ETH zürich

ETH Library

Erneuerung des Starkbebennetzwerks in der Schweiz (2009-2023) - Abschlussbericht

Report

Author(s):
Fäh, Donat; Duvernay, Blaise; Michel, Clotaire; Hobiger, Manuel; Bergamo, Paolo; Panzera, Francesco; Chieppa, Dario; Imtiaz, Afifa; Halló, Miroslav; Häusler, Mauro; Glueer, Franziska; Maranò, Stefano; Imperatori, Walter; Lontsi, Agostiny Marrios; Perron, Vincent; Burjánek, Jan; Edwards, Benjamin; Poggi, Valerio; Roten, Daniel; Meier, Michael; Scherrer, Christian; Zimmermann, Eric; Weber, Franz; Barman, Sacha; Tanner, Robert; Graf, Pascal; Fässler, Urs; Zweifel, Peter; Heiniger, Lukas; Cauzzi, Carlo Virgilio; Clinton, John Francis; Racine, Roman; Heimers, Stefan; Kästli, Philipp; Bonjour, Cyrill; Konstantelos, Konstantinos; Kovtun, Viktor; Petronio, Emilia; Giardini, Domenico; Brühwiler, Sabine; Haslinger, Florian; Wiemer, Stefan

Publication date:
2024-08-20

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-b-000689856

Rights / license:
Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Schweizerischer Erdbebendienst
Service Sismologique Suisse
Servizio Sismico Svizzero
Swiss Seismological Service

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Erneuerung des Starkbebennetzwerks in der Schweiz (2009-2023)

Abschlussbericht

Schweizerischer Erdbebendienst (SED)
ETH Zürich
20. August 2024

Starkbeben Station SONUG
Organisation des Nations Unies, Genève

Das Projekt wurde in der ersten Phase (2009-2013) durch Beiträge des UVEK (ASTRA, BAFU), des ENSI, der SBB, des Schweizerischen Pools für die Erdbebendeckung, und der ETH Zürich finanziert. Die zweite Phase (2103-2023) wurde durch das UVEK (BAFU) und die ETH Zürich finanziert. Die Betriebs-, Unterhalts- und Kommunikationskosten des Starkbebennetzes werden von der ETH Zürich getragen.

In den 15 Jahren Dauer des Projekts haben u.a. folgende Personen beigetragen:

- Donat Fäh (Projektleitung, SED)
- Blaise Duvernay (Projektbegleitung durch das Bundesamt für Umwelt)
- Clotaire Michel, Manuel Hobiger, Paolo Bergamo, Francesco Panzera, Dario Chieppa, Afifa Imtiaz, Miroslav Hallo, Mauro Häusler, Franziska Glüer, Stefano Maranò, Walter Imperatori, Agostiny Marrios Lontsi, Vincent Perron, Jan Burjánek, Benjamin Edwards, Valerio Poggi, Daniel Roten (Ingenieurseismologie, SED)
- Michael Meier, Christian Scherrer, Eric Zimmermann, Franz Weber, Sacha Barman, Robert Tanner, Pascal Graf, Urs Fässler, Peter Zweifel, Lukas Heiniger (Elektronik Labor, SED)
- Carlo Cauzzi, John Clinton, Roman Racine, Stefan Heimers (Nationale Netzwerke, SED)
- Philipp Kästli, Cyrill Bonjour, Konstantinos Konstantelos, Viktor Kovtun, Emilia Petronio (Datenbanken und Webseiten, SED)
- Domenico Giardini, Sabine Brühwiler, Florian Haslinger, Stefan Wiemer (SED)

Zitierung/Citation:

Fäh, D., Duvernay, B., Michel, C., Hobiger, M., Bergamo, P., Panzera, F., Chieppa, D., Imtiaz, A., Hallo, M., Häusler, M., Glüer, F., Maranò, S., Imperatori, W., Lontsi, A., Perron, V., Burjánek, J., Edwards, B., Poggi, V., Roten, D., Meier, M., Scherrer, C., Zimmermann, E., Weber, F., Barman, S., Tanner, R., Graf, P., Fässler, U., Zweifel, P., Heiniger, L., Cauzzi, C., Clinton, C., Racine, R., Heimers, S., Kästli, P., Bonjour, C., Konstantelos, K., Kovtun, V., Petronio, E., Giardini, D., Brühwiler, S., Haslinger, F., Wiemer, S. (2024). Erneuerung des Starkbebennetzwerks in der Schweiz (2009-2023). Abschlussbericht. Schweizerischer Erdbebendienst (SED), ETH Zürich, 20.August 2024. doi:

Zusammenfassung

Mit seinem Beschluss vom 18. Februar 2009 hat der Bundesrat den Antrag für die Erneuerung des Starkbebennetzes der Schweiz (Phase 1) gutgeheissen und deren Realisierung in Auftrag gegeben. Das Projekt umfasst in dieser ersten Phase (2009-2013) die Installation und Inbetriebnahme von 30 modernen Erdbebenstationen. Diese sollen in erster Linie bestehende Lücken in der nationalen Überwachung schliessen. Dabei wurden alte Stationen teilweise ersetzt, aber auch neue Standorte realisiert. Im Rahmen des Projektes wurden neue Standards für die Installation von Starkbebenstationen definiert. Aufgrund der erfolgreichen ersten Phase hat der Bundesrat mit seinem Beschluss vom 30. Januar 2013 der Realisierung der zweiten Phase der Erneuerung des Starkbebenmessnetzes (2013-2023) zugestimmt. In dieser zweiten Phase werden 70 Starkbebenmessstationen gebaut, davon vier Bohrlochinstallationen. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die 100 Starkbebenstationen, die in den Phasen 1 und 2 installiert wurden. Beide Projektphasen wurden von einer Steuerungsgruppe unter der Leitung des Bundesamts für Umwelt (BAFU) begleitet.

Für alle installierten Stationen wurde eine Standortcharakterisierung durchgeführt. Dabei kamen Ein-Stations-Methoden der seismischen Bodenunruhe, passive Arraymessungen und aktive seismische Messungen zum Einsatz. An Standorten mit besonderen Bodeneigenschaften, die bei Erdbeben zu nichtlinearem Materialverhalten oder Bodenverflüssigung neigen, wurden CPT-Messungen durchgeführt. Die Standortcharakterisierung wurde für jeden Standort in einem Bericht zusammengefasst. Die Messdaten und Auswertungen wurden in einer Datenbank gespeichert. Eine Beschreibung der Standorte und die Berichte zur Standortcharakterisierung sowie die Erdbebenaufzeichnungen der Starkbebenstationen sind auf den Webseiten des Schweizerischen Erdbebendienstes zugänglich.

English Summary

With its decision of February 18, 2009, the Federal Council approved the application for the renewal of Switzerland's strong motion network (phase 1) and commissioned its implementation. In this first phase (2009-2013), the project comprises the installation and commissioning of 30 modern strong motion stations. These are primarily intended to close existing gaps in the national monitoring system. Some of the old stations were replaced, but new locations were also realized. New standards for the installation of strong motion stations were defined as part of the project. Based on the success of the first phase, the Federal Council approved the implementation of the second phase of the renewal of the strong motion monitoring network (2013-2023) in its decision of January 30, 2013. In this second phase, 70 strong motion stations were built, including four borehole installations. Figure 1 provides an overview of the 100 strong motion stations that were installed in phases 1 and 2. A steering group under the direction of the Federal Office for the Environment (FOEN) accompanied both project phases.

A site characterization was carried out for all installed stations. Single-station ambient-vibration methods, passive array measurements and active seismic measurements were used. CPT measurements were carried out at sites with special soil properties that are prone to non-linear material behavior or soil liquefaction during earthquakes. The site characterization was summarized in a report for each site. The measurement data and analysis were stored in a database. A description of the sites and the site characterization reports as well as the earthquake recordings of the strong motion stations are available on the websites of the Swiss Seismological Service.

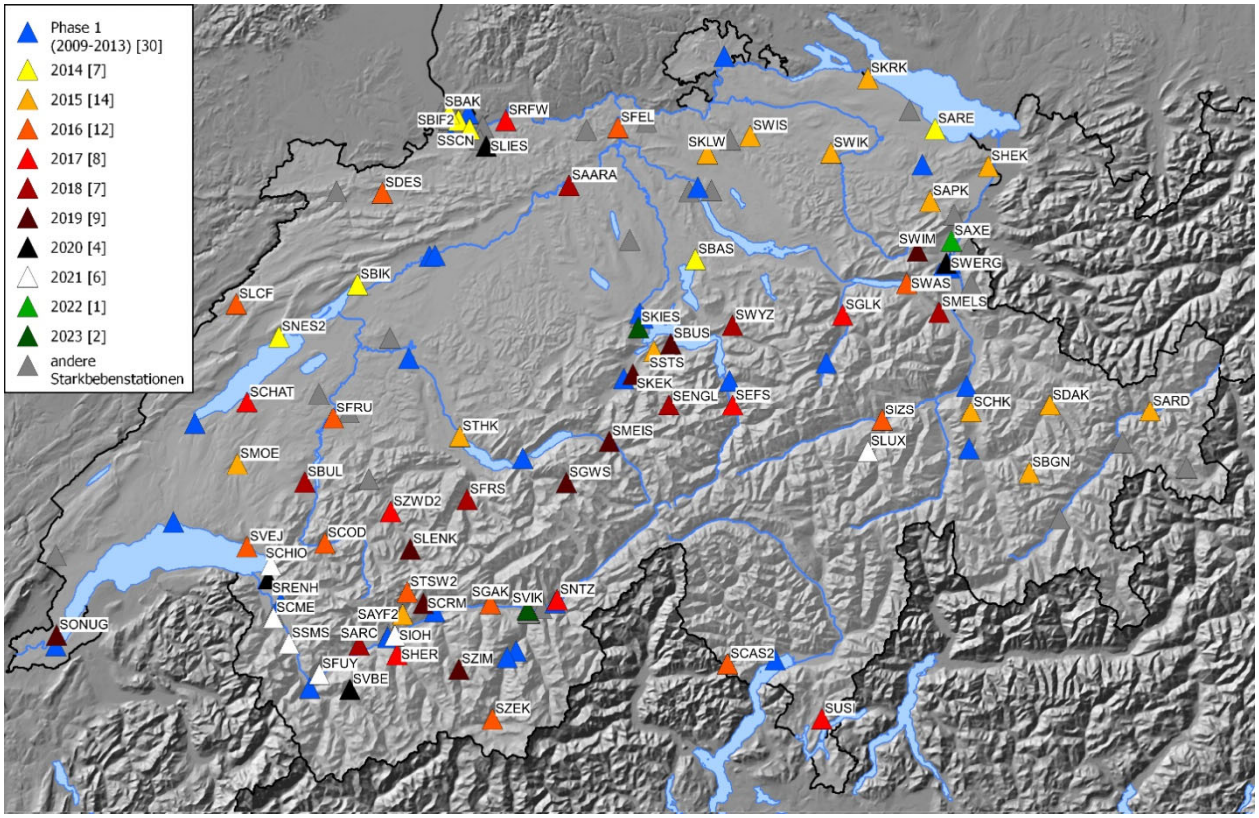


Abbildung 1. Übersicht über die 70 bis Ende 2023 installierten Starkbebenstationen in der zweiten Phase des Projekts, sowie die 30 Standorte die in der ersten Phase ab 2009 realisiert wurden.

Figure 1. Overview of the 70 strong motion stations installed by the end of 2023 in the second phase of the project, as well as the 30 locations that were realized from 2009 in the first phase.

Einleitung

Die weltweite Aufzeichnung von Starkbeben ist eine notwendige Grundlage für die Verbesserung der Erdbebenvorsorge. Die meisten europäischen Länder mit Schadenbebenpotenzial haben ihre Messnetze in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich ausgebaut und verbessert. Der Betrieb des Starkbebenmessnetzes in der Schweiz, die Interpretation der Daten und die Zusammenarbeit mit ausländischen Erdbebendiensten gehören zu den Kernaufgaben des Schweizerischen Erdbebendienstes (SED) an der ETH Zürich.

Anfang der 1980er Jahre begann der Schweizerische Erdbebendienst in Zusammenarbeit mit dem damaligen Bundesamt für Wasserwirtschaft und der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) mit der Planung eines Starkbebennetzes. Es sollte die Untersuchung folgender Aspekte der Seismologie auf das Ingenieurwesen ermöglichen:

- Abnahme der starken Bodenbewegungen mit zunehmender Distanz vom Epizentrum.
- Erforschung von starken Bodenbewegungen auf lokal unterschiedlicher Geologie.
- Erforschung des dynamischen Verhaltens der Talsperren Typen in der Schweiz

Der Aufbau des nationalen Starkbebennetzwerkes SSMNet wurde 1990 durch einen Bundesratsbeschluss festgelegt. Das Netz wurde mit finanzieller Unterstützung der Betreiber von Stau- und Kernkraftwerken über den Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) realisiert. Es besteht aus einem Netz von seismischen Stationen, die oft in Transformatorenhäusern installiert sind, und der Instrumentierung der fünf grössten Stauanlagen der Schweiz. Die Installation und Inbetriebnahme des Netzes erfolgte zwischen 1991 und 1995. In den folgenden Jahren wurde das Messnetz kontinuierlich ausgebaut und verbessert, so dass Anfang 2008 65 Starkbebenstationen und 32 Stationen in fünf Talsperren im SSMNet installiert waren. Die meisten seismischen Stationen waren jedoch mit alter Technik ausgestattet und hatten das Ende ihrer Lebensdauer erreicht. Seit der Installation der ersten Starkbebeninstrumente des SSMNet im Jahr 1991 hatten sich zudem die Anforderungen an das Starkbebenmessnetz stetig erweitert. Während anfangs rein ingenieurtechnische Anwendungen im Vordergrund standen, werden heute moderne Instrumente zur Lokalisierung und Parametrisierung seismischer Ereignisse, für Anwendungen in der lokalen seismischen Gefährdungsanalyse und Mikrozonierung, zur Kartierung von Bruchprozessen signifikanter Ereignisse, zur Untersuchung von Skalenrelationen des Erdbebenherdes, zur Entwicklung standortspezifischer Bodenbewegungs-Abminderungsmodelle und für Erschütterungskarten, welche innerhalb von Minuten nach einem grossen Erdbeben erstellt werden können, eingesetzt.

Mit dem Bundesratsbeschluss „Erdbebenvorsorge. Massnahmenprogramm des Bundes für den Zeitraum 2005-2008“ wurde deshalb das UVEK in Zusammenarbeit mit anderen Bundesämtern beauftragt, die Ausgestaltung und Finanzierung eines neuen Starkbebenmessnetzes zu prüfen und dem Bundesrat Vorschläge zu unterbreiten. Der im Jahr 2008 präsentierte Vorschlag für die Erneuerung des Freifeld-Starkbebennetzes basierte auf Variantenstudien und dem Vergleich mit Messnetzen in anderen europäischen Ländern. Er beinhaltete zwei Phasen, mit 30 Freifeld-Starkbebenstationen in der Phase 1 und 70 Stationen in der Phase 2. Für alle Standorte sollte eine detaillierte Standortcharakterisierung realisiert werden. Mit den Bundesratsbeschlüssen vom 13. Februar 2009 und 30. Januar 2013 wurden diese Phasen der Erneuerung freigegeben. Nach dem erfolgreichen Abschluss der Phase 1, wurde für die Phase 2 entschieden, vier Bohrlochinstallationen zu realisieren, um Grundlagen für die Untersuchung des nichtlinearen Materialverhaltens bei starken Beben bereitzustellen. Für die Erneuerung der seismischen Installationen in den Talsperren konnte keine Einigung für deren Finanzierung gefunden werden. Diese fielen ab 2008 sukzessive aus und sind heute nicht mehr in Betrieb.

Das Vorgehen für die Installation von Starkbebenstationen und die Standortcharakterisierung im Erneuerungsprojekt wurde in anderen Projekten übernommen. Diese Projekte erlaubten die Installation von zwei Starkbebenstationen im Fürstentum Liechtenstein, sechs zusätzlichen Stationen im Kanton Basel-Stadt und zwei Starkbebenstationen beim Felslabor Mont Terri. Im Weiteren wurden in den letzten Jahren die Mehrzahl der Stationen des Schweizerischen Digitalen Seismischen Netzes (SDSNet) mit einem zusätzlichen Starkbebensensor erweitert.

Auswahl der Standorte

Die Wahl der Standorte für die 100 Starkbebenstationen erfolgte mit Blick auf folgende übergeordneten Ziele des Projekts:

- Schaffung von Grundlagen für die Aktualisierung der seismischen Gefährdungsanalyse und der Baunormen;
- Verbesserung der Echtzeiterschütterungskarten für die Lagebeurteilung;
- Schaffung von Grundlagen für die seismische Risikoanalyse und Schadensauswertung;

Während die Stationen des SDSNet an möglichst ruhigen und ungestörten Felsstandorten gleichmässig über die ganze Schweiz verteilt sind, orientiert sich die Verteilung des SSMNet hauptsächlich an den besiedelten Gebieten der seismisch aktiven Zonen der Schweiz und an den Agglomerationen mit hohem Erdbebenrisiko. Bei der Standortwahl der neuen Starkbebenstationen wurden verschiedene wissenschaftliche Erkenntnisse berücksichtigt. Es handelt sich um Gebiete, die sich bei historischen Erdbeben durch hohe Auswirkungen bezüglich Schäden und Spürbarkeit ausgezeichnet haben. Besonders gefährdet sind Regionen mit weichem Untergrund. Diese wurden häufig erst im 20. Jahrhundert mit Siedlungen und Industrieanlagen überbaut. Berücksichtigt wurden auch Standorte, die zu nichtlinearem Bodenverhalten oder Untergrundversagen neigen, wie z. B. ausgedehnte Seeablagerungen in Städten und Uferzonen verschiedener Seen, wassergesättigte Sand- und Siltablagerungen in Flusstälern und instabile Hänge, die durch Erdbeben ausgelöst werden können. Wichtige Städte und Agglomerationen sollten nach Möglichkeit mit mindestens einer Starkbebenstation instrumentiert werden, um im Falle eines Starkbebens zuverlässige Bodenerschütterungskarten für die ganze Schweiz erstellen zu können.

Die Standorte wurden möglichst so gewählt, dass kein Einfluss der Erdbebenaufzeichnungen durch Gebäude zu erwarten ist (Abb. 2). In dicht bebauten Gebieten mussten teilweise Kompromisse hinsichtlich der Abstände zu Wohngebäuden eingegangen werden. Im Rahmen des Projektes wurden neue Standards für die Installation von Starkbebenstationen definiert. Diese sind im Anhang A zusammengefasst. Details zu den einzelnen Standorten und den installierten Instrumenten sind unter https://stations.seismo.ethz.ch/en/home/ zugänglich.

Bei den vier Bohrlochstationen SBUS, SCME, SAXE und SVIK steht die Beobachtung des nichtlinearen Bodenverhaltens bei Erdbeben im Vordergrund. Zu diesem Zweck wurden Starkbebensensoren in verschiedenen Tiefen und an der Erdoberfläche installiert (Abb. 3). Zusätzlich wurden in den ersten ca. 30 m Tiefe Porenwasserdrucksensoren installiert. Jeder Standort hat eine andere Konfiguration, die unter https://stations.seismo.ethz.ch/en/home/ beschrieben ist. Es besteht die Möglichkeit an jedem Bohrlochstandort zusätzlich einen Rotationssensor einzubauen.

Abbildung 2. Starkbebenstation SUSI in Lugano (Università della Svizzera Italiana) während und nach dem Bau.

Abbildung 3. Bohrlochinstallation SBUS in Buochs (NW). Sichtbar sind nur die Schachtdeckel der verschiedenen Bohrlöcher (oben) und der Geräteschrank (unten).

Standortcharakterisierung

Um die Erdbeben Registrierungen optimal für die seismische Gefährdungsanalyse nutzen zu können, müssen die Standorte hinsichtlich der lokalen Geologie und der Wellenausbreitungseigenschaften untersucht werden. Dies umfasst geologische Abklärungen, die Optimierung der Standortwahl durch temporäre seismische Installationen, die Beurteilung des Gebäudeeinflusses, die Messung der Grundfrequenz der Lockersedimente am Standort und die Bestimmung des Scherwellenprofils mit passiven seismischen Methoden basierend auf der Analyse der seismischen Bodenunruhe (Abb. 4). Passive Methoden sind bei schnell wechselnden geologischen Bedingungen und starker Topographie nicht immer erfolgreich. Hier kommen aktive, nicht invasive seismische Verfahren zum Einsatz. An Standorten mit spezifischen Bodeneigenschaften, die bei Erdbeben zu nichtlinearem Materialverhalten und Bodenverflüssigung neigen, wurden CPT- oder SCPT Messungen durchgeführt.

Während des Projektes konnten neue Messmethoden, die in parallellaufenden wissenschaftlichen Projekten entwickelt wurden, eingeführt werden (z.B. Poggi and Fäh, 2010; Burjánek et al., 2012; Maranò et al., 2012; Hallo et al., 2021; Chieppa et al., 2023). Dadurch konnte die Vorgehensweise bei der Standortcharakterisierung kontinuierlich erweitert und verbessert werden. Eine Übersicht über die zur Standortcharakterisierung eingesetzten geophysikalischen Messmethoden ist für die Phase 1 in Michel et al. (2014) und für die Phase 2 in Hobiger et al. (2020) zusammengefasst. In den letzten Jahren der Phase 2 wurden zudem zwei neue Inversionsverfahren für die Auswertung integriert, um Unsicherheiten in den invertierten S-Wellenprofilen objektiv abzubilden (Hallo et al., 2021) und mit der Inversion der H/V Verhältnisse von Erdbebenaufzeichnungen die Profile in grössere Tiefen zu erweitern (Chieppa et al, 2023).

Für alle installierten Stationen wurde eine Standortcharakterisierung durchgeführt. Eine Übersicht über Ergebnisse der Standortcharakterisierungen und verwendeten Methoden gibt Tabelle 1.

Ab Ende 2022 wurde damit begonnen, alle Standortcharakterisierungen der Phasen 1 und 2 zu überprüfen und gegebenenfalls im Laufe des Jahres 2023 zu überarbeiten. Die Überprüfung erfolgte auf der Grundlage beobachteter empirischer Verstärkungen, die aus Erdbebenregistrierungen abgeleitet wurden, und der H/V-Verhältnisse der Erdbebenaufzeichnungen. Die Überarbeitung wurde im 2024 abgeschlossen. Die ursprünglichen Berichte und ihre Revisionen sind auf der Webseite https://stations.seismo.ethz.ch/en/home/ verfügbar. Die Tabellen 2 und 3 geben einen Überblick über die Standorteigenschaften. Folgende Werte sind gegeben:

- Baugrundklasse nach EC8 und SIA261
- f_0: Fundamentalfrequenz
- H800: Tiefe in welcher eine Scherwellengeschwindigkeit vs > 800 m/s erreicht wird.
- $V_{S,H}$: Mittlere Scherwellengeschwindigkeit über die Tiefe H, mit H=min(30m, H800). Falls H800 ≥ 30 m, dann ist $V_{S,H}$ gleich Vs30 (mittlere Scherwellengeschwindigkeit über 30m).
- Mittlere Scherwellengeschwindigkeiten über verschiedene Tiefen (5m, 10m, 20m, 30m, 40m, 50m, 100m, 150m, 200m)

Weitere Parameter sind auf der Webseite https://stations.seismo.ethz.ch/en/home/ und in den Berichten zu finden. Die Koordinaten der Starkbebenstationen sind in den Tabellen 4 und 5 gegeben.

Datenzugang und Anwendungen

Die Daten aller Starkbebenstationen werden kontinuierlich an den SED übertragen und dort automatisch ausgewertet. Sie sind Teil des seismischen Netzwerks der Schweiz bestehend aus SDSNet und SSMNet, sowie temporären seismischen Stationen in verschiedenen Projekten. Die aufgezeichneten Bodenerschütterungsdaten dienen zur Lokalisierung und Parametrisierung seismischer Ereignisse, für Erschütterungskarten und die schnelle Schadensabschätzungen nach grösseren Erdbeben. Die Daten werden für eine Vielzahl von wissenschaftlichen Anwendungen und Produkten verwendet, u.a. in der lokalen seismischen Gefährdungsanalyse und Mikrozonierung, für die Weiterentwicklung der Baunormen, zur Kartierung von Bruchprozessen signifikanter Ereignisse und Erdbebenschwärmen, sowie zur Entwicklung von Skalenrelationen des Erdbebenherdes und standortspezifischer Bodenbewegung-Abminderungsmodelle. Die kontinuierliche Datenübertragung und Fernüberwachung aller Stationen erlaubt zudem das frühzeitige Erkennen von technischen Problemen und eine zeitnahe Qualitätssicherung.

Sowohl die kontinuierlichen Daten als auch die von den Starkbebenstationen registrierten Wellenformen der Erdbeben werden archiviert, und sind jederzeit verfügbar. Alle Wellenformdaten der 100 Starkbebenstationen sind öffentlich. Aufzeichnung von Erdbeben ab einer Magnitude von 2.5 werden für Ingenieuranwendungen aufbereitet und können auf folgender Webseite visualisiert und heruntergeladen werden:

http://strongmotionportal.seismo.ethz.ch/home/

Kontinuierliche Daten und Erdbebenaufzeichnungen ohne Magnituden Begrenzung sind verfügbar über:

http://www.seismo.ethz.ch/de/research-and-teaching/products-software/waveform-data/
bzw. ab Oktober 2024 über:
http://www.seismo.ethz.ch/knowledge/earthquake-data-and-analysis-tools/waveform-data/

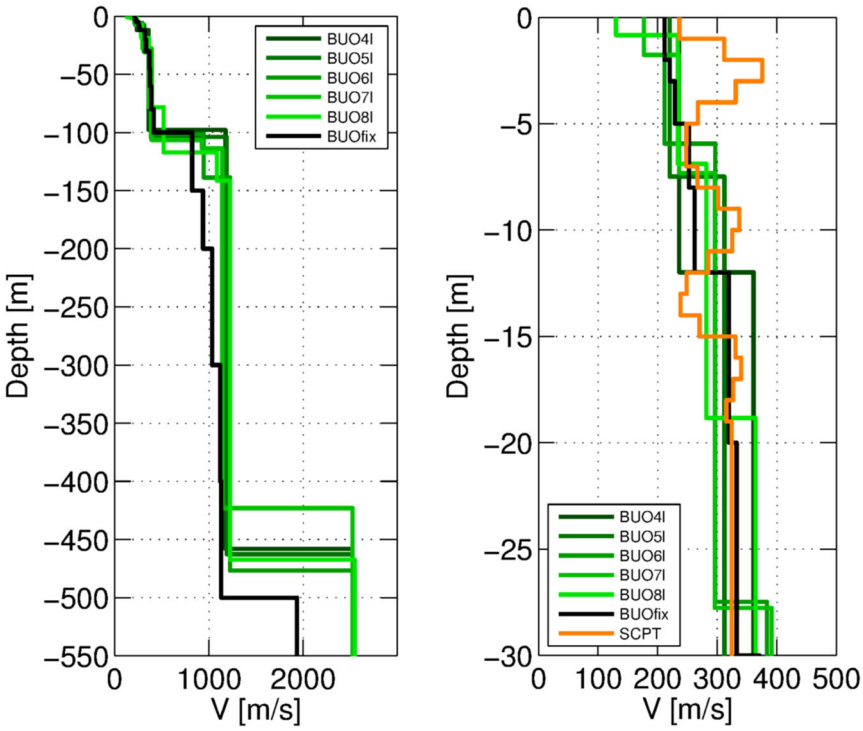


Abbildung 4. Gemessene Scherwellenprofile für den Standort der Bohrlochinstallation SBUS in Buochs (NW), entnommen aus dem entsprechenden Bericht zur Standortcharakterisierung.

Änderungen für Standorte und Datenverfügbarkeit

Da die meisten Starkbebenstationen in städtischen Gebieten installiert wurden, ist es unvermeidlich, dass von Zeit zu Zeit Starkbebenstationen wegen Bauarbeiten verlegt werden müssen. Dies ist heute bei zwei Stationen der Fall. Die Starkbebenstation SBEG in Bettingen-Gewerbehaus (BS) wurde 2023 an den Standort Bettingen Friedhof SBEF (BS) verlegt. Für die Starkbebenstation SBRS Brig Spital (VS) wird zurzeit ein neuer Standort gesucht. Da die entsprechenden finanziellen Mittel fehlen, werden für die neuen Standorte keine Standortcharakterisierungen durchgeführt.

Am Ende des Jahres 2023 waren 99 der 100 Stationen in Betrieb. Die Datenverfügbarkeit im Jahr 2023 betrug bei 91 Stationen über 99%, mit Ausnahme der Standorte die abgebaut oder verschoben werden musste (3 Stationen), bei Standorten mit defekter Hardware (4 Stationen) die dann ausgetauscht wurde, wegen Stromunterbruch (1 Station) und Unterbruch der Kommunikation durch Bauarbeiten (1 Station).

Tabelle 1. Installierte Stationen im Projekt Erneuerung des Starkbebennetzwerks in der Schweiz, Phase 1 und 2. Die für die Standortcharakterisierung durchgeführten Messungen beinhalten A: Bodenunruhe Array-Messungen, S: Aktive Seismik, G: Geotechnische Messungen (CPT oder SCPT Messungen), E: Horizontal-zu-vertikales Spektralverhältnis (H/V) von Erdbebenregistrierungen. An allen Standorten wurde die H/V Methode für seismische Bodenunruhe angewendet.

		Station			Standort		Neuer Standort	
Phase	Nr.	Code	Name	Start Datum	Geologie / Geology	Messungen	Start Datum	Neuer Code
1	1	SBUB	Buchs-Buchserberg	02.09.10	Limestone (Cretaceous)	A/S		
1	2	SNIB	St Niklaus Bahnhofstrasse	13.12.10	Alluvial fan	A		
1	3	SGRA	Grächen Ausblick	13.12.10	Moraine	A/E		
1	4	SLTM2	Linthal-Matt2	31.05.11	Rock slide deposits	A		
1	5	SIOM	Sion-Mayennets	06.01.11	Alluvial fan	A		
1	6	SLUW	Luzern Werkhofstrasse	23.12.10	Man-made infill	A/S/G		
1	7	SVAM	Vaz-Muldain	26.05.11	Flysch	A		
1	8	SBUA2	Buchs-Altendorf	17.08.11	Alluvial fan	A		
1	9	SLUB	Luzern Bramberg	02.12.11	Sandstone of Burdigalian age (Marine Molasse, Miocene)	A/S		
1	10	SYVP	Yverdon-Philosophes	07.09.11	Sandbank	A/G/E		
1	11	SCHS	Schaffhausen-Spital	09.06.11	Moraine (Pleistocene)	A		
1	12	SCUG	Chur Gewerbeschulhaus	18.11.11	Alluvial fan	A/E		
1	13	SBRS	Brig Spital	03.09.12	Alluvial fan	A		Standort offen
1	14	SRER	Reinach-Rainenweg	16.05.11	Alluvial terrace (Pleistocene)	A/E		
1	15	SMAO	Martigny Octodure	12.11.12	Alluvium	A/E		
1	16	SBUH	Buchs-Hochschule	22.10.12	Alluvium (Holocene)	A		
1	17	SGEV	Genève-Vieux Billard	13.12.11	Alluvium	A/E		
1	18	SBEG	Bettingen-Gewerbehaus	13.02.12	Alluvium (Holocene)	A/E	21.11.21	SBEF
1	19	SARK	Sarnen Kantonsschule	30.05.12	Alluvium	A/E		
1	20	SIEB	Sierre Ecole de Borzuat	11.05.12	Colluvial deposits	A/E		
1	21	SAIG	Aigle-rue de la Gare	20.04.12	Alluvial fan	A		
1	22	SALTS	Altdorf Spital	12.11.12	Alluvial fan	A/E		
1	23	SEPFL	Lausanne-EPFL	26.10.11	Glacial-lacustrine terrace (Pleistocene)	S/E		
1	24	SBERN	Bern Kleine Schanze	07.06.13	Reclaimed land on moraine (Pleistocene)	A/E		
1	25	SINS	Interlaken	17.09.12	Alluvium	A/S/G/E		
1	26	SOLZ	Solothurn Zeughaus	18.01.12	Moraine of Würm age (Pleistocene)	A/E		
1	27	SOLB	Solothurn Brühl	22.11.11	Alluvial fan	A		
1	28	SZUZ	Zürich Zeughaushof	19.12.12	Fluvial deposits	A		

		Station			Standort		Neuer Standort	
Phase	Nr.	Code	Name	Start Datum	Geologie / Geology	Messungen	Start Datum	Neuer Code
1	29	STGK	St Gallen Klosterhof	16.03.12	Moraine of Würm age (Pleistocene)	A/E		
1	30	SLOP	Locarno Pompieri	24.06.13	Alluvial fan	A/E		
2	1	SBAS	Baar, Spital	16.10.14	Gravel, sand, silt, partly blocks (detritic cone)	A/E		
2	2	SBIF2	Birsfelden, Friedhof	04.11.14	Alluvium (unconsolidated debris)	A		
2	3	SBAK	Basel Klybeck	04.11.14	Alluvium (unconsolidated debris)	A		
2	4	SBIK	Biel, Kongresshaus	11.11.14	Alluvium (fine-grained deposits)	S/E		
2	5	SSCN	Schweizerhalle, Novartis	21.11.14	Alluvium (unconsolidated debris)	A/S		
2	6	SNES2	Neuenburg, Observatorium	05.12.14	Alluvium (unconsolidated debris)	A/S		
2	7	SARE	Arbon, Evangelische Kirche	19.12.14	Silty gravel, sand, silt, partly blocks (moraine)	A		
2	8	SWIS	Winterthur, Spital	27.02.15	Gravel and sand ("Schotter")	A		
2	9	SMOE	Moudon, Ecole	11.03.15	Gravel and sand ("Schotter")	A		
2	10	SSTS	Stans, Spital	13.03.15	Alluvium (unconsolidated debris)	A		
2	11	SDAK	Davos, Kongresszentrum	17.03.15	Blocks, coarse gravel, sand (talus)	A/E		
2	12	SKRK	Kreuzlingen, Kantonsschule	17.04.15	Silty gravel, sand, silt, partly blocks (moraine)	A		
2	13	STHK	Thun, Kantonsschule	21.04.15	Alluvium (unconsolidated debris)	A/E		
2	14	SAYF2	Ayent-Fortunoz, Trafohaus	29.04.15	Clastic sedimentary rocks (calc-shales/slates)	A/S		
2	15	SKLW	Kloten, Waffenplatz	29.05.15	Gravel and sand ("Schotter")	A/S		
2	16	SARD	Ardez Schule	24.06.15	Biogenic sedimentary rocks and evaporites (marly limestone)	A		
2	17	SBGN	Berguen, Schule	15.07.15	Silty gravel, sand, silt, partly blocks (moraine)	A/E		
2	18	SCHK	Churwalden, Kloster	16.07.15	Biogenic sedimentary rocks and evaporites (mixed carbonates)	A/S		
2	19	SWIK	Wil, Kantonsschule	06.10.15	Gravel and sand ("Schotter")	A		
2	20	SHEK	Heerbrugg, Kantonsschule	17.11.15	Alluvium (fine-grained deposits)	A/E		
2	21	SAPK	Appenzell, Kantonsschule	10.12.15	Silty gravel, sand, silt, partly blocks (moraine)	A/E		
2	22	SDES	Delémont, Spital	04.02.16	Unconsolidated rock in general (fine-grained deposits)	A		
2	23	SWAS	Walenstadt, Sportplatz	21.03.16	Alluvium (unconsolidated debris)	A		
2	24	SCOD	Château-d'Oex, salle de spectacle	14.04.16	Clastic sedimentary rocks (compact sandstones)	A		
2	25	SVEJ	Vevey, Jardin du Rivage	18.05.16	Gravel, sand, silt, partly blocks (detritic cone)	A/E		
2	26	SIZS	Ilanz, Schule	25.05.16	Alluvium (unconsolidated debris)	A		

		Station			Standort		Neuer Standort	
Phase	Nr.	Code	Name	Start Datum	Geologie / Geology	Messungen	Start Datum	Neuer Code
2	27	SGAK	Gampel, Kirche	30.05.16	Alluvium (unconsolidated debris)	A/S		
2	28	SZEK	Zermatt, Kirche	02.06.16	Metamorphic rocks, mainly metamagmatic (metagabbro)	A/S		
2	29	SFEL	Villigen, Paul Scherrer Institut	21.06.16	Gravel and sand ("Schotter")	S		
2	30	STSW2	Tseuzier, Stausee	16.08.16	Biogenic sedimentary rocks and evaporites (siliceous limestone)	A/S		
2	31	SLCF	La Chaux-de-Fonds, Flughafen	20.09.16	Clastic sedimentary rocks (marls)	A/E		
2	32	SCAS2	Camedo, Stauwehr	05.10.16	Metamorphic rocks, mainly metamagmatic (mica feldspar gneisses)	S		
2	33	SFRU	Fribourg, University	13.12.16	Clastic sedimentary rocks (porous sandstones)	A/S		
2	34	SRFW	Rheinfelden, Werkhof	06.06.17	Gravel and sand ("Schotter")	S		
2	35	SZWD2	Zweisimmen, Obersimmentaler Heimatmuseum	08.06.17	Biogenic sedimentary rocks and evaporites (dolomites)	A		
2	36	SEFS	Erstfeld, Schule	13.07.17	Alluvium (unconsolidated debris)	A		
2	37	SGLK	Glarus, Kantonsspital	18.07.17	Alluvium (unconsolidated debris)	A		
2	38	SHER	Hérémence, Route du Solitaire	20.07.17	Unconsolidated rock in general (unconsolidated debris)	S		
2	39	SUSI	Lugano, Università della Svizzera italiana	27.07.17	Alluvium (unconsolidated debris)	A		
2	40	SNTZ	Naters Zentrum	24.10.17	Alluvium (unconsolidated debris)	A		
2	41	SCHAT	Chatillon, Schule	14.11.17	Silty gravel, sand, silt, partly blocks (moraine)	A		
2	42	SBUL	Bulle, Ecole professionnelle	02.05.18	Silty gravel, sand, silt, partly blocks (moraine)	A		
2	43	SARC	Ardon, Commune	29.05.18	Alluvium (unconsolidated debris)	A		
2	44	SMELS	Mels, Schulhaus Feldacker	17.07.18	Alluvium (unconsolidated debris)	A		
2	45	SWYZ	Schwyz, Kantonsschule Kollegium	19.07.18	Gravel, sand, silt, partly blocks (detritic cone)	A		
2	46	SAARA	Aarau, Neue Kantonsschule	07.08.18	Gravel and sand ("Schotter")	A		
2	47	SENGL	Engelberg, Kloster	27.09.18	Alluvium (unconsolidated debris)	S		
2	48	SFRS	Frutigen, Schulhaus Kanderbrück	11.10.18	Alluvium (unconsolidated debris)	A		

		Station			Standort		Neuer Standort	
Phase	Nr.	Code	Name	Start Datum	Geologie / Geology	Messungen	Start Datum	Neuer Code
2	49	SKEK	Kerns, Kirchgemeinde	21.02.19	Gravel, sand, silt, partly blocks (detritic cone)	A		
2	50	SZIM	Zinal Meteostation	04.06.19	Mainly blocks (rockfall deposit)	A		
2	51	SCRM	Crans-Montana, Hopital	11.07.19	Clastic sedimentary rocks (calc-shales/slates)	S		
2	52	SMEIS	Meiringen, Schule	06.08.19	Alluvium (unconsolidated debris)	A		
2	53	SLENK	Lenk Schule	08.08.19	Alluvium (unconsolidated debris)	A		
2	54	SGWS	Grindelwald, Schwimmbad	02.10.19	Silty gravel, sand, silt, partly blocks (moraine)	A		
2	55	SWIM	Wildhaus, Mehrzweckhalle	17.10.19	Biogenic and clastic sedimentary rocks, sometimes with evaporites (mixed carbonates)	A		
2	56	SONUG	Genève, Office des Nations Unies	31.10.19	Clastic sedimentary rocks (marls)	S		
2	57	SRENH	Rennaz, Hôpital	07.02.20	Alluvium (unconsolidated debris)	A/S/G		
2	58	SWERG	Werdenberg, Gunten	17.09.20	Silt, clay, peat (bog, marsh)	A/S/G		
2	59	SLIES	Liestal, Spital	18.09.20	Alluvium (unconsolidated debris)	A		
2	60	SVBE	Verbier, Ecole	14.10.20	Silty gravel, sand, silt, partly blocks (moraine)	S		
2	61	SFUY	Fully, Stade de Charnot	15.09.21	Alluvium (unconsolidated debris)	A/S/G		
2	62	SSMS	St. Maurice, Hôpital	19.05.21	Biogenic sedimentary rocks and evaporites (marly limestone)	S		
2	63	SCHIO	Château de Chillon	20.05.21	Biogenic and clastic sedimentary rocks, sometimes with evaporites (mixed carbonates)	S		
2	64	SIOH	Sion, Hôpital de Valais	08.09.21	Gravel, sand, silt, partly blocks (detritic cone)	A		
2	65	SLUX	Val Lumnezia	16.09.21	Biogenic and clastic sedimentary rocks, sometimes with evaporites (siliceous limestone)	A/S		
2	66	SKIES	Kriens, Schulhaus	20.07.23	Alluvium (fine-grained deposits)	S		
2	67	SBUS	Buochs, Nidwalden	19.05.19	Alluvium (unconsolidated debris)	A/S/G		
2	68	SCME	Collombey-Muraz, Ecole	24.06.21	Alluvium (unconsolidated debris)	A/S/G		
2	69	SAXE	Saxerriet, Strafanstalt	08.07.22	Silt, clay, peat (bog, marsh)	A/S/G		
2	70	SVIK	Visp, Valgrid	23.06.23	Alluvium (unconsolidated debris)	A/S/G		

Tabelle 2. Charakterisierung der Standorte im Projekt Erneuerung des Starkbebennetzwerks in der Schweiz, Phase 1.

Station		Baugrundklasse		Resonanzfrequenz		Scherwellen Geschwindigkeit (m/s)									
		EC8	SIA261	f_0 (Hz)	H800 (m)	$V_{S,H}$	Vs5	Vs10	Vs20	Vs30	Vs40	Vs50	Vs100	Vs150	Vs200
1	SBUB	A	A	--	3	350	547	871	1301	1563	1740	1867	2190	2325	2399
2	SNIB	B	B	1.56	65	505	399	443	481	505	524	540	706	-	-
3	SGRA	B	B	0.66	21	476	296	373	476	561	623	674	852	961	1034
4	SLTM2	B	B	1.26	24	566	367	468	551	620	675	723	876	948	994
5	SIOM	B	C	0.47	150	365	350	351	353	365	404	432	504	534	637
6	SLUW	C	D	1.15	136	224	155	154	201	224	249	275	365	443	504
7	SVAM	B	C	3.17	38	476	217	297	411	476	520	571	912	1154	1331
8	SBUA2	B	B	0.64	17	466	344	405	519	618	700	771	1025	-	-
9	SLUB	A	A	--	11	712	701	709	952	1094	1190	1305	1761	2007	2167
10	SYVP	C	D	1.11	95	261	207	221	246	261	270	281	373	498	614
11	SCHS	A	A	11.62	15	669	584	646	778	960	1081	1190	1656	1932	2108
12	SCUG	B	E	0.51	10	482	402	482	613	710	779	833	1019	1125	1210
13	SBRS	B	C	1.37	30	386	195	234	307	386	446	492	627	710	788
14	SRER	B	B	0.57	82	509	376	425	475	509	540	568	652	731	779
15	SMAO	B	B	0.9	25	504	243	356	473	551	612	656	769	820	858
16	SBUH	B	C	0.62	225	420	276	301	376	420	385	360	380	428	465
17	SGEV	B	C	3.81	28	384	256	282	339	407	488	564	839	1053	1231
18	SBEG	B	C	0.58	30	423	273	319	358	423	496	568	827	1000	1132
19	SARK	B	E	1.39	15	364	243	299	427	515	602	673	882	984	1088
20	SIEB	B	E	0.81	12	468	337	447	596	698	771	825	1010	1152	1278
21	SAIG	B	B	0.74	53	535	375	420	485	535	566	587	777	912	1009
22	SALTS	B	C	1.36	64	436	219	296	381	436	474	510	625	730	813
23	SEPFL	C	D	1.81	39	217	144	168	198	217	255	302	477	592	674
24	SBERN	C	C	0.86	88	336	163	215	292	336	375	415	541	629	713
25	SINS	C	D	0.51	192	287	202	250	274	287	314	337	395	435	483
26	SOLZ	B	C	1.35	107	441	261	311	396	441	470	491	580	658	767
27	SOLB	C	D	0.54	193	274	168	185	237	274	303	326	396	436	479
28	SZUZ	B	E	1.01	20	502	325	372	502	579	629	656	651	697	746
29	STGK	B	C	3.85	22	348	158	236	337	420	489	547	783	950	1064
30	SLOP	C	C	0.67	182	315	256	276	288	315	332	347	394	449	504

Tabelle 3. Charakterisierung der Standorte im Projekt Erneuerung des Starkbebennetzwerks in der Schweiz, Phase 2.

Station		Baugrundklasse		Resonanzfrequenz		Scherwellen Geschwindigkeit (m/s)									
		EC8	SIA261	f_0 (Hz)	H800 (m)	$V_{s,H}$	Vs5	Vs10	Vs20	Vs30	Vs40	Vs50	Vs100	Vs150	Vs200
1	SBAS	C	D	1.1	97	221	96	141	194	221	244	264	340	437	509
2	SBIF2	B	C	0.44	43	421	204	271	346	421	477	520	657	727	776
3	SBAK	B	C	0.69	76	412	353	371	384	412	438	455	546	624	678
4	SBIK	B	C	0.7	81	389	301	310	363	389	403	420	553	693	794
5	SSCN	B	B	2.63	33	553	291	374	487	553	597	639	828	980	1095
6	SNES2	A	A	0.65	10	545	448	545	828	1022	-	-	-	-	-
7	SARE	B	C	0.86	101	374	203	258	332	374	405	432	529	605	666
8	SWIS	B	C	2.56	42	478	265	361	442	478	501	550	739	863	977
9	SMOE	B	E	10.01	17	408	262	348	464	582	669	735	972	1120	1220
10	SSTS	B	C	0.68	273	385	160	223	315	385	434	469	562	611	640
11	SDAK	C	D	1.48	96	271	229	248	261	271	278	292	433	529	595
12	SKRK	B	C	0.58	44	437	267	329	396	437	460	513	754	895	987
13	STHK	B	C	0.74	173	366	200	260	332	366	390	406	442	473	540
14	SAYF2	B	C	2.2	52	476	263	333	397	476	530	568	672	-	-
15	SKLW	B	C	0.77	60	402	299	319	343	402	450	486	717	919	1069
16	SARD	E	E	0.9	14	312	231	294	416	509	579	635	857	-	-
17	SBGN	B	E	2.16	15	493	336	447	563	627	666	691	862	1095	1266
18	SCHK	B	C	0.77	24	410	226	309	391	479	549	584	745	902	1008
19	SWIK	B	C	1.63	88	397	330	362	383	397	409	434	550	716	-
20	SHEK	C	D	1.62	481	225	139	161	201	225	243	258	367	440	494
21	SAPK	B	C	4.55	20	406	248	313	406	496	574	637	884	1075	1221
22	SDES	B	C	1.65	81	457	374	413	443	457	464	469	556	702	809
23	SWAS	C	D	0.49	195	220	132	172	204	220	230	236	299	334	363
24	SCOD	E	E	9.51	5	293	293	473	712	859	961	1035	1293	1583	-
25	SVEJ	B	C	1.68	58	364	228	269	325	364	389	413	563	697	834
26	SIZS	B	C	1	40	423	286	288	360	423	470	535	755	875	951
27	SGAK	B	C	1.95	86	378	232	300	352	378	406	446	570	678	782
28	SZEK	B	C	3.05	17	343	252	305	423	415	451	499	-	-	-
29	SFEL	B	B	5.14	23	480	325	400	473	553	613	665	896	1075	1195
30	STSW2	A	A	--	5	452	452	692	918	1057	1230	1374	1797	2002	2124
31	SLCF	B	C	0.72	40	403	209	276	358	403	445	508	744	902	1011
32	SCAS2	B	B	14.65	6	247	222	355	585	765	-	-	-	-	-

Station		Baugrundklasse		Resonanzfrequenz		Scherwellen Geschwindigkeit (m/s)									
		EC8	SIA261	f_0 (Hz)	H800 (m)	$V_{S,H}$	Vs5	Vs10	Vs20	Vs30	Vs40	Vs50	Vs100	Vs150	Vs200
33	SFRU	B	B	0.82	24	456	269	335	456	534	594	652	886	1028	1149
34	SRFW	B	B	0.66	20	450	255	343	450	543	607	660	-	-	-
35	SZWD2	B	B	0.65	4	205	295	435	583	700	783	846	1136	1309	1464
36	SEFS	B	C	0.52	--	383	271	313	358	383	397	407	428	-	-
37	SGLK	B	C	1.13	61	393	234	278	349	393	441	475	683	840	951
38	SHER	B	C	0.77	33	464	295	313	397	464	538	621	977	1215	1383
39	SUSI	C	C	0.87	155	329	307	319	331	329	330	341	404	453	-
40	SNTZ	B	C	2.2	46	418	311	350	378	418	474	519	-	-	-
41	SCHAT	E	E	14.12	20	312	154	224	312	394	455	503	754	915	1027
42	SBUL	B	B	1.29	5	311	311	467	628	709	759	795	919	1081	-
43	SARC	B	B	1.74	16	499	457	475	555	627	670	700	814	986	-
44	SMELS	B	C	1.13	56	404	304	316	344	404	443	474	630	723	781
45	SWYZ	B	B	1.21	25	517	339	408	492	561	619	661	789	938	1041
46	SAARA	E	E	10.99	6	248	241	395	619	766	883	975	-	-	-
47	SENGL	B	C	1.36	33	434	194	260	366	434	492	-	-	-	-
48	SFRS	B	C	2.1	71	460	279	365	432	460	483	499	680	916	-
49	SKEK	B	C	0.67	35	371	235	300	350	371	429	493	725	863	958
50	SZIM	B	C	3.52	48	457	228	296	402	457	491	528	744	864	970
51	SCRM	B	B	13.99	4	193	254	421	618	729	813	915	-	-	-
52	SMEIS	B	C	1.51	89	381	212	277	329	381	421	449	543	615	686
53	SLENK	D	D	1.55	213	175	129	114	147	175	207	236	339	400	447
54	SGWS	B	B	1.07	34	527	236	314	448	527	579	615	707	747	769
55	SWIM	B	B	5.63	10	437	330	437	590	674	761	841	1144	1364	1510
56	SONUG	B	E	0.47	17	476	319	400	532	627	717	786	985	1076	1129
57	SRENH	C	D	0.3	544	246	146	189	228	246	256	264	308	345	379
58	SWERG	D	F	1.47	301	126	42	64	101	126	145	161	243	295	-
59	SLIES	B	B	1.02	19	573	404	505	595	709	785	840	978	1036	1072
60	SVBE	B	C	4.07	35	365	159	217	293	365	419	461	577	630	660
61	SFUY	C	D	0.7	206	181	153	154	156	181	212	238	313	350	372

Station		Baugrundklasse		Resonanzfrequenz		Scherwellen Geschwindigkeit (m/s)									
		EC8	SIA261	f_0 (Hz)	H800 (m)	$V_{S,H}$	Vs5	Vs10	Vs20	Vs30	Vs40	Vs50	Vs100	Vs150	Vs200
62	SSMS	B	C	7.19	22	385	312	354	410	470	459	463	508	593	651
63	SCHIO	A	A	0.67	13	527	398	498	698	890	-	-	-	-	-
64	SIOH	E	E	0.46	16	347	245	300	423	492	585	614	595	656	700
65	SLUX	E	E	4	8	254	232	236	298	372	432	490	743	945	-
66	SKIES	D	D	1.07	232	146	75	82	118	146	171	192	283	353	410
67	SBUS	C	C	0.67	105	303	296	286	291	303	318	328	357	449	529
68	SCME	C	D	0.6	222	192	82	106	158	192	215	231	274	327	383
69	SAXE	C	D	0.45	292	195	100	118	163	195	229	258	350	398	427
70	SVIK	C	D	1.07	127	236	144	175	213	236	257	284	387	463	539

Tabelle 4. Koordinaten der instrumentierten Standorte des Projekts „Erneuerung des Starkbebennetzwerks in der Schweiz“, Phase 1.

Station		WGS84-Koordinaten (deg)		CH1903-Koordinaten (m)	
		Breitengrad	Längengrad	X	Y
1	SBUB	47.145928	9.434239	751350.1	223585.7
2	SNIB	46.177142	7.802367	628087.6	114028.5
3	SGRA	46.193636	7.835612	630645.6	115874.5
4	SLTM2	46.92358	9.000898	718982	198126.4
5	SIOM	46.229012	7.361916	594080.4	119732.8
6	SLUW	47.04631	8.31786	666812.1	210960.4
7	SVAM	46.693377	9.526099	759653.9	173474.6
8	SBUA2	47.15909	9.47102	754101.1	225120.1
9	SLUB	47.057919	8.30548	665857.1	212240.4
10	SYVP	46.77471	6.641752	539138.2	180702.8
11	SCHS	47.711436	8.636507	689895.7	285222.8
12	SCUG	46.856125	9.523831	758999.6	191555.9
13	SBRS	46.31693	7.98139	641804.7	129647.5
14	SRER	47.511552	7.597904	611998.9	262324
15	SMAO	46.09889	7.07477	571860	105330.4
16	SBUH	47.17256	9.47405	754291.9	226623.1
17	SGEV	46.20062	6.13676	499512.2	117409.1
18	SBEG	47.5709	7.6645	616996.7	268935
19	SARK	46.8914	8.24316	661312.4	193678.9
20	SIEB	46.29543	7.53507	607430.1	127117.7
21	SAIG	46.31724	6.9666	563641.3	129647.6
22	SALTS	46.88204	8.63821	691432.8	193022.8
23	SEPFL	46.521239	6.565748	533019.7	152588.9
24	SBERN	46.94582	7.43954	600069.1	199414.9
25	SINS	46.68692	7.86414	632551	170721.3
26	SOLZ	47.208825	7.538306	607551.7	228658.9
27	SOLB	47.206835	7.517052	605941.7	228435.8
28	SZUZ	47.377497	8.530235	682437.3	247979.9
29	STGK	47.424125	9.37849	746358.2	254400
30	SLOP	46.16384	8.79055	704418.6	113383.9

Tabelle 5. Koordinaten der instrumentierten Standorte des Projekts „Erneuerung des Starkbebennetzwerks in der Schweiz“, Phase 2.

Station		WGS84-Koordinaten (deg)		CH1903-Koordinaten (m)	
		Breitengrad	Längengrad	X	Y
1	SBAS	47.19383	8.51701	681719.2	227548
2	SBIF2	47.55433	7.6278	614239.6	267085.3
3	SBAK	47.57176	7.59275	611597.6	269017.6
4	SBIK	47.13443	7.24705	585465.6	220401.2
5	SSCN	47.53163	7.66973	617403.1	264569.8
6	SNES2	47.00001	6.95307	563070	205554.1
7	SARE	47.51488	9.43023	750004.9	264585.2
8	SWIS	47.50636	8.73	697286.4	262534.5
9	SMOE	46.6718	6.80111	551215.7	169151.5
10	SSTS	46.960981	8.356836	669884.7	201508.7
11	SDAK	46.80054	9.832	782679.6	186050.3
12	SKRK	47.648113	9.180592	730877.1	278948.3
13	STHK	46.7437	7.62953	614588.1	176963.1
14	SAYF2	46.288025	7.416981	598330.5	126290.3
15	SKLW	47.463	8.56745	685110.9	257525.2
16	SARD	46.776631	10.204926	811226.8	184330.3
17	SBGN	46.628162	9.748359	776861.6	166704.5
18	SCHK	46.788912	9.536332	760152.4	184112
19	SWIK	47.459585	9.034595	720336	257757.1
20	SHEK	47.4157026	9.6279638	765201.9	253959.3
21	SAPK	47.330517	9.404271	748563.6	244044.1
22	SDES	47.368527	7.339875	592541	246414.6
23	SWAS	47.121997	9.30881	741902.7	220691.6
24	SCOD	46.470464	7.128724	576196.2	146618.2
25	SVEJ	46.45975	6.839445	553968.7	145556.3
26	SIZS	46.772384	9.205253	734921.6	181652.5
27	SGAK	46.315337	7.741361	623317.4	129370.9
28	SZEK	46.019614	7.747355	623908.1	96498.70
29	SFEL	47.532627	8.230879	659657.2	264955.8
30	STSW2	46.34522	7.43375	599623.3	132648.2
31	SLCF	47.08296	6.79236	550923.4	214863.9
32	SCAS2	46.155187	8.614781	690858.1	112203.4

Station		WGS84-Koordinaten (deg)		CH1903-Koordinaten (m)	
		Breitengrad	Längengrad	X	Y
33	SFRU	46.791336	7.157864	578562.4	182279.7
34	SRFW	47.55317	7.806784	627712.4	267004.1
35	SZWD2	46.551201	7.372071	594894.7	155548.3
36	SEFS	46.81869	8.6485	692325.6	185993.1
37	SGLK	47.04497	9.06607	723664.9	211719.5
38	SHER	46.18525	7.39589	596698.7	114866
39	SUSI	46.01038	8.95869	717734.4	96565.30
40	SNTZ	46.32389	7.98827	642329.2	130424.8
41	SCHAT	46.83148	6.83527	553966.4	186881.5
42	SBUL	46.62637	7.05287	570455.5	163975.3
43	SARC	46.20979	7.25643	585937.2	117609.6
44	SMELS	47.04646	9.4272	751096.6	212517.5
45	SWYZ	47.02375	8.65261	692286.6	208791.8
46	SAARA	47.38613	8.04375	645692.1	248542.7
47	SENGL	46.82157	8.41049	674160	186060.8
48	SFRS	46.58232	7.65632	616684.9	159028.4
49	SKEK	46.90216	8.27752	663918	194902.4
50	SZIM	46.14791	7.62408	614327.4	110730.9
51	SCRM	46.31638	7.49331	604210.7	129443.6
52	SMEIS	46.72863	8.18652	657168.4	175542.1
53	SLENK	46.45529	7.44487	600478.5	144884.1
54	SGWS	46.6242	8.0257	644962.3	163828.8
55	SWIM	47.20475	9.35224	744972.9	229968.4
56	SONUG	46.22761	6.13882	499720.9	120406.4
57	SRENH	46.378	6.91908	560026	136425
58	SWERG	47.17139	9.45983	753217.6	226465.2
59	SLIES	47.48764	7.73226	622130	259694.4
60	SVBE	46.09583	7.22257	583288.9	104947.8
61	SFUY	46.13485	7.10993	574595.8	109315.9
62	SSMS	46.21325	6.9972	565933	118074

Station		WGS84-Koordinaten (deg)		CH1903-Koordinaten (m)	
		Breitengrad	Längengrad	X	Y
63	SCHIO	46.41375	6.92843	560771.2	140394.4
64	SIOH	46.23434	7.38838	596122.4	120323.4
65	SLUX	46.69309	9.14976	730876.4	172745.8
66	SKIES	47.021692	8.30021	665501	208208.8
67	SBUS	46.978918	8.420467	674702.5	203561.3
68	SCME	46.278053	6.939356	561515.1	125304.5
69	SAXE	47.22761	9.48075	754640.4	232754.5
70	SVIK	46.29897328	7.87910595	633937.6	127602

Referenzen

Burjánek, J., Moore, J. R., Molina, F. X. Y., and D. Fäh (2012). Instrumental evidence of normal mode rock slope vibration. Geophys. J. Int., 188:559–569.

Chieppa, D., Hobiger, M., Nagashima, F., Kawase, H. and D. Fäh (2023). Identification of Subsurface Structures Using H/V Curves from Earthquake Recordings: Application to Seismic Stations in Switzerland. Pure Appl. Geophys. https://doi.org/10.1007/s00024-022-03226-2

Hallo, M., Imperatori, W., Panzera, F. and D. Fäh (2021). Joint multizonal transdimensional Bayesian inversion of surface wave dispersion and ellipticity curves for local near-surface imaging, Geophys. J. Int. 226, 627–659.

Hobiger, M., Bergamo, P., Imperatori, W., Panzera, F., Lontsi, A.M., Perron, V., Michel, C., Burjánek, J., and D. Fäh (2021). Site characterization of Swiss strong-motion stations: the benefit of advanced processing algorithms. Bull Seismol Soc Am, 111(4):1713–1739.

Maranò, S., Reller, C., Loeliger, H.-A., and D. Fäh (2012). Seismic waves estimation and wavefield decomposition: Application to ambient vibrations. Geophys. J. Int., 191:175–188.

Michel, C., Edwards, B., Poggi, V., Burjánek, J., and D. Fäh (2014). Assessment of site effects in alpine regions through systematic site characterization of seismic stations. Bull Seismol Soc Am, 104(6):2809–2826.

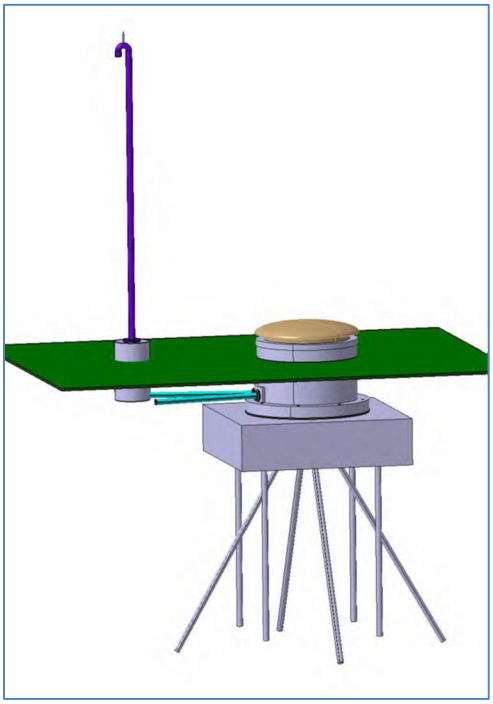
Poggi, V. and D. Fäh (2010). Estimating Rayleigh wave particle motion from three-component array analysis of ambient vibrations. Geophys. J. Int., 180:251–267.

Anhang A: Aufbau der Stationen

Das neue Installationssystem für die Erneuerung des SSMNet wurde vor der Installation der ersten Stationen verbessert. Es hat den Vorteil, dass es modular aufgebaut ist. Je nach Platzverhältnissen oder anderen Gegebenheiten kann es an den Standort angepasst werden. Die gesamte Anlage ist sehr kompakt und gut zugänglich.

Fundament und Schacht:

Das Fundament wird mit Armierungseisen mit dem Boden verbunden. Der Sensor wird direkt mit dem Fundament verschraubt. Der unten offene Schacht wird mit Ankerschrauben auf dem Fundament befestigt. Dazwischen werden Dichtungsringe eingelegt, um das Innere vor Wasser zu schützen. Der große Schacht wiegt ca. 300 kg und muss mit einem Bagger eingesetzt werden. Er enthält die komplette Messstation. Der kleine Schacht wiegt ca. 70 kg und kann von Hand gesetzt werden. Er enthält nur den Sensor mit Isolierung. Die Anschlüsse für Strom, Kommunikation und GPS-Signal erfolgen über ein unterirdisches Rohr.

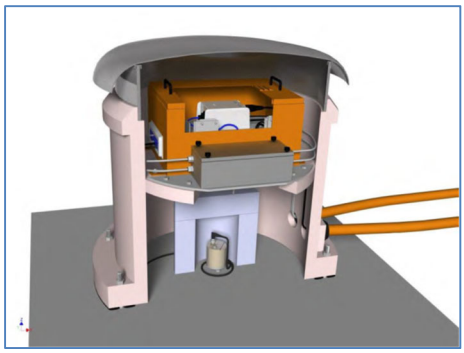


Geräteschrank:

Der Geräteschrank (orange) mit Notstrombatterie und Überspannungsschutz ist beim großen Schacht komplett installiert. Beim kleinen Schacht ist nur der Sensor installiert, die übrigen Komponenten der Messstation befinden sich in einem nahegelegenen Haus.

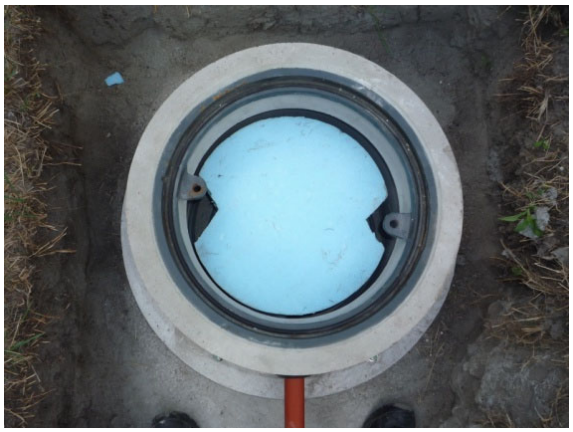
Der Geräteschrank beinhaltet:

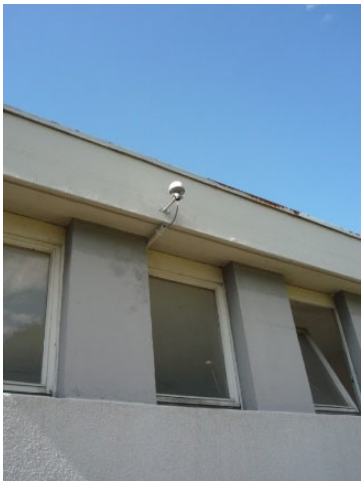
- Digitizer: Digitalisieren der Sensordaten und lokaler Zwischenspeicher
- Router: Übertragung der Daten auf die Server des SED
- Ladegerät für die Batterie und div. Sicherungen



Sensor:

Der Sensor wird bei der Installation auf das Fundament geschraubt. Anschliessend wird er nach Norden ausgerichtet und nivelliert. Für die thermische Stabilität bekommt der Sensor eine Isolation aus Styropor.



GPS:

Die GPS-Antenne wird auf freiem Feld an einem Mast montiert, der gleichzeitig als Blitzableiter dient. In der Nähe von Gebäuden wird die Antenne an Hausfassaden oder ähnlichem montiert.