

## LABOR IN-SITU – FÜNF FLACHE BOHRUNGEN

Das Gebiet ist ein weltweit einzigartiger Ort für ein interdisziplinäres Bohrprogramm zur Erforschung der Wechselwirkungen zwischen Erdbeben, Fluiden, Gesteinen und Biosphäre. Ein modernes, umfassendes Labor in der Tiefe wird drei mit einander verbundene Bereiche der Grundlagenforschung untersuchen: Erdbebenschwärme, Fluidfluss durch die Erdkruste, das Entgasen von CO<sub>2</sub> und Helium aus dem Erdmantel sowie die Zusammensetzung der tiefen Biosphäre und darin ablaufende Vorgänge. Ein solches Labor wird eine Reihe von fünf flachen Bohrungen umfassen. Einige davon mit Seismometern eines dreidimensionalen Arrays. Das Labor wird im Rahmen des Internationalen Kontinentalem Bohrprogramms (ICDP) aufgebaut, um eine einzigartige Multi-Parameter-Beobachtung der Erdbebenschwärme und der damit verknüpften Phänomene zu ermöglichen.



*Bohrstellen: S1-S4 hauptsächlich zur seismologischen Überwachung; F1-F3 Beobachtung von Fluiden und der Biosphäre. Bestehende seismischen Stationen an der Oberfläche werden durch graue gefüllte Dreiecke markiert.*

## BEOBSACHTUNGSTELLEN

Die Überwachung von flachen Bohrungen wird in der Tiefe von ein paar hundert Metern stattfinden, was die Sensitivität bei der Beobachtung von Erdbeben und Fluide verbessern wird. Sie werden die Möglichkeit zum Studieren von Erdbeben mit extrem kleiner Magnitude bieten und zum Analysieren der durch Fluide induzierten Herdprozesse. Bisher wurden Fluide nur an der Oberfläche, oft nur in unregelmäßiger Folge durchgeführt. Die gefundenen und gut untersuchten Orte massiver CO<sub>2</sub>-Entgasung bieten die Möglichkeit für den Aufbau einer neuen Generation kontinuierlicher Echtzeit-Fluidüberwachung in sicheren und logistisch gut zugänglichen Bereichen. Fluid-Monitoring in verschiedenen Tiefen wird die Auswirkungen der Prozesse an der Oberfläche von denen in der Tiefe trennen, was die Komposition und Fließrate angeht. Das regelmäßige und anhaltende Auftreten von Erdbeben in dieser Region wird helfen, die Analysefähigkeit des Überwachungsnetzwerks zu optimieren.



## FLUIDE UND TIEFE BIOSPHÄRE

Kohlendioxid-Entgasung im Cheb-Becken in Form von trockenen Mofetten ist sehr bekannt im nationalen Naturschutzgebiet Soos, in Bublák nahe dem Dorf Vackovec oder in Hartoušov. An diesen Orten kann auch die CO<sub>2</sub>-Interaktionen mit der Biosphäre untersucht werden.

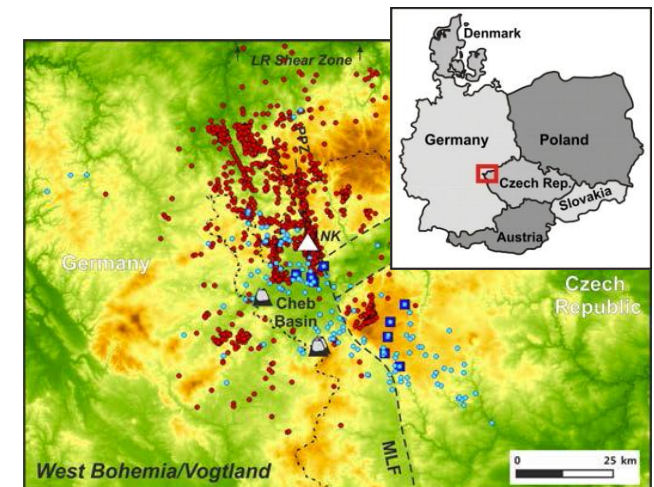


Im Untergrund weit verbreitete mikrobielle Ökosysteme reagieren möglicherweise auf die veränderte Zusammensetzung der dortigen Fluide. Somit macht die langfristige Entgasung mineralreicher Wässer und das Entweichen von Gasen aus Granit und Sedimentschichten dieses Gebiet ideal geeignet, um die Wirkung von CO<sub>2</sub> auf die tiefe Biosphäre und die Entwicklung des Lebens in der Tiefe zu untersuchen.



## EGER LABOR ZUM STUDIUM VON ERDBEBEN, FLUIDEN UND DER TIEFEN BIOSPHÄRE

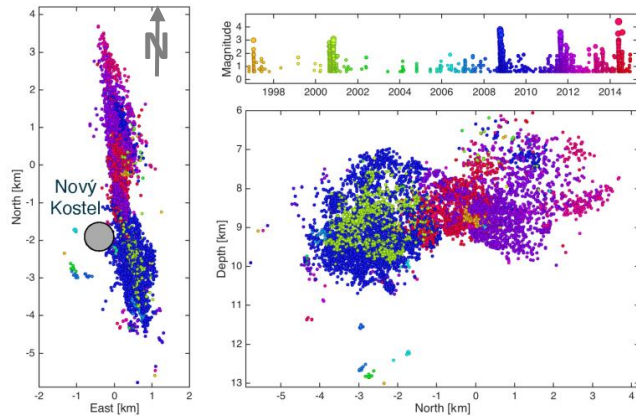
Der westlichste Teil der Tschechischen Republik und das angrenzende Gebiet in Deutschland ist für geodynamischen Aktivität in Form von Erdbebenschwärmen und großräumiger Entgasung von CO<sub>2</sub>-haltigen Fluide bekannt. Die Region ist auch durch zahlreiche Mineralquellen, tertiären und quartären Vulkanismus sowie neotektonische Krustenbewegungen bekannt, gelegen an der Kreuzung zweier Hauptstörungszonen innerhalb der eurasischen Platte, dem Eger Rift und der Marienbader Verwerfung. Es ist wahrscheinlich, dass alle diese Phänomene eine gemeinsame Ursache haben. Die geodynamische Aktivität zusammen mit den beobachteten Fluide und den Erdbebenschwärmen ist weltweit ein einzigartiges Phänomen. Zur Zeit ist allgemein akzeptiert, dass viele Erdbebenschwärme von Fluiden in der Kruste angetrieben werden. Es ist jedoch noch nicht bekannt, in welcher Weise Fluide die anhaltende Erdbebenaktivität auslösen. Langzeit-Beobachtungen sind unerlässlich, um diese Phänomene und deren Wechselwirkungen zu verstehen. Sie kann dazu beitragen, diese Fragen zu beantworten.



*Epizentren der Erdbeben von 1991-2015 sind durch rote Kreise gekennzeichnet. Blaue Kreise und violette Quadrate stellen CO<sub>2</sub>-Austritte an der Oberfläche und Mofetten dar. Das Dreieck markiert die Nový Kostel NK Herdzone. Quartäre Vulkane sind ebenfalls eingezeichnet.*

## ERDBEBEN SCHWÄRME

Erdbebenschwärme zeigen eine intensive, lang anhaltende Seismizität mit geringen Magnituden, die in starkem Kontrast zu den üblichen Hauptbeben-Nachbeben-Sequenzen steht. Diese Seismizität kann von der Bevölkerung gespürt werden, manchmal treten Schäden an Gebäuden auf. Sie werden heute in vielen Regionen weltweit in verschiedenen tektonischen Regionen beobachtet, vor allem in vulkanischen und geothermischen Feldern oder an den Rändern tektonischer Platten. Sie können auch Aktivität innerhalb von Platten darstellen, wie im Fall der Region West-Böhmen. Jedoch wurde ihr Wirkungsmechanismus noch nicht vollständig entschlüsselt. Sie können als Vorläufer von größeren Erdbeben auftreten, wie z.B. beim Erdbeben von L'Aquila 2009 in Italien. In West-Böhmen tritt zur Zeit die höchste Konzentration von Erdbebentätigkeit und CO<sub>2</sub>-Entgasung im Bereich des Cheb-Beckens auf, in der Nähe dreier Quartärer Vulkane und im Kreuzungsbereich wichtiger tektonischer Linien. Es scheint, dass die Beben mit der Reaktivierung eines komplexen Systems von Störungen verbunden sind, zumindest für den Bereich von Nový Kostel.



Seismische Aktivität im Nový Kostel Schwarmgebiet mit einem Großteil der Erdbeben, die die Aktivität zwischen 1997 und 2014 dominiert haben. Links: Die Karte der Epizentren zeigt, dass die Herde entlang einer steil einfallenden Verwerfung liegen. Rechts unten: Vertikalschnitt mit Hypozentren entlang der Verwerfung. Rechts oben: Zeitlicher Verlauf des Auftretens der Erdbeben, die vertikale Achse gibt die Richter-Magnitude an. Die seismische Aktivität ist farblich nach dem Zeitraum des Auftretens codiert.

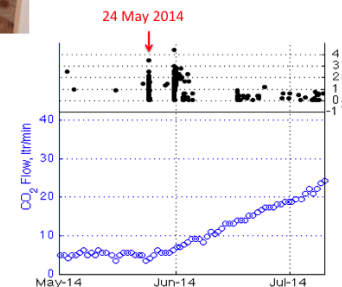
## FLUIDE UND ERDBEBEN

Die CO<sub>2</sub>-Entgasung ist im Cheb-Becken und den umliegenden Gebieten in Form von trockenen Mofetten und Mineralquellen konzentriert. Ein hoher Anteil von Helium und CO<sub>2</sub> aus dem Erdmantel deuten auf einen magmatischen Ursprung und zeigen Fluidtransport aus dem Erdmantel. Auf ihrem Weg an die Oberfläche dringen die Fluide durch Störungen und korrelieren mit der Erdbebenaktivität.

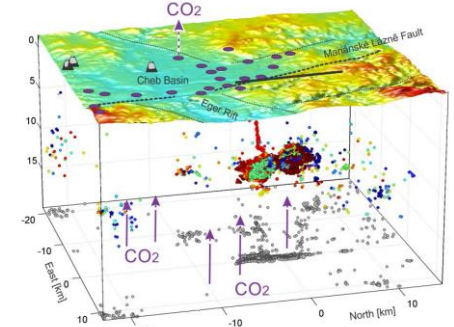
Die Überwachung des aufsteigenden CO<sub>2</sub> und des Grundwasserspiegels zeigen, dass die Geschwindigkeit und die Isotopenzusammensetzung mit der Zeit variiert und mit der im Gestein akkumulierten Spannungen verbunden sein könnte. Dies wird durch Veränderungen im tektonischen Spannungsfeld und dem Fluidruck in Poren beeinflusst, so dass Störung und Bewegungen auf ihnen reaktiviert werden.



Strom von trockenem CO<sub>2</sub> im Hartoušov Bohrloch und Erdbeben vor und während der seismischen Aktivität in der Nový Kostel Herdzone 2014.



## LABOR IN-SITU – LANGZEITÜBERWACHUNG



3D-Ansicht der Erdbebenzone. Die Farbe der Erdbeben zeigt deren zeitlichen Verlauf (die grauen Kreise geben die Projektion auf den Boden der Abbildung wieder). Die violetten Pfeile skizzieren mögliche CO<sub>2</sub> Migrationspfade, die violetten Ellipsen zeigen Vorkommen an der Oberfläche.

### Offene Fragen

- Welche physikalischen und chemischen Prozesse führen zu Erdbebentätigkeit und Fluidbewegung?
- Welches sind die Wege von Fluide durch die Erdkruste und wie werden sie durch tektonische Spannungsänderungen beeinflusst?
- Welche geologischen Prozesse beeinflussen die tiefe Biosphäre und die frühe Evolution des Lebens dort?

### Wie erhält man Antworten?

- Entwickeln eines modernen, umfassenden Labor in-situ mit hohem Nachweisvermögen
- Studieren von Erdbebenschwärmen, CO<sub>2</sub>-Entgasung und tiefer Biosphäre und ihrer Wechselwirkungen
- Verstehen der Fluid- und Magma-Migration sowie der Fluid-Gesteins-Wechselwirkungen in der Kruste
- Kartieren struktureller Heterogenitäten in der Schwarm-Region



IG ASCR



GFZ Helmholtz Centre POTSDAM



TU BERGAKADEMIE FREIBERG



Earth and Environmental Sciences



UNIVERSITÄT LEIPZIG



UNIVERSITÄT LEIPZIG

An dem Projekt sind Wissenschaftler aus Deutschland, der Tschechischen Republik, Großbritannien und den USA beteiligt. Kontakt: T. Dahm, T. Fischer [www.ig.cas.cz](http://www.ig.cas.cz)