

## Vorgehen bei Gasaustritten aus Erdwärmesondenbohrungen



### Impressum

---

Auftraggeber:

Baudirektion Kanton Zug, Amt für Umwelt  
Aabachstrasse 5  
6300 Zug  
[www.zg.ch/afu](http://www.zg.ch/afu)

---

Auftragnehmer:



Geo Explorers AG  
Wasserturmplatz 1  
4410 Liestal  
[www.geo-ex.ch](http://www.geo-ex.ch)

Zug, im November 2024

## Einleitung

Im Mittelland und Alpenvorland erfolgten in der Vergangenheit vereinzelt stärkere Erdgas-Austritte während Bohrarbeiten für Erdwärmesonden (EWS)-Anlagen. Auch unkritische Erdgas-Indizien und Spuren von Erdöl wurden wiederholt festgestellt.

Im Nachgang eines grösseren Gasaustrittes in Rotkreuz im Jahr 2024 wurde vorliegendes Merkblatt erstellt. Erkenntnisse aus diesem und umgebenden Gasaustritten werden im vorliegenden Merkblatt berücksichtigt. Dieses soll im «Gasfall» helfen, dass von beteiligten Bohrfirmen, Geologiebüros und / oder Kantonsvertretern rasch geeignete Massnahmen getroffen werden können.

## Gasvorkommen

Verschiedenste Bohrungen zeigen in der Molasse Erdgaszutritte und -anzeichen in EWS-Bohrungen. Im Entlebuch wurden u.a. aus der Bohrung Entlebuch-1 74 Millionen Kubikmeter Erdgas gefördert. Die Zutritte oder Anzeichen von Methan wurden im Mittelland und Alpenvorland in verschiedensten Tiefen von einigen Zehner Metern bis mehrere Kilometer registriert. Die gemessenen Gasdrücke in EWS am eingeschlossenen Bohrlochkopf erreichten zum Teil Werte von 4 bis 20 bar. Auf Grund der dominant thermischen Signatur vom Erdgas wird dessen Herkunft in den Kohlelagen im unterlagernden Permokarbon und/oder marinen Sedimenten im Mesozoikum angenommen. Die Erdgasvorkommen liegen in den porösen und/oder geklüfteten Molasse-Sandsteinen und Nagelfluhlagen, die von dichten tonigen Lagen überlagert werden. Einige Gasaustritte konnten mit Hilfe von eingepumptem Wasser oder Schwerespülung gestoppt werden. In Fällen mit starken Gaszutritten und hohem Druck wurden die Vorkommen kontrolliert abgefackelt. Auf Grund ihrer kleinen Vorkommen erloschen die Gasflammen während dem Abfackeln von Gasvorkommen meist nach wenigen Tagen.

Beispiele für grössere bekannte «Gasfälle» und Gasvorkommen im Kantonsgebiet Zug sind:

- EWS in Rotkreuz vom 8. März 2024 in 240 m Tiefe (in porösen Sandsteinlagen der Oberen Süsswassermolasse [OSM])
- EWS in Walchwil im Jahr 1996 in 275 m Tiefe (in zerklüfteter Zone der Unteren Süsswassermolasse [USM])
- Die 3'288 m tiefe Kohlenwasserstoff-Tiefbohrung Hüenberg-1 von 1965 hat in tieferen Schichten der USM nur schwache Gasindizien angetroffen.

## **Kritische Gas Werte**

### **Methan CH<sub>4</sub>**

Eine Explosionsgefahr besteht bei einer Konzentration in der Luft von 4,4 bis 16,5 Vol % durch Funken, Flammen etc. Methan ist leichter als Luft und reichert sich in Kavernen an. Der Alarmwert für tragbare Gaswarngeräte liegt meist bei 10 % der unteren Explosionsgrenze (UEG).

### **Schwefelwasserstoff H<sub>2</sub>S**

Wenige ppm riechen nach faulen Eiern. Bei >100 ppm treten nach wenigen Minuten Vergiftungssymptome (Reizung Augen, Lunge, ...) auf. Bei 500 ppm tritt nach einigen Minuten Benommenheit auf. Nach 30 bis 45 Minuten kommt es zur Bewusstlosigkeit. Ab 1500 ppm tritt der Tod nach wenigen Minuten ein. H<sub>2</sub>S explodiert bei 4,5 bis 45,5 Vol %. H<sub>2</sub>S ist schwerer als Luft. Übliche untere Alarmwerte liegen bei 5 ppm H<sub>2</sub>S.

### **Kohlenstoffdioxid CO<sub>2</sub>**

Gefahr durch Ersticken. 8-10 Vol.% in der Luft führt zu Kopfschmerzen und Atemnot. Konzentration > 20 Vol % führt zum Tod. Eine Kerze erlöscht bei 17 bis 18 Vol%. CO<sub>2</sub> ist schwerer als Luft. Übliche untere Alarmwerte liegen bei 5000 ppm CO<sub>2</sub>.

### **Sauerstoff O<sub>2</sub>**

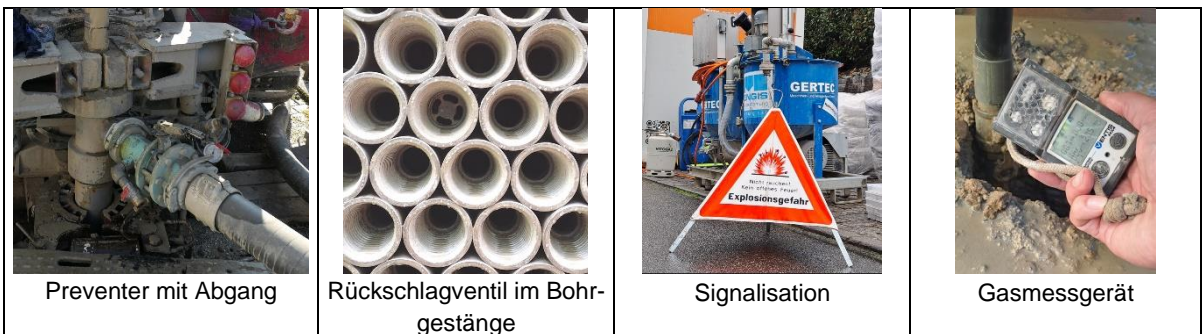
Der übliche Sauerstoffgehalt in der Luft liegt bei 21 %. In der ausgeatmeten Luft liegt der Sauerstoffgehalt bei ca. 16 %. Bei einem Sauerstoffgehalt von < 13 Vol % tritt rasch Bewusstlosigkeit und bald der Tod ein. Übliche untere Alarmwerte liegen bei 19,5 Vol %.

## Vorgehen bei Gasaustritt

### Vorkehrungen in kritischen Gebieten

In kritischen Gebieten sollte die Bohrequipe mit allen erforderlichen Materialien für die Intervention im Störfall ausgerüstet sein und Erfahrung im Umgang damit haben:

- Preventer mit zusätzlichem Abgang, Ventil und Manometer
- Rückschlagventile im Bohrgestänge verhindern, dass ein unnötiger Ausbau oder "Fischen" vom im Bohrloch abgestellten Gestänge notwendig wird
- Signalisationen und Absperrband
- Gasmessgerät, das vor Erreichen der unteren Explosionsgrenze der brennbaren Gase Methan, Propan usw. ein akustisches und optisches Warnsignal abgibt.
- Vorgängige Instruktion des Personals bzgl. Vorgehen, Notfallmassnahmen, Rauchverbot usw.



### Folgendes Material sollte in Kürze einsatzfähig zur Verfügung stehen

- Abfackelungseinrichtung mit ausreichend Schlauchlänge (je nach Entfernung zum Ort des Abfackelns sind mehrere 100 m notwendig) und vorgängiger Definition eines geeigneten Standorts zum Abfackeln bei Berücksichtigung von Gebäuden und Windrichtung (viele Bohrfirmen haben eigene Gasfackeln, meist aus einem Standrohr selbst gebaut)
- Spülungszusätze zum Beschweren der Bohrspülung
- Ein Ventilator kann im Fall von oberflächennahen unkontrollierten Ausgasungen von Nutzen sein.
- Geeigneter Injektionsbaustoff (z.B. Arteserzement, aber zumindest frostbeständige Fertigezementmischungen)
- Pneumatischer Packer passend zu Bohrlochdurchmesser (eher nicht für die Verwendung bei der akuten Bekämpfung des Gasaustrittes, sondern vielmehr nach der erfolgreichen Gasbekämpfung, wenn z.B. eine Sonde eingebaut werden soll und mit Zementverlusten gerechnet werden muss)



### **Des Weiteren gilt**

- Berücksichtigung der Auflagen in der gewässerschutzrechtlichen Bewilligung für Erdwärmee-nutzung
- Grundsätzlich gelten die Bestimmungen in der SIA 384-6 2021 (unter anderem E.4).
- Kontinuierlicher Einsatz des Gasmessgerätes im Bereich der Bohrung und Schlammmulde.
- Geeignete Wasserzuleitung vom nächsten Hydranten in Absprache mit Gemeinde / Wasser-versorgung sicherstellen.
- Ausreichend grosses Absetzbecken. Mulde sollte vorsorglich ausreichend weit entfernt von brennbaren Objekten / Gebäuden platziert werden, falls das Gas in der Mulde angezündet werden muss.
- Telefonnummern Feuerwehr, Polizei, zuständigen Fachperson des Kantons, geologisches Fachbüro sollten vorhanden sein. Das geologische Fachbüro und evtl. die örtliche Feuer-wehr sollten vorweg informiert werden.
- Wenn möglich sollte eine Bohrung am selben Tag gebohrt, ausgebaut und dicht hinterfüllt werden. Falls dies nicht möglich ist, sollte die Bohrung über Nacht bzw. Wochenende druck-dicht verschlossen sein.
- Rauchverbot und Zündquellen fernhalten

## Vorgehen im Gasfall mit Explosionsgefahr

### Kritische Phase, Explosionsgefahr

- Gasaustritt wird festgestellt, Alarm von Gaswarngerät
- Sofortiger Bohrstopp, Abstellen der Maschinen u. elektrischer Geräte
- Explosionsgefahr, Eigenschutz geht vor, Personen in Sicherheit bringen
- Alarm an Feuerwehr 118 und Polizei 117
- Sicherung Baustelle, Zugang absperren
- Anwohner, Passanten, Baustellen-Personal usw. vor Gefahr informieren bzw. evakuieren
- Bei grosser Gefährdung kann in Absprache mit der Feuerwehr das Gas in die Mulde geleitet (im Normalfall erfolgt dies mit dem Bohrschlamm ohnehin) und dort gezündet werden. Alternativ kann mit Kompressorluft der Gasaustritt am Bohrloch verdünnt werden. Dabei weiterhin kontinuierliche Gasmessungen durchführen.
- Im sicheren Bereich auf Feuerwehr warten
- Begleitendes geologisches Fachbüro und Amt für Umwelt informieren (Schadensdienst via Polizei anbieten)
- Klären, ob die **Bohrung eingeschlossen** werden kann oder das Gas in der Bohrung entlastet werden muss. Der Einschluss bewirkt, dass sich das Gas bei hohen Drücken oft einen anderen Weg sucht und kontrolliert zu Tage austritt (es gibt Bsp. dass bis > 100m entfernt Gas ausgetreten ist und Gas in Kellern und in der Kanalisation gemessen wurde). Evtl. ist es weniger gefährlich, wenn das Gas weiterhin frei austritt und z.B. in die Schlammmulde geleitet wird und dort entzündet wird. D.h. bei der Installation der Gerätschaften im Gasgebiet darf insbesondere die Mulde nicht zu nah am Gebäude platziert werden.



Gasmessungen



Alarmierung



Absichern / Informieren

## Erste Massnahmen nach Eintreffen der Feuerwehr

- Mit Wasserschirm brennendes Gas kontrollieren
- Kontrollieren, ob es weitere Gasaustritte rund um die Bohrung z.B. entlang der Hauswand oder aus benachbarten EWS oder in umliegenden Kellern / Kanalisation gibt, gegebenenfalls diese Gasaustritte mit Ventilatoren verdünnen und gefährdete Bewohner evakuieren. (Beispiele zeigen, dass solche Austritte bis > 100m entfernt auftreten können)
- Evtl. Chemiewehr für **Gasmessungen** aufbieten (brennbare / explosive Gase wie Methan, H<sub>2</sub>S und CO<sub>2</sub> messen)
- Anwohner informieren, **evakuieren** im Gefahrenbereich
- So bald wie möglich **Besprechung weiteres Vorgehen** mit geologischem Fachbüro, Amt für Umwelt, Bohrfirma, Feuerwehr
- Bohrmeister installiert unter Schutz von Feuerwehr **Preventer mit Manometer**. Gestänge soll nicht ausgebaut werden, da sonst nicht mehr mit einer Schwerespülung reagiert werden kann. Häufig hat es Rückschlagventile im Gestänge, so dass ein Ausbau nicht notwendig ist. Falls keine Rückschlagventile im Bohrgestänge verbaut wurden, Gestänge unterhalb Preventer abschrauben und im Bohrloch abstellen oder Rohrverlängerung auf Schutzrohr setzen und darauf Preventer schrauben, so dass ein nachfolgendes "Fischen" vom Gestänge nicht notwendig wird. Bohrung kurz einschliessen und **Kopfdruck messen** (Kopfdruck ist entscheidend für weitere Massnahmen).
- In erster Priorität wird das Gas abgefackelt. Da die Gastaschen meist klein sind, ist dies kurz- und langfristig das sicherste Vorgehen. Dazu **Ableitung mit Gasfackel** auf freier Fläche installieren (kann einige 100 m entfernt sein) und Gasfackel entzünden. Diese muss dauerhaft kontrolliert werden (zu Beginn von Feuerwehr, später z.B. via Sicherheitsdienst). Wenn Flamme erlischt z.B. durch Wind oder von zusammen mit dem Gas gefördertem Wasser, muss diese sofort wieder angezündet werden. Es wird so lange abgefackelt, bis die Gastasche geleert ist. Dies kann ein paar Tage dauern. Täglich wird kurz der **Kopfdruck am Preventer** gemessen. Sollte sich dieser nicht ändern, so wird in Absprache mit Bohrfirma, geologisches Fachbüro, Amt für Umwelt, Bauherrschaft, Versicherung, Feuerwehr ein alternatives Vorgehen aufgegleist (z.B. Füllen des Bohrloches mit einer Schwerespülung).
- Alternativ: Wird entschieden, dass nicht abgefackelt werden muss bzw. kann, so wird **Wasser oder von Vorteil eine Schwerespülung** über das Gestänge ins Bohrloch gepumpt. Damit wird ein Gegendruck aufgebaut, der den Gasaustritt stoppt. Dies kann z.B. der Fall sein, wenn ein Abfackeln zu gefährlich ist, die Gasflamme ständig erlischt u./o. an verschiedenen Orten Gas austritt und zur Gefahr wird.





### Massnahmen, nach erfolgter Sicherung des Bohrlochs / Stabilisierung

- **Gesamtlagebesprechung** mit allen vor Ort (Amt für Umwelt, Gemeinde, Feuerwehr, Polizei, Chemiewehr, Versicherungen, Bauherrschaft, geologisches Fachbüro) und Definition **weitere Vorgehen / Rückbau bzw. Abdichtung Bohrloch**
- Weiterhin Kontrolle **Gasfackel und Gasdruck**
- mögliche **weitere Gasaustritte** um das Bohrloch beobachten und kontrollieren
- Meldung Vorfall der **Arteserversicherung**

## Rückbau

Rückbau, nachdem Gasflamme erloschen ist bzw. Gaskopfdruck durch Eingabe von Wasser oder Schwerespülung 0 bar zeigt und kein Gas am Bohrlochkopf gemessen wird.

Folgende Möglichkeiten bestehen:

A: Komplette Verfüllung des Bohrlochs ohne Einbau EWS → **Fall A**

B: Zweistufige Verfüllung mit Einbau EWS (Einbau einer diffusionsdichten Sonde) → **Fall B**

C: Setzen eines pneumatischen Packers oberhalb der Gaszutritte mit oder ohne Einbau EWS → **Fall C**

Es wird empfohlen, dass nach dem Leeren der Gastasche durch das Abfackeln nicht weiter gebohrt wird und auch keine Sonde eingebaut wird. Eine komplette Verfüllung bietet den grössten Langzeitschutz. Dies ist nicht notwendig bei Gasindizien oder nicht feststellbaren Gaskopfdrücken.

Um eine dichte und dauerhafte Verfüllung zu garantieren, sollte mindestens eine **frostbeständige Fertigmischung** injiziert werden. Empfohlen wird ein Arteserzement mit einer Suspensionsdichte von min. 1.8 kg/l.

### Fall A: Komplette Verfüllung Bohrloch

- Warten, bis Gasfackel erloschen ist. Falls Gasfackel nicht erlischt, kann der Gaszutritt mit einer Schwerespülung oder gemäss Fall C gestoppt werden.
- Ausbau Gestänge (Check Gaskonzentration)
- Einbau Injektionsrohr evtl. mit Schwerestangen und Gewebestrumpf im Bereich der Gaszutritte, um Suspensionsabflüsse zu minimieren
- Injektion Verfüllsuspension von unten nach oben (auf richtiges Mischungsverhältnis Wert legen, evtl. digitale Verfüllmessung vorsehen, um den im Bohrloch ansteigenden Suspensionsspiegel zu kontrollieren)

Sollte der Suspensionsspiegel am nächsten Tag abgesackt sein, wird nachinjiziert.

### **Fall B: Einbau EWS**

- Einbau EWS nur im Fall, wenn Gas vollständig abgefackelt wurde (Gaskopfdruck = 0 bar).
- Ausbau Gestänge (Check Gaskonzentration)
- Stufenzementation: Erste Verfüllung des Bohrlochs bis ca. 20 m oberhalb der Gaszutritte. Hinterfüllvorgang wie im Fall A. Vor Einbau der Sonde sollte zur Sicherheit der erhärtete Pegel der Verfüllung abgetastet werden. Sollte die Verfüllsuspension abgeflossen sein, muss in Absprache mit dem geologischen Fachbüro und Amt für Umwelt ein alternatives Vorgehen aufgegleist werden (z.B. Einbau pneumatischer Packer).
- Einbau einer diffusionsdichten Erdwärmesonde und Hinterfüllung dieser bei Beachtung der oben genannten Empfehlungen.

Von Vorteil wird eine Entgasungsanlage installiert, die ins Freie führt. Die Einführung in das Haus muss gas- und wasserdicht ausgeführt werden.

### **Fall C: Pneumatischer Packer**

- Erfolgt weiterhin ein Gasaustritt, ist ein Ausbau des Gestänges und Wiedereinbau mit einem Packer eine gefährliche und langwierige Aktion. Daher ist ein Packer zur Bekämpfung des Gasaustrittes eher nicht zu empfehlen. Er kann aber als abschliessende Massnahme eingesetzt werden, wenn kein Gas mehr austritt und erwartet werden kann, dass die Verfüllsuspension in Hohlräumen abfließt.
- Ausbau Gestänge (Check Gaskonzentration)
- Einbau pneumatischer Packer auf von geologischer Fachperson definierter Tiefe
- Nach dem Spannen des Packers wird ein Zementpfropfen von rund 10 bis 20 m Länge oberhalb vom Packer injiziert. Ein unmittelbares vollständiges Verfüllen bis GOK ist nicht zu empfehlen, um ein Verrutschen bzw. eine Schädigung des Packers zu vermeiden.
- Nach Aushärtung des Zementpfropfens kann die restliche Bohrlochsäule von unten nach oben injiziert werden. Oder es kann alternativ eine Erdwärmesonde eingebaut werden.

