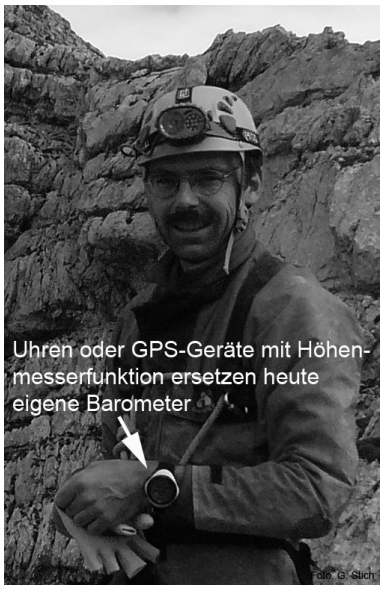
Die Höhenermittlung von Höhleneingängen

Die für die Verortung und Wiederauffindbarkeit von Höhlen ehemals extrem wichtige Feststellung der Höhenlage ist seit der GPS-Technik und koordinatenmäßigen Fixierung von Höhleneingängen in ihrer Bedeutung zurückgefallen. Nach wie vor kommt den Höhendaten aber große Bedeutung für weiterführende morphologische Auswertungen zu (Feststellung von Höhlenniveaus, Vergleich benachbarter Höhlen, Auffindung von Zusammenhängen).

1. Barometrische Höhenmessung



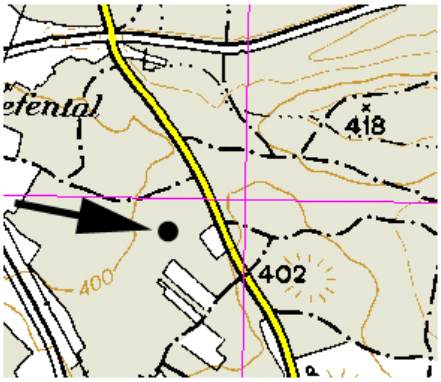
Noch vor 10, 15 Jahren waren eigene Geräte als Höhenmesser gebräuchlich (z.B. Thommen). Heute sind ebenso zuverlässige und genaue Barometer gewöhnlich in Sportuhren und GPS-Geräten integriert. Die Bestimmung der Seehöhe funktioniert so, dass zuerst an einem Punkt mit bekannter Seehöhe (Fixpunkt, Höhenkote in der Karte) der Höhenmesser angepasst wird, dann die Höhle aufgesucht wird und die Seehöhe am Gerät abgelesen wird und dann nach Möglichkeit nochmals zur Kontrolle zum ursprünglichen oder einem weiteren Fixpunkt gewechselt wird, wo der angezeigte und in der Karte ausgewiesene Wert verglichen werden.

Die meisten neueren, digitalen Geräte zeigen die Werte in Metergenauigkeit an – dies ist irreführend, die tatsächliche Messgenauigkeit liegt bei 10 m oder ev. 5 m, dazwischen interpolieren die Geräte nach aktueller Tendenz! Messungen bei instabiler Witterung (Gewitter, Wetterumschwung) sind meist mit größeren Fehlern behaftet. Auch bei stabiler Witterung sind zuverlässige Genauigkeiten (Fehler <10 m) nur bei einer Ortsveränderung von maximal 500 m ab dem Fixpunkt und bei nur kurzer Zeitdauer zwischen Einstellung am Fixpunkt und Messung bei der Höhle zu erreichen (Richtwert: 15 Minuten). Vorsicht ist auch bei abrupten Geländeveränderungen zwischen Fixpunkt und Höhle geboten (z.B. Wechsel über einen Gebirgskamm von der Nord- auf die Südseite).

2. Herauslesen aus dem Kartenbild

Großmaßstäbige topographische Karten (1:25:000, 1:50.000), enthalten ein flächendeckendes Höhenschichtlinienbild (Isohypsenbild) mit Höhen-Abständen von 20 m (z.B. Österreich) oder 25 m (z.B. Italien). Dies würde für die Bestimmung der Höhenlage von Eingängen im Prinzip ausreichen, allerdings sind die Isohypsendarstellungen im Detail – insbesondere im Gebirge – nicht immer lagerichtig bzw. exakt. In Schluchtbereichen können auch schon einmal 50 m Höhenfehler auftreten, kleine Kuppen können der Generalisierung zum Opfer gefallen sein, unterschiedlicher Baumbestand (manche Baumarten werden rund 30 m hoch) kann zu einer Fehlinterpretation bei der kartographischen Aufnahme geführt haben. Daher ist die alleinige Verwendung der Landkarte zur Seehöhenbestimmung nur im flachen Gebiet zweckmäßig, im Gebirge können aber andere Messungen mit Hilfe der Karte geprüft werden.

Nur von kleinen Gebieten gibt es größermaßstäbige Karten mit Isohypsenbild (z.B. für Orientierungsläufer in 1:5000 oder 1:10:000). Diese sind aber schwer zu bekommen und meist schnell wieder vergriffen.

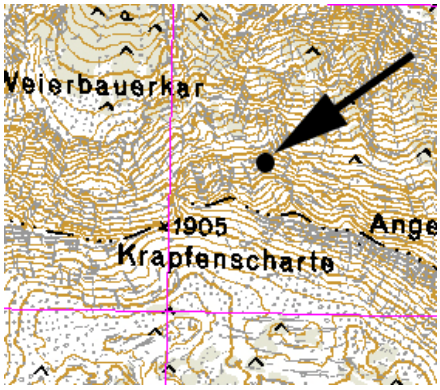


⬅Abb. 2:

Flaches Gelände: Die Seehöhe kann bei bekannter Lage allein aus dem Kartenbild ausreichend genau bestimmt werden.

Abb. 3:➡

Steiles Gelände: Auch bei genauen Lagekoordinaten (z.B. GPS) ist eine Seehöhenbestimmung mit Hilfe der Karte sehr unsicher bzw. ungenau.



3. Durch Außenvermessung ab einer Höhenkote in der Karte

Diese Methode erzielt die größten Genauigkeiten und ist bei großen Höhlensystemen und in Höhlenballungsgebieten Standard. ➡ Siehe Merkblätter B20, B26-B33

4. Trigonometrisch von Höhenkoten in der Karte

Bei gut sichtbaren, in der Karte kotierten Höhenpunkten können mit dieser Methode sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Die Vorgangsweise mag zuerst etwas kompliziert wirken, tatsächlich ist die Arbeit aber schnell erledigt. Benötigt wird die **horizontale Entfernung D** von der Höhle zu einer Höhenkote (nur eindeutig identifizierbare Punkte wie z.B. Gipfelkreuze anpeilen!), und der **Neigungswinkel** α von der Höhle zur Höhenkote.

Die horizontale Entfernung **D** können wir meistens nur so feststellen, dass wir mit der Bussole die Richtung zu mindestens zwei verschiedenen Höhepunkten messen und (bei größeren Distanzen unter Einrechnung der Nadelabweichung) die um 180° gedrehten (verkehrten) Richtungen ab den Höhenkoten in der Karte auftragen (Abb. 3). Am Schnittpunkt der aufgetragenen Linien befindet sich die Höhle. Der horizontale Winkel **β** sollte möglichst um 90° betragen, damit kein „schleifender" Schnittpunkt entsteht, zwei knapp nebeneinander sichtbare Höhenkoten würden uns also nicht weiterhelfen. Eine andere Methode wäre die Lagebestimmung der Höhle mit GPS und Punkt-Eintragung der Werte in der Karte.

Den Neigungswinkel **α** messen wir mit unserem normalen Neigungsmesser, indem wir von der Höhle die Höhenkote anpeilen (oder umgekehrt; im Beispiel ist es die Basis des mit 523 m kotierten Gipfelkreuzes).

Nun kann man die horizontale Entfernung **D** durch Abmessen in der Karte (an einer der beiden aufgetragenen Linien) bestimmen. Die **Höhendifferenz h** zwischen bekannter Höhenkote und Höhle wird nun entweder mit der Formel **h = D •tan α** berechnet, oder einfacher – zeichnerisch gemäß Abb. 4 – gemessen (dafür in einem größeren Maßstab auftragen, so dass das Dreieck am Papier größer als ca. 10 cm ist).

Die **absolute Seehöhe des Höhleneinganges** errechnen wir, indem wir die Höhendifferenz von der absoluten Höhe der angepeilten Höhenkote abziehen (bei höher liegender Kote wie in Abb. 3 und 4) oder zu dieser addieren (bei tieferliegender Kote).

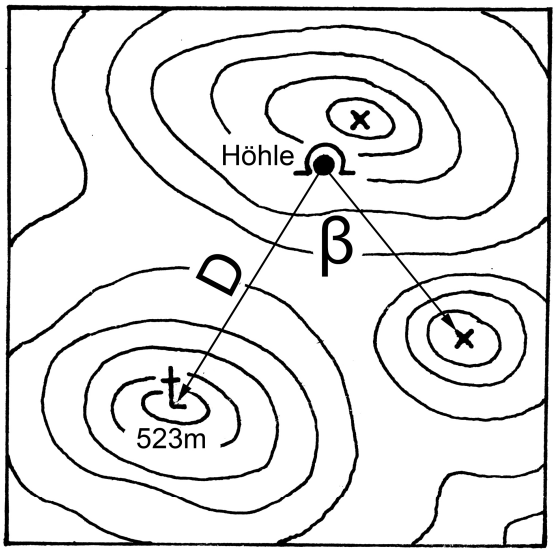


Abb. 3: Die Höhle liegt am Schnittpunkt der Richtungen zu angepeilten Fernzielen, daraus ergibt sich die Distanz **D**.

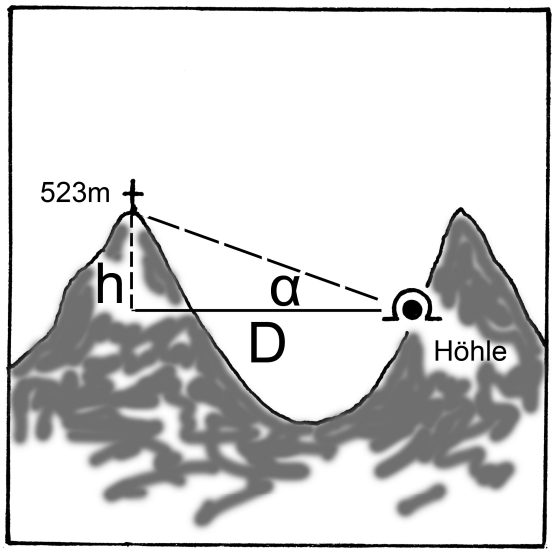


Abb. 4: Der Höhenunterschied zwischen bekannter Kote und Höhle kann graphisch oder rechnerisch (**h = D •tan α**) .ermittelt werden.

(Mit GPS, ohne eingebautem Barometer)

Die Höhendaten aus der Sattelitennavigation sind aufgrund des ungünstigen Schnittwinkels der Signale sehr ungenau. Die Werte können lediglich zur groben Orientierung dienen, aber eine barometrische, kartographische oder trigonometrische Höhenbestimmung nicht ersetzen! Für die Höhlenforschung sind GPS-Empfänger mit eingebautem Höhenmesser zu empfehlen.