



SOCIÉTÉ SUISSE DE SPÉLÉOLOGIE
SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR HÖHLENFORSCHUNG
SOCIETÀ SVIZZERA DI SPELEOLOGIA

sc|nat 

Swiss Academy of Sciences
Akademie der Naturwissenschaften
Accademia di scienze naturali
Académie des sciences naturelles

COMMISSION DE SPÉLÉOLOGIE SCIENTIFIQUE
KOMMISSION FÜR WISSENSCHAFTLICHE SPELÄOLOGIE
COMMISSIONE PER LA SPELEOLOGIA SCIENTIFICA

WEGLEITUNG ZUR BEURTEILUNG VON PROJEKTEN IN KARSTGEBIETEN

VERSION 1.0

23. Oktober 2010

IMPRESSUM

Herausgeber

Schweizerische Gesellschaft für Höhlenforschung
SSS/SGH

Postfach 1332

2301 La Chaux-de-Fonds

Tel. +41 (0)32 913 35 33

Fax +41 (0)32 913 35 55

PC 10-17182-9

Autoren

Silvia Schmassmann, Geologin

Oliver Hitz, Wasserbauingenieur, dr sc.

Wissenschaftliche Begleitgruppe

Miguel Borreguero, Hydrogeologe

Roman Hapka, Umweltspezialist

Philipp Häuselmann, Geologe, dr sc.

Pierre-Yves Jeannin, Hydrogeologe, dr sc.

Hans Stünzi, Chemiker, dr sc.

Jean-Pierre Tripet, Hydrogeologe, dr sc.

Mit wertvollen Beiträgen der Höhlenforscher und
regionalen Höhlenschutzverantwortlichen

Patrick Deriaz

Richard Graf

Erich Plattner

Mirjam Widmer

Download PDF

Die Wegleitung kann von der Homepage der
SSS/SGH www.speleo.ch heruntergeladen werden.

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache
erhältlich.

© SSS/SGH 2010

INHALT

Zusammenfassung	4
1. Ausgangslage	6
2. Ziel dieser Wegleitung	6
3. Gegenstand und Grundlage	6
4. Fachberatung	7
5. Inhalt und Aufbau der Beurteilung von Projekten im Karst	7
I. Standort und gegenwärtige Nutzung	8
II. Beschreibung des Vorhabens	9
III. Relevanzmatrix – Bestimmung der relevanten Umweltaspekte	9
IV. Definition des Betrachtungsperimeters	10
V. Beschreibung und Bewertung des heutigen Zustandes	12
VI. Definition der massgeblichen Parameter	13
VII. Definition der Schutzziele: Anforderungen und Ziele	13
VIII. Einwirkungen während den verschiedenen Phasen des Projekts	14
IX. Beurteilung der Einwirkungen: Erkennen von Konflikten	14
X. Projektoptimierung und Massnahmen	15
XI. Verbleibende Belastung und Bewertung	15
XII. Schlussfolgerung	16
Anhang A: Parameter für die Beschreibung des heutigen Zustandes, die Definition von Schutzzielen sowie zur Beurteilung der Einwirkungen	17
1) Luft und Klima	17
2) Erschütterungen	19
3) Gewässer: Grundwasser, Entwässerung, Abwasserbeseitigung	19
4) Boden	22
5) Katastrophenschutz	24
6) Flora, Fauna, Lebensräume	24
7) Landschaft und Ortsbild	26
8) Archäologische Stätten, Geotope und wissenschaftliche Bedeutung	27
9) Andere Umweltbereiche	28
Anhang B: Checkliste zur wissenschaftlichen Probenahme in Höhlen	29
Ausgangslage	29
1) Die Proben-Datenbank der wissenschaftlichen Kommission der SSS/SGH	30
2) Checkliste der relevantesten Fragen bei der wissenschaftlichen Probenahme	31
Anhang C: Literatur und Gesetzgebung	34
Anhang D: Nützliche Adressen	37

ZUSAMMENFASSUNG

Obwohl Karstgebiete einen beträchtlichen Teil der Schweiz ausmachen, wird deren Eigenheiten bei der Planung und Durchführung von Bauvorhaben häufig nur ungenügend Rechnung getragen. Mit dieser Wegleitung stellt die Schweizerische Gesellschaft für Höhlenforschung SSS/SGH den Behörden, Bauwilligen und weiteren Interessierten ein Instrument zur Verfügung, das die nötigen Grundlagen und Kriterien liefert, um die Besonderheiten des Karstes angemessen berücksichtigen, die Auswirkungen eines Bauvorhabens auf die Höhlen und den Karst beurteilen und das Bauvorhaben gezielt optimieren zu können. Da für die Anwendung dieser Wegleitung minimale Kenntnisse der Karst- und Höhlenkunde unerlässlich sind, sollte ein entsprechender Spezialist beigezogen werden.

Das vorgeschlagene Vorgehen folgt der (vereinfachten) Struktur einer Umweltverträglichkeitsprüfung, kann aber gut auch auf kleine Projekte angewendet werden. In Kenntnis des Projektes und des Standortes wird zuerst entschieden, welche Umweltbereiche (z.B. Grundwasser, Fauna, Landschaft, ...) vertieft betrachtet werden müssen. Danach wird der Betrachtungsperimeter für jeden identifizierten Umweltbereich definiert. Innerhalb des Betrachtungsperimeters wird der heutige Zustand wie auch dessen Empfindlichkeit auf Einwirkungen beschrieben und bewertet. Danach werden Parameter bestimmt, die sich einerseits zur Definition von Schutzziele eignen und andererseits die erwarteten Einwirkungen sinnvoll erfassen. Die Gegenüberstellung von Schutzziele und erwarteten Einwirkungen ermöglicht nun, potenzielle Konflikte zu erkennen. Nun können die Konflikte mit Projektanpassungen Schutz- oder gegebenenfalls auch Ersatzmassnahmen konkret angegangen und so das Projekt aus der Sicht des Karst- und Höhlenschutzes optimiert werden. Aufgrund der danach noch verbleibenden Einwirkungen kann die Umweltverträglichkeit im Bereich Karst- und Höhlenschutz beurteilt werden.

Im Anhang A werden die für den Karst- und Höhlenschutz relevanten Umweltbereiche aufgeführt, die es bei Projekten im Karst zu beachten gilt. Die karstspezifischen Eigenheiten jedes Umweltbereichs wird ausgeführt und Parameter aufgelistet, die zur Beschreibung des heutigen Zustands, der Schutzziele und der Einwirkungen herangezogen werden können. Weiter werden Beispiele für mögliche Schutzziele für diese Parameter aufgeführt.

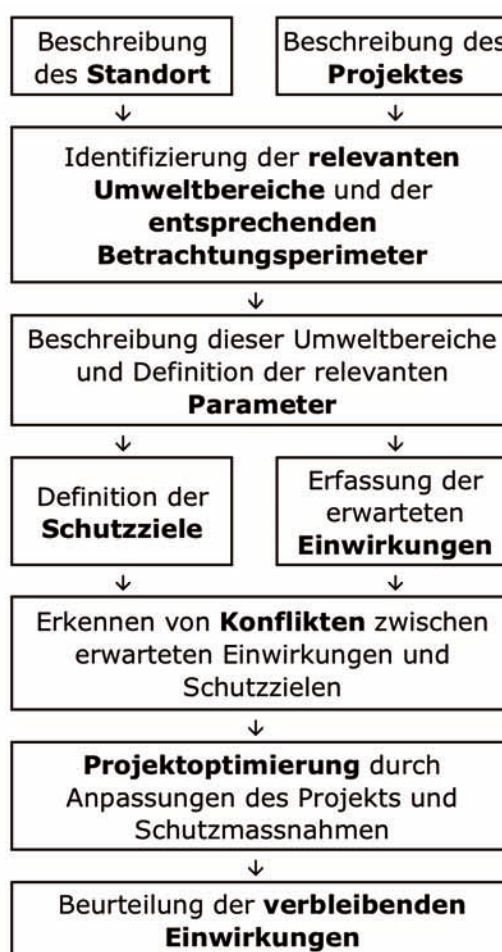


Diagramm 1: Ablauf einer Studie zur Beurteilung und Optimierung eines Projektes

Im Anhang B fasst eine Checkliste zur wissenschaftlichen Probenahme von Sedimenten in Höhlen die dabei zu beachtenden Aspekte zusammen, so dass sie einerseits alle relevanten Umweltbereiche abdeckt und andererseits Wissenschaftlern ein einfach zu verwendendes Hilfsmittel bietet. Mit der Checkliste können analog zu dieser Wegleitung die negativen Auswirkungen der Probenahme (insbesondere von Tropfsteinen) auf die Höhle minimiert und gleichzeitig deren wissenschaftlichen Nutzen maximiert werden. Um eine nachhaltige und möglichst ausschöpfende Nutzung von einmal gesammelten Proben sicher zu stellen, betreibt die wissenschaftliche Kommission der SSS/SGH eine Datenbank, die hier kurz vorgestellt wird.

1. AUSGANGSLAGE

Karstgebiete machen 20% der Oberfläche der Schweiz aus. Bauvorhaben im Karst hat es entsprechend schon seit jeher gegeben. Hingegen hat zum Beispiel die kostendeckende Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Energiequellen zu einer massiven Steigerung der Anzahl projektierte Kleinwasserkraftwerke und Windkraftwerke geführt. Gleichzeitig gewinnen die Fassung von Karstquellen und -grundwasser wie auch die Nutzung des Karstgrundwassers für Wärmepumpen an Bedeutung. Die verschiedenen Nutzungen des Untergrunds konkurrieren sich gegenseitig und derart, dass eine angemessene Beachtung der Eigenheiten des Karstes bei der Beurteilung von Bauvorhaben notwendig ist. Andernfalls muss mit bedeutenden Beeinträchtigungen – der Umwelt wie auch der bestehenden Infrastruktur – gerechnet werden. Diese Wegleitung zeigt auf, welche Aspekte bei Projekten im Karst speziell zu beachten sind, und liefert fundierte Kriterien zur Beurteilung von Projekten, die Höhlen oder Karstgebiete beeinträchtigen können.

2. ZIEL DIESER WEGLEITUNG

Mit dieser Wegleitung möchte die Schweizerische Gesellschaft für Höhlenforschung SSS/SGH den zuständigen Bewilligungsbehörden, den Bauwilligen und weiteren Interessierten ein Instrument zur Verfügung stellen, das die nötigen Grundlagen und Kriterien liefert, um die Einwirkungen eines Bauvorhabens auf die Höhlen und den Karst beurteilen und das Bauvorhaben gezielt optimieren zu können. Zudem wird dieser Wegleitung von der SSS/SGH im Rahmen der Ausübung des Verbandsbeschwerderechtes angewandt.

Die SSS/SGH erhofft sich von dieser Wegleitung, dass die Eigenheiten des Karstes bei der Realisierung von Projekten vermehrt angemessen berücksichtigt werden. Sie soll das karstspezifische Wissen besser zugänglich machen und so für mehr Verständnis und Rücksichtnahme – gerade auch auf den unsichtbaren Teil unserer Landschaft – werben.

3. GEGENSTAND UND GRUNDLAGE

Die Wegleitung richtet sich nach der Struktur einer (vereinfachten) Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP). Sie eignet sich zur Beurteilung von kleinen wie auch von grossen Vorhaben im Karst. In wenigen Stunden Arbeit sollte eine Person mit ausreichenden Kenntnissen der Lokalität und der Karstprozesse in der Lage sein, die Auswirkungen eines kleineren Vorhabens auf die Höhlen

Karst & Höhlen ...

Karst

Karst nennt man alle unterirdischen und oberirdischen Geländeformen, die durch Lösung von Gesteinen – meist Kalk – entstanden sind.

Grundwasser im Karst

Hauptmerkmal eines Karstgebietes ist das weitgehende Fehlen eines oberirdischen Abflusses. Das Wasser versickert meist direkt (Ponore, Dolinen, Karrenfelder, Klüfte). Im Gegensatz zu Grundwasser im Lockergestein wie Schotter können die Karströhren sehr gross und damit die Durchflusszeit sehr kurz sein. Die Selbstreinigungskraft des Grundwassers ist daher beschränkt. Das Karstgrundwasser ist entsprechend empfindlich.

Höhlen und Höhlensysteme

Eine Höhle ist ein natürlicher, von einem Menschen begehbarer Hohlraum. In der Schweiz sind über 9000 Höhlen bekannt und dokumentiert. Kleine Höhlen sind wenige Meter lang, während das Hölloch als längstes Höhlensystem der Schweiz (und das zweitlängste Europas) fast 200 km Gänge aufweist.

und den Karst zu beurteilen und das Projekt zu optimieren. Bei grösseren Projekten kann eine fachkundige Person im selben Zeitrahmen beurteilen, ob mit ernsthaften Konflikten zwischen den Schutzziele der potenziell beeinträchtigten Objekte und den erwarteten Auswirkungen zu rechnen ist und gegebenenfalls die Ziele weiterführender Abklärungen definieren. Im Rahmen dieser Untersuchungen können dann die notwendigen Schutzmassnahmen bestimmt und die verbleibenden Auswirkungen detailliert beschrieben werden. Bei Grossprojekten können die in dieser Wegleitung vorgesehenen Abklärungen mühelos in die UVP integriert werden, da es weitgehend dem klassischen Ablauf einer UVP folgt.

Das vorgeschlagene Vorgehen sowie auch einige Elemente der Wegleitung stützen sich daher auch im Wesentlichen auf die relevanten BAFU-Publikationen (v.a. „UVP-Handbuch“ und „Natur- und Landschaftsschutz sowie Heimatschutz bei der Erstellung von UVP-Berichten“). Die vorliegende Wegleitung fokussiert auf die meist unsichtbaren und trotzdem einzigartigen Elemente einer Karstlandschaft, damit sie den ihnen gebührenden Schutz erhalten. Entsprechend konzentriert sich die Wegleitung in den einzelnen Umweltbereichen auf die karst- und höhlenspezifischen Teilgebiete, die anderen Aspekte sind im Rahmen der üblichen Abklärungen oder der UVP zu behandeln.

4. FACHBERATUNG

Bei der Auswahl der Spezialisten, welche die Beurteilung vornehmen, sollte grosse Sorgfalt walten. Dies einerseits, weil verschiedene, zum Teil detailliert vorhandene Daten (Höhlenpläne, Koordinaten, Beschreibungen in den Archiven der lokalen Höhlenvereine) nicht öffentlich zugänglich sind, andererseits weil karstspezifische Kenntnisse für eine fundierte Einschätzung der Objekte unabdingbar sind (z.B. die Beurteilung der Schutzwürdigkeit und Empfindlichkeit einer Höhle oder die Abschätzung möglicher Beeinträchtigungen des Grundwassers oder des Tropfsteinschmucks einer Höhle). Diese Kenntnisse sind nicht in jedem Umwelt- oder Geologiebüro vorhanden. Die SSS/SGH vermittelt bei Bedarf gerne eine Auswahl ausgewiesener Karstspezialisten.

Zusätzlich ist es häufig geboten, die lokal aktiven Höhlenforscher von Anfang an zu integrieren. Sie verfügen meist auch über wertvolle Ortskenntnisse, welche die Arbeit massiv erleichtern können.

Kleine Projektänderungen (z.B. Verschiebung des Vorhabens um wenige Meter) können eine sehr grosse Wirkung entfalten, die zudem auch bautechnisch häufig wünschenswert ist (stabiler Baugrund anstatt einsturzgefährdete Höhle....). Daher sollten die Karstspezialisten möglichst frühzeitig einbezogen werden (bei Projekten mit UVP spätestens bei der Definition des Pflichtenhefts und der Systemgrenzen).

5. INHALT UND AUFBAU DER BEURTEILUNG VON PROJEKTEN IM KARST

Die folgenden Unterkapitel beschreiben den Ablauf einer Beurteilung und Optimierung eines Projektes auf seine Umweltverträglichkeit Schritt für Schritt.

Als Ausgangspunkt dient eine zweckmässige Beschreibung des Standortes (Unterkapitel I) und der Projektbestandteile und -phasen (Unterkapitel II). Aufgrund dieser Informationen können meist die für die Beurteilung dieses Projektes relevanten Umweltbereiche, Projekt-

phasen und -bestandteile anhand einer Relevanzmatrix identifiziert werden (Unterkapitel III, Tabelle 1). Damit reduziert sich der Umfang der Studie auf das wirklich Nötige. Weiter bedarf es einer angemessenen Beschreibung der somit identifizierten Umweltbereiche (Unterkapitel V) innerhalb eines zweckmässigen Betrachtungsperimeters (Unterkapitel IV). Anschließend werden die Einwirkungen des Projektes auf die einzelnen Umweltbereiche dargestellt (Unterkapitel VIII). Dies erfolgt anhand von im Rahmen der Beurteilung zu definierenden Parametern (Unterkapitel VI). Aufgrund dieser Parameter werden auch Schutzziele definiert (Unterkapitel VII). Durch die Gegenüberstellung der Schutzziele mit den erwarteten Einwirkungen werden dann die Konflikte identifiziert (Unterkapitel IX). Mit gezielten Anpassungen des Projektes und / oder Massnahmen kann nun das Projekt optimieren und damit die verbleibende Belastung für Natur und Umwelt reduziert werden (Unterkapitel X). Anhand der definierten Parameter kann anschliessend die verbleibende Belastung beschrieben und beurteilt werden (Unterkapitel XI).

Die Unterkapitel I, II, sowie XII betrachten das Gesamtprojekt, während der Fokus der Unterkapitel III bis XI jeweils auf einem einzelnen Umweltbereich liegt, d.h. die entsprechenden Schritte müssen für jeden Umweltbereich einzeln betrachtet und ausgeführt werden. Der Ablauf ist im Diagramm 2 ersichtlich. Als weiterer Leitfaden durch die gesamte Beurteilung dient die Tabelle 2 (Seite 11).

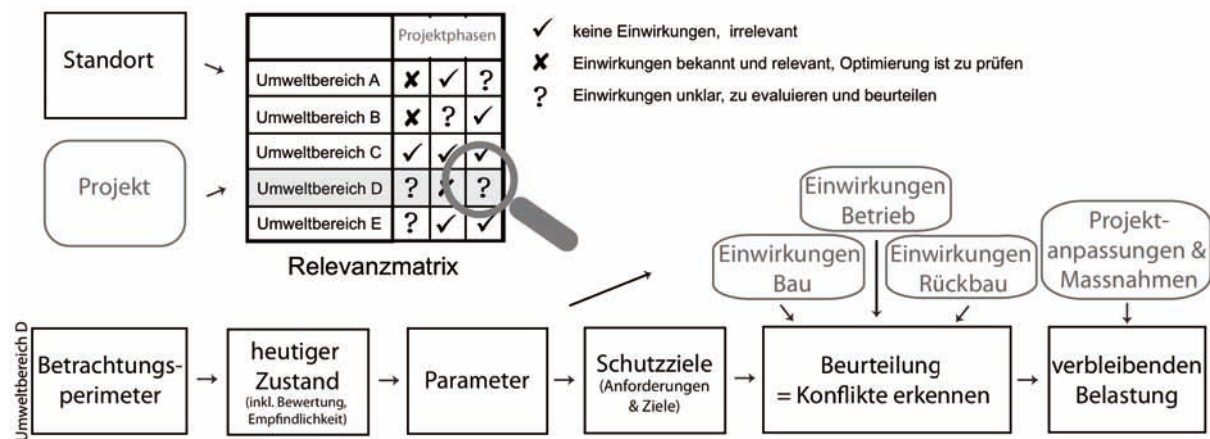


Diagramm 2: Die verschiedenen Schritte einer Studie zur Beurteilung und Optimierung von Projekten im Karst.

I. STANDORT UND GEGENWÄRTIGE NUTZUNG

Als Ausgangslage für die Beurteilung werden der Standort und seine Umgebung, sowie dessen gegenwärtige Nutzung beschrieben. Diese Beschreibung sollte möglichst umfassend dargestellt werden und beinhaltet Angaben sowohl über bestehende Bauten und Anlagen, Erschliessungen usw., als auch über bestehende Schutzgebiete, und Geotope. Angaben zu den betroffenen Nutzungszonen ermöglichen das Einordnen in die bestehende Raumplanung. Bestehende Grundlagen wie Geologie und Hydrologie des Gebiets sind hier ebenfalls zu beschreiben.

II. *BESCHREIBUNG DES VORHABENS*

Die Beschreibung des Vorhabens muss alle umweltrelevanten Aspekte abdecken und sollte möglichst umfassend sein (Zweck, Funktionsweise, Standort, beanspruchte Fläche, Erschliessung, geplante Bauten und Aktivitäten, Zufahrt, Material- und Energieflüsse, Unterhalt, durch das Vorhaben ausgelöste weitere Aktivitäten, (schon) vorgesehene Umweltmassnahmen, Beschreibung der Bauphase, Baustelleneinrichtung, etc.). Dabei ist mitunter die Beschreibung aller Elemente wichtig, die Auswirkungen auf den Untergrund haben können. Ein spezielles Augenmerk sollte daher auch auf den Energie- und Massenfluss (Produkte, Lager, Wasser- und Abwassermanagement, Terrainveränderungen und damit verbundene Erosion, etc.) gelegt werden.

Die drei Phasen einer Anlage – Bau, Betrieb und gegebenenfalls Abbruch/Rückbau – sollten getrennt auf ihre Auswirkungen auf die Umwelt betrachtet werden. Dabei muss beachtet werden, dass wegen der direkten, unterirdischen Wasserwege auch kleinere „Unfälle“ grosse Auswirkungen haben können (z.B. Ölverlust eines Fahrzeugs, Sedimenteintrag durch Terrainveränderungen). Entsprechend wichtig ist auch eine sorgfältige Vorsorgeplanung wie die Überwachung in der Bauphase (ökologisches Pflichtenheft für Bauherren, gegebenenfalls Umweltbaubegleitung, etc.).

Für eine angemessene Interessenabwägung ist auch eine summarische Beschreibung des Nutzens des Vorhabens erstrebenswert. Der Bauherr kann so seine Sicht der Dinge klar darlegen und überlässt das Feld nicht nur dem freien Ermessen der Behörden und der potenziell einsprechenden Organisationen.

III. *RELEVANZMATRIX – BESTIMMUNG DER RELEVANTEN UMWELTASPEKTE*

Als nächster Schritt können die betroffenen Umweltbereiche (z.B. Gewässer, Landschaft) anhand einer Relevanztabelle grob beurteilt und triagiert werden. Die Umweltbereiche als Zeilen und die verschiedenen Projektphasen als Spalten ergeben eine Matrix, die eine summarische Beurteilung ermöglicht. Die Umweltbereiche sind im Anhang A detailliert beschrieben. Die Relevanzmatrix ermöglicht die Unterscheidung zwischen folgenden Problemtypen (siehe Tabelle 1):

- irrelevante Probleme (Einwirkungen vernachlässigbar);
- relevante, schon ausreichend bekannte Probleme; sie können bereits mit den vorhandenen Informationen bewertet werden, eine Optimierung sollte aber trotzdem erfolgen;
- im Detail zu untersuchende Probleme (Auswirkungen möglich oder zu erwarten, Datelage ungenügend).

Aufgrund dieser Information können die zu untersuchenden Umweltbereiche und Projektphasen auf das für das Projekt Relevante reduziert werden. Alle anderen werden in den folgenden Schritten (IV-IX) nicht mehr berücksichtigt. Im Falle UVP-pflichtiger Projekte kann aufgrund dieser Informationen das Pflichtenheft für die Hauptuntersuchung erstellt werden.

Tabelle 1: Beispiel einer Relevanzmatrix zur Bestimmung der relevanten Umweltaspekte:
Umweltbereiche versus Projektphasen

UMWELTBEREICHE	PROJEKTPHASEN		
	Bauphase	Betriebsphase	Rückbau
1 Luft & Klima	X	?	?
2 Erschütterungen	X	✓	?
3 Gewässer	X	X	?
4 Boden	?	✓	✓
5 Katastrophenschutz	X	?	X
6 Flora, Fauna, Lebensräume	?	?	✓
7 Landschaft und Ortsbild	?	?	?
8 Archäologische Stätten, Geotope und wissenschaftliche Bedeutung	X	?	✓
9 Andere Umweltbereiche: Luftreinhalte (Oberfläche), Lärm, nicht ionisierende Strahlen, Oberflächengewässer, Bodenfruchtbarkeit, Altlasten, Abfälle und umweltgefährdende Stoffe, umweltgefährdende Organismen, Wald, Oberflächenflora, -fauna, -lebensräume, Ortsbilder, Kulturdenkmäler,...	✓	✓	✓

Legende

- ✓ irrelevante Probleme (Einwirkungen vernachlässigbar).
- X relevante, schon ausreichend bekannte Probleme; sie können bereits mit den vorhandenen Informationen bewertet werden, eine Optimierung sollte aber trotzdem erfolgen.
- ? im Detail zu untersuchende Probleme (Auswirkungen möglich oder zu erwarten, Datenlage ungenügend).


IV. DEFINITION DES BETRACHTUNGSPERIMETERS

Nach der Identifikation der relevanten Umweltaspekte wechselt der Fokus weg vom Gesamtvorhaben hin zu den einzelnen Umweltbereichen. Die UVP-Umweltbereiche, wie sie im UVP-Handbuch des BAFUs definiert sind, bieten dazu ein geeignetes Raster (siehe auch Tabellen 1 & 2, Seiten 10 & 11).

In Kenntnis des Standortes und des Vorhabens sind die Systemgrenzen (das Betrachtungsperimeter) zu setzen. Diese können von Umweltbereich zu Umweltbereich variieren und müssen entsprechend einzeln betrachtet werden (z.B. für Erschütterungen nur der Tropfstein-geschmückte Gang, für den Grundwasserschutz das ganze hydrogeologische System). Die nachfolgenden Schritte beziehen sich nur noch auf das definierte Betrachtungsperimeter, daher kommt diesem Schritt eine grosse Bedeutung zu.

Tabelle 2: Zusammenfassende Tabelle, welche die Schritte III – XII der Beurteilung eines Projektes aufzeigt, aufgliedert nach den verschiedenen Umweltbereichen.

In grau ist als Beispiel die Beurteilung des Umweltbereichs Erschütterungen im Falle der Autobahn A16 oberhalb der «Grotte de Milandre», JU aufgezeigt (ein Geotop nationaler Bedeutung mit reich geschmückten Tropfsteingängen). Die anderen Umweltbereiche sind analog zu betrachten.

BEARBEITUNGSSCHRITTE UMWELTBEREICHE	Betrachtungsbereich	heutiger Zustand inkl. Vorbelastung und Empfindlichkeit auf Einwirkungen	Parameter	Schutzziele: Anforderungen (A) & Ziele (Z)	Einwirkungen während der Bauphase	Einwirkungen während der Betriebsphase	Einwirkungen während und nach dem Rückbau	Konflikte Schutzziele-Einwirkungen	Massnahmen, Projektanpassungen	Verbleibende Belastung	Schlussfolgerungen
1 Luft & Klima											
2 Erschütterungen	<p>* Umkreis von 400 m um die Höhle, max. 500 m von der Autobahn</p> 	<p>* keine natürlichen Erschütterungen</p> <p>* der mit reichlich Tropfsteinen dekorierte Gang unterhalb der Autobahn ist empfindlich auf Erschütterungen</p> <p>* nur wenige zerbrochene Tropfsteine</p>	<p>Erschütterungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geschwindigkeit * Beschleunigung * Frequenz Anzahl zerbrochene Tropfsteine 	<p>(A) Die zulässigen Geschwindigkeiten, Beschleunigungen & Frequenz der Erschütterungen werden anhand von Testsprengungen definiert (Risiko eines signifikanten Schadens = max. 1%)</p> <p>(A) keine signifikante Erhöhung abgetrochener Tropfsteine</p> <p>(A) Monitoring der Tropfsteine</p> <p>(A) Betrieb einer Alarmanlage (Erschütterungsmessungen)</p> <p>(Z) keine abgetrochener Tropfsteine</p>	<p>Je nach Vortriebsmethode und Grösse der Sprengladungen können Tropfsteine abbrechen</p>	<p>Die Erschütterungen durch die Benutzung der Autobahn sind in der Höhle mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht mehr spürbar</p>	nicht geplant	<p>Die Tropfsteine eines Geotops von nationaler Bedeutung sind in der Nähe der geplanten Autobahn durch Erschütterungen ernsthaft gefährdet</p>	<p>* Beschreibung der Tropfsteine und Abschätzung ihrer Empfindlichkeit auf Erschütterungen</p> <p>* Bestimmen der Abschwächung der Erschütterungen durch den Felten mit Testsprengungen auf der Baustelle</p> <p>* Vortriebsmethode und maximale Sprengladung sowie auch die zulässigen Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Frequenzen der Erschütterungen sind entsprechend der Resultate der Testsprengungen zu definieren</p> <p>* Alarmanlage (Erschütterungsmessungen auf Baustelle und in der Höhle) und sorgfältiges Monitoring, um bei auffälligen Schäden die Vortriebsmethode anzupassen</p>	<p>* kleine Schäden durch die häufigere Begehung der Höhle für das Monitoring</p> <p>* kleinere Schäden wegen Erschütterungen nicht ausgeschlossen</p>	<p>●</p> <p>○</p>
3 Gewässer											●
4 Boden											○
5 Katastrophenschutz											○
6 Flora, Fauna, Lebensräume											○
7 Landschaft und Ortsbild											○
8 Archäologische Stätten, Geotope und wissenschaftliche Bedeutung											○
9 Andere Umweltbereiche: Lärm, nicht ionisierende Strahlen, Oberflächengewässer, Bodenfruchtbarkeit, Altlasten, Abfälle und umweltgefährdende Stoffe, umweltgefährdende Organismen, Wald, Oberflächenflora, -fauna, -lebensräume, Ortsbilder, Kulturdenkmäler, ...											○

● unproblematisch ○ kleiner bis mittlere Beeinträchtigung oder mit Massnahmen hinreichend zu begrenzende Beeinträchtigung ● kritisch (Anforderung(en) nicht erfüllt oder ungenügende vorsorgliche Begrenzung der Einwirkungen)

Im Karst ist die Verbindung zum Untergrund im Allgemeinen sehr direkt. Daher stellt die Erdoberfläche in vielen Umweltbereichen keine sinnvolle Systemgrenze dar. Zusätzlich wechseln die Bedingungen im Karst innert kurzer Distanz, aber auch innert kurzer Zeit. Zum Beispiel befinden sich grosse, zusammenhängende Höhlengänge in Gesteinsschichten mit kleiner Porosität. Bei Niedrigwasser ist der Grundwasserspiegel auf der Höhe des Vorfluters, während das Wasser bei Hochwasser mehr als 100 m steigen und sonst trockene Gänge fluten kann. Es ist deshalb sehr wichtig, dass die Systemgrenzen nicht zu eng gefasst werden und verschiedene Skalen betrachtet werden. Weiter halten sich Grundwasserflüsse in Karstgebieten nicht an topographische Limiten. Der Niederschlag der einen Bergflanke tritt häufig auf der anderen Bergflanke wieder an die Oberfläche, vereinzelt sogar ein Tal weiter. Entsprechend grosszügig muss das Betrachtungsperimeter gewählt werden, wenn mit einer Beeinträchtigung der Grundwasserflüsse zu rechnen ist. Zusätzlich können die „Wasserscheiden“ im Karst dynamisch sein, also abhängig von den Witterungsverhältnissen. In solchen Fällen ist es nötig, die Verhältnisse über längere Zeit und bei verschiedenen „Ausnahmeständen“ (Hochwasser, Niedrigwasser,...) zu beobachten. Bei gewissen Fällen ist die Erstellung von Höhleninventaren, Quell- und/oder Fassungskataster unentbehrlich.

V. *BESCHREIBUNG UND BEWERTUNG DES HEUTIGEN ZUSTANDES*

Um die vom Vorhaben resultierende Umweltbelastung einschätzen zu können, muss zuerst die betroffene Umwelt und deren Zustand ausreichend bekannt sein. Dazu gehört neben einer Beschreibung des heutigen Zustandes inklusive allfälliger Vorbelastungen auch eine Bewertung desselben.

Verglichen mit Ökosystemen an der Erdoberfläche sind Höhlen meist sehr nährstoffarme Biotope mit konstanten Bedingungen (v.a. Temperatur und Luftfeuchtigkeit). Die Verhältnisse werden entscheidend vom Wasserhaushalt (Menge, Temperatur, Nährstofffracht, Sedimente) und vom Höhlenklima (Luftzirkulation, kleinste Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsunterschiede) geprägt. Kleine Veränderungen des Wasserhaushalts (inkl. Sedimente und Nährstoffe) und des Höhlenklimas können beträchtliche Auswirkungen auf die Höhlen und den Karst haben. Da solche Variationen innerhalb eines kurzen Zeitraums auftreten können, (Hochwasser, Inversionslagen etc.) ist meist eine dynamische Betrachtung des Systems angezeigt. Daher ist es bei einigen Projekten für die Abschätzung einer Beeinträchtigung unumgänglich, den Wasserhaushalt und das Höhlenklima, wie auch die damit verbundenen Massen- und Energieflüsse zu kennen. Gegebenenfalls sind die Massen- und Energieflüsse differenziert nach verschiedenen Umweltzuständen (v.a. Wasserstand) zu betrachten. In gewissen Fällen kann auch ein Inventar der Höhlen, Quellen und Trinkwasserfassungen unentbehrlich sein.

Die ***Bewertung des heutigen Zustandes*** kann im Bereich Höhlen- und Karstschutz nur in einzelnen Bereichen nach quantitativen Parametern erfolgen (z.B. Abflussmengen, Nährstoffgehalt, Temperatur etc.). Für wenige Parameter gibt es dazu gesetzliche Vorgaben (zum Beispiel Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser in der Gewässerschutzverordnung - GSchV). In anderen Bereichen kann eine Bewertung nach qualitativen und weitgehend objektiven (meist wissenschaftlichen) Kriterien erfolgen (z.B. Biodiversität, Einzigartigkeit paläontologischer Funde,...). Das Geotopkonzept der SSS/SGH gibt hier wertvolle Anhaltspunkte

zu einer möglichst objektiven Bewertung. Weiter sind der Schutzstatus eines Objektes (Geotope, Biotope, Naturdenkmäler, archäologische Stätten, BLN-Gebiete, Pärke nationaler Bedeutung, geschützte Arten und Flurgesellschaften, andere Inventare) oder schon bestehende Schutzmassnahmen (Höhlenverschluss, Besucherlenkungs-konzept, usw.) angemessen zu berücksichtigen.

In vielen Bereichen des Natur- und Heimatschutzes kann die Einzigartigkeit als zentrales Beurteilungskriterium herangezogen werden. Gibt es vergleichbare Formen in der näheren Umgebung, in der Region, in der Schweiz, weltweit? Ist diese Tier endemisch, selten oder kommt es in den meisten Höhlen vor? In diesem Sinne ermöglicht das Kriterium der Einzigartigkeit eine **Einteilung** der betroffenen Höhlen, Höhlengänge und Karstsysteme **in Objekte internationaler, nationaler, regionaler und lokaler Bedeutung oder mit keiner speziellen Bedeutung**. Dabei ist zu beachten, dass das Objekt (Höhle, System, Karstgebiet), respektive der betroffene Teil des Objektes, immer nach der höchsten Bewertung eines Teilbereichs bewertet wird und keinesfalls ein Mittelwert zwischen den verschiedenen Umweltbereichen gebildet werden darf. Die nationale Bedeutung eines einzelnen Elements (z.B. Tropfsteinschmuck, Artenvorkommen, archäologische Bedeutung, etc.) begründet für sich allein schon die nationale Bedeutung des Objektes oder eines Teils des Objektes. Der wissenschaftliche Wert einer archäologischen Fundstätte wird beispielsweise durch die Einzigartigkeit des Tropfsteinschmucks weder geschmälert noch erhöht.

Zur Beschreibung und Bewertung des heutigen Zustandes gehört auch eine Einschätzung der **Empfindlichkeit** des Objekts **auf Einwirkungen**. Diese Einschätzung ist ein weiteres, zentrales Element, um die Schutzziele festlegen zu können.

VI. DEFINITION DER MASSGEBLICHEN PARAMETER

Um anschliessend Anforderungen und Ziele definieren und diese mit dem heutigen und zukünftigen Zustand vergleichen zu können, müssen zuerst messbare Parameter definiert werden, welche die potenziellen Beeinträchtigungen durch das Projekt einzeln und gesamtheitlich und so quantitativ wie möglich erfassen (z.B. Wassermenge, Wasserqualität, Temperatur, Anzahl Individuen einer Fledermausart, die Junge aufziehen). Eine Liste empfohlener Parameter für die Beschreibung des heutigen Zustandes und die Definition der Anforderungen und Ziele pro Umweltbereich enthält Anhang A. Je nach Projekt können verschiedene Parameter zur Beurteilung herangezogen werden. Welche Parameter sich dazu eignen, ist im Rahmen der Beurteilung festzulegen. Dabei gilt es einerseits das Schutzobjekt (was genau sollte geschützt werden?) und andererseits mögliche Einflussfaktoren (wie beeinflusst dieser Faktor die schutzwürdigen Elemente des Objektes?) im Auge zu behalten.

VII. DEFINITION DER SCHUTZZIELE: ANFORDERUNGEN UND ZIELE

Nun werden für die identifizierten Parameter Schutzziele definiert. Dabei ist die Empfindlichkeit des Objektes auf Einwirkungen und die Bewertung des Objektes zu berücksichtigen.

Anforderungen sind als maximal tolerierbare Veränderung zu verstehen und sind so zu wählen, dass das System als Ganzes nicht aus dem Gleichgewicht gebracht wird und keine bedeutenden, bleibenden Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Die Anforderungen werden

basierend auf der Bewertung des heutigen Zustandes definiert. Wo möglich sind dabei quantitative (z.B. Grenzwerte im Grundwasser) und qualitative (z.B. Erhaltung der Naturdenkmäler) gesetzliche Vorgaben des Bundes und der Kantone beizuziehen und gegebenenfalls ein bestehender oder geplanter Schutzstatus zu berücksichtigen (Geotop, etc.). Je grösser die Bedeutung eines Objektes ist, desto restriktiver sind die Anforderungen zu wählen. Die Anforderungen müssen somit immer an den spezifischen Fall angepasst werden. Weiter ist die Empfindlichkeit eines Objektes auf Einwirkungen entscheidend. So ist die tolerierbare Beeinträchtigung der Höhlenklimas einer Eishöhle sicher kleiner als jene einer „normalen Höhle“, oder die Erschütterungen in instabilen Höhlen (z.B. Gipshöhlen) oder Höhlen mit viel Tropfsteinschmuck sind kritischer zu beurteilen als in stabilen Höhlen ohne nennenswerte Sedimente. Werden die Anforderungen auch nach einer Optimierung des Projektes nicht eingehalten, ist dies im Rahmen einer abschliessenden Beurteilung klar als Argument gegen das Projekt zu werten.

Unter **Ziel** ist der anzustrebende Zustand zu verstehen. Im Rahmen der Projektoptimierung ist ein Zustand möglichst nahe beim definierten Ziel herzustellen. Die Ziele dienen damit als Richtungsweiser und Vergleichswert (z.B. als Gradmesser der Effektivität einer Massnahme) bei der Projektoptimierung, die auch in verschiedenen Umweltbereichen gesetzlich vorgeschrieben ist (USG, Gewässerschutzgesetz GSchG,..). Entsprechend ist die Umweltbelastung unabhängig von der Bewertung des Objektes, wenn immer dies sinnvoll möglich ist, weiter zu reduzieren, auch wenn die Anforderungen erfüllt sind.

Im Anhang A sind eine Reihe von Anforderungen und Zielen in den einzelnen Umweltbereichen aufgeführt.

VIII. EINWIRKUNGEN WÄHREND DEN VERSCHIEDENEN PHASEN DES PROJEKTS

Die möglichen Einwirkungen des Projektes auf die einzelnen Umweltbereiche sind als Veränderung des hinreichend bekannten Ausgangszustandes zu beschreiben. Da die Einwirkungen der verschiedenen Phasen des Projektes – Bauphase, Betriebsphase und gegebenenfalls Rückbau – beachtlich variieren können, sind sie einzeln zu beschreiben. Die Beurteilung der Einwirkungen eines Vorhabens auf die Umwelt sollte möglichst vollständig sein (d.h. Berücksichtigung aller relevanten Parameter, die beeinflusst werden oder beeinflusst werden könnten, definiert im Unterkapitel VI). Dabei sind die verschiedenen Betriebszustände (Normalbetrieb, Spitzenbetrieb, Spezialbetrieb, Unterhalt, Störfall,...) und Nebenaktivitäten und -anlagen (Deponien, Lager, Erschliessung, Transport etc.) angemessen zu berücksichtigen.

IX. BEURTEILUNG DER EINWIRKUNGEN: ERKENNEN VON KONFLIKTEN

Für die Beurteilung der Auswirkungen eines Projektes auf die Umwelt sind in erster Linie die erwarteten Einwirkungen auf die einzelnen Umweltbereiche mit den vorher definierten Anforderungen und Zielen zu vergleichen. Dadurch sollten die Konfliktpunkte klar ersichtlich und dann angemessen beschrieben werden. Grundsätzlich bedarf jede nicht eingehaltene Anforderung und jedes nicht erreichte Ziel weiterer Abklärungen (Optimierungsversuche). Jede nicht erfüllte Anforderung ist als kritisch einzustufen.

X. PROJEKTOPTIMIERUNG UND MASSNAHMEN

Nun gilt es das Projekt so zu optimieren, dass die identifizierten Konflikte entschärft werden. In vielen Fällen kann durch geringfügige Veränderungen am Projekt das Konfliktpotenzial stark reduziert werden (es kann z.B. eine luftdichte Tür eingebaut werden, um eine unerwünschte Beeinträchtigung des Höhlenklimas zu unterbinden, oder ein geplanter Stollen kann um weniger Meter verlegt werden, so dass er eine bestimmte Höhle nicht tangiert – was nebenbei auch bautechnische und finanzielle Vorteile mit sich bringt). In anderen Fällen sind kompliziertere Massnahmen nötig (Restwasserregime, strikte Bauauflagen, ...). Gewisse Konflikte können hingegen nur durch einen Verzicht gelöst werden. Ob dies angemessen ist, muss in der abschliessenden Interessenabwägung beantwortet werden. Die Schlussfolgerung dieser Beurteilung wie auch die Argumente für das Projekt liefern dazu wichtige Anhaltspunkte.

Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung sind Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden *könnten*, grundsätzlich frühzeitig zu begrenzen (vgl. USG, GSchG). Entsprechend muss bei allen Projekten – unabhängig von deren Bedeutung und von der Schutzwürdigkeit des Objektes – die Belastung soweit wie möglich reduziert werden. Dabei kommt bei Massnahmen zur *vorsorglichen Begrenzung der Einwirkungen* (d.h. Massnahmen, die der Reduktion der Einwirkungen über die bestehenden Gesetzesnormen oder definierten Anforderungen hinaus dienen) das Verhältnismässigkeitsprinzip zur Anwendung. Sind die Anforderungen erfüllt, so müssen die Massnahmen zur weiteren Reduktion der Umweltbelastung also *geeignet, erforderlich* und *angemessen* sein (technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar).

Grundsätzlich sind Massnahmen, die eine Beeinträchtigung vermeiden den Massnahmen, die Beeinträchtigungen bloss vermindern, vorzuziehen. Ersatzmassnahmen kommen nur bedingt in Frage, da die Wiederherstellbarkeit vieler Schutzobjekte nicht gegeben ist (ein Tropfstein braucht z.B. Zehntausende Jahre zum Wachsen).

In Anbetracht der äusserst schwierigen Interventionsverhältnisse im Falle eines Zwischenfalls haben vorsorgliche Massnahmen höchste Priorität. Dazu gehört neben detaillierten Überlegungen zur Bauorganisation (ökologisches Pflichtenheft für Bauunternehmen etc.), eine angemessene Überwachung der Auswirkungen (v.a. im Grundwasserbereich) und evtl. weitere Massnahmen.

XI. VERBLEIBENDE BELASTUNG UND BEWERTUNG

Zur Bestimmung der verbleibenden Belastung ist analog zu Unterkapitel IX vorzugehen. Sofern der Bauwillige die definierten Massnahmen ins Projekt integriert, dürfen sie nun angerechnet werden. Die verbleibenden Konfliktpunkte zwischen der erwarteten, verbleibenden Belastung und den definierten Schutzzielen sind klar darzustellen. Wird eine Anforderung nicht erfüllt, ist dies grundsätzlich als kritisch einzustufen. Gegebenenfalls – vor allem bei grossen Auswirkungen oder bedeutenden, sehr sensiblen Objekten – ist die Zuverlässigkeit der Aussagen abzuschätzen (Sensitivitätsanalyse).

Die **Bewertung** erfolgt, indem die verbleibende Belastung im jeweiligen Umweltbereich einer der drei nachfolgenden Kategorien zugeordnet wird:

- unproblematisch
- kleinere bis mittlere Beeinträchtigung oder mit Massnahmen hinreichend zu begrenzende Beeinträchtigung
- kritisch (Anforderungen nicht erfüllt oder ungenügende vorsorgliche Begrenzung der Einwirkungen)

XII. SCHLUSSFOLGERUNG

Basierend auf den identifizierten Konflikten zwischen den Anforderungen und Zielen und den erwarteten Auswirkungen des Vorhabens unter Berücksichtigung der Massnahmen (Projekt-optimierung) kann nun die verbleibende Belastung summarisch über das ganze Vorhaben beurteilt werden. Erfüllen die erwarteten Einwirkungen die definierten Anforderungen nicht, ist dies klar darzulegen. Grundsätzlich müssen die Anforderungen in jedem Teilbereich einzeln erfüllt werden. Ist dies nicht der Fall und sind nicht überwiegende Gründe für das Projekt vorhanden, muss gegebenenfalls ein Verzicht auf das Projekt in Betracht gezogen werden.

ANHANG A: PARAMETER FÜR DIE BESCHREIBUNG DES HEUTIGEN ZUSTANDES, DIE DEFINITION VON SCHUTZZIELEN SOWIE ZUR BEURTEILUNG DER EINWIRKUNGEN

Die nachfolgende Liste enthält die Umweltbereiche, die bei einer Beurteilung eines Projektes im Karst zu beachten sind. Die im Einzelfall zu behandelnden Themen sind abhängig vom konkreten Projekt und können mit Hilfe der Relevanzmatrix identifiziert werden (Schritt III). In den meisten Fällen dürften gewisse Themen sehr schnell aus der Untersuchung ausgeschlossen werden, weil sie für das konkrete Projekt irrelevant sind. Für jeden Umweltbereich sind die oben erwähnten Schritte IV bis XII einzeln durchzuführen. Dies ist in der Tabelle 2 ersichtlich.

In der nachfolgenden Themenliste werden pro Umweltgebiet nacheinander zuerst die wichtigsten karstspezifischen Eigenheiten, die es zu beachten gibt, aufgelistet und dann empfohlene Parameter für die Beschreibung des heutigen Zustandes, der Schutzziele und der Einwirkungen aufgelistet. **Die aufgelisteten Parameter, Anforderungen und Ziele sind als Beispiele zu verstehen und müssen den Verhältnissen angepasst und gegebenenfalls ergänzt werden.** Je nach Parameter und Situation müssen nicht nur Ober- sondern auch Untergrenzen festgelegt werden.

1) LUFT UND KLIMA

Karstspezifische Eigenheiten

- > Verglichen mit dem Aussenklima ist das Höhlenklima äusserst stabil und demnach empfindlich auf Veränderungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Zirkulation, $p\text{CO}_2$). Seine Dynamik kann jedoch je nach Jahreszeit und Wetterlage beträchtlich variieren (Windrichtung, Windstärke in der Höhle). Kleine Veränderungen des Höhlenklimas (z.B. Bewetterung) können beträchtliche Einwirkungen auf die Fauna, die Tropfsteine (Korrosion, Austrocknung) und die Konservierung von archäologischen und paläontologischen Funden wie auch anderer Karstverfüllungen haben.
- > Eingriffe an der Oberfläche, die das lokale Mikroklima verändern, können beträchtliche Auswirkungen auf das Höhlenklima haben (z.B. Kaltluftsee hinter einem Damm).
- > Höhlen sind geschlossene Räume. Dies ist bei der Betrachtung der Luftreinhaltung (Arbeitssicherheit, aber auch betreffend Einwirkungen auf die Fauna und die Tropfsteine) angemessen zu beachten. Gegebenenfalls müssen Alarmsysteme eingerichtet werden (v.a. betreffend CO_2 und CO).

Parameter für die Beschreibung des Ausgangszustandes und die Definition von Schutzzielen

> Meteorologie und Aussenklima

Beschreibung Mikroklima, Inversionslagen, Niederschlagsverteilung wie Starkniederschläge, Trockenperioden, Schneedecke

> Bewetterung der Höhle

Beschreibung Windgeschwindigkeit, Volumenaustausch, Richtung, Regime

Anforderung Das Jahresmittel des Volumenaustausches darf maximal um $\pm 50\%$ verändert werden. Massiver Eingriff in die Luftzirkulation muss vermieden werden: z.B. das Schliessen (Öffnen) eines Ganges, der vorher (nicht) bewettert war.

Ziel Unverändertes Windregime

> Höhlentemperatur

Beschreibung Temperatur, Temperaturvariabilität, Temperaturverlauf

Anforderung Die maximale jährliche Temperaturdifferenz darf maximal um $\pm 50\%$ verändert werden. Die Jahresdurchschnittstemperatur darf maximal $\pm 1^\circ\text{C}$ von der natürlichen Jahresdurchschnittstemperatur abweichen.

Ziel Temperaturschwankungen im Bereich der natürlichen Schwankungen

> Luftfeuchtigkeit in der Höhle

Anforderung Die Luftfeuchtigkeit muss zu jedem Zeitpunkt mindestens 95 % betragen.

Ziel Die Schwankungen der Luftfeuchtigkeit liegen im Bereich der natürlichen Schwankungen.

> Staub in der Höhle

Beschreibung Menge, Korngrösse, mineralogische/chemische Zusammensetzung

Anforderung Zu keinem Zeitpunkt grosse Mengen Staub in der Höhlenluft (z.B. max. $10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$), keine sichtbaren Staubablagerungen

Ziel Staubkonzentration im Bereich der natürlichen Schwankungen (d.h. die Staubkonzentration sollte im Normalfall vernachlässigbar klein sein)

> CO₂-Konzentration in der Höhle

Beschreibung CO₂-Konzentration und deren Verlauf sind Indikatoren für eine veränderte Bewetterung, organische Verschmutzungen des Grundwassers oder für signifikante Veränderung der Bodenaktivität.

Anforderung Die Konzentrationsschwankungen übersteigen die natürliche Konzentrationsschwankungen um maximal $\pm 30\%$.

Ziel CO₂-Konzentration im Bereich der natürlichen Schwankungen

> Luftreinhalung: andere Gase (CO, organische Gase, etc.) in der Höhlenluft

Anforderung Grundsätzlich können die Immissionsgrenzwerte für Wohnbauten angewendet werden; kurzfristige Abweichung (während einiger Arbeitstage) sind einzeln zu beurteilen. Für Emissionsgrenzwerte, Anlagen- und Fahrzeugtypen oder Auflagen an Treibstoffe ist die Luftreinhalteverordnung (LRV) zu beachten.

Definition von Anforderung/Einschränkungen zur Ventilation und Arbeitszeiten (Achtung: mögliche Einwirkungen auf das Höhlenklima!)

Überwachung der Luftqualität (Betrieb einer Alarmanlage)

Ziel Konzentration aller Gase im Bereich der natürlichen Schwankungen

2) ERSCHÜTTERUNGEN

Karstspezifische Eigenheiten

- > Mögliche Erschütterungen – v.a. auch durch Sprengungen in der Bauphase meist grösserer Vorhaben – können zur unwiederbringlichen Zerstörung von Tropfsteinen, Sedimenten oder gar zum Einsturz einer Höhle führen. Ein potenzieller Einsturz kann das Projekt selbst bedrohen oder aufgrund eines Störfalls zusätzlich grosse Schäden für die Umwelt nach sich ziehen (v.a. Grundwasserverschmutzung).
- > Erschütterungen können die Grundwasserfliesswege verändern, indem Wasserwege behindert (z.B. verschüttet) oder erweitert werden (z.B. durch das Öffnen einer Kluft).

Parameter für die Beschreibung des Ausgangszustandes und die Definition von Schutzzielen

- > Erwartete und mögliche Erschütterungen

Beschreibung *Erschütterungsursachen, Frequenz, Intensität (Geschwindigkeit, Beschleunigung), Abschwächung mit Distanz*

Anforderung *Bei stabilen Höhlen ohne empfindliche Sedimente: Geschwindigkeit max. 30 mm/s, für einsturzgefährdete Höhlen (z.B. im Gips) oder bei empfindlichen Sedimenten (Tropfsteine, klastische Sedimente, etc.) sind die Anforderungen von Fall zu Fall zu bestimmen.*

Auflagen für die Bau- oder Vortriebsmethoden, maximale Sprengladung (die Auflagen sind gegebenenfalls aufgrund detaillierter Abklärungen wie z.B. Testsprengungen festzulegen); die Wahrscheinlichkeit für Schäden darf maximal 1% betragen.

Betrieb einer Alarmanlage (Baustelle und/oder Höhle)

Ziel *Keine namhaften oder regelmässigen Erschütterungen.*

- > Tropfsteine und andere wichtige Formationen (z.B. Lehmsedimente)

Beschreibung *Dokumentation des Tropfsteinschmucks und anderer potenziell gefährdeter Sedimente sowie deren Empfindlichkeit (z.B. viele Sinterröhrchen), Dokumentation schon bestehender Schäden (Höhlenforschung, Erdbeben,...)*

Anforderung *Sorgfältiges Monitoring
Bau- und Betriebsauflagen sind an die zu bewahrenden Objekte und deren Empfindlichkeit anzupassen.*

Ziel *Keinerlei Schaden erkennbar*

3) GEWÄSSER: GRUNDWASSER, ENTWÄSSERUNG, ABWASSERBESEITIGUNG

Karstspezifische Eigenheiten

- > In Karstgebieten versickert das Wasser meist ziemlich direkt (Ponore, Dolinen, Karrenfelder, Klüfte). Im Gegensatz zum Grundwasser im Lockergestein (Schotter, etc.) können die Karströhren sehr gross und damit die Durchflusszeit sehr kurz sein. Die Selbstreinigungskraft des Grundwassers ist daher beschränkt. Entsprechend empfindlich ist das Karstgrundwasser. In Anbetracht der hohen Anforderungen an das Trinkwasser ist der Grundwasserqualität eine zentrale Bedeutung einzuräumen. Weiter führen die kurzen Durchflusszeiten und die beschränkte Speicherkapazität der Karströhren zu hohen Schwankungen in der Schüttung von Karstquellen.

- > Höhlenbäche haben mehr Gemeinsamkeiten mit Oberflächenfließgewässern (konzentrierter, stark dynamischer Abfluss) als mit einem Schotteraquifer (gesättigt, makroskopisch homogen, geringe Dynamik). Der kurzfristigen Dynamik (Hochwasser, wechselnder Nährstoffgehalt und Wasserqualität...) und dem Sediment- und Geschiebehaushalt muss angemessen Rechnung getragen werden.
- > Das Karstgrundwasser stellt ein eigentliches Ökosystem dar (vgl. dazu Umweltbereich Flora, Fauna und Lebensräume, Ziffer 6 weiter unten).
- > Wasserbauanlagen an der Oberfläche (z.B. Stauseen, Kanäle, Restwasserstrecken) aber auch die Landwirtschaft und die Versiegelung durch den Siedlungs- und Strassenbau können den unterirdischen Wasserhaushalt und die Druckverhältnisse sowie die Versickerung und Exfiltration weiträumig beeinflussen.
- > In Karstregionen können die Qualität und Quantität von versickerndem Oberflächenwasser (Ponore, diffuse Versickerung,...) das Karstgrundwasser und dessen Ökosysteme stark beeinträchtigen.
- > Altlasten oder Unfälle mit grundwassergefährdenden Stoffen können aufgrund der direkten Wasserwege auch weit entfernte Quellen beeinträchtigen.
- > Wetterextreme haben gezeigt, dass Veränderungen im Wasserhaushalt zum Verstopfen oder Öffnen von Gängen führen können. Dies kann neue Dolinen, Quellen oder gar Erdbeben nach sich ziehen. Ausreichende Kenntnisse des Wasserhaushaltes und geeignete hydrogeologische Karten sind daher für viele Projekte unumgänglich.
- > Für die Ökologie der Oberflächengewässer und deren Bedeutung als Landschaftselement wird auf die zuständigen Spezialisten und die bestehende Literatur verwiesen (z.B. Boschi et al., 2003). Der Eigenheit der Ökosysteme in Karstlandschaften (z.B. Moorgebiete etc.) ist dabei gebührend Rechnung zu tragen.

Parameter für die Beschreibung des Ausgangszustandes und die Definition von Schutzziele

> Wassermenge / Abfluss

<i>Beschreibung</i>	<i>Abfluss: Minimum (Q365), Maximum (HQ1), mittlere monatliche Abflüsse, mittlerer jährlicher Abfluss, Q347, HQ10, HQ30, HQ100</i>
<i>Anforderung</i>	<i>Restwassermenge nach GSchG (Q347 + Erhöhung nach GSchG) Unterschiedliche Restwassermengen nach Saison Mindestens ein grosses Hochwasser pro Jahr mit Abfluss Q10 (Spülung)</i>
<i>Ziel</i>	<i>Unveränderte Wassermenge und Hydrodynamik</i>

> Wassertemperatur

<i>Anforderung</i>	<i>Die maximale, jährliche Temperaturdifferenz darf maximal um $\pm 50\%$ verändert werden. Die Jahresdurchschnittstemperatur darf maximal $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ von der natürlichen Jahresdurchschnittstemperatur abweichen.</i>
<i>Ziel</i>	<i>Temperaturschwankungen im Bereich der natürlichen Schwankungen.</i>

Wegleitung zur Beurteilung von Projekten in Karstgebieten

> Wasserqualität / Hydrochemie

<i>Beschreibung</i>	<i>Anorganische und organische, gelöste Stoffe, Kolloide, Partikel, Nährstoffgehalt; Bakteriologie.; Schwankungsbereich und Verlauf aller Parameter</i>
<i>Anforderung</i>	<i>Die chemische Zusammensetzung des Wassers (Nährstoffgehalt,...) darf maximal um 50% vom natürlichen Schwankungsbereich abweichen. Anforderungen im Anhang 1 & 2 der GSchV sowie relevanten BAFU-Wegleitungen (betrifft v.a. Gebiete mit bestehenden oder potenziellen Trinkwasserfassungen) Keine Beeinträchtigung eines genutzten Grundwasserleiters, auch bei einem grösseren Störfall (-> Rückhaltevorrichtungen, Einsatzplan, etc.)</i>
<i>Ziel</i>	<i>Unveränderte Wasserzusammensetzung und deren Variation</i>

> Sedimentfracht und Geschiebe

<i>Beschreibung</i>	<i>Menge, Korngrösse, mineralogische Zusammensetzung, Schwankung der Menge und Korngrösseverteilung</i>
<i>Anforderung</i>	<i>Der zusätzliche Sedimenteintrag durch das Projekt ist je nach Situation zu beschränken. Die Sedimentfracht darf den natürlichen Bereich der Schwankung nicht überschreiten. Die durchschnittliche Gesamtfracht darf die natürliche Gesamtfracht um maximal 50% überschreiten.</i>
<i>Ziel</i>	<i>Unveränderte Sedimentfracht und Dynamik</i>

> Grundwasserleiter und Deckschicht

<i>Beschreibung</i>	<i>Lage, Mächtigkeit, Durchfluss, hydraulischer Druck / Grundwasserspiegel (inkl. Schwankungsbereich und Verlauf), Neubildung, Vorräte, Speisungsgebiet, Quellen, etc. Grundwasserschutzbereich A_u, Zuströmbereich Z_u, Grundwasserschutzzonen S_1, S_2, S_3, Grundwasserschutzareal, etc.</i>
<i>Anforderung</i>	<i>Keine signifikante Beschädigung der Deckschicht Keine signifikante Beeinträchtigung der Druckverhältnisse (z.B. Verbindung von Aquiferen mit unterschiedlichem hydraulischem Potential) Auflagen bei der Untersuchung und Sanierung von Altlasten (Mobilisierung verhindern)</i>

> Versickerung

<i>Anforderung</i>	<i>Versickerung auf der Strecke X in der Zone Y darf durchschnittlich nicht um mehr als 20% verändert werden. Bei Trockenheit, darf die Versickerung nicht vermindert werden.</i>
<i>Ziel</i>	<i>Unverändertes Versickerungsverhalten</i>

> Rückstau

<i>Anforderung</i>	<i>Der Höhlenabschnitt X / die Sedimente am Ort Y / der Lebensraum der Art Z darf nicht geflutet werden (je nach Situation von Fall zu Fall zu definieren). Rückstau im Bereich der natürlichen Schwankung (maximale Stauung entspricht Rückstau bei Hochwasser)</i>
<i>Ziel</i>	<i>Kein unnatürlicher Rückstau</i>

> Nutzung

<i>Beschreibung</i>	<i>Bestehende und geplante Nutzungen für Trink- und Brauchwasser, Wasserkraftnutzung, Menge, Art der Nutzung, Qualität, Auflagen (Restwassermengen, Dotierwassermengen, etc.), Betriebsart (z.B. Schwall und Sunk)</i>
<i>Anforderung</i>	<i>Keine Beeinträchtigung von bestehenden und geplanten Trinkwasserfassungen Abgeltung möglicher Ertragseinbussen bei konzessionierten Gewässern</i>

> Entwässerung und Abwasserbeseitigung

<i>Beschreibung</i>	<i>Bestehende Anlagen zur Behandlung und Ableitung von Abwasser und Regenwasser, Kapazität, Qualität, vorgesehener Entwässerungsweg (Versickerung, Einleitung in Gewässer oder Kanalisation); Notfallvorsorge Qualität und Quantität der zu entsorgenden Abwässer (inkl. Sedimentfracht) Grundwassersituation und Boden an Versickerungsstellen</i>
<i>Anforderung</i>	<i>Keine unnatürliche Versickerung in einem bestimmten (je nach Fall zu definierendem) Gebiet Keine Infiltration ohne Filtration durch den Boden Mengen sind je nach Situation zu beschränken (z.B. max. 100 mm/d und max. 5% des Abflusses des Karstsystems) Das Wasser muss die Anforderungen nach GSchV erfüllen und diese nötigenfalls verschärft oder ergänzt werden. Die Sedimentfracht von zu versickerndem Regen- und Abwasser darf weder bei Hochwasser die Trübungsspitzen der drainierenden Quelle um mehr als 50% erhöhen, noch zu einer Trübung von mehr als 5 NTU bei Niedrigwasser führen. Überwachung der Qualität und Quantität des Abwassers (Parameter, Frequenz, etc.)</i>

> Störfallvorsorge

<i>Beschreibung</i>	<i>Verwendete, wassergefährdende Stoffe, Treibstoffe, etc. inkl. Mengen; Handling, ... Bekanntes oder mögliche, belastete Standorte (Altlasten): Lage, Menge, Art, Sanierungsbedarf, vorgesehene Massnahmen, etc.</i>
<i>Anforderung</i>	<i>Erstellung eines geeigneten Material- und Abfallbewirtschaftungskonzeptes. Bei Eingriffen in genutzte oder potenziell nutzbare Grundwasserleiter muss ein Einsatzplan für Störfälle erarbeitet werden. Einsatz von Baumaschinen der neusten Generation Einsatz von biologisch abbaubaren Treibstoffen und Motorenölen Auflagen zur Abfallbewirtschaftung und zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (z.B. maximale Mengen, die auf der Baustelle gelagert werden dürfen, Lagerort, Abdichtung Parkplatz) Bau von Rückhaltevorrichtungen beim Gebrauch von wassergefährdenden Substanzen ab einer bestimmten Menge Auflagen betreffend Wartung der Anlage (z.B. Überprüfung der Dichtung) Einsatz einer Umweltbaubegleitung (Pflichtenheft, ...)</i>

> Gewässer als Landschaftselement

<i>Beschreibung</i>	<i>vgl. Geotope, Umweltbereich 8 weiter unten.</i>
---------------------	--

4) **BODEN**

Karstspezifische Eigenheiten

- > Die Böden (im pedologischen Sinn, für Höhlensedimente siehe Umweltbereich 8 betreffend Geotope) nehmen eine Schlüsselrolle in der Entstehung und Entwicklung der Höhle ein. Durch die Anreicherung des Sickerwassers mit CO₂ wird die Korrosionsfähigkeit des Wassers massiv gesteigert, was die Entstehung von darunterliegenden Höhlen und Höhlensystemen stark beschleunigen und die chemische Zusammensetzung des Grundwassers verändern kann.

- > Der CO₂-Gehalt des Wassers (und damit die Existenz des Bodens) hat einen grossen Einfluss auf die Bildung von Tropfsteinen. Durch eine Veränderung des CO₂-Gehaltes kann das Wachstum der Tropfsteine gesteigert oder vermindert werden, oder Tropfsteine können sogar durch Korrosion zerstört werden.
- > Bodenveränderungen (z.B. durch Terrassierung, Strassenbau, etc.) können zu einem erhöhten Sediment- und Nährstoffeintrag in die Höhlen(bäche) und ins Karstgrundwasser im Allgemeinen führen, was zur Verschmutzung von Tropfsteinen, zur Trübung des Wassers und auch zur Verstopfung von Gängen sowie zu einer Beeinträchtigung der Ökosysteme führen kann.
- > Betreffend der Bodenproblematik im engeren Sinne (Bodenfruchtbarkeit...) ist zu beachten, dass Böden auf Karstgebieten z.T. lange Regenerationszeiten haben. Weiter kann die Veränderung des Wasserhaushaltes zur Übernässung (Grundwasseraufstoss) oder zur Austrocknung von Böden führen.

Parameter für die Beschreibung des Ausgangszustandes und die Definition von Schutzzielen

> Bodenkundliche Eigenschaften

Beschreibung *Mächtigkeit, Typ, Aufbau, Wassergehalt, Kartierung, Bewirtschaftung, etc. (gemäss üblichen Normen, z.B. Wegleitung Verwertung von ausgehobenem Boden, 2001, BUWAL)*
Erosionsgefahr
Risiko einer Belastung (bei Verdacht auf Altlasten)

> Permanente und provisorische Bodenveränderungen

Beschreibung *Permanente und provisorische Bodenveränderungen, Baupisten, Installationen, Zwischenlager, Deponien, etc.*

Anforderung *Erstellung eines Materialbewirtschaftungskonzepts*
Die gesamte Bodenveränderung (provisorische und permanente) ist auf das Unverzichtbare zu reduzieren und darf 2% der Karstfläche (2ha/km²) nicht übersteigen.
Arbeitsstopp bei ungünstigen Witterungsbedingungen
Maximal 200 m² dürfen gleichzeitig offen liegen
Keine Bodenveränderungen in einem bestimmten, empfindlichen Bereich

Ziel *Keine provisorischen Bodenveränderungen, Minimierung der permanenten Bodenveränderung*
Keine Erhöhung der Bodenerosion

> Erosion

Anforderung *Rekultivierung bis zu einem bestimmten Zeitpunkt z.B. eine Woche nach Bauabschluss / spätestens Aug. (vor den Herbststürmen)*
Keine Bauaktivitäten unter ungünstigen Witterungsbedingungen
Sicherstellung der Entwässerung / Versickerung / Abwasserbeseitigung

> Landwirtschaftliche Nutzung

Ziel *Keine Beeinträchtigung der bisherigen Nutzung*

5) **KATASTROPHENSCHUTZ**

Karstspezifische Eigenheiten

- > Veränderungen im Wasserhaushalt können zu Quellbildungen und Erdbeben führen.
- > Das Hochwasserregime (auch an der Oberfläche) kann durch gewisse Projekte verändert werden.
- > Der Einsturz einer Höhle oder einer Doline aber auch Hochwasser kann ein Vorhaben ernsthaft gefährden. Damit steigt auch das Risiko für Störfälle und damit verbundenen, bedeutenden Schäden an der Umwelt. Solche Schwierigkeiten können letztlich zum Scheitern eines Projektes führen (d.h. zu einer Beeinträchtigung der Umwelt ohne den Nutzen des Projektes).
- > Bautätigkeiten können zu Instabilitäten in Höhlen führen, welche die Befahrung und damit auch die Überwachung beträchtlich erschweren können. Die Beeinflussung des Wasserregimes kann auch das Hochwasserverhalten einer Höhle und damit die daraus resultierende Gefährdung beeinflussen.

Parameter für die Beschreibung des Ausgangszustandes und die Definition von Schutzzielen

- > Risiko und Gefährdung durch Naturgefahr an einem bestimmten Ort
Anforderung *Keine ernsthafte Erhöhung der Wahrscheinlichkeit und des Ausmasses von Naturgefahren durch Bau und Betrieb der Anlage. Dabei sind auch Störfälle angemessen zu betrachten.*
Keine Bauten in einem bestimmten Bereich
Hydraulisches Potenzial darf im ganzen Grundwasserleiter den Bereich der natürlichen Schwankung nicht übersteigen.
Ziel *Keine Veränderung der betroffenen Prozesse*
- > Grundwasserverschmutzung
Siehe Umweltbereich Gewässer, Umweltbereich 3

6) **FLORA, FAUNA, LEBENSRAUME**

Karstspezifische Eigenheiten

- > Für Fledermäuse und andere Tiere stellen Höhlen während eines Teiles des Jahres wichtige Biotope dar (Wochenstuben, Überwinterung). Sie sind dann besonders anfällig auf Störungen (Lärm, Abwärme, Abgase, Höhlenbesucher).
- > Weniger sichtbar, aber deshalb nicht weniger schützenswert sind die Ökosysteme, die ausschliesslich in Höhlen und Klüften vorkommen, wenn sie auch in der Schweiz fast ausschliesslich aus wirbellosen Tieren bestehen. Diese Ökosysteme hängen häufig sehr stark vom Höhlen(gang)spezifischen Nährstoff- und Wasserhaushalt sowie von der Abwesenheit von Licht ab. Entsprechend empfindlich reagieren sie z.B. auf Eingriffe in den

Boden, die mit einem erhöhten Sedimenteintrag verbunden sind. Mindestens rudimentäre Kenntnisse der lokalen Ökosysteme sind daher – je nach Eigenheiten des Projekts – anzustreben.

- > Für die Ökologie der Oberflächenökosysteme in Karstregionen wird auf die Spezialisten der Oberflächenökosysteme und die bestehende Literatur verwiesen. Der Eigenheit der Ökosysteme in Karstlandschaften (z.B. Karrenfelder, Mooregebiete) ist dabei gebührend Rechnung zu tragen.

Parameter für die Beschreibung des Ausgangszustandes und die Definition von Schutzziele

> Geschützte Lebensräume

Beschreibung Lebensraumtyp, ihre Dynamik, ökologische Funktionen, Vernetzung
Anforderung Keine signifikante Beeinträchtigung eines Biotops von nationaler Bedeutung (Inventare), von schutzwürdigen Lebensräumen, etc.
Keine signifikante Störung von Winterquartier und Wochenstuben von Fledermäusen während den entsprechenden Perioden

> Artenzusammensetzung und Häufigkeit bestimmter Arten

Beschreibung Seltene, gefährdete und geschützte Arten, Rote Listen, Leitarten, etc.
Anforderung Keine signifikante Beeinträchtigung von Rote Liste- und endemischen Arten
Keine signifikante Verschiebung bei den Bioindikatoren
Ziel Unverändertes Ökosystem und Nährstoffhaushalt

> Künstliche Beleuchtung

Beschreibung Natürlicher Lichteinfall (Eingangsbereich), bestehende künstliche Beleuchtung
Anforderung Beleuchtung darf zu keiner Lampenflora führen.
Ziel Keine permanente oder lang andauernde künstliche Beleuchtung
Natürlicher Lichteinfall im Eingangsbereich unverändert

> Nährstoffeintrag

Beschreibung Zusätzlicher Nährstoffeintrag z.B. in Form von Baumaterialien (v.a. Holz), Treibstoffen, eingeschwemmte Böden, Spuren der Besucher (Ausscheidungen, Essensresten, bei grossen Besuchermengen auch Haare, Haarschuppen, etc.)
Anforderung Der Nährstoffeintrag darf maximal 50% vom natürlichen Nährstoffeintrag abweichen.
Ziel Keine Veränderung des Nährstoffeintrags

> Störung empfindlicher Arten

Anforderung Baulärm darf wichtige Fledermauskolonien nicht ernsthaft stören.
Ziel 150 % des natürlichen Lärmpegels darf nicht dauerhaft überschritten werden.

> Lebensgrundlagen

Beschreibung Wasserregime, Temperatur, Verschmutzung, etc.
Ziel Keine Veränderung der signifikanten Parameter der Lebensgrundlagen

7) **LANDSCHAFT UND ORTSBILD**

Karstspezifische Eigenheiten

- > In Karstgebieten gibt es auch einen versteckten Teil der Landschaft: die Höhlensysteme. Höhlensysteme und ihre Gänge können genau so einzigartig und ästhetisch ansprechend sein wie Oberflächenformen. Als Naturdenkmäler sind sie angemessen zu beachten.
- > Im Perimeter von Landschaftsschutzgebieten (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung BLN, Moorlandschaften und andere; Schutzgebiete nationaler, kantonaler und lokaler Bedeutung) sollten die Höhlen als Landschaftselemente einen dem Schutzstatus des Gebietes und der Eigenheit der Höhlen angemessenen Schutz erfahren.
- > Bei der Betrachtung des sichtbaren Teils einer Karstlandschaft (Oberfläche) nach den üblichen Kriterien (z.B. Landschaftsästhetik. Wege für das Planen und Projektieren. 2001, BAFU) sind die karstspezifischen, geomorphologischen (Oberflächenkarstformen wie Karren, Dolinen, etc.) und geologischen Aspekte, wie auch die Beziehung zwischen den Oberflächenformen und jenen im Untergrund angemessen zu berücksichtigen.

Parameter für die Beschreibung des Ausgangszustandes und die Definition von Schutzzielen

- > Inventare von Moorlandschaften, Landschaften, Naturdenkmäler (national, regional, lokal)
Beschreibung *Bestehende Inventareinträge, Nutzung, Eigenheiten, Unberührtheit*
Anforderung *Keine signifikante Entwertung eines Objektes von nationaler/regionaler/lokaler Bedeutung*
Ziel *Keine Beeinträchtigung von inventarisierten Objekten*
- > Beeinträchtigung der Eigenartigkeit einer Landschaft oder Höhle
Beschreibung *siehe Geotopkonzept (vgl. Umweltbereich 8)*
Anforderung *Die geplanten Eingriffe dürfen den Wert eines Objektes nicht signifikant verändern*
Keine grösseren Bauten in Karstzonen von Pärken nationaler Bedeutung (inkl. BLN)
Ziel *Höhlen: Keine Veränderung*
Bei bisher unerschlossenen Karstlandschaften keine intensive Nutzung
- > Sichtbarkeit von Eingriffen / Integration in die Landschaft
Anforderung *Bauwerk darf den Horizont nicht durchschneiden (Abstand 200m)*
Ziel *Bauwerk passt in Landschaft*
Bauwerk ist kleiner als die umliegenden Bäume
- > Beeinträchtigung der Oberflächen-Karstformen
Anforderung *Oberfläche: max. 2% (2ha/km²) der typischen Karstformen zerstört*
Ziel *Oberfläche: Karstlandschaftsformen unverändert*

> Bedeutung als Erholungsraum und für den Tourismus

Beschreibung Nutzen für den Tourismus, für Outdoor-Aktivitäten wie Wandern, Skitouren, Höhlenforschen, Schauhöhlen

Ziel Bisherige und mögliche zukünftige (nachhaltige) Nutzungen sind nicht beeinträchtigt.

8) ARCHÄOLOGISCHE STÄTTEN, GEOTOPE UND WISSENSCHAFTLICHE BEDEUTUNG

Karstspezifische Eigenheiten

> Höhlen spielten in verschiedenen Phasen der Menschheitsentwicklung eine wichtige Rolle. Zusätzlich bieten sie optimale Konservierungsbedingungen (kleinste Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsschwankungen). Davon zeugen verschiedenste, wichtige archäologische und paläontologische Funde. Eine Veränderung der Bewetterungsverhältnisse in der Höhle (die auch durch ein Oberflächenprojekt verursacht werden kann) kann zur Zerstörung der Objekte führen. Bei Verdacht auf archäologische Funde sind die kompetenten Fachstellen unbedingt beizuziehen.

> Geotope sind bedeutende Zeugen der Erdgeschichte und geben Aufschluss über die Entwicklung der Landschaft und des Klimas. Zu den speläologischen Geotopen zählen neben den Höhlen auch die Oberflächenkarstformen wie Karrenfelder, Dolinen, Ponore und Quellen. Beispielsweise bieten Sedimente in Höhlen wie Tropfsteine oder klastische Sedimente (z.B. Lehm) einmalige Klimaarchive. Die Gangformen und –anlagen geben Informationen zur Entwicklung des Höhlensystems wie auch der Landschaft (Taleintiefung) und des Gewässernetzes draussen. Höhlen bieten auch den Zugang zu geologischen Aufschlüssen, die sonst nicht zugänglich sind. Aus paläontologischer Sicht bieten Höhlen oft einzigartige Funde, die u.a. von der Entwicklung der Tierwelt zeugen.

Auch die geomorphologischen Formen an der Oberfläche sind Zeugen der Landschafts- und Klimaentwicklung. So kann z.B. die Geschwindigkeit eines Gletscherrückzuges anhand der Karrenformen rekonstruiert werden. Sedimente in Senken und Dolinen sind potenziell wissenschaftlich interessant, da sie häufig noch Zeugen der früheren Landschaftsentwicklung enthalten können (z.B. Moränenresten, etc.).

Gewisse Objekte sind in Inventaren (Geotope, Naturdenkmäler) explizit bezeichnet. In den meisten Gebieten fehlen jedoch Inventare regionaler Bedeutung oder diese sind nur lückenhaft. Mindestens eine Grobbeurteilung des wissenschaftlichen Wertes durch einen Spezialisten ist deshalb anzustreben. Dazu kann das **Geotopkonzept der SSS/SGH** herbeigezogen werden.

Parameter für die Beschreibung des Ausgangszustandes und die Definition von Schutzzielen

> Bedeutung der Fundstelle, potenzielle oder bekannte Fundstellen

Beschreibung nationale / regionale / lokale Bedeutung; Zeitalter, ...

Anforderung Kein Eingriff in Fundstellen von nationaler Bedeutung

Die Eingriffe dürfen die Bedeutung der Fundstelle nicht signifikant schmälern und bedeutende Objekte müssen verschont werden.

Ziel Keine Beeinträchtigung von potenziellen oder bekannten Stätten

> Möglichkeit einer Notgrabung

- Beschreibung* *Möglichkeit, eine Stätte vor der Zerstörung angemessen wissenschaftlich zu untersuchen und die relevantesten Objekte zu sichern*
- Anforderung* *Vorherige Untersuchung von potenziell relevanten, gefährdeten Stätten muss durchgeführt werden.*

> Bedeutung der Objekte und Höhlen / Geotope

- Beschreibung* *Bestehender Inventareintrag (Naturdenkmäler, Geotope, etc.)
Klassifizierung nach Geotopkonzept der SSS/SGH (Eigenschaften, Wert).*
- Anforderung* *Die wissenschaftliche Bedeutung des Objektes (respektive des betroffenen Teils des Objektes) muss nach dem Geotopkonzept der SSS/SGH beurteilt werden.
Die geplanten Eingriffe dürfen den Wert eines Objektes nicht signifikant verändern.
Ein der Bedeutung des Objekt(teils) angemessener Schutz ist sicherzustellen.*
- Ziel* *Wissenschaftlich relevante Objekt(teil)e nicht beeinträchtigt*

> Erhaltung und Zugänglichkeit für die Wissenschaft

- Anforderung* *Der Zugang zu wissenschaftlich wertvollen Objekten muss für die Forschung gewährleistet bleiben.*
- Ziel* *Freier Zugang für die Erforschung der Höhlen (Dokumentation, universitäre Forschung, etc.)*

9) ANDERE UMWELTBEREICHE

Die Umweltschutzproblematik in den Umweltbereichen Luftreinhaltung (Oberfläche), Lärm, nicht ionisierende Strahlung, Oberflächengewässer und deren aquatische Ökosysteme, Bodenfruchtbarkeit, Altlasten, Abfälle und umweltgefährdende Stoffe, umweltgefährdende Organismen, Wald, Oberflächenflora, -fauna, -lebensräume, Ortsbildschutz und Kulturdenkmäler an der Oberfläche ist in Karstgebieten vergleichbar mit jenen in anderen Gebieten. Diese Bereiche sind im Rahmen der üblichen Studien angemessen zu berücksichtigen, wobei den Eigenheiten des Karstes gebührend Rechnung zu tragen ist. Gegebenenfalls sind zuständige Spezialisten beizuziehen.

> Altlasten, Abfälle und umweltgefährdende Stoffe: Bei der Untersuchung und der Sanierung von Altlasten, der Bewirtschaftung der Abfälle und umweltgefährdenden Stoffen ist die direkte Verbindung zum Grundwasser und dessen Empfindlichkeit zu beachten.

- Beschreibung* *Abfall- und Materialbewirtschaftungskonzept: Menge, Art, Zusammensetzung, Behandlung, Lagerung, Transport von Altlasten, Abfällen und gefährlichen Stoffen*
- Anforderung* *Gesetzliche Werte in der Altlastenverordnung AltIV
Art und maximale Mengen vor Ort gelagerter Substanzen (z.B. Verwendung von biologisch abbaubaren Ölen, keine Treibstofflager von mehr als 50l auf der Baustelle)
Rückhaltevorrichtungen, angemessenes Notfallkonzept inkl. nötiges Material*

ANHANG B: CHECKLISTE ZUR WISSENSCHAFTLICHEN PROBENAHME IN HÖHLEN

AUSGANGSLAGE

Aufgrund des konstanten Höhlenklimas, aber auch weil Höhlen weitgehend von der Oberflächenerosion verschont werden, stellen Höhlen und deren Inhalte wissenschaftlich bedeutende Archive dar (Archäologie, Paläontologie, Paläoklimatologie, etc.). Hingegen sind geeignete Proben¹ nicht unbeschränkt vorhanden, je nach Fragestellung der Studie zum Teil sogar selten. Gleichzeitig sind Höhlen und deren Inhalte wesentliche Bestandteile von sensiblen und schützenswerten Karstsystemen, die vor Eingriffen so weit wie möglich zu schützen sind. Tropfsteine und andere Höhlensedimente sollten daher prinzipiell in der Höhle bleiben. In diesem Spannungsfeld – möglichst wenige und unscheinbare Probenahmen aus der Optik des Höhlenschutzes gegen möglichst gute, repräsentative Proben (und damit eine gewisse Auswahl an Proben) aus der Sicht des Wissenschaftlers (im Sinne einer möglichst grossen Aussagekraft einer Studie) – findet jede Probenahme statt. Diese Problematik wird verschärft durch die Tatsache, dass nicht alle Proben geeignet sind, man dies ihnen aber nicht unbedingt ansieht (bei Tropfsteinen z.B. zu tiefer Urangehalt, zu viel detritisches Thorium, ungeeignetes Alter, zu porös etc.).

Die Anwendung der Praxishilfe der SSS/SGH zur Beurteilung von Projekten im Karst – weitgehend beschränkt auf die beiden Umweltbereiche „Landschaft“ sowie „archäologische Stätten, Geotope und wissenschaftliche Bedeutung“ – ermöglicht die Entwicklung eines zweckmässigen Beprobungskonzeptes im Sinne einer Minimierung der negativen Auswirkungen auf die Höhle und gleichzeitiger Maximierung des wissenschaftlichen Nutzens. Der Einfachheit halber wurden die für die wissenschaftliche Beprobung relevanten Aspekte in der untenstehenden Checkliste zusammengefasst und ausgeführt, um sie Wissenschaftlern, die nicht mit dem ganzen Konzept vertraut sind, zugänglich zu machen. Der wichtigste Grundsatz ist eine nachhaltige und möglichst ausschöpfende Nutzung von einmal gesammelten Proben.

Obwohl die Höhlen, deren Inhalt, wie auch alle wissenschaftlich wertvollen Objekte grundsätzlich dem betroffenen Kanton gehören, gab es unseres Wissens bisher keine offiziellen Ansprechpartner, die Interessierte bei der wissenschaftlichen Probenahme von Höhlensedimenten² unterstützt haben. Deshalb stellt sich die Kommission für wissenschaftliche Speläologie der SSS/SGH als koordinierendes und beratendes Organ zur Verfügung. Dazu betreibt sie eine Datenbank, in der die (Meta)Daten sämtlicher Sedimentproben aus Höhlen vermerkt werden, um die Informationen zukünftigen Probenehmern zugänglich zu machen (Punkt 1

¹ Diese Checkliste ist in erster Linie für Tropfsteine und klastische Sedimente (Lehm, Sand) konzipiert worden, kann aber auch für andere Probenahmen wie Wasserbeprobungen, Mineralien, Gesteine oder Knochen als Grundlage dienen.

² Für archäologische und paläontologische Funde sind grundsätzlich die Kantonsarchäologen und/oder die naturhistorischen Museen zuständig. Weiter bietet das Schweizerische Institut für Speläologie und Karstforschung SSKA einen Bestimmungsservice für Tierknochenfunde an und sichert gegebenenfalls die Koordination mit den zuständigen Behörden.

unten). Weiter steht unter Punkt 2 eine Checkliste der wichtigsten Aspekte zur Verfügung, die im Rahmen der Beprobung geklärt, respektive beachtet werden sollte.

1) DIE PROBEN-DATENBANK DER WISSENSCHAFTLICHEN KOMMISSION DER SSS/SGH

Die Proben-Datenbank der wissenschaftlichen Kommission der SSS/SGH hat zum Ziel, die (Meta)Daten der in Höhlen entnommenen Sedimentproben zu sammeln und sie interessierten Kreisen auf Anfrage zur Verfügung zu stellen. Damit sollen unnötige Mehrfachbeprobungen verhindert und die Beprobung von ungeeignetem Material auf das Unvermeidliche reduziert werden. Weiter sollten die vorhandenen Daten vor allem dazu beitragen, den Probennehmer bei einer möglichst gezielten Beprobung zu unterstützen. Damit liefert die Datenbank die nötigen Daten, um einige Fragen der untenstehenden Checkliste zu beantworten und die Probenahme zu optimieren.

In der Datenbank werden zusätzlich zu den Angaben zum Ort der Probenahme und Art der Probe auch Angaben zu den vorgenommenen Analysen und deren Qualität (gemessene Parameter, Genauigkeit der Messung wie z.B. Urangehalt und detritisches Thorium bei Datierungen von Tropfsteinen) erfasst. Die Resultate der Studie werden nicht erfasst mit Ausnahme des Alters der Sedimente. Weiter werden Kontaktangaben des Probenehmers, der aktuelle Standort der Probe(n) und allfällige Publikationen der Resultate aufgenommen.

Die Daten bleiben grundsätzlich im Eigentum des Autors und dürfen ohne dessen Einverständnis nicht für einen anderen Zweck als die Optimierung eines Beprobungskonzeptes verwendet werden (d.h. keine Publikation). Eventuell wird ein Auszug aus der Datenbank ohne publikationsrelevante Daten (d.h. nur Höhlennamen, Art der Beprobung, Art der Resultate) im Internet veröffentlicht.

Damit die Kommission für wissenschaftliche Speläologie ihren Auftrag erfüllen kann (Unterstützung zur Optimierung der Beprobungen), ist eine Probenahme im Normalfall VOR der Entnahme zu melden, auch wenn dies unter Umständen eine zusätzliche Höhlentour nötig macht. Grundsätzlich geht die SSS/SGH davon aus, dass der Höhlenschutz über dem Gesetz des geringsten Widerstandes steht. Aus der Sicht des Höhlenschutzes ist es zentral, dass die Probe in der Höhle belassen wird, es sein denn, der Probenehmer ist absolut überzeugt, dass eine Probe notwendig und optimal ist und er kann garantieren, dass diese auch wirklich analysiert wird. Wir gehen davon aus, dass eine Probe, die teure Analysen und/oder langwierige Arbeit im Labor wert ist oder die Antwort auf wichtige Fragen liefern kann, es auch rechtfertigt, dass man „ein zweites Mal die 1500 Höhenmeter den Berg hoch geht und durch den 5h vom Eingang entfernten Schlammäander robbt“, um die Probe zu holen. Eine wichtige Aufgabe aus der Sicht des Höhlenschutzes ist es, sicherzustellen, dass Proben nicht aufs Geratewohl, sondern überlegt entnommen werden und dann auch wirklich analysiert werden. In diesem Sinn ist wo immer möglich von einer Probenahme ohne vorherige Abklärung, ob eine vergleichbare Probe schon entnommen wurde und ob die Messkapazitäten vorhanden sind, abzusehen. Eine nachträgliche Meldung ist aber immer besser als keine Meldung, denn sie kann gegebenenfalls künftige Probenahmen am selben Ort unnötig machen und/oder helfen, spätere Beprobungen gezielter durchzuführen.

Bei kleineren Probenahmen mit einer vernachlässigbaren Beeinträchtigung der Höhle (z.B. einige detritische Sedimente, ein kleines Handstück des Umgebungsgesteins, schon abgebrochene, kleine Tropfsteine etc.) kann auf eine vorherige Meldung verzichtet werden, wenn der Aufwand unverhältnismässig erscheint – z.B. weil für die Probenahme eine mehrtägige Expedition nötig wäre oder der Zugang nur unter seltenen Witterungsbedingungen möglich ist.

Auf jeden Fall sollten die oben erwähnten Metadaten nach der Untersuchung der Probe an die Kommission für wissenschaftliche Speläologie gemeldet werden (ein Formular steht zur Verfügung).

2) CHECKLISTE DER RELEVANTESTEN FRAGEN BEI DER WISSENSCHAFTLICHEN PROBENAHMEN

- > Besteht ein klares Beprobungskonzept? Was braucht es für eine sorgfältige und gezielte Auswahl der Proben?
 - Welche Sedimente werden für die Studie gebraucht? Gesuchtes Alter und Qualität der Sedimente? Als Archiv für welche Prozesse? ...
 - Gibt es Informationen, die bei der Auswahl der Proben hilfreich sein können (z.B. Monitoring, relative Chronologie der Sedimente, etc.)? Können solche Daten innert nützlicher Frist erhoben werden?
 - Wie wird sichergestellt, dass die Chancen maximal sind, die „richtigen“ Proben zu nehmen?
 - => Ein Überblick über mögliche Proben in der/den Höhle(n) ermöglicht eine gezielte Wahl der Proben.
 - => wenn ganz spezielle Anforderungen gestellt werden (z.B. ein ganz bestimmter Zeitabschnitt bei Tropfsteinen), ist zu prüfen, ob anhand in situ Untersuchungen die gewünschten Tropfsteine identifiziert werden können (z.B. mit Kernbohrungen an der Stalagmitbasis zur Datierung).

- > Sind schon für die Studie geeignete Proben entnommen worden?
 - Haben schon andere Leute Proben im selben Gebiet oder mit einer ähnlichen Zielsetzung entnommen?
 - Wo sind die Proben? Wurden sie aufgebraucht? Können sie allenfalls anstelle neuer Proben analysiert werden?
 - => Aufgrund der Angaben auf dem Anmeldeformular der Wissenschaftlichen Kommission der SSS/SGH kann sie Antworten auf diese Fragen liefern.
 - => Die lokal aktiven Höhlenforscher verfügen häufig über weitere Informationen.

- > Sind Einschränkungen oder Schwierigkeiten für solche Studien bekannt?
 - z.B. zu tiefer Urangehalt, zu viel detritisches Thorium in Tropfsteinen, deren Alter, etc.
 - => Aufgrund der Angaben auf dem Anmeldeformular der Wissenschaftlichen Kommission der SSS/SGH kann sie Antworten auf diese Fragen liefern.

- > Können alle vorgesehenen Proben analysiert werden?
 - Genügen Laborkapazität, Zeit und Geld?
 - Macht die vorgesehene Anzahl Proben für die Fragestellung Sinn?
 - => Lieber eine Probe zu wenig nehmen und nochmals zurückkehren als unzählige Proben einlagern, die dann nie analysiert werden (die Distanzen in der Schweiz sind klein genug, dass es im Normalfall zumutbar ist, an den Probeort zurückzukehren).

Wegleitung zur Beurteilung von Projekten in Karstgebieten

- > Ist dem Höhlenschutz angemessen Rechnung getragen worden?
 - Braucht es diese Probe(n) zur Beantwortung der Frage überhaupt? Tut es nicht auch eine schon entnommene Probe?
 - Gibt es Untersuchungsmethoden, die helfen können, von Anfang an die „richtige“ Probe zu entnehmen (z.B. Kernbohrungen zur Datierung eines Tropfsteins)?
 - Eignet sich eine weniger gut sichtbare Probe genauso gut für die Studie?

=> **Interessenabwägung: Sind die erwarteten Erkenntnisse die dazu nötigen Eingriffe wert?**
- > Wurde das Projekt mit den lokal aktiven Höhlenforschern abgesprochen?
 - Die lokal aktiven Höhlenforscher verfügen häufig über detaillierte Kenntnisse der Höhle und können Auskunft geben über die Dynamik des Wassers und des Höhlenklimas, welche Untersuchungen in der Höhle schon stattgefunden haben oder ob Monitoringdaten vorhanden sind.
 - Wissenschaftliche Studien in Höhlen könnten häufig ohne die vorherige Arbeit der Höhlenforscher nicht durchgeführt werden (Erforschung, Dokumentation & Einrichtung der Höhle, etc.). Sie sind daher bei allfällige Probenahmen zu konsultieren.
- > Dokumentation der Probe und des Kontextes
 - Genauer Ort (Gang, Position innerhalb des Ganges, nächster Topopunkt, ...)
 - Einwirkende Prozesse: Hochwasser, Luftzug, ...
 - Einordnung in die lokale, relative Chronologie (was wurde vorher, gleichzeitig, nachher abgelagert?)
 - Fotos, Skizze, ...
 - gegebenenfalls kann ein Monitoringprogramm die Aussagekraft der Studie erhöhen (Temperatur, Hydrochemie, pCO₂,...).

=> Eine angemessene Dokumentation des Kontextes ist unumgänglich, damit Proben auch ausserhalb der konkret vorgesehenen Studie weiterverwendet werden können!
- > Meldung der Metadaten an die wissenschaftliche Kommission der SSS/SGH

Die Meldung der relevanten Daten (Formular) an die wissenschaftliche Kommission der SSS/SGH ermöglicht ihr, spätere Anfragen kompetent zu beantworten und unnötige Entnahmen weiterer, ungeeigneter Proben zu verhindern (z.B. bei zu wenig Urangehalt, oder wenn jemand „das selbe“ untersuchen will). Auch „Nicht-Resultate“ wie z.B. „zu wenig Uran zum Datieren“ sollten unbedingt gemeldet werden – damit können weitere, sinnlose Probenahmen vermieden werden!
- > Aufbewahrung des übrigbleibenden Probenmaterials

Die Probenehmer sind dringend aufgefordert, noch nutzbare Proben (nicht analysierte Proben und nutzbare Probenresten) aufzubewahren oder der wissenschaftlichen Kommission zu übergeben, anstatt sie zu entsorgen. Sofern der Probenehmer die Proben nicht mehr braucht und keine anderen Gründe dagegen sprechen, wird der Probenehmer gebeten, diese Proben anderen Interessierten zur Verfügung zu stellen. Gerade die Anwendung verschiedener Methoden auf demselben Probenmaterial (multi-proxy-approach) kann die Aussagekraft einer Studie signifikant erhöhen, was auch im Interesse des Probenehmers ist.

Meldeformular: Beprobung von Karstsedimenten

Oftmals werden Sedimente (Weichsedimente, Sinter, evtl. Knochen etc.) in Höhlen beprobt, ohne zu wissen, ob dieselben oder ähnliche Proben früher bereits entnommen wurden. Vielfach werden auch Proben entnommen, die aus unterschiedlichen Gründen "keine" Resultate liefern und deshalb auch nicht publiziert werden.

Die hier vorgeschlagene Meldung an die wissenschaftliche Kommission soll im Sinne einer ausführlichen Dokumentation des Schweizer Untergrundes einen Zugang zu diesen Ergebnissen vereinfachen. Sie soll auch zum Höhlenschutz beitragen, indem vermieden wird, dass Proben mehrfach entnommen werden. Die Kommission informiert den Meldenden, ob frühere Untersuchungen stattgefunden haben, oder ob spezielle Umstände vorliegen (z.B. zu geringer Urangehalt für eine Datierung), die eine Untersuchung erschweren. Schliesslich soll diese Meldung helfen, noch vorhandenes Probenmaterial zu identifizieren, das weiter untersucht werden kann.

Dazu werden die Probenahme wie auch zur Verfügung gestellte Resultate in einer Datenbank archiviert. Die in die Datenbank eingegebenen Daten bleiben Eigentum des Probenehmers und dürfen ohne dessen Einwilligung nicht verwendet werden. Ein Auszug aus der Datenbank (Metadaten: Höhlenname, Art der Beprobung, Art der Resultate) werden im Internet veröffentlicht; aus dieser Liste können aber keine publikationsfähigen Daten gewonnen werden.

Diese Meldung wird im Normalfall vor einer geplanten Probenahme gemacht, in Ausnahmefällen nachträglich (z.B. wenn für die Probenahme eine mehrtägige Expedition nötig wäre).

Meldeformular

Name der Höhle: _____

Kanton, Region, Koordinaten: _____

Zu beprobender Gang oder Beschreibung der zu beprobenden Stelle:

Zu beprobendes Material: _____

Zweck der Beprobung: _____

Probenehmer: _____

Adresse, Club: _____

Fotodokumentation? Ja _____ Nein _____

Wurde das Vorhaben mit den lokalen Forschern schon diskutiert? Ja _____ Nein _____

Geplanter Aufbewahrungsort der Probe: _____

Allfällige Publikationen: _____

Datum: _____

ANHANG C: LITERATUR UND GESETZGEBUNG

Publikationen der Schweizerischen Gesellschaft für Höhlenforschung SSS/SGH und des Schweizerischen Instituts für Speläologie und Karstforschung SSKA

Diese Publikationen können beim SSKA bestellt werden und stehen mehrheitlich auf der Homepage der SGH (www.speleo.ch) und des SSKA (www.isska.ch) zum Download zur Verfügung.

- > Unter unseren Füßen... der Karst
Kalklandschaften kennen und schützen
SSKA (2005): *La Chaux-de-Fonds*, 16 S.
- > Höhlen, fragile Unterwelt
Thomas Arbenz & Thomas Bitterli (2001): Herausgeber SSS/SGH, La Chaux-de-Fonds, 16 S.
- > Erhaltung und Schutz der Schweizer Höhlen- und Karstwelt
Vorschlag für eine dauerhafte und effiziente Verwaltung
SSKA (2001): *La Chaux-de-Fonds*, 16 S.
- > Konzept zur Ermittlung von Bedeutung, Empfindlichkeit, Bedrohung und Schutzbedarf der Höhlen in der Schweiz (Speläologische Geotope)
Thomas Bitterli (1997): Herausgeber SSS/SGH, La Chaux-de-Fonds, 5 S.

Grundlagen zu Höhlen und Karst

- > Karst und Höhlen der Schweiz
Andres Wildberger & Christian Preiswerk (1997), Speleo Projects, Allschwil, ISBN 3-908495-05-9, 208 S.
- > Höhlen – Welt ohne Licht
Entstehung, Erscheinungsformen, Tierleben, Höhlenforschung: Rémy Wenger (Hrsg., 2006), SSKA & BLV, München, ISBN 978-3-8354-0298-0, 239 S.
- > Les dolines – un élément caractéristique du paysage jurassien à préserver
République et Canton de Neuchâtel, Département de la gestion du territoire (2006), Neuchâtel, 6 S.
- > Cave Conservation and Restoration
Current practices in cave conservation plus proven field methods for cave restoration and speleothem repair
Val Hidreth-Werker & Jim C. Werker (eds., 2006), National Speleological Society, Huntsville, Alabama, USA, ISBN 1-879961-15-6, 600 S.
- > Karst Hydrogeology and Geomorphology
Derek Ford & Paul Williams (2007), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, ISBN 978-0-470-84997-2, 576 S.
Grundlagen der Karstwissenschaften ; enthält auch Kapitel zur Bewirtschaftung der Karstgewässer und zur Belastung des Karstes durch menschliche Aktivitäten (auf Englisch).
- > Guidline for Cave and Karst Protection
John Watson, Elery Hamilton-Smith, David Gillieson & Kevin Kiernan (Working Group on Cave and Karst Protection, 1997), IUNC – International Union for Conservation of Nature and Natural Ressources, Gland, CH and Cambridge, UK, ISBN 2-8317-0388-3, <http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/1997-026.pdf>, 63 S.

Für den Karst- und Höhlenschutz relevante Gesetze und Verordnungen des Bundes

- > Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG, SR 451)
- > Natur- und Heimatschutzverordnung (NHV, SR 451.1)
- > Verordnung über den Schutz der Moorlandschaften von besonderer Schönheit und von nationaler Bedeutung (SR 451.35)
- > Umweltschutzgesetz (USG, SR 814.01)
- > Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV, SR 814.011)
- > Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo, SR 814.12)
- > Luftreinhalteverordnung (LRV, SR 814.318.142.1)
- > Gewässerschutzgesetz (GSchG, RS 814.20)
- > Gewässerschutzverordnung (GSchV, RS 814.201)
- > Technische Verordnung über Abfällen (TVA, RS 814.600)
- > Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (AltIV, RS 814.680)
- > Waldgesetz (WaG, 921.0)
- > Waldverordnung (WaV, 921.01)

Relevante Publikationen des Bundesamt für Umwelt BAFU

Diese Publikationen können auf der Homepage des BAFUs (www.bafu.admin.ch) bestellt und heruntergeladen werden.

- > UVP-Handbuch
*Richtlinie des Bundes für die Umweltverträglichkeitsprüfung (Art. 10b Abs. 2 USG und Art. 10 Abs. 1 UVPV)
BAFU (2009): Vollzug Umwelt Nr. 0923 (UV-0923-D), Bern, 156 S.*
- > Wärmenutzung aus Boden und Untergrund
*Vollzugshilfe für Behörden und Fachleute im Bereich Erdwärmenutzung
BAFU (2009): Vollzug Umwelt Nr. 0910 (UV-0910-D), Bern, 51 S.*
- > Umweltbaubegleitung mit integrierter Erfolgskontrolle
*Einbindung in den Bau und Betrieb eines Vorhabens
Brunner W. & Schmidweber A. (2007): Umwelt-Wissen Nr.0736 (UW-0736-D), BAFU, Bern, 79 S.*
- > Wegleitung Grundwasserschutz
BUWAL (2004): Vollzug Umwelt Nr. 2508 (VU-2508-D), Bern, 141 S.
- > Verhandlungsempfehlungen
*Empfehlungen für das Verhandeln bei Projekten, die dem Verbandsbeschwerderecht unterliegen
BAFU (2004): Vollzug Umwelt Nr. 1905 (VU-1905-D), Bern, 20 S.*

Wegleitung zur Beurteilung von Projekten in Karstgebieten

- > Abfall- und Materialbewirtschaftung bei UVP-pflichtigen und nicht UVP-pflichtigen Projekten
Wegleitung
BUWAL (2003): Vollzug Umwelt 3009 (VU-3009-D), Bern, 11 S.
- > Wegleitung Verwertung von ausgehobenem Boden
BUWAL (2001): Vollzug Umwelt Nr. 4812 (VU-4812-D), Bern, 20 S.
- > Landschaftsästhetik
Wege für das Planen und Projektieren
BUWAL (2001): Leitfaden Umwelt LFU Nr. 9 (LFU-9-D), Bern, 92 S.
- > Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz
Die Eingriffsregelung nach schweizerischem Recht
Kägi, B., Stalder, A. & Thommen, M. (2002): Leitfaden Umwelt Nr. 11 (LFU-11-D), BUWAL, Bern, 123 S.
- > Praxishilfe – Kartierung der Vulnerabilität in Karstgebieten
Methode EPIK
BUWAL (1998): Vollzug Umwelt Nr. 2504 (VU-2504-D), Bern, 56 S.
- > Wegleitung zur Umsetzung des Grundwasserschutzes bei Untertagebauten
BUWAL (1998): Vollzug Umwelt Nr. 2503 (VU-2503-D), Bern, 32 S.
- > UVP von Wasserkraftanlagen
Massnahmen zum Schutz der Umwelt
BUWAL (1997): Mitteilungen zur Umweltverträglichkeitsprüfung Nr. 8 (UVP-8-D), Bern, 183 S.
- > UVP von Strassenverkehrsanlagen
Anleitung zur Erstellung von UVP-Berichten
BUWAL (1992): Mitteilungen zur Umweltverträglichkeitsprüfung Nr. 7 (UVP-7-D), Bern, 192 S.
- > Natur- und Landschaftsschutz, sowie Heimatschutz (N/L+H) bei der Erstellung von UVP-Berichten
Anleitung für die Verfasser des Sachbereichs N/L+H (1991)
BUWAL (1991): Mitteilung zur Umweltverträglichkeitsprüfung Nr. 4 (UVP-4-D), Bern, 179 S.
- > Der Bereich Gewässerschutz und Fischerei im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsprüfung
BUWAL (1990): Mitteilungen zur Umweltverträglichkeitsprüfung Nr. 5 (UVP-5-D), Bern, 20 S.

Andere erwähnte Werke

- > Die kleinen Fliessgewässer – Bedeutung, Gefährdung, Aufwertung
C. Boschi, R. Bertiller & T. Coch (2003), vdf Hochschulverlag, Zürich, ISBN 3-7281-2907-0, 119 S.

ANHANG D: NÜTZLICHE ADRESSEN

> Schweizerische Gesellschaft für Höhlenforschung SSS/SGH

Die Schweizerische Gesellschaft für Höhlenforschung SSS/SGH engagiert sich in erster Linie für die Erforschung und Dokumentation von Höhlen und Karstgebieten der Schweiz, manchmal aber auch im Ausland. In der Schweiz werden jedes Jahr etwa ein Dutzend Kilometer neue Höhlengänge entdeckt und dokumentiert. Weiter kümmert sich die SSS/SGH um die Höhlenrettung (SpéléoSecours), die Ausbildung der Höhlenforscher und den Höhlen- und Karstschutz.

Im Bereich Karst- und Höhlenschutz arbeitet die SSS/SGH sehr eng mit dem SSKA (s. unten) zusammen. Dabei stehen unter anderem die Inventarisierung und Säuberung unzähliger, mit Abfall gefüllter Dolinen und Höhlen, die Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit (Vorträge, Exkursionen, direkte Kontakte, Beiträge in den Medien) und die Identifizierung, Überwachung und Betreuung von bedrohten Objekten (Geotopinventare, objektspezifische Schutzmassnahmen, Betreuung von Bauprojekten, etc.) im Vordergrund. Dabei arbeiten die SSS/SGH und das SSKA mit den Behörden, den Grundeigentümern und anderen Umweltorganisationen zusammen. Das Höhlen- und Karstschutzprogramm der SSS/SGH wird vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) finanziell unterstützt.

Postfach 1332
2301 La Chaux-de-Fonds
Tel. 032 / 913 35 33, Fax 032 / 913 35 55
sss-sgh@speleo.ch, patrimoine@speleo.ch
www.speleo.ch

> Kommission für wissenschaftliche Speläologie der SSS/SGH und der ScNat

Diese Kommission gruppiert die wissenschaftlich orientierten Höhlenforscher der SSS/SGH und ist sowohl ein Organ der SSS/SGH als auch eine Arbeitsgruppe der Plattform Geosciences der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SCNAT). Die Kommission unterstützt die Höhlenforscher in wissenschaftlichen Belangen (Ausbildung, Beratung und Hilfe bei wissenschaftlichen Projekten) und ist ein Bindeglied zwischen der SSS/SGH, der Plattform Geosciences der ScNat, dem SSKA und anderen Institutionen, die sich professionell oder akademisch mit der Karstologie beschäftigen.

CSS
c/o Hans Stünzi
Weiningerstr. 79
8105 Regensdorf
Tel. 044 840 66 39
science@speleo.ch

> Schweizerisches Institut für Speläologie und Karstforschung

Das SSKA ist ein Kompetenzzentrum für Speläologie und Karstwissenschaften und wurde im Jahre 2000 auf Initiative der Schweizerischen Gesellschaft für Höhlenforschung gegründet. Es beschäftigt ein Dutzend Spezialisten, die Behörden und anderen Interessierten ihre Kompetenzen und Informationen zur Verfügung stellen, die der Bewältigung von Problemen mit der Welt unter Tage dienlich sind (wissenschaftliche Forschung, Schutzmassnahmen, Dokumentation, Sicherheit, etc.). Das SSKA verfolgt das Ziel, die Arbeit der Höhlenforscher zu fördern, zu lenken und bekannt zu machen, um sie Interessierten – Behörden, Universitäten, privaten Einrichtungen, Schulen und der breiten Öffentlichkeit – leichter zugänglich zu machen.

Postfach 818
2301 La Chaux-de-Fonds
Tel. 032 / 913 35 33, Fax 032 / 913 35 55
info@isska.ch
www.isska.ch

> **Bundesamt für Umwelt BAFU**

*Bundesamt für Umwelt BAFU
3003 Bern
Tel.: 031/ 322 93 11, Fax: 031/ 322 99 81
info@bafu.admin.ch
www.bafu.admin.ch*

*Sektion Landschaften von nationaler Bedeutung
Abteilung Natur und Landschaft
Tel: 031/ 322 93 87, Fax: 031/ 324 75 79
infol@bafu.admin.ch*

*Sektion Grundwasserschutz
Abteilung Wasser
Tel: 031/ 322 69 69, Fax: 031/ 323 03 71
wasser@bafu.admin.ch*

*Sektion Hydrogeologie
Abteilung Hydrologie
Tel: 031/ 324 77 58, Fax: 031/ 324 76 81
hydrogeologie@bafu.admin.ch*

> **Geologische Informationsstelle**

Die Geologische Informationsstelle sichert unpublizierte, geologische Dokumente und Berichte auf nationaler Ebene und macht diese verfügbar.

*Landesgeologie
Seftigenstrasse 264
3084 Wabern
Tél. 031/963 25 68, Fax 031/ 963 25 45
infogeol@swisstopo.ch
<http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/services/geology.html>*