Merkblätter B – Höhlendokumentation

1 B1 a Grundelemente der Höhlendokumentation *(Herrmann)*

Prospektion, Daten- und Arbeitsgrundlagen

2 B2 a,b Das Österreichische Höhlenverzeichnis (Stummer & Herrmann)
B3 Der Höhlenkataster
B4 Katasterdatenbanken
1 B5 a Neuaufnahme von Höhlen in den Kataster *(Stummer)*
B6 Nummerierung von Höhlen
1 B7 a-d Systematische Prospektion im Gelände *(Herrmann)*
B8 Hilfsmittel Landkarte
2 B9 a Kartenprojektionen *(Stummer)*
B10 Koordinatensysteme
B11 Geländedarstellung in Landkarten
B12 Hilfsmittel Karstgefährdungskarte
B13 Hilfsmittel Luftbild/Orthofoto
B14 Archive, Sammlungen und Datenaustausch

Vermessung

2 B20 a Methoden zur Lageermittlung *(Herrmann)*
2 B21 a-e Lageermittlung mit GPS *(Neugebauer)*
B22 Höhenermittlung von Höhleneingängen
2 B23 a Geodätische Lageermittlung *(Stummer)*
1 B24 a,b Die Angabe der Lagegenauigkeit *(Plan)*
B25 Unterschiedliche Nordrichtungen
2 B26 a,b Die Höhlenvermessung *(Stummer, Herrmann & Plan)*
2 B27 Gebräuchliche Messgeräte *(Herrmann)*
B28 Der Polygonzug
B29 Systematische Bezeichnung der Messpunkte
2 B30 a,b Das Messprotokoll *(Herrmann & Plan)*
1 B31 a Arbeitsweise der Messgruppe *(Herrmann)*
1 B32 a-c Tipps und Tricks für eine genaue Vermessung *(Straka)*
B33 EDV-gestützte Messdatenauswertung

Plandarstellung

2 B40 a Grundriss, Längsschnitt, Aufriss und Profile *(Plan)*
2 B41 a,b Die Grundausstattung des Höhlenplanes *(Stummer & Herrmann)*
B42 Gebräuchliche Darstellungsmaßstäbe
1 B43 a Höhlenplansignaturen *(Plan)*
2 B44 a-c Schachtdarstellung in Höhlengrundrissen *(Herrmann)*
1 B45 a Nordpfeile für Höhlenpläne *(Herrmann)*
1 B46 a Maßstabsleisten für Höhlenpläne *(Herrmann)*
1 B47 a-c Die Entwurfszeichnung in der Höhle *(Herrmann)*
B48 Übertragung vom Entwurf zum Plan per Hand
2 B49 a-c Übertragung vom Entwurf zum Plan am Computer *(Klampfer)*

B50 Händisches Planzeichnen
B51 Planzeichnen am Computer
2 B52 a,b Generalisierung von Höhlenplänen *(Herrmann)*
B53 Begriffe der Höhlenkartographie
B54 Gebräuchliche Darstellungsmethoden v. Höhlensystemen
B55 GIS in der Höhlenkunde

Schriftliche Höhlendokumentation

1 B60 a,b Prägung von Höhlennamen *(Pfarr)*
B61 Schreibung von Höhlennamen
1 B62 a Inhalt von Forschungsberichten *(Herrmann)*
1 B63 a Abfassung von Raumbeschreibungen *(Herrmann & Pfarr)*

Bildliche Höhlendokumentation

B70 Höhlenfotografie
2 B71 a-d Filmen in Höhlen *(Zadrobilek & Wimmer)*

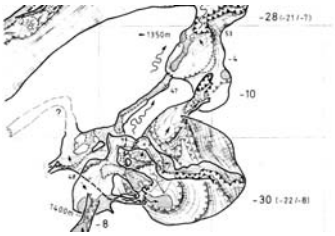
Grundelemente der Höhlendokumentation

Die wichtigste Tätigkeit des Höhlenforschers im Gelände ist die Dokumentation neu entdeckter Höhlen(teile) und die Weitergabe dieser Daten an die Allgemeinheit, insbesondere an den jeweils zuständigen katasterführenden Verein zum Wissensaustausch mit anderen Höhlenforschern und als Grundlage für den Höhlenschutz und für weiterführende wissenschaftliche Untersuchungen.

Der Höhlenforscher ist dabei fachübergreifend tätig. Seine Dokumentationen sollen für Fachleute aus unterschiedlichen Wissenszweigen verständlich und nutzbar sein. Daher sollte sich der Höhlenforscher Basiswissen in den relevanten Fachgebieten wie Geologie, Hydrologie, Biologie u. a. aneignen.

Zumeist, jedenfalls bei jeder Erstforschung handelt es sich um Zustandsbeschreibungen in Form von **Momentaufnahmen**. Vor dem Hintergrund der Klimaforschung und steigender Naturschutzinteressen wird in Zukunft die Dokumentation zeitlicher **Veränderungsprozesse** eine zunehmende Bedeutung erlangen. Von zahlreichen Höhlen und Karstgebieten liegen dafür bereits vergleichbare Forschungsdaten vor, die über Jahrzehnte zurückreichen.

Woraus besteht eine Höhlendokumentation?



Plandokumentation:

Darstellung der erforschten oder untersuchten Höhlen(teile) in Grundriss, Längsschnitt usw. Höhlenforscher sind als letzte Neuland-Entdecker des Erdballs vor allem Kartographen!

Textdokumentation:

In einem **Forschungsbericht** werden die durchgeführten Tätigkeiten und die erforschten Objekte beschrieben. Kleinere Berichte werden üblicherweise in den höhlenkundlichen Vereinszeitschriften publiziert, größere Zusammenhängende Forschungen in eigenen Publikationen. Messdaten etc. werden meist nur im Katasterarchiv abgelegt.

Bild- und Tondokumentation:

Festhalten der Höhlen(teile) und Höhleninhalte auf Fotos, in Filmen und Zeichnungen etc.
Von besonderer Bedeutung ist ein Foto des Höhleneinganges, darüber hinaus sollten diese Medien für Besonderheiten der jeweiligen Höhle genutzt werden (vor allem um Dinge zu zeigen, die für andere unerreichbar sind).

Messungen, Aufsammlungen, Proben:

Eine fachspezifische Sammlung von Daten (z.B. Temperatur- und Radonmessungen) und Material (Knochen, Höhlentiere, Sinter, Sedimente,…) ist nur in enger Zusammenarbeit und unter Anleitung von Wissenschaftlern sinnvoll.

Veröffentlichungen wie **Vorträge**, **Ausstellungen**, **Internet-Sites** und **Zeitungsberichte** dienen vor allem der Allgemeinbildung, der Präsentation der eigenen Leistungen zwecks Projekt-Unterstützung, gutem Einvernehmen mit Grundeigentümern, usw. – sie können aber die Dokumentationsarbeit nicht ersetzen!

Das Österreichische Höhlenverzeichnis

Als 1949 der Verband Österreichischer Höhlenforscher gegründet wurde, stand als eine wesentliche Aufgabe die Schaffung eines flächendeckenden Höhlendokumentationssystems sofort im Zentrum der Arbeit. Seit dieser Entscheidung werden Daten von Höhlen in Österreich und im Bayerischen Alpenraum nach einheitlicher Struktur gesammelt und dokumentiert.

Im Österreichischen Höhlenverzeichnis (ÖHV) werden alle bekannten Höhlen mit einer **eindeutigen Katasternummer**, bestehend aus der Kennziffer des Gebietes und der fortlaufenden Höhlennummer, sowie einen Höhlennamen erfasst. Darüber hinaus werden gemeinsam festgelegte Informationen zu jeder Höhle festgehalten. Es sind dies:

- Gemeindecode (gibt Aufschluss über Bundesland und Gemeinde),
- Bezeichnung mehrerer Eingänge,
- Kennzeichnung des Schutzes,
- Längen und Tiefen in Größenklassen,
- Ganglänge, Höhenunterschied, Horizontalersteckung,
- Höhlenart (Typ)
- Stand der Erforschung (Code),
- Nummer der ÖK50 (oder/und ÖK50-UTM)
- BMN-Koordinaten (oder/und UTM-Koordinaten), Genauigkeit der Koordinatenangabe
- Seehöhe und Lageangabe.

Über diese Informationen im ÖHV hinaus werden alle vorhandenen Unterlagen (Berichte, Fotos, Pläne usw.) nach Katasternummern geordnet bei den katasterführenden Vereinen in einem Höhlenkataster (➡ MB B3) archiviert.

Hierarchisches Gliederungssystem

Zur Archivierung der österreichischen und bayerischen Höhlen wurde ein hierarchisch gegliedertes, naturräumlich begrenztes Gliederungssystem entwickelt. Zur Grenzziehung wurden vorwiegend hydrographische Tiefenlinien, selten geologische Grenzen oder (insbesondere in Plateaubereichen) markierte Steige verwendet, und die Grenzen wurden anhand der topographischen Karte 1:50 000 verbal festgelegt.

Insgesamt besteht das *Kennziffernsystem* des Höhlenverzeichnisses aus vier Hierarchieebenen:

Großeinheiten (1000, 2000, 3000 und 6000, in Ungarn 4000 und 5000). Diese Großeinheiten werden jeweils von West nach Ost in **Hauptgruppen** unterteilt (z.B.: 1100 bis 1900 usw.). Diese Hauptgruppen werden weiter gegliedert in **Untergruppen**, diese wiederum in die kleinsten, verbal umschriebenen **Teilgruppen** (insgesamt 537) gegliedert.

Innerhalb einer Teilgruppe, die nun durch eine vierstellige Kennziffer festgelegt ist, werden die Höhlen, mit Schrägstrich von der Teilgruppennummer getrennt, fortlaufend nummeriert. Dadurch ist auch gewährleistet, dass Höhlen gleichen Namens zumindest durch die unterschiedliche „**Katasternummer**" unverwechselbar festgehalten sind. Außerdem ist so bereits durch die Katasternummer eine grobe Zuordnung der Lage der Höhle innerhalb Österreichs möglich. Das Teilungsschema wird auf der folgenden Seite graphisch dargestellt.

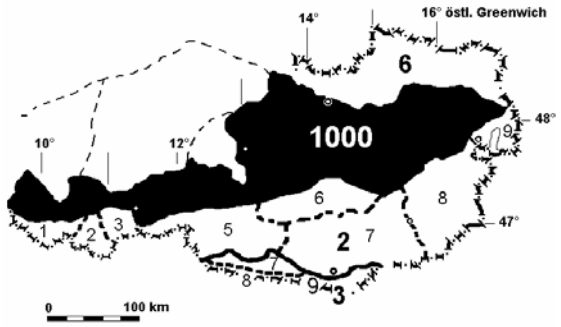
Da die Grenzziehungen auf naturräumlicher Basis erfolgten, spielen administrative Grenzen (Bundesländergrenzen) kaum eine Rolle. An der Grenze zu Deutschland überschreiten die Teilgruppen südlich der Donau auch die Staatsgrenze (von den österreichischen Bundesländern Vorarlberg, Tirol und Salzburg zum deutschen Bundesland Bayern).

Weiterführende Informationen

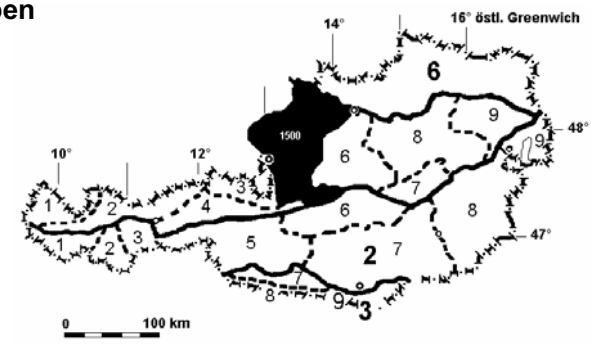
🕮 Stummer, G.; Plan, L. (2002): *Speldok-Austria. Handbuch zum Österreichischen Höhlenverzeichnis inklusive bayerischer Alpenraum*. – VÖH & KHA am NHM/Wien, Speldok 10, Wien, 132 S..

Beispiel zur hierarchischen Gliederung anhand einer konkreten Höhle:

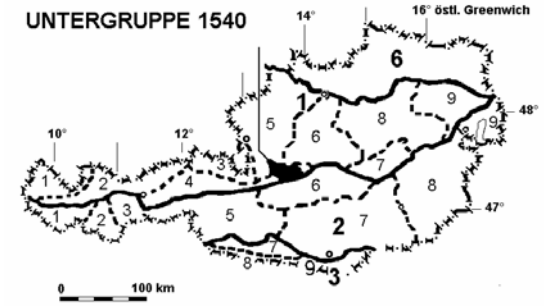
Großeinheit 1000: Nördliche Kalkalpen und Alpenvorland



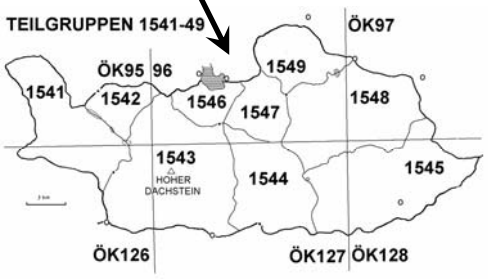
Hauptgruppe 1500: Westliche Salzkammergut-alpen



Untergruppe1540: Dachstein



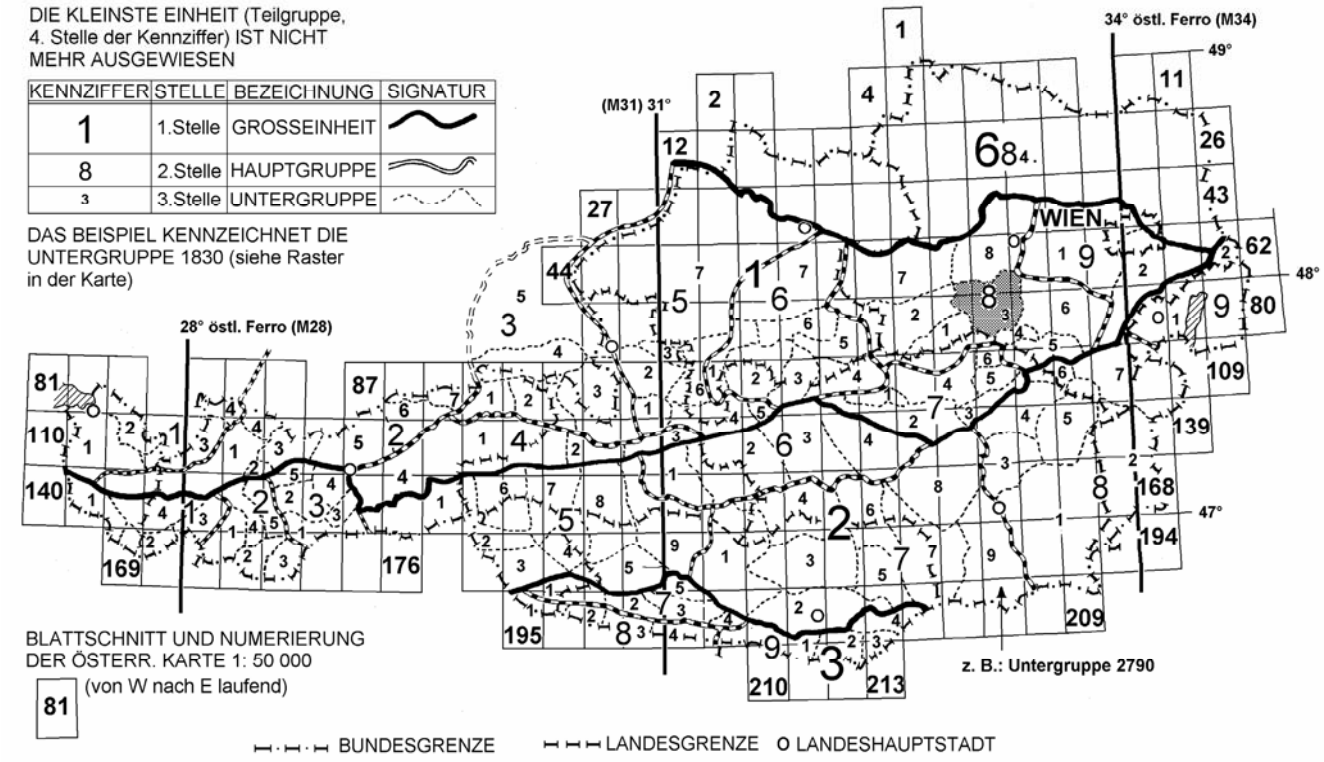
Teilgruppe 1547: Krippenstein – Dachstein-Höhlenpark



1547/17: Dachstein-Rieseneishöhle

1547/17a: Unterer Eingang

Überblick über die hierarchische räumliche Gliederung des ÖHV bis zur Untergruppe:



Neuaufnahme einer Höhle

In der Aufbauphase des Österreichischen Höhlenverzeichnisses (ÖHV; bzw. des Höhlenkatasters der Vereine) sind auch Höhlen mit derart mangelhaften Unterlagen aufgenommen worden, dass sie nicht wiederauffindbar oder nicht eindeutig zuzuordnen waren. Mit den heutigen Mitteln sollte dies nicht mehr der Fall sein. Wird daher nun eine Höhle neu ins Kennziffernsystem (ÖHV, Kataster) aufgenommen, ist vorerst festzustellen in welcher Teilgruppe die Höhle liegt, und bei dem für diese Gruppe zuständigen katasterführenden Verein um eine Katasternummer zu ersuchen. Um Doppelmeldungen und sogenannte "Katasterleichen" zu vermeiden, ist folgende Regel als Beschluss der Generalversammlung des Verbandes Österreichischer Höhlenforscher 1983 festgeschrieben worden:

Neu entdeckte Höhlen werden von den zuständigen Katasterführern nur dann mit einer Nummer in das Österreichische Höhlenverzeichnis aufgenommen, wenn über diese Höhle Unterlagen vorgelegt werden, die eine sichere Wiederauffindbarkeit (Lage- und Zugangsbeschreibung, Koordinaten, Seehöhe) und eine eindeutige Identifizierbarkeit (Beschreibung, Plan, Foto) garantieren.

Wiederauffindbarkeit

Wenn eine im ÖHV erfasste Höhle (etwa im Zuge umfassender Untersuchungen, Fragestellungen oder zur weiteren Bearbeitungen) wieder besucht werden soll, muss sie auch wieder auffindbar sein. Dazu dienen vor allen die topographischen Daten (Lage- und Zugangsbeschreibung, Koordinaten, Seehöhe sowie Nummer der ÖK) und administrativen Festlegungen (Bundesland, Verwaltungsbezirk und Gemeinde).

Die **topographische Verortung** ist für die Wiederauffindbarkeit die Wichtigste. Die **Lagebeschreibung** führt vorerst in einen eingegrenzten Bereich. Die **Zugangsbeschreibung** hält dazu den günstigsten Zugang fest (Koordinaten reichen dazu nicht) und erwähnt auch eventuell vorhandene Beschränkungen. Die exakteste Lageverortung stellen die **Koordinaten** (Bundesmeldenetz/UTM-Koordinaten) dar, die auf verschiedenste Weise erhoben werden können und für die ein Genauigkeitsgrad angegeben werden sollte. Die **Seehöhe** eines Höhlenobjektes ist in Zusammenhang mit den Koordinaten und der Zugangsbeschreibung ein unverzichtbares Element der „Wiederauffindbarkeit". Um überhaupt die für die Wiederauffindbarkeit zur Verfügung stehenden Informationen nutzen zu können, ist die **Angabe der topographischen Grundlage** (ÖK oder andere Kartenwerke) erforderlich. Sehr häufig wird diese Information (obwohl sie im ÖHV vorgesehen ist) nicht angeführt (sie ergibt sich zwar indirekt aus anderen Informationen – etwa Koordinaten – doch die Recherche ist mühsam).

Die **administrative Verortung** einer Höhle (ihre Lage innerhalb eines Bundeslandes, eines Verwaltungsbezirkes oder einer Gemeinde) stellt zwar in der Regel kein Kriterium zur „Wiederauffindbarkeit" dar, ist jedoch vor allem hinsichtlich der gesetzlichen Lage (Höhlenschutz) oder anderer verwaltungstechnischer und politischer Zuständigkeiten von Interesse.

Identifizierbarkeit

Auch wenn man aufgrund von topographischen Lageangaben eine Höhle aufgefunden hat, steht noch immer nicht eindeutig fest, ob es sich um das gesuchte Objekt handelt (insbesondere wenn viele Höhlen in unmittelbarer Nähe liegen). Es ist daher erforderlich, über die Lage hinaus weitere Informationen über diese Höhle zu besitzen. Eindeutig ist eine Markierung der Höhle mit der Katasternummer (in Salzburg etwa durch dauerhafte Metallplättchen der Behörde). Als eindeutiger „Fingerabdruck" sind auch eine **Lageskizze**, ein **Höhlenplan**, eine **Höhlenbeschreibung** und **Fotos** des Höhleneinganges und des Höhleninneren geeignet.

Schlussbemerkung

Jeder Höhlenforscher, der eine Höhle (nach den hier beschriebenen Grundsätzen) bearbeitet, sollte bedenken: Er selbst kennt die Lage und die Besonderheiten ganz genau. Grundsätzlich hält er das, was er kennt, nicht für sich, sondern für weitere Nutzungen (Kataster, ÖHV, wissenschaftliche Bearbeitungen) fest. Darüber hinaus scheinen viele Berichterstatter Angst zu haben, ihre Beobachtungen und Kenntnisse zu Papier zu bringen. Das ist völlig falsch. Hinweise (Sagen, Hinweise aus der Bevölkerung, Beobachtungen und Meinungen), auch wenn nicht alle auf ihren „Wahrheitsgehalt" überprüft werden können, sind überaus wertvoll.

Basisdaten einer Höhle

Was ist die Ganglänge einer Höhle?

Ein allseits bekannter Kennwert einer Höhle ist die Ganglänge. Daneben gibt es aber auch eine Reihe anderer Werte wie z.B. den Höhenunterschied oder die Eingangskoordinaten. Diese Angaben werden als Basisdaten bezeichnet und sollten am Höhlenplan angegeben werden. Sie werden im Österreichischen Höhlenverzeichnis geführt und dienen dazu Höhlen miteinander zu vergleichen, zu klassifizieren, sie aufzufinden oder zu identifizieren. Bei ihrer Erhebung sollte daher gleiche Standards angewendet werden, die im Folgenden erklärt werden.

Einige Werte beziehen sich auf die Höhle selbst, andere auf den oder die Höhleneingänge. Bei mehreren Eingängen sollten die Werte für jeden Eingang separat erhoben werden.

Ganglänge

Grob gesagt ist die Ganglänge einer Höhle die Summe aller Messzüge die eine Höhlenstrecke (unabhängig von der Neigung) repräsentieren. Dieser Wert ist auch international gebräuchlich um Höhlen miteinander zu vergleichen (z.B. Liste der längsten und tiefsten Höhlen etc.). Oft wird die Ganglänge mit „L“ oder „GL“ abgekürzt.

Die Ganglänge hängt bis zu einem gewissen Grad von der Wahl der Messpunkte in der Höhle und von der subjektiven Einschätzung des Vermessers ab. Es können sich daher Unterschiede ergeben. Trotzdem ist es eine wichtige Kenngröße einer Höhle, deren Ermittlung durchdacht werden sollte, was bereits bei der Wahl des Polygonzugverlaufs in der Höhle beginnt.

Die Ganglänge ist **nicht** mit der Summe der Messstrecken eines Polygonzuges (wird tw. als Vermessungslänge bezeichnet) ident. Fast alle Programme zur Polygonzugberechnung bieten die Möglichkeit Messstrecken, die nicht zur Ganglänge zählen, von der Längensummierung auszuschließen. Dies sollte gleich während der Vermessung entschieden und notiert werden (z.b. Einklammern des Längenwerts).

Einige Anmerkungen

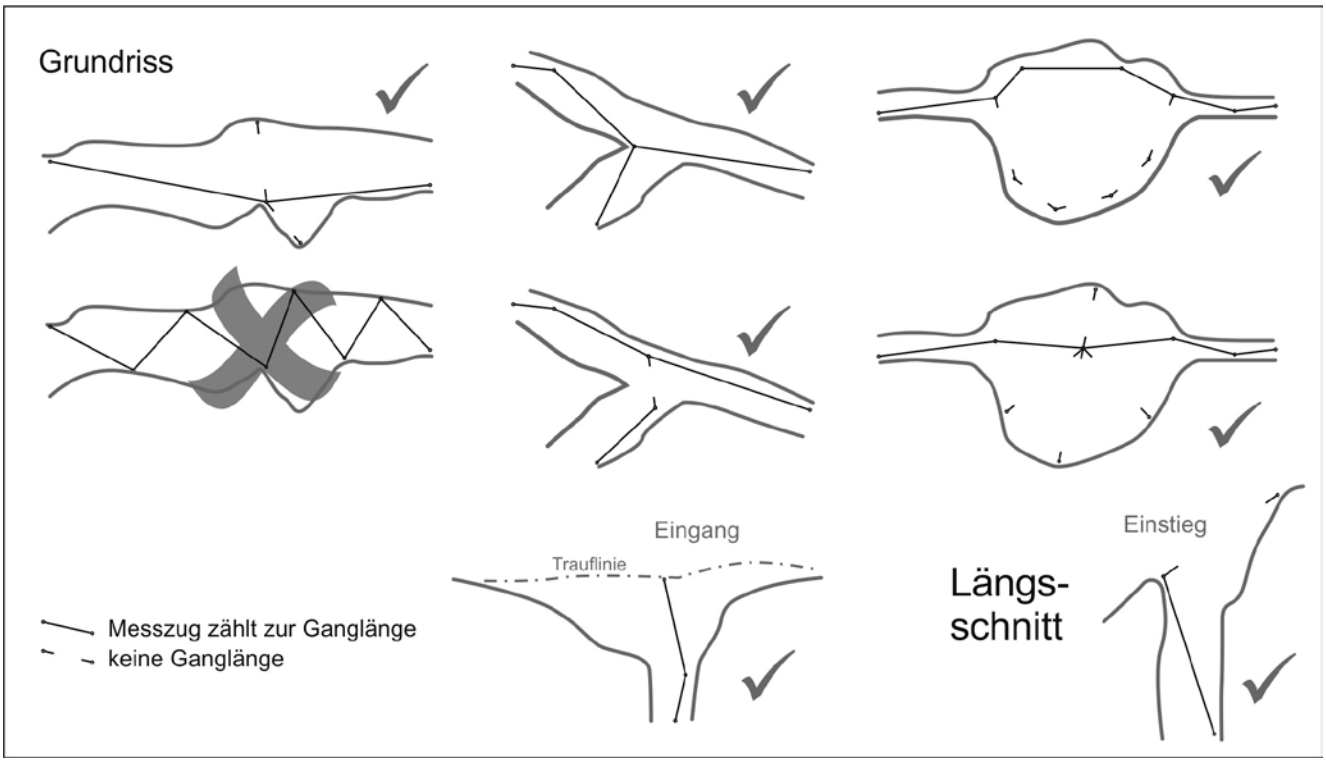
- Die Ganglänge wird ab der Trauflinie (bei hohen Portalen am besten mit dem Neigungsmesser bei 90° zu ermitteln) gerechnet bzw. bei Schächten ab der Einstiegs-Unterkante.
- Wenn nicht befahrene Strecken (meist Schlote oder Schächte) mit einem Laserdistanzmessgerät vermessen wurden, zählt die Länge nur zur Ganglänge, wenn die Passage komplett einsehbar ist.

Die Abbildung auf der nächsten Seite soll erläutern, wie der Polygonzug zu legen ist und welche Züge abzuziehen sind.

Höhenunterschied

Der Höhenunterschied (H oder HU) einer Höhle ist der vertikale Abstand zwischen dem höchsten und tiefsten vermessenen Punkt. Er kann, bezogen auf den Eingang (bei mehreren Eingängen bezogen auf „Eingang a“) positiv (H+) und/oder negativ (H-) sein. Alle drei Werte sollten angegeben werden. Auch bei kurzen Horizontalhöhlen sollte der höchste (Decke) und tiefste Punkt (Boden/Sohle) erfasst werden. Auch hier dürfen nur vollständig einsehbare Strecken, die mit dem Laser erfasst wurden, gerechnet werden.

Bei Schachthöhlen wird der Tiefenwert, ab der der niedrigsten Schwelle des Einstiegs gemessen.

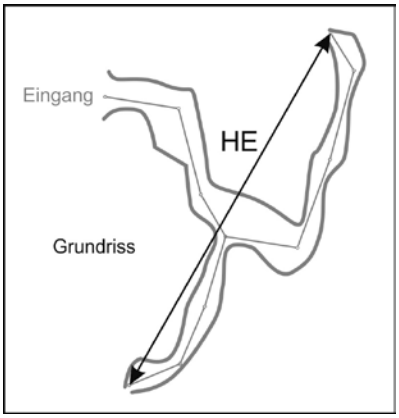


Längen- und Höhenunterschiedscode

Da oft von älteren Vermessungen keine exakten Werte vorliegen, werden Gesamtlänge und Höhenunterschied zusätzlich durch Codes angegeben. Es bedeuten:

	Ganglänge	Code	Höhenunterschied (±)
	unbekannt	0	unbekannt
Kleinhöhle	5 – 49m	1	0 - 49 m
Mittelhöhle	50 – 499 m	2	50 – 99 m
Großhöhle	500 – 4999 m	3	100 – 199 m
Riesenhöhle	5000 – 9999 m	4	200 – 499 m
	10000 – 24999 m	5	500 – 749 m
	25000 – 49999 m	6	750 – 999 m
	50000 – 99999 m	7	1000 – 1249 m
	100000 – 499999 m	8	1250 – 1500 m
	über 500000 m	9	über 1500 m

Horizontalerstreckung



Die Horizontalerstreckung (HE; auch max. Horizontaldistanz) ist die Entfernung der am weitesten auseinander liegenden Punkte im Grundriss (unabhängig vom Eingang). Bei Halbhöhlen fällt sie oft mit der Breite des Portals zusammen (der früher tw. angegebene Breitenwert ist somit hinfällig).

Diverse andere vorgeschlagene längen-, flächen- oder volumsbezogene Kenngrößen von Höhlen haben sich nicht durchgesetzt, da die Ermittlung mit den derzeitigen Vermessungsmethoden nicht praktikabel ist. Lediglich für große Hallen findet man Volums- oder Flächenabschätzungen.

Höhlenart

Diese grobe Typisierung erfolgt durch einen Buchstaben oder eine Buchstabenkombination. Es ist keine streng wissenschaftliche Einteilung, sondern soll einen groben Überblick geben. Es bedeuten:

T Trockenhöhle: Mehr oder minder horizontal verlaufende Höhle.

W Wasserhöhle: Ständig wasserführende Höhle, Höhle mit Höhlenbächen, Schwinden sowie Karstquellen.

(W) Zeitweise aktive Wasserhöhle: Die Wasserführung erfolgt nicht ständig.

E Eishöhle: Höhle mit ständiger Eis- oder Schneeführung (übers ganze Jahr hindurch).

(E) Periodische Eishöhle: Eisbildungen überdauern den Sommer nicht.

S Schachthöhle: Mehr oder minder vertikal verlaufende Höhle.

H Halbhöhle: Höhle deren Eingangsbreite größer ist als die maximale Entfernung von der Trauflinie.

G Gipshöhle: Höhle im Gipsgestein.

K künstliche oder künstlich veränderte Höhle (zweites in Kombination mit anderem Code).

Da meist der Gesamtcharakter einer Höhle nicht durch einen einzigen Code ausgedrückt werden kann, werden Mischtypen durch Aneinanderreihen der zutreffenden Codes gekennzeichnet. Die Reihenfolge der Buchstaben entspricht der Hauptcharakteristik. Z.B.: „TS“ Vorwiegend horizontal verlaufende Trockenhöhle mit Schachtabstiegen; „TE“ Horizontalhöhle mit Eisteil.

Stand der Erforschung

0 **„keine Unterlagen“:** Höhlen, über die keine aussagekräftigen Unterlagen vorhanden sind und die möglicherweise auch nicht existieren (z. B. Sagenhöhlen, sogenannte „Katasterleichen"). Sie verbleiben aber mit dem Code 0 im Verzeichnis.

1 **„unerforscht“:** kaum Unterlagen vorhanden (sollte bei Neuaufnahmen nicht mehr vorkommen; (früher Code „–“).

2 **„teilweise erforscht und dokumentiert“** (die Aufnahmebedingungen müssen allerdings erfüllt sein; früher Code „= “ für Flüchtig erforscht (informativ befahren), aber noch nicht vermessen).

3 **„Bekannte Teile vermessen“** (früher Code „x“ für „großteils erforscht und teilweise vermessen“).

4 **„Vollständig erforscht und vermessen“** (Fortsetzungen sind nur mit großem Aufwand zu finden; Plan, Bericht, Fotos, Lage- und Zugangsbeschreibung u.s.w. liegen beim katasterführenden Verein auf; früher Code „+ “).

Nummer der ÖK50

Blattnummer der Österreichischen Karte 1:50 000 auf der die Höhle (bzw. der Eingang) liegt. Bei der „alten" ÖK-BMN ist sie dreistellig: Blatt 1 bis 213; bei der „neuen" ÖK-UTM vierstellig.

Bei den in Bayern liegenden Teilgruppen ist dieses Feld häufig mit TK bezeichnet. Die bayrischen Kartennummern sind vierstellig.

Koordinaten und deren Genauigkeit

Für die Koordinatenangabe des Höhleneingangs sind zwei Systeme gebräuchlich. Österreich befindet sich in einer Umstellungsphase von Bundesmeldenetzkoordinaten (BMN; gilt nur in Österreich) auf das UTM-System (international). Selten werden Koordinaten als Längen- und Breitenangaben in Grad angegeben.

Die Koordinaten beziehen sich auf den Mittelpunkt des Eingangs bzw. des Schachtes.

Da es viele Möglichkeiten gibt Koordinaten zu erheben, ist es auch wichtig, die abgeschätzte Genauigkeit anzugeben (> MB B24).

Seehöhe

Seehöhe (Sh) des Eingangs der Höhle (> MB B22).

Kennzeichnung des Schutzes

In diesem Feld wird durch einen Code angegeben, ob und unter welchen Schutz die Höhle fällt. Es bedeutet:

1 Nach dem Bundesgesetz vom 26. Juni 1928 (BGBl. Nr. 169) zum Naturdenkmal erklärt (in früheren Listen durch „*****" gekennzeichnet)

2 Aufgrund landesgesetzlicher Bestimmungen unter Schutz (füher „+ ").

neu:

3 Höhle ist ein Naturdenkmal.

4 Höhle liegt in einem als Naturdenkmal erklärten Gebiet.

Gemeinde

Angabe des Gemeindenamens in der der Höhleneingang liegt. Die Gemeinde kann auch durch einen fünfstelligen Code der Statistik-Austria erfolgen. Die erste Ziffer dokumentiert das Bundesland, die zweite und dritte den Verwaltungsbezirk und die beiden letzten Ziffern die Gemeinde.

Eine Liste und interaktive Karte aller Gemeindenamen und -codes findet sich unter:

http://www.statistik.at/web_de/klassifikationen/regionale_gliederungen/gemeinden/index.html.

Die Gemeinde kann mit Hilfe der ÖK50 oder dem GIS der Bundesländer erhoben werden:

www.geoland.at

Lageangabe

Kurze verbale Lagebeschreibung. Die in diesem Feld verwendeten Abkürzungen sind allgemein üblich: Ht.: Hinterer, Vd.: Vorderer, oh: oberhalb, uh: unterhalb, re: rechts, zw: zwischen, K: Kote, w: westlich, ssö: südsüdöstlich, orogr.: orographisch (talabwärts schauend).

Beispiele: „sö Hocheck, Ö Sonnschienalm"; „Klausgraben, nö Weichselboden"; Seetal orogr. re, s Lunz"

Literatur

Stummer, G. und Plan L. (2002): Handbuch zum Österreichischen Höhlenverzeichnis inklusive bayerischer Alpenraum. – Speldok 10, Verband Österreichsicher Höhlenforscher.

Systematische Prospektion im Gelände

☺ Die Erkundung unerforschter Karstgebiete zählt zu den spannendsten Aktivitäten der Höhlenforschung.

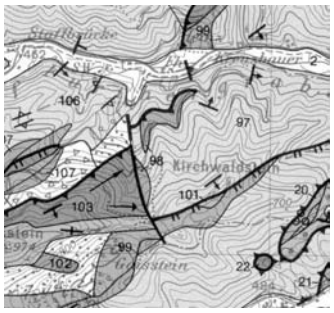
☹ Bei unsystematischer Durchführung ohne entsprechende Vorbereitung kann sie allerdings leicht zu einem mühsamen, aber erfolglosen Herumstiefeln im Gelände geraten oder zur vermeintlichen Entdeckung längst erforschter Höhlen führen.

Vorinformation + Hilfsmittel

- **Höhlenverzeichnisse und Höhlenkataster**: sind in einem Gebiet schon Höhlen bekannt, erforscht; wie viele, wie weit liegt das zurück, wie sehen diese Höhlen aus?
- **Höhlenkundliche Literatur**: Bibliotheken der Vereine und des VÖH nutzen!
- **(Alpin-)Literatur**: vor allem Gebiets-, Wander- und Kletterführer
- **Landkarten**: in Österreich die Österr. Karte 1:50.000 (digital: austrian map) und die Gebietskarten des ÖAV 1:25.000. Landkarten geben Auskunft über die Geländebeschaffenheit und Gewässernetz. Gute Karten zeigen auch geologische- und Karststrukturen. Manchmal sind Geländebezeichnungen in den Karten Hinweise auf Höhlen (z.B. „In den Eislöchern"). Eingetragene Höhlen und verdächtige Bezeichnungen sind in Mitteleuropa aber praktisch vollständig höhlenkundlich ausgewertet.

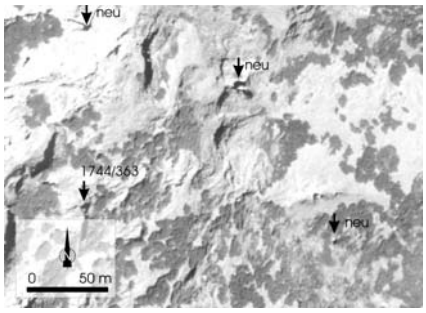
Ausschnitt aus der AV-Karte 14a, Gosaukamm, 1:10.000: Aus guten Landkarten sind Störungslinien gut ablesbar.

- **Geologische und Geomorphologische Karten** (in Österreich v.a. die „Geolog. Karte der Rep. Österreich 1:50.000; zu beziehen bei der Geolog. Bundesanstalt): Verbreitung verkarstungsfähiger Gesteine, wichtige Störungslinien usw.



Ausschnitt aus der Geologischen Karte der Republik Österreich 1:50.000

- **Karstverbreitungskarten**: Überblick über Karstformen, Höhlen und Quellen
- **Karten der Niederschlagsverteilung** und andere thematische Karten (GIS-Systeme der Landesbehörden abfragen!)
- **Luftbilder, Orthophotos** (in Österreich: Bundesamt f. Eich- und Vermessungswesen), **Infrarotbilder**



Orthophoto (= entzerrtes Luftbild) mit Schachteinstiegen. Die Höhle rechtsunten in den Latschen wäre wahrscheinlich ohne dieses Hilfsmittel nicht entdeckt worden. Im Gegensatz zu Landkarten ist die natürliche Beleuchtung aus einer südlichen Richtung, was für unsere 3d-Wahrnehmung ungewohnt ist.

vor Ort:

- **Geländefotos** vorher gezielt aus der Luft (für Plateaus) oder von benachbarten Bergen (für Steilflanken, Teleobjektiv!) aufnehmen
- **Befragung** von Einheimischen, Gebietskennern, Förstern und Waldarbeitern

Werkzeug im Gelände

- **Arbeitskarten** von vergrößerten Kartenausschnitten in SW, mit eingetragener Vorinformation
- **Farbkopien** von vergrößerten Kartenausschnitten (1:10.000)
- **Geländefotos** mit Eintragung von möglichen Höhlenportalen
- **GPS-Gerät**
- **Höhenmesser**: ideal sind Multifunktions-Armbanduhren
- **Vermessungsgeräte**, **Maßband**, **kl. Zeichenmappe**
- **Fernglas**
- **Markierungsfarbe**: Kreide od. Dispersionsfarbe für Messpunkte, nicht im Gelände „herumkleckern" – das sorgt für Unmut beim Grundeigentümer!
- **Fotoapparat**: digital für rasche Auswertung oder reine Dokumentation besser (z.B. Höhleneingangsfotos), Diafilm wenn hohe Auflösung benötigt wird (Gelände- und Luftbilder)
- **Helm+Lampe**: LED-Stirnlampe für Erkundung ausreichend!
- **Leichtschlaz + Handschuhe**: ev. genügt alte Regen-Überkleidung
- **Kletterseil** für außen und innen! Abgesehen von Begehungen im Klettergelände ist es beim Erkunden nicht sinnvoll, mehr als ca. 40 m mitzunehmen
- **Leichtsteigzeug**: z.B. 2 Tibloc-Klemmen
- **Alpin- und Kletterausrüstung** (je nach Gelände)

Wie bereitet man die Geländebegehung vor?

1. gesammelte Unterlagen auf Höhlenhinweise durchsehen
2. Höhlenhinweise möglichst genau in die Arbeitskarte einzeichnen
3. geologische u. topographische Karten, Luftbilder, Geländefotos werden auf Bereiche mit hoher Höhlenwahrscheinlichkeit (Störungslinien, Strukturen, Schluchten etc.) durchgesehen und diese eventuell ebenfalls in die Arbeitskarte übertragen
4. Zielgebiet und (bei konkreten Hinweisen) Wegrouten festlegen. (Es besteht die Gefahr, dass beim Aussteigen aus dem Auto einfach in die „schöne Landschaft" hineinspaziert wird.)

Was ist bei der Geländebegehung zu tun?

- Wie nachfolgend beschrieben, wird das Gelände möglichst systematisch begangen.
- Von jedem entdeckten Höhleneingang (und auch von auffallenden Nicht-Höhlen!) wird die **Seehöhe** und **Lage** bestimmt (barometrisch, Lage mittels GPS und/oder Rückwärtseinschnitt und Karteneintragung) und ein **Foto** aufgenommen.
- Die so erfassten Höhlen werden mit Arbeitsnummern festgehalten (nicht beschriftet!) bzw. in der **Arbeitskarte eingetragen** und eine **Notiz** geschrieben: z.B. Charakteristik, Wetterführung, Eis, wie weit begangen, notwendiges Material,... (nach 1-2 Tagen im Gelände erinnert man sich nicht mehr!)

Arbeitskarte mit unterschiedlichen Farb- und Zifferncodes für fertig dokumentierte Höhlen, noch zu bearbeitenden Objekte etc. Je nach Bedarf können Ausschnitte aus der ständig aktualisierte Karte in unterschiedlichen Vergrößerungen ausgedruckt ins Gelände mitgenommen werden.

- Der begangene Weg oder Geländeabschnitt wird in der Arbeitskarte eingetragen (Linie, Schraffur)

Wie sucht man systematisch?

- Teamarbeit: aus Sicherheitsgründen nie allein gehen! Die Arbeit in Kleingruppen kann frustrierend sein, weil man „nicht weiterkommt", Gruppen über 5-6 Personen sollten sich und das Gelände aufteilen, sonst entsteht hoher Kommunikationsaufwand. Achtung: die mögliche „Tagesleistung" wird oft überschätzt!
- Bequemeres, übersichtliches Gelände wird streifenweise mit ständigem Blick- oder zumindest Rufkontakt abgegangen. So vermeidet man Lücken oder Doppelbegehungen.
- Für schwierigeres, unübersichtliches Gelände werden Geländemarken (z.B. Wege, Felswände,...) vereinbart und die so abgegrenzten Geländeflecken in Zweierteams (Sicherheit!) begangen.
- Zu vereinbarten Uhrzeiten trifft man sich wieder und bespricht die jeweiligen Entdeckungen und das weitere Vorgehen. Bei Empfang sind Handys, ansonsten kleine Funkgeräte sehr hilfreich.

Soll man die entdeckten Höhlen sofort befahren und vermessen?

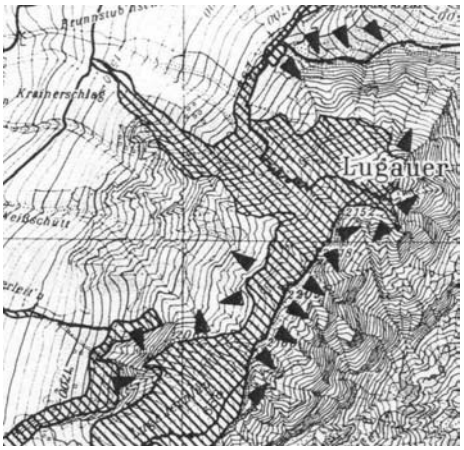
Das hängt von den jeweiligen Schwierigkeiten an der Oberfläche und in der Höhle ab:

- Wird ein flaches Karstplateau nach Schachteinstiegen abgesucht, wird man die entdeckten Schächte später gesondert untersuchen, weil man ja leicht wieder hinkommt und eine Menge an Befahrungsmaterial mitschleppen müsste.
- Wird steiles Klettergelände oder ein sehr entlegenes Gebiet abgegangen, wo z.B. eher nur horizontale Kleinhöhlen zu erwarten sind, sollte man diese auch gleich dokumentieren, da ein neuerlicher Zustieg mühsam und schwierig (und die Motivation wiederzukommen gering) wäre, aber die Höhlenaufnahme keine besonderen Zusatzmühen bereitet.

➡ Zwischen diesen beiden Extremen muss je nach Situation ein geeigneter Kompromiss gesucht werden! Soweit die Höhlen schnell, gefahrlos und ohne besonderes Material begangen werden können, sollte man sie jedenfalls untersuchen, um möglichst gute Vorinformationen für eine spätere genaue Erforschung zu liefern.

Nachbereitung

- Für spätere eigene Aktivitäten oder nachfolgende Forscher wird kurz festgehalten, wer wann unter welchen Bedingungen welches Gelände begangen hat.
- Von jedem Loch werden Lage und Notiz wiedergegeben (z.B. *„verstürzter Schluf mit starker Wetterführung"*) und eine Karte mit der Eintragung des begangenen Geländes beigefügt.
- Diese Unterlagen sollten in den Katasterarchiven zugänglich gemacht werden. Bei einer späteren „Hauptexpedition" ist man über die eigenen Notizen selbst froh. Leider ist die Dokumentation von Geländebegehungen hierzulande noch recht unüblich. Aus diesem Grund werden mache Gebiete von verschiedenen Forschergenerationen und -gruppen wiederholt abgegrast, was nicht sehr sinnvoll ist.



Nach der Begehung wird das begangene Gelände in einer Kartenkopie festgehalten.

Wie findet man große Höhlen?

Ausgedehnte Höhlen zu finden ist eine Hauptmotivation für uns Hobby-Höhlenforscher. Hat man einmal ein Gebiet mit guten Voraussetzungen für Höhlenbildung (➡ *Merkblätter C*) ausgewählt, geben folgende Dinge Hinweise auf erhöhte Erfolgsaussichten:

- Gebiete, die lt. Karte von wenigen großen Karstquellen entwässert werden.
- Höhenlagen, in denen in der Umgebung ausgedehnte „Höhlenniveaus" oder Höhlenhäufungen festgestellt wurden.
- In Landkarten oder im Gelände erkennbare Störungslinien wie Gräben, Schluchten.
- Steilabfälle von Plateaus.
- Im Winter ausgeschmolzene Höhleneingänge oder Stellen der Oberfläche. Der Frühwinter ist eine gute Zeit, um wetterführende Höhlen zu suchen! Wärmebildkameras sind leider sehr aufwändig und nur wenigen zugänglich.
- Noch eher in den Kinderschuhen stecken geophysikalische Methoden, diese werden aber zukünftig beim Aufspüren größerer oberflächennaher Räume eine Rolle spielen.
- Oberflächliche Karstformen, besonders Dolinen, Schwinden, Quellen.

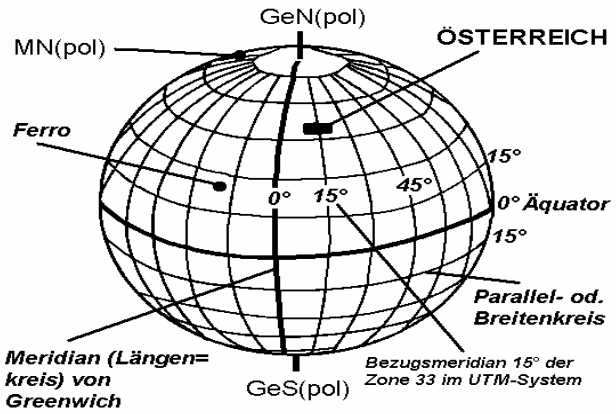
Auch in sehr gut verkarsteten Gebieten muss man mit einem Verhältnis in der Größenordnung von 1:100 rechnen: Auf 100 „Nieten" kommt vielleicht eine wirklich ausgedehnte Höhle. Diese findet man aber auch nur dann, wenn man **alle** Höhlen genau untersucht und bis in den hintersten Winkel erforscht.

Viele Höhlen wurden ohne großen technischen Aufwand entdeckt, aber nur wenige ohne körperliche Mühe, beharrliche Neugier und Ausdauer!

Kartenprojektionen

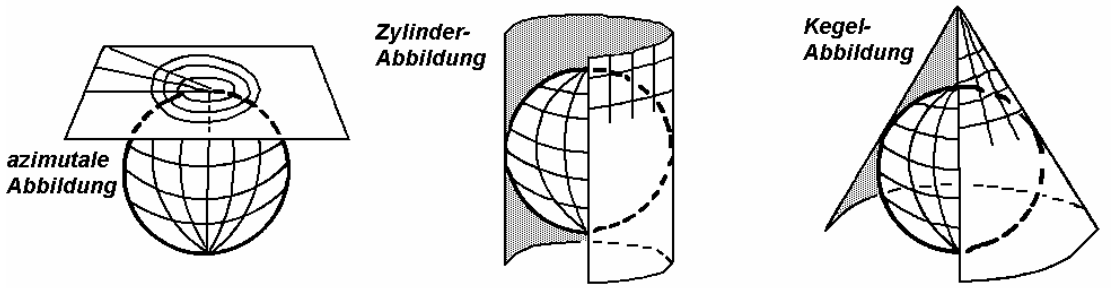
Der Höhlenforscher hat laufend mit nach geographisch nord orientierten Karten und nach magnetisch Nord orientierten oder auch nach Gitternord (BMN, UTM) orientierten Höhlenplänen und Vermessungsdaten zu tun (➡ MB B25). Ein Basiswissen über das Gradnetz der Erde und über Kartenprojektionen dient daher dem besseren Verständnis.

Die (unregelmäßige) Form der Erde wird als **Geoid** bezeichnet (und vereinfacht als **Ellipsoid** bzw. ganz einfach als Kugel angesprochen). Diese unregelmäßige Form lässt sich jedoch nicht in eine Karte projizieren, daher nähert man das Geoid einem Ellipsoid an. Dieses Ellipsoid kann nun mathematisch exakt definiert werden und durch verschiedene Projektionsarten verebnet (= in eine Kartenebene gebracht) werden.



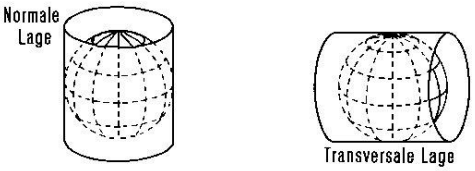
Die Erde wird in Nord-Süd-Richtung von Meridianen (Längenkreisen) überzogen, die ihren "Nullpunkt" im Meridian von Greenwich (Sternwarte bei London) haben. Man spricht von östlicher und westlicher Länge. Der für die Gradabteilung der ÖK50 (alt) herangezogene Nullmeridian von Ferro (auf einer der Kanarischen Inseln) liegt 17° 40´ westlich Greenwich. Die Breitenkreise beginnen am Äquator und steigen zum jeweiligen Pol nördlich oder südlich zum Wert 90° an. Durch die geographische Länge und Breite kann daher jeder Punkt der Erde festgelegt werden (Geographische Koordinaten).

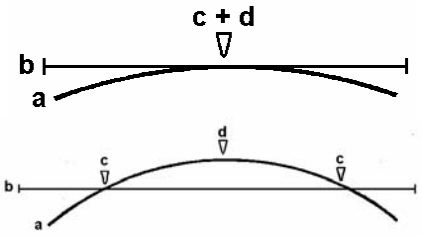
Der magnetische Nordpol ist nicht stabil und liegt derzeit rund 1500 km vom geographischen Nordpol entfernt im Norden Kanadas. Auf der Grundlage eines festgelegten Ellipsoids (ist für verschiedene Länder unterschiedlich, auch für die alte ÖK50 und die neue ÖK50-UTM) können nun durch geeignete Projektionsverfahren Karten „verebnet" werden. Die häufigsten Projektionsarten sind:



Die Projektionen der Österr. Karten 1:50:000

Für die Österreichische Karte 1:50 000 (sowohl alt als auch künftig neu in UTM-Projektion) wurde die zylinder-Abbildung in transversaler Lage gewählt.





ÖK50 (alt): TMP (Transversale Mercator-Projektion, Gauß-Krüger-Projektion). Der transversal gelagerte Zylinder berührt das Ellipsoid an den Haupt- (Bezugs)meridianen 28°, 31° und 34° östl. Ferro. Ausgehend von diesen Hauptmeridianen werden 3° breite Streifen verebnet.

ÖK50-UTM (neu): UTM (Universale Transversale Mercator-Projektion). Der transversal gelagerte Zylinder nimmt die Meridiane 12° und 15° östl. Greenwich als Hauptmeridiane (berührt das Ellipsoid aber dort nicht) und es werden 6° breite Streifen abgebildet (Zonen 32 und 33).

a: Erdoberfläche, b: Abbildungsebene, c: Schnittmeridian (Berührungsmeridian),
d: Hauptmeridian (Bezugsmeridian) des Koordinatensystems

Methoden zur Lageermittlung

Dank der Koordinatensysteme, GPS und der öffentlich nutzbaren Geographischen Informationssysteme (GIS) der Gebietskörperschaften (z.B. STEGIS in der Steiermark) hat die Lageermittlung innerhalb der letzten Jahre die größten Fortschritte in der Höhlendokumentation gebracht. Je nach Situation kommen folgende, auf weiteren Merkblättern näher beschriebene Methoden zum Einsatz:

1. Landkarte

Liegt eine Höhle an einem markanten Geländepunkt (Gipfel, Scharte, Einzelgebäude,…) oder ist sie ev. sogar lagerichtig eingezeichnet (nicht immer ist der Eintrag korrekt), kann die Lagebestimmung allein mit Hilfe einer topographischen Karte erfolgen. Diese Situationen sind aber oft nicht gegeben und zudem ist meist eine der folgenden, genaueren Methoden anwendbar. Allerdings ist zur *Beschreibung* der Lage einer Höhle in jedem Fall eine Landkarte erforderlich. Zwecks Nachvollziehbarkeit (Ortsnamen, Schreibweisen,…) sollte nach Möglichkeit eine amtliche Karte (AMAP) oder ein anderes gebräuchliches Kartenwerk (z.B. Alpenvereinskarten) verwendet werden. ➡ MB B8-9

2. Orthofoto und Satellitenbilder

Von einigen Bundesländern liegen flächendeckend digital über Internet kostenlos abrufbare Orthofotos vor, die mittels Zoom-Funktion bis zu einem Maßstab von 1:1000 vergrößert werden können und in denen eine punktgenaue Koordinatenangabe im gewünschten Koordinatensystem abgerufen werden kann. Abgesehen von stark abgeschatteten Schluchten oder Flächen mit geschlossener Waldbedeckung sind damit hervorragende Genauigkeiten erzielbar, im freien Felsgelände sind selbst kleine Schachteinstiege identifizierbar. Außer den öffentlichen Produkten sind Orthofotos, da relativ teuer, nur im Rahmen größerer Projektpartnerschaften verfügbar. Das Internet-Produkt „Google-Earth" ist in Österreich derzeit erst für einzelne Gebiete hoch aufgelöst, erreicht aber auch dort nicht die Qualität der amtlichen Orthofotos. Technisches über Orthofotos ➡ MB B13

3. GPS

Die heutige Standard-Methode! Sie wird daher in ➡ Merkblatt B21 ausführlich dargestellt. Selbst beim Einsatz anderer Methoden sollte zur Kontrolle eine GPS-Einmessung erfolgen. Die GPS-Technik findet ihre Grenzen allerdings bei geländebedingt eingeschränkter Sicht, am Fuß hoher Felswände und in dichten Wäldern. Zudem muss ausdrücklich vor einer Fehlinterpretation der auf den Geräten angezeigten „Genauigkeit" (= aufgrund der jeweiligen Satellitenkonstellation mathematisch *anzunehmende* Messgenauigkeit) gewarnt werden. Die im privaten Bereich verwendeten Geräte sind zur Orientierung konstruiert und eigentlich keine Vermessungsgeräte!

4. Geodätische Lageermittlung (Vorwärts-/Rückwärtseinschnitt)

Diese Technik kann bei schlechtem GPS-Empfang immer noch notwendig oder zur Orientierung vorteilhaft sein. Außerdem kann auch einmal der GPS-Empfänger nicht zur Hand sein. Zur genauen Lagermittlung ist die Sicht auf genau verortete Fixpunkte und die Kenntnis der Deklination wichtig. Eine nach wie vor wichtige Anwendung ist in der Höhenermittlung (➡ MB B22) gegeben. ➡ MB B23

5. Bussolen- oder Theodolit-Außenvermessung

Bis vor wenigen Jahren war die Einmessung von Höhlen mittels **Theodolit** (trigonometrischer Anschluss an das amtliche Festpunktnetz) die einzige Möglichkeit einer genauen Lageermittlung, und daher für die Kartierung von Höhlenballungsgebieten und größerer zusammenhängender Höhlen unerlässlich. Die Arbeit mit dem Theodolit erfordert aber spezielle Ausbildung, ist teuer und aufwändig.

Bussolenvermessungen an der Oberfläche sind zur Darstellung des Geländes über den Höhlen, zur Orientierung insbesondere bei Höhlenballungen oder zum Anschluss versteckt liegender Eingänge an einen Punkt mit freier Sicht für GPS nach wie vor wichtig. Dabei kann die selbe Technik wie in der Höhle angewandt werden. ➡ MB B26-33

Weiterführende Informationen:

www.geoland.at mit Links zu den amtlichen GIS-Systemen der Bundesländer
www.bev.gv.at mit Informationen zu den amtlichen Kartenprodukten, v.a. digitalen amtliche Karte AMAP

Lageermittlung mit GPS

Allgemeines

GPS ist die Abkürzung für Global Positioning System, eine Technik, die in den 70er-Jahren vom amerikanischen Militär entwickelt wurde und seit den 80er-Jahren in Betrieb ist. Seit den 90er-Jahren sind Handgeräte zu erwerben, deren Genauigkeit erstaunliche Ausmaße angenommen hat während die Preise in erschwinglichen Höhen geblieben sind. Somit eignen sich diese Geräte hervorragend zur Einmessung neuer und zur Auffindung bekannter Höhlenportale.

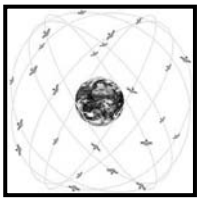
Ursprünglich wurde dem Signal vom amerikanischen Verteidigungsministerium ein künstlicher Fehler hinzugefügt (SA = **S**electiv **A**vailability), um für andere User die Genauigkeit zu vermindern (Streuung rd. 100m). Am 1.5.2000 wurde diese SA abgeschaltet, wodurch die Genauigkeit für zivile Nutzer sprunghaft von 100 auf 20 m anstieg. Durch weitere technische Verbesserungen (z.B. EGNOS) liegt die heutige Genauigkeit bei durchschnittlich gutem Empfang bei rd. 5 - 10 Metern.

Für die Verwendung solcher GPS-Empfänger sind allerdings einige Grundkenntnisse Voraussetzung oder zumindest sehr hilfreich. Die eigentliche Funktion des gesamten Systems muss dem User zwar nicht detailliert bekannt sein, zum Verständnis der zu erreichenden Genauigkeit oder auch nur zur Erweiterung des Bildungshorizonts sollen die Eckdaten hier trotzdem angeführt werden:

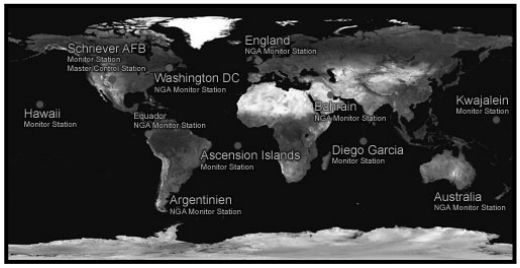
Die 3 grundlegenden Segmente

Das GPS besteht aus 3 grundlegenden Segmenten:

- **Weltraumsegment**
  Mindestens 24 Satelliten kreisen mit einer Geschwindigkeit von rd. 14000 km/h in einer Höhe von rd. 20000 km um die Erde, was eine Umlaufzeit von ca. 12 Stunden ergibt. Die Bahnen verlaufen in 6 Ebenen die jeweils um einen Horizontalwinkel von 60° versetzt sind, und alle unter einer Inklination (Erhebungswinkel) von +55° zur Äquatorebene geneigt sind. Diese Bahnkonstellation wurde gewählt, um einerseits eine unnötige Häufung über den Polen zu verhindern, aber andererseits doch genug Satelliten über den Polen zum reibungsfreien Betrieb zu haben. Überall auf der Erde sind jederzeit mindestens 4 Satelliten zu sehen, in den besiedelten Regionen üblicherweise mehr.



- **Kontrollsegment**
  Das Kontrollsegment (auch Bodenstation genannt) besteht aus einer Master Control Station (in Schriefer bei Colorado Springs), die für die Auswertung der Daten zuständig ist, welche aus den 10+5 Monitorstationen (verteilt über die ganze Welt) permanent übermittelt werden.



- **Benutzersegment**
  Der GPS-Empfänger ist heute ein kompaktes Gerät in der Größenordnung eines Handys. Mindestens 12 Kanäle garantieren ein gleichzeitiges Empfangen und Abarbeiten von ebenso vielen Satelliten. Speichermöglichkeit für Punkte und Routen gehören zur Grundausstattung. Optional werden Geräte mit elektronischem Kompass, barometrischem Höhlenmesser, Basis- und Detailkarten, SD-Speicherkarten, Autorouting-Programmen, PC-Schnittstelle u.a. ausgestattet.

Positionsbestimmung

Stark vereinfacht sendet jeder Satellit folgende Informationen aus:

- ich bin Satellit Nr…
- meine Position ist gerade…
- diese Nachricht wurde zum Zeitpunkt … abgeschickt

Natürlich werden auch Bahndaten übermittelt, die für unser Verständnis aber außer Acht gelassen werden dürfen.

Die Positionsbestimmung erfolgt nun in folgenden Schritten:

1. der Empfänger vergleicht die Zeit der Signalsendung mit der Empfangszeit
2. aus dieser Zeitdifferenz wird die Entfernung zum Satellit errechnet
3. mittels „Trilateration" wird aus mehreren Entfernungen die Position errechnet

„Trilateration" bedeutet, dass ein unbekannter Punkt im Raum durch Entfernungsmessung zu 3 bekannten Punkten eindeutig bestimmt werden kann (Kugelschnitt). Für unseren Anwendungsbereich kommt allerdings noch eine Unbekannte hinzu – *die Zeit*. Obwohl unser GPS-Empfänger mit einer Quarzuhr ausgestattet ist, die schon recht genaue Zeitangabe liefert, so ist sie sicher nicht mit den hochpräzisen Atomuhren der Satelliten zu vergleichen. Diese „falschen Entfernungen", die durch den Uhrenfehler unseres Empfängers ermittelt werden, nennt man Pseudoranges, haben aber zumindest den Vorteil, dass sie alle um den *gleichen Betrag* falsch sind. Wird nun zur Trilateration ein 4. Satellit herangezogen (Überbestimmung), so erhalten wir 3 statt 1 Schnittpunkt. Die Zeit im Empfänger (und somit auch die Pseudoranges) werden nun rechnerisch so lange korrigiert, bis die 3 Punkte zu einem einzigen Schnittpunkt zusammenfallen. Pseudoranges werden nun zu richtigen Entfernungen und unsere Empfängeruhr mit der Atomuhr der Satelliten synchronisiert.

Fehlerquellen bei der GPS-Messung

- Selectiv Availability (SA)
  Dieser künstliche Fehlereinfluss wurde am 1.5.2000 abgeschaltet und besteht somit nicht mehr
- Satellitengeometrie
  "schleifende Schnitte" liefern schlechte Ergebnisse. In der Praxis sollte man darauf achten, dass die Satelliten möglichst gut verteilt sind. Anhäufungen bzw. Anordnung in einer Linie sind unter „schlechte Geometrie" einzuordnen und liefern entsprechend schlechtere Ergebnisse.
- Satellitenumlaufbahnen
  Die leichten Schwankungen der Satellitenumlaufbahnen (z.B. durch Gravititionskräfte) werden durch regelmäßige Kontrollen korrigiert und sind für uns vernachlässigbar.
- Mehrwegeeffekt
  Durch Reflexion (z.B. nahe an Haus- oder Felswänden) kann es zur Reflexion des Signals und somit zur Verfälschung der Laufzeit kommen. Verschiebung des Standpunktes wäre dann vorteilhaft. Der Fehler liegt aber meist nur im 1m-Bereich
- Atmosphärische Effekte
  Ionosphäre (± 5m) und Troposphäre (±0,5 m) beeinflussen die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Radiosignale. (WAAS / EGNOS liefert Lösungen zu diesem Problem)
- Uhrenungenauigkeit
  liefert Fehler von ~2 m
- Rundungsfehler
  liegen bei ~1 m
- Relativistische Effekte
  Allgemeine und Spezielle Relativitätstheorie verfälschen unsere Uhren. In Summe gehen die Satellitenuhren rund 38 Microsekunden langsamer als unsere Empfängeruhren. Durch Herabsetzung der Taktung der Satelliten-Atomuhren wird dieser Fehler eliminiert.

Diese theoretische Fehlerbilanz (ohne EGNOS-Korrektur) ergibt eine Genauigkeit von rd. ±15 m. Ein Wert, den die Praxis durchaus bestätigt. Wie man aber erkennt, haben die atmosphärischen Effekte den weitaus größten Anteil an diesem Fehler, ein Umstand den es in den vergangenen Jahren zu eliminieren galt. Dies führt uns nun zu den Begriffen „DGPS", „WAAS" und „EGNOS".

Unter „**DGPS**" (differentielles GPS) versteht man folgende Technologie:

Man installiert einen separaten Empfänger auf einem koordinativ bekannten Punkt unweit vom Messort („Referenzstation") und vergleicht die dort gemessenen Koordinaten mit den bekannten Koordinaten. Diese ermittelte Verbesserung gilt am (unweit gelegenen) Messort genauso und kann somit am Messergebnis angebracht werden, sodass eine Genauigkeit von 1 – 5 m erzielt werden kann.

Da solche Referenzstationen von uns (Höhlenforschern und Wanderern)nicht beliebig installiert werden können, wurde die Technologie „WAAS" (in Amerika) bzw. „EGNOS" (in Europa) entwickelt.

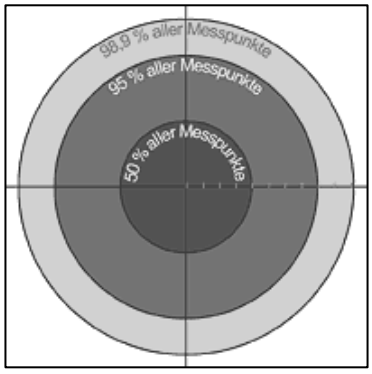
EGNOS (European Geostationary Navigaion Overlay Service)

Über die Landschaft gut verteilt werden sg. RIMS (Ranging and Integrity Monitor Stations) als Referenzstationen eingerichtet, die permanent Korrekturwerte errechnen. Nun wird mittels Interpolation eine ganze „Korrekturkarte" erstellt und diese Korrekturkarte über einen geostationären Satelliten (im Süden Europas auf 34°) zu den Empfängern gesendet. Ein WAAS-EGNOS-kompatibler Empfänger kann nun nach Empfang dieser Korrekturkarte den für den entsprechenden Standpunkt gültigen Wert ermitteln und an die Messung anbringen, was oftmals eine Verbesserung der Positionsbestimmung von ±15 m auf rd. ±5 m zur Folge hat.

Erreichbare Genauigkeit und Genauigkeitsangabe am GPS-Empfänger

Mit den modernen GPS-Empfängern ist – gute Empfangsbedingungen und Satellitenabdeckung vorausgesetzt – eine Genauigkeit von wenigen Metern erreichbar. Gleichzeitig zu den Koordinaten wird auf den meisten Geräten auch eine Angabe über die Genauigkeit der Position angegeben. Diese Genauigkeitsangabe ist aber mit gewissem Vorbehalt zu sehen.

Was sagt uns eine Genauigkeitsangabe am Empfänger von beispielsweise 4 Meter?



Diese sg. 50%-CEP-Angabe bedeutet, dass 50% aller Messungen in einem Kreis mit diesem Radius (4 Meter) befinden (siehe dazu auch nebenstehende Graphik). Im ersten Moment klingt das nicht so toll, da dies ja gleichzeitig bedeutet, dass die anderen 50% jedenfalls außerhalb dieses Kreises liegen. Es ist aber weiterhin so, dass sich 95% aller Messungen in einem Kreis mit dem doppelten Radius und 98,9% aller Messungen in einem Kreis mit dem 2,55-fachen Radius befinden. In unserem Beispiel befinden sich also beinahe alle Messungen in einem Umkreis mit dem Radius 10m.

Aber ACHTUNG: Dies sagt nicht zwingend, dass die **wirkliche Position** in einem dieser Kreise oder gar in Deren Zentrum liegt. Es wird immer nur davon ausgegangen, in welchem Umkreis sich statistisch gesehen die ***Messungen*** *(nicht aber die tatsächliche Position!)* befinden. Sofern man aber die Satellitenkonstellation in seine Überlegungen einbezieht und man sich mit der Messung entsprechend viel Zeit gelassen hat, wird man mit dem doppelten Wert der Genauigkeitsangabe auf der sicheren Seite liegen.

Praktische Hinweise für den Höhlenforscher und Wanderer

- Nach längerem „Nicht-Verwenden" wie auch nach einem größeren Ortswechsel muss das Gerät eine Vielzahl von neuen Informationen von den Satelliten downloaden, wodurch es zu längerer Wartezeit bis zur ersten Positionsbestimmung kommen kann („Kaltstart"). Hier gilt es, nicht die Geduld zu verlieren und vor allem nicht die erstbeste Position zu verwenden. Lieber noch 5 – 10 Minuten zuwarten und die gelieferten Koordinaten beobachten.
- Keine Koordinaten trotz freier Sicht?
  Obwohl die Theorie besagt, dass mindestens 4 Satelliten zu jeder Zeit empfangen werden können, kommt es (sehr selten) zu diesem Problem. Da die Satelliten aber relativ rasch ihre Position verändern, hilft auch hier ein wenig Geduld. Oft verändert sich die Satllitenkonstellation innerhalb von Minuten. Eine kleine Pause wirkt dann oft Wunder…
- Die oben erwähnte Korrektur mittels WAAS-EGNOS-Signal sollte immer im Auge behalten werden. Sie liefert eine nicht zu unterschätzende Verbesserung der Messung. Der geostationäre EGNOS-Satellit ist im Süden auf 34° Elevation zu finden.
- Durch die eingangs erwähnte Konstellation der Satellitenbahnen ist es Faktum, dass in nördlicher Himmelsrichtung eine geringere Satellitendichte zu erwarten ist als in südlicher. Also sind Nordhänge von Grund auf für Satellitennavigation etwas benachteiligt. Eine enge Schlucht vermindert die Sicht noch mehr, sodass es dort zu ernsten Problemen bei der Standortbestimmung kommen kann. Abhilfe schafft hier nur die Standortverlegung (sofern möglich…).
- ein elektronischer Kompass im Gerät ist für das Auffinden von kleineren Objekten praktisch, da das Gerät auch ohne relative Bewegung (also im Stillstand) die Nordrichtung erkennt und so die Marschrichtung angeben kann. (ev. beim Kauf berücksichtigen).
- Bei der Positionsbestimmung unbedingt Zeit lassen. Oft verändern sich die Koordinaten nach einigen Minuten noch um einige Meter. Es ist klar, dass man große Höhlenportale auch mit geringerer Positionsgenauigkeit finden kann, aber auch bei solchen Objekten sollte der Höhlenforscher die Koordinaten mit der ihm größtmöglichen Genauigkeit ermitteln.
- richtige Konfiguration des Empfängers:
  Im GPS-Gerät muss neben dem Koordinatensystem (Projektion) auch das geodätische Datum angegeben werden. Über diese Dinge sollte man Bescheid wissen und entsprechend die richtigen Werte eingeben bzw. auswählen (siehe unten).
- üben, üben, üben...
  Nur wenn man alle Funktionen seines Gerätes im Schlaf kennt, kann man diese Technologie auch restlos ausschöpfen. Vergessen wir nicht: Im Ernstfall kann dieses Gerät unser Leben bzw. das unserer Kameraden retten und dann sollt die Bedienung des Gerätes für uns reine Routinearbeit sein.

Einstellungen international und speziell für Österreich

- Geographische Koordinaten (Länge und Breite)
  Die Einstellung auf geographische Koordinaten ist trivial, allerdings muss man bedenken, dass diesen Koordinaten grundsätzlich das geodätische Datum „WGS84" zugrunde liegt. Dies ist immer zu beachten und parallel dazu einzustellen!
- UTM-Koordinaten
  Auch diese Koordinateneinstellung (Projektion) ist am Gerät vordefiniert, auch hier muss parallel dazu das geodätische Datum „WGS84" eingestellt werden, sonst bekommt man falsch Werte.
- BMN-Koordinaten (österreichisches Bundesmeldenetz)
  Bei den meisten Geräten ist auch diese Projektion vordefiniert.
  Aber ACHTUNG! Hier ist zwingend das geodätische Datum „MGI" (oft auch „Datum Austia" genannt) zu verwenden. Auch muss man auswählen, in welchem Meridianstreifen man sich befindet, da gerade im Überlappungsbereich das Gerät dies nicht selbst entscheiden kann.
- GK-Koordinaten (österreichische Gauß-Krüger-Koordinaten)
  analog dem vorigen Punkt BMN-Koordinaten.

„Österreichische" Einstellungen an Magellan-Geräten

Die Magellan-Geräte orientieren sich leider am amerikanischen Markt, weshalb auch bei den aktuellen Geräten die österreichischen Projektionen (Bundesmeldenetz bzw. Gauß-Krüger) nicht vordefiniert sind. Allerdings kann man eine selbst definierte Transformation wie auch ein selbst definiertes geodätisches Datum eingeben:

Magellan eXplorist-Serie:

BMN-Koordinaten:
Menü -> Präferenzen -> Karteneinheiten -> Koord.Systems:

Anwender Gitter:	Trans Merc
Geogr. Breitenursprung:	0
Geogr. Längenursprung:	10,33333 O … für M28
	13,33333 O … für M31
	16,33333 O … für M34
Skalierfaktor:	1
in Meter konvertieren:	1
Falscher Ost-Ursprung:	150000 … für M28
	450000 … für M31
	750000 … für M34

Falscher Nord-Ursprung: 0
Anm: hier wären -5 000 000 einzugeben, allerdings kann man keinen negativen Wert eingeben. Bei den BMN-Koordinaten sind also die 5 Mio. im Hochwert wegzudenken.

GK-Koordinaten:
Menü -> Präferenzen -> Karteneinheiten -> Koord.Systems:

Anwender Gitter:	Trans Merc
Geogr. Breitenursprung:	0
Geogr. Längenursprung:	10,33333 O … für M28
	13,33333 O … für M31
	16,33333 O … für M34
Skalierfaktor:	1
in Meter konvertieren:	1
Falscher Ost-Ursprung:	0
Falscher Nord-Ursprung:	0

geodätisches Datum MGI (Datum Austria):
Menü -> Präferenzen -> Karteneinheiten -> Karten Datum:
Anwender

Delta A:	+739,845
Delta F:	+0,10037483
Delta X:	+577,3
Delta Y:	+90,1
Delta Z:	+463,9
Rotation X:	-5,13660
Rotation Y:	-1,47420
Rotation Z:	-5,29704
Skalierfaktor:	-2,42320

Magellan Meridianum-Serie:

BMN-Koordinaten:
Menü -> Setup -> Koord.Systems:

Anwender Gitter:	Trans Merc
Geogr. Breitenursprung:	0
Geogr. Längenursprung:	10,33333 O … für M28
	13,33333 O … für M31
	16,33333 O … für M34
Skalierfaktor:	1
in Meter konvertieren:	1
False Easting:	150000 … für M28
	450000 … für M31
	750000 … für M34

False Northing: 0
Anm: hier wären -5 000 000 einzugeben, allerdings kann man keinen negativen Wert eingeben. Bei den BMN-Koordinaten sind also die 5 Mio. im Hochwert wegzudenken.

GK-Koordinaten:
Menü -> Setup -> Koord.Systems:

Anwender Gitter:	Trans Merc
Geogr. Breitenursprung:	0
Geogr. Längenursprung:	10,33333 O … für M28
	13,33333 O … für M31
	16,33333 O … für M34
Skalierfaktor:	1
in Meter konvertieren:	1
False Easting:	0
Fals Northing:	0

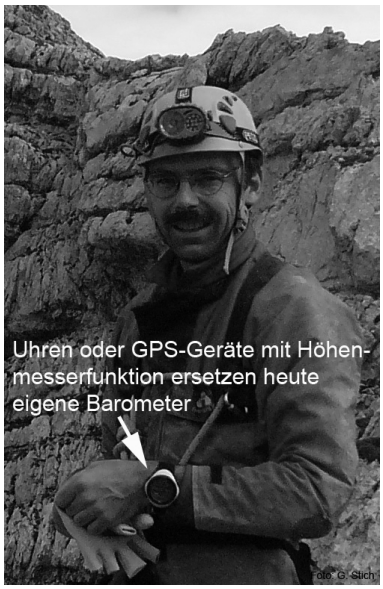
geodätisches Datum MGI (Datum Austria):
Menü -> Setup -> Karten Datum:
Anwender

Delta A:	+739,845
Delta F:	+0,10037483
Delta X:	+596,0
Delta Y:	+87,0
Delta Z:	+473,0

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



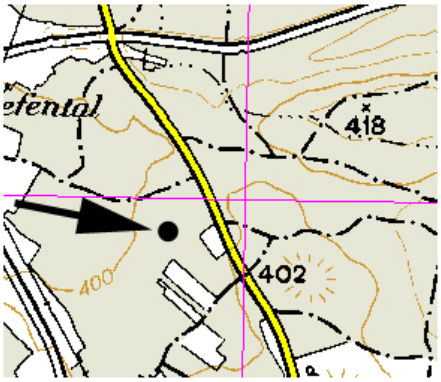
Noch vor 10, 15 Jahren waren eigene Geräte als Höhenmesser gebräuchlich (z.B. Thommen). Heute sind ebenso zuverlässige und genaue Barometer gewöhnlich in Sportuhren und GPS-Geräten integriert. Die Bestimmung der Seehöhe funktioniert so, dass zuerst an einem Punkt mit bekannter Seehöhe (Fixpunkt, Höhenkote 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.

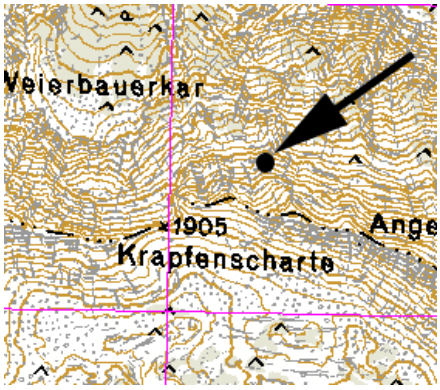


⬅Abb. 2:

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).

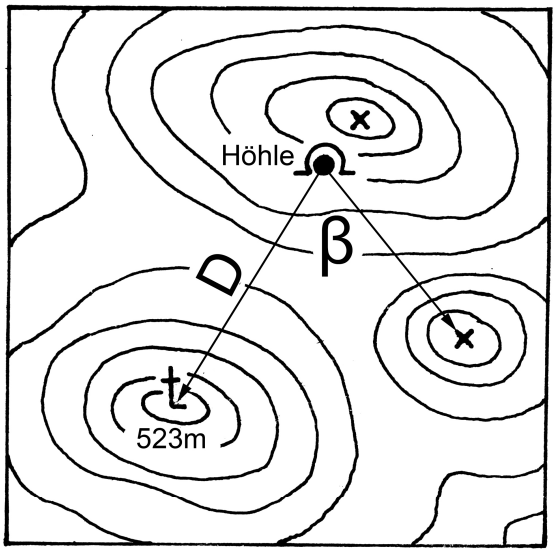


Abb. 3: Die Höhle liegt am Schnittpunkt der Richtungen zu angepeilten Fernzielen, daraus ergibt sich die Distanz **D**.

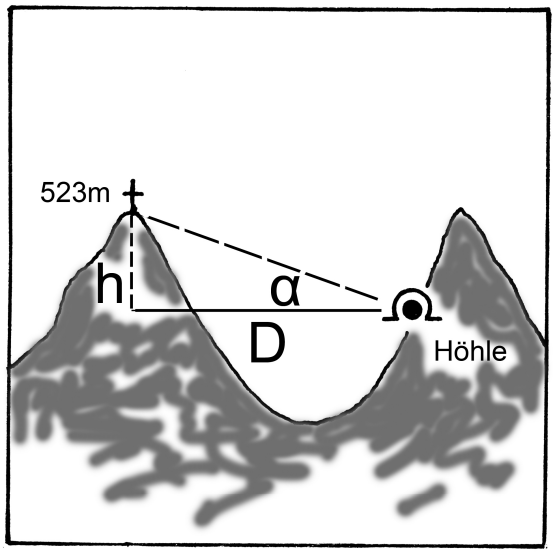


Abb. 4: Der Höhenunterschied zwischen bekannter Kote und Höhle kann graphisch oder rechnerisch (**h = D •tan α**) .ermittelt werden.

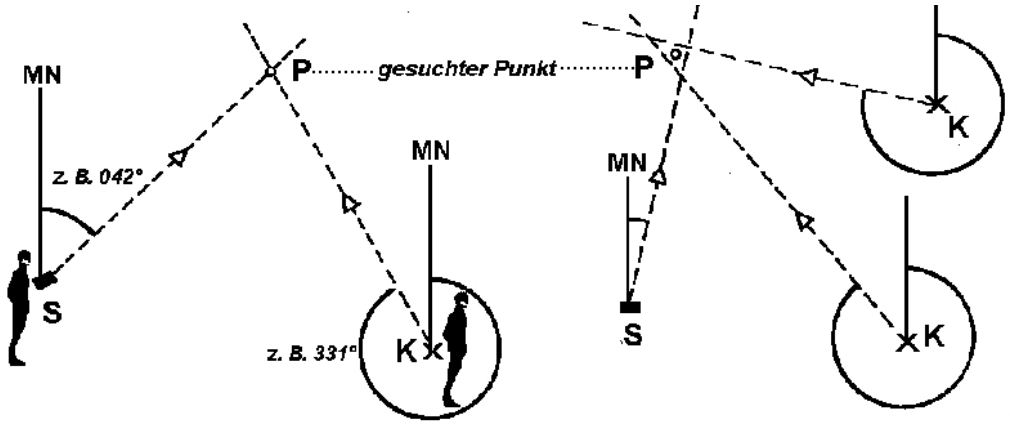
(Mit GPS, ohne eingebautem Barometer)

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.

Geodätische Lageermittlung

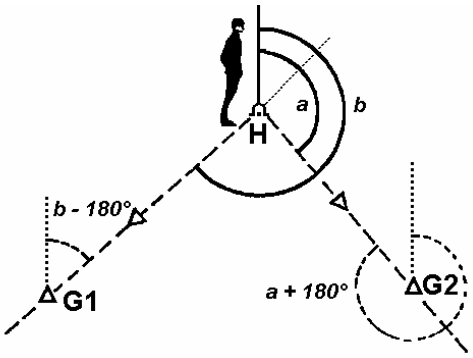
In den Fällen, wo die heutige Standard-Methode der Lageermittlung mittels GPS keine brauchbaren Ergebnisse liefert (➡ MB B20 und B21) kann der Höhlenforscher auf die altbewährte Methode der geodätischen Lageermittlung zurückgreifen. Es bieten sich dabei generell zwei Standardmethoden an, das Vorwärts- und Rückwärtseinschneiden. Diese beiden Methoden unterscheiden sich vor allem darin, ob man sich selbst am gesuchten Punkt befindet oder nicht.

Vorwärtseinschneiden (man befindet sich nicht am gesuchten Punkt **P**)



Man begibt sich zu mindestens zwei auf der Karte und im Gelände festlegbaren Punkten (Grafikbeispiel: **S** = Schutzhaus; **K** = Kote = ein Höhenpunkt in der Karte) und ermittelt von diesen Punkten mit einer Bussole die Richtung zum gesuchten Punkt **P**. Trägt man nun auf der Karte von den Punkten **S** und **K** die gemessenen Richtungen auf, so erhält man im Schnittpunkt dieser Linien den gesuchten Punkt **P**. Da man nach magnetisch Nord orientierte Messungen in eine geographisch Nord orientierte Karte einträgt ist die Deklination oder die Nadelabweichung zu berücksichtigen (➡ MB B 25 „Unterschiedliche Nordrichtungen"). Durch Visuren von drei oder mehr festgelegten Punkten wird eine größere Genauigkeit erreicht. Der gesuchte Punkt liegt dann in dem von den Visurlinien eingeschlossenen Fehlerdreieck.

Rückwärtseinschneiden (man befindet sich am gesuchten Punkt **H**)



Dieser Fall tritt auf, wenn man sich am Höhleneingang befindet und nun die Lage der Höhle (**H**) ermitteln will. Beim Rückwärtseinschneiden misst man nun vom Standort, der Höhle **H** aus jeweils das magnetische Azimut zu zwei auf der Karte und im Gelände eindeutig festlegbaren Punkten (**G1**, **G2** = z. B.: Gipfel). Mathematisch kann man nun durch Addition oder Subtraktion von 180° zum gemessenen Winkel jenen Winkel errechnen, den man gemessen hätte, wenn man auf den Punkten **G1** und **G2** stehen würde. Diese „umgedrehten" Richtungen trägt man nun von **G1** und **G2** in der Karte ein. Im Schnittpunkt der eingetragenen Visurlinien liegt der gesuchte Punkt **H**. Auch bei dieser Methode kann durch Visur zu drei Punkten eine größere Genauigkeit erreicht werden. Auch hier ist die Deklination zu berücksichtigen. Die Punkte **S** und **K** sowie **G1** und **G2** sollten weit genug auseinander liegen, um „schleifende" Schnitte zu vermeiden.

Angabe der Lagegenauigkeit von Koordinaten

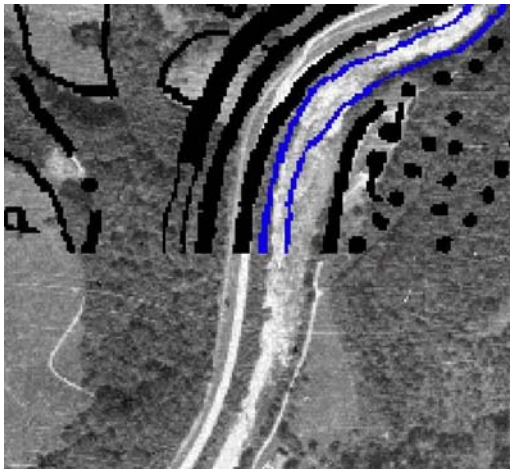
Gibt man Koordinaten von Höhleneingängen an, ist es auch sehr sinnvoll anzugeben wie genau diese sind, da es viele Möglichkeiten für deren Ermittlung gibt. In machen Fällen stimmen die Werte auf den Meter genau, teilweise ist aber die Höhle nur in einem Umkreis von 100 m oder mehr zu finden. Die Angabe dieser Metadaten (Daten über Daten) wird mit der Umstellung auf UTM-Koordinaten besonders wichtig: Bis jetzt war es teilweise möglich die Genauigkeit aus dem Koordinatenwert direkt abzulesen, da diese meist sinnvollerweise *gerundet* angegeben wurden. Werden diese gerundeten, im BMN ermittelten Werte aber ins UTM-System umgerechnet besteht diese Möglichkeit nicht mehr. Eine weitere Rundung ist nicht sinnvoll, da dadurch der Fehler vergrößert werden kann.

Beim Katasterführerseminar 2002 wurde beschlossen, die Genauigkeit in **absoluten Zahlen** anzugeben und nicht mehr als Codes, welche die Art der Ermittlung beschreiben. (Codes können irreführend sein. Z. B. nur anzugeben dass die Koordinaten mittels Bussolenaußenvermessung ermittelt wurden reicht nicht: zwei kurze Messzüge von einem KT-Stein aus ergeben metergenaue Koordinaten, eine lange Außenvermessung von einem in einer Karte eingezeichneten Punkt kann einen Fehler von etlichen Zehnermetern aufweisen. Darüber hinaus können absolute Zahlen besser in Datenbanken verarbeitet werden.

Herausmessen aus Karten: ±50 m bei Kartenmaßstab 1:50.000

Die Genauigkeit hängt vor allem vom Maßstab der Karte und von der Eindeutigkeit der Lage ab. Im allgemeinen wird die Genauigkeit bei vor Ort eingetragenen und gut lokalisierbaren Objekten nicht viel besser als ±50 m sein (was im Maßstab 1:50 000 1 mm entspricht). Bei lagerichtig eingezeichneten (das ist nicht immer der Fall!) Höhlensignaturen kann sie ±20 m erreichen. Liegt die Höhle in keinem markanten Gelände (z.B. ungegliederter flacher Waldhang) oder erfolgt der Eintrag nachträglich ist die Ungenauigkeit entsprechend größer.

Achtung: Die ÖK 25 V ist lediglich eine drucktechnische Vergrößerung der ÖK 50. Sie ist somit nur besser lesbar, nicht aber detailreicher. „Echte" 25-tausender oder noch großmaßstäbigere Karten (div. Spezialkarten des BEV, Alpenvereinskarten usw.) bringen natürlich schon höhere Genauigkeiten.



Zu beachten ist auch die kartographische Generalisierung: Da Kartensignaturen eine gewisse Mindestgröße und einen Abstand zueinander haben müssen (maßstabsabhängig), um lesbar zu bleiben, erscheinen diese Objekte in der Karte viel größer und weiter auseinander als in Wirklichkeit. Bei der Generalisierung werden diese Objekte auseinandergerückt (z.B. enges Tal mit Fluss, Eisenbahn und Straße!) oder weggelassen (einzelne Häuser, Serpentinen).

Trägt man genauere GPS-Messungen in Karten ein können sich dadurch Widersprüchlichkeiten ergeben.

◀ Vergleich Orthophoto – Kartenausschnitt ÖK 50. Die Bahntrasse musste bereits 35 m nach Westen gerückt werden!

Bussolen-Außenvermessung: ±2 m / 100 m Messzug + Fehler des Koordinatenursprungs

Hier setzt sich die Genauigkeit aus der des Messzuges *und* der des Koordinatenursprungs zusammen. Die Genauigkeit der Bussolenvermessung ist von der Länge abhängig. Bei der Verwendung der üblichen flüssigkeitsgedämpften Visuren (Suunto etc.) und Glasfibermaßbändern liegt sie im Allgemeinen unter 2 m pro 100 m Messzuglänge. Vor-Rückvisieren, Rundzüge und dergleichen verbessern und kontrollieren die Messung. Besonders bei längeren Bussolen-Außenvermessungen ist es sehr wichtig, die

Nadelabweichung (= Deklination + Meridiankonvergenz), sowie einen Korrekturfaktor für das Gerät (auch neuen Visuren haben Abweichungen bis zu ±1,5°) zu berücksichtigen. Wird z.B. eine Nadelabweichung von 3° nicht berücksichtigt, liegt bereits bei einer Distanz von 100 m die ermittelte Koordinate 5 Meter daneben! Ist die Außenvermessung an einen KT-Stein oder einen Theodolitpunkt angeschlossen kommt kein Fehler hinzu. Für die übrigen Möglichkeiten des Koordinatenursprungs sind die in diesem Artikel angegebenen Werte zu addieren.

Einmessung mit Theodolit: ±0 m (bei fachkundiger Bedienung und Berechnung)

Einmessung mit GPS: angezeigter Genauigkeitswert x 1,5

Üblichen Handheld-Geräte (Garmin eTrex usw.) zeigen eine (aus der Satelliten-Konstellation errechnete, mögliche) Lagegenauigkeit am Display an (>4 m). Nachmessungen an KT-Steinen haben gezeigt, dass die tatsächlichen Genauigkeiten teilweise geringer sind. Gibt man das 1,5-fache des abgelesenen Wertes an liegt man meist auf der sicheren Seite. Gibt das Gerät größere Ungenauigkeitswerte als etwa 15 m an, ist der angegebene Fehler in Wirklichkeit oft noch wesentlich – Faktor 2 und mehr – größer. Diese Werte können verbessert werden wenn mehre Messungen über einen längeren Zeitraum gemittelt werden. Zusätzliche Fehler können durch Reflexionen an Felswänden entstehen.

Handheld GPS mit Differenzialmessung: das Gerät ist mit einem Empfänger für Korrekturwerte (kostenpflichtig, werden als Radiowelle übertragen, verschiedene Genauigkeiten) ausgestattet. Man erreicht Genauigkeiten bis unter ±1 m. Neuere Geräte können ein von einem Satelliten ausgesandtes Korrektursignal (EGNOS/WAAS) empfangen, was ebenfalls zu präziseren Werten führt.

Messungen mit einem geodätischen Differenzial-GPS haben die Genauigkeit eines Theodoliten (±0 m)

Sonstige Methoden

Die Methode des **Rückwärts- bzw. Vorwärtseinschneiden** kann zu recht guten Ergebnissen führen bzw. die Eintragung in die Karte präzisieren. Vor allem hier ist es wichtig die Deklination zu berücksichtigen. Die Genauigkeit hängt von der Länge *und* dem Schnittwinkel der Visurlinien ab. Bei rechtwinkeligem Schnitt (Optimalfall) und mehreren gemittelten Visuren kann der Fehler unter +/– 1 m pro 100 m liegen. Die Kontrolle einer Außenvermessung die durch Einschneiden in das BMN-Netz eingehängt wurde hat gezeigt, dass die ermittelten Koordinaten nur Fehler von 1-2 m hatten.

Weitere Möglichkeiten sind durch **Orthophotos** (oft auch in digitaler Form) gegeben, wo bei guter Auflösung hohe Genauigkeiten erzielt werden können. (± 2 m und weniger).

Eine **Kontrolle** (nochmaliges Auftragen des Wertes, Ermittlung auf mehrere Methoden, Rundzüge bei Außenvermessungen etc.) ist immer sinnvoll.

Höhenfehler: ±10 m bei stabiler Wetterlage und kalibriertem Höhenmesser

Viele der oben beschriebenen Werte bezieht sich nur auf die Lagekoordinaten. Streng genommen müsste für die Höhe eine eigene Genauigkeitsangabe gemacht werden, da diese oft selbstständig oder mit anderer Genauigkeit erhoben wird.

Literatur

PLAN, L. (1996): Messdatenauswertung für das BMN-Koordinatensystem. – *Höhlenkundliche Mitteilungen*, Wien 52 (6), 108ff.

PLAN, L. (2002): Richtwerte für die Angabe der Lagegenauigkeit von Koordinaten. – *Speldok 10*, Wien, 43ff.

TILLER, A. (2001): Erste Erfahrungen mit GPS im alpinen Gelände. – *Der Schlaz*, München, 3/2001 (93), 21f.

Unterschiedliche Nordrichtungen

Wo ist Norden?

Bei der Höhlenvermessung werden Richtungen meist als Abweichungen von der Nordrichtung gemessen und dargestellt. Wo Norden liegt ist allerdings nicht nur eine Definitionsfrage sondern unterliegt im Fall der magnetischen Nordrichtung auch den Schwankungen des Erdmagnetfelds. Daher müssen wir bei jeder Vermessung die Messmethode angeben und zur Berechnung/Plandarstellung größerer Höhlen die jeweils aktuelle Abweichung einberechnen.

Geographisch-Nord (Ge.N, Astronomisch-Nord, Erdachse, ~Richtung zum Polarstern)

Am Globus weisen alle Meridiane (Längenkreise – gleich den Spalten von Orangen) zum geographischen Nordpol. **Anwendung**: Blattschnitt der Österreichischen Karte (ÖK) 1:50 000 (nach Ferro) und der neuen ÖK 50-UTM (nach Greenwich). Ansonsten nur für globale Darstellungen interessant und bei der Höhlenvermessung nur für das Verständnis der Umrechnung von Bedeutung.

Magnetisch-Nord (m.N, mag.N, Kompaß-Nord oder Nadel-Nord)

Richtung zum magnetischen Nordpol. Der magnetische Nordpol liegt derzeit rund 1500 km vom geographischen Nordpol entfernt und wandert ständig. Zudem gibt es kleinräumige Abweichungen. Dies ist die Nordrichtung, die mit dem Kompass gemessen wird. Auch unsere modernsten automatischen Richtungsmessgeräte können sich nur auf diese veränderliche Richtung beziehen. **Anwendung**: Für kleinere, einzeln dokumentierte Höhlen ausreichend, Vermessungsdatum angeben!

Gitter-Nord (Gi.N)

Parallele zum jeweiligen Bezugsmeridian eines geodätischen, rechtwinkeligen Koordinatensystems. Beispiele für Gauß-Krüger-Koordinaten, Bundesmeldenetz BMN, UTM-Koordinaten (➡ Merkblatt B9). Am Bezugsmeridian fallen Gitter-Nord und Geographisch-Nord zusammen, je weiter man von diesem entfernt ist, desto größer wird dieser Winkel. **Anwendung**: Alle großmaßstäbigen Landkarten (z.B. ÖK 50) und örtlichen Bezugssysteme. Alle größeren Höhlensysteme werden heute in Plänen/Planwerken dargestellt, die nach (einem) Gitternord orientiert sind. Heute sollte im international gebräuchlichen UTM-Netz gezeichnet werden, abgesehen von der Fortführung der im BMN-Netz begonnenen Höhlenplanwerke.

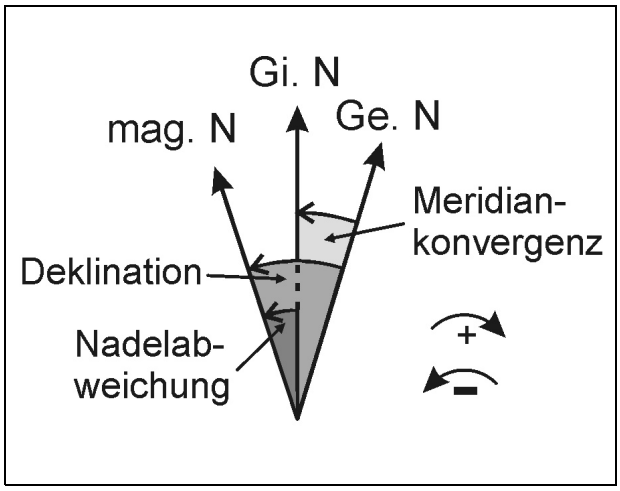
Die Winkelunterschiede zwischen den unterschiedlichen Nordrichtungen werden bezeichnet als:

Deklination:

Winkel zwischen Geographisch-Nord und Magnetisch-Nord. Man unterscheidet zwischen östlicher (positiver) und westlicher (negativer) Deklination. Achtung: die Deklination ändert sich ständig. Derzeit steigt sie in Österreich mit fast 0,1° pro Jahr an.

Eine exakte Deklinationskarte von Österreich bietet die ZAMG zum Kauf an (ca. € 35,-). Weiters gibt es eine Internetseite der NOAA wo die Deklination an jedem Punkt (Eingabe von Lat-Long-Koordianten) zu jedem beliebigen Zeitpunkt (auch Zeitreihen sind möglich) berechnet werden kann:

www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/Declination.jsp



Meridiankonvergenz:

Winkel zwischen Geographisch-Nord und Gitter-Nord. Am Hauptmeridian (Bezugsmeridian) ist die Meridiankonvergenz Null. Für die ÖK-BMN kann sie näherungsweise (für Kompassvermessungen ausreichend genau) bestimmt werden als Abstand vom Bezugsmeridian [in Metern] durch 100 000.

Bsp.: für den RW: 738.000 (der Bezugsmeridian M34 hat den Wert 750 000):

(738 000 – 750 000) / 100 000 = –0,12

Nadelabweichung:

Winkel zwischen Gitter-Nord und Magnetisch-Nord.

Die Nadelabweichung ist besonders wichtig, da sie bei jeder größeren Höhle zu berücksichtigen ist (Berechnung, Plan).

Berechnung der Nadelabweichung:

Nadelabweichung = Deklination – Meridiankonvergenz

Beispiel: ÖK 50-UTM, Kartenfeld 4221 – West:

Nadelabweichung = +2,6° – (–0,12°)….. = 2,72°

(Stand 2008, jährliche Änderung: +0,09°)

Tipps:

! Auf modernen Landkarten (ÖK 50-UTM, Alpenvereinskarten) ist die Nadelabweichung für das Kartengebiet und deren Tendenz ausreichend genau angegeben.

! Dabei auf die Maßeinheit achten: meist werden Grad und Sekunden (sechzigstel Grad) angegeben, wir messen und rechnen aber in Zehntelgraden!

! Im Downloadbereich der VÖH-Webseite (www.hoehle.org) wurde für einige Gebiete basierend auf der NOAA-Seite und der Näherungsformel für den BMN-Blattschnitt (s.o.) Zeitreihen für die Nadelabweichung berechnet.

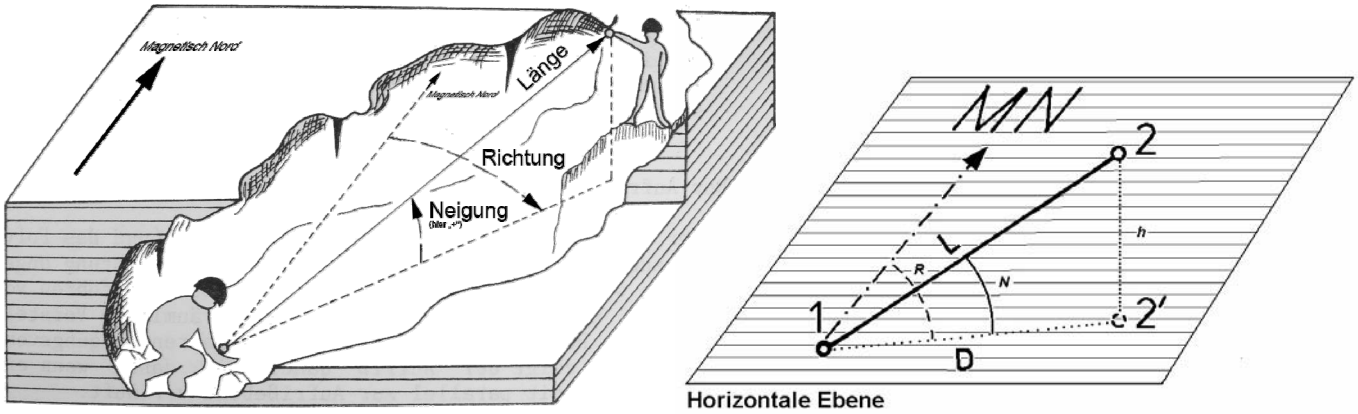
Die Höhlenvermessung

Das Grundgerüst jeder Höhlenvermessung und jedes Höhlenplans ist eine nahtlose Aneinanderreihung von Messstrecken (Messzügen) – der *Streckenzug* oder *Polygonzug* (siehe Merkblatt B 28). Jede einzelne Strecke wird im dreidimensionalen Raum durch drei Werte eindeutig festgelegt:

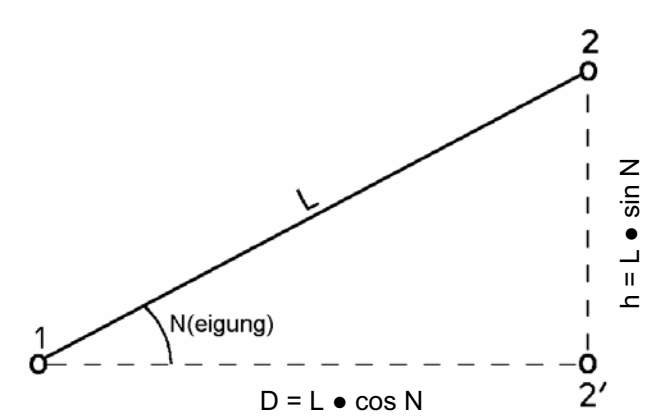
1. LÄNGE (L): Diese wird vom Anfangspunkt der Messstrecke (Vermessungspunkt (VP) 1) bis zum Endpunkt (VP 2) mit dem Maßband oder Laser-Entfernungsmessgerät (Disto) gemessen und auf Zentimetergenauigkeit in Meter (also z.B.: 5,23 m) angegeben.

2. NEIGUNG (N): Wird als **Abweichung** der Messstrecke **von der horizontalen Ebene** angegeben. Die Neigung wird mit einem Klinometer (Neigungsmessgerät) gemessen und auf halbe oder ganze Grade/Gon genau angegeben und kann positiv (steigend, z.B.: „Plus 15 Grad" = 15°) oder negativ (fallend; z.B.: „Minus 27,5 Gon" = -27,5^g) sein.

3. RICHTUNG (R): Die Richtung wird bei der Höhlenvermessung als **Abweichung** der Messstrecke **von der magnetischen Nordrichtung** (magnetisches Azimut) angegeben. Sie wird mit einer Bussole (Peilkompass) gemessen und auf halbe oder ganze Grade genau angegeben (z.B.: „237 Grad".



Mit der Ermittlung von Länge (**L**), Neigung (**N**) und Richtung (R) liegen für den Messzug 1 auf 2 die *Polarkoordinaten* (eine Länge, zwei Winkel) vor. Merkblatt B10 zeigt, wie diese Polarkoordinaten in *rechtwinkelige Koordinaten* umgewandelt werden können, die für das Zeichnen exakter Pläne (größerer) Höhlen unerlässlich sind.



L Wahre gemessene Länge (in Metern) zwischen den Vermessungspunkten (VP) 1 und 2

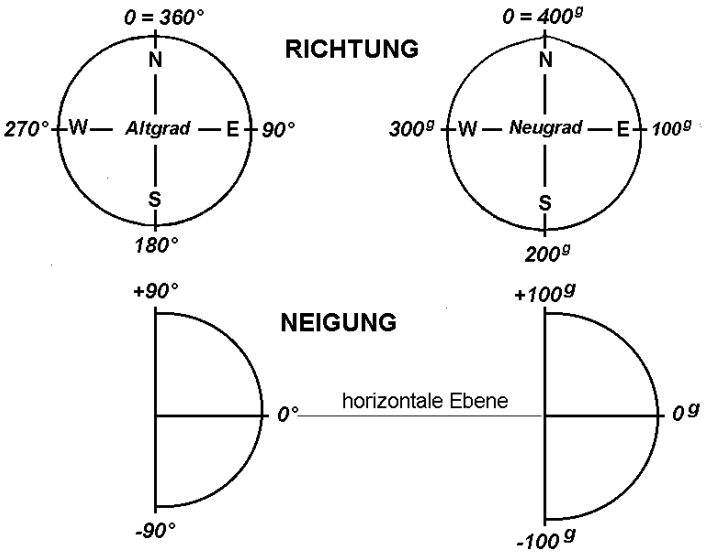
D Verkürzte Horizontaldistanz = Grundrißstrecke (Berechnungsformel ist angegeben).

h Höhendifferenz zwischen den Vermessungspunkten 1 und 2 (Berechnungsformel ist angegeben).

2' Grundrisspunkt des (räumlichen) Vermessungspunktes 2

Kreisteilungen

Achtung bei Winkelmessungen: es gibt **Altgrad** („Grad", Kreisteilung in 360 Einheiten) und **Neugrad** („Gon", Kreisteilung in 400 Einheiten). In Österreich sind „Altgrad" gebräuchlich. Neigung und Richtung sollten unbedingt mit Geräten der gleichen Kreisteilung gemessen werden.



Störfaktoren

Achtung bei der Richtungsmessung auf **magnetische Störfaktoren** (magnetische Brille, Uhr, Helmlampe – besonders: eingeschaltete LED-Lampe, Schachtausrüstung, Einbauten wie Leiter etc.,...)!

Günstige Wahl der Vermessungspunkte

Die Auswahl geeigneter Messpunkte stellt stets einen Kompromiss aus folgenden Vorgaben dar:

- Die (Haupt-)Messzüge sollten zwecks Berechnung der Ganglänge einigermaßen dem Verlauf (der Achse) der Höhlengänge folgen, durch die Lage der Punkte soll kein „Zick-Zack-Verlauf" der Messstrecken innerhalb eines Höhlenganges entstehen
- Die Messpunkte sollten so platziert werden, dass der Viseur – den Umständen entsprechend – so bequem als möglich an den Messgeräten ablesen kann. In verkrampften Stellungen, im Gatsch liegend oder unter Absturzgefahr durchzuführende Messungen sind nicht nur unangenehm sondern meist auch sehr ungenau!
- Vor allem die Anschlusspunkte bei offen gelassenen Fortsetzungen sollen bei späteren Forschungstouren möglichst leicht wieder gefunden werden. Da auch immer wieder unerwartet Seitenfortsetzungen entdeckt werden sollten Punkte generell an möglichst markanten Stellen (Vorsprünge, Felskanten, Spitzen von Felsblöcken, Bohrhaken an Schachteinstiegen etc.) platziert werden.
- Die Lage der Messpunkte soll dem Zeichner die Arbeit erleichtern. Dies ist ebenfalls dann gegeben, wenn markante Stellen oder Rauminhalte durch die Messpunkte lagemäßig fixiert werden.

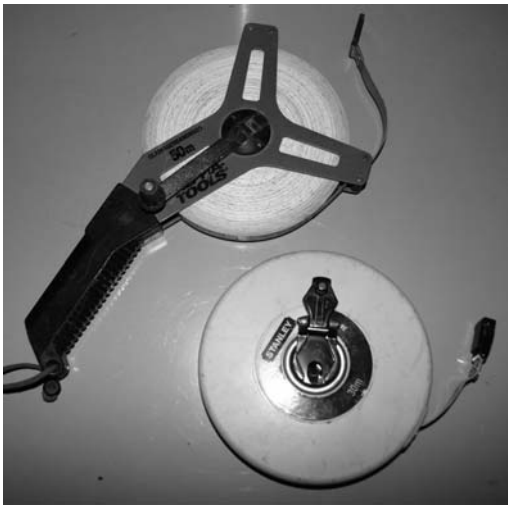
Markierung der Vermessungspunkte

Die Messpunkte zwischen den Messzügen werden durch kleine Farbpunkte oder –kreuze markiert („stabilisiert"), um spätere Vermessungen anschließen zu können. Dies sollte aber möglichst schonend für das Erscheinungsbild der Höhle erfolgen – es ist ein dauerhafter „Ausweis" der Vermesser! In der Höhle keine Punktnummern anschreiben! Das ist bei genauer Planaufnahme nicht notwendig, zudem werden Punktnummern bei der Eingabe in den Computer meist noch geändert (Systematik, Fehlerkorrektur). An trockenen Stellen genügt die Markierung mit Försterkreide oder Ölkreide, dauerhaft können Punkte mit Nagellack oder Außendispersion (in Ausnahmefällen – z.B. Theodolit-Außenvermessungen – mit Bohrankern) stabilisiert werden. Nagellack ist nicht UV-beständig und daher für Außenvermessungen ungeeignet. In zeitweise überfluteten oder eisführenden Gangstrecken ist eine dauerhafte Markierung meist gar nicht möglich, daher möglichst Messpunkte außerhalb dieser Bereiche stabilisieren. Wichtige Punkte in Wasserhöhlen können durch ein mit dem Hammer eingemeißeltes Kreuz oder ein Spitloch markiert werden.

Gebräuchliche Messgeräte

Um Messzüge in- oder außerhalb der Höhle durchzuführen, benötigt man Geräte zur Messen der Länge, Neigung und Richtung. Aus einer breiten Palette aus unterschiedlichen Konstruktionen haben sich folgende Instrumente durchgesetzt:

Maßband



Zur Ermittlung der Länge eines Messzuges stellen Kunststoffmaßbänder die einfachste und kostengünstigste Variante dar. Die in manchen Gruppen noch aus früheren Zeiten überlieferte Ansicht, dass nur Stahlmaßbänder ausreichende Genauigkeit bieten ist seit Jahrzehnten überholt. Es ist aber wichtig, die Gebrauchsdehnung zu kennen, um korrekte Werte zu erhalten. Wichtig ist vor der Messung den tatsächlichen Nullpunkt festzustellen – er befindet sich bei fast jedem Band woanders (manchmal am Metallring am Ende, manchmal erst etliche cm nach dem Beginn des Kunststoffbandes). Maßbänder sind unempfindlich gegen Schmutz und mechanische Belastungen, ja selbst mit den Teilstücken eines abgerissenen Maßbandes kann man noch weitermessen. Wegen der Verschmutzung sind offen Spulen und solche mit großen Kurbeln gegenüber geschlossenen Boxen („Tellerminen") vorzuziehen (siehe Bild) Nachteilig sind Maßbänder bei Außenvermessungen im Dickicht bzw. bei starkem Wind, außerdem muss jeder Messpunkt tatsächlich betreten (oft: erklettert) werden.

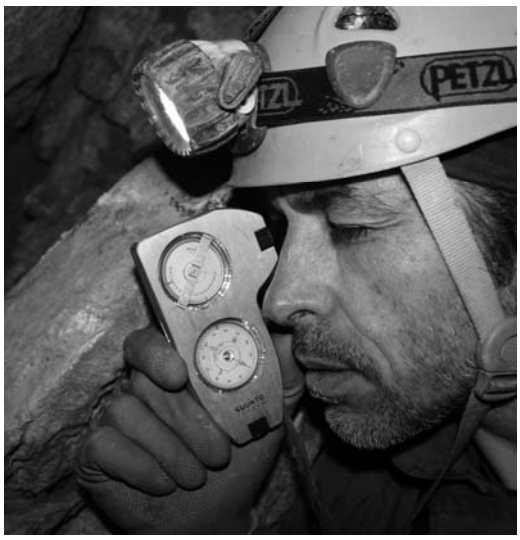
Weitere Tipps zur korrekten Verwendung ➡ MB B32a-c

Laserdistanzer

Erst seit wenigen Jahren sind Laserdistanzer in brauchbarer Größe und zu „erschwinglichen" Preisen am Markt. Sie sind erstaunlich bruch- und wasserfest, es schadet aber nicht, sie vor dem Höhleneinsatz nochmals einzupacken (vgl. Bild) wobei die Frontlinsen frei bleiben müssen. Die Vorteile liegen in der einfachen und zuverlässigen Messung: man muss nicht jeden Punkt betreten und kann daher auch viele Raumbegrenzungen, Schlote, Schachtfortsetzungen auf Knopfdruck einmessen (man könnte eine Höhle – abgesehen von Sicherheitsbedenken – sogar alleine vermessen). Bei längeren Zügen ist es notwendig das Gerät aufzulegen um leichtes Zittern, und somit ein Verfehlen des Zieles, zu vermeiden. Es hat sich bewährt immer zwei Messungen zu machen um Messungen, die am Ziel vorbei gehen, oder ein Objekt vor dem Ziel erfassen, zu vermeiden. Bei den meisten Geräten geht das ohne den Wert zwischen den Messungen abzulesen, da die letzten paar Messungen am Display dargestellt werden. Nur wenn die Werte innerhalb eines vertretbaren Fehlers sind (wenige Zentimeter) werden sie notiert.

Beim Kauf sollte man auch darauf achten, dass das Gerät mit Standard-Batterien (AA oder AAA) betrieben werden kann. Je nach Gerät können Entfernungen von 70, 100 oder mehr Metern gemessen werden – was allerdings nur in der Höhle problemlos funktioniert. Im grellen Sonnenschein verliert man schnell den winzigen Laserpunkt und trifft bei schon bei Entfernungen von über 20 m kaum mehr das Ziel. Es hilft, wenn der Zeichner die Messmappe als Zieltafel an den Punkt hält, generell sind bei Außenvermessungen Geräte mit optischer Zieleinrichtung zu empfehlen (leider wesentlich teurer).

Neigungsmesser (Inklinometer)



Es gibt verschiedene Modelle von Neigungsmessern, die so funktionieren, dass von einem Punkt zum nächsten gepeilt wird, allerdings haben sich Geräte der Firma Suunto am besten bewährt. Um systematische Fehler durch meist unbekannte Augen-Fehlstellungen (Parallaxenfehler) zu vermeiden, sollte abweichend von den meisten Bedienungsanleitungen immer nur mit einem Auge gemessen und das andere geschlossen werden. Dabei wird in das Gerät geblickt und der waagrechte Strich seitlich nach außen gedacht (zum angepeilten Punkt verlängert).

Die meisten Geräte haben links eine Gradeinteilung (die wir verwenden) und rechts eine Prozentteilung (für Straßenbauer etc.). Die Gradteilung erlaubt im Optimalfall eine Ablesung auf halbe Grad, womit in der Höhle faktische Ablesegenauigkeiten von 2° erzielt werden. Bei einigen Modellen ist eine Beleuchtung integriert, die aber dem Höhleneinsatz vielfach nicht lange standhält.

Weitere Tipps zur korrekten Verwendung und zur Vermeidung von Ablesefehlern, zur Verbesserung der Lichtverhältnisse beim Ablesen usw. ➡ *MB B32a-c*

Peilkompass (Bussole)

So wie bei den Neigungsmessern gibt verschiedene Modelle, die so funktionieren, dass von einem Punkt zum nächsten gepeilt wird und haben sind Geräte der Firma Suunto am weitesten verbreitet. Um systematische Fehler durch meist unbekannte Augen-Fehlstellungen (Parallaxenfehler) zu vermeiden, sollte auch bei der Richtungsmessung – abweichend von den meisten Bedienungsanleitungen – immer nur mit einem Auge gemessen und das andere geschlossen werden. Dabei wird in das Gerät geblickt und der senkrechte Strich im Okular nach oben oder unten verlängert (zum angepeilten Punkt verlängert).

Die Gradteilung erlaubt im Optimalfall eine Ablesung auf halbe Grad, bei stark geneigten Zügen in der Höhle können die faktischen Ablesefehler auch ±5° betragen. *Tipps zur Verringerung oder Vermeidung von Ablesefehlern sowie zur Vermeidung der Ablenkung der Kompassnadel durch E-Stirnlampen (LED!)* ➡ *MB B32a-c*

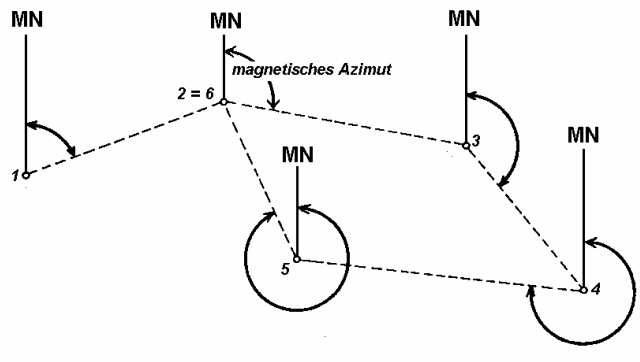
Für Neigungsmesser und Bussolen gibt es **Kombigeräte** (siehe Abbildungen), die rascher zu handhaben und in Summe leichter sind, allerdings ist der Schaden größer, wenn nur ein Instrument kaputt geht.

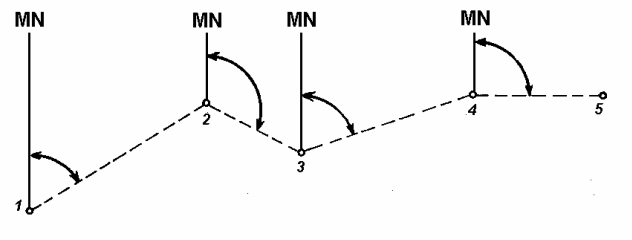
Geeignete **Bezugsquellen** für Messgeräte: Speleo-Ausstatter, Vermessungsfirmen, Industriebedarf, ev. Baumärkte.

Geräte zur Lage- und Höhenbestimmung *werden in den* ➡*MB B21 und B22 beschrieben.*

Der Polygonzug

Der Polygonzug (Streckenzug) bildet das Grundgerüst jeder Höhlenvermessung und die geodätische Grundlage für den Höhlenplan. Er besteht aus der Aneinanderreihung von Messzügen (Messstrecken), die Vermessungspunkte (Vp) miteinander verbinden. Jeder einzelne Messzug wird durch seine **Länge (L)**, **Neigung (N)** und **Richtung (R)** festgelegt. In dieser Reihenfolge werden die Daten festgehalten und in einem Messprotokoll aufgezeichnet. Während die Länge (in Metern gemessen) eindeutig definiert ist, müssen bei der NEIGUNG und RICHTUNG jeweils Festlegungen über die Kreisteilung (Altgrad oder Neugrad, ➡ siehe Merkblatt B26b) getroffen werden.





Wir unterscheiden:

Geschlossener Polygonzug

Beim geschlossenen Polygonzug besteht die Möglichkeit der Fehlererkennung, der Fehlerberechnung und des Fehlerausgleiches. Als Fehler wird der anhand der gemessenen Daten errechnete Lageunterschied am Ringschluss bezeichnet (in der Abbildung zwischen den Punkten 2 und 6). Wann immer die Möglichkeit besteht, sollte der Polygonzug geschlossen werden.

Vermessungen größerer Höhlensysteme bestehen oft aus labyrinthischen Netzwerken.

Offener Polygonzug

In der Höhlenvermessung, wo der Polygonzug dem Gangverlauf folgt (siehe unten) ist es sehr oft nicht praktikabel, einen Polygonzug zu schließen. In diesem Fall kann nicht festgestellt werden, ob der Polygonzug im Rahmen der angestrebten Vermessungsgenauigkeit liegt, oder ob grobe Fehler gemacht wurden.

Polygonzug = Grundlage der Basisdaten

Die Hauptzüge des Polygonzuges sollen möglichst dem Gangverlauf einer Höhle folgen, wodurch der Höhlenverlauf bereits grob festgehalten wird. Mit Hilfe des Polygonzuges und ergänzender „Raumdaten" (Angaben zum Gangquerschnitt an jedem Vermessungspunkt, meist „LROU": links, rechts, oben, unten) können die meisten Programme zur Berechnung von Höhlenvermessungen auch einfache dreidimensionale Bilder der Höhle erzeugen. Achtung: diese Daten können sich auf den von- oder den zu-Punkt beziehen, was unterschiedlich gehandhabt wird. Dies ist zu vermerken und auch bei der Berechung und Darstellung zu berücksichtigen.

Zugleich wird aus der Summe dieser (Haupt-)Messzüge die **Ganglänge** der Höhle ermittelt. Die Ganglängenangaben von Höhlen besitzen daher in Bezug auf die reale Höhle keine geometrische Exaktheit (ein solches Maß ist aufgrund der komplexen Form einer Höhle auch nicht zu finden) sondern stellen nur eine praktikable Näherung zwecks Vergleichbarkeit dar. Jedenfalls sollen die Hauptzüge möglichst nicht im Zickzack von einer Höhlenwand zur anderen geführt werden. Es ist eine internationale Konvention, dass Hilfszüge (Seitenzüge, stern- oder ringförmige Ausmessung von Hallen), die nur der Dimensionsbestimmung von Raumprofilen oder zur genaueren Entwurfszeichnung gemessen werden, *nicht* zur Ganglänge rechnen.

Zwischen dem höchst- und tiefstgelegenen Punkt eines Polygons spannt sich der **Höhenunterschied** (vertikale Ausdehnung) der Höhle auf, zwischen den in der Grundrissprojektion lagemäßig entferntesten Punkten die **Horizontalerstreckung** (horizontale Ausdehnung) der Höhle.

Plandarstellung des Polygonzugs

In der Plandarstellung des Polygons kann signaturenmäßig unterschieden werden zwischen:

Ganglängen-relevanten **Hauptzügen**:	durchgezogene Messlinie	○———○
Hilfszügen:	kurze Anstriche an den Vp's	○— —○
unterlagernden Messzügen:	strichlierte Linie oder Anstriche	○- - - - - - -○
Bussolenpunkte:	Kreise (O)	
Theodolitpunkte:	Dreiecke (△)	
GPS-Punkte:	Sechsecke (⬢)	

Dauerhaft markierte Punkte können durch Unterstreichung der Punktnummer (z.B.: 8) bezeichnet werden.

Systematische Bezeichnung der Messpunkte

Grundprinzip

Messpunkte eines Polygons (➡ siehe Merkblatt B28) werden grundsätzlich mit fortschreitender Vermessung in aufsteigender Folge von Zahlen (1, 2, 3,...) oder Buchstaben-Zahlen-Kombinationen nummeriert (z.B.: B17, B18,…). Jedem Messpunkt einer Höhle oder eines Höhlengebietes wird dabei eine eindeutige Bezeichnung gegeben, indem jede Zahl bzw. Zeichenkombination nur ein einziges Mal vergeben wird. "Punktnummer" bedeutet nicht unbedingt nur eine Zahl, sondern eine Kombination aus Buchstaben, Zeichen und Ziffern.

Da man unmittelbar während der Vermessung in größeren Höhlen kaum eine klare Nummerierung herstellen kann (vor allem bei mehreren gleichzeitig tätigen Messgruppen; vielfach gewinnt man selbst erst nach abgeschlossener Vermessung einen Überblick) sollten im Zuge der Vermessung *keine* dauerhaften Nummerierungen in der Höhle vorgenommen werden, auch wenn die Punkte selbst dauerhaft vermarkt („stabilisiert") werden. Das Fazit ist nämlich fast immer, dass zu Hause Korrekturen vorgenommen werden müssen, und in der Höhle dann „falsche" Nummern (die provisorischen Nummern des Kartierungsbuches) angeschrieben sind. Falls eine Punktbezeichnung wichtig erscheint, sollten im Gelände allenfalls erst nachträglich Nummern angebracht werden. Mit guten Plänen findet man den richtigen Punkt aber auch ohne aufgemalte Ziffer wieder!

Einmal in einem Höhlengebiet eingeführte Punktnummernsysteme sind unbedingt weiter zu führen, oder es ist allenfalls das gesamte Gebiet in eine neue Systematik zu übertragen (alle Messprotokolle, Plandarstellungen, Punktbezeichnungen in der Höhle etc.). Dies birgt aber unzählige Fehlerquellen! Besser, man übernimmt am Computer das bestehende System durch eine Erweiterung in die Neue Systematik (je nachdem Zusatzziffer oder -Buchstaben am Beginn der Messpunktbezeichnung).

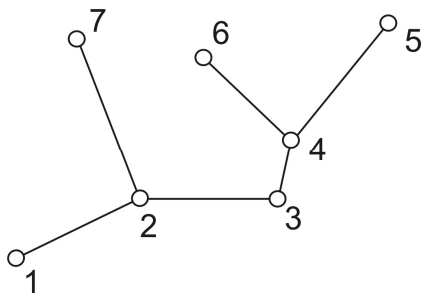
Mögliche Varianten

Größere Höhlensysteme bzw. Vermessungsnetze weisen auch eine große Anzahl von Messpunkten auf, die schnell in die Tausende oder Zehntausende gehen kann. Um den Überblick zu behalten bzw. damit sich jeder Datennutzer rasch orientieren kann, ist bei der Bennennung der Messpunkte ein durchschaubares (und dokumentiertes) Ordnungsprinzip unumgänglich. Nach Möglichkeit sollte dabei von der Punktnummer auf die Lage des Messpunktes geschlossen werden können (Gebiet, Höhle bzw. Höhlenteil, ev. Vermessung).

Es ist vorauszuschicken, dass es dazu kein Patentrezept gibt, vielmehr soll das System dem jeweiligen Gebiet angepasst werden. Im Folgenden werden unterschiedliche Möglichkeiten aufgezeigt.

Trotz aller geforderten Systematik sollten – wenigstens am Plan – die **Punktnummern so kurz als möglich** gehalten werden (lange Zahlenreihen sind eine Fehlerquelle und „Verschandelung" des Höhlenplans).

Fortlaufende Nummer: Eine Lösung nur für kleinere Höhlen

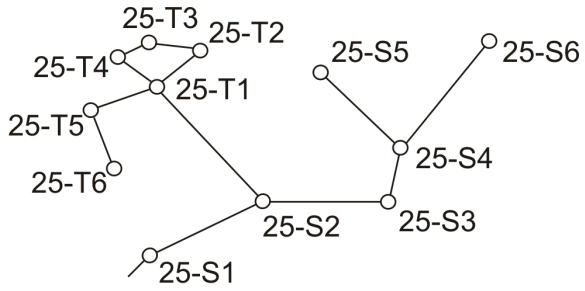


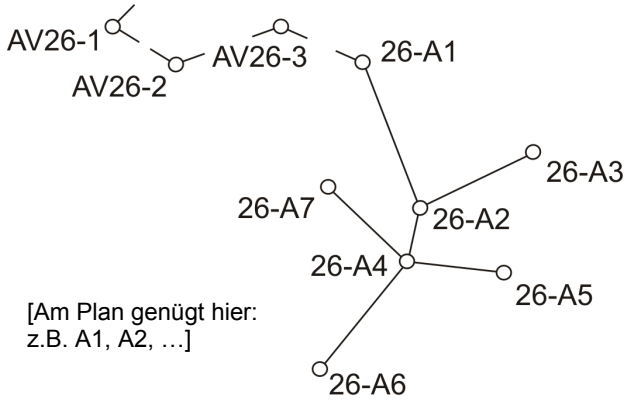
Es werden den Punkten vom Eingang einer Höhle beginnend und dem Verlauf der Vermessung folgend ansteigende Nummern zugeordnet. Dabei sollten keine Nummern ausgelassen werden. Nicht mit „0" beginnen!

Vorteile: Einfach. Man sieht auch ohne Computerauswertung sofort, wie viele Messzüge für die Vermessung der Höhle erforderlich waren. Die Vermessung ist in einem Messprotokoll leicht nachvollziehbar.

Nachteile: für komplexe Höhlen(gebiete) völlig unpraktikabel, weil bald unüberschaubar und hohe Anfälligkeit für irrtümliche Doppelbezeichnungen. Es erlaubt keine Zuordnung von Messzügen zu Höhlen(teilen) etc.

Empfehlung: Hierarchische Systeme mit Katasternummer und Mappen





[Am Plan genügt hier:
z.B. A1, A2, …]

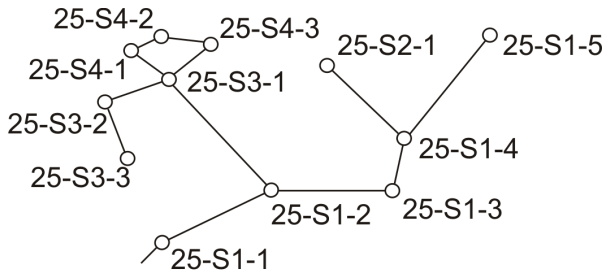
Bleibt man bei innerhalb einer Katastergruppe (das ist meist der Fall), so reicht es zur Unterscheidung den Punktnummern der Höhle jeweils die Katasternummer voranzustellen. Bsp.: **25-134** bezeichnet den **134**. Punkt der Höhle mit der Katasternummer **25**.

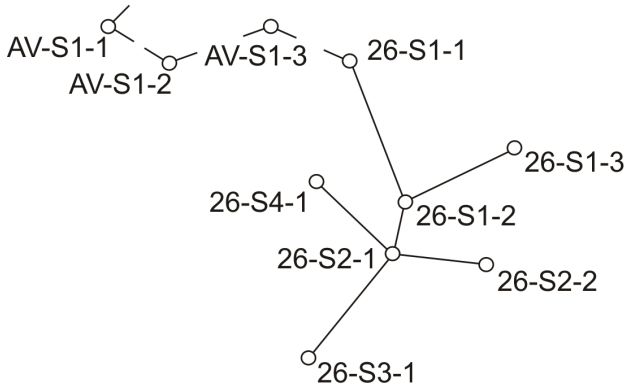
Große Höhlen können in (mehr oder weniger abgegrenzten Höhlenteilen entsprechenden) „Mappen" geteilt werden, die mit einem Buchstaben (z.B. „S") bezeichnet werden. Für Außenvermessungspunkte wird häufig ein „A" oder „AV" in die Punktbezeichnungen eingeflochten.

Vorteile: Durchgehende Logik, auch für komplexe Höhlengebiete, unbegrenzte Anzahl an Punktnummern, bietet über die reine Punktbezeichnung hinausgehende Informationen: Beispielsweise ist die Zuordnung von Plandarstellungen zu Höhlen(teilen) anhand der Punktnummern möglich. Es können unabhängig voneinander mehrere Gruppen nummerieren, sofern sie nicht gerade im gleichen Höhlenteil arbeiten. In einem Plan mit Titel kann man den „logischen" Anfang des Zifferncodes (der z.B. nur die Katasternummer wiedergibt) ohne Informationsverlust weglassen.

Nachteile: Das System muss von Beginn an gut überlegt sein und dann strikt durchgehalten werden, Gelegenheitsforscher haben manchmal Probleme damit.

Serien und Stationen (Schweizer System)





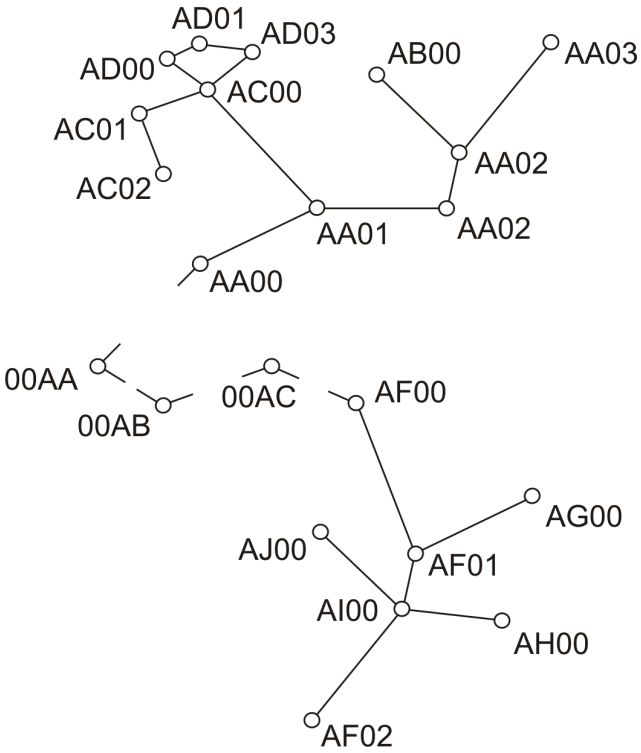
Das System baut auf sogenannten „Serien" auf und ist eng mit dem in der Schweiz etablierten Programm „Toporobot" verknüpft. Eine Serie ist eine durchgehende Folge von Messstrecken, die keine Verzweigungen enthalten darf. Bei jeder Verzweigung (Seitenzug) beginnt eine neue Serie. Punkte werden nun innerhalb einer Serie fortlaufend nummeriert. Punkt 2-1 ist der 1. Punkt innerhalb der 2. Serie. Die Kombination mit zusätzlichen Attributen (z.B. Mappen) erlaubt eine klarere Strukturierung, da zusätzlich zu den Mappen und Punktnummern die Ebene der Serien eingeschalten wird.

Bsp.: **25-B14-134** bezeichnet den **134**. Punkt der **14**. Serie in der Mappe **B** der Höhle mit der Katasternummer **25**.

Vorteile: Mathematisch logisches System mit unbegrenzter Zahl möglicher Punktnummern. Gemeinsam mit „Toporobot" erlauben die Serien nach wie vor eine bessere digitale 3-D-Modellierung von Höhlen als andere Programme.

Nachteile: Unübersichtlichkeit und lange Ziffernkolonnen bei labyrinthischen Höhlen oder unfangreichen Raumvermessungen in großen Hallen. Entspricht nicht unbedingt der Logik menschlicher Orientierung.

Grazer System



Vierstellige, ansteigende Alphanumerische Codesysteme wie z.B.

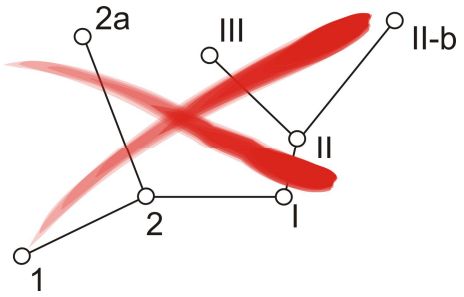
AA00 bis ZZ99 (meistverwendet), oder

00AA bis 99ZZ

Vorteile: Mathematisch logisches System mit hoher Anzahl theoretisch möglicher Punktnummern (jeweils 67.600 – allerdings kaum annähernd ausschöpfbar).

Nachteile: Keine eindeutige Zuordnung zu Höhlen, die Katastersystematik wird durchbrochen. (Vertreter dieses Systems empfehlen sogar einerseits „Kontingente" für Höhlenteile zu verwenden oder andererseits in Kleinhöhlengebieten höhlenübergreifend fortlaufend weiterzunummerieren, oder auch ein Mischung der Code-Systeme). Für kleinere Objekte sehr umständlich, da von Anfang an vierstellige Codes zu verwenden sind, andererseits ist die Länge einzelner Serien durch das Dezimalsystem auf maximal 99 Punkte begrenzt. Ziffern-Überladung der Pläne.

Wichtig: keine Chaos- oder Notlösungen!



Für welches System man sich auch immer entscheidet, es sollte konsequent beibehalten werden. Häufig findet man leider in Plänen unsystematische Spontan-Messpunktbezeichnungen, vor allem an kurzen Seitenstrecken (z.B. Kleinbuchstaben, römische Ziffern). Dies ist unübersichtlich, führt zu Doppelbenennungen und zu falschen Rundschlüssen. Daher ist ein solches Kunterbunt unbedingt zu vermeiden!

Das Messprotokoll

Auch in Zeiten der digitalen Messdatenberechnung

… ist es für die Nachhaltigkeit Eurer Vermessungen (die dauerhafte Nachvollziehbarkeit und Weiterverwendbarkeit) unerlässlich, die Daten übersichtlich und vollständig zu protokollieren. Dies sollte digital und – nach wie vor – analog, also ausgedruckt auf Papier erfolgen. Was vorerst lästig erscheint, rettet Euch später beim Überschreiten des 10. oder 20. km Ganglänge vor dem totalen Chaos!

Die nachfolgende Darstellung zeigt, was in der Dateneingabe und auf einem Messprotokoll alles enthalten sein soll. Die Gestaltung des Protokolls (Eingabeformular, Ausdruck) ist Geschmackssache:

Datenkopf

MESSPROTOKOLL FÜR: *Weiße Grotte* | KAT.NR.: *1712/18 a-c* | DATUM: *15.9.2002*

MESSGRUPPE: *R. Fischer u. A. Klampfer* | BERECHNUNG: *R. u. W. Fischer mit EXCEL4.0*

Landesverein für Höhlenkunde in Wien und NÖ | KOORD. URSPRUNG: VP 1

Datenblock

von	bis	L	N	R	D	links	rechts	oben	unten	Δh	H	Δy	Δx	Y	X	Anmerkung
	1										0,00			0,00	0,00	Sh 1600 m (Eingang a)
1	2	4,17	-4,0	24,0	4,16					-0,29	-0,29	1,69	3,80	1,69	3,80	
	1										0,00			0,00	0,00	
1	3	2,70	-43,0	203,0	1,97					-1,84	-1,84	-0,77	-1,82	-0,77	-1,82	
3	4	3,13	-57,5	313,0	1,68					-2,64	-4,48	-1,23	1,15	-2,00	-0,67	
4	5	5,55	-62,0	306,0	2,61					-4,90	-9,38	-2,11	1,53	-4,11	0,86	
5	6	5,25	-40,0	310,0	4,02					-3,37	-12,76	-3,08	2,59	-7,19	3,45	
6	7	2,78	3,0	8,0	2,78					0,15	-12,61	0,39	2,75	-6,80	6,20	
	6										-12,76			-7,19	3,45	
6	8	7,98	-36,5	204,0	6,41					-4,75	-17,50	-2,61	-5,86	-9,80	-2,41	
8	9	1,83	-90,0	0,0	0,00					-1,83	-19,33	0,00	0,00	-9,80	-2,41	
	5										-9,38			-4,11	0,86	
5	10	2,43	36,0	309,0	1,97					1,43	-7,95	-1,53	1,24	-5,64	2,10	zählt nicht zur Ganglänge
10	11	10,35	35,0	252,0	8,48					5,94	-2,02	-8,06	-2,62	-13,70	-0,52	
11	12	3,41	-48,0	327,0	2,28					-2,53	-4,55	-1,24	1,91	-14,94	1,39	
12	13	8,07	-36,0	191,0	6,53					-4,74	-9,29	-1,25	-6,41	-16,19	-5,02	
13	14	4,40	-12,0	3,0	4,30					-0,91	-10,21	0,23	4,30	-15,96	-0,72	
14	15	3,04	14,0	292,0	2,95					0,74	-9,47	-2,73	1,10	-18,70	0,39	
15	16	3,78	6,0	244,0	3,76					0,40	-9,08	-3,38	-1,65	-22,08	-1,26	
16	17	4,23	-13,0	3,0	4,12					-0,95	-10,03	0,22	4,12	-21,86	2,85	
		70,67														
																BMN-Koord. 546.350 / 268.560 (GPS)

kann bei guter Planaufnahme auch später ergänzt werden

Σ Ganglänge (Züge, die nicht zur Ganglänge zählen kennzeichnen!)

Punktnummern (Leerzeile bei Anschlusswechsel erhöht die Übersichtlichkeit)

Länge des Messzuges

Neigungdes Messzuges

Richtung des Messzuges

Horizontale Distanz des Messzuges

Horizontale und vertikale Entfernungen der Raumbegrenzung vom Messpunkt für 3D-Computergrafiken

Höhenunterschied des Messzuges

Absolute Höhe des Punktes

Relative Koordinatenänderung innerhalb des Messzuges

Absolute Koordinaten innerhalb des gewählten Koordinatensystems (im abgebildeten Beispiel: Koordinatenursprung in Punkt 1)

Bezeichnung der Höhlenteile und diverse Hinweise (hier z.B. Seehöhe und BMN-Koord.)

	Alt-grad	Blatt
N	±90°	
R	360°	

Angabe der Kreisteilung und Blattnummer im Messprotokoll

Leider berücksichtigen die meisten derzeit (2007) verwendeten Computerprogramme den Grundsatz der nachvollziehbaren Dokumentation nur sehr unzureichend, da sich die Software-Entwickler eher auf eine Steigerung der Grafik-Möglichkeiten abzielen, und nur zögerlich werden die grundlegenden Basisfunktionen nachgerüstet. Z.B. im Programm COMPASS ist es erst seit den letzten Programmversionen möglich Eingangsdaten *und* berechnete Koordinaten in einer Tabelle anzuzeigen oder auszudrucken (unter *View – Cave Statistics… – Custom Export*), aber die Kennzeichnung von Zügen, die nicht zur Ganglänge zählen oder Raumdaten können hier nicht angefügt werden. Dadurch verlieren aber viele Vermessungen an Wert und der Arbeitsaufwand bei der Weitervermessung steigt ebenso wie die Gefahr, Fehler bei der Dateneingabe zu machen (falscher Anschluss, falsche Punktnummern, fehlende Deklination,…). Wirkt auf die Programmierer Eure Programme ein, dass sie diese für Euch wichtige Protokollansicht bereitstellen!

Je besser ein Messprotokoll in der Anmerkungs-Spalte erläutert ist, desto besser kann es später – bei weiteren, anschließenden Vermessungen – nachvollzogen werden.

Ganglängenerfassung

Computerprogramme erfassen die Ganglänge meist automatisch. Zwecks Nachvollziehbarkeit hat es allerdings auch als günstig herausgestellt, die erzielte Ganglänge jedes Vermessungseinsatzes – also die Summe jedes Protokolls auf diesem zu erfassen.

Bei den meisten Höhlenvermessungen gibt es Messzüge, die nur der besseren kartographischen Erfassung des Höhlenraumes dienen und nicht zur Ganglänge gezählt werden. Diese sind am Protokoll unbedingt zu kennzeichnen. Auf handgeschriebenen Protokollen hat es sich bewährt, die entsprechenden Messzuglängen einzuringeln, in digital erstellten Protokollen erfolgt dies oft durch ein „L" in eigener Spalte („Flag" für Längenexklusion) oder in der Anmerkungs-Spalte.

Ordnung und Archivierung der Messprotokolle

Jede Vermessung (Einsatz/Tour einer Messgruppe) bekommt ein eigenes Protokoll!

Tipp: Messteams oder -touren nie vermischen! Wenn sich später z.B. herausstellt, dass Gruppe B einen fehlerhaften Kompass verwendet hat, muss man bei vermischten Daten alle Ergebnisse verwerfen. Generell ist es auch ratsam die verwendeten Messgeräte zu notieren (Seriennummer oder eigene Nummer), um beim Feststellen von etwaigen Gerätemissweisungen auch noch nachträglich die Messdaten korrigieren zu können.

Bei größeren Höhlen: So wie man die Höhle in Teile gliedert, werden auch die Messprotokolle mit fortlaufender Nummer in mit Buchstaben gekennzeichneten Mappen geordnet (z.B. Höhlenteil A – Mappe A – Messprotokolle A1 bis Axxx – Punktnummern A1-Axxx; ➡ vgl. MB B4). Es ist hilfreich, für jede Mappe eine Übersichtstabelle der Messprotokolle anzulegen – das ist zugleich eine Chronologie der Erforschung und hilft bei der Statistik.

Auch die digitalen Messdaten sollten entsprechend archiviert werden – immerhin stellt die Eingabe einen nicht unerheblichen Arbeitsaufwand dar. Im Optimalfall können sie in der vom Verein verwendeten Kataster-Datenbank (➡ vgl. MB B 4) integriert und gespeichert werden. Zumindest ist eine systematische Archivierung innerhalb des Vereins sinnvoll.

Tipp: regelmäßige Daten-Backups (Sicherungen) sollten hier eine Selbstverständlichkeit sein.

Arbeitsweise der Messgruppe

Im Optimalfall besteht eine **Messgruppe aus drei Personen**: dem Zeichner, dem Viseur und dem Maßbandträger. Dieser geht voran und übernimmt die wichtige Aufgabe der Auswahl (und Markierung) von Messpunkten.

Um ein rasches Vorwärtskommen zu ermöglichen, sollen die Messzüge einerseits nicht zu kurz sein, andererseits vom Zeichner noch gut überblickt werden können. Aufgrund der Verwendung für die Ganglängenermittlung und für digitale Höhlenverlaufspläne/3D-Modelle soll der Messzug möglichst der Achse des Höhlenganges folgen.

Die Zeichnung des Entwurfes dauert gewöhnlich am längsten, so dass die übrigen Mitarbeiter Wartezeiten in Kauf nehmen müssen. In der Praxis kann die Entwurfszeichnung beschleunigt werden, indem auch in großen Räumen (abgesehen von Schächten und sehr einfach gebauten Gängen) „handliche" Messstrecken von unter 10 m Länge gewählt werden. Dies führt nicht nur zu einer gleichmäßigeren Beschäftigung der Vermesser sondern auch zu besseren Messergebnissen, da sich zufällige Fehler in vielen kurzen Zügen statistisch ausgleichen. In größeren Räumen lässt der Maßbandträger zur Erleichterung und Verbesserung der Entwurfszeichnung das Band so lange in der Linie der Visur am Boden liegen, bis der entsprechende Abschnitt der Entwurfszeichnung fertig gestellt ist.

Ist man nur **zu zweit** unterwegs muss der Viseur auch das Maßband übernehmen. Der Zeichner hält in diesem Fall das Maßbandende am jeweils letzten Vermessungspunkt an und der Viseur visiert in „verkehrter Richtung". ACHTUNG: rückwärts gemessene Werte müssen am Messblatt gekennzeichnet werden (Umrechnen in der Höhle sollte als Fehlerquelle vermieden werden).

In erfahrenen Zweiergruppen übernimmt der Viseur zwecks ausgeglichener Arbeitsaufteilung zusätzlich noch die Zeichnung des Längsschnittes, die tendenziell weniger Zeit in Anspruch nimmt als die Grundrisszeichnung.

Bei einer **Vierergruppe** übernimmt ein Forscher die Aufgabe des Erkundens, Fotografierens, Materialeinbaus usw., die restliche Dreiergruppe arbeitet nach oben beschriebener Methode.

Arbeitsvorgang

Arbeits-schritt	Zeichner	Viseur	Maßbandträger
1			Punkt auswählen
2		Maßband spannen und ablesen (nicht runden!)	
3	Länge notieren		
4		Neigung messen	(Punkt anzeigen und beleuchten)
5	Neigung notieren, Zug im Längs-schnitt mit Geodreieck auftragen		
6	Verkürzung für Grundriss ablesen		
7		Richtung messen	(Punkt anzeigen und beleuchten)
8	Richtung notieren, verkürzte Strecke mit Geodreieck im Grundriss auf-tragen		
9			Punkt markieren (bei Abzweigun-gen und Vermessungsabbruch dauerhaft)
10	Entwurfszeichnung	(eventuelle Hilfsmessungen)	

Tipps und Tricks für eine genaue Vermessung

Fehlerquellen der Vermessungsgeräte

Maßband: Der Nullpunkt der verschiedenen Maßbänder kann unterschiedlich sein. Einmal ist es der Ring der Lasche, das andere Mal eine Markierung auf dem Band. Da bei älteren Maßbändern erfahrungsgemäß der erste Meter zuerst kaputt wird, werden auch solche verwendet, bei denen man bei 1 m anhalten muss. Also muss man vor der Vermessung sicherstellen, dass man den richtigen Nullpunkt zur Messung verwendet, da ansonsten ein systematischer Fehler gemacht wird.

Maßbänder sind auf eine bestimmte Zugbelastung kalibriert, die meist am Maßband aufgedruckt ist, z.B. 50 N. Diese Zugkraft sollte in etwa eingehalten werden, also: weder Girlanden noch allzu starkes Zerren!

Neigungsmesser: Häufiger und gravierender Fehler ist die Verwechslung der %- und °-Skala bei Winkeln deutlich unter 45°. (Wenn Winkel um und über 100° abgelesen werden, sollte es auffallen). Ein weiterer sehr häufiger Fehler entsteht, wenn von einem beschrifteten10er-Wert in die falsche Richtung zählt und zb. 9° anstatt 11° abliest (gilt auch für den Kompass). Bei flachen Visuren sollte man bewusst auf das Vorzeichen achten, da man die Horizontale in der Höhle oft schlecht abschätzen kann.

Peilkompass: Der Messwert wird bei Ablenkung durch magnetische Teile, insbesondere der Stirnlampe (aber auch durch Brillen und Armbanduhren) verfälscht. Der verwendete Helm etc. sollte daher getestet werden, indem man einen horizontal liegenden Kompass mit dem Helm umkreist. Die Nadel darf sich dabei nicht bewegen, sonst sind völlig unvorhersagbare Ablesungen vorprogrammiert.

Der Kompass ist beim Ablesen waagrecht zu halten, da ansonsten die Libelle durch Reibung „hängen bleibt". Am leichtesten ist das zu verifizieren, wenn man vor dem Ablesen noch ein wenig links und rechts des Punktes visiert (leicht hin- und herdreht). Die Nadel muss ohne Verzögerung folgen.

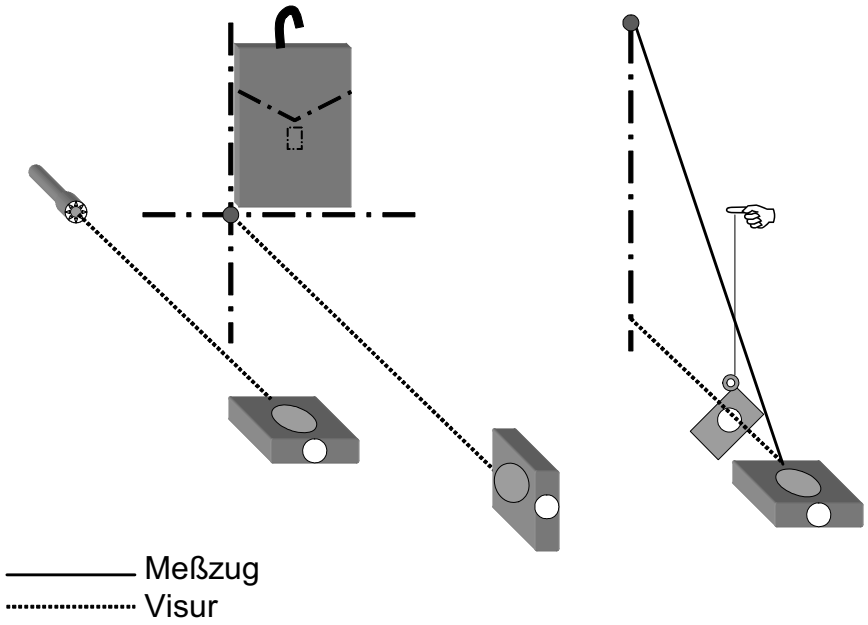
Bei steilen Visuren ist es schwierig die Richtung zu bestimmen, da man ja den Kompass waagrecht halten muss (Spiel!). Man wird also die Senkrechte vom Messpunkt schätzen und auf diese Gerade visieren. Insbesondere bei geneigten Höhlenprofilen und bei unbequemer Ablesehaltung sind Fehler vorprogrammiert. Man sollte sich auch nicht auf die Normalität des Fadens zur Gradskala im Okular verlassen. Dieses Problem kann man entschärfen, indem man das zweite Gerät mit ausgestreckter Hand an der Schlaufe hält und so als Lot verwendet. Nun muss man sich die Senkrechte nicht mehr vorstellen sondern sieht sie auch (Methode Daniel Gebauer). Für eine von Volker Weißensteiner beschriebene Zusatzeinrichtung des Kompass gibt es mittlerweile in der Schweiz die nötigen Kleinteile zu bestellen. Durch Totalreflexion sieht man Spiegelungen des Messpunktes (=Lichtquelle!) in geringem Winkelabstand zur Waagrechten und kann auch bei sehr steilen Messungen leicht und genau ablesen.

Handelsübliche Neigungsmesser und Kompasse können ab Werk **Gerätefehler** (systematische Missweisungen) von bis zu 2° aufweisen. Um dies zu prüfen (und in der Datenberechnung systematisch berücksichtigen zu können) sollte jedes Gerät in regelmäßigen Abständen an einer Teststrecke (z.B. per GPS an zwei weit entfernten Punkten selbst herstellbar) geprüft werden und die Identität der verwendeten Messgarnitur bei jedem Messprotokoll vermerkt werden.

Anleitung zu einfachen Methoden

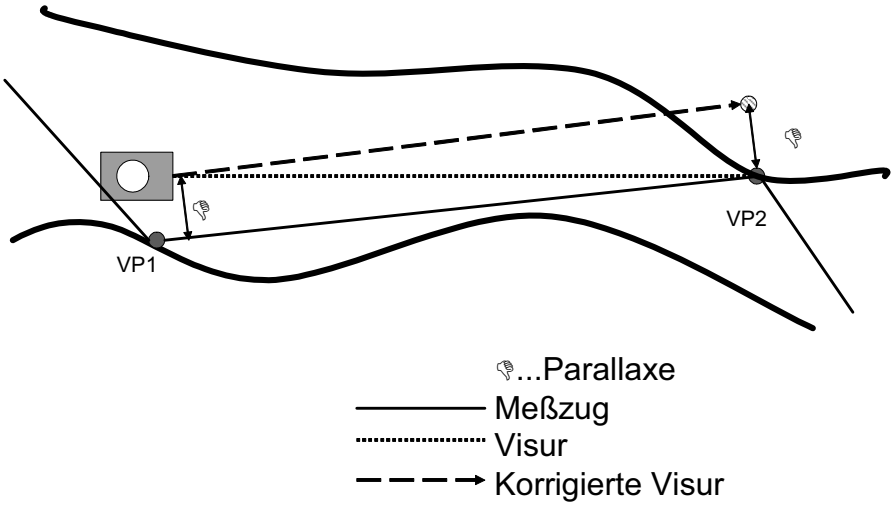
Die **Markierung der Messpunkte** sollte klein, dauerhaft und gut sichtbar sein. Bewährt hat sich dabei Försterkreide oder ein Lackpunkt (Nagellack – aber Achtung bei Außenvermessungen: Nagellack ist nicht UV beständig!). Bei der Wahl des Polygonpunktes sollte nicht nur Bequemlichkeit der Visur oder maximale Messstrecke berücksichtigt werden, sondern auch der nächste Zug bzw. Züge bei Abzweigungen.

Zum **Ablesen der Geräte** muss Licht einfallen (von oben beim Kompass, von links beim Neigungsmesser), die aber bei der normalen Karbid-Stirnlampe oft nicht ausreicht. Beim Kompass kann man sich durch Ablesen aus etwa 5 cm Entfernung abhelfen, bei der Neigung hilft nur eine zweite Lichtquelle. Abhilfe ist eine abnehmbare elektrische Stirnlampe oder eine kleine Handlampe mit der man mit der freien Hand leuchtet. Es funktioniert auch, beim Ablesen der Neigung das Licht der Karbid-Stirnlampe mit der blanken Rückseite des Kompass auf den Neigungsmesser zu spiegeln. Nach wenigen Probeversuchen klappt das zuverlässig. Alle Zusatzlampen sind auf magnetische Ablenkung zu prüfen!



Das Visieren ist manchmal schwierig, da der Messpunkt für den Viseur schlecht erkennbar sein kann (lange Visuren, unbequeme Strecken). Die Person beim entfernten Punkt kann helfen, indem sie das Ziel visualisiert. Dies kann durch Zeigen mit er Hand, durch eine Lampe am Punkt (Handlampe, LED-Lampe oder Stirnlampe, hierbei Achtung auf Parallaxe) oder durch Aufsetzen einer Ecke der Messmappe geschehen (Vorteil: man hat senkrechte und waagrechte Visurlinien).

Generell ist es sinnvoll sich zu vergewissern, dass die Visurlinie durch den Punkt führt, insbesondere wenn man annähernd senkrecht von einer Wand wegmisst. Der Punkt ist hinter dem Kopf und bei steileren Visuren verschätzt man sich leicht.



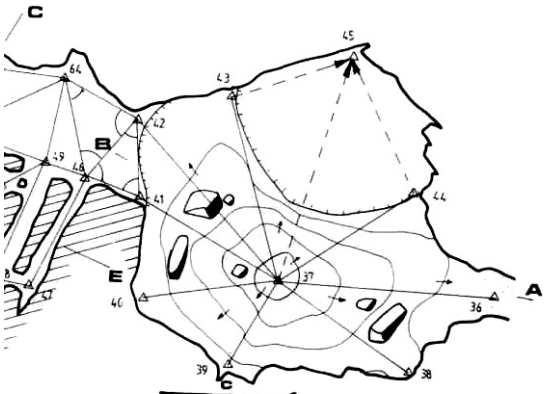
Manchmal kann man das Auge nicht ganz in die Polygonlinie bringen. Ein typisches Beispiel wäre ein Canyon mit den Punkten an den Wänden. Man kann wegen dem Helm das Gerät nur in einer gewissen Entfernung ablesen. Man versucht den Fehler nur in einer Achse zu machen (also wenn man seitlich nicht zum Punkt kann, dann wenigstens auf gleicher Höhe, wenn man nur über dem Punkt visieren kann dann genau über dem Punkt) und muss dann die Abweichung beim Zielpunkt einzuschätzen. (Ich bin jetzt 10 cm links des Punkts, also visiere ich auf einen imaginären Punkt 10 cm links des Zieles. Wenn man allerdings auf die falsche Seite visiert, hat man den Fehler verdoppelt!).

Hilfreich ist es auch, sich manchmal nicht den Punkt sondern eine ‚Verlängerung' anzeigen zu lassen. Also bei der Neigung wird eine Waagrechte (z.B. durch Kante der Messmappe) angezeigt, bei der Richtung eine Vertikale. Wenn man diesen Fehler nicht berücksichtigt entsteht ein systematischer Fehler, der sich bei vielen Zügen stark auswirken kann.

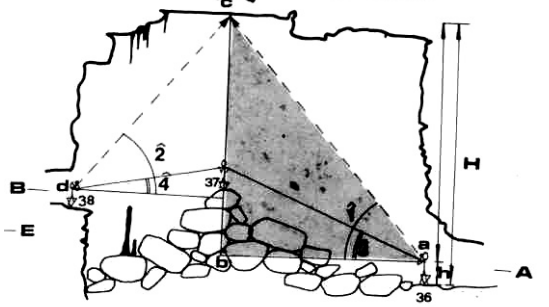
Größere Schächte sollten mit **Lotungen** vermessen werden, da man so die Ungenauigkeiten der steilen Visuren umgeht. Das Ende des Maßbandes wird hierzu mit einem Karabiner oder anderem Eisenzeug beschwert.

Tiefe Schächte können mit drei Leuten bis zu einer Tiefe der doppelten Maßbandlänge vermessen werden indem von oben zu einer Person in der Mitte des Seiles gemessen wird (Anhalten am Seil) und von dort weiter nach unten (Überschlagen). In Schächten, aber auch sonst ist es sehr vorteilhaft, wenn das Maßband an beiden Seiten mit Karabinern am Gurt befestigt wird.

Hinweise auf komplexere Methoden



Die **Raumhöhe** kann durch Triangulierung eines Deckenpunktes (markante Formation, oder ein Lichtfleck eines Laserpointers) von zwei Messpunkten des normalen Polygonzuges ermittelt werden. Mit dieser Methode kann auch die Distanz zu unzugänglichen Raumpunkten (jenseits von Schächten oder grazilen Tropfsteinbildungen) gemessen werden.



◀ Durch Einmessung eines beleuchteten Punktes an der Decke oder Seitenwand von zwei verschiedenen Messpunkten kann die Lage und Höhe durch Triangulierung bestimmt werden.

Eine einfache Berechnung (und grafische Ermittlung im Entwurf vor Ort) ist möglich, wenn ein Deckenpunkt senkrecht über einem Messpunkt anvisiert wird.

Grafik aus: Martinez i Rius, Topografia Espeleologica.

Laserdistanzer (z.B. von Hilti oder Leica) sind mittlerweile schon recht klein und leistbar. Für sehr große Höhlenteile (Seitenzüge), genaue Deckenaufnahmen, Volumsbestimmungen von Hallen etc. sind sie vorteilhaft und erlauben ein rascheres Messen. Bei normalen Messungen bietet das herkömmliche Maßband Vorteile für den Zeichner, ist vergleichsweise billig und kann zwischendurch auch ohne Schaden in Schlammbrühen versenkt werden.

Literatur

Grossenbacher, Y. (1991): *Topographie souterraine*. – Editions du Fond, Neuchâtel, 105 S.

Hof, A. (1988): Vermessungsgeräte und ihre Zuverlässigkeit. – *Stalactite*, 38 (1+2), 47-59.

Martinez i Rius, A. (1992): *Topografia Espeleologica*. – Federacion Espagnola de Espeleologia, 132 S.

Weißensteiner, V. (1989): Eine Zusatzeinrichtung für den flüssigkeitsgedämpften Kompaß. – *Die Höhle*, Wien, 40 (4), 114-117

Weißensteiner, V. (1993): Eine weitere Verbesserung für ein genaues Visiersystem an einem Flüssigkeitskompaß. – *Die Höhle*, Wien, 44 (4), 110-114

UIS-Klassifizierung der Genauigkeit von Höhlenplänen

Arbeitsgruppe für Höhlenvermessung und Plandarstellung

UIS Informatik Kommission

Herausgegeben von Philipp Häuselmann; ins Deutsche übersetzt von Thilo Müller (März 2011)

Einleitung

Einem Höhlenplan sieht man nicht an wie genau er ist. Ein schön gezeichneter Plan kann auf einer ungenauen Vermessung bzw. Entwurfszeichnung basieren oder umgekehrt. Daher ist es sinnvoll die Genauigkeit der Vermessung und der Entwurfszeichnung anzugeben, wozu es einen internationalen Standard der UIS (Int. Union für Speläologie - Arbeitsgruppe für Höhlenvermessung und Plandarstellung der Informatikkommission) gibt. Die folgenden Tabellen zeigen die Klassifizierung, die Genauigkeit der Details, zusätzliche Informationen sowie eine Erklärung für die Tabellen.

Im Folgenden werden einige Markennamen zum besseren Verständnis der Art des Geräts verwendet. Dies soll keine Werbung oder Unterstützung für diese Produkte sein.

Verwendung

Die vereinbarte Schreibweise ist "UISv1 4-2-BC" für einen Vermessungs-Grad 4, Plandetail 2 und zusätzliche Qualifizierung B und C. Die Versionsnummer (v1) wurde hinzugefügt, um mögliche künftige Änderungen nachzuvollziehen.

Die vorliegenden Einteilungen sind nicht gültig für Unterwasser-Messungen, da Techniken, Material und Schwierigkeiten sehr unterschiedlich sein können. Wenn ein Hinweis gegeben werden soll, wäre "Entspricht UISv1 4-2-BC" (engl.: Equivalent to UISv1 4-2-BC) zu verwenden. Bandbreiten von UIS-Klassifizierungen sollten nicht auf dem Plan angegeben werden. Wenn der Hauptgang der Höhle mit Hilfe eines Theodolits vermessen wurde und die Seitengänge mit dem Grad 4, ist jene Einstufung anzugeben, die die Genauigkeit der enthaltenen Passagen am besten wiedergibt. Meistens wird es der niedrigere Grad sein; wenn unbedeutende Seitengänge (NICHT die einzige Verbindung von zwei hochwertigen Plänen!) der Höhle in einen niedrigeren Grad eingestuft werden, kann der höhere Grad bestehen bleiben. Bitte beachten, dass diese Grade Präzision und Genauigkeit angeben sollen. Und auch wenn Grad 5 für einen qualitativ guten Plan erreicht werden sollte, ist es nicht immer unbedingt nötig. Insbesondere bei größeren Höhlen sollten Einzelheiten über die Kartenerstellung in der schriftlichen Beschreibung der Höhle erwähnt werden. Dort können auch mögliche Abweichungen von der allgemeinen Grad-Einteilung erklärt werden. Techniken zum Ausgleich von Rundzugsfehlern, Messtechnik und andere zusätzliche Details können dort beschrieben werden.

Vermessungs-Grade

Grad	Beschreibung	Genauigkeit			Erwartete Genau-igkeit
		Länge	Richtung	Neigung	
-1	Kein Höhlenplan verfügbar	-	-	-	-
0	Ohne Bewertung	-	-	-	-
1	Gedächtnisskizze, nicht maßstäblich	-	-	-	-
2	Karte zusammengefasst aus Anmerkungen, Skizzen und Schätzungen, erstellt in der Höhle. Keine Instrumente benutzt.	-	-	-	-
3	Richtungen mit Kompass, Entfernungen mit Schnur, Tempo oder Körpermaßen gemessen. Signifikantes Gefälle geschätzt.	0,5 m	5 °	-	10%
4	Kompass-und-Maßband-Vermessung mit bewusst gewählt und fixierten Messpunkten. Gefälle mit Neigungsmesser oder horizontalen und vertikalen Komponenten der Messschnur gemessen.	0,1 m	2 °	2 °	5%
5	Kompass-und-Maßband-Vermessung. Richtungen und Neigungen mit kalibrierten Instrumenten gemessen, Entfernungen mit Glasfaser-, Metallmaßband oder Tachymetrie.	0,05 m	1 °	1 °	2%
6	Vermessung oder Triangulation mit kalibrierten, stativbasierten Instrumenten mit Messgenauigkeit 0,25 ° für Richtung und Neigung. Entfernungen mit kalibriertem Maßband, genauer Tachymetrie oder kalibriertem DistoX (oder ähnlich).	0,02 m	0,25 °	0,25 °	1%
X	Vermessung mit Theodolit oder vergleichbaren Geräten.	variabel			variabel

Entwurfs-Klassifizierungen

0 nicht klassifizierte Skizze

1 Skizze aus dem Gedächtnis. Nicht maßstabsgetreu, aber gibt die ungefähre Proportionen wieder.

2 Details aufgrund von Notizen, Skizzen und Schätzungen der Richtungen und Dimensionen in der Höhle gemacht.

3 Details der Zeichnungen in der Höhle gemacht. Die Zeichnung muss nicht maßstäblich sein, Gangdimensionen können abgeschätzt sein. Wesentliche Details sind mit hinreichender Genauigkeit gezeichnet.

4 Details des Plans maßstabsgerecht in der Höhle gezeichnet, basierend auf Messungen von wichtigen Details mit Bezug zu Messpunkten, in der Regel mindestens mit dem Grad 4. Alle Details von allgemeinem speläologischem Interesse sollten mit ausreichender Genauigkeit dargestellt werden und nicht deutlich vom Planmaßstab abweichen. Gangdimensionen wurden gemessen.

Erweiternde Zusätze

A Keine Maßnahmen, um zusätzliche Genauigkeit zu erhalten.

B Rundzüge wurden geschlossen und ausgeglichen.

C Vermessung basiert auf Instrumenten und Personen, die hinsichtlich möglicher störender Einflüsse geprüft und korrigiert wurden.

D Vermessung ist überprüft und korrigiert durch elektromagnetische Methoden.

E Messdaten wurden nicht manuell, sondern elektronisch übertragen.

F Eingänge wurden genau eingemessen.

Zusätzliche Hinweise

Grad -1: Nur für Datenbank-Zwecke. Es bedeutet, dass der Höhlenplan noch nicht gezeichnet wurde.

Grad 0: Nur für Datenbank-Zwecke. Wenn ein Höhlenplan nicht eingestuft ist, kann seine Qualität nicht beurteilt werden. Dies gilt meistens auch für historische oder anderweitig alte Pläne.

Grad 3: Ein Peilkompass/Neigungsmesser oder vergleichbar, relativ einfache Mittel ohne genaue Messwerte. Vermessungen von Kopf zu Kopf der Vermesser qualifizieren nur für Grad 3. Topofil-Messungen qualifizieren normalerweise für Grad 3 oder 4.

Grad 4: Topofil-Messungen können für Grad 4 qualifizieren, wenn die Messzüge nicht zu lang sind und die Daten sorgfältig abgelesen werden. Laser-Entfernungsmesser qualifizieren für die Grade 4 bis 5. Zur Erreichung von Grad 4 müssen feste und wieder auffindbare Messpunkte gesetzt werden. Sie müssen sich nicht unbedingt an den Wänden befinden; Stativ-basierte Messpunkte mit einer definierten Länge über dem Boden sind ebenfalls akzeptabel.

Grad 5 und 6: Kalibrierte DistoX, DUSI oder vergleichbare Instrumente können Grad 6 erreichen; Wenn das Gerät nicht kalibriert ist, erreicht es lediglich Grad 1! Topofil in Schächten kann den Grad 5 erreichen. Um Grad 5 zu erreichen, müssen die Messpunktkoordinaten errechnet werden (xyz-Koordinaten, keine Polarkoordinaten aufgetragen mit mm-Papier und Geodreieck).

Grad X: Theodolit oder andere ähnliche Geräte können ebenso variieren wie die Messtechnik. Daher müssen alle „Grad X“-Vermessungen in der schriftlichen Beschreibung der Höhle Angaben zu den Instrumenten und der Messtechniken sowie eine Schätzung der wahrscheinlichen Genauigkeit der Vermessung enthalten.

Entwurfdetail Grad 4: Der Hauptunterschied zwischen Detail Grad 3 und 4 ist, dass für den Grad 4 die Zeichnung in der Höhle maßstabsgerecht vorgenommen wurde, entweder durch Berechnung/ Reduktion der Grundrisslängen auf Papier oder durch Zeichnen auf Computerausdrucken von früheren Vermessungen.

Suffix C: bedeutet, dass Kompass, Neigungsmesser und die Personen, die die Messgeräte verwenden, hinsichtlich möglicher störender Einflüsse überprüft worden sind.

Magnetische Anomalien bei Kompass, Neigungs-Anomalien bei Neigungsmesser und Augenanomalien bei Personen sind relativ häufig. Um Grad 5 zu erreichen, müssen alle Instrumente kalibriert sein, Grad 5 und Suffix C sind daher redundant.

Siehe www.sghbern.ch/hrh.html (auf Eichungsanlage klicken) für die Beschreibung eines möglichen Kalibrierungs-Aufbaus.

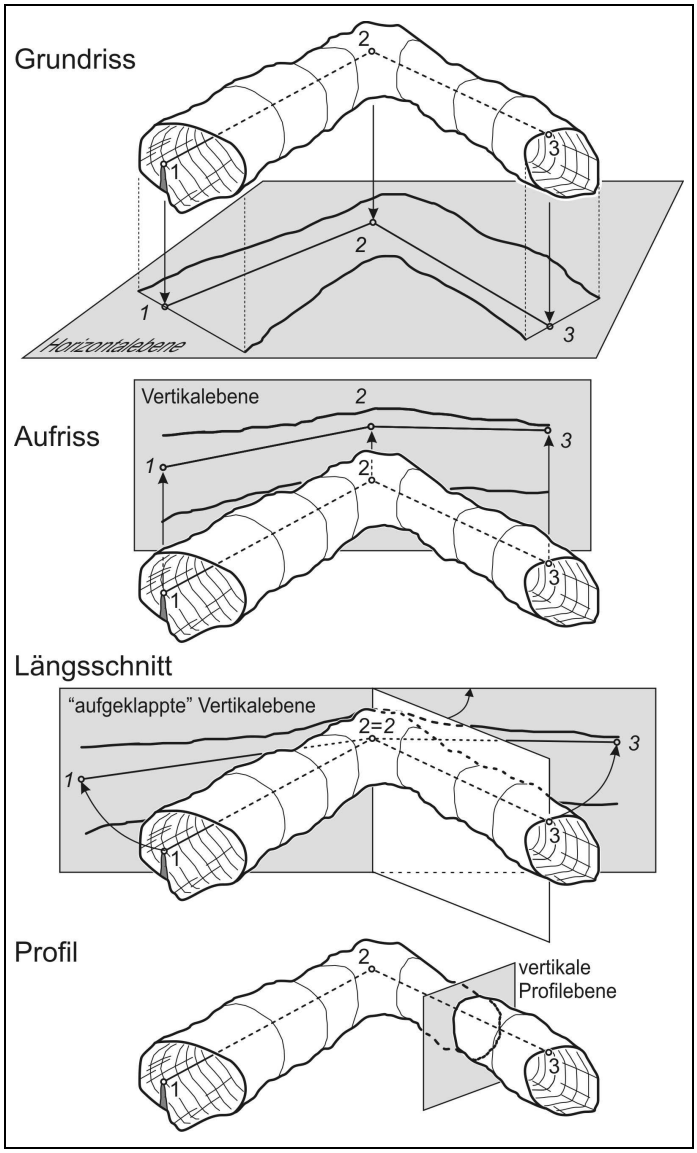
Suffix D: Wird benützt, um auszudrücken, dass für wichtige Punkte in Höhlengängen mittels elektromagnetischer Peilsender (oder anderer Methoden) absolute Messpunkte bezüglich der Erdoberfläche ermittelt wurden.

Suffix E: Sagt aus, dass die Daten, zur Vermeidung von Übertragungsfehlern, elektronisch von den Messinstrumenten übertragen (DistoX etc.) wurden.

Suffix F: Wird auf jedem Höhlenplan verwendet, der verschiedene Höhlen darstellt (um anzuzeigen, dass die Eingänge genau gemessen wurden) oder auf Höhlenplänen, die absolute XYZ-Daten auf einem Raster enthalten. Ohne zusätzliche Angaben in der schriftlichen Beschreibung wird davon ausgegangen, dass die Messtechnik zur Eingangseinmessung zumindest der Genauigkeit entspricht, die in der Höhle erreicht wurde. Bestimmung von Eingangskoordinaten aus Karten qualifiziert für Grad 1 bis 3 (für hochwertige Karten); Oberflächenvermessungen für Grad 3 bis 6 und GPS-Messungen von 3 bis X, abhängig von den verwendeten Instrumenten und Methoden, der Verfügbarkeit von Satelliten etc. Um Suffix F zu erreichen, muss die Position des Eingangs entweder durch Oberflächen-Vermessung von mindestens Grad 4, durch eine gute GPS-Position oder vergleichbare Mittel bestimmt werden.

Grundriss, Längsschnitt, Aufriss und Profile

Höhlen sind komplexe dreidimensionale Phänomene deren kartografische Darstellung aufgrund der Zweidimensionalität des Darstellungsmediums (Papierplan, Computer Bildschirm etc.) nur gewisse Ansichten bzw. Projektionen erlauben. Im Folgenden werden die möglichen Projektionen, die für die Darstellung von Höhlen und im speziellen für Höhlenpläne angewandt werden erläutert. Jede Höhle bzw. jeder Höhlenteil sollte im Grundriss, einem Vertikalschnitt (vorzugsweise Längsschnitt) und in Profilen dargestellt werden - für Fragen zur Höhlenentstehung (Speläogenese) kann auch der Längsschnitt einer Horizontalhöhle große Aussagekraft besitzen.



Der Grundriss ist die Projektion der Höhle auf eine horizontale Ebene, ähnlich einer Landkarte. Die Messzüge sind je nach Neigung verkürzt dargestellt, wodurch nur horizontale Strecken in ihrer wahren Ausdehnung abgebildet werden und ein senkrechter Messzug nur als Punkt erscheint.

Der Aufriss ist die Projektion der Höhle auf eine vertikale Ebene, deren Richtung angegeben werden muss, wobei meist die der maximalen Ausdehnung verwendet wird. Züge, die nicht in dieser Ebene liegen erscheinen verkürzt und steiler, was das lesen des Aufrisses erschwert.

Der Längsschnitt (auch *Längsschnitt mit gestreckten Achsen*) bietet ebenfalls eine vertikale Ansicht der Höhle. Er entsteht durch die Aneinanderreihung der einzelnen Messzüge (Höhlenabschnitte) in ihrer tatsächlichen Neigung, wodurch auch die wahre Neigung der Höhlenabschnitte wiedergegeben wird. Horizontale räumliche Beziehungen (z.B. der Punkt X im Gang A liegt über Punkt Y in Gang B) können aber nicht dargestellt werden.

Generell ist für die Befahrung von Höhle und für Interpretationen der Höhlenentstehung der Längsschnitt geeigneter, während der Aufriss besser ist um die vertikalen räumlichen Zusammenhänge großer Höhlen (in Übersichtsplänen) abzubilden.

Profil ermöglichen Gangquerschnitte wiederzugeben. Die Schnittlinien müssen im Grundriss eingetragen sein. Bei Schächten ist es sinnvoll Schachtquerschnitte zu zeichnen, bei denen der Schacht mit einer horizontalen Ebene geschnitten wird, die im Längsschnitt oder Aufriss angegeben wird.

„Räumliche Darstellung"

Über die oben genannte Darstellungen hinaus gibt es verschiedene Möglichkeiten bzw. Versuche Höhlen räumlich darzustellen. Die anschaulichsten Ergebnisse, mit dem besten 3D-Eindruck, erhält man durch bewegte Objekte am Computer, wobei die 3D-Struktur der Höhle durch Rechtecke bzw. Schläuche angenähert wird. Diese werden durch den Polygonzug und die Raumdimensionen an jedem Messpunkt (Links-, Rechst-, Oben-, Unten-Werte) errechnet. Solche Abbildungen ersetzen allerdings nicht den Höhlenplan!

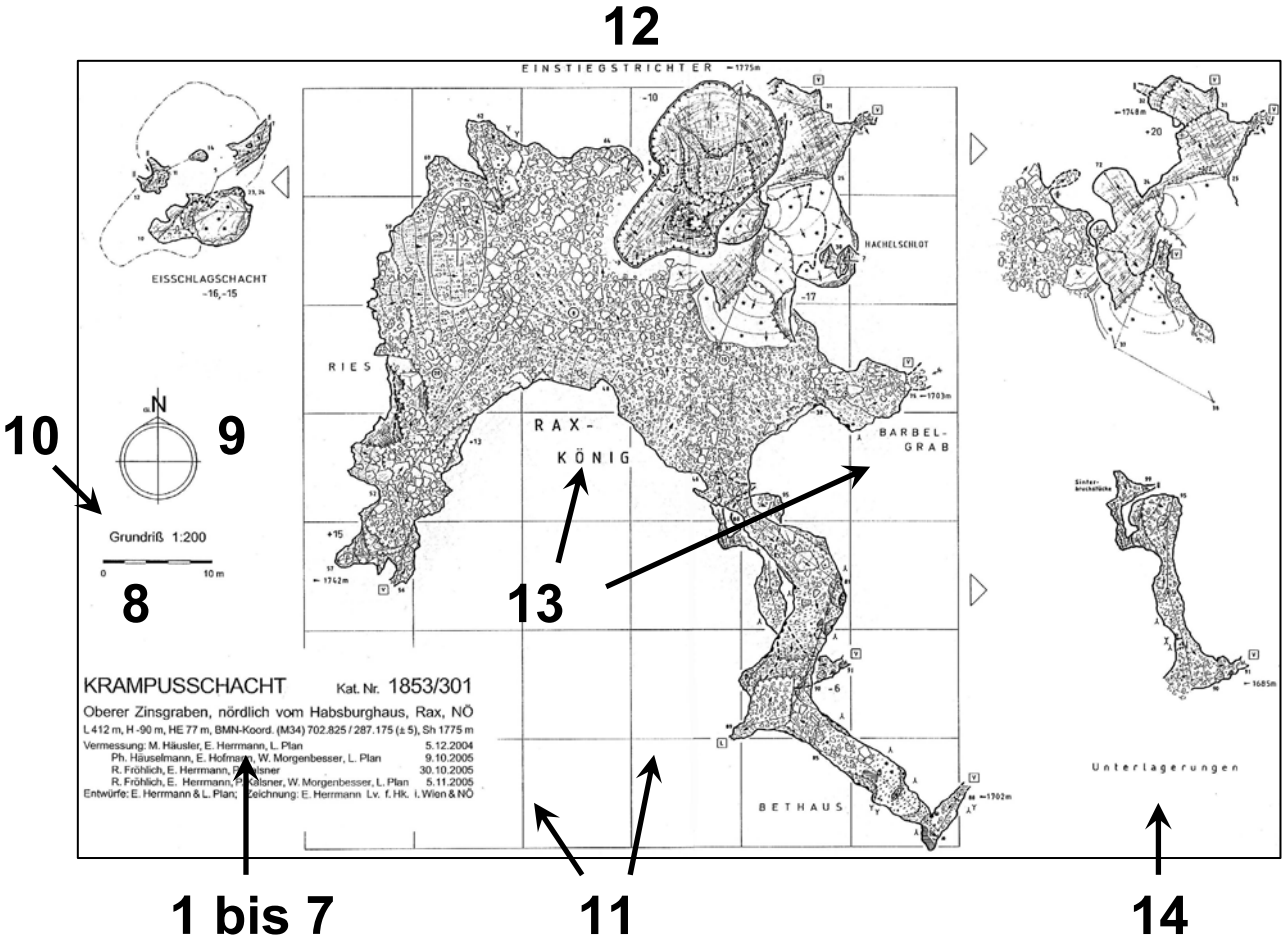
Die Grundausstattung des Höhlenplans

Planformate (Papierformate)

Höhlenpläne sollten immer in eines der genormten Papierformate passen. Vor allem beim digitalen Planzeichnen auch an den Plot bzw. die Vervielfältigung denken! Praktikabel sind folgende DIN-Formate:

DIN A4: 210 x 297 mm DIN A3: 297 x 420 mm DIN A2: 420 x 594 mm DIN A1: 594 x 840

Planinhalte



Plankopf (Planschild)

1	Höhlenname:	Jener Name, der im Österreichischen Höhlenverzeichnis (➡ MB B2) aufscheint. Größte Schrift am Plan!
2	Katasternummer:	Teilgruppen- und Höhlennummer der Höhle im Österr. Höhlenverzeichnis
3	Zweitnamen:	Jene Namen, die sonst noch in der Literatur, auf topographischen Karten oder bei der Bevölkerung Verwendung finden
4	Lage:	Lageangabe unter Verwendung der ÖK 50 (oder ev. Alpenvereinskarten)
5	Gemeinde oder Gebiet, Bundesland	Es kann sinnvoll sein, den Gebirgsstock angeben; eventuell die nächstgelegene Ortschaft, wenn die Höhle im entlegenen Randbereich eines anderen Gemeindegebietes liegt
6	Basisdaten	Ganglänge, Höhenunterschied, Horizontalerstreckung, Lagekoordinaten (Genauigkeit) und Seehöhe
7	Vermessungsdaten	Vermesser (Angabe der Viseure und Entwurfszeichner), Planzeichner, Datumsangaben (Forschungsstand), Vereine

Sonstige Grundausstattung

8	Maßstabsleiste	Wegen möglicher Verkleinerung oder Vergrößerung sowie der Messbarkeit der Höhlendimensionen ist eine Maßstabsleiste unbedingt erforderlich (➡ MB B46)
9	Nordpfeil	Alle Höhlenpläne sind mit Pfeil bzw. „Kompassnadel" einzunorden, wobei die gewählte Nordrichtung anzugeben ist (Nordpfeile ➡ MB B45; Nordrichtungen ➡ MB B25), Der Nordpfeil sollte mit dem dargestellten Koordinatennetz übereinstimmen (z.B. „Gitternord", wenn der Plan am UTM- oder BMN-Gitternetz orientiert ist)
10	Projektion	Die Angabe der dargestellten Projektion (Grundriss, Längsschnitt, Aufriss, Profile,…) kann im Rahmen der Maßstabsleiste/-angabe oder gesondert – dann in großer Schrift – möglich
11	Koordinatennetz	Die Darstellung eines Netzes in größeren Grundrissen sowie durchgehender Höhenlinien in größeren Längsschnitten und Aufrissen hilft dem Planleser die Dimensionen besser zu erfassen und zeigt vergrößerungsbedingte Verzerrungen etc. Es muss nicht aus durchgezogenen Linien bestehen. Koordinaten-Beschriftungen an runden Werten (z.B. alle 100 m bei 10-m-Raster) helfen ebenfalls dem Planbenützer.
12	Eingangs-Kennzeichnung	Zur raschen Orientierung ist es günstig, den Eingang durch einen Schriftzug und/oder einen Pfeil zu kennzeichnen. Vor allem bei kleinen oder im Plan versteckt liegenden Eingängen sollte ein markanter Plan darauf hinweisen. Mehrere Eingänge werden entsprechend der Buchstabenkennzeichnung im Österr. Höhlenverzeichnis beschriftet: „Eingang a", „Eingang b", „Schacht-einstieg c" usw.
13	Beschriftung der Höhlenteile	Möglichst in W-E-Richtung bzw. bei Längsschnitte und Aufrissen in der Horizontalen. Ausgedehnte Höhlenteile können auch durch dem Gangverlauf folgende Schriftzüge beschriftet werden. Bei größeren Höhlen soll die Beschriftung der Höhlenteile die Hierarchie dieser Teile widerspiegeln (eine kleine, benannte Kammer wird kleiner beschriftet, als der ausgedehnte Höhlenabschnitt in dem sie sich befindet). Die Schriftgrößen sind bei Kartenwerken nach einheitlichem Schema durchzuhalten!
14	Nebenkärtchen	Aus dem Gesamtplan herausgestellte Höhlenteile (z.B. Unterlagerungen) sind als solche zu kennzeichnen und graphisch zu trennen.

Gebräuchliche Darstellungsmaßstäbe

Runde Maßstäbe verwenden!

Wie bei Landkarten sollte grundsätzlich nur in runden Maßstäben gearbeitet werden. Dies erleichtert sowohl die Planaufnahme mit kariertem- oder Millimeterpapier (z.B. 1-m-Raster des karierten Papiers bei Maßstab 1:200) als auch die Lesbarkeit für den Planbenutzer.

Beim digitalen Entwurfszeichnen sollte nicht wahllos gezoomt werden, denn der hier durch zusätzlich einspielbare Raummessungen erzielbare Präzisionsgewinn geht dann durch das dadurch irritierte Vorstellungs- und Schätzvermögen des Zeichners wieder verloren. Ständiger Maßstabswechsel führt auch zu rascher Ermüdung beim Zeichnen. Daher nach Möglichkeit immer einen Meterraster im Hintergrund einblenden und sich vorher überlegen welcher Maßstab für den Höhlenplan angestrebt wird. Von diesem sollte beim Zeichnen nicht wesentlich abgewichen werden.

Bei der Wahl eines geeigneten Darstellungsmaßstabes ist zu unterscheiden zwischen:

- dem Aufnahmemaßstab in der Höhle, dem **Entwurfsmaßstab**,
- dem Maßstab der Reinzeichnung, dem **Planmaßstab**
- und den Maßstäben weiterer Auswertungen und Spezialdarstellungen, den **Folgemaßstäben**.

Es sollte bei der Entwurfszeichnung in der Höhle ein gleicher oder sehr ähnlicher Maßstab verwendet werden wie dann für den Originalplan der Höhle. Nachträgliche Verkleinerungen sind durchaus möglich, kosten aber unnötig Zeit; Vergrößerungen sind zu vermeiden.

Praktikabel ist es in unseren alpinen Schachthöhlen aber, unterschiedliche Maßstäbe für Grundriss und Längsschnitt zu verwenden – unter Berücksichtigung des oben Gesagten vor allem dann, wenn die Entwurfsarbeit in der Höhle auf zwei Personen aufgeteilt werden kann – z.B. 1:200 für den Grundriss und 1:500 für die Vertikalansicht.

Die immer wieder getroffene Aussage, für große Höhlensysteme genüge ein kleinerer Maßstab ist für die Entwurfszeichnung einer Höhle fast unsinnig und für die Reinzeichnung des (Standard-)Höhlenplanes nur sehr eingeschränkt zutreffend: Denn, egal ob Klein- oder Riesenhöhle, jeder „Höhlenplan" im engeren Sinn dient denselben Zwecken:

- der Orientierung
- der Darstellung der Dimensionen, der Ausdehnung und des Verlaufs einer Höhle
- der Darstellung der Höhlenformen und des Höhleninhalts

Standard-Maßstäbe 1:200 (1:250) und 1:500

Als Standard-Maßstäbe haben sich **1:200** und **1:500** bewährt. In 1:200 ist praktisch jedes befahrungstechnisch relevante Detail lagerichtig darstellbar, auch sehr enge Strecken können noch gut abgebildet werden, es ist somit ein sehr „menschlicher" Maßstab, der aber die Darstellung sehr großen Höhlen(räume) unhandlich macht. 1:500 ist bei ausgedehnten Höhlen oft übersichtlicher, die Darstellung des Höhleninhalts muss aber bereits deutlich generalisiert werden, und die Entwurfszeichnung von Labyrinthen artet häufig in ein „Gefuzel" aus.

Daneben ist auch der Maßstab **1:250** in Verwendung. Dieser ist zwar zum händischen analogen Entwurfszeichnen in der Höhle nicht so gut geeignet, der Plan braucht aber in der Ausfertigung nur 64% soviel Platz bzw. Papier wie 1:200. Bei Problemen mit dem Papierformat kann es sich daher anbieten, einen in 1:200 gezeichneten Entwurf auf 1:250 zu verkleinern.

1:100 dient meistens der Vermeidung von Kleinhöhlen-Plänen im „Briefmarkenformat", seltener der besseren Darstellung besonders unübersichtlicher Höhlen oder Höhlenteile. Noch größere Maßstäbe sind nur für wissenschaftliche Detailaufnahmen (z.B. Ausgrabungen) und Sonderfälle in Verwendung. Kleinere Maßstäbe wie etwa **1:1000**, **1:5:000** und **1:10.000** sollten nur für Folgeprodukte wie z.B. Höhlenverlaufspläne und Lagepläne verwendet werden.

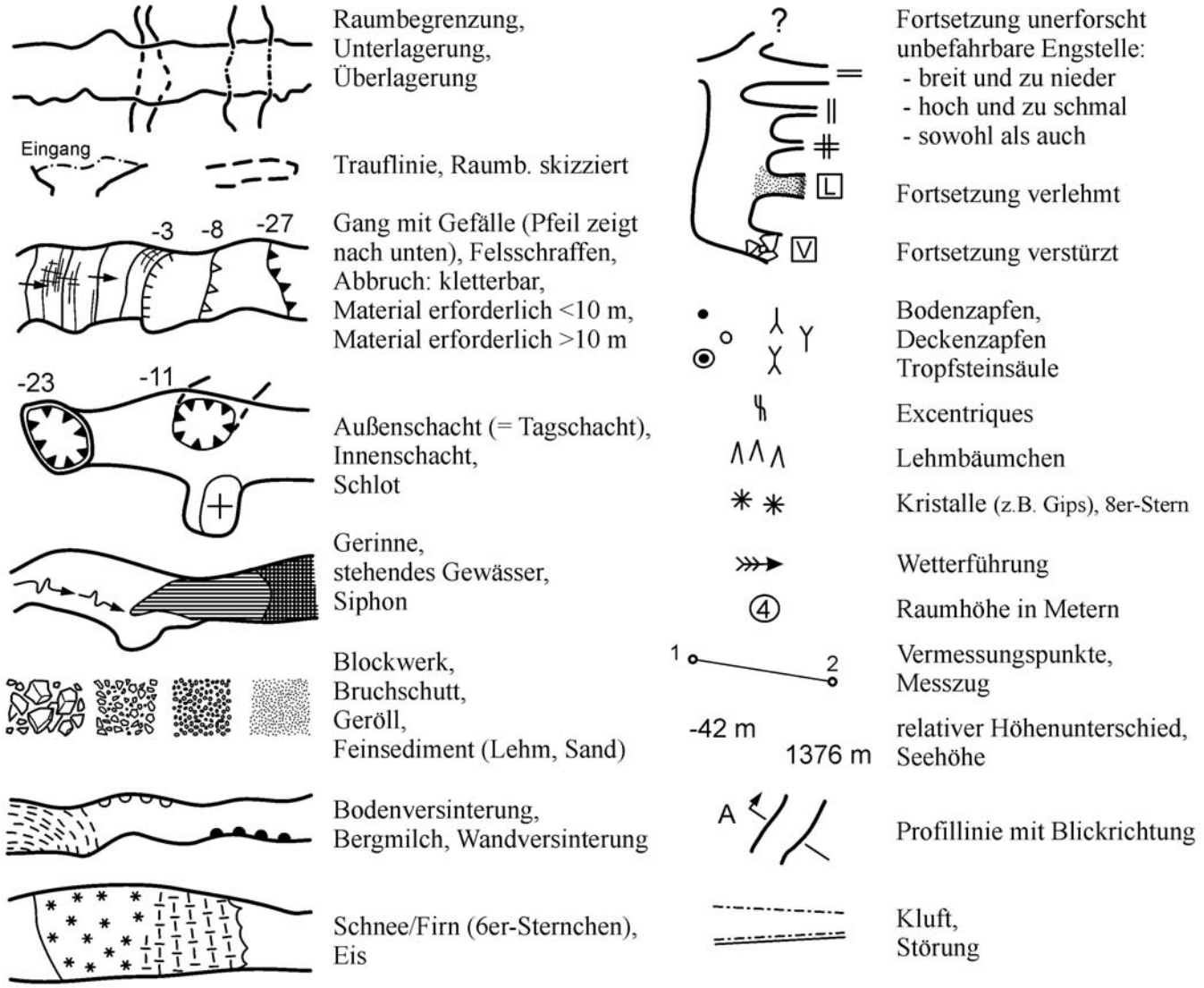
Tabelle geeigneter Maßstäbe für Höhlenpläne

Code im ÖHVZ	1	2	3	4
Bezeichnung	Kleinhöhle	Mittelhöhle	Großhöhle	Riesenhöhle
Maßstab / Ganglänge	<50 m	50 - 499 m	500 m - 4999 m	≥5 km
1:100	✍ 🗋	✍ 🗋		
1:200 (1:250)	✍ 🗋	✍ 🗋	✍ 🗋	✍ 🗋
1:500		✍ 🗋	✍ 🗋	✍ 🗋
1:1000 und kleiner		📖	📖	📖

Symbole: ✍ 🗋 *Entwurfszeichnung und Höhlenplan* 📖 *Folgeprodukt (z.B. Übersichtsplan, Höhlenverlaufsplan)*

Die praktische Höhlenforschung arbeitet fast ausschließlich im grau (……) unterlegten Bereich.

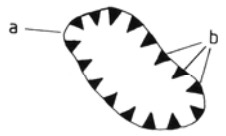
Höhlenplansignaturen



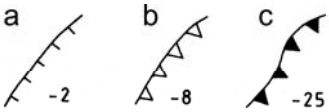
Die oben abgebildeten Signaturen werden traditionell in Österreich verwendet. 1965 wurden sie auch von der Kommission für Terminologie und Konventionelle Zeichen der Internationalen Union für Speläologie (UIS) angenommen. Mittlerweile werden aber andere Zeichen von der UIS bevorzugt (www.carto.net/neumann/caving/cave-symbols), die allerdings teilweise einen Rückschritt zu alten Zeichen darstellen, da einige sinnvolle Informationen (z.B. Unterteilung der Schachtsignaturen) nicht mehr dargestellt werden können.

Schachtdarstellung in Höhlengrundrissen

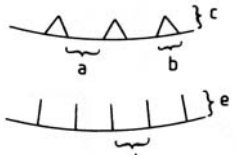
Die Signaturen



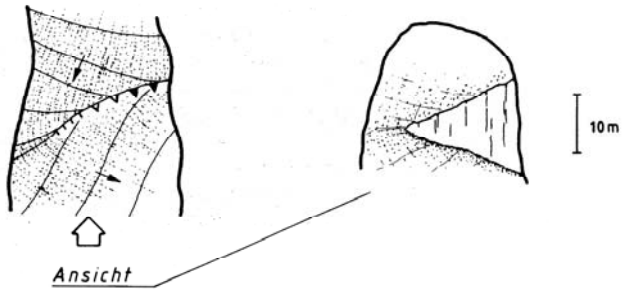
Die Schacht- und Abbruchsignaturen bestehen grundsätzlich aus zwei Elementen: einer Linie (a), die möglichst exakt dem Abbruchrand folgt, und einem abstrahierten Zacken- oder Strichsymbol (b), das zum tiefer liegenden Höhlenteil (in Gefällerichtung) weist und gleichzeitig durch die Wahl des Symbols eine thematische Aussage über den Abbruch enthält:



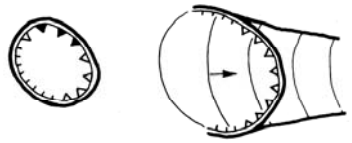
a: Steilabbruch, Wandstufe „kletterbar" (bis einschließlich II. Schwierigkeitsgrad der UIAA-Skala), b: Steilabbruch, Schacht, bis 10 m Tiefe (Material erforderlich), c: Steilabbruch, Schacht, ab 10 m Tiefe (Material erforderlich).



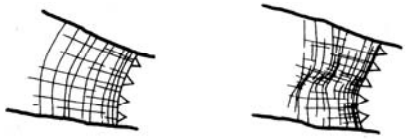
Optisch gut wirksame Darstellungen erzielt man, wenn man die Zackenlänge (c) größer als die Zackenbasis (b)zeichnet und die Distanz zwischen den Zacken (a) größer als die Hälfte der Zackenbasis (b) darstellt (Ausnahme bei Engräumigkeit). Bei kletterbaren Schächten sollte die Strichlänge (e) kleiner als der Abstand zwischen den Strichen (d) sein.



Weist eine Schachtstufe an verschiedenen Stellen eine unterschiedliche Höhe auf, wird dies auf großmaßstäbigen Plänen durch einen Wechsel der Signatur berücksichtigt. In allen Maßstäben und bei der Generalisierung sollte die jeweils einfachste Überwindbarkeit (Kletterbarkeit, geringste Abbruchhöhe) erkennbar bleiben.



Außenschächte werden durch eine zusätzliche Linie gekennzeichnet, die die Linie der Abbruchkante außerhalb begleitet und die mit der Strichstärke der Raumbegrenzung ausgeführt wird (dünne Linien sind nicht eindeutig). Bei Halbtrichtern wird nur der schachtartige Teil umrandet.



Die im Grundriss sichtbaren Wandflächen von **Schrägschächten** werden so wie Felsböden flacher geneigter Gänge mit verschiedenen Arten von **Felsstrichzeichnungen** (Kombination von Formenlinien und Gefällestrichen) dargestellt. Durch das Hinzufügen oder Unterbrechen von Linien kann die schräge Schachtwand plastisch dargestellt werden.

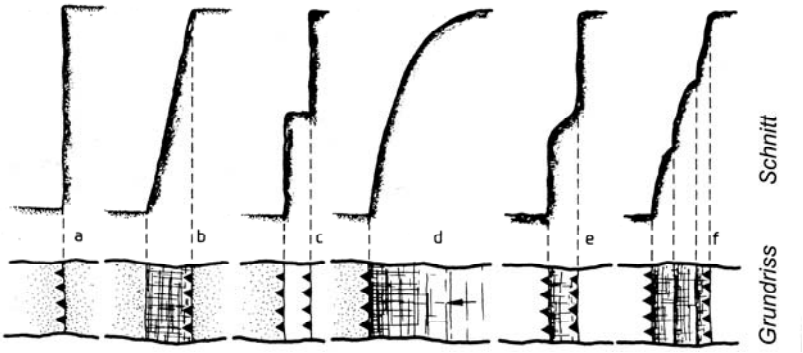
Häufige Fehler bei der Schrägschachtdarstellung: Ein Rautenraster (3a) oder eine wirre Strichzeichnung lässt keine Rückschlüsse auf Gefällerichtung und -neigung zu. Bei Verzicht auf eine Darstellung der Schrägwand (3b) entsteht der Eindruck eines gestuften Schachtes mit ebener Plattform.

Strichstärken:

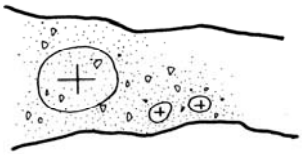
- Für Schachtsignaturen dieselbe Strichstärke für den gesamten Plan, Atlas usw. beibehalten,
- maximal die halbe Strichstärke der Raumbegrenzung verwenden,
- dickere Strichstärken als für den übrigen Rauminhalt (z.B. Sedimente) verwenden, damit der Schacht als wesentliches Raumelement hervortritt,
- empfohlene Strichstärken sind daher 0,18 und 0,25mm.

Darstellung der Abbruchsverhältnisse

Bei senkrechten Schächten mit klaren Abbruchkanten ist die Lage der Abbruchsignatur eindeutig (a, c). Bei Schrägschächten liegt die Abbruchsignatur nach Möglichkeit an der Oberkante (b). Der Unterschied von konkaven und konvexen Schachtwänden wird durch die unterschiedliche Dichte der Formenlinien zum Ausdruck gebracht, und es empfiehlt sich, Gefällelinien direkt an die unterste Formenlinie der Schachtwand anzuzeichnen, um den Übergang von der Schrägstrecke zur horizontalen Fortsetzung optisch zu verstärken. Nur bei sich nach unten hin allmählich in eine senkrechte oder nahezu senkrechte Wand versteilenden (konvexen) Abbruchverhältnissen wird die Abbruchsignatur im Grundriss an die Unterkante des gesamten Schrägschachtes gelegt (d).



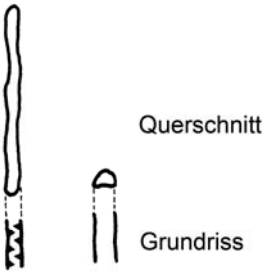
Schlote



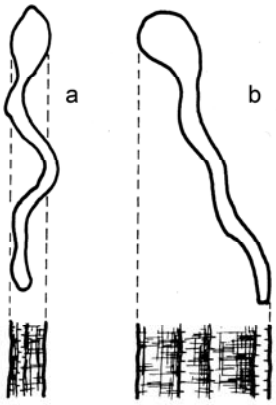
Senkrechte Schlote: Signatur = Ring, der entlang des Schlotumrisses verläuft, mit einem Pluszeichen (+) in seiner Mitte; Strichstärke wie bei der Schachtsignatur. Bei großräumigen Schloten kann der darunter liegende Rauminhalt vorsichtig eingezeichnet werden.

Bei **Schrägschloten** wird eine herkömmliche Abbruchsignatur verwendet, die Darstellungsweise variiert nach der Wichtigkeit des Schlotes (a-c). Da der Höhlengrundriss zu einer Be-trachtung von oben zwingt, erwartet das Auge des Betrachters, dass das zuoberst Liegende das darunter Liegende verdeckt. Daher sollte auch die Darstellung von Schloten mit horizontaler Erstreckung (Schrägschlote; in jedem Fall solche mit horizontaler Fortsetzung) nach Möglichkeit auch mit Raumbegrenzung und Rauminhalt dargestellt werden, selbst wenn ein größerer Gang dadurch verdeckt wird (a). Wird Wichtiges im darunter liegenden Gang verdeckt, kann der Schlot in einer Nebendarstellung aus dem Gesamtgrundriss herausgeschoben werden. Eine Darstellung mit Überlagerungssignatur (c) kann leicht falsch interpretiert werden.

Canyons



Canyons bilden im Grundriss langgestreckte Schachtschlitze aus, weshalb an den Abbrüchen von Gesimsen auch eine Abbruchsignatur zu Einsatz kommt. Um den „bodenlosen" Charakter von Canyons zu verdeutlichen, werden bei besonders engräumigen Canyons mit nicht mehr darstellbar schmalen Gesimsen Abbruchzacken direkt an die Raumbegrenzung gezeichnet. Erfolgt die Vermessung und regelmäßige Befahrung hingegen an der Basis eines unten am breitesten ausgebildeten Canyons, sollte keine Abbruchsignatur gezeichnet werden.

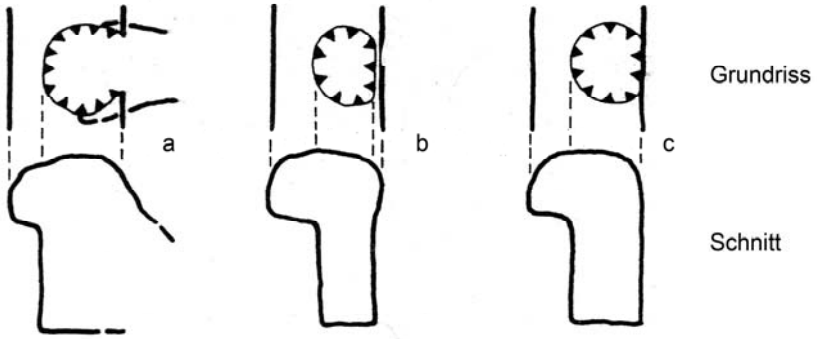


Bei stark gewundenen Canyons muss vereinfacht werden (a), bei schrägen Canyonprofilen sollte möglichst die gesamte Breite dargestellt werden (b).

Die Raumbegrenzung bei Schachtgrundrissen

Die Darstellung des gesamten Schachtprofiles (a) ist im allgemeinen nur dann vorzuziehen, wenn der Schacht ein eigenwilliges oder aus anderen Gründen darstellenswertes Profil aufweist.

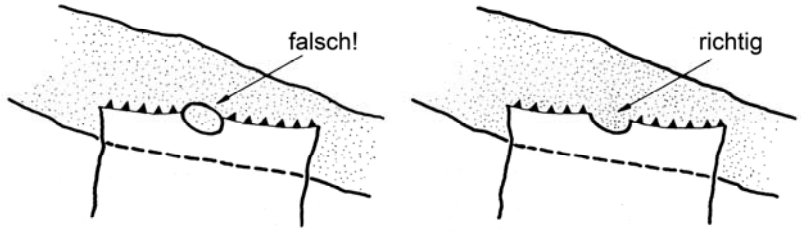
Bei kompliziert gebauten Schachtsystemen trägt dies eher zur Verwirrung bei, weshalb man sich generell besser auf die Zeichnung des Abbruchrandes des zum Abbruch führenden Ganges beschränkt (b).



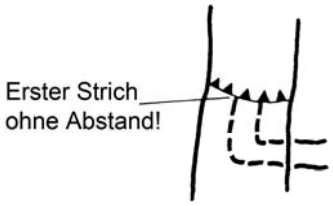
a) Weitet sich der Schacht unterhalb des Zuganges beschränkt man sich auf die Darstellung des Abbruches und zeichnet nicht das gesamte Profil. (Die Auszeichnung des gesamten Profils führt zu Verwirrung, weil nicht mehr erkennbar wäre, von welchen Seiten der Schacht abbricht.)

b) Bleibt zwischen Raumbegrenzung des Zuganges und Schachtabbruchkante allseits wenigstens ein Gesimse, ist der Schacht allseits mit einer Abbruchsignatur auszuzeichnen.

c) Fällt die Raumbegrenzung des Zuganges und ein Teil der Schachtabbruchkante zusammen und weitet sich der Schacht nach unten hin nicht (ist fortsetzungslos), kann die Abbruchsignatur an der Raumbegrenzung des Ganges durchgezogen werden. (Sie könnte an der Raumbegrenzung auch weggelassen werden, allerdings bleibt dann der Schacht in der Darstellung weniger auffällig).

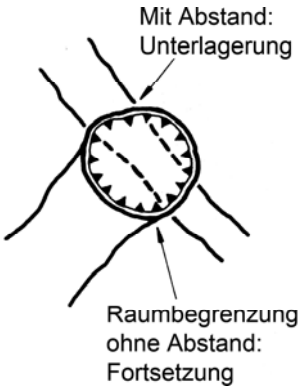


Pfeiler an der Abbruchkante werden nicht in ihrem vollen Umfang gezeichnet sondern nur dort, wo sie eine Raumbegrenzung bilden: in der Gangstrecke, die in den Schacht abbricht.



Die Raumbegrenzung einer unter die Abbruchkante des Schachtes zurückführenden **Unterlagerung** ist direkt an die Linie der Abbruchsignatur anzuschließen (ohne Abstand; Abb. links).

Ebenso erkennt man daran, ob eine Gangstrecke im Bereich eines Außenschachtes dessen direkte Fortsetzung bildet oder ohne Zusammenhang unterhalb des Schachtraumes hindurchführt (Abb. rechts).



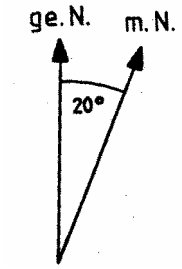
Nordpfeile für Höhlenpläne

Ein wesentliches Element der Grundriss- und Schrägrissdarstellung von Höhlen bildet der Nordpfeil. Durch ihn wird die horizontale Ausdehnungsrichtung einer Höhle ohne Zuhilfenahme der Messdaten ablesbar. Nicht eingenordete Höhlenpläne sind für eine weitere Bearbeitung wertlos!

Der Plan soll wenn möglich so orientiert sein, dass der Nordpfeil zum oberen Blattrand zeigt. Ausnahmen bilden Pläne in Publikationen, wo Platzgründe für die Ausrichtung des Planes entscheidend sein können. Dort sollte der Nordpfeil aber wesentlich deutlicher hervortreten als sonst.

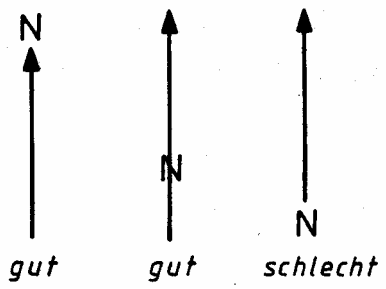
Bezeichnung des Nordpfeils:

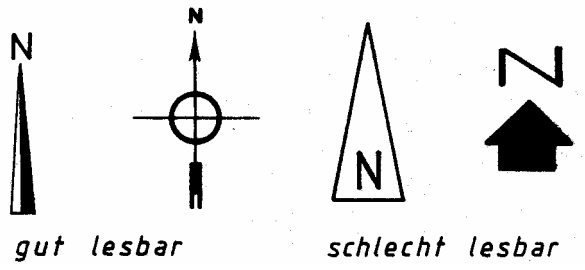
- **magnetisch Nord** mit „N" oder „mN". Wegen der Wanderung des Magnetischen Nordpols müssen nach magnetisch Nord orientierte Pläne immer mit einer Datumsangabe versehen sein!
- **geographisch Nord** mit „ge.N"
- **Gitternord** mit „Gi.N" (Nordrichtung gemäß z.B. BMN- oder UTM-Netz (➡ siehe Merkblatt B8)

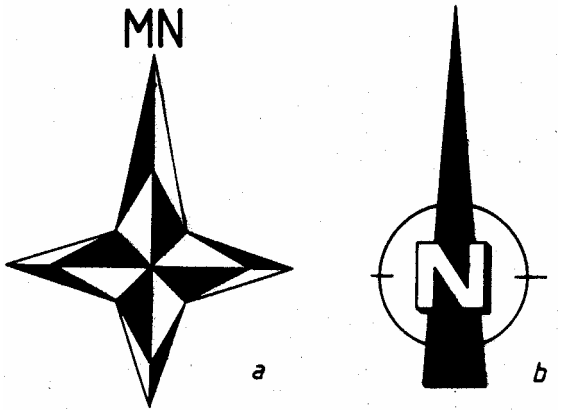


Kombinierte Nordpfeile nur dann verwenden, wenn der Unterschied zwischen den beiden Nordrichtungen signifikant ist (etwa 3 Grad). Die entsprechende Deklination, Meridiankonvergenz oder Nadelabweichung (➡ siehe Merkblatt B17) ist hinzuzufügen. Der Winkel darf nicht übertrieben dargestellt werden.

Die Beschriftung erfolgt oberhalb oder innerhalb des Nordpfeils.
Eine Beschriftung unterhalb des Pfeils kann irreführend sein.







Die Lesbarkeit eines Nordpfeils hängt vor allem vom Vorhandensein und der Länge einer Nord-Süd verlaufenden Schnittlinie innerhalb des Pfeils ab.

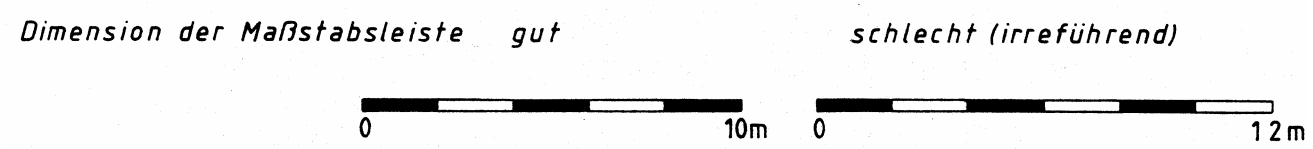
Nordpfeile für größere Pläne können durch ein flächiges Erscheinungsbild auffällig gestaltet werden (a). Bei Nordpfeilen in Publikationen ist die graphische Ausgestaltung vorrangig, die Ablesbarkeit eventuell zweitrangig (b).

Maßstabsleisten für Höhlenpläne

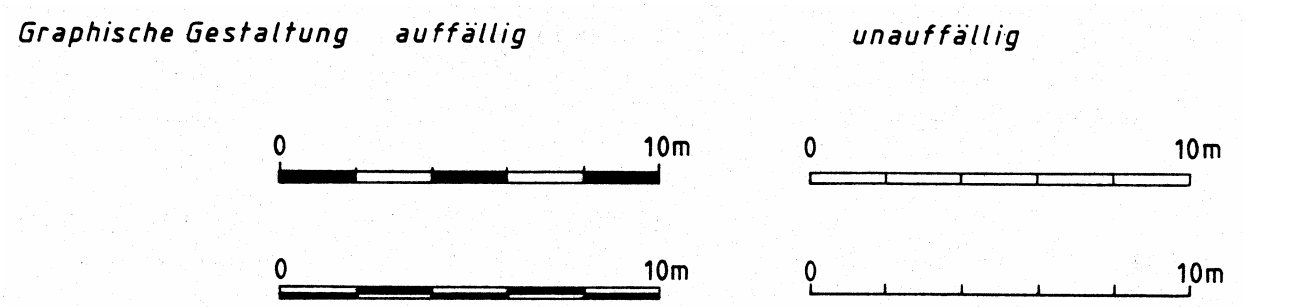
Die Maßstabsleiste stellt eine bildhafte Umsetzung des verwendeten Planmaßstabes dar, die es ermöglicht, die Ausdehnung eines dargestellten Objektes (etwa einer Höhle) zu erkennen. Bei Verkleinerungen oder Vergrößerungen eines Planes kann nur über die Maßstabsleiste (und das Koordinatennetz) ein neuer Maßstab errechnet werden.

In Grundrissdarstellungen sollte die Maßstabsleiste immer in der Linie des Schriftbildes (West-Ost-Richtung, normal zum Nordpfeil) gezeichnet werden. Vertikale Projektionen werden meist nur mit einer senkrecht stehenden, bemaßten Linie, von den Isohypsen (z.B. ±0 m, -10 m, -20 m) ausgehend versehen. Grundrisse auf größeren Planformaten oder Plansystemen (Atlanten!) werden zusätzlich mit einem Koordinatennetz versehen.

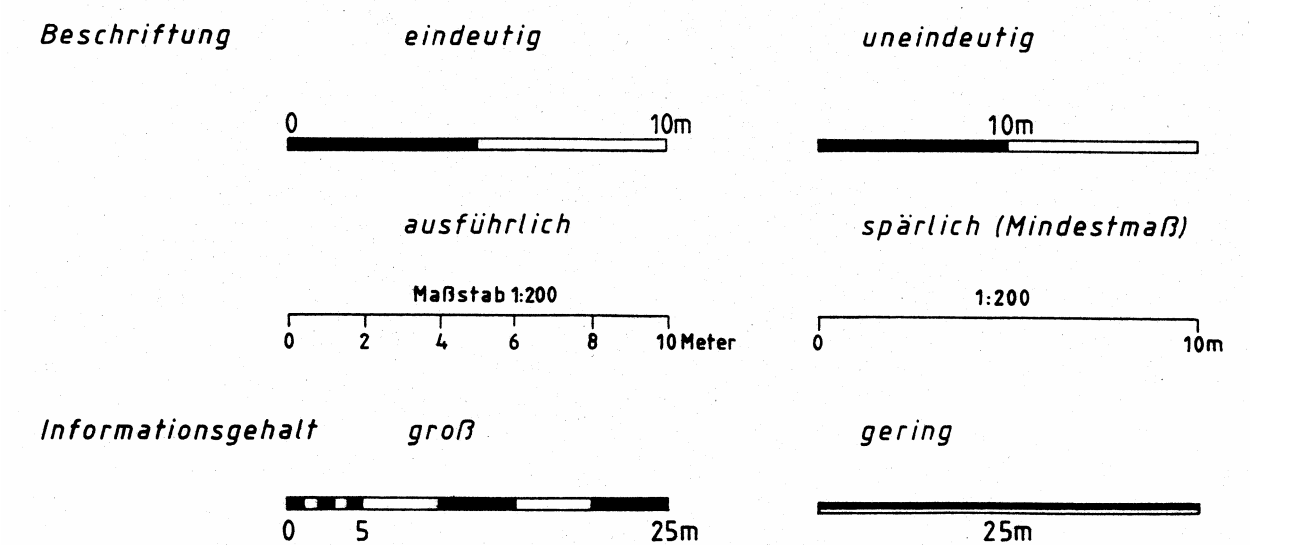
Maßstabsleisten sollten einen möglichst runden Wert des Dezimalsystems beinhalten. Üblicherweise verwendet man Leisten von 5, 10, 20, 25, 50 und 100 Metern.



Geringe Strichstärken bei der Zeichnung erhöhen die Genauigkeit, dunkle Flächenelemente geben der Maßstabsleiste ein markantes Erscheinungsbild und machen sie dadurch im Plan leichter auffindbar.



Je breiter das Spektrum der Planbetrachter (Veröffentlichungen!) ist, desto ausführlicher sollte die Leiste beschriftet sein. Je genauer später gemessen werden soll, desto genauer sollte die enthaltene Feinskala sein. Es ist aber darauf zu achten, dass der Zeichenaufwand in einem sinnvollen Verhältnis zur späteren Verwendung steht (einfache Maßstabsleisten auf Kleinhöhlenplänen).



Die Entwurfszeichnung in der Höhle

Der in der Höhle gezeichnete Planentwurf mit den notierten Messdaten ist der Kern der graphischen Höhlendokumentation (die Vermessung dient nur als Grundlage aller Plandarstellungen). Wer in der Höhle ungenau und ohne Maßstab zeichnet, plagt sich danach bei der Umsetzung in einen „Plan" umso mehr – und wird irgendwann von späteren Vermessern der Schlampigkeit bezichtigt!

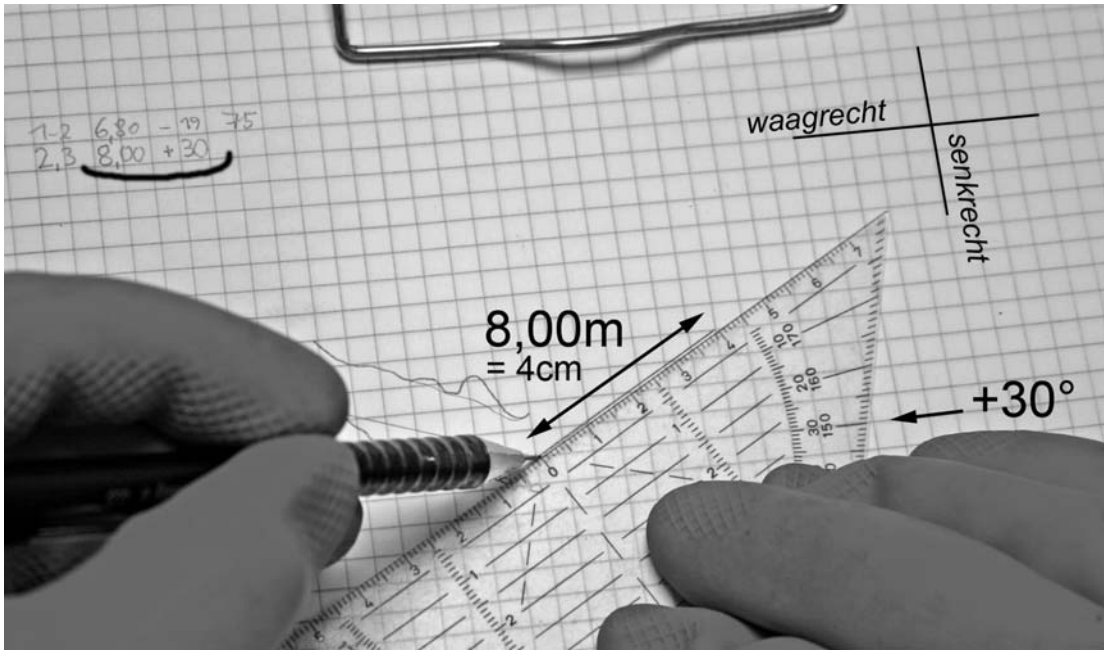
Das Werkzeug:

- **Zeichenmappe** A4 oder A5 („Clipboard", Kartierungsbücher oder ähnliches, möglichst wasser- und stoßfest. Keine Miniformate verwenden!
- **Kariertes Papier** (A4 oder A5 mit 5 mm-Kästchen, für nasse Strecken mehrfach verwendbare Kunststoff-Folien (im Fachhandel ebenfalls mit kariertem Aufdruck erhältlich). Millimeter-Papier ist wesentlich teurer und in der Höhle nicht so günstig, da das dichte Liniennetz neben dem unvermeidlichen Schmutz das Lesen der Zeichnung zusätzlich erschwert.
  Nach der Forschungsfahrt werden die meist schmutzigen Entwurfsblätter mit einem feuchten Schwamm abgewischt und mit den wichtigsten Daten (Höhle, Datum, Beteiligte) versehen. Sie dienen als unmittelbare Grundlage für die Reinzeichnung des Planes und sollten als Originaldokumente aufbewahrt werden.
- **Mappentasche** (wasserdichtes Schleifsackmaterial, mit Schlaufe zum befestigen am Gurt)
- **Druckbleistift**, flexibles Geodreieck (jeweils eine Reserve), Radiergummi (hinten im Bleistift)
- (eventuell: Buntstift für Notizen und Korrekturen auf Plänen, eigenes Messprotokollblatt)

Die Konstruktion des Messzuges:

Der aufgetragene Messzug ist das Grundgerüst des Planentwurfs. Ohne maßstäblicher und winkeltreuer Zeichnung entsteht - außer bei sehr routinierten Zeichnern oder in sehr einfachen Gangstrecken - kaum eine brauchbare Skizze. Dabei ist die Konstruktion des Messzuges bei einiger Übung in drei Schritten in Sekundenschnelle erledigt.

1. Der Messzug wird zuerst im Längsschnitt in seiner „tatsächlichen" Länge (natürlich maßstäblich verkleinert!) aufgetragen. Dazu wird das Geodreieck im gemessenen Neigungswinkel so angelegt, dass der Zug sofort als Linie aufgetragen werden kann. (Es ist kein „Abschlagen" des Winkels und neuerliches Anlegen des Geodreiecks erforderlich.)

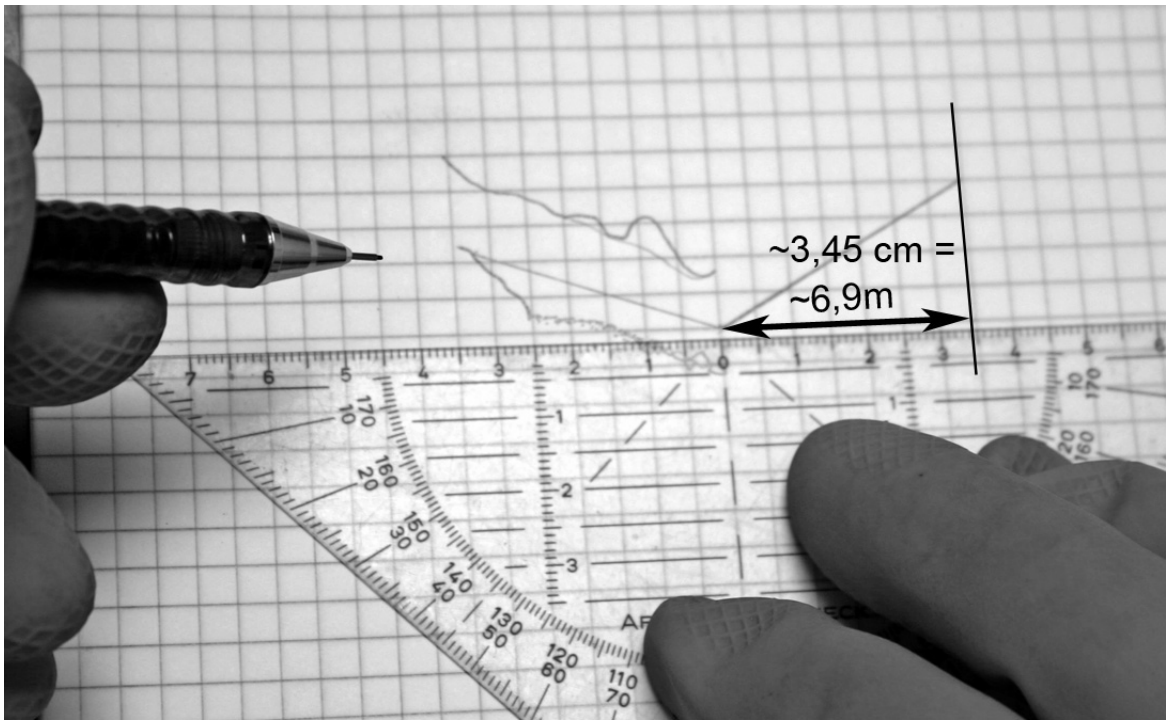


Beispiel:

Ein Messzug mit 8 m Länge wird nach dem Notieren der Messdaten im Maßstab 1:200 im Längsschnitt aufgetragen (8 m = 4 cm am Papier).

Die wahre Neigung von +30° wird durch Drehen des Geodreiecks um den Nullpunkt erzeugt.

2. Aus dem Längsschnitt wird die verkürzte Messzuglänge für den Grundriss abgelesen.

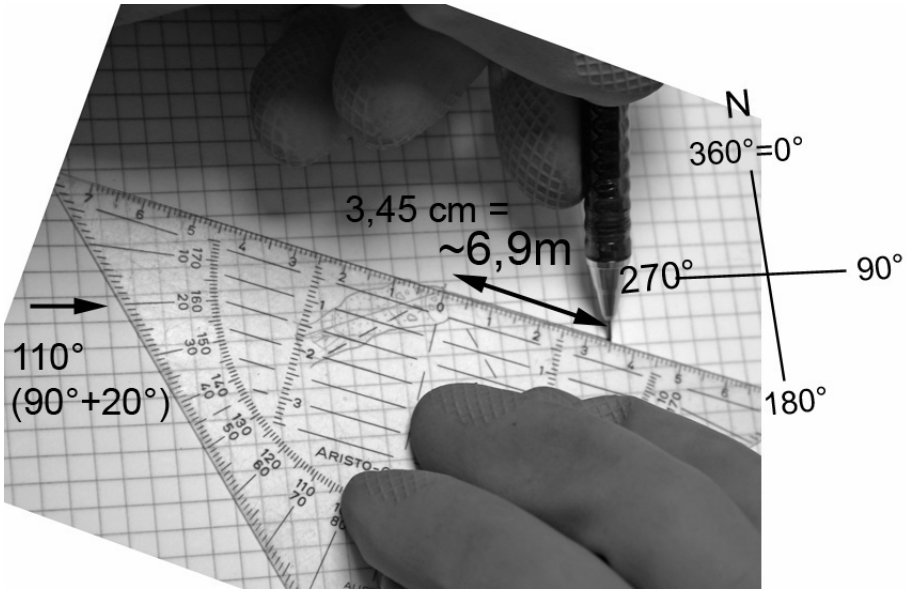


Beispiel:

Für den Messzug mit 8 m Länge und 30° Neigung wird eine Grundriss-Erstreckung (verkürzte Länge) von ~ 6,9 m gemessen.

Das Geodreieck muss dafür nach dem Auftragen im Längsschnitt nur in die Waagrechte gedreht werden.

3. Die verkürzte Messzuglänge wird im Grundriss aufgetragen. Dazu wird das Geodreieck so in der gemessenen Kompassrichtung (Horizontalwinkel) angelegt, dass der Zug sofort als Linie aufgetragen werden kann.



Beispiel:

Der Viseur gibt eine Richtung von 110° an.

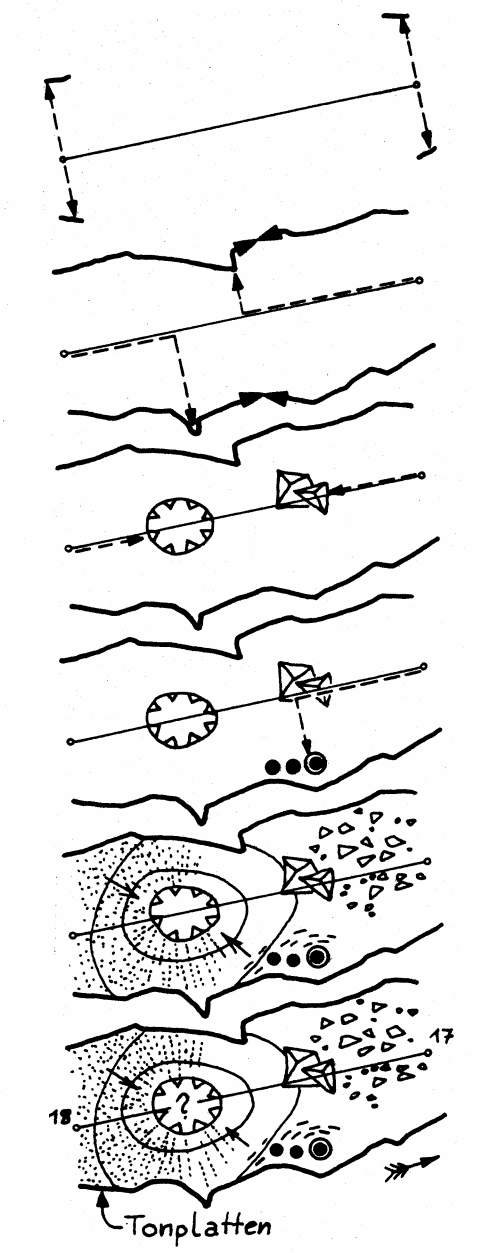
Das Geodreieck wird mit dem Nullpunkt am letzten Messpunkt im Grundriss angelegt und in die Kompassrichtung des Zuges gedreht: 110° sind 90°+20° (jeweilige Hauptrichtung + Restwinkel)

Die Grundriss-Erstreckung von ~6,9 m wird so in der richtigen Richtung aufgetragen, ohne dass ein „Abschlagen" des Winkels und neuerliches Anlegen des Geodreiecks erforderlich ist!

In der Höhle wird grundsätzlich ein Grundriss und ein Längsschnitt gezeichnet (bei Bedarf durch Profile ergänzt). Daraus lassen sich bei Bedarf später alle weiteren Konstruktionen ableiten. Aus einem Aufriss kann aber z.B. niemals mehr ein Längsschnitt abgeleitet werden. Auch ist es eine Illusion zu glauben, in der Höhle „freihändig" einen korrekten Aufriss zeichnen zu können!

Die Konstruktion der Höhlendarstellung

Ist der Messzug aufgetragen, kann mit der eigentlichen Zeichnung begonnen werden. Mit der unten dargestellten systematischen Vorgangsweise kann man in effizienter Weise ein möglichst naturgetreues Abbild der Höhle herstellen. Ob die einzelnen Planelemente eingemessen oder geschätzt werden, hängt von der angestrebten Genauigkeit ab. (Das ist manchmal auch eine Frage der Erreichbarkeit der Höhlenteile, andererseits gibt es Höhlentaucher, die unter Wasser genauere Entwürfe zeichnen als manche Forscher im Trockenen!)



1. Seitlichen Abstand der Raumbegrenzung im Bereich der Messpunkte einzeichnen. Wenn kein Längsschnitt gezeichnet wird, empfiehlt es sich für spätere räumliche Darstellungen die Werte „links, rechts, oben, und unten" vom Messpunkt zu notieren.

2. Raumbegrenzung „Interpolieren". Dabei wird die Distanz aller markanter Punkte vom Messzug entweder geschätzt oder gemessen (wenn die Schätz-Genauigkeit nicht ausreicht, z.B. bei großen Hallen oder unübersichtlichen Versturzräumen). Liegt das Maßband dabei am Boden, wird eine größere Genauigkeit erreicht.

3. Markante Rauminhalte entlang der Visurlinie möglichst lagerichtig eintragen. (z.B. Große Blöcke, Schächte, Schlote usw.)

4. Übrige markante Rauminhalte (unter Verwendung der gebräuchlichen Signaturen) eintragen.

5. Raum mit sonstigem, vor allem flächigem Rauminhalt ausfüllen (Sedimente, Formenlinien usw.)

6. Zusätzliche Hinweise hinzufügen (abstrakte Informationen, z.B. Punktnummern, Raumhöhen, Wetterführung, befahrungstechnische Hinweise, Fortsetzungen).

Das Beispiel zeigt das Werden eines Grundrissentwurfes. Der Vorgang der Längsschnittzeichnung erfolgt analog. Aufrisse werden in der Regel erst am Zeichentisch anhand der Grundriss- und Längsschnitt-Entwürfe erstellt.

Übertragung vom Entwurf zum Plan per Handzeichnung

Auch handgezeichnete Pläne entstehen mit Computerunterstützung

Eines vorweg: mit „händischem Planzeichnen" ist hier das Zeichnen der Höhlendarstellung selbst gemeint, das durch eine Berechnung und den Ausdruck(Plot) der Messdaten mittels Computer sowie durch eine digitale Erstellung des Plankopfes oder sogar komplette digitale Endfertigung unterstützt und ergänzt wird. Eine Planzeichnung ganz ohne Computer ist nur mehr bei einzeln gelegenen Kleinhöhlen sinnvoll.

Vorteile der Handzeichnung: leicht erlernbar; rasch; Vermeidung von Bildschirmarbeit in der Freizeit; kein teurer Computer und keine komplizierte Software notwendig; die Rauhigkeit handgezeichneter Linien erzeugt einen naturnäheren Eindruck als digital erstellte Linien; Handzeichnen bereitet Leuten, die gerne („künstlerisch") Zeichnen mehr Spaß.

Nachteile der Handzeichnung: schlechte Korrigierbarkeit der Zeichnung – man muss wesentlich mehr vorausdenken als bei der Computerzeichnung; die (mögliche) Übertragung in digitale Planwerke und für weiterführende Verwendungen ist umständlich; ein Wechsel des Planformates artet oft in Bastelstunden aus; Feuchtigkeitsempfindlichkeit des Transparentpapiers; „Patzerei" bei seltener Verwendung der Tuschestifte (Austrocknung oder Tropfen).

Notwendiges Werkzeug

Tisch mit glatter Oberfläche oder Zeichenmatte

Druckbleistift 0,5mm

Geodreieck mit Griff und Tuschnoppen (zur Vermeidung vollflächigen Aufliegens am Papier)

Transparentes **Lineal** (für größere Pläne 1m Länge empfehlenswert)

Metallschiene (30 cm Länge genügt, möglichst mit Griff und Gummiunterseite. Zum Anlegen und Verschieben von Schriftschablonen etc. Eine professionelle Zeichenschiene oder ein Zeichentisch, wie sie früher technische Zeichner verwendeten, ist für unsere Zwecke nicht erforderlich, für kleine Pläne ist aber eventuell ein Zeichenbrett nützlich)

Tuschstifte in den Strichstärken 0,18 mm 0,25 mm, 0,35 mm, 0,5 mm, 0,7 mm (Gerne-Zeichner wie der Autor verwenden auch 0,13 mm), unbedingt Stifte mit Patronen verwenden z.B. „Rapidograph".

Arbeitsständer für Tuschestifte: mit befeuchtetem Schwamm innen, damit kann man Tuschestifte tagelang mit offener Kappe und Spitze nach unten griffbereit und übersichtlich abstellen und vermeidet das berüchtigte „Patzen" frisch geöffneter Stifte. (Verschlossene Stifte mit Spitze nach oben aufbewahren.)

Schriftschablonen in den zu den Stiften passenden Größen, möglichst solche, die nur auf Noppen am Papier aufliegen. (Falls Schablonenbeschriftung angestrebt wird – heute fast nur mehr zur Ergänzung und Pflege bestehender analoger Planwerke. Auch den händisch rein gezeichneten Plan besser und einfacher am Computer beschriften!)

Rasierklinge (= der Radierer für die Tuschezeichnung)

Weicher Radiergummi (weiß)

Transparentpapier (wird nach Gewicht unterschieden: mind. 90g-, max. 160g-Papier verwenden!) oder exakt maßhaltige Zeichenfolien (z.B. Astralon; teuer!)
Warum heute noch transparentes Papier: das glatte Transparentpapier bzw. die Zeichenfolie verhindert ein rasches Aufsaugen und Zerfließen der Tusche. Dadurch sind sehr „saubere" Linien möglich.

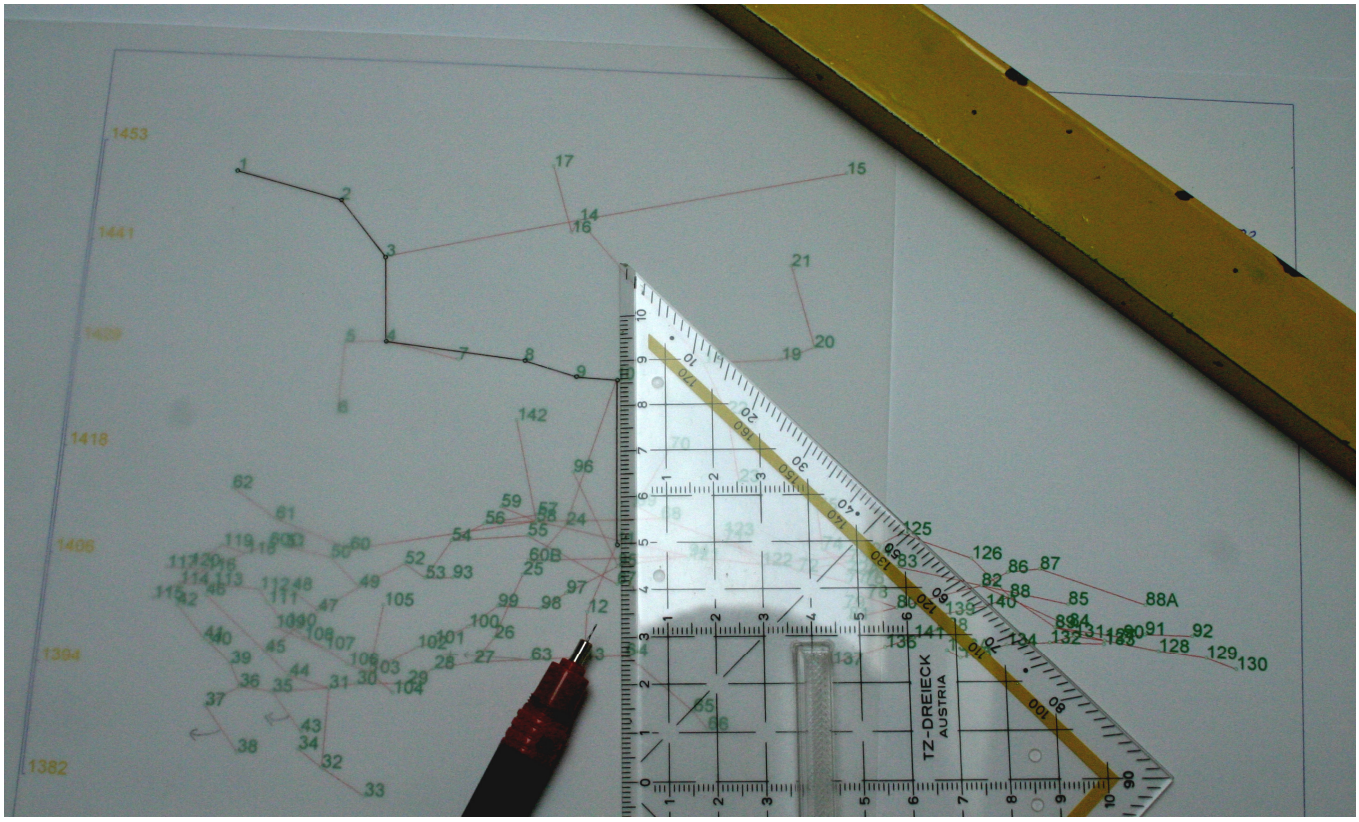
Millimeterpapier (für große Planformate in Rolle erhältlich)

Wiederablösbares **Klebeband** (z.B. Scotch)

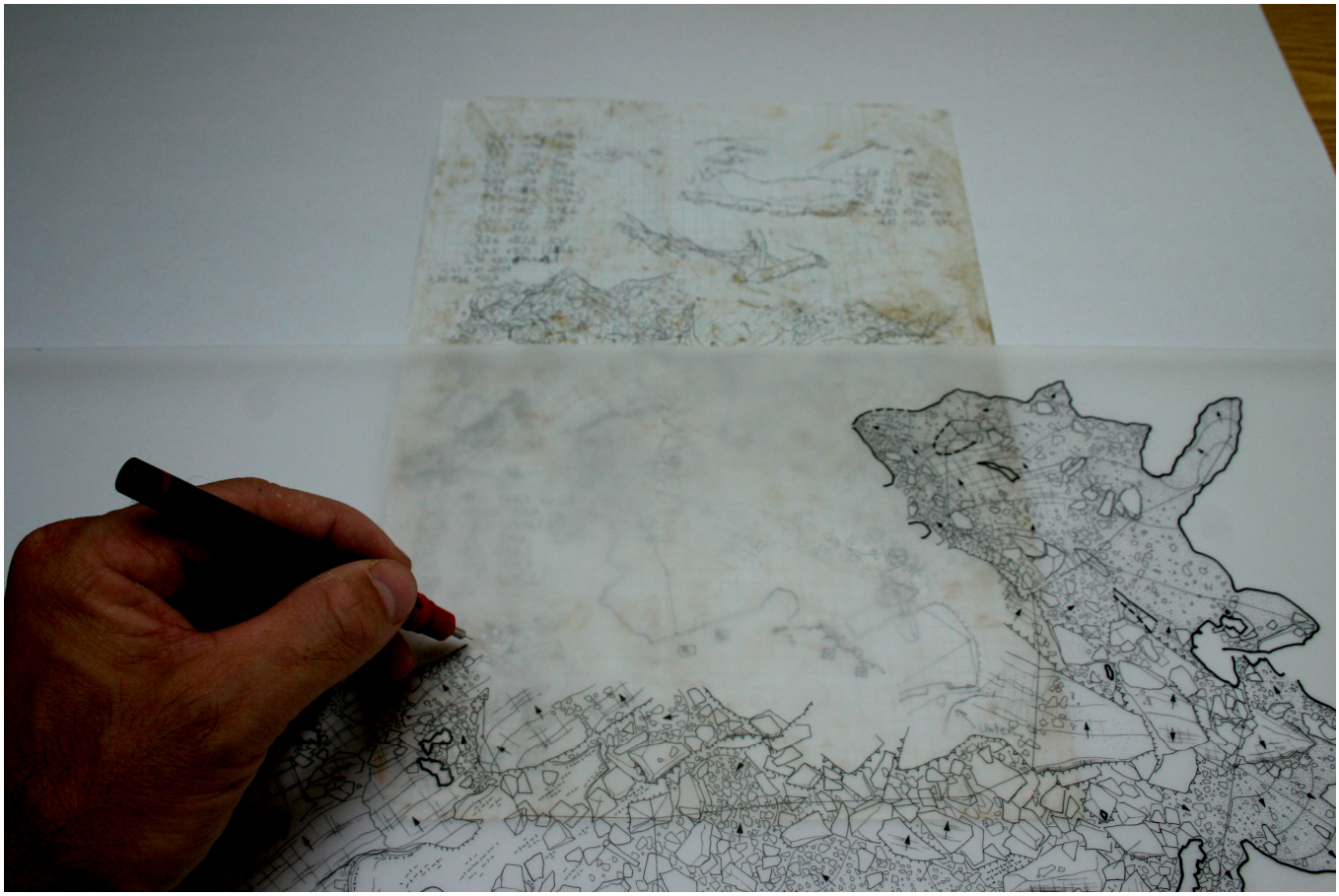
Papierschere, falls vorhanden Stanleymesser und lange Metallkante zum Abschneiden von Papierbögen von der Rolle

Arbeitsschritte

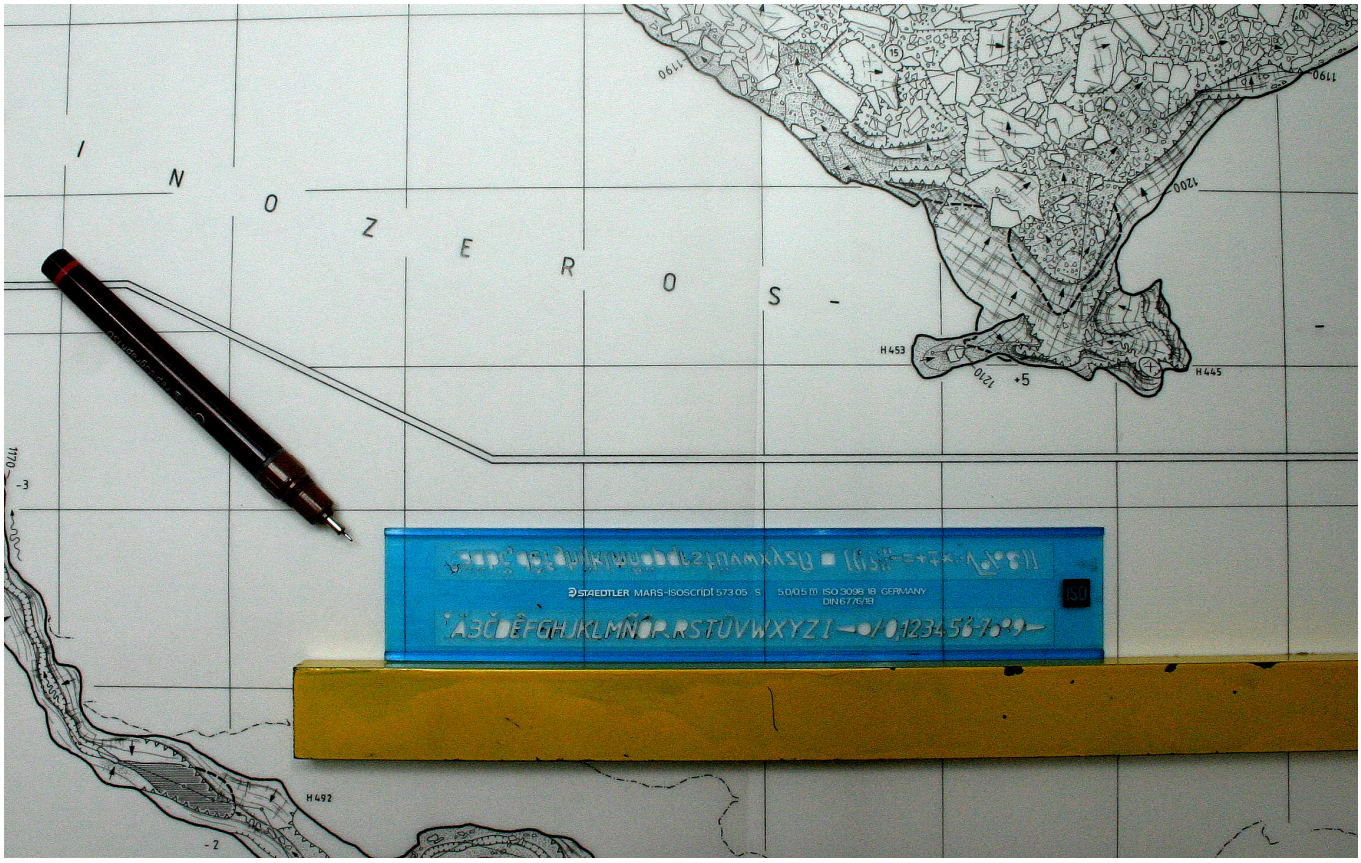
1. Entwürfe mit feuchtem Schwamm vorsichtig reinigen, nach Möglichkeit auch kopieren (zur Erleichterung von Arbeitsschritt 7)
2. Vorbereitung: Ständer für Tuschestifte innen befeuchten, Tuschestifte aufdrehen, auf Funktion prüfen und im Ständer nach Strichstärken geordnet abstellen. Planformat (DIN) und Situierung des Planes am Papier überlegen. Bei großen Plänen Transparentpapier in DIN-Format von der Rolle abschneiden und das mm-Papier in etwas größerer Dimension abschneiden. Maßhaltigkeit des mm-Papiers mit dem Meterlineal prüfen.
   Tipp: Feuchtes Transparentpapier dehnt sich aus oder wird wellig. Daher größere Pläne nicht in feuchten Räumen herumliegen lassen. Vor Beginn der Zeichenarbeit sollte sich das frisch von der Rolle geschnittene Papier an das Raumklima „gewöhnen" können.
3. Messzüge (Polygon) am Computer auf normales Papier ausdrucken/ausplotten oder bei einzelnen Kleinhöhlen mit wenigen Messzügen nochmals exakt auf mm-Papier oder kariertem Papier auftragen
4. Bei großen Plänen: am mm-Papier mit Bleistift ein grobes Gitternetz anzeichnen und beschriften (z.B. 50-m-Raster im Grundriss oder 20-m-Höhenschichtlinien im Längsschnitt) und entsprechend der errechneten Koordinaten einige Polygonpunkte am mm-Papier auftragen (Grundriss)
5. Transparentpapier über das mm-Papier legen, mindestens 3 Bezugsmarken zum Koordinatengitter (mit Bleistift) und die Bezugs-Polygonpunkte (mit Tusche) durchzeichnen.
6. Messzugausdruck/-plot unter das Transparent legen und mit den Bezugspunkten in übereinstimmung bringen. Den Polygonzug (soweit man in der nächsten Zeichenphase arbeiten möchte) mit Tusche auf das Transparent durchpausen. Dabei das voreilige Auftragen unterlagernder Messzüge vermeiden!
7. Hier beginnt die kreative Arbeit: den Entwurf unter das Transparent schieben, so dass jeweils der Messzug, in dessen Bereich man gerade zeichnet, mit jenem am Transparent übereinstimmt (so genau der Entwurf eben ist, falls erforderlich stückweise verschieben). Nun kann das entsprechende Stück Höhle reingezeichnet werden. (siehe Abbildung auf B48c). Hilfreich ist es dabei, eine Kopie des Entwurfes unter das Transparent zu legen und den Originalentwurf zusätzlich unverschleiert bei der Hand zu haben. Schmutzige Originalentwürfe in eine Klarsichthülle stecken.
8. Koordinatengitter auftragen. Sofern nicht Variante c des vorhergehenden Arbeitsschritt zur Anwendung kommt: den Raster vom mm-Papier mit dem Meterlineal durchpausen (dünne Gitternetzlinien ziehen: 0,18mm oder max. 0,25mm!). „Runde" Netzlinien am Planrand mit Koordinaten beschriften. Platz für Plantitel freilassen.
   Dieser Arbeitsschritt 8 kann auch nach Schritt 9 erfolgen, vor allem wenn sehr ausgedehnte Schriftzüge vorgesehen sind (um das Gitter nicht wieder auskratzen zu müssen – vgl. Korrigieren im Merkblatt B48d).
9. Beschriftung des Plans (Messpunkte, Gangbezeichnungen, Isohypsen etc.)
   Variante a) (empfohlen): die „nackte" Reinzeichung scannen und am Computer mit einem geeigneten Programm beschriften, inkl. Plantitel, Koordinatengitter, Maßstabsleiste usw. und fertig stellen. Dann hat man einen digitalen Plan mit Handzeichenqualitäten erzeugt!
   Variante b) Schablonenbeschriftung: Das Transparent wieder mit den Passmarken zum mm-Papier in Übereinstimmung bringen. Nun die jeweilige Schriftschablone an der passenden Stelle an die Metallschiene anlegen und mit dieser an die Linien des mm-Papiers oder des bereits gezeichneten Koordinatengitters ausrichten. (Schräg verlaufende Beschriftungen nur dann, wenn es ein Gangverlauf nahe legt bzw. der Plan dadurch „lesbarer" wird – z.B. bei den Isohypsen).
   Variante a) handschriftlich – sollte nur bei schöner Handschrift und Kleinhöhlenplänen erfolgen.
10. Plantitel schreiben: nach Möglichkeit digital erstellen (Arbeitsersparnis, besseres Aussehen und Ergänzungsmöglichkeit) und für die Vervielfältigung des Planes mit wiederablösbaren Klebeband (z.B. Scotch) montieren.
    [In den Jahren, als noch Lichtpausen als kostengünstige Vervielfältigung gemacht wurden, habe ich digital erstellte Plantitel auf Transparent-Klebefolie ausgedruckt und aufgeklebt – das ist heute nicht mehr notwendig.]



Arbeitsschritt 6: Durchzeichnung der Messzüge (Polygon - vom untergelegten Ausdruck, Plot oder Handauftrag)



Arbeitsschritt 7: Reinzeichnung der Höhlendarstellung (über dem passgenau untergelegten Originalentwurf)



Arbeitsschritt 9, Variante b: Beschriftung mit Schablone. Um ein ebenes Schriftbild zu erzielen, wird die Schablone an einer waagrecht ausgerichteten, fest aufliegenden Metallschiene verschoben (Für kleine Pläne kann dafür ein Zeichenbrett mit Zeichenschiene verwendet werden).
Für gebogene, gedehnte Schriftzüge wie am Bild oben, wird zuerst ein Bleistiftstrich an einem Kurvenlineal oder einen gespannten Kartonkante gezogen und die Schriftschablone für jeden Buchstaben extra gedreht und angelegt.
Generell ist heute das Einscannen der Raumdarstellung und die Beschriftung am Computer zu empfehlen.

Tipps:

Auf **fettem Transparentpapier** perlt die Tusche ab: Daher nicht mit Wurstbrotfingern arbeiten und auch den Zeichentisch möglichst trocken und fettfrei halten. Die Zeichenhand möglichst nicht direkt auf das Transparent stützen, sondern immer ein Blatt Papier dazwischen legen. Falls das Papier dennoch einmal fett geworden ist – etwa bei Plänen, die schon länger herumgelegen sind – den Zeichenbereich mit dem weichen Radierer abradieren.

Tuschelinien, vor allem jene mit größeren Strichbreiten, benötigen einen Moment zum **Trocknen**. Daher wie beim Schreiben mit Füllfeder immer vom gerade gezeichneten Bereich wegarbeiten und ein Geodreieck bzw. Schablonen mit Noppen verwenden.

Korrigieren: Bei jeder Planzeichnung möchte man dann und wann wieder eine Linie löschen: dafür verwendet man bei der Tuschezeichnung eine Rasierklinge, die man mit der senkrecht auf das Papier gestellten Klinge mit ganz sanftem Druck schnell über die Korrekturstelle auf und abzieht, so dass sich die Klinge hin- und herbiegt. (Die Methode heißt zwar „Kratzen", es sollte aber eher wie Radieren ausgeführt werden, um das Papier nicht zu beschädigen). Danach die Papierstelle durch kurzes Radieren mit dem weichen Radierer und ev. auch mit dem Fingernagel wieder glätten.

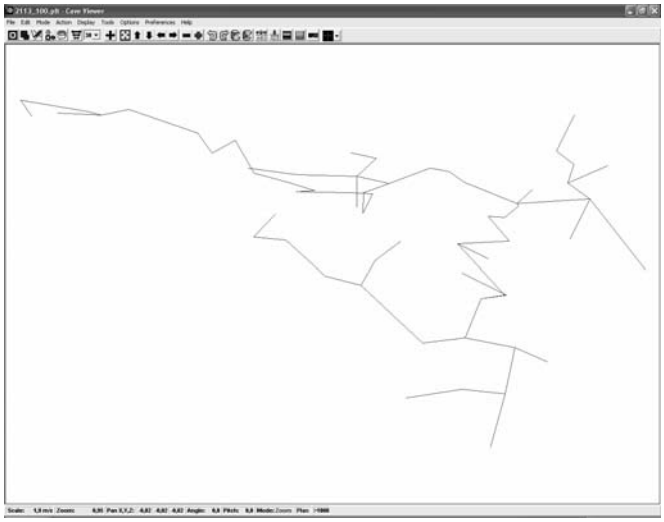
Tuschestifte halten nicht ewig. Die meisten gehen aber vorzeitig durch „Absturz" aus der Hand des Zeichners zu Grunde. In diesen Fällen nicht gebrochene, aber verstopfte Zeichenkegel, die auch durch Auswaschen nicht in Gang kommen, können in Einzelfällen noch durch das Halten in eine Feuerzeug-Flamme gerettet werden. Gebrauchte Tuschestifte sind über e-Bay sehr günstig erhältlich (Zustand vor dem Kauf prüfen!)

Übertragung vom Entwurf zum Plan am Computer

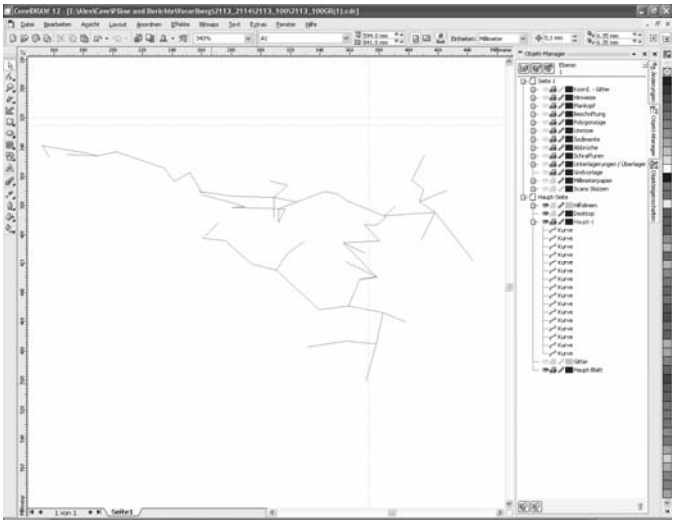
- inkl. "Hybridtechnik" am Beispiel von *Corel Draw* und *Compass*

Verarbeitung der Messdaten

Als erster Schritt in Richtung digitaler Höhlenplan steht die Verarbeitung der Messdaten, wobei für deren Verwaltung und Darstellung dem Höhlenforscher eine Vielzahl von Programmen wie etwa *Compass*, *Survex*, *CaveRender* oder *Toporobot* und dergleichen zur Verfügung stehen. Mit Hilfe dieser Anwendungen können Messdaten meist graphisch in Form von Polygonzügen dargestellt werden und in beliebige Formate exportieret werden. Diese Messdatenverwaltungsprogramme bieten Exportmöglichkeiten für diverse File-Formate von Grafikapplikationen.



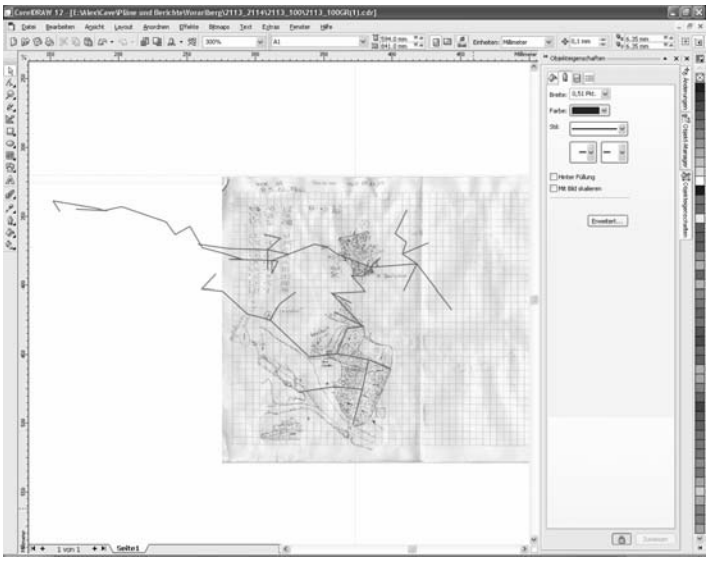
Darstellung der Messdaten als Polygonzüge im Programm *Compass* (Viewer).



Importierte Messzüge im Programm *Corel Draw.*

Digitalisieren der Entwurfshandskizze und erste Schritte vor dem Planzeichnen

Die bisher gängige Methode Pläne mit Tusche zu zeichnen, indem man die Skizzen unter ein Transparentpapier legt und anschließend abpaust ist der Methode des Planzeichnens am Computer durchaus ähnlich. Dafür muss der Entwurf zuerst eingescannt und anschließend in das Grafikprogramm importiert werden. Beinahe alle professionellen Programme bieten dabei die Möglichkeit mit Layern (übereinander liegenden Zeichenebenen) zu arbeiten. Ähnlich wie bei der ursprünglichen Methode wird dann die Handskizze ganz nach unten gelegt und anschließend werden die digitalen Polygonzüge in eine Ebene darüber eingefügt und die Skizze jeweils so ausgerichtet, dass im Bereich wo man gerade zeichnen will der Polygonzug übereinstimmt.



Eingescannte Handskizze mit ausgerichteten Messzügen darüber (*Corel Draw*).

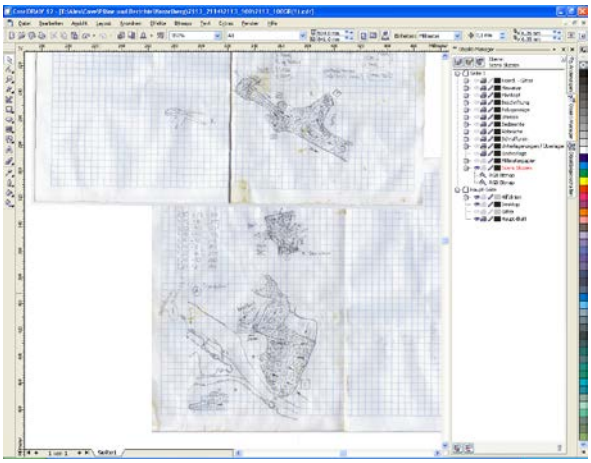
Planzeichnen am Computer

Im Folgenden wird auf die Grundlagen des Planzeichnens am Computer am Beispiel des häufig dafür verwendeten Grafikprogramms Corel Draw eingegangen.

Erste Schritte - Organisatorisches

1. Eingabe der Messdaten in ein geeignetes Programm
2. Einscannen und abspeichern der Handskizzen
3. Anlegen der unterschiedlichen Layer in Corel Draw (Obkejtmanager \ Neue Ebene)
4. Import der Handskizzen in Corel Draw in die unterste Ebene (Datei \ Importieren)

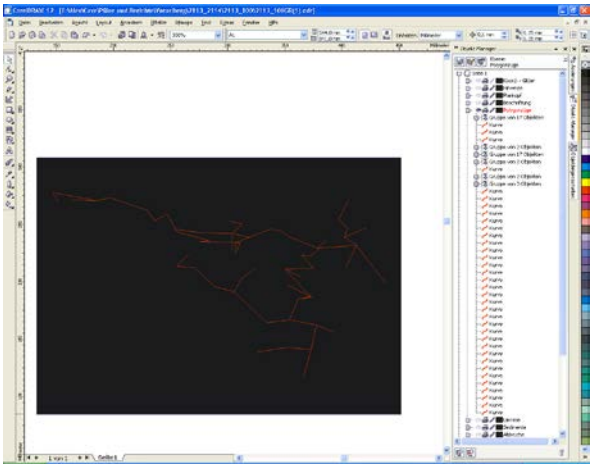
Layer – Organisation in Corel Draw



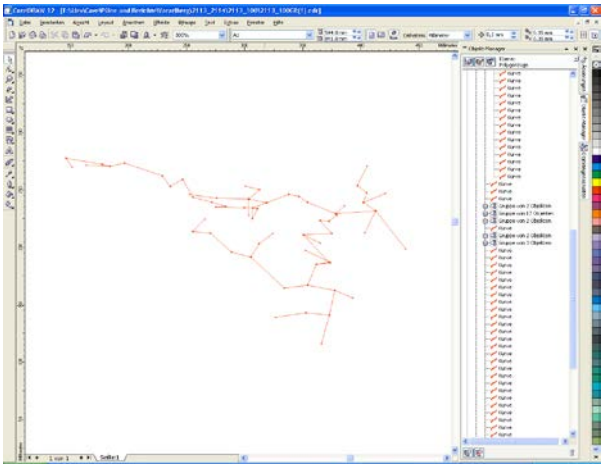
Handskizzen als unterster Layer in Corel Draw

Import und Anpassung der Polygonzüge

Nachdem die Messdaten in ein geeignetes Programm eingeben wurden können diese mit Hilfe eines Viewers dargestellt werden. Diese bieten entweder die Möglichkeit wie in Compass einen Screenshot als *.wmf oder *.bmp – File abzuspeichern oder in ein anderes beliebiges Format zu exportieren. Diese Files können dann in ein Grafikprogramm importiert werden, wobei meist noch einige Bearbeitungsschritte zur korrekten Darstellung des Polygonzüge als Messzüge nötig sind.



In Corel Draw importierter Sreenshot aus dem Compass Viewer



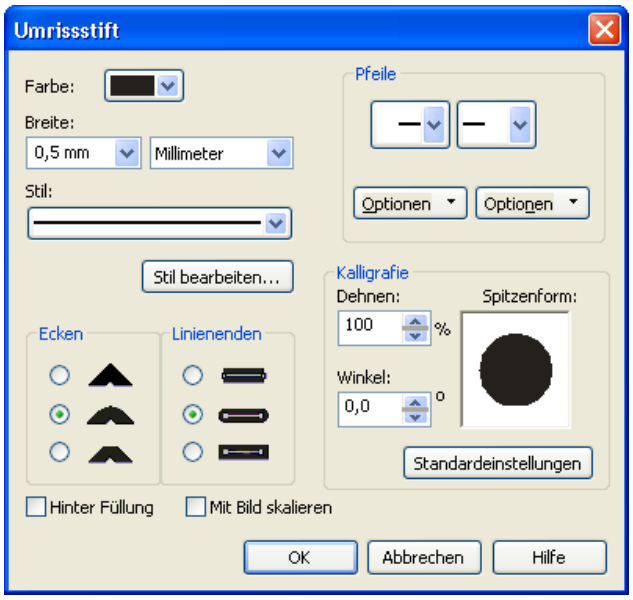
Polygonzüge nach wenigen Bearbeitungsschritten in Corel Draw

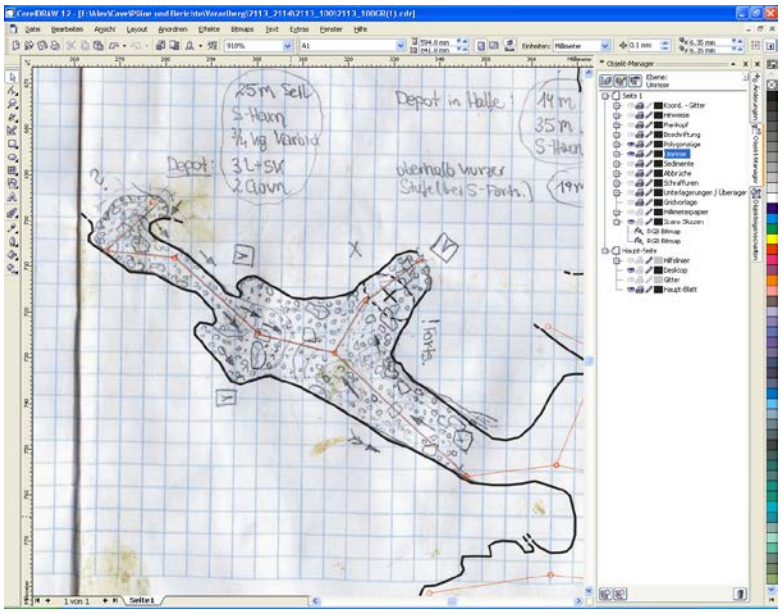
Bearbeitung der Polygonzüge

1. Nachdem der Screenshot über Datei \ Importieren geladen wurde, werden zuerst die Polygonzüge von ihrem Hintergrund getrennt. Dies geschieht über einen Rechtsklick auf das gesamte Objekt und den Befehl Gruppierung aufheben (STRG+U). Der Hintergrund kann nun einfach markiert und gelöscht werden.
2. Anschließend müssen die Polygonzüge in Linien mit entsprechenden Knotenpunkten (Messpunkte) umgewandelt werden. Dazu werden die einzelnen Strecken zuerst kombiniert (rechte Maustaste / Kombinieren), dann alle Knoten ausgewählt (Button in Symbolleiste „Alle Knoten auswählen“) und die Kurve unterbrochen (siehe ebenfalls Symbolleiste). Letztendlich wird die „Kombination Kurve“ wieder aufgehoben (Rechtsklick auf die markierten Objekte).
3. Die nun als Linien formatierten Polygonzüge werden im nächsten Schritt gruppiert und angepasst. Am einfachsten wird das Layout von einer Vorlage (Downloadmöglichkeit auf der VÖH – Homepage) kopiert. Dazu wird der bereits fertig gelayoutete Messzug mit der rechten Maustaste über die unformatierten Polygonzüge gezogen und schließlich „Füllung und Umriss in Gruppe kopieren“ ausgewählt. Es empfiehlt sich die Polygonzüge einzufärben, um sie von der Bleistiftskizze besser abzuheben.
4. Die Polygonzüge werden mit der Skizze ausgerichtet. Über Drücken der STRG Tast und den Cursor Tasten kann eine Feinjustierung vorgenommen werden. Ebenso Hilfreich ist eine geringere Schrittweiteneinstellung. Hin und wieder muss die Skizze auch gedreht werden um eine Deckung der Messzüge am Computer zu erzielen.

Zeichnen der Umrisse

Das Zeichnen der Umrisse erfolgt mit dem „Hilfsmittel Stift“ innerhalb der Ebene „Umrisse“, wobei folgende Objekteigenschaften eingestellt werden:



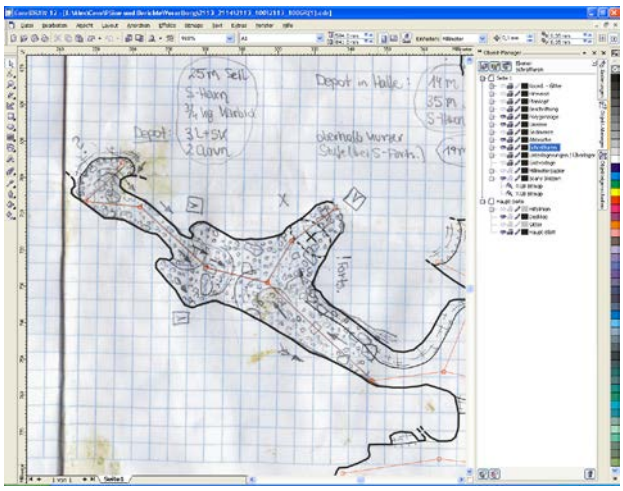


Objekteigenschaften bei Umrisslinien in Corel Draw Skizze mit Umrisslinien in Corel Draw

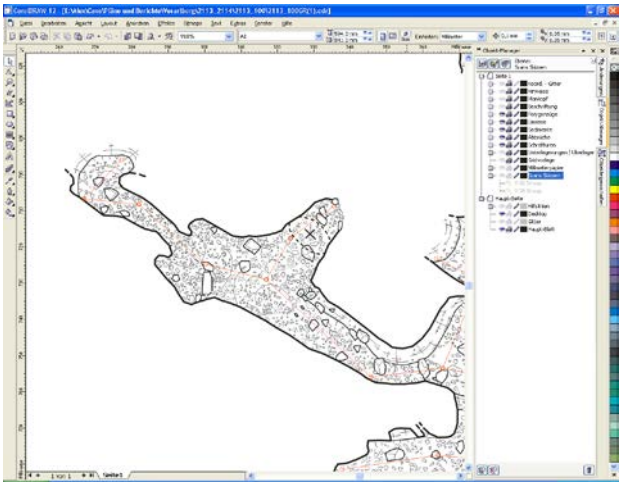
Nachdem die Skizze mit den Polygonzügen wurde, wird mit Maus entlang der Skizze ein Umrisspolygon erzeugt. Dabei ist es aus optischen Gründen ratsam möglichst viele Knotenpunkte zu konstruieren. Wenn notwendig können über die Objekteigenschaften bestimmte Linien auch strichliert, punktiert usw. dargestellt werden. Um an bereits gezeichnet Polygonzüge nahtlos anschließen zu können empfiehlt sich die Funktion „An Objekten ausrichten“ (entweder STRG + Z oder Ansicht \ An Objekten ausrichten).

Zeichnen der Abbrüche und Felsschraffuren

Im nächsten Schritt werden die Abbrüche bzw. Felsschaffen gezeichnet (auf jeweils unterschiedlichen Ebenen), wobei bis auf die Strichstärke dieselben Einstellungen wie beim Zeichnen der Umrisse getroffen werden. Die speziellen Signaturen für Abbrüche können entweder etwas mühsam einzeln dazugezeichnet werden bzw. besteht die Möglichkeit einen speziellen Schrifttyp („Cavefont“) auf der VÖH – Homepage herunterzuladen und diesen dann mit der Grundlinie des jeweiligen Abbruchs zu verknüpfen. Die Singnaturen können dann quasi auf die Linie geschrieben werden.



Umrisse, Abbrüche und Felsschraffuren gezeichnet mit Corel Draw



Plan nach dem Erstellen der Sedimente in Corel Draw

Zeichnen der Sedimente

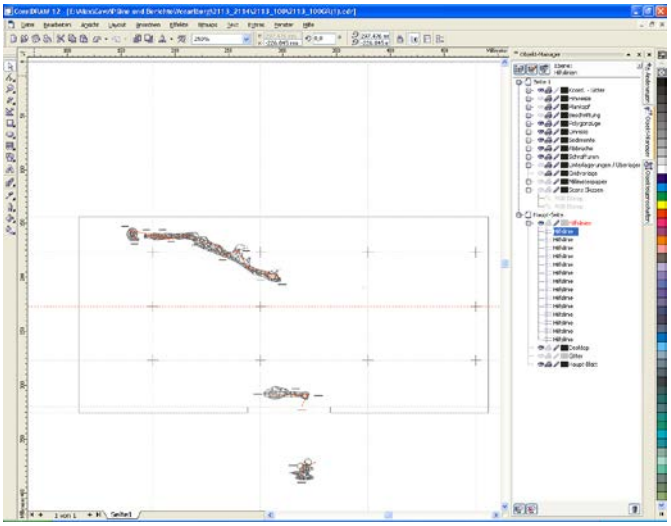
Bei den Sedimenten empfiehlt es sich diese nicht einzeln zu erstellen, sondern von der Vorlage, welche auf der VÖH - Homepage zur Verfügung steht herauszukopieren und an der jeweiligen Stelle einzufügen. Dies geschieht über das Verschieben mit der rechten Maustaste und dem Befehl „Hierher kopieren“. Aus optischen Gründen ist auf eine nicht allzu regelmäßige Anordnung der Objekte zu achten. An dieser Stelle sei auf die Möglichkeit der Verwendung von Farbe bei digitalen Höhlenplänen hingewiesen!

Zeichnen des Koordinatengitters

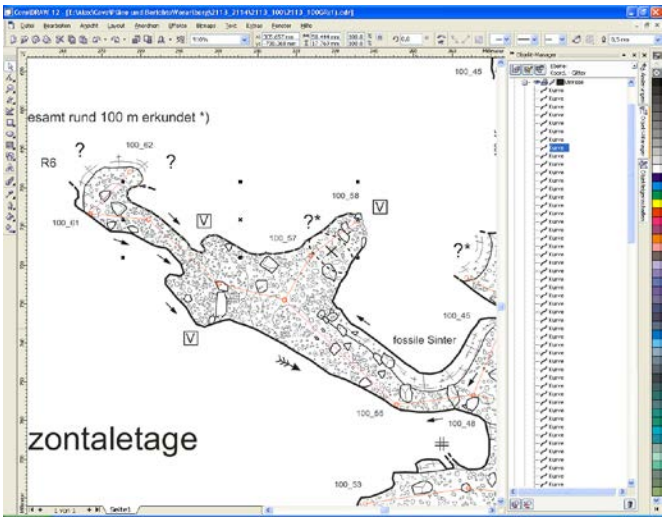
Bereits der Viewer im Programm Compass bietet die Möglichkeit ein Koordinatengitter (Grid) einzublenden, sofern die Eingangskoordinaten eingegeben wurden. Dieses kann gemeinsam mit dem Polygonzug als Screenshot ins Corel Draw exportiert und anschließend nachgezeichnet werden. An dieser Stelle empfiehlt sich der Einsatz von Hilfslinien in Corel Draw die durch Eingabe von Koordinaten genau platziert werden können. Das eigentliche Gitter kann dann an diesem „Hilfsgitter“ ausgerichtet werden (Ansicht \ An Hilfslinien ausrichten).

Erstellen der Beschriftung und des Plankopfs

Die Beschriftung wird als letztes erstellt. Im Gegensatz zur Tuscheschablone können dabei die unterschiedlichsten Schriftarten und –grade zum Einsatz kommen. Wiederum empfiehlt sich die Anwendung der Funktion „An Objekten ausrichten“ oder die Verwendung von Hilfslinien um Texte genau zu platzieren.



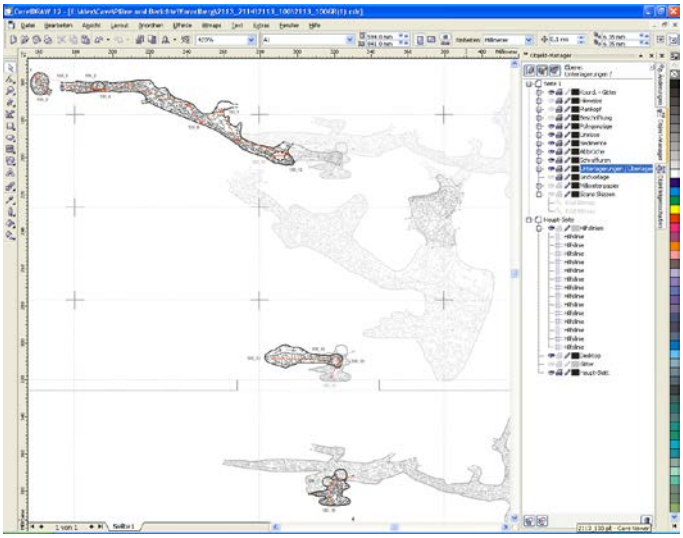
Koordinatengitter mit Hilfskonstruktion im Hintergrund in Corel Draw



Planbeschriftungen in Corel Draw

Anlage von Über- und Unterlagerungen

Während in früheren Zeiten beim herkömmlichen Planzeichen zuerst Teile des Plans dupliziert werden mussten, um nachher an entsprechenden Stellen deren Umrisse als Über- bzw. Unterlagerungen von Höhlenteilen nachziehen zu können ist diese heute bei Plänen, die am Computergezeichnet werden wesentlich einfacher. Herausgezeichnete Höhlenabschnitte werden einfach kopiert, in eine entsprechende Ebene (z.B. „Über- und Unterlagerungen“) eingefügt und anschließend am „Hauptplan“ mit den restlichen Abschnitten wieder zusammengefügt, um ein homogenes Plan- bzw. Höhlenbild zu schaffen. Um die Über- bzw. Unterlagerung zu kennzeichnen bzw. aus Gründen der Übersichtlichkeit werden diese Abschnitte anschließend eingefärbt oder verblasst dargestellt.



Darstellung von Über- und Unterlagerung im Gesamtplan in Corel Draw

Nützliche Befehle im Überblick

- „Gruppieren“ bzw. „Gruppierung aufheben“ (STRG + G bzw. STRG + U)
- „Hierher kopieren“ bzw. „Hierher verschieben“ (rechte Maustaste + Auswahl im Dialogfenster)
- „An Objekten ausrichten“ (STRG + Z bzw. Ansicht \An Objekten ausrichten)
- „An Hilfslinien ausrichten“ (Ansicht \An Hilfslinien ausrichten)

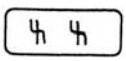
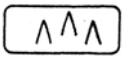
Generalisierung von Höhlenplänen

Es ist unmöglich und wäre auch nicht zweckmäßig, die Natur in einem Plan genau so abzubilden, wie sie ist. Wir müssen also generalisieren (vereinfachen), um handliche und lesbare Pläne zu erzeugen. In der Kartographie werden zwei Arten von Generalisierung unterschieden:

1. Aufnahmegeneralisierung (bei der Entwurfszeichnung im Gelände)
2. Kartographische Generalisierung (bei der Verkleinerung des Abbildungsmaßstabes)

Aufnahmegeneralisierung

Die Aufnahmegeneralisierung ist vom Zeichner im Gelände ständig durchzuführen. Je kleiner der Aufnahmemaßstab ist, desto geringer wird zwar der Zeitaufwand, allerdings bei steigendem Generalisierungsaufwand, da eine striktere Auswahl der noch darstellenswerten Geländeformen und Rauminhalte vor Ort zu treffen ist. Objekte, die zu klein sind um annähernd maßstäblich gezeichnet zu werden, müssen bereits im Entwurf als abstrakte Signaturen eingetragen werden. Eine Signatur ist ein unmaßstäbliches Zeichen in stilisierter Grund- bzw. Aufrissdarstellung für ein begrifflich festgelegtes Objekt.

Bsp. für abstrakte Entwurfssignaturen kleiner Objekte: Excentriques  Lehmbäumchen 

Prioritäten bei der Aufnahmegeneralisierung:

wichtig

1. Messstrecke
2. Raumbegrenzung
3. mit der Raumbegrenzung zusammenhängende Signaturen (Schächte, Ende der befahrbaren Strecke: z.B. verstürzt, verlehmt, zu eng)
4. wichtige Rauminhalte (für Orientierung; wissenschaftliche Bedeutung)
5. sonstige Rauminhalte

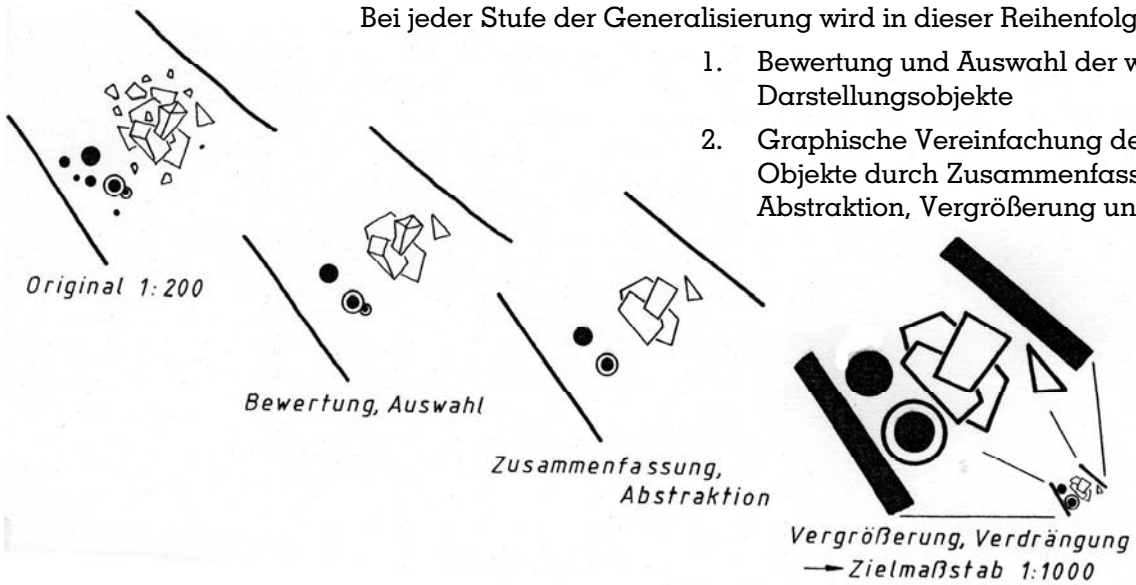
unwichtig

Kartographische Generalisierung

Setzt man voraus, dass der Grad der Generalisierung mit zunehmender Verkleinerung des Darstellungsmaßstabes wächst, kann stufenweise – beginnend mit dem größten Maßstab – von Maßstab zu Maßstab vorgegangen werden. Bei Erreichen der graphischen Mindest-Darstellungsdimension muss die Eintragung ihre Maßstäbigkeit verlieren (muss größer gezeichnet werden). Zusätzlich zu den bereits bei der Aufnahmegeneralisierung verwendeten Signaturen können dann weitere Objekte nur mehr als abstrakte Signaturen dargestellt werden.

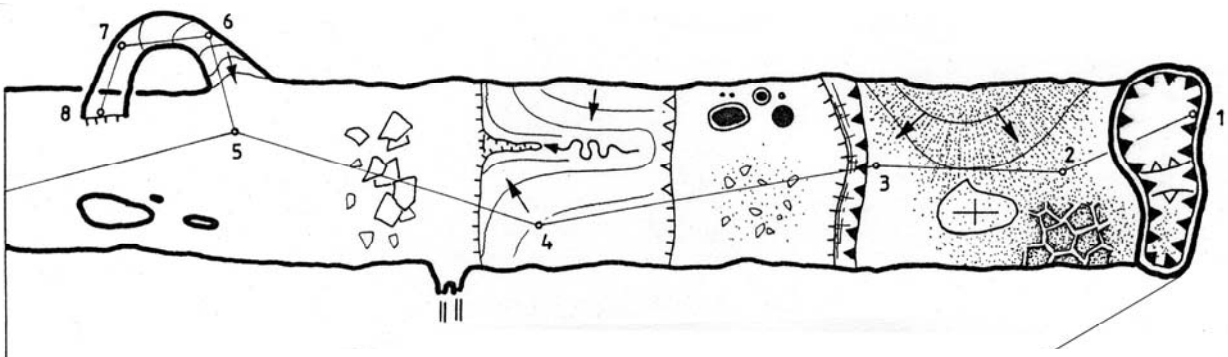
Bei jeder Stufe der Generalisierung wird in dieser Reihenfolge vorgegangen:

1. Bewertung und Auswahl der wesentlichsten Darstellungsobjekte
2. Graphische Vereinfachung der ausgewählten Objekte durch Zusammenfassung, Abstraktion, Vergrößerung und Verdrängung

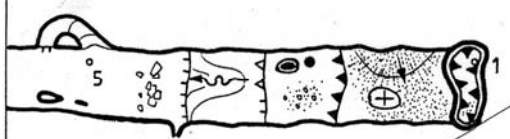


In der Praxis der Kartographischen Generalisierung wird meist so vorgegangen, dass der Originalplan auf das gewünschte Ausmaß verkleinert wird und dann über die Verkleinerung einer neuer Plan gezeichnet wird (digital im Rahmen von Layern). Graphisch bessere Ergebnisse erzielt man durch „überhaltene" Zeichnung (etwa dickere Linien als erforderlich) in einem Zwischenmaßstab und anschließende zweite optische Verkleinerung auf den Zielmaßstab.

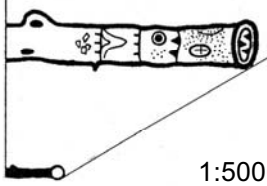
Beispiel einer stufenweisen Generalisierung:



1:200 (**Aufnahmemaßstab**). Der Rauminhalt ist vollständig dargestellt. Es dürfen keine Fragen bezüglich von Fortsetzungsmöglichkeiten offen bleiben. Beschreibung nach dem Plan ist möglich. Geringste Schlufdimension noch maßstäblich (herausmessbar).



1:500 (**z.B. Höhlenatlas**). Die Eintragungen müssen bereits kategorisiert werden (z.B. Feinsedimente/Bruchschutt/ Blockwerk), da eine maßstäbliche Darstellung nur von Objekten mit mindestens 0,5 m Durchmesser möglich ist. Ist der Maßstab 1:500 auch der Aufnahmemaßstab, muss der Messzug vollständig eingetragen werden.

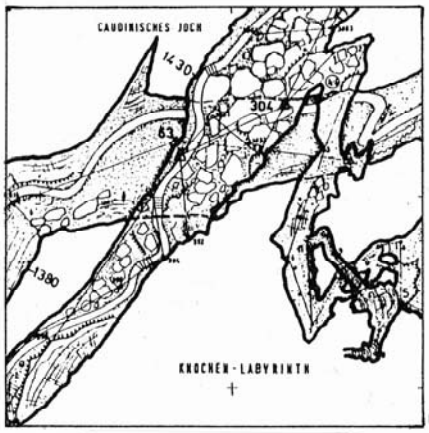


1:1000 (**Übersichtsplan**). Die Orientierung in Labyrinthen ist meist nicht mehr möglich, teilweise nur mehr als Höhlenverlaufskarte brauchbar (siehe unten).

1:5000 (**Höhlenverlaufskarte**). Abgesehen von einer abstrakten Eingangssignatur bleibt nur mehr die grundlegende Information über die Lage und den Verlauf der Höhle erhalten.

Die Form der möglichen Darstellung in einem bestimmten Maßstab ist aber auch vom Charakter und der Geräumigkeit einer Höhle abhängig.

Während die Hermannshöhle (2871/7) im Maßstab 1:1000 nur mehr als Höhlenverlaufskarte darstellbar ist, sind Verkleinerungen von Atlasblättern der Dachstein-Mammuthöhle (1547/9) auf 1:1000 noch als vollwertiger Höhlenplan verwendbar.



Prägung von Höhlennamen

Die Benennung einer bis dato unbekannten bzw. undokumentierten Höhle (als Voraussetzung für die Aufnahme ins Österreichische Höhlenverzeichnis) gilt als Privileg des Entdeckers/Erforschers. Gleichwohl sind einige Richtlinien zu beachten. Zu leitenden Prinzipien sollten dabei Klarheit und Eindeutigkeit sowie das Vermeiden von Verwechslungen und falschen Eindrücken gemacht werden.

1. Unbedingter Vorrang ist einem der örtlichen **Bevölkerung geläufigen Namen** zu geben, wobei eventuelle Dialektformen behutsam der Schriftsprache anzupassen sind (z.B. Galmeilucke statt dialektal „Gomailucka"). Daher: Einheimische befragen, ob schon ein ortsüblicher Name für die Höhle existiert. Solchen Namen ist Priorität einzuräumen, selbst wenn sie (siehe Punkt 4) unstatthaft (also z.B. vulgär) erscheinen.

2. Bei Neuprägungen sollte der Vorzug den von der **Topografie abgeleiteten Namen** gegeben werden. Der nächstliegende Punkt der Topografie, der eine namensmäßige Bezeichnung trägt, empfiehlt sich dafür. Die Namen sollten vorzugsweise der Österreichischen Karte (in der Schreibung der jüngsten Ausgabe des jeweiligen Blattes) entnommen werden, z.B. Totengrabenhöhle (1567/41) — im Totengraben gelegen. In weiterer Folge können auch zusätzliche Informationen über den Höhlentyp oder den Höhlenunhalt miteinfließen, z.B. Mittagskogel-Schichtgleithöhle (1547/132) oder Däumelkogel-Sandhöhle (1547/124).

3. Aus den Namen sollte direkt oder indirekt hervorgehen, **dass es sich um eine Höhle handelt**. Eine entsprechende Artbezeichnung (-höhle, -loch, -lucke, -schacht, -kluft etc.) wird günstigerweise nachgestellt, denn in einem alphabetischen Verzeichnis lässt sich eine Fahnenköpflhöhle leichter finden als eine Höhle im Fahnenköpfl (1725/5).

4. **Als unstatthaft können Namensprägungen gelten**,

   a aus denen nicht hervorgeht, dass es sich um eine Höhle handelt, z.B. Warnix (1339/166; besser: Warnixschacht) oder Yogipapp (1339/174), auch Unsere Mähre (1511/303) oder Plumsdröhn (1624/172). Auch die Bezeichnung „-system" schafft dem Uneingeweihten keine Klarheit darüber, um was für ein System es sich handeln könnte. Daher besser Jägerbrunntrog-Höhlensystem (1335/35) als Jägerbrunntrogsystem (das könnte ja auch eine systematisierte Methode der Jäger bei Aufstellung von Brunntrögen sein).

   b die noch lebende Personen zum Gegenstand haben. Früher war es an der Tagesordnung, sich, seinen Kollegen, Gönnern und hohen Herren onomastische Denkmäler zu setzen (z.B. Kolowrathöhle, 1339/1). Heute ist derlei verpönt und sollte auch bei der Benennung von Höhlenteilen nur in Ausnahmefällen geschehen.

   c die Bezeichnungen aus dem Bereich des Vulgären und Obszönen verwenden. Höhlennamen sind ja nicht nur intern verwendete Arbeitsbezeichnungen, sondern auch eine Visitenkarte gegenüber der Öffentlichkeit und haben durch die Übernahme ins Österreichische Höhlenverzeichnis auch (teilweise gesetzlich geregelt) amtlichen Charakter. Selbst die Erforscher einer im „Roßarsch" (Warscheneck; Name ortsüblich!) gelegenen Eishöhle verzichteten auf eine sehr naheliegende Bezeichnung — das Objekt heißt nun Sutan-Eishöhle (1636/24).

   d die einer in der Umgebung nicht gesprochenen Sprache entstammen und kein spezifizierendes Beiwort (siehe Punkt 3) in der Umgebungssprache enthalten. Dabei ist eine Maci laci barlang (1331/95; ungarisch - im Steinernen Meer!) ebenso ein Unding wie ein Public Subway (1511/241), eine Cava quae ipse aparuit (1335/180; Latein mit Rechtschreibfehler) oder gar ein/e (?) Prajnaparamita (1615/14; Sanskrit).

5. Eine eigene Problematik bildet die Prägung eines **Namens für ein Höhlensystem**, das eine Verbindung von zwei oder mehreren bereits bekannten Höhlen darstellt. Hier empfiehlt es sich, den seit Längerem bekannten Namen oder den der bislang größeren Höhle voranzusetzen, z.B. Brunnecker-Petrefakten-Höhlensystem (1511/1).

6. Katasterführenden Vereinen kann angeraten werden, die **Namensprägungen von ausländischen Forschergruppen dem örtlichen Standard anzupassen**, also z.B. aus Trou Boubou (1628/2) ein Boubouloch zu machen und aus einem Verlorenenwegschacht (1324/83, Teil des Systems des Lamprechtsofen) einen grammatikalisch korrekteren Verlorener-Weg-Schacht. In ausländischen Veröffentlichungen bereits publizierte Namen müssen jedoch unbedingt als Zweitnamen erhalten bleiben, damit Verwechslungen bei der Korrelation von Literatur und Höhlenverzeichnis vermieden werden.

7. In **Höhlenballungsgebieten** gehen den Entdeckern bald die „originellen" Namen aus, zudem verliert man bei uneinheitlicher Benennung die Übersicht. Hier empfiehlt sich die Verwendung des von Volker Weißensteiner entwickelten Steirischen Benennungssystems:

   Es wird eine einheitliche, falls nötig durch Bindestriche verknüpfte Kombination gebildet aus

   - Geländebezeichnung (z.B. Hochstein, Seekar, Margschierf)
   - Höhlenart/Höhlentyp (z.B. Höhle, Schacht, Schluf, Kluft)
   - der laufenden Nummer innerhalb der Kataster-Teilgruppe des Österr. Höhlenverzeichnisses

   Beispiel: Margschierfschacht 163 (1547/163), Margschierfschacht 164 (1547/164) usw.

   Für die Geländebezeichnung kann zur Vermeidung allzu langer Namen auch ein Kürzel aus der ersten Silbe oder den ersten 3-5 Buchstaben der Geländebezeichnung gewählt werden. Dieses sollte durch Großbuchstaben gekennzeichnet werden, z.B. „HIR-Schacht-45" (ein Schacht in der Hirschgrube mit der Katasternummer 1744/45).

   Ausnahmen von dieser Regel werden im Ballungsgebiet nur für vorhandene historische Höhlennamen und bei Bedarf für besonders auffallende oder bedeutsame Objekte gemacht.

   Kleinere Höhlengruppen können auch mit römischen Ziffern durchnummerierten, einheitlichen Namen versehen werden, z.B. Weichselbodenhöhle I-VI (Katasternummer 1811/6-11)

Literatur

Weißensteiner, V. (1974): Ein Beitrag zur systematischen Bezeichnung von Schächten, Klüften und Höhlen im Hochgebirgskarst. "Die Höhle", Jg. 25, Heft 1;

Schreibung von Höhlennamen

Die Schreibung von Höhlennamen sollte den in der deutschen Rechtschreibung geltenden Grundsätzen für die Schreibung geographischer Namen folgen. Dadurch soll einerseits orthographische Korrektheit erzielt werden, andererseits sollen Unklarheiten und falsche Eindrücke vermieden werden.

Höhlennamen sind in den meisten Fällen zusammengesetzte Wörter (Komposita). Während in anderen Sprachen Teile eines derartigen Kompositums wohl zusammen*gerückt* werden (z.B. Sloan's Valley Cave System), werden sie im Deutschen üblicherweise zusammen*geschrieben* oder aber durch einen Bindestrich verbunden.

1. Zusammenschreibung wird daher die Regel sein, wenn das zusammengesetzte Wort (also der Höhlenname) nicht zu umfangreich wird.

2. Bindestriche

a) sind unverzichtbar bei der Verwendung von vollen Personennamen:

Kurt-Taschner-Halbhöhle (1866-49); himmelschreiend falsch wäre eine (fiktive) Johann Straußhöhle (Eindruck eines Personennamens, Vorname „Johann", Familienname „Straußhöhle"). Auch die Eduard-Richter-Eishöhle (Teil der Eiskogelhöhle 1511/101) braucht ihren ersten Bindestrich unbedingt (ansonsten Eindruck eines Herrn Eduard aus der doppelnamigen – adeligen? – Familie „Richter-Eishöhle").

b) müssen, wenn sie verwendet werden, jedes Element eines zusammengesetzten Wortes vom nächsten abgrenzen: Lagergenossenschaft-Ennstal-Höhle (1625/181) statt Lagergenossenschaft Ennstal-Höhle.

c) sind zu empfehlen, wenn Komposita (die meisten Berg-, Alm- und Flurnamen sind solche) aufeinander treffen: Sonnleitstein-Gipfelkluft (1852/2). Statt Schwarzmooskogeleishöhle (1623/40) besser Schwarzmooskogel-Eishöhle, ebenso statt Schoberwiesloserbärenhöhle (1624/4) besser Schoberwiesloser-Bärenhöhle.

Achtung: vor und nach einem Bindestrich kommt kein Leerzeichen!

3. Getrennte Schreibung ist angebracht bei Namen mit

a) vorgesetztem Artikel, z.B. Der Zuagstoante (1627/33)

b) vorgesetzter Artbezeichnung: Quellhöhle Fürstenbrunn (1339/10), Schacht D 3 (1323/45)

c) Attribut in Form eines (spezifizierenden) Adjektivs: Großer Stubenschacht (1744/192), Trockenes Loch (1836/34)

d) Genetivattribut: Schacht der Verlorenen (1511/275), Eishöhle der Saligen (1339/63), Günthers Schacht (1335/186)

e) Ortsangabe mit Präposition: Kluft im Kleinen Gries (1853/52), Schneeloch auf der Pauschenalm (1815/41)

f) Ortsableitungen auf –er: Puxer Lueg (2745/1), Erlacher Tropfsteinhöhle (2872/3), auch Wiener Neustädter Höhle statt dzt. immer noch Wiener-Neustädter-Höhle (1851/30) wäre gerechtfertigt.

g) Ordinalzahlen: Erster Schacht in der Hochkogeltiefe (1511/29)

4. Hinsichtlich der **Einbeziehung von Zahlen** bzw. Zahlen-Buchstaben-Kombinationen in Namen existieren keine verbindlichen Regeln. Meine Empfehlung geht dahin, Zahlen nicht durch Bindestriche anzugliedern. SCHWA-Schacht 80 (1623/80) erscheint logischer als z.B. BAUM-Schacht-20.

Ein Unding stellt die Verwendung einer Klammer innerhalb eines Namens zur Andeutung einer Namensvariante dar, etwa die Steller(weg)höhle (1623/41). Nachdem das Österreichische Höhlenverzeichnis die offizielle Bezeichnung einer Höhle festhält, hieße besagtes Objekt dann offiziell weder Stellerhöhle noch Stellerweghöhle, sondern eben Steller(weg)höhle und wäre in dieser Schreibung immer zu zitieren.

Das hier über die Schreibung von Höhlennamen Angemerkte gilt im Übrigen gleicherweise auch für die Schreibung der Namen von Höhlenteilen.

Inhalt von Forschungsberichten

Forschungsberichte sind das Ergebnis der höhlenkundlichen Tätigkeit und Spiegelbild der Leistung und Fähigkeit der Beteiligten. Leider beschränken sich manche „Höhlenforscher" darauf, Erlebnisberichte in der Art von Schulaufsätzen zu produzieren, was die Akzeptanz der Höhlenforschung bei Grundeigentümern und ihren Stellenwert in der Öffentlichkeit nicht gerade steigert.

Elemente von Forschungsberichten

Praktische Höhlenforschung kann ein sehr unterschiedliches Gesicht haben. Die dargestellte Struktur kann daher nur Anregung sein, soll aber die kreative Entfaltung nicht behindern!

1. Überblick, Einführung
2. Grunddaten des/der Forschungsobjekte(s)
3. Lageangaben (Lage- und Zugangsbeschreibung, Lageübersicht, ...)
4. Raumbeschreibung(en)
5. Chronik, Zeitablauf
6. Befahrungshinweise
7. Literaturübersicht

Daneben kann ein Bericht aufgelockert und bereichert werden durch:

8. Erlebnisberichte
9. thematische Aufbereitung bestimmter Fachthemen

Als Beilagen werden dem Originalbericht vollständig beigefügt:

10. Fotos, Pläne, Messdaten etc. (möglichst in analoger und digitaler Form)

Gute Berichte mit z.B. treffenden und zuverlässigen Raumbeschreibungen entstehen rasch nach der Forschungsfahrt. Andernfalls drohen erhebliche Lücken: schon nach kurzer Zeit sind viele Beteiligte nicht mehr kontaktierbar oder sie können sich nicht mehr genau erinnern.

Überblick, Einführung: Das „Wer?" (Organisation), „Was?", „Wo?", „Wann?" (ev. auch: „Warum?") lässt den Benutzer/Leser auf einen Blick erkennen, ob der Bericht für ihn Interessantes enthält. In Fachzeitschriften ist eine englische Zusammenfassung üblich.

Die **Lageangabe** nennt den *Ort* des Höhleneinganges anhand topographischer Bezeichnungen und Gegebenheiten. Sie hilft vor allem dem Betrachter einer Landkarte. Die **Zugangsbeschreibung** beschreibt eine *Wegstrecke*, um dorthin zu gelangen. Bei zahlreichen behandelten Höhlen/Höhleneingängen ist eine **Lageübersicht** sinnvoll (z.B. „Die beschriebenen Höhlen liegen alle im Südhang des Hochfichts, einem Ausläufer des Tannberges bei Föhrenburg, Baumland" oder „das bearbeitete Gebiet umfasst den gesamten Gipfelbereich des Hochspitzes, der zentralen Erhebung des oberkakanischen Kaisergebirges, etwa ab einer Seehöhe von 3700 m"). Bei ausgedehnten Höhlen wird auch der **Lagebezug** zur Oberfläche hergestellt werden (z.B. „die Höhle durchörtert fast den gesamten Höllerkogel von SW nach NO").

Befahrungshinweise werden bei tieferen Schachtabstiegen in Tabellenform gegeben. Darin sind enthalten: die jeweiligen Schachttiefen, der Seilbedarf, der übrige Materialbedarf (mit Hinweisen auf belassenes Material und Verankerungen), Gefahren- und Orientierungshinweise, Schwierigkeitsangaben.

Der Forschungsbericht soll nachfolgenden Forschern die Weiterarbeit ermöglichen, kann aber auch darauf hinweisen, dass die eigene Bearbeitung noch nicht abgeschlossen ist.

Abfassung von Raumbeschreibungen

Mit Hilfe der Raumbeschreibung soll sich jeder Höhlenbesucher in der Höhle orientieren können und jeder Leser einen möglichst realistischen Eindruck von der Höhle gewinnen.

Ein **einleitender Überblick** kann oft mit einem einzigen Satz gegeben werden

z.B. „Die Höhle besteht aus dem horizontal entwickelten, oberflächenahen Drachenlabyrinth und dem im Eingangsbereich abzweigenden Zwergencanyon, der mit zahlreichen Stufen bis in 350 m Tiefe führt".

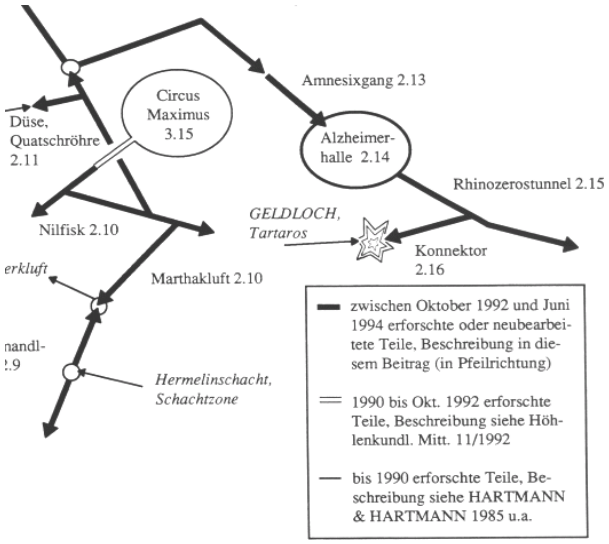
Die Raumbeschreibung erfolgt am besten vom Eingang her bergwärts, wobei man sich zweckmäßigerweise zuerst den Hauptteilen widmet und dann von diesem „Rückgrat" ausgehend den Seitenteilen. Eine übersichtliche Raumbeschreibung zeichnet sich daher durch eine **Gliederung in Abschnitte** entsprechend der räumlichen Gliederung der Höhle aus (ev. auch befahrungstechnischen Gesichtspunkten). Ist die Höhle sehr kompliziert aufgebaut, können beigefügte Skizzen, Pläne oder Kartogramme (schematisierte Plandarstellungen) die Orientierung erleichtern.

Auch innerhalb der Abschnitte soll die Struktur von Überblicks- und Detailbeschreibung beibehalten werden. Beschreibt man etwa einen geräumigen Gang mit Seitenteilen, so empfiehlt es sich zuerst den Gang zu beschreiben und dann die Seitenteile – jeweils in der Form, dass man zuerst mit einem Satz den Gang/Seitenteil charakterisiert. Falls erforderlich und sinnvoll kann eine Detailbeschreibung folgen.

z.B. „Der Lehmgang ist ein übermannshoher, röhrenförmiger Tunnel, der 300 m geradlinig nach NO führt. Auf den ersten 20 m fällt er steil zu einer Wasseransammlung ab, von der das Wasserlabyrinth seinen Ausgang nimmt. Hinter diesem mit Hilfe von Trittsteinen leicht zu überquerenden See steigt er mit tiefgründigem, feuchtem Lehmboden zu einer 5 m hohen und 6 m breiten Raumerweiterung an."

Eine Raumbeschreibung ist kein Erlebnisbericht!

z.B. Statt „Durch den elenden Schluf kamen wir mit letzter Kraft in eine große Halle" formuliert man hier besser „Durch den Schluf gelangt man sehr mühsam in eine große Halle".



Ein Kartogramm kann bei komplizierten Höhlen dafür sorgen, dass der Leser den Überblick behält.

Wichtig:

- **Genaue Bezeichnung**: einmal geprägte Namen müssen beibehalten und in Text und Plan ident sein (z.B. „Lehmschluf" ≠ „Lehmsunk" ≠ „Schlammsunk")
- **Dimension**: Maße angeben! (jeder empfindet Räume anders)
- **Ausrichtung**: Kompassrichtung (z.B. „NW", meist besser als „links und rechts"!), Neigung (fallend oder steigend) und Verlauf (geradlinig oder mäandrierend, wo erfolgen Richtungsänderungen...)
- **Gestaltcharakteristik**: Raumtypus (Halle/Kammer/Canyon/Schluf…), Profilform (Linsen-/Rund-/Schlüsselloch-/Dreieck-/Trapez-/Kastenprofil etc.)
- **Relative Position**: über- und unterlagernd, Abzweigungen von Seitenteilen, Nähe zu anderen Höhlen,…
- **Höhleninhalt**: Sedimente (Geröll, Sand, Lehm, Blockwerk, Humus,…), Eis- und Wasserführung (Schwankungen, Schüttung, Wasserstandsmarken…), Mineral- und Tropfsteinbildungen, Wetterführung (Richtung, Intensität,…)

Werden Fachthemen nicht in eigenen Texten behandelt, können zoologische und geologische Beobachtungen und ähnliches gegebenenfalls in die Raumbeschreibung eingeflochten werden.

Dokumentarische Höhlenfotografie

Fototechnik

Ziel: Bestmögliche Wiedergabe der Natur

Dokumentarische Höhlenfotografie zielt darauf ab, dem Bildbetrachter – abgesehen von der realen Finsternis – einen möglichst wirklichkeitsnahen Eindruck von der Höhle zu vermitteln. Dies schließt durchaus die Absicht ein, „schöne Bilder" zu erzeugen. Das Augenmerk liegt nicht auf künstlerischen Effekten wie z.B. Lichteffekten, die dem menschlichen Auge gewöhnlich verborgen bleiben (siehe Buchtitel unten), und Farbveränderungen, Verzerrungen, Retuschen usw. sind überhaupt unbedingt zu vermeiden. Eine digitale Nachbearbeitung kann dennoch zweckmäßig sein (z.B. Aufhellung unterbelichteter Bildteile, um ein Gangprofil besser erkennbar zu machen).

Im Licht/Schatten-Bereich von Höhleneingängen wird bei der Dokumentation versucht, ein Bild zu erzeugen, das dem menschlichen Sinneseindruck möglichst nahe kommt. Dabei kann/muss durchaus auch mit künstlichem Licht nachgeholfen werden.

Ausrüstung

Die Fotoausrüstungen sind so unterschiedlich wie die Charaktere der Forscher, und die Technik schreitet auf diesem Gebiet rasend schnell fort. Daher sollen eher grundsätzliche Empfehlungen gegeben werden:

Kamera mit manueller Bildsteuerung: Kamera- und Blitzautomatiken scheitern zuverlässig an den komplexen Anforderungen in der Höhle. Daher unbedingt eine Ausrüstung verwenden, die eine vollständig manuelle Einstellung erlaubt (Schärfe, Blende, Zeit, Blitzansteuerung und -einstellung). Durch die unmittelbare Kontrollmöglichkeit am Display der Digitalkameras kann man problemlos experimentieren, bis ein optimales Ergebnis erzielt ist. Für hohe Bildqualität immer die Blitzleistung voll ausschöpfen und mit der Blende regulieren, bei teilweiser Tageslichtverwendung auch mit der Verschlusszeit.

Bildsensoren: Bei CMOS-Sensoren die unterschiedliche Qualität (Tests!) beachten! Aufgrund der Objektivgeometrie und zur Vermeidung des „Bildrauschens" sind Kameras mit Vollformat-Sensor ideal, aber extrem teuer. (Auch noch bei sehr hoch eingestellter Empfindlichkeit kein Qualitätsverlust).

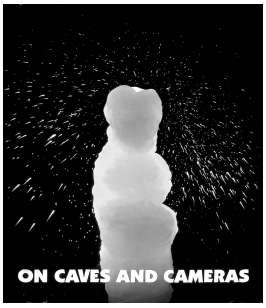
Weitwinkelzoom. Höhlenfotografie ist meist Weitwinkelfotografie. Empfehlung: 24-80 mm bei Vollformatsensoren ≈14-50 mm bei Standard-CMOS-Bildsensoren. Nie das Objektiv in der Höhle wechseln!

Blitzgeräte: Hauptblitz (hohe Leitzahl, fein abstufbar!) und Kamera mit Kabel verbinden. Nur mit einem Abstand zwischen Blitzgerät(en) und Objektiv >30 cm entstehen plastische Bilder und werden störende Wassertropfen und Staub vermieden. Entfernte Raumteile mittels weiterer Blitzgeräte (angesteuert durch „Sklavenauslöser") ausleuchten. Mit einem Hauptblitz und einem Sklavenblitz lassen sich schon von 95% aller Höhlenmotive sehr gute Aufnahmen machen. Bei vollständig manueller Steuerung muss auch die Farbtemperatur eingestellt werden (Tageslicht ~5.200 K, Blitzlicht 6000 K). Manche Fotografen arbeiten auch mit LED-Lampenlicht („Painting with Light").

Sklavenauslöser: Nur empfindliche Sklaven (z.B. Firefly), die auch ohne direkten Sichtkontakt auslösen!

Zubehör: Stativ, Auslösekabel, Reservebatterien, weiches Tuch, stoßfeste Verpackung (dennoch: wie jede andere Höhlenausrüstung ist auch die Kamera ein Verbrauchsgegenstand).

Tipps: Zur Vermeidung von Dampfbildern Abstand zwischen Gesicht (Körper) und Kamera halten (mit Stativ oder „freihändig" fotografieren)! Bei Kompaktkameras hellt der nahe am Objektiv gelegene Blitz Partikel in der Luft auf („Schneegestöber"), daher diesen mit schwarzer UV-durchlässiger Folie (z.B. schwarzes Diapositiv) überkleben. Der Firefly am Sklavenblitz löst aufgrund des IR-Lichts trotzdem aus.



📖 *On Caves and Cameras. A Comprehensive Guide to Underground Photography,* 2005, Edited by Norman R. Thompson & John Van Swearingen IV, NSS, English. Preis: € 36,- .

Was soll auf Fotos festgehalten werden?

Die Fotodokumentation einer Höhle soll unbedingt umfassen:

- Bild des Höhleneingangs / aller Höhleneingänge
- Bilder charakteristischer Gänge und Räume der Höhle (nicht nur „schöne Motive")
- Morphologische Details, die Interpretationen der Höhle erläutern können (z.B. Fließfacetten, Harnische)
- Bilder des Höhleninhalts (z.B. Tropfsteine, Sedimente, Knochen, Eis, Gewässer)
- Lebewesen, Pflanzen

Diese Liste wird meist durch Bilder von den Erforschern und befahrungstechnisch relevanten Stellen/ Momenten ergänzt werden – dies sind die am liebsten abgelichteten Motive, und Höhlenvorträge bestehen leider häufig fast ausschließlich aus solchen Szenen.

Bildarchiv

Umfang

Zusätzlich zu aktuell erstellten Dokumentationen enthält ein Bildarchiv (soweit verfügbar):

- Verfügbare Historische Bilder der Höhlen – vor allem des Höhleneingangs / aller Höhleneingänge
- Bilder aus der Forschungsgeschichte (Personen, Forschungsgeschehen)

Ein Bildarchiv enthält schnell tausende Bilder bzw. etliche Gigabyte Datenvolumen. Es ist daher wichtig, uninteressante oder weniger gelungene Aufnahmen vorab auszusortieren. Einmal einsortierte Aufnahmen sollten im Sinne archivarischer Grundsätze nicht mehr entfernt werden, auch wenn später qualitativ bessere Fotos eines bestimmten Motivs dazukommen. Unterschiedlich weit zurückliegende Aufnahmen eines Motivs lassen Veränderungen ablesen (Monitoring).

Empfehlungen

Systematische Gliederung: Es wird trotz raffinierter Suchsysteme am Computer empfohlen, die Systematik des ÖHVZ zu übernehmen (Ordnergliederung nach Katasternummern). Ich selbst ändere den Dateinamen in die Katasternummer und eine innerhalb der Höhle fortlaufende Bildnummer um. Eingangsbilder markiere ich durch ein spezielles Kürzel, wieder unter Verwendung der Buchstabenbezeichnung im ÖHVZ und ggf. einer Laufnummer.

Digitale Bilder unbedingt in einem **Standardformat** (Empfehlung: JPEG) abspeichern. Bildbeschreibungen und Bildautor in die Bilddatei in Standardformaten (EXIF-Datei) integrieren, nicht nur in Spezialdatenbanken bestimmter Bildarchivprogramme, die vielleicht in 10 Jahren schon überholt sind und nicht mehr gelesen werden können.

Digitale Bildarchive zweifach auf externen Festplatten **sichern und regelmäßig umspeichern**. CDs und DVDs sind für die Datenmengen eines Bildarchivs kaum ausreichend und haben nach heutigem Stand eine bestenfalls wenige Jahrzehnte lange Lebensdauer.

Verortung der Höhlenaufnahmen – Zusammenspiel von Plan und Bild

Bis heute wurden Höhlenfotos innerhalb von Höhlen(systemen) kaum systematisch verortet, man ist meist auf die Beschriftung von Bildern/Dias/Bilddateien angewiesen und muss hoffen, dass die Ortsangaben stimmen bzw. dass sich der Name des Höhlenteiles seither nicht verändert hat. Räumlich nicht mehr zuordenbare Bilder werden für die Höhlenforschung wertlos. Vor allem bei großen Höhlensystemen geht so im Lauf der Zeit sehr viel Information verloren. Dokumentation bedeutet aber das Erzeugen einer in der Zukunft eindeutigen und nachvollziebaren Arbeitsgrundlage.

Die Verortung von Höhlenbildern geschieht am besten und einfachsten mit Hilfe eines Planes. Auch hier hilft uns mittlerweile die digitale Technologie, da wir Pläne und Bilder zusammenführen und immer wieder ergänzen können. Die Abbildung auf der Folgeseite soll symbolisch eine einfache Variante einer verorteten Bilddokumentation darstellen. Dies kann schon die Grundlage eines Geographischen Informationssystems (GIS) bilden!

Plattenschrofenschacht

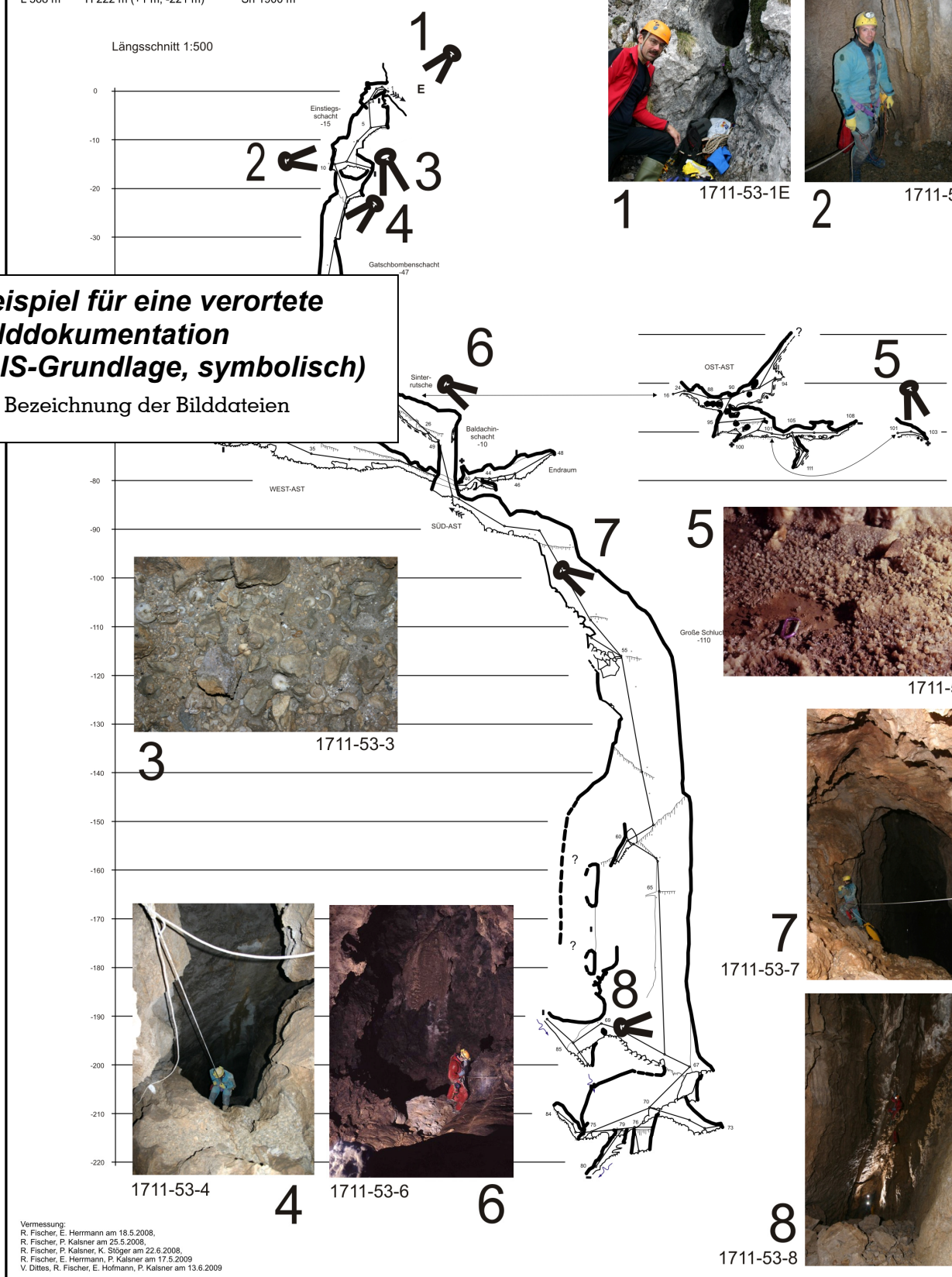
Kat.Nr. 1711/53

Am Admonter Kalbling, Steiermark — UTM-Koord. 464.140 / 5.265.940 (± 10)

L 568 m — H 222 m (+1 m, -221 m) — Sh 1900 m

1 1711-53-1E

2 1711-53-2



Beispiel für eine verortete Bilddokumentation (GIS-Grundlage, symbolisch)

Mit Bezeichnung der Bilddateien

5 1711-53-5

3 1711-53-3

7 1711-53-7

4 1711-53-4

6 1711-53-6

8 1711-53-8

Vermessung:
R. Fischer, E. Herrmann am 18.5.2008,
R. Fischer, P. Kalsner am 25.5.2008,
R. Fischer, P. Kalsner, K. Stöger am 22.6.2008,
R. Fischer, E. Herrmann, P. Kalsner am 17.5.2009
V. Dittes, R. Fischer, E. Hofmann, P. Kalsner am 13.6.2009

Landesverein für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich — Zeichnung: R. Fischer 2009

FILMEN IN HÖHLEN

Im Gegensatz zur Fotographie, die für druckbare Höhlendokumentation optimal ist, können Videos die Situation und Abläufe inklusive dem Originalton einem unbeteiligten Betrachter realitätsnahe wiedergeben. Sie können spannend und informativ zu gleich sein. Allerdings sind sie – will man das Video in guter Qualität abdrehen – wesentlich aufwendiger (Beleuchtung, längere Drehzeit etc.) als die Fotografie. Im Folgenden wird das „Filmen in Höhlen" von der technischen Seite betrachtet, um die Scheu vor Eingriffen in manuelle Einstellungen zu nehmen – denn der Camcorder kann wesentlich mehr als nur den >Automodus<!

Licht

Bei Aufnahme in einer Höhle, ob mit einer Foto-, oder Videokamera, ist man auf die richtige „Ausleuchtung" angewiesen. Der Kontrast zwischen Hell und Dunkel zeichnet Formen und Konturen, die Farben dagegen gestalten die Oberfläche und das Aussehen der Objekte. Bei Außenaufnahmen muss man sich den Lichtverhältnissen der Natur anpassen. Bei Aufnahmen in Höhlen muss man das fehlende Tageslicht durch Kunstlicht ersetzen. Dieses hat allerdings so seine Tücken. Wer will schon den Grün-, Blau- oder Orangerotstich (vor allem bei Karbidlicht) auf seinen Aufnahmen. Das Schlüsselwort heißt Farbtemperatur, denn Licht ist nicht gleich Licht, und was die Fotokamera (der Film) und die Videokamera als Weiß definieren, ist nicht immer das, was unsere Augen als Weiß wahrnehmen.

Wie misst man die Temperatur einer Farbe?

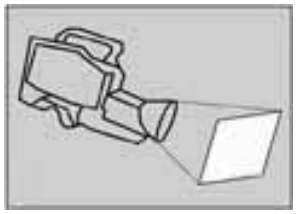
Um die Qualität der Beleuchtung zu beurteilen, benötigt man einen Maßstab. Den erhält man mit der Messung der Farbtemperatur. Die hat nichts mit dem subjektiven Empfinden von "warmem" Rot und "kaltem" Blau zu tun noch mit der Helligkeit, sondern es handelt sich um physikalische Größen.

Kunstlicht etwa hat im Allgemeinen eine Farbtemperatur von 2000 bis 6000 K (Kelvin), Sonnenlicht ungefähr 6000 K und mehr, intensives Licht (z.B. im Gebirge) hat bis zu 16000 K (Siehe Tabelle).

	Bläulicher Stich	10.000 K	• Blauer Himmel
		9.000 K	• Blaue Szene am Fernsehbildschirm
		8.000 K	
		7.000 K	• Bewölkter Himmel
		6.000 K	
Einstellbarer Weißabgleich-bereich		5.000 K	• Sonnenlicht
	Weiß	4.000 K	• Weißes Röhrenlicht • 2 Stunden nach Sonnenaufgang oder vor Sonnenuntergang • 1 Stunde nach Sonnenaufgang oder vor Sonnenuntergang
	Rötlicher Stich	3.000 K	• Elektrisches Halogenlicht • 30 Minuten nach Sonnenaufgang oder vor Sonnenuntergang • Weiße Glühlampe
		2.000 K	• Sonnenaufgang, Sonnenabend
		1.500 K	• Kerzenlicht

Optimale Videoaufnahmen durch den richtigen Weißabgleich.

Verfügt Ihr Digital-Camcorder oder Ihre Videokamera über die Möglichkeit, einen manuellen Weißabgleich vorzunehmen, verwenden Sie diesen so oft es geht. Vor jeder Aufnahme sollte man allerdings kurz überlegen - stimmt der Weißwert noch, oder hat sich die Lichteinwirkung seit der letzten Aufnahme stark verändert? Das ist besonders bei einem Standortwechsel von drinnen nach draußen oder umgekehrt der Fall. Vorsicht ist bei Neonlampen angebracht, diese verleihen dem Bild häufig einen Grünstich. Dasselbe gilt auch für Mischlicht, also ungünstige Kombinationen aus Tages- und Kunstlicht am selben Ort.



Arbeitet man unter gleichmäßigen Lichtbedingungen, also kein Mischlicht, ist die beste Wahl, mit einem vorher festgelegten Weißwert zu arbeiten. Man hält einfach ein weißes Blatt Papier vor den Camcorder oder richtet die Videokamera auf eine weiße Fläche und betätigt die Weißabgleichstaste. Das Ergebnis des Weißabgleichs kann sofort im Sucher oder auf dem Monitor betrachten werden. Wichtig beim Weißabgleich ist, dass die weiße Fläche von der Lichtquelle beleuchtet wird, mit der gefilmt wird.

Weißabgleich bei Karbidlicht

Mit Karbidlicht verursacht der Weißabgleich oft Probleme. Der Kunstlicht-Wert, der im Camcorder voreingestellt und meist mit einer Glühbirne gekennzeichnet ist, liefert viel zu gelbe Bilder. Der Weißabgleich auf eine weiße Fläche zerstört jedoch die Lichtstimmung und liefert neutrale Bilder, ohne die Wärme des Karbidlichtes deutlich zu machen. Es gibt nun die Möglichkeit, einen Weißabgleich nicht auf Weiße sondern auf eine anders farbige Fläche durchzuführen, um den angestrebten Mittelwert zu erreichen. Bei Karbidlicht verwendet man eine bläuliche Fläche, um den Weißwert in Richtung Gelb zu verschieben. Dazu kann man farbiges Papier oder Karton (für die Höhlentauglichkeit in Kunststofffolie einschlagen oder verschweißen) verwenden. Relativ blasse Farben sind dabei völlig ausreichend.

Eine besser zu berechnende Möglichkeit, sind CTB-Folien. Diese werden dazu verwendet, das Licht von Kunstlichtlampen an das Tageslicht anzugleichen (im Fachgeschäften erhältlich).

Lichtquellen

Durch den Einsatz von zusätzlichen Lichtquellen erreichen Sie optimale und rauschfreie Videoaufnahmen, auch bei Karbidlicht oder schlecht ausgeleuchteten Räumen. Für Innenaufnahmen kann man als Amateur nie genug Licht haben. Natürlich werben alle Camcorder-Hersteller damit, dass ihre Kameras schon bei wenigen Lux Bilder (Night Mode) aufzeichnen können, jedoch werden diese Bilder dann durch Rauschen überlagert (meist auch nur in S/W). Profis leuchten daher oft mit 10000-W-Scheinwerfern und mehr ihre Szenen aus.

Filmen Sie bei wenig Licht oder bei Karbidlicht, so spielt die Lichtempfindlichkeit ihres Camcorders eine große Rolle. Um z.B. mit einer 100-Watt-Glühbirne auf eine Entfernung von 3 m noch brauchbare Videoaufnahmen zu erhalten, muss der Camcorder mit einer Lichtempfindlichkeit von 10 Lux ausgestattet sein. Eine Kerze hingegen erzeugt denselben Lux-Wert nur noch bis zu einem Abstand von 0,2 m. Generell kann man mit Karbidlicht schöne Stimmungsbilder machen, aber sobald andere Details als die Stimmung gefragt sind, kommt man kaum ohne zusätzliches Licht aus.

Ein ***Gain*** kann dabei helfen. Dieser hebt den gesamten Signalpegel an, und mit einem Gain von 6 dB hat man eine ganze Blende gewonnen, d.h. die Lichtleistung hat sich verdoppelt. Bei DV-Camcordern kann mit einem Gain von bis zu 9 dB gearbeitet werden, ohne dass es zu einer auffälligem Bildrauschen kommt. Wird die Automatik des Camcorders benutzt, wird diese das Bild massiv aufgehellt und womöglich mit Hilfe der Gain-Funktion die Helligkeit noch zusätzlich weiter angehoben. Dadurch wird das Bild meist grieslig, verrauscht, farbarm und grau.

Zusätzliche Lichtquellen sind oft die bessere Lösung! Videoleuchten sind eine preiswerte Lösung und können am Zubehörschuh auf dem Camcorder angebracht werden. Mit 10 bis 30 Watt ist ihre Leistung ausreichend, um einen Bereich von ein bis drei Metern auszuleuchten.

Meistens ist das Licht der Handlampe jedoch zu hart, so dass die Teile in der Bildmitte überstrahlen und der Rand zu dunkel ist. Bei Film und Fernsehen wird dafür eine sogenannte Frostfolie vor das Licht gespannt. Bei Handlampen bis max. 50 Watt kann auch ein kleines Stück Transparent-Papier verwendet werden, in einem gewissen Sicherheitsabstand vor die Lampe befestigt wird, sodass der gesamte Lichtkegel durch das Papier hindurch scheint. Dadurch wird das Licht zwar etwas schwächer aber dafür auch viel weicher.

Smear-Effekt

CCD-Aufnahmechips können nur mit beträchtlichem Aufwand helle Lichtpunkte abbilden. Denn punktförmige Überstrahlungen produzieren eine nicht schnell ableitbare Informationsdichte. Es entsteht dann ein senkrechter, heller Streifen, der sogenannte „Smear-Effekt". Mit dem 1/4 CMOS-Bildwandler (statt bisher zumeist 1/3 CCD-Sensoren) können Bilder wesentlich schneller ausgelesen werden (eröffnet nun auch eine Zeitlupenfunktion) und die Einstellungen kommen in HDV-Auflösung (für Full HD–Fernseher) in absoluter Sendefähigkeit. Der „Smear-Effekt" gehört mit diesen neuen CMOS eindeutig der Vergangenheit an.

Der richtige Lichtaufbau

Licht kamerataugliche zu positionieren ist eine Kunst, die oft unterschätzt wird. Umso schwieriger ist es, eine Höhle so zu beleuchten („auszuleuchten"), dass die vorherrschende Stimmung nicht zerstört wird. Es gibt einige klassische Positionierungstipps, die als Basis für eine gute Beleuchtung dienen können. Jedoch sollte man sich nicht scheuen, Variationen auszutesten bis man mit dem Lichteindruck zufrieden ist.

Tipp: Wenn möglich einen Videomonitor bei den Aufnahmen an der Kamera anschließen. Der Sucher der Kamera vermittelt selten den richtigen Lichteindruck.

Grundsätzlich werden meistens drei Lichtquellen eingesetzt, was allerdings einen gewissen Aufwand voraussetzt:

- **Führungslicht:** stellt immer die Hauptlichtquelle dar. Da es im inneren einer Höhle kein natürliches Licht gibt, ist es relativ unerheblich, wo das Führungslicht positioniert ist. Lässt einem der Höhlenraum jedoch mehr gestalterischen Freiraum, so wird das Führungslicht oft seitlich in einem 45-Grad-Winkel etwas versetzt neben der Kamera platziert. Je nach Einfallswinkel auf das Objekt wirft das Führungslicht nun Schlagschatten auf die Oberflächen. In der Höhle erhöht man durch gezielten Einsatz von Schatten die Plastizität der Objekte.
- **Aufhelllicht:** sind die Schatten nicht gewollt, werden diese durch das sogenannte Aufhelllicht reduziert. Daher platziert man dieses auf der anderen Seite neben der Kamera.
- **Gegenlicht:** die dritte Lichtquelle hebt das Objekt gegenüber dem Hintergrund hervor. Dazu sollte es so positioniert werden, dass es nicht direkt in die Kamera leuchtet, sondern nur das Objekt von hinten bestrahlt.

Oft werden noch weitere, weniger dominante Lichtquellen (auch bewegte) eingesetzt, um im Hintergrund oder im Höhlenraum Lichtakzente zu setzen. Dies kann notfalls auch mit herkömmlichen Taschenlampen erfolgen, die vorteilhaft mittels Papierklappen in ihrer Streulichtung begrenzt werden.

Unverzichtbares Zubehör für einen guten Film

Weitwinkelvorsatz

Für praktisch jeden Camcorder, der einen Schraubaufsatz vor dem Objektiv besitzt, sind verschiedene Weitwinkelvorsätze (Weitwinkelkonverter) erhältlich. Durch diesen kann die Kamera einen größeren Bildwinkel aufnehmen und scheint weiter vom Objekt entfernt. Daher eignet sich ein solches Objektiv besonders bei Aufnahmen in einer Höhle, engen Raum, etc. Grundsätzlich gewinnen Bilder durch einen solchen Konverter einfach mehr Weite und nehmen den Aufnahmen etwas von dem klassischen "Heimvideo"-Ausschnitt. Gängig sind zwei Brennweiten 0,7 und 0,5, wobei 0,5 den Blickwinkel stärker vergrößert, jedoch auch eher zu Verzerrungen neigt (Am besten im Videofachgeschäft testen und zu Hause in Ruhe entscheiden und eher keine Billigprodukte verwenden).

Stativ

Viele der heutzutage angebotenen Camcorder haben einen sog. „SteadyShot" (Antiwackelschutz) entweder digital (z.B. Panasonic, JVC) oder optisch (z.B. Sony, Canon) eingebaut. Ein Stativ sollte aber trotzdem zur Ausrüstung eines ambitionierten Videofilmers gehören und ist im Telebereich trotz „SteadyShot" unverzichtbar. Beim Stativ ist ein Kompromiss zwischen geringem Gewicht (Transport!) und Stabilität zu finden.

Eine Besonderheit: das Schwebestative

Diese erlauben es die Kamera frei vor sich "schweben" zu lassen, ohne dass die Vibrationen, die beim Gehen entstehen, auf die Kamera übertragen werden. Dadurch sind die unglaublichsten Kamerafahrten auch für ambitionierte Videofilmer möglich. Das Prinzip beruht dabei darauf, dass das Gewicht der Kamera unter den Haltegriff verlegt wird, wodurch der Camcorder extrem träge wird. Gepaart mit einem guten Weitwinkelobjektiv können auf diese Weise extrem lebendige Einstellungen verwirklicht werden. Ein gutes (aber auch teures – ca. € 1000) Modell für Videokameras bis 1,5 kg ist der "Handy Man 1000" von ABC-Filmtechnik.

Schutz des Camcorders vor Feuchtigkeit und Verschmutzung

Unterwassergehäuse zum Schutz Ihres Camcorders sind für den Einsatz in Höhlen nur bedingt verwendbar. Eigenkonstruktionen sind oft die bessere Möglichkeit: Ich habe mir zu diesem Zweck ein Polokalrohr mittels Industrieföhn so geformt, dass mein Camcorder gerade noch hineinpasst, trotzdem aber Platz sparend transportiert werden kann. Die offenen Enden wurden mit einem Deckel wasserdicht verschlossen. Für die Höhle wird der Camcorder in eine maßgeschneiderte Plastiktasche verpackt, um Kondensatbildung im Kassettenschacht zu verhindern und ihn vor Verschmutzung zu bewahren. Auch ein Verkleben des Auswurfschachtes mit Klebeband kann Abhilfe schaffen.

Speichermedien

Verschiedene Camcorderhersteller bieten seit einigen Jahren DVD-Camcorder im Handel an. Dabei muss man aber bedenken, dass eine DVD nie so sicher wie ein Band sein kann. Bei einem Bandfehler ist in der Regel stets nur eine Stelle von wenigen Augenblicken (Dropouts) betroffen. Ein Datenfehler oder tiefer Kratzer auf einer DVD führt zwangsläufig zum Totalverlust aller Aufnahmen auf dieser.

Tipp zu den Kassetten: man spielet sie jährlich vor und zurück, um Ablagerungen und Verkleben des Bandmaterials zu verhindern - sonst gehen die Aufnahmen möglicherweise unwiederbringlich verloren.

Das Überspielen und Speichern Ihrer Projekte von Band auf DVD

Immer mehr rückt eine langfristige Projektsicherung ins Interesse. Da die DVD unter Umständen nicht verlässlich genug erscheint, kann zur längerfristigen Abspeicherung von Videofilmdaten auch die DVD-RAM verwendet werden. Die DVD-RAM hat eine größtmögliche Datensicherheit und Langlebigkeit. Das Medium erlaubt rund 100.000 (!) neue Beschreibungen und sie ist auf eine Datensicherheit von 30 Jahren ausgelegt. Sie wird wie eine Festplatte verwaltet und bei der Aufnahme werden die Daten kontinuierlich auf fehlerhafte Bits überprüft und korrigiert (allerdings wird sie nicht von alle DVD-Brennern unterstützt). DVD-RAMs werden entweder mit Cartridge oder Jewelcase (beides sind Kassetten) geliefert, und nur diese schützen Ihre DVD-RAM´s vor unnötigen Kratzer und Fingerabdrücken.

Weitere Tipps

Die folgenden Anmerkungen stammen von Gabriel Wimmer (OÖ) und geben praktische Typs aus seiner Sicht zum Thema Höhlenvideo wider:

- Für einen guten Film braucht man in erster Linie eine *Idee*, kombiniert mit guten Einstellungen und einem guten Schnitt.
- Interessante Einstellungen entstehen spontan (aus der Situation) und sind nicht gestellt.
- Zu lange Sequenzen langweilen den Zuseher.
- Weitwinkelobjektive sind in der Höhle ein *Muss*, um auch in kleineren und engeren Höhlenteilen attraktive Bilder einfangen zu können.
- Um ein Unterkühlen der Begleiter und handelnden Personen zu vermeiden, sollte man die einzelnen Szenen relativ schnell abfilmen (die Kunst liegt nicht nur in guten Aufnahmen, sondern auch in der Zeit, in der sie abgedreht werden).
- Beim drehen Verzichte auf jegliche Digitaleffekte. Diese können beim Schnitt über das jeweilige Schnittprogramm hinzugefügt werden.
- Oft reicht die normale Lampen zur Beleuchtung der Szene. Wichtig dabei ist aber, dass sie möglichst „randlos" und nicht zu grell ist. Weitwinkelobjektiv in größeren Höhlenräumen auf Nahdistanz einstellen und Camcorder auf eine Spotleuchte in Entfernung richten ergibt gute Effekte.
- Bei automatischer Einstellung und automatische Blende ist es wichtig, dass keine Lichtquelle in Richtung Camcorder leuchtet, da in diesem Fall die Blende schließt und nur mehr einen weißen Punkt zu sehen ist.
- Den Nachtsichtmodus auf vielen Camcordern kann man getrost ignorieren.
- Ein Stativ finde ich für „Actionaufnahmen" nicht notwendig – eine ruhige Hand genügt. Man kann auch den Ellbogen am Bauch oder an einer Wand (Felsen) abstützen. Auch für alle anderen Aufnahmen (wenn man sich Zeit lässt) geht es auch ohne, denn das Gewicht eines Stativs ist nicht zu unterschätzen.