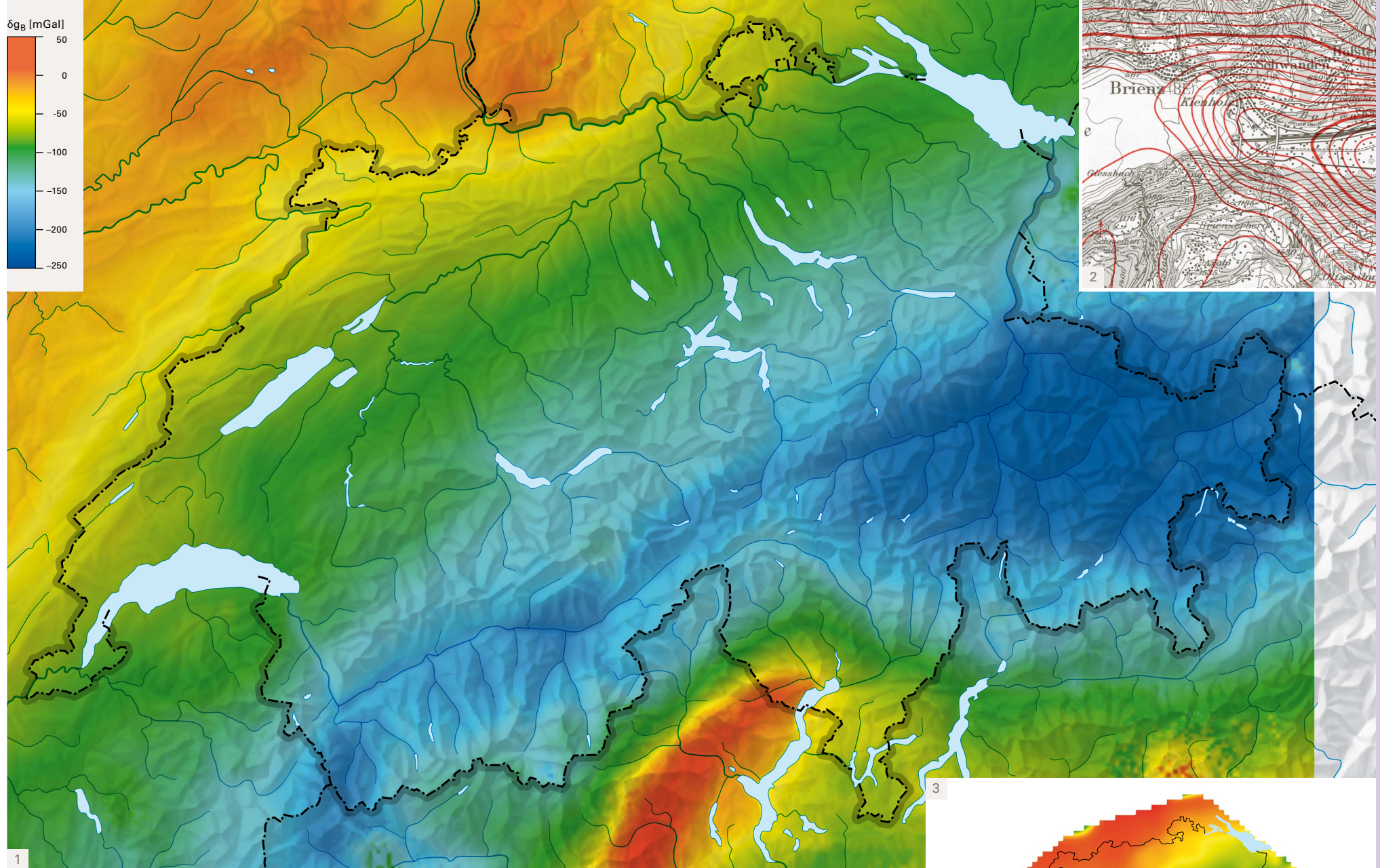
The Bouguer gravity is defined as the difference between the gravity measured at a specific point on the Earth's surface and the gravity value that would be expected there in the case of a layer-wise homogeneous Earth. In order to be able to produce high-resolution maps of the Bouguer anomalies, gravity values in a network with a distribution density of about one point per square kilometer were measured throughout Switzerland. A general map (1:500 000) and an atlas comprising 22 sheets (1:100 000) were published. Europe's first aerogravimetric map of the Bouguer anomalies was produced for Switzerland in 1992.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Bundesamt für Landestopografie swisstopo, GeoKarten | Office fédéral de topographie swisstopo, GéoCartes (www.swisstopo.ch/geologiemaps)
- Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)
- Geoportal des Bundes | Géoportail de la Confédération (map.geo.admin.ch)

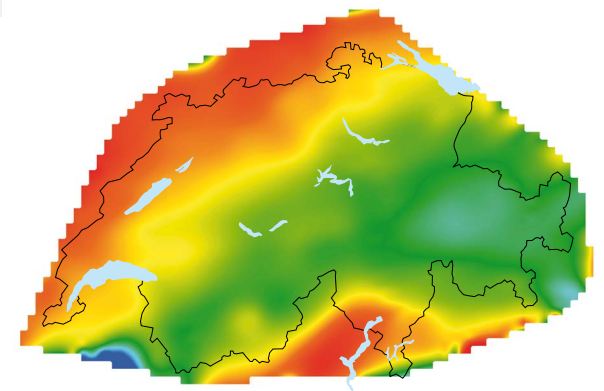
Datenquelle | Source des données

- Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)
- KLINGELÉ et al. (1996)
- OLIVIER et al. (2010)



Legende 1 Übersichtskarte der Bouguer-Anomalien (δg_B , 2008). Einheiten: 1 mGal = 1 Milligal = $0,01 \text{ mm/s}^2$. 2 Bouguer-Anomalien, Ausschnitt aus Blatt 37 Brünigpass des Gravimetrischen Atlas 1:100 000 (2002). 3 Aerogravimetrische Karte der Schweiz, Flughöhe 5000 m ü. M. (1992, Werte δg_B , siehe Legende Bild 1).

Légende 1 Carte des anomalies de Bouguer (δg_B , 2008). Unités: 1 mGal = 1 milligal = $0,01 \text{ mm/s}^2$. 2 Anomalies de Bouguer. Extrait de la feuille 37 Brünigpass de l'Atlas gravimétrique au 1:100 000 (2002). 3 Carte aérogravimétrique de la Suisse, altitude de vol 5000 m au-dessus du niveau de la mer (1992, valeurs δg_B , voir légende 1).



Isostatische Anomalien

Unter Isostasie versteht man das Kräftegleichgewicht zwischen dem Gewicht der topographischen Massen (Berge) und dem Auftrieb, der entsteht, weil die weniger dichte Kruste unter den Gebirgen tiefer in den Mantel eintaucht. Der französische Geodät Pierre Bouguer beobachtete im 18. Jahrhundert, dass auf dem Festland – insbesondere in der Nähe von Gebirgen – die gemessenen Schweren fast immer deutlich geringer sind als erwartet. Daraus folgerte er, dass die leichtere Erdkruste auf dem schwereren Erdmantel «schwimmt» und zwischen diesen beiden Schichten Ausgleichsprozesse stattfinden. Das Gleichgewicht zwischen den Massen der Erdkruste und den verdrängten Massen des Erdmantels bezeichnet man als Isostasie.

Um Bouguers Erkenntnisse zu erklären, entwickelten George Airy und John Henry Pratt im 19. Jahrhundert verschiedene isostatische Modelle. Airy ging davon aus, dass die Kruste unterschiedlich tief in den Erdmantel eintaucht (wie ein Eisberg im Wasser). Pratt hingegen meinte, dass alle Krustenblöcke – Flachland wie Gebirge – gleich tief eintauchen, für Gebirge aber die Dichte der Gesamtmasse sinke (wie bei einem Hefeteig, der aufgeht). Heute lassen sich isostatische Anomalien mit Hilfe der Hypothese von Airy-Heiskanen ableiten. Diese zeigen die Unterschiede zwischen dem Gleichgewichtszustand und den beobachteten Schweren. Sie lassen auf Gebiete mit zu erwartenden Vertikalbewegungen (Hebung oder Senkung von Landmassen) schliessen. Sie zeigen aber auch deutlich lokale Unterschiede der Gesteinsdichten und sind deshalb für die geologische Interpretation interessant.

Anomalies isostatiques

L'isostasie est l'état d'équilibre entre le poids des masses topographiques (montagnes) et leur flottabilité (poussée d'Archimède). Sous les montagnes, la croûte plus épaisse s'enfonce profondément dans le manteau terrestre dont la densité est plus élevée.

Le géodésien français Pierre Bouguer a observé au 18^e siècle que la gravité mesurée sur terre ferme était presque toujours inférieure à la valeur attendue, en particulier à proximité d'une chaîne de montagnes. Il en a déduit que la croûte terrestre devait «flotter» sur le manteau plus dense et que des processus d'équilibrage devaient se produire à leur interface. L'isostasie est l'équilibre entre les masses de la croûte et les masses enfoncées du manteau terrestre. Pour expliquer la découverte de Bouguer, George Airy et John Henry Pratt ont proposé différents modèles isostatiques au 19^e siècle. Airy pensait que la croûte devait s'enfoncer à une profondeur variable dans le manteau, comme un iceberg dans l'eau. Pratt croyait en revanche que toutes les parties de la croûte – les zones de plaine comme de montagne – descendaient à la même profondeur, mais que la densité des montagnes était inférieure, comme celle d'une pâte en train de lever.

Les anomalies isostatiques peuvent être expliquées aujourd'hui grâce à l'hypothèse de Airy-Heiskanen: en indiquant les écarts entre l'état d'équilibre et la gravité observée, elles révèlent les régions sujettes à des mouvements verticaux (soulèvement ou enfoncement de masses continentales). Mais elles dévoilent aussi les différences locales de densité entre les roches, utiles à l'interprétation géologique.

Anomalie isostatiche

Nel XVIII secolo il geodeta francese Pierre Bouguer osservò che in prossimità di rilievi montuosi i valori di gravità misurati erano molto inferiori a quelli previsti. Dedusse da ciò che la crosta terrestre, più leggera, «galleggiasse» sul mantello, più pesante, come un iceberg sul mare. Per isostasia si intende la condizione di equilibrio tra le masse della crosta terrestre e del mantello sottostante. Nel XIX secolo George Airy e John Henry Pratt svilupparono diversi modelli isostatici. Airy intuì che la densità della crosta terrestre era grosso modo uniforme, ma di spessore variabile. Questo è il modello oggi provato e accettato con il nome di modello isostatico di Airy-Heiskanen.

Isostatic Anomalies

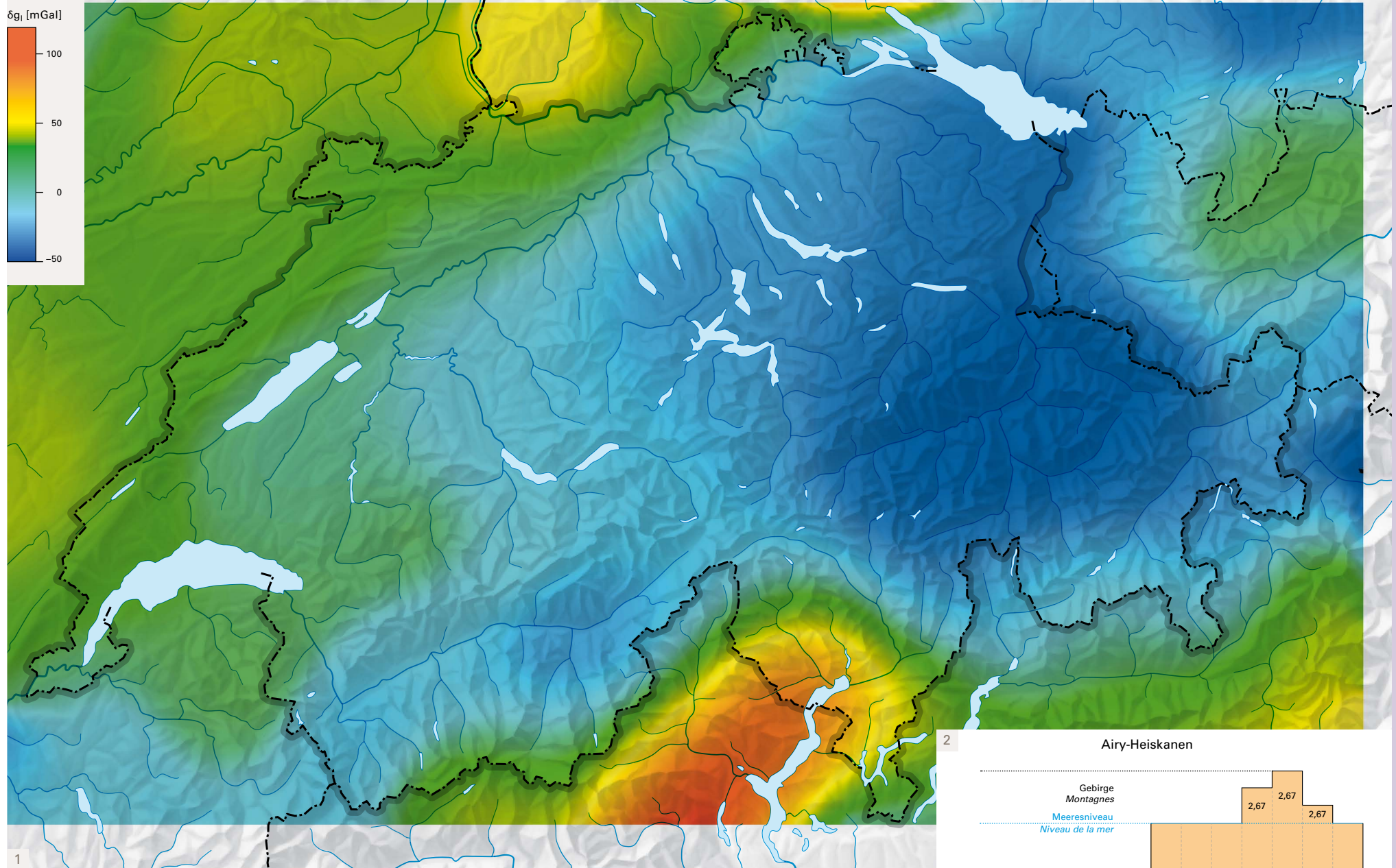
In the 18th century, the French geodesist Pierre Bouguer observed that the measured gravity was always distinctly lower than expected in the vicinity of mountains. From that, it was later concluded that the lighter Earth's crust «floats» on the heavier mantle like an iceberg in the sea. Isostasy refers to the state of equilibrium between the weight of topographic masses and the buoyancy of the crustal root beneath the mountains. In the 19th century, George Airy and John Henry Pratt developed different isostatic models. Airy's original idea assuming uniform crustal density but varying crustal thickness proved to be correct and is known today as the Airy-Heiskanen isostatic model.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)
- Geoportal des Bundes | Géoportail de la Confédération (map.geo.admin.ch)

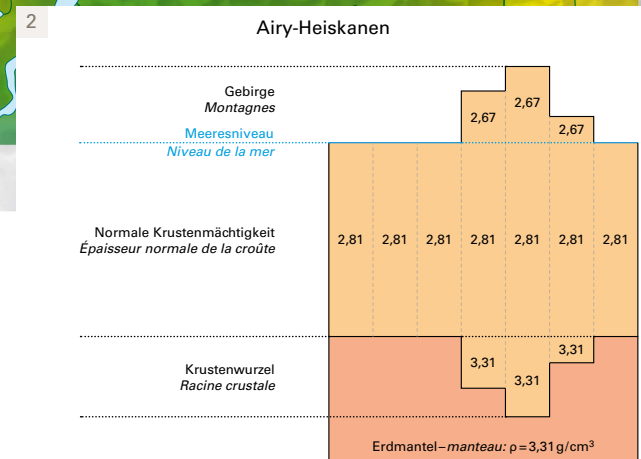
Datenquelle | Source des données

Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)



Legende 1 Für die Karte der isostatischen Anomalien (δg) 1:500 000 (1979) wurden das Modell von Airy-Heiskanen und die folgenden Dichten verwendet: Erdmantel und Krustenwurzel = $3,31 \text{ g/cm}^3$, Erdkruste unterhalb des Meeresniveaus = $2,81 \text{ g/cm}^3$, Erdkruste oberhalb des Meeresniveaus = $2,67 \text{ g/cm}^3$. **2** Isostatisches Modell von Airy-Heiskanen mit typischen Dichten des Erdmantels und der Erdkruste.

Légende 1 La Carte des anomalies isostatiques (δg) 1:500 000 (1979) est basée sur le modèle d'Airy-Heiskanen et sur les densités suivantes: manteau et racine crustale = $3,31 \text{ g/cm}^3$, croûte au-dessous du niveau de la mer = $2,81 \text{ g/cm}^3$, croûte au-dessus du niveau de la mer = $2,67 \text{ g/cm}^3$. **2** Modèle isostatique d'Airy-Heiskanen avec des densités typiques du manteau et de la croûte terrestre.



Das Geoid

Das Geoid ist eine ausgewählte Äquipotenzialfläche des Erdschwerefeldes und dient als Referenzfläche für die Höhenbestimmung. Man kann es sich als idealisierte, unter den Kontinenten weitergeführte mittlere Meeresoberfläche vorstellen. Genaue Messungen durch Satelliten zeigen, dass das Geoid wie eine Kartoffel mit vielen Beulen und Dellen aussieht. Diese Form wird durch die Topographie, aber auch durch die Verteilung von Gesteinen mit unterschiedlicher Gesteinsdichte im Erdinneren verursacht. Das Geoid lässt sich mit astronomischen, geodätischen und gravimetrischen Methoden bestimmen. Wegen seiner unregelmässigen Form ist das Geoid mathematisch schwierig zu beschreiben. Landesvermessung und Kartographie nutzen deshalb als mathematisch definierte Erdfigur Rotationsellipsoide, die sich dem Geoid annähern. Dabei ist zu bestimmen, inwieweit die physikalisch und messtechnisch erfasste «wahre» Figur der Erde (das Geoid) und die mathematisch berechnete (das Rotationsellipsoid) voneinander abweichen. Global weicht das Geoid vom Rotationsellipsoid bis zu ± 100 m ab, in der Schweiz um etwa $+50$ m. Innerhalb der Schweiz betragen die Abweichungen vom lokalen Bezugsellipsoid ± 5 m. Das aktuelle Geoidmodell der Schweiz (CHGeo2004) weist über die ganze Schweiz eine Genauigkeit von $1\text{--}3$ cm auf. Das Geoidmodell ist insbesondere für GPS-Messungen unverzichtbar, da sich damit die mit GPS bestimmten ellipsoidischen Höhen auf die üblichen Höhen über Meer umrechnen lassen.

Le géoïde

Le géoïde est une surface équipotentielle particulière du champ de gravité terrestre qui sert de référence pour déterminer les altitudes. On peut le représenter comme étant le niveau moyen de la mer prolongé sous les continents. Des mesures précises par satellite montrent que le géoïde a l'allure d'une pomme de terre parsemée de creux et de bosses. Cette forme est due à la topographie, mais aussi à la répartition des roches de différentes densités à l'intérieur de la Terre. Le géoïde est établi en appliquant des méthodes astronomiques, géodésiques et gravimétriques. Du fait de sa forme irrégulière, le géoïde est difficile à décrire mathématiquement. C'est pourquoi la mensuration et la cartographie utilisent comme configuration mathématique de référence un ellipsoïde de rotation proche du géoïde. Il faut donc déterminer l'écart entre la description physique, grâce à des mesures, de la «vraie» forme de la Terre (le géoïde) et sa configuration mathématique (l'ellipsoïde de rotation). La divergence maximale entre le géoïde et l'ellipsoïde atteint ± 100 m et elle est de $+50$ m en Suisse. Dans notre pays, l'écart par rapport à l'ellipsoïde local de référence est de ± 5 m. Le modèle de géoïde actuel de la Suisse (CHGeo2004) a une précision de $1\text{--}3$ cm sur l'ensemble du territoire. Le modèle de géoïde est notamment indispensable pour les mesures par GPS, car les altitudes ainsi déterminées en se référant à l'ellipsoïde peuvent être converties en altitudes usuelles au-dessus du niveau de la mer.

Il geoide

Il geoide è una superficie equipotenziale di riferimento del campo gravitazionale, utilizzato per la stima delle altitudini. Lo si può immaginare come l'altezza media della superficie del mare prolungata sotto i continenti. Misurazioni accurate, realizzate con i satelliti, mostrano la sua forma irregolare dovuta alla topografia, ma anche alle diverse densità delle rocce nel sottosuolo. Il geoide viene definito tramite metodi astronomici, geodetici o gravimetrici. Le misure catastali usano come modello matematico della Terra uno sferoide, considerando le deviazioni di quest'ultimo dal geoide. Il modello di geoide è indispensabile per le misurazioni GPS, perché le altezze ellissoidali misurate con GPS vengono convertite in altezza sul livello del mare.

The Geoid

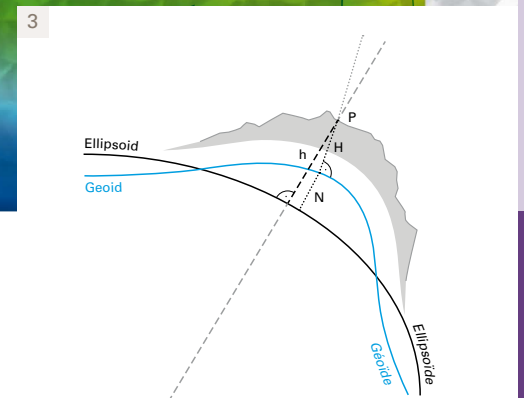
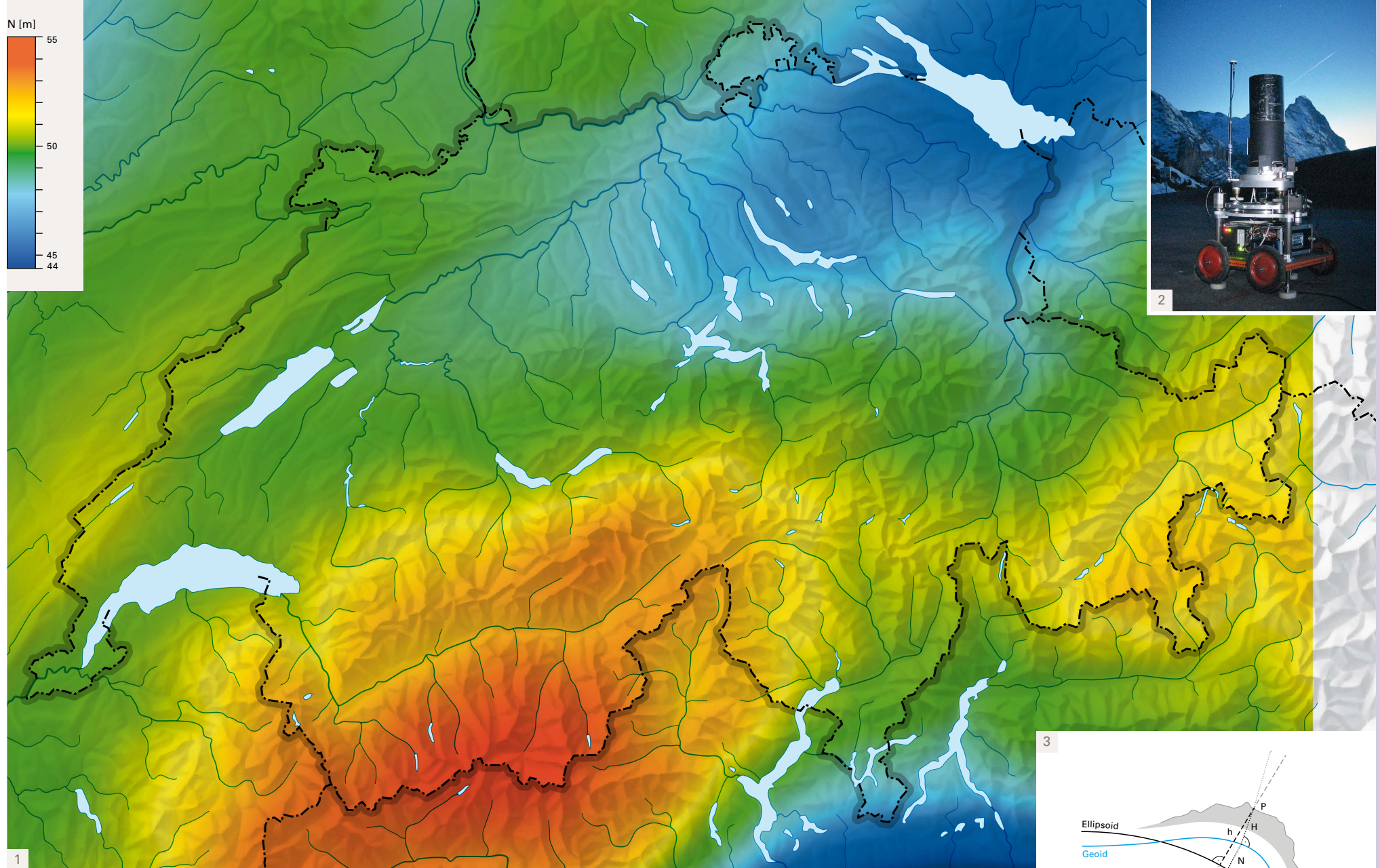
The geoid is a selected equipotential surface of the gravity field and serves as a reference surface for height determination. One can image it as an idealized mean sea surface which continues beneath the continents. Accurate satellite measurements show its irregular shape, which is caused by topography and also by varying rock densities in the subsurface. The geoid can be determined with astronomical, geodetic and gravimetric methods. National surveying uses spheroids for the mathematically defined earth's shape and takes into account deviations from the geoid. The geoid model is indispensable for GPS measurements, as the GPS-determined ellipsoidal heights can be converted to the usual height above sea level.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Schweizerische Geodätische Kommission | Commission géodésique suisse (www.sgc.ethz.ch)
- Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)

Datenquelle | Source des données

Bundesamt für Landestopografie swisstopo | Office fédéral de topographie swisstopo (www.swisstopo.ch)



Legende 1 Die Karte des Geoids in der Schweiz (2005): Abweichungen vom globalen Referenzellipsoid (N). 2 Astro-geodätische Messungen im Gelände (Zenitkamera). 3 Umrechnung von den mit GPS bestimmten ellipsoidischen Höhen (h) auf die üblicherweise verwendeten orthometrischen Höhen (H) mit der Beziehung $H = h - N$.

Légende 1 Carte du géoïde en Suisse (2005): Ecart par rapport à l'ellipsoïde global de référence (N). 2 Mesures astro-géodésiques sur le terrain (caméra zénitale). 3 Conversion des altitudes ellipsoïdiques (h) déterminées par GPS en altitudes orthométriques (H) d'usage courant par l'application de la relation $H = h - N$.

Hebungsraten

Wiederholte Präzisionsmessungen zur Bestimmung der Landeshöhen haben ergeben, dass sich der Alpenraum gegenüber dem Mittelland hebt. Diese so genannten Präzisionsnivellements erschliessen etwa 8000 Messmarken, deren Höhenangaben als Referenz für die meisten Messaufgaben in der Schweiz dienen. Als willkürlicher Referenzpunkt für die Untersuchung der Vertikalbewegungen dient ein Messpunkt in Aarburg im Aargau. Sämtliche nachgewiesenen Höhenänderungen sind relative Hebungen oder Senkungen gegenüber dieser Marke. Die ausgewählten etwa 240 Messpunkte befinden sich meist direkt im Fels, in wenigen Fällen auch an stabilen und gut verankerten Bauwerken.

Während im Jura eher Senkungen erkennbar sind, zeigen sich markante Hebungsmaxima von bis zu 1,5 mm pro Jahr im Gebiet zwischen Sitten und Brig im Wallis sowie im Gebiet zwischen Chur und dem Engadin im Bündnerland. Diese grossräumigen vertikalen Bewegungen haben vermutlich zwei Hauptursachen: Zum einen sind sie eine direkte Folge isostatischer Ausgleichsbewegungen, zum anderen spielen die plattentektonischen Prozesse der Gebirgsbildung eine wichtige Rolle. Die Erdkruste schwimmt quasi auf dem dichteren Material des Erdmantels. Durch Abtragung (Erosion) des Gebirges wird das Gewicht verringert, und als Folge überwiegt der Auftrieb der Krustenwurzel. Durch Hebung wird das isostatische Gleichgewicht wieder erreicht.

Vitesses de surrection

La répétition de mesures précises visant à déterminer les altitudes en Suisse a révélé que les Alpes continuent de se soulever par rapport au Plateau. Environ 8000 repères de mesure, dont l'altitude est utilisée comme référence dans la plupart des mensurations en Suisse, ont été nivelés avec précision. Un point situé à Aarburg, dans le canton d'Argovie, a été choisi arbitrairement comme référence pour étudier les mouvements verticaux. Toutes les variations d'altitude mises en évidence sont des soulèvements ou des affaissements par rapport à celui-ci. Les quelque 240 points de mesure retenus sont généralement implantés directement sur du rocher et plus rarement sur des ouvrages stables et bien ancrés.

Si le Jura tend à s'affaisser, on a observé des soulèvements allant jusqu'à 1,5 mm par année entre Sion et Brigue (Valais) ainsi qu'entre Coire et l'Engadine (Grisons). Cette surrection a vraisemblablement les deux causes suivantes: la surrection est un résultat direct des mouvements des plaques tectoniques et du processus d'ajustement isostatique lié à la formation des montagnes. La croûte terrestre flotte, en quelque sorte, sur le manteau plus dense. L'érosion de la montagne entraîne une perte de masse par rapport à la racine de la croûte qui, en se soulevant, rétablit l'équilibre isostatique.

Velocità di sollevamento

Ripetute misure altimetriche di precisione hanno dimostrato che la regione alpina mostra un sollevamento rispetto alla zona antistante. Le misure sono effettuate su circa 8000 punti, le cui quote servono come riferimento per la maggior parte delle operazioni di misurazione in Svizzera. Come riferimento arbitrario per lo studio dei movimenti verticali è stato scelto un punto situato ad Aarburg. Mentre il Giura tende ad abbassarsi, si sono osservati massimi di sollevamento, con valori fino a 1,5 mm per anno nell'area tra Sion e Briga (nel Vallese), e tra Coira e l'Engadina (nei Grigioni). Questi fenomeni sono la conseguenza di movimenti compensatori isostatici causati dai detriti delle erosioni e dalle forze tettoniche.

Rates of Uplift

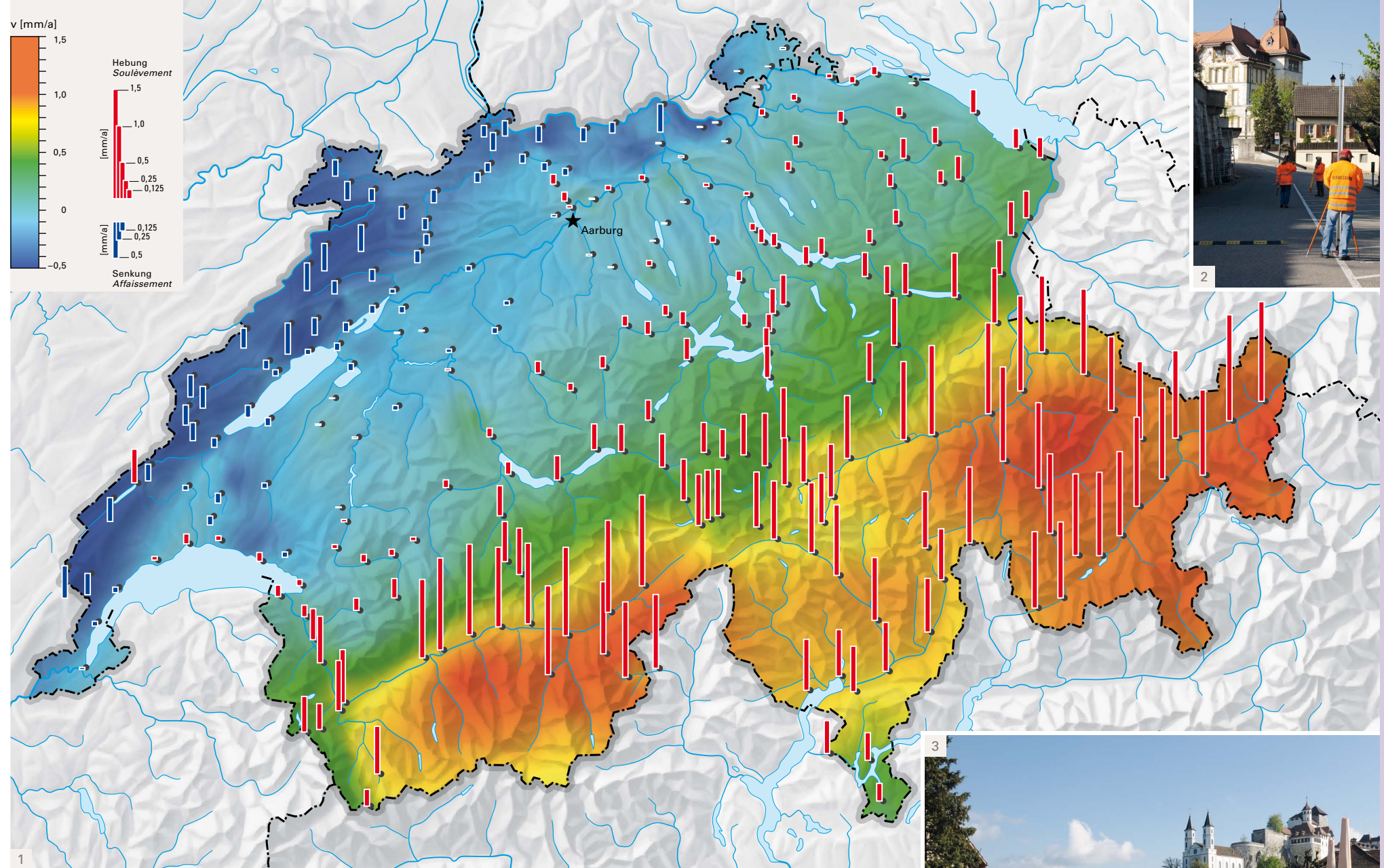
Repeated precision leveling measurements for determining ground elevations document a continuous uplift in the Alpine region relative to its foreland. These measurements use about 8000 reference marks, whose elevation data serve as a reference for most measuring tasks in Switzerland. A measuring point in Aarburg, canton Aargau, serves as an arbitrary reference point for the investigation of vertical movements. Two areas of maximum uplift of 1,5 mm per annum are observed between Sion and Brig (Valais) and between Chur and the Engadin (Grisons). These are a direct result of isostatic compensatory movements caused by erosional unloading and tectonic forcing.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Schweizerische Geodätische Kommission | Commission géodésique suisse (www.sgc.ethz.ch)
- Bundesamt für Landestopografie swisstopo | Office fédéral de topographie swisstopo (www.swisstopo.ch)

Datenquelle | Source des données

Bundesamt für Landestopografie swisstopo | Office fédéral de topographie swisstopo (www.swisstopo.ch)



Topographie

Aufgabe der Topographie ist es, die Oberfläche der Erde zu erfassen, zu beschreiben und als Karten und digitale Modelle darzustellen. Topographie ist der Überbegriff für die Gestalt der Erdoberfläche sowie alle darauf befindlichen Objekte (Wald, Gewässer, Häuser, Strassen usw.) und deren Beziehungen untereinander. Sie lässt sich auf verschiedene Weise darstellen, z.B. als Landeskarten, Höhenmodelle, Luftbilder und Landschaftsmodelle.

Die Landeskarte 1:25 000 ist eine topographische Karte der Schweiz mit sehr detaillierter Verkehrs-, Siedlungs-, Gelände- und Vegetationsdarstellung. Der Kartenperimeter ist in 247 Einzelblätter aufgeteilt. Die Nachführung erfolgt sektorenweise mit einem Nachführungszyklus von sechs Jahren.

Höhenmodelle sind digitale Datensätze. Sie beschreiben die Form der Erdoberfläche in drei Dimensionen. Sie werden genutzt, um Einzugsgebiete, Naturgefahren, geologische Strukturen, Luftverkehr und Telekommunikationsaufbau zu analysieren. Das swissALTI^{3D} ist ein sehr präzises digitales Höhenmodell. Die Genauigkeit beträgt einen halben Meter. Mit einer Maschenweite von zwei Metern zeigt es die Oberfläche der Schweiz ohne Bewuchs und Bebauung. Es wird mittels Laserscanning (Distanzmessungen per Laser aus dem Flugzeug) und Photogrammetrie (Bestimmung der Lage oder Form eines Objektes aus genauen Messbildern) erstellt.

Landschaftsmodelle im flexiblen Vektorformat bestehen aus vielen thematischen Ebenen. Das swissTLM^{3D} umfasst die Lage, die Form und die Eigenschaften natürlicher und künstlicher Objekte sowie die Bezeichnung der Landschaft. Mit dem Einbezug der dritten Dimension ist swissTLM^{3D} der genaueste und umfassendste 3D-Vektordatensatz der Schweiz.

Topographie

La topographie a pour but de relever et décrire la surface de la Terre, puis de la représenter sous forme de cartes et de modèles. La topographie est un terme générique englobant tous les éléments de la surface terrestre (forêts, rivières, lacs, maisons, routes, etc.) et les liens entre eux. Elle peut être représentée de diverses manières, p.ex. cartes nationales, modèles numériques de terrain, photos aériennes et modèles du paysage.

La carte nationale 1:25 000 est la carte topographique suisse avec une représentation très détaillée des voies de communication, des surfaces bâties, de l'hydrographie, du terrain et de la végétation. Le périmètre total est divisé en 247 feuilles. La mise à jour s'effectue par secteurs, suivant un cycle de six ans.

Les modèles numériques de terrain sont des jeux de données digitales décrivant la configuration du terrain en trois dimensions. Ils sont utilisés pour l'analyse des bassins versants, des dangers naturels, des structures géologiques, des lignes aériennes et des infrastructures de télécommunication. Le swissALTI^{3D} est un modèle numérique de terrain très précis, puisque sa résolution est d'un demi-mètre. Il représente la surface de la Suisse sans végétation ni construction avec un maillage de deux mètres de côté. Il a été levé par scannage au laser (mesure de distances par laser embarqué dans un avion) et par photogrammétrie (détermination de la position ou de la forme d'un objet à partir de clichés étalonnés).

Les modèles du paysage sous format vectoriel souple se composent de nombreuses couches thématiques. swissTLM^{3D} décrit l'emplacement, la forme et les propriétés d'éléments naturels et artificiels et fournit des indications sur le paysage. Ce modèle est le plus précis et le plus complet des jeux de données vectorielles en 3D décrivant la Suisse.

Topografia

La topografia rileva e descrive la superficie della Terra, con i principali oggetti naturali e artificiali che si trovano su di essa (boschi, acque, case, strade, ecc.), ed è rappresentata tramite le carte nazionali e i modelli digitali. I modelli digitali del terreno sono dati numerici che descrivono la forma della superficie terrestre in tre dimensioni. Essi sono utilizzati per studiare bacini idrografici, pericoli naturali, strutture geologiche, linee aeree e infrastrutture delle telecomunicazioni. swiss-ALTI^{3D} è un modello digitale del terreno molto preciso, con una risoluzione di mezzo metro. Esso riproduce la superficie della Svizzera senza vegetazione e senza aree edificate ed è realizzato tramite scansione laser e fotogrammetria.

Topography

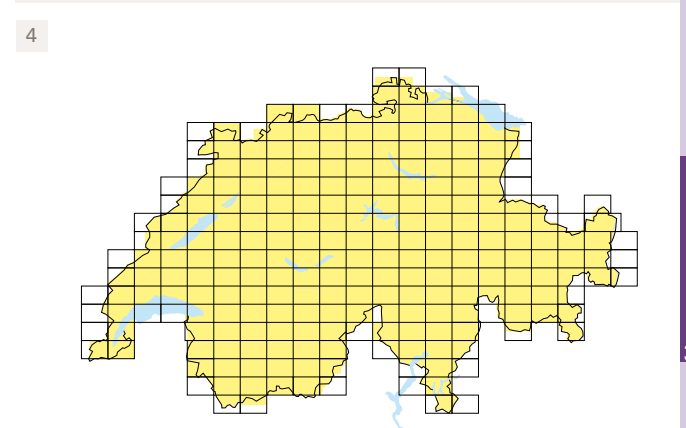
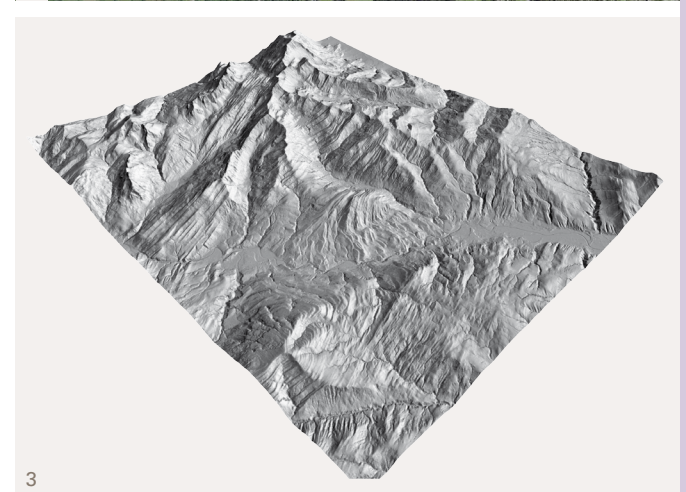
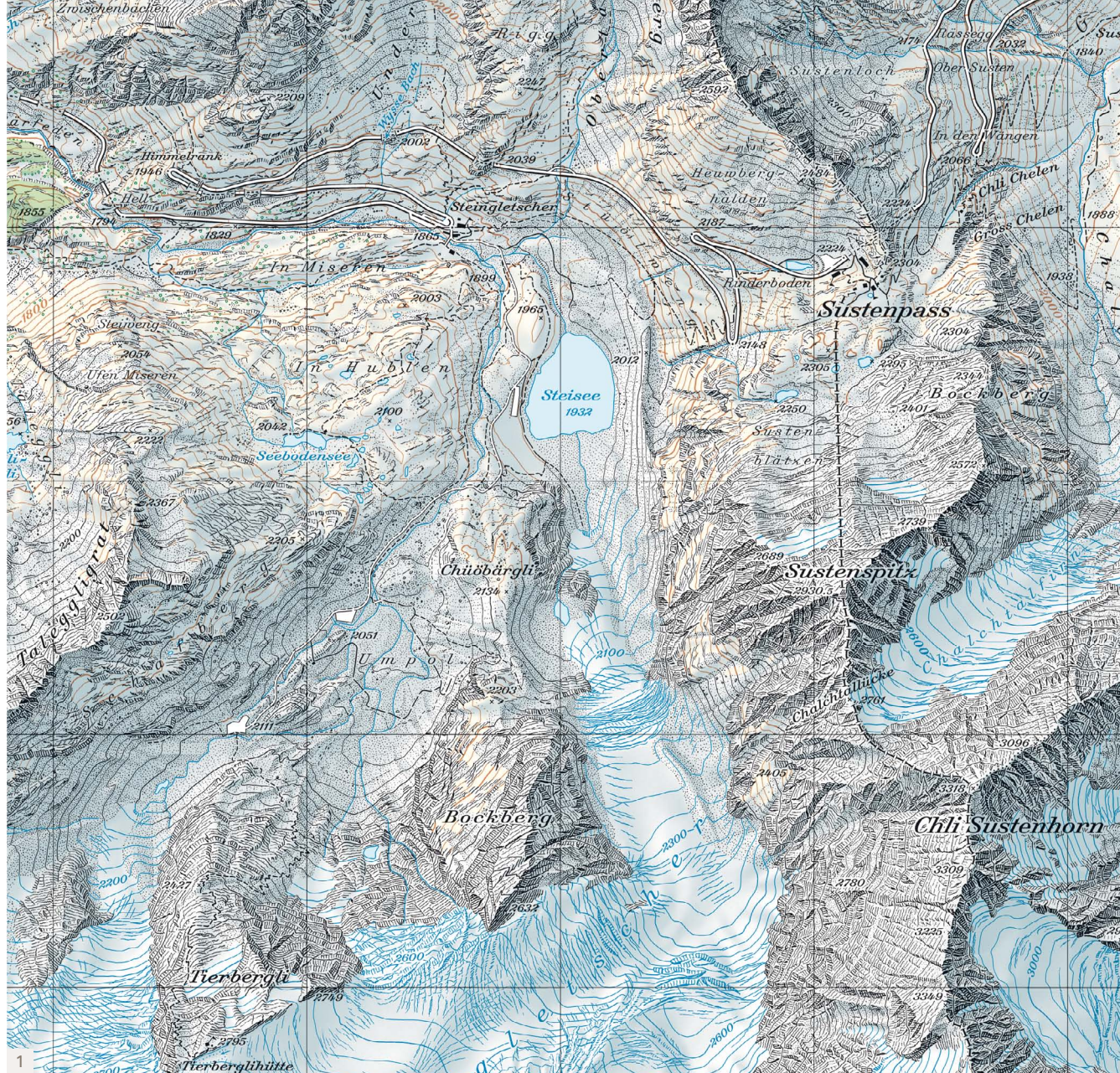
Topography records and describes the surface of the Earth with all essential natural and artificial objects (forests, water bodies, houses, roads etc.). National maps and digital models are examples of representing the topography. Elevation models are digital records and describe the shape of the Earth's surface in three dimensions. They are used to analyze catchment areas, natural hazards, geological structures and construction of air traffic and telecommunication networks. The swissALTI^{3D} is a very precise digital elevation model. The accuracy is half a meter. It shows the surface of Switzerland without vegetation and development and is constructed by means of laser scanning and photogrammetry.

Weitere Informationen | Plus d'informations

– Geoportal des Bundes | Géoportail de la Confédération (map.geo.admin.ch)
– KOHLSTOCK (2011)

Datenquelle | Source des données

Bundesamt für Landestopografie swisstopo | Office fédéral de topographie swisstopo (www.swisstopo.ch)



Legende 1 Ausschnitt aus Blatt Meiental (LK 1211) der Landkarte 1:25 000. 2 Orthofoto der Region Verbier (VS).

3 3D-Visualisierung eines Beispiels des swissALTI^{3D}, Region Steintal (SG). 4 Blatteinteilung der Landkarte 1:25 000.

Légende 1 Extrait de la feuille Meiental (CN 1211) de la Carte nationale 1:25 000. 2 Orthophoto de la région de Verbier (VS).

3 Visualisation en 3D d'un extrait du swissALTI^{3D} dans la région de Steintal (SG). 4 Répartition des feuilles de la carte nationale 1:25 000.

Bathymetrie der Schweizer Seen

Oft sind geomorphologische und geologische Informationen zum Seegrund nur spärlich vorhanden. Moderne hydrographische Vermessungssysteme ermöglichen jedoch, hochauflösende Bathymetriedaten zu erfassen und digitale Geländemodelle des Seegrunds zu erstellen, deren Auflösung mit terrestrischen Modellen wie beispielsweise swissALTI^{3D} vergleichbar ist. Solche Datensätze sind sowohl für die Wissenschaft, etwa für die Sedimentologie oder die Quartärgeologie, als auch für praktische Anwendungen, wie Umweltmonitoring oder Bauvorhaben, interessant. Die Daten werden mit Hilfe von Fächerlotsystemen (Sonar, 51–400 kHz) im Schiff erfasst. Diese sind mit Inertialnavigation und präziser GPS-Positionierung gekoppelt; sie erzeugen pro Sekunde Hunderte über einen breiten Streifen verteilte Tiefenmessungen. Die Geländemodelle machen den See «transparent» und erlauben es, ein detailliertes Bild der Morphologie unter Wasser zu gewinnen. So lassen sich Spuren natürlicher Vorgänge, aber auch menschliche Eingriffe auf dem Seeboden erkennen. Hochauflösende Bathymetriedaten in Schweizer Seen sind bis heute nur für einzelne Gebiete verfügbar. Die Beispiele zeigen den Vierwaldstättersee und den Genfersee. Im Vitznauer Becken des Vierwaldstättersees sind Spuren subaquatischer Rutschungen, Felssturزابlagerungen sowie letzteiszeitliche Moränenwälle zu sehen. Im östlichen Teil des Genfersees ist eine markante Rinne mit steilen seitlichen Hängen in der Fortsetzung der heutigen Rhonemündung zu erkennen; weitere mäandrierende Kanäle befinden sich vor den Mündungen ehemaliger Flussarme des Rhonedeltas.

Bathymétrie des lacs suisses

Les informations géomorphologiques et géologiques sur le fond des lacs ne sont que rarement disponibles. Mais des systèmes modernes de mensuration hydrographique permettent de recueillir des données bathymétriques à haute résolution et d'établir des modèles numériques du fond des lacs d'une précision comparable à celle des modèles terrestres tels que swissALTI^{3D}. Ces jeux de données sont utiles tant pour la science, comme la sédimentologie ou la géologie du quaternaire, que pour la pratique, comme la surveillance de l'environnement ou l'étude de projets de construction.

Les données sont recueillies sur un bateau par un sonar à balayage latéral (50–400 kHz) couplé avec un système de navigation inertielle et de positionnement précis par GPS. L'appareil mesure la profondeur plusieurs centaines de fois par seconde sur une large bande transversale. Les modèles de terrain fournissent une image détaillée de la morphologie du fond du lac. Ils font ainsi apparaître les traces de processus naturels et d'interventions humaines sur le fond des lacs.

A l'heure actuelle, nous ne disposons de données bathymétriques à haute résolution que dans quelques secteurs des lacs suisses. Les exemples ci-contre montrent le lac des Quatre-Cantons et le lac Léman. Dans le bassin de Vitznau, le fond présente des traces de glissements de terrain, dépôts d'éboulements et vallums morainiques. Dans la partie orientale du lac Léman, on discerne un chenal bien marqué avec des levées latérales raides dans le prolongement de l'embouchure actuelle du Rhône; d'autres chenaux formant des méandres correspondent au prolongement d'anciens bras du delta du Rhône.

Batimetria dei laghi svizzeri

Spesso, le informazioni geomorfologiche e geologiche sui fondali lacustri sono scarse. Tuttavia, i sistemi d'indagine idrografica moderni consentono di acquisire dati batimetrici ad alta risoluzione e di creare dei modelli digitali dei fondali lacustri. Tali dati sono interessanti sia per la ricerca scientifica sia per le applicazioni pratiche come il monitoraggio ambientale o i progetti di costruzione. I dati sono raccolti per mezzo di un sonar e permettono di creare modelli di terreno che offrono un quadro dettagliato della morfologia subacquea. Ciò consente di rilevare tracce di processi di sedimentazione naturali quali frane subacquee, depositi o cadute di massi oppure morene glaciali, ma anche interventi umani presenti sul fondo del lago.

Bathymetry of Swiss Lakes

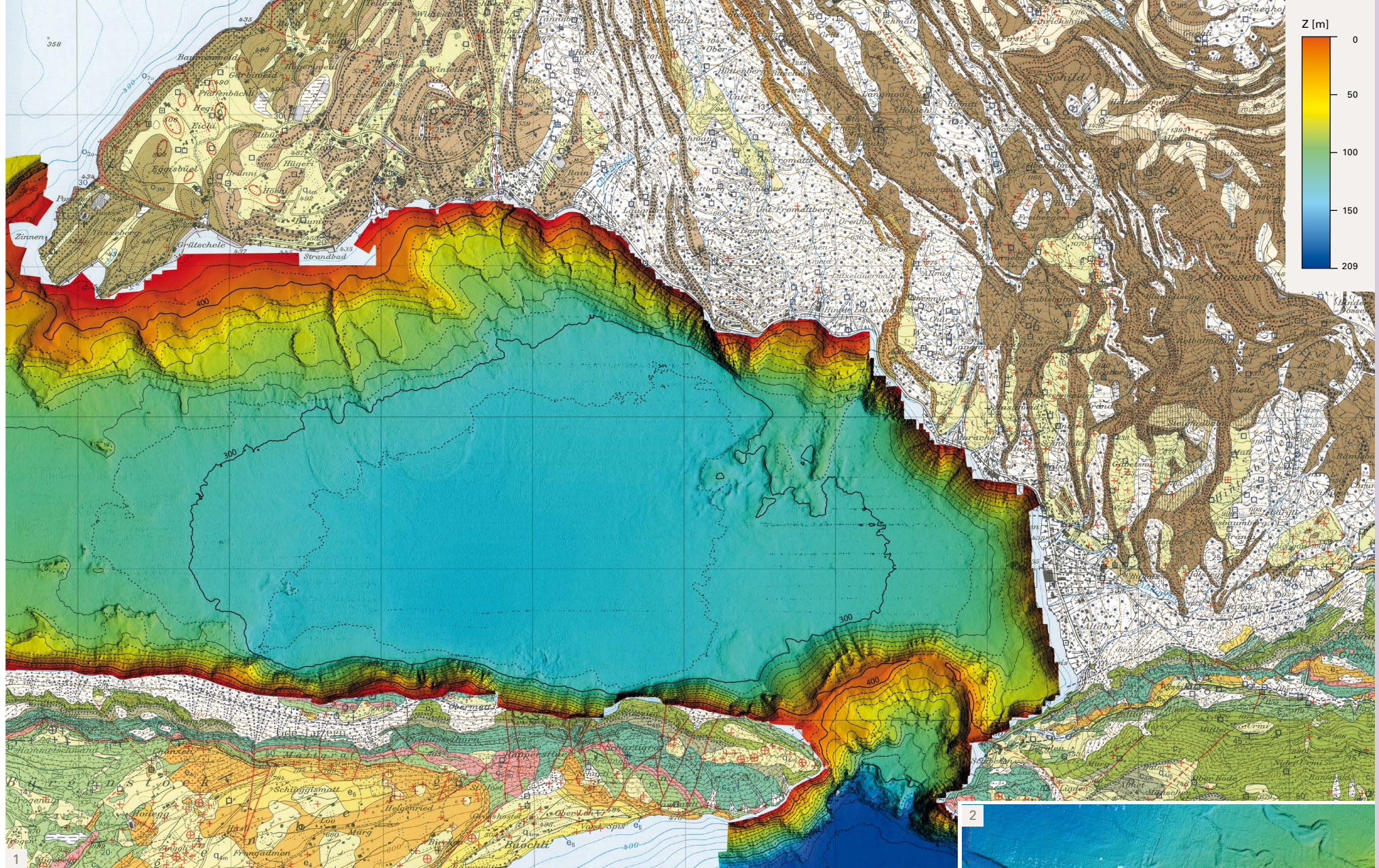
Geological and geomorphological information about lake beds is often only sparsely available. However, modern hydrographic survey systems such as multibeam echosounders enable high-resolution bathymetry data to be recorded and digital terrain models of the lake floor to be constructed. Such records are important for research as well as for practical applications, such as environmental monitoring or construction projects. The terrain models make the lake transparent and provide a detailed picture of the underwater morphology. Thus traces of natural sedimentary processes, subaquatic slides, rockfall deposits or moraines from the last ice age, as well as human interventions can be recognized.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Universität Bern, Quartärforschung | Université de Berne, Recherche sur le Quaternaire (www.geo.unibe.ch/quaternarygeology)
- Universität Genf, Institut Forel | Université de Genève, Institut Forel (www.unige.ch/forel)

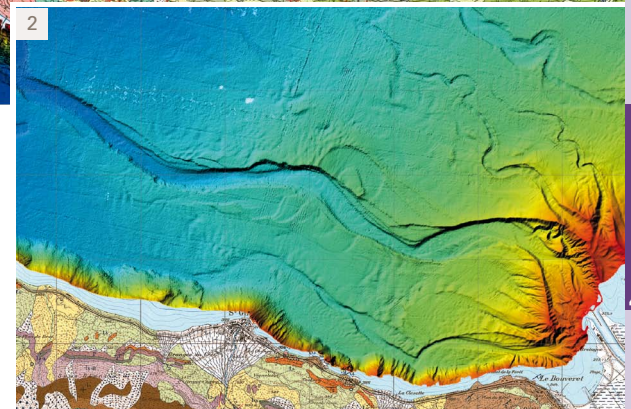
Datenquelle | Source des données

- Eawag, das Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs | Eawag, l'Institut de Recherche de l'Eau du Domaine des EPF (www.eawag.ch)
- Universität Bern, Institut für Geologie | Université de Berne, Institut de géologie (www.geo.unibe.ch)
- Universität Genf, Institut Forel | Université de Genève, Institut Forel (www.unige.ch/forel)
- HILBE et al. (2011)
- SASTRE et al. (2010)



Legende 1 Wassertiefe (Z) des Vierwaldstättersees (2007/2008), kombiniert mit Blatt 116 Rigi des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000. 2 Bathymetrie des östlichen Teils des Genfersees (2007/2008), kombiniert mit Blatt 47 Montreux des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000.

Légende 1 Profondeur d'eau (Z) du lac des Quatre-Cantons (2007/2008), combinée avec la feuille 116 Rigi de l'Atlas géologique de la Suisse 1:25 000. 2 Bathymétrie de la partie orientale du lac Léman (2007/2008), combinée avec la feuille 47 Montreux de l'Atlas géologique de la Suisse 1:25 000.



Die Schweiz während der letzten Eiszeit

Wie sah die Schweiz während des Maximums der letzten Eiszeit aus? Welche Gebiete waren von Eis bedeckt?

Eine paläogeographische Karte rekonstruiert den Zustand, gestützt auf neuste Forschungsergebnisse.

Die letzteiszeitlichen Gletscher erreichten ihre maximale Ausdehnung vor rund 22 000 Jahren. Der grösste Teil der Schweiz lag unter einem bis zu mehrere hundert Meter dicken Panzer aus Gletschereis. Diese Situation stellt die Karte «Die Schweiz während des letzteiszeitlichen Maximums» dar, informell LGM-Karte genannt (Last Glacial Maximum). Sie illustriert die aktuellsten Resultate der Eiszeitforschung, für deren Erarbeitung mehrere Jahre Feldarbeit notwendig waren. So galt es, eiszeitliche Ablagerungen (z.B. Findlinge) oder Geländeformen (z.B. Moränen) zu kartieren und nach neusten Methoden zu datieren. Die Karte enthält wichtige Neuerungen, wie die Bestimmung der inneralpinen Eishöhen, mit grossen Eisdomen, deren Oberfläche auf 2900 bis 3100 m ü. M. lag; dazu kommt ein auf ähnlicher Höhe gelegenes Eisplateau im südlichen Mattertal.

Die LGM-Karte gibt das erdgeschichtliche Ereignis wieder, das die heutige Oberflächengestalt der Schweiz massgeblich prägte und zum Beispiel auch für die Bildung und Verteilung der wirtschaftlich wichtigen Kiesvorkommen (als Rohstoff und Grundwasserträger) von Bedeutung ist. Aus der Gletscherausdehnung lässt sich darüber hinaus die mittlere Jahrestemperatur während des Höhepunkts der letzten Eiszeit bestimmen, die rund 10°C unter dem heutigen Wert lag.

La Suisse durant la dernière glaciation

A quoi ressemblait la Suisse au plus fort de la dernière glaciation? Quelles régions étaient recouvertes de glace?

Une carte paléogéographique intégrant les résultats des dernières recherches reconstruit la situation de l'époque. Les glaciers de la dernière période glaciaire ont atteint leur apogée il y a environ 22 000 ans. La majorité de la Suisse était alors recouverte d'une carapace de glace atteignant plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. C'est la situation représentée par la carte paléogéographique intitulée «La Suisse durant le dernier maximum glaciaire», surnommée «carte LGM» (Last Glacial Maximum). Elle illustre les résultats des dernières recherches, qui ont demandé plusieurs années de travail sur le terrain: il a par exemple fallu cartographier les dépôts de l'ère glaciaire, tels les blocs erratiques, et les formes de terrain datant de cette époque, telles les moraines, puis les dater en appliquant des méthodes modernes. La carte contient d'importantes nouveautés, comme l'altitude de la glace au cœur des Alpes, qui révèle de grands dômes glaciaires culminant vers 2900 à 3100 mètres. Elle indique aussi la présence d'un plateau glaciaire d'altitude similaire dans le sud de la vallée de Zermatt.

La carte LGM raconte l'épisode de l'histoire de la Terre qui a largement façonné la surface actuelle de la Suisse. Il a notamment joué un rôle important dans la formation et la répartition des gisements de gravier, important pour l'économie comme matière première et réservoir aquifère. L'extension des glaciers permet aussi de déterminer la température moyenne annuelle au plus fort de la dernière glaciation, qui était inférieure de 10°C à celle d'aujourd'hui.

L'ultima glaciazione in Svizzera

I ghiacciai dell'ultima glaciazione raggiunsero la loro massima espansione circa 22 000 anni fa, quando la maggior parte della Svizzera era ricoperta da una coltre di ghiaccio spessa fino a diverse centinaia di metri, come illustrato nella carta paleogeografica «La Svizzera durante l'Ultimo Massimo Glaciale». Essa riporta i più recenti risultati della ricerca sulle glaciazioni, realizzati grazie a diversi anni di lavoro sul campo. La carta dell'LGM contiene importanti novità, come la presenza di un altipiano glaciale nella Mattertal meridionale o la determinazione delle quote glaciali nelle Alpi Centrali raggiunte da grandi calotte la cui superficie si trovava a un'altitudine compresa tra i 2900 e i 3100 m s. l. m.

The Last Ice Age in Switzerland

The glaciers of the last ice age reached their maximum extent around 22 000 years ago. A shield of glacial ice up to several hundred meters thick covered the majority of Switzerland. The palaeogeographic map «Switzerland during the Last Glacial Maximum» portrays this situation. It illustrates the latest results of the ice age research in Switzerland, for which several years of field work were required. The LGM map contains important revisions, such as the inner Alpine ice elevations revealing huge ice domes reaching 2900 to 3100 meters above mean sea level. An ice plateau with a similar surface elevation in the southern part of the Mattertal is also documented.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Bundesamt für Landestopografie swisstopo, GeoKarten | Office fédéral de topographie swisstopo, GéoCartes (www.swisstopo.ch/geologiemark)
- Geoportal des Bundes | Géoportail de la Confédération (map.geo.admin.ch)

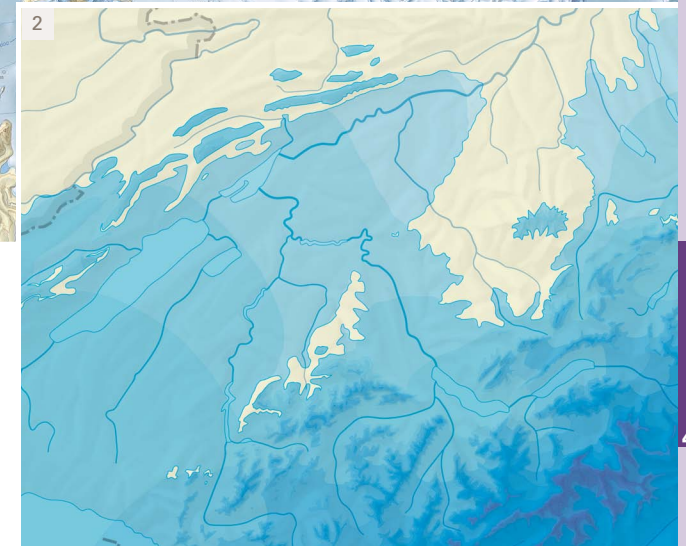
Datenquelle | Source des données

Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Landesgeologie | Office fédéral de topographie swisstopo, Service géologique national (www.swisstopo.ch/landesgeologie)



Legende 1 Die Karte «Die Schweiz während des letzteiszeitlichen Maximums (LGM) 1:500 000» stellt die grösste Gletscherausdehnung in der Schweiz während des Höhepunkts der letzten Eiszeit vor rund 22 000 Jahren dar. **2** Vektordatensatz LGM (Ausschnitt) mit heutigem Gewässernetz.

Légende 1 La Carte «La Suisse durant le dernier maximum glaciaire (LGM) 1:500 000» représente la plus grande extension des glaciers en Suisse lors de l'apogée de la dernière période glaciaire, il y a environ 22 000 ans. **2** Jeux de données vectorielles LGM (extrait) avec le réseau hydrographique actuel.



Mächtigkeit der Lockergesteine

Das heutige Relief der Schweiz geht weitgehend auf die Wirkung von Gletschern, Flüssen und Frost im Eiszeitalter (Quartär) zurück, und zwar vor allem auf die jüngste Vergletscherung vor rund 22 000 Jahren. Über Lockergesteine wie Moränen und Schotter wie auch über Eisrandterrassen lässt sich die damalige Eisausdehnung rekonstruieren. In den Tälern können die Schichten Mächtigkeiten von einigen hundert Metern erreichen. Viele der quartären Ablagerungen führen die wichtigsten genutzten Grundwasservorkommen der Schweiz, stellen natürliche Ressourcen dar (z.B. Kies) oder liefern für den Ackerbau geeignete Böden. Seit den 1980er Jahren wurden durch geologische, seismische und gravimetrische Messungen sowie Bohrungen Daten erhoben, um regionale Modelle der Felshöhe der Schweiz zu erstellen. Der Dichtekontrast zwischen unverfestigten Sedimenten und dem älteren und tieferen Festgestein ermöglicht es, die Mächtigkeit der Lockergesteine mit gravimetrischen Methoden zu berechnen und auf Karten festzuhalten. Die Karte der Mächtigkeit der Lockergesteine der Schweizerischen Geophysikalischen Kommission basiert vor allem auf dieser Methode. Basierend auf geologischen Karten, einschlägigen Publikationen und mehreren tausend Bohrdaten wurde die Felshöhe und die Mächtigkeit der Lockergesteine in den letzten Jahren sukzessive und hochauflösend modelliert. Das vorliegende Modell wurde an der Universität Bern zusammengesetzt und ist mit dem digitalen Höhenmodell (DHM25) von swisstopo kompatibel.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Universität Bern | Université de Berne
(www.geo.unibe.ch/wissenschaftsarbeiten.htm)
- Universität Genf | Université de Genève
(archive-ouverte.unige.ch)

Epaisseur des roches meubles

Le relief actuel de la Suisse a été modelé par les glaciers, les rivières et le gel au cours des périodes glaciaires quaternaires. Mais il est surtout dû à la dernière glaciation, il y a environ 22 000 ans. Les roches meubles, telles que moraines et graviers, permettent de reconstituer l'extension des glaciers d'autrefois. C'est dans les vallées qu'on trouve les couches les plus épaisses: jusqu'à quelques centaines de mètres. Une bonne partie de ces dépôts contiennent les plus grands aquifères exploités de Suisse. Ils renferment des ressources naturelles – le gravier en est un exemple – ou se prêtent à l'agriculture. Depuis les années 1980, des mesures géologiques, sismiques et gravimétriques et des forages ont fourni des données qui ont servi à élaborer des modèles régionaux de la profondeur du rocher en Suisse. En particulier, le contraste de densité entre les sédiments non consolidés et le substratum rocheux plus ancien permet de calculer l'épaisseur des terrains meubles au moyen de méthodes gravimétriques et de la représenter sur des cartes. C'est sur cette méthode principalement que se base la carte de l'épaisseur des sédiments meubles de la Commission suisse de géophysique. L'altitude de la roche et l'épaisseur des sédiments meubles ont été modélisées avec une résolution croissante au cours des dernières années en exploitant des cartes géologiques, des publications scientifiques et plusieurs milliers de données de forage. Le modèle composite a été réalisé à l'Université de Berne, il est compatible avec le modèle numérique de terrain de swisstopo (MNT25).

Datenquelle | Source des données

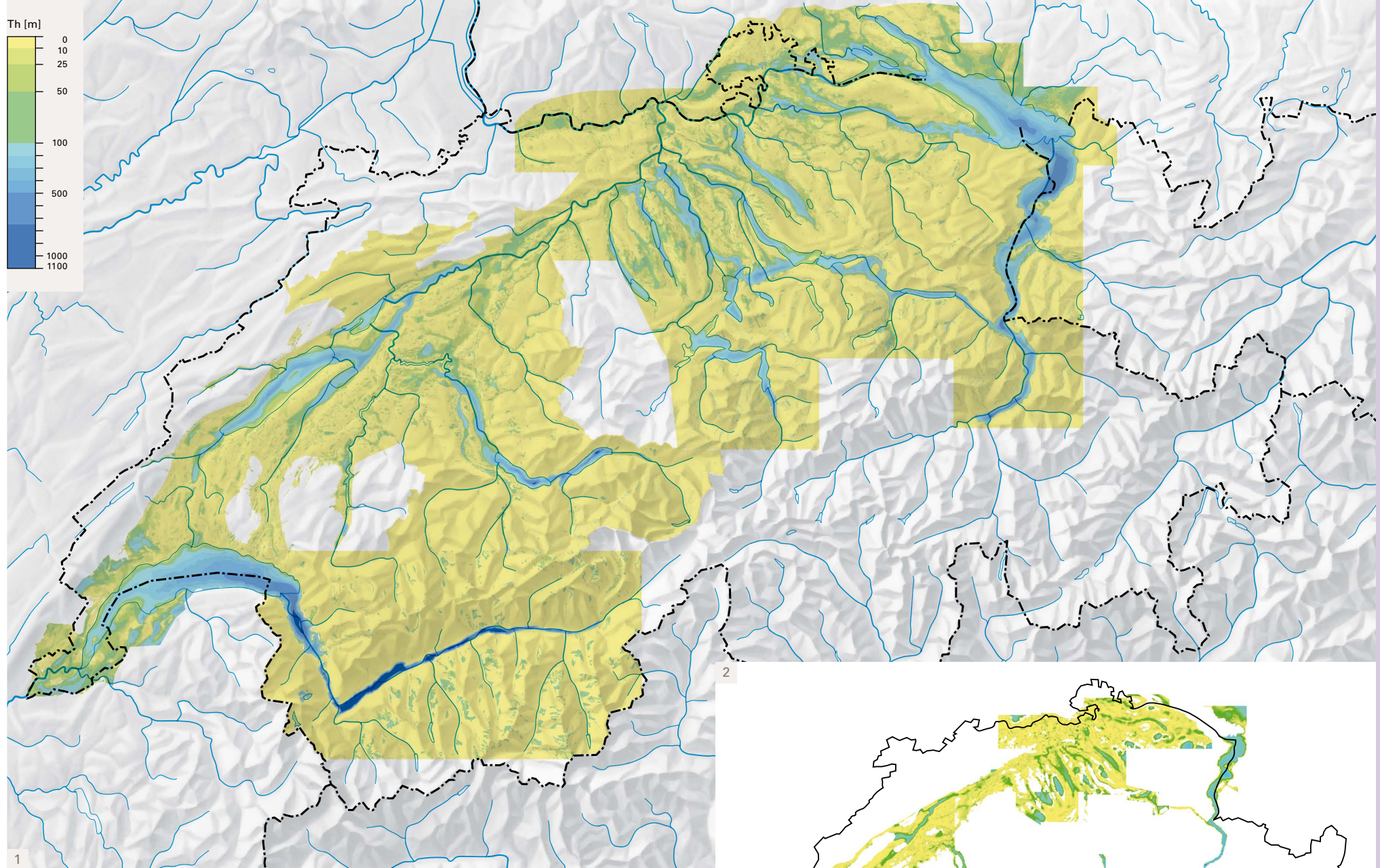
- DÜRS STUCKI (2012), FIORE (2007), JABOYEDOFF & DERRON (2005), JORDAN (2007), SCHÄLLI (2012), WILDI (1984)
- Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)
- KLINGELÉ (2012)

Spessore dei sedimenti

La morfologia dei rilievi svizzeri è in gran parte dovuta all'azione erosiva dei ghiacciai, dei fiumi e del gelo che hanno agito durante le glaciazioni quaternarie. I sedimenti non consolidati permettono di ricostituire l'estensione passata dei ghiacciai. Gli strati di sedimenti sono più spessi nelle valli, dove raggiungono diverse centinaia di metri. Nel corso degli ultimi anni, utilizzando carte geologiche, pubblicazioni specifiche e sondaggi, si è giunti all'elaborazione di un modello ad alta risoluzione da cui si evince la profondità del substrato roccioso in Svizzera. Il contrasto di densità tra i sedimenti e detto substrato, più antico, permette di cartografare lo spessore dei sedimenti con metodi gravimetrici.

Sediment Thickness

Switzerland's topography and geomorphology are characterized by the actions of glaciers, rivers and frost of the most recent Quaternary ice age. The former ice extent can be reconstructed by mapping unconsolidated rocks (sediments). The layers are thickest in the valleys: up to several hundred meters. In the past few years, Switzerland's bedrock elevation has been gradually modeled to a high degree of resolution, based on geological maps, relevant publications and several thousand borehole data records. In addition, the density contrast between the unconsolidated sediments and the older and deeper bedrock allows the thickness of the sediments to be mapped with gravimetric methods.



Légende 1 Die kompilierte Karte der Mächtigkeit (Th) der Lockergesteine nach DÜRST STUCKI (2012).

2 Die Karte der Mächtigkeit (Th) der Lockergesteine nach KLINGELÉ (2012) der Schweizerischen Geophysikalischen Kommission.

Légende 1 La Carte compilée de l'épaisseur (Th) des sédiments meubles par DÜRST STUCKI (2012).

2 La Carte de l'épaisseur (Th) des sédiments meubles par KLINGELÉ (2012) de la Commission suisse de géophysique.

Geologische 3D-Modelle

Digitale geologische 3D-Modelle sind von grosser Bedeutung für die Infrastruktur- und Raumplanung. Sie basieren auf bestehenden Karten, Profilen sowie Bohrdaten und seismischen Daten.

Infrastruktur-, Ressourcen- und Raumplanung, das Management von Rohstoffen und Naturgefahren sowie die Erschliessung von unterirdischen Potenzialen (zum Beispiel Erdwärme, CO₂-Sequestrierung, Abfalllagerung) stellen grosse Herausforderungen der Zukunft dar. Die mit der Realisierung verschiedenster Vorhaben verbundene nachhaltige Bewirtschaftung der endlichen Ressource Untergrund hat eine grosse gesellschaftliche, volkswirtschaftliche und geowissenschaftliche Relevanz.

Geologische 3D-Modelle sind ein wichtiges Instrument, um komplexe Sachverhalte und Probleme des Untergrunds einfach und verständlich zu visualisieren. Während Karten geologische Befunde auf die zweidimensionale Papierfläche projizieren, können 3D-Modelle Gesteinskörper in ihrer räumlichen Ausdehnung und Lage zueinander erfassen und darstellen. Angaben zu den jeweiligen lithologischen Merkmalen, hydrogeologischen Eigenschaften, ingenieur-geologischen Kennwerten usw. lassen sich ergänzen. So eröffnen sich ganz neue Auswertungsmöglichkeiten.

Modèles géologiques en 3D

Les modèles géologiques en 3D sont d'une grande utilité pour la planification des infrastructures et l'aménagement du territoire. Ils s'appuient sur des cartes, des profils, des données de forage et des données sismiques disponibles. La planification des infrastructures et des ressources, l'aménagement du territoire, la gestion des matières premières et des dangers naturels ainsi que l'exploitation du potentiel souterrain (par exemple le recours à la géothermie, le stockage de CO₂ ou l'entreposage de déchets) représentent de grands défis pour l'avenir. La gestion durable des possibilités limitées offertes par le sous-sol pour réaliser toutes sortes de projets revêt une grande importance pour la société, l'économie et les géosciences. Les modèles géologiques en 3D aident considérablement à visualiser d'une manière simple et compréhensible des situations et des problèmes complexes concernant le sous-sol. Les cartes ne font que projeter la géologie sur une surface bidimensionnelle en papier, alors que les modèles tridimensionnels permettent d'appréhender et de représenter l'extension et la position respective des unités lithologiques. Ils mettent en situation leurs caractéristiques pétrographiques, hydrologiques et géotechniques, offrant ainsi un tout nouveau champ d'analyse.

Modelli geologici in 3D

I modelli geologici digitali in 3D costituiscono uno strumento importante per la pianificazione del territorio, la progettazione delle infrastrutture, la gestione delle risorse, la difesa dai pericoli naturali, nonché per la valorizzazione dei possibili usi del sottosuolo: geotermia, stoccaggio di CO₂ e dei rifiuti. La gestione sostenibile delle possibilità limitate offerte dal sottosuolo ha una grande importanza sociale, economica e scientifica. I modelli geologici in 3D permettono di rappresentare e visualizzare situazioni complesse e problematiche riguardanti il sottosuolo in modo semplice e comprensibile. Essi sono basati su carte esistenti, sezioni, dati di sondaggi e sismici.

Geological 3D Models

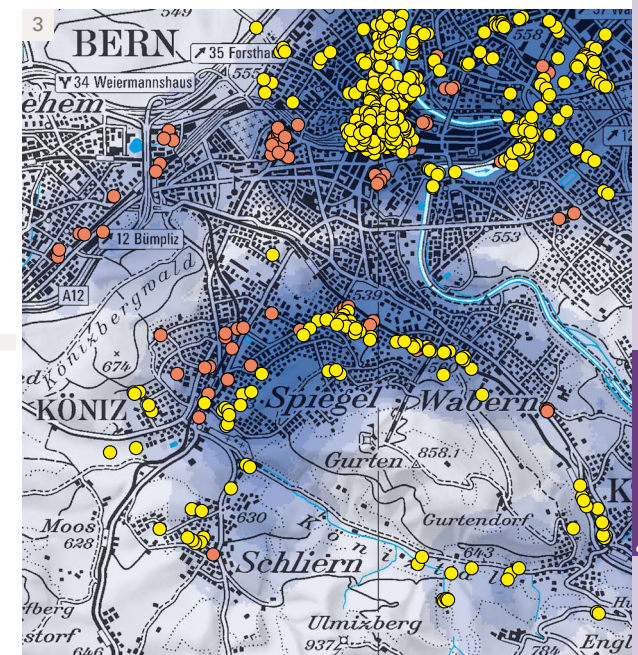
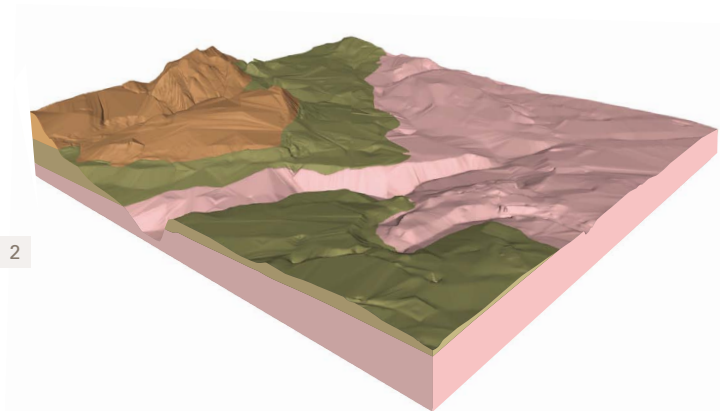
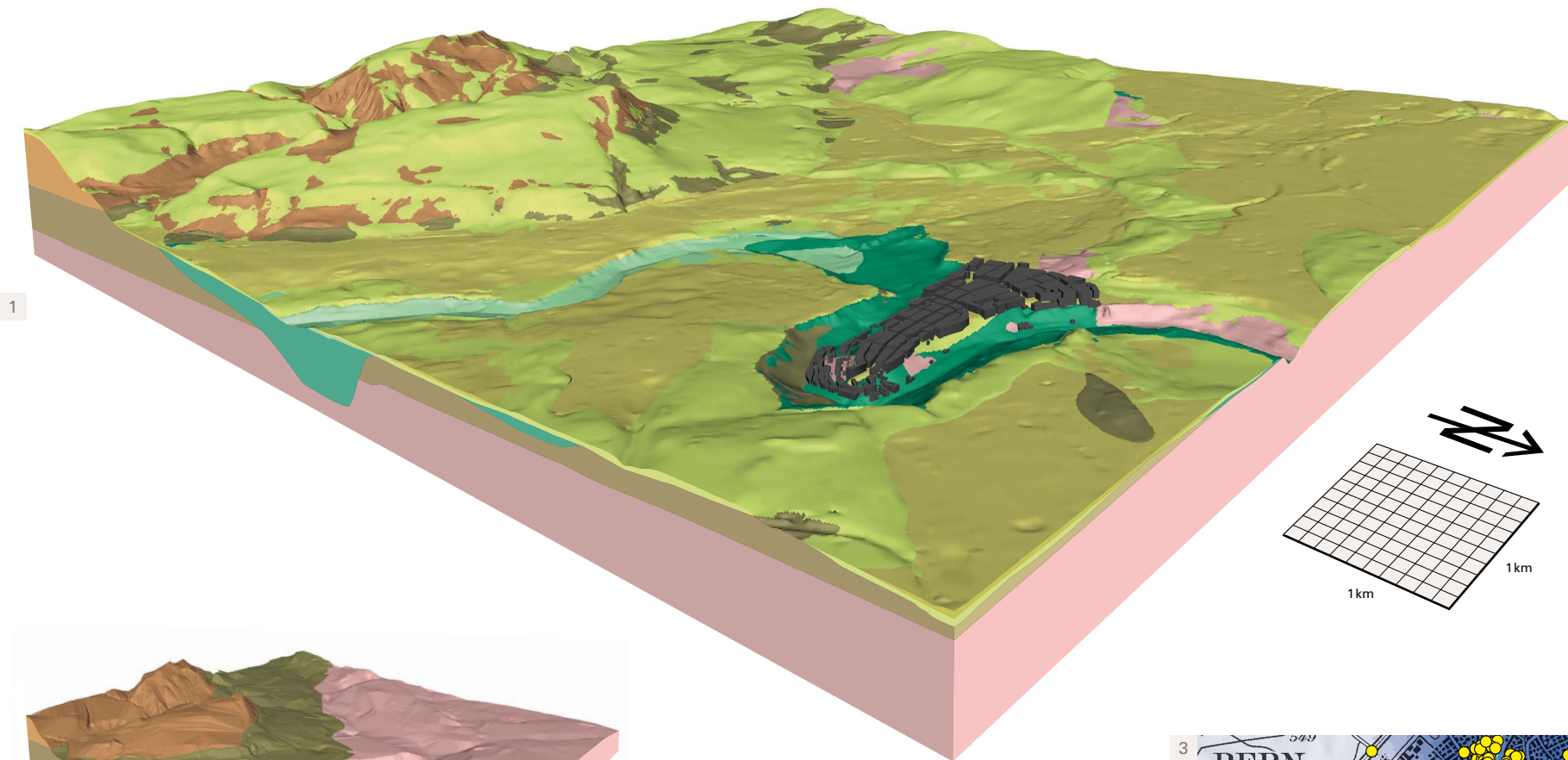
Digital geological 3D models provide a key solutions approach for planning infrastructure, resource and land use, managing mineral resources and natural hazards as well as exploiting the subsurface potential (geothermal energy, CO₂ storage, waste disposal). The sustainable management of finite resources has a major societal, economic and geoscientific relevance. Geological 3D models simply and lucidly visualize complex subsurface issues and problems. They are based on existing maps, cross-sections as well as borehole and seismic data.

Weitere Informationen | Plus d'informations

Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 3D Geologie | Office fédéral de topographie swisstopo, Géologie en 3D (www.swisstopo.ch/3dgeologie)

Datenquelle | Source des données

Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Landesgeologie | Office fédéral de topographie swisstopo, Service géologique national (www.swisstopo.ch/landesgeologie)



Légende 1 Geologisches 3D-Modell der Region Bern mit Quartärablagerungen und 2 ohne Quartärablagerungen. 3 Karte der Güte des 3D-Modells, basierend auf der Qualität der vorhandenen Bohrdaten (Interpolation nach der Inverse-Distance-Weighting-Methode); gelb: Bohrung ohne Quartär-Information, rot: Bohrung mit Quartär-Information.

Légende 1 Modèle géologique en 3D de la région de Berne avec les dépôts de couverture quaternaire et 2 sans couverture quaternaire. 3 Carte indiquant la pertinence du modèle en 3D, basée sur les données de forage disponibles et de haute qualité (interpolation selon la méthode de la distance inverse pondérée); jaune: forage sans information sur le Quaternaire, rouge: forage avec information sur le Quaternaire.

Seismischer Atlas des schweizerischen Molassebeckens

Das schweizerische Mittelland macht etwa einen Drittel der Fläche der Schweiz aus und gehört aus geologischer Sicht mehrheitlich zum Molassebecken. Etwas mehr als zwei Drittel der schweizerischen Bevölkerung leben hier. Der Seismische Atlas des schweizerischen Molassebeckens dient als wichtige Grundlage für geologische Projekte. Die Seismik, ein Teilgebiet der Geophysik, erforscht die obere Erdkruste durch künstlich angeregte seismische Wellen und bildet diese ab. Der Seismische Atlas des schweizerischen Molassebeckens – ein Schwerpunktprojekt der Schweizerischen Geophysikalischen Kommission (SGPK) – stellt in 24 Bildtafeln die Tiefenstruktur des Untergrunds des Mittellands dar, wo die mächtigen Molassesedimente im Tertiär als Folge der Gebirgserosion am jungen nördlichen Alpenrand abgelagert wurden. Der Atlas zeigt eine Interpretation von regionalen reflexionsseismischen Daten im Zusammenhang mit Bohrlochdaten und Oberflächengeologie und die daraus entwickelten regionalen 3D-Strukturmodelle. Diese Daten sind wichtig für Projekte im Bereich Tiefenplanung wie Geothermie, CO₂-Sequestrierung, geologische Tiefenlager, regionale Hydrogeologie und Erdgasexploration. Geometrie und Ausdehnungen von acht Horizonten (interpretierte geologische Schichtgrenzen), wie Basis Tertiär, Top Dogger und Basis Mesozoikum, wurden bis zu einer Tiefe von mehreren Kilometern kartiert und sind in 15 regionalen Profilen (Transects) dargestellt. Die Ergebnisse zeigen u.a. die Gräben des Permokarbons, die zunehmende Mächtigkeit des Mesozoikums von Ost nach West und die zunehmende Mächtigkeit der Molasse in Richtung der Alpen.

Atlas sismique du bassin molassique suisse

Le Plateau suisse couvre environ un tiers de la superficie du pays et appartient du point de vue géologique au bassin molassique. Plus des deux tiers de la population y résident. L'Atlas sismique du bassin molassique suisse est un document de base important pour les projets géologiques. La sismique, une discipline de la géophysique, étudie la partie supérieure de la croûte terrestre à l'aide d'ondes sismiques produites artificiellement. L'Atlas sismique du bassin molassique suisse – un projet majeur de la Commission suisse de géophysique (SGPK) – dévoile la structure profonde du Plateau en vingt-quatre planches. On y voit notamment l'épaisse couche des sédiments de la molasse, produits par l'érosion des Alpes, qui se sont déposés à l'ère tertiaire sur la bordure septentrionale de la chaîne. L'Atlas expose une interprétation de données régionales obtenues par sismique réflexion, croisées avec des résultats de forages et des levés géologiques de surface, ainsi que les modèles structuraux en 3D qui en découlent. Ces informations sont très utiles aux projets concernant le sous-sol, comme la géothermie, le stockage de CO₂, l'entreposage de déchets radioactifs en couche géologique profonde, l'hydrogéologie régionale et la prospection de gaz naturel. La géométrie et l'extension de huit horizons (interfaces géologiques interprétées), tels que la base du Tertiaire, le sommet du Dogger et la base du Mésozoïque, cartographiées jusqu'à une profondeur de plusieurs kilomètres, sont représentées dans quinze profils (coupes) régionaux. Ils révèlent notamment la position des fossés permocarbonifères et l'augmentation de l'épaisseur des unités mésozoïques d'est en ouest et celle de la molasse en direction des Alpes.

Atlante sismico del Bacino molassico svizzero

L'Altipiano svizzero occupa circa un terzo della superficie nazionale ed è costituito principalmente dal Bacino molassico. L'Atlante sismico del bacino molassico – un progetto prioritario della Commissione svizzera di geofisica (SGPK) – documenta la struttura profonda del sottosuolo dell'Altipiano in 24 illustrazioni. Si tratta di un'interpretazione 3D ottenuta combinando i dati regionali di sismica a riflessione con sondaggi e studi di geologia di superficie. Queste informazioni sono fondamentali per progetti geotermici, per lo stoccaggio di CO₂ o di scorie. Sono state realizzate carte fino a diversi chilometri di profondità, riproducendo geometrie e dimensioni di otto orizzonti, come la base del Terziario o quella del Mesozoico.

Seismic Atlas of the Swiss Molasse Basin

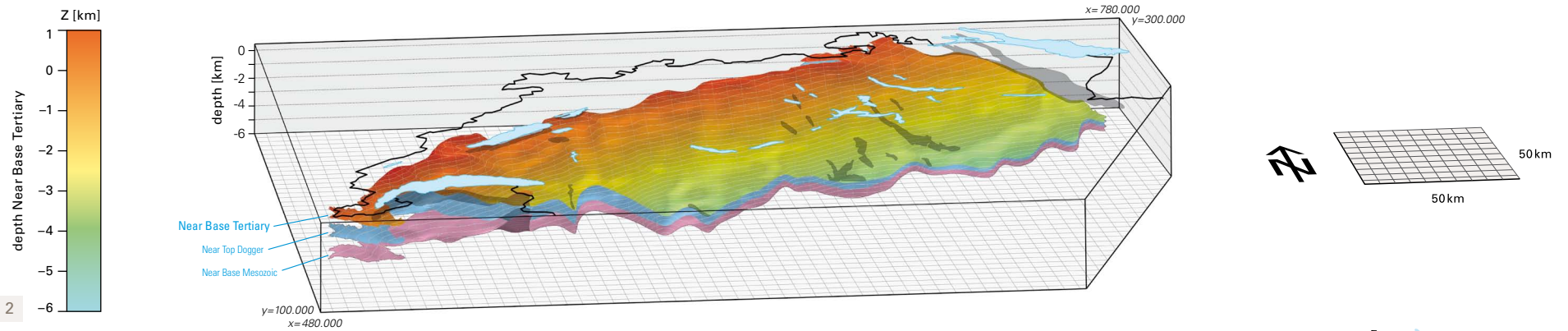
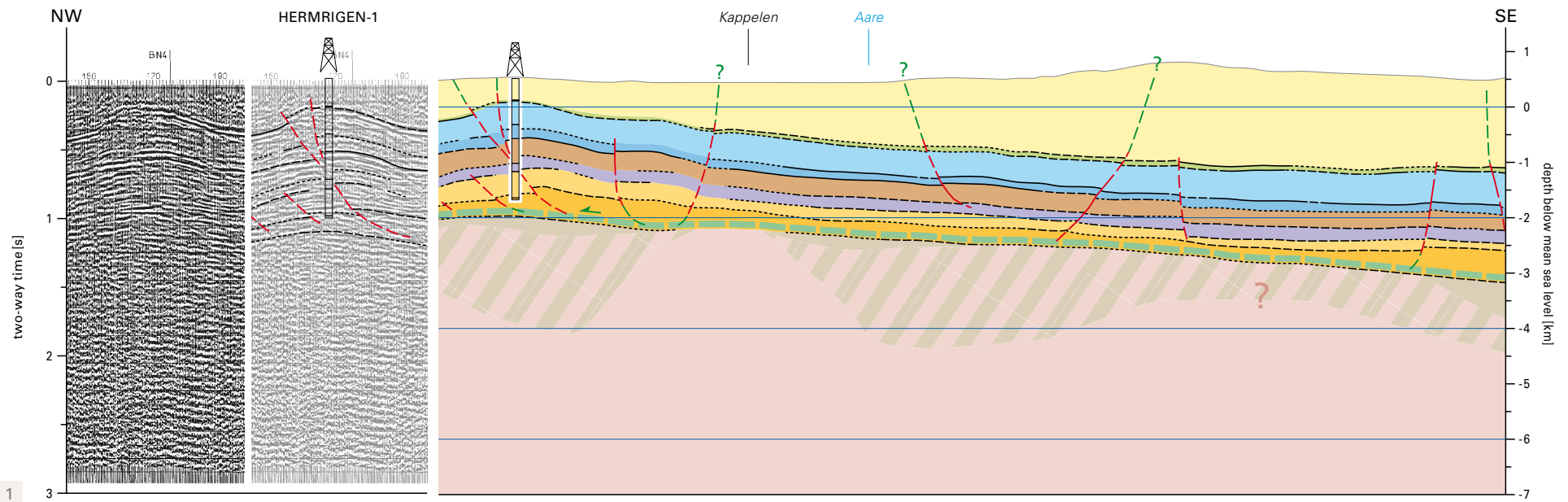
The Swiss Plateau covers about one third of the surface of Switzerland and mainly comprises the Molasse basin. The Seismic Atlas of the Swiss Molasse Basin – a priority project of the Swiss Geophysical Commission (SGPK) – documents the deep subsurface structure of the Swiss Plateau in 24 plate enclosures. The atlas shows an interpretation of regional seismic reflection data in connection with borehole data and surface geology. These data are important for projects such as geothermal energy, CO₂ sequestration or deep geological repositories. Geometries and extents of eight horizons such as the base of the Tertiary or the Mesozoic units, were mapped to a depth of up to several kilometers.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Landesgeologie
Office fédéral de topographie swisstopo, Service géologique national
(www.swisstopo.ch/landesgeologie)
- Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)

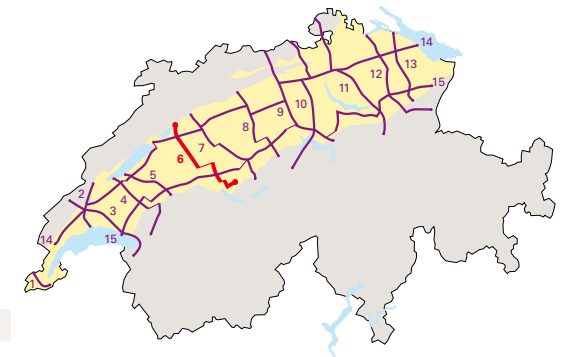
Datenquelle | Source des données

- Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)
- SOMMARUGA et al. (2012)



Legende 1 Ausschnitt eines Profils aus dem Seismischen Atlas des Schweizerischen Molassebeckens. 2 3D-Darstellung der Tiefe (Z) des interpretierten geologischen Horizontes «Near Base Tertiary». 3 Das Molassebecken in der Schweiz und Lokalisierung der Profile.

Légende 1 Extrait d'un profil tiré de l'Atlas sismique du bassin molassique suisse. 2 Représentation en 3D de la profondeur (Z) de l'horizon géologique «Near Base Tertiary» interprété. 3 Localisation des profils dans le bassin molassique en Suisse.



Seismische Geschwindigkeit von Gesteinen

Natürliche seismische Wellen entstehen durch einen Spannungsabbau im Erdinneren, zum Beispiel bei einem Erdbeben. Die so genannten P-Wellen (auch Primär- oder Kompressionswellen) schwingen in Ausbreitungsrichtung, die S-Wellen (auch Sekundär- oder Scherwellen) quer zu dieser. Wie schnell sich die Wellen in einem Gestein ausbreiten, hängt von dessen Mineralogie, Porosität, der Anzahl Brüche, die es durchziehen, sowie dem Druck und der Temperatur ab, denen es ausgesetzt ist. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit von seismischen Wellen unterscheidet sich demnach je nach Gesteinsart.

Die physikalischen Eigenschaften von Gesteinen (Dichte, Porosität, Durchlässigkeit sowie seismische, magnetische, thermische und elektrische Eigenschaften) stellen Schlüsselparameter für Disziplinen wie Geologie, Bautechnik oder Geophysik dar. Bedeutend sind sie beispielsweise für Projekte rund um Energie- und Wasserressourcen, bei der CO₂-Sequestrierung oder der geologischen Tiefenlagerung. Das Projekt SAPHYR (Swiss Atlas of Physical Properties of Rocks) trägt alle vorhandenen Daten zu den physikalischen Eigenschaften von Felsgesteinen in der Schweiz zusammen. Die Karte zeigt die Geschwindigkeit von P-Wellen in Gesteinen unter oberflächennahen Bedingungen und unter der Vernachlässigung des Einflusses von Brüchen und Porosität (V_{p0}). Um diese zu ermitteln, wurden Gesteinsproben im Labor unter Hochdruck gesetzt, um mögliche Risse zu schliessen und damit die Messung auf die kristallinen Komponenten des Fels zu beschränken.

Vitesse sismique des roches

Des ondes sismiques naturelles sont créées lorsque des contraintes se relâchent brusquement à l'intérieur de la Terre, par exemple lors d'un tremblement de terre. Les ondes «P» (aussi dites primaires ou de compression) oscillent dans la direction de propagation, alors que les ondes «S» (aussi dites secondaires ou de cisaillement) le font perpendiculairement. La vitesse de propagation des ondes dans la roche dépend de sa minéralogie, de sa porosité, de sa fracturation, de la température et de la pression qui y règnent. Les ondes sismiques se propagent donc à une vitesse différente d'une roche à l'autre. Les propriétés physiques de la roche (densité, porosité, perméabilité et caractéristiques sismiques, magnétiques, thermiques et électriques) sont essentielles dans certaines disciplines comme la géologie, la géotechnique ou la géophysique. Elles jouent un rôle important dans les projets concernant les ressources en énergie et en eau, le stockage de CO₂ ou le dépôt en couches géologiques profondes. Le projet SAPHYR (Swiss Atlas of Physical Properties of Rocks) a pour but de rassembler toutes les données disponibles au sujet des propriétés physiques des roches en Suisse. La carte présente les vitesses des ondes «P» des roches en conditions de surface, en négligeant les effets de la porosité et de la fracturation (V_{p0}). Elles ont été déterminées en laboratoire, en mettant des échantillons sous pression pour fermer les fissures éventuelles et ainsi les mesures se concentrent sur les composants cristallins de la roche.

Velocità delle onde sismiche nelle rocce

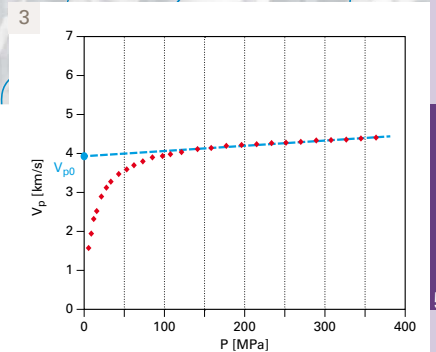
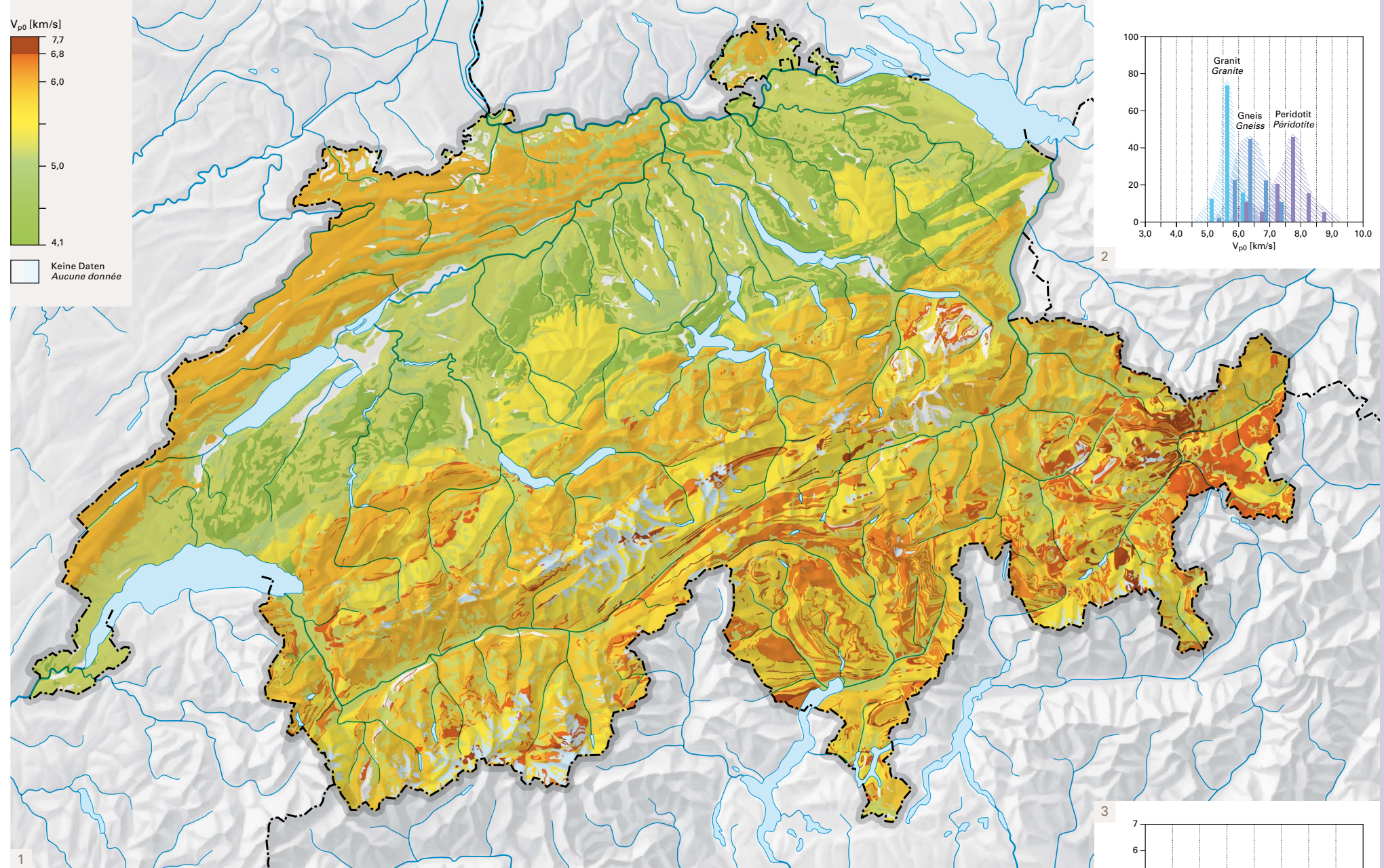
Le onde sismiche, generate dal rilascio di tensioni all'interno della Terra, sono di due tipi: le cosiddette onde P, che oscillano longitudinalmente alla direzione di propagazione, e le onde S, che oscillano trasversalmente. La velocità con cui si propagano in una roccia dipende dalla porosità e fratturazione della stessa e dalle condizioni di pressione e temperatura a cui è sottoposta. Il progetto SAPHYR (Swiss Atlas of Physical Properties of Rocks) raccoglie i dati sulle proprietà delle rocce svizzere. La velocità delle onde P indicata sulla mappa (V_{p0}) è stata determinata in laboratorio, sottoponendo diversi campioni di roccia ad alta pressione per sigillarne le microfratture e limitare così la misura alle componenti cristalline.

Seismic Velocity of Rocks

Seismic waves arise due to a release of stress inside the Earth. The so-called P-waves oscillate in the direction of propagation and the S-waves transverse to this. How fast the waves propagate in a rock depends on its mineralogy, porosity, its fractures as well as the pressure and temperature inside the rock. The project SAPHYR (Swiss Atlas of Physical Properties of Rocks) gathers data on the physical properties of rocks. To determine the velocities of the P-waves shown on the map (V_{p0}), rock samples were put under high pressure in the laboratory in order to close cracks and to restrict the measurement to the crystalline components.

Datenquelle | Source des données

- Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)
- ZAPPONE & BRUIJN (2012)



Dichte von Gesteinen

Eine wichtige physikalische Eigenschaft von Fels ist dessen Dichte. Unter anderem breiten sich seismische Wellen in Gesteinen mit einer hohen Dichte schneller aus.

Die Dichte eines Gesteins hängt vorwiegend von dessen Mineralogie und Porosität ab. Über eine grosse Dichte verfügen Gesteine aus Mineralien, die einen hohen Anteil an Magnesium, Eisen oder anderen, schweren Metallen aufweisen. Eine vergleichsweise geringe Dichte haben demgegenüber Gesteine, die einen grossen Anteil an Alkalien (z.B. Natrium, Kalium), Siliziumdioxid und Wasser besitzen. Des Weiteren weisen Gesteine mit einer kristallinen Struktur eine grössere Dichte auf als solche mit einer amorphen (glasartigen) Struktur. Die Dichte wird als Masse pro Volumeneinheit eines Materials definiert. Die Masse wird in der Regel mit einer Waage bestimmt. Das Volumen lässt sich entweder direkt anhand der Geometrie einer Steinprobe bemessen oder indirekt, indem die Verdrängung einer Flüssigkeit aufgezeichnet wird.

Während die so genannte Rohdichte das gesamte Volumen eines Steines umfasst, stellt die Reindichte das Volumen ohne die Leerräume dar, d. h. ohne die Porosität. Im Rahmen des Projekts SAPHYR (Swiss Atlas of Physical Properties of Rocks) sind Karten der Gesteinsdichte in der ganzen Schweiz erstellt worden. Die Dichte variiert typischerweise zwischen $1,2 \text{ g/cm}^3$ für poröse Lockergesteine und $3,3 \text{ g/cm}^3$ für quarzarme, eisenreiche Festgesteine, wie sie zum Beispiel im oberen Erdmantel vorkommen.

Densité des roches

La densité est une propriété physique importante de la roche. Entre autres, les ondes sismiques se propagent plus vite dans une roche très dense.

La densité de la roche dépend étroitement de sa composition minéralogique et de sa porosité. Les roches renfermant des minéraux riches en magnésium, en fer ou autres métaux lourds sont très denses. Les roches contenant une grande proportion d'alcalins (p.ex. sodium ou potassium), de silice et d'eau sont moins denses. Par ailleurs, les roches à structure cristalline sont plus denses que celles à structure amorphe (vitreuse). La densité d'un matériau est définie comme étant sa masse par unité de volume. La masse est généralement déterminée à l'aide d'une balance. Le volume est mesuré soit directement, en observant la géométrie de l'échantillon, soit indirectement, en mesurant le volume de liquide qu'il déplace.

La densité apparente englobe tout le volume de l'échantillon de roche alors que la densité réelle se réfère au volume sans les vides, c'est-à-dire sans la porosité. Des cartes indiquant la densité des roches dans toute la Suisse ont été établies dans le cadre du projet SAPHYR (Swiss Atlas of Physical Properties of Rocks). Elle varie typiquement entre $1,2 \text{ g/cm}^3$ pour les roches meubles poreuses et $3,3 \text{ g/cm}^3$ pour les roches cohérentes pauvres en quartz ou riches en fer, provenant par exemple du manteau supérieur.

Densità delle rocce

La densità di una roccia – definita come massa per unità di volume – dipende dalla sua composizione mineralogica e dalla sua porosità. Di solito la massa si determina con una bilancia, mentre il volume può essere calcolato geometricamente o misurato inserendo il campione in un liquido. Nell'ambito del progetto SAPHYR (Swiss Atlas of Physical Properties of Rocks) sono state realizzate mappe che rappresentano la densità delle rocce in tutta la Svizzera: essa varia tra $1,2 \text{ g/cm}^3$ per i sedimenti sciolti fino a $3,3 \text{ g/cm}^3$ per le rocce dure povere di quarzo o ricche di ferro, come ad esempio quelle del mantello terrestre superiore.

Density of Rocks

Rock density is highly dependent on its mineralogy and porosity. It is defined as mass per unit volume of a material. The mass is usually determined with a scale. The volume can be measured either directly, based on the geometry of a rock sample, or indirectly, by recording the displacement of a liquid. As part of the SAPHYR (Swiss Atlas of Physical Properties of Rocks) project, maps have been created for the rock density throughout Switzerland. The density typically varies between $1,2 \text{ g/cm}^3$ for loose sedimentary rocks and $3,3 \text{ g/cm}^3$ for quartz-poor or iron-rich hard rocks such as the upper Earth's mantle.

Datenquelle | Source des données

– Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)

– ZAPPONE & BRUIJN (2012)



Legende 1 Karte der Felsdichte (ρ) 1:500 000 (2012). 2 Statistische Verteilung der ermittelten Daten. 3 Probennahmestellen.

Légende 1 Carte de la densité des roches (ρ) 1:500 000 (2012). 2 Répartition statistique des données mesurées. 3 Sites de prélèvement des échantillons.

Lithologische Karte 1:500 000, Geotechnische Karte 1:200 000

Die Lithologie beschreibt die stoffliche Beschaffenheit eines Gesteins. Diese wird durch die Zusammensetzung, die Struktur sowie mineralogische, chemische und physikalische Eigenschaften charakterisiert. Lithologische Karten bilden den Gesteinsuntergrund ab, im Detail klassiert nach der Gesteinsart. Die «Lithologisch-Petrographische Karte der Schweiz» gibt also Auskunft darüber, wo man in der Schweiz etwa einen Kalk oder einen Granit findet.

Im Unterschied zu geologischen Karten, in welchen die Gesteine nach Lithologie, Entstehungsart, Alter und tektonischer Stellung gegliedert werden, spielt in einer rein lithologischen Darstellung das Gesteinsalter keine Rolle. Gesteine mit unterschiedlichem Entstehungsalter, aber ähnlichen Eigenschaften und technischen Kennwerten werden in die gleiche Klasse gestellt.

Die Geotechnische Karte der Schweiz 1:200 000 zeigt neben der lithologischen Klassierung des Untergrundes auch die wichtigsten Abbaustellen von mineralischen Rohstoffen in den Jahren 1963–1967. Die Klassierung der Geotechnischen Karte steht in engem Bezug zur Nutzung und Verwertung der Gesteine als Baustoff. Sie dient so als eine wichtige überregionale Planungsgrundlage bei Fragen zur Rohstoffversorgung der Schweiz.

Carte lithologique 1:500 000, Carte géotechnique 1:200 000

La lithologie décrit les propriétés matérielles d'une roche. Celles-ci sont données par la composition et la structure de la roche ainsi que par ses caractéristiques minéralogiques, chimiques et physiques.

Les cartes lithologiques représentent le sous-sol rocheux classé en détail selon le type de roche. La «Carte lithologique et pétrographique de la Suisse» indique donc où l'on trouve, par exemple, du calcaire ou du granite en Suisse. A la différence de la carte géologique, qui distingue les roches d'après leur âge (stratigraphie), leur position tectonique et leur genèse, l'ancienneté des roches ne joue aucun rôle dans la représentation purement lithologique. Les roches datant de périodes différentes mais ayant des propriétés et des caractéristiques techniques similaires sont rangées dans la même classe.

En plus de la classification lithologique du sous-sol, la Carte géotechnique de la Suisse 1:200 000 regroupe aussi les lieux d'exploitation importants des minerais dans les années 1963–1967. La classification mise en œuvre dans la carte géotechnique tient compte de l'utilisation des roches comme matières premières et comme matériaux de construction. Elle représente ainsi un document précieux pour étudier des questions et prendre des décisions concernant l'approvisionnement en matières premières de la Suisse.

Carta litologica 1:500 000, Carta geotecnica 1:200 000

Le carte litologiche rappresentano il substrato roccioso, classificato nei dettagli in base al tipo di roccia. Nelle carte litologiche l'età della roccia non ha importanza, mentre sono determinanti le sue proprietà mineralogiche, chimiche e fisiche. La Carta geotecnica copre tutta la Svizzera in scala 1:200 000 ed è finalizzata a scopi nazionali. Infatti, la classificazione su cui si basa è strettamente legata all'uso e allo sfruttamento delle rocce come materie prime o materiali da costruzione. Essa costituisce quindi uno strumento di base importante per la pianificazione del territorio e per tutte le problematiche e le decisioni che riguardano l'approvvigionamento di materie prime in Svizzera.

Lithological Map 1:500 000, Geotechnical Map 1:200 000

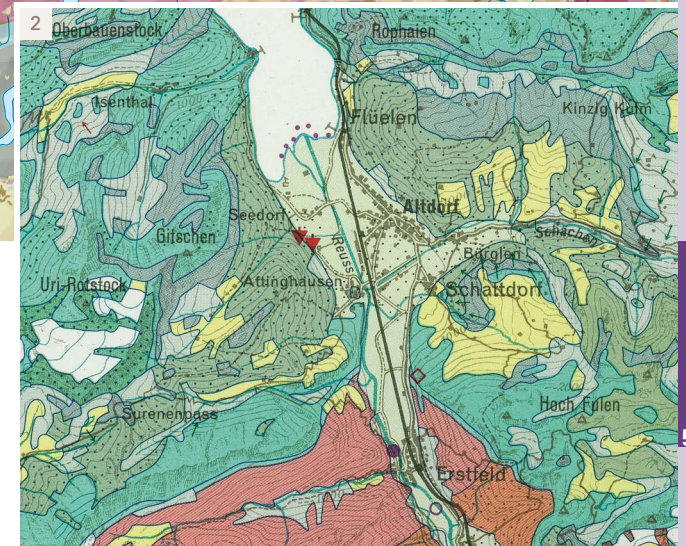
Lithological maps depict the bedrock, classified in detail according to the type of rock. In a lithological representation, the age of the rock doesn't play a role. Here the mineralogical, chemical and physical rock properties are key. The geotechnical map focuses on national issues and covers all of Switzerland in a 1:200 000 scale. The classification of the geotechnical map is closely related to the utilization and exploitation of rocks as raw or building material. It therefore serves as an important planning basis for questions and decisions on raw material supply in Switzerland.

Weitere Informationen | Plus d'informations

Geoportal des Bundes | Géoportail de la Confédération (map.geo.admin.ch)

Datenquelle | Source des données

Schweizerische Geotechnische Kommission | Commission géotechnique suisse (www.sgtk.ch)



Légende 1 La Carte lithologique de la Suisse 1:500 000 (2012) illustre la grande diversité des roches en Suisse. 2 Extrait de la Carte géotechnique 1:200 000, feuille n° 2, Lucerne – Zurich – St-Gall – Coire (1963).

Baugrundkarten

Bei der Geotechnischen Karte der Schweiz 1:200 000 und den Baugrundkarten handelt es sich um spezialisierte Varianten der Lithologischen Karte. Die detaillierteren Baugrundkarten existieren für einzelne städtische Gebiete wie Solothurn, Bern oder Schaffhausen. Sie sind auf bauliche Fragestellungen ausgerichtet und geben Auskunft über wichtige geotechnische Eigenschaften des Untergrundes. So sind die Baugrundkarten eine wertvolle Entscheidungshilfe bei der Planung und Realisierung von Bauten und Bauwerken. Weil sie auch Angaben zum Grundwasser bieten, dienen sie dem qualitativen Grundwasserschutz und sind ein wichtiges Instrument für Geologen, Ingenieure oder die Verwaltung.

Cartes des sols de fondation

La Carte géotechnique de la Suisse 1:200 000 et les cartes des sols de fondation sont des dérivés spécialisés de la Carte lithologique. A l'heure actuelle, quelques agglomérations comme Soleure, Berne ou Schaffhouse font l'objet de cartes détaillées des sols de fondation. Elles sont conçues pour répondre à des questions concernant la construction et renseignent sur d'importantes propriétés géotechniques du sous-sol.

Les cartes des sols de fondation représentent donc une aide à la décision très utile pour concevoir et réaliser des constructions. Fournissant également des renseignements sur les eaux souterraines, elles sont utilisées pour en protéger la qualité et assistent les géologues, les ingénieurs et les services spécialisés dans leur tâche.

Carte dei terreni edificabili

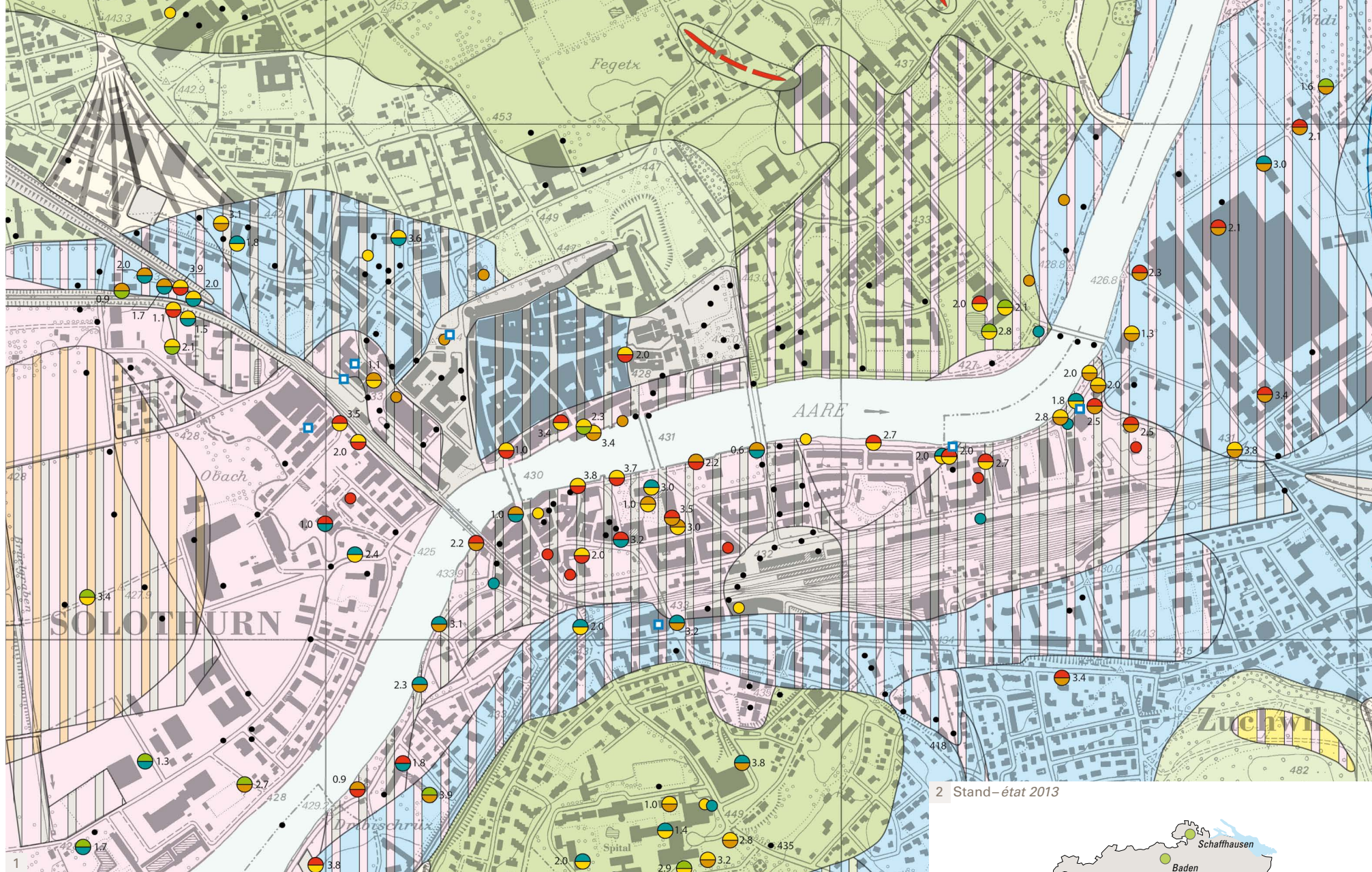
Le carte dei terreni edificabili sono molto specialistiche e adattate a scopi principalmente legati al campo delle costruzioni. Anche se, per il momento, ricoprono singole aree urbane come Soletta, Berna o Sciaffusa. Le carte dei terreni edificabili rappresentano i dati geotecnici di base più importanti, consentendo di valutare rapidamente se, da un punto di vista geologico, il sottosuolo sia idoneo o meno per essere edificato. Queste carte servono anche alla protezione qualitativa delle acque sotterranee fornendone importanti informazioni ai geologi, agli ingegneri e agli organi amministrativi.

Ground Maps

Ground maps are specialized and mostly adapted to construction-related issues. Currently, they exist only for individual urban areas such as Solothurn, Bern or Schaffhausen. Since important geotechnical base data can be derived from this representation, the geological subsurface can be rapidly assessed for construction projects. Because they also provide details on groundwater, they are beneficial to qualitative groundwater protection and serve as important decision-making aids for geologists, management and engineers.

Datenquelle | Source des données

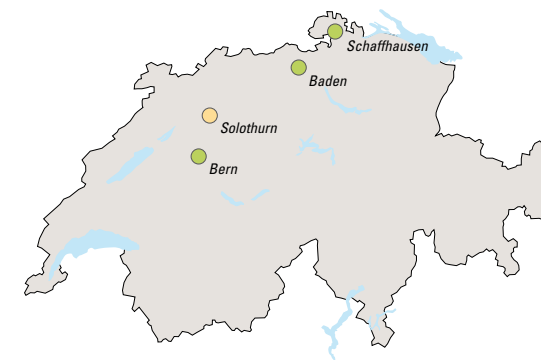
Schweizerische Geotechnische Kommission | Commission géotechnique suisse (www.sgtk.ch)



2 Stand-état 2013

Légende 1 Ausschnitt aus der Baugrunderkarte der Schweiz 1:10 000, Blatt Solothurn (2000). 2 Durch Baugrunderkarten abgedeckte Gebiete der Schweiz; orange: gedruckte Karte und Vektordatensatz, grün: gedruckte Karte.

Légende 1 Extrait de la Carte des sols de fondation de la Suisse 1:10 000, feuille Soleure (2000). 2 Répartition des cartes des sols de fondation; orange: carte imprimée et jeu de données vectorielles, vert: carte imprimée.



Ressourcen

Seit dem Zweiten Weltkrieg hat die Menschheit mehr Rohstoffe verbraucht als in der gesamten Geschichte davor. Mineralische Rohstoffe bilden die Ausgangsmaterialien zur Herstellung praktisch aller Gegenstände des täglichen Lebens – von der Zahnpasta bis zum Handy, vom Papier bis zum PC. Lebenswichtige Rohstoffe sind zudem unsere Wasserressourcen. Bei den Energierohstoffen weist die Schweiz einen hohen Pro-Kopf-Verbrauch auf. Hier gilt es, das vorhandene Potenzial erneuerbarer Energien gezielt auszuschöpfen.

Ressources

L'humanité a consommé plus de matières premières depuis la Deuxième Guerre mondiale que durant l'ensemble des temps antérieurs. Les matières premières minérales constituent la base de presque tous les objets de notre vie quotidienne, du dentifrice au téléphone portable, du papier à l'ordinateur. Nos ressources en eau revêtent aussi une importance vitale. La consommation de matières premières énergétiques par habitant est élevée en Suisse: nous devons mieux exploiter le potentiel offert par les énergies renouvelables.

Risorse

Dalla seconda Guerra Mondiale a oggi, l'umanità ha consumato più risorse che in tutta la sua storia antecedente. Le materie prime sono alla base di quasi tutti gli oggetti utilizzati nella vita quotidiana, dal dentifricio ai telefoni cellulari, dalla carta al computer. Le nostre risorse idriche sono una delle materie prime essenziali. In termini di risorse energetiche, la Svizzera ha un elevato consumo pro capite: si dovrebbe quindi sfruttare meglio il potenziale di energia rinnovabile che abbiamo a disposizione.

Resources

Humanity has consumed more raw materials since the Second World War than during the entire previous period. Mineral resources form the basis for virtually all objects of daily life – from toothpaste to mobile phones, from paper to PCs. Vital raw materials are our water resources. In terms of energy resources, Switzerland has a high per capita consumption: here it is important to selectively exploit the available potential for renewable energies.

Weitere Informationen | Plus d'informations

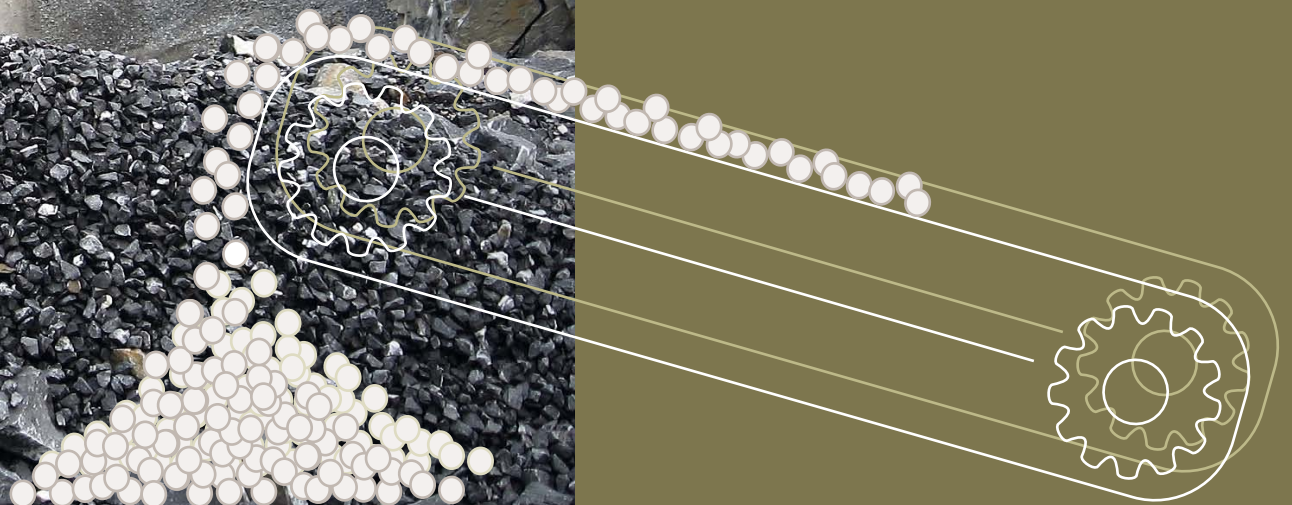
www.geologieportal.ch > Themen > Wasser, Mineralische Rohstoffe, Energie

www.portailgeologique.ch > Thèmes > Eau, Matières premières minérales, Energie



Legende Steinbruch bei Kehrsiten (NW)

Légende Carrière de Kehrsiten (NW)



Abbau von Tongestein

Ton und Tonstein sind in der Schweiz reichlich vorhanden. Sie kommen vor allem in dichtbesiedelten Gebieten des Mittellands und der Nordschweiz vor.

Ton entsteht durch Gesteinsverwitterung und besteht aus feinstkörnigen Tonmineralen. Fliessgewässer transportieren dieses Verwitterungsprodukt in Seen oder ins Meer, wo es abgelagert wird und zum Teil mächtige Gesteinsabfolgen bildet. Ton ist unterschiedlich verfestigt: Man unterscheidet zwischen dem weichen, unverfestigten Ton oder Lehm und den Festgesteinen Tonstein, Tonschiefer und Mergel. Mergel besteht zur Hälfte aus Ton und Kalk.

Durch das im Ton enthaltene Wasser lässt sich dieser leicht formen. Produkte aus gebranntem Ton sind eng mit der Geschichte der Zivilisation verbunden. Als Baustoff ist Ton seit dem 4. Jahrtausend v. Chr. im Vorderen Orient bekannt. In römischer Zeit wurde er vorwiegend für die Ziegelproduktion genutzt. In der Schweiz entstanden in der Nähe lokaler Tonvorkommen oft kleine Handziegeleien, wo Ziegel im Holzfeuer gebrannt wurden. Viele Gemeinden besaßen eine eigene Ziegelei. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurden Tondachziegel und Backsteine zunehmend maschinell hergestellt. Die Zahl der Produktionsstätten der Ziegelindustrie nahm kontinuierlich ab. Heute decken etwa ein Dutzend Hersteller nahezu den gesamten Schweizer Bedarf an Backsteinen und Dachziegeln ab.

Extraction d'argile

La Suisse est riche en argile et roches argileuses. Leurs gisements se trouvent principalement dans des régions peuplées du Plateau et du nord du pays.

Issues de l'altération d'anciennes roches, les roches argileuses se composent de minéraux argileux extrêmement fins. Les cours d'eau transportent continuellement ces produits d'altération dans les lacs et dans les mers, où ils se déposent, constituant parfois de puissantes formations. Les roches argileuses sont plus ou moins consolidées: on distingue les roches meubles que sont argile et limon et les roches cohérentes que sont argilite, schiste argileux et marne. Les marnes se composent d'argile et de calcaire à parts égales.

L'argile peut être modelée grâce à l'eau qu'elle contient. Les produits en argile cuite sont étroitement liés à l'histoire de la civilisation. L'argile était déjà utilisée comme matériau de construction au quatrième millénaire avant notre ère, au Proche-Orient. Chez les Romains, elle servait surtout à faire des tuiles. En Suisse, de nombreux petits ateliers fabriquaient des tuiles en les cuisant au feu de bois à proximité de gisements d'argile locaux. Maintes communes avaient leur propre tuilerie. Depuis le milieu du 19^e siècle, les machines se sont progressivement imposées dans la fabrication des tuiles et des briques. Le nombre de fabriques a diminué progressivement. A l'heure actuelle, une douzaine de fabricants satisfont presque à la demande suisse en tuiles et en briques.

Estrazione dell'argillite

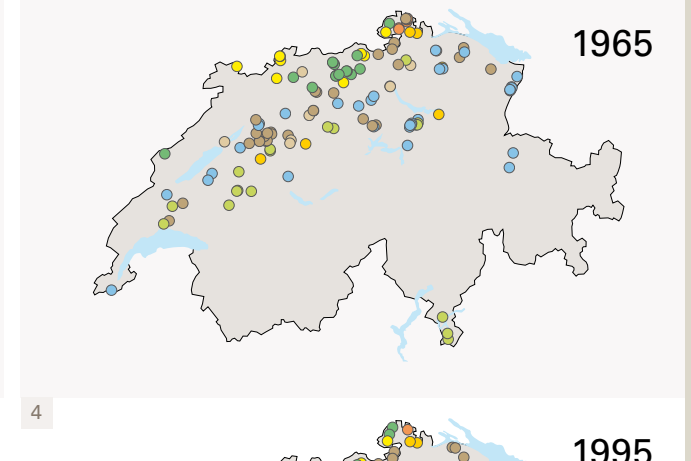
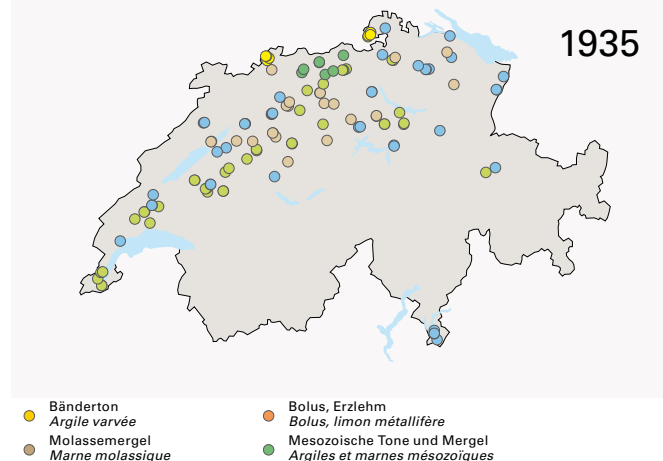
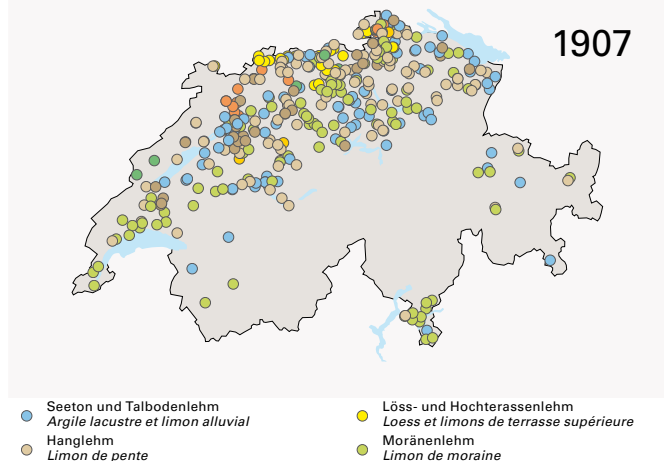
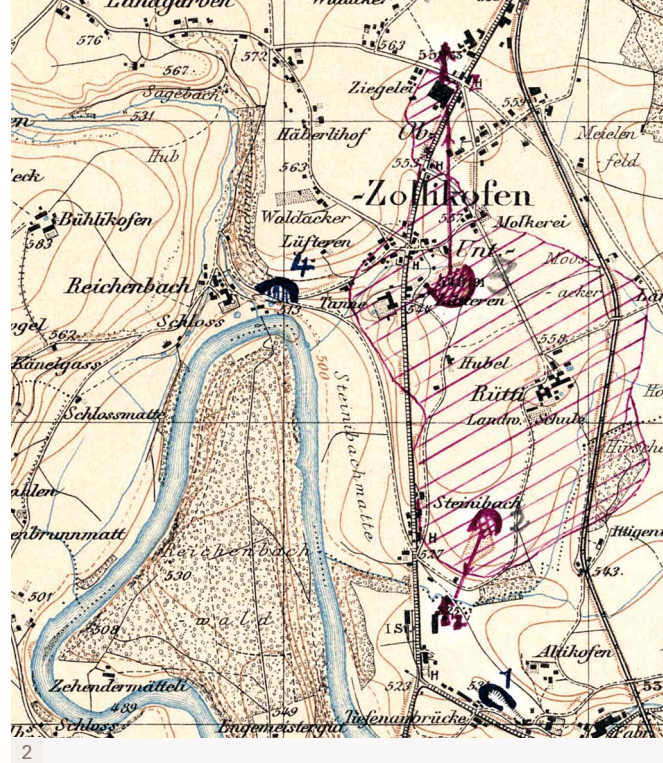
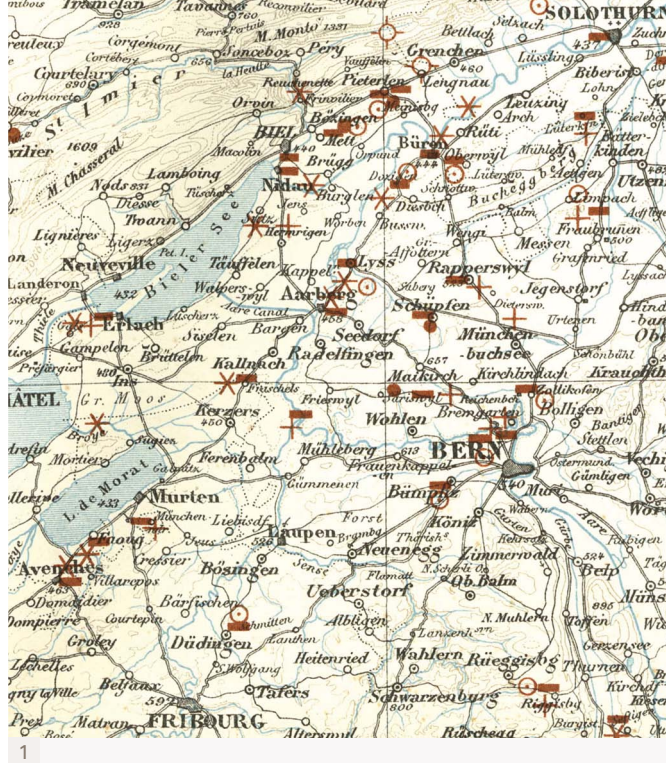
Grandi depositi d'argilla e di rocce argillose sono presenti soprattutto sull'Altipiano e nel nord della Svizzera: si tratta di argille, ardesie e marne; rocce a grana molto fine derivate dell'erosione di altre rocce dovuta ad agenti atmosferici, al trasporto in acqua e, infine, alla deposizione nei laghi o nel mare. In Medio Oriente la terracotta è conosciuta come materiale da costruzione sin dal IV millennio a.C. In Svizzera sorsero spesso piccole fornaci nelle vicinanze dei depositi di argilla. Dalla metà del XIX secolo i laterizi e i mattoni di argilla furono prodotti meccanicamente. Oggi circa una dozzina di produttori ricopre quasi l'intero fabbisogno svizzero di mattoni e tegole.

Quarrying of Clay Rock

Major deposits of clay rocks such as clay, slate or marl are found particularly in the Swiss Plateau and northern Switzerland. They are products of rock weathering and consist of extremely fine-grained clay components (clay minerals). These components are transported by water and deposited in lakes or the sea, where they can form thick layers. Terracotta has been used as a building material in the Near East since the 4th millennium BC. In Switzerland, small hand brickyards often arose in the vicinity of local clay deposits. Clay roof tiles and bricks have been produced mechanically since the mid-19th century. Today, about a dozen manufacturers cover nearly the entire Swiss demand for bricks and tiles.

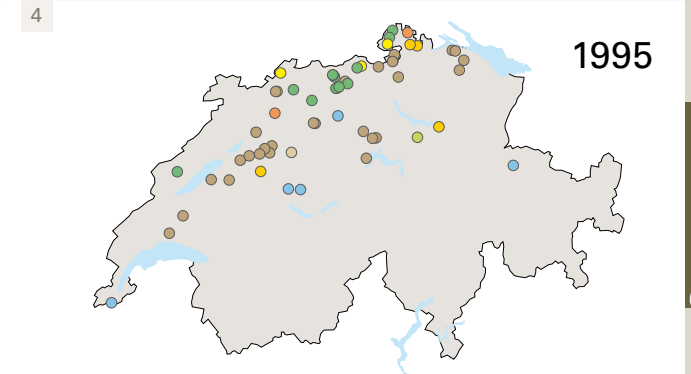
Datenquelle | Source des données

Schweizerische Geotechnische Kommission | Commission géotechnique suisse (www.sgtk.ch)



Legende 1 – 4 Bestandsaufnahmen in Betrieb stehender Tonabbaustellen der Schweiz zu verschiedenen Zeitpunkten mit Ausschnitten aus den entsprechenden Originalkarten.

Légende 1 – 4 Inventaire des sites d'extraction d'argile en activité en Suisse à différentes périodes, avec extraits des cartes originales correspondantes.



Abbau von Festgestein

Festgestein wird in der Schweiz vielseitig verwendet: als Baustein, Bodenbelag oder Küchenabdeckung. Mengenmässig wichtiger ist die Nutzung von Festgesteinen in der Zement- und Ziegelindustrie sowie beim Bau und Unterhalt der Verkehrsinfrastruktur.

Ton-, Mergel- und Kalkstein sind das Ausgangsmaterial für Produkte wie Zement (für Beton), Backsteine oder Ziegel. Verarbeitet zu Schotter oder Splitt, bildet Festgestein zudem das Fundament unserer Mobilität. Jährlich werden für Bau und Unterhalt unserer Verkehrswege 2 Millionen Tonnen Festgestein benötigt; besonders wichtig ist dabei das so genannte Hartgestein.

Mit seinen verschiedenen Zeitebenen stellt der Datensatz «Abbau von Festgestein» die Entwicklung in den letzten 100 Jahren anschaulich dar: Um 1890 erlebte die Natursteinindustrie in der Schweiz eine Blüte. Mit dem Aufkommen von Beton und Kunststein verlor sie jedoch bis heute stetig an Bedeutung. Von 1915 bis 1965 sank die Anzahl aktiver Steinbrüche um zwei Drittel. Der Abbau von Hartgesteinsprodukten wie Schotter oder Splitt für den Strassenbau oder von Mergel- und Kalkstein für die Zementherstellung nahm hingegen stark zu.

Durch die Zersiedelung der Schweiz stösst der Abbau von Festgestein heute an seine Grenzen. Potenzielle Abbaugebiete liegen oft in Siedlungsnähe. Zusätzlich liegen sie oft innerhalb der Perimeter von Natur- und Landschaftsschutzinventaren. Konflikte sind absehbar. Die Konsenssuche zwischen Schutz von Natur- und Kulturstandorten und dem notwendigen Abbau für Infrastrukturen ist eine Herausforderung der nahen Zukunft.

Extraction de roche cohérente

En Suisse, les roches cohérentes ont toutes sortes d'usages: matériaux de construction, revêtements de sol ou plans de travail. Elles alimentent surtout l'industrie du ciment et de la brique ainsi que la construction et l'entretien des infrastructures de transport. Les roches argileuses, les marnes et les calcaires sont à la base de produits comme le ciment (pour le béton), les briques et les tuiles. Notre mobilité est aussi fondée sur des roches cohérentes, sous la forme de ballast ou de gravillon. Deux millions de tonnes sont consommées chaque année pour construire et entretenir les voies de communication. Les roches dites dures jouent un rôle particulièrement important dans ce secteur. Avec ses différentes périodes, le jeu de données «Extraction de roches cohérentes» illustre l'évolution des cent dernières années. L'industrie de la pierre naturelle était à son apogée vers 1890. Mais elle a perdu de son importance avec l'apparition du béton et de la pierre artificielle. Le nombre de carrières exploitées a diminué de deux tiers entre 1915 et 1965. En revanche, l'extraction de roches dures pour obtenir du ballast ou du gravillon a fortement augmenté, comme celle de marne et calcaire pour la production de ciment. L'extraction de roches cohérentes atteint désormais ses limites à cause du mitage du territoire. Les secteurs potentiellement exploitables sont souvent voisins de localités ou servent de lieux de détente. De plus, ils se trouvent souvent dans des périmètres inscrits aux inventaires de la protection de la nature et du paysage. Des conflits sont programmés. La recherche d'un équilibre entre la protection des sites et l'extraction de matériaux destinés aux infrastructures est un défi pour le proche avenir.

Estrazione di materiale lapideo

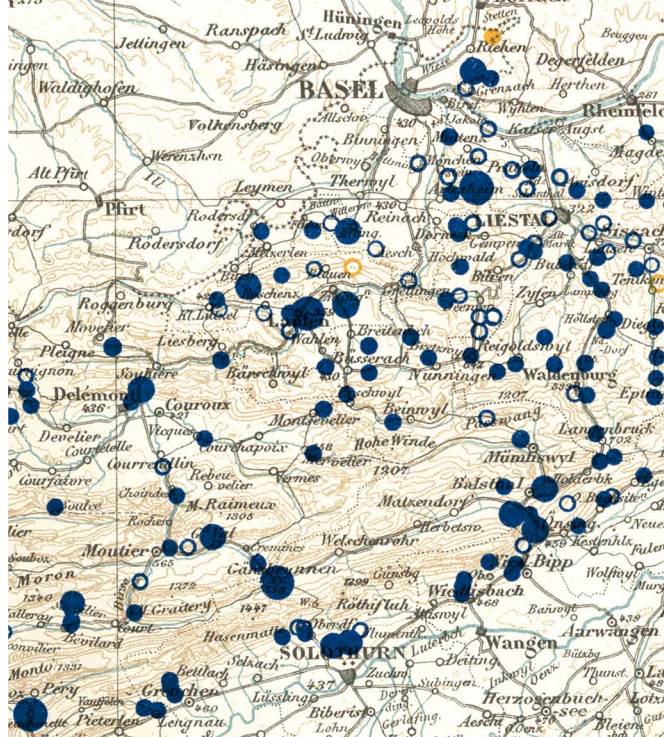
Le rocce sono usate in maniera versatile come blocchi da costruzione, pavimenti o piani di lavoro. Da un punto di vista quantitativo, esse sono importanti soprattutto per l'industria del cemento e dei laterizi e per le infrastrutture dei trasporti. Le argille, le marne e i calcari costituiscono la base di prodotti quali il cemento, i mattoni o le piastrelle. Il pietrisco è indispensabile per la costruzione di strade e ferrovie. Il numero di cave di pietre ornamentali ancora attive è in costante declino, mentre è in aumento l'estrazione di rocce usate come materia prima per l'industria dei leganti: a causa della densità degli insediamenti e della tutela della natura e del paesaggio l'estrazione di materiali lapidei sta giungendo al limite.

Quarrying of Hard Rock

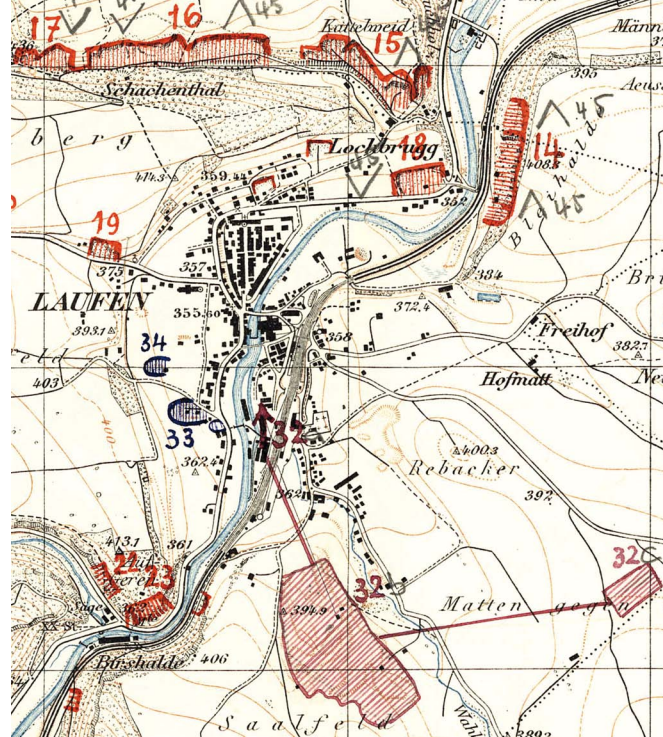
Hard rocks are used as building stone, flooring or for kitchen worktops. Quantitatively, they are more important for the cement and tile-and-brick industry as well as for transport infrastructure. Clay rock, marl and limestone form the basis for products such as cement, bricks or tiles. Hard rocks are irreplaceable as gravel or crushed stone in the construction of roads and railway lines. The number of active quarries has been declining steadily. However, quarrying of hard rock as well as raw materials for the binder industry has increased. Today quarrying is reaching its limits because of the dense population and the conservation of nature.

Datenquelle | Source des données

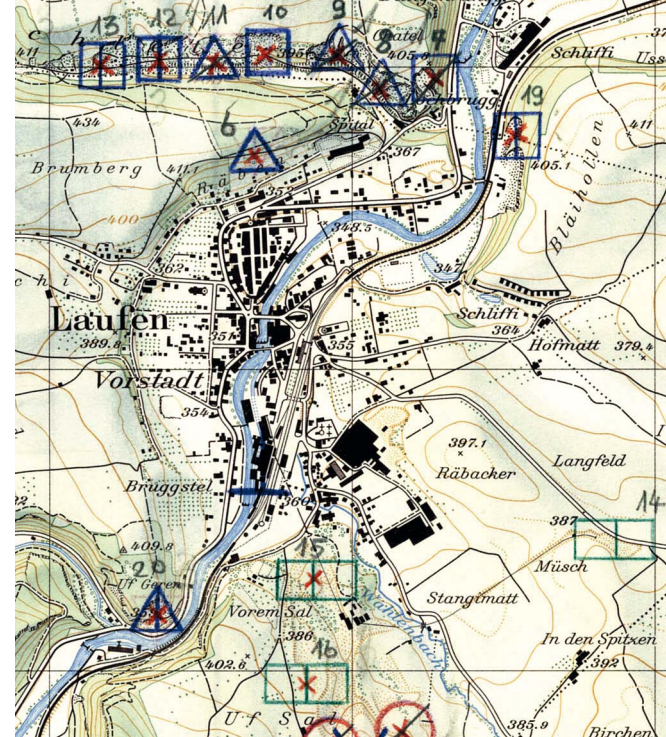
Schweizerische Geotechnische Kommission | Commission géotechnique suisse (www.sgtk.ch)



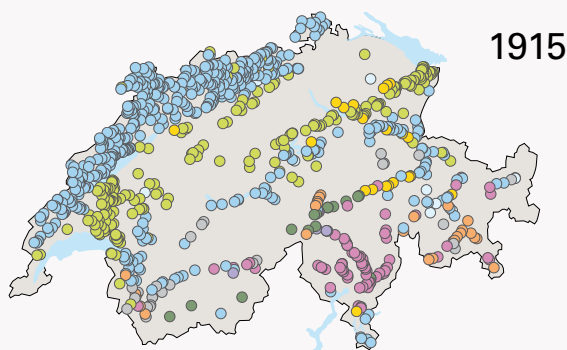
1



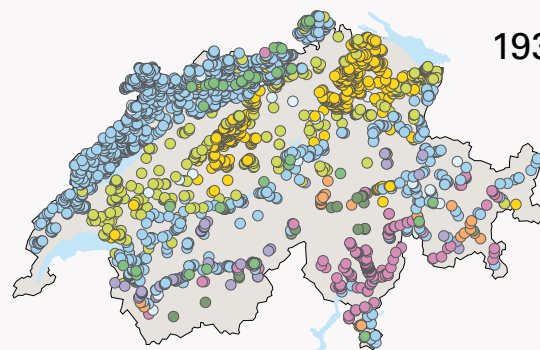
2



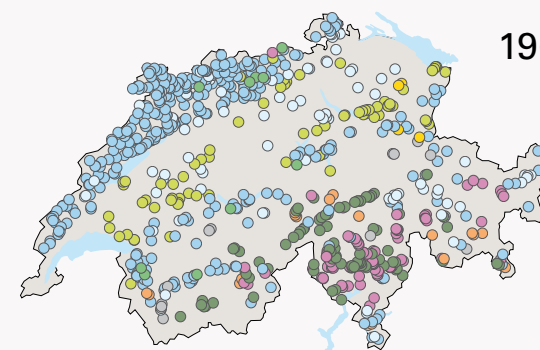
3



1915



1935

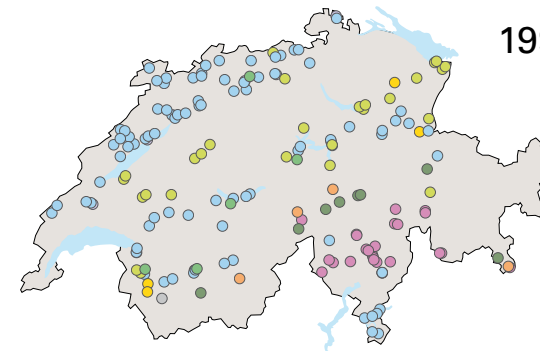


1965

- Sandstein
- Grès
- Brekzie, Konglomerat
- Brèche, conglomérat
- Dachschiefer
- Ardoise
- Kalkstein
- Calcaire
- Kalktuff
- Tuf calcaire
- Gips
- Gypse

- Granit, Diorit
- Granite, diorite
- Gneiss
- Schiefer
- Schiste
- Serpentin, Talkschiefer
- Serpentine, schiste talqueux

4



1995

Legende 1 – 4 Bestandsaufnahmen in Betrieb stehender Steinbrüche der Schweiz zu verschiedenen Zeitpunkten mit Ausschnitten aus den entsprechenden Originalkarten.

Légende 1 – 4 Inventaire des carrières en activité en Suisse à différentes périodes, avec extraits des cartes originales correspondantes.

Abbau von Lockergestein

Lockergesteine treten in der Schweiz hauptsächlich in den grossen Tälern auf. Sie bestehen aus grobkörnigem Schotter (Kies, Sand), aus feinkörnigeren Seeablagerungen (Feinsand, Silt) oder aus gemischtem, fein- bis grobkörnigem Moränenmaterial. Aufgrund ihres grossen, teils mit Wasser gefüllten Porenvolumens enthält vor allem Kiessand die wichtigsten Grundwasservorkommen der Schweiz. Er ist für unser Trinkwasser unersetzlich und darf daher nur dort abgebaut werden, wo das Grundwasser nicht beeinträchtigt wird. Lockergesteine bilden den Untergrund der fruchtbaren Landwirtschaftsgebiete, aber auch eines Grossteils der Flächen, die während der letzten Jahrzehnte massiv überbaut wurden. Nutzungskonflikte sind vorhersehbar. In grossem Stil werden Lockergesteine in der Bauindustrie verwendet – zum Beispiel für Beton oder für Kiesschüttungen. Früher wurden sie oft nahe ihres Verwendungsortes in kleinen und kleinsten Mengen abgebaut. Heute existieren weniger, dafür umso grössere Gruben für den Abbau. Die Verkehrsinfrastruktur der Schweiz erlaubt einen raschen Transport zum Nutzungsort. Die meisten Gruben werden nach ihrer Nutzung mit unterschiedlichen Materialien aufgefüllt. In der Vergangenheit gelangten so oft auch umweltschädliche Stoffe in den Untergrund. Diese stellen heute eine potenzielle Gefahr für das Grundwasser und so auch für die Menschen dar. Die Sanierung dieser Altlasten wird uns in den nächsten Jahrzehnten intensiv beschäftigen.

Extraction de roche meuble

Sur le territoire helvétique, les roches meubles se trouvent surtout le long des grandes vallées. Elles sont composées de dépôts grossiers (graviers, sables), de sédiments lacustres fins (sables fins, limons) ou de matériaux morainiques fins à grossiers. Renfermant un grand volume interstitiel, parfois rempli d'eau, les sables et les graviers constituent les principaux réservoirs aquifères de Suisse. Ils sont irremplaçables pour nous alimenter en eau potable, c'est pourquoi ils ne peuvent être exploités que là où les eaux souterraines ne risquent pas d'être altérées. Les roches meubles forment tout à la fois le sous-sol des régions agricoles les plus fertiles et de celles qui ont connu un boom de la construction au cours des dernières décennies. Des conflits pour l'utilisation du sol sont programmés. Des roches meubles sont exploitées à grande échelle par l'industrie de la construction – par exemple pour confectionner du béton ou des remblais. Autrefois, elles étaient souvent extraites en petites quantités à proximité immédiate de l'endroit où elles étaient utilisées. Actuellement, les exploitations sont moins nombreuses, mais d'autant plus grandes. Les voies de communication permettent d'acheminer rapidement les matériaux vers leur destination. La plupart des excavations désaffectées sont comblées par différents matériaux. C'est ainsi que des substances nuisibles à l'environnement ont souvent abouti dans le sous-sol. Elles constituent aujourd'hui un danger pour les eaux souterraines, et par conséquent pour les personnes. L'assainissement de ces «sites contaminés» nous occupera intensément au cours des prochaines décennies.

Estrazione dei depositi sciolti

I depositi sciolti si trovano soprattutto lungo le valli di grandi dimensioni. Essi comprendono materiali quali ghiaia, sabbia, limo e morena. Grazie alla loro grande porosità, le sabbie ghiaiose ospitano le falde freatiche più importanti della Svizzera. I depositi sciolti si trovano sotto alle zone agricole più fertili e alle aree più densamente edificate e sono utilizzati su vasta scala nell'edilizia. In passato, essi erano spesso estratti in un gran numero di siti ma in quantità molto modeste, mentre oggi ci sono meno cave ma di dimensioni più grandi. Al termine del loro utilizzo, la maggior parte dei siti di estrazione sono riempiti con materiali diversi e, in passato, anche con sostanze inquinanti; un pericolo per le acque sotterranee e gli essere umani.

Quarrying of Unconsolidated Rock

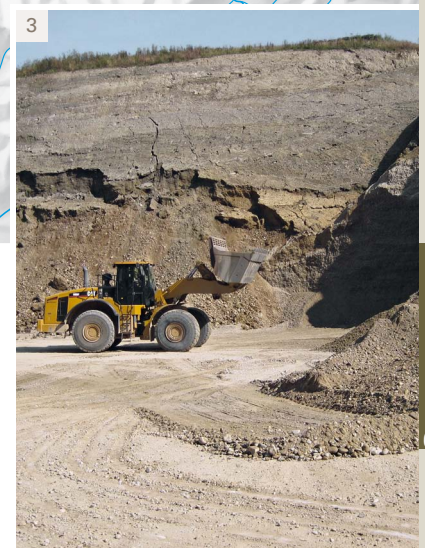
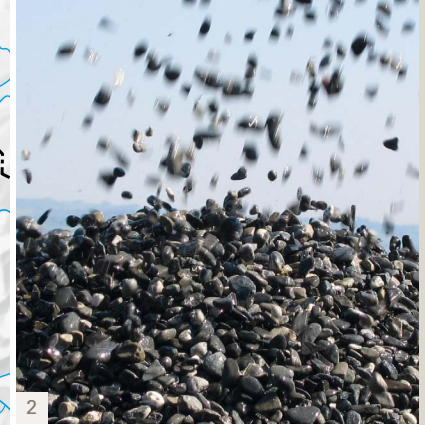
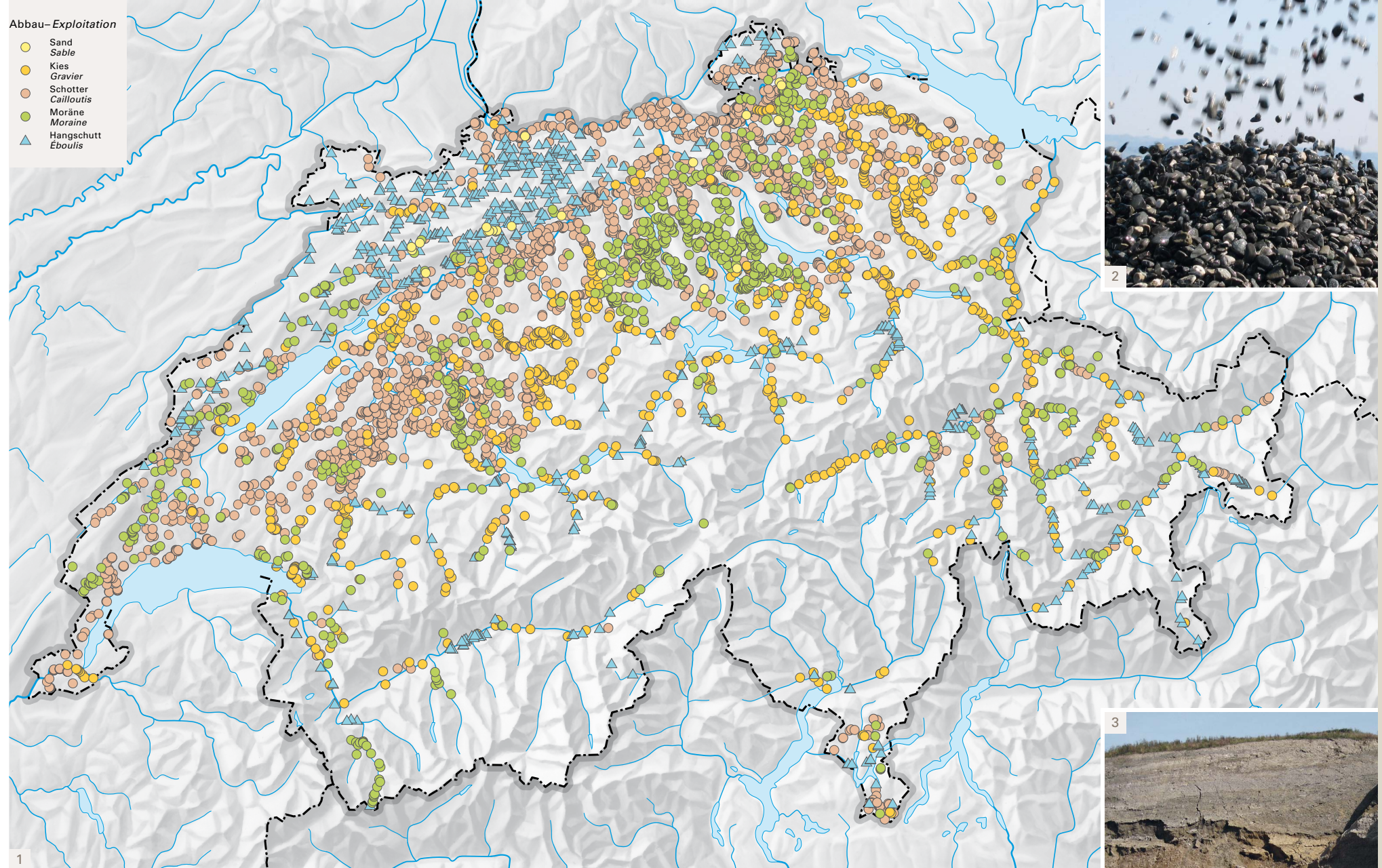
Unconsolidated rocks occur primarily in large valleys. They include gravel, sand, silt and moraine material. As a result of their large pore space, gravelly sand constitutes the most important groundwater resource of Switzerland. Loose rocks form the substratum of the most fertile agricultural areas as well as the massive construction developments. They are used on a large scale in the construction industry. Previously they were often mined directly on site or locally in small quantities. Nowadays there are fewer but, in exchange, larger pits. After exploitation, most are filled in with various materials. In the past, environmentally harmful substance also ended up at such sites – a threat to groundwater and humans.

Datenquelle | Source des données

Schweizerische Geotechnische Kommission | Commission géotechnique suisse (www.sgtk.ch)

Abbau-Exploitation

- Sand
Sable
- Kies
Gravier
- Schotter
Cailloutis
- Moräne
Moraine
- ▲ Hangschutt
Éboulis



Legende 1 Abbaustellen von Lockergestein in der Schweiz um 1935, gegliedert nach Lockergesteinstyp. 2 Kies ist der Hauptbestandteil von Beton und damit eine unentbehrliche Grundlage unserer Bautätigkeit. 3 Grossflächiger Abbau von Kiessand in Zell (LU).

Légende 1 Sites d'extraction de roche meuble en Suisse en 1935, classés selon le type de matériaux. 2 Principal constituant du béton, le gravier est indispensable à la construction. 3 Vaste exploitation de sable et gravier à Zell (LU).

Erze und Industrieminerale

Erze sind mineralische Rohstoffe, aus denen Metalle gewonnen werden. Über 1000 Erzvorkommen sind in der Schweiz bekannt; sie haben zurzeit allerdings keine wirtschaftliche Bedeutung – im Gegensatz zu den Industriemineralen wie beispielsweise Salz oder Gips. Schlackenfunde und Bronzeobjekte bezeugen, dass bereits in der Bronzezeit Bergbau mit Verhüttung betrieben wurde. Aus dem 14. und 15. Jahrhundert sind Abbaustellen in Graubünden und im Wallis dokumentiert. Im 16. und 17. sowie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts erlebte die Entwicklung des Bergbaus vielerorts einen Höhepunkt. Während der Weltkriege wurde der Erzabbau nochmals vorangetrieben, danach wurde er zunehmend unwirtschaftlich. Die letzten beiden Eisenerzbergwerke (Gonzen und Herznach) schlossen in den 1960er Jahren. Weil die Schweiz einen hohen Bedarf an Metallen hat, spielt das Recycling eine zentrale Rolle: In Zukunft werden Sekundärrohstoffe aus Alltagsgegenständen, wie zum Beispiel Metalle der Seltenen Erden in Mobiltelefonen, ebenso wichtig sein wie Primärrohstoffe aus dem Bergbau. Industriemineralien sind Minerale oder Gesteine, die für technische Prozesse und Anwendungen von Bedeutung sind. Im Gegensatz zu Erzen lassen sie sich direkt oder nach einer geringen Aufbereitung nutzen. Die wichtigen Industriemineralien sind Steinsalz, Gips oder Spezialtone. Sie werden heute in der Schweiz industriell abgebaut und verwendet.

Minerais et minéraux industriels

Les minerais sont des matières premières minérales dont on peut tirer des métaux. Bien que nous en connaissions plus de mille gisements en Suisse, ils ne présentent aucun intérêt économique à l'heure actuelle – contrairement aux minéraux industriels comme le sel et le gypse. Des amas de scories et des objets en bronze nous apprennent qu'on traitait déjà des matériaux tirés de mines à l'âge du bronze. Des documents historiques attestent que des sites étaient exploités au 14^e et au 15^e siècle dans les Grisons et en Valais. L'exploitation minière a connu un pic au 16^e et au 17^e siècle ainsi que pendant la première moitié du 19^e siècle. Elle a vécu un nouvel essor durant les guerres mondiales, avant de devenir de moins en moins rentable. Les deux dernières mines de fer de Suisse (Gonzen et Herznach) ont fermé leurs portes dans les années 1960. La Suisse consomme beaucoup de métal, c'est pourquoi le recyclage y est crucial: à l'avenir, les matières premières secondaires récupérées dans les objets quotidiens, comme les métaux du groupe des terres rares dans les téléphones portables, auront autant d'importance que les matières premières primaires extraites du sous-sol. Les minéraux industriels sont des minéraux ou des roches impliqués dans certains processus techniques. Contrairement aux minerais, ils peuvent être utilisés sans traitement préalable ou presque. Le sel gemme, le gypse et les argiles spéciales sont actuellement extraits et utilisés à l'échelle industrielle en Suisse.

Giacimenti minerari e minerali industriali

Le rocce sono materie prime da cui si possono estrarre diversi metalli. In Svizzera sono noti oltre 1000 giacimenti e vari reperti archeologici testimoniano l'esistenza dell'industria mineraria capace di fondere il metallo sin dall'Età del Bronzo. Nel corso dei secoli l'estrazione di minerali diventò sempre meno redditizia e negli anni 1960, le ultime due miniere di ferro cessarono la loro attività. I minerali industriali sono minerali o rocce utilizzati per processi tecnologici che possono essere sfruttati direttamente o con uno sforzo tecnico minimo. In Svizzera si estraggono ancora minerali industriali importanti come il salgemma, il gesso o le argille speciali, utilizzati in seguito da grandi industrie.

Ores and Industrial Minerals

Ores are mineral raw materials from which metals can be extracted. Over 1000 ore deposits are known in Switzerland. Slag discoveries and bronze objects testify that mining and smelting were conducted in this country already in the Bronze Age. Ore mining has become increasingly uneconomic over the centuries, with the result that the last two iron ore mines closed in the 1960s. Industrial minerals are minerals or rocks that are essential for technical processes and applications. Unlike ores, they can be used directly or with little additional processing. Important industrial minerals such as halite, gypsum or special clays are nowadays mined and used on an industrial scale in Switzerland.

Datenquelle | Source des données

Schweizerische Geotechnische Kommission | Commission géotechnique suisse (www.sgtk.ch)

Energierohstoffe

Zu den Energierohstoffen gehören das Uran, das zum Betrieb von Kernkraftwerken verwendet wird, sowie die Palette der fossilen organischen Verbindungen – Torf, Kohle, Erdöl und Erdgas –, die als Brennstoffe dienen. In der Schweiz kommen diese Energierohstoffe zwar vor, sind jedoch zurzeit kaum wirtschaftlich nutzbar, da sie meist in zu geringer Menge auftreten, ihre Lagerstätten schwer zugänglich sind und der Import preiswerter ist.

Früher war das anders: Im Mittelalter, im 18. und 19. Jahrhundert und vor allem während der beiden Weltkriege wurde hierzulande Kohle gefördert. Auch in neuerer Zeit gab es Projekte zur Förderung von Energierohstoffen: 1980 wurde im Entlebuch das bis heute einzige kommerziell ausgebeutete Erdgasvorkommen der Schweiz angebohrt. Aktuell wird in der Schweiz wieder vermehrt nach Gas, insbesondere Schiefergas, exploriert. Eine Bohrung im östlichen Teil des Genfersees hat 2011 zum Fund eines grossen Gasvorkommens geführt. Eine wirtschaftliche Nutzung ist vermutlich zu kostspielig; das Bohrprojekt lässt sich aber eventuell für die Erforschung der CO₂-Sequestrierung nutzen. Im Mittelland sind mehrere Explorationsbohrungen nach Schiefergas geplant.

Kleinere Asphaltvorkommen wurden im Jura, im Molassebecken und in den Alpen gefunden. Bekannt sind zudem einige mit Öl imprägnierte Molassesandsteine in der Umgebung von Aarau, Murgenthal, Yverdon – Orbe und im Kanton Genf.

Matières premières énergétiques

L'uranium, qui génère des réactions de fission nucléaire en raison de sa radioactivité naturelle, est une matière première énergétique, tout comme les produits organiques tirés du sous-sol comme la tourbe, le charbon, le pétrole et le gaz naturel, qui peuvent servir de combustibles. On en trouve en Suisse, mais ils ne sont guère rentables à l'heure actuelle: la quantité de matière première est généralement faible, les gisements sont difficilement accessibles et la concurrence étrangère est vive.

Il en allait différemment autrefois: on a extrait du charbon en Suisse au cours du Moyen Âge, du 18^e et du 19^e siècle et surtout durant les deux guerres mondiales. Des projets récents visaient également à extraire des matières premières énergétiques: un forage pratiqué en 1980 dans l'Entlebuch a permis d'atteindre le seul gisement de gaz naturel exploité commercialement jusqu'ici.

Actuellement, l'exploration du gaz, notamment le gaz de schiste, est intensive en Suisse. Un forage dans la partie orientale du lac Léman a révélé un grand gisement de gaz naturel en 2011. Son exploitation est vraisemblablement trop coûteuse, mais il pourrait être repris pour étudier le stockage de CO₂. Sur le Plateau suisse, plusieurs forages d'exploration pour la recherche de gaz de schiste sont prévus.

On a trouvé un peu d'asphalte dans le Jura, le bassin molassique et les Alpes, alors que la molasse gréseuse est parfois imprégnée de pétrole dans les régions d'Aarau, Murgenthal, Yverdon – Orbe et Genève.

Risorse energetiche

Sono considerate risorse energetiche i minerali come l'uranio, che, naturalmente radioattivi, possono essere utilizzati per le reazioni di fissione nucleare. Inoltre vi sono risorse del sottosuolo, come la torba, il carbone, il petrolio e il gas naturale, che servono come combustibili grazie al loro contenuto in carbonio. La Svizzera possiede queste risorse energetiche che non sono però utilizzabili in maniera sostenibile. Il carbone fu estratto nel Medioevo, XVIII e XIX sec. e durante le Guerre. Nel 1980 nell'Entlebuch è stata realizzata l'unica perforazione per lo sfruttamento commerciale di gas naturale in Svizzera, mentre attualmente si sta intensificando l'esplorazione per il gas di scisto.

Energy Resources

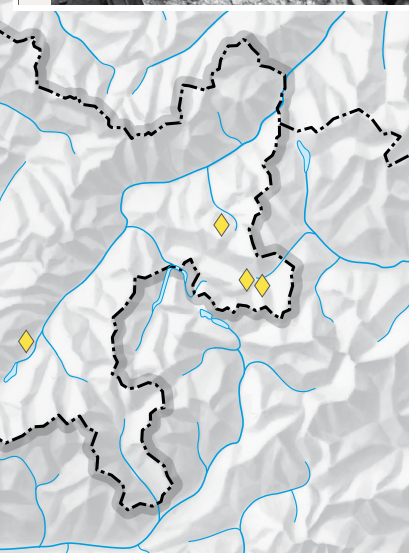
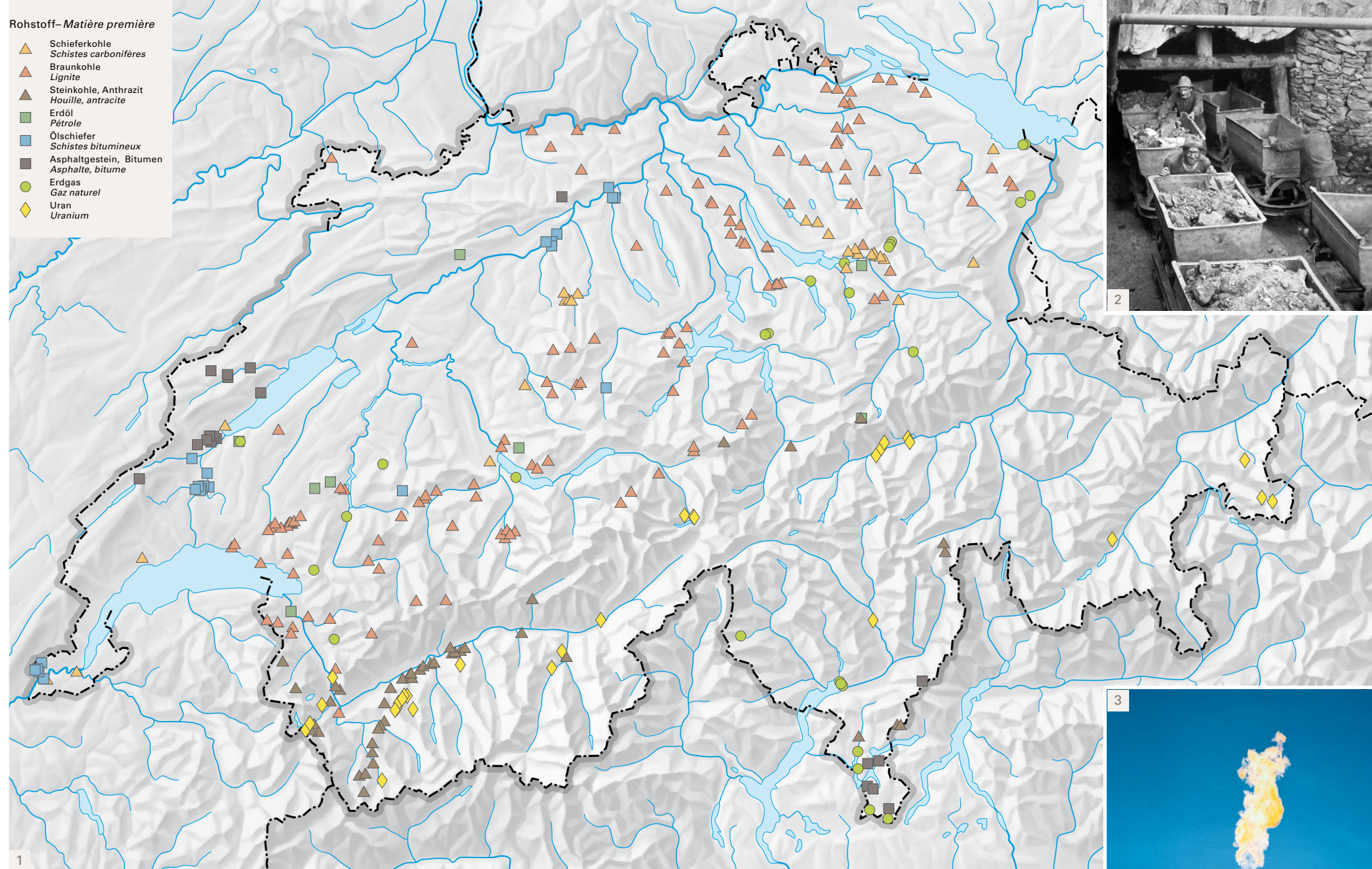
Minerals such as uranium, which can be utilized for nuclear fission on the basis of its natural radioactivity, are considered as energy resources. In addition, there are underground resources such as peat, coal, petroleum and natural gas that can serve as fuels because of their carbon content. These energy resources exist in Switzerland, but currently they are not economically usable. Coal was produced in this country in the Middle Ages, in the 18th and 19th centuries and during the war years. In 1980, the only commercially exploited gas deposit to date in Switzerland was drilled in Entlebuch. Currently, drilling for shale gas in the Swiss Plateau is being planned.

Datenquelle | Source des données

Schweizerische Geotechnische Kommission | Commission géotechnique suisse (www.sgtk.ch)

Rohstoff- Matière première

- ▲ Schieferkohle
Schistes carbonifères
- ▲ Braunkohle
Lignite
- ▲ Steinkohle, Anthrazit
Houille, antracite
- Erdöl
Pétrole
- Ölschiefer
Schistes bitumineux
- Asphaltgestein, Bitumen
Asphalte, bitume
- Erdgas
Gaz naturel
- ◆ Uran
Uranium



Legende 1 Energierohstoffvorkommen in der Schweiz. 2 Abbau von Schieferkohle, 1918: Umladestation in der Grube Engelpächtigen, Gondiswil (BE). 3 Gasfackel in Finsterwald (Entlebuch, LU).

Légende 1 Répartition des gisements de matières premières énergétiques en Suisse. 2 Exploitation de charbon, 1918: station de déchargement à la mine d'Engelpächtigen, près de Gondiswil (BE). 3 Torchère à Finsterwald (Entlebuch, LU).

Hydrologie und Einzugsgebiete

Wasser prägt den Charakter von Landschaften und natürlichen Ökosystemen. Es ist Lebensgrundlage für die Bevölkerung und von Bedeutung für zahlreiche Wirtschaftszweige in der Schweiz. Hydrologische Daten ermöglichen die Beobachtung des Wasserhaushalts.

Der Bund beobachtet den Wasserhaushalt der Schweiz über verschiedene Messnetze. MeteoSchweiz misst die Niederschläge. Das Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) misst die Schneemengen. Verschiedene Hochschulen messen die Gletscher. Mit Langzeitmessungen an fest installierten Stationen erhebt das Bundesamt für Umwelt (BAFU) die Wasserführung und die Wasserqualität der wichtigsten Flüsse und Seen. All diese Daten dienen dem Monitoring des Wassers. Sie werden für den Gewässerschutz, die Wassernutzung und den Hochwasserschutz eingesetzt.

Die langjährigen hydrologischen Datenreihen stehen als Grundlagen für die Weiterverwertung zur Verfügung. Der Bund verwendet sie aber auch für eigene Auswertungen, Karten und Publikationen (hydrologische Vorhersagen, Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz, Hydrologischer Atlas der Schweiz HADES u. a.). Immer häufiger werden sie auch elektronisch genutzt und über Internetportale bereitgestellt. Die Daten der Wasserführung und Wasserqualität der Schweizer Gewässer fließen ausserdem auch in die nationale und die internationale Umweltberichterstattung ein. Da die Schweiz als Wasserschloss Europas gilt, interessiert der Schweizer Wasserhaushalt auch benachbarte Länder.

Hydrologie et bassins versants

L'eau façonne le paysage et les écosystèmes naturels. Vitale pour la population, elle est importante pour de nombreux secteurs économiques de Suisse. Des données hydrologiques permettent d'observer le régime des eaux. La Confédération observe le régime des eaux en Suisse en exploitant plusieurs réseaux de mesure: MétéoSuisse mesure les précipitations. L'Institut pour l'étude de la neige et des avalanches (SLF) mesure les quantités de neige. Plusieurs hautes écoles mesurent les glaciers. L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) enregistre le débit et la qualité des principaux cours d'eau et lacs suisses sur le long terme dans des stations fixes. Toutes ces données permettent d'observer les eaux. Elles sont utilisées pour assurer la protection des eaux, leur exploitation et la protection contre les crues.

Les anciennes séries de données hydrologiques peuvent encore être exploitées. L'OFEV les utilise également pour ses propres analyses, cartes et publications (prévisions hydrologiques, Annuaire hydrologique de la Suisse, Atlas hydrologique de la Suisse HADES, etc.). Elles sont de plus en plus traitées par voie informatique et mises à disposition sur Internet. Les données concernant le débit et la qualité des eaux suisses sont intégrées dans les rapports nationaux et internationaux sur l'environnement. La Suisse étant considérée comme le château d'eau de l'Europe, les pays voisins sont aussi intéressés par le régime de ses eaux.

Idrologia e spartiacque

La Confederazione controlla il bilancio idrico della Svizzera mediante varie reti di monitoraggio: MeteoSvizzera misura le piogge, l'Istituto per la neve e le valanghe (SLF) misura le quantità di neve, infine, diverse università misurano l'estensione dei ghiacciai. Con misurazioni sul lungo termine presso le stazioni fisse, l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) raccoglie dati sull'approvvigionamento idrico e sulla qualità dell'acqua dei principali fiumi e laghi svizzeri. Questi dati sono utilizzati per la protezione e lo sfruttamento delle acque e per la prevenzione contro le inondazioni. Dato che la Svizzera è considerata il «Castello d'acqua» d'Europa, le risorse idriche svizzere interessano anche i paesi limitrofi.

Hydrology and Watersheds

The federal government studies the hydrologic balance of Switzerland through various monitoring networks. MeteoSwiss measures the precipitation. The Institute for Snow and Avalanche Research (SLF) measures the snow quantities. Several universities measure the glaciers. The Federal Office for the Environment (FOEN) ascertains the water supply and water quality of the most important Swiss rivers and lakes with longterm measurements at fixed stations. These data are used for water body protection, water use and flood control. Because Switzerland is considered the «water tower» of Europe, the Swiss water balance also interests neighboring countries.

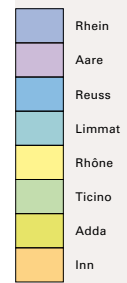
Weitere Informationen | Plus d'informations

Schweizerische Hydrologische Kommission | Commission d'hydrologie
(chy.scnatweb.ch)

Datenquelle | Source des données

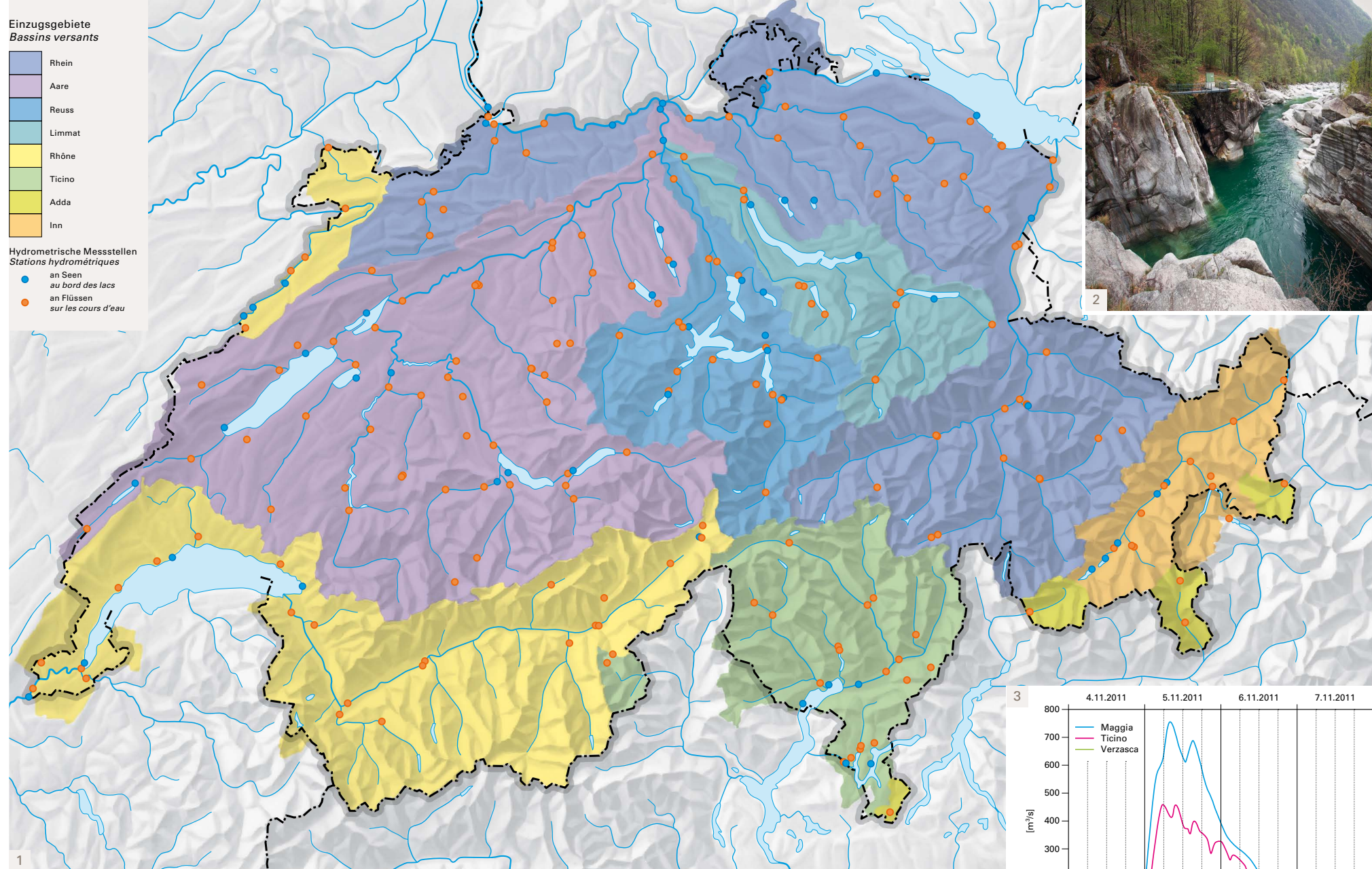
Bundesamt für Umwelt, Hydrologische Grundlagen und Daten | Office fédéral de l'environnement, Données et bases hydrologiques
(www.bafu.admin.ch/hydrologie)

Einzugsgebiete Bassins versants



Hydrometrische Messstellen
Stations hydrométriques

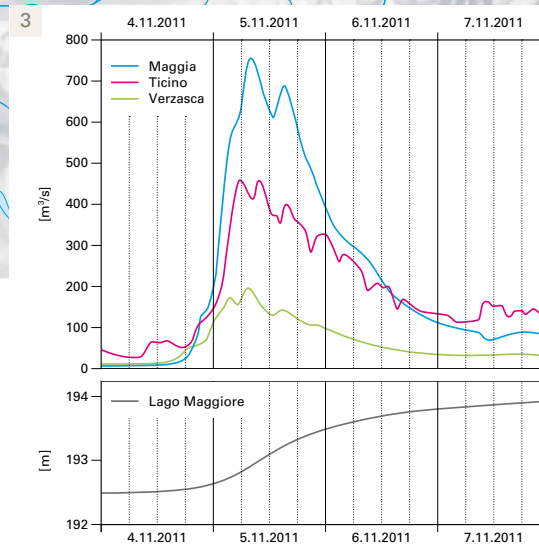
- an Seen
au bord des lacs
- an Flüssen
sur les cours d'eau



Legende 1 Die Einzugsgebiete der grösseren Flüsse in der Schweiz. 2 Hydrometrische Messstation an der Verzasca, Campiò bei Lavertezzo (TI). 3 Abfluss- und Wasserstandskurven des Lago Maggiore und seiner Zuflüsse nach starken Regenfällen im November 2011.

Légende 1 Grands bassins versants de la Suisse. 2 Station hydrométrique sur la Verzasca, à Campiò, près de Lavertezzo (TI).

3 Courbes du niveau du lac Majeur et du débit de ses affluents en novembre 2011, après de fortes précipitations.



Hydrogeologische Karten der Schweiz 1:500 000

Mit einem Anteil von über 80 % leistet das Grundwasser den mit Abstand wichtigsten Beitrag zur öffentlichen Trinkwasserversorgung in der Schweiz. Grundwasserkarten und Informationssysteme zeigen die Verbreitung und hydrogeologischen Eigenschaften von Grundwasserleitern auf und liefern damit wichtige Grundlagen zur Bewirtschaftung dieser Ressource.

Die Hydrogeologischen Karten der Schweiz 1:500 000 zeigen die verschiedenen Grundwasserleitertypen. Bedeutende Lockergesteins-Grundwasserleiter sind vor allem entlang der grossen Flusstäler ausgebildet. Aus Kluft-Grundwasserleitern besteht der vorwiegende Teil des Untergrunds im Mittelland und in den Alpen, teilweise unter geringer Bedeckung. Karst-Grundwasserleiter sind im Jura und in den Alpen verbreitet.

Auf nationaler Ebene basieren räumliche Informationen zum Grundwasser auf Kartenblättern des Hydrologischen Atlas der Schweiz (HADES) des Bundesamts für Umwelt (BAFU). Die Tafel 8.5 «Beobachtung von Grundwasserstand und Quellschüttung» liefert eine Übersicht von Messstellen zur Erfassung der Grundwasserquantität.

Die hydrogeologischen Verhältnisse werden landesweit durch den Datensatz «Grundwasservorkommen» dargestellt (Taf. 8.6). Er bildet flächenhaft die Ergiebigkeit von Grundwasserleitern im Locker- und Festgestein ab. Darauf aufbauend zeigt der Datensatz «Vulnerabilität der Grundwasservorkommen» (Taf. 8.7), wo Schadstoffe das Grundwasser gefährden könnten. Die beiden Datensätze im Massstab 1:500 000 sind Teil der Kartenserie GeoKarten 500 von swisstopo. Sie sind als Printprodukt, Pixelkarte und Vektordatensatz verfügbar.

Cartes hydrogéologiques de la Suisse 1:500 000

Avec une part supérieure à 80 %, les eaux souterraines sont de loin la principale source d'eau potable publique en Suisse. Des cartes et des systèmes d'information indiquent l'extension et les caractéristiques hydrogéologiques des aquifères, fournissant ainsi des bases importantes pour la gestion de cette ressource.

Les Cartes hydrogéologiques de la Suisse 1:500 000 se basent sur les différents types d'aquifères présents dans le pays. Les aquifères en roche meuble sont surtout développés le long des grandes vallées fluviales. La majeure partie des aquifères en roche fissurée se trouve sur le Plateau et dans les Alpes, parfois sous une couche de couverture de faible épaisseur. Les aquifères karstiques apparaissent dans le Jura et les Alpes.

A l'échelle nationale, les informations spatiales concernant les eaux souterraines sont disponibles sur les cartes de l'Atlas hydrologique de la Suisse (HADES), publié par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). La planche 8.5 «Observation du niveau des eaux souterraines et du débit des sources» donne une vue d'ensemble des stations de mesure destinées à l'acquisition de données quantitatives sur les eaux souterraines.

Les conditions hydrogéologiques régnant en Suisse sont décrites par le jeu de données «Réservoirs aquifères» (pl. 8.6). Il indique la productivité des aquifères en roche meuble et en roche cohérente. Le jeu de données «Vulnérabilité des réservoirs aquifères» (pl. 8.7) qui en découle signale où les eaux souterraines sont susceptibles d'être polluées. Ces deux documents à l'échelle 1:500 000 font partie des GéoCartes 500 de swisstopo. Ils sont disponibles sur papier ou sous la forme de cartes pixel ou de jeux de données vectorielles.

Carte idrogeologica della Svizzera 1:500 000

Oltre l'80 % dell'acqua potabile prelevata in Svizzera proviene dalle acque sotterranee. Le carte idrogeologiche della Svizzera 1:500 000 ne mostrano alcuni aspetti: gli acquiferi in rocce sciolte sono situati principalmente lungo le valli dei fiumi principali; gli acquiferi fessurati caratterizzano il sottosuolo dell'Altipiano e delle Alpi; gli acquiferi carsici sono diffusi nel Giura e nelle Alpi. L'Atlante idrologico della Svizzera (HADES), dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), raccoglie molti dati importanti: Monitoraggio del livello delle acque sotterranee e della portata delle sorgenti, Riserve idriche sotterranee, Vulnerabilità delle riserve idriche sotterranee.

Hydrogeological Maps of Switzerland 1:500 000

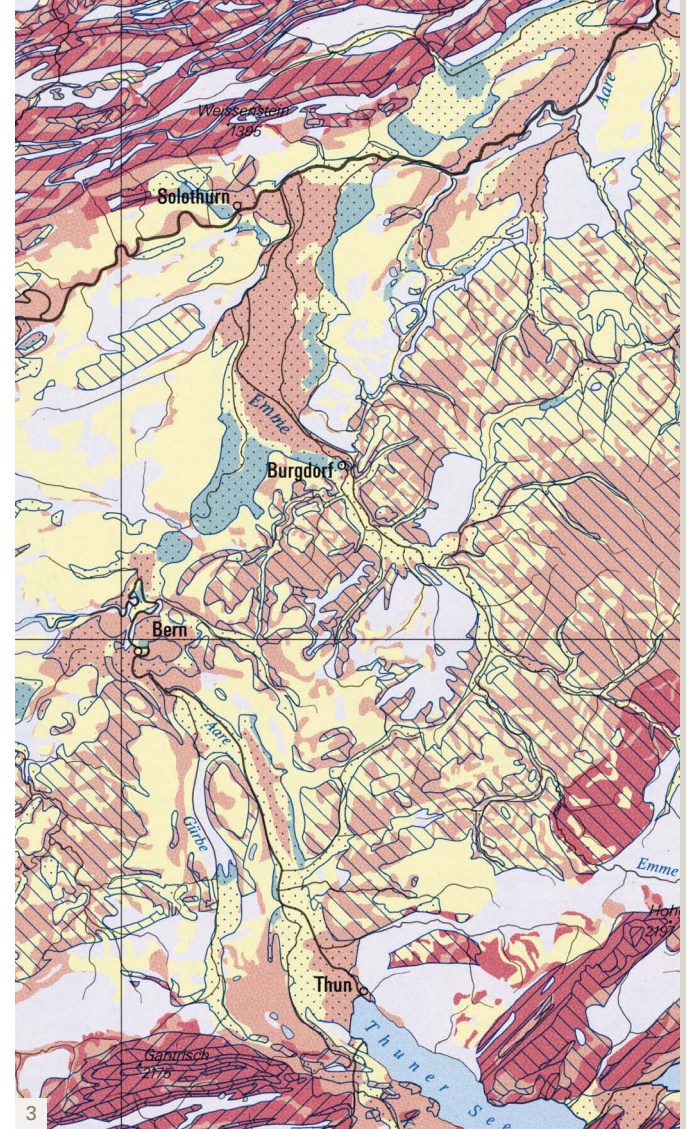
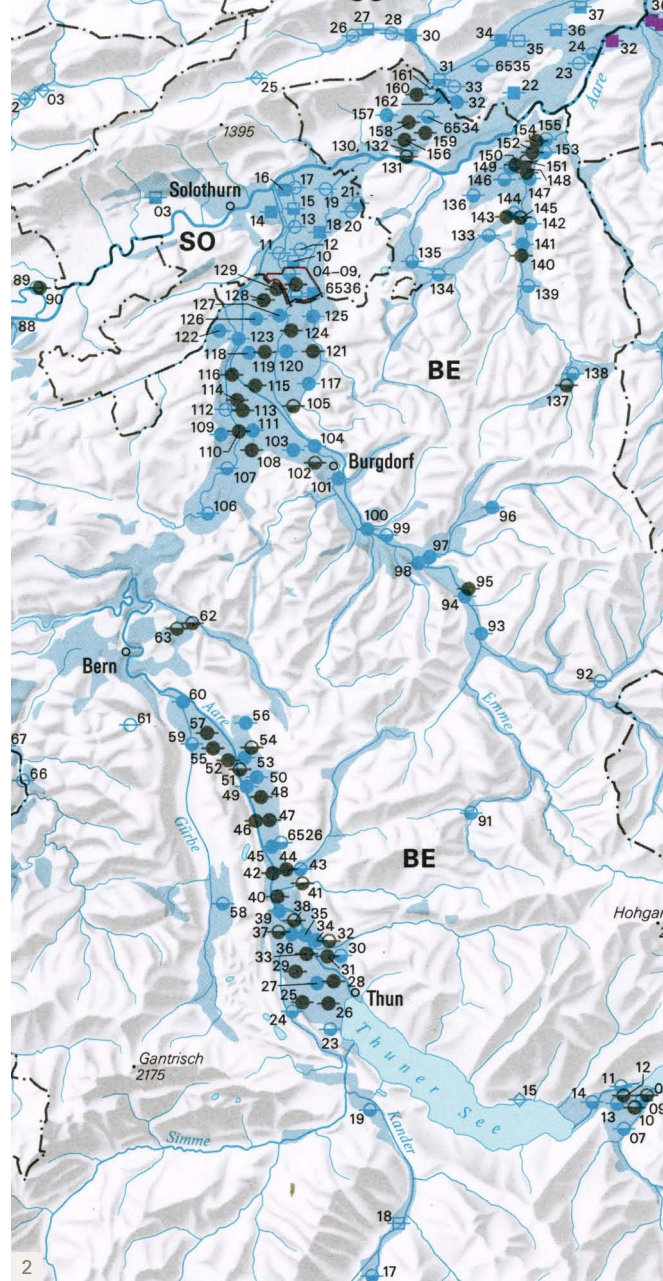
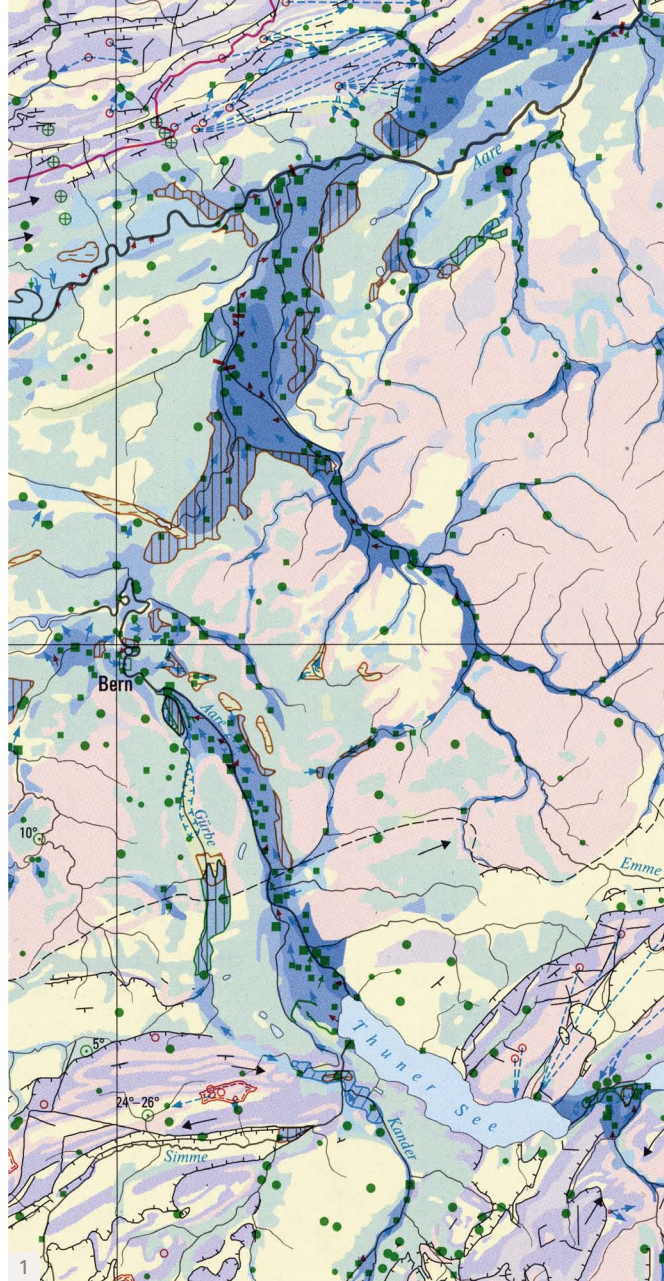
With a share of over 80 %, groundwater renders by far the leading contribution to the drinking water supply in Switzerland. The Hydrogeological Maps of Switzerland 1:500 000 refer to different aquifer types. Unconsolidated rock aquifers form chiefly along large river valleys. Fractured rock aquifers characterize the Swiss Plateau and the Alps. Karst aquifers are common in both the Jura and the Alps. Important data sets are included in the Hydrological Atlas of Switzerland (HADES), edited by the Federal Office for the Environment (FOEN): Observation of Groundwater Level and Spring Discharge, Groundwater Resources, Vulnerability of Groundwater Resources.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Bundesamt für Landestopografie swisstopo, GeoKarten | Office fédéral de topographie swisstopo, GéoCartes (www.swisstopo.ch/geologiemaps)
- Schweizerische Gesellschaft für Hydrogeologie | Société suisse d'hydrogéologie (www.hydrogeo.ch)

Datenquelle | Source des données

Bundesamt für Umwelt, Hydrogeologie | Office fédéral de l'environnement, Hydrogéologie (www.bafu.admin.ch/grundwasser)



3
4



Legende Ausschnitte aus dem Hydrologischen Atlas der Schweiz (HADES) 1:500 000 (2004): 1 Grundwasservorkommen, 2 Beobachtung von Grundwasserstand und Quellschüttung und 3 Vulnerabilität der Grundwasservorkommen. 4 Abdeckung der Karten; orange: gedruckte Karte und Vektordatensatz, rotes Rechteck: Lokalisierung der Ausschnitte 1 – 3.

Légende Extraits de l'Atlas hydrologique de la Suisse (HADES) 1:500 000 (2004): 1 Réservoirs aquifères, 2 Observation du niveau des eaux souterraines et du débit des sources et 3 Vulnérabilité des réservoirs aquifères. 4 Couverture des cartes; orange: carte imprimée et jeu de données vectorielles, rectangle rouge: localisation des extraits 1 – 3.

Hydrogeologische Karte 1:100 000

Die Hydrogeologische Karte 1:100 000 (HYGEO100) liefert einen regionalen Überblick über das Auftreten und Fließen des Wassers im Untergrund. Dies erlaubt einen detaillierten Einblick in die Grundwasserverhältnisse der Schweiz.

Der Datensatz ist auf übergeordnete Fragestellungen ausgelegt. Er dient als Planungsinstrument, das die detaillierteren hydrogeologischen Daten von regionalen Kartenwerken und Geoportalen integriert und vereinheitlicht. Ein Beispiel sind die kantonalen Gewässerschutz- und Grundwasserkarten, die, koordiniert durch den Bund, zusammengefasst und digital zur Verfügung gestellt werden.

Die HYGEO100 klassiert den Untergrund, basierend auf geologischen Kriterien, nach der Durchlässigkeit der Locker- und Festgesteine. Die Gesteinsklassierung lehnt sich eng an die der Geotechnischen Karte 1:200 000 an. Wichtige Kartenelemente sind die Darstellung der Grundwasserleiter sowie hydrogeologische und hydrologische Punkt- und Liniendaten wie Quellen, Grundwasserstände oder hydraulische Verbindungen. Die Karte wird durch informative Erläuterungstexte – zum Beispiel zur Geochemie oder zu (hydro)geologischen Profilen – vervollständigt.

Die HYGEO100 ist ein Produkt des Bundesamts für Umwelt (BAFU) in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Geotechnischen Kommission (SGTK) und swisstopo. Die Karten sind bislang für den Jura und weite Teile des Mittellandes erstellt. Der Datensatz wird derzeit digitalisiert und generalisiert. Ab 2013 steht somit ein einheitlicher GIS-Datensatz für die Nordwestschweiz zur Verfügung. Geplant ist eine vollständige Abdeckung der Schweiz durch Vektordaten.

Carte hydrogéologique 1:100 000

La Carte hydrogéologique 1:100 000 (HYGEO100) donne un aperçu régional de la présence et de l'écoulement de l'eau dans le sous-sol. Elle fournit une vue détaillée des eaux souterraines en Suisse.

Ce jeu de données est destiné à répondre à des questions générales. Il sert d'instrument de planification en intégrant et en harmonisant les catégories hydrogéologiques détaillées comprises dans des cartes régionales et des géoportails.

Mentionnons par exemple les cartes cantonales des eaux souterraines et de la protection des eaux, sous la coordination de la Confédération qui les rassemble et les met à disposition au format numérique.

L'HYGEO100 applique des critères géologiques pour différencier le sous-sol d'après la perméabilité des roches meubles et cohérentes. La classification des roches se réfère étroitement à celle de la Carte géotechnique 1:200 000. L'HYGEO100 comprend une représentation des aquifères et des données hydrogéologiques et hydrologiques ponctuelles et linéaires concernant notamment les sources, les niveaux piézométriques et les liaisons hydrauliques. Elle est complétée par des textes explicatifs décrivant par exemple la géochimie ou certains profils (hydro)géologiques.

L'HYGEO100 est un produit élaboré par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) en collaboration avec la Commission géotechnique suisse (SGTK) et swisstopo. Les feuilles établies à ce jour portent sur le Jura et de vastes régions du Plateau. Elles sont en cours de numérisation et de généralisation. Le nord-ouest de la Suisse fera ainsi l'objet d'un jeu de données SIG homogène à partir de 2013. Il est prévu de couvrir tout le territoire helvétique avec des données vectorielles.

Carta idrogeologica 1:100 000

La carta idrogeologica 1:100 000 (HYGEO100) fornisce una panoramica regionale sulla presenza e sul deflusso delle acque nel sottosuolo. È uno strumento di sintesi utile per la pianificazione del territorio che integra e unifica i dati idrogeologici dettagliati delle carte regionali e geoportali come, ad esempio, le carte cantonali sulla protezione delle acque e sulle acque sotterranee.

L'HYGEO100 classifica il sottosuolo secondo la permeabilità delle rocce e dei depositi sciolti. Si tratta di un prodotto dell'Ufficio federale per l'Ambiente (UFAM), realizzato in collaborazione con la Commissione svizzera di geotecnica (SGTK) e swisstopo. È prevista la realizzazione della copertura completa della Svizzera con dati vettoriali.

Hydrogeological Map 1:100 000

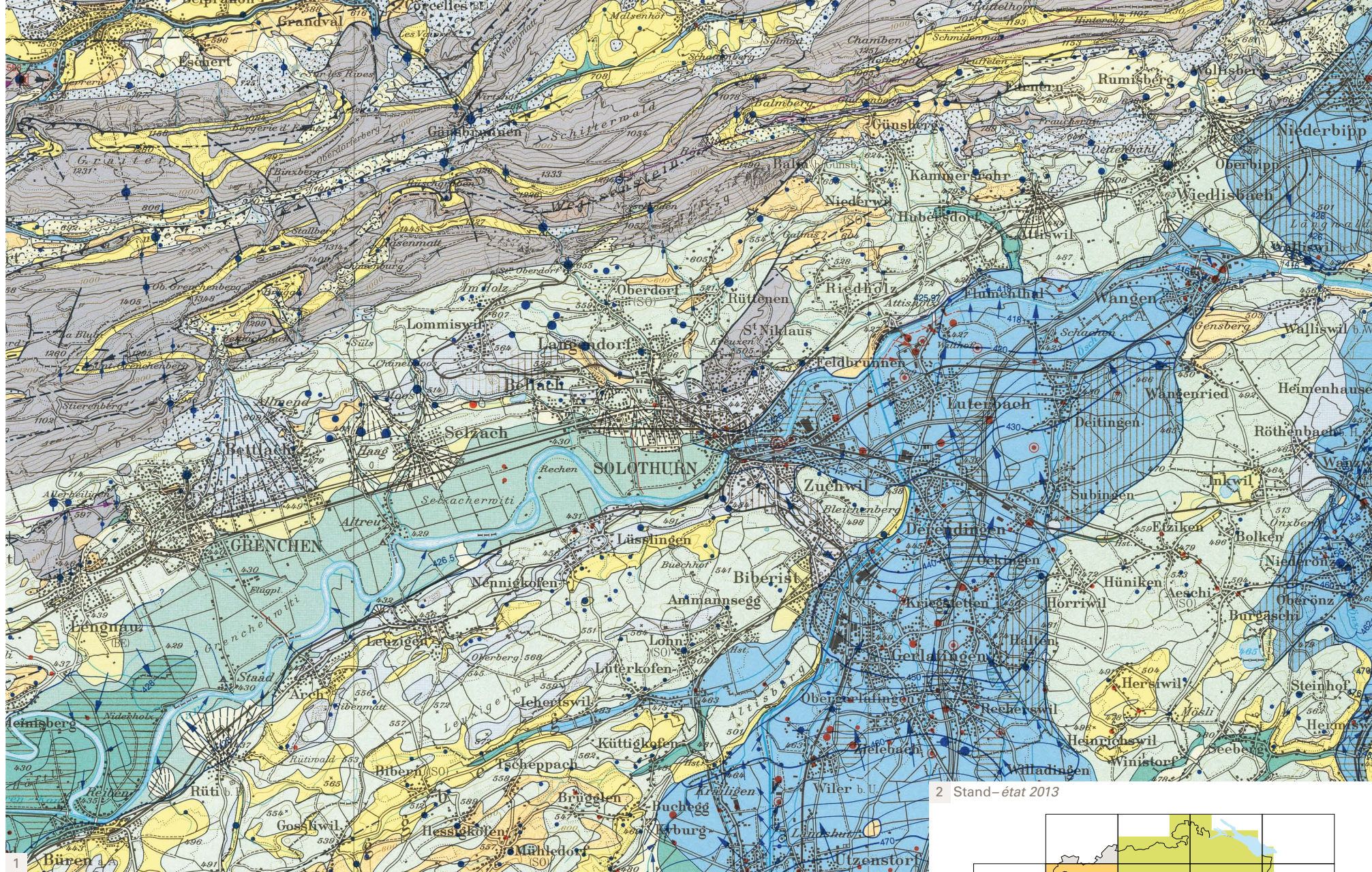
The Hydrogeological Map 1:100 000 (HYGEO100) provides a regional overview of the occurrence and water flow in the subsurface. The data set serves as a planning instrument that integrates and standardizes detailed hydrogeological data of regional map series and geoportals. Examples include cantonal water-protection and groundwater maps. The HYGEO100 classifies the subsurface according to the permeability of the unconsolidated and hard rocks. The HYGEO100 is a product of the Federal Office for the Environment (FOEN) in collaboration with the Swiss Geotechnical Commission (SGTK) and swisstopo. A complete coverage of Switzerland in vector data format is planned.

Weitere Informationen | Plus d'informations

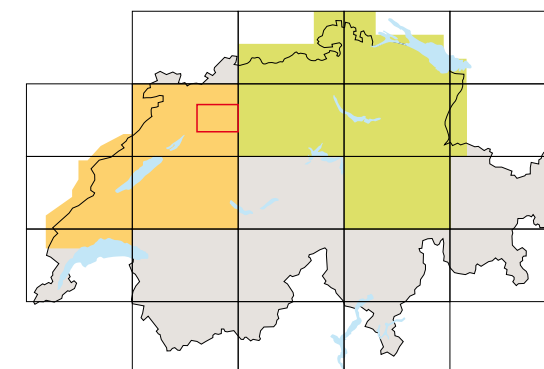
Schweizerische Gesellschaft für Hydrogeologie | Société suisse d'hydrogéologie (www.hydrogeo.ch)

Datenquelle | Source des données

– Bundesamt für Umwelt, Hydrogeologie | Office fédéral de l'environnement, Hydrogéologie (www.bafu.admin.ch/grundwasser)
– Schweizerische Geotechnische Kommission | Commission géotechnique suisse (www.sgtk.ch)



2 Stand-état 2013



Legende 1 Ausschnitt der Hydrogeologischen Karte 1:100 000, Blatt Nr. 4, Biel/Bienne (1991). 2 Übersicht der vorhandenen Karten;
orange: gedruckte Karte und Vektordatensatz, grün: gedruckte Karte, rotes Rechteck: Lokalisierung des Ausschnitts.

Légende 1 Extrait de la Carte hydrogéologique 1:100 000, feuille n° 4, Biel/Bienne (1991). 2 Vue d'ensemble des cartes disponibles;
orange: carte imprimée et jeu de données vectorielles, vert: carte imprimée, rectangle rouge: localisation de l'extrait.

Wärmestromdichte

Aufgrund des steigenden Interesses für Erdwärmenutzung zur Energiegewinnung wird es immer wichtiger, geothermische Ressourcen mit den entsprechenden geologischen Daten zu erfassen.

Die geothermische Energie stammt aus der Restwärme aus der Zeit der Entstehung der Erde und aus dem Zerfall von natürlichen radioaktiven Elementen. Die Gesteinstemperatur nimmt mit der Tiefe stetig zu – pro Kilometer sind es in der Schweiz durchschnittlich 31–35°C, wodurch ein Wärmefluss zur Erdoberfläche hin erzeugt wird.

Will man Geothermie nutzen, müssen als Basisdaten Temperaturdaten, Wärmeleitfähigkeiten und Wärmeflussdaten erfasst werden. Den zur Erdoberfläche gerichteten Wärmefluss misst man als terrestrische Wärmestromdichte (Milliwatt pro Quadratmeter, mW/m²). Für die Bestimmung des Werts müssen der Temperaturgradient und die Wärmeleitfähigkeit der Gesteine bekannt sein. Diese werden durch Messungen im Bohrloch und Untersuchungen der Bohrspalten im Labor ermittelt. Die globale Wärmestromdichte beträgt zwischen 30 und 350 mW/m². Korrigiert für oberflächennahe Effekte beträgt sie in der Schweiz im Mittel ca. 90 mW/m². Die Nordschweiz hat die höchsten, der Alpenraum und Jura die niedrigsten Wärmeflusswerte. Unterschiedliche Datenqualität und Messmethoden sind die Ursache für lokale Abweichungen von etwa 10 bis 15 %.

Densité de flux thermique

La géothermie suscite un intérêt croissant comme source d'énergie, aussi est-il toujours plus important d'inventorier les ressources géothermiques en acquérant les données géologiques nécessaires.

L'énergie géothermique provient de la chaleur résiduelle de la formation de la Terre et de la désintégration d'éléments radioactifs contenus dans les roches de la croûte terrestre. La température des roches croît régulièrement avec la profondeur – à raison de 31–35°C par kilomètre en moyenne en Suisse –, ce qui génère un flux de chaleur en direction de la surface.

Si on veut exploiter l'énergie géothermique, il faut acquérir des données de base qui sont la température, la conductivité thermique et le flux de chaleur dans le sous-sol. Le flux de chaleur dirigé vers la surface de la Terre est mesuré par la densité de flux thermique, exprimée en milliwatts par mètre carré (mW/m²). Pour déterminer sa valeur, il faut connaître le gradient de température et la conductivité thermique de la roche, qui sont mesurés respectivement dans des trous de forage et sur des échantillons de forage examinés en laboratoire. La densité de flux thermique vaut généralement entre 340 et 350 mW/m². Corrigée des effets de surface, elle est, en Suisse, d'environ 90 mW/m² en moyenne. Les valeurs les plus élevées se trouvent dans le nord de la Suisse et les plus faibles dans les Alpes et le Jura. Les variations locales sont de l'ordre de 10 à 15 % selon la qualité des données et les méthodes de mesure mises en œuvre.

Densità di flusso termico

Per sfruttare il calore geotermico, è necessario conoscere la temperatura, la conducibilità termica e il flusso di calore nel sottosuolo. La densità del flusso termico terrestre diretto verso la superficie viene misurato in milliwatt per metro quadrato (mW/m²). Per stimare il suo valore occorre conoscere i gradienti di temperatura e la conducibilità termica delle rocce, che vengono determinati attraverso misure dirette nei fori dei sondaggi e prove in laboratorio. A livello globale, il flusso di calore ha un valore medio tra i 30 e i 350 mW/m². In Svizzera il valore medio è di circa 90 mW/m². Le differenze nella qualità dei dati e nei metodi di misurazione causano una deviazione tra il 10 e il 15 % nell'accuratezza della stima.

The Heat Flux

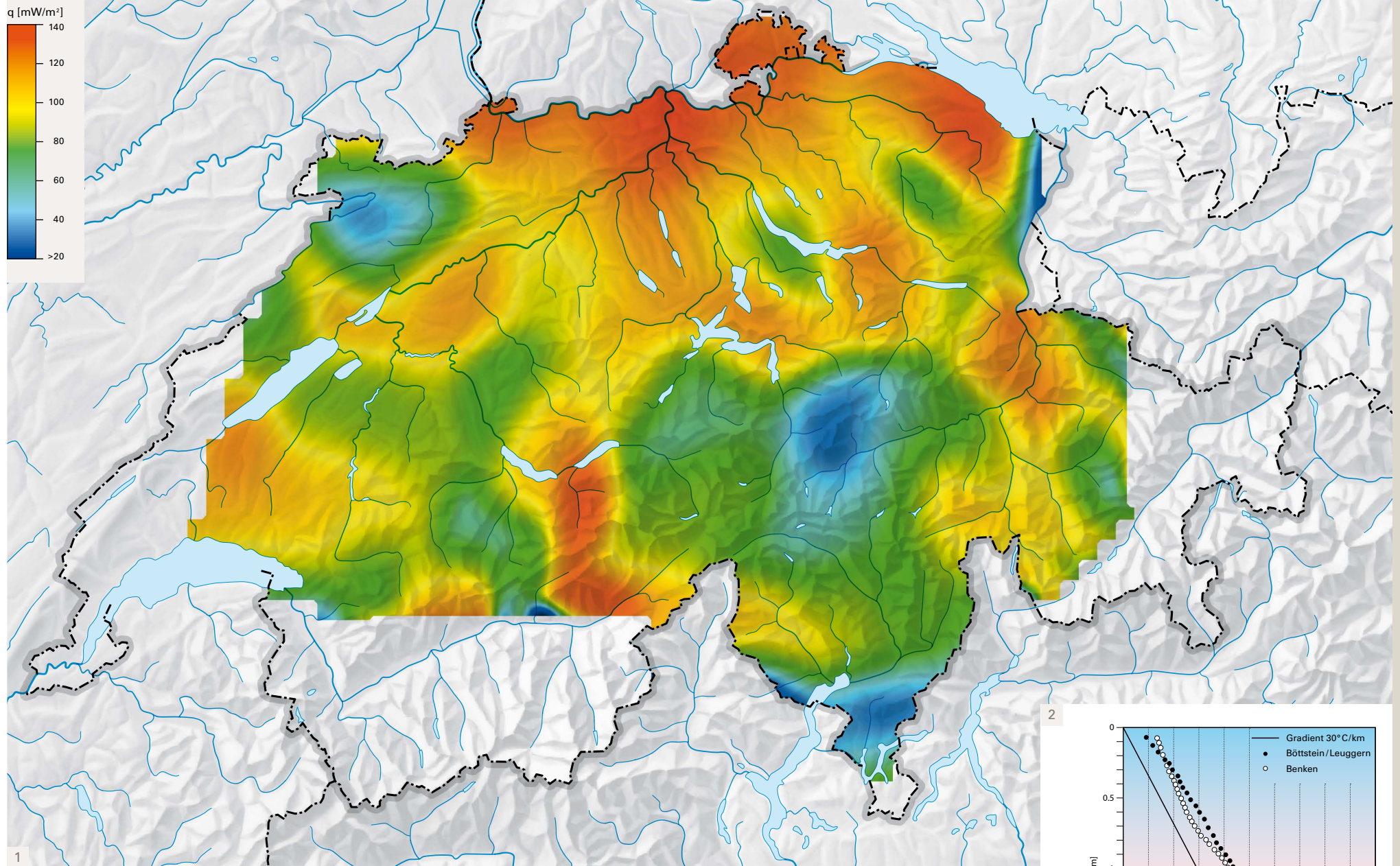
To evaluate usage of geothermal energy, temperature, thermal conductivities and heat flow must be known. The terrestrial heat flux towards the Earth's surface is measured in units of milliwatts per square meter (mW/m²). Temperature gradients and thermal conductivities of rocks are needed for determining surface heat flux, and they can be obtained by borehole measurements and analysis of core samples in the laboratory. Globally heat flux ranges between 30 and 350 mW/m². In Switzerland we observe an average of about 90 mW/m². Varying data quality and measurement methods cause deviations of about 10 to 15 % in the accuracy of the calculated values.

Weitere Informationen | Plus d'informations

Geoportal des Bundes | Géoportail de la Confédération (map.geo.admin.ch)

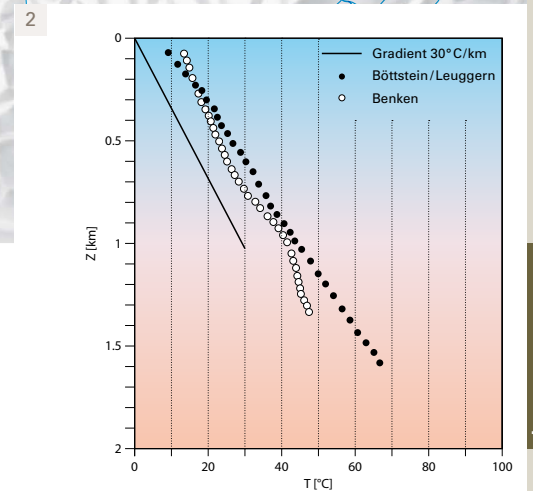
Datenquelle | Source des données

- Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)
- KOHL et al. (2003)
- MEDICI & RYBACH (2002)
- Karte aus Atlas der Schweiz (mit neuer Farbskala) | Carte de l'Atlas de la Suisse (avec nouvelle gamme des couleurs)



Legende 1 Die Geothermische Karte der Schweiz 1:500 000 illustriert die Wärmestromdichte (q) des Untergrunds. 2 Gemessene Temperaturen in den Bohrungen Böttstein/Leuggern und Benken im Vergleich mit einem Temperaturgradienten von $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

Légende 1 La Carte géothermique de la Suisse 1:500 000 illustre la densité de flux thermique (q) du sous-sol. 2 Les températures mesurées dans les forages à Böttstein/Leuggern et Benken en comparaison avec un gradient de température de $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$.



Geothermische Ressourcen

Die aus dem Erdinneren stammende Wärme soll in Zukunft verstärkt energiewirtschaftlich genutzt werden. Geologen untersuchen, wo es sich in der Schweiz zu bohren lohnt. Ob und wie sich Geothermie nutzen lässt, hängt von der Temperatur des festen Untergrundes und den darin enthaltenen Fluiden ab. Temperaturen von 10 bis 30°C lassen sich mittels Sonden und Wärmepumpen für Wärme- und Kältenutzung, höhere Temperaturen direkt für die Wärme- und Heisswasserversorgung nutzen. Bei Temperaturen zwischen 100 und 200°C kann Strom produziert werden. Ob sich Investitionen in die nahezu unerschöpfliche Energiequelle Erdwärme lohnen, wird auch von wirtschaftlichen, technischen und gesellschaftlichen Faktoren beeinflusst. Durch ein lokalspezifisches Ressourcenkonzept, das auf einem 3D-Modell des tiefen Untergrundes basiert, schafft die Geologie die Planungsgrundlagen für die Nutzung. Um geeignete Standorte aufzuspüren, werden verschiedene Messmethoden angewandt: Die satellitengestützte Fernerkundung erfasst elektromagnetische Strahlungsdaten; hinzu kommen luft- und bodengestützte geophysikalische Messkampagnen (Gravimetrie, Magnetotellurik, Seismik, Wärmestrommessungen) und geophysikalische und geochemische Wasser- und Gasproben. Um Geothermie zur Strom- oder Wärmeerzeugung nutzen zu können, sind anschliessend Bohrungen, zahlreiche Messungen im Bohrloch und hydraulische Tests nötig.

Weitere Informationen | Plus d'informations

Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)

Ressources géothermiques

La chaleur émise depuis l'intérieur de la Terre devra prendre une plus grande place dans l'économie énergétique. Des géologues explorent les sites propices aux forages en Suisse. C'est la température du sous-sol solide et de ses fluides qui détermine si on peut exploiter l'énergie géothermique et de quelle manière: une température de 10 à 30°C permet l'utilisation de la chaleur (ou de la fraîcheur) du milieu naturel au moyen d'une sonde et d'une pompe à chaleur, une température supérieure assure l'alimentation directe de chauffage et d'eau chaude et une température de 100 à 200°C est propice à la production d'électricité. La rentabilité des investissements dans cette source d'énergie, quasiment inépuisable, dépend de facteurs économiques, techniques et sociétaux. Les géologues élaborent les bases nécessaires à l'exploitation de l'énergie géothermique en concevant un modèle des ressources locales basé sur une représentation tridimensionnelle du sous-sol profond. Ils appliquent différentes méthodes pour détecter les sites favorables. La télédétection par satellite quantifie le rayonnement électromagnétique. Elle est complétée par des campagnes de mesures géophysiques au sol ou aériennes (gravimétrie, magnétotellurique, sismique, mesure du flux thermique) et par des prélèvements d'échantillons d'eau et de gaz. Avant de pouvoir exploiter l'énergie géothermique pour produire de l'électricité et de la chaleur, il faut encore faire des forages et y pratiquer un grand nombre de mesures et d'essais hydrauliques.

Datenquelle | Source des données

– Geowatt AG, im Auftrag des SGPK und des BFE | Geowatt AG, sous mandat de la SGPK et de l'OFEN
– KOHL et al. (2010)

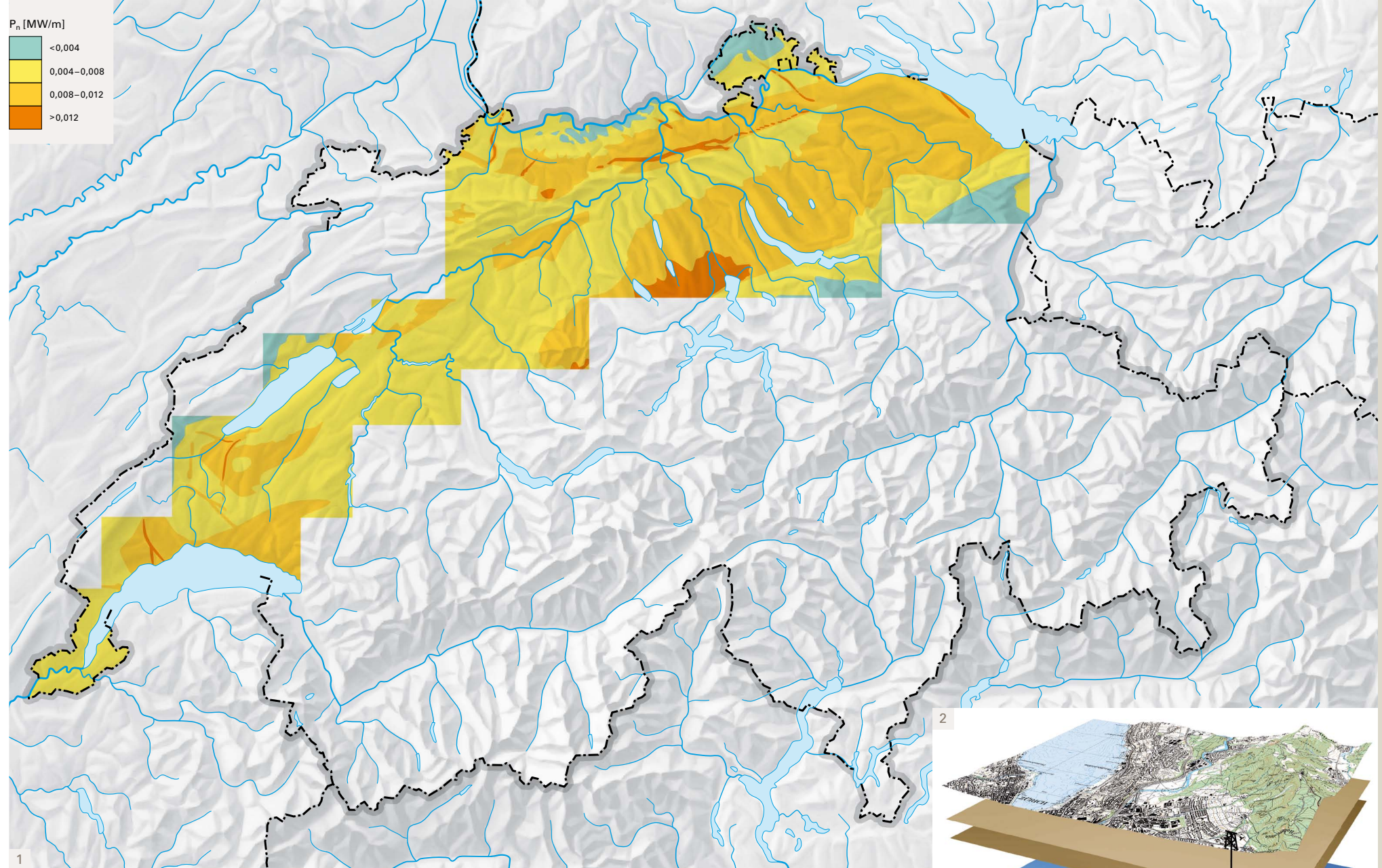
Risorse geotermiche

Se e come utilizzare l'energia geotermica dipende dalla temperatura del substrato roccioso e dei fluidi in esso presenti. Le sonde e le pompe di calore per il riscaldamento possono essere utilizzate con temperature comprese tra i 10 e i 30°C, mentre temperature più elevate vengono sfruttate direttamente per il riscaldamento e la produzione di acqua calda. Si può produrre energia elettrica quando si hanno a disposizione temperature comprese tra gli 100 e i 200°C. Sulla base di modelli in 3D del sottosuolo, a cui si aggiungono i dati provenienti dalle campagne di prospezione geofisica, la geologia fornisce una panoramica delle risorse del sottosuolo.

Geothermal Resources

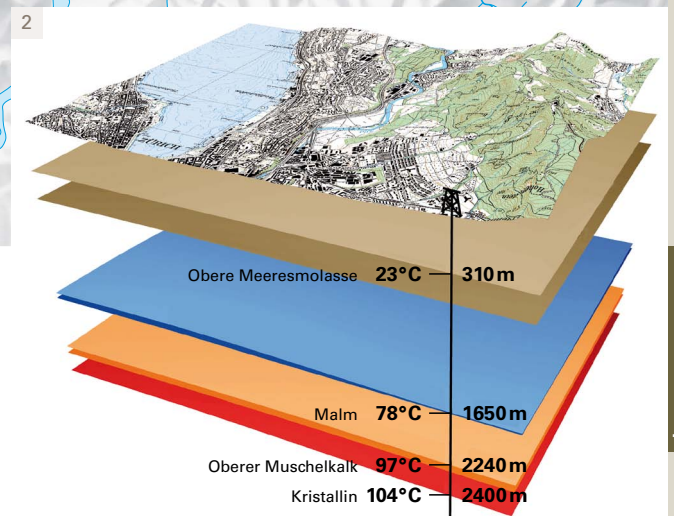
If and how geothermal energy can be utilized, depends on the temperature of the bedrock and the fluids contained therein: temperatures of 10 to 30°C can be used by ground source heat pumps for heating and cooling applications, higher temperatures directly for heat and hot water supply. Electric power can be produced above temperatures of 100 to 200°C. Through a locally specific resource concept, which is based on 3D models of the deep subsurface, the basics of exploitation are provided. For such models, geophysical and borehole data are required.

P_n [MW/m]



Legende 1 Tiefenkorrigierte Darstellung einer normierten geothermischen Produktivität (P_n). Die geschätzte mittlere geothermische Leistung wurde durch die mittlere Tiefe des jeweiligen Aquifers dividiert. **2** Schematische Darstellung der Tiefbohrung Zürich mit den Tiefen der Schichtgrenzen und den gemessenen Temperaturen.

Légende 1 Représentation d'une productivité géothermique normalisée (P_n), corrigée pour la profondeur. La puissance géothermique moyenne estimée a été divisée par la profondeur moyenne de l'aquifère respectif. **2** Représentation schématique du forage profond de Zurich montrant les profondeurs et les températures mesurées des couches.



Erdwärmenutzung

Die Nutzung der oberflächennahen Geothermie ist etabliert und die Technologien sind marktreif. Erdwärmesonden stellen in der Schweiz zurzeit die gängigste Nutzungsart dar. In der Schweiz sind rund 70 000 Geothermieranlagen in Betrieb. Sie fördern etwa 1500 Gigawattstunden Wärme aus dem Untergrund. Dies entspricht pro Jahr einer Ersparnis von rund 150 Millionen Liter Heizöl.

Das enorm grosse Potenzial der Tiefengeothermie für die gekoppelte Strom- und Wärmeproduktion wird in der Schweiz noch nicht genutzt. Es gibt zwei Arten von Tiefengeothermiesystemen. Hydrothermale Anlagen sind weit entwickelt, jedoch aufgrund ihrer Abhängigkeit von gut durchlässigen Gesteinen in grosser Tiefe in der Schweiz nur sehr begrenzt zu realisieren. Petrothermale Anlagen sind hingegen grundsätzlich in der gesamten Schweiz möglich. Hier muss durch das Einpressen von Wasser im dichten Fels zunächst eine Art «Durchlauferhitzer» mit künstlich geschaffenen Fliesswegen erzeugt werden. Die angewandte Forschung im Bereich der Erkundung, Erzeugung und Überwachung solcher Reservoirs ist daher von grosser Bedeutung für die Entwicklung dieser innovativen Technologie; sie bildet denn auch einen Schwerpunkt in der Schweizer Energieforschung.

Um Tiefenwasservorkommen bzw. geeignete Gesteine für die Schaffung von künstlichen Wärmetauschern besser voraussagen zu können, müssen die Kenntnisse über den tiefen Untergrund verbessert werden. Aktuell erreichen nur 10 Bohrungen den für tiefengeothermische Stromanlagen relevanten Tiefenbereich von mehr als 3 km. Als Pioniere wollen die Stadt St.Gallen und AGEPP in Lavey-les-Bains (VD) ab 2014/2015 tiefengeothermischen Strom produzieren.

Exploitation de l'énergie géothermique

L'exploitation de l'énergie géothermique à faible profondeur est établie et les technologies sont disponibles. Les sondes géothermiques constituent actuellement la forme la plus courante d'exploitation en Suisse. A l'heure actuelle, 70 000 installations de ce type fonctionnent en Suisse. Elles extraient 1500 gigawattheures du sous-sol sous la forme de chaleur, ce qui permet d'économiser 150 millions de litres de mazout.

L'énorme potentiel de l'énergie géothermique pour la production couplée d'électricité et de chaleur n'est pas encore exploité en Suisse. Il y a deux types de systèmes de géothermie profonde. Les installations hydrothermales sont bien développées, cependant, en raison de leur dépendance à des roches perméables à grande profondeur, leur réalisation est très limitée en Suisse. Les installations pétrothermales sont par contre possibles dans toute la Suisse. Pour ceci, une sorte de «chaudière» doit être créée en injectant l'eau dans une roche imperméable par des fissures créées artificiellement. La recherche appliquée dans le domaine de l'exploration, la production et la surveillance de ces réservoirs est donc d'une grande importance pour le développement de cette technologie novatrice; il constitue un thème central de la recherche énergétique en Suisse.

Afin de pouvoir mieux déterminer les aquifères profonds et les roches appropriées pour la production d'énergie géothermique, les connaissances du sous-sol profond doivent être améliorées. Actuellement, seulement 10 forages atteignant plus de 3 km de profondeur ont été réalisés dans des régions intéressantes pour la production d'électricité géothermique profonde. Véritables pionniers, la ville de St-Gall et AGEPP à Lavey-les-Bains (VD) veulent produire de l'électricité grâce à la géothermie profonde à partir de 2014/2015.

Utilizzo dell'energia geotermica

Le sonde geotermiche rappresentano al momento l'applicazione più comune della geotermia di superficie in Svizzera. Oggi nel Paese sono in funzione circa 70 000 impianti di questo tipo. L'enorme potenziale di energia geotermica per la produzione combinata di elettricità e calore non è ancora sfruttata in Svizzera. Per identificare le rocce e gli acquiferi idonei per questo scopo, è necessario migliorare le conoscenze del sottosuolo profondo. Al momento, solo 10 sondaggi raggiungono una profondità maggiore di 3 km, indispensabile per la produzione di elettricità geotermica profonda. La città di San Gallo e AGEPP a Lavey-les-Bains (VD) prevedono di produrre elettricità tramite la geotermia profonda a partire dal 2014/2015.

Exploitation of Geothermal Energy

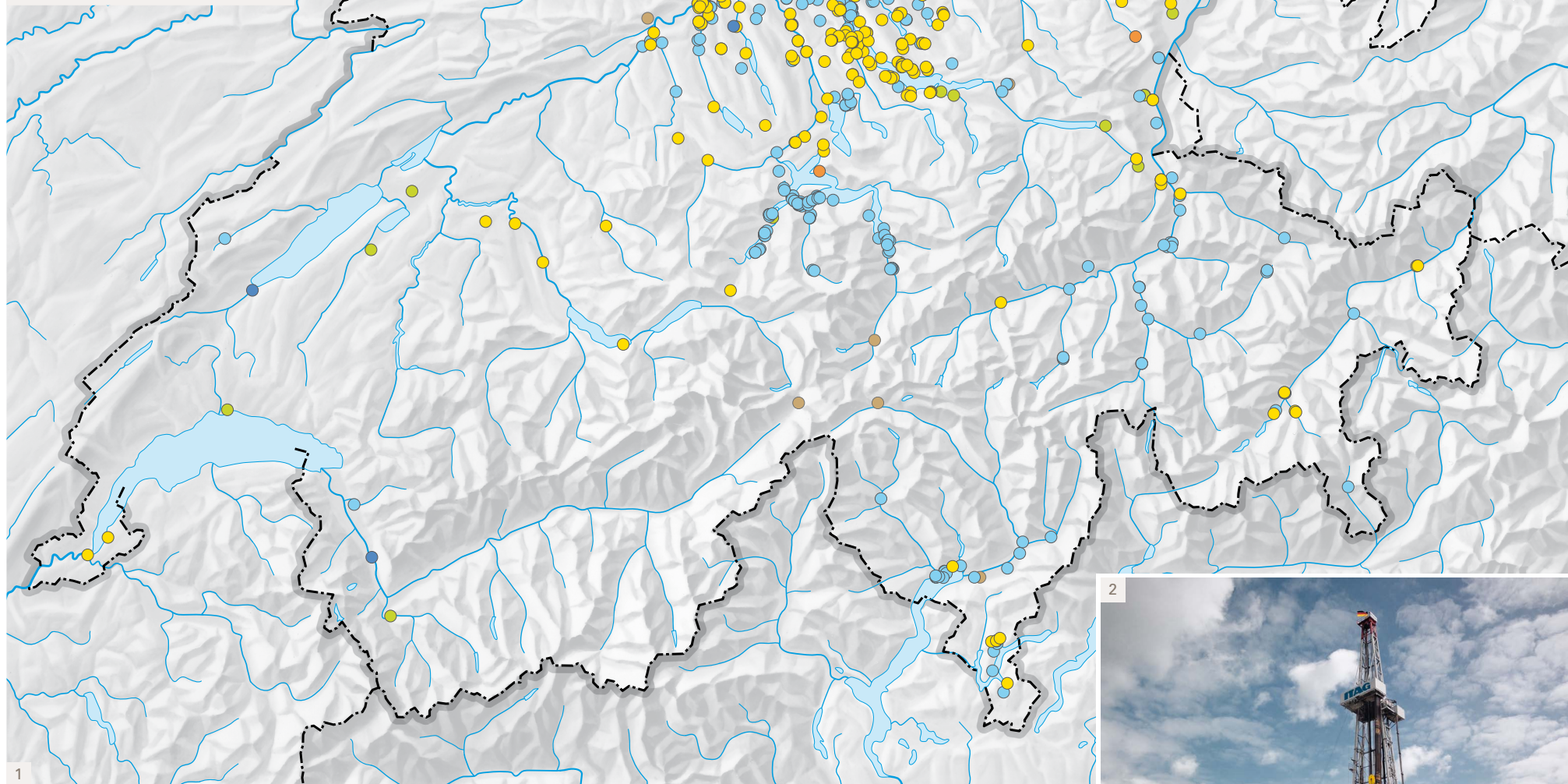
Downhole heat exchange systems currently represent the most common type of usage of shallow geothermal energy in Switzerland. At present there are around 70 000 such systems in operation in Switzerland. The enormous potential of geothermal energy for the coupled production of electricity and heat has not yet been exploited in Switzerland. In order to determine suitable aquifers and rocks for such production, knowledge about the deep underground must be improved. Currently, only 10 drillings reach a depth greater than 3 km, which is relevant for deep geothermal electricity production. The city of St.Gallen and AGEPP in Lavey-les-Bains (VD) plan to produce electricity from deep geothermal energy as of 2014/2015.

Datenquelle | Source des données

Schweizerische Vereinigung für Geothermie | Société Suisse pour la Géothermie (www.geothermie.ch)

Grossanlagen – Installations importantes

- Tiefe Erdwärmesonde, Erdwärmesondenfeld
Sonde géothermique, Champ de sondes
- Sehr tiefe Erdwärmesonde
Sonde géothermique profonde
- Grundwasser
Eau souterraine
- Tiefer Aquifer
Installation hydrothermique
- Geostrukturen (z.B. Pfähle, Fundation)
Géostrucures (p.ex. pieux, fondations)
- Tunnelwärme
Chaleur tirée de tunnels



Legende 1 Geothermische Grossanlagen in der Schweiz mit einer Leistung von mehr als 100 kW (2008). 2 Tiefbohranlage.

Légende 1 Sondes géothermiques importantes en Suisse avec une puissance supérieure à 100 kW (2008). 2 Forage profond.

Naturgefahren und Umweltbelastung

Im Erdinnern oder nahe der Erdoberfläche laufen Prozesse ab, die für Menschen gefährlich werden können, sei es, weil die Erde bebt, es zu Erdbeben kommt oder Flüsse über ihre Ufer treten. Auch Stoffe im Untergrund, wie beispielsweise das natürlich vorkommende radioaktive Gas Radon, können Gesundheitsrisiken bergen. Die Schadstoffbelastung im Boden ist jedoch meist vom Menschen verursacht.

Dangers naturels et pollution de l'environnement

Des processus dangereux pour l'être humain se déroulent à l'intérieur de notre planète et à proximité de sa surface: la terre tremble, le terrain glisse, les rivières débordent. Des substances présentes dans le sous-sol, comme le radon, un gaz radioactif naturel, peuvent menacer la santé des personnes. Mais la pollution du sol a généralement une origine humaine.

Pericoli naturali e inquinamento dell'ambiente

All'interno della Terra o vicino alla superficie terrestre si svolgono processi naturali che possono rappresentare un pericolo per gli esseri umani: terremoti, frane o fiumi che escono dai loro argini. Ci sono anche elementi o sostanze presenti nel sottosuolo, come ad esempio il radon, un gas naturale radioattivo, che possono comportare dei rischi per la salute delle persone. Tuttavia l'inquinamento del suolo è causato principalmente dagli esseri umani.

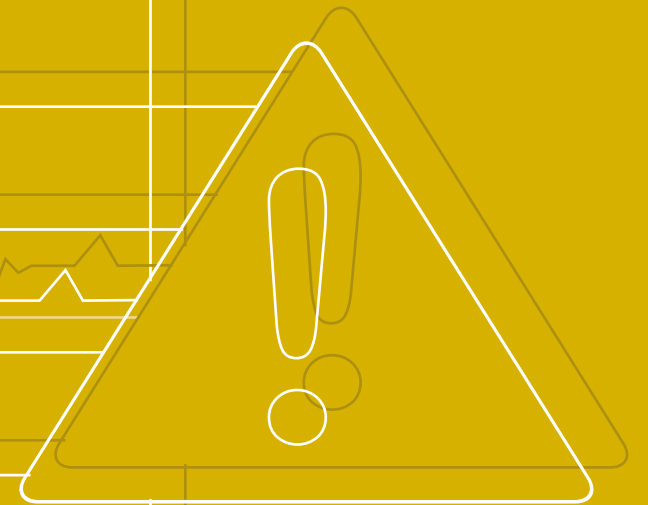
Natural Hazards and Environmental Pollution

Processes that can become dangerous for humans take place inside or near the surface of the Earth: these may be earthquakes, landslides or rivers overflowing their banks. Substances in the sub-surface, such as the naturally occurring gas radon, can also pose health risks. However, pollution in the ground is usually caused by humans.

Weitere Informationen | Plus d'informations

www.geologieportal.ch > Themen > Geologische Gefahren, Planen für die Zukunft

www.portailgeologique.ch > Thèmes > Dangers géologiques, Planifier pour demain



Legende Hochwasser Reuss, Wehr bei Perlen (LU), 2005.

Légende Inondation de la Reuss, barrage à Perlen (LU), 2005.

Terrestrische Strahlung

Der Mensch ist sowohl kosmischer als auch terrestrischer natürlicher Strahlung ausgesetzt. Die so genannte terrestrische Dosisleistung wird mit Hilfe verschiedener Methoden erfasst.

In Böden und Gesteinen kommen natürliche instabile Isotope verschiedener Elemente – zum Beispiel Uran, Thorium oder Kalium – vor, die bei ihrem Zerfall radioaktive Strahlung abgeben. Die obersten 30 bis 40 cm des Bodens liefern den Hauptteil der an der Oberfläche gemessenen Strahlung, da der Anteil aus grösserer Tiefe durch die darüber liegenden Bodenschichten abgeschirmt wird. Erfasst wird die terrestrische Dosisleistung einen Meter über dem Boden in der Masseinheit Nanosievert pro Stunde (nSv/h).

Die jeweilige Dosisleistung ist so unterschiedlich wie die Zusammensetzung der Gesteine. In der Schweiz findet man vor allem in den Alpen Gesteine mit höheren Konzentrationen an Uran, Thorium und Kalium. Die höchsten Werte werden über granitischen Gesteinen gemessen, die einen hohen Anteil an radioaktivem Kalium (in Alkalifeldspat) aufweisen.

Der Karte der terrestrischen Dosisleistung liegen verschiedene Messmethoden zugrunde: Zum einen wird die Radioaktivität anhand von Bodenproben durch gammaspektrometrische Messungen im Labor bestimmt. Die Aktivitäten werden aber auch mit Hilfe aeroradiometrischer und in-situ-gammaspektrometrischer Messungen vorgenommen. Aus den Ergebnissen wird die Dosisleistung unter Annahme einer homogenen Verteilung im Boden berechnet.

Die Messverfahren weisen eine unterschiedliche räumliche Auflösung auf. Da die Messpunkte heterogen über die Schweiz verteilt sind, wurden die vorhandenen Daten auf ein Gitternetz von 2×2 km interpoliert.

Radiation terrestre

L'être humain est exposé à un rayonnement naturel d'origine cosmique et terrestre. Le débit de dose radioactive terrestre est déterminé par des méthodes différentes. Les sols et les roches renferment des éléments naturels instables, comme l'uranium, le thorium et le potassium, qui émettent un rayonnement radioactif en se désintégrant. La majeure partie du rayonnement mesuré en surface provient des 30 à 40 cm supérieurs du sol. Le rayonnement issu de plus grande profondeur est absorbé par les couches sus-jacentes. Le débit de dose radioactive terrestre est enregistré à un mètre de hauteur et il est exprimé en nanosieverts par heure (nSv/h).

Le débit de dose radioactive est aussi variable que la composition des roches. En Suisse, on trouve des lithologies riches en uranium, thorium et potassium dans les Alpes principalement. Les valeurs les plus élevées sont mesurées dans les roches granitiques, qui ont une teneur élevée en potassium radioactif (dans le feldspath potassique). La carte du débit de dose radioactive terrestre a été établie par spectrométrie gamma mise en œuvre à différents niveaux: mesures d'échantillons de sol en laboratoire, mesures directes sur le terrain et mesures aériennes. Le débit de dose radioactive a ensuite été calculé en admettant qu'il est réparti uniformément dans le sol. Les différentes méthodes appliquées ont une résolution spatiale variable. Comme les points de mesure sont inégalement répartis sur le territoire suisse, les données existantes ont été interpolées pour obtenir un maillage régulier de 2×2 km.

Radiazione terrestre

Gli elementi naturali instabili, come l'uranio, il torio e il potassio, nei primi 30–40 cm di suolo forniscono la maggior parte della radiazione misurata in superficie. L'intensità della radiazione terrestre si misura a un metro dal suolo ed è espressa in nano-Sievert l'ora (nSv/h). In Svizzera le concentrazioni più elevate di uranio, torio e potassio si trovano soprattutto nelle rocce delle Alpi. La mappa dell'intensità della radiazione terrestre sfrutta diversi metodi di misurazione: quello spettrometrico di tipo gamma in laboratorio su campioni di terreno, quello aeroradiometrico e spettrometrico di tipo gamma in situ. I dati dei punti di misura sono interpolati su una griglia di 2×2 km.

Terrestrial Radiation

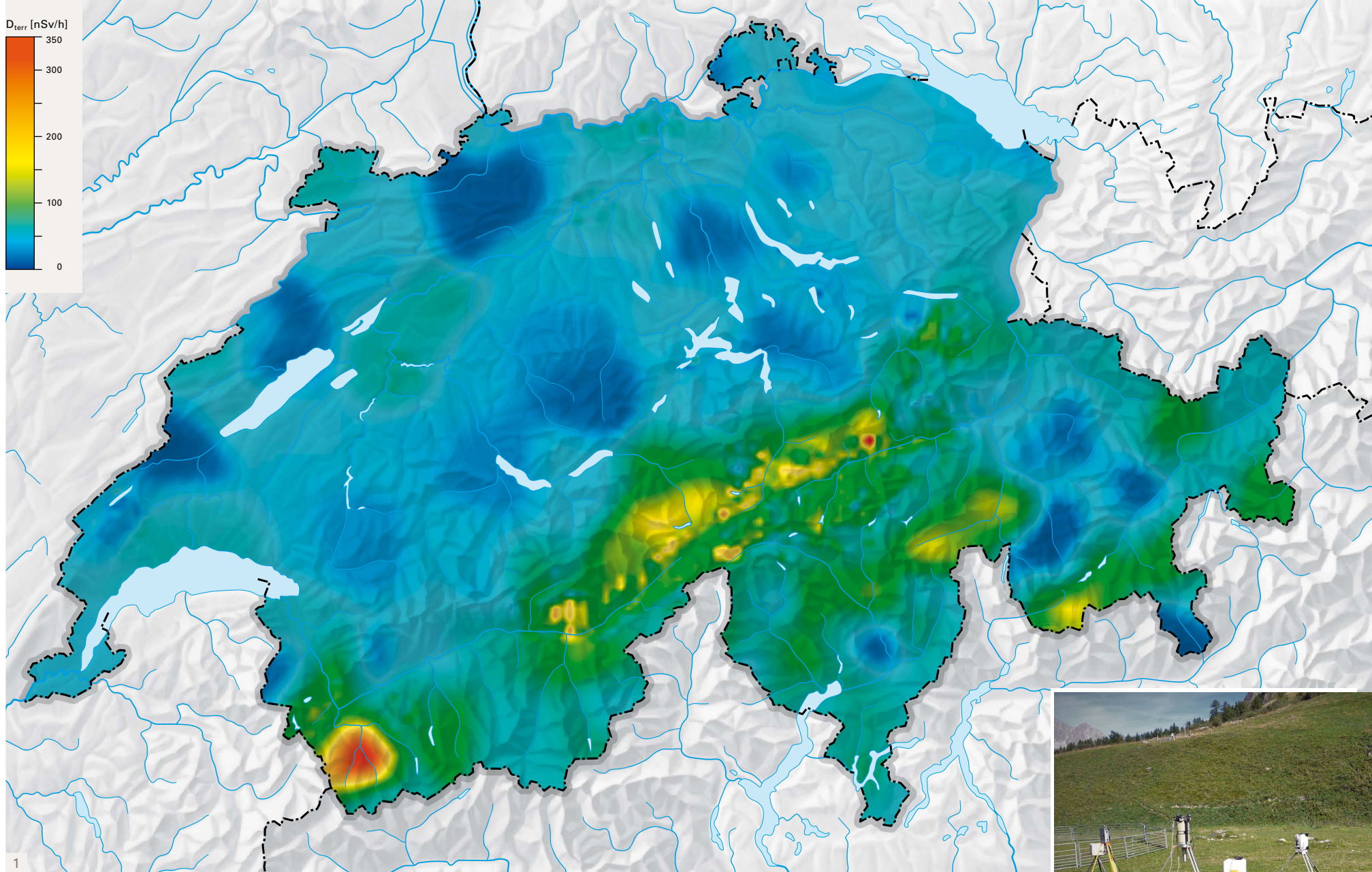
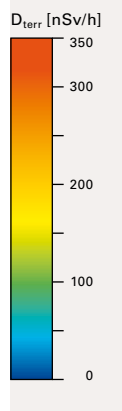
Naturally unstable elements – such as uranium, thorium, potassium – in the upper 30 to 40 cm of the ground yield the bulk of the measured terrestrial radiation at the surface. The terrestrial radiation level is recorded one meter above the ground in the unit of measure nano-Sievert per hour (nSv/h). In Switzerland, rocks with high concentrations of uranium, thorium and potassium are mainly found in the Alps. Various methods of measurement form the basis of the terrestrial radiation dosage map: gamma spectrometry measurements of soil samples in the laboratory and aero-radiometric and gamma spectrometric measurements on site. The data from the measured locations were interpolated into a grid of 2×2 km.

Weitere Informationen | Plus d'informations

Fachgruppe für Aeroradiometrie | Association d'aéroradiométrie
(www.far.ensi.ch)

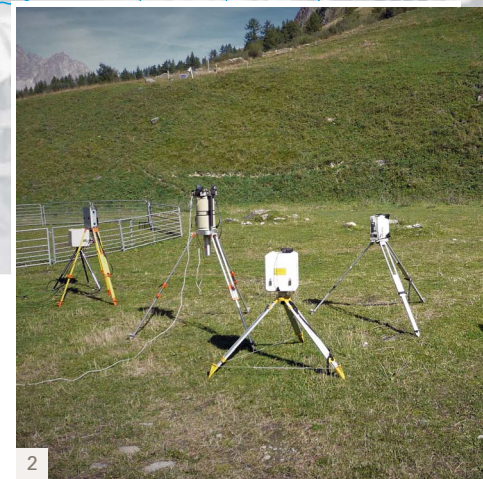
Datenquelle | Source des données

– Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat | Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (www.ensi.ch)
– Schweizerische Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique (www.sgpk.ethz.ch)
– RYBACH et al. (1997)



Legende 1 Karte der terrestrischen Dosisleistung (D_{terr}) in der Schweiz. 2 In-situ-Gammaspektrometrie (Feldmessung).

Légende 1 Carte de débit de dose terrestre (D_{terr}) en Suisse. 2 Spectrométrie gamma in situ (mesure sur le terrain).



Radonrisiko

Radon entsteht beim Zerfall von Uran im Erdreich und ist dort in unterschiedlicher Konzentration vorhanden.

Je durchlässiger der Untergrund ist, desto eher kann das Radongas bis zur Erdoberfläche aufsteigen. Durch undichte Stellen in der Gebäudehülle kann es in Wohn- und Aufenthaltsräume eindringen und sich in der Raumluft ansammeln. Eine laufende Heizung erzeugt eine Sogwirkung, wodurch dieser Vorgang verstärkt wird.

Personen, die langfristig hohen Radonwerten ausgesetzt sind, haben ein erhöhtes Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken. Dieses Risiko nimmt linear zur Radonkonzentration zu, die in Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m^3) gemessen wird. Radon ist nach dem Rauchen die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs und verursacht jährlich 200 bis 300 Todesfälle in der Schweiz. Die geologischen und klimatischen Bedingungen in unserem Land (uranhaltige Granitvorkommen und durchlässige Böden – z.B. Karstgebiete im Jura – sowie lange Heizperioden mit geringem Luftaustausch) verschärfen das Problem.

Gemäss der Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22. Juni 1994 gilt für Wohn- und Aufenthaltsräume ein gesetzlicher Grenzwert von $1000 \text{ Bq}/\text{m}^3$. Der Richtwert für Neu- und Umbauten beträgt $400 \text{ Bq}/\text{m}^3$. Gestützt auf neue epidemiologische Studien empfehlen die internationalen Gremien, den Wert von $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$ nicht zu überschreiten. Somit ist neu die gesamte Schweiz von der Radonproblematik betroffen. Der Bundesrat hat 2011 den «Nationalen Aktionsplan zum Schutz vor Radon» verabschiedet. Aufgrund der darin festgelegten Schwerpunkte kann die Schweiz ihre Strategie bis 2020, unter anderem durch eine Revision der StSV, anpassen. Auf der Basis dieser revidierten Grundlagen wird das Bundesamt für Gesundheit die Radonrisikokarte neu beurteilen.

Risque en radon

Le radon est issu de la désintégration radioactive de l'uranium dans le sous-sol, où il se trouve en concentrations variables. Plus celui-ci est perméable, plus le gaz radon monte facilement à la surface. Il peut pénétrer dans les locaux d'habitation en s'infiltrant par les défauts d'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment et s'accumuler dans l'air ambiant. L'effet d'aspiration du radon vers la cave augmente lorsque le chauffage est en marche.

Le risque de développer un cancer du poumon chez la personne qui respire du radon est proportionnel à sa concentration, exprimée en becquerels par mètre cube (Bq/m^3) et à la durée d'exposition. Le radon représente la deuxième cause de cancer du poumon après le tabagisme et fait 200 à 300 victimes par année en Suisse. Les conditions géologiques et climatiques qui prévalent dans notre pays (granites uranifères et terrains perméables – p.ex. le karst du Jura – longues périodes de chauffage avec une ventilation réduite) accentuent le problème.

Selon l'ordonnance du 22 juin 1994 sur la radioprotection (ORaP), la valeur limite applicable dans les locaux d'habitation et de séjour est de $1000 \text{ Bq}/\text{m}^3$. La valeur directrice pour les nouvelles constructions et les transformations est de $400 \text{ Bq}/\text{m}^3$. Sur la base des nouvelles études épidémiologiques, les instances internationales préconisent de ne pas dépasser la valeur de $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$. Ainsi, tout le territoire suisse est désormais concerné par le problème du radon. En 2011, le Conseil fédéral a approuvé le «Plan d'action national de protection contre le radon», qui fixe les axes principaux permettant d'adapter la stratégie suisse d'ici 2020, notamment par la révision de l'ORaP. L'Office fédéral de la santé publique réévaluera la carte du risque en radon en fonction des bases légales révisées.

Rischio radon

Il radon, un gas naturale radioattivo, deriva dal decadimento dell'uranio presente nel terreno in concentrazioni variabili. Esso può penetrare negli edifici e, se inalato per lunghi periodi e in concentrazioni elevate, aumenta il rischio di cancro ai polmoni. Il problema è aggravato dalle condizioni geologiche (granito e terreni carsici) e climatiche (stagione fredda prolungata con scarso ricambio d'aria) tipiche della Svizzera. L'Ordinanza federale del 22 giugno 1994 sulla radioprotezione (ORaP) fissa un limite di 1000 becquerel per metro cubo per i locali abitati e di svago, ma le organizzazioni internazionali raccomandano di non oltrepassare i $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$. La Confederazione ha adottato nel 2011 un piano d'azione nazionale contro il radon.

Radon Risk

The natural radioactive gas radon arises from the decay of uranium in the soil zone and is present there in variable concentrations. It can accumulate inside buildings. The risk of lung cancer increases if it is inhaled regularly at elevated concentrations. The geological (granite and karst soils) and climatic conditions (long heating periods with little ventilation) exacerbate the problem. The Radiation Protection Ordinance (StSV) of June 22, 1994 provides for a limit of 1000 Becquerels per cubic meter (Bq/m^3) in living and recreation rooms. The international committees now recommend a maximum value of $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$, and the federal government adopted a national radon action plan in 2011.

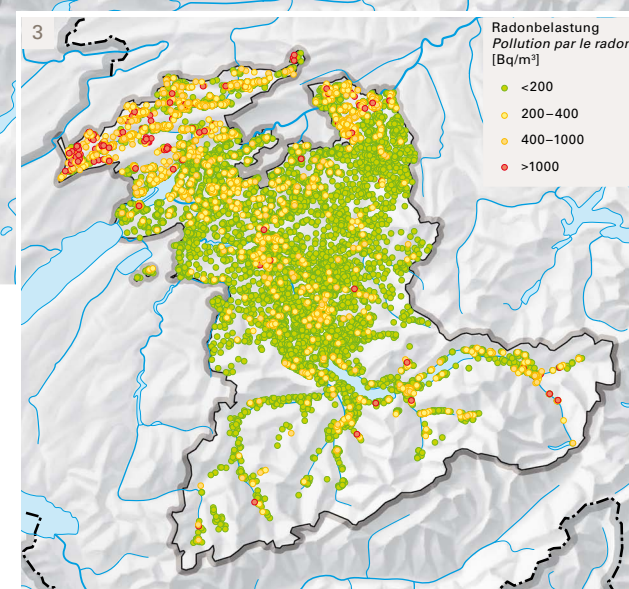
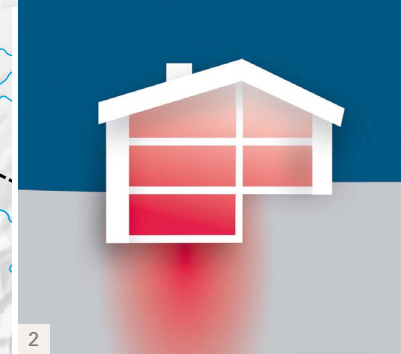
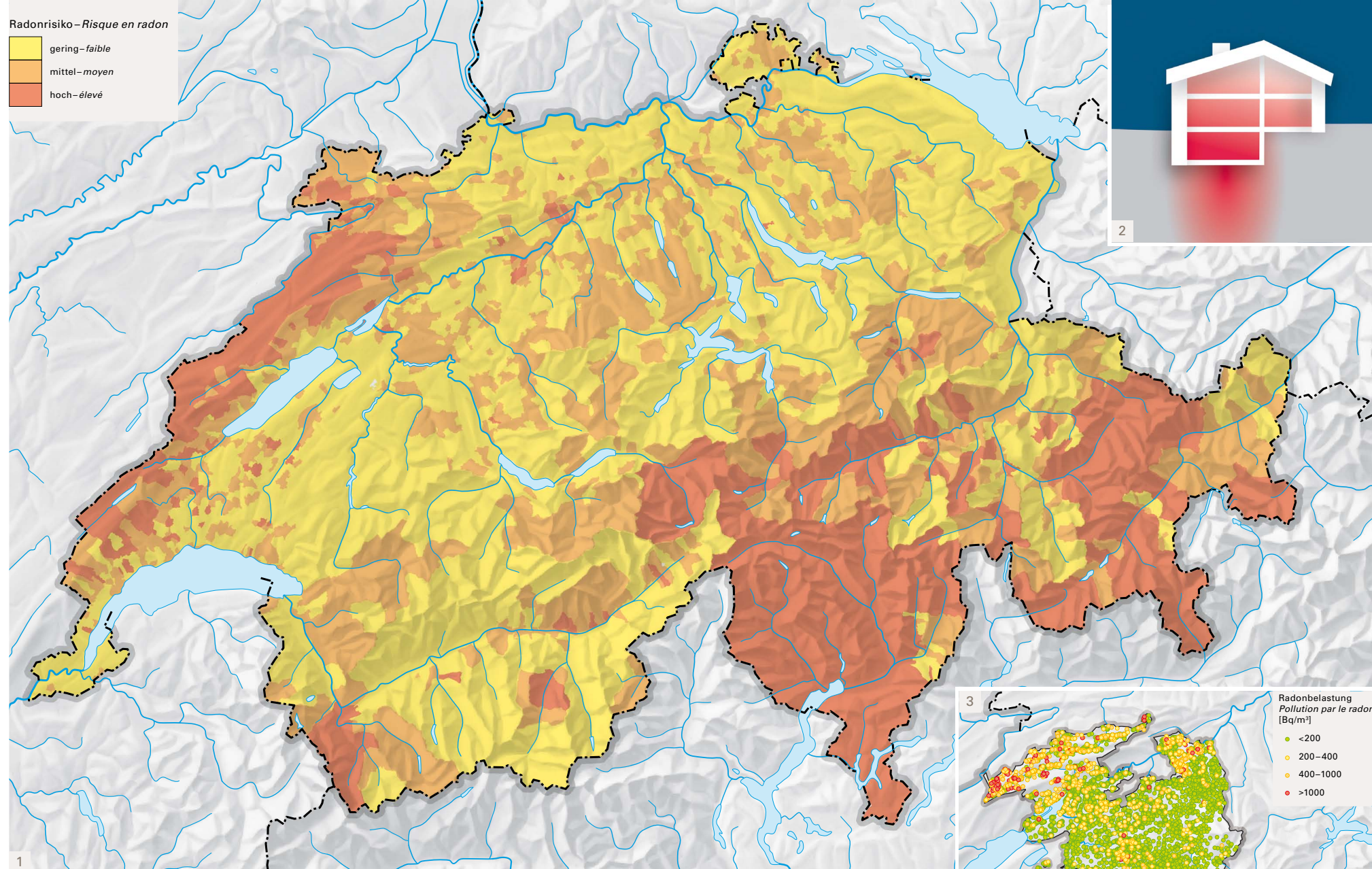
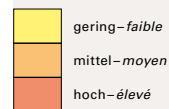
Weitere Informationen | Plus d'informations

Bundesamt für Gesundheit, Radon | Office fédéral de la santé publique, Radon (www.ch-radon.ch)

Datenquelle | Source des données

– Karte der Schweiz: Bundesamt für Gesundheit | Carte de la Suisse: Office fédéral de la santé publique (www.bag.admin.ch)
– Kantonale Karte: Geokatalog des Kantons Bern (www.be.ch/geoportal) | Carte cantonale: géocatalogue du Canton de Berne (www.be.ch/geoportail)

Radonrisiko – Risque en radon



Legende 1 Radonrisiko (arithmetischer Mittelwert der Gemeinden, Stand 2010). Die gemessenen Werte in Innenräumen bestimmen die Risikokategorien. 2 Radon steigt zur Erdoberfläche und reichert sich in Räumen an. 3 Die Radonkarte des Kantons Bern zeigt die Radonkonzentrationen in Innenräumen (Kantonales Laboratorium Bern, 01.2011).

Légende 1 Risque en radon (moyenne arithmétique par commune, état 2010). Les valeurs mesurées dans les espaces intérieurs ont été assignées à une catégorie de risque. 2 Le radon monte vers la surface et s'accumule dans les maisons. 3 La carte du radon du canton de Berne montre la concentration en radon à l'intérieur des bâtiments (Laboratoire cantonal de Berne, 01.2011).

Hochwassergefahren

Überschwemmungen durch Wildbäche, Flüsse und Seen können grosse Schäden verursachen. Um Mensch, Tiere und Sachwerte (Gebäude und Infrastrukturen) zu schützen, müssen die Gefahren erkannt werden. Auch dabei helfen geologische Datensätze.

Auslöser von Hochwassern ist meist intensiver oder langanhaltender Regen oder eine starke Schneeschmelze.

Wie viel Schaden Hochwasser anrichten, hängt davon ab, wie das Einzugsgebiet beschaffen ist und wie viel Wasser dort gespeichert werden kann. Die grössten Gefahren bei Hochwasser:

- Murgänge mit hoher Fließgeschwindigkeit und grosser Feststofffracht führen zur Übermuring und zur Bildung mächtiger Ablagerungen im Kegelbereich von Wildbächen.
- Überschwemmungen mit grossen Flutwellen oder starken Strömungen im Überflutungsbereich.
- Ufer- und Sohlenerosion (bzw. Seiten- und Tiefenerosion), wenn rasch strömendes Wasser Feststoffe vom Ufer oder von der Gerinnesohle aufnimmt und fortspült.

Ein integrales Risikomanagement kann Schäden gezielt verhindern oder begrenzen. Die Grundlagen hierzu werden systematisch erarbeitet, zum Beispiel durch Ereigniskataster, Gefahrenkarten und Risikoanalysen. Diese Grundlagen werden primär von den Kantonen erstellt.

Bei der Planung und dem Bau von Schutzbauten, wie z. B. Dämmen oder Geschiebesammlern, ist sicherzustellen, dass diese für den Überlastfall, also für Extremereignisse, dimensioniert sind.

Dangers liés aux crues

Les inondations causées par le débordement de rivières, de lacs et de torrents peuvent causer d'importants dommages.

Il faut identifier les dangers pour protéger les personnes, les animaux et les biens (bâtiments et infrastructures).

Les jeux de données géologiques servent aussi à cela.

Une crue est généralement due à des pluies intenses ou persistantes et/ou à la fonte de la neige. L'ampleur des dommages occasionnés par les crues dépend notamment des caractéristiques du bassin versant et des possibilités d'y stocker de l'eau. Les principaux dangers liés aux crues sont les suivants:

- Epandage d'alluvions, causé par des laves torrentielles s'écoulant rapidement, charriant de grandes quantités de matériaux solides et accumulant d'épais dépôts sur le cône de déjection d'un torrent.
 - Inondation, avec une grande hauteur d'eau ou de forts courants dans la zone submergée.
 - Erosion des berges et du lit (ou érosion latérale et creusement vertical), causée par un cours d'eau à fort débit qui arrache des matériaux sur les berges et au fond du lit.
- Une gestion intégrée des risques permet de prévenir ou de limiter les dommages d'une manière ciblée. Les données de base sur les dangers, telles que cadastres des événements, cartes des dangers et analyses des risques, doivent être élaborées systématiquement. Elles sont établies en premier lieu par les cantons.
- Lors de la planification et de la construction d'ouvrages de protection, comme la réalisation d'une digue ou d'un dépotoir à alluvions, il faut s'assurer que ces mesures restent efficaces en cas de surcharge, survenant lors d'un événement extrême.

Pericoli associati alle piene

In un periodo di piena il livello o la quantità di acqua superano una soglia critica. Le cause sono di solito piogge intense o prolungate o lo scioglimento della neve. I danni dipendono soprattutto dalla struttura del bacino imbrifero e da come l'acqua può esservi immagazzinata. I principali pericoli legati alle piene sono i depositi delle colate detritiche torrentizie, le inondazioni con un alto livello d'acqua o forti correnti nella zona sommersa e l'erosione degli argini o del letto dei fiumi causata dalla forte corrente. Una gestione integrata dei rischi può prevenire o limitare i danni. A questo scopo, le informazioni di base riguardanti i pericoli (catasto degli eventi, carte dei pericoli, ecc.) devono essere maggiormente elaborate.

Flood Hazards

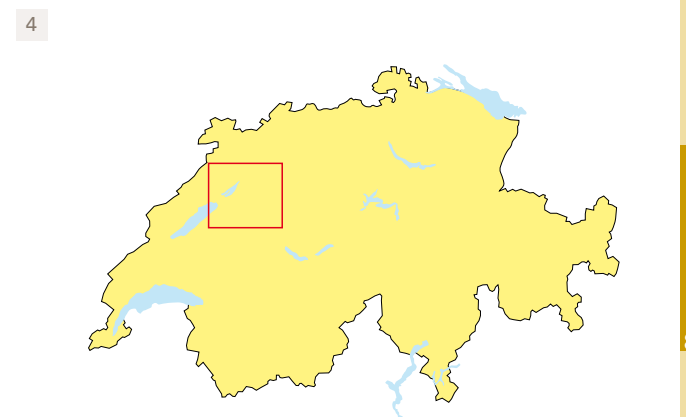
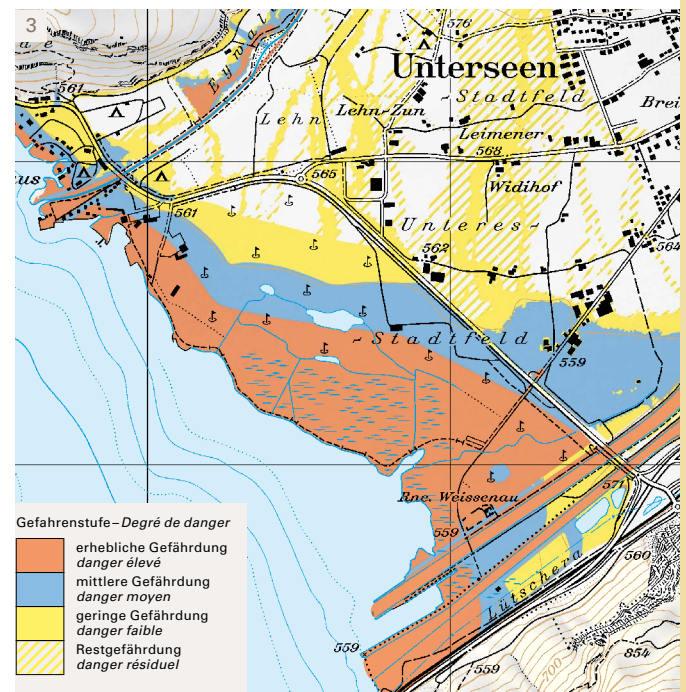
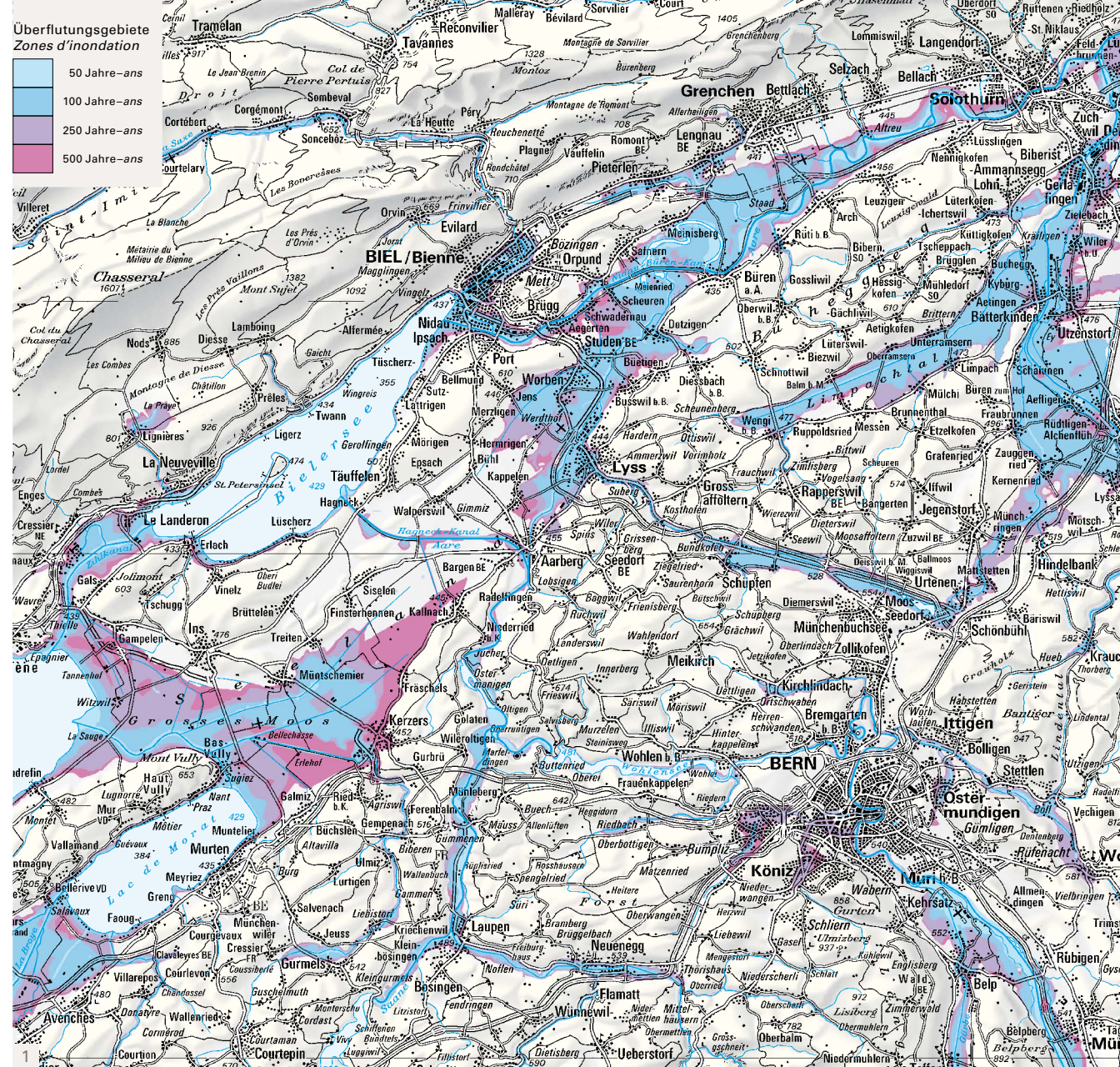
During a flood, the level or quantity of a water body exceeds a threshold. The causes of this are usually intensive or prolonged rain or snow melt. The resulting damage depends on how the catchment area is structured and how water can be stored there. Floods endanger by means of debris flows, excessive water depths or strong currents in the flooded area. In addition strongly flowing water can pick up and wash away sediments from the river bank or channel bottom. An integrated risk management system can prevent or limit damage. For this, basic hazard information (event register, hazard maps etc.) needs to be developed.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Bundesamt für Umwelt, Web-GIS | Office fédéral de l'environnement, Web-SIG (map.bafu.admin.ch)
- Nationale Plattform Naturgefahren | Plate-forme nationale Dangers naturels (www.planat.ch)

Datenquelle | Source des données

- Aquaprotect: Bundesamt für Umwelt, Naturgefahren | Aquaprotect: Office fédéral de l'environnement, Dangers naturels (www.bafu.admin.ch/naturgefahren)
- Gefahrenkarte: Kanton Bern | Carte de danger: Canton de Berne (www.naturgefahren.sites.be.ch)



Legende 1 Modellierung der Überschwemmungsgebiete für verschiedene Wiederkehrperioden, Ausschnitt: Projekt Aquaprotect 1:50 000 (2008). 2 Hochwasser 2005, Industriegebiet in Sarnen (OW). 3 Beispiel einer Gefahrenkarte 1:5000 (Hochwasser, 2012). 4 Abdeckung der Karten Aquaprotect; gelb: Vektordatensatz, rotes Rechteck: Lokalisierung des Ausschnitts 1.

Légende 1 Modélisation des zones inondables en fonction de différentes périodes de retour, extrait: projet Aquaprotect 1:50 000 (2008). 2 Inondations de 2005, une zone industrielle à Sarnen (OW). 3 Exemple d'une carte de danger 1:5000 (crues, 2012). 4 Couverture des cartes Aquaprotect; jaune: jeu de données vectorielles, rectangle rouge: localisation de l'extrait 1.

Massenbewegungen

Massenbewegungen, wie Steinschlag, Rutschungen oder Hangmuren, können Menschen an Leib und Leben gefährden. Auch Gebäude, Infrastrukturen, Kulturland und Wald können mit einem Schlag zerstört oder kontinuierlich geschädigt werden. Die Geologie schafft die Grundlagen für ein integrales Risikomanagement.

Massenbewegungen sind hangabwärts gerichtete Verlagerungen von Fest- und Lockergesteinen und Bodenmaterial. Dazu gehören einerseits schnell und plötzlich auftretende Sturzprozesse, wie Stein- und Blockschlag sowie Fels- und Bergsturz, andererseits langsam und kontinuierlich ablaufende Prozesse, wie Rutschungen und Hangmuren. Diese Massenbewegungen werden durch verschiedenste Faktoren ausgelöst und unterscheiden sich in Ablauf und Wirkung deutlich voneinander.

Sechs bis acht Prozent der Fläche der Schweiz können in Bezug auf Massenbewegungen als instabil bezeichnet werden. Am stärksten betroffen sind die Alpenkantone, die voralpinen Gebiete zwischen dem Genfer- und dem Bodensee sowie Teile des Faltenjuras.

Um mit der Gefahr von Massenbewegungen sachgerecht umzugehen, sind Instrumente zur Bewertung der Gefahren zu erarbeiten, zum Beispiel in Form von Gefahrenhinweis- oder Gefahrenkarten und von Risikoanalysen. Primär sind hierfür die Kantone zuständig. Im Sinne des integralen Risikomanagements können geeignete Massnahmen umgesetzt werden, wie beispielsweise Bauverbote in stark gefährdeten Gebieten, Nutzungseinschränkungen, Umsiedlung von gefährdeten Anlagen und Infrastrukturen, Schutzbauten, Überwachung gefährlicher Hänge oder Evakuationspläne.

Mouvements de terrain

Les mouvements de terrain tels que chutes de pierres, glissements de terrain ou coulées de boue menacent parfois des personnes lorsqu'ils se produisent soudainement. Les bâtiments, les infrastructures, les terres cultivées et les forêts peuvent aussi être détruits d'un seul coup ou endommagés petit à petit. La géologie produit les bases d'une gestion intégrée des risques.

Les mouvements de terrain sont des déplacements vers l'aval de roche cohérente ou meuble ou de sol. Ils peuvent être rapides et soudains, comme les chutes de pierres et de blocs, les éboulements, les écroulements et les coulées de boue, ou lents et continus, comme les glissements de terrain. Déclenchés par toutes sortes de facteurs, ils diffèrent considérablement par leur déroulement et leurs effets. Ces instabilités touchent 6–8 % de la superficie de la Suisse: les cantons alpins, les Préalpes entre le lac Léman et le lac de Constance et certains secteurs du Jura plissé sont les plus affectés.

Pour gérer judicieusement le danger occasionné par les mouvements de terrain, il faut élaborer des documents de base, par exemple des cartes de dangers ou des analyses des risques. La compétence en la matière incombe d'abord aux cantons. Pour assurer une gestion intégrée des risques, ils peuvent ordonner des mesures telles qu'interdiction de construire dans une zone de danger élevé, restriction d'utilisation du sol, déplacement d'installations et d'infrastructures menacées, construction d'ouvrages de protection comme des filets pare-pierres, surveillance de pentes dangereuses ou élaboration de plans d'évacuation.

Movimenti di terreno

I movimenti di massa sono spostamenti gravitativi di materiale proveniente sia da roccia consolidata sia da depositi sciolti, come pure dal suolo: ne fanno parte le frane veloci e improvvise, quelle lente e le colate detritiche. I movimenti di massa improvvisi possono mettere in pericolo la vita umana e distruggere edifici, infrastrutture, terreni agricoli e forestali. Il 6–8 % della superficie della Svizzera è soggetta a movimenti di massa: la zona più colpita sono i cantoni alpini, le Prealpi tra il Lago di Ginevra e il Lago di Costanza e alcune parti del Giura a pieghe. Per la gestione integrata del rischio è necessario elaborare carte dei pericoli e analisi del rischio. I cantoni ne sono i principali responsabili.

Mass movements

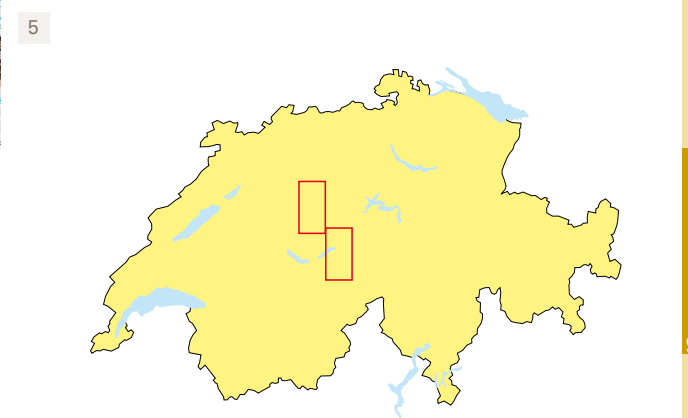
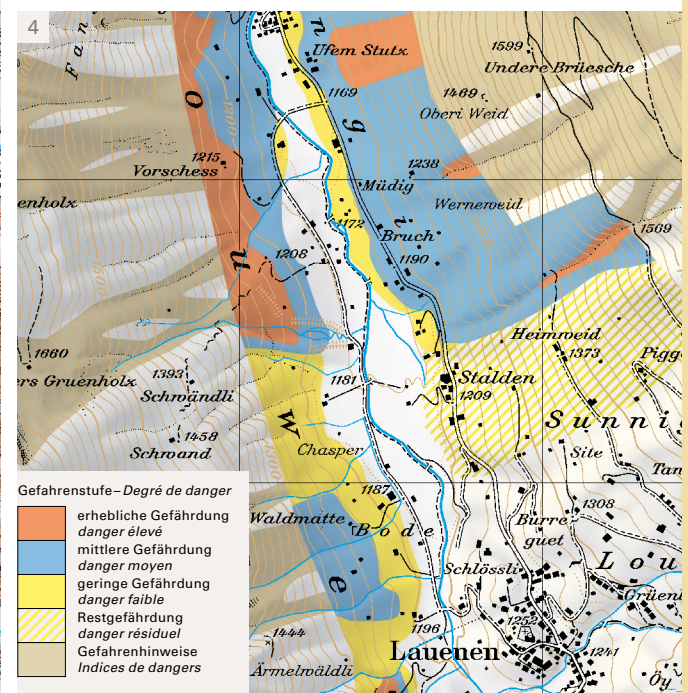
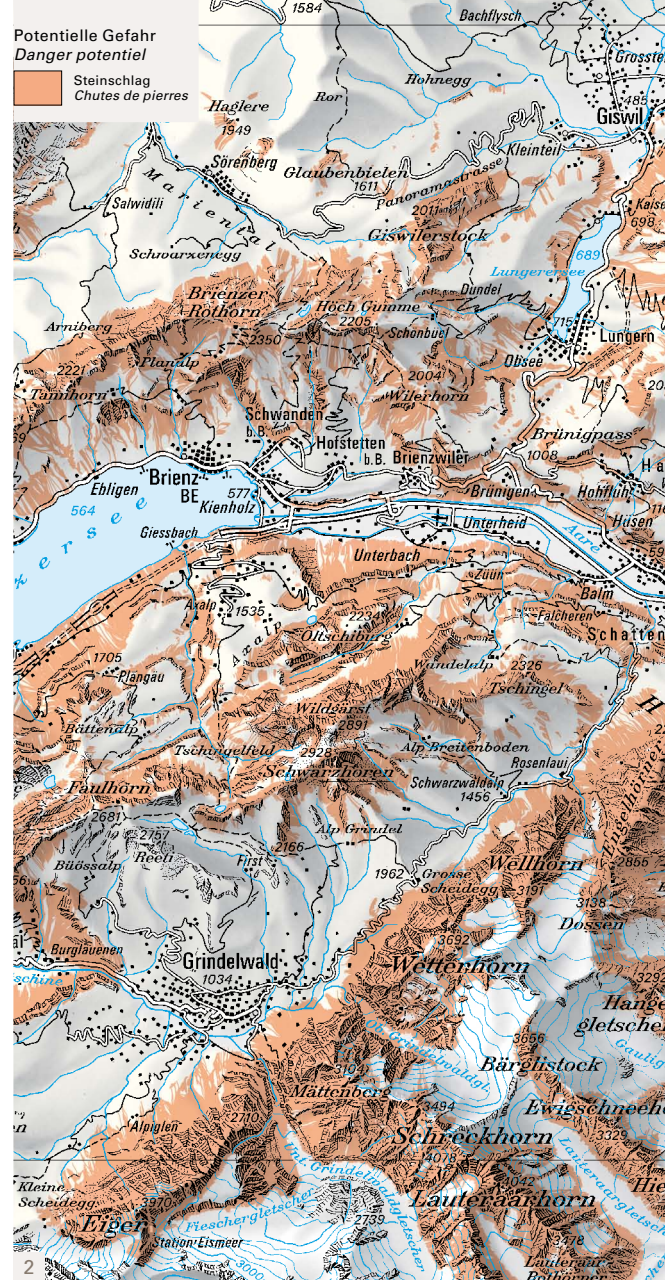
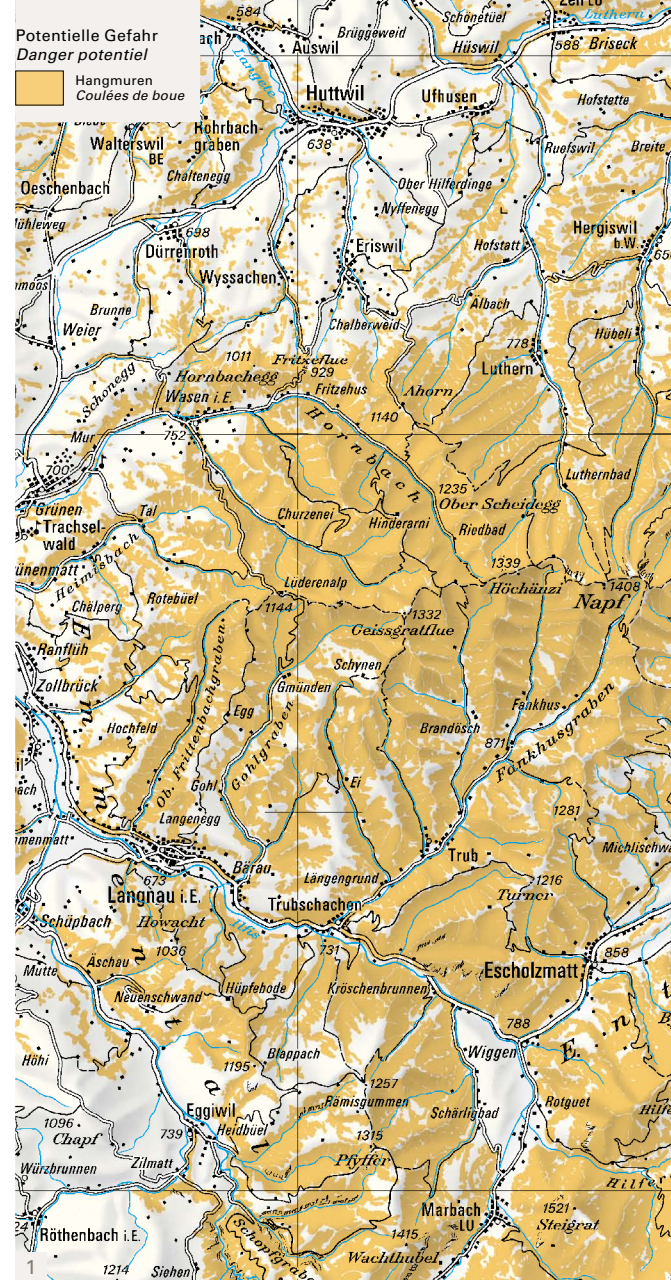
Mass movements are downslope directed displacements of solid and unconsolidated rocks as well as soil material. Quick, sudden gravitational processes and continuous running landslides also fall into this category. Sudden mass movements can endanger human life and destroy buildings, infrastructure, farmland and forest. In Switzerland 6–8 % of the surface area is unstable because of mass material movements. Most affected are the Alpine cantons, parts of the Folded Jura and the Swiss prealpine regions between Geneva and Lake Constance. Hazard indication maps or hazard maps and risk analyses are developed in accordance with integrated risk management principles. Here the cantons have primary responsibility.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Bundesamt für Umwelt, Web-GIS | Office fédéral de l'environnement, Web-SIG (map.bafu.admin.ch)
- Nationale Plattform Naturgefahren | Plate-forme nationale Dangers naturels (www.planat.ch)

Datenquelle | Source des données

- SilvaProtect-CH: Bundesamt für Umwelt | SilvaProtect-CH: Office fédéral de l'environnement (www.bafu.admin.ch/naturgefahren, www.bafu.admin.ch/silvaprotect)
- Gefahrenkarte: Kanton Bern | Carte de danger: Canton de Berne (www.be.ch)



Legende 1 Modellierung der potentiellen Hangmuren- und 2 der Steinschlaggefährdung, Ausschnitte: Projekt SilvaProtect-CH 1:25000 (2006). 3 Rutschung in Feldweid (LU) nach Unwetter, 2005. 4 Beispiel einer Gefahrenkarte «Steinschlag» 1:5000 (2012). 5 Abdeckung der Karten SilvaProtect-CH; gelb: Vektordatensatz, rote Rechtecke: Lokalisierung der Ausschnitte 1 und 2.

Légende 1 Modélisation des dangers potentiels de coulées de boue et 2 de chutes de pierres, extraits: SilvaProtect-CH 1:25 000 (2006). 3 Glissement de terrain à Feldweid (LU), intempéries de 2005. 4 Exemple d'une carte de danger «chutes de pierres» 1:5000 (2012). 5 Couverture des cartes SilvaProtect-CH; jaune: jeu de données vectorielles, rectangles rouges: localisation des extraits 1 et 2.

Permafrost

Der Begriff Permafrost (permanenter Bodenfrost) bezeichnet Untergrundmaterial wie Fels oder Schutt, dessen Temperatur ganzjährig unter 0°C liegt. Modellberechnungen zufolge umfasst die Ausdehnung des Permafrostes in der Schweiz etwa 5 % der Landesfläche (zum Vergleich: die Gletscherfläche beträgt etwa 2,5 %). Sein Vorkommen wird in erster Linie durch Klima, Topographie und Untergrundeigenschaften bestimmt.

An der Oberfläche ist Permafrost weder sicht- noch messbar. Oft liegt er unter einer mehreren Meter mächtigen Deckschicht (active layer), die bei warmen Temperaturen auftaut. Die Permafrostschicht selbst kann bis zu einige hundert Meter mächtig sein. Die räumliche Verteilung des Phänomens ist sehr unterschiedlich: Schutthalden, Moränen und Felswände können Permafrost enthalten. Typische Formen, welche mit Permafrost zusammenhängen, sind Blockgletscher, Eiswände und Hängegletscher. In diesen Zonen brechen vermehrt Felsstürze oder Murgänge aus. Lockermaterial, das mit Eis übersättigt ist, kriecht oft langsam talwärts. Für Bauwerke auf Permafrostböden, wie Seilbahnstationen, kann dies problematisch sein. Darüber hinaus kann der Klimawandel ein Auftauen der Permafrostgebiete bewirken und damit die Häufigkeit und Intensität von Rutschungen und anderen gefährlichen Massenbewegungen, z.B. Felsstürzen, beeinflussen.

Mit Hilfe von Computermodellen lässt sich die Fläche der Permafrostverbreitung abschätzen. Permafrostbewegungen können ebenfalls mit der satellitengestützten Radarinterferometrie ermittelt werden.

Pergélisol

Le terme «pergélisol» (sol gelé en permanence, aussi appelé «permafrost») désigne un sous-sol, composé par exemple de roche ou d'éboulis, dont la température reste constamment inférieure à 0°C. D'après certains modèles numériques, l'extension du pergélisol atteint près de 5 % de la superficie de la Suisse (contre environ 2,5 % pour les glaciers). Sa présence est principalement liée au climat, à la topographie et à la nature du sous-sol.

Le pergélisol n'est ni visible, ni mesurable en surface: il se trouve souvent sous une couverture de plusieurs mètres (couche active) qui dégèle lorsque la température augmente. La couche de pergélisol proprement dite peut atteindre plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. L'extension spatiale de ce phénomène est très variable: les éboulis, les moraines et les parois rocheuses peuvent en renfermer. Les glaciers rocheux, les parois glaciaires et les glaciers suspendus sont des manifestations typiques de pergélisol. Ces zones sont de plus en plus souvent la source d'éboulements ou de laves torrentielles. Souvent, les matériaux meubles imprégnés de glace se déplacent lentement vers l'aval par reptation. Le pergélisol est de nature à poser des problèmes aux ouvrages tels qu'installations de remontées mécaniques. Le changement climatique peut le faire fondre et influencer ainsi la fréquence et l'intensité des glissements et d'autres mouvements de terrain dangereux comme les éboulements. L'extension du pergélisol est estimée à l'aide de modèles numériques. Ses mouvements peuvent être détectés par interférométrie radar satellitaire.

Permafrost

Il permafrost (suolo permanentemente gelato) è materiale roccioso o detritico, che si trova nel sottosuolo, la cui temperatura rimane sempre sotto gli 0°C. Il fenomeno è visibile in alcune particolari forme del paesaggio ed è diffuso in tutta la Svizzera: secondo alcuni modelli la sua estensione raggiungerebbe il 5 % del territorio nazionale. La presenza e l'estensione del permafrost sono condizionate principalmente dal clima, dalla topografia e dalle proprietà del sottosuolo. Esso può avere uno spessore di alcune centinaia di metri e di solito si trova sotto uno strato superficiale spesso diversi metri che si scioglie quando le temperature sono elevate. Con l'aiuto di modelli numerici è possibile determinarne l'estensione spaziale.

Permafrost

Permafrost (permanent ground frost) denotes subsurface material such as bedrock or debris with a temperature lying below 0°C all year round. The phenomenon is visible in particular forms in the countryside and spread throughout Switzerland: according to model calculations, the extent of the permafrost in Switzerland covers about 5 % of the land area. Permafrost lies below a typically several meter-thick cover layer, which thaws at high temperatures. Its occurrence is primarily determined by climate, topography and subsurface properties. The permafrost layer itself can be up to several hundred meters thick. The surface of the permafrost distribution can be estimated with the aid of computer models.

Weitere Informationen | Plus d'informations

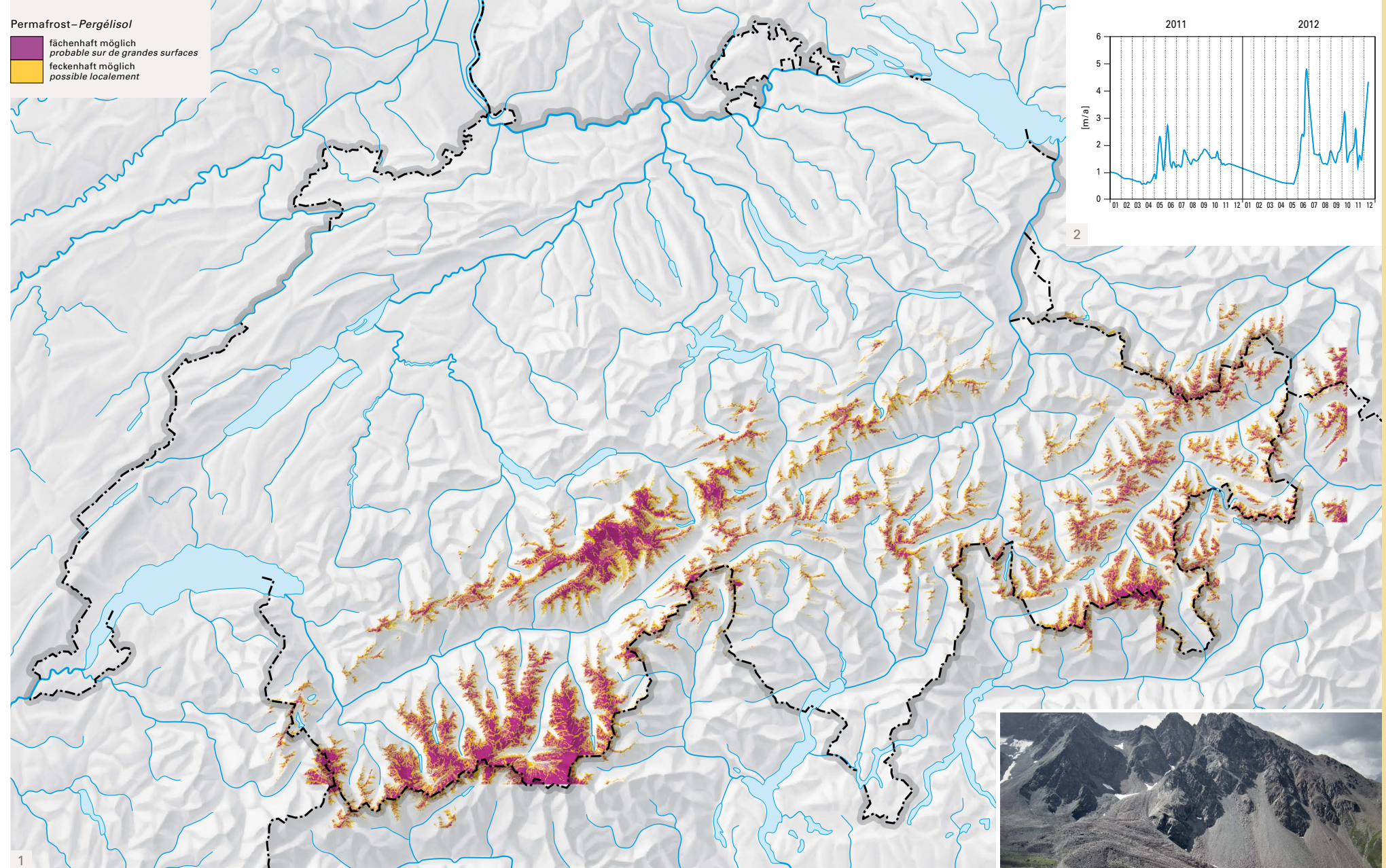
- Bundesamt für Umwelt, Web-GIS | Office fédéral de l'environnement, Web-SIG (map.bafu.admin.ch)
- PERMOS, Swiss Permafrost Monitoring Network (www.permos.ch)
- Expertenkommission für Kryosphärenmessnetze | Commission d'Experts pour la Cryosphère (www.cryosphere.ch)

Datenquelle | Source des données

Bundesamt für Umwelt | Office fédéral de l'environnement (www.bafu.admin.ch/naturgefahren)

Permafrost – Pergélisol

fächenhaft möglich
probable sur de grandes surfaces
 feckenhaft möglich
possible localement



Legende 1 Hinweiskarte zur potenziellen Permafrostverbreitung 1:50 000 (2005). 2 Geschwindigkeit in m/Jahr des Blockgletschers Dirru, Mattertal (VS), seit Januar 2011. 3 Formen, welche mit Permafrost in Zusammenhang gebracht werden, sind Blockgletscher, Eiswände und Hängegletscher. Aktiver Blockgletscher im Val Muragl (GR).

Légende 1 Carte de l'extension potentielle du pergélisol 1:50 000 (2005). 2 Vitesse en m/an du glacier rocheux Dirru, Vallée de Zermatt (VS) depuis janvier 2011. 3 Les glaciers rocheux et suspendus et les parois glaciaires sont des manifestations de pergélisol. Glacier rocheux actif dans le Val Muragl (GR).



Historische Seismizität

Angaben über Ort und Stärke von Erdbeben beruhen entweder auf Beobachtungen ihrer Auswirkungen auf Natur, Mensch und Bauten oder auf instrumentellen Aufzeichnungen. Beide Arten von Daten sind wichtig für die Abschätzung der Erdbebengefährdung.

Der erste Seismograph in der Schweiz wurde 1911 oberhalb von Zürich installiert. Ein landesweites seismisches Beobachtungsnetz stand jedoch erst ab etwa 1975 zur Verfügung. Dementsprechend spricht man vor dieser Zeit von historischen Erdbeben. Die seit 1879 aufgetretenen Beben sind in den Jahresberichten der Schweizerischen Erdbebenkommission bzw. des Schweizerischen Erdbebendienstes dokumentiert. Über Beben vor 1879 geben historische Dokumente Auskunft. Den aus diesen Quellen abgeleiteten Auswirkungen vergangener Beben wird eine so genannte makroseismische Intensität (von I bis XII) zugeordnet. Hingegen ist die Magnitude ein im Prinzip nur instrumentell bestimmbares Mass der Stärke eines Erdbebens. Für historische Beben wird die Magnitude aus den überlieferten Intensitäten berechnet. Diese Umrechnung beruht auf der Auswertung von Ereignissen, für welche sowohl umfangreiche makroseismische Intensitätsangaben als auch ein zuverlässiger Magnitudenwert vorliegen. Da ein umfassender, auf homogenen Magnituden basierender Erdbebenkatalog eine unerlässliche Voraussetzung für die Abschätzung der Erdbebengefährdung darstellt, ist die Erhebung makroseismischer Intensitäten auch im Zeitalter der instrumentellen Aufzeichnungen eine wichtige Aufgabe. Alle in der Karte eingezeichneten Erdbeben sind von der Bevölkerung zumindest gespürt worden. Einige haben auch erhebliche Gebäudeschäden verursacht.

Sismicité historique

Les données sur la localisation et la force des tremblements de terre ont été collectées soit en observant leurs effets (sur la nature, les personnes et les constructions) ou en les mesurant au moyen d'instruments. Ces deux types d'informations sont importants pour estimer l'aléa sismique.

Le premier sismographe de Suisse a été installé au-dessus de Zurich en 1911. Mais l'ensemble du territoire helvétique n'est couvert par un réseau d'observation sismique que depuis 1975. Les tremblements de terre antérieurs sont qualifiés d'historiques. Ceux qui se sont produits après 1879 sont documentés dans les rapports annuels de la Commission nationale des tremblements de terre, puis du Service sismologique suisse. Ceux qui datent d'avant 1879 sont relatés dans des documents historiques. On confère une intensité macrosismique (de I à XII) aux effets des tremblements de terre décrits dans ces sources, alors que la magnitude exprime leur force intrinsèque et ne peut, en principe, être déterminée qu'au moyen de mesures instrumentales. La magnitude des séismes historiques est calculée à partir de leur intensité décrite. Cette conversion se base sur une compilation d'événements pour lesquels nous disposons à la fois de nombreuses données d'intensité macrosismique et d'une valeur de magnitude fiable. Il est très important de collecter des intensités macrosismiques, même à l'ère des enregistrements automatiques, car l'estimation de l'aléa sismique passe obligatoirement par un catalogue exhaustif basé sur des valeurs homogènes de la magnitude. Tous les tremblements de terre consignés dans la carte ont été ressentis par la population. Certains d'entre eux ont aussi gravement endommagé des bâtiments.

Sismicità storica

Il primo sismografo è stato installato in Svizzera nel 1911, mentre la rete nazionale di monitoraggio sismico è attiva dal 1975 circa. Di conseguenza, per gli eventi antecedenti al 1975 si parla di terremoti storici. Le intensità macrosismiche vengono assegnate in base agli effetti secondari dei terremoti. Per gli eventi storici la magnitudo (misura dell'energia rilasciata) viene valutata in base alle stime di intensità dedotte dai documenti. Per la stima della pericolosità sismica è essenziale che il catalogo sia basato su magnitudo omogenee, per questo motivo lo studio delle intensità macrosismiche rimane un dovere importante del Servizio Sismologico Svizzero. La mappa riporta tutti i terremoti percepiti dalla popolazione.

Historical Seismicity

In Switzerland, the first seismograph was installed in 1911. However, a nationwide seismic observatory network has been available only since about 1975. Accordingly before this time, we speak about historical earthquakes. The reported effects of past quakes are assigned a so-called macroseismic intensity. For historical quakes, the magnitude is calculated from the given intensities. Because a comprehensive earthquake catalog, based on homogeneous magnitudes, represents a vital requirement for the appraisal of earthquake hazard, the surveying of macroseismic intensities is today also an important task of the Swiss Seismological Service. All of the earthquakes marked on the map have at least been felt by the population.

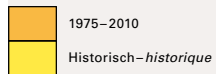
Weitere Informationen | Plus d'informations

- Schweizerischer Erdbebendienst | Service sismologique suisse (www.seismo.ethz.ch)
- Bundesamt für Umwelt, Erdbeben, Web-GIS | Office fédéral de l'environnement, Tremblements de terre, Web-GIS (www.bafu.admin.ch/erdbeben)

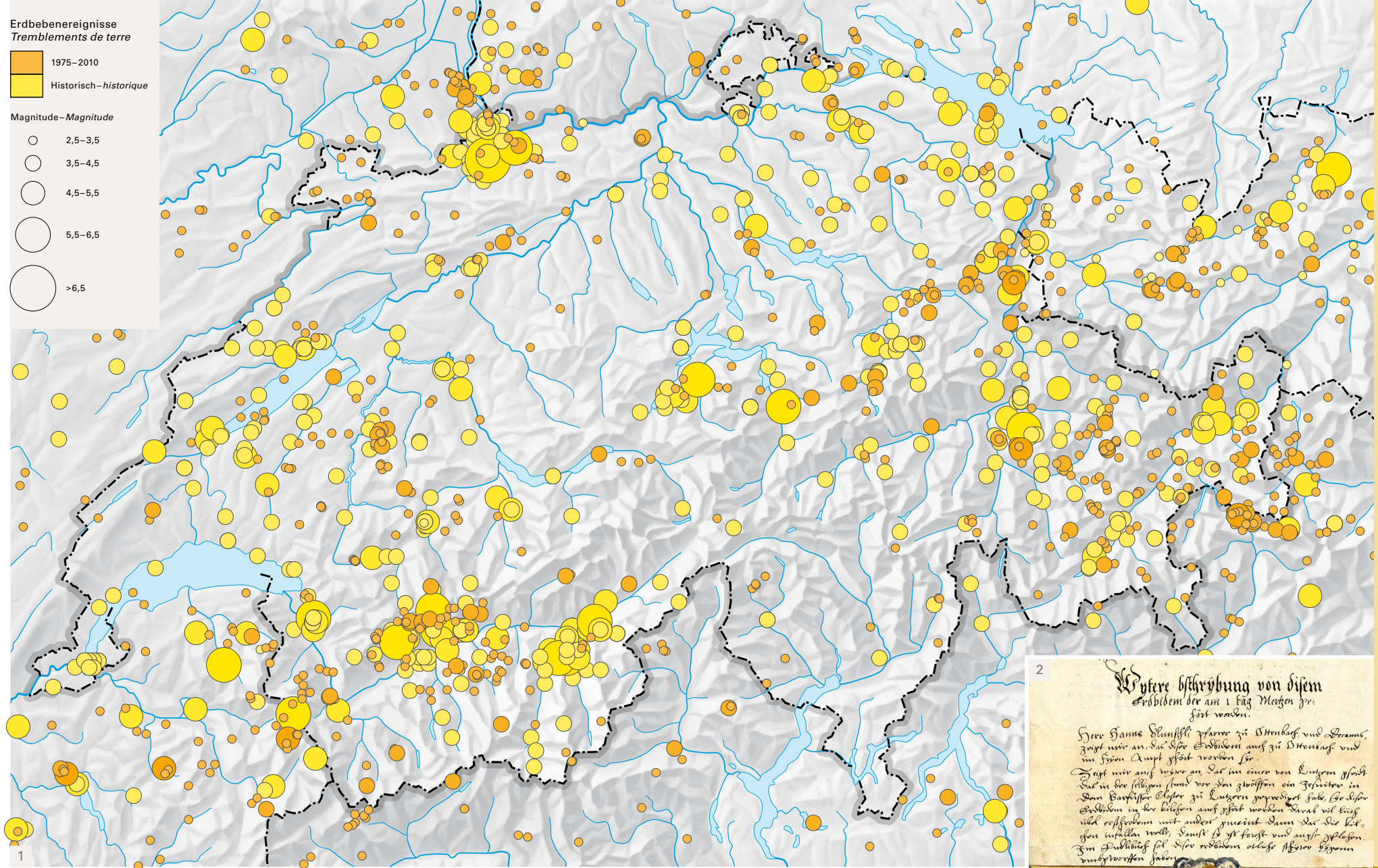
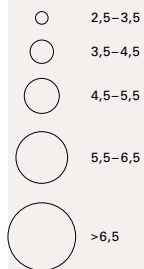
Datenquelle | Source des données

Schweizerischer Erdbebendienst | Service sismologique suisse (www.seismo.ethz.ch)

Erdbebenereignisse
Tremblements de terre



Magnitude–Magnitude



Legende 1 Epizentren der Erbeben ab Magnitude 2,5; orange: Instrumentelle Seismizität, Zeitraum 1975–2010, gelb: historische Erdbeben ab ca. 1000 n.Chr. Die Übereinstimmung der beiden Verteilungen zeigt, dass wir für die Gefährdungsanalyse einen Beobachtungszeitraum von mehr als 1000 Jahren haben. **2** Historisches Dokument über das Erdbeben in Aigle (VD) vom 11. März 1584.

Légende 1 Epicentres des tremblements de terre de magnitude supérieure ou égale à 2,5; orange: activité sismique mesurée entre 1975 et 2010, jaune: séismes historiques à partir de 1000 ap. J.-C. La coïncidence des deux répartitions montre que nous disposons d'une période d'observation de plus de mille ans. **2** Document historique décrivant le tremblement de terre du 11 mars 1584 à Aigle (VD).



Seismizität von 1996 bis 2010

Seit 1975 besteht ein landesweites seismisches Beobachtungsnetz mit hochempfindlichen Instrumenten, die auch kleine, von Menschen nicht wahrnehmbare Beben aufzeichnen. Die Resultate der laufenden Auswertungen dieser Daten werden seit 1996 in jährlichen Berichten des Schweizerischen Erdbebendienstes (SED) dokumentiert.

Dieses Beobachtungsnetz wird laufend verfeinert und den sich verändernden Bedürfnissen und technischen Entwicklungen angepasst. Die Daten werden kontinuierlich an den SED in Zürich übermittelt, wo sie erst automatisch ausgewertet und anschliessend manuell überarbeitet werden. Innerhalb der Schweiz lässt sich in den meisten Fällen der Ort eines Bebens (Epizentrum) mit einer Genauigkeit von 1–2 km bestimmen. Die Herdtiefen sind hingegen oft mit Fehlern von bis zu 10 km behaftet. Die Karte zeigt die Epizentren aller im Zeitraum von 1996 bis 2010 vom SED lokalisierter Erdbeben. Die Magnituden dieser Ereignisse reichen von 0,1 bis 5,1 auf der Richter-Skala. Trotz der verbleibenden Unsicherheiten bei der Bestimmung der Herdtiefe einzelner Beben lassen sich signifikante regionale Unterschiede in der Tiefenausdehnung der Erdbebenherde belegen. Unter dem nördlichen Alpenvorland sind sie über die gesamte Erdkruste bis zu Tiefen von mehr als 30 km verteilt. Unter den Alpen jedoch, wo die Krusten-Mantel-Grenze (Moho) sich in einer Tiefe von 40–55 km befindet, beschränken sie sich auf die obersten 10–15 km.

Activité sismique entre 1996 et 2010

Sur tout le territoire helvétique, depuis 1975, un réseau d'observation sismique, équipé d'appareils ultrasensibles, enregistre même des tremblements de terre imperceptibles pour l'être humain. Les résultats de l'analyse régulière des enregistrements sont consignés depuis 1996 dans les rapports annuels du Service sismologique suisse (SED). Ce réseau d'observation est constamment perfectionné et adapté à l'évolution des besoins et de la technologie. Les données mesurées sont transmises en continu au SED, à Zurich, où elles sont analysées automatiquement, puis retraitées manuellement. En Suisse, la position d'un tremblement de terre (épicerentre) est généralement déterminée avec une précision absolue d'un à deux kilomètres. La profondeur du foyer est en revanche souvent entachée d'une imprécision pouvant aller jusqu'à dix kilomètres. La carte indique les épicercentres des tremblements de terre localisés par le SED entre 1996 et 2010 dont la magnitude varie entre 0,1 et 5,1 sur l'échelle de Richter. La profondeur des foyers, malgré l'incertitude affectant la détermination de sa valeur, montre des différences régionales significatives. Au nord des Alpes, sous l'avant-pays, les foyers sont répartis dans toute la croûte terrestre, soit jusqu'à une profondeur supérieure à 30 km. Sous les Alpes, où l'interface croûte-manteau (Moho) se trouve à une profondeur de 40–55 km, ils sont par contre limités aux 10–15 km supérieurs.

Sismicità dal 1996 al 2010

Dal 1975 circa, esiste una rete nazionale di monitoraggio sismico con strumenti molto sensibili in grado di registrare anche i piccoli terremoti non percettibili dagli esseri umani. Dal 1996 i risultati delle analisi di questi dati sono documentati nei rapporti annuali del Servizio Sismologico Svizzero. Nella maggioranza dei casi in Svizzera la localizzazione di un terremoto in superficie (epicerentro) può essere determinata con una precisione di 1–2 km. A nord della catena alpina le profondità (ipocentri) sono distribuite in tutta la crosta fino ad oltre 30 km. Sotto le Alpi invece, dove il confine tra la crosta e il mantello si trova a una profondità di 40–55 km, gli ipocentri sono situati nei primi 10–15 km.

Seismicity from 1996 to 2010

A nationwide seismic observatory network of highly sensitive instruments, which can also record small quakes that are not humanly perceptible, exists since about 1975. The results of the ongoing analyses of these data have been documented since 1996 in annual reports of the Swiss Seismological Service. In most cases within Switzerland, the location of a quake (epicercenter) can be determined with an absolute accuracy of 1–2 km. Under the northern Alpine foothills, the earthquake hypocenters are distributed throughout the Earth's crust up to depths of more than 30 km. Under the Alps however, where the crust-mantle boundary is located at a depth of 40–55 km, they are restricted to the uppermost 10–15 km.

Weitere Informationen | Plus d'informations

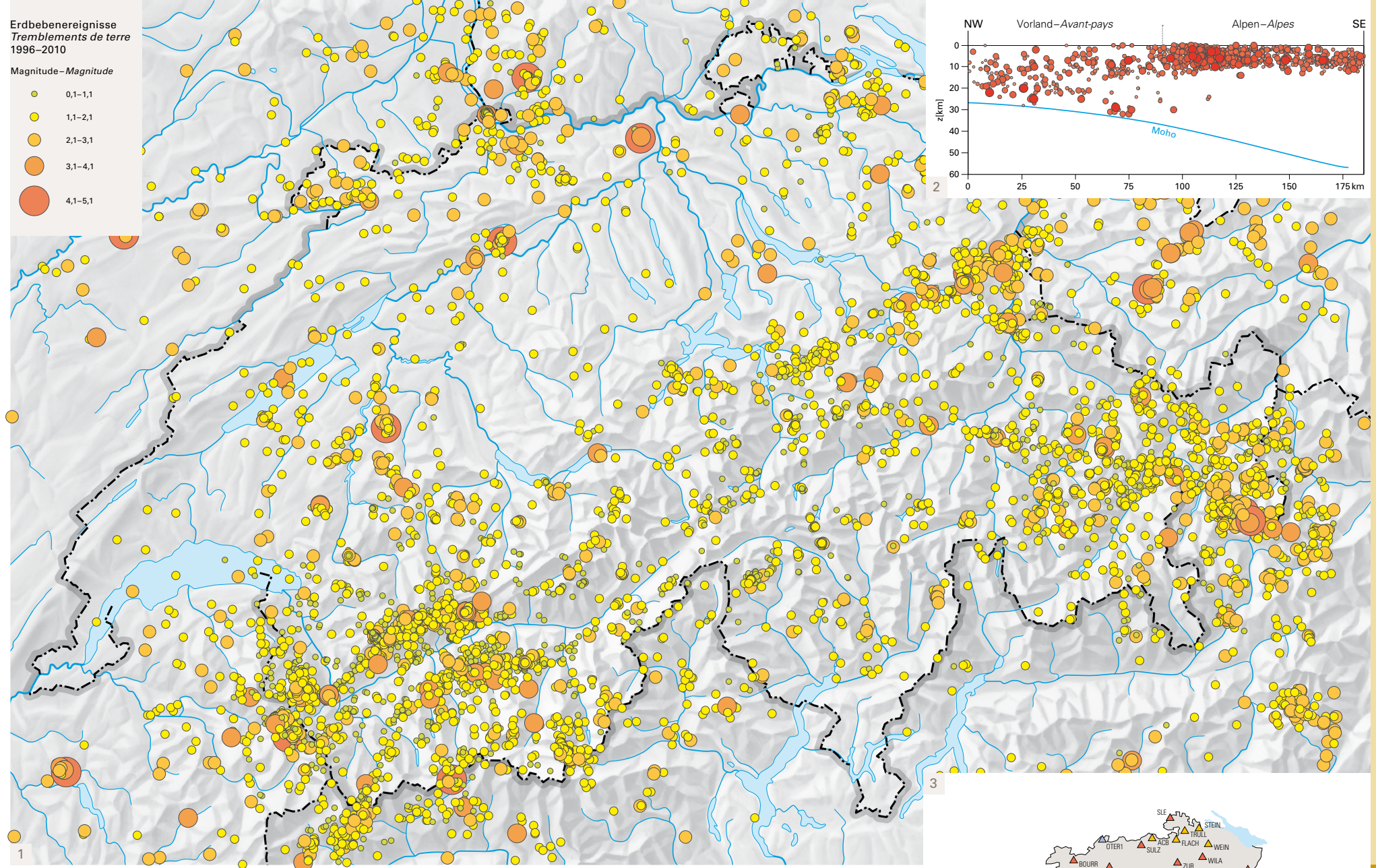
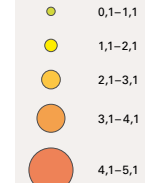
- Schweizerischer Erdbebendienst | Service sismologique suisse (www.seismo.ethz.ch)
- Bundesamt für Umwelt, Erdbeben, Web-GIS | Office fédéral de l'environnement, Tremblements de terre, Web-GIS (www.bafu.admin.ch/erdbeben)

Datenquelle | Source des données

Schweizerischer Erdbebendienst | Service sismologique suisse (www.seismo.ethz.ch)

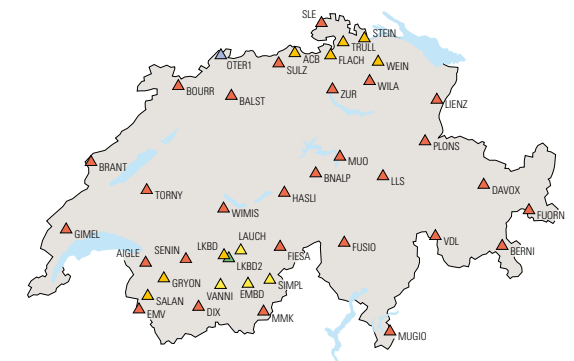
Erdbebenereignisse
Tremblements de terre
1996–2010

Magnitude–Magnitude



Legende 1 Epizentren aller im Zeitraum 1996–2010 vom SED lokalisierter Erdbeben (Magnituden). 2 Das Tiefenprofil der Schweiz zeigt die Tiefenverteilung der Erdbebenherde und die Krusten-Mantel-Grenze (Moho). 3 Seismische Stationen der Schweiz (SDSNet).

Légende 1 Epicentres de tous les tremblements de terre répertoriés par le SED entre 1996 et 2010 (magnitudes). 2 Profil du sous-sol suisse indiquant la profondeur des foyers sismiques et la position de l'interface croûte-manteau (Moho). 3 Stations sismiques suisses (SDSNet).



Seismotektonik

Die Alpen sind ein deutliches Zeugnis der enormen Kräfte, die im Erdinneren am Werk sind, die unsere Landschaft gestalten – und mitunter Erdbeben verursachen. Die moderne Seismologie zeigt, wo und wie die Erdkruste der Schweiz unter Spannung steht.

Die Prozesse im Erdinneren laufen sehr langsam ab. In grösserer Tiefe, bei hohen Temperaturen und Drucken, verformt sich das Gestein fliessend. In den oberen Bereichen der Erdkruste ist das Gestein aber spröde; es bricht und verursacht so Erdbeben.

Es ist historisch überliefert, dass es in der Schweiz immer wieder zerstörerische Erdbeben gab. Das laufend verbesserte landesweite Netz hochempfindlicher Seismometer zeigt, dass es auch heute im Untergrund ständig knistert: Die Erdkruste der Schweiz steht unter Spannung.

Die moderne Seismologie kann aus Aufzeichnungen der Bodenbewegungen, die durch ein Erdbeben verursacht werden, den Bruchvorgang ermitteln und regionale Unterschiede im Spannungsfeld ableiten. So ist das nördliche Alpenvorland geprägt durch die grossräumigen Spannungen, die aus der Öffnung des Atlantiks und der Kollision zwischen Afrika und Europa zu erwarten sind. In den Bündner und südlichen Walliser Alpen hingegen sind die Erdbeben meist Zeugen einer Extension: Das hier vorherrschende Spannungsfeld entsteht aus einer Überlagerung von Spannungen, die der andauernden Konvergenz von Afrika und Europa entsprechen, sowie von isostatischen Ausgleichsbewegungen, die durch die Topographie und die Wurzeln der Alpen bedingt ist.

Sismotectonique

La chaîne alpine est un témoin parlant des forces énormes qui agissent à l'intérieur de notre planète, qui façonnent notre paysage – en causant parfois des tremblements de terre. La sismologie moderne indique où la croûte terrestre est sous contrainte et de quelle manière.

Les processus à l'œuvre au cœur de la Terre se déroulent très lentement. A grande profondeur, sous des températures et des pressions élevées, la roche se déforme de façon ductile. A proximité de la surface, elle a par contre un comportement fragile, elle se casse en causant des tremblements de terre.

Il est attesté historiquement que la Suisse a subi régulièrement des tremblements de terre destructeurs. Le réseau national de sismomètres à haute sensibilité, constamment amélioré, nous signale que le sous-sol frémit actuellement encore: la croûte terrestre suisse est sous contrainte. La sismologie moderne, en enregistrant les mouvements du sol suscités par les tremblements de terre, peut reconstituer le processus de rupture de la faille et déduire les variations régionales du champ de contraintes. Ainsi, l'avant-pays du nord des Alpes est sujet aux contraintes à grande échelle qui découlent de l'ouverture de l'océan Atlantique et la collision entre l'Afrique et l'Europe. Dans les Alpes grisonnes et valaisannes, au sud du Rhône, les tremblements de terre témoignent en revanche d'une extension: le champ de contraintes y régnant est dû à la superposition de contraintes occasionnées par la convergence continue de l'Afrique et de l'Europe, et à des mouvements de compensation isostatiques générés par la topographie des Alpes et de leurs racines.

Sismotettonica

Nella Terra agiscono forze immense che generano processi lenti. A grandi profondità, in condizioni di temperatura e pressione elevate, la roccia si deforma come un fluido. Negli strati superficiali invece, la crosta è fragile e si frattura dando luogo a terremoti. Storicamente la Svizzera ha subito terremoti distruttivi. La sismologia moderna mostra dove e come la crosta Svizzera è sottoposta a tensioni, individua i processi di fratturazione e mette in risalto le differenze regionali tra i campi di sforzo. Risulta che gli sforzi che caratterizzano il settore settentrionale delle Alpi sono dovuti alla collisione tra Africa ed Europa, mentre nella zona alpina, nei Grigioni e nel Vallese meridionale, le tensioni sono dovute a processi isostatici.

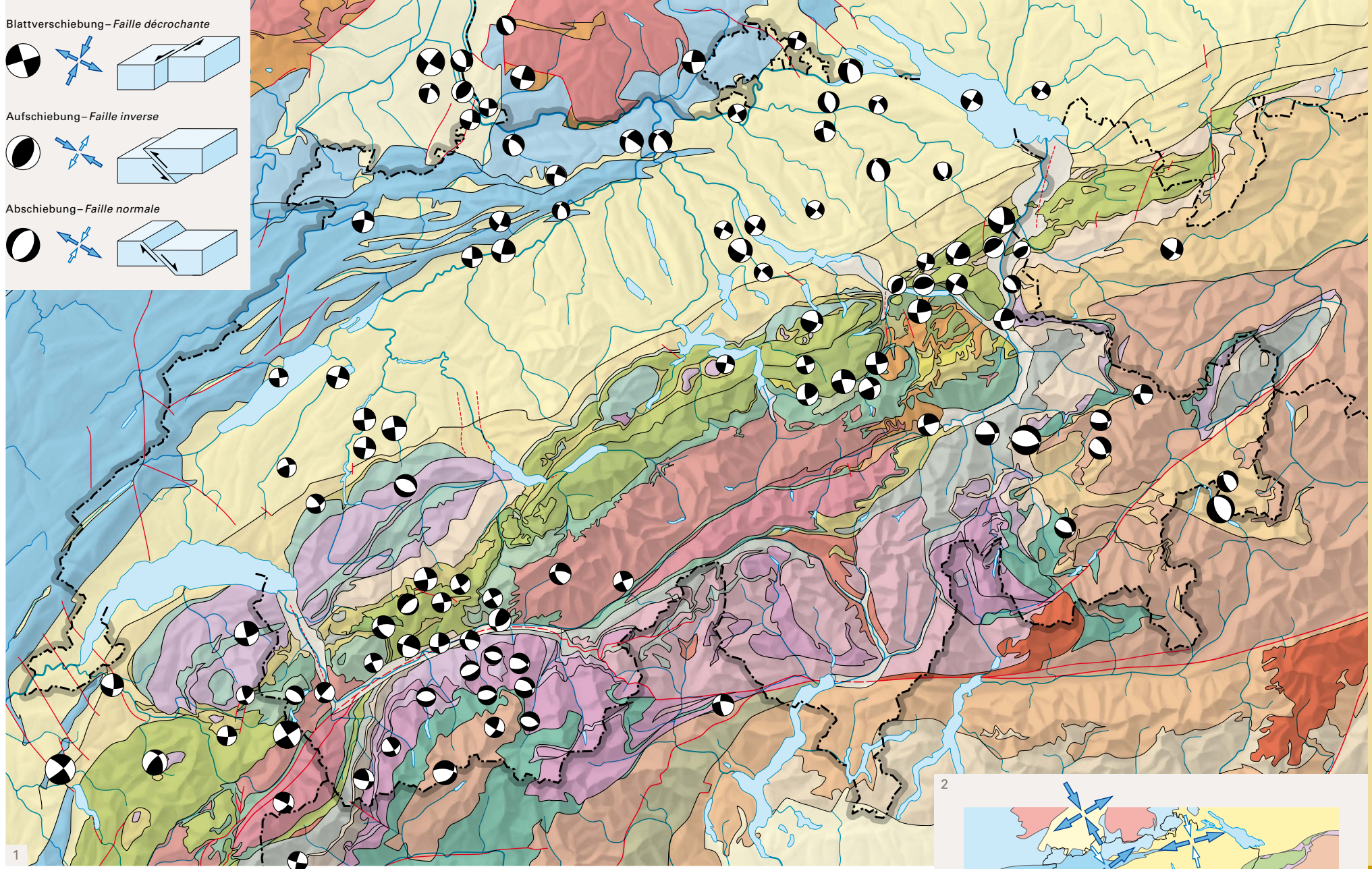
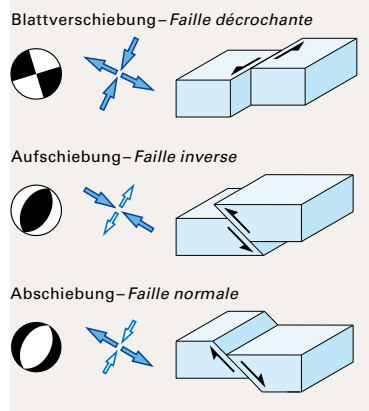
Seismotectonics

Within the Earth's interior, enormous forces are at work and the processes run slowly. At great depths, the rock deforms in a flowing manner under high temperatures and pressures. In the upper regions of the Earth's crust it is brittle, it breaks and causes earthquakes. Destructive earthquakes occur time and again in Switzerland. Modern seismology shows where and how Switzerland's crust is under stress. It determines the fracture process from the focal mechanisms and deduces regional variations in the stress field. The northern Alpine foothills are characterized by the collision between Africa and Europe, while the stress field in the Grisons and southern Valais indicates mountain building processes.

Datenquelle | Source des données

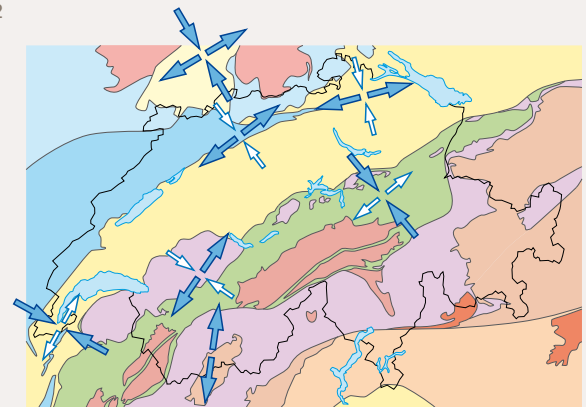
– Schweizerischer Erdbebendienst | Service sismologique suisse (www.seismo.ethz.ch)

– KASTRUP et al. (2004)



Legende 1 Seismotektonische Karte der Schweiz: Herdflächenlösungen von Erdbeben mit einer Magnitude $\geq 3,0$ vor dem Hintergrund einer vereinfachten tektonischen Karte. 2 Horizontale Spannungsrichtungen in der Erdkruste unter der Schweiz und ihrer Umgebung.

Légende 1 Carte sismotectonique de la Suisse: Mécanismes au foyer des tremblements de terre de magnitude $\geq 3,0$ sur fond d'une carte tectonique simplifiée. 2 Directions des contraintes horizontales dans la croûte terrestre en Suisse et environs.



Erdbebengefährdung und -risiko

Die Schweiz weist im europäischen Vergleich eine mittlere Erdbebengefährdung auf. Auch in der Schweiz können zerstörerische Erdbeben auftreten, sie sind jedoch selten. Am stärksten gefährdet ist das Wallis, gefolgt von Basel, Graubünden und den Gebieten entlang des Alpennordrands. Regionen ganz ohne Erdbebengefährdung gibt es hierzulande nicht.

In der Schweiz bergen Erdbeben das Risiko mit dem bedeutendsten Schadenpotential unter den Naturgefahren. Die Abschätzung der seismischen Gefährdung ist der erste Schritt, um das Erdbebenrisiko zu beurteilen und zu begrenzen. Das Risiko definiert sich aus der seismischen Gefährdung, der Beschaffenheit des lokalen Untergrunds, den betroffenen Werten und deren Verletzbarkeit.

Um die seismische Gefährdung zu bestimmen, verwenden Seismologen regionale Informationen aus der Erdbeben-geschichte, der Tektonik und der Geologie sowie historische Schadenbeschreibungen und Modelle der Wellenausbreitung. Darauf basierend erstellt der Schweizerische Erdbeben-dienst die Erdbebengefährdungskarte, welche aufzeigt, wo in der Schweiz wie oft mit wie starken Erdbeben zu rechnen ist.

Die Erdbebengefährdungskarte stellt den zu erwartenden Wert der horizontalen Bodenbeschleunigung für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren dar. Sie dient als Grundlage für die Baunormen. Die Karte bezieht sich auf einen harten Felsuntergrund; die mögliche Verstärkung der Bodenbewegung aufgrund des lokalen Untergrundes muss an jedem Standort zusätzlich einberechnet werden.

Aléa et risque sismique

La Suisse est exposée à un risque sismique modéré en comparaison européenne: elle peut aussi subir des tremblements de terre destructeurs, mais ils sont rares. C'est le Valais qui est le plus menacé, suivi par la région bâloise, les Grisons et la bordure nord des Alpes. Aucune région du pays n'est à l'abri de tout danger.

En Suisse, le risque sismique est le principal risque imputable aux phénomènes naturels. La première étape pour l'évaluer et le limiter consiste à estimer l'aléa (danger) sismique. Le risque sismique est fonction de l'aléa, de la nature du sous-sol local, des caractéristiques des objets touchés et de leur vulnérabilité. Pour déterminer l'aléa sismique, les sismologues exploitent des informations régionales sur la répartition des tremblements de terre, la tectonique et la géologie, des descriptions de dégâts historiques et des modèles de propagation des ondes.

Une des tâches principales du Service sismologique suisse consiste à dresser et actualiser régulièrement les cartes de l'aléa sismique en Suisse.

Une carte d'aléa sismique indique la valeur attendue de l'accélération horizontale du sol pour une période de retour choisie. La carte calculée pour 475 ans sert de base aux normes de construction. Cette carte se réfère à un sous-sol rocheux dur; l'amplification éventuelle des mouvements du sol, due à la nature locale du terrain, doit être calculée ensuite site par site.

Pericolosità e rischio sismico

Rispetto al resto d'Europa, la Svizzera ha una pericolosità sismica moderata. La zona più minacciata è il Vallese, seguito da Basilea, Grigioni e dal margine nord delle Alpi. La stima della pericolosità è indispensabile per valutare e limitare il rischio sismico. La carta della pericolosità sismica della Svizzera mostra dove i terremoti sono più probabili, e con quali frequenze e intensità. Per valutare la pericolosità sismica, i sismologi utilizzano dati storici, la tettonica, la geologia, le descrizioni dei danni storici e modelli di propagazione delle onde sismiche. La carta della pericolosità sismica rappresenta il valore di accelerazione orizzontale del suolo atteso per un periodo di ritorno di 475 anni.

Earthquake Hazard and Risk

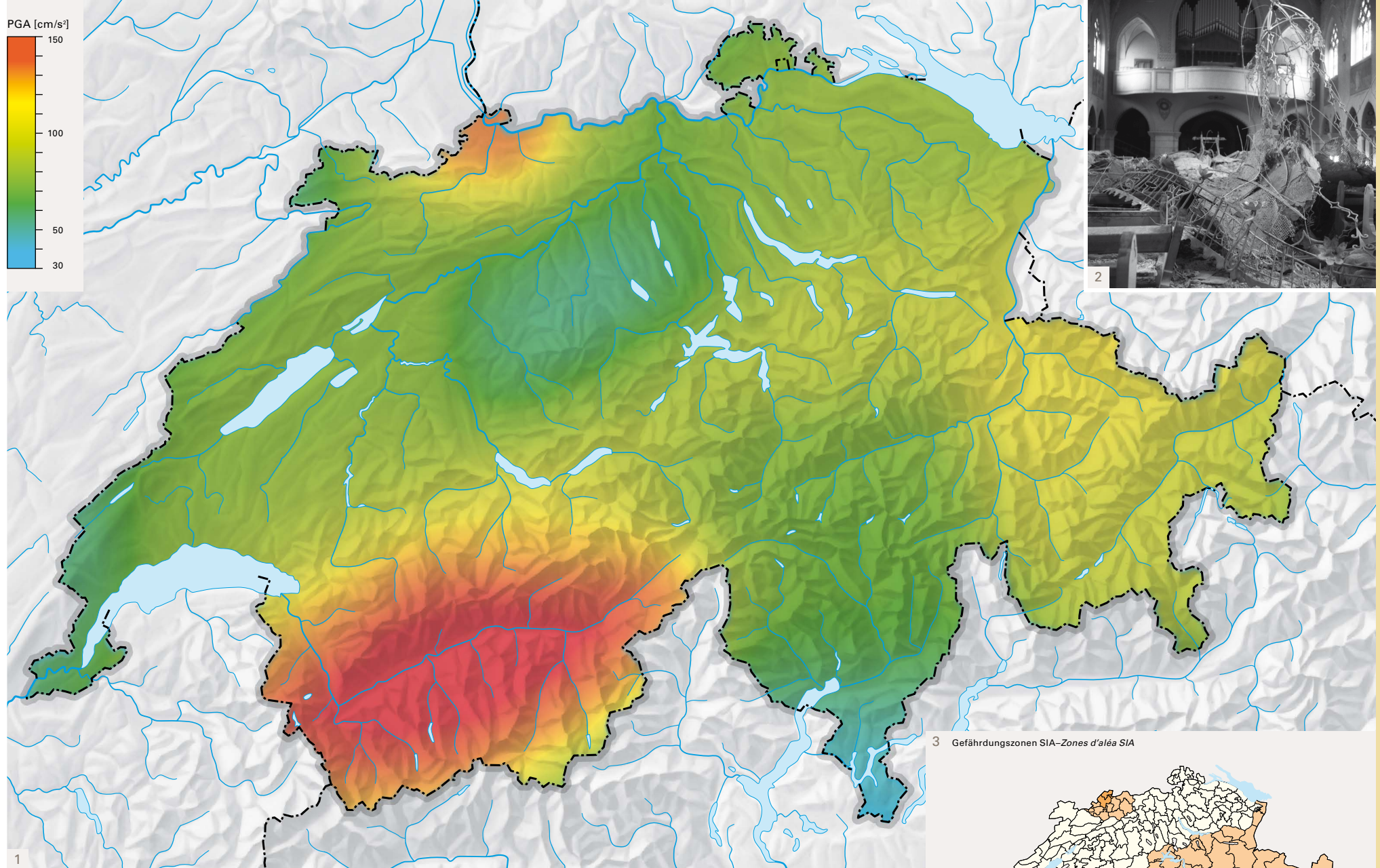
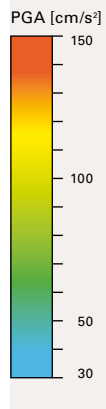
Compared with other regions in Europe, Switzerland has a moderate earthquake hazard level. The Valais is most at risk, followed by Basel, Graubünden and the northern regions of the Alps. The appraisal of seismic hazard is the first step in assessing and limiting seismic risk. The hazard map shows where, how often and with what strength earthquakes can be expected in Switzerland. In order to determine the seismic hazard, seismologists make use of regional information from past earthquakes, tectonics, geology, historical descriptions of damage and models of seismic wave propagation. The seismic hazard map depicts the expected value of the horizontal ground acceleration for a recurrence interval of 475 years.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Schweizerischer Erdbebedienst | Service sismologique suisse (www.seismo.ethz.ch)
- Bundesamt für Umwelt, Erdbeben, Web-GIS | Office fédéral de l'environnement, Tremblements de terre, Web-GIS (www.bafu.admin.ch/erdbeben)

Datenquelle | Source des données

- Erdbebengefährdung: Schweizerischer Erdbebedienst | L'aléa sismique: Service sismologique suisse (www.seismo.ethz.ch)
- Erdbebengefährdungszonen: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein | Zones d'aléa sismique: Société suisse des ingénieurs et des architectes (www.sia.ch)



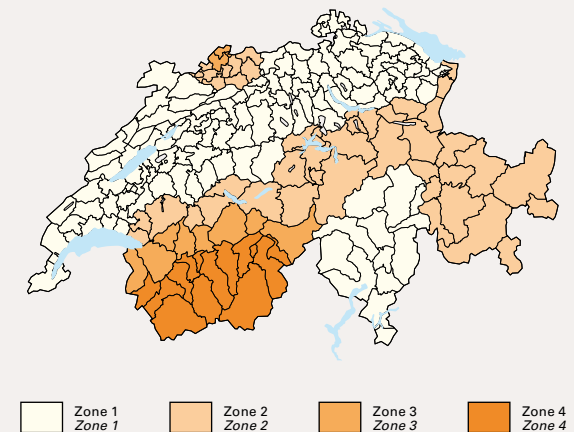
Legende 1 Erdbebengefährdung in der Schweiz (SED, 2004): maximale horizontale Bodenbeschleunigung («peak ground acceleration», PGA) für 5 Hz und eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren. 2 Schäden in der Kirche von Chippis nach dem Erdbeben von 1946.

3 Karte der Erdbebengefährdungszonen nach der Baunorm SIA 261 (2003).

Légende 1 Aléa sismique en Suisse (SED, 2004): accélération horizontale maximale du sol («peak ground acceleration», PGA) pour une fréquence de 5 Hz et une période de retour de 475 ans. 2 Eglise de Chippis, endommagée par le tremblement de terre de 1946.

3 Carte des zones d'aléa sismique selon la norme de construction SIA 261 (2003).

3 Gefährdungszonen SIA–Zones d'aléa SIA



Baugrundklassen und Mikrozonierung

Wie stark erdbebengefährdet einzelne Regionen sind, überprüft der Schweizerische Erdbebendienst. Ob Bauwerke bei einem Erdbeben mehr oder weniger stark erschüttert werden, hängt unter anderem vom Baugrund ab. Mit Standortuntersuchungen überprüft man, wie die lokale Geologie die Intensität der Bodenerschütterungen beeinflusst. Baugrundklassen und die spektrale seismische Mikrozonierung sind als lokale Gefährdungseingaben weitere wichtige Grundlagen für Bauprojekte.

Ein Lösungsansatz zur Bestimmung des Einflusses der Geologie auf die regionale Erdbebengefährdung besteht in der Zuteilung des Baugrundes in eine der sechs Baugrundklassen der Baunorm SIA 261. Sie erfolgt auf der Basis von geologischen Karten, Bohrungen, geotechnischen Berichten und Gefahrenkarten für Massenbewegungen. Für Zonen oder Bauwerke mit hohem Risikopotenzial wird zudem die so genannte spektrale seismische Mikrozonierung durchgeführt. Bei diesem aufwändigen Verfahren wird die Verstärkung (Amplifikation) der Erdbebenwellen in der lokalen Geologie modelliert. Als Ergebnis werden lokale seismische Amplifikationsfunktionen und Antwortspektren bestimmt. In der Schweiz sind unter anderem in den Kantonen Waadt, Wallis, Luzern, Basel-Landschaft und Basel-Stadt Mikrozonierungen vorgesehen oder bereits abgeschlossen.

Classes de sol de fondation et microzonage

C'est le Service sismologique suisse qui détermine la menace encourue par les diverses régions du pays. L'intensité des vibrations subies par un ouvrage lors d'un tremblement de terre dépend notamment du sol de fondation. L'investigation d'un site a pour but d'établir dans quelle mesure la géologie locale influence l'intensité des vibrations du sol. Les classes de sol de fondation et le microzonage sismique spectral sont des données locales sur les dangers dont les projets de construction doivent tenir compte.

Une première approche en vue de déterminer l'influence de la géologie sur l'aléa sismique régional consiste à assigner le terrain à l'une des six classes de sol de fondation selon la norme de construction SIA 261. On utilise à cet effet des cartes géologiques, des relevés de forages, des rapports géotechniques et des cartes des dangers de mouvements de terrain.

Les périmètres et les ouvrages affectés par un risque potentiel élevé font aussi l'objet d'un microzonage sismique spectral. Cette méthode, plus élaborée et plus coûteuse, a pour but de modéliser l'amplification des ondes sismiques dans le sous-sol examiné. On en tire les fonctions d'amplification et les spectres de réponse sismiques locaux.

En Suisse, les cantons de Vaud, Valais, Lucerne, Bâle-Campagne et Bâle-Ville ont notamment prévu des microzonages ou les ont déjà achevés.

Carta dei terreni di fondazione e microzonazione

Il Servizio Sismico Svizzero controlla la pericolosità sismica delle singole regioni. Per quanto riguarda l'influenza della geologia locale sul rischio sismico, ogni terreno edificabile è classificato secondo una delle sei classi previste dalla norma SIA 261. In aree o edifici con un rischio elevato viene realizzata la cosiddetta microzonazione sismica spettrale. In Svizzera questi studi complessi sono già stati realizzati o in corso nei cantoni Vaud, Vallese, Lucerna, Basilea Campagna e Basilea Città.

Subsoil Classes and Microzonation

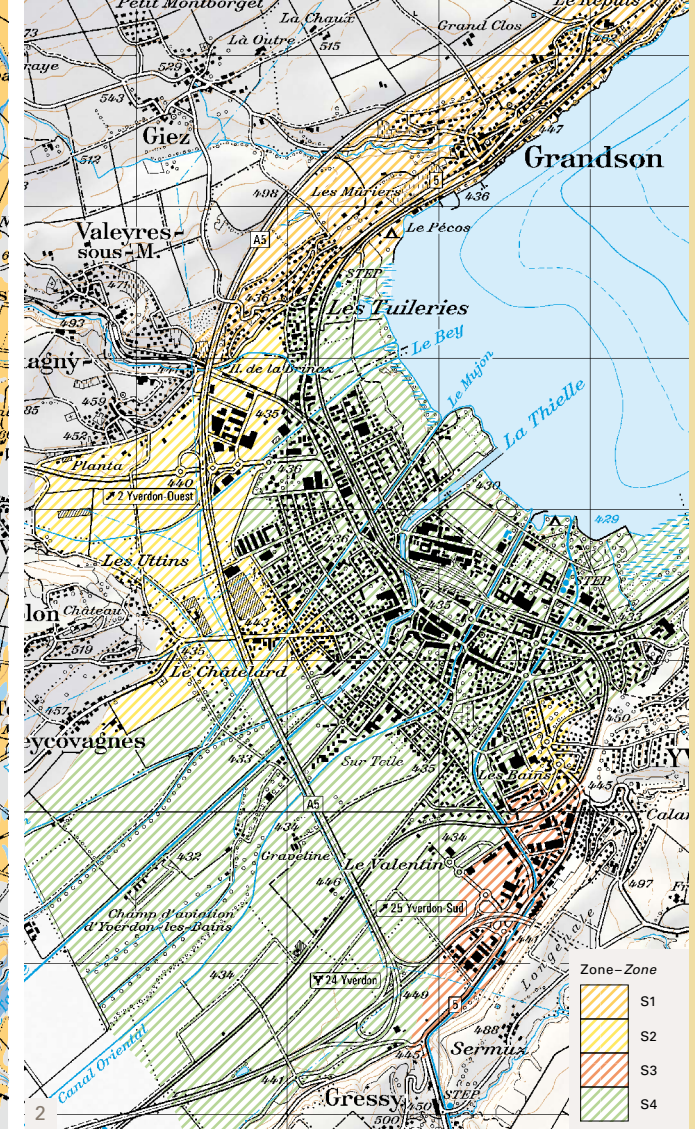
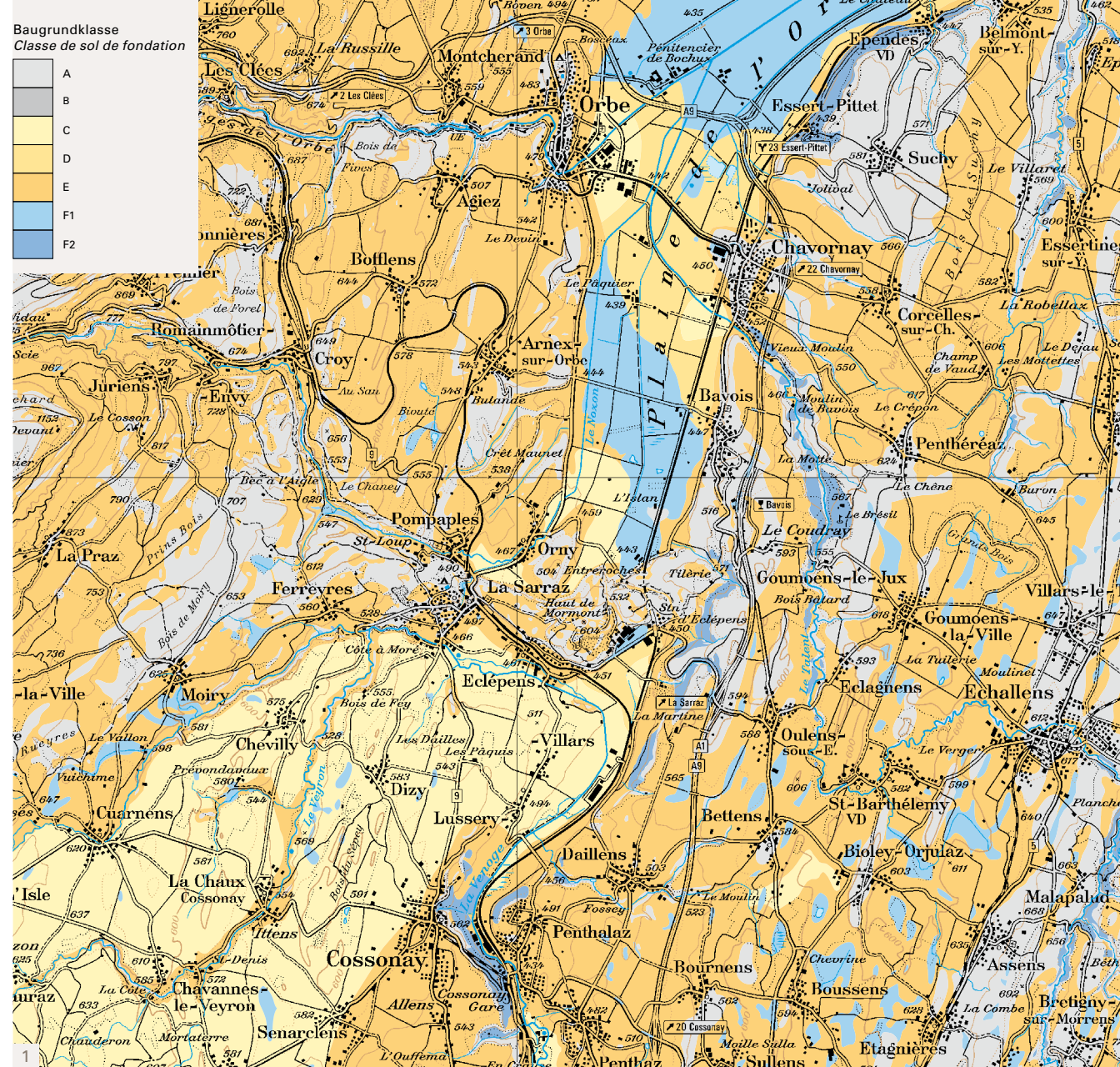
The Swiss Seismological Service determines the earthquake hazard for different regions. With respect to the influence of the local geology on the earthquake hazard, potential construction ground is divided into one of six seismic subsoil classes of the SIA 261 construction standard. In dealing with areas or buildings with high risk potential, the so-called spectral seismic microzonation also comes into play. In Switzerland, this complex procedure is planned or has already been carried out amongst others, in the cantons Vaud, Valais, Lucerne, Basel-Landschaft and Basel-Stadt.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Bundesamt für Umwelt, Web-GIS | Office fédéral de l'environnement, Web-SIG (map.bafu.admin.ch)
- Bundesamt für Umwelt, Erdbeben | Office fédéral de l'environnement, Tremblements de terre (www.bafu.admin.ch/erdbeben)

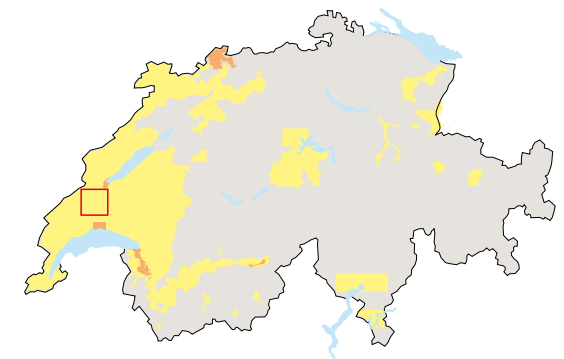
Datenquelle | Source des données

- Baugrundklassen: GéoPlaNet, Kanton Waadt und ECA-Vaud | Classes de sol de fondation: GéoPlaNet, Canton de Vaud et ECA-Vaud (www.geoplanet.vd.ch)
- Karte der Mikrozonierung: ECA-Vaud | Carte de microzonage: ECA-Vaud (www.eca-vaud.ch)



Legende 1 Ausschnitt aus der Karte der Baugrundklassen nach Norm SIA 261 1:25 000 (2008). 2 Karte der spektralen Mikrozonierung 1:10 000 (2010), Ausschnitt im Gebiet von Yverdon-les-Bains (VD). 3 Abdeckung der Karten; gelb: Baugrundklassen, orange: spektrale seismische Mikrozonierungen, rotes Rechteck: Lokalisierung des Ausschnitts 1.

Légende 1 Extrait de la carte des classes de sol de fondation selon la norme SIA 261 1:25 000 (2008). 2 Carte de microzonage spectral 1:10 000 (2010), extrait dans la région d'Yverdon-les-Bains (VD). 3 Couverture des cartes; jaune: classes de sol de fondation, orange: zones de microzonage sismique spectral, rectangle rouge: localisation de l'extrait 1.



Nationale Bodenbeobachtung

Fest- und Lockergesteine verwitterten im Lauf von Jahrtausenden zu fruchtbaren Böden. Diese stellen die unerlässliche Basis für das terrestrische Ökosystem, für Pflanzenwachstum und höheres Leben dar. Die Nationale Bodenbeobachtung (NABO) beobachtet den Zustand und die Entwicklung der Bodenbelastung und ist ein wichtiges Instrument im vorsorglichen Bodenschutz.

Die Schadstoffbelastungen im Boden haben seit der Industrialisierung stark zugenommen. Diese Schadstoffe werden nicht abgebaut und verbleiben im Boden viel länger als in der Luft oder in Gewässern. Ist die Schadstoffbelastung hoch, sinkt die Bodenfruchtbarkeit. Verunreinigte Böden sind kaum oder nur sehr aufwändig zu sanieren. Für den vorsorglichen Bodenschutz braucht es eine langfristige Bodenbeobachtung und zuverlässige Daten, die wiederum die wissenschaftliche Grundlage für umweltpolitische Massnahmen darstellen.

Zum Auftrag der seit 1984 gemeinsam vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) und dem Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) betriebenen NABO gehören die landesweite zeitliche und räumliche Erfassung und Beurteilung von Belastungen, die Erfolgskontrolle von Bodenschutzmassnahmen, die Früherkennung negativer Trends und die Prognose zukünftiger Bodenbelastungen.

Das NABO-Referenzmessnetz erfasst die Hintergrundbelastung der Böden, jedoch keine Verdachtsflächen oder Altlasten. Es umfasst aktuell 105 Dauerbeobachtungsstandorte in der Schweiz, die in einem fünfjährigen Zyklus beprobt werden. Das Analysenprogramm beschränkt sich auf die so genannten Totalgehalte der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) von 1998 (Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb und Zn) sowie auf wichtige Bodenkenngrossen.

Observatoire national des sols

Les roches dures et les roches meubles s'altèrent au cours des millénaires pour devenir des sols fertiles. Ces substrats sont indispensables à l'écosystème terrestre, à la croissance des plantes et à la vie des organismes supérieurs. L'observatoire national des sols (NABO), qui en examine l'état et la pollution, est un instrument important pour les protéger dans une optique préventive.

Le sol est de plus en plus souillé depuis les débuts de l'industrialisation. Les polluants rejetés ne se dégradent pas et ils subsistent beaucoup plus longtemps dans le sol que dans l'air et dans l'eau. Plus un terrain est pollué, moins il est fertile. Les sols contaminés sont très difficiles à assainir. Pour être à même de les protéger préventivement, il faut les observer sur une longue période et disposer de données fiables – qui servent également de base scientifique pour prendre des mesures politiques concernant l'environnement.

Le NABO, géré conjointement par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et par l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) depuis 1984, est chargé de relever et d'évaluer les pollutions dans le temps et dans l'espace, de vérifier l'efficacité des mesures de protection du sol, de repérer précocement les tendances négatives et de prévoir les pollutions futures dans toute la Suisse.

Le réseau de mesures de référence NABO enregistre la pollution de fond, mais n'examine pas les sites contaminés ou potentiellement contaminés. Il comprend actuellement 105 emplacements d'observation permanents, qui sont échantillonnés tous les cinq ans. Le programme d'analyse se limite aux teneurs totales selon l'ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol) de 1998 (Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb et Zn) et à quelques caractéristiques importantes du terrain.

Osservatorio nazionale dei suoli

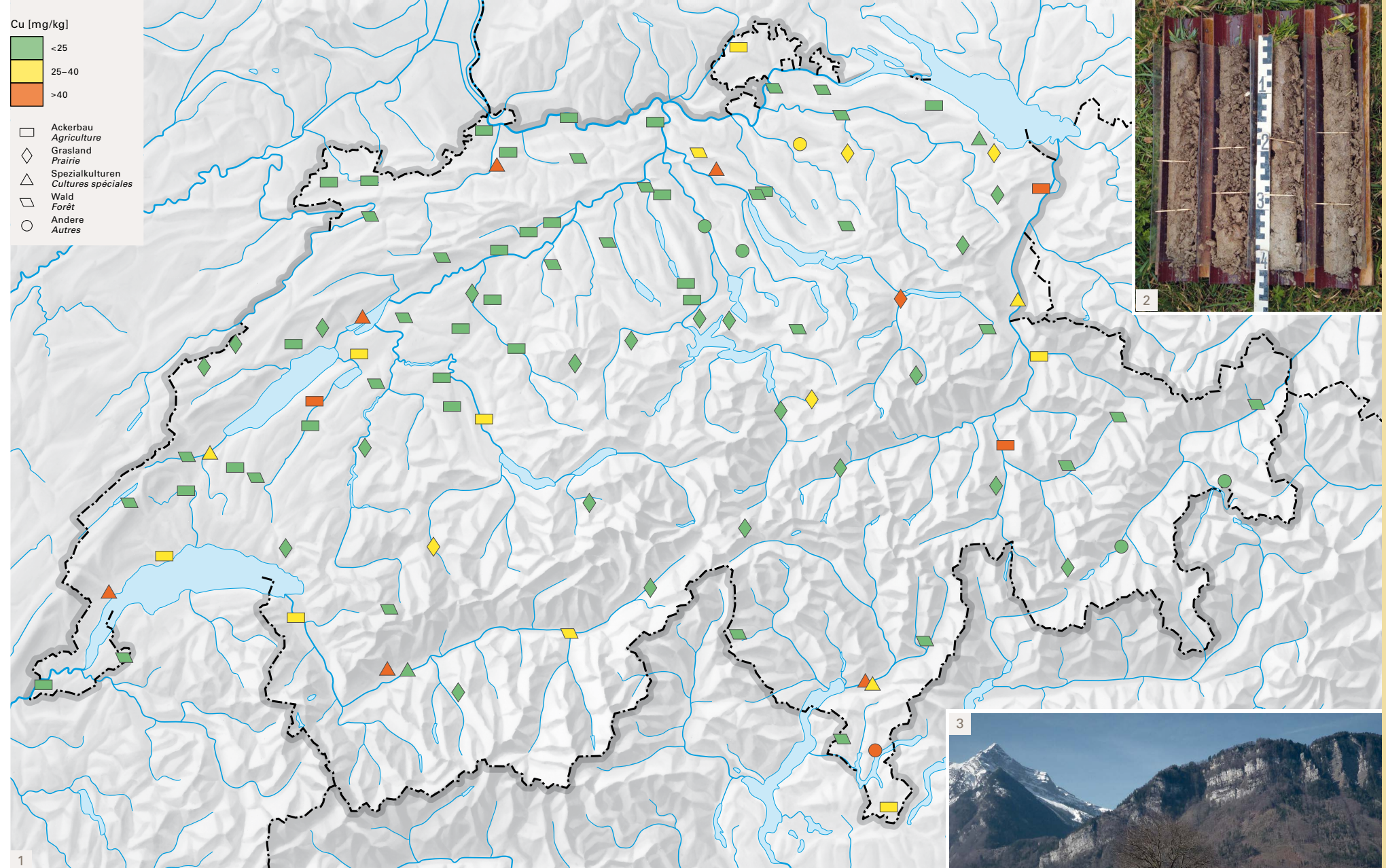
Le sostanze inquinanti presenti nel suolo, che rappresenta la base dell'ecosistema terrestre, sono aumentate drammaticamente in seguito all'industrializzazione. Il compito dell'Osservatorio nazionale dei suoli (NABO), gestito dall'UFAM e dall'UFAG, comprende il rilevamento e la valutazione temporali e spaziali dell'inquinamento, il monitoraggio delle misure di protezione del suolo, il riconoscimento precoce di tendenze negative e la previsione dell'inquinamento futuro del suolo. La rete di monitoraggio di riferimento della NABO conta attualmente 105 stazioni di osservazione permanenti in Svizzera e permette di registrare le contaminazioni del suolo. I campioni sono prelevati con frequenza quinquennale.

Swiss Soil Monitoring Network

The levels of pollution in the soil, which forms the basis of our terrestrial ecosystem, have greatly increased since the start of industrialization. The nationwide temporal and spatial detection and assessment of pollution, the monitoring of the success of soil protective measures, the early detection of negative trends and the forecasting of future soil contamination are part of the mandate of the Swiss Soil Monitoring Network (NABO), operated by FOEN and FOAG. The NABO reference measurement network in Switzerland, currently with a 105 permanent observation sites, records the background contamination of the soils in a 5-year sampling cycle.

Datenquelle | Source des données

- Bundesamt für Umwelt, Nationale Bodenbeobachtung | Office fédéral de l'environnement, Observatoire national des sols (www.nabo.admin.ch)
- DESAULES et al. (1993, 2000, 2006), MEULI (2013), VBBo (1998)



Legende 1 NABO-Referenzmessnetz und gemessene Kupfergehalte im Oberboden (0–20 cm) der vierten Erhebung (2001–2004).

Der Richtwert für Kupfer beträgt 40 mg/kg. 2 Bohrkern einer Humaxprobe (0–40 cm) an einem Referenzstandort. 3 Probenahme an einem Referenzstandort.

Légende 1 Le réseau de mesures de référence NABO et les teneurs en cuivre mesurées dans la couche supérieure du sol (0–20 cm) durant la quatrième période de relevé (2001–2004). La valeur indicative relative au cuivre est de 40 mg/kg. 2 Carottes Humax prélevées (0–40 cm) sur un site de référence. 3 Prélèvement sur un site de référence.

Grundwasserqualität

Schadstoffe aus Landwirtschaft, Haushalt, Verkehr und Industrie können ins Grundwasser gelangen und dessen Qualität beeinträchtigen. Die Auswaschung von Hof- und Mineraldünger beispielsweise kann die Nitratkonzentration im Grundwasser markant erhöhen.

Die Nationale Grundwasserbeobachtung (NAQUA) des Bundesamts für Umwelt (BAFU) erhebt die Grundwasserqualität und -quantität auf Landesebene. NAQUA liefert ein landesweit repräsentatives Bild über Zustand und Entwicklung der Grundwasserressourcen und wird in enger Zusammenarbeit mit den Kantonen betrieben. Die Daten bilden die Grundlage für einen gesamtschweizerisch koordinierten Schutz des Grundwassers. Sie helfen, das Auftreten problematischer Stoffe oder unerwünschter Entwicklungen frühzeitig zu erkennen und gezielt zu verfolgen. Es lässt sich überprüfen, inwieweit die Massnahmen zum Schutz des Grundwassers greifen. Darüber hinaus werden die wichtigsten Grundwasservorkommen der Schweiz charakterisiert und klassifiziert. So dient NAQUA letztlich dem Schutz des Menschen vor schädlichen Organismen und Stoffen und der langfristigen Sicherung der Ressource Grundwasser.

Das NAQUA-Messnetz umfasst landesweit mehr als 500 Messstellen. Es deckt die verschiedenen Regionen, die wichtigsten Grundwasserleiter sowie die unterschiedlichen hydrogeologischen Verhältnisse und Bodennutzungen ab. Die Daten werden regelmässig auf den Internetseiten und in den Umweltzustandsberichten des BAFU publiziert; sie fliessen in die nationale und internationale Berichterstattung ein.

Qualité des eaux souterraines

Les polluants issus de l'agriculture, des ménages, de l'industrie et des transports risquent d'atteindre des eaux souterraines et d'en altérer la qualité. Le lessivage d'engrais peut augmenter considérablement la teneur en nitrate d'un aquifère.

L'Observation nationale des eaux souterraines (NAQUA) de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) relève la qualité et la quantité des eaux souterraines dans tout le pays. NAQUA fournit une image représentative de l'état des eaux souterraines et de leur évolution et est gérée en étroite collaboration avec les cantons. Les données recueillies servent de référence afin d'assurer une protection coordonnée des eaux souterraines. NAQUA les utilise pour repérer rapidement et pour suivre efficacement la présence de substances problématiques ou des changements indésirables. Elle vérifie l'efficacité des mesures de protection déjà mises en œuvre. En outre, elle caractérise et classe les principaux aquifères de Suisse. NAQUA sert ainsi à protéger les personnes contre les substances et les organismes nuisibles et à préserver les eaux souterraines sur le long terme.

Le réseau de NAQUA comprend plus de cinq cents stations de mesure réparties sur l'ensemble de la Suisse. Il couvre les différentes régions, les principaux aquifères et les diverses situations hydrogéologiques et utilisations du sol. Les données recueillies sont publiées régulièrement sur le site Internet de l'OFEV et dans ses rapports sur l'état de l'environnement; elles sont intégrées dans des rapports nationaux et internationaux.

Qualità delle acque sotterranee

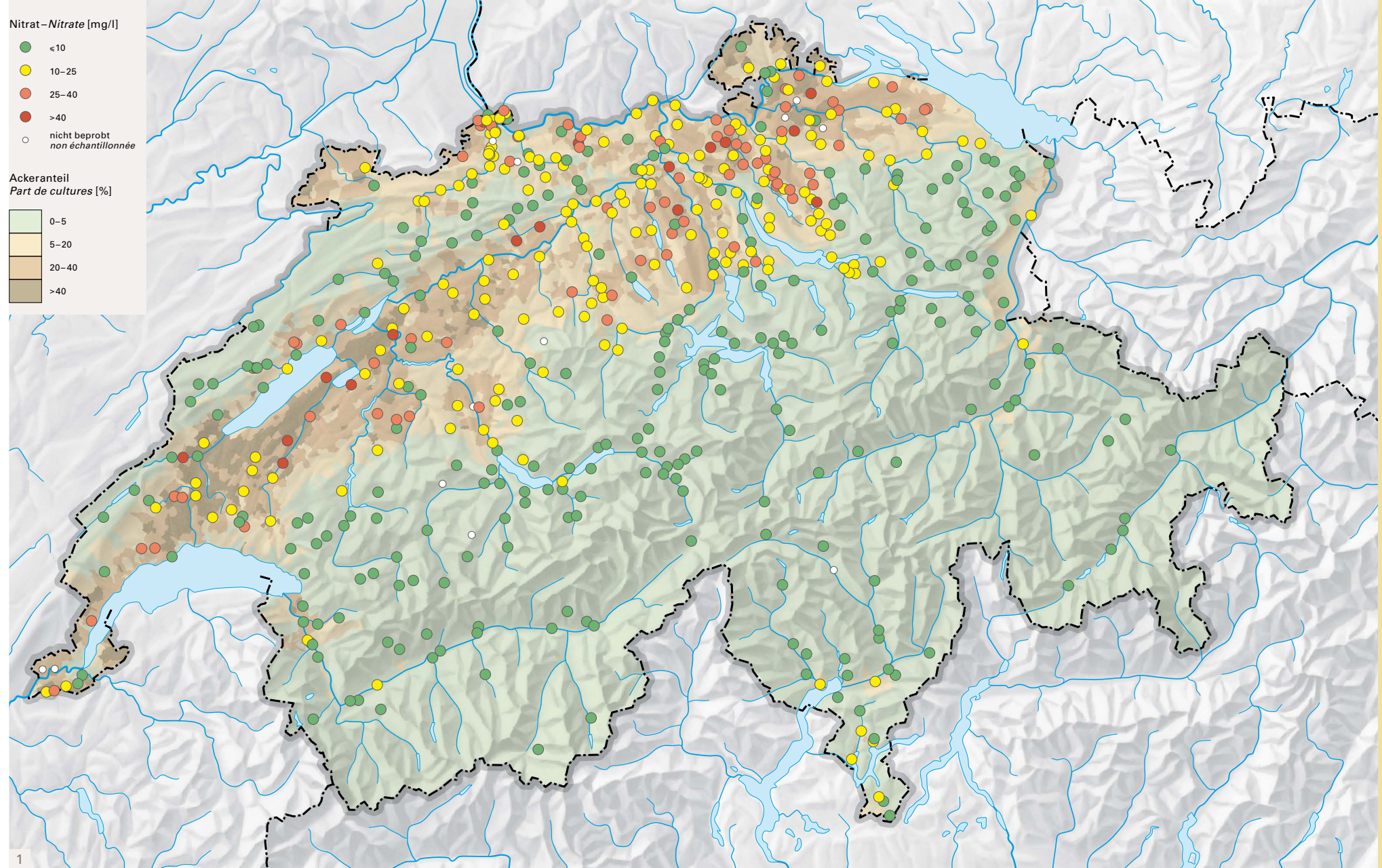
Le sostanze inquinanti prodotte dall'agricoltura, dalle economie domestiche, dal traffico e dalle industrie possono raggiungere le acque sotterranee e comprometterne la qualità. A livello statale, l'Osservazione nazionale delle acque sotterranee (NAQUA) dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), che si basa su più di 500 stazioni di misura, fornisce un quadro rappresentativo dello stato e dell'evoluzione delle risorse idriche sotterranee, sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo. Questi dati, che costituiscono la base per una protezione delle acque sotterranee coordinata a livello svizzero, sono pubblicati sul sito web e nei rapporti sullo stato dell'ambiente dell'UFAM.

Groundwater Quality

Pollutants from agriculture, households, transport and industry can enter the groundwater and negatively affect its quality. The National Groundwater Monitoring (NAQUA) of the Federal Office for the Environment (FOEN), with more than 500 monitoring sites, provides a representative picture of the status and development of the groundwater resources, both in qualitative and quantitative terms, at a national level. The data form the basis for nationwide coordinated protection of the groundwater. They are regularly published on the internet sites and in the environmental status reports of FOEN.

Datenquelle | Source des données

- Bundesamt für Umwelt, Hydrogeologie, Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA | Office fédéral de l'environnement, Hydrogéologie, Observation nationale des eaux souterraines NAQUA (www.bafu.admin.ch/grundwasser)
- Bundesamt für Statistik | Office fédéral de la statistique (www.bfs.admin.ch)
- BAFU (2009)



Legende 1 Nitratkonzentration im Grundwasser 2011 sowie Ackeranteil pro Gemeindefläche. Die Nitratkonzentration wurde punktuell an den Messstellen der Nationalen Grundwasserbeobachtung (NAQUA) analysiert. Der Ackeranteil wurde mit den Daten der landwirtschaftlichen Betriebszählung (BFS 2008) berechnet.

Légende 1 Concentration de nitrate dans les eaux souterraines en 2011 ainsi que la part de cultures par surfaces communales. La concentration en nitrates a fait l'objet d'analyses dans le cadre de l'observation nationale des eaux souterraines (NAQUA). La part de cultures a été calculée avec les données du Recensement des entreprises agricoles (OFS 2008).

Geologische Tiefenlager

In der Schweiz sind radioaktive Abfälle in geologischen Tiefenlagern zu entsorgen. Diese werden sich mehrere hundert Meter unter der Erdoberfläche in Gesteinsschichten mit guter Barrierenwirkung in einer geologisch stabilen Situation befinden. Das Standortauswahlverfahren unter der Leitung des Bundes beruht auf geologischen Daten. Seit über 40 Jahren nutzt die Schweiz Kernenergie zur Stromproduktion. Dabei fallen radioaktive Abfälle an, vor denen Mensch und Umwelt geschützt werden müssen. Auch Medizin, Industrie und Forschung produzieren radioaktive Abfälle. Das Kernenergiegesetz schreibt vor, dass diese grundsätzlich in einem geologischen Tiefenlager im Inland entsorgt werden müssen.

Das Auswahlverfahren für Standorte hat der Bund im «Sachplan geologische Tiefenlager» geregelt. Sicherheit hat dabei erste Priorität. Zudem müssen die Tiefenlager technisch machbar und raumplanerisch wie sozioökonomisch vernünftig zu realisieren sein. Der Sachplan koordiniert alle Aspekte der Tiefenlager und bezieht die betroffenen Kantone, Gemeinden und die Bevölkerung wie auch das benachbarte Ausland frühzeitig ein. Geologische Daten bilden eine wichtige Grundlage für die Bezeichnung der geologischen Standortgebiete, welche vor der Wahl der endgültigen Standorte vertieft untersucht werden. Wichtige Faktoren für die geologischen Tiefenlager sind z.B. die Tiefenlage der Wirtgesteine und die Lage von tektonischen Störungszonen. Aufgrund der geologischen Untersuchungen und dem sicherheitstechnischen Vergleich der möglichen Standortgebiete und unter Berücksichtigung der Resultate der raumplanerischen und sozioökonomisch-ökologischen Abklärungen schlägt die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) Standorte für die geologischen Tiefenlager vor.

Dépôts géologiques profonds

En Suisse, les déchets radioactifs doivent être entreposés dans des dépôts situés à plusieurs centaines de mètres de profondeur, dans un environnement géologique stable, offrant de bonnes propriétés de confinement. La procédure de sélection des sites d'implantation, conduite par la Confédération, repose sur des données géologiques. La Suisse exploite l'énergie nucléaire depuis plus de 40 ans pour générer de l'électricité. Cette filière, de même que la médecine, l'industrie et la recherche, produisent des déchets radioactifs qui doivent être isolés de l'homme et de son environnement. Selon la loi sur l'énergie nucléaire, ils doivent être stockés en Suisse dans des dépôts géologiques profonds. La Confédération a réglementé la sélection des sites d'implantation dans le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes». Son objectif premier est la sûreté, mais les dépôts doivent aussi être techniquement réalisables et intégrer le mieux possible les contraintes socio-économiques et relatives à l'aménagement du territoire. Le plan sectoriel offre une approche globale, qui implique très tôt les cantons, communes et populations concernées, ainsi que les régions limitrophes. Les facteurs géologiques, p.ex. profondeur des roches d'accueil ou emplacement de zones de failles, jouent un rôle important dans l'identification des régions d'implantation qui seront étudiées en détail avant la sélection finale. Les propositions de la Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (Nagra) pour les sites d'implantation seront basées sur les résultats des études géologiques et la comparaison des sites du point de vue de la sûreté. Elles prendront aussi en compte les résultats des enquêtes sur l'aménagement du territoire et les aspects socio-économiques et environnementaux.

Depositi geologici profondi

La legge sull'energia nucleare prevede che, in linea di principio, le scorie radioattive prodotte in Svizzera debbano essere smaltite in un deposito geologico profondo all'interno del Paese. I futuri depositi profondi si trovano ad alcune centinaia di metri sotto la superficie, in rocce geologicamente stabili. La Confederazione ha istituito il «Piano settoriale dei depositi in strati geologici profondi» per la procedura di selezione dei siti più idonei. La Società cooperativa nazionale per lo smaltimento delle scorie radioattive (Nagra) sviluppa proposte di siti che vengono esaminate dalle autorità federali. Il processo di selezione dei siti per i depositi profondi si basa principalmente su dati geologici.

Deep Geological Repositories

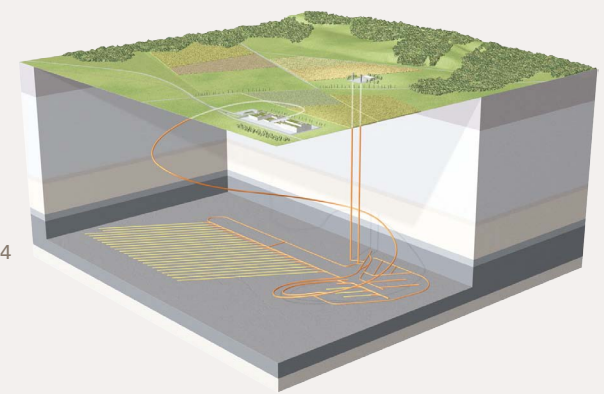
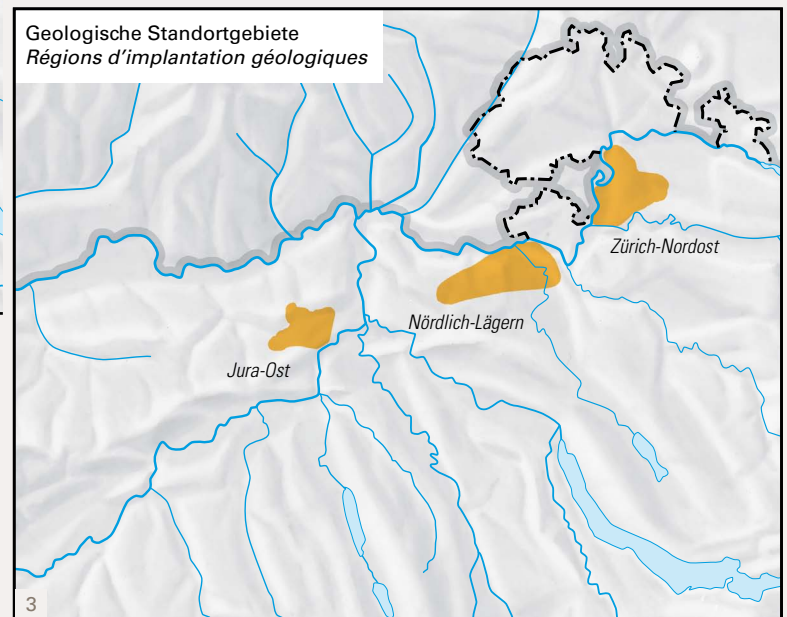
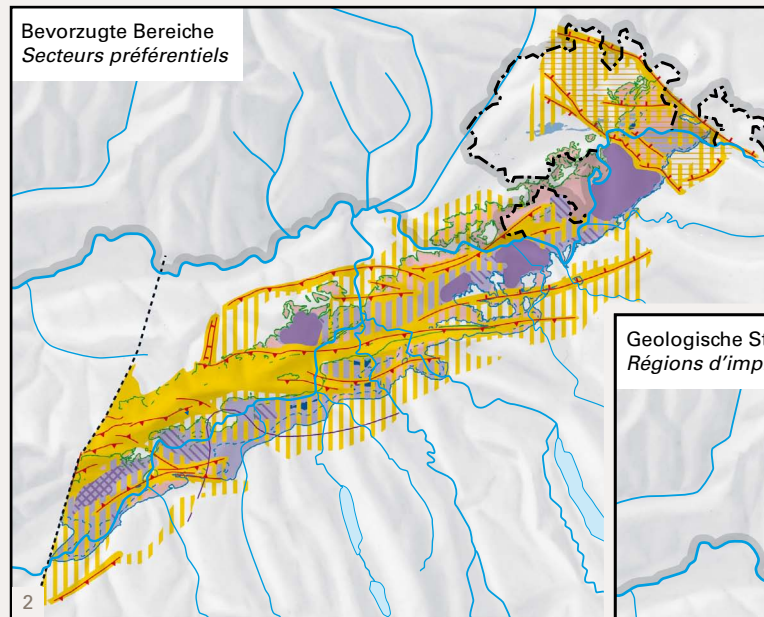
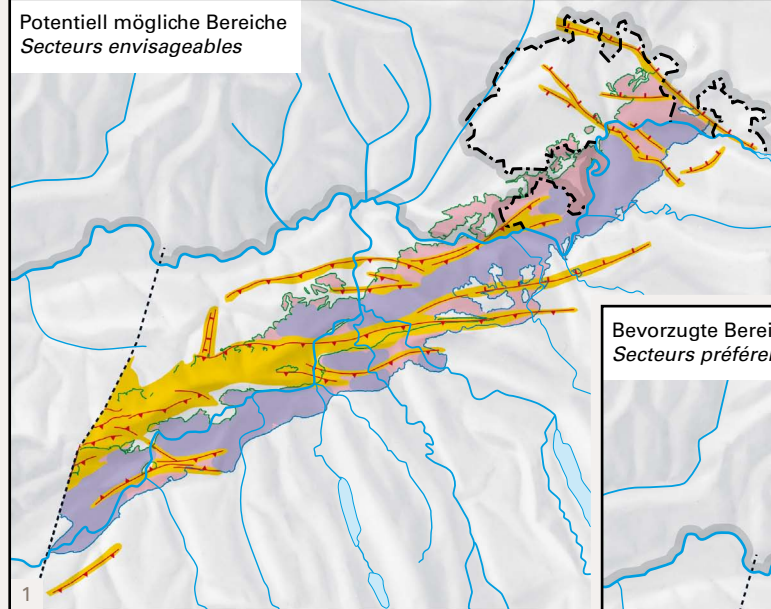
The Nuclear Energy Act stipulates that radioactive waste produced in Switzerland must in principle be disposed of domestically in a deep geological repository. The planned deep repositories are to be located several hundred meters below the Earth's surface in geologically stable rock layers. The federal government has regulated the selection process for sites in the «Deep Geological Repositories» sectoral plan. The National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste (Nagra) is developing site proposals, which are reviewed by the federal authorities. Geological data is used to document the selection process for deep geological repositories.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Bundesamt für Energie, Radioaktive Abfälle (www.radioaktiveabfaelle.ch)
Office fédéral de l'énergie, Déchets radioactifs (www.dechetsradioactifs.ch)
- Forschungsprojekt Mont Terri | Projet de recherche Mont Terri (www.mont-terri.ch)

Datenquelle | Source des données

Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle | Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (www.nagra.ch)



- | | |
|---|---|
|  | Regionale Störungszone
<i>Zones de failles régionales</i> |
|  | Ostgrenze rheinisches Störungsmuster
<i>Limite orientale du réseau de failles rhénan</i> |
|  | Sicherheitsabstand zu den Störungszone
<i>Distance de sécurité par rapport aux zones de failles</i> |
|  | Erhöhte tektonische Zergliederung
<i>Démembrement tectonique prononcé</i> |
|  | Tiefenlage Opalinus-Ton 400 m unter Oberfläche
<i>Argiles à Opalinus à 400 m sous la surface du sol</i> |
|  | Tiefenlage Opalinus-Ton 900 m unter Oberfläche
<i>Argiles à Opalinus à 900 m sous la surface du sol</i> |
|  | Übrige Zonen mit Opalinus-Ton 400–900 m unter der Oberfläche
<i>Autres secteurs avec argiles à Opalinus à 400–900 m sous la surface du sol</i> |
|  | Potentiell mögliche Bereiche
<i>Secteurs envisageables</i> |
|  | Bevorzugte Bereiche
<i>Secteurs préférentiels</i> |
|  | Geologische Standortgebiete
<i>Régions d'implantation géologiques</i> |

Legende In der ersten Etappe des Sachplans wurden in einem schrittweisen Verfahren zuerst **1** potenzielle Bereiche, dann **2** bevorzugte Bereiche und schliesslich **3** drei geologische Standortgebiete für hochradioaktive Abfälle (HAA) bestimmt. Diese werden zurzeit vertieft untersucht. **4** Lagerkonzept geologisches Tiefenlager für HAA.

Légende Au cours de la première étape du plan sectoriel, un processus de sélection a permis d'identifier **1** les secteurs envisageables, puis **2** les secteurs préférentiels et enfin **3** trois régions d'implantation géologiques potentielles pour un dépôt de déchets hautement radioactifs (DHA). **4** Concept de dépôt en couches géologiques profondes pour DHA.

CO₂-Sequestrierung

Wird in Zukunft in der Schweiz Kohlendioxid (CO₂) aus Verbrennungsabgasen, Biomasse und industriellen Prozessen abgetrennt und in unterirdischen Gesteinsschichten gelagert? Die CO₂-Sequestrierung – auch Carbon Dioxide Capture and Storage (CCS) genannt – befindet sich noch im Entwicklungsstadium.

In der Schweiz wurden 2010 rund 44 Millionen Tonnen CO₂ produziert. Um die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre zu senken, soll Kohlendioxid aus Verbrennungs- und Prozessabgasen abgetrennt und in tiefen unterirdischen Gesteinsschichten gespeichert werden. Geologische, geochemische und geophysikalische Daten werden genutzt, um mögliche Speicher in der Schweiz zu finden, deren theoretische Kapazität heute auf maximal rund 2680 Millionen Tonnen geschätzt wird.

Durch Labormessungen an Bohrkernen, Bohrlochdaten und regionale geophysikalische Untersuchungen werden optimale Wirtgesteine gesucht. In der Schweiz sind dies vor allem mit Salzwasser gesättigte poröse Gesteine. Noch ist die Datenlage mangelhaft, und bis heute gibt es in der Schweiz keine Pilotprojekte. Ideal wäre die CO₂-Sequestrierung in Kombination mit Industrien und Prozessen, die an grossen stationären Punktquellen CO₂ ausstossen, wie dies zum Beispiel bei Zementwerken, der chemischen Industrie oder bei der Stromerzeugung der Fall ist. Die Relevanz für die Schweiz wird durch die Industrie und von dem Forschungsprojekt CARMA (Carbon Management in Power Generation – CO₂-Management bei der Stromerzeugung) detailliert untersucht. Das interdisziplinäre Projekt vereint Forschungsgruppen verschiedener Institute und Schweizer Universitäten unter Leitung der ETH Zürich.

Stockage du CO₂

Allons-nous séparer le gaz carbonique (dioxyde de carbone, CO₂) contenu dans les gaz de combustion et l'emmagasiner dans des couches géologiques en Suisse? Le stockage du CO₂ – ou CCS pour «Carbon Dioxide Capture and Storage» – en est encore au stade du développement.

Environ 44 millions de tonnes de CO₂ ont été émises en Suisse en 2010. Le principe envisagé pour en diminuer la concentration dans l'atmosphère consiste à isoler le CO₂ contenu dans les effluents gazeux de combustion ou de processus industriels, puis à le stocker dans des couches géologiques profondes. Nous avons besoin de données géologiques, géochimiques et géophysiques pour repérer les sites de stockage potentiels en Suisse. D'après les estimations actuelles, ils ont une capacité maximale de l'ordre de 2680 millions de tonnes.

Les roches d'accueil les plus favorables sont recherchées en analysant des carottes de forage en laboratoire, en exploitant des informations tirées de forages et en faisant des études géophysiques régionales. En Suisse, ce sont principalement des roches poreuses saturées en eau salée. Mais les données restent lacunaires; il n'y a encore aucun projet pilote sur le territoire helvétique. L'idéal serait de capter et d'injecter le CO₂ en association avec une importante source ponctuelle fixe, telle que cimenterie, industrie chimique ou centrale électrique.

L'intérêt du procédé pour la Suisse est étudié en détail par l'industrie et dans le cadre du projet de recherche CARMA (Carbon Management in Power Generation – gestion du CO₂ dans la production d'électricité). Ce projet interdisciplinaire réunit des groupes de recherche de plusieurs instituts et universités suisses placés sous la direction de l'EPF Zurich.

Stoccaggio del CO₂

In futuro l'anidride carbonica (CO₂) sarà separata dai gas di combustione e stoccata nel sottosuolo in Svizzera? Lo stoccaggio di CO₂ è ancora in fase di sviluppo. Per individuare i siti potenzialmente adatti sono utilizzati vari dati geologici, geochimici e geofisici. Le rocce ideali per lo stoccaggio sono valutate mediante prove effettuate in laboratorio su carote e dati di perforazioni, e con indagini geofisiche su scala regionale. L'interesse per la Svizzera è valutato in dettaglio da parte dell'industria e dal progetto di ricerca pluriennale CARMA (Carbon Management in Power Generation – gestione del CO₂ nella produzione di energia), che riunisce gruppi di ricerca pluridisciplinari appartenenti a vari istituti e università svizzere.

CO₂ Sequestration

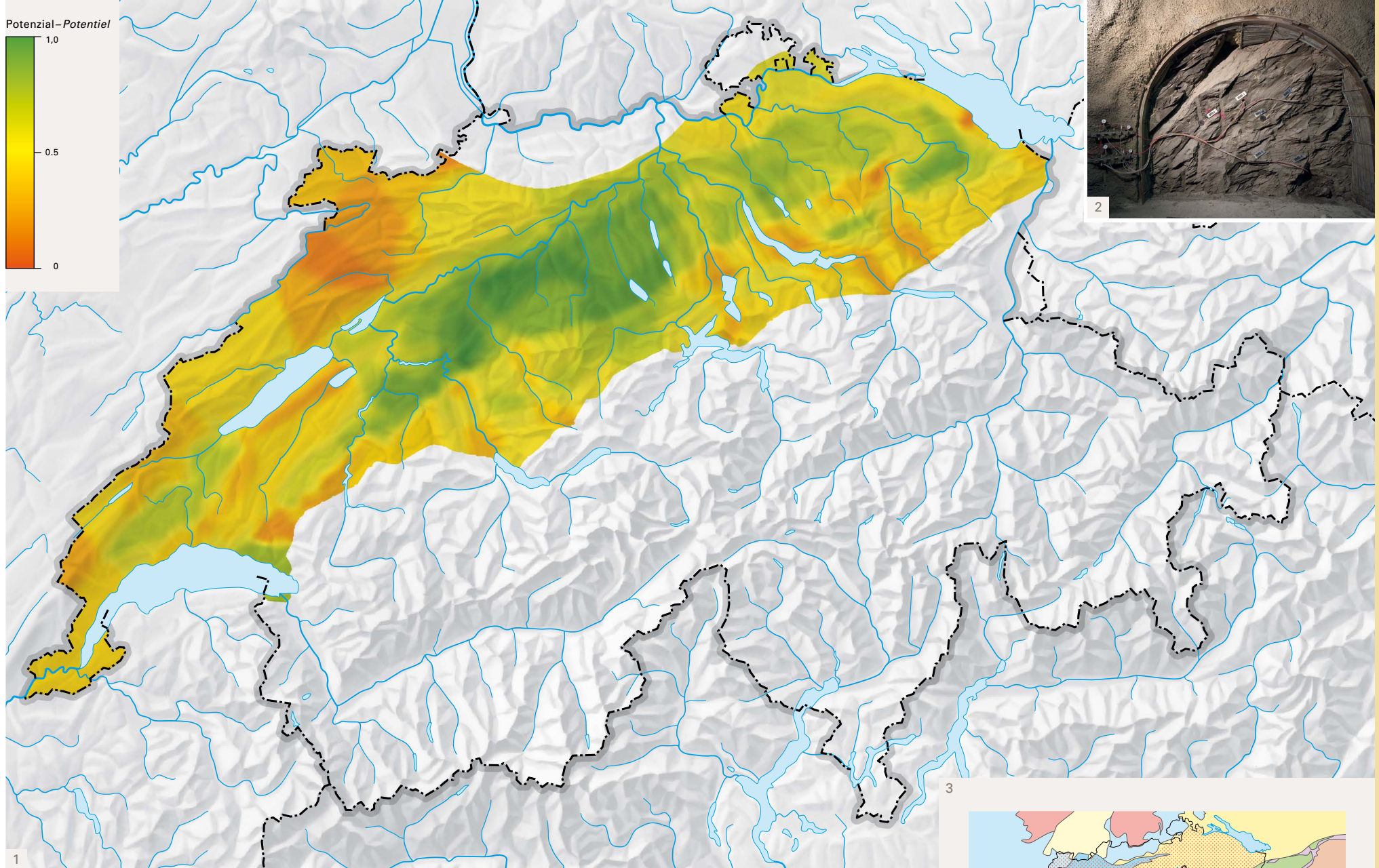
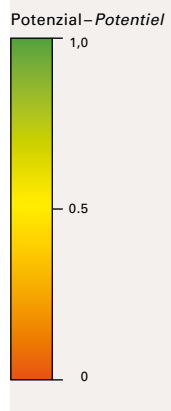
Will carbon dioxide (CO₂) in future be removed from flue gases in power generation, biomass and industrial processes and stored in underground rock layers in Switzerland? CO₂ Sequestration is still in the development phase. Geological, geochemical and geophysical data are used to find feasible storage sites in Switzerland. Ideal host rocks are being analyzed by means of borehole data, laboratory measurements on drill cores and regional geophysical surveys. The relevance for Switzerland is being studied in detail by industry and in the multi-year research project CARMA (Carbon Management in Power Generation). The interdisciplinary project unites research groups from various institutes and Swiss universities.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Carbon Management in Power Generation (www.carma.ethz.ch)
- Forschungsprojekt Mont Terri | Projet de recherche au Mont Terri (www.mont-terri.ch)
- Bundesamt für Energie | Office fédéral de l'énergie (www.bfe.admin.ch)

Datenquelle | Source des données

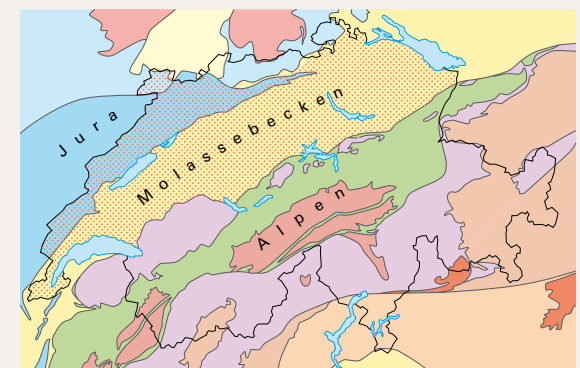
- Bundesamt für Energie | Office fédéral de l'énergie (www.bfe.admin.ch)
- DIAMOND et al. (2010)



Legende 1 Das theoretische CO₂-Speicherpotenzial in der Schweiz. 2 CO₂-Sequestrierung wird u. a. im Felslabor Mont Terri erforscht.

3 Abdeckung der Karte des Speicherpotenzials (rote Punkte) vor dem Hintergrund einer vereinfachten tektonischen Karte.

Légende 1 La capacité théorique de stockage du CO₂ en Suisse. 2 Des recherches sur le stockage du CO₂ sont menées au laboratoire souterrain du Mont Terri. 3 Couverture de la carte de capacité de stockage (pointillé rouge) sur fond de la carte tectonique simplifiée.



Geologie im Alltag

Geologisches Wissen ist wichtig für Entscheidungen zur nachhaltigen Nutzung und Entwicklung des Naturraums. Geologie beeinflusst aber mehr Lebensbereiche als man denkt, auch Politik, Gesundheit, Kultur, Informatik oder Tourismus. Damit die Geologie im Alltag stärker wahrgenommen wird und auf breiteres Interesse stösst, haben Fachleute in den letzten Jahren ein vielseitiges Veranstaltungs- und Wissensvermittlungsangebot entwickelt.

La géologie au quotidien

Les connaissances géologiques sont importantes pour prendre des décisions dans le sens d'une utilisation et d'un développement durables de notre espace naturel. Mais la géologie intervient aussi dans des domaines auxquels on ne pense pas au premier abord, comme la politique, la santé, la culture, l'informatique ou le tourisme. Des spécialistes ont conçu récemment un large éventail de manifestations et d'occasions pour transmettre leur savoir afin d'aider à percevoir l'apport de la géologie dans la vie quotidienne et d'élargir le cercle des intéressés.

La geologia nella vita quotidiana

La conoscenza della geologia è importante per le decisioni riguardanti l'uso delle risorse e lo sviluppo sostenibile dell'ambiente naturale. La geologia tocca più aspetti della vita quotidiana di quanti se ne possano immaginare, ad esempio la politica, la salute, la cultura, l'informatica o il turismo. Affinché la geologia sia maggiormente percepita nella vita di ogni giorno e attiri l'interesse di un numero sempre maggiore di persone, degli specialisti hanno sviluppato negli ultimi anni una vasta gamma di eventi e di offerte formative.

Geology in Everyday Life

Knowledge of geology is important for decisions on the sustainable utilization and development of the natural environment. Geology however influences more areas of life than one may think: politics, health, culture, information technology and tourism. So that more people can be inspired by geology and appreciate it more in everyday life, experts have been developing a wide range of events and learning opportunities over the past years.

Weitere Informationen | Plus d'informations

www.geologieportal.ch > Themen > Geologie im Alltag, Erleben

www.portailgeologique.ch > Thèmes > Géologie au quotidien, Expérimenter



Legende Auf dem Geologischen Pfad Gastlosen (FR)

Légende Sur le sentier géologique des Gastlosen (FR)

Tiefenplanung

Der tiefe Untergrund wird immer stärker genutzt.

Die Projektgruppe Tiefenplanung des Schweizer Geologenverbands (CHGEOL) setzt sich auf diesem Gebiet für nachhaltige Konzepte ein, die auf geologischem Wissen aufbauen. Zudem ermittelt sie, wo Regelungsbedarf besteht, um Konflikte bei der Nutzung zu vermeiden. Für die Fachleute der angewandten Erdwissenschaften in Wirtschaft und Verwaltung, für Tiefbauunternehmen, Entsorger und Planer zeichnet sich ein ständig steigender Planungsbedarf für den Untergrund ab. Gründe hierfür sind die zunehmenden Ansprüche der Gesellschaft an Fläche und Raum, zum Beispiel durch rasch wachsende Siedlungsgebiete und Überbauungen oder durch Bahnlinien und Autobahnen, die in Tunnel verlegt werden. Energie- und Wasserleitungen verlaufen vermehrt unterirdisch; das Grundwasser wird stärker genutzt, Bauten reichen heute tiefer in dieses hinein. Auch die Nutzung mineralischer Rohstoffe (Kies, Hartgestein, Erdöl) und der geothermischen Energie spielt sich unterhalb der Erdoberfläche ab. Die Ansprüche an die Tiefenplanung sind also sehr vielseitig und anspruchsvoll – gesetzlich ist dieser Themenbereich allerdings noch wenig geregelt. Hier ist der Dialog zwischen Politik, Planungsbehörden und Geologen gefragt. Die Geologie kann dafür wichtige Grundlagen liefern. Dazu gehören geologische 3D-Modelle sowie geologische, geotechnische und hydrogeologische Karten. Zusammen mit den bestehenden Richtplanungen und Umweltdaten erlauben diese Daten, potenzielle Konflikte frühzeitig zu erkennen und gemeinsam mit allen betroffenen Stellen auszuräumen.

Planification souterraine

L'exploitation du sous-sol profond revêt une importance croissante. La planification souterraine fera l'objet de recherches visant à démontrer la nécessité d'une réglementation. Le groupe de projet Planification souterraine de l'Association suisse des géologues (CHGEOL) a été créé à cet effet.

L'aménagement du sous-sol revêt une importance toujours plus grande pour les spécialistes des sciences de la terre appliquées et les administrations, mais également pour les entreprises de travaux publics et de stockage ainsi que pour les planificateurs. De plus en plus de voies de communication (autoroutes, chemins de fer) sont construites sous forme de tunnels. Les conduites d'eau et d'énergie seront également plus souvent souterraines à l'avenir. L'utilisation des eaux souterraines est également en constante augmentation, de même que le nombre de constructions atteignant les nappes phréatiques.

Le recours aux ressources naturelles (graviers, roches, pétrole) et à l'énergie géothermique met l'espace souterrain à forte contribution.

Les exigences de la planification souterraine sont donc diverses et complexes. La législation actuelle est encore pauvre dans ce domaine. Le dialogue entre les politiciens, les planificateurs et les géologues est ici requis. Les modèles géologiques en 3D et les cartes géologiques, géotechniques et hydrogéologiques en sont des bases essentielles pour la planification. Avec les données environnementales et les plans directeurs existants depuis longtemps, ces données devraient permettre d'anticiper les conflits potentiels et de les résoudre en collaboration avec toutes les parties concernées.

Pianificazione del sottosuolo

La nostra società è sempre più esigente in termini di occupazione del sottosuolo, ad esempio attraverso la rapida espansione delle aree urbane e lo sfruttamento delle risorse idriche, minerarie ed energetiche. Siccome la legge non pone molti vincoli in questo ambito, è indispensabile che vi sia un dialogo tra politici, autorità responsabili della pianificazione e geologi. Il gruppo di lavoro per la pianificazione dell'uso del sottosuolo di CHGEOL promuove l'applicazione di criteri di utilizzo sostenibili, basati su supporti geologici quali la rappresentazione in 3D del sottosuolo e le carte geotecniche e idrogeologiche, con lo scopo di definire dove sia necessaria una regolamentazione per evitare i possibili conflitti di utilizzo.

Planning at Depth

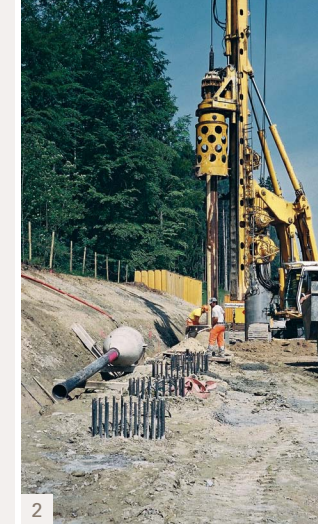
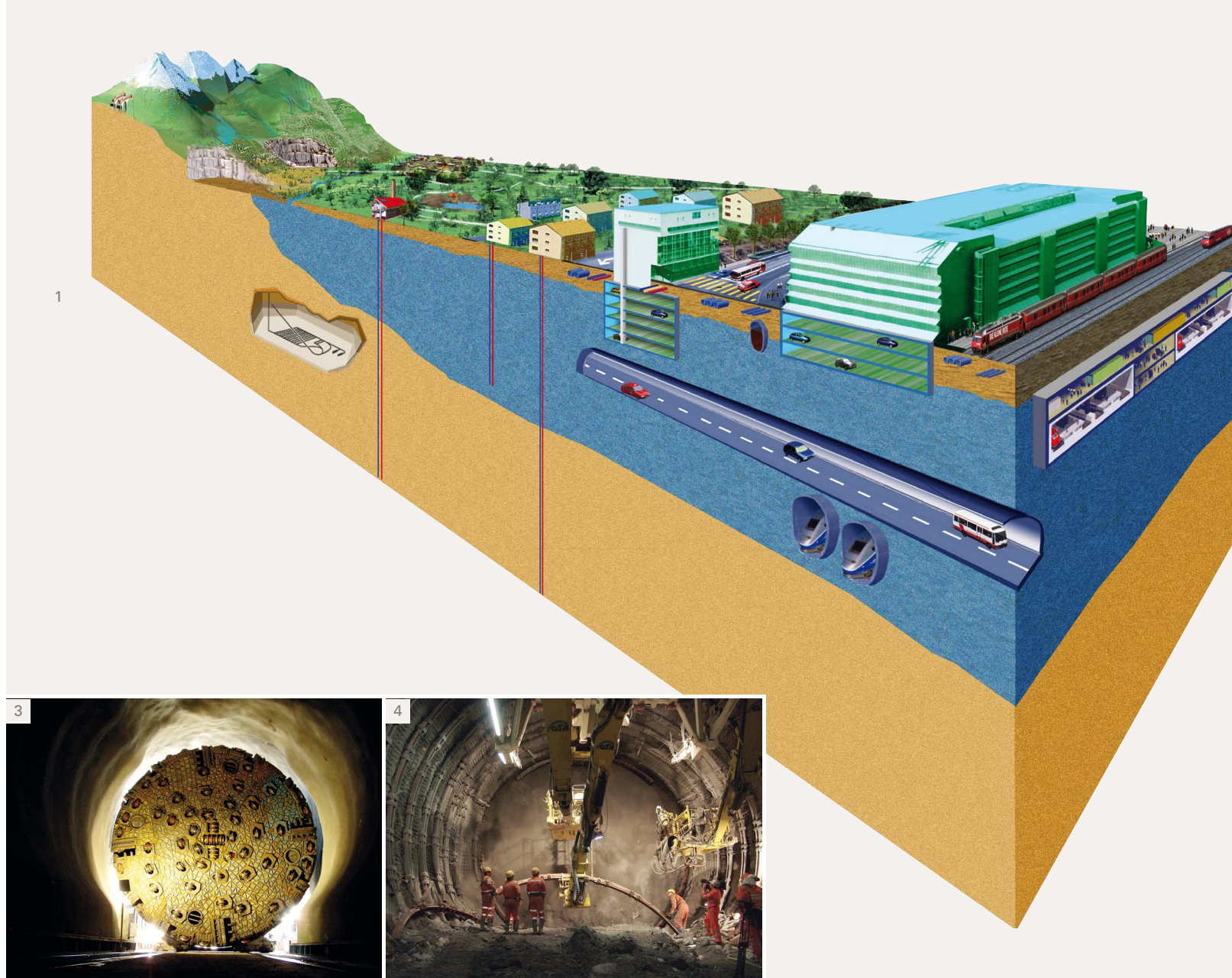
Society's demands for exploiting the underground are increasing, for example, through rapidly growing projects involving housing, tunnels and other infrastructures. The exploitation of drinking water, mineral resources and geothermal energy also takes place beneath the Earth's surface. Because the law does not provide much regulation in this field, dialog is needed between politicians, planning authorities and geologists. The «Planning at Depth Project» of the Swiss Association of Geologists CHGEOL promotes sustainable concepts that are based on geological foundations such as 3D models, geological, geotechnical and hydrogeological maps. The project group determines where regulation is needed to avoid conflicts during utilization.

Weitere Informationen | Plus d'informations

- Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 3D-Geologie
Office fédéral de topographie swisstopo, Géologie en 3D
(www.swisstopo.ch/3dgeologie)
- Forschungsprojekt Mont Terri | Projet de recherche au Mont Terri
(www.mont-terri.ch)

Datenquelle | Source des données

CHGEOL, Illustration Ines Senger (www.chgeol.org) | CHGEOL, illustration Ines Senger (www.chgeol.org/fr)



Legende 1 Der Platz im Untergrund ist knapp. Eine umfassende 3D-Raumplanung mit Einbezug des Untergrundes ist daher stark zu empfehlen. 2 Pfahlbohrmaschine. 3 Tunnelbohrmaschine. 4 Gotthard-Basistunnel bei Sedrun.

Légende 1 L'espace dans le sous-sol est limité. Un aménagement du territoire en 3D tenant compte du sous-sol est donc fortement à recommander. 2 Colonne de forage. 3 Tête de tunnelier. 4 Tunnel de base du Gotthard près de Sedrun.

Nationale Schutzgebiete

Das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) umfasst und beschreibt Landschaften und Naturdenkmäler, die nach landschaftstypologischen und naturwissenschaftlichen Kriterien als einzigartig für die Schweiz oder als typisch für einen Teilbereich des Landes gelten. Viele dieser Objekte enthalten zudem geologische Elemente oder können gar als Geotope bezeichnet werden.

Die Auen sind in der Schweiz bedroht und werden geschützt. Das Aueninventar enthält aktive Gebiete an natürlichen, naturnahen oder korrigierten Gewässern, die auf einer Minimalfläche typische Auenvegetation aufweisen, sowie Gletschervorfelder und alpine Schwemmebenen mit einem glazifluviatil oder fluviatil geprägten Auenbereich von mindestens 2500 m² Fläche.

Die Schweizer Moore sind stark dezimiert worden und stehen heute unter Schutz. Sie beherbergen eine Vielzahl gefährdeter Tier- und Pflanzenarten. Es gibt drei Bundesinventare zum Moorschutz. Die letzten Hochmoore mit einer zusammenhängenden Fläche von jeweils mindestens 625 m² wurden aufgrund ihres Pflanzenbestandes ins Hochmoorinventar aufgenommen. Diese Moore befinden sich auf geologisch undurchlässigem Grund.

Auch für die Aufnahme dreier Schweizer Objekte (Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch, Monte San Giorgio, Tektonikarena Sardona) in die UNESCO-Welterbe-Gebiete waren vorwiegend geologische Kriterien massgebend.

Régions protégées à l'échelle nationale

L'inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (IFP) comprend et délimite sur une carte les objets naturels considérés comme uniques en Suisse ou typiques d'une partie du pays en fonction de la typologie du paysage et de critères relevant des sciences naturelles. Nombre d'entre eux incluent des éléments géologiques ou peuvent même être qualifiés de géotopes.

Les zones alluviales, menacées, sont protégées en Suisse. Leur inventaire comprend des secteurs actifs de cours d'eau naturels, proches de l'état naturel ou corrigés, qui renferment une végétation caractéristique des zones alluviales dans un périmètre minimum. Il s'agit par exemple de marges proglaciaires ou de plaines alpines incluant une zone alluviale fluviatile ou fluvioglaciaire d'au moins 2500 m².

Les marais suisses, largement décimés, sont aussi protégés à l'heure actuelle. Hébergeant une grande variété d'espèces animales et végétales menacées, ils sont protégés en vertu de trois inventaires. Celui des hauts-marais répertorie les derniers exemplaires d'une superficie d'au moins 625 m² d'un seul tenant, situés sur un sous-sol imperméable, en fonction des peuplements végétaux qui s'y trouvent. L'inscription de trois régions suisses au Patrimoine mondial de l'UNESCO (Jungfrau-Aletsch, Monte San Giorgio et Haut lieu tectonique Sardona) s'est aussi essentiellement basée sur des critères géologiques.

Aree protette nazionali

L'Inventario federale dei paesaggi, dei siti e dei monumenti naturali d'importanza nazionale (IFP) raccoglie e delimita cartograficamente paesaggi, siti e monumenti naturali considerati unici o particolarmente rappresentativi di una parte del Paese dal punto di vista paesaggistico o naturale. L'inventario federale delle zone golenali comprende aree attive vicine ai corsi d'acqua che si trovano in condizioni naturali, semi-naturali o modificate e possiedono una superficie di vegetazione tipica minima, come pure i margini periglaciali e le pianure alluvionali alpine. Nell'inventario federale delle torbiere alte di importanza nazionale sono censite le ultime torbiere di questo tipo che presentino una superficie continua di almeno 625 m².

National Protected Zones

The Federal Inventory of Landscapes and Natural Monuments of National Importance (BLN) encompasses and maps landscapes and natural monuments that are considered as unique for Switzerland or typical of a portion of the country, according to landscape-typological and scientific criteria. The «Aueninventar» contains active areas of natural, semi-natural or corrected water bodies having a minimum expanse of typical riparian vegetation, as well as glacier forelands and Alpine flood plains. There are three federal inventories for the protection of bog lands. The last remaining raised bogs, each consisting of at least 625 m² contiguous surface area, have been incorporated into the raised bog inventory.

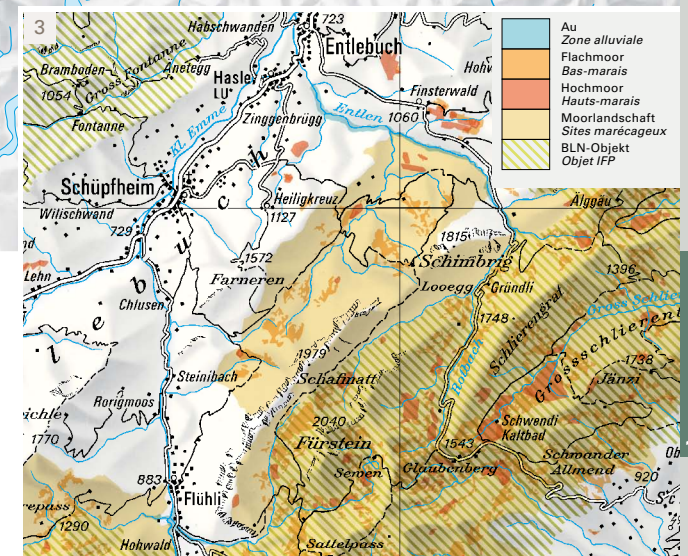
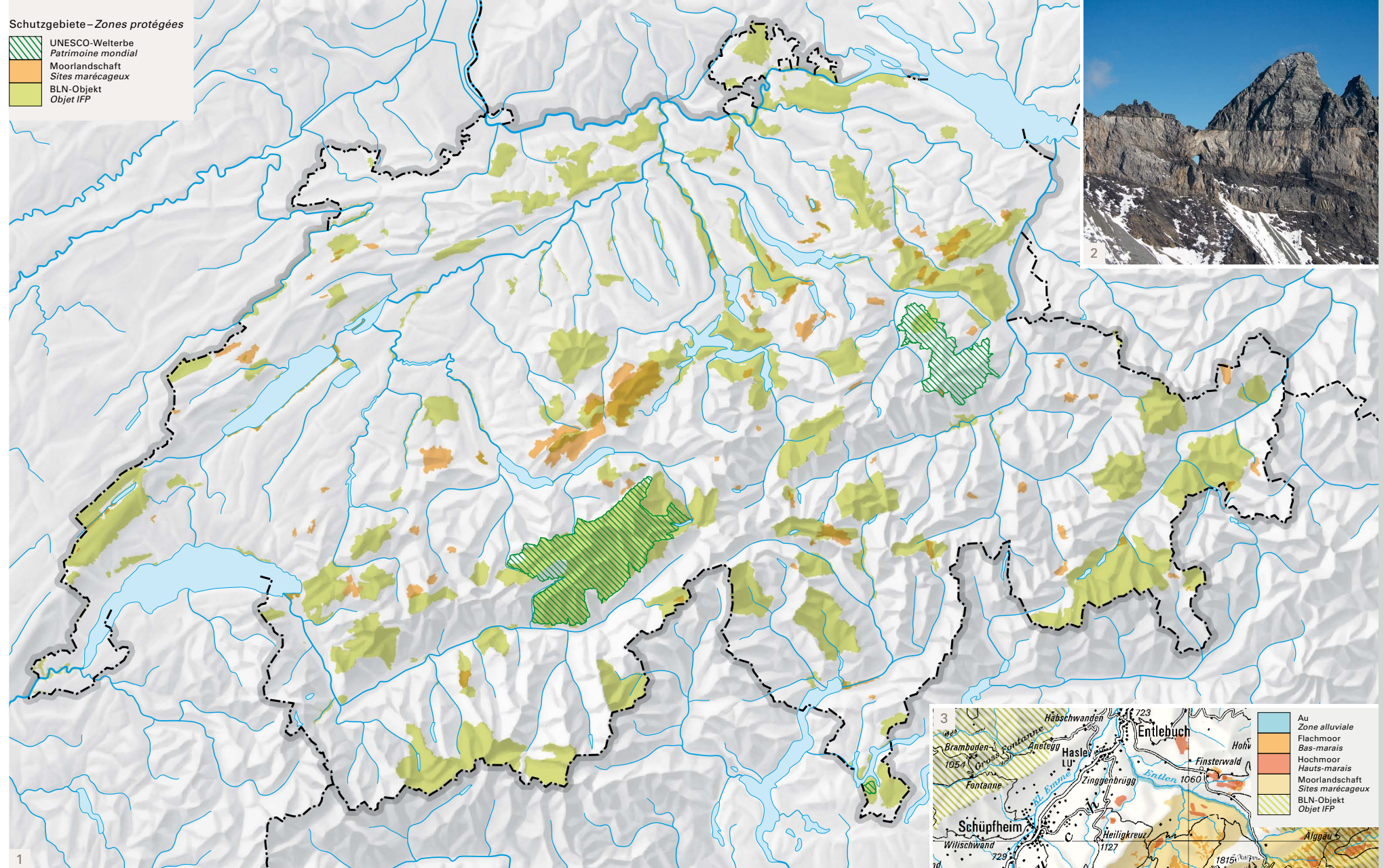
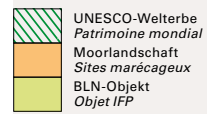
Weitere Informationen | Plus d'informations

Geoportal des Bundes | Géoportail de la Confédération (map.geo.admin.ch)

Datenquelle | Source des données

- Bundesamt für Umwelt, Schutzgebiete und Biotopinventare | Office fédéral de l'environnement, Zones protégées et inventaires des biotopes (www.bafu.admin.ch/schutzgebiete-inventare)
- Bundesamt für Umwelt, Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung | Office fédéral de l'environnement, paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (www.bafu.admin.ch/bln)
- BUWAL (1999), EAFV (1986), EDI (1988), EDMZ (1977)

Schutzgebiete – Zones protégées



Legende 1 Nationale Schutzgebiete der Schweiz. 2 Die Glarner Hauptüberschiebung im UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona.

3 Vergrösserter Kartenausschnitt, Zentralschweiz.

Légende 1 Les régions suisses protégées d'importance nationale. 2 Le chevauchement principal de Glaris du Haut lieu tectonique

Sardona, inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO. 3 Extrait agrandi de la carte, Suisse centrale.

Geotope

Geotope sind räumlich begrenzte Teile der Geosphäre von besonderer geologischer, geomorphologischer oder geoökologischer Bedeutung und als solche schützenswerte geowissenschaftliche Naturdenkmäler. Erdgeschichtliche Geotope sind unsere Fenster zur Urzeit. Sie erzählen uns von der Entwicklung der Landschaft, des Klimas und des Lebens, vom Werden und Vergehen der Gebirge und von der Entstehung der Gesteine. Andere Geotope werfen ein Licht auf Vorgänge an der Erdoberfläche oder im Erdinnern, die uns aufgrund ihrer Langsamkeit, Unzugänglichkeit oder Seltenheit fremd sind. Sie schliessen auch das Reich der Höhlen und des Grundwassers mit ein. Eine letzte Gruppe von Geotopen umfasst aktive Landschaftselemente, wie Schutthalden, Flussauen oder Grundwasseraufstösse, die – ursprünglich weitverbreitet – heute aufgrund menschlicher Eingriffe selten geworden sind. Je nach ihrem thematischen Inhalt können Geotope ein einzelnes, punktuell Vorkommen oder eine ganze Landschaftskammer bezeichnen. Einige Beispiele sind der Monte San Giorgio (TI), die Gorges de l'Areuse (NE) oder die Rin-Quelle (SG). Als Naturdenkmäler sind die Geotope der Nachwelt zu erhalten. Sie sind vor Einflüssen zu bewahren, die ihre Substanz, Struktur, Form oder natürliche Weiterentwicklung beeinträchtigen. Aufgrund von Meldungen kantonaler Ämter, von Hochschulinstituten, regionalen naturforschenden Gesellschaften sowie Privatpersonen entstand in den Jahren 1996–1999 das Geotopinventar. Es wird laufend aktualisiert und umfasst heute (Inventar 2012) 322 Objekte.

Weitere Informationen | Plus d'informations

Geoportal des Bundes | Géoportail de la Confédération (map.geo.admin.ch)

Géotopes

Les géotopes sont des parties de la géosphère ayant une importance particulière d'un point de vue géologique, géomorphologique ou géoécologique, et de ce fait sont des monuments naturels géoscientifiques à protéger. Certains géotopes sont des pages de l'histoire de la terre, nos fenêtres sur le passé: ils nous racontent l'évolution du paysage, du climat et de la vie, la croissance et la disparition des montagnes et la genèse des roches. D'autres géotopes mettent en évidence des processus se déroulant à l'intérieur ou à la surface de la Terre qui échappent à notre expérience quotidienne en raison de leur lenteur, de leur inaccessibilité ou de leur rareté. Les géotopes incluent également le monde caché des cavernes et des eaux souterraines. Un autre groupe englobe des éléments actifs du paysage, tels qu'éboulis, zones alluviales ou émergences d'eaux souterraines qui, répandus autrefois, se sont raréfiés à cause des interventions humaines. Les géotopes peuvent représenter un objet ponctuel ou une partie du paysage. Citons comme exemples le Monte San Giorgio (TI), les gorges de l'Areuse (NE) et la source du Rin (SG). Ces monuments naturels doivent être sauvegardés pour la postérité. Nous devons les préserver contre les atteintes à leur substance, à leur structure, à leur forme ou à leur évolution naturelle. L'inventaire des géotopes suisses a été établi entre 1996 et 1999 sur la base des sites annoncés par des offices cantonaux, des instituts de hautes écoles, des sociétés régionales des sciences naturelles et des particuliers. Régulièrement mis à jour, il comprend 322 objets en 2012.

Datenquelle | Source des données

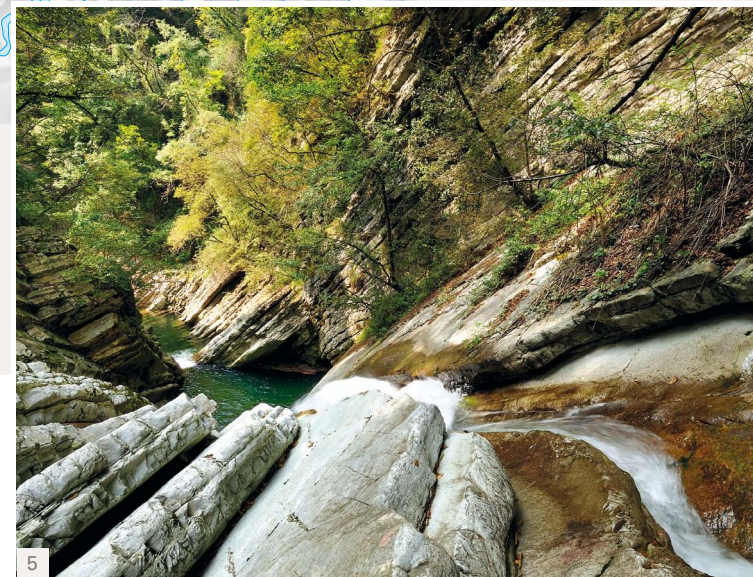
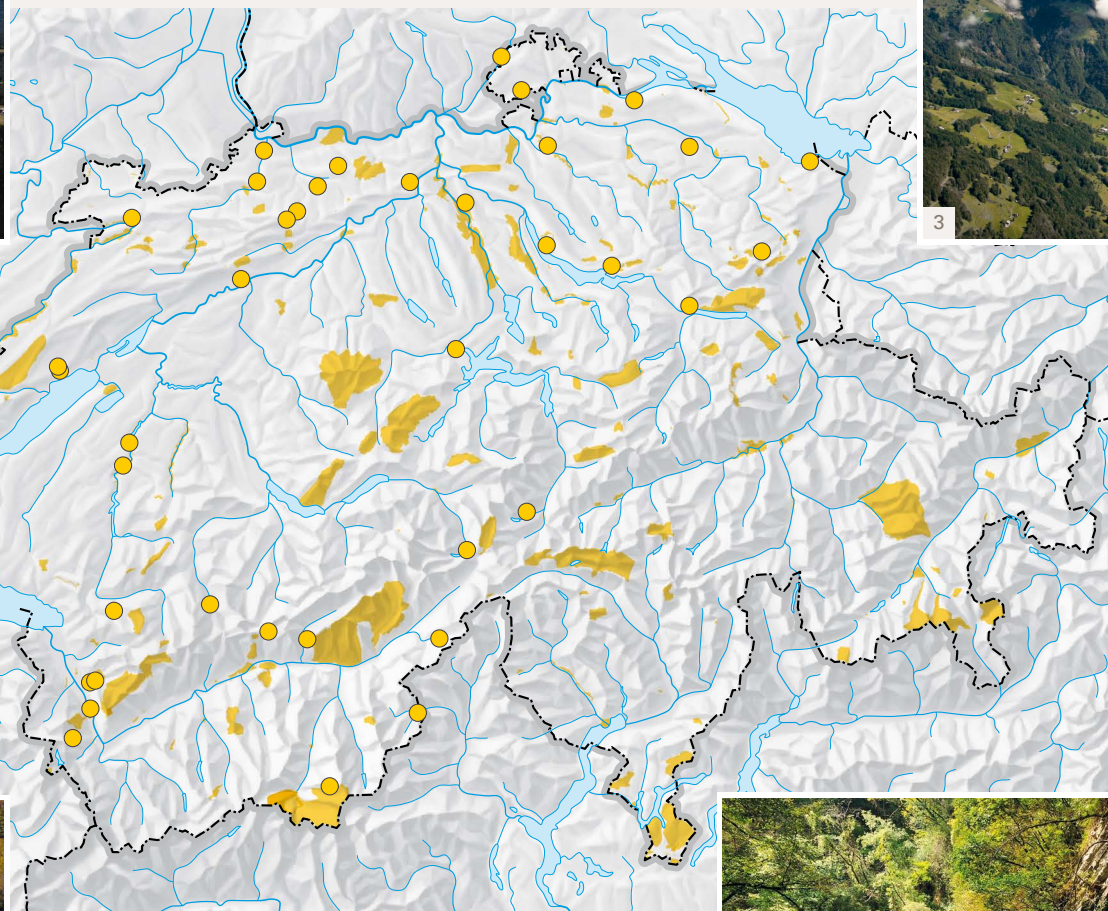
– Plattform Geowissenschaften der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz | Plate-forme Géosciences de l'Académie suisse des sciences naturelles (www.geosciences.scnat.ch)
– FELBER (1999)
– REYNARD et al. (2012)

Geotopi

L'inventario svizzero dei geotopi, in continuo aggiornamento, comprende siti naturali che devono essere protetti per il loro valore scientifico. I geotopi sono porzioni spazialmente delimitate della geosfera, di particolare interesse geologico, geomorfologico o ecologico che raccontano l'evoluzione del paesaggio, del clima, della vita e la formazione delle rocce. Altri geotopi evidenziano processi come lo sviluppo di grotte o di riserve idriche sotterranee. Anche gli elementi attivi del paesaggio, falde di detrito, sorgenti artesiane, ecc., fanno parte dei geotopi e sono divenuti rari a causa degli interventi umani. Secondo il loro contenuto tematico, i geotopi possono corrispondere a un unico affioramento o a un intero paesaggio.

Geotopes

The continually updated geotope inventory contains geoscientific natural monuments of Switzerland that are worth protecting. Geotopes are spatially restricted parts of the geosphere with special geological, geomorphological or geoecological importance. Geological history geotopes tell us about the development of the landscape, climate and life and about the origins of rocks. Other geotopes shed light on processes such as the development of caves or groundwater resources. Active landscape elements are also part of geotopes: scree slopes, floodplains or groundwater emissions. Depending on their thematic content, geotopes can denote a single point occurrence or an entire portion of landscape.



Legende 1 Geotope von nationaler Bedeutung. 2 Creux du Van (NE). 3 Walensee mit den Churfürsten (SG).

4 Erdpyramiden in Val d'Héremence (VS). 5 Gole della Breggia (TI).

Légende 1 Les géotopes d'importance nationale. 2 Creux du Van (NE). 3 Lac de Walenstadt et Churfürsten (SG).

4 Pyramides d'Euseigne à la sortie du Val d'Héremence (VS). 5 Gole della Breggia (TI).

Geologische Wanderwege

Geotourismus erschliesst erdgeschichtliche und landschaftliche Besonderheiten. Fachleute und Laien können auf geologischen Wanderwegen, in Geoparks, Schauhöhlen, Geotopen oder bei Veranstaltungen wie «Erlebnis Geologie» (→ 123) erdwissenschaftliche Entwicklungen vor Ort erleben und begreifen.

Auch Laien sollen für die Entstehung unserer Landschaft und für die Geheimnisse der Erde sensibilisiert werden. Deshalb werden für ausgewählte Gebiete, wo geologische Prozesse sicht- und greifbar sind, geologische Wanderkarten und -führer erstellt sowie Wanderwege aus naturwissenschaftlicher Sicht erschlossen.

Die Plattform Geowissenschaften der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) hat die geologischen Wanderwege in der Schweiz zusammengestellt, mit umfassenden Informationen zu Führern und weiterführenden Links. Eine kartographische Darstellung dieser Wege wird zur Zeit in Zusammenarbeit mit swisstopo erarbeitet. Die Via GeoAlpina ist ein internationales Projekt, welches Touristen und Wanderer in die Entstehung unserer Alpenwelt einweicht und für Geheimnisse der Landschaft sensibilisiert. Die Wanderroute führt durch die sechs Alpenländer Deutschland, Österreich, Frankreich, Italien, Slowenien und die Schweiz. Von Triest bis Monaco lehnt sich die Via GeoAlpina an die Via Alpina an. Es werden geologische, geomorphologische und hydrologische Aspekte sowie Naturgefahren und Gesteinsnutzung thematisiert. In der Schweiz wurde die Via GeoAlpina für drei Gebiete dokumentiert: Dents Blanches–Les Diablerets, Meiringen–Adelboden und die Tektonikarena Sardona.

Sentiers géologiques

Le géotourisme met en valeur des particularités géologiques et paysagères. Les sentiers géologiques, les géoparcs, les cavernes, les géotopes et les manifestations telles que «Géologie Vivante» (→ 123) permettent à tout un chacun d'appréhender les processus géologiques et géomorphologiques sur le terrain.

Pourquoi le grand public ne serait-il pas également initié à la formation de nos paysages et aux secrets de notre Terre? Diverses organisations produisent des guides et des cartes de randonnée géologique ou aménagent des sentiers dédiés aux sciences naturelles dans des régions où certains processus géologiques sont aisément appréhendables. La Plate-forme Géosciences de l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT) a compilé une liste des sentiers géologiques de Suisse, assortie de références et de liens. Une représentation cartographique de ces itinéraires est actuellement en préparation avec la collaboration de swisstopo.

La Via GeoAlpina est un projet international qui vise à sensibiliser les touristes et randonneurs à l'histoire de la formation des Alpes et aux secrets de la Terre. Cet itinéraire parcourt les six pays alpins – l'Allemagne, l'Autriche, la France, l'Italie, la Slovénie et la Suisse. Partant de Trieste pour rejoindre Monaco, la Via GeoAlpina se calque sur la fameuse Via Alpina et aborde les aspects géologiques, géomorphologiques et hydrologiques, les dangers naturels et l'utilisation des roches le long de l'arc alpin. En Suisse, la Via GeoAlpina comporte trois tronçons: Dents Blanches–Les Diablerets, Meiringen–Adelboden et le Haut lieu tectonique Sardona.

Sentieri geologici

Il geoturismo valorizza gli aspetti che raccontano la storia della Terra e del paesaggio mediante la realizzazione di carte, guide geologiche e sentieri naturalistici. L'Accademia svizzera di scienze naturali SCNAT ha redatto un elenco di questi sentieri. La Via GeoAlpina è un progetto internazionale che mira a sensibilizzare turisti ed escursionisti sulla storia della formazione delle Alpi e sui segreti della Terra. Ricalcando la famosa Via Alpina, la Via GeoAlpina attraversa tutti i paesi della catena alpina da Monaco a Trieste e tratta importanti caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche. In Svizzera, il percorso si snoda attraverso tre aree: Dents Blanches–Les Diablerets, Meiringen–Adelboden e Arena tettonica Sardona.

Geological Hiking Trails

Geotourism valorizes special geological and landscape features. Geological hiking trails, maps and guides are produced to make geology accessible to a broad audience. The Swiss Academy of Sciences SCNAT has compiled a list of these trails. The Via GeoAlpina is an international project that aims to teach tourists and hikers about the history of the formation of the Alps and the secrets of the Earth. Founded on the famous Via Alpina, it traverses six Alpine countries from Monaco to Trieste and addresses relevant geological, geomorphological and hydrological features. In Switzerland, the route leads through three regions: Dents Blanches–Les Diablerets, Meiringen–Adelboden and the Tectonic Arena Sardona.

Datenquelle | Source des données

- Plattform Geowissenschaften der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz | Plate-forme Géosciences de l'Académie suisse des sciences naturelles (www.geosciences.scnat.ch)
- Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Via GeoAlpina | Office fédéral de topographie swisstopo, Via GeoAlpina (www.swisstopo.ch/viageoalpina)
- Wanderwege Via Alpina | Sentiers Via Alpina (www.via-alpina.org)



Legende 1 Die Route der Via GeoAlpina im Gebiet Dents Blanches – Les Diablerets vor einem geologischen Hintergrund mit Fotobeispielen der Stopp: 3 Lac de Salanfe, 6 Portail de Fully, 9 Vallon de la Vare, 10 Pas de Cheville: Aussicht auf les Diablerets und Derborence.

Légende 1 Tronçon de la Via GeoAlpina dans la région Dents Blanches – Les Diablerets sur une carte géologique et exemples de haltes proposées: 3 Lac de Salanfe, 6 Portail de Fully, 9 Vallon de la Vare, 10 Pas de Cheville: vue sur les Diablerets et Derborence.

Erlebnis Geologie

Geologinnen und Geologen aus Hochschule, Praxis, Museen, Behörden und Industrie bieten mit «Erlebnis Geologie» der breiten Bevölkerung spannende Einblicke in ihr Fachgebiet. Zum Konzept «Erlebnis Geologie» gehört ein ganzjährig laufendes Dauerangebot geologischer Veranstaltungen und ein Festival, das alle drei Jahre an einem Wochenende zwischen Ostern und den Sommerferien stattfindet.

«Erlebnis Geologie» will die Zusammenhänge zwischen der Geologie und dem alltäglichen Leben deutlich machen und zeigen, wie unentbehrlich die Arbeit der Geologinnen und Geologen zur Erhaltung unseres Lebensstandards ist. Fachleute machen die beeindruckende Entstehungsgeschichte unserer Erde fassbar und informieren über den nachhaltigen Umgang mit natürlichen Ressourcen.

«Erlebnis Geologie» stellt die Schönheiten, Seltenheiten und Eigenarten unseres Planeten Erde in den Mittelpunkt und trägt so dazu bei, die breite Öffentlichkeit und auch Entscheidungsträger für diese Themen zu sensibilisieren. Das Festival «Erlebnis Geologie» fand erstmals im Juni 2007 an zahlreichen Standorten in der ganzen Schweiz statt. Die zweite Durchführung im Mai 2010 war wie bereits der erste Anlass mit rund 10 000 Teilnehmenden ein voller Erfolg. Alle Informationen zum Festival sowie zu den ganzjährig stattfindenden Veranstaltungen sind auf der Website «Erlebnis Geologie» zu finden.

Géologie Vivante

Dans le cadre de «Géologie Vivante», des géologues provenant des hautes écoles, de bureaux privés, de musées, de l'administration et de l'industrie proposent au grand public des aperçus passionnants de leur discipline.

«Géologie Vivante» comprend une palette de manifestations géologiques réparties tout au long de l'année, ainsi qu'un festival qui a lieu un week-end tous les trois ans entre Pâques et les vacances d'été.

«Géologie Vivante» veut souligner les liens entre la géologie et la vie quotidienne et montrer à quel point le travail des géologues est indispensable pour assurer notre qualité de vie. Des spécialistes décrivent la spectaculaire genèse de la Terre et parlent de gestion durable des ressources naturelles. En mettant l'accent sur la beauté, la rareté et les particularités de notre planète, «Géologie Vivante» contribue à sensibiliser la collectivité et les décideurs à l'importance d'une gestion pérenne de l'environnement.

Le premier festival «Géologie Vivante» s'est déroulé en juin 2007 dans de nombreux endroits de toute la Suisse. La deuxième édition, organisée en mai 2010, a également connu un grand succès en accueillant pas moins de dix mille personnes. Toutes les informations concernant ce festival, ainsi que les manifestations prévues en cours d'année peuvent être consultées sur le site web «Géologie Vivante».

Avventura geologia

Con «Avventura geologia», i geologi attivi negli studi privati, nelle università, nei musei, nell'amministrazione pubblica e nell'industria offrono al pubblico occasioni interessanti per far conoscere la propria attività. L'evento «Avventura geologia» vuole evidenziare gli stretti legami esistenti tra la geologia e la vita di ogni giorno, con lo scopo di mostrare quanto il lavoro dei geologi sia essenziale per salvaguardare i nostri standard di vita.

«Avventura geologia» comprende una vasta offerta di eventi geologici fruibili tutto l'anno ed anche un festival che si svolge ogni tre anni in varie località sparse di tutta la Svizzera.

Experience Geology

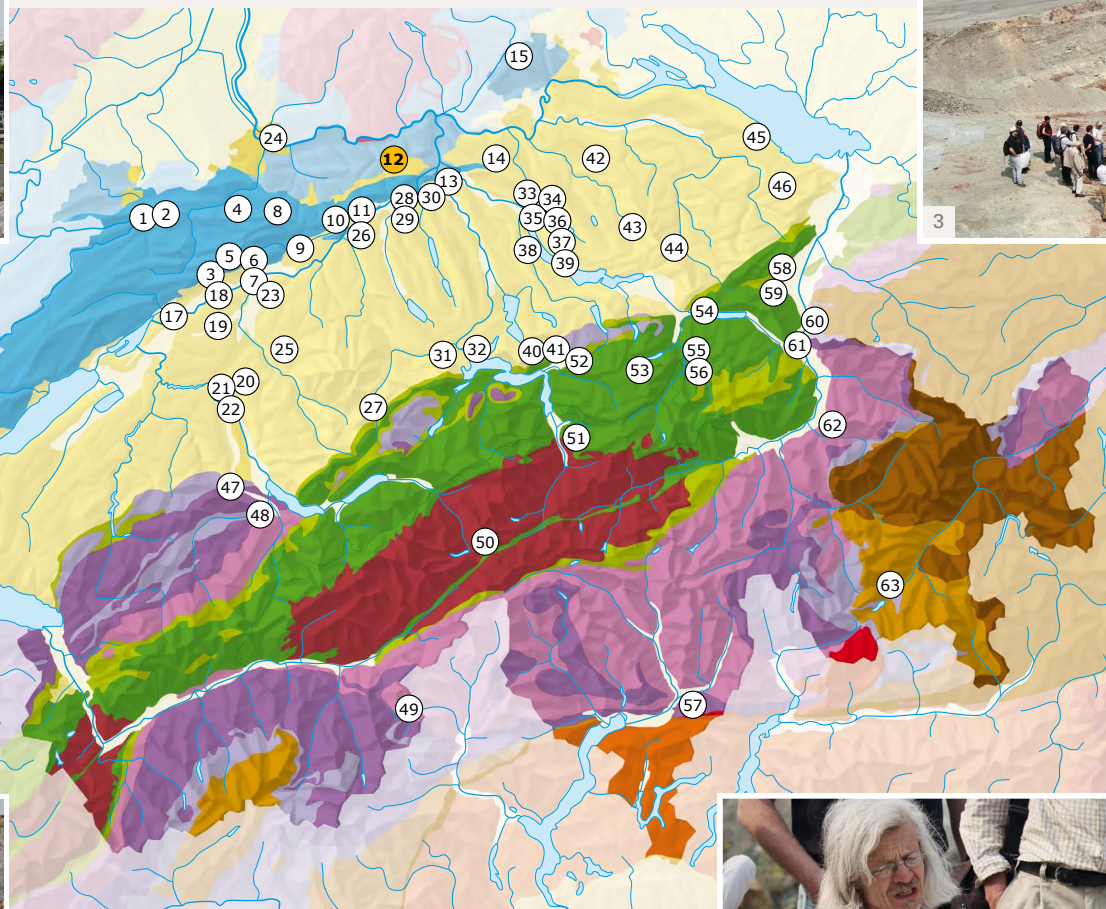
With the «Experience Geology» events, geologists from private practices, universities, museums, authorities and industry offer the general public fascinating insights into their field of work. «Experience Geology» aims to demonstrate the links between geology and everyday life and to show how essential the work of geologists is for our standard of living. «Experience Geology» consists of a year-round ongoing program of geological events and a festival which takes place every three years at numerous locations throughout Switzerland.

Datenquelle | Source des données

- Erlebnis-Geologie (www.erlebnis-geologie.ch) | Géologie Vivante (www.geologie-vivante.ch)
- Plattform Geowissenschaften der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz | Plate-forme Géosciences de l'Académie suisse des sciences naturelles (www.geosciences.scnat.ch)
- Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Landesgeologie | Office fédéral de topographie swisstopo, Service géologique national (www.swisstopo.ch/landesgeologie)



2



1



3



4



5

Legende 1 Bis zum nächsten Festival «Erlebnis Geologie» steht Interessierten eine Karte mit rund 70 ständig besuchbaren Geoevents zur Verfügung. 2 – 5 Auf der Spur der Dinosaurier bei Frick (AG), Nr. 12 auf der Karte.

Légende 1 Jusqu'à la prochaine édition du festival «Géologie Vivante», une carte regroupant environ 70 manifestations est à disposition des intéressés. 2 – 5 À la découverte des dinosaures près de Frick (AG), n° 12 sur la carte.

Steine an historischen Bauwerken

Natursteine werden vielfältig genutzt: zum Bauen, als Träger von Botschaften, als Schmuck- oder Gebrauchssteine. Mengenmässig am bedeutendsten ist ihre Verwendung in der Bautechnik. Neben Materialien wie Beton, Asphalt, Stahl und Glas ist Naturstein bis heute in Hoch- und Tiefbau konkurrenzfähig geblieben.

Natursteine sind ein Teil unserer Kultur. Die ältesten erhaltenen Kulturzeugnisse sind genauso aus Stein wie die Werke heutiger Künstler, Architekten oder Ingenieure. Steine sind natürliche Rohstoffe mit einer breiten Palette von Eigenschaften. Diese reichen von hart bis weich, von massig bis dünnschiefrig, mit einer unerschöpflichen Struktur- und einer Farbenvielfalt von tiefschwarz bis hochweiss. Welches Gestein jeweils eingesetzt wird, ist von technischen, ästhetischen und wirtschaftlichen Aspekten abhängig.

Im handwerklich und künstlerisch gestalteten Objekt – sei es eine Skulptur oder ein Bauwerk – überlagern sich Geologie, Bau-, Wirtschafts- und Handwerksgeschichte. Der Stein erzählt zugleich seine geologische Geschichte über die Jahrtausende wie auch seine Kulturgeschichte.

Die Datenbank «Gesteinsarten an historischen Bau- und Bildwerken» mit rund 10000 Einträgen zu Steinanwendungen an 5000 Bauwerken und Einzelobjekten basiert auf Francis de Quervains Karteikarten, die er von 1954 bis 1983 anlegte. Die Daten helfen, historische Bauwerke in ihrer Komplexität wahrzunehmen und damit die Bereitschaft zu fördern, sie authentisch für nächste Generationen zu erhalten: eine wichtige Grundlage für die Denkmalpflege.

Pierres des monuments historiques

Matériau de construction, vecteur de message, bijou, objet d'usage courant: la pierre naturelle est utilisée à toutes sortes de fins. Les plus grandes quantités sont utilisées dans la construction. La pierre naturelle est restée concurrentielle malgré l'apparition de nouveaux matériaux comme le béton, l'asphalte, l'acier et le verre.

La pierre naturelle fait partie intégrante de notre culture: les plus anciens vestiges de culture humaine sont en pierre, comme les œuvres des artistes, architectes et ingénieurs contemporains. La pierre est une matière première naturelle aux propriétés très variées: dure ou tendre, massive ou finement litée, elle présente une diversité de structures et de couleurs quasiment inépuisable, du noir le plus foncé au blanc le plus clair. Le choix de la roche mise en œuvre est dicté par des critères techniques, esthétiques et économiques.

La géologie et l'histoire de la construction, de l'économie et de l'artisanat se confondent dans un objet conçu par un artisan ou un artiste, qu'il s'agisse d'une sculpture ou d'un édifice: la pierre raconte tout à la fois son histoire géologique, vieille de millions d'années, et son histoire culturelle.

La banque de données «Gesteinsarten an historischen Bau- und Bildwerken», qui recense dix mille utilisations de la pierre sur cinq mille ouvrages et objets particuliers, se base sur les fiches établies par Francis de Quervain entre 1954 et 1983. Les renseignements qu'elle fournit nous aident à appréhender notre patrimoine historique dans toute sa complexité – et nous incitent ainsi à le conserver dans sa forme authentique pour les générations futures: une référence importante pour la conservation des monuments historiques.

Pietre dei monumenti storici

Le pietre naturali sono utilizzate in molti modi, ma l'uso quantitativamente più importante è nell'ambito dell'edilizia. Le pietre sono materie prime naturali caratterizzate da una vasta gamma di proprietà in termini di durezza, di colore e di struttura. In ogni progetto che utilizza la pietra – sia esso una scultura o un edificio – si sovrappongono le caratteristiche geologiche e la storia della costruzione, dell'economia e della tecnica. La banca dati «Gesteinsarten an historischen Bau- und Bildwerken», con circa 10000 voci sugli usi della pietra in 5000 monumenti e oggetti singoli, si basa sulle schede di Francis de Quervain, raccolte tra il 1954 e il 1983, e rappresenta un importante archivio per gli interventi di conservazione e restauro.

Stones on Historical Buildings

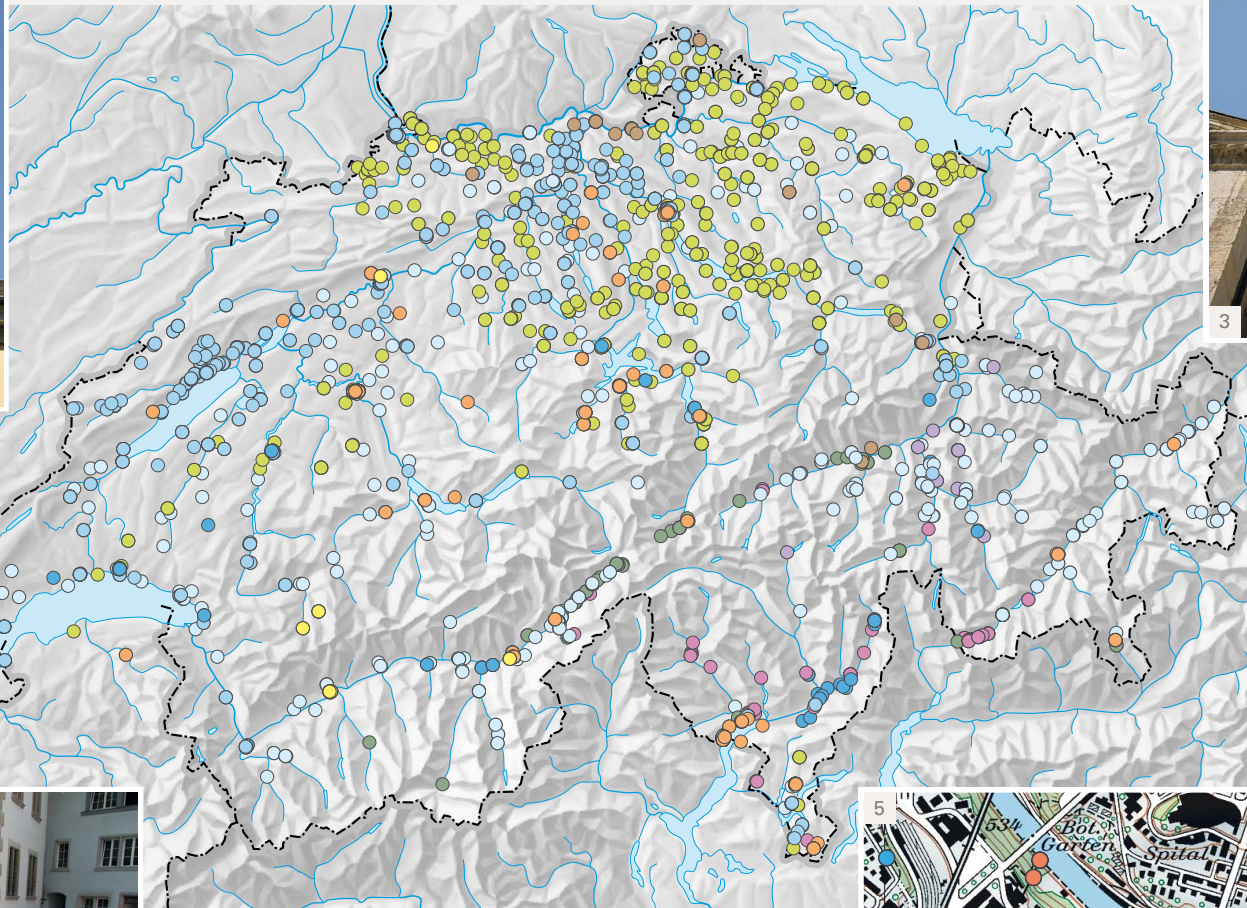
Dimension stone is used in many ways. Its use in construction is quantitatively the most important. Stone is a natural raw material with a wide range of properties, in particular hardness, color and structure. In artisanal and artistically fashioned stone objects – be they sculptures or buildings – there is a commonality between geology and history of construction, economics and trade. The database «Gesteinsarten an historischen Bau- und Bildwerken» with around 10000 entries covering applications of stone on 5000 structures and individual objects, is based on the index cards of Francis de Quervain, which he compiled from 1954 to 1983. The data also provides an important basis for the preservation of monuments.

Datenquelle | Source des données

Schweizerische Geotechnische Kommission | Commission géotechnique suisse (www.sgtk.ch)



2



Gesteinsart–Type de roche

- Kalkstein, Kalktuff
Calcaire, tuf calcaire
- Rauwacke, Dolomit
Cornieule, dolomite
- Sandstein
Grès
- Konglomerat
Conglomérat
- Granit
Granite
- Gneis, Schiefer
Gneiss, schiste
- Serpentin, Grüngestein
Serpentine, roche verte
- Marmor
Marbre

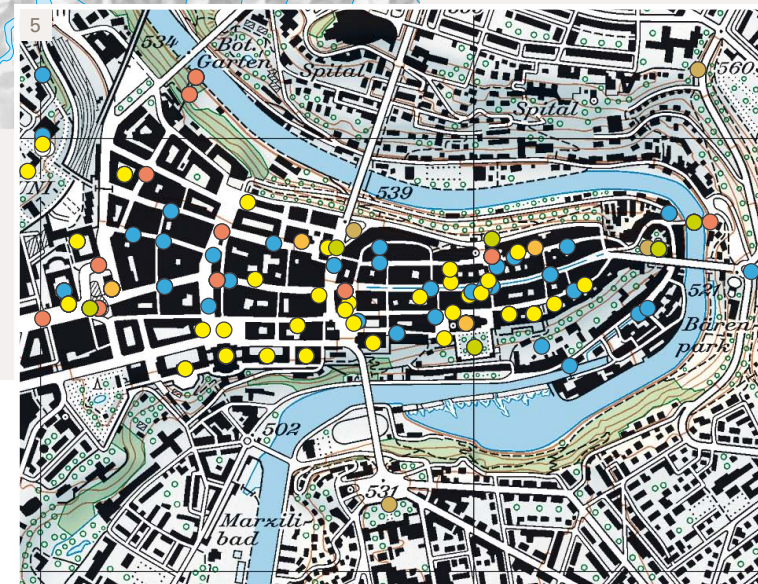
1



4



3



- Profanbau
Bâtiment profane
- Brunnen
Fontaine
- Verkehrsweg
Voie de communication
- Sakralbau
Bâtiment sacré
- Befestigungsanlage
Fortification
- Markstein
Borne

Legende 1 Karte der Gesteinsarten, die als Hausteine Verwendung fanden. Beispiele der Anwendungen: 2 Skulptur,

3 Gebäude und 4 Brunnen. 5 Typen von historischen Bauwerken in der Berner Altstadt.

Légende 1 Carte de répartition des différentes roches utilisées sous forme de pierres de taille. Exemples d'utilisation:

2 sculpture, 3 bâtiment et 4 fontaine. 5 Les types de monuments historiques dans la vieille ville de Berne.

Stein und Wein

Das System Gestein–Verwitterung–Boden–Rebe–Wein ist komplex. Klima und Wetter prägen die Qualität eines Weines, für den Charakter aber spielt auch der Gesteinsuntergrund, aus dem die Rebe Nährstoffe und Wasser bezieht, eine wichtige Rolle. Die Rebberge der Schweiz lassen sich geologisch in Jura-, Mittelland- und Alpenweine einteilen. Die vereinfachte Gesteinskarte stellt den Untergrund der Rebbauflächen dar.

Im Juragebirge zwischen Neuenburgersee und Schaffhausen wachsen die Rebberge verbreitet auf Mergel und auf Hangschutt von Jurakalk, die dank ihrem Tonanteil sehr nährstoffreich sind.

Im Mittelland wächst der Wein auf Molassegesteinen und Moränen, Gesteinen, die für den Rebbau geeignete ausgewogene Mischböden ergeben. Der Molasseuntergrund besteht aus Wechsellagerungen von Sandstein und Mergel. Konglomerat (Nagelfluh) tritt im Lavaux und im St. Galler Rheintal auf.

In den Alpentälern liegen Rebberge meist auf Bachschuttkegeln, Hangschutt und Bergsturmassen. In den nördlichen Alpen dominiert darin Schutt aus Kalk. In den zentralalpinen Talabschnitten, namentlich im Wallis und Alpenrheintal, sind es Flysch und Bündnerschiefer. Aus diesen Wechsellagerungen von Sandstein, Mergel- und Kalkschiefer entstehen sandig-kalkige Böden.

In den Tessiner Alpentälern bilden Gneis und Glimmerschiefer die Unterlage der Rebberge. Darüber liegen häufig unterschiedlich mächtige Verwitterungsschichten oder Moränenbedeckungen. Ganz im Süden gedeihen die Rebberge des Mendrisiotto auf Vulkaniten, Kieselkalk, Konglomerat und Moränen.

Roche et vin

Le système roche–altération–sol–vigne–vin est complexe: le climat et la météorologie influencent la qualité d'un vin, mais son caractère est aussi tributaire du soubassement rocheux qui fournit l'eau et les nutriments à la vigne. Le vignoble suisse peut être subdivisé géologiquement en vins du Jura, vins du Plateau et vins des Alpes. La carte simplifiée des roches indique le sous-sol des surfaces viticoles.

Dans le Jura, entre le lac de Neuchâtel et la ville de Schaffhouse, la vigne est plantée sur des marnes et des éboulis de calcaire jurassique, très riches en nutriments grâce à leur teneur élevée en argile.

Sur le Plateau, la vigne pousse sur de la molasse et de la moraine, qui donnent des sols mixtes, équilibrés, favorables à la viticulture. La molasse est composée d'alternances de grès et de marnes. On trouve des conglomérats (poudingues) dans le Lavaux et dans le Rheintal saint-gallois.

Dans les vallées alpines, la vigne occupe généralement des cônes de déjection, des éboulis et des dépôts d'éboulements. Les éboulis des Alpes calcaires sont prépondérants dans les chaînes septentrionales, alors que les flyschs et les schistes lustrés prédominent dans les vallées centrales des Alpes, notamment en Valais et dans la vallée alpine du Rhin. Ces alternances de grès, schistes marneux et calc-schistes donnent des sols grésocalcaires.

Dans les vallées alpines du Tessin, le soubassement de la vigne est constitué de gneiss et de micaschistes, souvent surmontés d'une couche altérée ou d'une couverture morainique d'épaisseur variable. Tout au sud, le vignoble du Mendrisiotto prospère sur des roches volcaniques, des calcaires siliceux, des conglomérats et des moraines.

Roccia e vino

Clima, meteo e tipo di roccia influiscono sulla qualità del vino. Da un punto di vista geologico, i vigneti svizzeri possono essere divisi nelle categorie «Giura», «Altipiano» e «Alpi». La carta semplificata del tipo di roccia rappresenta il sottosuolo delle aree vitivinicole. Nel Giura i vigneti sono distribuiti su marne e falde di detrito di calcari giurassici. Nell'Altipiano, la vite cresce su depositi molassici e morenici. Nelle valli alpine le vigne si trovano spesso su coni di deiezione, falde di detrito e depositi di frane di crollo. Nelle valli ticinesi il substrato dei vigneti è costituito da gneiss e micascisti. All'estremo sud invece i vigneti del Mendrisiotto sono situati su vulcaniti, calcari selciferi, conglomerati e morene.

Rock and Wine

Climate, weather and rock type influence the quality of wine. The vineyards of Switzerland can be geologically grouped into «Jura», «Swiss Plateau» or «Alpine» wines. The simplified rock type map depicts the bedrock of the viticulture regions. In the Jura Mountains the vineyards are common on marls and on slope debris of Jurassic limestone. In the Swiss Plateau region, the wine grows on Molasse rocks and moraines. In the Alpine valleys, vineyards are located mostly on alluvial cones, debris slopes and rockslide masses. Gneisses and mica schists form the base of the vineyards in the Alpine valleys of Ticino. Weathered layers and moraine covering, of varying thickness, commonly lie on top of this bedrock.

Datenquelle | Source des données

Schweizerische Geotechnische Kommission | Commission géotechnique suisse (www.sgtk.ch)

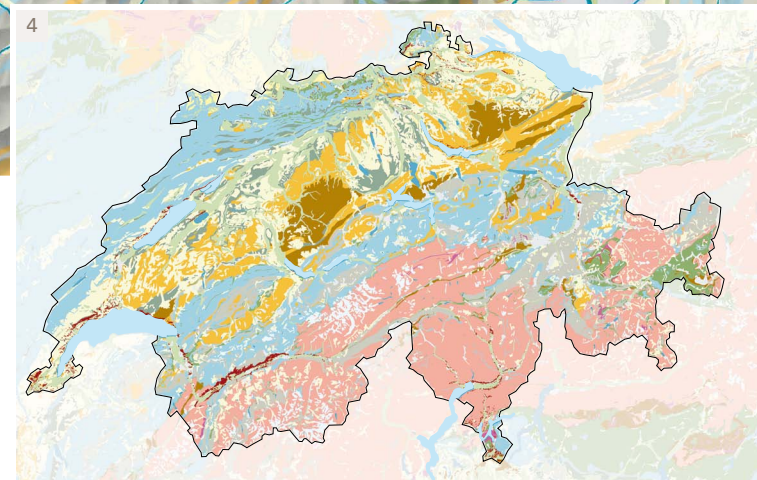
Lithologie–Lithologie

	Hangablagerung <i>Éboulis</i>
	Bach-/Flussablagerung <i>Dépôt fluvial</i>
	Gletscherablagerung <i>Dépôt glaciaire</i>
	Konglomerat <i>Conglomérat</i>
	Sandstein <i>Grès</i>
	Tonstein und Mergel <i>Argile et marne</i>
	Kalk <i>Calcaire</i>
	Schiefer <i>Schiste</i>
	Dolomit und Gips <i>Dolomie et gypse</i>
	Reben <i>Vignes</i>



Legende 1 Weinbau (bordeauxrot) im Genferseegebiet, dargestellt auf einer Karte der Gesteinstypen, die für den Weinbau von Bedeutung sind. 2 Die Reben des Lavaux wachsen auf Molasse- und Lockergesteinen. 3 Für den Charakter des Weins kann auch der Gesteinsuntergrund eine wichtige Rolle spielen. 4 Karte der für den Weinbau wichtigen Gesteinstypen.

Légende 1 Les régions viticoles (couleur bordeaux) de l'arc lémanique sont reportées sur une carte représentant les roches importantes pour la viticulture. 2 Les vignes de Lavaux poussent sur de la molasse et de la roche meuble. 3 Le caractère du vin est aussi tributaire du soubassement rocheux. 4 Carte des types de roches importants pour la viticulture.



Autoren und Beitragende

Auteurs et contributeurs

Autori e contributori

Authors and Contributors



Bundesamt für Landestopografie swisstopo

Office fédéral de topographie swisstopo

- Roland Baumberger: 47
- Reto Burkhalter: 43
- Mirjam Dürst Stucki: 45
- Peter Hayoz: 23
- Olivier Lateltin: 3
- Urs Marti: 29–37
- Salomè Michael: 47
- Andreas Möri: 17–21
- Andreas Schlatter: 37
- André Streilein: 39
- Adrian Wiget: 29, 31, 35, 37

Bundesamt für Umwelt

Office fédéral de l'environnement

- Ronald Kozel: 73, 75, 107
- Bernard Loup: 89–93, 103
- Reto Giulio Meuli: 105
- Michèle Oberhänsli: 71
- Edith Oosenbrug: 71
- Hugo Raetzo: 93
- Miriam Reinhardt: 73, 107
- Jürg Schenker: 117
- Michael Sinreich: 73, 107
- Fabio Wegmann: 105

Andere Bundesämter | Autres offices fédéraux

- Benno Bucher, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat | Inspection fédérale de la sécurité nucléaire: 85
- Martin Hertach, Bundesamt für Energie | Office fédéral de l'énergie: 109
- Martha Palacios, Bundesamt für Gesundheit | Office fédéral de la santé publique: 87
- Gunter Siddiqi, Bundesamt für Energie | Office fédéral de l'énergie: 77, 79, 111

Universitäten, ETH, Kommissionen

Universités, EPF, commissions

- Flavio Anselmetti, Universität Bern: 41
- Rolf Bruijn, ETHZ | EPFZ: 51, 53
- Nicolas Deichmann, Schweizerischer Erdbebendienst
Service sismologique suisse: 95, 97, 99
- Donat Fulda, Schweizerische Geotechnische Kommission
Commission géotechnique suisse: 61, 67, 69
- Florian Haslinger, Schweizerischer Erdbebendienst
Service sismologique suisse: 101
- Michael Hilbe, Eawag, das Wasserforschungsinstitut des
ETH-Bereichs | Eawag, l'Institut de Recherche de l'Eau du
domaine des EPF: 41
- Eduard Kissling, ETHZ | EPFZ: 25–37, 45, 49–53,
77, 79, 95–101
- Emile Klingelé, Schweizerische Geophysikalische Kom-
mission | Commission suisse de géophysique: 27, 31, 33, 45
- Thomas Kohl, Karlsruhe Institut für Technologie: 79
- François Marillier, Université de Lausanne: 49
- Michèle Marti, Schweizerischer Erdbebendienst
Service sismologique suisse: 101
- Pierre-André Schnegg, Université de Neuchâtel: 25
- Stefan Wiemer, Schweizerischer Erdbebendienst
Service sismologique suisse: 101
- Sabine Wöhlbier Röthlisberger, Schweizerischer Erd-
bebendienst | Service sismologique suisse: 101
- Alba Zappone, Schweizerischer Erdbebendienst
Service sismologique suisse: 51, 53
- Konrad Zehnder, Schweizerische Geotechnische Kommission
Commission géotechnique suisse: 125

Verschiedene | Divers

- Vincent Badoux, Geowatt AG: 79
- Thomas Burri, Naturhistorisches Museum Bern
Musée d'histoire naturelle de Berne: 55, 57, 63, 65, 75
- CHGEOL Projektgruppe Tiefenplanung: 115
- Pierre Dèzes, Akademie der Naturwissenschaften Schweiz
Académie suisse des sciences naturelles: 121, 123
- Markus Felber, Consulenze geologiche
e ambientali Sagl: 119
- Willi Finger, Büro für angewandte Geologie: 127
- Peter Heitzmann, Bern: 13, 15
- Rudolf Minder, Schweizerische Vereinigung für Geothermie
Société Suisse pour la Géothermie: 81
- Michael Schnellmann, Nationale Genossenschaft für die
Lagerung radioaktiver Abfälle | Société coopérative
nationale pour le stockage des déchets radioactifs: 109
- Roland Wyss, Schweizerische Vereinigung für Geothermie
Société Suisse pour la Géothermie: 81

Bildnachweis und Bibliographie

Crédits images et bibliographie

Fonti iconografiche e bibliografia

Picture Credits and Bibliography



Bildnachweis | Crédits images

- 19 – swisstopo 2
- 23 – swisstopo 3 , 4
- 35 – swisstopo 2
- 37 – swisstopo 2 , 3
- 59 – Schweizerische Geotechnische Kommission 1
- 65 – Schweizerische Geotechnische Kommission 2 , 3
- 67 – Schweizerische Geotechnische Kommission, R. Widmer 2
- 69 – J. Schär 2
 - Schweizerische Geotechnische Kommission 3
- 71 – Bundesamt für Umwelt 2
- 79 – Geowatt AG 2
- 81 – Sankt Galler Stadtwerke, 2012 2
- 83 – Schweizer Luftwaffe
- 85 – Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat 2
- 87 – Bundesamt für Gesundheit 2
- 89 – Schweizer Luftwaffe 2
- 91 – Schweizer Luftwaffe 2
- 93 – Bundesamt für Umwelt 2
- 95 – Zentralbibliothek Zürich (Wickiana) 2
- 101 – Keystone 2
- 105 – Bundesamt für Umwelt 2 , 3
- 109 – Infel AG, C. Köppel 4
- 111 – B. Devènes, 2011 2
- 113 – B. Devènes, 2011
- 115 – CHGEOL, I. Senger 1
 - swisstopo 2
 - AlpTransit Gotthard AG 4
- 117 – IG Tektonikarena Sardona, R. Homberger 2
- 119 – G. Benoit à la Guillaume 2
 - Amden & Weesen Tourismus 3
 - Bundesamt für Umwelt, A. Gerth 4
 - Ente Turistico del Mendrisiotto e Basso Ceresio 5
- 121 – F. Comby 3
 - T. Fourmier 6
 - H. Badoux, M. Schlup 9
 - U. Raz 10
- 123 – Akademie der Naturwissenschaften Schweiz, P. Dèzes 2 – 5
- 125 – Schweizerische Geotechnische Kommission, K. Zehnder 2 – 5
- 127 – Th. Mumenthaler 2
 - H.-P. Siffert 3

Bibliographie | Bibliographie

- 31 – KLINGELÉ, E., COCARD, M., HALLIDAY, M. & KAHLE, H.-G. (1996): The airborne gravimetric survey of Switzerland. Swiss Geophysical Commission (Ed.). – Matér. Géol. Suisse, Géophys. 31.
- OLIVIER, R., DUMONT, B. & KLINGELÉ, E. (2010): Atlas gravimétrique de la Suisse. Swiss Geophysical Commission (Ed.). – Matér. Géol. Suisse, Géophys. 43.
- 39 – KOHLSTOCK, P. (2011): Topographie – Methoden und Modelle der Landesaufnahme. – De Gruyter, PFG 4.
- 41 – HILBE, M., ANSELMETTI, F.S., EILERTSEN, R.S., HANSEN, L. & WILDI, W. (2011): Subaqueous morphology of Lake Lucerne (Central Switzerland): implications for mass movements and glacial history. – Swiss J. Geosci. 104, 425–443.
- SASTRE, V., LOIZEAU, J.-L., GREINERT, J., NAUDTS, L., ARPAGAU, P., ANSELMETTI, F. & WILDI, W. (2010): Morphology and recent history of the Rhone River Delta in Lake Geneva (Switzerland). – Swiss J. Geosci. 103, 33–42.
- 45 – DÜRST STUCKI, M. (2012): Bedrock surface model of Switzerland: evidence for glacial impact on landscape and indication for glacial erosion processes. – Diss. Univ. Bern.
- FIORE, J. (2007): Quaternary subglacial processes in Switzerland: geomorphology of the Plateau and seismic stratigraphy of Western Lake Geneva. – Diss. Univ. Genève.
- JABOYEDOFF, M. & DERRON, M. (2005): A new method to estimate the infilling of alluvial sediment of glacial valleys using a sloping local base level. – Geogr. fis. e Dinamica quaternaria 28, 37–46.
- JORDAN, P. (2007): Digitales Höhenmodell der Basis des Quartärs (DHM B_QU, «Felsmodell»). – Nagra Arbeitsber. NAB 07-12.
- KLINGELÉ, E. (2012): Systematic analysis of gravity anomalies of Switzerland. Swiss Geophysical Commission (Ed.). – Annual Report.
- SCHÄLLI, L. (2012): The diffuence of the Rhine glacier at Sargans in connection to the solid-rock surface model of the Rhine and Seez valley. – Masterarb. Univ. Zürich.
- WILDI, W. (1984): Isohypsenkarte der quartären Felstäler in der Nord- und Ostschweiz, mit kurzen Erläuterungen. – Eclogae geol. Helv. 77, 541–551.
- 49 – SOMMARUGA, A., EICHENBERGER, U. & MARILLIER, F. (2012): Seismic Atlas of the Swiss Molasse Basin. Swiss Geophysical Commission (Ed.). – Matér. Géol. Suisse, Géophys. 44.
- 51 – ZAPPONE, A. & BRUIJN, R. (2012): SAPHYR: Swiss atlas of physical properties of rocks. Swiss Geophysical Commission (Ed.). – Annual Report.
- 53 – ZAPPONE, A. & BRUIJN, R. (2012): SAPHYR: Swiss atlas of physical properties of rocks. Swiss Geophysical Commission (Ed.). – Annual Report.
- 77 – KOHL, T., ANDENMATTEN, N. & RYBACH, L. (2003): Geothermal resource mapping – example from northern Switzerland. – Geothermics 32, 721–732.
- MEDICI, F. & RYBACH, L. (2002): Switzerland. In: HURTER, S. & HAENEL, E. (Ed.): Atlas of geothermal resources in Europe. – Europ. Comm. Off. for off. Publ. of the Europ. Comm. EUR17811.
- 79 – KOHL, T., SCHILL, E. & BAUJARD, C. (2010): Geothermische Ressourcenbewertung in Hinsicht auf mögliche Nutzungskonflikte im Schweizer Molassebecken. – Z. geol. Wiss. 38, 27–39.
- 85 – RYBACH, L., SCHWARZ, G. & MEDICI, F. (1997): Construction of radioelement and dose-rate base-line maps by combining ground and airborne radiometric data. In: Uranium exploration data and techniques applied to the preparation of radioelement maps (p. 33–45). – IAEA-TECDOC 980.
- 99 – KASTRUP, U., ZOBACK, M.-L., DEICHMANN, N., EVANS, K., GIARDINI, D. & MICHAEL, A. J. (2004): Stress field variations in the Swiss Alps and the northern Alpine foreland derived from inversion of fault plane solutions. – J. geophys. Res. 109, B1, doi:10.1029/2003JB002550B01402.
- 105 – DESAULES, A. & DAHINDEN, R. (2000): Nationales Boden-Beobachtungsnetz – Veränderungen von Schadstoffgehalten nach 5 und 10 Jahren. – Bundesamt f. Umwelt, Wald u. Landsch., Schriftenr. Umwelt 320.
- DESAULES, A., SCHWAB, P., KELLER, A., AMMANN, S., PAUL, J. & BACHMANN, H. J. (2006): Anorganische Schadstoffgehalte in Böden der Schweiz und Veränderungen nach 10 Jahren – Ergebnisse der nationalen Bodenbeobachtung 1985–1999. – Agroscope FAL Reckenholz, eidg. Forstsch. f. Agrarök. u. Landbau, Zürich.
- DESAULES, A. & STUDER, K. (1993): Nationales Bodenbeobachtungsnetz – Messresultate 1985–1991. – Bundesamt f. Umwelt, Wald u. Landsch., Schriftenr. Umwelt 200.
- MEULI, R.G. (2013): Ergebnisse der Nationalen Bodenbeobachtung (NABO) – Zustand und Veränderungen der anorganischen Schadstoffe und Bodenbegleitparameter über 15 Jahre. – Agroscope FAL Reckenholz, eidg. Forstsch. f. Agrarök. u. Landbau, Zürich.
- VBBo (1998): Verordnung über Belastungen des Bodens. – SR814.12.
- 107 – BAFU (2009): Ergebnisse der Grundwasserbeobachtung NAQUA. Zustand und Entwicklung 2004–2006. – Umwelt-Zustand 0903.
- 111 – DIAMOND, L., LEU, W. & CHEVALIER, G. (2010): Studie zur Abschätzung des Potenzials für CO₂-Sequestrierung in der Schweiz – Schlussbericht. – Bundesamt für Energie, Bern.
- 117 – BUWAL (1999): Gletschervorfelder und alpine Schwemmebenen als Auengebiete. – Bundesamt f. Umwelt, Wald u. Landsch., Schriftenr. Umwelt 305.
- EAFV (1986): Die Hoch- und Übergangsmoore der Schweiz. Bericht 281. – Eidg. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen.
- EDI (1988): Inventar der Auengebiete, allgemeiner Teil.
- EDMZ (1977): Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung, mit Nachträgen 1983, 1996, 1998.
- 119 – FELBER, M. (1999): Inventar der Geotope nationaler Bedeutung. – Geologia insubrica 4/1.
- REYNARD, E., BERGER, J.-P., CONSTANDACHE, M., FELBER, M., GRANGIER, L., HÄUSELMANN, P., JEANNIN, P.-Y. & MARTIN, S. (2012): Révision de l’inventaire des géotopes suisses: rapport final. – Geosciences, Platform Swiss Acad. Sci.

