

DIE CAVERNA DE TANQUE AZUL

EIN SUBAQUATISCHES HÖHLENSYSTEM BEI GIBARA (Cuba)

von Hannes ECHTINGER¹

Zusammenfassung

Die Caverna de Tanque Azul im Osten Cubas ist das größte bekannte subaquatische Höhlensystem des Landes und mit bislang 2.800 Meter erforschter Gesamtlänge. Der Zugang zu dieser Großhöhle erfolgt über einen typischen Einsturzkessel, dem eigentlichen Tanque Azul, der den Menschen bereits seit über einem Jahrhundert als großes natürliches „Schwimmbekken“ bekannt ist.

In den verästelten Gängen des Systems öffnen sich eine Reihe von Kammern und Hallen, die Höhle ist reich mit verschiedenartigen Sinterformen wie Stalaktiten, Stalagmiten, Tropfsteinsäulen oder Sinterfahnen geschmückt.

Die Genese und Entwicklung des Höhlensystems weist drei verschiedene Phasen auf. Zur eigentlichen Höhlenentstehung kam es unter phreatischen Verhältnissen in der Folge von tektonischen Aktivitäten. Während der Kaltzeiten fiel die Höhle durch glazieostatische Meeresspiegelschwankungen über längere Zeiträume hinweg trocken, es bildeten sich die sekundären Tropfsteinformen, und schließlich wurde das System im Verlauf der holozänen Transgression wieder auf das heutige Niveau vollständig überflutet.

Abstract

The Caverna de Tanque Azul, in eastern Cuba, is currently the country's largest inundated cave system with a total survey length of 2,800 meters. The entrance to this cave, which has the form of a large natural swimming pool, consists of a cenote, a collapsed doline, and the cave has been well known for over a century now.

The complex system of passages contain sequencies of chambers and rooms and the whole cave is richly decorated with the different kinds of speleothems such as stalactites, stalagmites, columns and drapery.

The genesis and development of this cave system shows three different stages. Firstly, the cave was formed under phreatic conditions as a result of tectonic activities. Then, during colder times, the cave fell dry over various long periods owing to glacio-eustatic fluctuations and the secondary dripstone forms originated. Finally, the system was inundated to its present-day level during the course of the Holocene transgression.

Einführung

Die Caverna de Tanque Azul liegt im Nordwesten der Provinz Holguín, nahe dem Fischerdorf Caletones bei Gibara, im Osten Cubas. Die Zugänge zu diesem verzweigten subaquatischen Großhöhlensystem liegen unter dem Wasserspiegel in einem der typischen Einsturzkessel der Karstebene, dem eigentlichen Tanque Azul.

Aus Gesprächen mit den Einheimischen war zu erfahren, daß dieses geographische Phänomen seit etwa 1875 bekannt ist. Zahllose Menschen haben sich seitdem im glasklaren Wasser dieses großen, natürlichen Schwimmbekens bei einem Bad erfrischt. Nur ganz wenige aber wissen, daß dies der Eingang in das

größte subaquatische Höhlensystem Cubas ist, und die Caverna de Tanque Azul auch zu einer der größten Höhlen diesen Typs weltweit gezählt werden kann.

Hier öffnen sich unter dem Wasserspiegel in Richtung Westen und Osten zwei der Hauptgänge des Systems, welche sich in zahlreiche Nebenäste teilen und verzweigen, und in eine Reihe von Kammern und Hallen münden. Die Schönheit der Höhle ist faszinierend, Gänge, Kammern und Hallen sind mit reichhaltigen Sinterformen geschmückt und zeigen dem Taucher eine einzigartige Welt.

Seit ihrer Entdeckung im Jahre 1982 durch die tschechische Höhlentauchergruppe Hranicki Kras war die Caverna de Tanque Azul immer eine Herausforderung für die Speläologie (NUÑEZ, 1990). Im Jänner 1986 wurde die Höhle zum ersten Mal im

¹ Dr. Hannes Echtinger - Altenhof 52, A-5622 Goldegg AUSTRIA.
e-mail: echtinger@Eunet.at

Rahmen einer Expedition der kubanischen Speläologengruppe Felipe Poey aus Gibara sowie der Gruppe Hranicki Kras erkundet. Nach einer Mitteilung von Vladimir Panos im Frühsommer 1999, konnten im Rahmen dieses Besuches 2.600 Meter befahren und eine einfache Planskizze des Systems angefertigt werden. Dabei leistete vor allem der kubanische Speläologe und Höhlentaucher José Corella Pionierarbeit. Diese Expedition war jedoch vorwiegend vom sportlichen Interesse der tschechischen Taucher geprägt, wissenschaftliche Arbeiten wurden dabei nicht durchgeführt. Da sämtliche Abschnitte der Höhle vollständig mit Wasser gefüllt sind, nur in der Galeria del Este konnte bis heute eine Luftglocke gefunden werden, ist die Erforschung des Systems außerordentlich schwierig und erfordert große Erfahrung sowie eine umfangreiche Ausrüstung.

Im Anschluß an diese Expedition geriet das Höhlensystem allerdings über mehr als 10 Jahre wieder in völlige Vergessenheit. Erst im Rahmen speläologischer Forschungsarbeiten im Karstgebiet von Gibara und Holguín richtete der Autor seine Aufmerksamkeit auf dieses einmalige Naturphänomen (CORELLA; ECHTINGER & GUARCH, 2000; ECHTINGER & GUARCH, 2000). So wurden in den Jahren 1997 bis 99 im Rahmen dieser Arbeit, neben allgemeinen speläologisch-geologischen Erkundungen, sowie einer eingehenderen Untersuchung der grundlegenden chemischen Wasserkennwerte und deren Stratigraphie im Bereich der Höhle, weitere 200 m des Höhlensystems betachtet und vermessen. Die bisher erforschte und nunmehr kartierte Gesamtlänge des Höhlensystems beträgt 2.800 Meter.

Geologischer und morphologischer Überblick des Untersuchungsgebietes

Das Höhlensystem liegt in der nördlichen Ebene Tunas-Holguín die sich über gehobenen, lakustrisch-karbonatischen, nicht sehr mächtigen Konglomeraten des unteren bis mittleren Miozän entwickelt hat. Diese Decke liegt auf einer Schicht organischer Kalke (Korallenkalke) auf. Darunter liegen die basischen Gesteine der Antiklinale. Die Ablagerungen, welche an den Rändern sehr differenziert sind, weisen an einigen Stellen kleine Einschübe von Gips und Anhydriten auf. Ins Landesinnere in Richtung Süden nimmt die Serie der Schichten sukzessive ab, und die aufliegenden Horizonte der Sandsteine sind zum Großteil entblößt. Die maximale Stärke der Serie beträgt etwa 60 m (PANOS, 1988).

Nahe der Küste ruhen auf dieser Serie Reste einer Abfolge von einzelnen Erhebungen der pliozänen Küstenterrasse die aus organischen Kalken und einer pleistozänen (oberes Sangamon) Decke von kalkigem

Detritus aufgebaut ist. Nahe der heutigen Küstenlinie ruhen auf den miozänen und pliozänen Ablagerungen zudem Sande der rezenten Küste sowie Schlamm der Mangroven. Die Küstenlinie wird von der fast durchlaufenden Barriere des vorgelagerten Riffs begleitet.

Auf der Ebene fehlt jegliche oberflächige Entwässerung. Die Oberfläche ist leicht in Richtung Meer (Norden) geneigt und in ihrer S-N Richtung in 3 verschiedene Niveaus verschiedener morphologischer Ausprägungen aufgegliedert.

- Das höchste Niveau im Süden ist eine abrasiv-denudative Ebene, leicht gegliedert und unregelmäßig nach Norden geneigt. Sie breitet sich in Höhen von 50 - 190 m aus. Die innere Grenze bildet der obere Rand der Abhänge der Sierra de la Candelaria und der Hügel von Cupeicillo. Nach Süden fallen die Hänge zu den tieferen Niveaus (Hügelland von Holguín und Zentralebene von Tunas) ab.

- In Richtung Norden hängt sich das mittlere Niveau leicht abgesetzt an das höchste Niveau an. Dieses liegt in einer Höhe von 5 bis 50 m und wird von einer abrasiv-denudativen Terrasse, die leicht gewellt ist, gebildet.

- Das niedrigste Niveau, das sich etwa über Bereich von 0 bis 5 m Höhe erstreckt, ist eine fast ebene, abrasive-akkumulative Terrasse aus dem oberen Sangamon (PANOS, 1988). Die Oberfläche ist leicht gewellt und stark verkarstet.

Im Grenzbereich der letztgenannten beiden Niveaus liegt auch die Einsturzdoline welche den Zugang zur Caverna de Tanque Azul bildet. Die Höhle entstand in einem sehr interessanten wie komplexen geologischen Zusammenhang. Das gesamte System fällt in den Kontaktbereich von zwei lithologisch wie altersmäßig verschiedenen Gesteinsschichten. Die Formation Jaimanitas, die sich im Norden des Untersuchungsgebietes in einem etwa 3 - 4 Km breiten Streifen ausdehnt, bedeckt diskordant die ältere Formation Vásquez im Süden des Untersuchungsgebietes (JAKUS, 1983).

Die Formation Jaimanitas besteht aus massiven, organisch detritischen Kalken gelblicher Farbe. Radiometrische Datierungen haben ein Alter von etwa 130.000 Jahren ergeben (JAKUS, 1983). Dies entspricht etwa der Zeit der maximalen glazieustatischen Transgression während des oberen Sangamons. In diese Stufe kann etwa auch das Paläokliff in einer Höhe von etwa 7,5 Meter datiert werden, das sich im Verlauf vieler Abschnitte der Karstebene im Untersuchungsgebiet verfolgen läßt und sehr oft Halbhöhlen oder Nischenhöhlen bildet (CORELLA; ECHTINGER & GUARCH, 2000). Nachgewiesen wurde diese Terrasse auch auf Andros Island, Bahamas (GASCOYNE, 1979), sowie auf den Bermudas von HARMON *et al.*, (1981), der diese mit einer absoluten Altersbestimmung (Uran-234-Methode) auf 125.000 BP datiert.

Die Formation Vásquez, aus grau bis grünlichen Kalken die gut geschichtet sind, kann in das untere bis

mittlere Miozän datiert werden (JAKUS, 1983). Die Schichten fallen mit durchschnittlich 4-5 Grad nach Norden ein.

Die Küste ist meist als Steilküste mit niedrigem Kliff (1 bis 3 m) mit den typischen scharfkantigen Karrenformen *diente de perros*, Hundezähne, ausgebildet, von einzelnen Sandstränden unterbrochen, und wird von einem Korallenriff in unregelmäßigem Abstand begleitet. RAMOS *et al.*, (1979), vermerken für die nordöstliche Küste Kubas rezente leichte Hebungstendenzen. Beobachtungen an der Küste, etwa an (heute) küstennahen Straßenbauten bei Caletones oder dem touristisch genutzten Sandstrand in Guardalavaca zeigen, daß die Abrasionstendenzen augenscheinlich sehr ausgeprägt sind. Als maßgebliche Agenzien können hierbei vor allem die starke Brandung an der Passatfront, sowie im weiteren auch die weltweite glazieostatische Transgression von etwa 1 mm/Jahr (KELLETTAT, 1987) angemerkt werden.

Die Caverna de Tanque Azul

LAGE

Das Höhlensystem liegt etwa 5 Kilometer südlich von Caletones. Das kleine Fischerdorf liegt an der Nordostküste Kubas im Westen der Stadt Gibara (Provinz Holguín). Die gesamte Küstenebene weist hier intensive oberflächige wie subterrane Verkarstung auf. Ein nahezu undurchdringlicher, trockener Kalk-Dornbuschwald steht auf den flachgründigen, dunklen Karbonatböden. Zahlreiche Einsturzkessel, aber auch Lösungs- und Einsturzdolinen, bilden verbreitet Zugänge zu den zahlreichen Höhlen und den verschiedenen Karstwasserniveaus.

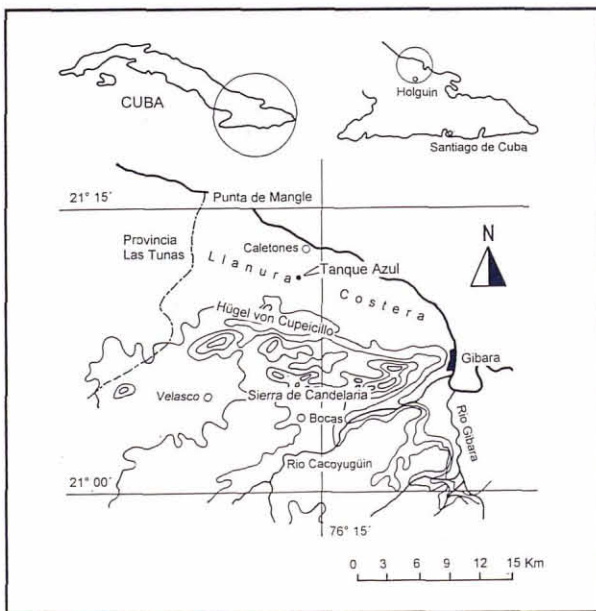


Abbildung 1: Lage der Caverna de Tanque Azul.

Figure 1: Situation of the Caverna de Tanque Azul.

Ähnliche Karstformen, wie jene für die Karstebene von Gibara so typischen und weitverbreiteten Einsturzkessel, wurden von LLORET & UBACH (1993) in Yucatan (Mexiko) eingehender untersucht. Die in Mexiko unter dem ortsüblichen Namen *Cenotes* bekannten Karstformen entsprechen in Genese und Physiognomie jenen Einsturzkesseln die im Karstgebiet von Gibara vorzufinden sind. Die Zugänge zum System der Caverna de Tanque Azul befinden sich in einem dieser Kessel, dem eigentlichen Tanque Azul. Dieser entspricht in Anlehnung an die Untersuchungen von Lloret und Ubach dem als „zylindrisch-elliptisch“ ausgewiesenen Typus.

Der Kessel mit seinem etwa elliptischen Grundriß weist eine freiliegenden Wasserfläche von ca. 30 mal 15 Meter auf. Der Wasserspiegel liegt im Durchschnitt 5 Meter unter dem Terrain und entspricht dem Meeresniveau. Durch die Reflexion des Blau des Himmels im klaren Wasser des Beckens erscheint seine Farbe durchwegs in einem tiefen Blau, woraus sich auch der Name des Tanque Azul, der blaue Tank, erklärt. Im Verlauf der Forschungsarbeiten war zu beobachten, daß sich die Farbe insbesondere in den Monaten Juni bis September infolge der starken Präsenz der Mikroflora im Cenote ändert, und das Wasser in diesen Monaten in einem dunklen Grün schimmert. Die Wassertiefe im Kessel reicht von etwa 2 Meter im südlichen Teil des Beckens bis auf 9 Meter im Norden. Zwischen dem Höhlensystem und dem Meer bestehen offensichtlich Verbindungen durch weitverzweigte Kluft- und Spaltensysteme, wodurch sich der Spiegelstand im Cenote entsprechend den Gezeiten im offenen Meer ändert. Im Durchschnitt bewegt sich der Wasserspiegel zwischen Höchst- und Tiefststand im Bereich um 40-60 cm, wobei die Schwankungen in der Doline um etwa zwei Stunden gegenüber dem offenen Meer verzögert sind.

Der Tanque Azul liegt grundsätzlich im Bereich jenes schmalen Streifens der, bei bestehenden Verbindungen zum Meer, karsthydrologisch die Übe-



Abbildung 2: Der Cenote „Caverna de Tanque Azul“ – Eingang zum Höhlensystem. (Foto: H. Echtinger).

Figure 2: The cenote Caverna de Tanque Azul – Cave-system entrance. (Photo: H. Echtinger.)

rangszone zwischen Süß- und Salzwasser bildet. In diesem Küstenbereich befinden sich zahlreiche weit- und vielverzweigte Höhlensysteme, die sehr oft auch miteinander in Verbindung stehen. Ein Grund dafür ist vor allem in der intensivierten Kalklösung des Misch- bzw. Salzwassers zu suchen. So konnten auch in anderen küstennahen Höhlen, welche durch die zahlreichen Cenotes erschlossen werden können, derartige weitverästelte Gangsysteme betaut und dabei die weitreichenden Verbindungen der Höhlen bzw. Kessel untereinander verifiziert werden.

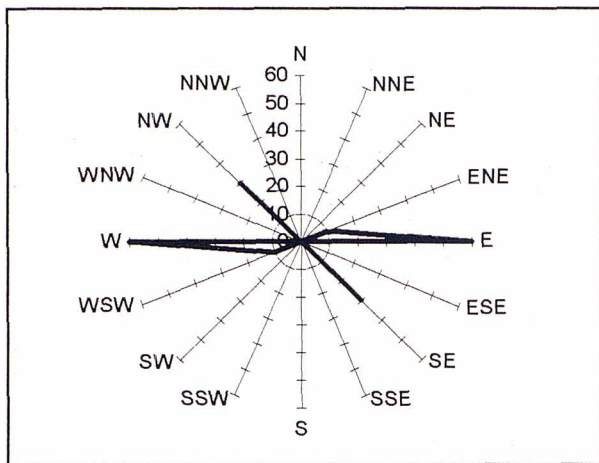


Abbildung 3: Kluftrose für den Bereich der Caverna de Tanque Azul. (Kartierung und Entwurf: H. Echtinger, 1998).

Figure 3: Cleit-rose for the Caverna de Tanque Area. (H. Echtinger, 1998.)

Neben den genannten Dolinen und Einsturzkesseln mit Mischwasser findet man auf der Karstebene von Gibara aber auch etliche Zugänge über Karstformen ähnlichen Typs zum subterranean Süßwassernetz, sowie isolierten Karstwasserkörpern und Süßwasserlinsen (CORELLA; ECHTINGER & GUARCH, 2000). Diese werden auch verbreitet zur Trinkwassergewinnung genutzt. Die Durchflußmenge der von den Hügeln im Süden in Richtung Meer führenden subterranean Entwässerungslinien beträgt dabei zwischen 10 und 300 l/sec (I.C.G.C., 1989).

ENTSTEHUNG DES HÖHLENSYSTEMS

Im mittleren Quartär, etwa während des Waal-Menap Komplexes, war die Ebene zwischen Punta del Mangle und der Bucht von Gibara bis an den Fuß der Hügel von Cupeicillo vom Meer bedeckt. Infolge der noch regen tektonischen Aktivitäten in diesem Abschnitt der Formation wurde die submeerische Ebene durch vertikale Bewegungen etwa auf das heutige Niveau gehoben (RAMOS *et al.*, 1979).

In dieser ersten Phase der Speläogenese kam in der Folge die Entwässerung der Ebene in Richtung Norden sukzessive in Gang, die Zirkulation des subterranean Wassers führte zu intensiven Lösungs- und

Erosionsprozessen. Bestehende Klüfte und Spalten, insbesondere auch Schichtfugen in diesem mineralogischen Grenzbereich, wurden so erweitert und ausgeformt, und die grundlegenden Hohlräume des Höhlensystems entstanden. Ein Vergleich der vorwiegenden Verlaufsrichtungen des Kluftsystems mit der Orientierung der Höhlengänge hat in etlichen Abschnitten des verzweigten Systems eine weitgehende Übereinstimmung ergeben.

In diesen Zeitraum kann auch die Entstehung des Einsturzkessels, dem eigentlichen Tanque Azul datiert werden. Vermutlich kam es in Zusammenhang mit den Hebungsvorgängen, sowie dem im weiteren fehlenden Wasserdruck infolge der Entwässerung eines primären Hohlraumes, zum Einsturz der Decke. So konnten am Trümmerwerk und den Versturzböcken, die Ausmaße bis zu 5 Meter Seitenlänge aufweisen, keinerlei Reste von sekundären Sinterformen gefunden werden.

Als maßgebliches Agens bei der Schaffung der Hohlräume kann wohl die chemische Lösung der Kalke angesehen werden. Dieser Prozess konnte sich unter dem Einfluß des tropischen Klimas, der Zuführung großer Mengen biogenen Kohlendioxids als Folge des Grünkarstes, sowie der Mischungskorrosion mit erheblich erhöhtem Stoffumsatz sehr intensiv entfalten.

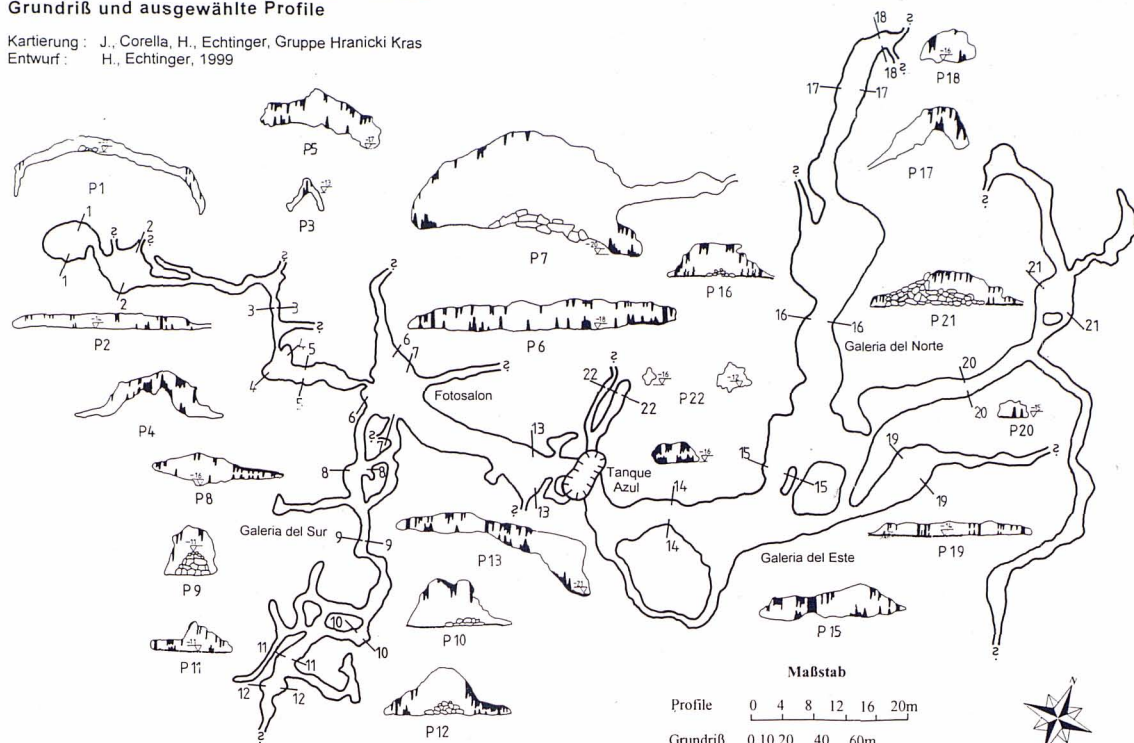
Den paläoklimatischen Oberflächentemperaturen des karibischen Meeres im Verlaufe des Pleistozäns von 23 bis 29 Grad C, sowie der glazial/interglazialen Schwankungen der Lufttemperatur um 7 bis 8 Grad im karibischen Raum (EMILIANI, 1970 & 1972) folgend, kann in allen tropischen Höhenzonen eine merkbare Klimaänderung als wahrscheinlich gelten. Da sich auf Cuba auch geringe topologische Differenzen stark auf die Niederschlagssummen im Jahresablauf auswirken darf angenommen werden, daß auch die glazieostatischen Absenkungen des Meeresspiegels, etwa um 120 Meter im Wisconsin und bis zu 145 Meter im mittleren Illinoian (GASCOYNE *et al.*, 1979), insbesondere auf der Nordseite im passatischen Bereich, zu erheblich verstärkter Humidität geführt haben. Diese Faktoren können auch für eine Intensivierung der zweiten Phase der Höhlengese, der Bildung von Tropfsteinformen, ins Kalkül gezogen werden.

Infolge der bereits erwähnten glazieostatischen Regressionsphasen während der pleistozänen Kaltzeiten, fiel das Höhlensystem in einer 2. Phase über längere Zeiträume hinweg trocken. Während dieser Perioden kam es zur Ausbildung der sekundären Sintergeneration, vor allem Tropfsteinformen wie Stalaktiten, Stalagmiten oder Tropfsteinsäulen. Da eine absolute Altersbestimmung dieser Formationen bislang noch nicht durchgeführt werden konnte, konzentrierten sich die Autoren neben der Synthese aller lokaler Geofaktoren und Sachverhalte auch auf die verfügbaren und vergleichbaren Forschungsergebnisse und Daten aus dem naheliegenden Karibikraum. GASCOYNE *et al.* (1979), gibt an, daß Untersuchungen von Tropfsteinformationen auf den Bahamas sowie den

CAVERNA DE TANQUE AZUL

Grundriß und ausgewählte Profile

Kartierung: J. Corella, H. Echtinger, Gruppe Hranicki Kras
Entwurf: H. Echtinger, 1999



Bermudas auf eine Entstehung während intensiver Regressionsphasen etwa im Wisconsin, dem mittleren Sangamon, oder der oberen Illinoian Kaltzeit hinweisen. Absolute Altersbestimmungen von Stalagmiten aus 45 Meter Wassertiefe, aus einem der *blue-holes* bei Andros Island (Bahamas), haben ein durchschnittliches Alter von 139.000 bis 160.000 Jahren b.p. ergeben. Dies entspricht etwa dem Zeitraum der unteren Illinoian Kaltzeit.

Nach den in diesen Arbeiten gewonnenen Erkenntnissen, sowie der bisherig ermittelten Speläochronologie im Umfeld der Caverna del Tanque Azul darf angenommen werden, daß es sich auch bei dieser Höhle um Tropfsteinformen handelt deren Bildung in den Zeitraum der Illinoian und Wisconsin Kaltzeiten, sowie in das untere bis mittlere Sangamon datiert werden können.

Das System wird während der Transgressionsphasen der Yarmouth und wohl auch der Aftonian Warmzeiten temporär überflutet worden sein. Eine dieser subaquatischen Phasen in jüngerer Zeit kann mit großer Sicherheit etwa während des oberen Sangamon-Interglazials angenommen werden, in die auch die Ablagerungen der Formation Jaimanitas im Norden des Untersuchungsgebietes fallen.

Die dritte Phase schließlich, ist von der umfassenden Transgressionsphase infolge des weltweiten Temperaturanstieges nach der letzten Kaltzeit und mit dem Beginn des Holozäns etwa 12.000 Jahre BP

gekennzeichnet. Der Meeresspiegel stieg in Folge der weltweiten Temperaturerhöhung wiederum, und das Höhlensystem wurde auf das rezente Niveau erneut überflutet.

SPELÄOCHARAKTERISTIK

Das Höhlensystem kann mit seiner Gesamtlänge von 2.800 Meter zu den Großhöhlensystemen gezählt werden (TRIMMEL, 1968). Die E-W Erstreckung beträgt 620 Meter, in Richtung N-S dehnt sich das System über 340 Meter aus. Die Maximalerstreckung beträgt 660 Meter in Richtung WSW-ENE. Mit diesen Ausmaßen ist sie die größte bisher bekannte subaquatische Höhle in Cuba.

Die Hauptgänge öffnen sich 3-5 Meter unter dem Wasserspiegel des Tanque Azul in Richtung Osten und Westen. Im Norden der Doline führt zudem ein sich gabelnder Gang über fast 50 m bis zu einer Engstelle mit bisher unbekannter Fortsetzung. Der Hauptgang im Westen mündet nach etwa 105 m in eine große Halle, dem Photosalon, und teilt sich hier in zwei weiterführende Seitenlabyrinth in westliche bzw. südlicher Richtung. Im Photosalon erreicht der Höhlenboden die Tiefe von 20 Meter unter dem Wasserspiegel, kurz nach den Einstieg in den westlichen Teil der Höhle wird mit 21 Meter die maximale Tiefe erreicht. Die maximale Niveaudifferenz beträgt etwa 17 Meter. Der östliche Abschnitt des Systems teilt sich ebenfalls etwa 160 m

nach der Galeria del Este in drei grundsätzliche Nebenstrecken.

Alle Bereiche des Höhlensystems sind Zonen vollständiger Wasserfüllung, Luftglocken oder Hohlräume über dem Wasserspiegel konnten bis dato nur an einer Stelle gefunden werden. Im westlichen Arm der Galeria del Este hat sich in der Höhlendecke (als Leitform der Mischungskorrasion) eine etwa halbkugelförmige, kol-kartige Hohlform mit ca. 2 Meter Durchmesser ausgebildet. Hier verblieb in einer Tiefe von etwa 13 Meter unter dem Wasserspiegel eine Luftglocke bestehen. Zum aktuellen Stand ist der weitere Verlauf von 15 Nebenästen noch unbekannt. Das Höhlensystem zeigt, gemäß ihrer Genese unter phreatischen Verhältnissen, eine vorwiegende Horizontalentwicklung und weist nur ein Höhlenniveau auf.

Das dendritisch verzweigte Höhlensystem liegt im Kontaktbereich von zwei lithologisch wie altersmäßig verschiedenen, verkarstungsfähigen Gesteinsschichten (vergl. Pkt. 2) und stellt somit eine charakteristische Schichtgrenzhöhle dar. An zahlreichen Stellen in der Höhle kann die Kontaktzone zwischen der hangenden Formation Jaimanitas und der leichter lösbarer Formation Vasquez deutlich festgestellt werden. Die Raumprofile der Gänge, Kammern und Hallen präsentieren sich mit den typischen, schichtengebundenen Höhlenräumen. So zeigen sich überwiegend ausgeprägte, breit ausladende, niedrige Flach- und Linsenprofile. Annähernde Kreis- oder Schmalprofile kommen in der Höhle nur vereinzelt vor. An etlichen Stellen sind die Gänge durch Niederbrüche der Höhlendecke nach oben hallenartig erweitert. Es bildeten sich zum Teil große Kammern und Hallen aus.

Decke, Boden und Wände des Systems sind reich mit Sinterformen wie Stalaktiten, Stalagmiten, Tropfsteinsäulen und -kerzen, sowie Sinterfahnen besetzt. Decken- wie Bodensinterzapfen weisen überwiegend kegelige Formen auf, es zeigen sich aber auch zylindrische und kaskadenartige Formen. Diese Sekundärformen erreichen Längen bis zu mehreren Metern, die Tropfsteinsäule im Photo-Salon weist einen Durchmesser von über 2 Meter auf. Die Farben der Sinterbildungen variieren sehr stark. Es zeigen sich milchweiße, gelbe und braune, bläuliche und grünliche, sowie rote Töne. Dies weist auf den Gehalt des formenbildenden Sickerwassers von Eisenoxiden (gelb, braun) oder Manganoxiden (rot) hin. Die bläulichen und grünlichen Farbtöne entstanden vermutlich durch die Lösung erzhaltiger Karstgesteine. Inwieweit es sich bei den weißen Sinterformen um reinen Kalzit oder um Aragonit handelt werden die noch ausstehenden Laboranalysen klären können.

Die Evakuationssohle präsentiert sich über große Strecken ohne Bedeckung mit Sedimenten im anstehenden Muttergestein. An etlichen Stellen finden sich aber verschiedene Sedimente. Verbreitet ist die Höhlensohle mit einem erdig-lehmigen Sediment (Höhlenlehm) mit brauner bis rotbrauner Farbe bedeckt.

Diese alten Ablagerungen setzen sich aus einem autochthonen Anteil, nichtlösbarer Verunreinigungen der Kalklösung und Verwitterungsrückstände, sowie einem wesentlich größeren allochthonen Anteil zusammen. Letzterer summiert sich aus dem durch Gesteinsspalten von der Bodenkrume her eingeschwemmten Material, und ist häufig mit organischen Rückständen wie Blattwerk oder Holzfragmenten angereichert. Vermutlich kann diesem Sediment auch ein nicht unerheblicher Anteil an organogenen Sedimenten wie Fledermaus- oder Vogelguano zugerechnet werden. Die Mächtigkeit der Ablagerungen beträgt lokal oft bis über einem Meter. Das feine Material erwies sich bei den Tauchgängen als ausgesprochen hinderlich. Bei den geringsten Verwirbelungen des Wassers geht das Sediment in einen langandauernden Schwebzustand über. Dies hat zur Folge, daß die Sicht bis zu einer halben Stunde auf Null reduziert wird.

Als weiteres chemisches Lockersediment sind, als Zeugen ehemals stehender Gewässer im Höhlensystem, die Absätze von Kalkhäutchen (Zinolita - NUÑEZ *et al*, 1984) zu finden. Diese Ablagerungen treten sehr häufig in Verbindung mit rezent eingeschwemmten Bodenmaterial auf. Die Mächtigkeit dieser Schichten übersteigen selten mehr als 10 Zentimeter. Wie bereits vermerkt wird an vielen Stellen durch enge Spalten und Risse mit dem Niederschlagswasser Bodenmaterial eingetragen. Verbreitet haftet dieses Material noch an den Rissen an der Höhlendecke und rieselt bei Verwirbelungen des Wassers auf die Höhlensohle nieder. Die aufgewirbelten Kalzitkristalle der Kalkhäutchen verursachen vor allem durch die starke Reflexion des Scheinwerferlichtes eine Sichtbehinderung. Die Kristalle, aber auch die eingetragenen Kalksteinbraunlehme, setzen sich jedoch infolge der Größe und des relativ hohen Gewichtes nach Turbulenzen relativ rasch wieder ab.

An etlichen Stellen ist die Höhlensohle von klastischen Sedimenten bedeckt. Dabei handelt es sich um Versturzmateriale von Deckenbrüchen wie Blockwerk und Bruchschutt. Namentlich im Photosalon erreichen die Deckensturzböcke enorme Ausmaße mit Kantenlängen bis zu 4 Meter. In den meisten Fällen sind an den Blöcken noch die Reste der sekundären Sinterformen festzustellen, chronologisch muß der Verstoß dementsprechend nach einer trockenen Phase der Höhlenentwicklung und somit der Tropfsteinbildung vor sich gegangen sein. Mit dem Blockwerk vergesellschaftet sind die Zerstörungsprodukte der Deckenstürze wie Tropfstein- und Sinterschutt.

WASSERCHEMISMUS UND STRATIGRAPHIE

Eine eingehendere Untersuchung der grundlegenden chemischen Wasserkennwerte im Bereich des Höhlensystems mittels einer YSI-6000-Sonde (YSI *Inc.*, *Brannum Lane, Yellow Springs, Ohio*) konnte im

Rahmen einer Expedition mit Jill Yager (*Antioch Institut, USA*) durchgeführt werden. Ausgewertet wurden dabei vor allem Sauerstoffgehalt, Salinität, pH-Wert und Temperatur. Die pH- und Salinitätsprüfungen wurden mit den üblichen Standards (Fisher pH 7 und 10, Konduktivitätsstandard 3163, 10.000 microsiemens/cm) geeicht, zur Messung des Sauerstoffgehaltes wurde vor jedem Tauchgang mit befeuchteter Luft der Umgebung und der Standardmethode kalibriert. Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 1 aufgelistet und der stratigraphische Verlauf in Abbildung 3 dargestellt. Die Auswertung führte zu folgenden Ergebnissen:

Die Wassertemperatur nimmt mit zunehmender Tiefe konstant ab. Die maximale Temperaturdifferenz beträgt 2,08 Grad. Mit 23,81 bis 25,89 Grad C liegen die Wassertemperaturen jedoch merklich unter den durchschnittlichen Oberflächentemperaturen des offenen Meeres mit 27°C (I.C.G.C., 1989). Eine thermokline Schichtung (Sprungschicht), wie sie etwa in vielen subaquatischen Höhlen in Yucatan (Mexiko) zu finden ist, kann bei der Caverna de Tanque Azul nicht festgestellt werden.

Der Verlauf der pH-Werte zeigt eine minimale Abnahme der Alkalinität (von 6,67 auf 6,60) bis auf eine Tiefe von etwa 16,5 Meter und nimmt im weiteren bis auf die (gemessene) Maximaltiefe von 19,62 m auf den höchsten Wert (6,76) zu.

Einen höchst interessanten stratigraphischen Verlauf zeigt die Salinität und der Sauerstoffgehalt. Bis auf eine Tiefe von 16,37 Metern zeigt sich, bis auf vereinzelte Schwankungen, nur eine minimale Zunahme der Salinität vom äußerst niedrigen Ausgangswert an der Wasseroberfläche (10,24 auf 11,97 Promille). Ab dieser Tiefe nimmt der Salzgehalt innerhalb einer schmalen Sprungschicht von ca. 2,4 Meter rapide auf etwa den dreifachen Wert zu (31,18 Promille). Bis in die maximale (Meß) Tiefe verbleibt dieser Wert im weiteren fast konstant. Die Salinitätswerte des offenen Meeres betragen vergleichsweise 35,0-35,5 Promille (I.C.G.C., 1989). Im gleichen Übergangsbereich kommt es auch zu einer starken Reduktion des im Wassers gelösten Sauerstoffs (von 2,26 auf 0,37 mg/l). Auch dieser Parameter bleibt im weiteren bis auf die maximale Tiefe relativ konstant.

Deutlich ist hierbei eine halokline Schichtung mit einer relativ engen Sprungschicht zu erkennen. Infolge der Differenzen in der Dichte liegt das Salzwasser unter einer vergleichsweise mächtigen Decke von Süßwasser bzw. Mischwasser. Der Mischwasserbereich ist optisch insbesondere im oberen Bereich der Sprungschicht durch eine starke Trübung des sonst klaren Wassers zu erkennen.

Stratigraphisch können demnach drei grundlegenden Schichten markiert werden:

- Die oberste, relativ mächtige Schicht bis auf eine Tiefe von etwa 16 Meter. Dabei handelt es sich um Frischwasser bzw. Mischwasser mit niedriger Salinität. Diese ist relativ gut mit Sauerstoff angereichert und

Probe Nr.	Tiefe (Meter)	Sauerstoff (mg/l)	Salzgehalt (‰)	Temperatur (°C)	pH
1	0,20	4,07	10,29	25,85	6,67
2	0,35	3,57	10,24	25,89	6,69
3	0,36	3,83	10,31	25,76	6,66
4	0,39	3,08	10,30	25,63	6,66
5	0,41	3,79	10,32	25,76	6,67
6	0,42	3,83	10,29	25,87	6,68
7	0,43	3,72	10,34	25,86	6,65
8	2,56	2,49	10,46	25,20	6,62
9	3,17	2,47	10,46	25,20	6,62
10	3,36	2,76	10,44	25,33	6,62
11	3,46	2,44	10,47	25,19	6,62
12	6,51	2,41	10,52	25,16	6,62
13	8,68	2,51	10,51	25,21	6,62
14	8,80	2,38	10,56	25,14	6,62
15	9,02	2,38	10,56	25,14	6,62
16	12,45	2,16	11,49	24,93	6,61
17	12,98	2,42	11,40	25,07	6,61
16	13,29	2,18	11,33	24,94	6,61
18	13,63	2,39	11,35	25,00	6,61
19	13,63	2,39	11,35	25,00	6,61
20	13,97	2,29	11,45	24,96	6,61
21	14,52	2,46	11,07	25,09	6,61
22	15,00	2,27	11,76	24,91	6,61
23	15,30	1,85	12,32	24,78	6,61
24	15,55	2,22	11,91	24,84	6,81
25	15,56	1,95	12,08	24,78	6,61
26	15,83	2,18	13,76	24,77	6,61
27	15,85	1,90	12,31	24,78	6,60
28	15,88	2,24	12,08	24,83	6,60
29	15,86	1,72	13,55	24,73	6,61
30	15,91	2,00	12,24	24,80	6,61
31	15,94	2,30	11,91	24,88	6,60
32	16,37	2,26	11,97	24,85	6,60
33	16,56	1,67	20,39	24,69	6,61
34	16,81	0,41	25,52	24,25	6,74
35	17,73	0,63	25,37	24,37	6,69
36	18,05	0,39	30,15	24,01	6,75
37	18,27	0,56	29,13	24,16	6,74
38	18,35	0,35	30,66	23,90	6,76
39	18,78	0,37	31,18	23,81	6,76
40	19,03	0,51	30,18	24,06	6,75
41	19,62	0,37	31,15	23,82	6,76

Tabelle 1: Chemische kenndaten der Wasseranalysen. Datenquelle: Messungen mit YSI 6000 Sonde, J. Yager, 1997

Table 1: Data obtained from water-chemistry analyses. Data source: Readings from a YSI 6000 Sonde, J. Yager, 1997
Probe Nr.=sample number; Tiefe=depth; Sauerstoff=oxygen; Salzgehalt=salinity.

zeigt einen fast konstanten Verlauf des Salzgehaltes.

- Dem folgt eine ca. 2 Meter mächtige Übergangszone (Sprungschicht) bis auf eine Tiefe von fast 19 Meter in der sich der Wasserchemismus, insbesondere Salinität und Sauerstoffsättigung, ausgeprägt verändern.

- Die unterste Schicht schließlich besteht vorwiegend aus dem vom Meer nachdrückenden Salzwasser. Sie weist sich vor allem auch durch eine relative Konstanz aller gemessenen Parameter aus.

Schlußfolgerungen

Bei der Caverna de Tanque Azul handelt es sich um ein subaquatisches, weitreichend verästeltes Großhöhlensystem, welches mit seinen bisher bekannten Ausmaßen zur größten Höhle dieses Typs in Cuba zählt.

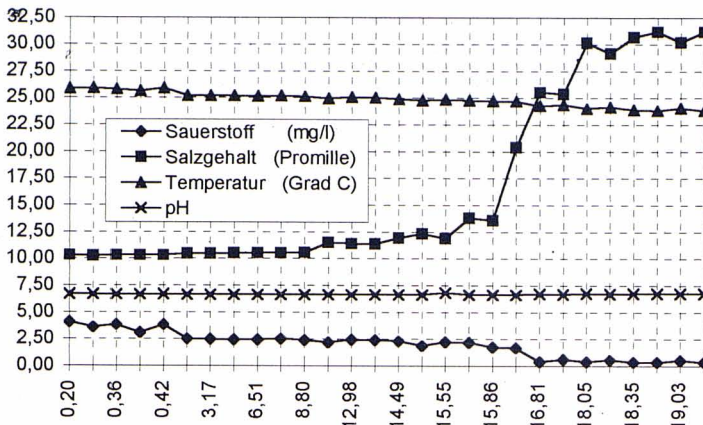


Abbildung 4:
Verlauf der chemischen Wasserkennwerte nach der Tiefe.
Datenbasis: Tabelle 1.

Figure 4:
Water-chemistry trends according to depth. Data: Table 1.

Datenbasis: Chemische Kenndaten der Wasseranalysen

Die Höhle liegt in einer Küstenebene welche intensive oberflächige wie subterrane Verkarstung aufweist. Der Zugang zum Höhlensystem erfolgt über einen typischen Einsturzkessel. Zwischen dem Meer und der Höhle bestehen Verbindungen durch weitreichende Kluft- und Spaltensysteme. So entspricht der Wasserspiegel im Cenote etwa den jeweiligen Gezeitenständen im offenen Meer.

Ihre Entstehung kann grundsätzlich in drei speläogenetische Phasen eingeteilt werden:

1. Entstehung des Höhlensystems ab dem mittleren Quartär. Hebungen infolge tektonischer Aktivitäten bringen sukzessive die subterrane Entwässerung in Gang, und das Höhlensystem entsteht als Korrasionshöhle unter phreatischen Verhältnissen.
2. Entwässerung des Systems durch die weltweite eustatische Regression und Bildung der sekundären Tropfsteinformen vor allem während der Illinoian und Wisconsin Kaltzeiten.
3. Erneute Überflutung der Höhlengänge etwa auf das rezente Niveau durch den globalen Temperaturanstieg und Transgression am Anfang des Holozäns.

Speläocharakteristisch präsentiert sich das dendritische Höhlensystem mit zwei Haupteingängen die unter dem Wasserspiegel des Cenote das System erschließen. Bis auf eine kleine Luftglocke im östlichen Teil der Höhle sind alle Gänge Zonen vollständiger Wasserfüllung. Die gesamte Höhle weist nur ein Niveau auf und zeigt sich als charakteristischer Typ einer Schichtgrenzhöhle. Es finden sich vorwiegend ausgeprägte Flach- und Linsenprofile, welche an etlichen Stellen durch Deckenbrüche hallenartig erweitert sind.

Alle Zonen der Höhle sind reichhaltig mit den verschiedensten Sinter- und Tropfsteinformen ausgeschmückt. An der Höhlensohle finden sich an etlichen Stellen klastische Lockersedimente wie Blöcke oder Schutt von Deckenverbrüchen, aber auch höhlenlehmartige Feinsedimente sowie Kalzitkristallablagerungen.

Bei einer Untersuchung des Wasserchemismus hat sich eine ausgeprägte halokline Schichtung gezeigt.

Stratigraphisch können drei grundlegende Schichten markiert werden:

1. Ein oberer, mächtiger Frischwasser- bzw. Mischwassermantel mit niedriger Salinität der gut mit Sauerstoff angereichert ist.
2. Eine relativ enge Übergangszone (Sprungschicht).
3. Die schmale Grundschrift aus Meerwasser mit hoher Salinität und wenig Sauerstoff.

Der Wert sowie der praktische Nutzen der Höhlenforschung, insbesondere die Erforschung subaquatischer Höhlensysteme, soll an dieser Stelle anhand einiger Beispiele aus der Archäologie, Biologie sowie Geomorphologie und Hydrologie verdeutlicht werden.

So wurde etwa in den unter Wasser stehenden Abschnitten der Grotte de Han Sur Lesse in Belgien, Ende der 50er Jahre, reiches Material aus der Bronzezeit entdeckt. Bereits 1959 konnte an einem archäologischen Fundort in der Warm Mineral Spring in Florida ein über 10.000 Jahre altes menschliches Hirngewebe geborgen werden. (FARR, 1992) Die Kartierungs- und Vermessungsarbeiten an den Kalksteinstrukturen der Blue Holes auf den Bahamas brachten zahlreiche neue Erkenntnisse über die Spiegelschwankungen des Meeres während der Eiszeiten (GASCOYNE *et al.*, 1979). Die amerikanische Biologin Jill Yager entdeckte 1979 im Rahmen biospeläologischer Forschungen eine völlig neue Klasse primitiver Schalentiere, die Remipedia, in den Lucayan Caverns auf Grand Bahama. Eine neue Spezies der Remipedia konnte auch in den subaquatischen Systemen der Cueva de los Carboneros an der Südküste nahe der Playa Giron erstmals in Cuba lokalisiert werden (YAGER, 1981 & 1994).

Schließlich kann hier auch eine für den Tourismus bedeutsame, nach wirtschaftlichen Grundsätzen arbeitende Nutzung der Höhle ins Auge gefasst werden. Zahlreiche Beispiele aus Mexiko können dabei als wegweisend angeführt werden, so etwa die subaquatischen Höhlensysteme der cenotes Ponderosa oder Tax-Maha, sowie Gran Cenote, Vaca-Ha oder Dos Ojos. Mit geführ-

ten Höhlentauchgängen stellen derartige Attraktionen ein einmaliges Ziel für Sporttaucher und somit eine große Chance die touristische Angebotspalette zu erweitern dar.

Der Nutzen für den Umweltschutz wird, vor allem durch die expandierenden und komplexen Problemstellungen in den Bereichen Wassernutzung und -entsorgung, zu einem immer wichtigeren Faktor. Insbesondere die unkontrollierte Entsorgung von Abwässern kann infolge der durchlässigen Eigenschaften des Kalksteins zu einer ernsthaften Bedrohung für das Grundwasser führen.

Herausgestellt werden soll hier vor allem aber auch der praktische Nutzen für die lokale Wasserversorgung, welche in den Kalksteingebieten verbreitet ein großes Problem darstellt. So könnte namentlich in den Kalksteingebieten am Fuße der Hügel von Cupeicillo oder der Sierra de Candelaria, im Süden des Untersuchungsgebietes der aktuellen Arbeit, die genaue Erforschung der speleohydrologischen Verhältnisse, sowie eine Lokalisierung der Karst-wasserkörper und Höhlensysteme, zu einer effektiven Nutzung dieser Wasserressourcen beitragen.

Conclusions

The Caverna de Tanque Azul is an extensive and ramified inundated cave system, which is, with its currently known dimensions, the largest cave system of this type on Cuba.

The cave is located on the Gibara coastal plain which shows intensive and widespread exo- and endokarstification. The cave-system entrance consists of a cenote, a collapse doline. As the cave and the sea are connected by a system of cracks and fissures, the water level in the cenote reflects the changing tidal levels of the sea.

The origins of the cave can be divided into three principal speleogenetic stages:

1. The cave arose during the middle of the Quaternary as a result of tectonic activities, which led to the onset of underground drainage, and evolved under phreatic conditions as a solution cave.
2. The system then became dry because of an eustatic regression, which allowed the secondary dripstone forms to originate, especially during the Illinoian and Winconsin glaciations.
3. The cave was then inundated again to approximately its present-day level during the global temperature and sea level rise at the beginning of the Holocene.

The cave system shows a ramified speleomorphology with two principal submerged passages leading out from under the cenote. Apart from one small air bell in the eastern part of the cave, the cave is completely flooded. The whole system lies on a single plane and

shows a characteristic bedding-plane controlled development. The passage profiles are predominantly oblong or lentoid in shape, but where passage ceilings have collapsed the profile is more chamber-like.

The whole cave is richly decorated with different kinds of speleothems. The passage floors in many places are often not only covered with loose clastic sediments containing ceiling-collapse blocks and rubble, but also fine loam-like cave sediments and deposits of crystalline limestone.

An examination of the water chemistry has shown a pronounced halocline layer. The water column itself can be divided into three distinct layers:

1. A very thick upper layer being a fresh-water/ salt-water mixing zone with low salinity and well-enriched in oxygen.
2. A relatively thin middle transition layer with a marked lowering in oxygen and a sharp rise in salinity.
3. A narrow salt-water lower layer with high salinity and low oxygen levels.

The value and practical usefulness of cave research, especially the exploration of inundated cave systems, can be made clear with examples from archeology and biology as well as from geomorphology and hydrology.

At the end of 50s, for instance, valuable materials from the Bronze Age were found in the underwater lying sections of the Belgian cave Han Sur Lesse. In 1959 human brain tissue over 10,000 years old was found at the Warm Mineral Spring archeological excavations in Florida (FARR, 1992). The indexing and surveying of the limestone structures of the Blue Holes, Bahamas brought to light many new findings concerning sea-level fluctuations during glaciation (GASCOYNE *et al.*, 1979). In 1979 the American biologist Jill Yager within the framework of biospeleological research discovered a completely new species of primitive crustacean class Remipedia, in the cave Lucayan Caverns, Grand Bahamas. Also a new species of remipede was identified in the inundated (anchialine) cave Cueva de los Carboneros on the southern coast of Cuba near to the beach Playa Girón (YAGER, 1981; 1994).

Finally the economical significance of the touristic utilisation of caves should be reflected. Numerous examples from Mexico can be cited. These include the inundated cave systems of the Cenote Ponderosa or Tax-Maha, the Gran Cenote, and the Vaca-Ha or Dos Ojos. With guided diving excursions such attractions represent a unique destination for the sports diver and also a major opportunity for enlarging the touristic offer.

The usefulness of environmental protection is becoming a factor of ever increasing importance, above all, because of the complex and expanding problem of water usage and disposal. Sewage disposal is of particular importance as it may become a serious menace to phreatic waters owing to the permeable property of limestone.

Above all, the practical benefits for local water

supplies, which can represent a major problem in limestone regions, should also be stressed. An accurate investigation of the speleohydrological conditions as well as the localisation of karstic water-bodies and cave systems (to contribute to an effective use of water resources) should be possible. This is particular true in the limestone regions at the foot of the Cupeicillo hills or the Sierra de Candelaria to the south of the investigation area.

Bibliographie

- CORELLA, J. (1995): Regionalización del carst de Gibara. Simposio Iberoamericano de Espeleología. La Habana. (unpublished).
- CORELLA, J.; ECHTINGER, H. & GUARCH, J. (2000): Características espeleológicas del karst de la región de Gibara (Cuba). *Endins*, 23. Palma de Mallorca.
- CORELLA, J. & PÉREZ, P. (unpublished). *La Caverna de Tanque Azul. Congreso de Espeleología de América Latina y el Caribe, 1982*.
- ECHTINGER, H. & GUARCH, J. (2000): Formaciones fungiformes del medio vadoso en la Sima de los Portales (Cuba). *Endins*, 23. Palma de Mallorca.
- EMILIANI, C. (1970). Pleistocene Paleotemperatures. *Science*, 168: 822-825.
- EMILIANI, C. (1972). Quaternary Paleotemperatures and the Duration of the High-Temperature Intervals. *Science*, 178: 398-401.
- FARR, M. (1992): *Höhlentauchen. Geschichte-Forschung-Technik-Regionen*. Cham, Stuttgart, Wien.
- GASCOYNE, M. et al., (1979): Sea-level lowering during the Illinoian Glaciation: Evidence from a Bahama "Blue Hole". *Science*, 205: 806-808.
- HARMON, S.; HENRY, P. & DEREK, C. (1981): Bermuda sea level during the last interglacial. *Nature*, 289: 481-483.
- INSTITUTO CUBANO DE GEODESIA Y CARTOGRAFÍA (1989): *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*. La Habana.
- JAKUS, P. (1983): Formaciones vulcanógeno-sedimentarias y sedimentarias de Cuba oriental. In: *Contribución a la geología de Cuba oriental*. Edit. Científico-Técnica. Ciudad de La Habana, Cuba.
- KELLETAT, D. (1987): Küstenforschung. *Geographische Rundschau*, 39. H.1: 4-12.
- LANDESVEREIN FÜR HÖHLENKUNDE IN WIEN UND NIEDERÖSTERREICH (1965): *Speläologisches Fachwörterbuch (Fachwörterbuch der Karst- und Höhlenkunde)*. Gesamtedaktion H., Trimmel. Wien.
- LLOPIS, N. (1982): *Fundamentos de hidrogeología cárstica*. Edit. Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, Cuba.
- LLORET, J. & UBACH, M. (1993): Els Cenotes del Yucatan (Mèxic). *Endins*, 19: 29-36. Palma de Mallorca.
- NÚÑEZ, A. (1967): *Clasificación genética de las cuevas de Cuba*. Edit. Academia de Ciencias. La Habana, Cuba.
- NÚÑEZ, A. (1990): *Medio siglo explorando a Cuba*. Imprenta Central de las FAR. Tomo I. La Habana.
- NÚÑEZ, A.; VIÑA, N.; ACEVEDO, M.; RODRÍGUEZ, J. M.; ITURRALDE, M. & GRAÑA, A. (1984): *Cuevas y Carsos*. Editora Militar. La Habana, Cuba.
- PANOS, V. (1988): Carsos de Cuba oriental. *Studia Geographica*, 91. Edit. Geografický ústav, Brno, Checoslovaquia.
- PANOS, V. (1999): *Mündliche Mitteilungen*.
- RAMOS, O.; VEGA, D.; MAURA, O.; ZAYAS, O.; GONZÁLEZ, D. & TABOADA, R. (1979): *Geografía física de Cuba*. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana.
- TORRES, A. & SOLANA, E. (1994): *El corredor migratorio de Gibara*. Fondo del Museo de Historia Natural Carlos de la Torre. Holguín.
- TRIMMEL, H. (1968): Höhlenkunde. In: Westphal, W., Rotta, H., (Hrsg.). *Die Wissenschaft*, Band 126.
- YAGER, J. (1981): Remipedia, a new class of Crustacea from a marine cave in the Bahamas. *Journal of Crustacean Biology*, 1: 328-333.
- YAGER, J. (1994): *Speleonectes gironensis*, new species of remipede (Crustacea: Remipedia: Speleonectidae) from anchialine caves in Cuba, with remarks on biogeography and ecology. *Journal of Crustacean Biology*, 14 (4): 752-762.