

Thüringer Seismologisches Netz (TSN)

Jahresbericht 2025

Berichterstatter: Roman Esefelder
Mitwirkende: Jens Skapski
Dirk Schönwald
René Knespel (TLUBN)
Andreas Hoffmann
Thomas Burghardt
Ulrich Wegler

31. Januar 2026

Inhaltsverzeichnis

1	Stand zum Seismologischen Netz	1
1.1	Station ROHN	3
1.2	Station SON	5
1.3	Umbaumaßnahmen im TSN-Stationsnetz	6
1.4	TSN - Mobilnetz	7
2	Auswertung seismischer Ereignisse	9
2.1	Interaktive Auswertung	11
2.1.1	Seismische Aktivität in Thüringen	11
2.1.2	Seismische Aktivität in angrenzenden Gebieten	14
2.1.3	Sonstige seismologische Beobachtungen	15
2.2	Automatische Echtzeitdetektion	16
2.3	Umstellung bei den Auswertesystemen	17
3	SeisComP-Cluster	18
4	Verwendung der Wellenformdaten in Publikationen	20

1 Stand zum Seismologischen Netz

Das Thüringer Seismologische Netz (TSN) wurde im Jahr 2025 um drei vollwertige Stationen erweitert. Mit den neu in Betrieb genommenen Stationen **ROHN** und **SON** umfasst das Netz nun mehr als 40 Messstationen (Abb. 1.1). Eine Auflistung der technischen Ausstattung (Seismometer und Datenlogger) an den jeweiligen Standorten ist in der Tabelle 1.1 zu finden.

Die seismologischen Wellenformdaten wurden weiterhin kontinuierlich in Echtzeit als Datenströme mit Abtastraten von 20 Hz und 200 Hz (vereinzelt noch 100 Hz) an das European Integrated Data Archive (EIDA) bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) übertragen. Dort werden sie dauerhaft archiviert und öffentlich zugänglich bereitgestellt.

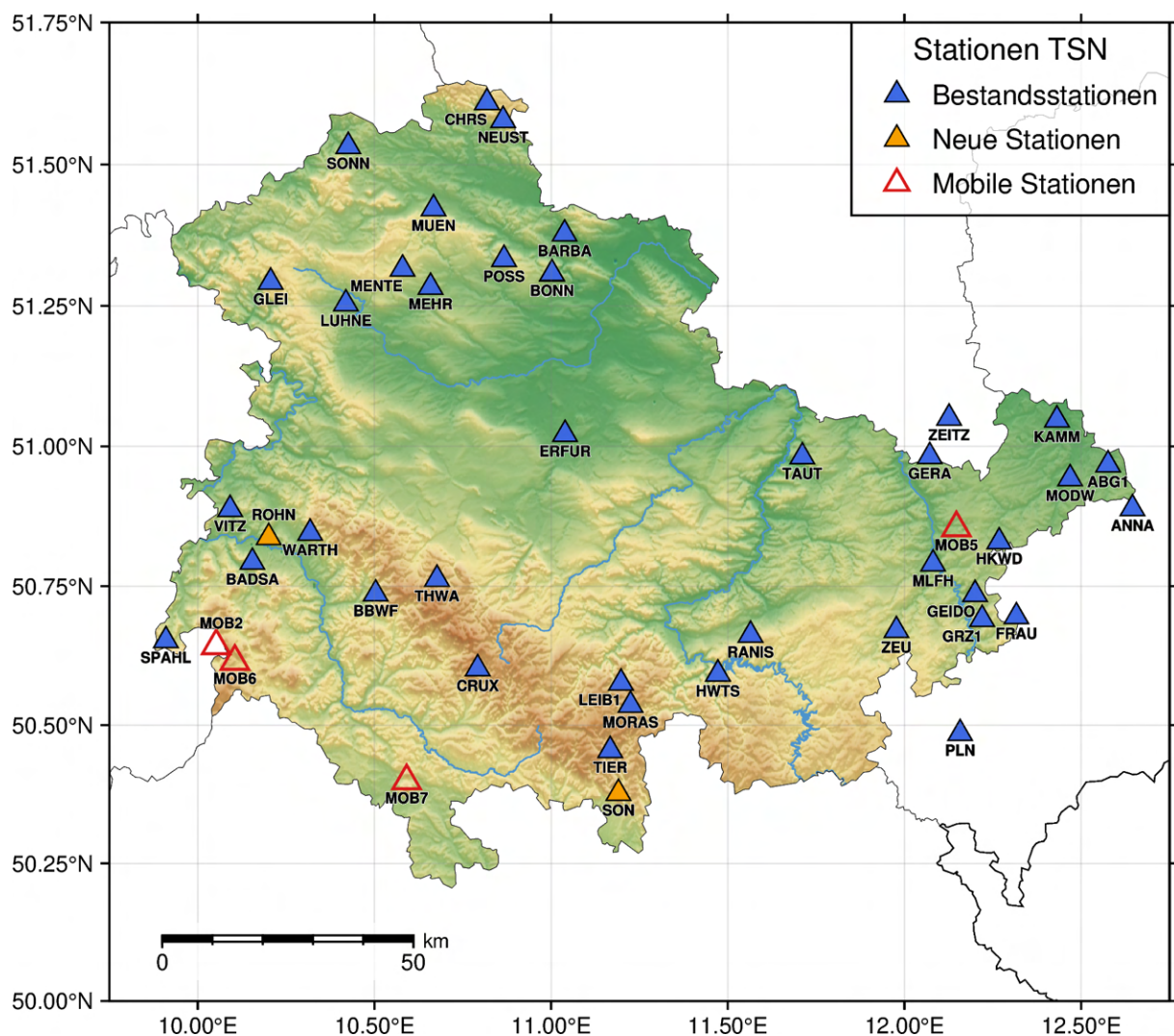


Abbildung 1.1: Übersichtskarte der seismischen Stationen des Thüringer Seismologischen Netzes (Stand Dezember 2025).

Tabelle 1.1: Stand der Technik an den permanenten Stationen des TSN zum Ende des Jahres 2025. Angegeben sind die Hersteller der eingesetzten Sensoren und Datenlogger. Die Systeme von Nanometrics repräsentieren dabei die modernste im Netzwerk installierte Hardware.

Station	Sensor	Datenlogger
ABG1	Güralp	Reftek
ANNA	Güralp	Earth Data
BADSA	Güralp	Earth Data
BARBA	Nanometrics	Nanometrics
BBWF	Güralp	Reftek
BONN	Nanometrics	Reftek
CHRS	Güralp	Reftek
CRUX	Güralp	Reftek
ERFUR	Nanometrics	Nanometrics
FRAU	Nanometrics	Nanometrics
GEIDO	Nanometrics	Reftek
GERA	Nanometrics	Nanometrics
GLEI	Nanometrics	Nanometrics
GRZ1	Nanometrics	Reftek
HKWD	Nanometrics	Nanometrics
HWTS	Nanometrics	Nanometrics
KAMM	Güralp	Reftek
LEIB1	Güralp	Reftek
LUHNE	Nanometrics	Nanometrics
MEHR	Nanometrics	Nanometrics
MENTE	Nanometrics	Nanometrics
MLFH	Nanometrics	Nanometrics
MODW	Güralp	Reftek
MORAS	Nanometrics	Nanometrics
MUEN	Nanometrics	Nanometrics
NEUST	Nanometrics	Reftek
PLN	Nanometrics	Reftek
POSS	Güralp	Reftek
RANIS	Nanometrics	Reftek
ROHN	Nanometrics	Nanometrics
SON	Nanometrics	Reftek
SONN	Nanometrics	Reftek
SPAHL	Nanometrics	Reftek
TAUT	Güralp	Reftek
THWA	Güralp	Earth Data
TIER	Güralp	Reftek
VITZ	Güralp	Reftek
WARTH	Nanometrics	Nanometrics
ZEITZ	Nanometrics	Reftek
ZEU	Nanometrics	Reftek

1.1 Station ROHN

Mit der Station **ROHN** zwischen Ober- und Unterrohn bei Bad Salzungen wurde ab dem 22.08.2025 das Cluster 4 „Südwestthüringen“ des TSN weiter ausgebaut und verstärkt. Nach einer Testphase sowie Vergleichsmessungen des Nanometrics-Bohrlochseismometers am Geodynamischen Observatorium Moxa wurde die Station im Herbst 2025 schrittweise errichtet und in das TSN integriert.

Als Sensor wurde ein hochempfindliches Nanometrics-TRILLIUM-120-Bohrlochseismometer

Tabelle 1.2: Stationsparameter der Station ROHN bei Unterrohn.

Stationsparameter	
Stationscode	ROHN
Stationsname	Unterrohn
Latitude	50.837455
Longitude	10.200893
Höhe üNN	281 m
Tiefe	0 m und 75 m
Sensor	Trillium 120 Borehole Seismometer und Titan Accelerometer
Datenlogger	Centaur 24-bit 6-Kanal
Datum	ab 22.08.2025

in 75 m Teufe, in der dazu ausgebauten Erkundungsbohrung BK Ig Uo 01/2024, installiert. Ergänzend wurde an der Oberfläche ein Titan-Accelerometer auf einem Fundament montiert. Als Low-Noise-Digitizer und Datenlogger kommt ein 24-Bit-6-Kanal-Digitalisierer vom Typ *Centaur* der Firma Nanometrics zum Einsatz. Die seismologischen Wellenformdaten aller sechs Kanäle werden kontinuierlich in Echtzeit in Datenströmen mit Abtastraten von 20 Hz und 200 Hz an den EIDA Knoten bei der BGR übertragen und dort archiviert.

Die Stromversorgung erfolgt autark über eine EcoFlow Delta 2 Powerstation mit einer Kapazität von 1024 Wh sowie einen Zusatzakku mit gleicher Kapazität. Die eingesetzten Akkus basieren auf Lithium-Eisenphosphat-Technologie ($LiFePO_4$), bei der die positive Elektrode aus Lithium-Eisenphosphat anstelle des herkömmlichen Lithium-Cobalt(III)-

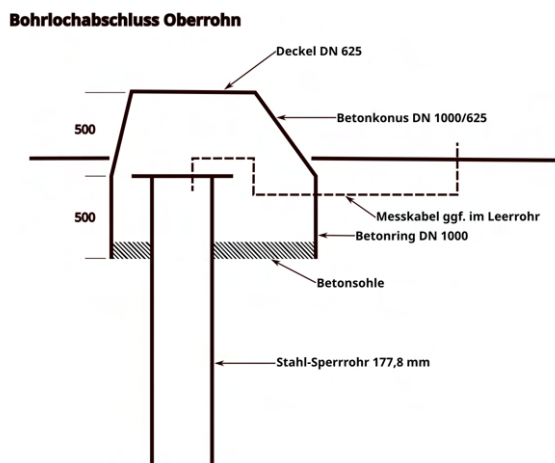


Abbildung 1.2: Bilder von der Planung und Installation des Seismometers im Bohrloch für die Station ROHN zwischen Ober- und Unterrohn.

oxids ($LiCoO_2$) besteht. Die negative Elektrode besteht aus Graphit mit eingelagertem Lithium. Die Energieversorgung der Powerstationen erfolgt über leistungsstarke Solarmodule mit einer Leistung von jeweils 420 W.

Zusätzlich ist eine Back-up-Stromversorgung mit einer Kapazität von drei Akkus à 140 Ah installiert. Diese werden bei Bedarf durch eine Direkt-Methanol-Brennstoffzelle vom Typ *EFOY Pro 2800* versorgt, die eine elektrische Leistung von bis zu 125 W bereitstellt. Die Brennstoffzelle wird über zwei Tankpatronen mit jeweils 28 l Tankinhalt gespeist, deren Management ein Tankpatronen-Manager übernimmt. Die EFOY-Pro-Serie ist für den Dauerbetrieb mit langen Standzeiten ausgelegt, kann im Hybridbetrieb eingesetzt werden und gleicht Phasen geringer Solarleistung zuverlässig aus. Im Normalbetrieb werden die Laderegler der Back-up-Stromversorgung über ein separates Solarmodul mit 420 W Leistung gespeist. Die Umschaltung zwischen den Versorgungssystemen erfolgt automatisch. Die Datenübertragung erfolgt über das D2-Netz mittels eines Routers vom Typ *1781-4G* der Firma Lancom.

1.2 Station SON

Mit der Station **SON** Sonneberg wurde das Cluster 3 „Thüringer Wald/Schiefergebirge mit nördlichem und südlichem Vorland“ weiter ausgebaut und verstärkt. Nach einer Testphase ab dem 22.07.2025 wurde die Station schrittweise ausgebaut und in das TSN integriert.

Die Station **SON** Sonneberg besteht im ehemaligen Seismometerkeller des Astronomie-museums der Sternwarte Sonneberg bereits seit dem Jahr 1951. Erste Tests wurden bereits 1950 durchgeführt. Die Seismogramme aus dieser Zeit befinden sich im Archiv des Geodynamischen Observatoriums Moxa. Im Jahr 1968 wurde die Station aus unbekannten Gründen rückgebaut und im Jahr 2025 reaktiviert.

Tabelle 1.3: Stationsparameter der Station SON bei Sonneberg.

Stationsparameter	
Stationscode	SON
Stationsname	Sonneberg
Latitude	50.37719
Longitude	11.19040
Höhe üNN	634.0 m
Sensor	Trillium Compact 120
Datenlogger	REFTEK RT 130
Datum	ab 22.07.2025



Abbildung 1.3: Seismometer auf dem Fundament der ehemaligen Station aus den 50er Jahren.

1.3 Umbaumaßnahmen im TSN-Stationsnetz

An den Stationen **CHRS** Christianenhaus (Harz) und **THWA** Thüringer Wald wurden im Jahr 2025 umfangreiche Umbaumaßnahmen durchgeführt. Beide Stationen wurden vollständig neu aufgebaut.



Abbildung 1.4: Links die Station CHRS und rechts die Station THWA.

Auch die Station **HWTS** Talsperre Hohenwarte wurde nach einem Blitzeinschlag vollständig und mit erheblichem Aufwand, insbesondere an der Antennenanlage, neu aufgebaut. Die Station befindet sich in der Mauer des Oberbeckens der Talsperre Hohenwarte.



Abbildung 1.5: Blick vom Oberbecken der Talsperre Hohenwarte.

Die Station **ERFUR** Erfurt wurde im Jahr 2025 vollständig umgebaut. Unter anderem wurde die Baustromversorgung neu verlegt. Hierfür musste eine etwa 80 m lange, zugewachsene Schneise vollständig freigeschnitten werden. Eine jährliche Pflege erfolgte ebenso für die Station **GERA**, welche über das Jahr hinweg immer wieder zuwächst.

1.4 TSN - Mobilnetz

Das TSN-Mobilnetz wurde im Jahr 2025 reaktiviert, instand gesetzt und teilweise erneuert. Die mobilen Stationen wurden temporär an strategisch wichtigen Punkten innerhalb des TSN installiert und unterstützen das stationäre Netz als eigenständiges mobiles System bei der Lokalisierung und Auswertung seismischer Ereignisse. Bei größeren Ereignissen, beispielsweise für Nachbebenmessungen, stehen die mobilen Stationen kurzfristig in Thüringen zur Verfügung und sind sofort einsatzbereit.



Abbildung 1.6: MOB6 bei Kaltenwestheim verstärkt ab 08.09.2025 das Cluster 4 „Südwestthüringen“ und wird autark mit Strom versorgt.



Abbildung 1.7: MOB2 verstärkt das Cluster 4 „Südwestthüringen“ bei Tann ab 02.07.2025.



Abbildung 1.8: MOB5 verstärkt das Cluster 1 „Ostthüringen/Westsachsen“ bei Ronneburg auf dem ehemaligen Wismut Bergbau Gelände ab dem 19.09.2025. Auch diese Station wird autark mit Strom versorgt.



Abbildung 1.9: MOB7 verstärkt das Cluster 4 „Südwestthüringen“ und das Cluster 3 „Thüringer Wald/Schiefergebirge mit nördlichen und südlichen Vorland“ bei Römhild ab dem 25.06.2025.

2 Auswertung seismischer Ereignisse

Im Jahr 2025 wurden insgesamt 7390 seismische Ereignisse ausgewertet. Diese umfassen überwiegend seismische Ereignisse, insbesondere Erdbeben und Sprengungen, bei denen vor der manuellen Auswertung meist eine automatische Detektion (3919 Ereignisse) durch die aufgesetzten SeisComP-Systeme erfolgte. Darüber hinaus wurden 3471 Ereignisse, größtenteils Erdbeben, manuell mithilfe des Live-Monitors *scrttv* der Firma *gempa* sowie des ObsPy-Kreuzkorrelators gesucht und identifiziert.

Die Kategorisierung der Ereignisse erfolgte anhand der in SeisComP implementierten Ereignistypen. Neben Erdbeben (natürlichen und induzierten) und Steinbruchsprengungen, die mit Abstand die häufigsten Ereignistypen darstellen, konnten auch einige seltene bzw. ungewöhnliche seismische Ereignisse detektiert werden. Hierzu zählen unter anderem Gewitter, Überschallknalle, militärische Aktivitäten sowie Turbinentests von Pumpspeicherkraftwerken. Für letztere existiert in SeisComP keine eigene Ereigniskategorie, sodass diese zusammenfassend als „anthropogene Ereignisse“ klassifiziert wurden. Die Häufigkeit der einzelnen Ereignistypen im Jahr 2025 ist in Tabelle 2.1 dargestellt.

Tabelle 2.1: Übersicht zu allen ausgewerteten seismischen Ereignissen aus 2025, aufgegliedert nach Ereignistyp mit der dazugehörigen Anzahl.

Ereignistyp	Anzahl
natürliche Erdbeben	5248
Sprengungen	1395
Außerhalb des Interesses	650
induzierte Erdbeben	45
anthropogenes Ereignis	22
Überschallknall	9
Donner	8
Falschdetektion	7
Explosion	1
kontrollierte Explosion	1

Eine Übersicht aller 5248 tektonischen und 45 induzierten Erdbeben ist in Abbildung 2.1 dargestellt. Die Abbildung zeigt die räumliche Verteilung der im Jahr 2025 im Zuständigkeitsbereich des TSN registrierten Erdbeben, wobei tektonische Erdbeben rot und induzierte Erdbeben gelb markiert sind, und die Symbolgröße entspricht jeweils der Lokalmagnitude. Die Darstellung verdeutlicht die Konzentration natürlicher Erdbeben insbesondere im Vogtland sowie das Auftreten einzelner Erdbeben innerhalb Thüringens. Ergänzend sind in der Abbildung Tiefenschnitte dargestellt, die den deutlichen Unterschied zwischen flach liegenden induzierten Erdbeben und überwiegend deutlich tieferen tektonischen Erdbeben veranschaulichen.

Die Abbildung 2.2 zeigt die zeitliche Verteilung der im Jahr 2025 registrierten Erdbeben (natürlich und induziert). Im oberen Panel sind die einzelnen Erdbeben mit ihrer jeweiligen Lokalmagnitude über den Jahresverlauf dargestellt, wobei größere Symbole höhere Magnituden kennzeichnen. Deutlich erkennbar sind Phasen erhöhter seismischer Aktivität mit zahlreichen Erdbeben, insbesondere im Frühjahr sowie im Spätherbst. Das untere Panel stellt die wöchentliche Anzahl der Erdbeben dar und hebt diese Aktivitätsphasen durch ausgeprägte Peaks hervor, die auf zeitlich konzentrierte Erdbebenfolgen wie Erdbebenschwärme hinweisen.

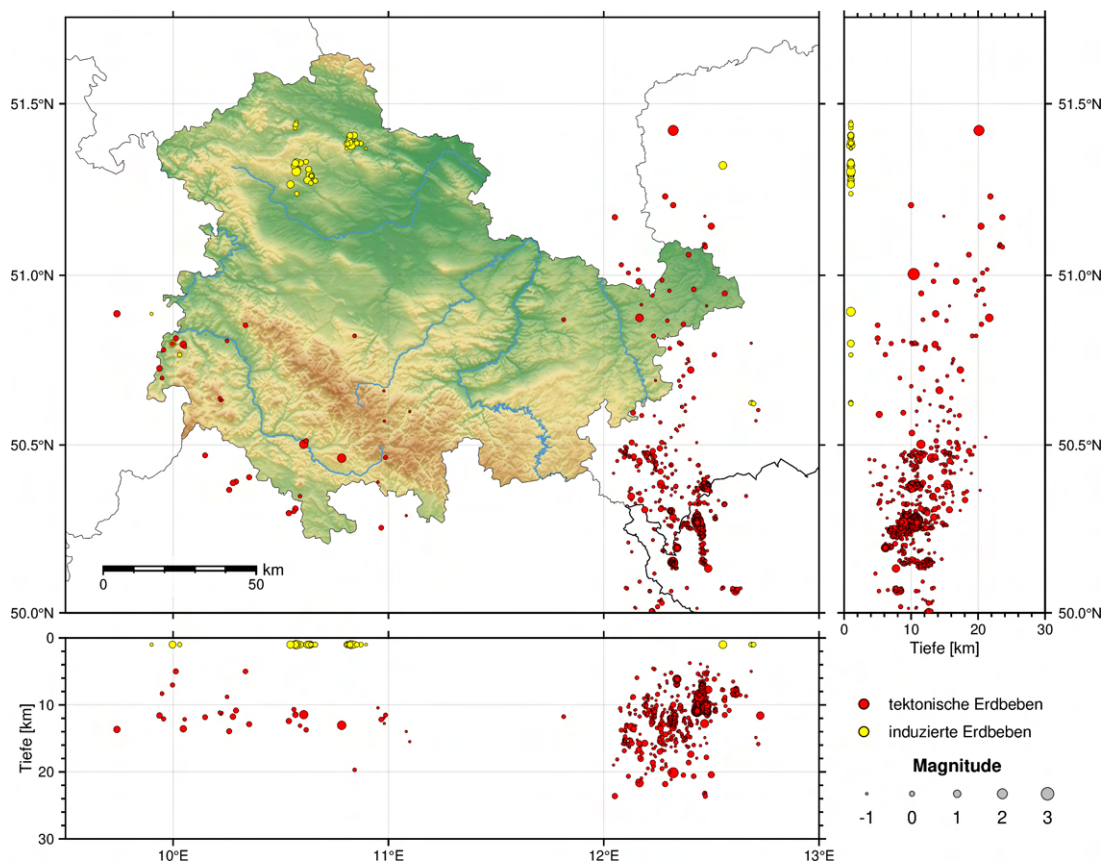


Abbildung 2.1: Übersichtskarte der Erdbeben in Thüringen und Umgebung im Jahr 2025. Tektonische Erdbeben sind als rote Kreise und induzierte Erdbeben als gelbe Kreise dargestellt. Die Größe der Kreise symbolisiert die Magnitude der Erdbeben.

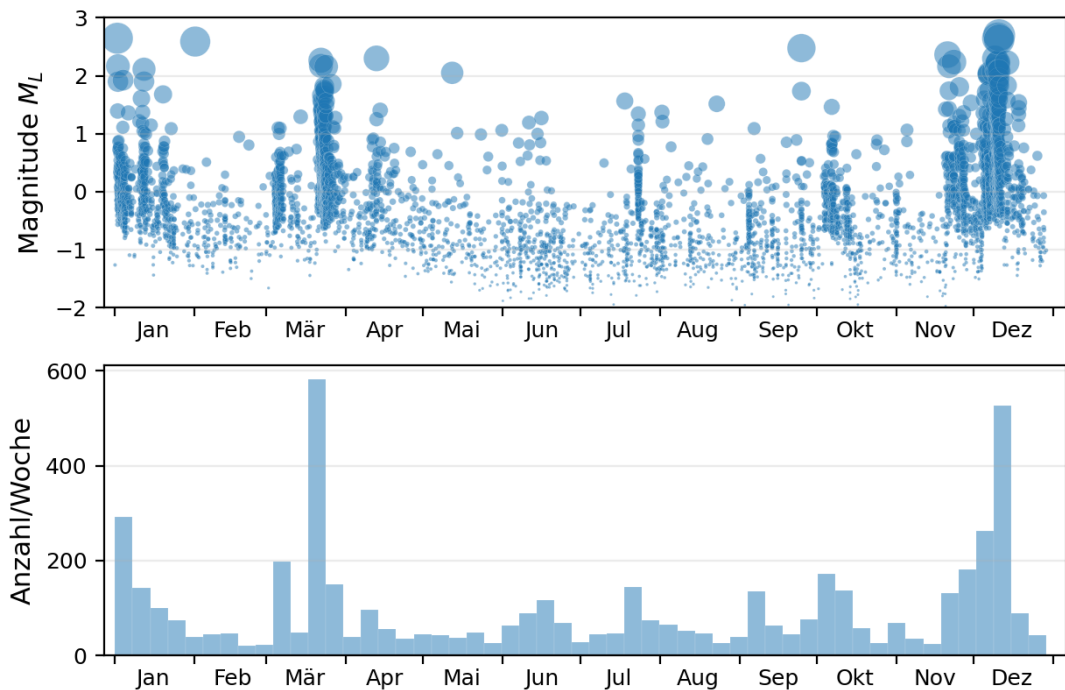


Abbildung 2.2: Zeitliche Verteilung der detektierten und manuell ausgewerteten Erdbeben im Jahr 2025.

2.1 Interaktive Auswertung

2.1.1 Seismische Aktivität in Thüringen

In Thüringen registrierte das TSN im Jahr 2025 insgesamt 74 Erdbeben. Davon waren 36 Erdbeben natürlichen Ursprungs, während es sich bei 38 um induzierte Erdbeben im Südharz und an der Werra handelte. Eines der induzierten Erdbeben, mit einer Lokalmagnitude von 1.6 am 18. Juli in Menteroda (Unstrut-Hainich-Kreis), wurde von Anwohnern schwach verspürt. Zu weiterer spürbarer Seismizität innerhalb Thüringens kam es im Jahr 2025 nicht. Wahrnehmbare Erdbeben aus dem tschechischen Vogtland, deren Wirkungsbereich bis in den Südosten Thüringens reichte, sind hierbei nicht berücksichtigt.

Schwerpunkte natürlicher seismischer Aktivität in Thüringen lagen zum einen im Osten des Landes entlang der Leipzig-Regensburg-Störungszone (LRZ, Abb. 2.3). In den Landkreisen Greiz, Altenburger Land und Saale-Holzland wurden insgesamt 14 Erdbeben registriert. Das stärkste ereignete sich am 15. Januar bei Ronneburg und erreichte eine Lokalmagnitude von 1.1. Ein weiterer Aktivitätsschwerpunkt befand sich im Landkreis Hildburghausen. Dort traten sechs Erdbeben auf, wobei die beiden stärksten Erdbeben mit Lokalmagnituden von 1.4 und 1.5 zugleich die stärksten natürlichen Erdbeben in Thüringen im Jahr 2025 darstellten. Diese ereigneten sich am 14. April bei Themar sowie am 23. August bei Auengrund. Es handelt sich zudem um die stärksten Erdbeben, die seit Beginn der systematischen Erfassung durch das TSN im Jahr 2008 im Landkreis

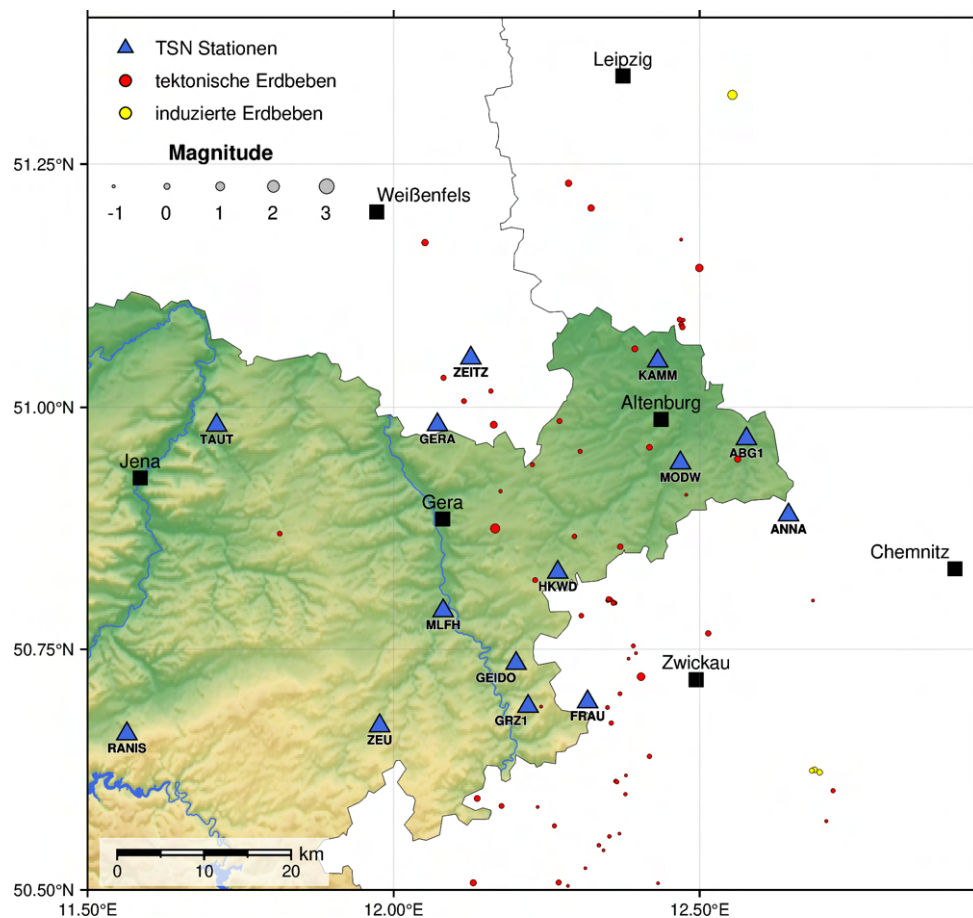


Abbildung 2.3: Natürliche Erdbeben (rot) und induzierte Erdbeben (gelb) im Jahr 2025 im Bereich Ostthüringen und Westsachsen.

Hildburghausen registriert wurden. Zuvor war dort lediglich ein einzelnes Erdbeben mit Magnitude 0.8 im Jahr 2018 bei Auengrund bekannt. Die sechs Erdbeben im Jahr 2025 stellen somit eine auffällige Häufung dar.

Darüber hinaus traten im Wartburgkreis in Westthüringen einzelne, jedoch nur sehr kleine tektonische Erdbeben auf (Abb. 2.4). Die seismische Aktivität in dieser Region stellte im Jahresverlauf wiederholt eine Herausforderung dar. Durch die verbesserte Beobachtungsdichte konnten unterschiedliche Arten seismischer Ereignisse identifiziert werden. Neben natürlichen Erdbeben wurden auch induzierte Erdbeben registriert, von denen im Jahr 2025 zwei auftraten.

Während des Betriebs der dortigen Bergwerke kommt es in der Regel dreimal täglich zu Serien von Sprengungen, die teilweise als deutliche seismische Signale im Magnitudenbereich um 0 erkennbar sind. Eine eindeutige Unterscheidung zwischen solchen Sprengungssignalen und ähnlich starken induzierten Erdbeben allein anhand der Wellenformdaten ist nicht trivial und häufig nicht eindeutig möglich. Klare Hinweise auf Sprengungen liefern die festen Uhrzeiten im Umfeld der Schichtwechsel sowie das gehäufte Auftreten von Ereignissen zu diesen Zeiten. Einzelne Sprengungen, die sporadisch außerhalb dieses festen Zeitrahmens durchgeführt werden, lassen sich zeitlich nicht eindeutig identifizieren. In solchen Fällen wurden zusätzliche, jedoch ebenfalls nicht eindeutige Kriterien herangezogen, darunter die Magnitude, die Lage des Epizentrums sowie die Amplitude der P-Welle. Unter Abwägung aller verfügbaren Informationen erfolgte anschließend die Klassifikation. Schwer zu klassifizieren war ein Ereignis am 5. August 2025, da nahezu zeitgleich eine Sprengung in einem nahe gelegenen Steinbruch stattfand, welche das Signal des Ereignisses überlagerte und zudem zu einer deutlichen Überschätzung der Magnitude führte.

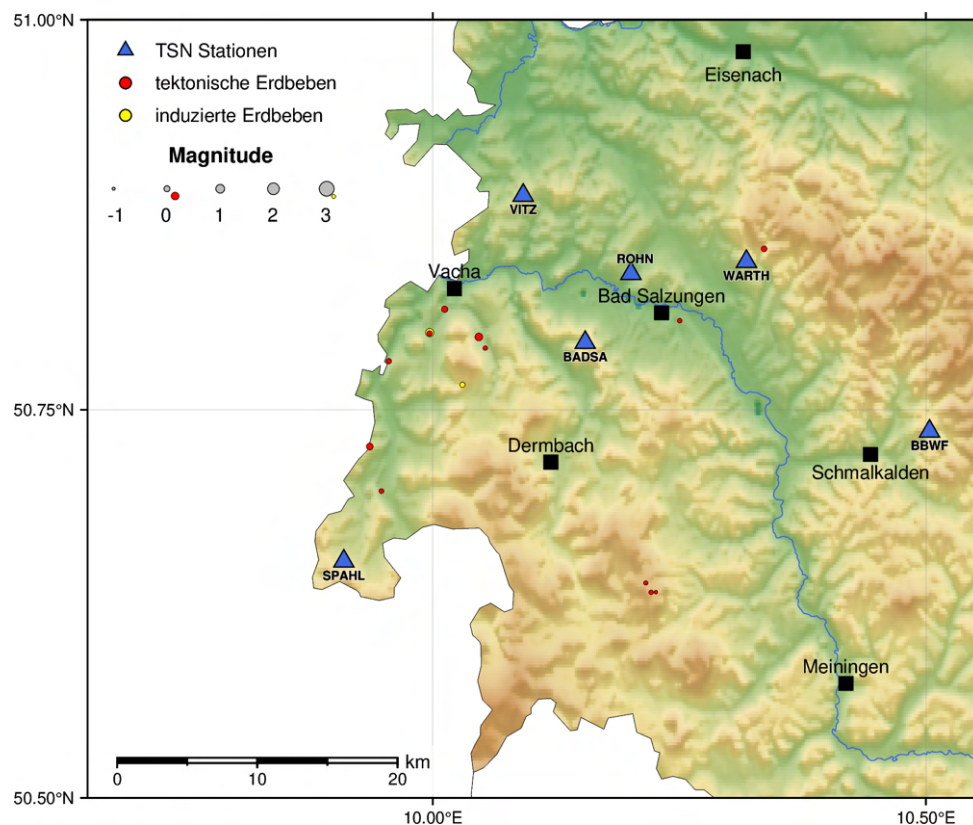


Abbildung 2.4: Natürliche Erdbeben (rot) und induzierte Erdbeben (gelb) im Jahr 2025 im Bereich Südwestthüringen.

Das Ereignis wurde schließlich als induziertes Erdbeben mit einer Lokalmagnitude von $M_L=0.8$ klassifiziert.

Auch bei einzelnen Erdbeben kam es aufgrund der Herdtiefe zu Klassifikationsproblemen. Induzierte Erdbeben treten typischerweise in Tiefen um 1 km auf, wobei eine präzise Bestimmung der Herdtiefe aus technischen Gründen häufig nicht möglich ist. In diesen Fällen erfolgt eine manuelle Fixierung der Tiefe auf exakt 1 km. Natürliche Erdbeben entstehen in der Regel in deutlich größeren Tiefen von 10 km oder mehr und sind allein dadurch meist gut von induzierten Erdbeben zu unterscheiden. Treten natürliche Erdbeben ebenfalls in den obersten Kilometern der Erdkruste auf, ist eine genaue Tiefenbestimmung ebenfalls erschwert, was sich auf die Klassifizierbarkeit auswirkt. Dies betraf im Jahr 2025 ein Ereignis mit $M_L=0.1$, das auf Grundlage der verfügbaren Daten und unter Berücksichtigung der gegebenen Möglichkeiten als tektonisches Erdbeben eingestuft wurde.

Auch im Südharz wurden im Jahr 2025 erstmals seismische Signale von untertägigen Sprengungen im Raum Sondershausen identifiziert (Abb. 2.5). Die Unterscheidung zu induzierten Erdbeben gelang hierbei weitgehend problemlos. Insbesondere der Frequenzinhalt der Signale sowie das charakteristische Auftreten als „Doppelschlag“ deuteten eindeutig auf Sprengungen hin. Insgesamt wurden im Norden Thüringens 36 Erdbeben registriert, davon drei mit Magnituden über 1. Neben dem bereits erwähnten Ereignis in Menteroda, das einzige spürbare Erdbeben in Thüringen des Jahres 2025, waren dies ein induziertes Erdbeben mit $M_L=1.3$ am 13. März in Sondershausen sowie ein weiteres mit $M_L=1.0$ am 2. Dezember in Mühlhausen.

Neben der manuellen Auswertung auf klassischem Wege erfolgte auch eine Identifikation

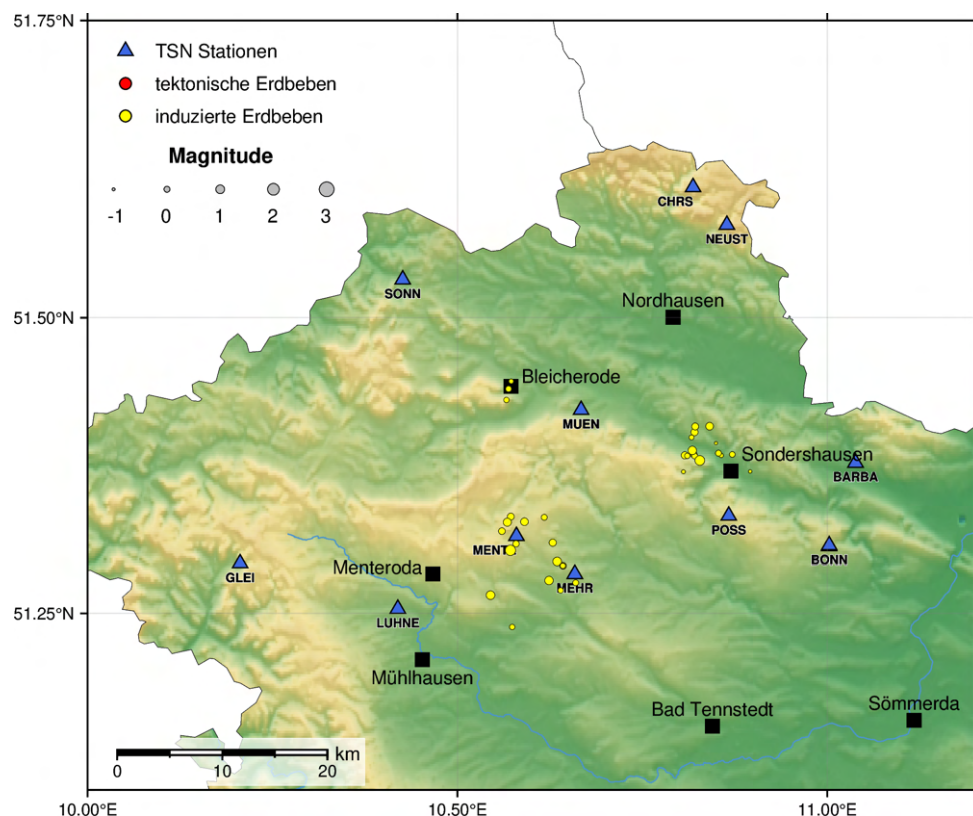


Abbildung 2.5: Natürliche Erdbeben (rot) und induzierte Erdbeben (gelb) im Jahr 2025 im Bereich Nordthüringen und Harz.

induzierter Erdbeben mittels Kreuzkorrelation. Hierzu wurden seismische Signale bekannter induzierter Erdbeben an den Stationen **POSS**, **MENTE** und **MUEN** mithilfe des ObsPy-Kreuzkorrelators als Referenzmuster verwendet, um weitere Erdbeben in den Wellenformdaten zu identifizieren. Allein im Bereich des Bergwerks Volkenroda-Pöthen, in dessen unmittelbarer Nähe sich die Station **MENTE** befindet, konnten auf diese Weise 56 weitere vermutlich induzierte Erdbeben detektiert werden. Aufgrund ihrer sehr geringen Magnituden wurden diese jedoch an zu wenigen Stationen aufgezeichnet, um eine manuelle Lokalisierung zu ermöglichen. Darüber hinaus wurden zwei weitere Erdbeben im Raum Sondershausen (**POSS**) sowie eines im Bereich Bleicherode (**MUEN**) identifiziert. Auch ein Großteil der sehr kleinen, manuell ausgewerteten Erdbeben in diesen Regionen wurde initial mithilfe dieser Methode erkannt.

2.1.2 Seismische Aktivität in angrenzenden Gebieten

Aufgrund der unmittelbaren Nähe des seismisch aktiven Vogtland zur Landesgrenze von Thüringen und der dort wiederholt auftretenden Erdbeben bis in den Magnitudenbereich M_L 4, die auch in Thüringen deutlich verspürbar sind, ist die kontinuierliche seismische Überwachung dieser Region eine wesentliche Grundlage für die Bewertung der seismischen Gefährdung in Thüringen.

Mit 5045 manuell georteten Erdbeben war das tschechische und sächsische Vogtland die Quelle des Großteils aller im TSN-Katalog 2025 erfassten Erdbeben. Die Region ist international für ihre häufig auftretenden Erdbebenschwärme bekannt. Bereits im Jahr 2024 führte ein mehrere Wochen andauernder Erdbebenschwarm bei Klingenthal zu einer intensiven Aktivitätsphase. Auch im Jahr 2025 traten erneut mehrere, überwiegend schwache Erdbebenschwärme auf.

Neben Klingenthal, das bereits zu Jahresbeginn am 2. Januar mit einem Erdbeben der Magnitude 2.6 eines der stärksten Erdbeben des Jahres verzeichnete und auch in den Folge Monaten wiederholt aktiv war, traten insbesondere die Regionen um Luby/Kraslice, Franzensbad und Plauen hervor. In diesen Gebieten kam es teils zu länger anhaltenden und ausgeprägteren Schwarmaktivitäten.

Darüber hinaus wurden im gesamten Vogtland vereinzelte, meist sehr kleine Erdbeben registriert. Abbildung 2.6 zeigt eine Übersicht der manuell georteten Erdbeben im Vogtland im Jahr 2025.

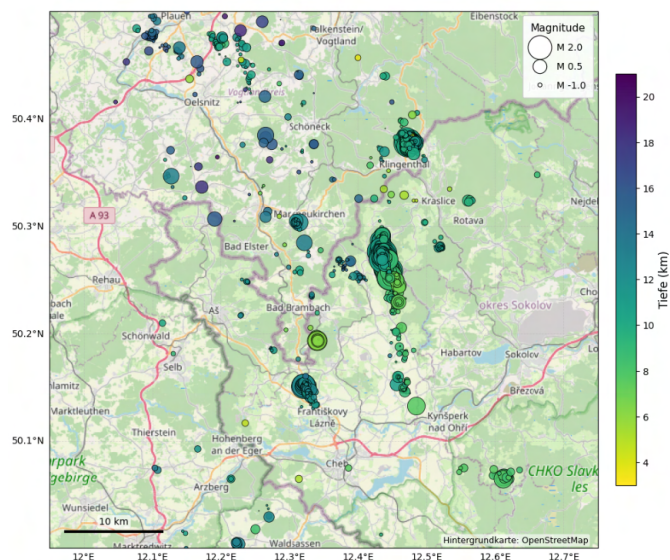


Abbildung 2.6: Übersichtskarte der Schwarmgebiete im Vogtland im Jahr 2025.

Nennenswerte Einzelerdbeben, die nicht einem Erdbebenschwarm zugeordnet werden können, traten nicht auf. Insgesamt wurden 29 Erdbeben mit Magnituden größer als 2 registriert, die sechs verschiedenen Erdbebenschwärmen zuzuordnen sind. Eine Kurzübersicht der wichtigsten Schwarmaktivitäten ist in Tabelle 2.2 zusammengestellt. Für weiterführende Details zu den einzelnen Schwärmen wird auf die Monatsberichte verwiesen.

Tabelle 2.2: Übersicht zu den wichtigsten Erdbebenschwärmern in 2025.

Zeitraum	Ort	max. M_L
20. November - Jahresende	Kraslice, Luby	2.7
02. Januar - 21. Januar	Klingenthal	2.6
20. März - 22. April	Luby	2.3
11. Januar - 17. Januar	Vojtanov	2.1

2.1.3 Sonstige seismologische Beobachtungen

Im Rahmen der seismologischen Überwachung in Thüringen wurden im Jahresverlauf zahlreiche Ereignisse natürlichen und anthropogenen Ursprungs registriert, die außerhalb einer routinemäßigen Erdbebenbeobachtung liegen. Innerhalb Thüringens stellt insbesondere das Pumpspeicherwerk Goldisthal im Thüringer Wald eine wiederkehrende Quelle seismischer Signale dar. Turbinentests, die häufig nachts zur Viertel- oder Dreiviertelstunde in unterirdischen Anlagen durchgeführt werden, erzeugen charakteristische Schwingungen, die von den umliegenden Stationen **CRUX**, **LEIB1**, **MORAS** und **TIER** aufgezeichnet werden und eine zuverlässige Ortung ermöglichen. Vergleichbare Beobachtungen liefern die Vogtland-Stationen des sächsischen Netzes am Pumpspeicherwerk Markersbach im Erzgebirge.

In Bad Salzungen führten militärische Übungen auf einem nahe gelegenen Testgelände zu lauten Geräuschen und spürbaren Erschütterungen, über die auch lokale Medien berichteten. Diese Signale wurden von einem Großteil der Stationen des Thüringer Netzes registriert. Abbildung 2.7 zeigt exemplarisch die Aufzeichnungen der Station **BADSA** in Bad Salzungen. Die Übungen waren im Vorfeld öffentlich angekündigt worden.

Auch außerhalb Thüringens wirkten sich militärische Aktivitäten auf das seismologische Monitoring aus. Im Spätsommer fanden auf dem US-Truppenübungsplatz Grafenwöhr in der Oberpfalz wiederholt umfangreiche Tests statt, deren Signale an den südlichen Thüringer Stationen sowie insbesondere an den Stationen im Vogtland deutlich erkennbar waren. Teilweise traten diese Signale so gehäuft und über längere Zeiträume auf, dass die Detektion kleinster Erdbeben im Vogtland zeitweise nicht mehr möglich war. Die Auswirkungen waren auch für die Bevölkerung wahrnehmbar: Anwohner berichteten laut Medien noch in Entfernungen von bis zu 50 km von dröhnenden Geräuschen.

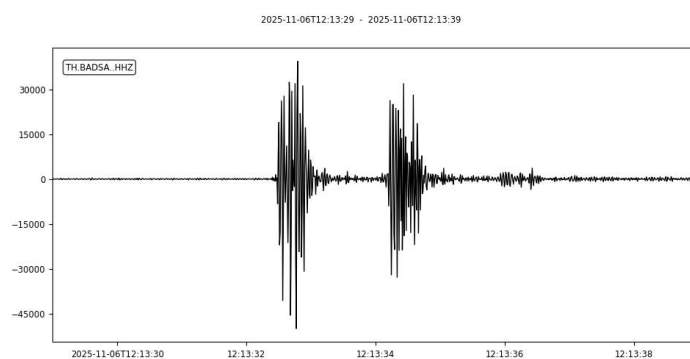


Abbildung 2.7: Beispiel-Seismogramm der Station BADSA zu einer militärischen Übung.

2.2 Automatische Echtzeitdetektion

Im Jahr 2025 wurden insgesamt 3919 seismische Ereignisse automatisch detektiert. Die Anzahl der Falschdetektionen sank dabei deutlich von 270 im Vorjahr auf sieben. Ursache hierfür ist die Einführung eines Phasenkriteriums, nach dem ein Ereignis mindestens 14 Phasen aufweisen muss, um als valide Detektion zu gelten.

Da Sprengungen in der automatischen Detektion mit SeisComP weiterhin nicht zuverlässig von natürlichen Erdbeben unterschieden werden können, gehen sie ebenfalls in die Statistik der automatisch detektierten Ereignisse ein und stellen mit 1395 Ereignissen einen wesentlichen Anteil sowie eine wichtige Einflussgröße für die Bewertung der automatischen Detektionsleistung dar. Eine eindeutige Identifikation als Sprengung erfolgt dabei in der Regel erst im Rahmen der manuellen Auswertung. Diese Sprengungen treten überwiegend in Steinbrüchen, Tagebauen und Bergwerken auf und sind über ein weites Gebiet verteilt, wobei sie teilweise auch außerhalb des eigentlichen Interessenbereichs des TSN liegen. Räumliche Schwerpunkte befinden sich insbesondere in Bayern, der Tschechischen Republik sowie in Ostsachsen. Zahlreiche bekannte Sprengorte wurden inzwischen in einer Referenzliste erfasst, für die eine zuverlässige Lokalisierung der Sprengungen möglich ist (Abb. 2.8A). In Regionen mit geringerer Stationsdichte des erweiterten Netzwerks (z. B. BW, SX und WB) nimmt die Genauigkeit der Ortung entsprechend ab, was insbesondere Sprengungen in der Lausitz sowie im zentralen Bereich Bayerns betrifft.

Neben der räumlichen Verteilung wurde auch die zeitliche Verteilung der Sprengungen analysiert. Die Auswertung nach Wochentagen zeigt an Werktagen eine insgesamt relativ gleichmäßige Aktivität (Abb. 2.8B), wobei von Dienstag bis Freitag ein leicht abnehmender Trend erkennbar ist. Der Montag weist dabei die geringste Anzahl an Sprengungen unter den Werktagen auf. Auch an Wochenenden werden Sprengaktivitäten registriert, die im Zusammenhang mit dem Untertagebergbau stehen.

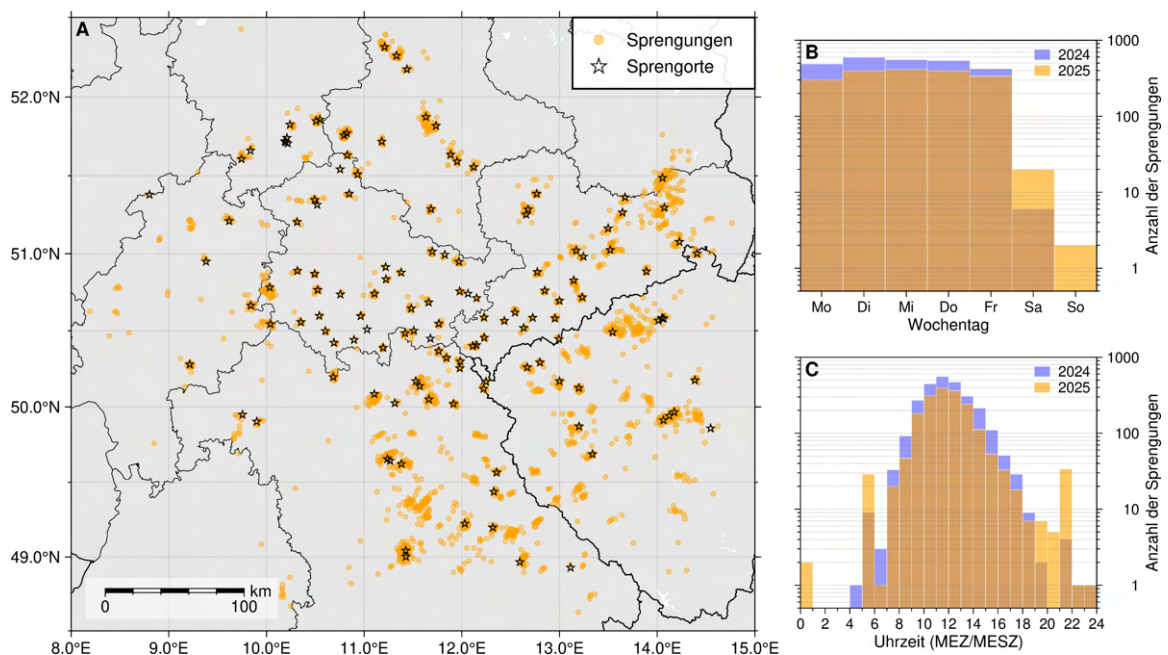


Abbildung 2.8: A) Übersicht der automatisch detektierten Sprengungen im Zeitraum 2024-2025. B) Vergleich der tageszeitlichen Verteilung zwischen den Jahren 2024 und 2025. C) Vergleich der Verteilung unter der Woche zwischen 2024 und 2025.

Im Vergleich zum Jahr 2024 ist im Jahr 2025 insgesamt eine geringere Anzahl automatisch detektierter Sprengungen an Werktagen zu verzeichnen, während die Aktivität an Wochenendtagen zugenommen hat. Der Rückgang an Werktagen ist auf das im Vorjahr eingeführte Phasenkriterium zurückzuführen, das zur Reduktion von Fehlortungen sowie fälschlich detektierten („erfundenen“) Ereignissen entwickelt wurde. Die erhöhte Aktivität an Wochenenden lässt sich hingegen auf eine verbesserte Identifikation von Sprengungen im Kalibergbau zurückführen.

Die Analyse der tageszeitlichen Verteilung zeigt, dass der überwiegende Teil der Sprengungen während der regulären Arbeitszeiten zwischen 6 und 18 Uhr stattfindet (Abb. 2.8C). Gleichzeitig wird eine kleinere Anzahl von Ereignissen auch außerhalb dieses Zeitfensters registriert. Diese stehen vermutlich im Zusammenhang mit Bergwerken im Dauer- bzw. Schichtbetrieb, in denen Sprengarbeiten auch in den frühen Morgen- oder späten Abendstunden durchgeführt werden. Besonders auffällig sind dabei Häufigkeitsmaxima um etwa 5 Uhr sowie um 21 Uhr Ortszeit.

2.3 Umstellung bei den Auswertesystemen

Im Zuge der Verlängerung der SeisComP-Lizenzen stellte sich heraus, dass das Betriebssystem des sc3-Rechners nicht mehr ausreichend aktuell war, um die aktuelle Software der Firma *gempa* zu unterstützen. Der Rechner wurde daher vollständig neu aufgesetzt und auf das Betriebssystem Ubuntu 24.04 LTS aktualisiert.

Parallel dazu wurde die neu erschienene Version **SeisComP 7** direkt auf dem sc3-Rechner installiert, womit ein Upgrade von Version 4 auf Version 7 erfolgte. Ziel dieser Maßnahme ist es, das System frühzeitig mit der neuen Software zu testen, mögliche Startschwierigkeiten zu identifizieren und zu beheben sowie einen späteren Umzug des sc5-Rechners auf Version 7 vorzubereiten. Dadurch sollen beide Systeme künftig auf demselben Versionsstand betrieben werden, was für den Vergleich der Ergebnisse zwischen den Rechnern von zentraler Bedeutung ist, da in der Vergangenheit – vermutlich versionsbedingt – Abweichungen in den automatischen Lokalisierungen auftraten.

Die Umstellung verlief weitgehend problemlos. Bereits identifizierte Fehler wurden an die Firma *gempa* gemeldet und dort korrigiert. Unter anderem wurden im GDS Wellenformen nicht korrekt dargestellt, was insbesondere für automatische Meldungen relevant ist, da diese zur Bewertung von Ereignissen außerhalb der regulären Arbeitszeiten herangezogen werden.

Darüber hinaus wurden im GDS Empfängergruppen eingeführt, wodurch die zukünftige Einrichtung und Wartung der Empfängerlisten deutlich vereinfacht wird. Derzeit sind diese aus Testgründen nur intern und mit niedrigen Magnitudenschwellen aktiv, um die Systemstabilität zu überprüfen und zu bewerten. In naher Zukunft sollen jedoch alle Nutzergruppen wieder vollständig eingebunden werden.

3 SeisComP-Cluster

Das derzeitige System zur automatischen Erfassung seismischer Ereignisse besteht aus vier Rechnern (Abb. 3.1, links): zwei Kreuzkorrelatoren (CC) sowie zwei Rechnern für die Ortung mit der von der Firma *gempa* bereitgestellten Software (SC). Die interaktive Auswertung erfolgt auf einem der SC-Rechner. Dort werden die automatisch detektierten Ereignisse (z. B. Erdbeben, Sprengungen) manuell überprüft, nachbearbeitet und bei Bedarf durch visuelle Kontrolle ergänzt.

Dieser Systemaufbau schränkt die gleichzeitige Nutzung der Auswertumgebung erheblich ein. Mehrere parallele Zugriffe über Remote Desktop sind nicht möglich, sodass stets nur eine Person aktiv mit dem System arbeiten kann. Zwar lassen sich mehrere Sitzungen über die Konsole realisieren, dies stellt jedoch im Arbeitsalltag keine praktikable Lösung dar. Zusätzlich ist die Nachvollziehbarkeit der Bearbeitung eingeschränkt, da in den Ergebnissen lediglich der verwendete SeisComP-Benutzer gespeichert wird. Eine eindeutige Zuordnung der vorgenommenen Änderungen zu einer konkreten Person ist somit nicht möglich.

Ein größeres Vorhaben, das sich derzeit noch in der Planungsphase befindet, jedoch bereits schrittweise umgesetzt wurde, ist die Vernetzung der einzelnen SeisComP-Systeme untereinander. Aktuell arbeiten alle Rechner, die für die automatische Erfassung seismischer Ereignisse zuständig sind, als voneinander unabhängige Systeme. Zukünftig sollen diese Systeme miteinander kommunizieren und ihre jeweiligen Lösungen gegenseitig austauschen.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Architektur besteht darin, dass alle Ergebnisse auf allen Rechnern gespiegelt werden. Jeder Rechner fungiert damit als Backup der ermittelten

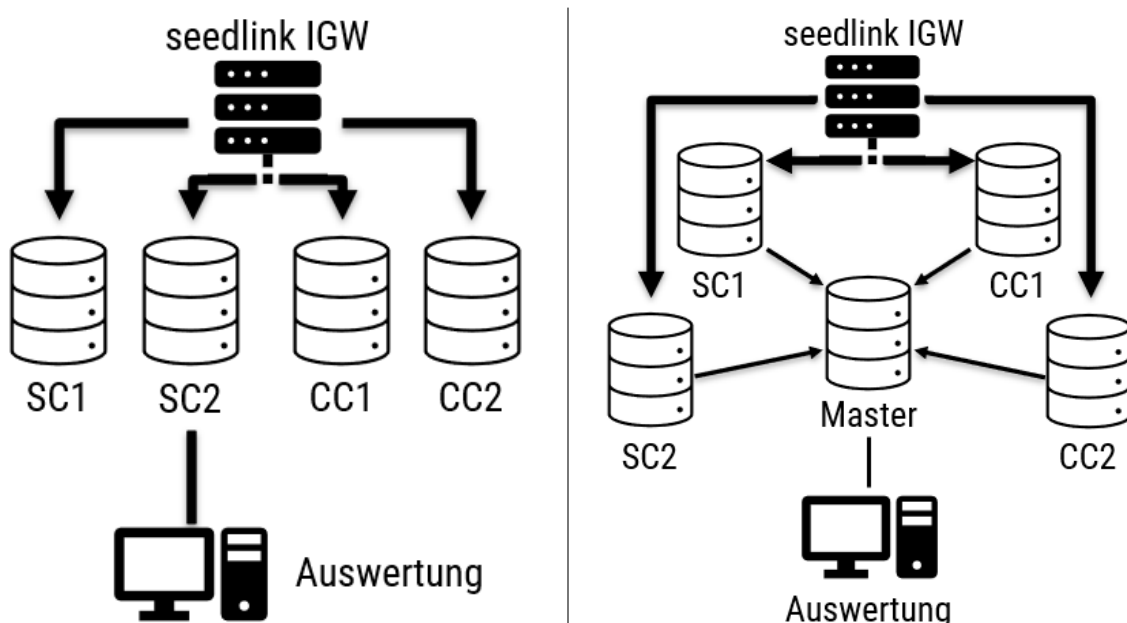


Abbildung 3.1: Symbolische Darstellung der SeisComP-Systeme, links der derzeitige Stand und rechts das geplante Gesamtsystem. Der Seedlink-Server speichert die eingehenden Wellenformen des Netzwerks und verteilt sie an die einzelnen SeisComP-Systeme (SC - Rechner mit automatischer Detektion, CC - Kreuzkorrelatoren). Ausgewertet wird per Fernzugriff auf einem der Rechner.

Lösungen, was die Datensicherheit deutlich erhöht. Im Falle eines Ausfalls des primären Auswertesystems gehen somit keine Informationen verloren.

Darüber hinaus ermöglicht der Ergebnisabgleich zwischen den Systemen eine höhere Erkennungsrate seismischer Ereignisse. Da unterschiedliche Rechner unter Umständen zu leicht abweichenden Lösungen oder sogar zu unterschiedlichen Detektionen gelangen können, wird durch den gegenseitigen Austausch sichergestellt, dass möglichst keine relevanten Ereignisse übersehen werden.

Mit der Einführung eines neuen Master-Systems soll ein grundlegend anderer Ansatz verfolgt werden (Abb. 3.1, rechts). SeisComP wird dabei dezentral betrieben, sodass auf einem Rechner mehrere Benutzerkonten eingerichtet werden können, die SeisComP parallel nutzen. Dadurch wird eine gleichzeitige Bearbeitung durch mehrere Personen ermöglicht. Zudem kann jede Bearbeitung eindeutig einer Person zugeordnet werden, was die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Auswertungen erheblich verbessert.

Ein weiterer zentraler Vorteil dieses dezentralen Konzepts ist die Entkopplung der einzelnen SeisComP-Systeme von der eigentlichen Auswerteumgebung. Die Echtzeitverarbeitung und automatische Analyse laufen unabhängig vom manuellen Auswertesystem. Wartungsarbeiten oder ein kontrolliertes Herunterfahren der Auswerteumgebung sind somit möglich, ohne die Echtzeitauswertung oder automatische Verarbeitung zu beeinträchtigen.

Diese Trennung erlaubt es außerdem, für die manuelle Nachbearbeitung gezielt neuere SeisComP-Versionen einzusetzen. Diese Versionen sind nicht für die automatische Ortung oder den Versand von Meldungen verantwortlich, ermöglichen jedoch jederzeit den Einsatz des aktuellen Softwarestandards für die interaktive Auswertung.

Ergänzend dazu hat die Universität Jena ein eigenes NAS-System angeschafft, auf dem künftig sämtliche Wellenformdaten des TSN lokal gespeichert werden sollen. Die Datenspeicherung erfolgt unabhängig von der BGR und erleichtert die Nachbearbeitung von Ereignissen erheblich, da benötigte Daten nicht erneut extern angefordert werden müssen. Gleichzeitig stellt diese lokale Datenhaltung eine wichtige Grundlage für die wissenschaftliche Nutzung der Wellenformen dar, etwa für weiterführende Analysen, Studien und Forschungsprojekte.

4 Verwendung der Wellenformdaten in Publikationen

Die über den EIDA-Knoten zugänglich gemachten Daten des Thüringer Seismologischen Netzes wurden im Jahr 2025 in folgenden Publikationen verwendet:

Bharadwaj, P., Sharma, M., Lohan, I., & Sahoo, P. (2025). Learning earthquake sources using symmetric autoencoders. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 115(6), 2553-2577. <https://doi.org/10.1785/0120250071>

Müller, J., Eulenfeld, T., & Wegler, U. (2025). Turning standalone seismometers into strainmeters using tidal strain and ambient noise: a feasibility study. *Earth, Planets and Space*, 77(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s40623-025-02149-1>

The AdriaArray Seismology Group, Kolínský, P., & Tiira, T. E. (2025). AdriaArray – a Passive Seismic Experiment to Study Structure, Geodynamics and Geohazards of the Adriatic Plate. *Annals of Geophysics*, 68. <https://doi.org/10.4401/ag-9284>

Büyükakpınar, P., Dahm, T., Hainzl, S., Isken, M., Ohrnberger, M., Doubravová, J., ... & Funke, S. (2025). Modelling of earthquake swarms suggests magmatic fluids in the upper crust beneath the Eger Rift. *Communications Earth & Environment*. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-03019-0>

Ramos, C., Donner, S., & Stammer, K. (2025). A quasi-real-time system for automatic local event monitoring in Germany. <https://doi.org/10.31223/X5774H>

Atkins, J. R., Martin, C., & Cottaar, S. (2025). Global presence and absence of ultra-low velocity zones as seen by Sdiff postcursors. <https://doi.org/10.31223/X55F3K>