

Erdbebenüberwachung und Gefährdungsanalyse

Standbericht und Planung für den Zeitraum 2013 – 2016

Bericht des Schweizerischen Erdbebendienstes zur Vorbereitung des Antrages an den Bundesrat für das Massnahmenprogramm Erdbebenvorsorge des Bundes 2013 - 2016



Verantwortung: EDI / SED

Impressum

Herausgeber

Schweizerischer Erdbebendienst an der ETH Zürich, Sonneggstrasse 5, 8092 Zürich

Autoren

S. Wiemer, F. Haslinger, D. Fäh

Redaktion und Layout

M. Marti

Titelbild

Das Titelbild zeigt die Erdbebenwarte Degenried, welche im Jahr 2011 ihr 100-jähriges Bestehen feierte und nach wie vor Teil des seismologischen Netzwerkes der Schweiz ist.

Zusammenfassung

Der Schweizerische Erdbebendienst (SED) an der ETH Zürich ist die Fachstelle des Bundes für Erdbeben. In dessen Auftrag überwacht er die seismische Aktivität in der Schweiz sowie im grenznahen Ausland und beurteilt die Erdbebengefährdung in der Schweiz.

Im Bundesratsbeschluss Erdbebenvorsorge 2009 wurde der SED beauftragt die Wartung, Modernisierung und den Betrieb der nationalen Erdbebenmessnetze sowie den 24-Stunden Pikettendienst zur Information von Behörden und Bevölkerung sicherzustellen. Des Weiteren sollten die laufenden Arbeiten zur seismischen Gefährdungsabschätzung mit dem Ziel fortgeführt werden, die Aktualisierung der Erdbebengefährdungsabschätzung für die Schweiz bis 2011 zu realisieren. Der SED ist den 2009 erteilten Aufträgen weitestgehend nachgekommen und hat die Zielvorgaben in bestimmten Bereichen deutlich übertroffen. Die einzige Ausnahme bildet die Veröffentlichung einer neuen nationalen Gefährdungsanalyse. Die grundlegenden Arbeiten sind bereits abgeschlossen, die Veröffentlichung des Modells wurde aber auf das Frühjahr 2013 verschoben, um die Koordination sowohl mit einem Europäischen Projekt zur Harmonisierung der seismischen Gefährdungsanalyse als auch mit der standortspezifischen Bestimmung der Erdbebengefährdung an den Schweizer Kernanlagen zu ermöglichen.

Im Zeitraum 2009 - 2012 wurde die erste Phase der Erneuerung des Schweizer Starkbebenmessnetzes mit der Installation von 30 neuen Stationen abgeschlossen. Zudem wurde die Rolle und Verantwortung des SED in der Warnung der Bevölkerung und Information der Behörden im Kontext des Bundesratsbeschlusses OWARNA und der Neufassung der Alarmierungsverordnung (Single Official Voice) klarer definiert. Die Erdbebenübung SEISMO-12 stellte für den SED eine willkommene Gelegenheit dar, in diesen neuen Strukturen zu üben.

Erdbeben lassen sich nicht vorhersagen. Aus diesem Grund stellt die Prävention ein zentrales Element dar, um das Schadenausmass zu begrenzen. Effektive Prävention gründet auf einem vertieften Verständnis der zu erwartenden Effekte, auf moderner Technologie sowie auf verstärktem Wissenstransfer hin zur praktischen Anwendung. Erdbebenüberwachung und Gefährdungsanalyse bleiben somit als zentrale Pfeiler eines integralen Erdbebenrisikomanagements im Bereich Erdbebenvorsorge bestehen.

Einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der seismischen Überwachung leistet die Umsetzung der zweiten Phase der Erneuerung der Freifeldstationen des Starkbebenmessnetzes durch den SED in den kommenden Jahren. Die modernen seismologischen Netzwerke sammeln in zunehmender Dichte qualitativ hochwertige Daten und bilden damit eine solide Grundlage für eine verbesserte Gefährdungs- und Risikoanalyse. In der Gefährdungsanalyse werden zunehmend Simulationsmodelle die klassische Gefährdungsanalyse ergänzen und genauere Abschätzung der Gefährdung ermöglichen. Nach der Veröffentlichung der Aktualisierung der Schweizer Gefährdungsanalyse im Frühjahr 2013 wird der SED verstärkt an den Grundlagen zur Gefährdungsanalyse arbeiten und damit die Basis für die nächste Generation von Gefährdungsmodellen für die Schweiz legen.

Neue Herausforderungen erwarten den SED bei der Nutzung der GeoEnergien im Kontext der vom Bund beschlossenen Energiewende. Um das Potential von CO₂ Speicherung im Untergrund und der tiefen Geothermie in der Schweiz sowie weltweit mittelfristig zu nutzen, ist es zwingend notwendig, künftige Pilot- und Demonstrationsprojekte im Hinblick auf induzierte Seismizität genauestens zu überwachen und zu analysieren. Daneben gilt es, das durch induzierte Erdbeben verursachte seismische Risiko mit verlässlichen Methoden und Softwaretools in Echtzeit zu bestimmen. Der SED wird sein Engagement in diesem Bereich in den nächsten Jahren weiter verstärken.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	I
Zusammenfassung.....	II
Inhaltsverzeichnis.....	IV
1 Einleitung.....	1
2 Geplante und Realisierte Massnahmen im Zeitraum 2009 – 2012	4
2.1 Seismische Überwachung.....	4
2.1.1 Breitbandmessnetz (SDSNet) und Starkbebenmessnetz (SSMNet).....	4
2.1.2 Erdbebenlokalisierung	6
2.1.3 Datenerfassung, Verarbeitung, Alarmierung und Information.....	6
2.1.4 Datenaustausch und Internationale Zusammenarbeit	7
2.1.5 Makroseismik.....	7
2.1.6 Echtzeitseismologie und Erdbebenfrühwarnung.....	8
2.2 Seismische Gefährdungsabschätzung.....	8
2.2.1 Seismische Standortcharakterisierung	9
2.2.2 Lokale seismische Gefährdungsanalyse und Mikrozonierung	9
2.2.3 Historische Seismizität	10
2.2.4 Zeitabhängige Gefährdungsabschätzung und Erdbebenvorhersage	10
3 Standortbestimmung und Handlungsbedarf.....	11
4 Planung für den Zeitraum 2013 - 2016.....	14
4.1 Optimierung von Überwachung, Alarmierung und Analyse	14
4.1.1 Umsetzung Phase II Erneuerung SSMNet.....	14
4.1.2 Vorbereitung Erneuerung SDSNet (ab 2017).....	15
4.1.3 Erhalt und Ausbau der Überwachungskapazität.....	15
4.2 Verbesserte Kommunikation und Führung im Ereignisfall.....	15
4.2.1 Pikettdienst.....	15
4.2.2 Umsetzung OWARNA und Single Official Voice.....	15
4.2.3 Zielgruppengerechte Informationsvermittlung fördern	16
4.2.4 Erdbebenfrühwarnung in der Schweiz.....	17
4.2.5 Machbarkeitsstudie zum ‚Operational Earthquake Forecasting‘ in der Schweiz.....	18

4.3	Erdbebenanalyse und Interpretation	18
4.3.1	Verbesserung der Lokalisierungsgenauigkeit und der Vollständigkeit der Erdbebenerfassung	19
4.3.2	Verbesserung der seismotektonischen Grundlagen	19
4.3.3	Verbessertes Verständnis von induzierten Erdbeben	19
4.3.4	Strukturanalyse und AlpArray	20
4.4	Gefährdungsabschätzung	20
4.4.1	Induzierte Erdbeben	20
4.4.2	Entwicklung der nächsten Generation des Schweizerischen Gefährdungsmodells	21
4.4.3	Weiterführung der Arbeiten im Bereich Mikrozonierung und Standorteinflüsse	21
4.4.4	Verbesserung des historischen Erdbebenkataloges	21
4.5	Risikoabschätzung	22
4.6	Nationale Zusammenarbeit und Wissenstransfer	22
4.7	Internationale Zusammenarbeit und Humanitäre Aktionen	23
4.7.1	Ausbau des grenzüberschreitenden Datenaustausches	23
4.7.2	Zusammenarbeit mit der Rettungskette Schweiz	23
4.7.3	Definition des ‚European Plate Observatory Systems‘ (EPOS)	23
4.7.4	Harmonisierung der seismischen Gefährdungsanalyse in Europa und weltweit	24
4.7.5	Verifikation des Atomteststoppvertrags und Mitwirken bei der CTBTO	24
4.8	Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit	24
4.9	Forschung und Lehre	25
5	Finanzielle und Personelle Auswirkungen	27
5.1	Aktuelle Finanzierung	27
5.2	Ausblick 2013 - 2016	27

1 Einleitung

Der Schweizerische Erdbebendienst (SED) an der ETH Zürich ist die Fachstelle des Bundes für Erdbeben. In dessen Auftrag überwacht er die seismische Aktivität in der Schweiz sowie im grenznahen Ausland und beurteilt die Erdbebengefährdung in der Schweiz.

Zu den Kernaufgaben des SED gehören der Betrieb der nationalen seismischen Überwachungsnetze und die kontinuierliche Auswertung der Daten, die Information von Behörden und Öffentlichkeit bei Erdbeben sowie die Abschätzung der Erdbebengefährdung. Zudem erarbeitet der SED Grundlagen für die seismologische Beurteilung und Überwachung von geothermischen Anlagen und geologischen Tiefenlagern und engagiert sich bei der Überwachung des internationalen Atomteststoppvertrags. Daneben erbringt der SED wissenschaftliche Dienstleistungen und betreibt anwendungsorientierte Forschungsprogramme in den relevanten Gebieten. Er beteiligt sich zudem an der Lehre und dem Wissenstransfer an der ETH Zürich. Aus der Forschung gewonnene Erkenntnisse und Methoden fliessen wiederum direkt in den Dienstleistungsbetrieb des SED ein.

Der SED beschäftigt rund 70 Mitarbeitende, darunter sind ungefähr 15 Doktorierende. Das Gesamtbudget betrug im Jahr 2011 ca. 9 Mio. CHF, wovon die ETH Zürich etwa 3.2 Mio. CHF als Grundbeitrag zur Verfügung hat. Der verbleibende Betrag wurde in Form von Drittmitteln eingeworben. Die gesetzlichen Grundlagen und der Auftrag des SED sind in den folgenden Dokumenten definiert:

- Bundesgesetz vom 7. Dezember 1956 (SR 414.113), etabliert SED an der ETH Zürich. Auftrag: Erdbebenbetätigung in der Schweiz zu erfassen, Erdbebenforschung zu betreiben, und sich an internationalen Projekten zu beteiligen;
- Bundesratsbeschluss (BRB) vom 29. 8.1990: Schaffung nationaler Messnetze für die Erfassung von Erdbeben;
- BRB vom 16. 9. 1996: Verifikation Atomteststoppvertrags, Mitwirken bei der CTBTO;
- BRB vom 18. 2. 2009: Erneuerung des Starkbebenmessnetzes;
- BRB vom 01. 4. 2009: Erdbebenvorsorge-Massnahmen des Bundes 2009 - 2012;
- BRB vom 26. 5. 2010: Optimierung von Warnung und Alarmierung (OWARNA) und BRB vom 18. 8. 2010: Revision Alarmierungsverordnung („Single Official Voice“).

In der Botschaft über die Förderung von Bildung, Forschung und Innovation im Jahr 2012¹ wird der SED als eines der Beispiele für nationale Aufgaben genannt, die der ETH-Bereich zu erfüllen hat. Analog dazu wird der SED auch in der Botschaft über die Förderung von Bildung, Forschung und Innovation in den Jahren 2013–2016² erwähnt:

“Der ETH-Bereich erfüllt im Interesse der Gesellschaft zahlreiche sogenannte nationale Aufgaben. Es handelt sich dabei um wissenschaftliche Dienstleistungen, wie beispielsweise der Schweizerische Erdbebendienst (...). Der ETH-Bereich trägt bei solchen Aufgaben im öffentlichen Interesse als einziger Kompetenzträger in der

¹ Bundesblatt, Nr. 4, 25. Januar 2011, S. 757 - 838

² Bundesblatt, Nr. 13, 27. März 2012, S. 3099 - 3358

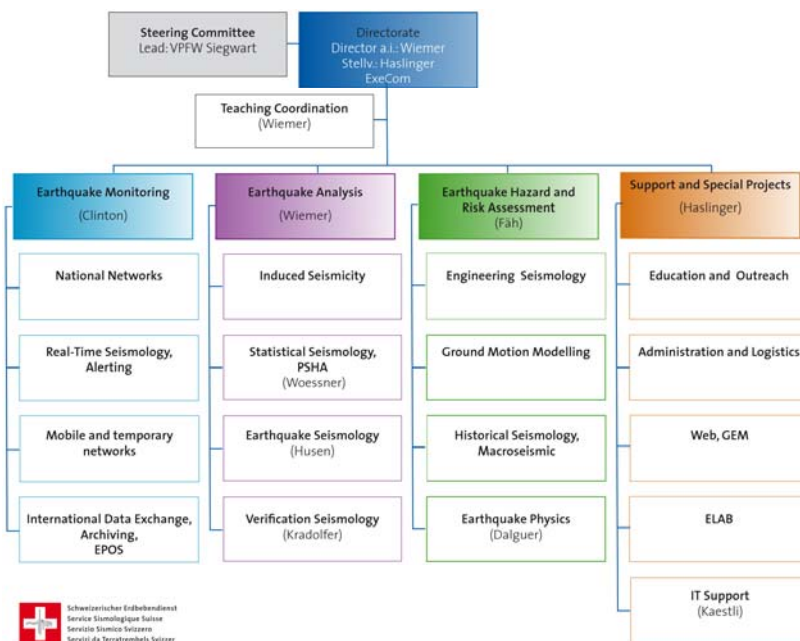
*Schweiz eine besondere Verantwortung. Er führt solche wissenschaftlich fundierte Dienstleistungen zugunsten des Landes auf qualitativ hochstehendem Niveau weiter.*³

Die nationalen Aufgaben des ETH-Bereichs sind aus Mitteln des Finanzierungsbeitrags des Bundes zu erbringen; die Aufgaben des SED sind Teil der Zielvereinbarung 2013 - 2016, die der ETH-Rat mit der ETH Zürich abschliesst. Auf der Basis dieser Gesetze und Beschlüsse besteht eine Vereinbarung zwischen der ETH Zürich, dem SED und dem Departement für Erdwissenschaften (D-ERDW). Diese regelt die Struktur und Finanzierung des SED innerhalb der ETH und des D-ERDW.

Professor Domenico Giardini leitete den SED von 1997 bis Ende 2011. Nach seinem Rücktritt übernahm Professor Stefan Wiemer die Leitung ad interim. Die Stelle wurde im Sommer 2012 als ordentliche Professur an der ETH neu ausgeschrieben, die Neubesetzung wird für das erste Halbjahr 2013 erwartet. Seit Januar 2012 verfügt der SED über eine von der ETH Zürich eingesetzte interne Begleitgruppe, die den SED beaufsichtigt und Unterstützung in strategischen Fragen leistet. Sie wird vom Vizepräsident für Forschung und Wirtschaftsbeziehungen der ETH, Prof. Roland Siegwart geleitet und besteht aus dem Vorsteher des D-ERDW (Prof. Gerald Haug), dem Leiter des Institutes für Geophysik (Prof. Paul Tackley) und den Professoren für Seismologie (Prof. Domenico Giardini), für Angewandte Geophysik (Prof. Johan Robertsson) und für Erdbebeningenieurwesen (Prof. Bozidar Stojadinovic).

Der SED verfügt seit dem Frühjahr 2012 über eine neue, leicht modifizierte Führungsstruktur (siehe Abb. 1.1). Sie gliedert sich in drei Sektionen, welche die Kernaufgaben des SED widerspiegeln: Überwachung, Analyse und Gefährdungsabschätzung. Eine weitere Sektion bündelt die administrativ / technischen Dienste. Die Leiter der vier Sektionen bilden zusammen mit dem Direktor sowie dem stellvertretenden Direktor das Führungsgremium des SED.

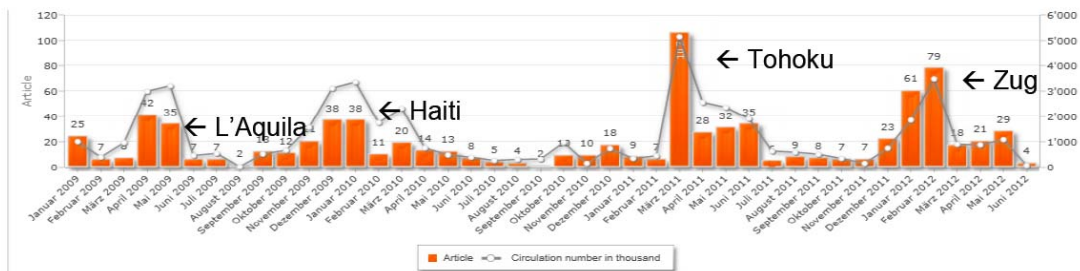
Abbildung 1: Organisationsstruktur des SED, Stand Oktober 2012



³ Entwurf BFI-Botschaft 2013-2016, Stand März 2012.

Die Seismizität in der Schweiz im Zeitraum 2009 - 2012 war im Vergleich zum langjährigen Mittelwert eher gering, es sind keine grösseren Schadensbeben aufgetreten. Die öffentlichen Debatten rund um das Thema Erdbeben wurden daher durch die internationalen Katastrophenbeben (Haiti, Chile, Neuseeland, Japan und Italien) geprägt. Des Weiteren bewegten die Diskussionen über GeoEnergien, die Sicherheit der Schweizer Kernkraftwerke, die Übung SEISMO-12 und die Einführung einer obligatorischen Erdbebenversicherung die Schweizer Öffentlichkeit. Die nachfolgend abgebildete Statistik der Medienkontakte des SED in den vergangenen 3.5 Jahren (total 860) verdeutlicht, wie das Thema Erdbeben regelmässig die Öffentlichkeit und damit einhergehend den SED beschäftigt (Abb. 1.3).

Abbildung 2: Medienkontakte



2 Geplante und Realisierte Massnahmen im Zeitraum 2009 – 2012

Im Bundesratsbeschluss Erdbebenvorsorge 2009 wurde der SED (respektive das EDI) beauftragt, die Wartung, Modernisierung und den Betrieb der nationalen Erdbebenmessnetze und den 24-Stunden Pikettdienst zur Information von Behörden und Bevölkerung sicherzustellen. Des Weiteren sollten die laufenden Arbeiten zur seismischen Gefährdungsabschätzung mit dem Ziel fortgeführt werden, die Aktualisierung der Erdbebengefährdungsabschätzung für die Schweiz bis 2011 zu realisieren. Der SED ist zudem mitverantwortlich für die Umsetzung des Bundesratsbeschlusses zur Erneuerung des nationalen Starkbebenmessnetzes (2009), dem Bundesratsbeschluss OWARNA (2010) und dem Bundesratsbeschluss zur Totalrevision der Alarmierungsverordnung (2010). Beim EDI erfolgt die Finanzierung dieser Aktivitäten haushaltneutral zu Lasten des BFI-Globalbudgets (siehe Kapitel 1). Davon ausgenommen sind wenige, durch bilaterale Leistungsvereinbarungen abgedeckte Massnahmen (z. B. die Mitarbeit in den Gremien des Atomteststopp-Vertrags). Die Umsetzung und Ausführung der erteilten Mandate hängt deshalb zum Teil von der Verfügbarkeit von Drittmitteln ab, was sich in gewissen Fällen auf den Umsetzungszeitplan auswirkt.

Der SED ist den im Jahr 2009 erteilten Aufträgen weitestgehend nachgekommen, wie im Folgenden beschrieben. Eine Ausnahme bildet die Veröffentlichung einer neuen Gefährdungsanalyse, sie wurde auf das Frühjahr 2013 verschoben. Dies wurde aus zwei Gründen notwendig: Erstens fehlt bis anhin eine harmonisierte europäische Gefährdungsabschätzung. Diese wird im Rahmen des Projekts „SHARE“ erarbeitet. Der Schlussbericht dazu wird im November 2012 erwartet. Zweitens verspätete sich die standortspezifische Bestimmung der seismischen Gefährdung an den Standorten der schweizerischen Kernanlagen (PEGASOS Refinement Project PRP) um mehr als ein Jahr und wird ebenfalls im November 2012 abgeschlossen.

2.1 Seismische Überwachung

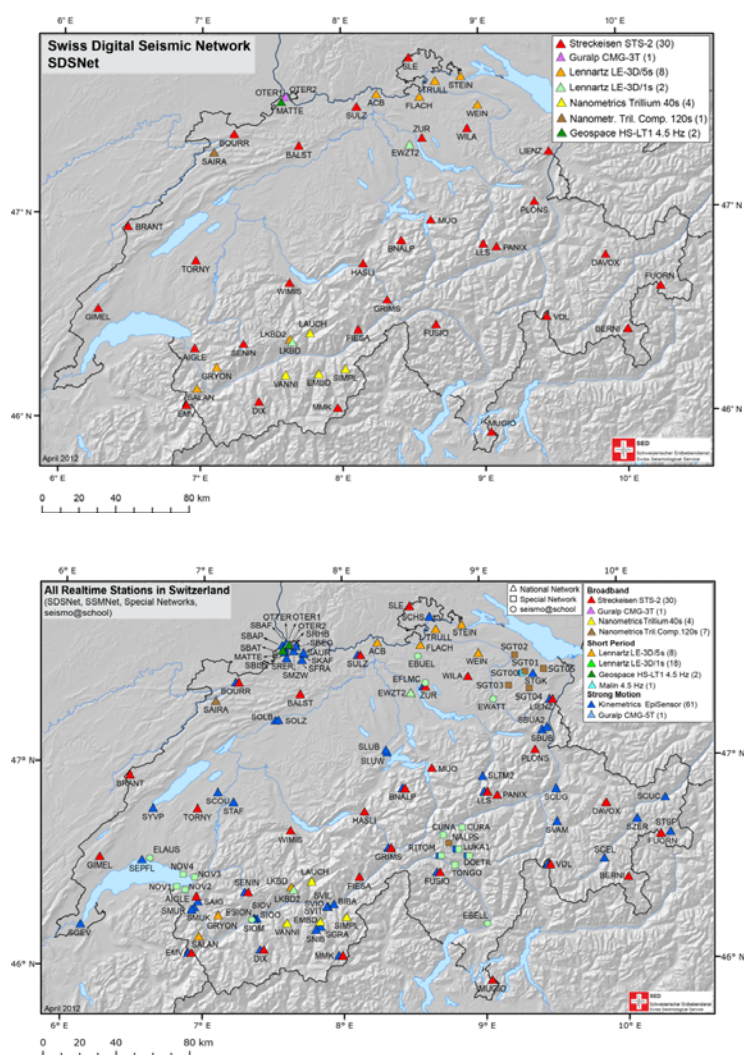
Die seismische Überwachung umfasst folgende Tätigkeiten: Betrieb und Unterhalt der seismischen Messnetze, Erfassung und Auswertung seismischer Daten, Erstellung und Verbreitung von Produkten (z. B. Erdbebenkataloge), Information von Behörden und Bevölkerung.

2.1.1 Breitbandmessnetz (SDSNet) und Starkbebenmessnetz (SSMNet)

Das nationale Breitbandmessnetz des SED (SDSNet) wurde in den letzten Jahren auf dem technischen Stand erhalten und im Rahmen von drittmittelfinanzierten Projekten punktuell verdichtet. Als Teil des Projekts COGEAR wurden im Wallis vier neue seismische Stationen installiert und ins SDSNet eingebunden. Eine kurzperiodische Station, die im Rahmen der Überwachung der Geothermie-Probepbohrung des ewz beim Triemli in Zürich installiert worden ist, wurde nach Projektende ins SDSNet integriert. Seit 2011 baut der SED im Auftrag der Nagra ein Schwachbebenmessnetz in der Nordschweiz auf, das insgesamt 10 Stationen umfassen wird. Das Ziel dieser Netzwerkverdichtung besteht darin, die Seismotektonik von potentiellen Endlagerstandorten besser zu charakterisieren. Diese Stationen werden ebenfalls in das SDSNet integriert. Ende

2012 umfasst das SDSNet somit 40 Breitband- und zusätzlich 12 kurzperiodische Messstationen. Der im Februar 2009 verabschiedete Bundesratsbeschluss zur Erneuerung des Starkbebenmessnetzes (SSMNet) sieht zwei Phasen vor, in denen insgesamt 100 neue Freifeld-Messstationen realisiert werden sollen – 30 davon in der ersten Phase⁴. Die erste Phase der Erneuerung wird planmässig Ende 2012 abgeschlossen. Der Status des Projekts sowie weitere Informationen sind auf der Webseite des SED zu finden⁵. Der Ausbau des Netzwerks sowie die technologischen Verbesserungen tragen bereits Früchte: Sowohl die Qualität als auch die Menge der brauchbaren Daten hat signifikant zugenommen. Die zweite Projektphase in enger Zusammenarbeit mit der Koordinationsstelle für Erdbebenvorsorge des BAFU befindet sich in Vorbereitung und startet voraussichtlich Anfang 2013.

Abbildung 3: Oben: Standorte von SDSNet Stationen. Unten: Alle Standorte, die in Echtzeit Daten an den SED liefern (SDSNet, SSMNet und spezielle Messnetze, Stand September 2012).



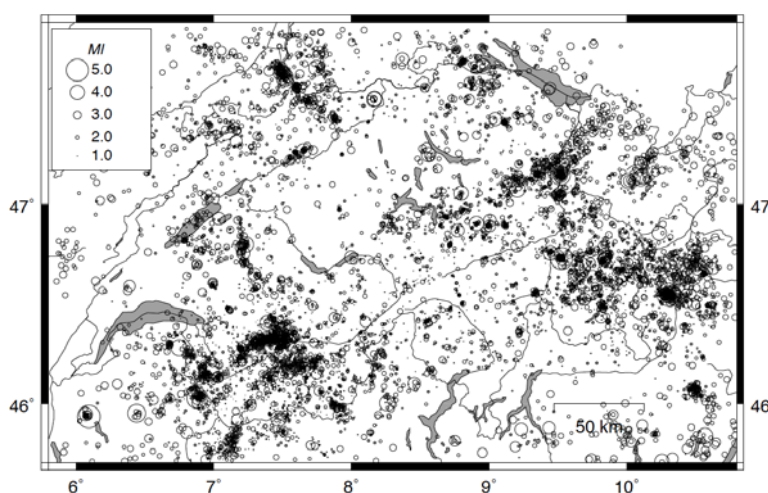
⁴ Die Erneuerung tangiert nicht die Stationen, welche in Zusammenarbeit mit dem BFE zur Überwachung von Staumauern installiert worden sind.
⁵ <http://www.seismo.ethz.ch/>Forschung>Projekte>SSMNet>Status page of the project>

2.1.2 Erdbebenlokalisierung

Eine möglichst genaue Bestimmung des Hypozentrums eines Erdbebens ist einerseits wesentlich, um die Auswirkungen der Erschütterungen schnell und automatisch abzuschätzen. Andererseits dient sie als Grundlage für die Analyse aktiver tektonischer Störungen, die Bestimmung und Kalibrierung lokaler Untergrundeffekte und die seismische Gefährdungsabschätzung.

Mit dem Stationsnetz des SED und den in Echtzeit überlieferten Daten der Stationen der Nachbarländer lassen sich beinahe in der gesamten Schweiz Beben ab einer Magnitude von 2 vollständig erfassen. Je nach lokaler Stationsdichte werden sogar Beben bis zu einer Magnitude von 0.5 aufgezeichnet. Die durchschnittliche Genauigkeit der Lokalisierung beträgt ca. 2 km in der Horizontalen und 5 km in der Herdtiefe. Von Januar 2009 bis September 2012 hat der SED in der Schweiz etwa 2000 Erdbeben registriert, das stärkste davon am 11. Februar 2012 in der Nähe von Zug mit einer Magnitude von 4.2. Dieses Beben verursachte im nahen Umkreis des Epizentrums vereinzelt leichte Gebäudeschäden (Risse im Putz) und wurde von der Bevölkerung deutlich wahrgenommen.

Abbildung 4: Epizentrenkarte der instrumentell aufgezeichneten Erdbeben von 1975 bis 2011. Die Grösse des Kreises bildet die Magnitude ab



2.1.3 Datenerfassung, Verarbeitung, Alarmierung und Information

Die Daten der Messstationen von SDSNet und SSMNet werden, mit wenigen Ausnahmen alter Stationen im SSMNet, kontinuierlich in Echtzeit vom SED empfangen und automatisch ausgewertet. Dadurch wird sichergestellt, dass Erdbeben schnellstmöglich nach ihrem Auftreten erkannt und quantifiziert, und dadurch ausgelöste Meldungen generiert und verbreitet werden. Die Ansprüche an „Echtzeit-Information“ haben in den vergangenen Jahren stark zugenommen. Sobald ein Erdbeben verspürt wird (ca. ab Magnitude 2.5), besteht bei den betroffenen Personen ein grosses Informationsbedürfnis. Dies führt zu einem markanten Anstieg der Zugriffe auf die Webseite des SED und einer grosse Anzahl an direkten Medien- und Bevölkerungsanfragen in vier Sprachen - unabhängig von der Tageszeit. Damit steigen die Anforderungen an die Geschwindigkeit, Ausfallsicherheit und Verfügbarkeit der IT-Systeme und Pikettleistenden stetig. Im Rahmen des Umzugs des SED vom Campus Höggerberg ins ETH Zentrum wurde im Frühjahr 2009 die operative IT-Infrastruktur des SED modernisiert. Durch die Verdoppelung der Da-

tenerfassungs- und Auswertesysteme an zwei Standorten (ETH Zentrum und ETH Höggerberg) liess sich die Ausfallsicherheit deutlich erhöhen. Daneben verbesserte die Anschaffung neuer Hardware die Rechenleistung und Speicherkapazität. Beide Massnahmen tragen dazu bei, den steigenden Ansprüchen gerecht zu werden.

Neben der Alarmierung von Behörden, Medien und Bevölkerung bei nationalen Ereignissen ist der SED zudem als Mitglied der Rettungskette Schweiz dafür verantwortlich, das Korps für Humanitäre Hilfe der DEZA bei grossen Schadensbeben im Ausland zu informieren. Das Software-system mit dem diese Alarme erzeugt und verschickt werden, wurde 2009 - 2011 erneuert (SED Eigenentwicklung). Der SED ist heute in der Lage, Alarme für verschiedene Zielgruppen (z. B. auch im Rahmen der Überwachung von Geothermieprojekten) flexibel zu konfigurieren und bereitzustellen. Zusätzlich wurde 2011 das Alarmsystem erweitert, um den Anforderungen aus dem Projekt „Single Official Voice“ (Bundesratsbeschluss Alarmierungsverordnung, 2010) zu genügen.

Die Webseite des SED www.seismo.ethz.ch gehört zu den meistbesuchten der ETH. Sie dient der breiten Öffentlichkeit als zentrale Plattform, um sich über Erdbeben in der Schweiz zu informieren. Nach sorgfältiger Planung wurde der Internetauftritt des SED 2010 neu gestaltet und erweitert, um dem steigenden Informationsbedürfnis Rechnung zu tragen.

2.1.4 Datenaustausch und Internationale Zusammenarbeit

Auch in Zukunft bemüht sich der SED um einen reibungslosen Austausch von Echtzeitdaten mit Institutionen der Nachbarländer. Seit 2011 ist der SED Teil des europäischen integrierten Datenarchivs EIDA, das über verschiedene Zugriffspunkte Erdbebendaten aus ganz Europa sowohl für die wissenschaftliche Gemeinschaft als auch für interessierte Laien zugänglich macht (www.eida.ethz.ch). Auf derselben technischen Plattform „arclink“ wurde zeitgleich ein neuer Zugang zu den Daten des SED geschaffen (www.arclink.ethz.ch).

2.1.5 Makroseismik

Makroseismik bezeichnet die Erfassung der Auswirkung eines Erdbebens auf Menschen, Gebäude und Infrastrukturen. Der SED sammelt derartige Beobachtungen routinemässig, wobei der Grossteil der Meldungen heutzutage über die „Melden Sie ein Erdbeben“ Formulare auf der SED Webseite eingehen. Die derart erhobenen Daten dienen zur makroseismischen Intensitätsbestimmung und liefern die Grundlage, um makroseismische Karten zu generieren. Sowohl das Webformular als auch die dazugehörige Datenbank wurden von 2010 - 2012 überarbeitet. Die Anzahl der Meldungen zu verspürten Beben hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Die meisten Meldungen gehen innerhalb der ersten 15 - 60 Minuten nach einem Erdbeben ein, somit stehen erste makroseismische Karten bereits kurz nach einem Beben zur Verfügung und können für die Bewertung des Ereignisses herangezogen werden.

Neben dem wissenschaftlichen Nutzen dieser Makroseismikdaten zur Kalibrierung von Modellen der Bodenbewegung, zur Bestimmung der Magnituden historischer Erdbeben oder für die Anwendungen in Mikrozonierungsstudien sind diese auch für die kantonalen Gebäudeversicherungen relevant. Letztere sind im Schweizerischen Pool für Erdbebendeckung zusammenge-

geschlossen. Die offizielle Bestimmung der Beben Intensität VII durch den SED ist ausschlaggebend für die Entschädigungspflicht der Gebäudeversicherung.

Darüber hinaus beteiligte sich der SED an einem Projekt unter Führung des BABS, in dem ein „Handbuch zur Gebäudebeurteilung nach Erdbeben“ erstellt wurde. Das Hauptziel dieser Publikation besteht darin, eine Hilfestellung bei der Entscheidung über die Freigabe (oder Sperrung) von Wohngebäuden nach Schadensbeben zu geben.

2.1.6 Echtzeitseismologie und Erdbebenfrühwarnung

Neben den grundlegenden Erdbebenparametern Ort, Zeit, Magnitude können weitere Informationen zu Beben, die sehr rasch nach dem Ereignis verfügbar sind, wertvolle Informationen für eine erste Abschätzung der Auswirkung geben. Zu diesen Echtzeitprodukten gehören zum einen die instrumentellen Erschütterungskarten (ShakeMaps). Sie ermöglichen eine rasche Beurteilung des möglichen Schadenausmasses. Zum anderen geben die automatischen Momententensor Berechnungen Auskünfte über den Mechanismus des Bruchprozesses und erlauben eine unabhängige Bestätigung der Magnitude. ShakeMaps werden für alle Beben ab Magnitude 2.5 automatisch berechnet und sowohl in einer internen Datenbank als auch auf den ereignisspezifischen Webseiten des SED ca. 2 Minuten nach einem Beben zur Verfügung gestellt. Die automatische Berechnung der Momenten-Tensoren wurde soweit verbessert und stabilisiert, dass diese ebenfalls innerhalb von 2 - 5 Minuten nach einem Ereignis ab Magnitude 2.5 auf der Webseite des SED zur Verfügung steht.

Die Arbeiten an Erdbeben-Frühwarnsystemen sind in den letzten Jahren in einer Kooperation mit dem US Geological Survey (USGS) und dem California Integrated Seismic Network (CISN) wie geplant weitergeführt worden. Im Rahmen des EU-Forschungsprojekts REAKT implementiert der SED die hier entwickelte Software „Virtual Seismologist“ in der Schweiz und ausgewählten Testregionen in Europa, um die Machbarkeit und Brauchbarkeit von derartigen Erdbebenfrühwarnungen im Detail zu analysieren.

2.2 Seismische Gefährdungsabschätzung

Die „seismische Gefährdung“ bezeichnet die Wahrscheinlichkeit, dass sich an einem Ort innerhalb eines gewissen Zeitraums Erschütterungen einer bestimmten Stärke ereignen, die durch ein Erdbeben ausgelöst wurden. Diese Abschätzung bildet unter anderem die Grundlagen für die Festlegung der Erdbebeneinwirkungen in den Tragwerksnormen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) sowie für weitere Anforderungen an die Erdbebensicherheit von Infrastrukturen.

Der SED hat sich im Zeitraum 2009 - 2012 intensiv mit den verschiedenen Grundlagendaten und Modellen befasst, die für eine Gefährdungsanalyse notwendig sind. Diese Arbeiten wurden grösstenteils durch das PEGASOS Refinement Projekt und das SHARE Projekt finanziert. Ein wesentlicher Meilenstein war der Abschluss der Arbeiten zum neuen Erdbebenkatalog für die Schweiz, ECOS 2009 (Earthquake Catalog of Switzerland 2009). In diesen Katalog sind sowohl die verbesserten Umrechnungen von Lokalmagnituden zu Momentenmagnituden eingeflossen,

als auch die Arbeiten zur Bewertung der seismischen Intensität von historischen Erdbeben. Zudem wurde ein neues Modell der Abminderung der Bodenbewegung mit der Distanz, das auch die Skalierung mit der Magnitude berücksichtigt, für die Schweiz entwickelt und umfangreich getestet. Daneben wurde die Entwicklung von verbesserten Modellen der seismischen Quellregionen vorangetrieben. Die Publikation des neuen nationalen Gefährdungsmodells ist, wie einleitend erwähnt, für das Frühjahr 2013 geplant.

2.2.1 Seismische Standortcharakterisierung

Standorteffekte haben einen wesentlichen Einfluss auf die beobachteten Bodenbewegungen. Eine genaue Kenntnis der geophysikalischen Parameter des Untergrunds der Stationsstandorte ist daher wichtig, um aus den gemessenen Daten zuverlässige Abminderungsbeziehungen abzuleiten oder Korrekturwerte für die Magnitudenbestimmung zu definieren. Diese Abminderungsbeziehungen erlauben es, von Erdbeben ausgelöste Bodenbewegungen theoretisch zu ermitteln. Aufgrund der Resultate der Standortcharakterisierung sind diese Bewegungen auf ein Referenzmodell für Fels bezogen und können auf unterschiedliche Untergrundverhältnisse angepasst werden. Diese neuen Abminderungbeziehungen spielen somit eine wichtige Rolle in der geplanten seismischen Gefährdungsanalyse.

Im Rahmen des PEGASOS Refinement Projekts wurden geophysikalische Charakterisierungen an zahlreichen Stationen des SED-Messnetzes durchgeführt. Des Weiteren wurden im Rahmen der Erneuerung des Starkbebenmessnetzes (siehe 2.1.2) Standortcharakterisierungen an allen neuen Stationsorten durchgeführt, Neben der Bestimmung der Scherwellengeschwindigkeit und der Resonanzfrequenz in den oberflächennahen Schichten sind an einigen Standorten weitere geophysikalische Messungen geplant, mit deren Hilfe das nichtlineare dynamische Bodenverhalten und die Gefahr der Bodenverflüssigung beurteilt werden kann. Bei der Verbesserung der Methoden zur Standortcharakterisierung wurden beim SED verschiedene aktive und passive Messmethoden weiterentwickelt und kombiniert angewendet, um die Auflösung der Struktur an gewissen Standorten zu erhöhen. Die gewonnenen Daten werden im Moment in einer einheitlichen Datenbank aufbereitet und auf den Webseiten des SED künftig zur Verfügung gestellt.

2.2.2 Lokale seismische Gefährdungsanalyse und Mikrozonierung

Mit einer lokalen seismischen Gefährdungsanalyse oder Mikrozonierung werden die lokalen geologischen und geotechnischen Eigenschaften des Untergrundes erfasst und daraufhin untersucht, ob sie im Falle eines Erdbebens verstärkend wirken. Diese Untersuchungen sind besonders geeignet, um die Erdbebengefährdung an einem gegebenen Standort besser abzuschätzen und aufgrund ihres guten Kosten-Nutzen-Verhältnisses und der schnellen Realisierbarkeit ein primäres Werkzeug in der Verbesserung der Erdbebenvorsorge. Im Berichtszeitraum wurden lokale Studien im Rahmen des COGEAR Projekts im Wallis realisiert sowie Projekte in der Erdbebenvorsorge mit den Kantonen Basel Land, Basel Stadt und Luzern weiterverfolgt.

2.2.3 Historische Seismizität

Die Arbeiten zur Vervollständigung und Kalibrierung des historischen Kataloges sind wie geplant fortgeschritten und in ECOS-09 (Earthquake Catalog of Switzerland 2009) eingeflossen. Es hat sich gezeigt, dass speziell die Neubestimmung der Magnituden von zahlreichen historischen Erdbeben aufgrund von zusätzlich ermittelten Referenzerdbeben einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Gefährdungsanalyse im PEGASOS Refinement Projekt hat. Ein wichtiger Teil der Arbeit im Berichtszeitraum war die Dokumentation der Resultate der historischen Erdbebenforschung.

2.2.4 Zeitabhängige Gefährdungsabschätzung und Erdbebenvorhersage

Die Arbeiten in diesem Bereich sind wie geplant voran geschritten, wobei der Schwerpunkt auf Forschungsarbeiten liegt. Eine erste Generation von zeitabhängigen Gefährdungsabschätzungen für die Schweiz wird auf Ende 2012 online auf der Webseite des SED zur Verfügung stehen; derartige Modelle dienen auch als Grundlage für die SEISMO-12 Übung. Eine Kosten-Nutzen-Analyse anhand der Bebensequenz von L'Aquila 2009 zeigte zum ersten Mal quantitativ, wie sinnvoll bzw. vertretbar es wäre, aufgrund von potentiellen Vorbeben eine Evakuierung zu veranlassen. Die Ergebnisse der Studie weisen darauf hin, dass eine Evakuierung trotz des grossen relativen Anstiegs des Risikos in der Regel nicht angezeigt ist. Dies ist vor allem auf die noch sehr grossen Unsicherheiten in den Auftretenswahrscheinlichkeiten von Erdbeben als auch auf die rein ökonomische Betrachtung des Wertes verlorener Leben gegen die Kosten der Evakuierung zurückzuführen.

Im Projekt COGEAR wurden neue Sensoren (geochemische, magnetische) getestet, die im Zusammenhang mit Erdbebenvorläuferphänomenen zum Einsatz kommen könnten. Diese Tests dienen dazu, die Probleme und Kosten beim Betrieb solcher neuartiger Systeme aufzuzeigen.

3 Standortbestimmung und Handlungsbedarf

Die Erdbebenvorsorge bleibt für die Schweiz ein vordringliches Thema. Bei den Erdbeben in Neuseeland in den Jahren 2010 und 2011 (Abb. 3.1) sowie in Italien 2009 und 2012 handelt es sich um Ereignisse, wie sie auch in der Schweiz zu erwarten sind. Diese, und nicht zuletzt auch das Erdbeben von Japan im Jahr 2011, haben uns vor Augen geführt, wie verletzlich moderne Industriegesellschaften gegenüber Erdbeben nach wie vor sind. Die Ereignisse verdeutlichten einerseits die immer noch bestehenden Wissenslücken im Verständnis von Erdbeben, unterstreichen aber andererseits dass die Analysen vergangener Erdbeben Wissen erzeugen, um das Erdbebenrisiko besser zu verstehen und zu reduzieren.

Erdbeben lassen sich nicht vorhersagen. Umso wichtiger ist die Prävention. Sie stützt sich auf einem vertieften Verständnis der zu erwartenden Effekte und basiert auf moderne Technologien sowie einem verstärkten Wissenstransfer bis hin zur praktischen Anwendung. Erdbebenüberwachung und Gefährdungsanalyse bleiben somit wesentliche Elemente des integralen Erdbebenrisikomanagements.

Abbildung 5: *Typische Schadenbilder nach dem Magnitude 6,3 Erdbeben in Christchurch, Feb. 2011.*



Die **seismische Überwachung** stellt einen zentralen Teil des Erdbebenrisikomanagements dar. Sie befindet sich in der Schweiz gemäss unserer Auffassung auf einem guten Weg, wenn die zweite Phase der Modernisierung des Starkbebennetzes wie geplant im Zeitraum 2013 - 2017 umgesetzt wird. Die modernen seismologischen Netzwerke sammeln in zunehmender Dichte qualitativ hochwertige Daten und bilden damit eine solide Grundlage für eine verbesserte regionale und lokale Gefährdungs- und Risikoanalyse. Zudem ermöglichen sie innovative Forschungsarbeiten.

In der **Gefährdungsanalyse** werden in den nächsten 5 - 10 Jahren vermehrt physikalisch realistischere Simulationsmodelle mit einbezogen, die auf modernsten Hochleistungsrechnern implementiert werden. Diese ergänzen die Fortschritte in der Standortcharakterisierung, bei der Entwicklung neuer Abminderungsrelationen und bei der Qualität der Beobachtungsdaten von modernen Überwachungsnetzen. Es ist zu erwarten, dass diese Kombination aus empirisch ge-

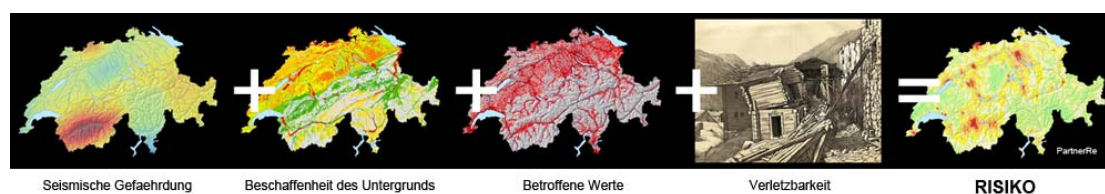
wonnenen Daten und simulationsbasierten Modellen eine genauere und verlässlichere Abschätzung der Gefährdung ermöglicht. Nach der Veröffentlichung der Aktualisierung der Schweizer Gefährdungsanalyse im Frühjahr 2013 wird der SED verstärkt an den Grundlagen arbeiten und somit die Basis für eine kontinuierliche Verbesserung der Gefährdungsmodelle in der Schweiz legen.

Neue Herausforderungen erwarten den SED speziell im Bereich der **Nutzung der GeoEnergien** im Kontext der vom Bund beschlossenen Energiewende (als deren Mitauslöser auch das Erdbeben in Japan mit der folgenden Atomkatastrophe gilt). Das Potential der Tiefengeothermie für die Versorgungssicherheit der Schweiz mit umweltfreundlicher Bandenergie ist mit bis zu 30 % des schweizerischen Strombedarfs enorm. Zugleich bietet sich die unterirdische Speicherung von CO₂ an (Carbon Capture and Storage), um die Kyoto-Ziele der Schweiz zu erreichen.

Um das Potential von Carbon Capture and Storage und tiefer Geothermie in der Schweiz sowie weltweit mittelfristig zu nutzen, ist es zwingend notwendig, künftige Pilot- und Demonstrationsprojekte im Hinblick auf induzierte Seismizität genauestens zu überwachen und zu analysieren. Daneben gilt es das durch induzierte Erdbeben verursachte seismische Risiko mit belastbaren Methoden und Softwaretools in Echtzeit zu bestimmen. Dabei sollte ein spezielles Augenmerk auf den seltenen Extremereignissen liegen. Der SED wird sein Engagement in diesem Bereich in den nächsten Jahren weiter verstärken.

Die Überwachung der Seismizität und anschliessende Abschätzung der seismischen Gefährdung stellt den ersten Schritt dar, um das **seismische Risiko** zu beurteilen und zu begrenzen. Das seismische Risiko definiert sich als Verknüpfung zwischen seismischer Gefährdung, lokalem Untergrund, Faktoren der betroffenen Werte (Siedlungsdichte und Raumnutzung) und der Verletzbarkeit (speziell Bausubstanz und Infrastruktur) (Abb. 3.2).

Abbildung 6: Schematische Darstellung des Berechnung des seismischen Risikos aus der Gefährdung.



Momentan gibt es für die Schweiz kein umfassendes Erdbebenrisikomodell ausserhalb von proprietären Modellen der Versicherungen. Deren Qualität ist unbekannt und nicht nachprüfbar, sie sind nicht öffentlich zugänglich und werden nicht nachhaltig weiterentwickelt. Ein Erdbebenrisikomodell stellt unserer Auffassung nach ein zentrales, momentan fehlendes Bindeglied im Erdbebenrisikomanagement dar, das zahlreiche Anwendungen erlaubt:

- Grundlage zur schnellen Schadensabschätzung nach einem Erdbeben und zur Entscheidungsfindung bei Warnszenarien;
- Berechnung von realistischen Schadensszenarien, inklusive solcher für ausgewählte kritische Infrastrukturen;
- Basis für vergleichende Risikostudien, die unterschiedliche Naturgefahren gegeneinander abwägen bzw. verknüpfen;

- Grundlage zur transparenten Berechnung von Versicherungsmargen und Versicherungsmodellen von natürlicher und induzierter Seismizität;
- Einsatz in Forschung, Kommunikation und Ausbildung.

Der SED setzt sich für die Periode 2013 – 2016 zum Ziel, beim ersten probabilistischen Erdbebenrisikomodell mit ‚Open Source & Open Access‘ für die Schweiz mitzuarbeiten. Obwohl der SED über umfangreiche Erfahrung in der Risikomodellierung verfügt, setzt die Entwicklung eines solchen Modells die Zusammenarbeit mit Experten verschiedener Fachrichtungen und Behörden voraus. Die Kooperation erfolgt idealerweise als Private-Public Partnership. Das Projekt sollte nachhaltig angelegt werden.

4 Planung für den Zeitraum 2013 - 2016

Der folgende Abschnitt fasst die wesentlichen geplanten Aktivitäten des SED im Bereich Erdbebenvorsorge zusammen.

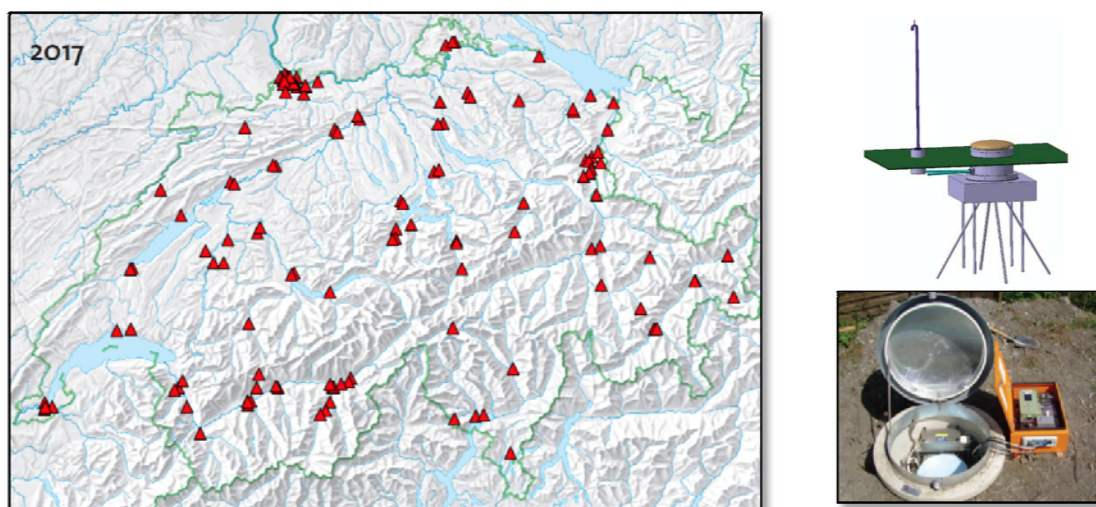
4.1 Optimierung von Überwachung, Alarmierung und Analyse

Die kontinuierliche seismische Überwachung der Schweiz und des benachbarten Auslands bleibt eine Kernaufgabe des SED in der Periode 2013 - 2016. Um diese im bisherigen Umfang zu gewährleisten, benötigt es sowohl Hardware (Messstationen, Datenübermittlung und Server) und Software (automatische und manuelle Datenanalyse) als auch geschultes Personal (Techniker, Softwareentwickler und Seismologen). Die nachfolgenden Unterkapitel behandeln spezifische Aufgabenstellungen in den nächsten drei Jahren.

4.1.1 Umsetzung Phase II Erneuerung SSMNet

Weltweit bilden Starkbebenaufzeichnungen eine notwendige Grundlage zur Verbesserung der Erdbebenvorsorge. Länder, in denen ein Potential für Schadensbeben besteht, haben ihr Messnetz in den letzten Jahrzehnten ständig ausgebaut und verbessert. Die Schweiz erneuert zurzeit das gesamte nationale Starkbebenetz (SSMNet).

Abbildung 7: Links: Karte der Stationsstandorte des Starkbebenmessnetzes nach Abschluss der Phase II im 2017 (124 Stationen). Rechts oben: Installationskonzept der neuen Freifeld Stationen. Rechts unten: Geöffnete Abdeckung der Freifeld Installationen.



Instrumentelle Aufzeichnungen von Erdbeben sind wesentlich, um Gefährdungsmodelle für die Schweiz zu verbessern und zu überprüfen. Dies geschieht fortlaufend durch die Auswertung von Registrierungen kleiner Erdbeben sowie den seltenen grossen Ereignissen. Dabei stehen regionale Gefährdungsmodelle und lokale Studien (sogenannte Mikrozonierungen) im Vordergrund, die den Einfluss des lokalen geologischen Untergrundes berücksichtigen. Seismische Registrierungen mit modernen Geräten werden auch benötigt, um die Baunorm SIA 261 weiterzuentwickeln und zu optimieren. Bei grossen Erdbeben bilden Echtzeit-Erdbebenaufzeichnungen des Starkbebenetzes die Grundlagen für eine rasche Abschätzung der Wirkungen auf Gebäude

und Infrastruktur. Sie werden mit Hilfe von zunehmend detaillierteren Erschütterungskarten (ShakeMaps) abgebildet.

4.1.2 Vorbereitung Erneuerung SDSNet (ab 2017)

Zur Überwachung der Erdbebenaktivität in der Schweiz und in den angrenzenden Gebieten betreibt der SED ein digitales, hochempfindliches Messnetz (SDSNet). Das SDSNet wurde ab 1997 massgeblich aus Mitteln des Berufungskredites von Prof. Giardini durch den SED modernisiert. Nach etwa 20 Jahren, also ab 2017, ist davon auszugehen, dass das Netzwerk erneut modernisiert werden muss. Die Planung dieser Überholung wird in der Periode 2013 - 2016 initiiert, unter anderem durch eine Kosten-Nutzen-Analyse der verfügbaren Technologien.

4.1.3 Erhalt und Ausbau der Überwachungskapazität

Der SED wird in 2013 den Übergang zum SEISCOMP3 Datenanalyse System abschliessen. SEISCOMP3 ist eine von einer grossen Nutzergemeinde unterstützte Open-Source Software, zu deren Weiterentwicklung der SED aktiv beigetragen hat. Auf Seiten der Hardware wird in den Jahren ab 2013 die redundante Server Infrastruktur (SunFire Clusters) erneuert werden.

4.2 Verbesserte Kommunikation und Führung im Ereignisfall

Die Benachrichtigung der Behörden sowie die zeitnahe Information von Medien und Öffentlichkeit bei gespürten und insbesondere bei potentiellen Schadensbeben stellt eine weitere Kernaufgabe des SED als zuständige Naturgefahrenfachstelle des Bundes für Erdbeben dar. Es besteht eine enge Verbindung zwischen dieser Aufgabe und der seismischen Überwachung und automatischen bzw. manuellen Datenanalyse. In der Periode 2013 - 2016 stehen neben routinemässigen Weiterentwicklungen der existierenden Alarmierungsstrukturen die Umsetzung der Bundesratsbeschlüsse vom 26.5.2011 (OWARMA) und 18.8.2012 (Revision Alarmierungsverordnung, 'Single Official Voice') im Vordergrund.

4.2.1 Pikettdienst

Der vom SED als Bereitschaftsdienst 24/7/365 betriebene dreistufige Pikettdienst (Diensthabender Seismologe, Seismo-Pikett und IT Pikett) wird vollumfänglich erhalten. Der SED stellt damit sicher, dass (1) die IT Systeme, z. B. Datenerfassung, Alarmierung und Webseite minimale Ausfallzeiten haben; (2) Behörden (1. Priorität), Medien (2. Priorität) und die Öffentlichkeit (3. Priorität) in der Regel innert Minuten nach einem Erdbeben einen kompetenten Ansprechpartner haben und (3) ein befähigter Entscheidungsträger des SED innert einer Stunde die Führung im Ereignisfall übernehmen kann.

4.2.2 Umsetzung OWARNA und Single Official Voice

Die Umsetzung des Bundesratsbeschlusses vom 26.5.2010 zur Optimierung von Warnung und Alarmierung (OWARNA; Periode 2011 – 2018) ist eine weitere Kernaufgabe. Der SED wird seine Funktion als zuständige Naturgefahrenfachstelle des Bundes für Erdbeben wahrnehmen und daran arbeiten, die Sichtbarkeit der Fachstelle weiter zu erhöhen. Der SED wird weiterhin in den

Gremien des Lenkungsausschuss Intervention Naturgefahren (LAINAT) mitarbeiten sowie dabei mithelfen, den Fachstab Naturgefahren aufzubauen und zu betreiben. In Zusammenarbeit mit dem UVEK (BAFU), dem VBS (BABS) und dem EDI (MeteoSchweiz, WSL/SLF) wird zudem die Ausbildung von lokalen Naturgefahrenberatern vorangetrieben. Der SED beteiligt sich zudem an den von allen Naturgefahrenfachstellen betriebenen Informationsplattformen GIN (Gemeinsame Informationsplattform Naturgefahren, www.gin-info.ch) sowie www.naturgefahren.ch und unterstützt mit Schwerpunkt auf seinen Fachbereich „Erdbeben“ deren Weiterentwicklung.

In Erfüllung des BRB vom 18.8.2010 „Revision Alarmierungsverordnung“ (Single Official Voice) wird der SED weiterhin Erdbebenmeldungen als leicht verständliche und einheitliche Gefahrenhinweise verbreiten. Warnungen bei Erdbeben werden vom SED als zuständiger Fachstelle koordiniert („Single Voice“) und eindeutig als Warnungen des Bundes erkennbar gemacht („Official Voice“). Die Radio- und Fernsehverordnung (RTVV) verpflichtet die SRG sowie die kommerziellen konzessionierten Radio- und Fernsehveranstalter die Warnungen des SED im Fall von Erdbeben rasch und unverändert zu verbreiten.

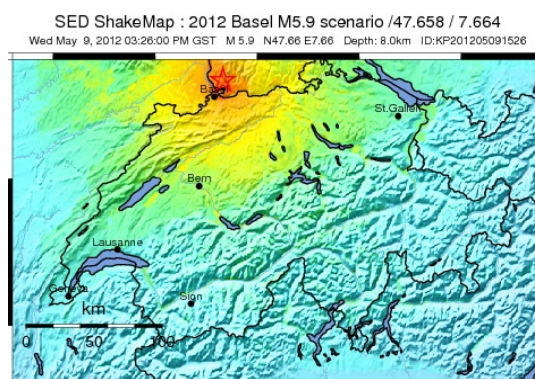
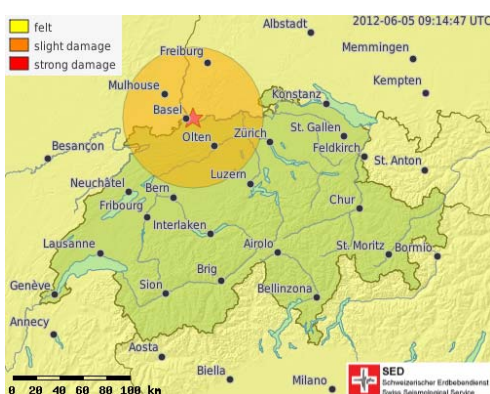
Bei der weiteren Umsetzung der Beschlüsse werden insbesondere die Erfahrungen aus der Übung SEISMO-12 zu berücksichtigen sein.

4.2.3 Zielgruppengerechte Informationsvermittlung fördern

Der SED setzt sich auch künftig dafür ein, Qualität und Nutzen der Erdbebenmeldungen, bzw. der schnellen Information nach einem Schadenbeben zu verbessern und international zu harmonisieren. Eine spezielle Herausforderung stellt dabei die zielgruppengerechte Informationsvermittlung dar. Die nachfolgend aufgeführten Massnahmen haben zum Ziel, diese zu verbessern:

- Der Bundesrat beauftrage den SED im Rahmen von OWARNA in den nächsten drei Jahren Erschütterungskarten (Abb. 4.2) zeitnah zu erstellen. Die Erfahrungen zeigen, dass neben den zentralen Parametern eines Erdbebens (Magnitude, Lokation, Zeit) einfache Erschütterungskarten ein effizientes Kommunikationsmittel darstellen. Als Ergänzung dienen die in vielen Regionen der Welt etablierten ShakeMaps, die der SED seit einigen Jahren auf dem Internet zur Verfügung stellt (Abb. 4.2). Für die Periode 2013 - 2016 setzt sich der SED zum Ziel, diese Karten als weiteres Kommunikationsmittel zu etablieren.

Abbildung 8: Links: Karte des abgeschätzten Schüttergebietes eines fiktiven Erdbebens der Magnitude 5.9 in Basel. Rechts: ShakeMap des gleichen Erdbebens.



- Aufgrund eines weiteren BRB OWARNA Beschlusses entwickelt der SED das Erdbebenalarmierungssystem in der Periode 2013 - 2016 schrittweise weiter. Dafür werden zuerst die vorhandenen Datenbanken und Softwareframeworks für die Anforderungen in der Schweiz evaluiert (USGS PAGER System und WAPMERR Software QLARM). Danach folgt die Berechnung von Schadenszenarien aufgrund des neu zu erstellenden Risikomodells der Schweiz (siehe auch 4.5).
- Um die Informationsverbreitung bei Erdbeben zu verbessern, plant der SED anzubieten, dass Erdbebenmeldungen mit Hilfe eines Web-Interfaces inklusive einer Sprachenauswahl abonniert werden können. Daneben ist die Koordination mit und die Ausbildung von Alarmempfängern bei Behörden und Medien weiter zu verbessern und verstärkt auch auf neue Informationskanäle (z. B. soziale Medien, Apps) zu setzen.

4.2.4 Erdbebenfrühwarnung in der Schweiz

Erdbebenfrühwarnungen („Earthquake Early Warning“) erfolgen in den Sekunden vor dem Eintreffen der zerstörerischen, seismischen Wellen. Sie erweisen sich derzeit in einigen Regionen der Welt (z. B. Japan, Kalifornien) als technisch möglich und wurden zum Teil bereits umgesetzt. Das physikalische Prinzip ist einfach: Elektromagnetische Wellen breiten sich viel schneller aus als seismische Wellen. Aus diesem Grund kann die Information über ein gerade stattfindendes, von den seismischen Stationen registriertes Erdbeben ab ca. 20 Kilometern Entfernung vom Epizentrum schon vor dem Eintreffen der seismischen Wellen ankommen. Das ermöglicht, eine entsprechende Warnung per Rundfunk, Fernsehen, Internet oder Mobiltelefon zu verbreiten (Abbildung 4.3). In Japan betreibt die „Japan Meteorological Agency“ erfolgreich ein derartiges System. Sekunden nach dem 2011 Tohoku Erdbeben informierte es Millionen von Menschen noch vor dem Eintreffen der seismischen Wellen über die zu erwartenden Erschütterungen.

Abbildung 9: Links: Im japanischen Fernsehen Live ausgestrahlte Frühwarnung vor dem 2011 Tohoku Erdbeben, die vor starken Erschütterungen in wenigen Sekunden in den gelb eingezeichneten Präfekturen warnt. Rechts: Meldung einer iPhone App zur Erdbebenfrühwarnung.



Gemäss derzeitigem Wissenstand ist zu erwarten, dass Frühwarnsysteme bald in zahlreichen Industrieländern zum Standard der Erdbebenvorsorge gehören. Es drängt sich daher für die Schweiz die Frage auf, ob ein solches System auch hierzulande eine sinnvolle Komponente eines integralen Erbebenrisikomanagements darstellt. Der SED, als Teil des EU Projektes REAKT und in Zusammenarbeit mit *swissnuclear*, beteiligt sich an der Entwicklung eines Prototyp-Frühwarnsystems (dem sogenannten ‚Virtual Seismologist‘). Aktuell werden mit dem Prototypen Testreihen in Kalifornien, der Schweiz sowie in der Türkei und Griechenland absolviert. In der Periode 2013 - 2016 wird der SED weitere Erfahrungen über die technische Machbarkeit, die Kosten und den potentiellen Nutzen eines Frühwarnsystems sammeln und einen wesentlichen Beitrag zu der sich abzeichnenden Diskussion leisten.

4.2.5 Machbarkeitsstudie zum ‚Operational Earthquake Forecasting‘ in der Schweiz

Bei jedem moderaten Erdbeben, das immer auch zugleich ein potentielles Vorbeben eines stärkeren Ereignisses ist, stellt sich die Frage, welche Massnahmen angebracht und sinnvoll sind. Dies zeigte sich exemplarisch im Kontext der Übung SEISMO-12 sowie der Erdbeben in der Region Emilia Romagna im Mai/Juni 2012.

Wäre es zum Beispiel in der Übung SEISMO-12 nicht sinnvoll gewesen, nach dem Magnitude 5.1 Erdbeben in Basel, welches sich Stunden später als Vorbeben entpuppte, eine Warnung herauszugeben? Seismologen wissen, dass das Erdbebenrisiko nach einem derartigen Beben in den nächsten Stunden um einen Faktor 100 und mehr höher liegt als an einem normalen Tag. Absolut gesehen bleibt es aber gering.

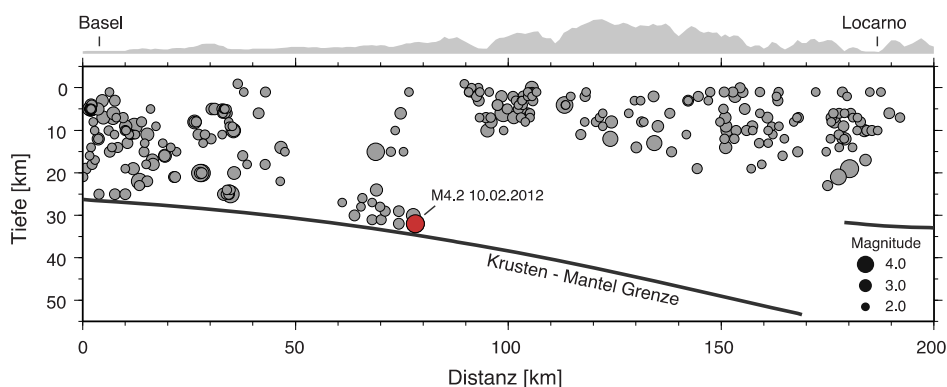
Der SED befasst sich im Rahmen der EU Projekte REAKT und NERA mit diesen und folgenden Fragen, die mit nationalen und internationalen Stakeholdern breit diskutiert werden: Wie lässt sich die zeitabhängige Gefährdung am besten berechnen und darstellen? Welche Massnahmen lassen sich daraus ableiten? Welche Art von Warnungen erscheinen sinnvoll? Besteht die Möglichkeit, dieses Risiko in einer Art Ampelsystem von Warnungsstufen abzubilden?

Für die Periode 2013 - 2016 besteht das Ziel darin, erste Antworten auf diese Fragen zu erarbeiten und sofern nötig, Massnahmen einzuleiten.

4.3 Erdbebenanalyse und Interpretation

Die Auswertung und Interpretation der kontinuierlich an den Schweizer Seismometern aufgezeichneten Daten bleibt Hauptaufgabe der Sektion Erdbebenanalyse des SED (siehe Abb. 4.4). Neben der Routineauswertung und Katalogisierung der Erdbeben wird kontinuierlich an der Verbesserung der Datengrundlage und den Modellen des Untergrundes gearbeitet. Die nachfolgenden Kapitel behandeln die für die nächste Periode vorgesehenen Schwerpunkte.

Abbildung 10: Tiefenschnitt von Basel nach Locarno, dargestellt sind die Hypozentren der Erdbeben der Magnitude 2.0 von 1985 – 2012. Der Rote Punkt zeigt das Hypozentrum des Magnitude 4.2 Erdbebens vom 10.2.2012 an, das in der Region Zug stark verspürt wurde.



4.3.1 Verbesserung der Lokalisierungsgenauigkeit und der Vollständigkeit der Erdbebenerfassung

Eine verbesserte Lokalisierungsgenauigkeit von Erdbeben ermöglicht eine präzisere seismotektonische Interpretation und insbesondere eine Klassifizierung von potentiell aktiven Verwerfungszonen. Speziell im Bereich der Überwachung von GeoEnergie Projekten und im Kontext der Lagerung radioaktiver Abfälle ist die Lokalisierungsgenauigkeit ein wichtiger Parameter. Daneben werden Methoden zur Netzwerkoptimierung weiterentwickelt, um die Vollständigkeit des Erdbebenkataloges für kleinere Magnituden zu verbessern. Weitere Arbeiten, mit dem Ziel die Ankunftszeiten späterer seismischer Phasen in das Lokalisierungsmodell einzubauen, werden im Jahr 2013 abgeschlossen. Damit liesse sich die Genauigkeit der automatisch bestimmten Lokalisierungen, die innert Sekunden verfügbar sind, weiter erhöhen und es liesse sich eine ähnlich gute Genauigkeit und Verlässlichkeit wie bei den manuell bestimmten Auswertungen erreichen. Hierzu bedarf es allerdings noch weiterer Optimierungen der Algorithmen, die Erdbeben automatisch auswerten.

4.3.2 Verbesserung der seismotektonischen Grundlagen

Die Verbesserung des seismotektonischen Verständnisses führt direkt zu einer genaueren Gefährdungsanalyse. Der SED wird dazu in den nächsten drei Jahren ein besonderes Augenmerk auf die automatische Bestimmung von Momententensoren auch für kleine Ereignisse ($M < 3$) legen. Darüber hinaus setzt er sich zum Ziel, die Identifikation von aktiven Störungen mittels hochpräzisen Relokalisierungstechniken zu verbessern und somit Aussagen über das mögliche Schadenpotential der Verwerfungen abzuleiten.

4.3.3 Verbessertes Verständnis von induzierten Erdbeben

Das Potential der Tiefengeothermie für die Versorgungssicherheit der Schweiz mit umweltfreundlicher Bandenergie ist enorm. Um dieses in der Schweiz und weltweit mittelfristig zu nutzen, benötigt es einerseits ein verbessertes Verständnis der physikalischen Prozesse, die Erdbeben in tiefen geothermischen Systemen auslösen. Andererseits müssen die Schlüsselparameter, welche die seismische Antwort des Untergrundes bestimmen, genauer erforscht wer-

den. So lassen sich idealerweise schon vor dem Abteufen belastbare Aussagen über das zu erwartende seismische Risiko treffen.

4.3.4 Strukturanalyse und AlpArray

AlpArray ist eine neue internationale Initiative mit dem Ziel, das geodynamische Verständnis der Alpen zu verbessern. Nach dem Vorbild des USArrays soll der Alpenraum mit einem dichten Netzwerk von mehreren hundert temporären seismischen Breitbandseismometern untersucht werden, die jeweils für ein Jahr an einem Ort die Bodenbewegungen aufzeichnen. Dieses ambitionierte Forschungsprojekt wird unter der Federführung der ETH Zürich und des SED vorangetrieben. Aktuell haben 158 Forscher von 53 Institutionen aus 16 Ländern ihr Interesse an der Mitarbeit bei AlpArray bekundet. Sollte das Projekt gefördert werden ist ein signifikanter Fortschritt in der Abbildung des tiefen Untergrunds der Alpen zu erwarten, welcher das geodynamische Verständnis ihrer Entwicklung und heutigen Situation wesentlich voranbringen wird.

4.4 Gefährdungsabschätzung

Es zählt zu den Hauptaufgaben des Schweizerischen Erdbebendienstes, die nationale seismische Gefährdungsabschätzung der Schweiz regelmässig zu überarbeiten. Die Bestimmung der seismischen Gefährdung erfordert ein interdisziplinäres und vielschichtiges Vorgehen: Seismologen verwenden dazu regionale Informationen aus der Erdbebenhistorie, der Tektonik und Geologie, historische Schadensbeschreibungen, instrumentell Aufzeichnungen von Erdbeben und Modelle der Wellenausbreitung sowie der lokalen Standorteigenschaften. Der SED stellt in seiner Rolle als massgebende Fachstelle einer Vielzahl von Stakeholdern (nationalen, kantonalen und lokalen Behörden, Industrie, Medien, Wissenschaftlern und der Öffentlichkeit) kompetent Daten, Informationen und Hintergrundwissen zur Verfügung. Als nationales und internationales Kompetenzzentrum für Erdbebengefährdung betreibt der SED zahlreiche Forschungs- und Serviceaktivitäten in diesem Bereich. Neben der Entwicklung von neuen Methoden und Modellen zur verbesserten Gefährdungsabschätzung besteht das Ziel darin, eine zunehmende Integration und Harmonisierung der unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen zu erreichen. Auch die Zusammenarbeit mit der am BAFU angesiedelten Koordinationsstelle für Erdbebenvorsorge, dem BFE und dem ENSI soll weiter vertieft werden. Die nachfolgenden Unterkapitel behandeln spezifische Projekte, welche für die kommenden vier Jahre geplant sind.

4.4.1 Induzierte Erdbeben

Der SED entwickelt Methoden weiter, um das Risiko von induzierten Erdbeben im Kontext der Nutzung der tiefen Geothermie und CO₂ Lagerung im Untergrund abzuschätzen. Bei derartigen Projekten können fünf Phasen unterschieden werden: Die Planungsphase, die Bohr- und Testphase, die Stimulationsphase, die Betriebsphase und die Nachbetriebsphase. In allen Phasen ist es zwingend notwendig, die potentiell auftretende Seismizität zu überwachen und eine begleitende probabilistische Gefährdungs- und Risikoanalyse vorzunehmen. Dabei wird die Gefährdungsabschätzung kontinuierlich und in Echtzeit an die stetig wachsende Datenbasis ange-

passt. Derartige „Advanced Traffic Light“ Systeme sind aktuell am SED in Entwicklung. Sie werden in den nächsten drei Jahren kalibriert, getestet und in den sich abzeichnenden Projekten der Industrie umgesetzt. Der SED unterstützt damit die Aufsichtsbehörden des Bundes und der Kantone, erstellt in Zusammenarbeit mit dem BFE und BAFU „Best Practice“ Leitfäden im Bereich Überwachung und Risikobeurteilung, informiert als unabhängige Instanz und „honest broker“ Medien und Öffentlichkeit und unterstützt die Industrie durch Wissenstransfer.

4.4.2 Entwicklung der nächsten Generation des Schweizerischen Gefährdungsmodells

Der SED wird im Jahr 2013 das neue Gefährdungsmodell der Schweiz vorstellen (siehe Kapitel 2). Es handelt sich dabei um eine Überarbeitung der Version von 2004. Die Philosophie des Gefährdungsmodells von 2004 bleibt erhalten, es werden aber stark verbesserte Datensätze und neue Abminderungsrelationen berücksichtigt. Insbesondere wird die seismische Gefährdung auf ein aus Messungen abgeleitetes Felsreferenzprofil bezogen sein. Erst für die darauf folgende Periode zeichnet sich eine grössere Überarbeitung ab, für die grundlegend neue Berechnungsmodelle herangezogen werden. Die rasante Entwicklung von Hochleistungsrechnern wird Gefährdungsanalysen ermöglichen, bei denen stochastische Abminderungsmodelle mit deterministischen Erdbebenszenarien kombiniert werden. Die Modelle werden zunehmend die auf physikalischen Prinzipien des Gesamtsystems basieren (Quelle, Wellenausbreitung und lokale Ankopplung), wie dies bei der neu entwickelten Abminderungsrelation für die Schweiz schon der Fall ist. Weitere Fortschritte werden durch den Einbezug neuer Magnitudenskalen, wie beispielsweise der Energiemagnitude, durch eine Verbesserung der Parametrisierung der Abminderungsrelationen und durch die Arbeiten im Bereich der Standorteinflüsse (Abschnitt 4.4.3) erwartet.

Der SED geht davon aus, dass die neuen Ansätze eine deutlich präzisere Abschätzung der lokalen Gefährdung (und des damit verbundenen Risikos) erlauben. Dies trägt zur Verbesserung lokaler Gefährdungsanalysen bei, wie sie etwa für Staudämme, Kernanlagen oder Geothermieprojekte notwendig sind.

4.4.3 Weiterführung der Arbeiten im Bereich Mikrozonierung und Standorteinflüsse

Der SED führt die Arbeiten zur Entwicklung von innovativen und kosteneffizienten Methoden zur Mikrozonierung weiter. Angestrebt werden verbesserte geophysikalische Messmethoden und die Entwicklung neuer empirischer Methoden, um die lokalen Amplifikationen abzuschätzen. Ein weiterer Schwerpunkt liegt beim Einfluss der Topographie und der Alpinen Sedimenttäler auf die Bodenbewegung sowie bei den induzierten Phänomenen wie Steinschlag, Hangrutschungen und Bodenverflüssigung. Dazu werden sowohl numerische Simulationsprogramme weiter entwickelt und angewandt, als auch geophysikalische Messungen durchgeführt, um Standortmodelle zu entwickeln. Temporäre und permanente Beobachtungsnetze dienen zur Überprüfung der Modelle.

4.4.4 Verbesserung des historischen Erdbebenkataloges.

Der SED setzt seine Arbeiten am historischen Katalog fort. Die nachfolgenden zwei Ziele stehen im Fokus der nächsten vier Jahre: Überarbeitung des Erdbebenkatalogs 1878 – 1960 mit dem Ziel

die Ereignisliste und die makroseismischen Felder zu vervollständigen. Zudem wird in Einzelfällen eine Re-Interpretation der grossen Schadenbeben unter Einbezug neuer Informationen sowie der Beurteilung von Schadenbildern unter Berücksichtigung des Standorteinfluss und der Gebäudequalität vorgenommen.

4.5 Risikoabschätzung

Der SED wird in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus der Wissenschaft, Behörden, und Industrie daran arbeiten, ein erstes probabilistisches Erdbebenrisikomodell für die Schweiz zu erstellen (siehe Kapitel 3).

4.6 Nationale Zusammenarbeit und Wissenstransfer

Die Zusammenarbeit in der Erdbebenvorsorge auf nationaler Ebene zu stärken, bleibt eine Priorität des SED. Dies beinhaltet folgende Elemente:

- Weiterführung der Integration von Alarmierungs- und Interventionsmassnahmen im Hinblick auf das integrale Risikomanagement. Speziell soll die Interaktion mit dem Fachstab Naturgefahren, dem Bundesstab ABCN, der Nationalen Alarmzentrale und den kantonalen Führungsstäben in Aufarbeitung der Übung SEISMO-12 und im Kontext der BRB OWARNA und SOV weiter verbessert werden.
- Ausbau der Zusammenarbeit mit dem ENSI im Bereich seismischer Gefährdungsabschätzung von Kernanlagen und nuklearen Endlagern. Nach Abschluss des „PEGASOS Refinement Projektes“ zur Sicherheit der Schweizer Kernkraftwerke im November 2012 werden zunehmend Fragestellungen der nächsten Generation der seismischen Gefährdungsanalyse hauptsächlich im Bezug auf mögliche Endlager in den Vordergrund treten. Dazu gehören extreme Bodenbewegungen und deren Auswirkungen sowie offene Fragen des nicht-linearen und anelastischen Materialverhaltens an der Oberfläche und in der Tiefe.
- Vertiefung der Zusammenarbeit mit dem BFE im Bereich GeoEnergie und Überwachung von Stauanlagen.
- Fortsetzung des Wissenstransfer und Dienstleistungsangebots in den Bereichen Erdbebenüberwachung und Gefährdungsanalyse zuhanden von Bund und Kantonen, Rückversicherungen, Betreibern von Geothermieprojekten, swissnuclear, NAGRA, Ingenieurbüros etc. Der SED übernimmt auch in Zukunft nur Dienstleistungsaufgaben, die keine Konflikte mit den hoheitlichen Aufgaben als Fachstelle für Erdbeben verursachen und die neutrale wissenschaftliche Projektarbeit nicht gefährden. Der SED lehnt Dienstleistungsaufgaben ab, wenn es kompetente Industriepartner gibt, welche die gestellte Aufgabe gleichwertig ausführen.
- Aus- und Weiterbildung von kompetenten Geophysikern, die in der Industrie und in Behörden gesucht werden.

4.7 Internationale Zusammenarbeit und Humanitäre Aktionen

Gestärkt durch die Nähe zur ETH Zürich wird der SED weithin als einer der weltweit führenden seismologischen Dienste und als Kompetenzzentrum für seismische Gefährdung anerkannt. Erdbebenvorsorge erfordert internationale Zusammenarbeit, da sich Erdbeben und Erdbebenwellen nicht an nationale Grenzen halten. Der SED verfügt im Bereich Forschung und Dienstleistungen über enge internationale Kontakte. Er beteiligte sich an einer Reihe von Europäischen Forschungs- und Infrastrukturprojekten in der Seismologie als Koordinator (NERA, SHARE, NERIES) bzw. als Partner (GEISER, REAKT, EPOS, QUEST). Der SED beabsichtigt diese tragende Rolle auch weiterhin wahrzunehmen und davon ausgehend Drittmittel zu akquirieren, welche die Weiterentwicklung von Software und Methodik unterstützen.

In enger Zusammenarbeit mit der DEZA sowie privaten und öffentlichen Stiftungen setzt sich der SED ein, um einen Beitrag zur Reduktion des Risikos und zur Bewältigung von Erdbebenkatastrophen zu leisten. Dieses humanitäre Engagement wird in der Periode 2013 – 2016 weitergeführt. Die nachfolgenden Kapitel zeigen, wo dabei die Schwerpunkte liegen.

4.7.1 Ausbau des grenzüberschreitenden Datenaustausches

Eine fehlerfreie Lokalisierung eines Erdbebens insbesondere in Grenznähe erfordert Echtzeit-zugriff auf Stationen aus dem benachbarten Ausland. Der Datenaustausch auf der Basis von bilateralen Abkommen ist schon seit einigen Jahren mit Italien, Deutschland und Österreich etabliert. Er wird im Moment mit Frankreich weiter ausgebaut und mit allen Nachbarländern in Zukunft kontinuierlich optimiert.

4.7.2 Zusammenarbeit mit der Rettungskette Schweiz

Die Rettungskette Schweiz ist das unmittelbare Einsatzelement, um vor allem nach Erdbeben im Ausland Verschüttete zu bergen. Die Rettungskette setzt sich aus privat- und öffentlich-rechtlichen, zivilen und militärischen Partnerorganisationen zusammen, die im Einsatzfall unter der Leitung der Humanitären Hilfe des Bundes (HH/SKH) stehen. Der SED, ebenfalls ein Partner der Rettungskette, alarmiert via Pikettdienst die Humanitäre Hilfe, berät die Rettungskette in seismologischen Fragestellungen und nimmt optional an Einsätzen teil. Diese Zusammenarbeit wird in den nächsten Jahren fortgesetzt und durch intensiveres gemeinsames Training und verbesserte Tools zur Abschätzung des Schadens nach potentiell katastrophalen Erdbeben weiter optimiert.

4.7.3 Definition des ‚European Plate Observatory Systems‘ (EPOS)

Mit dem European Plate Observing System (EPOS, www.epos-eu.org) soll eine einheitliche, nachhaltige und dauerhafte Beobachtungsinfrastruktur geschaffen werden, die vorhandene Strukturen in Europa und den angrenzenden Regionen bündelt. Dazu gehören: geophysikalische Überwachungsnetze (z. B. seismische und geodätische Netze), lokale Beobachtungsstellen (z. B. Vulkanobservatorien) und Versuchslaboratorien (z. B. für experimentelle und analytische Gesteinsphysik sowie tektonische analoge Modellierung). EPOS hat zum Ziel, innovative Ansätze für ein besseres Verständnis der physikalischen Vorgänge bei Erdbeben, Vulkanausbrüchen und

Tsunamis zu fördern. EPOS wurde aufgrund der führenden Rolle des SED an der ETH Zürich in die Schweizer Roadmap des SBF für Forschungsinfrastrukturen (CH-Roadmap) aufgenommen. Diese Roadmap umfasst internationale Forschungsinfrastrukturen, für welche die Schweizer Wissenschaftsgemeinschaft im Rahmen von mehreren Konsultationen ausdrücklich festgelegt hat, dass eine Beteiligung der Schweiz von hohem wissenschaftlichen Interesse ist. Zurzeit läuft die Vorbereitungsphase, in welcher der SED für die Konzipierung der Gesamtstrategie von EPOS verantwortlich zeichnet. In den nächsten drei Jahren werden die EPOS Visionen weiter konkretisiert und eine erste gemeinsame Plattformen geschaffen.

4.7.4 Harmonisierung der seismischen Gefährdungsanalyse in Europa und weltweit

Der SED hat im Rahmen des FP7 Projektes SHARE (Seismic Hazard Harmonisation for Europe, www.share-eu.org, Ende: Nov. 2012) federführend dazu beigetragen, ein harmonisiertes seismisches Gefährdungsmodell für Europa zu entwickeln. Nationale Modelle unterscheiden sich in ihren Werten an den Grenzen typischerweise um 50 % oder mehr, eine Harmonisierung der zugrundeliegenden Daten und Methoden ist somit sinnvoll und dringend. Der SED wird ab 2013 die sogenannte ‚European Facility for Earthquake Hazard and Risk‘ (EFEHR) betreiben. Es handelt sich dabei primär um ein Internetportal und einen Webdienst, die Zugriff auf die relevanten Datensätze sowie die Best Practice Leitfäden des aktualisierten, europäischen Gefährdungsmodells ermöglichen.

4.7.5 Verifikation des Atomteststoppvertrags und Mitwirken bei der CTBTO

Der SED engagiert sich auch in der Periode 2013 - 2016 für die ihm übertragenen Aufgaben im Rahmen des Bundesratsbeschlusses von 16. Sept. 1996 zur Verifikation des Atomteststoppvertrags und dem Mitwirken bei der Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organisation (CTBTO) in Wien. Dazu gehört insbesondere der Betrieb der Station DAVOX als Teil des internationalen Überwachungssystems, die Teilnahme an Sitzungen der Arbeitsgruppen der CTBTO und die Benachrichtigung und Information des EDA bei relevanten seismischen Ereignissen.

4.8 Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit

Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit sind zunehmend wichtige Aufgaben des SED. Nach einem Erdbeben in der Schweiz, einem Schadensbeben in Nachbarländern oder einem katastrophalen Erdbeben weltweit ist der SED die primäre Anlaufstelle für Behörden, Medien und Öffentlichkeit (siehe dazu auch Abb. 1.2). Der SED bemüht sich verstärkt, auf seiner Webseite zeitnah relevante Informationen zu aktuellen Erdbeben sowie Hintergrundinformationen in vier Sprachen zur Verfügung zu stellen und dieses Angebot rund um die Uhr an 365 Tagen zu unterhalten. Dieser Standard soll in den nächsten Jahren beibehalten und wenn möglich, erweitert werden. Im Fokus stehen dabei die nachfolgenden Aspekte:

- Verbesserung und Weiterentwicklung der Ereigniskommunikation
- Erarbeitung und Erneuerung von Materialien zur Vermittlung von Hintergrundinformationen (z. B. Flyer)

- Ausbau des Informationsangebots auf der Webseite nach einem Erdbeben (national / international).
- Ausbau der ‚Melden Sie ein Erdbeben‘ Kapazitäten
- Ausbau der Webserver Kapazitäten, um Zugriffspitzen besser abzudecken
- Informationsvermittlung über Soziale Medien und Netzwerke.
- Weiterführung und Ausbau der ‚Seismo at School‘ Aktivitäten
- Verstärkte Zusammenarbeit mit dem erdwissenschaftlichen Informationszentrum der ETH focusTerra.

Abbildung 11: Screenshot der Startseite von www.seismo.ethz.ch

The screenshot shows the homepage of the Swiss Earthquake Service (SED) at www.seismo.ethz.ch/index. The page features a navigation menu, a search bar, and a main content area with several sections:

- Schweizerischer Erdbebendienst (SED)**: A brief introduction to the service and its role in monitoring seismicity in Switzerland.
- Aktuelle Erdbeben: Schweiz / Welt**: A table listing recent earthquakes with columns for Date, Time (UTC), Lat, Lon, Mag, and Region.

Date	Time (UTC)	Lat	Lon	Mag	Region
2012/06/06	04:39	45.98	7.51	1.3	Mattschern / Switzerland
2012/06/06	00:07	46.31	7.28	2.0	St. Leonard / Switzerland
2012/06/05	15:49	45.85	7.39	1.2	Mont Velen / Switzerland
2012/06/04	19:03	46.23	8.77	2.0	Locarno / Switzerland
2012/06/04	07:19	46.26	8.10	1.8	Brig / Switzerland
2012/06/01	23:29	46.22	7.72	0.8	St. Niklaus / Switzerland
2012/06/01	06:24	46.22	7.72	0.8	St. Niklaus / Switzerland
2012/06/01	05:15	46.22	7.72	0.7	St. Niklaus / Switzerland
- In der Schweiz verspürte Erdbeben der letzten 72 Stunden**: A section titled 'Manuell überprüfte Lokalisierung' reporting a magnitude 5.0 earthquake in Northern Italy on 2012/06/03 at 19:20 UTC.
- Aktuelles**: A news article titled 'Nachbebenaktivität in und Reisen nach Italien' discussing seismic activity in Northern Italy and the impact on tourists.
- Starkes Nachbeben in Norditalien**: A sub-section reporting a strong aftershock in Northern Italy on Tuesday, 29. May, with a magnitude of 5.7-5.8.

4.9 Forschung und Lehre

Der SED ist die einzige Institution in der Schweiz, die eine umfassende Ausbildung im Bereich Seismologie und Erdbebengefährdungsanalyse anbietet. Der SED engagiert sich weiterhin in der Lehre und Ausbildung an der ETH Zürich, eingebettet in das D-ERDW Curriculum. Dies umfasst auch die Betreuung von Bachelor-, Master- und insbesondere Doktoratsarbeiten. Dabei sollen interdisziplinäre Themen und Herangehensweisen gefördert werden, beispielsweise in Zusammenarbeit mit dem D-MAVT (GeoEnergien), dem D-BAUG (Risikoabschätzung) D-ITET (Signalverarbeitungstools) und dem D-HEST (Risikowahrnehmung).

Neben den regulären Vorlesungen, Übungen und Feldkursen führt der SED im März 2013 einen Nachdiplomkurs zum Thema Erdbeben durch.

In der Forschung betreibt der SED weiterhin anwendungsorientierte Grundlagenforschung. Darunter fällt wissenschaftliche Forschung, bei der die Komponenten Erkenntnisgewinn und die Anwendung im Vordergrund stehen. Die Forschung am SED führt in der Regel mittelfristig dazu, die Dienstleistungen im Bereich Erdbebenüberwachung und Gefährdungsanalyse zu verbessern. Diese Forschungstätigkeit wird fast ausschliesslich über Drittmittel finanziert. Die herausragende Fähigkeit des SED Drittmitteln zu akquirieren, ist ein direktes Resultat dieser engen Kopplung von spannender Wissenschaft und gesellschaftsrelevanten Anwendungen.

5 Finanzielle und Personelle Auswirkungen

5.1 Aktuelle Finanzierung

Die Finanzierung des Schweizerischen Erdbebendienstes setzt sich aktuell folgendermassen zusammen:

- Die ETH leistet einen jährlichen Beitrag von 3.2 Mio. CHF (Stand 2012) für Personal und Betrieb. Aus diesem Beitrag werden etwa 16 Stellen finanziert, davon sind etwa 10 mit permanent angestellten Mitarbeitern besetzt. Zudem deckt dieser Betrag den Unterhalt des Messnetzes, die Datenübermittlung und die Datenauswertung sowie den Pikettdienst des SED. Der Beitrag der ETH an den SED wird, wie in Kapitel 1 erklärt, mit der BFI Botschaft beantragt und ist als Teil des Finanzierungsbeitrags an den ETH-Bereich im Budget des EDI eingestellt, er wird jährlich neu zwischen ETH und SED vereinbart.
- Das EDA stellt dem SED jährlich einen Betrag von 320'000 CHF Personal- und Sachmittel zur Verfügung für die Mitarbeit in der Organisation des Atomteststoppvertrags CTBTO und den Betrieb der seismischen Station DAVOX als Messstation des internationalen Überwachungssystems der CTBTO.
- Weitere Leistungen und Tätigkeiten werden mit Hilfe von Drittmitteln und Leistungsvereinbarungen mit einer Vielzahl von öffentlichen und privaten Institutionen (ETH, SNF, EU, KTI, NAGRA, swissnuclear, ENSI, GEM Stiftung, BAFU, BFE, GeoEnergie Suisse AG, Geothermie St. Gallen, usw.) finanziert. Drittmittel machen einen Grossteil des SED Gesamtbudgets aus, ihre Laufzeit liegt in der Regel zwischen zwei und vier Jahren. Diese Mittel sind oftmals kompetitiv eingeworben und an ein klar definiertes Projekt gebunden, sie tragen allerdings substantiell zur Entwicklung neuer und innovativer Ansätze bei und leisten einen massgeblichen Beitrag, um die Dienstleistungsangebote des SED weiter zu entwickeln und zu verbessern. Auch ist ein Grossteil des Personals für den Pikettdienst auf Drittmittel-Projekten angestellt. In den Jahren 2010 und 2011 beliefen sich die aus Drittmitteln bestrieten Aufwendungen, die den Leistungen und Tätigkeiten des SED im Rahmen von Erdbebenüberwachung und Gefährdungsanalyse zuzurechnen sind, auf 3.65 Mio CHF (2010) respektive 4.82 Mio CHF (2011), und setzten sich nach Herkunft wie folgt zusammen (jeweils in kCHF, 2010 / 2011): ETH⁶: 530 / 630; SNF-Projekte: 200 / 295; EU-Projekte: 1'055 / 980; Bund und Kantone⁷: 857 / 1'608; Industrie und andere: 1'000 / 1'330.

5.2 Ausblick 2013 - 2016

Wir erwarten, dass die Finanzierung des SED über die nächsten Jahre auf heutigem Niveau stabil bleibt und sich weiterhin zu etwa gleichen Teilen aus dem jährlichen ETH Beitrag und den projektgebundenen Drittmitteln zusammensetzt. Ein substantielles Wachstum des ETH Beitrags ist nicht zu erwarten. Grund dafür sind die angespannte Situation des ETH Budgets und

⁶ Mittel ausserhalb der Grundfinanzierung: PhD Research grants, andere Forschungskredite, Instrumentierungs-Kredite
⁷ Enthält Ausgaben im Rahmen der Phase I SSMNet Erneuerung von 465 / 630 kCHF

die Prioritätensetzung des ETH Rates auf Forschung und Lehre, mit Service als zweite Priorität. Das aktuelle Budget der ETH deckt den Regelbetrieb des SED ab und ermöglicht es, die Kernaufgaben in den Bereichen Dienst, Forschung, Lehre und Wissenstransfer zu erfüllen. Leistungen, welche über diesen Grundauftrag hinaus gehen, müssen durch separate Leistungsvereinbarungen oder kompetitiv eingeworbene Gelder abgedeckt werden. Die zweite Phase des Starkbennetzes soll zum Beispiel durch einen Beitrag des BAFU ermöglicht werden (→ 4.1.1). Insbesondere die Aktivitäten im Zusammenhang mit der Nutzung der GeoEnergien (→ 4.5.1), der nächsten Generation des Gefährdungsmodelles (→ 4.5.2), Alp-Array (→ 4.3.5) sowie die Erstellung eines Erdbebenrisikomodells (→ 4.6) sind nicht Teil des Grundauftrages und müssen separat finanziert werden. Auch die gewachsenen Anforderungen an den SED im Bereich der Kommunikation (→ 4.8) sind nur sehr begrenzt im Rahmen des Grundauftrages abgedeckt. Der SED wird sich wie auch in der Vergangenheit bemühen, entsprechend Drittmittel einzuwerben, wenn notwendig werden die angestrebten Leistungen den verfügbaren Mitteln angepasst.