

Erdbeben und Kohlensäure

Eine Anregung

Von Andreas THURNER

Eingelangt am 31. Jänner 1974

1. Erdbeben

Es besteht heute die allgemein gültige Ansicht, daß Erdbeben Auslösungen von tektonischen Spannungen in der Kruste sind. Es ist ohneweiteres vorstellbar, daß Brüche, Faltungen, Überschiebungen zeitweise noch Bewegungen, Verstellungen ausführen, die weitergeleitet werden.

Über die Erdbeben in Österreich sind wir im allgemeinen gut unterrichtet (Mitteilungen der Erdbebenkommission). Obwohl viele Orte nur selten von Beben heimgesucht werden, erscheinen immer wieder Gebiete, wo Erdstöße häufiger sind. Es zeigt sich nun, daß diese durch tektonische Störungen (Brüche, Überschiebungen) gekennzeichnet sind.

Die *Thermenlinie* von Gloggnitz bis Wien verursachte eine gewaltige Absenkung des Wiener Beckens; man kann sich daher leicht vorstellen, daß zeitweise an dieser Linie noch Bewegungen in den Schichten auftreten. Auffallend ist nur, daß manche Gegenden, wie Gloggnitz, Vöslau, meist stärker betroffen werden als die benachbarten.

Die *Mürztal-Linie* ist häufig Ausgangspunkt von Erdbeben. Die Bebenlinie verläuft von Kapfenberg längs des Mürztales bis zum Semmering und tritt geologisch klar hervor. Im N—S Schnitt begegnet man im N Granitgneisen, im S Dolomiten des Semmering-Mesozoikums. Das breite Mürztal ist meist von tertiären Ablagerungen bedeckt.

Die Erdbeben treten längs dieser Linie nicht immer gleichzeitig auf, es lassen sich verschiedene Zentren erkennen (z. B. Mürzzuschlag, Kindberg). HERITSCH 1908 bringt über das Erdbeben vom 1. Mai 1855 einen ausführlichen Bericht.

Die *Pölslinie* zieht vom Fohnsdorfer Becken gegen Pöls, dann über Unterzeiring—Möderbrugg, wo eine Teilung eintritt: die eine Störung führt über Pusterwald ins Gebirge hinein, die andere verläuft gegen N bis St. Johann am Tauern. Die Bruchstörung kommt im verschiedenen Aufbau der beiden Talseiten zum Ausdruck.

Besonders auffallende Störungen konzentrieren sich zwischen Unter- und Oberzeiring, wo mehrere verschieden gerichtete zu erkennen sind (THURNER 1974). Zeitweise kommt es zu Erdbeben in Oberzeiring.

Auch die Erdbeben bei Neumarkt sind an eine Störung gebunden. Sie verläuft vom Furtnersteich gegen SSO, Richtung Mühldorf. Vielleicht läßt sich auch noch eine Störung vom Perchauerbach über den Ort Neumarkt in Betracht ziehen.

Die zeitweise in Windischgarsten auftretenden Erdbeben sind durch besonders starke tektonische Unregelmäßigkeiten (Windischgarsten — Admonter Höhe) gekennzeichnet.

Auch die Erdbeben von **O b d a c h** werden durch die Fortsetzung der Lavantaler Störung erklärbar.

Von besonderer Bedeutung sind die Erdbeben längs des **I n n t a l e s** zwischen Landeck und Kufstein, wo oft zahlreiche Erdstöße spürbar werden. Tektonisch stellt das Innthal eine wichtige Grenze zwischen Kalkalpen und Zentralalpen dar, so daß man annehmen muß, daß noch eine labile Zone vorliegt.

Auch das **S i l l t a l**, das die Grenze zwischen den Hohen Tauern und den Ötztaler Alpen darstellt, ist eine auffallende tektonische Linie und durch Erdbeben gekennzeichnet.

Vereinzelt treten Erdbeben längs des **L i e s e r-** und **M ö l l t a l e s** auf, die ebenfalls tektonische Linien bilden.

Doch gibt es auch Gegenden, die zwar tektonische Störungen aufweisen, doch keine oder nur selten Erdbeben zeigen. So ist z. B. die Linie **I s c h l — S t. G i l g e n** eine markante Störungslinie (St. Wolfgang-Störung), doch werden nur selten Erdbeben gemeldet.

Auch die **G ö r t s c h i t z t a l - L i n i e**, die die Seetaler Alpen vom Murauer-Neumarkter Paläozoikum durch eine gewaltige Absenkung trennt, verzeichnet keine Beben, oder es werden zumindest keine gemeldet.

Auffallend ist nun, daß große Teile der Nördlichen Kalkalpen, wo zahlreiche Störungslinien auftreten, keine Erdbeben verspüren (Ausnahme Nordtirol). In den Salzburger Kalkalpen konnte man bei **L o f e r** Erdbeben nachweisen. Vom Gebiet Hallstatt—**I s c h l** liegen nur geringe Erdbeben-Nachrichten vor. Auch das Dachstein-Ennstaler Alpen-Gebiet ist fast frei von Beben. In den Niederösterreichischen Kalkalpen sind auch nur wenige Orte bekannt, die von Beben heimgesucht wurden.

Keine Erdbeben werden vom steirisch-burgenländischen Vulkangebiet gemeldet. Auch die Steiermark südlich der Linie **G r a z — K ö f l a c h — W e i z — H a r t b e r g** ist arm an Beben.

Vielfach sind die Erdbeben sicher an tektonische Störungen gebunden, doch gibt es genug Gegenden, die zwar tektonische Störungen, aber keine Beben aufweisen.

2. Die Kohlensäure

Es ist verständlich, daß tektonische Bodenbewegungen Erdbeben verursachen können, doch muß man sich auch die Frage stellen, ob nicht auch andere Ursachen dafür vorliegen können. Ich denke vor allem an die **K o h l e n s ä u r e**.

Die Verbreitung der Kohlensäure: Viele Sauerlinge entspringen in Gegenden mit tertiären Vulkanen. Bekannt sind die vielen Quellen im oststeirischen Vulkangebiet (Bad Gleichenberg, Sichelndorf, Radkersburg, Deutschgoritz und viele kleine Sauerlinge, die nicht genützt werden). Wahrscheinlich sind damit auch die etwas entfernten Sauerlinge verbunden (Güssing, Tatzmannsdorf).

Zahlreiche Sauerlinge im Vulkangebiet der Rhön, des Westerwaldes und der Eifel zeigen ebenfalls deutlich diese Zusammenhänge. Es handelt sich um Nachwirkungen des Vulkanismus.

Die Sauerlinge im Burgenland (Eisenhüttl, Gerersdorf, Goberling, Jasmannsdorf, Kobendorf, Oberschützen) entspringen meist aus tertiären Ablagerungen, hängen jedoch wahrscheinlich mit den tiefer liegenden Basalten zusammen.

Doch gibt es auch Sauerlinge, die außerhalb vulkanischer Gesteinsgebiete austreten; sie entspringen in kleinen Mengen aus Glimmerschiefern, Gneisen, Amphiboliten und Marmoren. Die Austrittstellen sind meist mit Störungen verbunden.

Der Sauerling von **Sauerbrunn bei Stainz** tritt aus Stainzer Plattengneis aus und ist an die NW—SO verlaufende StainztaI-Störung gebunden.

Die Sauerlinge bei **Zlaten** treten aus feinen Klüften des Amphibolites aus. Sie liegen in der WNW—OSO verlaufenden Trassattellinie.

Der Sauerling bei **Fentsch** (östlich Judenburg) wurde durch einen 8 m tiefen Brunnen zugänglich gemacht, er tritt aus Granatglimmerschiefern aus. Eine NW—SO streichende Störung ist nicht mit Sicherheit zu erkennen, doch zieht sie wahrscheinlich in das Seckauer Becken hinein.

Der kleine Sauerling bei **Stanz** quillt aus einem Tümpel auf und liegt an der StanztaI-Störung, die im N von Kalken des Semmering-Mesozoikums begrenzt wird.

Bei einem kleinen Brunnen östlich **Allerheiligen** kommt mit dem Trinkwasser etwas Kohlensäure mit, das aus dem Grundwasser des Talbodens austritt. Der Untergrund besteht aus Granatglimmerschiefern. Die Störung längs des Allerheiligrabens ist zu erkennen.

Der Sauerling von **Talheim** quillt aus Klüften von Marmor und Amphiboliten aus. Er liegt an der N—S streichenden Pölsalsstörung.

Die geringen Ergiebigkeiten sind meist darauf zurückzuführen, daß der Gasdruck nicht mehr ausreicht, das Wasser in den engen Wegen höher zu bringen. Entsprechende Vertiefungen würden in den meisten Fällen eine Vergrößerung der Schüttung bewirken.

Der Sauerling von **Preblau** tritt aus Klüften von Granatglimmerschiefern in geringen Mengen aus. Der von **Auen** zeigt Austritte aus Pegmatiten und Marmoren, der von **Weißbach** (westlich Wolfsberg) scheint aus Glimmerschiefern zu kommen. Alle diese Sauerlinge hängen mit der LavanttaIer Störung zusammen, die als ein Störungsbündel aufzufassen ist.

Der Sauerling von **Wildbad Einöd** entströmt aus Grundwasser. Eine Bohrung hat in 74 m Tiefe festen Fels aus Phyllit (Kalkphyllit) ergeben. Die Austrittstellen konzentrieren sich eng um das Kurhaus und hängen mit einer N—S streichenden Störung zusammen.

Der Sauerling von **Ebrach** bei Eisenkappel tritt aus Klüften von Granitgneis aus. Die Ergiebigkeit konnte durch Vertiefung der Austrittsstelle bedeutend erhöht werden. Er liegt an der alpin-dinarischen Grenze.

Die Sauerlinge von **Trebesing** und **Radl** fließen aus phyllitischen Gesteinen aus und liegen am Ostrand der Schieferhülle der Hohen Tauern, die eine markante Störung darstellt.

Der Sauerling bei **Abfaltersdorf** quillt aus phyllitischem Glimmerschiefer aus und kann vielleicht mit der DrautaI-Störung in Verbindung stehen.

Der Sauerling von **Prutz** entströmt phyllitischen Gesteinen (Engadiner Schiefer), die von Störungen begleitet werden.

Es erhebt sich die Frage, wie entsteht in diesen Gesteinen die Kohlensäure? In den Vulkangebieten ist ihr Vorhandensein als eine Nachwirkung des Vulkanismus zu erklären. Im Burgenland kann man die tiefer liegenden Basalte dafür verantwortlich machen. Im LavanttaI gibt vielleicht der Basalt von Kollnitz eine Erklärung, doch für viele Vorkommen bestehen keine derartigen Anhaltspunkte.

Vielfach wird die Meinung vertreten, daß diese Kohlensäure durch Einwirkung einer Säure auf Karbonatgesteine entsteht. Dieser Prozeß ist chemisch verständlich, doch bestehen trotzdem Bedenken.

a) Würde Kohlensäure aus Karbonatgesteinen hervorgehen, so müßten die Sauerlinge eine viel größere Verbreitung haben, da Kalke im Aufbau eine große

Rolle spielen. Sie fehlt aber in den Nördlichen Kalkalpen, den Kalken des Grazer und Murauer Paläozoikums, des Drauzugs u. a. m.

b) Es gibt Sauerlinge, die nicht mit Karbonatgesteinen in Verbindung stehen (z. B. Zlatten, Fentsch, Preblau, Ebriach).

c) Es ist nicht bekannt, daß bei den Karsterscheinungen (Höhlenbildungen) CO_2 frei wurde und sich in den Hohlräumen ansammelte. Auch die tiefen Schächte ergaben keine Kohlensäure.

Ich komme zu dem Ergebnis, daß die Sauerlinge nicht durch Einwirkung von Säuren auf Karbonatgesteine entstehen, sondern vertrete die Ansicht, daß die Kohlensäure — auch in nicht-vulkanischen Gebieten — vulkanischen Ursprungs ist. Sie kommt aus großer Tiefe und entsteht durch Entgasung des Magmas. Somit läßt sich zwischen der Kohlensäure aus vulkanischen und der aus nicht-vulkanischen Gesteinen kein Unterschied ersehen. Sie kommt aus der Tiefe, steigt verschieden hoch auf und gelangt stellenweise bis zur Erdoberfläche.

Wenn man nun die Kohlensäure-Vorkommen betrachtet, so fällt auf, daß sie stets an Störungslinien auftreten. Wenn die Kohlensäure aus der Tiefe kommt, wo man große Vorräte annehmen muß, könnten eigentlich viel mehr Kohlensäure-Austritte vorhanden sein. Ich vertrete daher den Standpunkt, daß Kohlensäure — Hoffungsgebiete angenommen werden können. Die Kohlensäure bleibt oft in der Tiefe stecken und hat nicht mehr die Expansionskraft höher zu steigen.

Auf Grund dieser Annahme gibt es in Österreich

3. Kohlensäure-Hoffungsgebiete

Diese Gebiete sind durch Störungen und Erdbeben gekennzeichnet.

Die Mürztal-Linie ist durch Erdbeben bekannt, sie treten nicht überall gleichzeitig auf und zeigen verschiedene Intensität. Sie konzentrieren sich hauptsächlich um Mürzzuschlag und Kindberg. Die zeitlichen Intervalle dauern oft mehrere Jahre. Daher vermute ich in der Mürztal-Linie Kohlensäurerlinge. Diese Annahme wird bestärkt durch die Tatsache, daß in der Nähe der Mürztal-Linie bei Stanz und Allerheiligen Sauerlinge austreten. Wenn dieses Gas aus der Tiefe kommt, so kann man dort wohl größere Mengen vermuten, die bisher noch nicht den Weg bis an die Oberfläche gefunden haben. Sie müßten durch Bohrungen erreicht werden.

Ein Kohlensäure-Hoffungsgebiet stellt auch das Pölstal dar, das nicht nur durch eine tief greifende Störung und Nebenstörungen ausgezeichnet ist, sondern in der Umgebung auch Sauerlinge aufweist (Talheim; Bergbau Fohnsdorf). Die Wahrscheinlichkeit, im Raume Pöls—Oberzeiring auf Kohlensäure zu stoßen, ist groß.

Von besonderer Bedeutung wäre das Inntal. Wenn die Konzentration der Erdbeben mit der Kohlensäure zusammenhängt, dann müßte man dort Sauerlinge finden, doch stellen sich bei den Bohrungen Schwierigkeiten ein. Es liegt eine mächtige Schotterschicht mit Grundwasser vor. Die austretende Kohlensäure wird daher vom Grundwasser aufgenommen und abgeführt.

Die Schwierigkeit liegt nun darin, daß die Schotter durchbohrt werden müßten, bis der Untergrund erreicht wird. Die Schottermächtigkeit könnte durch seismische Messungen bestimmt werden. Das Ansetzen der Bohrung erfolgt auf Grund entsprechender geologischer Vorarbeiten. Wenn auch bedeutende Hindernisse vorliegen, so muß die Massierung der Erdbeben einen Grund haben, den ich im Kohlensäurevorkommen finde.

Auch längs des Silltales bestehen Hoffungsgebiete für Kohlensäurevorkommen.

Ein weiteres Hoffnungsgebiet bildet die Neumarkter Gegend, wo ebenfalls Störungen durchziehen und etwas südlicher der Sauerling von Wildbad Einöd austritt.

Auch die Gegend um Obdach kann als ein Hoffnungsgebiet angesehen werden, denn hier finden wir die Fortsetzung der Lavantaler-Linie.

Über die Bohrtiefen lassen sich schwer Angaben machen. Da die Kohlensäure aus dem Erdinnern emporsteigt, kann man sie in verschiedener Tiefe antreffen. Durch Bohrungen hat man für Kurorte schon bei 500 m Tiefe Kohlensäure gefunden.

Für die Bohrtiefe bestehen in Österreich Anhaltspunkte. Im Hoffnungsgebiet Mürztal gibt es wahrscheinlich mehrere Punkte für Bohrungen, die in Tiefen von 100—200 m fündig werden, denn die benachbarten Sauerlinge von Stanz und Allerheiligen liegen in 600 m Höhe. Es ist wohl anzunehmen, daß benachbarte Austrittstellen einen ähnlichen Gasdruck aufweisen.

Das Kohlensäure-Hoffnungsgebiet von Oberzeiring liegt ca. 930 m hoch, der benachbarte Sauerling von Talheim 740 m. Daher besteht die Möglichkeit, daß man mit einer 200 m tiefen Bohrung bereits auf Kohlensäure stößt, vorausgesetzt, daß in der Nachbarschaft ähnliche Druckverhältnisse herrschen.

In Obdach müßte wegen der Überdeckung mit Tertiär mit ca. 300—400 m Bohrtiefe gerechnet werden.

Durch diese Bohrungen soll vor allem der Nachweis erbracht werden, daß in der Tiefe Kohlensäure vorhanden ist und zwar weit mehr, als man jemals geahnt hatte. Auf jeden Fall besteht die Möglichkeit, auch in geringeren Tiefen Kohlensäure zu erbohren.

Bohrungen auf Kohlensäure wären daher von größter Bedeutung und ihre Durchführung von Seiten des Landes und des Bundes in zeitlicher Aufteilung durchgeführt, würden sicher Erfolge bringen.

Anschließend bringe ich meine Vorstellung über den

4. Mechanismus der Kohlensäure und die Beziehungen zu Erdbeben

Es besteht die Annahme, daß die Kohlensäure wahrscheinlich mit Wasserdampf vermischt aus dem Magma austritt. Das Gas steigt durch die Expansionskraft an vorgezeichneten Wegen aufwärts. Steht nun kein Weg mehr zur Verfügung, oder der Druck erlischt, so bleibt sie stecken. Das kann in verschiedener Tiefe erfolgen. Da jedoch neue Gasmassen nachstoßen, kann es höher hinaufgepreßt werden und vielleicht sogar an die Oberfläche gelangen. Wir wissen heute, daß wir Kohlensäure in verschiedenen Tiefen erbohren können (bis 500 m Tiefel). Auch in der Südost-Steiermark wurden einige Sauerlinge erst durch Bohrungen erreicht (z. B. Radkersburg 84 m Tiefe, Sieldorf 40 m Tiefe, Deutschgoritz 20 m Tiefe).

Ich nehme an, daß die Kohlensäure infolge der Expansionskraft zeitweise nachstößt. Dieser Vorgang kann sich nach einer entsprechenden Pause wiederholen. Die aufstoßende Kohlensäure kann nun die betreffenden anschließenden Gesteine erschüttern und in den benachbarten, die in einer Auflockerungszone liegen, weitere Bewegungen auslösen, die als tektonische Beben weitergegeben werden.

Der erste Anstoß für ein Erdbeben liegt daher in den zeitweise auftretenden Gasstößen.

Damit läßt sich auch erklären, daß Erdbeben oft erst nach jahrelanger Unterbrechung wieder auftreten, denn es müssen erst wieder Gasmassen nachströmen, um einen entsprechenden Gasdruck zu erreichen, so daß explosionsartig ein Aufstoß erfolgen kann.

Es ist auch auffallend, daß in Gebieten, wo ständig Kohlensäure austritt, keine Erdbeben aufscheinen (z. B. oststeirisches Vulkangebiet), weil durch die ständige Abfuhr keine größere Gaskonzentration möglich ist.

Ich betone jedoch, daß diese Annahme nicht für alle Erdbeben gilt. Es können in labilen Krustenzonen immer noch rein tektonische Beben entstehen.

Man wird nun einwenden, daß der Gasdruck nie so stark ist, daß er Krustenteile bewegen könnte. Wir besitzen keine sicheren Angaben über den Gasdruck, wir wissen nur, daß bei Bohrungen die Kohlensäure oft meterhoch heraufgetrieben wird. Vielleicht ist gar kein so hoher Druck erforderlich, weil das Gestein an den Wegen der Kohlensäure meist arg zerrüttet ist.

Die tätigen Vulkane zeigen oft enorme Gaswirkungen; es werden nicht nur Lavagesteine 100 m hoch in die Luft geschleudert, sondern auch Spalten aufgerissen. Der Monte Peleé ist einer Gasexplosion zum Opfer gefallen.

Durch Bohrungen in Österreich wird man nicht sofort eine Einwirkung auf Erdbeben spüren, weil zwischen den einzelnen Beben größere zeitliche Abstände bestehen; außerdem werden an Erdbebenlinien 1—2 Bohrungen zu wenig sein; es wird daher eine geraume Zeit dauern, bis man Erfolge verzeichnen kann.

Wertvoll wären entsprechende Untersuchungen in größeren Erdbebengebieten, wie in Jugoslawien, Griechenland, Türkei. Wenn man dort auf Grund geologischer Vorarbeiten die Störungen untersuchte, damit die Säuerlinge in Verbindung bringt und entsprechende Bohrungen niederbringt, so könnte man am ehesten sichtbaren Erfolg erreichen.

Dieser Gedankengang erfordert von geologischer und seismischer Seite eine strenge Kritik. Es müßten vor allem die Seismogramme studiert werden, ob Anzeichen vorhanden sind, daß kurze Gasstöße darin aufscheinen.

Es ist jedoch der Hauptgedanke im Auge zu behalten: es besteht die Annahme, daß aus der Tiefe Gasmassen verschieden hoch aufsteigen. Diese Gasauftriebe können sich in zeitlichen Abständen wiederholen. Die Expansionskraft der Gase kann die benachbarten Gesteine erschüttern, wodurch in den stark gestörten Gesteinspartien tektonische Beben ausgelöst werden. Wenn es gelingt, die Expansionskraft der Kohlensäure zu vermindern, so müßte auch die erste Ursache für die Entstehung der Beben beseitigt sein.

Wenn wir daher in Hoffungsgebieten Kohlensäure entnehmen, so müßte die Wirkung der Beben geschwächt oder überhaupt sistiert werden.

Bohrungen in den Hoffungsgebieten können daher nicht nur Kohlensäure zu Tage bringen, sondern vielleicht auch die Erdbebenfrage lösen.

5. Zusammenfassung

1. Die Erdbeben in Österreich treten an tektonischen Störungen auf. Es gibt jedoch auch Störungslinien, an denen keine Erdstöße bemerkt werden.
2. In Österreich quellen Kohlensäuerlinge in vulkanischen Gegenden und seltener in nichtvulkanischen Gebieten zu Tage; sie sind ebenfalls an Störungen gebunden.
3. Die Kohlensäure kommt aus der Tiefe und ist vulkanischen Ursprungs.
4. Es gibt Hoffungsgebiete auf Kohlensäure, die an Störungen gebunden sind.
5. Die Aufschließung der Säuerlinge durch Bohrungen würde wichtige Anhaltspunkte für ihre Verbreitung geben.
6. Die aus der Tiefe zeitweise nachstoßende Kohlensäure erschüttert die Gesteine und löst tektonische Beben aus.
7. Durch die Aufschließung von Kohlensäure wird die Stoßkraft der Gase gemindert und es kann eine Schwächung oder Sistierung der Erdbeben eintreten.

6. Literatur

- HERITSCH F. 1908. Über das Mürztaler Erdbeben am 1. Mai 1885. — Mitt. Erdbebenkomm., 32:140.
- STÜCKER N. 1918. Das Judenburger Erdbeben vom 1. Mai 1916. — Mitt. Erdbebenkomm., N. F., 54:418.
- THURNER A. 1970. Kohlensäure-Störungszonen-Erdbeben in Österreich. — Naturwiss. Rdsch., Heft 9.
- TOPERCZER M. & TRAPP E. 1950. Ein Beitrag zur Erdbebengeographie Österreichs. — Mitt. Erdbebenkomm., N. F., 65.
- TRAPP E. 1969. Die Erdbeben Österreichs 1949—1969. — Mitt. Erdbebenkomm., N. F., 67.
- 1973. Die Erdbeben Österreichs. — Mitt. Erdbebenkomm., N. F., 72.

Anschrift des Verfassers: Univ.-Prof. Dr. Andreas THURNER, Sporgasse 32,
A-8010 G r a z.