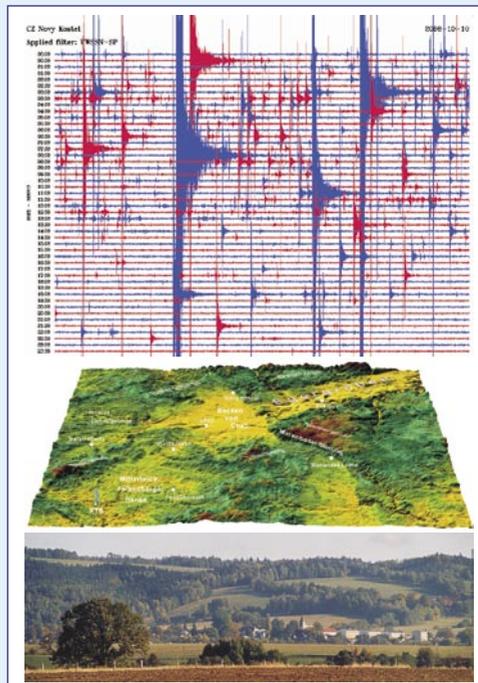




Andreas Peterek  
Ralf Schunk

## Zitternde Erde – Die Schwarmbeben in Nordwestböhmen



## Grußwort

Der Bayerisch-Böhmische Geopark verdankt die Vielfalt seiner geologischen Besonderheiten den Kräften des Erdinneren. Über Jahrmillionen haben sich Erdformationen gegeneinander verschoben und dabei längst vergangene Gebirge aufgefaltet oder in geologisch jüngerer Zeit große Bruchlinien entstehen lassen. Dazu gehören neben der bekannten „Fränkischen Linie“ auch die Brüche, die im Zusammenhang mit der Entstehung des Egergrabens stehen. Von diesem gehen die nordwestböhmischen Schwarmbeben aus, die seit Jahrhunderten ein bekanntes Phänomen sind. Durch oft Jahrzehnte währende Ruhezeiten zwischen stärkeren Bebenperioden geraten sie aber doch immer wieder in Vergessenheit, so dass das Einsetzen neuer Erdbebenschwärme viele Bürgerinnen und Bürger beunruhigt. Da es mit zu den Zielen des Bayerisch-Böhmischen Geoparks gehört, über die geologischen Besonderheiten der Region aufzuklären, sind die aktuellen Schwarmbeben Anlass für das erste Heft einer Geopark-Schriftenreihe. In diesen unregelmäßig und zunächst nur in elek-

tronischer Form erscheinenden Broschüren werden verschiedene Autoren zu jeweils aktuellen und allgemein interessierenden Themen in einer auch für den Laien verständlichen Form berichten. Immer wieder an die Geoparkranger oder die Geschäftsstelle des Geoparks gerichtete Fragen, wo man das ein oder andere von dem nachlesen könne, was man bei einer Führung gehört hat, lassen das große Interesse an solchen Informationen erkennen. Ich wünsche beim Studium dieser ersten Schrift, die sich mit den Ursachen der Schwarmbeben in Nordwestböhmen beschäftigt, viel Vergnügen und viele neue Erkenntnisse.



*Simon Wittmann*

Simon Wittmann  
(Vorsitzender der Arbeitsgemeinschaft  
Bayerischer Geopark und Landrat)



### Herausgeber

Geschäfts- und Koordinationsstelle  
Bayerisch-Böhmischer Geopark  
verantwortlich: Dr. Andreas Peterek  
Marktplatz 1, 92711 Parkstein  
Tel. 09602/93 98 - 166 | Fax 09602/ 93 98-166  
e-mail: info@geopark-bayern.de  
© Bayerisch-Böhmischer Geopark Oktober 2008

Die hier vorliegende Broschüre „**Zitternde Erde - die Schwarmbeben in Nordwestböhmen**“ ist eine Online-Version der geplanten Schriftenreihe des Bayerisch-Böhmischen Geoparks. Für den Inhalt sind die Autoren verantwortlich. Der Bezug einer gedruckten Form ist zurzeit noch nicht möglich. Die Verwendung der Grafiken und Fotos in anderen Print- und Online-Medien bedarf der schriftlichen Genehmigung des Herausgebers. Bei gekennzeichnetem Bildmaterial Dritter ist deren Erlaubnis einzuholen.

Der **Bayerisch-Böhmische Geopark** ist ein Projekt der bayerischen Landkreise Bayreuth, Neustadt a. d. Waldnaab, Tirschenreuth und Wunsiedel im Fichtelgebirge zusammen mit den tschechischen Regionen Karlsbad und Pilsen. Vorsitzender der Arge „Bayerischer Geopark“, Träger des Geoparks“ auf bayerischer Seite, ist Landrat Simon Wittmann (Landkreis Neustadt/WN), Mitglieder sind die Landkreise vertreten durch ihre Landräte. Das Projekt dient grenzüberschreitend der Förderung des Tourismus und der Umweltbildung. Der Geopark ist ein erweitertes touristisches Angebot im Bereich der Naturparke Fichtelgebirge, Fränkische Schweiz-Veldensteiner Forst, Steinwald und Nördlicher Oberpfälzer Wald. Die Geschäfts- und Koordinationsstelle des Geoparks hat ihren Sitz in Parkstein. Weitere Informationen im Internet unter

[www.geopark-bayern.de](http://www.geopark-bayern.de)

Der Bayerisch-Böhmische Geopark wird gefördert durch die Europäische Union und den Freistaat Bayern.



Bayerisches Staatsministerium für  
Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

# Zitternde Erde - die Schwarmbeben in Nordwestböhmen

Andreas Peterek<sup>1</sup> & Ralf Schunk<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Geschäftsstelle Bayerisch-Böhmischer Geopark

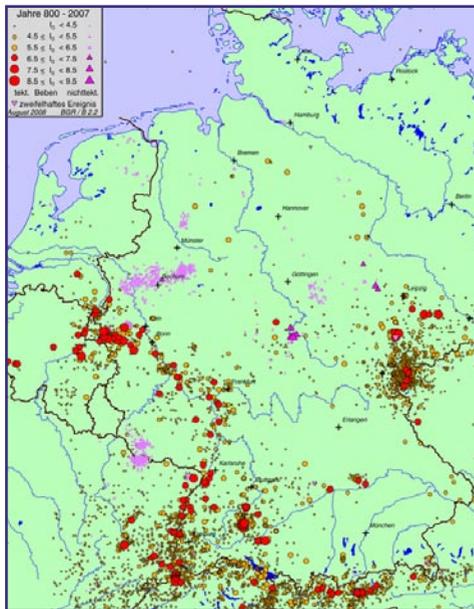
<sup>2</sup> Lehrstuhl für Geomorphologie, Universität Bayreuth

## Vorwort

Seit einigen Tagen, genauer gesagt, seit dem 6. Oktober 2008, treten in der Region von Nový Kostel in Tschechien wieder Schwarmbeben auf. Ihre Zahl erreichte innerhalb von wenigen Tagen bereits über 10.000 Einzelbeben, von denen einige so stark waren, dass sie selbst in einem Umkreis von über 60 Kilometern um das Epizentrum herum gespürt werden konnten. Bei den geophysikalischen Instituten, dem Landesamt für Umwelt, weiteren Behörden wie Landratsamt oder Poli-

zei sowie den Tageszeitungen mehrten sich seitdem die Anfragen nach den Gefahren der auftretenden Erdbeben. Einhellig wird dabei auf das nach den Erfahrungswerten nur geringe Gefahrenpotenzial der Erdbeben in Nordwestböhmen hingewiesen.

Mit dem nachfolgenden Beitrag möchten die Autoren über die besonderen Erdbeben in Nordwestböhmen aufklären. Der Beitrag wurde im Wesentlichen schon Ende September 2008 geschrieben und war für die Veröffentlichung zu einem späteren Zeitpunkt in der geplanten Schriftenreihe des Bayerisch-Böhmischen vorgesehen. Daher wurde vor allem auf die Schwarmbeben-Periode 1985/85 Bezug genommen. Am Ende des Beitrages wird dann allerdings auch auf die aktuellen Erdbeben eingegangen.



# Münchpost

41. Jg./296 Montag, 23. Dezember 1985

Tageszeitung für Oberfranken

J 7826 AX Ausg. F

Einzelpreis 90 Pfennig

5,1 auf der Richterskala – Panik in Nordostbayern

## Stärkster Erdstoß

Schäden in Selb, Thierstein, Münchenberg, Sparneck / Wie empfindsam Tiere reagierten

HOF – Nordostbayern wurde am Samstag um 11.16 Uhr vom heftigsten Erdstoß erschüttert, der hier je registriert worden ist. 5,1 auf der Richterskala – etwa zehnmal so stark wie die Beben, die sich am Samstag, 14. Dezember, und den darauffolgenden Tagen mit Werten um 4 deutlich bemerkbar gemacht hatten. Zu spüren war das Beben, wie die Deutsche Presse-Agentur (dpa) berichtet, selbst noch in München und in Wien, also in einem Umkreis von etwa 300 Kilometern vom Herd, der im Grenzgebiet von DDR und CSSR in der Nähe des egerländischen Städtchens Luby (Schönbach) lag.

Im Hof – Nordostbayern wurde am Samstag um 11.16 Uhr vom heftigsten Erdstoß erschüttert, der hier je registriert worden ist. 5,1 auf der Richterskala – etwa zehnmal so stark wie die Beben, die sich am Samstag, 14. Dezember, und den darauffolgenden Tagen mit Werten um 4 deutlich bemerkbar gemacht hatten. Zu spüren war das Beben, wie die Deutsche Presse-Agentur (dpa) berichtet, selbst noch in München und in Wien, also in einem Umkreis von etwa 300 Kilometern vom Herd, der im Grenzgebiet von DDR und CSSR in der Nähe des egerländischen Städtchens Luby (Schönbach) lag.

Erstmals seit Beginn der Bebenserie am 6. Dezember wurden Schäden gemeldet. Im bayerischen Sachschaden. Im Münchberger Ortsteil Schlegel plattete ein Aquarium und überschwenkte mit seinem rund 200 Liter Wasser das Wohn- und Betten wackelten, Kronleuchter schwankten. Gläser klirrten, Hühner fielen von der Wand. Augenzeugen berichteten, daß Menschen panikartig auf die Straße flüchteten und über Schwellegefühle klagten. Menschen standen zusammen und gestikulierten erregt.

Im Thierheim Hof begannen die Hunde kurz vor dem Beben laut zu bellern, wurden dann immer heftiger, um sich nach dem Erdstoß wieder zu beruhigen. Nicht besonders auffällig verhielten sich dagegen die Hunde im Thierheim Baisenturm bei Wunsiedel. Allerdings konnte die Leiterin Brigitte Wolner schwere Reaktionen an ihren eigenen drei Bernhardern beobachten. Etwa zwei Stunden vor dem Hauptstoß verkrochen sie sich in eine



## Beckers Siege reichten nicht



Die deutsche Tennis-Davispokal-Mannschaft verlor das Finale in München gegen Titelverteidiger Schweden nach dramatischem Kampf. Links mit 2:1 Überlegener Spieler war dabei einmal mehr Wimbledon-Ausgangler Boris Becker (links), der nach seinem Sieg am Freitag auf Stefan Edberg, gestern auch den Weltangetragenen Dittion Mats Wilander bezwang. Michael Westphal (rechts) mußte sich dagegen dem beiden Schweden geschlagen geben. (Ausführlicher Bericht im Sportteil)

5,1 auf der Richterskala – Panik in Nordostbayern

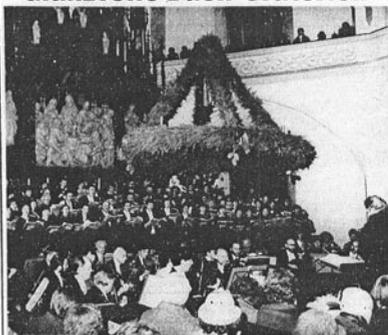
## Stärkster Erdstoß

Schäden in Selb, Thierstein, Münchenberg, Sparneck / Wie empfindsam Tiere reagierten

HOF – Nordostbayern wurde am Samstag um 11.16 Uhr vom heftigsten Erdstoß erschüttert, der hier je registriert worden ist: 5,1 auf der Richterskala – etwa zehnmal so stark wie die Beben, die sich am Samstag, 14. Dezember, und den darauffolgenden Tagen mit Werten um 4 deutlich bemerkbar gemacht hatten. Zu spüren war das Beben, wie die Deutsche Presse-Agentur (dpa) berichtet, selbst noch in München und in Wien, also in einem

In Hof und in Münchenberg:

## Glanzvolle Bach-Oratorien



Mit großem Erfolg und vor vollen Kirchen in Hof und Münchenberg – in Hof waren es nach Angaben der Veranstalter 1300 Besucher („Ein Rekord“) – wurde am gestrigen vierter Advent die berühmte Weihnachtsoratorium von Johann Sebastian Bach aufgeführt. In der Sankt Michaelskirche in Hof ernteten die Sankt Michaelskantorei, die Hölzer Symphoniker sowie die Solisten Siegrid Stümme (Sopran), Elke Burkert (Alt), Thomas Schöler (Tenor) und Hainer Weiss (Bass) unter Leitung von Kirchenmusikdirektor Reinhard Wachinger für ihre glanzvolle Darbietung stürmischen Beifall. Sie führten vor Hof das Oratorium erstmals in einer ungekürzten Fassung aller sechs Kantaten auf. Unter Foto oben zeigt die Michaelskantorei und die Hölzer Symphoniker, dirigiert von Stadtkirchner Wachinger (ganz rechts). In der Stadtkirche Peter und Paul in Münchenberg bestreiten die Münchberger Bachchor, der Chor der Christuskirche Bayreuth, der Orchesterverein Bayreuth und die vier Gesangsolisten Christl Schulz (Sopran), Franziska Maria Pflügl (Alt), Anton Röhner (Tenor) und Günter Leykam (Bass) die Aufführung. Auf dem Foto unten sind der Bachchor Münchenberg, der Chor der Christuskirche Bayreuth und der Orchesterverein Münchenberg unter Leitung von Hermann Engel zu sehen.

Foto: Jens Göttsche



Umkreis von etwa 300 Kilometern vom Herd, der im Grenzgebiet von DDR und CSSR in der Nähe des egerländischen Städtchens Luby (Schönbach) lag.

Erstmals seit Beginn der Bebenserie am 6. Dezember wurden Schäden gemeldet: Im Ortsteil Veliitz der Stadt Selb gab es in der Tuplenstraße Risse bis zu einem halben Zentimeter. In der Porzellanstadt selbst wurden Risse im Putz von vier Wohngebäuden festgestellt, in einer Gastwirtschaft wurde eine Zwischenwand ausgehoben, und auch im Aufzugschacht eines sechsstöckigen Hauses an der Längener Straße zeigten sich Risse.

Vermutlich den schwersten Schaden – noch sind nicht alle bemerkt und gemeldet – gab es in der

Marktgemeinde Thierstein an der Kartonagenfabrik von Hermann Kaiser. Auf einer Länge von etwa 20 Metern stellte Kaiser bis zu drei Zentimeter breite Risse in den Mauern des vor zehn Jahren errichteten Gebäudes fest. Die Außenwände müssen, so sagt er, nun abgesichert werden, um einen Einsturz zu verhindern.

Auch weiter vom Epizentrum entfernt gab es in Nordostbayern Sachschäden. Im Münchberger Ortsteil Schlegel platzte ein Aquarium und überschwemmte mit seinen rund 200 Litern Wasser das Wohnzimmer. Im nahegelegenen Sparneck zeigten sich feine Risse in einem Wohnhaus und der anschließenden Garage. Verletzt wurde nach Auskunft der Polizei-Einsatzzentrale Hof, die für die am meisten betroffenen Landkreise Hof und Wunsiedel zuständig ist, glücklicherweise niemand.

Doch der Schrecken was allgemein groß, vor allem im Gebiet Hof-Rehau-Selb-Marktredwitz-Wunsiedel. Kurz nach 11.16 Uhr lief am Samstag bei den Dienststellen der Polizei, bei Feuerwehren, bei seismologischen Instituten und bei der Frankenpost eine Welle von Anrufen aufgeregter Bürger ein, die sich besorgt über unheimliche Vorgänge in ihren Wohnungen äußerten: Stühle und Betten wackelten, Kronleuchter schwankten, Gläser klirrten, Bilder fielen von der Wand. Augenzeugen berichteten, daß Menschen panikartig auf die Straße flüchteten und über Schwindelgefühle klagten. Menschen standen zusammen und gestikulierten erregt.

Im Tierheim Hof begannen die Hunde kurz vor dem Beben laut zu bellen, wurden dann immer heftiger, um sich nach dem Erdstoß wieder zu beruhigen. Nicht besonders auffällig verhielten sich dagegen die Hunde im Tierheim Breitenbrunn bei Wunsiedel. Allerdings konnte die Leiterin Brigitte Wollner seltsame Reaktionen an ihren eigenen drei Bernhardinern beobachten. Etwa zwei Stunden vor dem Hauptstoß verkrochen sie sich in eine Mulde, die sie erst nach dem Beben wieder verließen.

In Weiden registrierte die Polizei laut Landeskriminalamt zwei Stöße von jeweils knapp zwei Sekunden, während im Gebiet um Tirschenreuth und Neustadt an der Waldnaab der Boden fünf Sekunden „weich“ wurde, berichtet dpa. Im Gebiet Bayreuth-Kulmbach-Stadtsteinach und im Fichtelgebirge wurden mehrere, kurz aufeinanderfolgende Erdbewegungen wahrgenommen. Bei Regensburg beschränkte sich das Rütteln auf einen kurzen Schlag. Diese Unterschiede erklärte gestern Seismologe Dr. Eberhard Schmedes vom Geophysikalischen Observatorium der Münchener Universität

gegenüber der Frankenpost mit Unterschieden in der persönlichen Wahrnehmung der Beobachter und mit den verschiedenen Ausbreitungsgeschwindigkeiten der beiden Wellen, die von einem Erdbeben ausgehen.

Im Geophysikalischen Observatorium selbst, das in Fürstenfeldbruck steht, konnte die Stärke des Bebens nicht exakt bestimmt werden, da die Seismographen bereits übersteuerten. Der Wert von 5,1 auf der Richterskala wurde vom europäischen Zentralinstitut in Straßburg ermittelt, bei dem die Meßergebnisse aller europäischen Erdbebenstationen – aus West wie Ost – gemeldet werden.

Auch in der Tschechoslowakei hat es, so war zu erfahren, Schäden gegeben. Über den Umfang waren gestern allerdings noch keine Einzelheiten zu erfahren.

Stillschweigen über die Folgen der Erdstöße herrschte in der DDR. Obwohl die 10 000-Einwohner-Stadt Markneukirchen nur etwa fünf Kilometer vom Epizentrum entfernt liegt, lief keine Meldung der DDR-Nachrichtenagentur ADN ein. Auch blieben Bemühungen der Frankenpost vom Anfang der vergangenen Woche, fernschriftlich Beben-Werte aus dem umfangreichen Meßnetz der DDR im Vogtland zu erhalten, bisher ohne Erfolg.

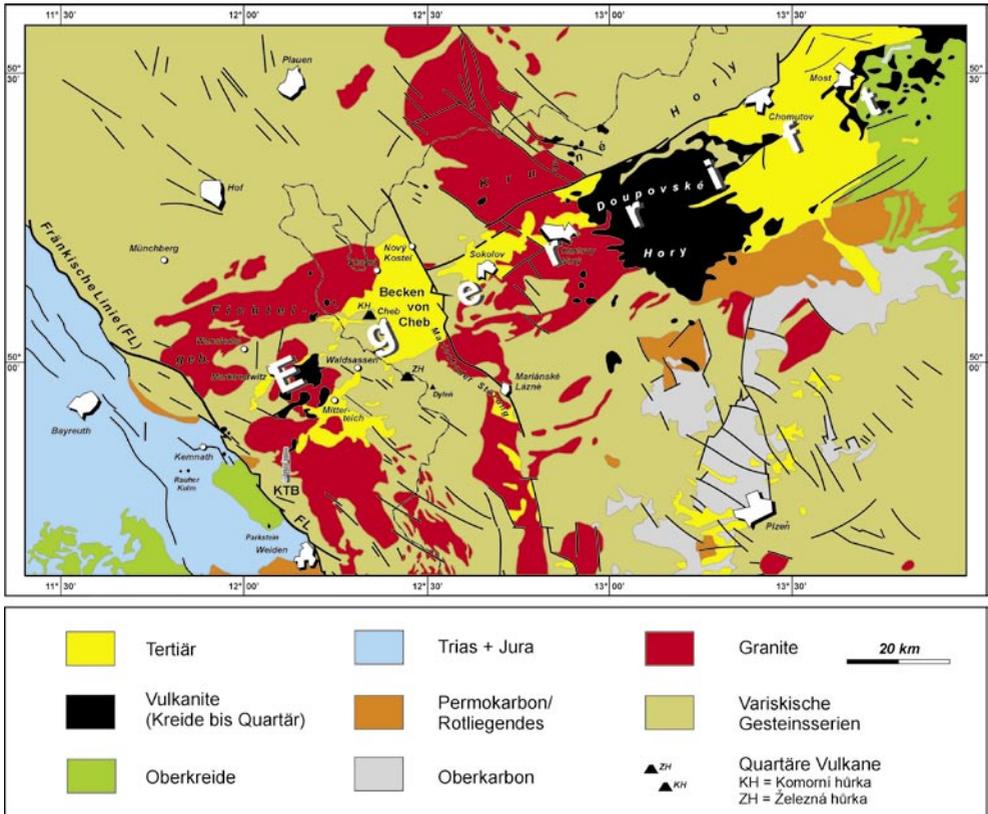
„Die Schwarmbeben werden sich wohl noch eine Zeitlang fortsetzen“, meinte am Sonntag Dr. Schmedes. Am Freitag um 17.37 Uhr war, wie berichtet, ein Erdstoß mit Stärke 4,6 auf der Richterskala registriert worden, am Samstag kurz vor dem „Hauptstoß“ gab es um 11.04 Uhr einen mit 4,4. Seit dem großen Beben wurden bis Sonntag abend etwa 20 kleinere Bewegungen zwischen 2,5 und 3,8 gemessen.

Wie es weitergeht? Eine Prognose will Seismologe Dr. Schmedes nicht stellen: „Das weiß niemand genau.“

Doch noch ein Vergleich: Um verheerende Wirkungen wie in klassischen Erdbebengebieten zu erreichen, müßte die Intensität der Erdstöße vom Rand des Egertal-Grabens mindestens noch um das Tausendfache wachsen.

Michael Neubauer

Frankenpost von Montag, 23. Dezember 1985  
41. Jg./296 J 7826 AX Ausg. F)



**Abb. 2** | Geologische Übersichtskarte des Egerrifts (aus: Peterek 2007).

Erdbeben normalerweise nicht bemerken, bewegen sich Teile der Erdkruste auch in unserem Gebiet. Diese im Jahr nur wenige Millimeter oder meist sogar darunter liegenden Bewegungen haben in Jahrmillionen jedoch entscheidend zur Reliefgestaltung der Region beigetragen. Sie sind aber auch die Ursache für viele andere geologische Gegebenheiten beiderseits der deutsch-tschechischen Grenze wie etwa die Entstehung der Braunkohlen-Lagerstätten, die Entwicklung und Erhaltung großer Kaolin-Vorkommen oder das Auftreten kohlsäureführender Mineralquellen. Einige von ihnen wollen wir an dieser Stelle ansprechen, uns aber vor allem mit den im Nordwesten Böhmens auftretenden Erdbeben beschäftigen. Sie sind

der offensichtlichste Ausdruck tektonischer Prozesse.

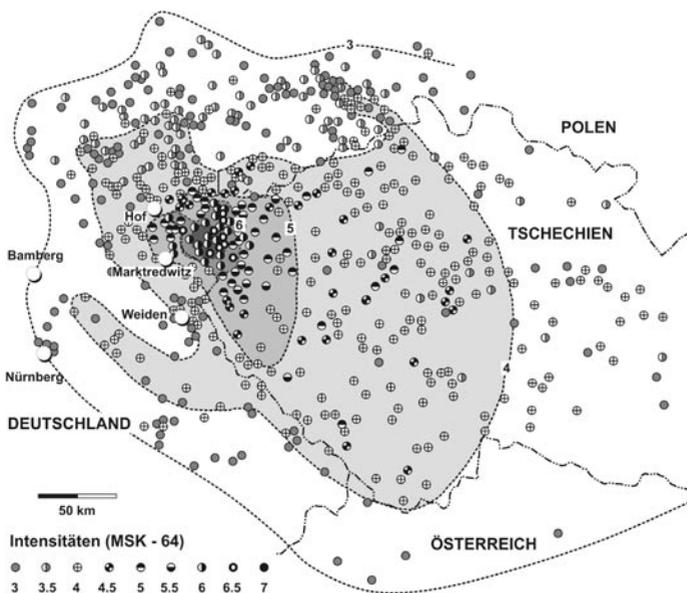
### Nordwestböhmisches Schwarmbeben

Seit Anfang Dezember 1985 waren die Bewohner im östlichen Oberfranken, in der nordöstlichen Oberpfalz, im Vogtland, in Nordwestböhmen sowie im westlichen Erzgebirge über eigenartige Erschütterungen der Erde beunruhigt. Als am Samstag, dem 21. Dezember, um 11.16 Uhr Ortszeit, die Erde sogar von einem Erdstoß der Stärke 5.1 auf der Richterskala erschüttert wurde (siehe Beitrag Frankenpost vom 23. Dezember 1985), liefen die Menschen vielfach in Panik auf die Straßen. Es war das seit Jahrzehn-

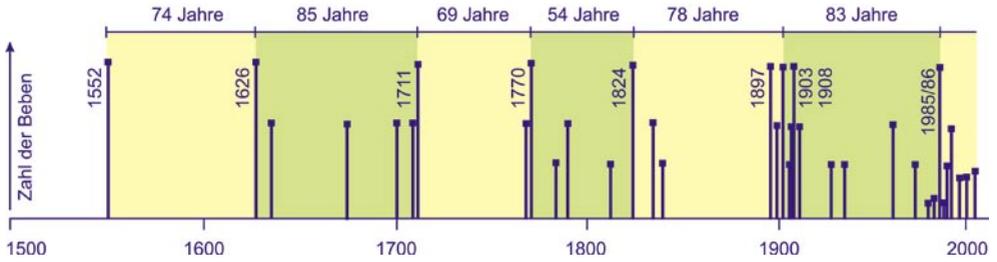
ten stärkste Erdbeben in der Region und bis Nürnberg, München und Wien zu spüren. Das Zentrum der Erdstöße, das Epizentrum, lag in Nordwestböhmen nahe der Ortschaften Luby (Schönbach) und Nový Kostel (Neukirchen). In den folgenden Tagen und Wochen ereigneten sich noch viele weitere Beben, erst Mitte Februar 1986 beruhigte sich die Erde wieder. Derartige Erdbebenfolgen, die Seismologen (Erdbebenforscher) als Schwarmbeben bezeichnen, sind in Nordwestböhmen und im angrenzenden Vogtland seit alters her bekannt, doch waren die Beben im Winter 1985/1986 ungewöhnlich stark. Die Bewohner rund um das damalige Epizentrum haben sogar gelernt, mit den Erdbeben zu leben, treten sie doch mit großer Regelmäßigkeit, wenn auch nicht vorhersehbar auf. Im Abstand von mehreren Jahrzehnten ( $74 \pm 10$  Jahre) kommt es zu stärkeren Erdstößen, zuletzt 1985/1986, davor 1908/1909 und 1903. Bemerkenswerte Schwarmbebenepisoden gab es in den letzten 120 Jahren auch 1962, 1936, 1929 und 1896/1897. Etwa alle drei Jahre wiederholen sich schwächere

Bebenserien, doch treten selbst innerhalb dieser Zyklen Erdbeben auf. Diese können dann allerdings meist nur von Messgeräten registriert werden. Die Erdbeben haben ihre Herkunft nicht nur in Nordwestböhmen. Auch aus dem nördlich angrenzenden Vogtland sind sie bekannt, doch treten sie hier nach der Bebenstärke und der Zahl der Ereignisse jedoch zurück.

1900 wurden die vogtländisch-nordwestböhmisches Erdbeben erstmals von dem Leipziger Geowissenschaftler Hermann Credner (1841 – 1913) anhand von genauen Schwingungsaufzeichnungen (so genannten Seismogrammen) wissenschaftlich untersucht. Schon ein Jahr zuvor hatte der österreichische Geologe Josef Knett für die an Einzelereignissen reichen Erdbebenserien die Bezeichnung „Schwarmbeben“ eingeführt. Dieser Begriff geht also auf die Typlokalität in Nordwestböhmen und im Vogtland zurück und wird in der Wissenschaft seither auch international verwendet („swarm earthquakes“).



**Abb. 3** | Schüttergebiete des Erdstoßes vom 21. Dezember 1985. Angegeben ist die Erdbeben-Intensität (nicht Magnitude!) nach der MSK-Skala (1 = unmerklich, 2 = kaum merklich, 3 = schwach, teilweise beobachtbar, 4 = größtenteils beobachtet, 5 = aufweckend, 6 = erschreckend, 7 = Schäden an Gebäuden, 8 = Zerstörungen an Gebäuden, 9 = allgemeine Gebäudeschäden, 10 = allgemeine Gebäudezerstörungen, 11 = Katastrophe, 12 = landschaftsverändernd). Die Intensität ist abhängig von der Stärke des Erdbebens, der Entfernung von der Erdbebenquelle, der Abstrahlrichtung und dem Untergrund.



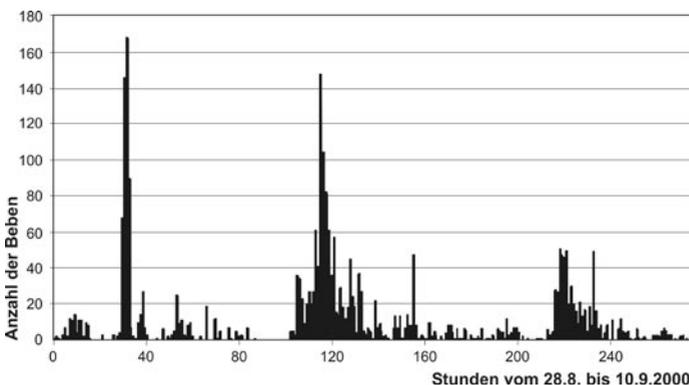
**Abb. 4** | Historisch belegte, besonders heftige Schwarmbebenperioden. Diese wiederholen sich etwa alle  $74 \pm 10$  Jahre (Quelle: Grünthal 1989).

Was unterscheidet nun die nordwestböhmi-schen Schwarmbeben von anderen Erdbeben? Ein „klassisches“ Erdbeben besteht aus einem starken Hauptbeben, das in aller Regel von schwächeren Vorbeben und vielen kleineren Nachbeben begleitet wird. Aufgrund der unterschiedlichen Intensität lässt sich das Hauptbeben meist klar von den Begleitbeben unterscheiden. Schwarmbeben dagegen treten in Erdbebenserien innerhalb eines begrenzten Zeitraumes auf, ohne dass zwischen Vor-, Haupt- und Nachbeben differenziert werden kann. Viele aufeinander folgende Erdbeben können die gleiche Stärke besitzen. Oft ist ein langsames zeitliches An- und Abklingen der seismischen Aktivität feststellbar, ohne dass dieses allerdings einer Gesetzmäßigkeit folgt. Während einer Schwarmbebenperiode kann es zu tausend-

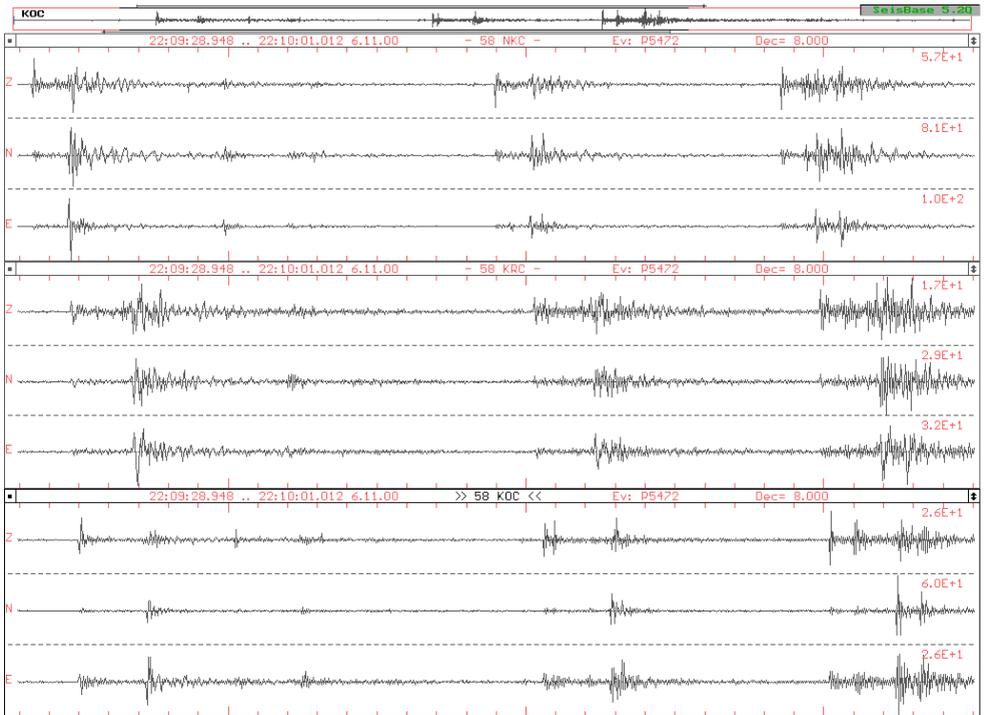
den, manchmal sogar zehntausenden von Erdstößen kommen. Die wenigsten davon sind für den Menschen allerdings spürbar. So fanden in der Aktivitätsphase vom 28. August bis 26. Dezember 2000 mehr als 10.0000 Beben mit Stärken bis zu einer Magnitude 3.3 statt (Erklärung des Begriffs Magnitude siehe unten). Das Phänomen der Schwarmbeben tritt weltweit auf, so beispielsweise auch im südlichen Nordamerika und in Ostafrika, bevorzugt jedoch in vulkanisch aktiven Gebieten. Gibt dies bereits einen Hinweis auf ihren Ursprung in Nordwestböhmen?

### Den Erdbeben auf der Spur

Seit dem Erdbebenschwarm von 1985/86 werden die nordwestböhmi-schen Erdbeben intensiv untersucht. Mittlerweile spannt sich ein dichtes Messnetz mit erschütterungs-empfindlichen Seismographen über das gesamte Gebiet. Die einzelnen Stationen sind



**Abb. 5** | Verteilung der Einzelbeben während einer Schwarmbeben-Aktivitätszeit zwischen dem 28. August und 10. September 2000.

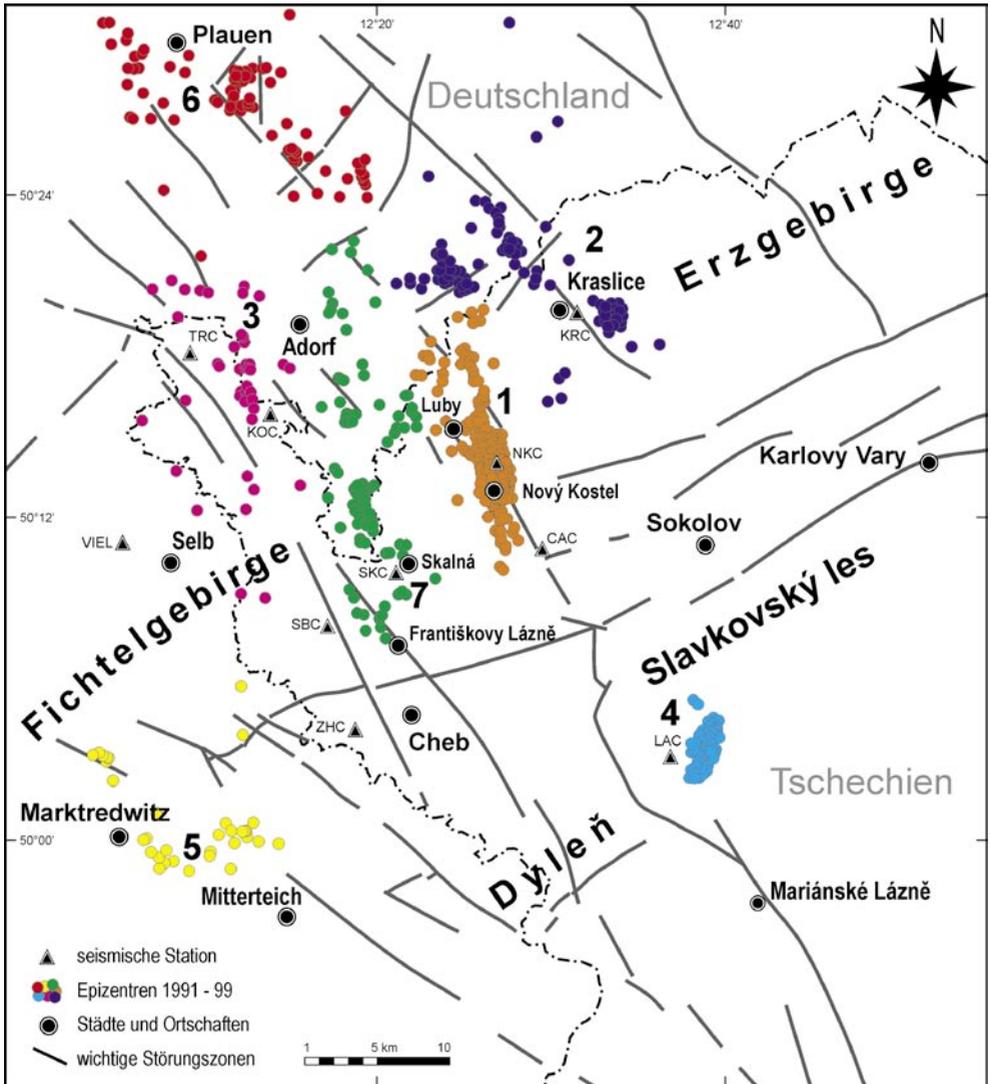


**Abb. 6** | Seismogramm dreier Schwarmbebenereignisse vom 6. November 2000; registriert an den Stationen NKC = Novy Kostel (oben), KRC = Kraslice (Mitte) und KOC = Kopaniny (unten). Gesamtbreite ca. 33 Sekunden, d. h., dass die Beben im Abstand von ca. 10 Sekunden voneinander auftraten. Die Verschiebung der Einsätze nach rechts vom oberen zum mittleren Seismogramm zeigt, dass die Station NKC näher am Entstehungsort liegt als die beiden anderen Stationen. Die Veränderung der Schwingungskurven im Verlauf eines Ereignisses wird durch das Eintreffen weiterer von der Erdbebenquelle abgestrahlter Erdbebenwellen verursacht. © Geophysikalisches Institut Tschechische Akademie der Wissenschaften, Prag.

über Funk und Satellit mit seismologischen Observatorien und verschiedenen Universitäten in Tschechien und Deutschland verbunden. Unmittelbar nach Auftreten neuer Schwarmbeben können dadurch viele Wissenschaftler auf die aufgezeichneten Daten zugreifen und diese auswerten.

Die Ergebnisse der letzten Jahre zeigen, dass die Schwarmbeben in Nordwestböhmen und seiner Umgebung in mehreren Teilgebieten auftreten (siehe Abbildung). Das bedeutendste Zentrum liegt bei der Ortschaft Nový Kostel (Nr. 1). Von hier kamen auch die Erd-

stöße 1985/86. Weitere Herkunftsgebiete liegen bei Kraslice (Nr. 2), Adorf (Nr. 3), im Kaiserwald (Nr. 4), bei Marktredwitz (Nr. 5), Plauen (Nr. 6) und Skalná (Nr. 7). Heute ist es möglich, die Herkunft der Erdbeben selbst in der Tiefe bis auf 100 Meter genau zu lokalisieren. Die tschechischen Seismologen J. Horálek und T. Fischer konnten so zeigen, dass ein Großteil der Erdbeben von Nový Kostel in einer Tiefe zwischen 6 und 13 Kilometern entsteht und durch Verschiebungen auf einer NNW-SSO orientierten Bruchfläche ausgelöst wird. Macht man in einer Computersimulation die Erdbeben durch ein kur-



**Abb. 7** | Verteilung der Schwarmbebengebiete in Nordwestböhmen und im Vogtland mit Lage der Erdbeben-Stationen. NKC = Erdbebenstation Nový Kostel. Quelle: Geophysikalisches Institut der tschechischen Akademie der Wissenschaften ([www.ig.cas.cz](http://www.ig.cas.cz)).

zes Aufblitzen am Bildschirm sichtbar, dann springen die Lichtpunkte auf dieser Fläche im Verlauf der Schwarmbebenperiode in einem bestimmten Areal hin und her. Während des nächsten Ereignisses erfolgt dies in ähnlicher Weise, meist jedoch in einem anderen

Abschnitt der Bruchzone.

Wenig bekannt war das Schwarmbebengebiet von Marktredwitz, das der Erdbebedienst in Bayern seit einigen Jahren mit einem aus sechs Stationen bestehenden Beo-

bachtungsnetz überwacht. Es wurde vom deutschen Geophysiker H.-A. Dahlheim im Rahmen des Tiefbohrprogramms der KTB in Windischeschenbach näher untersucht. Die Erdstöße fallen hier meist sehr gering aus, doch sind im Bayerischen Erdbebenkatalog für diesen Raum im Juni 1992 zwei, von Juni bis Dezember 1985 vier und im September 1981 ebenfalls vier fühlbare Erdbeben verzeichnet.

### **Was verursacht die nordwestböhmisches Schwarmbeben?**

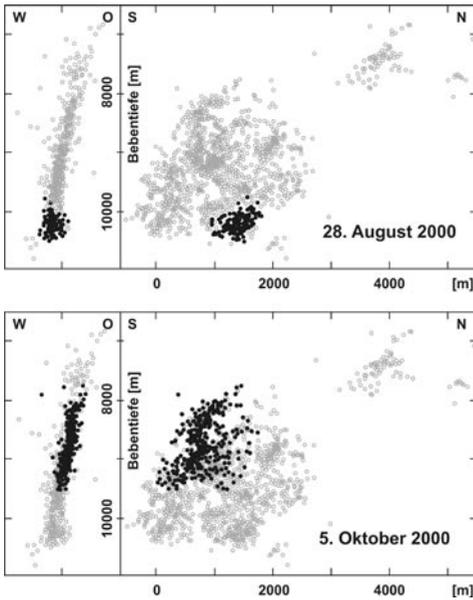
Erdbeben entstehen auf dem europäischen Kontinent an Brüchen innerhalb der Erdkruste. An diesen finden Verschiebungen statt, da verschiedene Kräfte von außen auf die europäische Erdplatte einwirken. Hauptgrund ist der mit einigen Zentimetern pro Jahr stetig nach Norden wandernde afrikanische Kontinent. Aber auch das an den mittelatlantischen Spreizungszonen stattfindende „Wegdrücken“ des angrenzenden Ozeans nach Osten wirkt auf den europäischen Kontinent ein. Über Jahre bis Jahrhunderte stauen sich infolge der enormen Kräfte große Spannungen innerhalb der Erdkruste auf, bis sich diese durch Bewegungen an bestehenden oder neu entstehenden Brüchen wieder abbauen. Dabei werden die aufgestauten Energien in Form der Erdbebenerschütterungen freigesetzt. Dass die Erdkruste in unserer Region unter enormer Spannung steht, konnte auch aus Experimenten in der kontinentalen Tiefbohrung bei Windischeschenbach abgeleitet werden. Bei so genannten „Hydrofrac“-Versuchen wurde unter hohem Druck Wasser ins Bohrloch und die angrenzenden Gesteine gepresst. Das in die Gesteine verpresste Wasser setzte dabei deren innere Reibung herab und löste dadurch eine Bruchbildung im stark gespannten Gesteinsverband aus. Die im Umfeld des Bohrlochs ausgelösten Mikro-Erdbeben waren zwar nur von Messgeräten zu registrieren, doch wurden die

stärksten selbst in Leipzig aufgezeichnet. Die Auswertung der Seismogramme zeigte den Geowissenschaftlern, dass die künstlich erzeugten Erdbeben große Ähnlichkeit zu den natürlichen Schwarmbeben aufweisen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen an den nordwestböhmisches Schwarmbeben lassen viele Seismologen heute davon ausgehen, dass die Beben durch Injektionen von unter hohem Druck stehenden heißen Flüssigkeiten (so genannten Fluiden) und Magmen ausgelöst werden. Nach Ansicht der Wissenschaftler steigen diese Fluide und Magmen entlang von tiefreichenden Brüchen aus dem Erdmantel in die Erdkruste auf und setzen dort, vergleichbar zu den Experimenten an der KTB, die innere Reibung der unter großer Spannung stehenden Bruchzonen herab. Sie schmieren sozusagen die Bruchflächen, auf denen die Verschiebungen dann leichter stattfinden können.

### **Magma unter Nordwestböhmen?**

Den Verdacht, dass unter der kesselartigen Landschaftsform des Beckens von Cheb (Eger) im oberen Erdmantel eine Magmenkammer sitzen könnte, gab es schon länger. Darauf wiesen bereits die jungen Vulkane von Železná hůrka (Eisenbühl) und Komorní hůrka (Kammerbühl) hin. Ihr Alter ist zwar noch immer nicht eindeutig geklärt, doch dürfte es zwischen 100.000 und maximal 700.000 Jahren liegen. Mittlerweile wurden bei Mýtina (Altalbenreuth) weitere vulkanische Komplexe entdeckt, die altersgleich mit dem Eisenbühl sind (Kämpf et al. 2005). Einen deutlichen Hinweis auf eine magmatische Aktivität im Untergrund von Nordwestböhmen lieferten auch Untersuchungen an den Mofetten und Mineralquellen im Becken von Cheb, die von Geowissenschaftlern des Deutschen GeoForschungsZentrums (GFZ) in Potsdam und des Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle (UFZ) in Zusammen-



**Abb. 8** | Die Erdbebenzone von Nový Kostel wie sich anhand der Lokalisierungen der Einzelbeben während der Schwarmbebenperiode von August bis Dezember 2000 darstellt. Grau = Repräsentative Lokalisierungen aller Schwarmbebenereignisse; schwarz = Lokalisierungen von Einzelbeben am jeweils angegebenen Tag. Links: Querschnitt durch die Erdbebenzone in West-Ost-Richtung. Deutlich ist das steile Abtauchen der seismisch aktiven Struktur nach Westen zu sehen. Die Beben finden damit entlang einer nach Westen einfallenden Bruchzone statt. Rechts: Die Bildfläche ist mehr oder weniger parallel zum Verlauf der seismisch aktiven Zone orientiert. Der Vergleich der beiden Abbildungen oben und unten zeigt, dass sich die Entstehungsorte der Erdbeben innerhalb der Bruchzone räumlich und zeitlich verlagern (Quelle: Fischer 2003).

beit mit tschechischen Hydrogeologen aus Františkovy Lázně (Franzensbad) durchgeführt wurden. Die Wissenschaftler untersuchten über mehrere Jahre hinweg die Zusammensetzung der mit den Wässern austretenden Gase und deren Veränderungen.

Das an den Mofetten und Mineralquellen austretende Gas besteht zu über 99 % aus

Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ). Der Rest setzt sich aus verschiedenen anderen Verbindungen zusammen, darunter ein verhältnismäßig hoher Anteil an Edelgasen (z. B. Argon oder Helium) mit verschiedenen Isotopen. Letztere sind sich chemisch gleich verhaltende Varianten desselben Elements (z. B. des Heliums He) mit unterschiedlicher Masse (z. B. Helium-3 und Helium-4). Beide Isotope, das leichtere Helium-3 als auch das schwerere Helium-4, kommen sowohl in der Erdkruste als auch im Erdmantel vor. Das Isotop Helium-4 ist in der Erdkruste gegenüber dem Isotop Helium-3 allerdings besonders häufig, da es aus anderen für die Erdkruste typischen Elementen durch radioaktiven Zerfall stets nachgebildet wird. An Helium-3 verarmt die Erdkruste dagegen stetig, da es aus der Kruste in die Atmosphäre entweicht. In den Quellen des Beckens von Cheb zeigt sich nun, dass die dort austretenden Gase einen ungewöhnlich hohen Gehalt an Helium-3 besitzen und dieses demnach aus dem Erdmantel geliefert werden muss. Die Werte dieses so genannten Mantelheliums sind die höchsten in ganz Mitteleuropa und liegen sogar über denen von heute aktiven Vulkangebieten (z. B. des Ätnas auf Sizilien). Die wiederholten Gasanalysen seit Anfang der 1990er Jahre zeigen, dass sich der Mantelheliumanteil stetig erhöht hat. Die Wissenschaftler sehen darin einen deutlichen Beweis, dass sich unter Nordwestböhmen eine aktive Magmenkammer befindet und stützen damit die Hypothese der Seismologen zur Entstehung der Schwarmbeben.

### Warum bebzt die Erde so regelmäßig?

Die Auswertung historischer Quellen und die aktuelle Erdbebenregistrierung zeigen eine verhältnismäßig hohe Regelmäßigkeit in der Wiederkehr der Schwarmbebenaktivität. Seit den ersten Berichten über ein „greulich erdtbidenn“ im Egerer Urgichtenbuch von 1544 fanden besonders starke Schwarm-

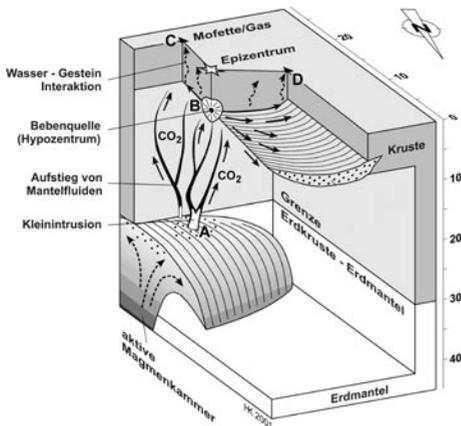
bebenereignisse etwa alle  $74 \pm 10$  Jahre statt, schwächere alle drei Jahre. Es lässt sich nicht eindeutig klären, welche Gründe hinter der Regelmäßigkeit der Erdbebenaktivität stecken. Da aufsteigende Fluide, Gase und Magmen die Bebenaktivität auszulösen scheinen, könnten diese zur Periodizität beitragen, z. B. dadurch, dass sich durch kontinuierliche Magmenströmungen unter dem Becken von Cheb erst entsprechende Mengen an Fluiden in der Magmenblase sammeln müssen. Sind diese groß genug, könnten sie in die Erdkruste abwandern und dort die Beben auslösen. Allerdings sind die vom oberen Erdmantel aufsteigenden reibungsverringernenden Fluide nur ein Teil der Ursache.

Die moderne Erforschung früherer Erdbeben über Zeiträume von mehreren Jahrtausenden anhand geologischer Kriterien („Paläoseismologie“) zeigt, dass auch für klassische Erdbeben eine Regelmäßigkeit ihres Auftretens sehr typisch ist. Geologen bezeichnen die Zeitdauer zwischen den Beben als Erdbeben-Wiederholungsintervall („earthquake-recurrence interval“). Diese Zeitdauer ist heute ein wichtiges Maß für die in einer Region bestehende Erdbebenwahrscheinlichkeit. Das Wiederholungsintervall kann zwischen wenigen Jahren bis zu über 1000 Jahren betragen und wird von vielen Faktoren beeinflusst. Entscheidend dabei ist jedoch, wie schnell sich nach einem Erdbeben wieder ausreichend hohe Spannungen aufbauen, damit es erneut zu Verschiebungen kommt. Da der Spannungsaufbau letztlich von den Bewegungen der Erdplatten abhängt und sich diese nur in Zeiträumen von Jahrhunderttausenden bis Jahrmillionen ändern, wird es mehr oder weniger immer eine ähnliche Zeit dauern, bis sich die für die Verschiebungen notwendigen Spannungsverhältnisse wieder einstellen. Für die berühmte San Andreas-Verwerfung in Kalifornien, von der unter anderem das berühmte Erdbeben von San Francisco 1906 ausging,



**Abb. 9** | Einer der Schlüssel auf der Suche nach den Geheimnissen der nordwestböhmisches Schwarmbeben: das Mofettenfeld im Naturschutzgebiet von Soos bei Františkovy Lázně. Die Zusammensetzung der ausströmenden Mantelgase wird hier regelmäßig analysiert. © Geopark.

wurden so beispielsweise je nach Abschnitt Wiederholungsintervalle zwischen 22 und 160 Jahren bestimmt. Dass man sich auf solche genauen Angaben allerdings nicht immer verlassen kann, zeigt das Beispiel des Parkfield Erdbeben-Experimentes an der San Andreas-Störung. Für den Ort Parkfield zwischen Los Angeles und San Francisco hatten Geologen und Seismologen aus dem ermittelten Wiederholungsintervall von 22 Jahren für das Jahr 1993 ein schweres Erdbeben vorhergesagt. Mit einem immens hohen technischen Aufwand wurde dieser Abschnitt der San Andreas-Störung seitdem überwacht. Man musste bis zum 28. September 2004 warten, bis sich das vorhergesagte Erdbeben dann tatsächlich ereignete.



**Abb. 10** | Prinzip des Gas- und Magmenaufstiegs im Becken von Cheb (Quelle: Kämpf et al. 2005).

Es liegt nahe, die Regelmäßigkeit der Erdbebenaktivität in Nordwestböhmen ähnlich wie die bei den klassischen Erdbeben zu erklären. Demnach könnten sich im Hauptbebengebiet von Nový Kostel etwa alle  $74 \pm 10$  Jahre ausreichend hohe Spannungen aufbauen, die Verschiebungen auf den Erdbebenflächen ermöglichen. Schon mit den sich aufstauenden Spannungen entstehen in der tieferen Erdkruste Spalten und Risse, die einen Aufstieg von Fluiden und Magmen begünstigen. Das ist wie beim Verbiegen und Zerbrechen eines Holzbrettes. Dem eigentlichen Zerbrechen geht ein deutliches Knistern voraus, das durch viele kleine Risse im Holz entsteht. Die in den Brüchen und Spalten unter Nordwestböhmen aufsteigenden Fluide und Magmen lösen dann die Schwarmbeben in der vorgespannten Erdkruste aus.

Einheimische berichten übrigens häufig davon, dass man manche Schwarmbeben auch als dumpfes Grollen des Untergrundes hört. Das ist tatsächlich möglich, da die Schwingungsfrequenzen der Erdbeben bis an das untere Ende des menschlichen Hörbereichs heranreichen (ca. 20 Hertz). Vielen Augenzeugen der Erdbeben ist dieses Hörerlebnis

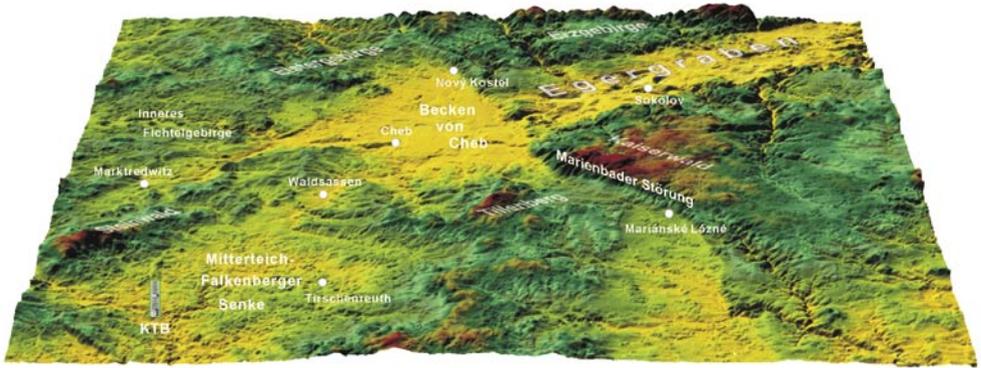
oft eindrucksvoller in Erinnerung geblieben als die eigentlichen Erschütterungen.

## An welche geologischen Strukturen sind die Erdbeben gebunden?

Seit einigen Jahren untersuchen Geologen in Nordwestböhmen Bruchstrukturen an der Erdoberfläche, um herauszufinden, welche davon mit den Erdbebenzentren im Untergrund in Verbindung stehen. Auch hier scheinen die lokalen Schwarmbeben eine Besonderheit zu zeigen, da sie sich in vielen Fällen nicht eindeutig den bisher bekannten großen Brüchen zuordnen lassen. Zu den bedeutendsten an der Erdoberfläche erkennbaren Verschiebungszonen (= Störungen) zählen in unserem Raum die Randstörungen des Egergrabens und deren südwestliche Fortsetzungen nach Bayern sowie die Marienbader Störung (siehe Abbildungen). Diese Strukturen lassen sich bereits im Relief durch verhältnismäßig große Höhenunterschiede erkennen (Schunk et al. 2003).

Geologisch gehört unsere Region in den Bereich des so genannten Egerriffs. Unter einem Rift verstehen Geowissenschaftler eine großräumige Dehnungszone in der Erdkruste, in der sich an der Erdoberfläche langgestreckte (= Gräben) oder unregelmäßige Senkungszone (= Becken) bilden. Die nebenstehende Abbildung zeigt sehr schön den scharf ausgeprägten Egergraben als zentrales Element des Egerriffs in Böhmen. Die eigentliche Riftstruktur erstreckt sich aber weiter nach Westen auf bayerisches Gebiet. Hier gehören die weitläufigen Senkungszone im Inneren des Fichtelgebirgs-Hufeisens und das Gebiet zwischen Steinwald im Norden und dem eigentlichen Oberpfälzer Wald als Gebirgszug im bayerisch-böhmischen Grenzland zur Riftzone (siehe Abbildung).

Die geologische Geschichte des Egerriffs beginnt vor mehr als 50 Millionen Jahren

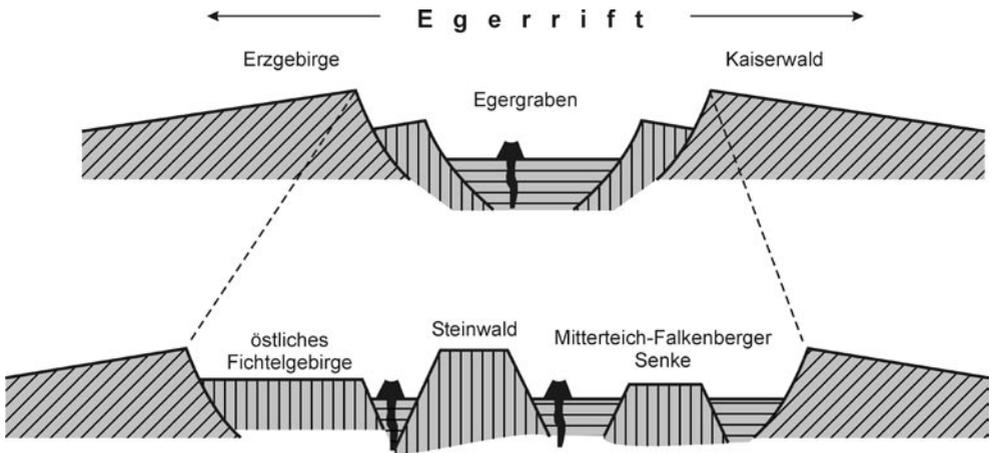


**Abb. 11** | Reliefbild des Egerrifts mit Egergraben und Senkungszone. Erstellt mit Hilfe von digitalen Höhen-  
daten (Datenquelle: US Geologischer Dienst). © Geopark.

in der Zeit des Tertiärs. Entlang einer ONO-WSW verlaufenden Zone, die vom Nordböhmisches Mittelgebirge bis in die Fränkische Schweiz reicht, wölbte sich die gesamte Erdkruste inklusive des sie unterlagernden oberen Erdmantels langsam auf. Bis zu diesem Zeitpunkt floss die Mehrheit der Flüsse von Süden zur damaligen Nordsee ab, deren Küstenlinie im Raum Leipzig lag. Mit der Hebung wurden die südlichen Zuflüsse von ihren Vorflutern im Norden abgeschnitten und mussten ihre Laufrichtung nach Süden ändern. Zu diesem Zeitpunkt entstand die heute so markante europäische Hauptwasserscheide. Spätestens vor rund 20 Millionen Jahren (in der Zeit des mittleren Tertiärs, siehe Abb. 1) begannen sich entlang der Aufwölbungszone einzelne Gräben und Becken abzusenken. Ursache dafür war die mit der Aufwölbung verbundene Dehnung der Erdkruste. Besonders markant ausgeprägt ist die Grabenstruktur heute zwischen Erzgebirge und Kaiserwald. Nach Westen weitete sich die Aufwölbungszone aus und es entstand ein System individueller Senkungsräume. In diesen Senkungsgebieten sammelten sich die von den umgebenden Höhenrücken und Gebirgszügen eingeschwemmten Abtragungsprodukte: Sande, Kiese und vor allem die aus Kaolin (= Porzellanerde) bestehen-

den Verwitterungsprodukte der Granite. Die Anreicherung der Kaolintone in den Becken bildete die Grundlage für die Entwicklung der Porzellanindustrie in Nordwestböhmen und in Bayern. Unter dem feuchten und warmen Tertiärklima entstand entlang ausgedehnter und das Becken durchziehender Flussniederungen eine außergewöhnlich üppige Vegetation eines tropisch/subtropischen immergrünen Regenwaldes. Aus den abgestorbenen Pflanzenmaterialien sind die bekannten großen Braunkohlenlager in Böhmen, aber auch kleinere Lagerstätten im Fichtelgebirge hervorgegangen.

Schon vor dem Einsinken der Gräben und Becken setzte ein intensiver Vulkanismus ein, der vom Nordböhmisches Mittelgebirge bis nach Bayern hineinreichte und dessen Gesteinsschmelzen (Magmen) über tiefreichende Brüche aus dem oberen Erdmantel gefördert wurden. Der Höhepunkt der vulkanischen Aktivität lag zwischen ca. 34 und 20 Millionen Jahren vor heute (siehe Abbildung). Von diesem Vulkanismus zeugen in unserem Raum die Basaltvorkommen am Ruhberg, Silberrangen, Hirschentanz, Teichelberg, bei Triebendorf und Muckenthal, aber auch der Armesberg, Rauhe Kulm, Anzenstein, Waldecker Schlossberg und viele andere



**Abb. 12** | Querschnitte durch das Egerrift. Oben: Schnitt durch den nordöstlichen Teil mit dem scharf begrenzten Egergraben im Zentrum. Unten: Aufweitung der Riftzone nach Südwesten im bayerischen Teil und Differenzierung in verschiedene Hebungs- und Senkungsgebiete. © Geopark.

Vulkanrelikte gehören dazu. Einige der damals in den Niederungen ausgeflossenen Lavadecken liegen heute in großer Höhe, zum Beispiel die Vorkommen auf dem Steinwald bei Herzogöd oder im Reichsforst. Sie beweisen, dass das blockartige Zerbrechen und das Herausheben der heutigen Gebirgsblöcke (z. B. des Steinwaldes) erst nach dem Höhepunkt der vulkanischen Aktivität erfolgt sind. Wie anders wären die auf dem Kamm des Steinwaldes im ehemaligen Braunkohlenrevier der Sattlerin bei Herzogöd vorkommenden Sand- und Kiesablagerungen eines früheren Flusses zu erklären?

Vor spätestens 20 Millionen Jahren vor heute begannen sich mit dem Einsinken der Gräben und Becken die Grundzüge der Reliefgliederung unseres Gebietes herauszubilden – mit einer bedeutsamen Ausnahme. Der Blick auf das Reliefbild zeigt, dass der im böhmischen Teil des Egerrifts markante Egergraben nach Westen durch eine NNW-SSO verlaufende Geländestufe messerscharf abgeschnitten wird. Sie ist der Reliefausdruck der Marienbader Störung an der Erdoberfläche, einer in Nordwestböhmen sehr wichtigen Verschie-

bungszone. Westlich dieses Bruches hat sich das Gebiet gegenüber dem östlichen Gebiet stark abgesenkt. Dies wird am Kaiserwald auf der östlichen Seite der Marienbader Störung deutlich, der Höhen von knapp 1000 m erreicht und das nordwestlich gelegene abgesunkene Flachrelief des Beckens von Cheb um 400 – 500 m überragt.

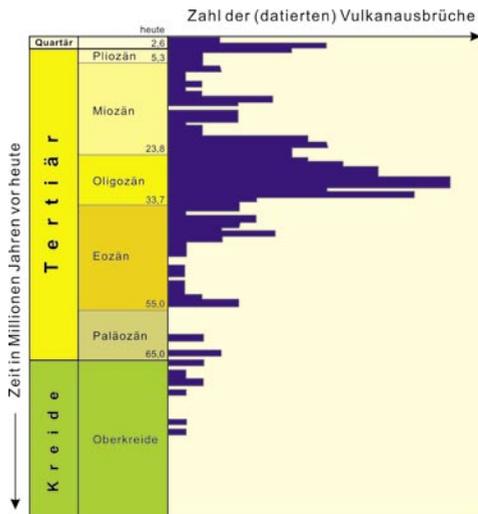
Die Marienbader Störung ist wie die vergleichbare Fränkische Linie (Peterek 2006) ein sehr altes geologisches Element, doch einzelne Bewegungsepisoden lassen sich nicht genau rekonstruieren. Vermutlich war sie über lange Zeiträume während des Erdmittellalters und der Erdneuzeit nicht aktiv. Erst in geologisch sehr junger Zeit, vor rund 3 – 4 Millionen Jahren setzten die Bewegungen an ihr wieder ein, womit sie das jüngste tektonische Element in unserer Gegend ist. In den letzten rund 4 Millionen Jahren betragen die vertikalen Verschiebungen an ihr bis zu 400 Meter! Die Marienbader Störung gehört damit auch zu den aktivsten Bruchlinien der Region. Ein Blick auf die Verteilung der vulkanischen Aktivität zeigt, dass den Bewegungen an der Marienbader Störung

wiederum vulkanische Ereignisse vorausgingen. Deren Zeugnisse sind heute unter anderem die Vulkanberge rund um Konstantinovy Lázně (Konstantinsbad), darunter der Wolfsberg oder der Schwanberg.

In ihrem nördlichen Abschnitt im Raum Nový Kostel sind Bewegungen entlang der Marienbader Störung die Hauptquelle für die meisten der nordwestböhmisches Schwarmbeben. Die Mehrzahl der dort stattfindenden Beben, so auch der starke Erdstoß vom 21. Dezember 1985, lässt sich ihr zuordnen. Die präzisen Lokalisierungen der Erdbebenherde durch Fischer (2003) zeichnen sehr schön den Verlauf der Störung in die Tiefe nach (siehe Abbildung oben). Trotzdem treten im nördlichen Becken von Cheb auch viele Schwarmbeben auf, die sich weder der Marienbader Störung noch anderen bekannten Störungen zuschreiben lassen. Die Gründe dafür werden derzeit von den Geowissenschaftlern kontrovers diskutiert. Vermutlich spielt hierbei der schon erwähnte Mechanismus der Bebenauslösung durch die aus dem Erdmantel aufsteigenden Magmen und Fluide eine bedeutende Rolle.

### Besteht eine Erdbebengefahr?

Erdbeben in Nordwestböhmen und im Vogtland sind aus der Überlieferung seit Langem bekannt und im Bewusstsein vieler Bewohner gegenwärtig. Die Durchsicht historischer Quellen liefert auch Hinweise auf stärkere Beben, wenngleich größere Schäden an Gebäuden oder gar der Verlust von Menschenleben nicht bekannt sind. Trotzdem rüttelten die starken Erdstöße im Dezember 1985 Bewohner, Geowissenschaftler und Politiker im wahrsten Sinne des Wortes auf, was eine seither intensive seismologische Überwachung der Region zur Folge hatte. Die Wirkung eines Erdbebens hängt von vielen Faktoren ab, unter anderem von der am Entstehungsort abgestrahlten seismischen



**Abb. 13** | Vulkanische Aktivitätsphasen im Egerrift zwischen dem Ende der Kreide bis heute. Der Höhepunkt der vulkanischen Aktivität lag im Zeitraum zwischen rund 33 und 23 Millionen Jahren vor heute. Dieser ging der eigentlichen Graben- und Beckenbildung voraus. (Quelle: Ulrych et al. 1999). © Geopark.

Energie, der Schwingungsfrequenz und der Bodenbeschleunigung. Die Stärke eines Erdbebens wird als Magnitude angegeben (lat. magnitudo = Größe, Stärke), wobei es unterschiedliche Magnitudenskalen und damit auch unterschiedliche Stärkeangaben für gleiche Erdbeben gibt. Die bekannteste ist die Richterskala, die von den Seismologen C. Richter und B. Gutenberg entwickelt wurde. Bei ihr wird die Magnitude aufgrund der gemessenen Amplituden der Bodenschwingungen berechnet. Von Menschen spürbare Erdbeben beginnen bei einem Wert von 2 bis 3, die stärksten bekannten Erdbeben entsprechen den Magnituden 8 bis 9. Da die Skalen ein logarithmisches Maß verwenden, entspricht ein Magnitudenanstieg um 1 dem zehnfachen Anstieg der Amplitude der Bodenschwingung. Andere Magnitudenskalen beruhen auf der Berechnung der am Entstehungsort abgestrahlten seismischen



**Abb. 14** | Teilnehmer der internationalen Konferenz über die Geodynamik von Schwarmerdbebengebieten in Františkovy Lázně im Oktober 2007. Zwischen den beiden Säulen in der Bildmitte oben ist der Autor Ralf Schunk zu sehen. Foto: © Luděk Vecsey (Prag).

Energie. In diesem Falle bedeutet ein Magnitudenanstieg um 1 eine um den Faktor 32 größere Energiefreisetzung. Die beiden stärksten Erdstöße vom Dezember 1985 hatten nach jüngeren Angaben eine Stärke von  $ML = 4.6$  und  $ML = 4.1$  ( $ML =$  Angabe Richterskala). Im Vergleich dazu haben Erdbeben mit schwerwiegenden Folgen für die gesamte Bevölkerung Magnituden meist über  $ML = 6.5$ . Dies entspräche allerdings einer rund 100-fachen Amplitude der Bodenschwingung und einer fast 1000-fach größeren Energiefreisetzung am Entstehungsort des Erdbebens. Schäden können wie das Ereignis vom Dezember 1985 zeigt, jedoch schon ab Magnituden  $ML = 4.5$  auftreten (so genannte Schadenbeben).

Die in Jahren der seismischen Ruhe aufgestauten Spannungen bauen sich in Nordwestböhmen durch die Schwarmbeben „portionsweise“ in hunderten bis tausenden von kleineren Beben ab. Würde die dabei freigesetzte Energie in einem einzigen Erdbeben abgegeben, wäre die Bebenstärke weit höher. Die typische Schwarmbebenaktivität in Nordwestböhmen schützt demnach seine Bewohner vor Starkbeben. Ganz

auszuschließen sind sie allerdings trotzdem nicht, ihre Wahrscheinlichkeit ist jedoch sehr gering. An diesen und anderen Fragen arbeiten derzeit viele internationale Geowissenschaftler, die sich auch regelmäßig bei Konferenzen austauschen. Das letzte größere Treffen fand vom 16. bis 19. Oktober 2007 in Františkovy Lázně (Franzensbad) statt. Die dort intensiv diskutierten Beiträge der Konferenzteilnehmer werden in englischer Sprache in der Schriftenreihe „Studia Geophysica & Geodaetica“ der tschechischen Akademie für Wissenschaft im Herbst 2008 und Frühjahr 2009 veröffentlicht. Dies ist dann die aktuellste Übersicht zum derzeitigen Forschungsstand zu den nordwestböhmischem Schwarmbeben.

### **Neue Schwarmbebenaktivität seit Anfang Oktober 2008**

In der Nacht vom 9. zum 10. Oktober 2008 um etwa 20 Minuten nach Mitternacht verspürten viele Menschen in einem größeren Umkreis des Beckens von Cheb einen Erdstoß. Auch im östlichen Oberfranken war das kurze Erdbeben deutlich zu spüren, dessen Herkunftsgebiet die Wissenschaftler

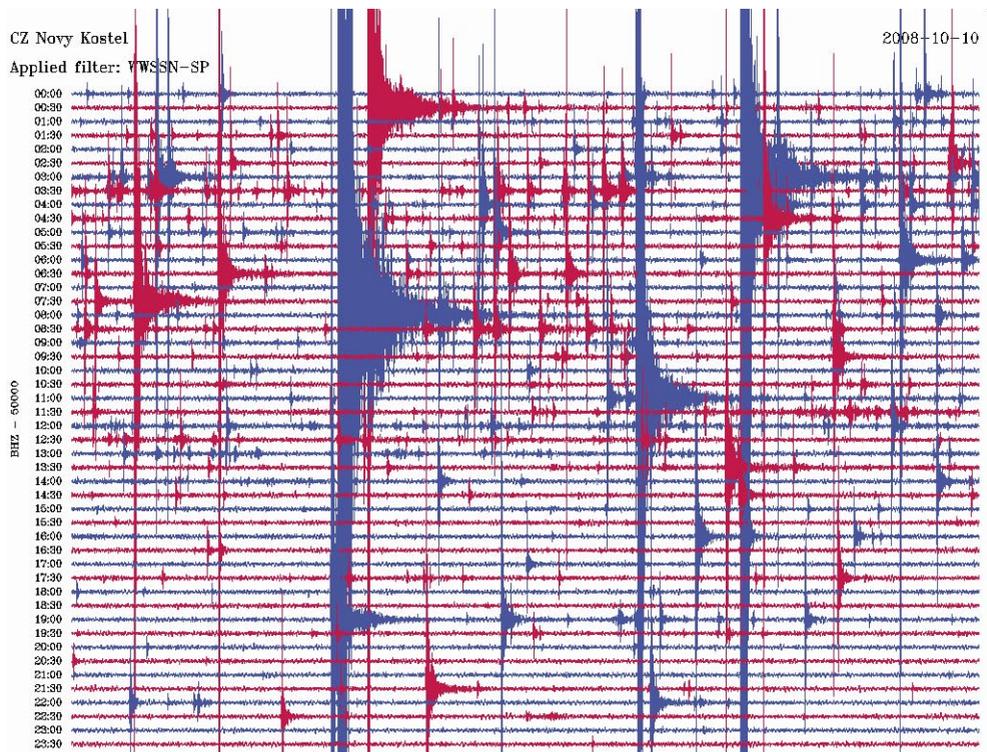
wieder in der Umgebung von Nový Kostel ermittelten. Am nächsten Tag folgten mehrere weitere Beben. Nach Angaben der seismologischen Institute erreichten diese eine Stärke von bis zu 4,1 auf der Richter-Skala. Innerhalb weniger Tage ereigneten sich seither über 10.000 weitere Beben, von denen allerdings die wenigsten spürbar waren. Das Verteilungsmuster der Erdbeben entspricht dem der vergangenen Schwarmbebenperioden in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten. Typisch dafür ist, dass sich Phasen mit intensiver Beben­tätigkeit mit solchen geringerer abwechseln. Die „Ruhephasen“ können wenige bis viele Stunden andauern, auch einen halben oder ganzen Tag umfassen.

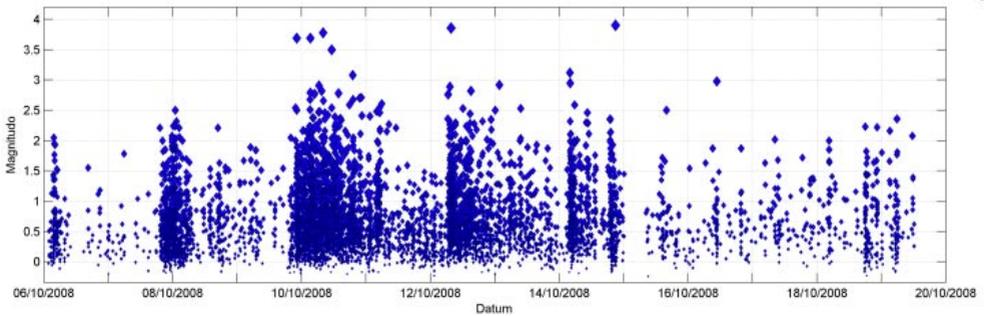
Die registrierten Beben finden nahezu ausnahmslos in der Bruchstruktur bei Nový Kostel statt. Die Beben­tiefen liegen zwischen 9

und 10,5 Kilometern. Die Wissenschaftler rechnen mit einem Anhalten der Schwarmbebenaktivität.

Die Heftigkeit der seit dem 5./6. Oktober stattfindenden Schwarmbeben hat die an den Beben interessierten Wissenschaftler überrascht. Die Bebenaktivität ist mit meh-

**Abb. 15** | Live-Seismogramm der Station Nový Kostel vom 10. Oktober 2008 (veröffentlicht unter der Internetadresse [www.ig.cas.cz](http://www.ig.cas.cz)). Das Seismogramm zeichnet kontinuierlich die Bodenbewegungen auf und stellt diese in Zeilen zu jeweils 30 Minuten dar. Die Zeiten sind in Weltzeit (UTC) angegeben (UTC = MESZ - 2 Stunden). Deutlich ist die Schwarmbebenaktivität mit den spürbaren Beben von 00:39 Uhr, 03:22 Uhr, 08:08 Uhr, 11:18 Uhr und 19:08 Uhr zu erkennen (alle Zeiten in UTC). © Geophysikalisches Institut Tschechische Akademie der Wissenschaften, Prag.





**Abb. 16** | Verteilung der Schwarmbeben seit Einsetzen in der Nacht 5./6. Oktober 2008. Dargestellt sind die einzelnen Beben mit ihrer Stärke (Magnitudo). Die stärksten erreichen Magnituden von knapp 4.0. Charakteristisch ist die Häufung der Beben in unterschiedlich lang anhaltenden Zeitabschnitten. Das Maximum der Bebenaktivität lag bisher zwischen dem 10. und 15. Oktober, vor allem am 10. Oktober. Wissenschaftler rechnen mit einem Anhalten der Bebenaktivität, doch sind definitive Aussagen nicht möglich. © Geophysikalisches Institut Tschechische Akademie der Wissenschaften, Prag ([www.ig.cas.cz](http://www.ig.cas.cz)).

renen Beben über der Magnitude 3,5 die bisher stärkste seit 1985/86. Die damalige Bebenphase lag im Rahmen des  $74 \pm 10$ -Jahres-Wiederholungsintervalls stärkerer Schwärme. Die jetzt nach „nur“ 22 Jahren folgende Aktivität fällt demnach aus der Reihe. Eventuell stellt sie nur eine außergewöhnlich starke Ausprägung der etwa dreijährigen Zyklizität dar oder eine Abweichung von der Regel. Ob ein Zusammenhang mit der sich in den letzten 12 Jahren signifikant verändernden Zusammensetzung der Mantelgase in den Mineralquellen und Mofetten

besteht, werden die Wissenschaftler in der nächsten Zeit intensiv untersuchen.

### Dank

Die Autoren danken folgenden Damen und Herren für die Bereitstellung von teilweise unveröffentlichten Daten und Bildmaterial: Dr. Tomas Fischer (GFÚ), Dr. Alena Boušková (GfÚ), Luděk Vecsey (Prag) sowie dem Geophysikalischen Institut der tschechischen Akademie der Wissenschaft für die Bereitstellung der Seismogramme.



**Abb. 17** | Der Ort Nový Kostel mit der Steilstufe der Marienbader Verwerfung. Von hier stammen die meisten der nordwestböhmischem Scharmbeben, insbesondere die Beben seit dem 6. Oktober 2006. Die Beben entstehen in rund 10 Kilometern Tiefe. © C.-D. Reuther (Hamburg).

## Literatur (Auswahl)

Fischer, T. (2003): The August-December 2000 earthquake swarm in NW Bohemia: the first results based on automatic processing of seismograms. – Journal of Geodynamics, 35: 59-81, Amsterdam.

Grünthal, G. (1989): About the history of seismic activity in the focal region Vogtland/Western Bohemia. – In: Bormann, P. (Hrsg.): Monitoring and analysis of the earthquake swarm 1985/86. ZIPE Veröffentlichung, 110: 30, Potsdam.

Horálek, J., Boušková, A., Hampl, F. & Fischer, T. (1997): The time-space distribution of seismicity in the region of the West Bohemian earthquake swarm. – In: Vrána, S. & Štědrá, V. (Hrsg.): Geological model of Western Bohemia related to the KTB borehole in Germany. Journal of Geological Sciences, Geology, 47: 190-196, Prague (Czech Geological Survey).

Horálek, J., Klinge, K. & Plešinger, A. (Hrsg.)(2000): Special Issue on processes and associated phenomena in West Bohemia and in the Vogtland. – Studia geophysica & geodaetica, 2 & 4, Prague.

Institute of Geophysics of the Academy of Science of the Czech Republic (Hrsg.)(2007): Geodynamics of earthquake swarm areas. – 8th West-Bohemia / Vogtland International Workshop, 16. – 19. Oktober 2007, Františkovy Lázně, Abstractband, Prague.

Kämpf, H., Peterek, A., Rohrmüller, J., Kümpel, H.-J., Geissler, W.H. (2005): The KTB Deep Crustal Laboratory and the western Eger Graben. – Schriftenr. Deutsche Ges. f. Geowissenschaften, 40: 37-107, Hannover.

Peterek, A. (2006): Die Fränkische Linie im Landkreis Tirschenreuth. – Landkreis-Schriftenreihe, 18: 67-77, Tirschenreuth.

Peterek, A. (2007): Känozoische Reliefentwicklung und Tektonik des zentralen Fichtelgebirges. – In: Maier, J. (Hrsg.): Exkursionsführer Oberfranken: 253-269, Braunschweig (Westermann).

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.)(2004): Erdbebenbeobachtung im Freistaat Sachsen. Zweijahresbericht 2002-2003. – Materialien zur Geologie, 54 S., Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden ([www.umwelt.sachsen.de/lflug](http://www.umwelt.sachsen.de/lflug)).

Schunk, R., Peterek, A. & Reuther, C.-D. (2003): Untersuchungen zur quartären und rezenten Tektonik im Umfeld der Marienbader Störung und des Egerer Beckens (Tschechien) - erste Ergebnisse. – Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 87: 19-46, Hamburg.

## Die Autoren

**Dr. Andreas Peterek** ist Diplom-Geologe und leitet die Geschäftsstelle des Bayerisch-Böhmischen Geoparks in Parkstein. Er beschäftigt sich seit Jahren im Rahmen von Forschungsprojekten an der Universität Bayreuth mit den aktiven Bewegungen der Erdkruste in Nordwestböhmen.

**Ralf Schunk** ist Diplom-Geograph und Mitarbeiter am Lehrstuhl für Geomorphologie der Universität Bayreuth. Im Rahmen eines gemeinsamen Projektes mit dem Lehrstuhl für Geodynamik, Neotektonik und Georissen an der Universität Hamburg (Prof. Dr. C.-D. Reuther) erforscht er zurzeit die Veränderungen der Erdoberfläche durch aktive Bewegungen der Erdkruste in den Schwarmbegebieten in Nordwestböhmen.

## Kontakt

Dr. Andreas Peterek  
Geschäfts- und Koordinationsstelle  
Bayerisch-Böhmischen Geopark  
Marktplatz 1, 92711 Parkstein  
e-mail: [andreas.peterek@geopark-bayern.de](mailto:andreas.peterek@geopark-bayern.de)

Dipl.- Geogr. Ralf Schunk  
Lehrstuhl Geomorphologie  
Universität Bayreuth  
95440 Bayreuth  
e-mail: [ralf.schunk@uni-bayreuth.de](mailto:ralf.schunk@uni-bayreuth.de)

## Internetadressen

[www.geopark-bayern.de](http://www.geopark-bayern.de)  
[www.erdbeben-in-bayern.de](http://www.erdbeben-in-bayern.de)  
[www.ig.cas.cz](http://www.ig.cas.cz)