

# Erfolgreicher Versuch einer Höhlendetektion mit Georadar (GPR)

## ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Artikel beschreibt die versuchsweise Anwendung von Georadar (GPR) zur Ortung einer bekannten und vermessenen Höhle, der Güntherhöhle (2921/2) am Hundsheimer Berg, Niederösterreich. Durch den bekannten Verlauf der Höhle besteht eine gute Möglichkeit zur Verifizierung des Messergebnisses. Der 20 – 30 m unter der Oberfläche liegende Hohlraum bildet sich mit klar erkennbaren Reflexionen im Radarbild ab. Der Hohlraum ist eindeutig zu identifizieren, für eine genauere Lage- oder Formbestimmung reichte die räumliche Auflösung der Messanordnung jedoch nicht aus. Als erstaunlich erweist sich das gute Signal-Rauschverhältnis und die daraus resultierende hohe Erkundungstiefe (>25 m) der 40-MHz-Antennenkonfiguration.

## ABSTRACT

This article shows the successful application of delineating a known cave (Güntherhöhle, 2921/2, Lower Austria) with Ground Penetrating Radar (GPR). Reflections from the cave can be clearly seen in two profiles, and furthermore, hints for a shallow and unknown cavity are also found in both profiles.

The penetration depth gained by the 40 MHz-Antenna is larger than 25 m. The shape and depth range of the most prominent reflections fit well with the cave chamber "Rote Halle".

## Michael Behm

Inst. f. Geodäsie und Geophysik,  
Gusshausstrasse 27-29, 1040 Wien  
[mbehm@luna.tuwien.ac.at](mailto:mbehm@luna.tuwien.ac.at)

## Lukas Plan

Inst. f. Geologische Wissenschaften,  
Althanstrasse 14, 1090 Wien  
[lukas.plan@univie.ac.at](mailto:lukas.plan@univie.ac.at)

## Karl Heinz Roch

Inst. f. Geodäsie und Geophysik,  
Gusshausstrasse 27-29, 1040 Wien  
[khroch@luna.tuwien.ac.at](mailto:khroch@luna.tuwien.ac.at)

eingelangt: 16.5.2005

angenommen: 21.07.2005

## EINLEITUNG

GPR (Ground Penetrating Radar, Georadar) stellt eine zerstörungsfreie Methode zur Untergrunderkundung dar. Die Messmethode beruht auf der Abstrahlung elektromagnetischer Wellen (EM-Wellen), wobei die im Untergrund entstehenden Reflexionen Rückschlüsse auf Strukturen und Inhomogenitäten zulassen.

Neben diversen Anwendungen in verschiedenen Teilgebieten der Geologie gibt es in der Literatur auch Arbeiten über die Anwendungen im Karst (z.B. Luetscher, 1999; Chamberlain et al., 2000; Beres et al., 2001). Neben der Detektion von Grundwasserhorizonten und Hohlräumen zeigen Al-fares et al. (2002), dass auch Aussagen über die

Mächtigkeit des Epikarstes gemacht werden können. Am Institut für Geodäsie und Geophysik der Technischen Universität Wien steht ein Georadar mit verschiedenen niederfrequenten Antennen zur Verfügung. Die vorliegende Arbeit soll zeigen, inwieweit sich die Erfolge in anderen Karstgebieten auf alpine Gebiete umlegen lassen. Daneben sollten eine geeignete Gerätekonfiguration und eine optimale Handhabung des Gerätes erprobt werden.

Als Testgebiet wurde die Umgebung der Güntherhöhle bei Hundsheim ausgewählt, da hier leichte Zugänglichkeit und wenige störende Faktoren wie Vegetation, Felskanten und anthropogene Einflüsse gegeben sind.

## PRINZIP DES GPR

Von einer Dipol-Antenne werden sehr kurze elektromagnetische Impulse ausgesandt. Ändern sich die elektromagnetischen Eigenschaften (Dielektrizität

und elektrische Leitfähigkeit) im Ausbreitungsmedium (Untergrund), so wird ein Teil der Energie reflektiert und von einer weiteren Antenne empfan-

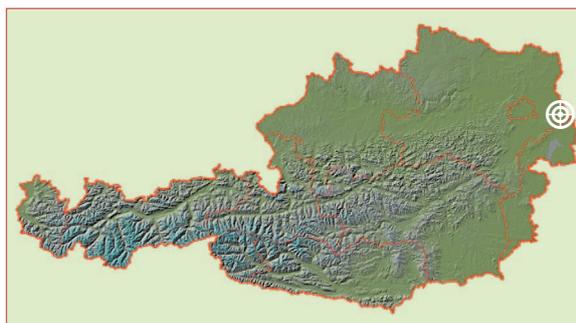


Abb. 2 (oben): Lage des Hundsheimer Berges.

Abb. 1 (links): Das verwendete GPR-System (GSSI SIR 2, Dipol-Antenne, Tragerahmen) bei einer Messung am Hochschwab (in diesem Fall mit 80 MHz-Antenne).

gen. Aus der Zeitdifferenz zwischen Abstrahlung und Empfang des Signals können Strukturen im Untergrund bestimmt werden.

GPR findet vor allem in der Erkundung oberflächennaher Strukturen (0,5 – 10 m) Anwendung. Typische Einsatzgebiete in diesen Tiefen sind z.B. Rohrleitungssuche, Tiefenbestimmung von Grundwasserhorizonten, Mächtigkeitsbestimmung von zerrüttetem Oberflächenmaterial, Sedimenten und Eis,

Detektion von Störungszonen, Bauwerksanalysen. Anwendungen im Kalk und Karst werden z.B. in Luetscher, (1999) und Al-fares et al. (2002) beschrieben. Wesentlich höhere Erkundungstiefen (150 m – 250 m) sind mit niederfrequenten Antennen vor allem in Medien mit geringer Dämpfung (z.B. Eis) möglich. Für die hier beschriebene Messung ist der Aufbau der Messapparatur in Abb. 1 gezeigt.

## UNTERSUCHUNGSGEBIET

Die Güntherhöhle (2921/2) liegt am Südhang des Hundsheimer Berges (480 m), südlich von Hainburg an der Donau (Abb 2), wobei der Eingang in einem kleinen Steinbruch angefahren wurde (Abb. 3, 4). Der Hundsheimer Berg ist Teil des Unterostalpins und wird aus schwach metamorphen Kalken und Dolomiten der Mitteltrias aufgebaut, die eine deutliche Schieferung im dm-Bereich aufweisen. Aufgrund des trockenen pannonischen Klimas wachsen auf einem Rohboden lediglich Trockenrasen und vereinzelt Büsche.

Die unter phreatischen, ev. auch hydrothermalen Bedingungen entstandene Höhle ist 206 m lang und besteht im Wesentlichen aus zwei Hallen, von denen kleinräumigere Strecken abzweigen. Das Ende stellen mit Sand verlegte Röhren dar (Fink et. al., 1979). Die schräge Rote Halle, oberhalb der die gemessenen Profile verlaufen, misst etwa 8 x 8 m Grundfläche und knapp 10 m Gesamthöhe, wobei der Schrägabstand vom Höhlenboden zur Decke max. 2 – 3 m beträgt. Der Boden der Halle liegt ~25 m unter der Geländeoberkante (Abb. 6).

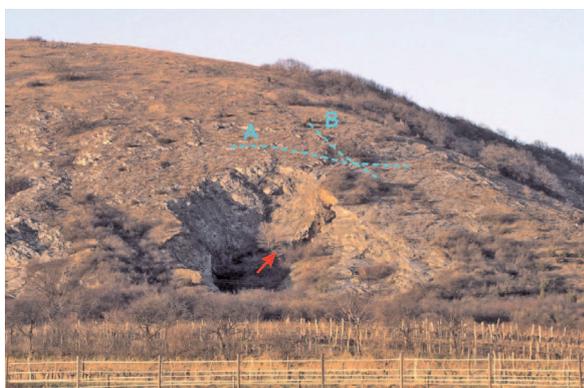


Abb. 3: Südhang des Hundsheimer Berges mit der Lage der in Abb. 5 dargestellten Profile (Pfeil zeigt zum Höhleneingang).

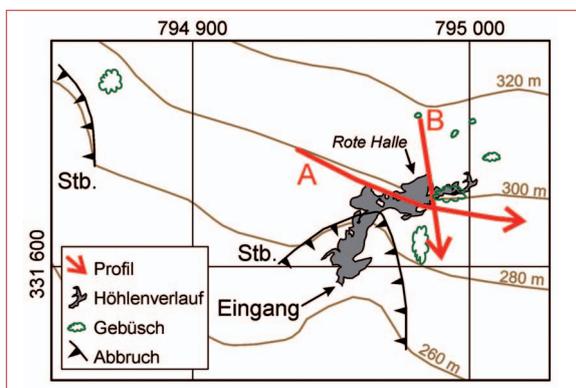


Abb. 4: Lage der in Abb. 5 dargestellten Profile (A, B) und Höhlenverlauf. Koordinatengitter: Bundesmeldenetz [m].

## MESSUNG

Die Lage der Profile und der Verlauf der Höhle sind der Abb. 4 zu entnehmen. Gemessen wurde einmal punktwise mit einem fixen Messpunktabstand von 3 m, ein zweites Mal im kontinuierlichen Modus. Dabei wird in einem vorgegebenen Zeitfenster eine konstante Zahl von Einzelmessungen (z.B. 32/sec) ausgeführt. Wird das Messgerät dabei gleichmäßig entlang des Profils bewegt, so lässt sich das erhaltene Bild ebenfalls mit dem Gelände in Beziehung setzen. Es zeigte sich, dass jeweils dieselben Strukturen erkennbar sind, die kontinuierliche Messung aufgrund der größeren Spurdichte jedoch die besseren Ergebnisse erbrachte. Deshalb werden im Folgenden nur Abbildungen der kontinuierlichen Messung gezeigt.

Die punktwise Messung wurde am 19.5.2003, die kontinuierliche Messung am 22.4.2005 durchgeführt. An beiden Tagen herrschten vergleichbare und günstige, weil trockene Messbedingungen. Die Gerätekonfiguration ist der Tab. 1. zu entnehmen.

Tab. 1. Gerätekonfiguration –  
Kontinuierliche Messung

Frequenz der Antenne	40 MHz
Länge der Dipol-Antenne	2,4 m
Scans/Sekunde	16
Länge des Zeitfensters	800 ns
Sample-Rate	1024 samples / scan

## ERGEBNISSE

Insgesamt wurden zur Interpretation 2 Profile herangezogen (Abb. 5a,b), deren Lage aus Abb. 4 ersichtlich ist. Profil A ist 81 m lang, und Profil B ist 63 m lang. Bei Profil B ist zu beachten, dass die Geländehöhe von N nach S um rund 30 m abfällt. Profil A verläuft hingen

auf einer mehr oder minder konstanten Höhe. Die Geländeoberkante (GOK) ist in Abb. 5 eingezeichnet. Der Kreuzungspunkt ist in beiden Profilen bei Profilmeter 43. Die umgerechnete und migrierte Tiefe ergibt sich unter der Annahme einer Ausbreitungs-

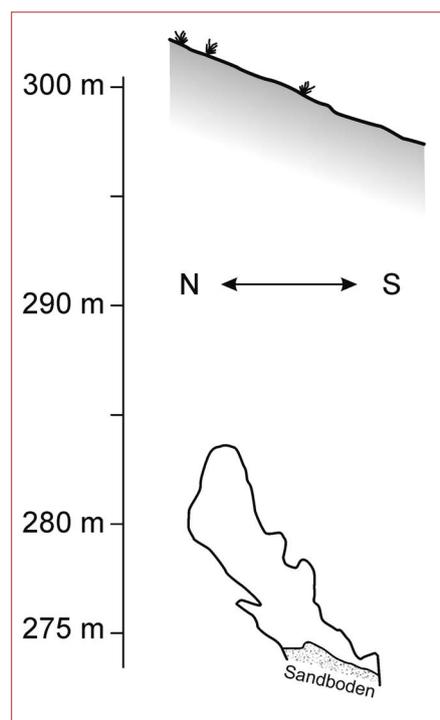
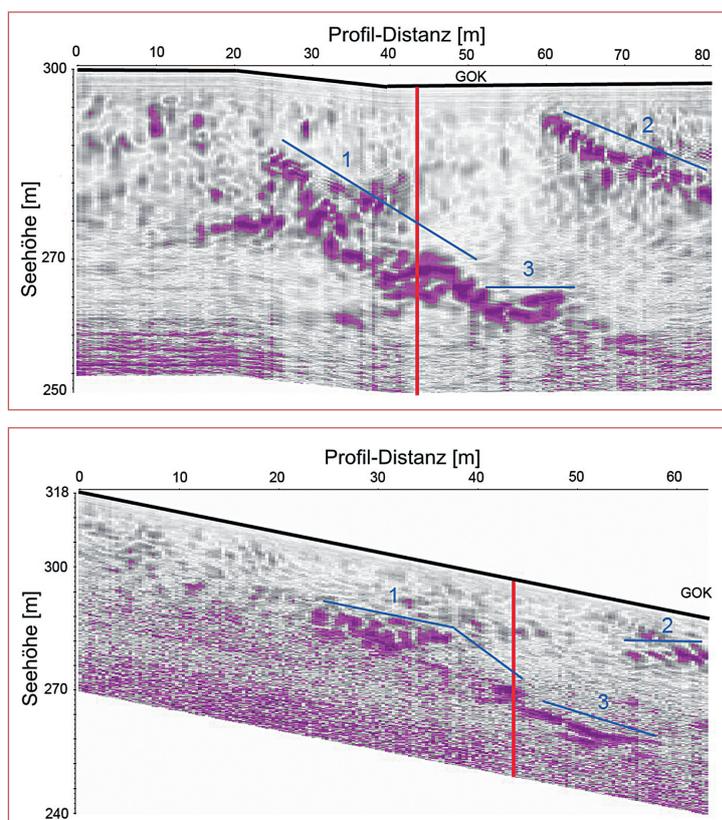


Abb. 6: N-S-Profil durch die Rote Halle (nach Entwürfen von J. Wirth).

Abb. 5a, b: Messergebnisse (Radargramme) der kontinuierlichen Messung in Form der Einhüllenden der Spur (Betrag der komplexen Amplitude). Diese Darstellung ist ein Maß für die Reflektivität und verstärkt somit den Kontrast Fels – Hohlraum. Profil A (oben): West-Ost (81 m Länge), Profil B (unten): Nord-Süd (63 m Länge). Der Kreuzungspunkt der beiden Profile ist durch die rote Linie angedeutet. Blaue Linien mit Nummern bezeichnen im Text beschriebene Reflexionselemente. GOK = Geländeoberkante.

geschwindigkeit von 0,12 m/ns für Kalk. (Davies & Annan, 1989). Zur exakten Geschwindigkeitsbestimmung aus den Messdaten selbst konnten keine verwertbaren Reflexionshyperbeln gefunden werden. Zum Vergleich mit den Radargrammen ist in der Abb. 6 ein Profil durch die Rote Halle, die unter dem Profil B liegt, dargestellt. Die unterschiedliche Höhe der Roten Halle kann durch die lediglich angenommene Ausbreitungsgeschwindigkeit erklärt werden. Das Haupt-Reflexionsband (Reflexion 1) ist in dem W-O verlaufenden Profil A zwischen den Profilmeter 20 und 50 deutlich zu erkennen und weist Tiefen zwischen 12 und 32 m auf. Eine Reflexion von der Abbruchkante des Steinbruchs ist auszuschließen, da der tiefste Punkt (zeitlich spätester Einsatz) dem kürzesten Abstand zur Abbruchkante entspricht. Am wahrscheinlichsten erscheint der Ursprung dieses Signals im Ansteigen der Höhlenräume von SO nach NW begründet. In Profil B zeigt sich dieselbe Struktur, allerdings nicht so deutlich. Aufgrund der Lage des Höhlenraumes dürften in beiden Profilen die tiefen Reflexionen nicht direkt von „unten“ kommen, sondern von zur Profilrichtung seitlich versetzten Teilen. Die gezeigte Tiefe wäre

damit als zu groß anzusehen. Dieser Fehler würde bei der Annahme eines Horizontes in 25 m Tiefe und eines seitlichen Versatzes von 5 m jedoch lediglich einen halben Meter ausmachen. Die genaue Struktur des Höhlenraumes ist jedenfalls nicht erkennbar, wofür es zwei Gründe gibt: Einerseits dürfte die Größe des Raumes im Verhältnis zur Wellenlänge zu klein sein, andererseits überlagern sich aufgrund der komplizierten 3D-Struktur zahlreiche Reflexionen.

Die sehr klaren Reflexionen (Reflexion 2) im Tiefenbereich zwischen 4 und 10 m am östlichen Ende des Profils A bzw. am südlichen Ende des Profils B sind mit keinem bekannten Höhlenteil in Verbindung zu bringen.

Bei ca. 265 m Seehöhe bilden sich bei Profil A zwischen Profilmeter 50 und 65 und bei Profil B zwischen Profilmeter 50 und 60 ebenfalls starke Reflexionen (Reflexion 3) ab. Bei Profil A kann dies auf seitliche Einflüsse (Sandteil, östlichster Teil der Höhle) zurückgeführt werden, nicht jedoch bei Profil B. Eine mögliche Erklärung wäre, dass sich der Höhlenraum im Sandteil nach Süden fortsetzt, jedoch komplett verfüllt ist.

## SCHLUSSFOLGERUNG

Der Höhlenraum ist bis 25 m unter der Geländeoberfläche klar erkennbar. Diese hohe Eindringtiefe bei gleichzeitig gutem Signal/Rausch-Verhältnis ist für die vorherrschende Geologie und die gewählte Antennenfrequenz erstaunlich, dürfte aber wahrscheinlich auf die „Trockenheit“ des Karstes zurückzuführen sein, zumal bei beiden

Messkampagnen trockenes und warmes Wetter gegeben war. Eine weitere Reflexion am Ende beider Profile lässt einen unbekanntem Höhlenraum wenige Meter unter der Oberfläche möglich erscheinen. Aussagen über den Epikarst (z.B. Al-fares et al., 2002) können aus dieser Studie nicht getroffen werden.

## DANK

Dem Institut für Geodäsie und Geophysik sei an dieser Stelle für die Bereitstellung des Georadars gedankt, sowie Martin Andert und Markus Meissl für

die Mithilfe bei der zweiten Messung. Dank ergeht auch an Marc Luetscher für wertvolle Kommentare im Zuge des Reviews.

## LITERATUR

Al-fares, W., Bakalowicz, M., Guérin, R. & Dukhan, M. (2002): Analysis of the karst aquifer structure of the Lamalou area (Hérault, France) with ground penetrating radar. – *Journal of Applied Geophysics*, 51: 97-106.

Beres, M., Luetscher, M. & Olivier, R. (2001): Integration of ground penetrating radar and microgravimetric methods to map shallow caves. *Jour. of Appl. Geoph.*, 46: 249-262.

Chamberlain, A.T., Sellers, W., Proctor, C. & Coard, R. (2000): Cave Detection in Limestone using Ground Penetrating Radar. *Journal of Archaeolog. Science*, 27 (10): 957-964.

Davis, J. L., & Annan, A. P., (1989): Ground penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical prospecting*, 37: 531-551.

Fink, M., Hartmann, H. & Hartmann, W. (1979): Die Höhlen Niederösterreichs - Band 1. *Wiss. Beiheft. z. Z. „Die Höhle“* - 28, Wien, (Verb. Österr. Höhlenforscher).

Lütscher, Marc (1999): Delineating a karstic cavity with ground-penetrating radar and microgravimetry, Grand-Rolaz cave, Jura Mountains, Switzerland. *Diplomarbeit*, Univ. Lausanne.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: [056](#)

Autor(en)/Author(s): Behm Michael, Plan Lukas, Roch Karl-Heinz

Artikel/Article: [Erfolgreicher Versuch einer Höhlendetektion mit Georadar \(GPR\) 20-23](#)