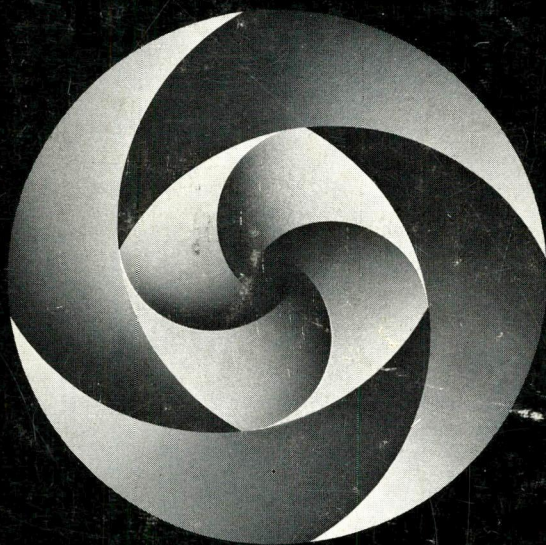
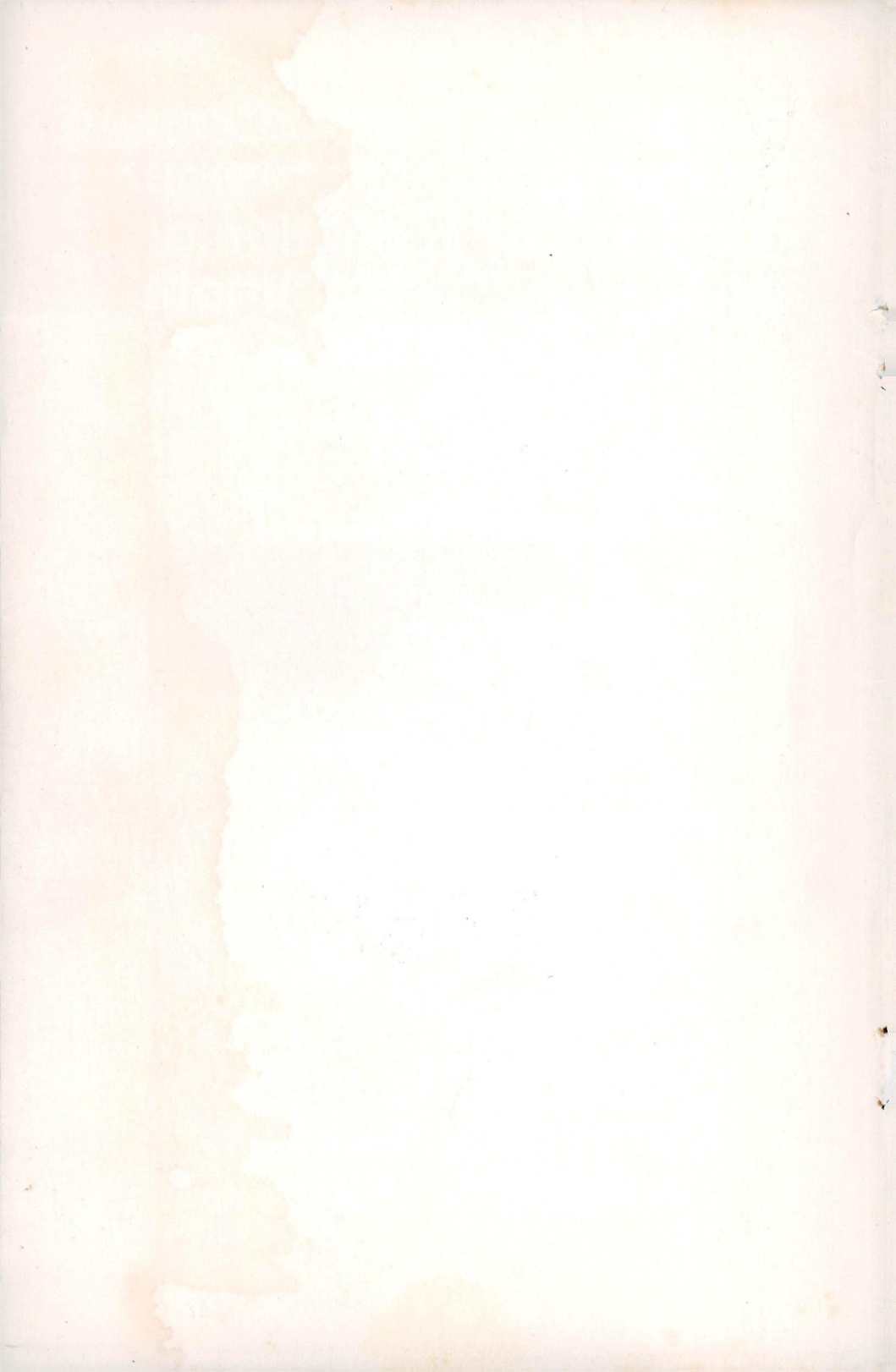


eighth  
international  
congress of  
speleology

guidebook to  
the historic  
section of  
Mammoth  
Cave



Arthur N. Palmer  
Margaret V. Palmer  
William B. White





A GUIDE TO THE HISTORIC SECTION  
OF MAMMOTH CAVE

Arthur N. Palmer and Margaret V. Palmer  
Earth Sciences Department  
State University College  
Oneonta, New York 13820

and

William B. White  
Materials Research Laboratory and  
Department of Geosciences  
The Pennsylvania State University  
University Park, Pennsylvania 16802

U.S.A.

Prepared for the  
EIGHTH INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY  
Bowling Green, Kentucky, U.S.A.  
July 18 to 24, 1981

PROPERTY OF THE  
WINDY CITY GROTTO  
LIBRARY

edited by  
Barry F. Beck  
Geology Department  
Georgia Southwestern College  
Americus, Georgia, 31709, U.S.A.

translated by  
Astrid Lipp (German)  
Carolyn G. Williams (French)





## Introduction

Mammoth Cave is located in the center of America's largest karst region. Because of its long and varied history and its extraordinary length, with 350 km of mapped passages, it is perhaps the best known cave in the world.

Mammoth Cave National Park is one of several national parks and monuments devoted to caves in the United States. There are currently about 16 km of passages open to the public, and the cave receives more than half a million visitors each year.

This booklet gives a general description of the cave and its surroundings, its history, and features of scientific interest, followed by a detailed guide to the Historic and Echo River Tours.

## Geologic Setting

Mammoth Cave is located in west-central Kentucky at the southeastern edge of the broad Illinois structural basin, in limestones of Mississippian (early Carboniferous) age (Figure 1). The limestones dip gently northwestward toward the center of the basin at 5-10 m/km. The total thickness of cavernous limestones in the region is only a few hundred meters, rather thin in comparison with most other karst areas of the world. However, the small angle of dip allows the limestones to be exposed over an extensive area, and many karst drainage basins of more than 100 km<sup>2</sup> have developed in them.

The cavernous limestones of the Mammoth Cave region are underlain by impure, poorly karsted limestones, also of Mississippian age, and are overlain by sandstone and shale, alternating with thin limestones, of Mississippian and Pennsylvanian (late Carboniferous) age (Figure 2). The insoluble rocks form hilly, dissected plateaus in the center of the Illinois Basin, but around the edges of the basin the insoluble rocks have been removed by erosion, exposing the limestone at the surface. The limestone forms a broad, low-relief karst plain, typified by dolines and sinking streams, called the Pennyroyal Plateau, which lies 40-60 m below the highest ridges of insoluble rocks. The deeply dissected perimeter of the hilly region consists of limestone ridges capped by insoluble rocks and separated from one another by steep-walled valleys. Many of these are perched karst valleys at the general level of the Pennyroyal Plateau. This borderland, called the Chester Upland, is where Mammoth Cave is located. The Chester Upland and Pennyroyal Plateau form a crescent-shaped band of karst that extends around the southern and eastern edge of the Illinois Basin, from southern Illinois, through western Kentucky, into southern Indiana. The karst area diminishes northward because of decreasing limestone thickness and an overburden of glacial deposits.

Mammoth Cave extends under at least three different ridges of the Chester Upland and beneath the karst valleys that separate them (Figures 3 and 4). The ridges rise to altitudes of 250-275 m, and the karst valleys and local Pennyroyal level are at 180-200 m. The major entrenched river in the area, and the base level for cave development, is the Green River, which flows westward across the Pennyroyal Plateau and Chester Upland at a local altitude of 130 m. Mammoth Cave has been formed by drainage from not only the upland, but also from adjacent areas of the Pennyroyal Plateau. This water emerges at several large springs along the Green River.

The largest springs are fed by passages 10-15 m below present river level, rising upward through openings in thick alluvial sediment. Mammoth Cave lies more than 80 km south of the farthest limit of Pleistocene continental glaciers, so it was spared the direct effects of glaciation. But the Green River is a tributary of the Ohio River, whose base level was greatly affected by glaciation, and the 15-meter-thick alluvial deposits at Mammoth Cave are the direct result of aggradation of the Ohio River during the latest (Wisconsinan) glacial advance.

Mammoth Cave occupies a 110-meter thickness of limestone, including (from oldest to youngest) the upper St. Louis Limestone, the Ste. Genevieve Limestone, and the Girkin Formation (Figure 5). The St. Louis Limestone is 60 m thick and contains many beds of chert and shaly limestone. Beds of gypsum occur in this formation far below the surface, but they have been removed by interstratal solution in surface exposures. The Ste. Genevieve Limestone is 35-40 m thick and consists of interbedded limestone and dolomite in the lower half, and limestone interspersed with thin beds of incompetent, silty beds in the upper half. The Girkin Formation is 20-40 m thick and consists of limestone with thin interbedded shales and siltstones.

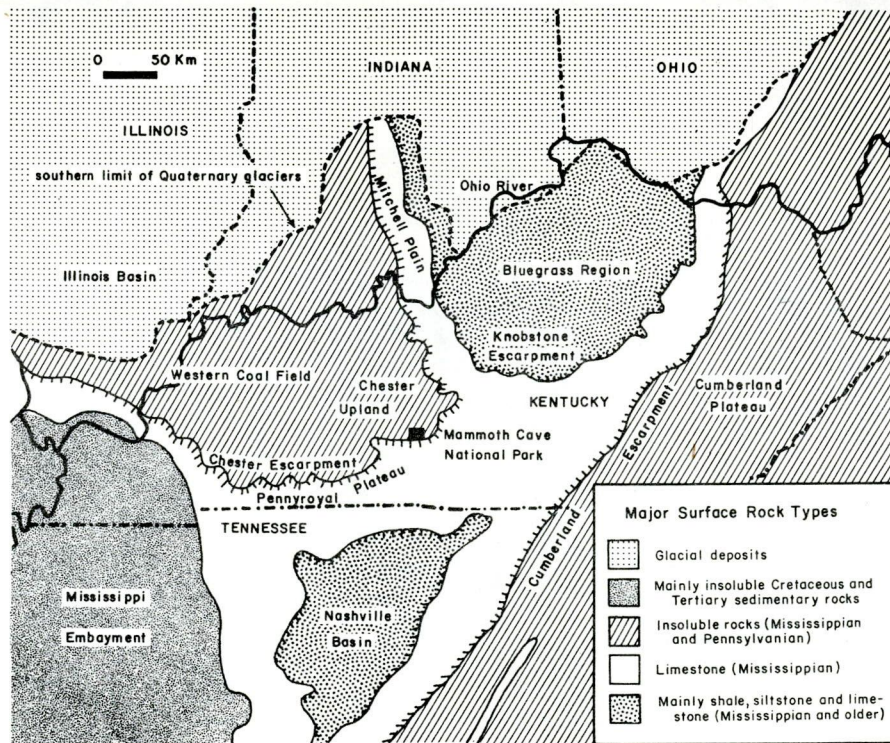


Figure 1. Physiographic Setting of Mammoth Cave National Park  
 Abbildung 1. Die physiographische Lage von Mammoth Cave National Park  
 Figure 1. Physiographie de Mammoth Cave National Park.



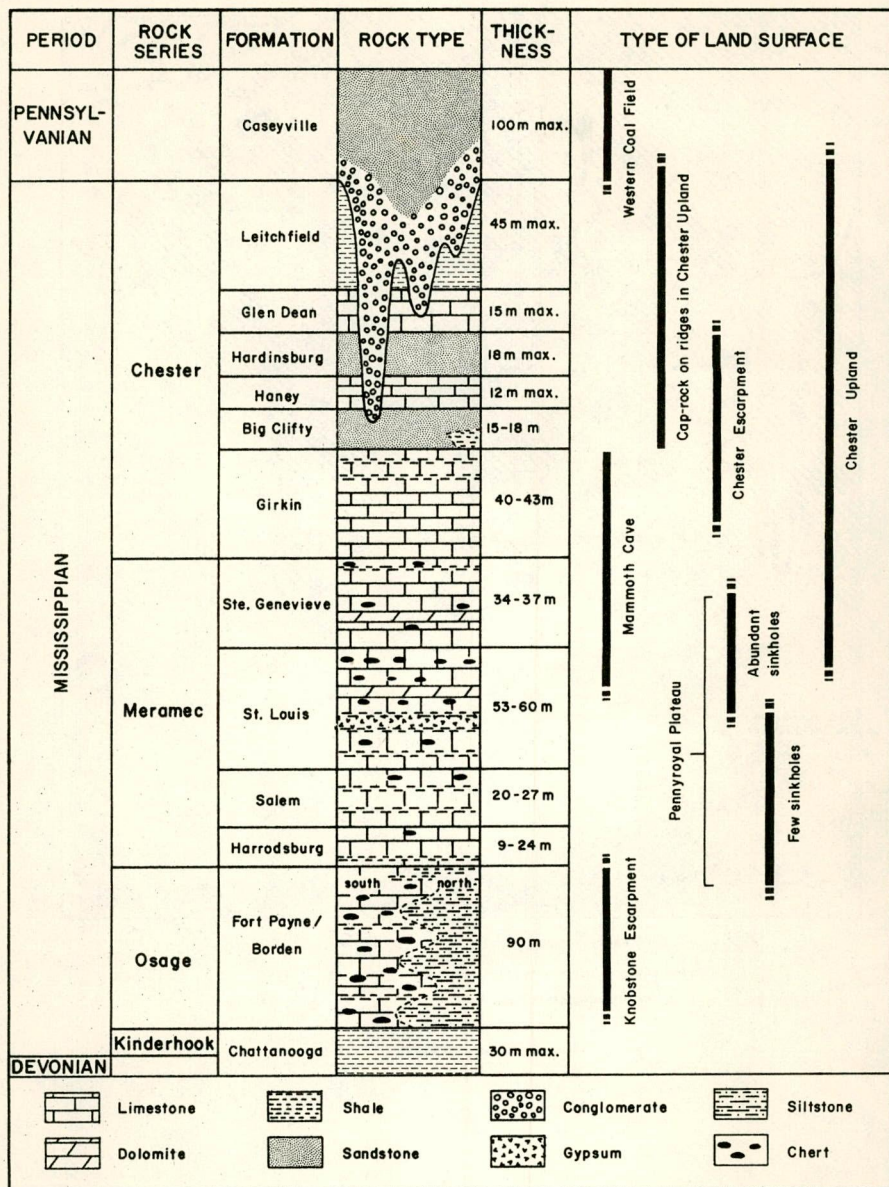


Figure 2. Rock Formations Exposed at the Surface in West-Central Kentucky.  
 Abbildung 2. Gesteinsformationen, die im westlich-zentralen Kentucky an der Erdoberfläche aufgedeckt sind  
 Figure 2. Affleurements de formations rocheuses dans l'ouest central du Kentucky.

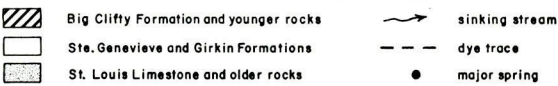
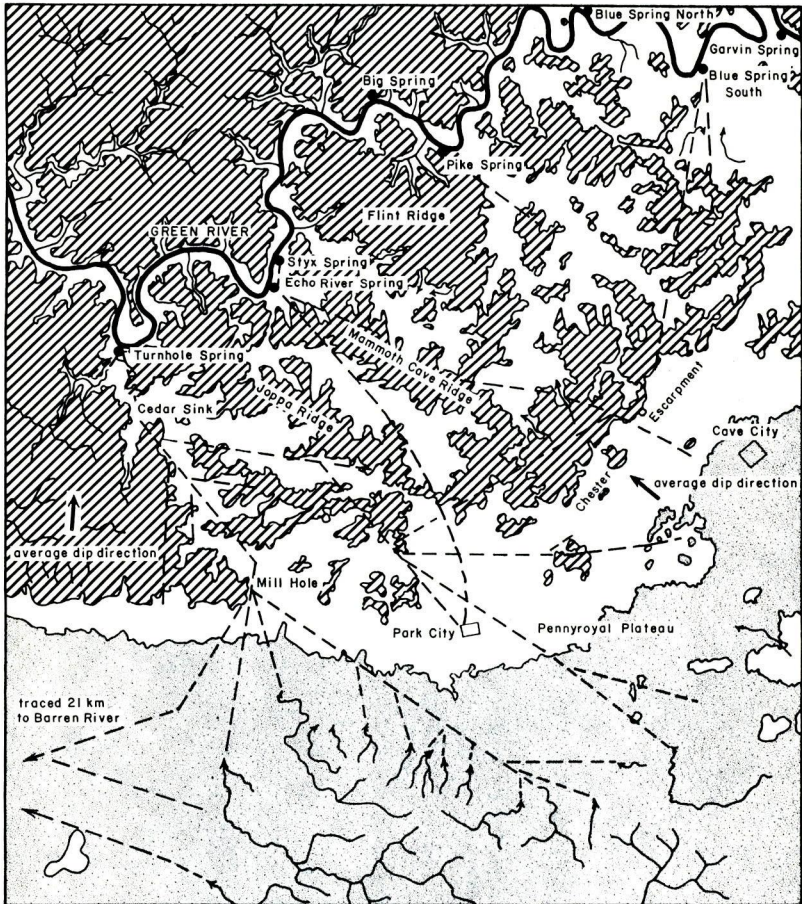


Figure 3. Geology, topography, and drainage patterns in the Mammoth Cave area. Dye traces shown by dotted lines are from work by James F. Quinlan, Uplands Research Laboratory, Mammoth Cave National Park.

Abbildung 3. Die Geologie, die Topographie und die Entwässerungsordnungen im Mammoth Cave-Gebiet. Farbtrassierungen, die durch punktierte Linien aufgezeigt sind, stammen von Untersuchungen von James F. Quinlan, Uplands Research Laboratory, Mammoth Cave National Park.

Figure 3. Géologie, topographie, et tendances de drainage dans la région de Mammoth Cave. Les traçages indiqués par les lignes pointillées sont l'oeuvre de James F. Quinlan, Uplands Research Laboratory, Mammoth Cave National Park.



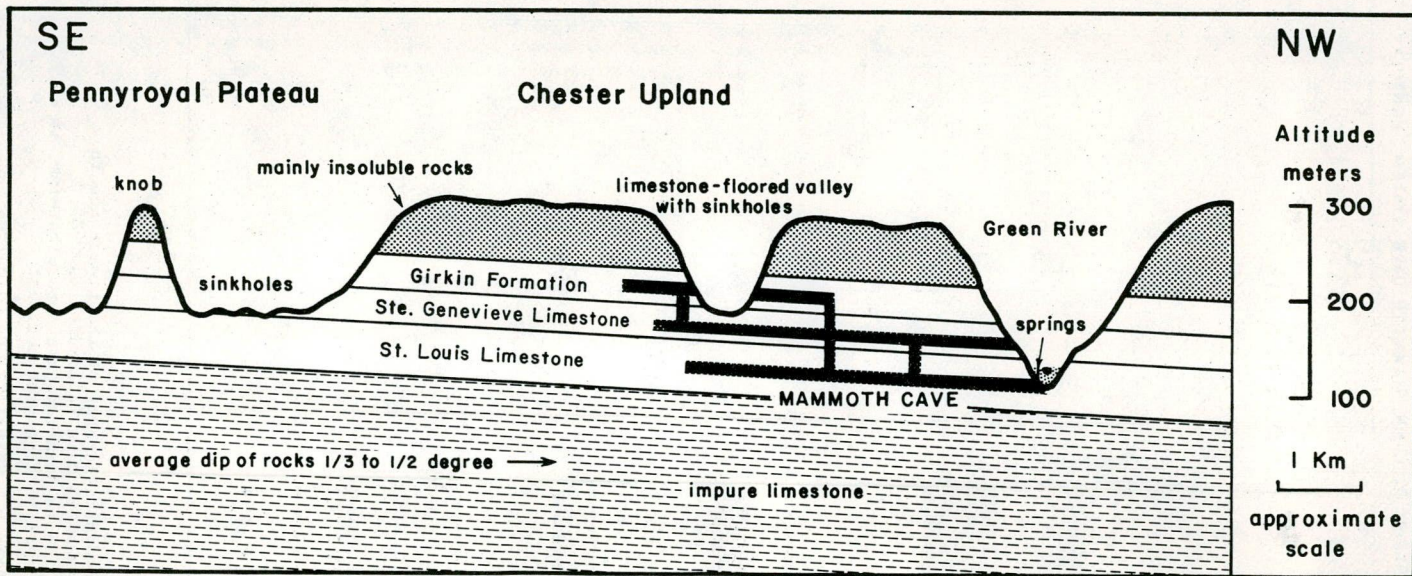
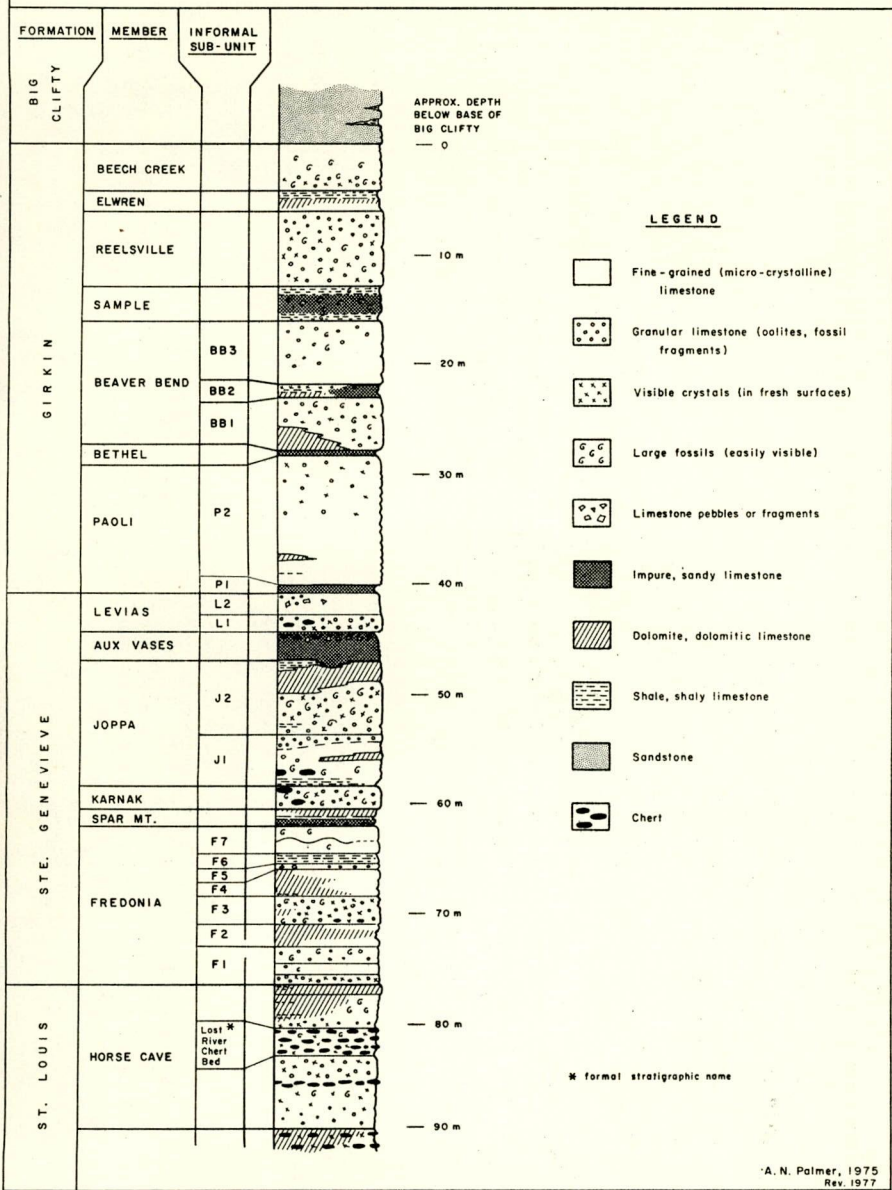


Figure 4. Generalized cross section through Mammoth Cave National Park. Stylized horizontal passages and vertical shafts shown by cross-hatched pattern.

Abbildung 4. Verallgemeinerter Querschnitt durch Mammoth Cave National Park. Stilisierte horizontale Gänge und vertikale Schächte werden durch die Schattierung mit sich kreuzenden Linien dargestellt.

Figure 4. Coup en travers généralisé de Mammoth Cave National Park. Les passages horizontaux et les puits verticaux stylisés sont montrés par des contre-hachures.

GENERALIZED STRATIGRAPHIC COLUMN, MAMMOTH CAVE SYSTEM, KENTUCKY



A. N. Palmer, 1975  
Rev. 1977

Figure 5. Detailed Stratigraphy of the Limestones in which Mammoth Cave is Located.  
Abbildung 5. Detaillierte Stratigraphie der Kalksteine, in denen Mammoth Cave sich befindet

Figure 5. Stratigraphie détaillée des calcaires dans lesquels se situe Mammoth Cave.



The insoluble beds are less than one meter thick and do not significantly interrupt the continuity of the cave.

These limestones were deposited in a shallow continental sea that extended across most of southern North America during the Mississippian Period. Detrital sediment carried off the remaining land areas created a broad delta that extended progressively across the central part of the sea. The insoluble cap-rock in the Chester Upland represents the prograding of the delta across the Mammoth Cave area, as the environment of the region gradually changed from marine to continental. The thin beds of impure limestone in the Girkin and upper Ste. Genevieve are the early precursors of this invasion of detrital sediment. Traced to the northwest, these impure beds thicken into major sandstone and shale formations that partition the limestone. Thin limestone formations between the insoluble rocks in the Mammoth Cave area contain perched karst drainage. Springs in these limestones provide the main water supply to Mammoth Cave National Park.

#### General Description of the Mammoth Cave System

The presently known areas of Mammoth Cave extend beneath three of the major ridges of the Chester Upland south of the Green River. Mammoth Cave Ridge, plus Flint Ridge to the northeast and Joppa Ridge to the southeast, each contain major caves which have recently been linked together into a single system. The basic pattern of passages in the cave is dendritic, but there are so many superimposed levels and diversions to progressively lower levels that the dendritic pattern is almost completely obscured (Figure 6).

The three most common passage types in the Mammoth Cave System are canyons, low-gradient tubular passages, and vertical shafts up to 60 m deep (Figures 7, 8, and 9). Bedding is very prominent in the host limestones, and most fractures are small. As a result, the passages in Mammoth Cave are highly concordant with the beds. Tubular passages have wide lenticular or elliptical cross sections that are elongate along the bedding (Figure 8). Even the numerous vertical shafts in the cave are strongly influenced by the prominent bedding, because inflowing water is generally perched along a bedding-plane parting, or on a relatively resistant bed. Growth of a typical shaft takes place downward in stages through time, with the bottom deepening from one major bed to the next, and with successive drains in each bed (Figure 9).

Most passages that formed in the vadose zone (canyons and perched tubes) have an almost perfectly consistent down-dip orientation, whereas those of phreatic origin usually trend nearly parallel to the local strike. Passage sinuosity is strongly controlled by local variations in dip and strike of the controlling bed or bedding plane. The heterogeneous trends of the passages are controlled to a great extent by local variations in structure from bed to bed.

The recharge areas for the cave system are the Sinkhole Plain, the dissected karst valleys incised into the Plateau, and the sandstone-capped plateau itself. Broadly speaking, this permits the passages to be classified as regional drains, valley drains and shaft drains. Flow markings in the regional drain passages suggest discharges up to tens of  $m^3/sec$  and runoff characteristics suggest catchment areas of several hundred  $km^2$ . Only a few regional drains are needed to account for the runoff from the entire Sinkhole Plain.

Many fragments of old abandoned regional drain still exist high in the cave system. The lowest levels in the cave are active stream passages. The largest of these, in Procter Cave, drains to Turnhole Spring on Green River, while Mystic River and Echo River drain under Mammoth Cave Ridge to Echo River Spring, with overflow to Styx Spring. Pike Spring drains passages in Flint Ridge and neighboring areas.

Valley drains may be either tubes or canyons and may carry the runoff from the karst valleys to intermediate sized springs on Green River although they more frequently drain interally into the regional drains. Such drainage systems also exist north of Green River where underdrained valleys occur, although there is no known integrated cave system. Likewise valley drain systems are found in the karst valleys downstream on Green River from the large integrated cave system.



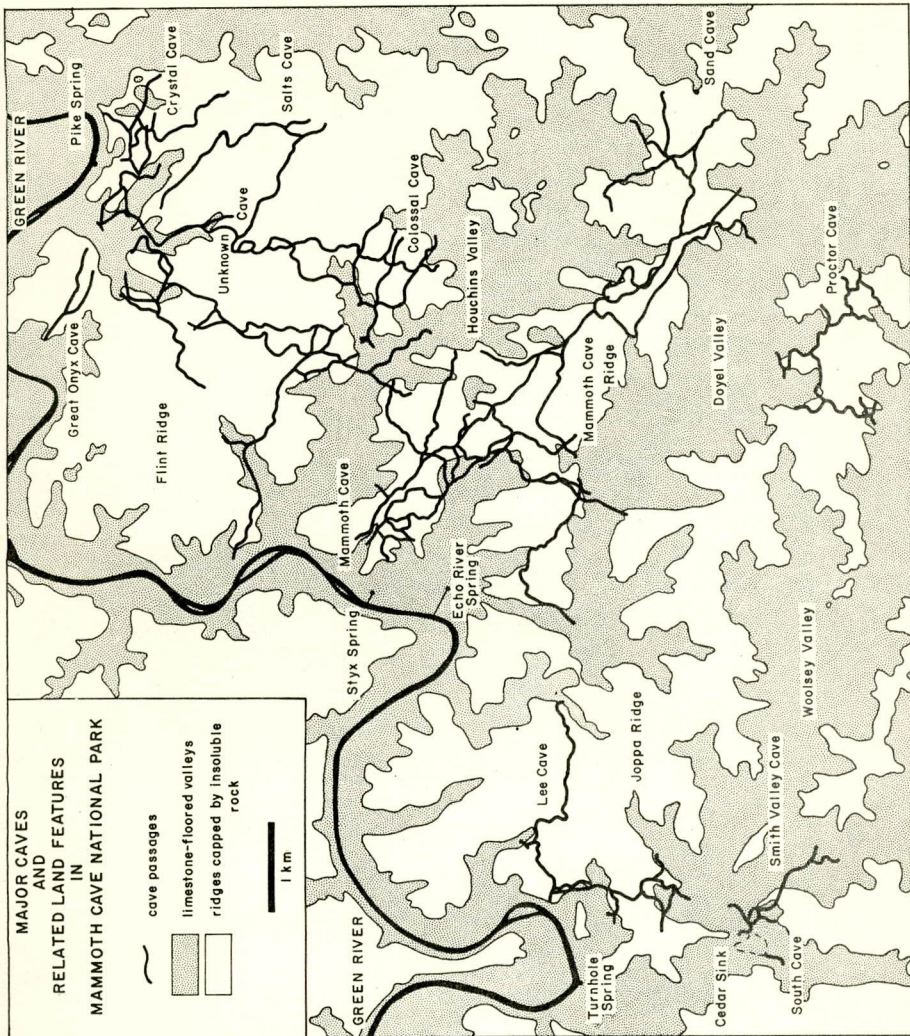


Figure 6. Map of the major passages in the Mammoth Cave System, showing the relationship of the cave to local ridges and valleys. Only a few of the largest passages are shown.

Abbildung 6. Karte der größeren Gänge im Mammoth Cave System, auf der die Beziehung zwischen der Höhle und örtlichen Kämmen und Tälern zu sehen ist. Nur manche der längsten Gänge sind aufgezeichnet.

Figure 6. Plan des passages principaux du réseau Mammoth Cave montrant le rapport entre la grotte et les crêtes et vallées locales. Ce plan ne montre que quelques uns des plus grands passages.



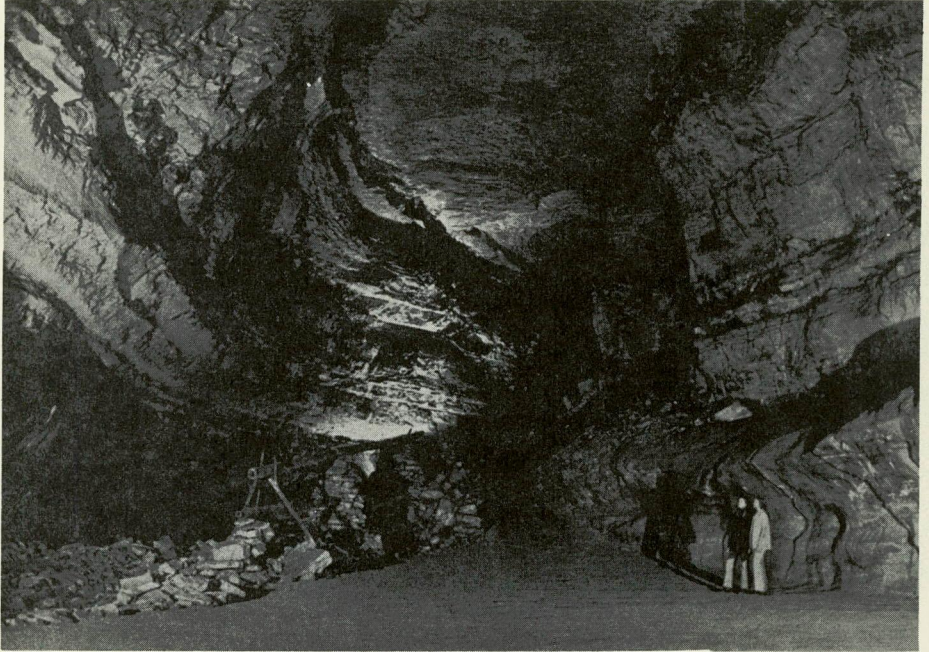


Figure 7. Broadway, a typical upper-level canyon passage partly filled with sediment. The wooden pipes were used in the 19th century saltpetre mining operation to carry water and nitrate solutions.

Abbildung 7. Broadway, ein typischer Cañongang auf dem oberen Niveau, der zum Teil mit Sediment ausgefüllt ist. Die Holzrohre wurden im 19. Jahrhundert beim Kalisalpeterabbau dazu verwendet, Wasser und Nitratlösungen zu führen.

Figure 7. Broadway, passage de canyon supérieur rempli partiellement par du sédiment. Les tuyaux en bois servaient dans l'exploitation du salpêtre au 19<sup>ème</sup> siècle pour emporter les solutions des nitrates et de l'eau.

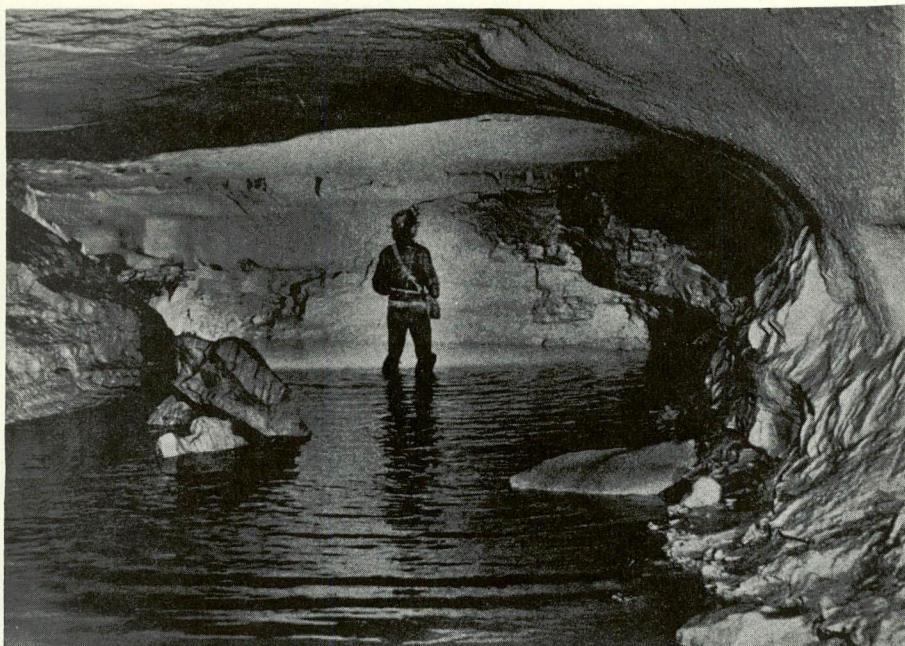


Figure 8. Mystic River, an actively forming tubular passage at the lowest level in Mammoth Cave. This passage is tributary to Echo River.

Abbildung 8. Mystic River, ein aktiv sich bildender, röhrenförmiger Gang auf dem untersten Niveau von Mammoth Cave. Dieser Gang ist ein Zubringerfluß des Echo River.

Figure 8. Mystic River, passage tubulaire en voie de formation au niveau inférieur de Mammoth Cave. Ce passage est tributaire à l'Echo River.





- Figure 9. A vertical shaft in the Mammoth Cave System, 3 meters in diameter and 20 meters deep. Several abandoned drains are visible in the shaft walls.
- Abbildung 9. Ein vertikaler Schacht im Mammoth Cave System, der einen Durchmesser von 3 m hat und 20 m tief ist. Mehrere verlassene Entwässerungen sind in den Schachtwänden sichtbar.
- Figure 9. Puits vertical dans le réseau Mammoth Cave avec un diamètre de 3 m et une profondeur de 20 m. On voit plusieurs drains abandonnés dans les parois du puits.

The drainage from the plateau top enters the subsurface through shafts. From the bottoms of the shafts nearly horizontal drains may extend for long distances (nearly 2 km in the case of Wretched River, the drain for Colossal Dome in the Flint Ridge section of the system) until they either intersect other passages or reach the surface.

The large size and complexity of the Mammoth Cave System is accounted for by at least two factors. Firstly, the regional drains have served to integrate other passages; and the evolving patterns of shaft drains, as the shafts deepen, serve also to provide many connections between what would otherwise be isolated segments of cave. Secondly, the peculiar combination of regional drainage and regional structure allows recharge into the system on one side of a sandstone-protected plateau while the discharge into the deeply incised Green River is on the other side. The large throughputs of water at and below base level develop major cave passages while the sandstone caprock prevents the erosion and destruction of the higher dry portions of the system.

#### Geomorphic History

There have been two major phases in the evolution of Mammoth Cave. During the late Tertiary Period and early Quaternary Period, the region underwent slow erosional degradation, which alternated with periods of broad-scale aggradation. This alternation between erosion and deposition was probably caused by cyclic changes in climate from humid to arid. As a result, a low-relief landscape was developed on the limestone, close to base level. This was the forerunner of the Pennyroyal Plateau. The overlying insoluble rocks projected as a resistant upland surface. The uppermost levels in Mammoth Cave reflect this slow degradation and aggradation. They are wide, large tubes and canyons up to 25 m deep, filled with sediment to at least two-thirds of their depth in many places. These passages are concentrated at altitudes of 175-200 m at their downstream ends near the Green River. These passages are relatively few, because the limestone was sparsely dissected at that time, and underground drainage was fed by only a few large sinking streams in the karst valleys and Pennyroyal Plateau.

During the Tertiary Period, most of the surface drainage from the Appalachian Mountains drained through the Teays River, north of the present Ohio River. Early in the Peistocene, this drainage was diverted southward into the Ohio River by continental glaciers. This increase in discharge caused the Ohio to entrench rapidly. As a result, the Green River and other tributaries of the Ohio River were rapidly deepened as well. This event resulted in the deep, steep-walled cross sections of valleys in the Pennyroyal Plateau and Chester Upland. The entrenchment was periodically interrupted by periods of aggradation, probably coinciding with periods of glaciation. In limestone areas, while major rivers such as the Green River became entrenched, minor tributaries remained hanging, and water was diverted underground. The low-relief limestone surface became a karst plain (Pennyroyal Plateau) and karst valleys were formed between ridges in the Chester Upland. Rapid shifts in base level caused passages to form quickly at many different levels, those at 165-170 m and at 152 m being the most prominent. These levels probably coincide with periods of relatively stable base level, because the passages clustered at uniform elevations occur at different stratigraphic horizons (Figure 10).

With time, greater dissection and relief caused an increase in the number of recharge points. Although major flow routes from the Pennyroyal Plateau still existed, recharge from the Chester Upland became divided into many small inputs. Although a few large passages are still forming today, many small ones are being formed by small, local sources of recharge from karst valleys and ridge flanks.

#### Regional Hydrochemistry

Water enters the karst aquifer from sinking streams on the Pennyroyal Plain, from internal runoff into dolines and karst valleys, and by direct infiltration through the soil into underlying fractures in the limestone. Water emerges to the surface again through the intermediate size local springs such as Pike Spring or the large regional springs such as Turnhold Spring and Graham Spring. Along the route, the water can be observed as vertical flows down vertical shafts, as drip water from speleothems, and as cave streams. Each of these



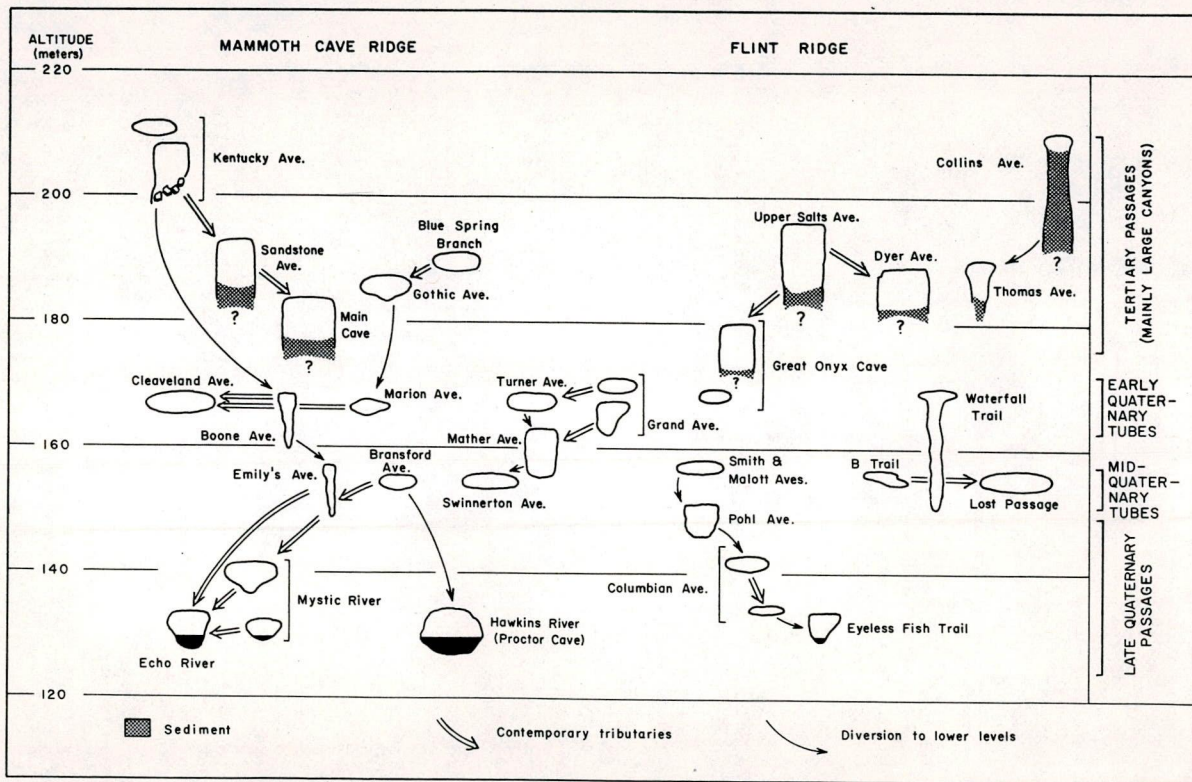


Figure 10. Major Passage Levels in the Mammoth Cave System.  
 Abbildung 10. Größere Gangniveaus im Mammoth Cave System  
 Figure 10. Niveaux principaux des passages du réseau Mammoth Cave.

waters has a characteristic chemistry from which can be deduced something about the chemical evolution of the water as it moves through the aquifer.

The measurements required are analyses of water samples for  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , and  $\text{SO}_4^{2-}$ , an accurate field measurement of pH, and the temperature and electrical conductivity at the water source. Most North American karst geochemists have found the calculated quantities total hardness, saturation index, and theoretical carbon dioxide partial pressure to be the most useful parameters for describing karst waters. They are defined as

$$\text{Hardness} = 100 \left( \frac{C(\text{Ca}^{++})}{40} + \frac{C(\text{Mg}^{++})}{24} \right) \text{ (expressed as mg/l CaCO}_3\text{)}$$

$$\text{SI}_C = \log \frac{a(\text{Ca}^{++}) \quad a(\text{CO}_3^{-2})}{K_C}$$

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{a(\text{HCO}_3^-) a(\text{H}^+)}{k_1 K_{\text{CO}_2}} \text{ (in atmospheres)}$$

where: C = concentration in mg/l

a = ion activity

$K_C$  = solubility product of calcite

$k_1$  = first ionization constant of carbonic acid

$K_{\text{CO}_2}$  = equilibrium constant for the dissolution of gaseous  $\text{CO}_2$  to form un-ionized carbonic acid

The calculations of the parameters from the analytical and field data are generally done with computer programs that take into account ionic strength, temperature, and the effect of complexes.

Individual samples from waters in the Mammoth Cave-Flint Ridge System are compared in Figure 11. Most waters contain about ten times as much  $\text{CO}_2$  ( $P_{\text{CO}_2} = 10^{-2.5}$ ) as the surface atmosphere but some of the base level springs contain up to 100 times as much  $\text{CO}_2$ . Water that emerges from the perched springs in the Haney limestone aquifer that overlies the cavernous aquifer is highly undersaturated; some samples contain only one percent of their saturation value of dissolved  $\text{CaCO}_3$ , although the  $\text{CO}_2$  concentrations are about the same as the  $\text{CO}_2$  concentrations of the other waters. Water from the Haney aquifer and other runoff from the ridge tops enters the cavernous carbonate aquifer and travels through vadose passages to the base level. Vertical shaft water is also highly undersaturated as would be expected from the fresh limestone surfaces exposed in the shaft walls. Dripwaters, however, are generally near saturation or are supersaturated. Water descends rapidly through the shafts and does not have time to come into equilibrium; seepage waters move more slowly and reactions have time to reach saturation.

The base-level springs, for the most part, are also undersaturated. Waters from the plateau top, from the karst valleys, and from the Sinkhole Plain all mix within the aquifer and the mixed water remains aggressive all the way to the spring. The kinetics of calcite dissolution are sufficiently slow that water can pass entirely through the open karst aquifer without coming to saturation.

In very general terms, one can speak of a vertically moving body of water and a horizontally moving body of water. The vertically moving water can be observed in the Haney springs, in the vertical shafts and in the local springs. The horizontally moving water can be observed in the sinking creeks, in caves streams, at observation points such as the karst fenster at Mill Hole, and in the regional springs. The chemistry of these waters changes as the water moves down stream and it changes with the seasons.

The vertically moving waters begin with a certain carbon dioxide concentration and their evolutionary trend (Figures 12 and 13) is simply an increase in hardness and a corresponding increase in saturation. More  $\text{CO}_2$  is available during summer months and there is an off-set in  $\text{CO}_2$  partial pressure of about half a log unit. The surface streams on the Sinkhole Plain are undersaturated in the winter and supersaturated in the summer but their  $\text{CO}_2$  content is rather low. The hardness increases as these waters move through the system (and also mix with other water sources, both horizontal and vertical).



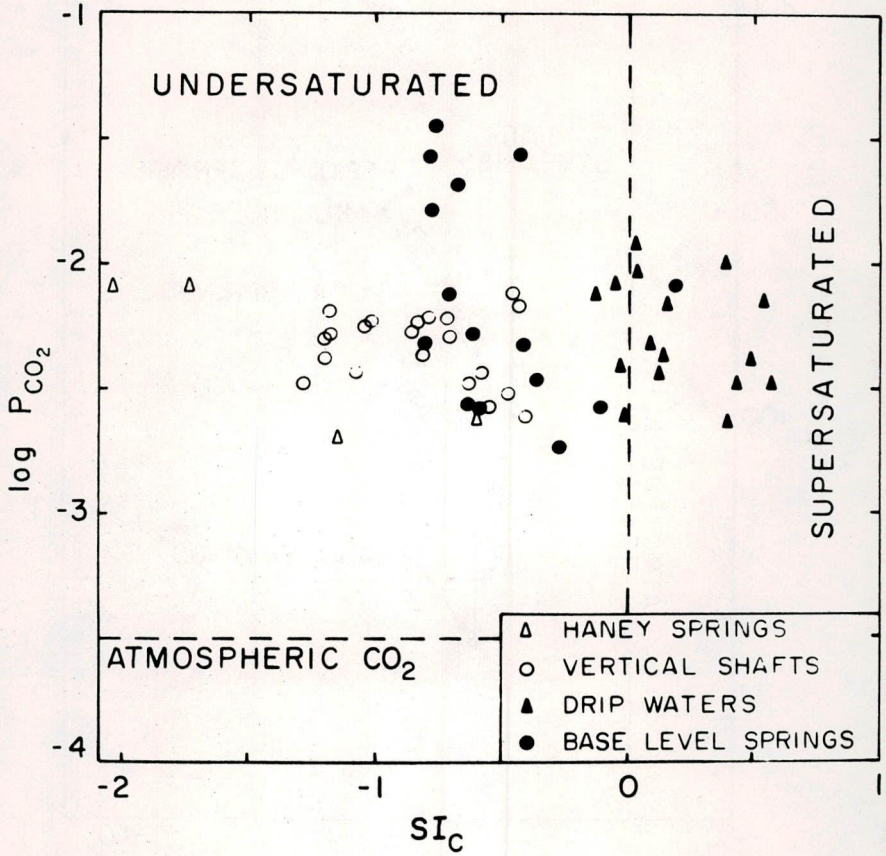


Figure 11. Some Representative Waters from the Mammoth Cave-Flint Ridge System. Unpublished Data of Harmon, Hess and White.  
 Abbildung 11. Manche repräsentative Gewässer vom Mammoth Cave-Flint Ridge System. Unveröffentlichte Daten von Harmon, Hess und White.  
 Figure 11. Des eaux typiques du réseau Mammoth Cave/Flint Ridge.

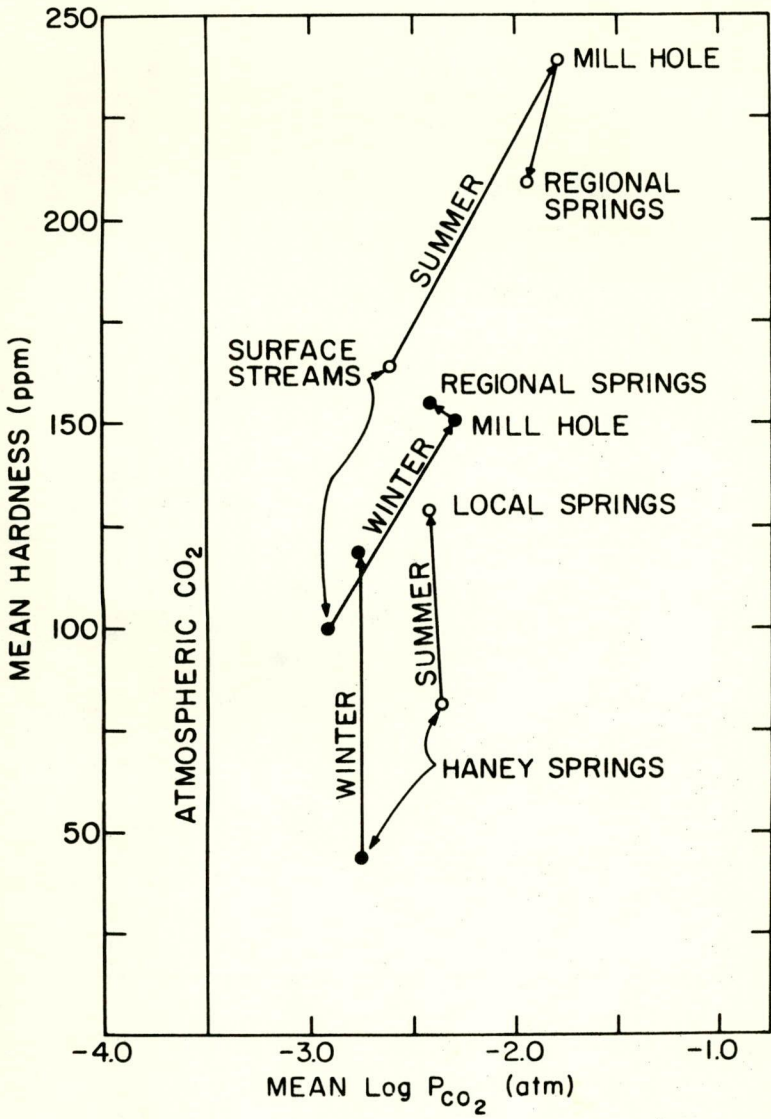


Figure 12. Seasonal Averages of Vertically Flowing and Horizontally Flowing Waters from the South-Central Kentucky Karst Aquifer. Each Point is an Average of 10-15 Analyses.

Abbildung 12. Saisonnittelwerte von vertikal fließenden und horizontal fließenden Gewässern vom südlich-zentralen Kentucky Karstaquifer. Jeder Punkt stellt den Mittelwert von 10-15 Analysen dar.

Figure 12. Moyens saisonniers des eaux verticales et horizontales de l'aquifère karstique du Kentucky sud central. Chaque indice représente le moyen de 10 ou 15 analyses.



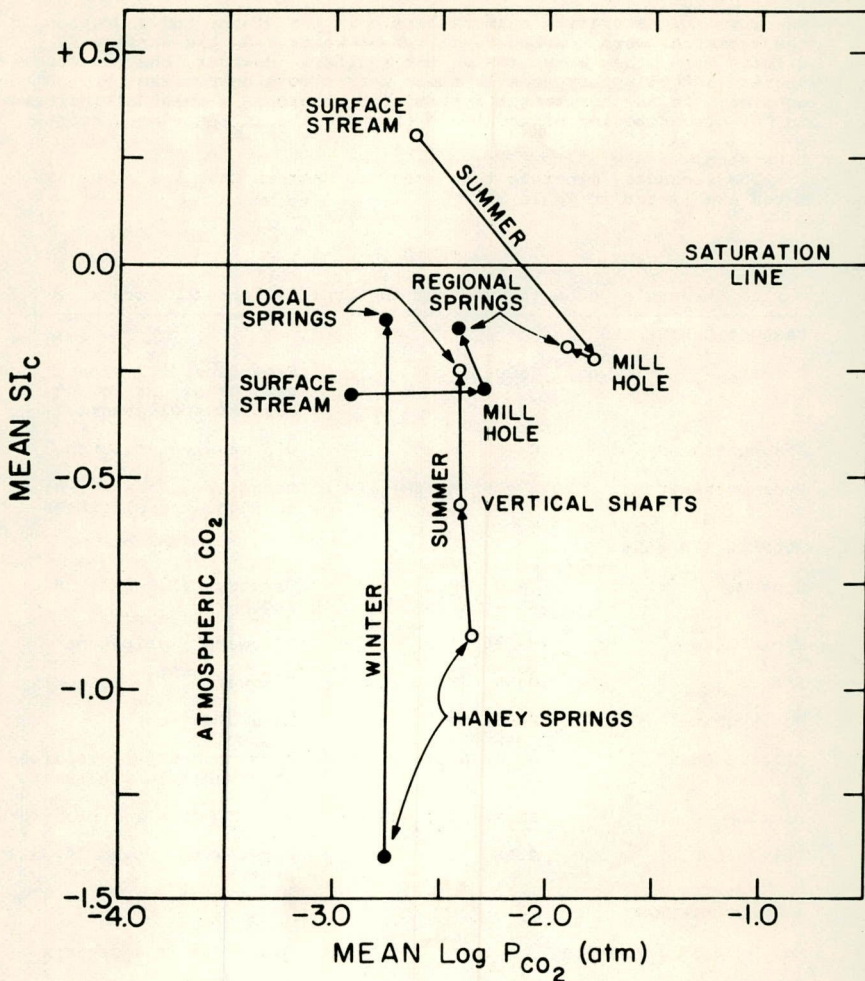


Figure 13. Seasonal Relations of Saturation and Carbon Dioxide Partial Pressure for Karst Waters. Each Point is an Average of 10-15 Individual Analyses. From Hess and White (in press).

Abbildung 13. Saisonsverhältnisse zwischen der Sättigung und dem partiellen Druck von Kohlendioxyd für Karstgewässer. Jeder Punkt stellt den Mittelwert von 10-15 einzelnen Analysen dar. Von Hess und White (im Druck).

Figure 13. Rapports saisonniers de la saturation et de la pression partielle d'acide carbonique pour les eaux karstiques. Chaque indice représente le moyen de 10 ou 15 analyses individuelles. (Hess et White; sous presse).

The level of saturation changes little in the winter and decreases in the summer as warm, carbonate-deficient water from the surface is diluted with other water inside the aquifer. However, the CO<sub>2</sub> concentration actually increases as these waters move downstream through the aquifer. In the horizontal system also, there is a seasonal increase in CO<sub>2</sub> concentration of about a factor of five in the summer months.

#### Mineralogy

The secondary minerals that occur in Mammoth Cave and other nearby caves are listed in Table 1.

Table 1.

#### Minerals Found in Caves of the Central Kentucky Karst

##### CARBONATE MINERALS

Calcite	CaCO <sub>3</sub>	Flowstone, dripstone, various excentric and nodular speleothems
Aragonite	CaCO <sub>3</sub>	Old massive dripstone
Hydromagnesite	4MgCO <sub>3</sub> ·Mg(OH) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	Moonmilk. Rare dry blobs on nodular speleothems

##### SULFATE MINERALS

Gypsum	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	Crusts, "flowers", dripstone
Mirabilite	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·10H <sub>2</sub> O	"Flowers", dripstone
Epsomite	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	"Flowers", in sediments
Hexahydrate	MgSO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O	In sediments
"Labile Salt"	Na <sub>4</sub> Ca(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·2H <sub>2</sub> O	As second phase dispersed in mirabilite stalactite
Blöditte	Na <sub>2</sub> Mg(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	In sediments and floor crusts
Celestite	SrSO <sub>4</sub>	Rare, with gypsum in wall crusts

##### NITRATE MINERALS

No crystals identified

Dispersed in sediments

##### RESISTATE MINERALS

???	(Ca,Ba) <sub>x</sub> ·MnO <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O	Black coatings on stream pebbles and in shafts
-----	---	--

Dripstone and flowstone usually occur only where passages extend beyond the protective sandstone caprock (Figure 14). Elsewhere vertical seepage of water is restricted by the impermeable clastic sediments. Thus massive calcite deposits are found near cave entrances such as Frozen Niagara, Violet City, and the entrance to Great Onyx Cave.

Water infiltrates through the soil and organic materials at the surface, picks up carbon dioxide which then reacts with the weathered limestone at the base of the soil zone. These carbonate-rich solutions percolate downward and reach the cave where carbon dioxide is degassed to form a highly supersaturated solution which deposits the calcite. When water infiltrates from the edge of the caprock, it does not pass through a limestone soil and the water reaches the cave undersaturated with respect to calcite. Thus it is possible to find vertical shaft complexes at the edge of the caprock which are dissolving limestone at one end and filling up with calcite at the other.

Massive stalagmites and columns occur deep in the system in the old upper passages of the cave. These frequently contain large



percentages of aragonite which occurs as massive fine-grained crystals, sometimes interlayered with calcite.

Passages beneath the caprock are dry and relative humidity may fall as low as 80%. In these passages occur gypsum as thick crusts, sometimes as curving masses of crystal fibers known as "gypsum flowers" and occasionally in the form of stalactites or columns. Gypsum is thought to be derived from the oxidation of pyrite that occurs at the top of the Big Clifty sandstone above the cave. Beneath the Big Clifty is the Fraileys shale, which is present in some places and absent in others. Where the shale is absent, percolating solutions

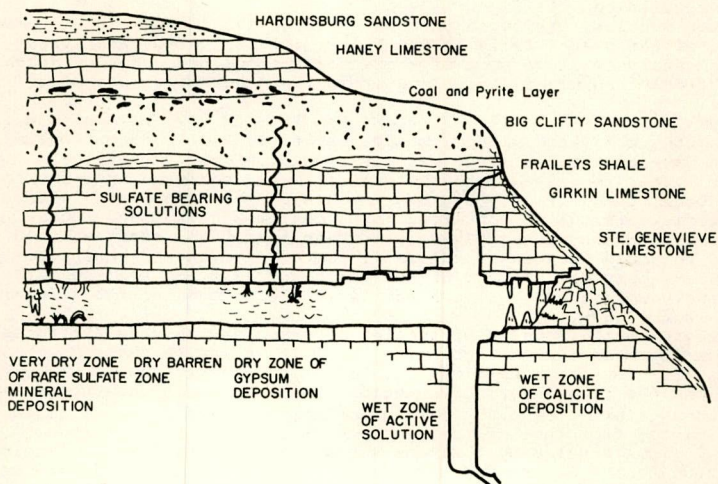


Figure 14. Sketch Showing Relation of Zones of Mineralization to Position of Passage with Respect to Caprock.

Abbildung 14. Eine Skizze, die das Verhältnis zwischen Mineralisationszonen und der Ganglage in bezug auf das Deckgebirge darstellt.

Figure 14. Esquisse du rapport entre les zones de minéralisation et la disposition des passages par rapport à la roche de recouvrement.

carry the sulfuric acid from the oxidation of pyrite down into the cave where it reacts with  $\text{CaCO}_3$  *in situ* forming gypsum in the wall rock of the cave and also causing a unique form of breakdown from the crystal pressure. Where the shale is present the underlying passages contain little gypsum.

The other sulfate minerals listed in Table 1 are highly soluble in water and they occur in the cave only in very dry passages deep under the caprock. Mirabilite occurs as spectacular water-clear stalactites that resemble icicles, and as "flowers" much like the gypsum flowers. Mirabilite was mined by pre-historic man apparently for use as a laxative. Areas of Salts and Mammoth Caves that had been scraped during indian mining operations a few millenia ago, now have tufts of mirabilite regrown on the bare places. Mirabilite occurs mostly in Flint Ridge and in Mammoth Cave. Epsomite and the other salts of magnesium require a magnesium source which is likely the dolomite which occurs interbedded with the limestone. Unusual crusts of epsomite, hexahydrate and blödite have formed in Lee Cave from crystals that have sifted down from the ceiling.

Mammoth Cave is reknown for the saltpeter mining that took place there in the 19th century. Recent studies have shown that nitrous saltpeter earth derives from seeping groundwater, not from bat guano as previously believed. Rainwater descends through surface vegetative soils and eventually reaches the dry cave where evaporation deposits the nitrates. Evidence for this origin are the very high

nitrate concentrations (thousands of parts per million) in the outer 10-30 cm of the limestone cave wall. Bat guano can enrich saltpetre earth but it is not the only, nor even the main source, of nitrates to the saltpetre sediments of Mammoth Cave. A seeping groundwater origin explains regeneration of cave nitrate in a few years time and also the presence of saltpetre earth in over 50 km of dry passage in Mammoth Cave.

Nitrate minerals do not appear in the crystallized state in Mammoth Cave and in other caves of the southeastern United States because they are deliquescent and dissolve in their own water of crystallization. The relative humidity of Mammoth Cave would have to lower from 85-95% to 54% in order for nitrocalcite to crystallize on the cave walls and ceilings.

Black coatings are found on cobbles in active streamways and also on some of the gravel fills in the higher levels of the cave system. Chemical analysis shows some of these coatings to be oxides of manganese but detailed mineralogical determinations have not been made.

#### Biology

Because of diverse microclimates, habitats, and food sources, Mammoth Cave contains a large variety of biological communities. Organic matter is washed into the cave from the various water sources or is contributed directly by cave animals and by transient visitors. The organic material is converted into food by bacteria and fungi. In contrast to many other caves, bat guano is not an important food source, not only because of the small number of bats and their use of the cave only during part of the year, but also because the bats occupy dry, cold areas that are not favorable to most of the invertebrates in the cave.

The greatest diversity of species occurs near the cave entrances and near the mean annual high-water level in stream passages, such as Echo River. The dry conditions and small food supply above this level, and the frequent flooding below, fosters more highly specialized communities. The overall fauna of Mammoth Cave does not differ significantly from that of nearby caves in the Pennyroyal Plateau.

Ecological studies by T.L. Poulson of the University of Illinois have shown that fast-growing species with specialized food demand and short life spans occur where there are concentrated, seasonal sources of high-energy food, particularly near entrances and water inputs. There is a low species diversity in such areas. The cave cricket (Hadenococcus) is the most conspicuous animal in this category. In contrast, diverse communities in which individuals have a slow growth rate and long life occur in areas of diffuse, low-energy but rather constant food supply. There is little food specialization among the species in such an area. The cave millipede (Scoterpes copei) is an example of such a species.

In addition to those mentioned previously, several other animal species are of special interest. Eyeless fish (Typhlichthys and Amblyopsis), crayfish, isopods, and amphipods inhabit many of the stream passages, whereas cave beetles (Pseudanophthalmus, Neathanaeops) are common in relatively dry passages. The pack rat (Neotoma magister) inhabits areas near the entrances. The study of the ecology of these communities and the evolutionary trends among troglotic species has only begun.

#### Archeology of Mammoth Cave

The entrance areas of Mammoth Cave and Salts Cave were used as shelter by aborigines of the Early Woodland Culture, between 3200 and 2000 years ago. Evidence of their habitation includes partly burned torches of cane and weed stalks, woven footwear, cloth, cordage, bowls, baskets, and food. Two desiccated bodies have also been found: one in the main passage of Mammoth Cave, an adult male who was trapped beneath a boulder that fell while he was excavating minerals from beneath it; and one of a youth found in Salts Cave. Despite the great number of visitors to these caves in the past 180 years, many of the artifacts and other traces of these people remain intact, preserved surprisingly well in the stable and rather dry environment of the caves. These aboriginal people were one of the earliest food-producing societies in North America, so their artifacts and remains provide unique information about the transition of early humans from a hunting-gathering way of life to a food-producing one.

In addition to using the caves for shelter, these people mined gypsum, mirabilite, and epsomite from some of the dry passages. Marks



from battering and scraping can be seen on many of the cave walls. It is not clear to what use these minerals were put -- whether for seasoning, medicine, or as a base for paint -- but the great extent of the mining suggests that some may have been traded with people from outside the Mammoth Cave area. Chert was also quarried from the caves for use as tools and hunting implements.

Small groups occasionally explored as far as several kilometers into the caves, probably for adventure as well as to seek new minerals. Prints of bare feet in mud deep within Salts Cave are among the most unusual traces of these exploring parties.

Our best record of the diet of these people comes from abundant paleofecal specimens. They ate predominantly plant food, such as hickory nuts and sunflower seeds, supplemented with occasional deer, rabbit, turkey, and smaller animals. Squash and gourd, first domesticated in Mexico and then traded north, were cultivated by the Early Woodland people, and were used more for containers than for food.

#### History of Mammoth Cave

Mammoth Cave was known to the early settlers of Kentucky as early as the 1790's. According to legend, the cave was first discovered by a man named Houchins while he was pursuing a bear.

The cave first attracted widespread attention as a source of saltpeter, used in the manufacture of gunpowder. Saltpeter mining at Mammoth Cave developed into a large operation during the War of 1812, when more than 200 kg of nitrate was obtained from the cave sediment each day. Mining took place mainly in the large, upper-level passages shown today on the Historic Tour. Using lard-oil lamps and torches for illumination, as many as 70 workers at a time were involved in excavating the sediment from the cave floor. The sediment was carried by oxcarts to wooden leaching vats. Water from the entrance was passed through the sediment to leach out the soluble calcium nitrate along with other water-soluble salts. This solution was then piped to the entrance under pressure by hand pumps. The pipes used to convey the water and nitrate solution were made of hollowed-out logs fitted together. At the surface, the solution was filtered through wood ashes to produce potassium nitrate. The solution was partly evaporated in furnaces located at the cave entrance and allowed to cool to recrystallize potassium nitrate, leaving the more soluble minerals behind in the liquor. The nitrate crystals were then shipped to the east coast, where they were mixed with carbon and sulfur to make gunpowder. This operation ceased in 1815, when foreign supplies of nitre became available.

With the closing of its saltpeter works, Mammoth Cave became increasingly popular as a tourist attraction. In 1838, the cave and surrounding land were purchased by Franklin Gorin, who expanded the facilities at the cave to attract more visitors. His black slave, Stephen Bishop, became America's first truly great cave guide and explorer. Bishop is credited with having discovered passages far beyond the previous limits of exploration. For the first time since prehistoric days, Mammoth Cave was being pushed beyond the easy, walking-size areas into difficult terrain containing shafts, rivers, and crawlways. Bishop died while still young in 1857, and during the latter half of the nineteenth century exploration in Mammoth Cave was only sporadic.

In 1908, Mammoth Cave was visited by a German engineer from Berlin, Max Kaemper, who produced the first comprehensive and accurate map of Mammoth Cave, with the aid of cave-guide Edward Bishop (Stephen's grandnephew). They mapped 56 km of passages, all from the Historic Entrance, which was then the only known way into the cave.

Around the beginning of the 20th century, many of the caves in Flint Ridge and Joppa Ridge were discovered and explored. Many of them, including Colossal, Salts, Proctor, Great Onyx, and Crystal Cave, were opened to the public. Because they were less accessible and not so well known as Mammoth Cave, most of these commercial operations were short-lived. Further competition came from a vigorous tourist trade at two new artificial entrances to the southeastern part of Mammoth Cave (New Entrance and Frozen Niagara Entrance), owned and operated independently of the original sections of the cave. Competition for tourists among the several commercial caves led to brazen advertising, midnight raids on competing caves and, some say, actual gunfights.

Floyd Collins, who discovered and helped operate Crystal Cave in Flint Ridge, spent a great deal of time seeking new cave entrances



closer to the main highway. In 1925, on a trip to small, unstable Sand Cave, near the Frozen Niagara Entrance of Mammoth Cave, he dislodged a boulder that pinned his foot, trapping him. Despite a nationwide appeal for help, efforts to remove him failed and he died of exposure.

In 1926 Mammoth Cave was authorized by Congress to become a new national park. The Crystal Cave property remained under private ownership as a small island within the Park until 1961. While it was still privately owned, Crystal Cave was explored far beneath Flint Ridge by William Austin, Jack Lehrberger, and others. Some of the most active explorers formed the Cave Research Foundation, dedicated to the study of caves in the Mammoth Cave region. By 1961, Cave Research Foundation explorers had linked most of the caves of Flint Ridge into a single system, which became the world's longest in 1967. In 1972, a connection was made beneath Houchins Valley to Mammoth Cave, creating a single cave 230 km long. In 1979, a large system of river passages was discovered in Proctor Cave, which soon connected with Mammoth Cave near the Frozen Niagara Entrance. Today (1981) the Mammoth Cave System contains 360 km of mapped passages.

Guide to the Historic Section of Mammoth Cave

The following pages describe the major features of interest seen in and around the Historic Route of Mammoth Cave. This section of the cave has been known the longest and has been the site of aboriginal Woodland habitation, saltpeter mining, tourism, and the earliest exploration. In addition, it shows well the various types of passages and the different levels of the cave. There are other areas of the cave that are larger and more scenic, but this route shows the greatest variety of cave and historic features.

The Historic Section is at the extreme downstream end of the underground flow system that formed Mammoth Cave, so most of the passages have formed at or near the level of the Green River. Therefore, they are well adjusted to the local sequence of base-level changes and represent a broad range of levels, from Tertiary to late Quaternary. Since the passages in the Historic Section were formed, the major water flow has been diverted to routes farther southwest.

The Historic Section clearly shows the effect of the caprock in both limiting and concentrating recharge to the cave. Shafts occur in or near areas where the sandstone has been breached, but where the caprock is intact the passages are dry and gypsum coated.

Points of interest described here are located by number on the cave map in Figure 15.

#### 1. Historic Entrance and Nearby Surface Features

Prior to the connection with the caves in Flint Ridge and Joppa Ridge, the Historic Entrance was the only natural entrance to Mammoth Cave. It is located at the point where a small surface valley intersected one of the upper-level passages. The entrance is located in the middle beds of the Girkin Formation. The contact between the limestone and the overlying Big Clifty Sandstone (the basal unit of the resistant caprock) lies 7 m above the head of the entrance stairs. Outcrops of sandstone project along the trail leading to the entrance.

Near the foot of the valley, along the banks of the Green River, is River Styx Spring, which drains some of the water from Mammoth Cave during high flow. Most of the water in Mammoth Cave exits at the alluviated Echo River Spring one kilometer to the south.

Other features of interest near the entrance include the Old Guides' Cemetery, where Stephen Bishop is buried, and Mammoth Dome Sink, a collapse sinkhole extending into the limestone through the insoluble caprock, located 500 m south of the Historic Entrance.

During the early 19th century, when the cave was mined for saltpeter, several large furnaces were located above the cave entrance for boiling down the nitrate solution. The hollowed-out wooden logs, through which this solution was piped out of the cave, are still visible in the entrance passage, partly buried to avoid freezing during the winter. Water at the entrance was collected and piped into the cave for use in leaching the calcium nitrate from the cave sediment.

#### 2. Rotunda

The passages seen here are deep canyons filled more than half way with sediment. They are typical of the large upper levels of late Tertiary age, at altitudes of 175-200 m. The full vertical extent of



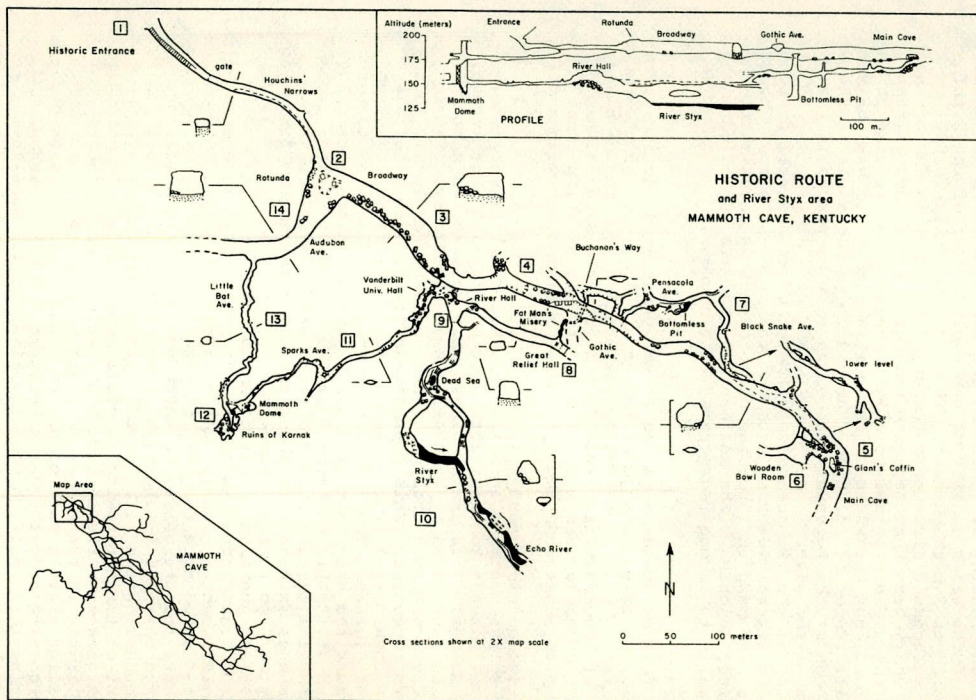


Figure 15. Map of the Historic Section of Mammoth Cave, Showing Main Features Described in this Guidebook.  
Abbildung 15. Karte des Historischen Teil von Mammoth Cave.

Figure 15. Plan de la Section Historique de Mammoth Cave montrant les particularités principales décrites dans ce guide.

these canyons can be seen in only a few places in Mammoth Cave and nearby caves, where the sediment has subsided into underlying passages.

Broadway and Audubon Avenue form a single strike-oriented passage extending around the nose of a local anticline (Figure 16). The original flow direction was into Audubon Avenue. The entrance passage (Houchins' Narrows) is a later diversion passage oriented down the local dip of 19 m/km. More than one stage of canyon deepening and filling may have occurred here.

The prominent bedding of the limestone can be seen in the passage walls. Most of the walls consist of the Paoli Member of the Girkin Formation, which is 7 m thick here. The one-meter-thick Bethel Member forms a recessed niche near the ceiling. This is one of the incompetent, shaly beds that separate the purer limestones of the Girkin Formation. The original solutional ceiling was located at the top of the Paoli, but breakdown of the ceiling and walls has obliterated nearly all traces of solution. Arched break-out domes in the ceiling, as seen at the Rotunda, are common in wide places in the main passages of the cave.

The remains of the 19th century saltpeter works are well preserved here, including several leaching vats and the ruins of a tower that once housed a hand pump to force the nitrate-bearing solution to the entrance. After leaching, the sediment in the vats was piled along the passage walls to become regenerated with nitrate.

### 3. Broadway

The tour follows Broadway in the former upstream direction. This is the major upper-level passage of the cave. Fragments of the elaborate pipe system, through which water was brought into the cave and the solution of leached nitrate was pumped out, are seen in this passage. Most of these were made from the trunks of tulip trees which have a pithy heartwood that is easily hollowed out with a drill.

### 4. Junction with Gothic Avenue

Broadway splits upstream into two branches on different levels. The upper level extends to the right, (southward) as Gothic Avenue, in the Paoli Member. This is the oldest major passage in Mammoth Cave Ridge, and was formed by water from Houchins Valley. The so-called Main Cave continues straight ahead on the lower level, in the Ste. Genevieve Limestone. This passage was formed when water was diverted to a lower level from Gothic Avenue and joined water from the Pennyroyal Plateau. The junction of these two passages is rather complex, because the Main Cave originally passed beneath Gothic Avenue and joined it farther downstream at the Methodist Church. Breakdown and sediment fill have obscured their original relationship. Gothic Avenue ends in breakdown about one kilometer in the former upstream direction from this junction.

The downstream junction of Gothic Avenue and the Main Cave is called the Methodist Church because religious services were once held there in the 19th century, making use of a natural pulpit of rock and a broad, flat-floored area for the congregation. During early tours, it was customary for the guides to throw burning torches made of kerosene-soaked cotton onto the high ledges in this room to illuminate it. Black smudges on the walls have resulted from this practice. A limited amount of torch-throwing is still performed at the Methodist Church by the guides on the Lantern Tour, which uses hand-held lanterns for light, in the manner of tours of the last century. The walls and ceiling of this part of the cave are unusually dark because of the smoky coating from the early kerosene and oil lanterns, and from the flaming torches of the aboriginal explorers more than a thousand years before.

Additional saltpeter vats are seen at the upstream junction of Gothic Avenue and the Main Cave. The hand rail around the vats is made from the remains of a second pumping tower that once existed at this site.

### 5. Display of Artifacts from the Aboriginal Woodland Culture

Evidence for use of the cave by the aboriginal Woodland Culture was almost completely obliterated by saltpeter mining in passages near the entrance. However, artifacts and other traces of aboriginal activity are numerous in less accessible passages. Most of these remain undisturbed, but a representative collection of cane torch fragments, wearing apparel, and tools is on display. Scars on the



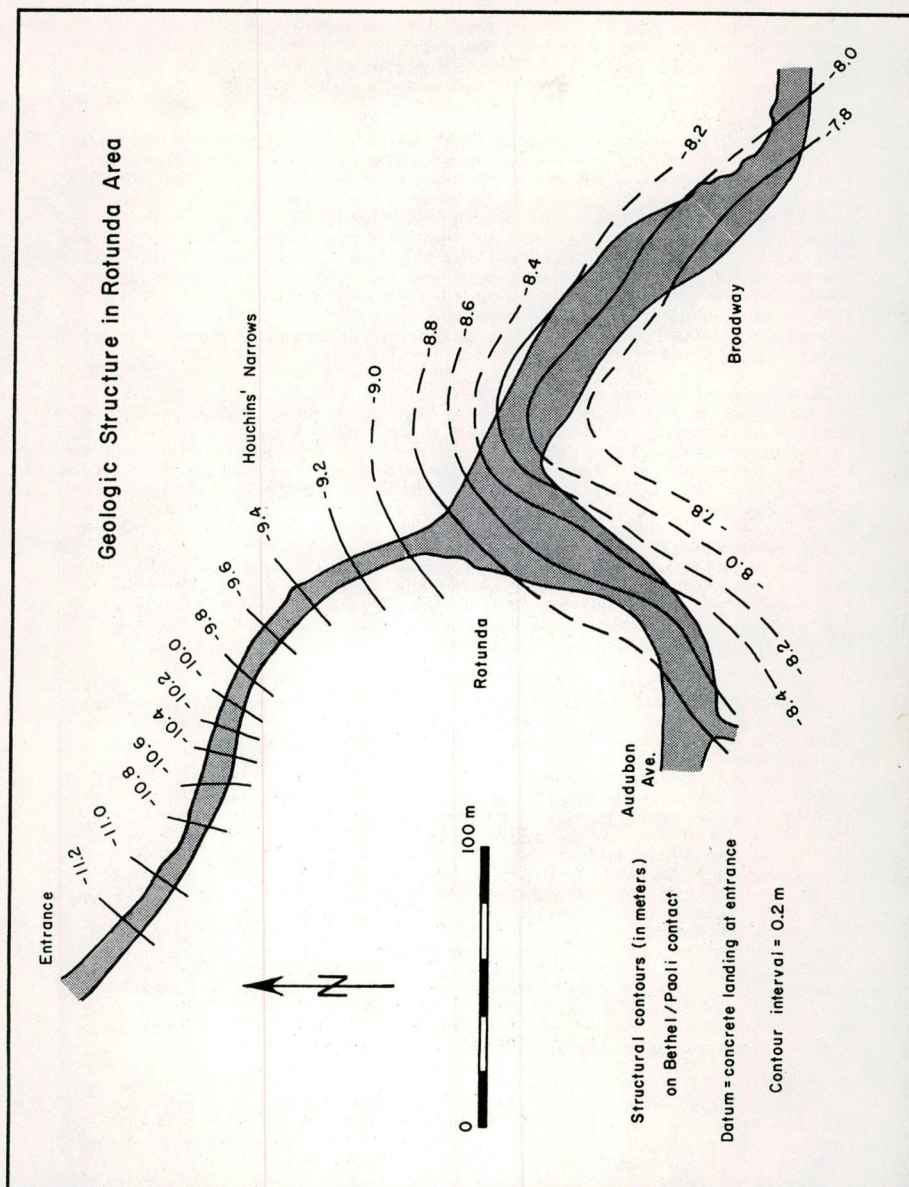


Figure 16. Map of the Rotunda and Related Passages, Showing the Influence of Local Geologic Structure on Passage Trends. Broadway and Audubon Avenue are Oriented Nearly Parallel to the Strike, Whereas Houchins' Narrows Trends Directly Down the Dip.

Abbildung 16. Karte des Rotunda und den verwandten Höhlengängen.  
 Figure 16. Plan des Rotunda et passages associées.

walls are mainly the result of scraping and battering of the gypsum coating by aboriginal miners. The desiccated body of a male aborigine, killed by a rockfall while mining gypsum, was found in the upstream section of the Main Cave and was once on display here.

#### 6. Wooden Bowl Room

The tour descends through a small passage to the next lower level at 170 m. The wooden Bowl Room is at this level, at the junction of several passages, one of which (Ganter Avenue) contains most of the in situ aboriginal artifacts in Mammoth Cave. The room is named for one of these artifacts. The ceiling is formed by the base of the thick-bedded Karnak Member of the Ste. Genevieve Limestone, while the thinner-bedded Spar Mt. and Fredonia Members are exposed in the walls. The passages at this level are much smaller than those in the upper level and are predominantly tubes instead of large canyons. These lower passages probably date from the early or middle Pleistocene Epoch, after the Green River began its entrenchment below the level of the Pennyroyal Plateau.

#### 7. Black Snake Avenue and Bottomless Pit

The tour route descends to a tubular passage of mid-Pleistocene age, at an altitude of 165 m, named Black Snake Avenue. This passage is located in the thick-bedded F3 unit of the Fredonia Member and is floored by a yellow dolomitic limestone bed that occurs locally within that unit. The passage extends beneath the Main Cave, in the former downstream direction, and skirts the northeastern edge of Mammoth Cave Ridge. Vadose water entering along the eroded edge of caprock has formed several vertical shafts that intersect the tubular passage and drain into lower-level canyons. The deepest shaft is Bottomless Pit, which reaches 30 meters down to the level of the Green River. Prior to 1838, when Stephen Bishop crossed the pit by bridging the gap with a wooden ladder, Bottomless Pit was the limit of exploration in the lower levels of Mammoth Cave.

#### 8. Fat Man's Misery and Great Relief Hall

The tubular passage continues another 500 m as Pensacola Avenue, but the tour route enters a side passage and descends through breakdown to a still lower level, at 152 m, probably also of mid-Pleistocene age. This is a low, wide passage floored with sand and gravel named Buchanan's Way. It ends in sediment fill, but a narrow, sinuous canyon with a keyhole-shaped cross section branches off as a diversion route to a parallel passage at the same level. The narrow canyon is named Fat Man's Misery, and the large tubular passage beyond is called the Great Relief Hall. All of these passages have developed along the prominent bedding-plane parting at the contact between the F3 and F2 rock units. The dolomitic F2 unit contains many small solution pockets and has a conspicuously porous appearance. Joint-controlled fissures in the ceiling of the Great Relief Hall extend almost perpendicular to the passage trend. This is a typical situation and shows the small influence of fractures on the passages in this strongly bedded limestone. Nodules and dike-shaped bodies of chert project from the ceiling. These are the usual shapes of chert bodies in the Ste. Genevieve Limestone, in comparison with the beds and thin lenses of chert in the St. Louis Limestone.

#### 9. River Hall

Black Snake Avenue, Buchanan's Way, and Great Relief Hall were all fed by water from Houchins Valley to the east. At River Hall, the tubular passage of Great Relief Hall curves downward across the beds to the Ste. Genevieve/St. Louis contact, where it joins a passage that once carried drainage from major sources located farther southeast, perhaps as far away as the Pennyroyal Plateau. This combined passage ends in breakdown at the northern end of River Hall. The top of the St. Louis Limestone is a projecting ledge about 2 m below the ceiling. Although River Hall is located 12-15 m above the level of the Green River, it occasionally fills completely with water during periods when the river floods. During a flood in 1962, the water level in the cave rose almost 19 m.

#### 10. Echo River

Following the left-hand (southern) tributary at River Hall, the tour route proceeds in the former upstream direction, as is shown by the prominent scallops in the walls and ceilings. This passage



merges with a river passage at a lower level, partly filled with sand, silt and clay, and containing slow-moving water at essentially the same level as the Green River. This is known as River Styx. The sound of a small waterfall can be heard plunging from the ceiling into a pool. Perched on sediment, River Styx flows southward, in the opposite direction from the flow that originally formed the passage. The two passages cross each other several times and eventually merge into a single tube containing deep water. Here the cave stream is known as Echo River. This passage was originally fed by major sources of water to the southeast, but now it receives recharge from local sources. A short underground boat ride is included here on the Echo River tour offered by the Park Service. Drainage from Echo River follows a flooded passage to Echo River Spring.

At the far end of the ponded section is a small opening at the river level nearly filled with water. This is the end of the passage through which the connection to Mammoth Cave was made from the Flint Ridge Cave System in 1972.

The dark brown color of the bedrock is typical of the upper St. Louis Limestone, in which both passage levels are located. Numerous chert nodules and beds normally occur a few meters below the top of the St. Louis Limestone but in this section of the cave chert is rare.

This level of the cave is a rich area for biological study.

Animal life includes eyeless fish (Typhlichtys, Ambliopsis), crayfish, small red cave beetles (Pseudanophthalmus), cave crickets (Hadenocerus subterraneus), and the rare Kentucky cave shrimp (Palaeomonias ganteri).

The Echo River passage has had a long, intricate history. It originated as a phreatic tube that looped downward below base level at least 20 m. Traced upstream for 2 km, it changes to a vadose canyon at an altitude of 152 m, which corresponds to that of its tributary, Great Relief Hall. Passages at that level probably date from the mid-Pleistocene, because U/Th dating of a stalagmite in a contemporary passage in Flint Ridge has yielded a date of more than 300,000 years. Further entrenchment of the Green River allowed the Echo River passage to drain, and its water to form lower levels. However, alluviation during the latest (Wisconsinan) glaciation caused the Green River to rise, reflooding parts of this rather old passage.

#### 11. Sparks Avenue

Several upper-level passages were exposed by the breakdown of the Echo River and Great Relief passages at River Hall, so it is possible to ascend over the breakdown and continue at a higher level. The tour route then drops slightly into Sparks Avenue, a wide tubular passage at the Ste. Genevieve/St. Louis contact. Although it is essentially the same level as the upper part of Echo River, the small size and thick sand and gravel fill of Sparks Avenue indicate that it is probably the downstream continuation of, or a diversion route for, Buchanan Way. Prominent joint-controlled fissures occur in the base of the F1 rock unit that forms the ceiling. Along one of these joints the passage jogs upward several meters and continues within the F1 unit. Cross beds in the sediment indicate that the original flow was in the direction followed by the tour, and therefore rose in the downstream direction.

#### 12. Mammoth Dome

Sparks Avenue is intersected by Mammoth Dome, one of the largest vertical shafts in the Mammoth Cave System. There appears to be no genetic relationship between the shaft and the passage. Water enters Mammoth Dome through a narrow canyon visible in the ceiling, falls 58 m and exits through a boulder-choked drain. The course is probably Mammoth Dome Sink, which is located 100 m to the south. Intersecting canyons have created a complex pattern of fluted walls and pillars, including the feature known as the Ruins of Karnak. Dripping water has also formed draperies of flowstone, which is rare in this part of the cave.

The variety of limestone types in the Ste. Genevieve and St. Louis formations is clearly seen here. The Ste. Genevieve/St. Louis contact is located about 2 m below the lowest landing. The dark brown, shaly St. Louis contrasts with the lighter gray of the Ste. Genevieve. Vertical flutes are well developed in the thick-bedded F1 and F3 units of the Ste. Genevieve, but only poorly in the thinner beds. The F3 unit, which forms the pillars of the Ruins of Karnak, is abnormally thick here, forming a single bed of more than 6 m. The

pitted dolomite of unit F2, which forms the walls of the Great Relief Hall, is seen again next to the lower stairs leading out of Mammoth Dome.

The tour ascends Mammoth Dome on a spectacular staircase, bypassing all the intermediate passage levels and returning to the highest level of the cave.

#### 13. Little Bat Avenue

This small tube was barely intersected by Mammoth Dome and has no genetic relationship to the shaft. It appears to have been a drain for Audubon Avenue after the latter passage was partly filled with sediment. Little Bat Avenue is located at the Aux Vases/Joppa contact.

#### 14. Audobon Avenue

Little Bat Avenue emerges into Audobon Avenue, which is the downstream continuation of the Main Cave and Broadway. This passage ends in breakdown at the edge of the Green River Valley several hundred meters to the west. The passage walls consist of the entire thickness of the Paoli Member, and the sharply recessed niche at the Girkin/Ste. Genevieve contact is clearly visible.

The tour returns to the Rotunda and exits through the Historic Entrance.

#### References

- Benington, Fred, 1959, Preliminary Identification of Crystalline Phases in a Transparent Stalactite, *Science*, v. 129, p. 1227.
- Briggs, Garret, ed., 1974, Carboniferous of the southeastern United States, *Geol. Soc. Am. Special Paper* 148, 361 p.
- Brown, R.F., 1966, Hydrology of the cavernous limestones of the Mammoth Cave area, Kentucky, U.S. Geol. Survey water-supply paper 1837, 64 p.
- Brucker, R.W., 1966, Truncated cave passages and terminal breakdown in the Central Kentucky Karst, *Natl. Speleo. Soc. Bull.*, v. 28, p. 171-178.
- , Hess, J.W., and White, W.B., 1972, Role of vertical shafts in the movement of ground water in carbonate aquifers, *Ground Water*, v. 10, p. 5-13.
- , and Watson, R.A., 1976, The longest cave, A.A. Knopf, N.Y., 316 p.
- Collier, C.R., and Flint, R.F., 1974, Fluvial sedimentation in Mammoth Cave, Kentucky, U.S. Geol. Survey Professional Paper 475-D, p. 141-143.
- Deike, G.H., 1967, The development of caverns of the Mammoth Cave region, Ph.D. thesis, The Pennsylvania State University, 235 p.
- Davies, W.E., and Chao, E.C.T., 1959, Report on sediments in Mammoth Cave, Kentucky, U.S. Geol. Survey Administration Report, 117 p.
- Harmon, R.S., Thompson, P., Schwarcz, H.P. and Ford, D.C., 1975, Uranium-Series dating of speleothems, *Natl. Speleo. Soc. Bull.*, v. 37, no. 2, p. 21-33.
- Hess, J.W., 1974, Hydrochemical investigations of the Central Kentucky Karst awuifer system, Ph.D. thesis, The Pennsylvania State University, 219 p.
- Hill, C.A., and DePaepe, D., 1979, Saltpeter mining in Kentucky caves, *Ky. Hist. Soc. Register*, v. 77, no. 4, p. 247-262.
- Meloy, H., 1968, Mummies of Mammoth Cave, *Micron Pub. Co.*, Shelbyville Ind., 43 p.
- Miotke, F.-D., 1975, Der karst in zentralen Kentucky bei Mammoth Cave, *Geographischen Institut der Technischen Universitat Hannover*, West Germany, 355 p.
- Miotke, F.-D. and Palmer, A.N., 1972, Genetic relationship between caves and landforms in the Mammoth Cave National Park area, *Böhrler Verlag, Würzburg, Germany*, 69 p.
- Murray, R.K. and Brucker, R.W., 1979, *Trapped*, G.P. Putnam, New York, 335 p.
- Palmer, A.N., 1977, Influence of geologic structure on groundwater flow and cave development in Mammoth Cave National Park, in *Karst hydrogeology, memoirs of the 12th congress of the International Assoc. of Hydrogeologists*, Alabama, p. 405.
- , (in press), A geological guide to Mammoth Cave National Park, *Zephyrus Press, Teaneck, N.J.*
- Pohl, E.R., 1936, Geological investigations at Mammoth Cave, Kentucky, *Amer. Geophysical Union, Trans.*, pt. 2, p. 332-334.



- , and White, W.B., 1965, Sulfate minerals: their origin in the Central Kentucky Karst, *Amer. Mineralogist*, v. 50, p. 1462-1465.
- Quinlan, J.F., and Rowe, D.R., 1977, Hydrology and water quality in the Central Kentucky Karst: Phase I, University of Kentucky, Water resources research institute, Research report no. 101, 93 p.
- Siegel, F.R., 1965, Aspects of calcium carbonate deposition in Great Onyx Cave, Kentucky, *Sedimentology*, v. 4, p. 285-299.
- Swann, D.H., 1964, Late Mississippian rhythmic sediments of the Mississippi Valley, *Assoc. of Amer. Petroleum Geologists Bull.*, v. 48, p. 637-658.
- Thornbury, W.D., 1965, *Regional geomorphology of the United States*, Wiley, N.Y., 609 p.
- Watson, P.J., ed., 1974, *Archaeology of the Mammoth Cave area*, Academic Press, N.Y., 255 p.
- White, W.B., and Poulson, T.L., 1969, The cave environment, *Science*, v. 165, no. 3897, p. 971-981.
- , Watson, R.A., Pohl, E.R., and Brucker, R.W., 1970, The Central Kentucky Karst, *Geographical review*, v. 60, p. 88-115.

#### Acknowledgements

We wish to thank the following people for their contributions to this guidebook: Patty Jo Watson for information on the archeology of Mammoth Cave; Carol Hill and Duane De Paepe on the origin of nitrate minerals in the cave and on the history of saltpeter mining; and Stanley Sides on the explorational history.

Many of the results summarized here resulted from the programs of the Cave Research Foundation.

EIN FÜHRER ZUM HISTORISCHEN TEIL VON MAMMOTH CAVE

Arthur N. Palmer and Margaret V. Palmer

Earth Sciences Department  
State University College  
Oneonta, New York 13820

and

William B. White

Materials Research Laboratory and  
Department of Geosciences  
The Pennsylvania State University  
University Park, PA 16802

Abbildung 1.....	2
Abbildung 2.....	3
Abbildung 3.....	4
Abbildung 4.....	5
Abbildung 5.....	6
Abbildung 6.....	8
Abbildung 7.....	9
Abbildung 8.....	10
Abbildung 9.....	11
Abbildung 10.....	13
Abbildung 11.....	15
Abbildung 12.....	16
Abbildung 13.....	17
Abbildung 14.....	19
Abbildung 15.....	23
Abbildung 16.....	25



## Einleitung

Mammoth Cave liegt in der Mitte des größten Karstgebiets in Amerika. Wegen ihrer langen und abwechslungsreichen Geschichte, sowohl als auch ihrer außerordentlichen Länge, ist sie mit ihren 360 km kartierten Gängen vielleicht die bekannteste Höhle der Welt.

Mammoth Cave National Park ist eines von mehreren Naturschutzgebieten und Wahrzeichen in den Vereinigten Staaten, die der Erhaltung von Höhlen gewidmet sind. Zur Zeit sind ungefähr 16 km von Gängen der Öffentlichkeit zugänglich, und mehr als eine halbe Million Besucher besichtigen jedes Jahr die Höhle.

Dieses Büchlein enthält eine allgemeine Beschreibung der Höhle und ihrer Umgebung, ihrer Geschichte und der Erscheinungen, die von naturwissenschaftlichem Interesse sind; darauf folgt ein detaillierter Führer zur Historic Tour (historischen Führung) und zur Echo River Tour (Echofluß-Führung).

## Die geologische Lage

Mammoth Cave liegt im westlich-zentralen Kentucky, an der südöstlichen Kante des breiten Illinois tektonischen Beckens in mississippischen (frühkarbonischen) Kalksteinen (Abbildung 1). Die Kalksteine fallen sanft 5-10 m/km nordwestlich zur Mitte des Beckens ein. Die Gesamtdicke der höhligen Kalksteine beträgt in diesem Gebiet nur wenige hundert Meter, was im Vergleich zu den meisten anderen Karstgebieten der Welt ziemlich dünn ist. Aber wegen ihres spitzen Einfallswinkels können die Kalksteine in einem ausgedehnten Gebiet aufgedeckt sein, und viele Karstentwässerungsgebiete, die mehr als 100 km<sup>2</sup> groß sind, haben sich darin gebildet.

Die höhligen Kalksteine des Mammoth Cave-Gebiets sind von unreinen, schwach verkarsteten Kalksteinen unterlagert, die auch aus der mississippischen Zeit stammen, und abwechselnd von Sandstein und Schiefer und von dünnen mississippischen und pennsylvanischen (spät-karbonischen) Kalksteinen überlagert (Abbildung 2). Die unlöslichen Gesteine bilden in der Mitte des Illinois Basin hügelige, zerschnittene Plateaus, aber um die Kanten des Beckens sind die unlöslichen Gesteine durch die Erosion abgetragen worden, was zur Aufdeckung des Kalksteins an der Erdoberfläche geführt hat. Der Kalkstein bildet eine breite Karstebene mit einem niedrigen Relief, die durch Dolinen und sinkende Ströme gekennzeichnet ist und Pennyroyal Plateau heißt; es liegt 40-60 m unter den höchsten Kämmen aus unlöslichen Gesteinen. Der tief zerschnittene Umkreis des hügeligen Gebiets besteht aus Kalksteinkämmen, die Hüte aus unlöslichen Gesteinen tragen und voneinander durch steilwandige Täler getrennt sind. Viele dieser sind hängende Karsttäler, die ungefähr auf dem selben Niveau liegen wie Pennyroyal Plateau. In diesem Grenzgebiet, welches das Chester Upland (Hochland) heißt, liegt Mammoth Cave. Das Chester Upland und das Pennyroyal Plateau bilden ein sichelförmiges Karstband, das sich um die südliche und östliche Kante des Illinois Basin, vom südlichen Illinois durch den westlichen Teil von Kentucky in den südlichen Teil von Indiana erstreckt. Das Karstgebiet nimmt wegen der sich verkleinernden Dicke des Kalksteins und einer Überlastung glazialer Ablagerungen nordwärts ab.

Mammoth Cave dehnt sich unter wenigstens drei verschiedenen Kämmen des Chester Upland aus, wie auch unter den Karsttälern, die sie trennen (Abbildungen 3 und 4). Die Kämmen steigen bis zu einer Höhe von 250-275 m, und die Karsttäler und das lokale Pennyroyal Niveau liegen auf einer Höhe von 180-200 m. Der Green River, der westlich über dem Pennyroyal Plateau und dem Chester Upland auf einer lokalen Höhe von 130 m westlich fließt, ist der größere eingeschnittene Fluß in diesem Gebiet und die Hauptstrecke für die Höhlenentwicklung. Mammoth Cave ist nicht nur durch die Entwässerung des Hochlands sondern auch durch die Entwässerung der benachbarten Gebiete des Pennyroyal Plateau entstanden. Dieses Wasser taucht an mehreren großen, am Green River gelegenen Quellen auf.

Die größten Quellen werden durch Gänge gespeist, die 10-15 m unter dem gegenwärtigen Flußstand liegen; die Quellen treten durch Öffnungen im dicken alluvialen Sediment aus. Mammoth Cave liegt mehr als 80 km südlich der weitesten Grenze der pleistozänen Kontinentalvergletscherung und wurde so vor den direkten Einwirkungen der Vereisung verschont. Aber der Green River ist ein Zubringerfluß des Ohio River, auf dessen Hauptstrecke die Vergletscherung stark einwirkte, und die 15 m dicken alluvialen Ablagerungen bei Mammoth Cave sind das direkte Resultat der Anschwemmung des Ohio River während des letzten (wisconsinischen) Gletschervorstoßes.



Mammoth Cave befindet sich in einem Kalkstein, der eine Dicke von 110 m hat und aus dem oberen St. Louis Limestone, dem ältesten, dem Ste. Genevieve Limestone und der Girkin Formation, dem jüngsten Kalkstein, besteht (Abbildung 5). Der St. Louis Kalkstein hat eine Dicke von 60 m und enthält viele Hornstein- und Schieferschichten. Gips-schichten kommen in dieser Formation weit unter der Erdoberfläche vor; die sind aber in oberirdischen Ausgehenden durch die Auflösung zwischen den Schichten ausgewaschen worden. Der Ste. Genevieve Limestone ist 35-40 m dick und besteht in seiner unteren Hälfte aus zwischengelagertem Kalkstein und Dolomit und in der oberen Hälfte aus einem Kalkstein, der mit dünnen Schichten von weichen, schlammigen Ablagerungen durchsetzt ist. Die Girkin Formation ist 20-40 m dick und besteht aus einem Kalkstein mit zwischengelagerten Schiefen und Schluffsteinen. Die unlöslichen Schichten sind etwa 1,0 Meter dick und stellen keine bedeutende Unterbrechung der Höhlenkontinuität dar.

Diese Kalksteine wurden in einem seichten Binnenmeer abgesetzt, das sich während des Mississippis über den größten Teil vom südlichen Nordamerika ausdehnte. Das von den übriggebliebenen irdischen Räumen abgetragene Detritussediment bildete ein breites Delta, das sich immer weiter in den mittleren Teil des Meers erstreckte. Das unlösliche Deckgebirge im Chester Upland ist das Resultat des Delta-vorrückens über das Mammoth Cave-Gebiet, als das Milieu des Gebiets sich allmählich aus einem marinen in ein kontinentales transformierte. Die dünnen Schichten unreinen Kalksteins in der Girkin Formation und der oberen Ste. Genevieve Formation sind frühe Vorläufer dieser Detritussediment-Invasion. Trassiert man sie nordwestlich, so stellt man fest, daß diese unreinen Schichten sich verdichten und zu größeren Sandstein- und Schieferformationen werden, die den Kalkstein voneinander absondern. Die dünnen Kalksteinformationen zwischen den unlöslichen Gesteinen im Mammoth Cave-Gebiet enthalten eine hängende Karstentwässerung. Es sind hauptsächlich die Quellen in diesen Kalksteinen, die Mammoth Cave National Park mit Wasser versorgen.

#### Eine allgemeine Beschreibung des Mammoth Cave Systems

Die zur Zeit bekannten Teile von Mammoth Cave erstrecken sich unter drei der größeren Käme des Chester Upland südlich des Green River. Der Mammoth Cave Ridge, der nordöstlich gelegene Flint Ridge und der südöstlich gelegene Joppa Ridge enthalten alle größere Höhlen, die vor kurzem verbunden worden sind und ein System bilden. Die Grundstruktur der Höhlengänge ist dendritisch, aber es kommen so viele übereinanderliegende Niveaus und Ablenkungen zu immer tiefer gelegenen Niveaus vor, daß die dendritische Struktur beinahe vollkommen verwischt wird (Abbildung 6).

Die drei Gangtypen, die im Mammoth Cave System am häufigsten vorkommen, sind Canons, flach einfallende röhrenförmige Gänge und vertikale Schächte, die bis zu 60 m tief sind (Abbildungen 7, 8 und 9). Die Schichtung ist in den Wirkalksteinen hervortretend, und die meisten Brüche sind klein. Demzufolge sind die Gänge in Mammoth Cave mit den Schichten hoch konkordant. Röhrenförmige Gänge haben breite linsenförmige oder elliptische Querschnitte, die an der Schichtung entlang ausgedehnt sind (Abbildung 8). Die hervortretende Schichtung wirkt sogar stark auf die zahlreichen vertikalen Höhlenschächte ein, denn das einfließende Wasser hängt im allgemeinen einer Schichtflächenscheidung entlang oder auf einer verhältnismäßig widerstandsfähigen Schicht. Im Verlauf der Zeit findet die Abwärtsverbreitung eines typischen Schachts in Phasen statt; indem die Sohle sich bei dem Wuchs von einer größeren Schicht zur nächsten und bei den aufeinander folgenden Entwässerungen innerhalb jeder Schicht vertieft (Abbildung 9).

Die meisten Gänge, die sich in der vadosen Zone (Cañons und hängende Rohre) gebildet haben, sind beinahe vollkommen konsistent einfallend orientiert, wogegen diejenigen phreatischen Ursprungs sich gewöhnlich mit dem lokalen Streichen beinahe parallel entwickelt haben. Das Schlingeln der Gänge wird durch lokale Variationen im Einfallen und Streichen der kompetenten Schicht oder der Schichtungsfläche stark kontrolliert. Die heterogenen Streichen der Gänge werden in hohem Grade durch die lokalen Strukturvariationen zwischen den Schichten kontrolliert.

Die Einzugsgebiete für das Höhlensystem sind die Sinkhole Plain (Dolinenebene), die ins Plateau eingeschrittenen, zerschnittenen Karstäler und das mit Sandstein bedeckte Plateau selber. Im allgemeinen können die Gänge deshalb in regionale Entwässerungen, Talentwässerungen und Schachtentwässerungen unterteilt werden. Fließmarkie-



rungen in den regionalen Entwässerungsgängen deuten auf Entwässerungen hin, die bis zu etwa 50 m<sup>3</sup>/s betragen, und die Abflußcharakteristika deuten auf Einzugsgebiete hin, die sich auf Hunderte von Quadratkilometern ausdehnen. Nur wenige regionale Entwässerungen können den Abfluß aus der ganzen Sinkhole Plain erklären.

Viele Fragmente von alten verlassenen regionalen Entwässerungen existieren noch hoch im Höhlensystem. Die untersten Niveaus in der Höhle sind aktive Stromgänge. Der größte von diesen, der sich in Procter Cave befindet, entwässert zu Turnhole Spring am Green River, während Mystic River und Echo River unter Mammoth Cave Ridge zu Echo River Spring entwässern und der Überlauf zu Styx Spring fließt. Pike Spring entwässert Gänge in Flint Ridge und in benachbarten Gebieten.

Talentwässerungen können entweder Rohre oder Cañons sein und können den Abfluß von Karsttälern zu mittelgroßen Quellen am Green River führen, obwohl sie häufiger unterirdisch in die regionalen Entwässerungen dränieren. Solche Entwässerungssysteme existieren auch nördlich des Green River, wo unterentwässerte Täler vorkommen, obwohl kein bekanntes integriertes Höhlensystem vorhanden ist. Ebenfalls sind Talentwässerungssysteme in den Karsttälern zu finden, die stromabwärts vom großen integrierten Höhlensystem am Green River liegen.

Die Entwässerung von der Plateau-Oberkante fließt durch Schächte von der Erdoberfläche ab. Von den Schachtsohlen können sich beinahe horizontale Entwässerungen über lange Strecken ausdehnen (im Falle des Wretched River (miserablen Flusses), der Entwässerung für Colossal Dome im Flint Ridge Teil des Systems, beinahe 2 km), bis sie entweder andere Gänge durchkreuzen oder die Erdoberfläche erreichen.

Die beträchtliche Größe und die Komplexität des Mammoth Cave Systems sind wenigstens zwei Faktoren zuzuschreiben. Erstens haben die regionalen Entwässerungen andere Gänge integriert; und indem die Schächte tiefer werden, bilden die sich entfaltenden Ordnungen der Schachtentwässerungen Verbindungen zwischen Segmenten der Höhle, die sonst isoliert sein würden. Zweitens läßt die besondere Kombination der regionalen Entwässerung und der regionalen Struktur auf einer Seite des durch Sandstein geschützten Plateaus die Speisung zufließen, während der Abfluß auf der anderen Seite in den tief eingeschnittenen Green River stattfindet. Die hohen Wasserführungen an und unter der Erosionsbasis bilden größere Höhlengänge, während das Sandstein-Deckgebirge die Erosion und die Zerstörung von höheren trockenen Teilen des Systems verhindert.

#### Die geomorphische Geschichte

Es hat zwei größere Phasen in der Entwicklung von Mammoth Cave gegeben. Während des Oberen Tertiärs und des Unteren Quartärs hat das Gebiet eine langsame Erosionsdegradation durchgemacht, die mit Zeiten der Anschwemmung in weitem Maße abwechselten. Dieser Wechsel zwischen der Erosion und der Absetzung wurde wahrscheinlich durch den zyklischen Wechsel von einem feuchten in ein trockenes Klima verursacht. Die Folge war, daß sich eine Landschaft mit einem niedrigen Relief in der Nähe der Erosionsbasis auf dem Kalkstein bildete. Das war der Vorläufer des Pennyroyal Plateaus. Die überlagernden unlöslichen Gesteine projizierten als widerstandsfähige Hochlandfläche. Die obersten Niveaus in Mammoth Cave widerspiegeln diese langsame Degradation und Anschwemmung. Sie bestehen aus breiten, großen Rohren und bis zu 30 m tiefen Cañons, die an vielen Stellen bis zu zwei Drittel ihrer Tiefe mit Sediment ausgefüllt sind. Diese Gänge konzentrieren sich in Höhen von 175-200 m, an ihren stromabwärts gelegenen Enden, die in der Nähe des Green River sind. Es gibt verhältnismäßig wenige dieser Gänge, weil der Kalkstein zu der Zeit spärlich zerschnitten war, und die unterirdische Entwässerung wurde lediglich durch wenige große sinkende Ströme in den Karsttälern und dem Pennyroyal Plateau gespeist.

Während des Tertiärs entwässerte sich der größte Teil der Erdoberflächendränage aus den Appalachian Mountains durch den Teays River nördlich des gegenwärtigen Ohio River. Früh im Pleistozän wurde diese Entwässerung durch Kontinentalgletscher südwärts in den Ohio River abgelenkt. Diese Flußwassermengenzunahme verursachte den schnellen Einschnitt des Ohio River. Die Folge war, daß der Green River und andere Zubringerflüsse des Ohio River auch schnell vertieft wurden. Dieser Vorgang hatte die tiefen, steil abfallenden Talquerschnitte im Pennyroyal Plateau und dem Chester Upland zur Folge. Der Einschnitt wurde durch regelmäßig wiederkehrende Anschwemmungsperioden unterbrochen, die wahrscheinlich den Vergletscherungsperioden entsprachen. Während größere Flüsse, wie der Green River, in Kalksteingebiete eingeschnitten, blieben die kleineren Zubringerflüsse hängen, und das

Wasser wurde unterirdisch abgelenkt. Die Kalksteinoberfläche mit einem niedrigen Relief wurde zu einer Karstebene (Pennyroyal Plateau), und Karsttäler wurden zwischen Kämmen im Chester Upland geformt. Rasche Verschiebungen in der Erosionsbasis führten dazu, daß Gänge sich auf vielen Niveaus schnell bildeten; diejenigen auf einer Höhe von 165-170 m und 152 m sind am auffallendsten. Diese Niveaus entsprechen wahrscheinlich perioden mit einer relativ stabilen Erosionsbasis, denn die Gänge, die sich auf den gleichen Höhen gruppieren, kommen an verschiedenen stratigraphischen Horizonten vor (Abbildung 10).

Im Verlauf der Zeit haben die verstärkte Zerschneidung und das verstärkte Relief einen Zuwachs in der Zahl der Einzugspunkte verursacht. Obwohl größere Fließwege vom Pennyroyal Plateau noch bestanden, wurde die Speisung aus dem Chester Upland in viele kleine Einflüsse aufgeteilt. Es bilden sich gegenwärtig nur wenige große Gänge, aber viele kleine Gänge werden durch kleine lokale Quellen der Speisung aus Karstältern und Kammflanken geformt.

#### Die regionale Hydrochemie

Wasser fließt durch sinkende Ströme auf dem Pennyroyal Plateau in den Karstaquifer ein; es fließt auch als unterirdischer Abfluß in Dolinen und Karsttäler und als direkte Infiltration durch den Erdboden in unterlagernde Brüche im Kalkstein in den Karstaquifer ein. Wasser tritt durch mittelgroße, lokale Quellen wie z.B. Pike Spring oder durch die großen regionalen Quellen wie z.B. Turnhold Spring und Graham Spring wieder auf der Erdoberfläche aus. Auf der Führungsrouten kann das Wasser in der Form von vertikalen Strömungen gesehen werden, die vertikale Schächte hinabfließen, wie auch als Wasser, das von Tropfsteinen abtröpft, und auch in der Form von Höhlenströmen. Jedes dieser Gewässer hat eine charakteristische chemische Zusammensetzung, aus der etwas über die chemische Entwicklung des Wassers während seiner Bewegung durch den Aquifer gefolgert werden kann.

Die nötigen Messungen sind Analysen von Wasserproben nach ihrem Gehalt von  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  und  $\text{SO}_4^{2-}$ , eine genaue Messung im Felde des pH, wie auch die Messung der Temperatur und der elektrischen Leitfähigkeit an der Wasserquelle. Die meisten amerikanischen Karst-Geochemiker haben festgestellt, daß die folgenden kalkulierten Quantitäten die nützlichsten Parameter für die Beschreibung von Karstgewässern sind: die totale Wasserhärte, der Saturationsindex und der theoretische partielle Druck des Kohlendioxyds. Sie werden folgenderweise definiert:

$$\text{Die Wasserhärte} = 100 \left( \frac{C(\text{Ca}^{++})}{40} + \frac{C(\text{Mg}^{++})}{24} \right) \quad (\text{in mg/l von CaCO}_3 \text{ ausgedrückt})$$

$$\text{SI}_C = \log \frac{a(\text{Ca}^{++}) \cdot a(\text{CO}_3^{2-})}{K_C}$$

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{a(\text{HCO}_3^-) a(\text{H}^+)}{k_1 K_{\text{CO}_2}} \quad (\text{in Atmosphären})$$

w: C = die Konzentration in mg/l

a = die Ionenaktivität

$K_C$  = das Löslichkeitsprodukt von Kalzit

$K_{\text{CO}_2}$  = die Gleichgewichtskonstante für die Dissolution des gasförmigen  $\text{CO}_2$ , um eine nichtionisierte Kohlensäure zu erzeugen

Die Berechnungen der Parameter von den analytischen Daten und den Daten aus dem Felde werden meistens mit Computerprogrammen ausgeführt, welche die Ionenstärke, die Temperatur und den Effekt von Komplexen berücksichtigen.

Einzelne Proben von Gewässern im Mammoth Cave-Flint Ridge System werden in Abbildung 11 verglichen. Die meisten Gewässer enthalten ungefähr zehnmals soviel  $\text{CO}_2$  ( $P_{\text{CO}_2} = 10^{-2,5}$ ) wie die Erdoberflächenatmosphäre, aber manche der Vorfluterquellen enthalten bis zu hundertmal soviel  $\text{CO}_2$ . Wasser, das aus den hängenden Quellen im Haney Kalkstein-Wasserträger austritt, der den kavernen Wasserträger überlagert, ist stark untersättigt; manche Proben enthalten nur ein Prozent ihres



Sättigungswerts von aufgelöstem  $\text{CaCO}_3$ , obwohl die  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen ungefähr gleich hoch sind wie die  $\text{CO}_3$ -Konzentrationen anderer Gewässer. Wasser vom Haney Wasserträger und der andere Abfluß von den Kamm-Oberkanten fließt in den kavernen Karbonatwasserträger ein und fließt durch vadose Gänge zum Vorfluter hinunter. Das Wasser in vertikalen Schächten ist auch stark untersättigt, was wegen der frischen Kalksteinflächen zu erwarten wäre, die in den Schachtwänden aufgedeckt sind. Tropfende Gewässer sind aber meistens beinahe gesättigt oder übersättigt. Das Wasser fließt rasch durch die Schächte hinab und hat nicht genug Zeit, ins Gleichgewicht zu kommen; Sickergewässer bewegen sich langsamer, und Reaktionen haben genug Zeit, die Sättigung zu erreichen.

Die Vorfluterquellen sind in den meisten Fällen auch untersättigt. Gewässer von der Plateau-Oberkante, von den Karsttälern und von der Sinkhole Plain vermengen sich alle innerhalb des Wasserträgers, und das vermengte Wasser bleibt auf dem ganzen Wege zur Quelle aggressiv. Die Kinetik der Kalzitauflösung ist langsam genug, damit Wasser durch den ganzen offenen Karstaquifer fließen kann, ohne gesättigt zu werden.

Im Grunde genommen kann man zwischen einem sich vertikal bewegendem Gewässer und einem sich horizontal bewegendem Gewässer unterscheiden. Sich vertikal bewegendes Gewässer können in den Haney Quellen, in den vertikalen Schächten und in den lokalen Quellen beobachtet werden. Sich horizontal bewegendes Gewässer können in sinkenden Bächen, in Höhlenströmen, an Beobachtungspunkten wie z.B. dem Karstfenster bei Mill Hole und in den regionalen Quellen besichtigt werden. Die chemische Zusammensetzung dieser Gewässer ändert sich, indem das Wasser sich stromabwärts bewegt, und sie ändert sich von einer Jahreszeit zur anderen.

Die sich vertikal bewegendem Gewässer fangen mit einer gewissen Konzentration von Kohlendioxyd an, und ihre Entwicklungsrichtung (Abbildungen 12 und 13) ist einfach eine Härtezunahme und eine dementsprechende Sättigungszunahme. Während der Sommermonate ist mehr  $\text{CO}_2$  vorhanden, und es findet ein Ausgleich von ungefähr einer halben logarithmischen Einheit im partiellen Druck des  $\text{CO}_2$  statt. Die oberirdischen Ströme auf der Sinkhole Plain sind im Winter untersättigt und im Sommer übersättigt, aber ihr  $\text{CO}_2$ -Gehalt ist ziemlich niedrig. Ihre Härte nimmt zu, während diese Gewässer sich durch das System bewegen (und auch während sie sich mit anderen, sowohl horizontalen als auch vertikalen, Wasserquellen vermengen). Der Grad der Sättigung ändert sich im Winter kaum und nimmt im Sommer ab, indem warmes, kohlen säurearmes Wasser von der Oberfläche durch anderes Wasser innerhalb des Wasserträgers verdünnt wird. Die  $\text{CO}_2$ -Konzentration nimmt aber tatsächlich zu, indem diese Gewässer sich durch den Wasserträger stromabwärts bewegen. Im horizontalen System findet ebenfalls eine periodische Erhöhung der  $\text{CO}_2$ -Konzentration, und zwar eine fünffache, in den Sommermonaten statt.

#### Die Mineralogie

Die sekundären Mineralien, die in Mammoth Cave und in anderen benachbarten Höhlen vorkommen, sind in Tabelle 1 aufgezeichnet.

Tabelle 1.

Mineralien, die in Höhlen des Central Kentucky Karst vorkommen

#### KARBONATMINERALIEN

Kalzit	$\text{CaCO}_3$	Fließstein, Tropfstein, verschiedene exzentrische und knollenförmige Tropfsteine
Aragonit	$\text{CaCO}_3$	Alter, massiver Tropfstein
Hydromagnesit	$4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Moonmilch. Seltene trockene Klacke an knollenförmigen Tropfsteinen

#### SULFATMINERALIEN

Gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Krusten, „Blumen“, Tropfstein
------	---	-------------------------------

Mirabilit	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	„Blumen“, Tropfstein
Epsomit	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	„Blumen“, in Sedimenten
Hexahydrat	$\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	In Sedimenten
„Labiles Salz“	$\text{Na}_4\text{Ca}(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Als zweite Phase in Mirabilitstalaktiten dispergiert
Blödite	$\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	In Sedimenten und Sohlen- krusten
Zölestin	$\text{SrSO}_4$	Selten, mit Gips in Wand- krusten

#### NITRATMINERALIEN

Keine Kristalle identifiziert worden In Sedimenten dispergiert

#### „RESISTATE“-MINERALIEN

???  $(\text{Ca}, \text{Ba})_x \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  Schwarze Überzüge auf  
Stromkieselsteine und an  
Schwachtwänden

Der Tropfstein und der Fließstein kommen nur dort vor, wo Gänge sich außerhalb des schützenden Sandstein-Deckgebirges ausdehnen (Abbildung 14). An anderen Stellen wird die vertikale Wasserversickerung durch die undurchlässigen klastischen Sedimente eingeschränkt. So sind massive Kalzit-Ablagerungen in der Nähe von Höhleneingängen wie z.B. dem Prozen Niagara, Violet City und dem Eingang zu Great Onyx Cave zu finden.

Wasser sickert durch den Erdboden und durch organische Stoffe an der Erdoberfläche ein und nimmt Kohlendioxyd auf, das dann mit dem verwitterten Kalkstein am Fußpunkt der Bodenzone reagiert. Diese Lösungen, die reich an Kohlensäure sind, sickern ein und erreichen die Höhle, wo Kohlendioxyd entgast wird, mit der Folge, daß eine stark übersättigte Lösung entsteht, welche den Kalzit absetzt. Wenn Wasser von der Kante des Deckgebirges einsickert, durchfließt es keinen Kalksteinboden, und das Wasser ist in bezug auf Kalzit untersättigt, wenn es die Höhle erreicht. So ist es möglich, an der Kante des Deckgebirges vertikale Schachtkomplexe zu finden, die an einem Ende Kalkstein auflösen und sich am anderen Ende mit Kalzit ausfüllen.

Massive Stalagmiten und Säulen kommen tief im System, in den alten oberen Gängen der Höhle, vor. Diese haben oft einen hohen Aragonit-Gehalt, der in der Form von massiven, feinkörnigen Kristallen vorkommt - manchmal mit Kalzit-Zwischenschichten.

Gänge unter dem Deckgebirge sind trocken, und die relative Feuchtigkeit kann bis auf 80% sinken. In diesen Gängen kommt der Gips in der Form von dicken Krusten vor - manchmal als gekrümmte Massen von Kristallfasern, die man „Gipsblumen“ nennt, und gelegentlich in der Form von Stalaktiten oder Säulen. Man glaubt, daß Gips von der Oxydierung des Pyrit abstammt, der über der Höhle, an der Oberkante des Big Clifty Sandsteins vorkommt. Unter dem Big Clifty liegt der Fraileys Schiefer, der an manchen Stellen vorkommt und an anderen fehlt. Wo der Schiefer vorkommt, tragen einsickernde Lösungen die Schwefelsäure von der Oxidierung des Pyrit in die Höhlen hinein, wo sie in situ mit  $\text{CaCO}_3$  reagiert; so wird Gips im Wandgestein der Höhle geformt und eine besondere Form des Zerfalls durch den Kristalldruck verursacht. Wo der Schiefer vorkommt, enthalten die unterliegenden Gänge wenig Gips.

Die anderen Sulfatminerale, die in Tabelle 1 aufgezeichnet sind, sind im Wasser stark löslich, und sie kommen in der Höhle nur in den sehr trockenen Gängen vor, die tief unter dem Deckgebirge liegen. Mirabilit kommt in der Form von beeindruckenden klaren Stalaktiten vor, die Eiszapfen ähnlich aussehen, wie auch in der Form von Gipsblumen ähnlichen „Blumen“. Mirabilit wurde von prähistorischen Menschen abgebaut, um ihn offensichtlich als Abfuhrmittel zu verwenden. Teile von Salts Cave und Mammoth Cave, die vor einigen Jahrtausenden während des Abbaus durch Indianer abgeschabt wurden, haben jetzt an den kahlen Stellen Büschel des zurückgewachsenen Mirabilits. Mirabilit kommt



hauptsächlich in Flint Ridge und in Mammoth Cave vor. Der Epsomit und die anderen Magnesiumsalze müssen eine Magnesiumquelle haben, die wahrscheinlich aus dem Dolomit besteht, der mit dem Kalkstein zusammen eingebettet vorkommt. Außergewöhnliche Krusten von Epsomit, Hexahydrit und Blödit haben sich in Lee Cave aus Kristallen gebildet, die von der Decke hinuntergesiebt sind.

Mammoth Cave ist wegen des Kalisalpeterrabbaus bekannt, der im 19. Jahrhundert dort stattfand. Vor kurzem unternommene Studien haben erwiesen, daß eine nitrose Kalisalpeterde durch durchsickerndes Grundwasser entsteht, nicht durch Fledermausguano, wie man früher glaubte. Regenwasser sinkt durch die Humusböden auf der Erdoberfläche ein und erreicht schließlich die trockene Höhle, wo die Nitrate durch die Verdunstung abgesetzt werden. Die hohen Nitrat-Konzentrationen (Tausende von ppm) in den äußeren 10-30 cm der Kalkstein-Höhlenwand weisen auf diesen Ursprung hin. Fledermausguano kann die Kalisalpeterde anreichern, aber er ist nicht die einzige, nichtmals die Hauptquelle der Nitrate für die Kalisalpetersedimente von Mammoth Cave. Die Regeneration des Höhlennitrats in einigen Jahren und auch das Vorhandensein der Kalisalpeterde in über 50 km trockenen Gängen in Mammoth Cave ist dadurch zu erklären, daß das versickernde Grundwasser die Quelle des Nitrats ist.

Nitratminerale kommen in Mammoth Cave und in anderen Höhlen in den südwestlichen Vereinigten Staaten nicht im kristallisierten Zustand vor, weil sie zerfließend sind und sich in ihren eigenen Kristallisationswasser auflösen. Die relative Feuchtigkeit von Mammoth Cave würde sich von 85-95% auf 54% senken müssen, damit Nitrokalzit an den Höhlenwänden und -decken kristallisieren könnte.

Schwarze Überzüge sind auf Kieselsteinen in aktiven Stromwegen zu finden, wie auch auf manchen der Kies-Ausfüllungen in den höheren Niveaus des Höhlensystems. Die chemische Analyse hat darauf hingewiesen, daß manche dieser Überzüge Oxyde von Mangan sind, aber detaillier-

te mineralogische Bestimmungen sind nicht unternommen worden.

#### Die Biologie

Wegen ihrer unterschiedlichen Mikroklimata, Wohnorte und Futterquellen enthält Mammoth Cave eine Vielfalt von biologischen Gesellschaften. Organische Stoffe werden durch verschiedene Wasserquellen in die Höhle eingetragen oder von Höhlentieren und Höhlengästen direkt hinterlassen. Die organischen Stoffe werden von Bakterien und Pilzen in Futter umgewandelt. Im Gegensatz zu vielen anderen Höhlen ist der Fledermausguano hier keine wichtige Futterquelle, nicht nur wegen der geringen Anzahl von Fledermäusen und der Tatsache, daß sie nur einen Teil des Jahres die Höhle gebrauchen, sondern auch weil die Fledermäuse trockene, kalte Teile bewohnen, die für die meisten wirbellosen Tiere in der Höhle ungeeignet sind.

Die größte Mannigfaltigkeit der Spezies kommt unmittelbar in der Nähe der Höhleneingänge vor, sowie auf dem normalen jährlichen Hochwasserniveau in Stromgängen wie dem Echo River. Die trockenen Zustände und die geringe Futterzufuhr über diesem Niveau und die regelmäßigen Überschwemmungen darunter fördern die Bildung hochspezialisierter Gesellschaften. Die Gesamtfauna von Mammoth Cave unterscheidet sich nicht wesentlich von derjenigen der benachbarten Höhlen im Pennyroyal Plateau.

Ökologische Untersuchungen von T. L. Poulson von der University of Chicago haben darauf hingewiesen, daß schnell wachsende Spezies mit spezialisierten Futterbedarfen und kurzen Lebensdauern dort vorkommen, wo es konzentrierte, periodische Quellen kalorienreichen Futters gibt, besonders in der Nähe von Eingängen und Wasserzuleitungen. In solchen Zonen ist die Ungleichartigkeit der Spezies gering. Die Höhlengrille (*Hadenocetus*) ist das auffallendste Tier in dieser Kategorie. Dagegen kommen andersartige Gesellschaften, in denen Individuen eine langsame Wachstumsrate und eine lange Lebensdauer haben, in Zonen vor, wo es eine diffuse, kalorienarme aber ziemlich beständige Futterversorgung gibt. Die Futterspezialisierung unter den Spezies in einer solchen Zone ist gering. Der Höhlentausendfüßler (*Scopeterpes copei*) ist ein Beispiel einer solchen Spezies.

Außer den schon erwähnten sind noch mehrere andere Tierarten von besonderem Interesse. Blinde Fische (*Typhlichthys* und *Amblyopsis*), Bachkrebse, Isopode und Amphipoden bewohnen viele der Stromgänge, wogegen Höhlenkäfer (*Pseudanophthalmus*, *Neathanaeops*) in verhältnismäßig trockenen Gängen häufig vorkommen. Die Packratte (*Neotoma magister*) bewohnt Zonen, die in der Nähe der Eingänge liegen. Die Erforschung der Ökologie dieser Gesellschaften und der Evolutionsrichtungen unter troglobiontischen Spezies hat erst begonnen.

#### Die Archäologie

Die Eingangszonen von Mammoth Cave und Salts Cave wurden vor 3 200 bis 2 000 Jahren von den Ureinwohnern der „Early Woodland Culture“ (frühen Waldlandkultur) als Unterkünfte gebraucht. Das Beweismaterial für die Behauptung, daß sie in diesen Höhlen gewohnt haben, schließt halbverbrannte Fackeln aus Schilfrohren und Unkrauthalmen, gewobene Fußbekleidung, Stoffstücke, Seile, Schüssel, Körbe und Nahrungsmittel ein. Zwei ausgetrocknete Leichen sind auch gefunden worden: Im Hauptgang von Mammoth Cave wurde ein erwachsener Mann unter einem fallenden Felsblock eingeschlossen, während er darunter Mineralien ausgrub; die zweite Leiche, die eines Jugendlichen, wurde in Salts Cave gefunden. Trotz der großen Anzahl derer, die in den letzten 180 Jahren diese Höhle besucht haben, sind viele Kunsterzeugnisse und andere Spuren dieser Bevölkerung unberührt geblieben; im stabilen und ziemlich trockenen Milieu der Höhlen wurden sie erstaunlich gut erhalten. Diese Ureinwohner bildeten eine der ersten Nahrungsmittel bauenden Gesellschaften in Nordamerika, und so liefern ihre Kunsterzeugnisse und ihre irdischen Überreste einzigartige Informationen über den Übergang der frühen Menschen von einer jagenden und sammelnden zu einer Nahrungsmittel bauenden Lebensweise.

Diese Menschen haben die Höhlen nicht nur als Unterkünfte gebraucht, sondern sie haben auch Gips, Mirabilit und Epsomit aus manchen trockenen Gängen abgebaut. Schlag- und Schabspuren sind an vielen Höhlenwänden zu sehen. Es ist nicht klar, wozu diese Mineralien verwendet wurden - ob als Gewürze, Medizin oder als Farbgrundstoff - aber der große Ausmaß des Abbaus deutet darauf hin, daß ein Teil dieser Mineralien von diesen Ureinwohnern im Tauschhandel mit den Ureinwohnern außerhalb des Mammoth Cave-Gebiets ausgetauscht wurde. Der Hornstein wurde auch in den Höhlen abgebaut und zu Werkzeugen und



Jagdwerkzeugen geformt.

Kleine Gruppen haben gelegentlich bis zu mehrere Kilometer der Höhlen erforscht, wahrscheinlich aus Abenteuerlust, sowohl als auch, um neue Mineralien zu entdecken. Die Stapfen Barfüßiger im weit innerhalb von Salts Cave gelegenen Schlamm gehören zu den seltensten Spuren dieser Erforschungsgruppen.

Den besten Aufschluß über die Nahrung dieser Menschen haben die reichlich vorhandenen paläofäkalen Proben gewährt. Diese Menschen haben vorwiegend Pflanzenkost, wie z.B. Hickorynüsse und Sonnenblumensamen gegessen; die Kost wurde gelegentlich durch Wild, Kaninchen, Puten und kleinere Tiere ergänzt. Kürbisse und Flaschenkürbisse, die zuerst in Mexico zu Kulturpflanzen gezüchtet und dann durch den Tauschhandel nördlich verbreitet wurden, wurden von den „Early Woodland“-Menschen als Behälter, wie auch als Nahrungsmittel, gezüchtet.

Die Geschichte von Mammoth Cave

Mammoth Cave war den frühen Ansiedlern von Kentucky schon in den 1790er Jahren bekannt. Der Sage nach wurde die Höhle zuerst durch einen Mann namens Houchins entdeckt, während er einem Bären nachjagte.

Wegen der Tatsache, daß sie Kalisaltpeter enthielt, den man bei der Herstellung von Schießpulver verwendete, wurde die Aufmerksamkeit vieler auf die Höhle gelenkt. Während des Krieges von 1812 wurde der Abbau von Kalisaltpeter in Mammoth Cave zu einem großen Unternehmen; jeden Tag wurden mehr als 200 kg Nitrat aus dem Höhlensediment gewonnen. Der Abbau fand hauptsächlich in den großen, auf dem oberen Niveau gelegenen Gängen statt, die heutzutage auf der Historic Tour gezeigt werden. Beim Licht von Schmalzöllampen und Fackeln haben mehr als 70 Arbeiter gleichzeitig das Sediment aus der Höhlensohle ausgegraben. Das Sediment wurde auf Ochsenkarren an hölzerne Auslagetröge gezogen. Man ließ Wasser vom Eingang durch das Sediment fließen, um das lösliche Kaliumnitrat und andere wasserlösliche Salze auszulaugen. Diese Lösung wurde dann unter Druck durch Rohre manuell zum Eingang gepumpt. Die Rohre, durch welche man das Wasser und die Nitratlösung leitete, bestanden aus ausgehöhlten Holzklötzen, die man zusammengefügt hatte. Auf der Erdoberfläche wurde die Lösung durch Holzrasche filtriert, um Kaliumnitrat zu gewinnen. Um das Kaliumnitrat zu kristallisieren, wurde die Lösung in am Höhleneingang stehenden Öfen gekocht. Die Nitratkristalle wurden dann an die Ostküste verfrachtet, wo sie mit Kohlenstoff und Schwefel gemischt wurden, um Schießpulver zu erzeugen. Dieses Unternehmen wurde 1815 eingestellt, als Schießpulverzufuhren aus dem Ausland erhältlich wurden.

Nach dem Stilllegen des Salpeterabbaus wurde Mammoth Cave als Touristenattraktion immer beliebter. Im Jahre 1838 wurden die Höhle und das sie umgebende Gelände von Franklin Gorin gekauft, der die Höhle weiter ausbaute, um mehr Besucher heranzulocken. Sein schwarzer Sklave, Stephen Bishop, wurde Amerikas erster wahrhaft großer Höhlenführer und -erforscher. Man schreibt Bishop die Entdeckung von Gängen zu, die weit jenseits der Grenzen des damals Erforschten lagen. Zum ersten Mal seit der prähistorischen Zeit drang man jenseits der Teile von Mammoth Cave ein, die groß genug waren, um leicht passierbar zu sein, und erforschte das Terrain, das Schächte, Flüsse und Schlangelwege enthielt. Bishop starb im Jahre 1857, als er noch jung war, und während der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde Mammoth Cave nur sporadisch erforscht.

Im Jahre 1908 hat Max Kaemper, ein junger deutscher Ingenieur aus Berlin, Mammoth Cave besucht; mit der Hilfe des Höhlenführers Edward Bishop (Stephens Großneffen) hat er die erste umfassende und fehlerfreie Karte von Mammoth Cave entworfen. Sie haben 56 km von Gängen kartiert, die alle vom Historic Entrance - zuder Zeit dem einzigen bekannten Höhleneingang - in die Höhle führten.

Um die Jahrhundertwende wurden viele der Höhlen in Flint Ridge und Joppa Ridge entdeckt und erforscht. Viele von denen, einschließlich Colossal, Salts, Proctor, Great Onyx und Crystal Caves, wurden der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Weil sie aber nicht so leicht erreichbar und weniger bekannt waren als Mammoth Cave, waren diese kommerziellen Unternehmen von kurzer Dauer. Auch der lebhaftere Fremdenverkehr an den zwei neuen künstlichen Eingängen zum südöstlichen Teil von Mammoth Cave (New Entrance und Frozen Niagara Entrance), die selbständig von den ursprünglichen Teilen der Höhle besessen und betrieben wurden, konkurrierte mit den Höhlen in Flint Ridge und Joppa Ridge. Die Konkurrenz um Touristen führte zu unverschämter Werbung, zu mitternächtlichen Streifzügen auf konkurrierende Schauhöhlen und -so behaupten manche - auch zu tatsächlichen Schießereien.



Floyd Collins, der die in Flint Ridge gelegene Crystal Cave entdeckte und sie zu verwalten half, hat sehr viel Zeit auf der Suche nach neuen, der Hauptstraße näher gelegenen Höhleneingängen verbracht. Im Jahre 1925 hat er auf dem Wege zur kleinen, labilen Sand Cave, die in der Nähe des Frozen Niagara Entrance von Mammoth Cave liegt, einen Felsblock gelockert, der auf seinen Fuß fiel und den Mann festhielt. Trotz eines in den ganzen Vereinigten Staaten bekanntgegebenen Appells um Hilfe mißglückten die Versuche, ihn zu retten, und er starb an der Aussetzung.

Im Jahre 1926 hat der Kongress die Benennung von Mammoth Cave zum neuen Naturschutzpark genehmigt. Das Crystal Cave-Grundstück blieb bis 1961 als kleine Insel im Park im Privatbesitz. Während sie noch Privatbesitz war, wurde Crystal Cave weit unter Flint Ridge von William Austin, Jack Lehrberger und anderen erforscht. Manche der aktivsten Erforscher haben die Cave Research Foundation (Höhlenforschungsstiftung) gegründet, die sich der Untersuchung von Höhlen im Mammoth Cave-Gebiet widmet. Bis 1961 hatten die Cave Research Foundation-Erforscher die meisten der Höhlen von Flint Ridge in ein einziges System verbunden, das 1967 zum größten in der Welt wurde. Im Jahre 1972 hat man unter Houchins Valley eine Verbindung zu Mammoth Cave entdeckt; dadurch entstand eine einzige 230 km lange Höhle. 1979 wurde ein großes System von Flußgängen in Proctor Cave entdeckt; und es wurde bald in der Nähe des Frozen Niagara Entrance eine Verbindung zu Mammoth Cave aufgefunden gemacht. Heute (1980) besteht das Mammoth Cave System aus 350 km kartierter Gänge.

Führer zum Historic Section (historischen Teil) von Mammoth Cave

Die folgenden Seiten beschreiben die bedeutenderen Erscheinungen auf der Historic Route von Mammoth Cave und Umgebung, die zu sehen sind. Dieser Teil der Höhle ist der seit längerer Zeit bekannteste Teil; die Stätte war der Wohnort der "Woodland"-Urbevölkerung, ein Kalisalpeterbergwerger, eine Touristenattraktion und die Stätte der frühesten Erforschung. Außerdem sind die verschiedenen Gangtypen und Niveaus der Höhle in diesem Teil gut zu sehen. Obwohl andere Teile der Höhle größer und schöner sind, zeigt diese Route die größte Mannigfaltigkeit von Höhlen- und historischen Erscheinungen auf.

Der Historic Section befindet sich am stromabwärts liegenden Ende des unterirdischen Strömungssystems, das Mammoth Cave formte, und so haben sich die meisten Gänge auf dem Niveau des Green River oder in der Nähe des Green River-Niveaus geformt. Deshalb haben sie sich der lokalen Folge von Schwankungen in der Erosionsbasis gut angepaßt und stellen einen großen Breitengrad von Niveaus dar, die aus dem Tertiär bis zum Oberen Quartär stammen. Seitdem die Gänge im Historic Section geformt wurden, ist die Hauptwasserströmung in weiter südwestlich liegende Wege abgelenkt worden.

Im Historic Section ist der Effekt des Deckgebirges in der Abgrenzung, sowohl als auch in der Konzentration der Speisung zur Höhle deutlich zu sehen. Schächte kommen in oder in der Nähe von Gebieten vor, wo der Sandstein gebrochen worden ist, das Deckgebirge aber intakt ist und die Gänge trocken und mit Gips überzogen sind.

Die Sehenswürdigkeiten, die hier beschrieben werden, sind auf der Höhlenkarte in Abbildung 12 mit der Nummer des Textes versehen, in dem über die jeweilige Erscheinung berichtet wird.

#### 1. Der Historic Entrance und benachbarte oberirdische Erscheinungen

Vor der Verbindung mit den Höhlen in Flint Ridge und Joppa Ridge war der Historic Entrance der einzige natürliche Eingang zu Mammoth Cave. Er befindet sich an dem Punkt, wo ein kleines oberirdisches Tal einen der Gänge auf dem oberen Niveau durchkreuzte. Der Eingang liegt in den mittleren Schichten der Girkin Formation. Der Kontakt zwischen dem Kalkstein und dem überlagernden Big Clifty Sandstone (der untersten Einheit des widerstandsfähigen Deckgebirges) liegt 7 m über dem obersten Treppenabsatz der Eingangstreppe. Sandstein-Ausgehende projizieren am Pfad entlang, der zum Eingang führt.

In der Nähe des Talfußes, am Ufer des Green River, ist die River Styx Spring zu finden, die während hohen Strömungen einen Teil des Wassers aus Mammoth Cave dräniert. Der größte Teil des Wassers in Mammoth Cave fließt aus der angeschwemmten Echo River Spring aus, die einen Kilometer südlich liegt.

Andere Erscheinungen von Interesse, die in der Nähe des Eingangs zu sehen sind, schließen den Old Guides' Cemetery (Friedhof für verstorbene Führer) ein, wo Stephen Bishop beerdigt ist, wie auch Mammoth Dome Sink, eine Einsturzdoline, die sich durch das unlösliche Deckge-



birge, das 500 m südlich des Historic Entrance liegt, in den Kalkstein erstreckt.

Während des 19. Jahrhunderts, als man in der Höhle Kalisaltpeter abbaute, standen mehrere große Öfen zum Verdampfen der Nitratlösung über den Höhleneingang. Die ausgehöhlten Holzklötze, durch die diese Lösung aus der Höhle geleitet wurde, sind in der Eingangspassage noch sichtbar; man hat sie teilweise begraben, damit sie im Winter nicht einfrieren konnten. Wasser wurde am Eingang gestaut und in die Höhle geleitet, wo es bei der Auslaugung des Kalziumnitrats aus dem Höhlensediment verwendet wurde.

## 2. Die Rotunda (Rotunde)

Die Gänge, die hier zu sehen sind, sind tiefe Cañons, die mehr als zur Hälfte mit Sediment ausgefüllt sind. Sie sind typische Beispiele der großen oberen Niveaus aus dem Tertiär, die 175-200 m über dem Meeresniveau liegen. Die volle vertikale Ausdehnung dieser Cañons ist nur an einigen Stellen in Mammoth Cave und ihr nahegelegenen Höhlen sichtbar, wo das Sediment in tiefer liegende Gänge gesunken ist.

Broadway und Audubon Avenue bilden einen einzigen, in die Richtung des Streichens orientierten Gang, der sich um den Vorsprung einer lokalen Antiklinale erstreckt (Abbildung 16). Ursprünglich floß das Wasser in Audubon Avenue hinein. Die Eingangspassage (Houchins' Narrows) ist ein späterer Ablenkungsgang, welcher in der Richtung des lokalen Einfallens von 19 m/km orientiert ist. Es kann hier mehr als eine Phase der Cañonvertiefung und der -Ausfüllung stattgefunden haben.

Die auffallendste Schichtung des Kalksteins ist in den Gangwänden zu sehen. Die meisten Wände bestehen aus dem Paoli Member der Girkin Formation, das hier 7 m dick ist. Das einen Meter dicke Bethel Member bildet in der Nähe der Decke eine zurückgesetzte Nische. Dies ist eine der weichen, schieferigen Schichten, welche die reineren Kalksteine der Girkin Formation trennt. Die ursprüngliche Auflösungsdecke befand sich an der Oberkante des Paoli Glieds, aber der Zerfall der Decke und der Wände hat beinahe alle Spuren der Auflösung verwischt. Die bogenförmigen Ausbruchkuppeln in der Decke, die bei der Rotunda zu sehen sind, kommen an breiten Stellen in den Hauptgängen der Höhle häufig vor.

Die Überreste des Kalisaltpeterbergwerks aus dem 19. Jahrhundert sind hier gut erhalten; sie schließen mehrere Auslagetröge und die Ruine eines Turmes ein, der einst eine handbediente Pumpe beherbergte, mit der die nitratthaltige Lösung zum Eingang getrieben wurde. Nach der Auslaugung wurde das Sediment aus den Trögen an den Gangwänden entlang gehäuft, damit es sich mit Nitrat regenerieren könnte.

## 3. Broadway

Die Führung folgt Broadway in der Richtung, die früher stromaufwärts führte. Dies ist der Hauptgang des oberes Höhlenniveaus. Bruchstücke des komplizierten Rohrsystems, durch das Wasser in die Höhle und die Lösung des ausgelaugten Nitrats aus der Höhle gepumpt wurden, sind in diesem Gang sichtbar. Die meisten Rohre wurden aus den Stämmen von Tulpenbäumen angefertigt, deren markiges Kernholz sich leicht mit einem Bohrer aushöhlern läßt.

## 4. Die Kreuzung mit Gothic Avenue

Stromaufwärts spaltet sich Broadway in zwei Zweige, die auf verschiedenen Niveaus liegen. Das obere Niveau erstreckt sich als Gothic Avenue rechts (südwärts) in das Paoli Member hinein. Das ist der älteste größere Gang in Mammoth Cave Ridge, und er wurde durch das Wasser von Houchins Valley geformt. Die sogenannte Main Cave führt auf dem unteren Niveau geradeaus in den Ste. Genevieve Limestone hinein. Dieser Gang hat sich gebildet, als Wasser von Gothic Avenue auf ein tiefer gelegenes Niveau abgelenkt wurde und dort in das Wasser aus dem Pennyroyal Plateau einmündete. Die Verbindung zwischen diesen zwei Gängen ist ziemlich kompliziert, weil die Main Cave ursprünglich unter Gothic Avenue führte und weiter stromabwärts bei der Methodist Church darin einmündete. Die Breccie und die Sediment-Ausfüllung haben die Spuren ihrer ursprünglichen Verwandtschaft verwischt. Ungefähr einen Kilometer von dieser Verbindung in der ehemals stromaufwärts führenden Richtung endet Gothic Avenue in Breccie.

Die stromabwärts liegende Kreuzung von Gothic Avenue und der Main Cave wird die Methodist Church genannt, weil Gottesdienste im 19. Jahrhundert dort abgehalten wurden; dann verwendete man eine natürliche Steinkanzel und brachte die Kirchgänger in dem breiten Teil mit dem



flachen Boden unter. Auf den frühen Führungen waren die Führer es gewohnt, brennende Fackeln aus mit Kerosin durchtränkter Baumwolle auf die hohen Kanten in diesem Raum zu werfen, um den Raum zu beleuchten. Dieser Brauch hat schwarze Schmierflecken an den Wänden hinterlassen. Auf der Lantern Tour, auf der handgetragene Laternen die Lichtquellen sind, wie auf den Führungen im vergangenen Jahrhundert, werfen die Führer in der Methodist Church immer noch einige Fackeln. Wegen des rauchgrauen Beschlages von den frühen Kerosin- und Öllaternen und von den brennenden Fackeln der Urerforscher, die vor mehr als tausend Jahren die Höhle betreten, sind die Wände und die Decke in diesem Teil der Höhle besonders dunkel.

Weitere Kalisalpetertöpfe sind an der stromaufwärts liegenden Kreuzung von Gothic Avenue und Main Cave zu sehen. Das Gelände um die Töpfe wurde aus den Resten eines zweiten Pumpturms angefertigt, der einst an dieser Stelle stand.

#### 5. Die Ausstellung von Kunstgegenständen der ureingesessenen „Woodland Culture“

Spuren der Höhlenbenutzung von der Urbevölkerung der „Woodland Culture“ wurden in den in der Nähe des Eingangs gelegenen Gängen durch den Kalisalpetertabbau beinahe vollkommen verwischt. Es befindet sich aber eine Vielzahl von Kunstgegenständen und anderen Spuren der Tätigkeit der Urbevölkerung in den Gängen, die schwerer zu erreichen sind. Die meisten dieser sind ungestört geblieben, aber eine repräsentative Auswahl von Schilfrohrfackel-Fragmenten, Kleidungsstücken und Werkzeugen ist ausgestellt. Die Narben an den Wänden sind hauptsächlich durch das Schaben und Zerschlagen des Gipsüberzugs von ureingesessenen Bergwerkern zustande gekommen. Die ausgetrocknete Leiche eines männlichen Ureinwohners, der während des Gipsabbaus durch einen Felssturz getötet wurde, wurde im stromaufwärts liegenden Teil von Main Cave gefunden und war einst hier ausgestellt.

#### 6. Der Wooden Bowl Room (Holzschüsselraum)

Die Führungsgruppe steigt durch einen kleinen Gang auf das nächste Niveau ab, das auf einer Höhe von 170 m liegt. Der Wooden Bowl Room befindet sich auf diesem Niveau, und zwar an der Kreuzung von mehreren Gängen, von denen einer (Ganter Avenue) die Mehrzahl der Kunstgegenstände in situ der Urbevölkerung in Mammoth Cave enthält. Der Raum ist nach einem dieser Kunstgegenstände benannt worden. Die Unterfläche des dick geschichteten Karnak Member des Ste. Genevieve Limestone bildet die Decke, während die dünner geschichteten Spar Mt. und Fredonia Members in den Wänden aufgedeckt sind. Die Gänge auf diesem Niveau sind viel kleiner als diejenigen auf dem oberen Niveau und bestehen vorwiegend aus Rohren anstatt aus größeren Cañons. Diese unteren Gänge sind wahrscheinlich im Unteren oder Mittleren Pleistozän entstanden, nachdem der Einschnitt des Green River unter dem Niveau des Pennyroyal Plateau begonnen hatte.

#### 7. Black Snake (schwarze Schlange) Avenue und Bottomless Pit (bodenlose Grube)

Die Führungsgruppe steigt auf einen röhrenförmigen, im Mittleren Pleistozän entstandenen Gang ab, der auf einer Höhe von 165 m liegt und Black Snake Avenue heißt. Dieser Gang liegt in der dick geschichteten Einheit F3 des Fredonia Member; eine gelbe dolomitische Kalksteinschicht, die innerhalb dieser Einheit örtlich vorkommt, bildet den Gangboden. Der Gang erstreckt sich in der ehemals stromabwärts gelegenen Richtung unter Main Cave und umsäumt die noröstliche Kante von Mammoth Cave Ridge. Vadoses Grundwasser, das an der erodierten Kante des Deckgebirges entlang eingeflossen ist, hat mehrere vertikale Schächte geformt, die den röhrenförmigen Gang durchschneiden und auf unteren Niveaus gelegene Canons entwässern. Bottomless Pit ist der tiefste Schacht, der sich 30 m nach unten zum Niveau des Green River erstreckt. Bis 1838 - das Jahr, in dem Stephen Bishop mit einer Holzleiter die Klufft überbrückte und darauf über die Grube ging - hatte Bottomless Pit in den unteren Niveaus von Mammoth Cave die Grenze des Erforschbaren gebildet.

#### 8. Fat Man's Misery (des Dicken Qual) und Great Relief Hall (Saal der großen Erleichterung)

Der röhrenförmige Gang führt noch 500 m weiter und heißt dort Pensacola Avenue, aber die Führungsgruppe betritt einen Seitengang und steigt durch Breccie auf ein noch tiefer liegendes Niveau ab, das auf einer Höhe von 152 m liegt und wahrscheinlich auch aus dem Middle-



ren Pleistozän stammt. Der niedrige, breite Gang, der Buchanan's Way genannt wird, hat einen Sand- und Kiesboden. Er endet in einer Sediment-Ausfüllung, aber ein schmaler, gewundener Cañon mit einem schlüsselförmigen Querschnitt zweigt als Ablenkungsweg zu einem parallel laufenden, auf demselben Niveau gelegenen Gang ab. Der schmale Cañon heißt Fat Man's Misery, und der große röhrenförmige Gang, der weiter liegt, heißt der Great Relief Hall. All diese Gänge haben sich an der auffallenden Schichtungsflächen-Absonderung entlang gebildet, die sich an der Berührung der lithostratigraphischen Einheiten F3 und F2 befindet. Die dolomitische Einheit F2 enthält viele kleine Auflösungs-taschen und hat ein ersichtlich poröses Aussehen. Die durch Klüfte kontrollierten Spalten in der Decke des Great Relief Hall dehnen sich beinahe senkrecht zum Gangstreichen aus. Dies ist eine typische Lage, und sie weist auf die geringe Einwirkung von Brüchen auf die Gänge in diesem stark geschichteten Kalkstein hin. Knollen und deichförmige Hornsteinkörper hängen von der Decke. Im Gegensatz zu den Hornsteinschichten und den dünnen Hornsteinlinsen im St. Louis Limestone nehmen die Hornsteinkörper im Ste. Genevieve Limestone gewöhnlich diese Formen an.

#### 9. River Hall

Black Snake Avenue, Buchanan's Way und der Great Relief Hall wurden alle mit Wasser aus dem östlich gelegenen Houchins Valley gespeist. Bei River Hall biegt sich der röhrenförmige Gang vom Great Relief Hall abwärts über die Schichten zum Ste. Genevieve/St. Louis Kontakt, wo er in einen Gang einmündet, der einst die Entwässerung von größeren, weiter südwestlich gelegenen Quellen führte, von denen manche womöglich so weit entfernt lagen, wie Pennyroyal Plateau. Dieser vereinigte Gang endet am nördlichen Ende von River Hall in Breccie. Die Oberkante des St. Louis Limestone ist eine hervorstehende Kante, die sich etwa 2 m unter der Decke befindet. Obgleich River Hall 12-15 m über dem Niveau des Green River liegt, wird er während Überschwemmungszeiten gelegentlich vollkommen mit Wasser ausgefüllt. Während einer Überschwemmung im Jahre 1962 stieg das Wasserniveau in der Höhle beinahe 19 m an.

#### 10. Echo River

Bei River Hall folgt die Führungsgruppe dem linken (südlichen) Zubringerfluß und geht so in der ehemaligen stromaufwärts gelegenen Richtung weiter, wie die auffallenden Fließ- und Deckenfacetten aufweisen. Dieser Gang geht in einem Flußgang auf, der auf einem tieferen Niveau liegt, der zum Teil mit Sand, Schlamm und Ton ausgefüllt ist und dessen langsame Strömung im wesentlichen auf demselben Niveau fließt wie der Green River. Diese Strömung wird der River Styx genannt. Man kann einen Wasserfall von der Decke in einen Tümpel stürzen hören. Auf Sediment hängend fließt der River Styx südwärts, d. h. in die entgegengesetzte Richtung zur Strömung, die den Gang ursprünglich geformt hat. Die zwei Gänge durchkreuzen sich mehrere Male und verschmelzen schließlich in ein einziges Rohr, das tiefes Wasser enthält. Hier heißt der Höhlenstrom Echo River. Ursprünglich wurde dieser Gang durch größere, südöstlich gelegene Wasserquellen gespeist, aber jetzt wird er vorwiegend durch lokale Quellen gespeist. Eine kurze unterirdische Bootfahrt gehört hier zum Programm der Echo River-Führung, die vom Park Service veranstaltet wird. Die Entwässerung aus Echo River fließt durch einen überschwemmten Gang zu Echo River Spring.

Am anderen Ende des den Tümpel enthaltenden Teils befindet sich auf dem Flußniveau eine kleine Öffnung, die beinahe mit Wasser ausgefüllt ist. Das ist das Ende des Ganges, durch den die Verbindung zwischen dem Flint Ridge Cave System und Mammoth Cave 1972 entdeckt wurde.

Die dunkelbraune Farbe des Felsuntergrunds kennzeichnet den oberen St. Louis Limestone, in dem sich beide Gangniveaus befinden. Zahlreiche Hornsteinknollen und -schichten kommen gewöhnlich wenige Meter unter der Oberkante des St. Louis Limestone vor, aber der Hornstein ist in diesem Teil der Höhle selten zu sehen.

Dieses Höhlenniveau ist eine ausgezeichnete Stätte für biologische Untersuchungen. Zu der Fauna gehören blinde Fische (*Typhlichthys*, *Ambliopsis*), Bachkrebse, kleine rote Höhlenkäfer (*Pseudanopthalmus*), Höhlengrillen (*Hadenococcus subterraneus*) und die seltene Kentucky Höhlengarnele (*Palaemonias ganteri*).

Der Echo River Gang hat eine lange, komplizierte Geschichte. Er ist als phreatisches Rohr entstanden, das sich wenigstens 20 m abwärts

unter den Vorfluter wand. Folgt man dem Gang 2 km stromaufwärts, so stellt man fest, daß er sich auf einer Höhe von 152 m in einen vadosen Canon transformiert; Great Relief Hall, sein Zubringerfluß, liegt auf derselben Höhe. Die Gänge auf dem Niveau stammen wahrscheinlich aus dem Mittleren Pleistozän, da die U/Th-Datierung eines Stalagmits in einem gleichaltrigen Gang in Flint Ridge ein Alter von mehr als 300 000 Jahren ergab. Der weitere Einschnitt des Green River ermöglichte die Entwässerung des Echo River Ganges und die Bildung von tiefer liegender Niveaus durch das Wasser des Green River. Die Anschwemmung, die während der letzten (wisconsinschen) Vergletscherung stattfand, verursachte aber den Anstieg des Wasserniveaus vom Green River, was zur wiederholten Überschwemmung dieses ziemlich alten Ganges führte.

#### 11. Sparks Avenue

Mehrere Gänge auf dem oberen Niveau wurden durch die Inkasion der Echo River und Great Relief Gänge bei River Hall aufgedeckt, und so kann man über die Breccie aufsteigen und auf einem höheren Niveau weitergehen. Die Führungsgruppe steigt dann etwas ab in Sparks Avenue, einen breiten, röhrenförmigen Gang, der am Ste. Genevieve/St. Louis Kontakt liegt. Obwohl er im wesentlichen auf demselben Niveau liegt wie der obere Teil vom Echo River, weisen der kleine Umfang und die dicke Sand- und Kies-Ausfüllung von Sparks Avenue darauf hin, daß der Gang wahrscheinlich die stromabwärts liegende Fortsetzung oder ein Ablenkungsweg von Buchanan Way ist. Auffallende, durch Klüfte kontrollierte Spalten kommen in der Unterfläche der lithostratigraphischen Einheit F1 vor, welche die Decke bildet. Der Gang steigt an einem dieser Klüfte entlang mehrere Meter an und führt innerhalb der Einheit F1 weiter. Die Kreuzschichten im Sediment deuten darauf hin, daß die ursprüngliche Strömung in die Richtung floß, welche die Führungsgruppe einnimmt, und daher stromabwärts anstieg.

#### 12. Mammoth Dome

Sparks Avenue wird von Mammoth Dome, einem der größten vertikalen Schächte im Mammoth Cave System, durchkreuzt. Es scheint keine genetische Beziehung zwischen dem Schacht und dem Gang zu bestehen. Wasser fließt durch einen schmalen, in der Decke sichtbaren Cañon in Mammoth Dome ein, fällt 58 m und fließt aus einer mit Steinblöcken verstopften Entwässerung ab. Die Quelle ist wahrscheinlich die Mammoth Dome Sink (Doline), die 100 m südlich liegt. Sich durchkreuzende Cañons haben eine komplizierte Ordnung von kannelierten Wänden und Pfeilern, einschließlich die als Ruins of Karnak bekannte Erscheinung, geschaffen. Das abtropfende Wasser hat auch Drapierungen aus Fließstein geformt, der in diesem Teil der Höhle selten vorkommt.

Die Vielfalt der Kalksteintypen in den Ste. Genevieve und St. Louis Formationen ist hier deutlich zu sehen. Der Ste. Genevieve/St. Louis Kontakt befindet sich etwa 2 m unter dem untersten Absatz. Die dunkelbraune, schieferige St. Louis Formation hebt sich von dem helleren Grau der Ste. Genevieve Formation ab. Es haben sich tiefe, vertikale Riefen in den dick geschichteten Einheiten F1 und F3 der Ste. Genevieve entwickelt; in den dünneren Schichten kommen aber nur oberflächliche Riefen vor. Die Einheit F3, welche die Säulen der Ruins of Karnak bildet, ist hier ungewöhnlich dick, indem eine einzige Schicht mehr als 6 m dick ist. Der Dolomit mit Grübchen von der Einheit F2, der die Wände vom Great Relief Hall bildet, ist wieder neben der unteren, aus Mammoth Cave hinausführenden Treppe zu sehen.

Die Führungsgruppe besteigt Mammoth Dome, indem sie eine umwerfend schöne Treppe hinaufgeht, die um alle dazwischen liegende Gangniveaus führt und den Besucher zurück zum obersten Höhlenniveau bringt.

#### 13. Little Bat (kleine Fledermaus) Avenue

Dieses kleine Rohr wurde kaum durch Mammoth Dome durchkreuzt und weist keine genetische Beziehung zum Schacht auf. Es scheint eine Entwässerung für Audubon Avenue gewesen zu sein, nachdem dieser Gang teilweise mit Sediment ausgefüllt wurde. Little Bat Avenue liegt am Aux Vases/Joppa Kontakt.

#### 14. Audubon Avenue

Little Bat Avenue tritt in Audubon Avenue, der stromabwärts liegenden Fortsetzung von Main Cave und Broadway, aus. Dieser Gang endet mehrere hundert Meter westwärts am Rande des Green River Valley in Breccie. Die Gangwände bestehen aus der ganzen Schicht des Paoli Member, und die scharf zurückgesetzte Nische, die sich am Girkin/Ste.



Genevieve Kontakt befindet, ist deutlich zu sehen.

Die Führungsgruppe kehrt zur Rotunda zurück und verläßt die Höhle durch den Historic Entrance.

LITERATUR.....28-29

Anerkennung

Es sei den Folgenden unser Dank für ihre Beiträge zu diesem Führer ausgedrückt: Patty Jo Watson für Information über die Archäologie von Mammoth Cave, Carol Hill und Duane De Paepe für Information über den Ursprung der Nitrate in der Höhle und über die Geschichte des Kalisal-peterabbaus und Stanley Sides für Information über die Erforschungs-geschichte.

Viele der hier zusammengefaßten Ergebnisse sind die Resultate von Forschungsprojekten der Cave Research Foundation.

GUIDE POUR LA SECTION HISTORIQUE DE MAMMOTH CAVE

Arthur N. Palmer et Margaret V. Palmer

Earth Sciences Department  
State University College  
Oneonta, New York 13820

et

William B. White

Materials Research Laboratory et  
Department of Geosciences  
The Pennsylvania State University  
University Park, PA 16802

Figure 1.....	2
Figure 2.....	3
Figure 3.....	4
Figure 4.....	5
Figure 5.....	6
Figure 6.....	8
Figure 7.....	9
Figure 8.....	10
Figure 9.....	11
Figure 10.....	13
Figure 11.....	15
Figure 12.....	16
Figure 13.....	17
Figure 14.....	19
Figure 15.....	23
Figure 16.....	25



## Avant-propos

Mammoth Cave se situe au centre d'une des plus grandes régions karstiques de l'Amérique. A cause de sa longue histoire variée et sa longueur extraordinaire, dont 360 kms de passages répertoriés, elle est peut-être la grotte la plus connue au monde.

Le Parc National de Mammoth Cave est parmi les nombreux parcs et monuments nationaux dédiés aux grottes des Etats-Unis. Actuellement, il y a environ 16 kms de passage ouvert au public et la grotte reçoit plus d'un demi million de visiteurs chaque année.

Ce guide fournira une description générale des grottes et de leurs environs, de leur histoire, et des caractéristiques d'intérêt scientifique, suivie d'un guide détaillé de la visite Historique et de la visite Echo River.

## Géologie de la région

Mammoth Cave se trouve dans le Kentucky ouest-central au bord sud-est du large bassin structural Illinois, dans des calcaires d'âge mississippien (carbonifère inférieur) (Figure 1). Les calcaires plongent doucement au nord-ouest vers le centre du bassin à 5 ou 10 m/km. L'épaisseur totale des calcaires karstiques de la région n'est que de quelques centaines de mètres ce qui est plutôt mince en comparaison avec la plupart des autres régions karstiques du monde. Cependant le petit angle du pendage permet que les calcaires soient exposés à travers une zone étendue et bien des bassins de drainage de plus de 100 kms<sup>2</sup> s'y sont développés.

Les calcaires karstiques de la région de Mammoth Cave sont constitués de calcaires impurs et malkarstifiés également d'âge mississippien et ils sont recouverts de grès et de schiste alternant avec des calcaires minces des âges mississippien et pennsylvanien (carbonifère supérieur) (Figure 2). Les roches insolubles forment des plateaux accidentés et creusés au centre du Bassin Illinois, mais aux bords du bassin les roches ont été enlevées par l'érosion en laissant voir le calcaire à la surface. Le calcaire forme une large plaine karstique à bas-relief caractérisée par des dolines et des cours d'eau qui se perdent. Elle s'appelle le Plateau Pennyroyal et elle se situe à 40 ou 60 m sous les crêtes les plus hautes de roches insolubles. Le périmètre profondément creusé de cette région accidentée consiste en des crêtes calcaires couvertes de roches insolubles séparées les unes des autres par des vallées à pentes raides. Beaucoup de ces dernières sont des vallées karstiques perchées au niveau général du Plateau Pennyroyal. Ce pays limitrophe qui s'appelle le Chester Upland (la terre haute Chester) est aussi l'endroit de Mammoth Cave. Le Chester Upland et le Plateau Pennyroyal forment une bande de karst en forme de croissant qui s'étend autour des bords sud et est du Bassin Illinois, à partir du sud de l'état d'Illinois, à travers l'ouest du Kentucky, jusque dans le sud de l'Indiana: La superficie karstique diminue vers le nord à cause de l'épaisseur diminuante du calcaire et d'une surcharge de dépôts glaciaires.

Mammoth Cave s'étend sous au moins trois crêtes différentes du Chester Upland et elle s'étend sous les vallées karstiques qui les séparent. (Figures 3 et 4). Les crêtes atteignent l'altitude de 250 ou 275 m, et les vallées karstiques et le niveau local Pennyroyal sont à 180 ou 200 m. Le plus important des fleuves encaissés et le niveau de base pour le développement des grottes est le Green River (la Rivière Verte) qui s'écoule vers l'ouest à travers le Plateau Pennyroyal et le Chester Upland à une altitude locale de 130 m. La grotte Mammoth s'est formée par le drainage provenant des collines aussi bien que des régions adjacentes au Plateau Pennyroyal. Cette eau jaillit à plusieurs grandes sources le long du Green River.

Les sources les plus grandes sont alimentées par des passages à 10 ou 15 m au-dessous du niveau actuel du fleuve et elles jaillissent à des ouvertures dans un sédiment épais d'alluvion. Mammoth Cave se situe à plus de 80 kms au sud de la limite extrême des glaciers pléistocènes continentaux, par conséquent elle était épargnée des effets directs de la glaciation. Cependant le Green River est un affluent de l'Ohio River dont le niveau de base était fort affecté par la glaciation. Les dépôts d'alluvion de 15 mètres d'épaisseur à Mammoth Cave sont le résultat direct de l'alluvionnement de la rivière Ohio pendant le dernier mouvement glaciaire (wisconsinien).

Mammoth Cave occupe une zone calcaire de 110 m d'épaisseur, y compris (du plus ancien au plus jeune) le Calcaire St. Louis supé-

rieur, le Calcaire Ste. Geneviève, la Formation Girkin (Figure 5). Le Calcaire St. Louis est épais de 60 m et il présente beaucoup de couches de chert et de calcaire schisteux. Des couches de gypse se trouvent dans cette formation bien au-dessous de la surface, mais elles ont été enlevées par la dissolution interstratale dans leurs affleurements. Le Calcaire Ste. Geneviève a 35 ou 40 m d'épaisseur et consiste en un calcaire et un dolomite intercalés dans la moitié inférieure et en un calcaire entremêlé de minces couches d'envasement dans la moitié supérieure. La Formation Girkin a 20 ou 40 m d'épaisseur et elle consiste en un calcaire intercalé de schistes et de schistes argileux. Les couches insolubles sont à moins d'un mètre d'épaisseur donc elles n'interrompent pas de manière significative la continuité de la grotte.

Ces calcaires ont été déposés dans une mer continentale peu profonde qui s'étendait sur une grande partie du sud de l'Amérique du Nord pendant la période mississippienne. Le sédiment détritique emporté du reste des terres a créé un large delta qui s'est étendu progressivement à travers le centre de cette mer. La roche de recouvrement dans le Chester Upland représente la progression du delta à travers la région de la grotte Mammoth comme la région allait d'un milieu marin à un milieu continental. Les minces couches de calcaire impur dans le Girkin et le Ste. Geneviève supérieur sont les précurseurs de cet envahissement de sédiment détritique. Tracées jusque dans le nord-ouest, ces couches impures s'épaississent dans des formations majeures de grès et de schiste qui creusent le calcaire. Des formations minces de calcaire entre les roches insolubles de la région de Mammoth Cave contiennent des drainages karstiques perchés. Les sources dans ces calcaires approvisionnement pour la plupart la service des eaux du Parc National de Mammoth Cave.

#### Description générale du réseau Mammoth Cave

Les sections de Mammoth Cave connues à l'actuel s'étendent sous-jacentes aux crêtes majeures du Chester Upland au sud du Green River. La crête Mammoth Cave, la crête Flint au nord-est, et la crête Joppa au sud-est contiennent chacune des grottes importantes qui ont été récemment reliées dans un seul réseau. La disposition générale des conduits des grottes est dendritique, mais il existe tant de niveaux superposés et de déviations à des niveaux progressivement bas que cette disposition dendritique s'obscurcit presque entièrement (Figure 6).

Les trois types de conduits les plus fréquents du réseau Mammoth Cave sont les canyons, les passages tubulaires à pente faible, et les puits verticaux qui ont jusqu'à 60 m de profondeur (Figures 7, 8, et 9). La stratification est très prononcée dans les calcaires principaux et la plupart des fractures sont petites. Par conséquent, les conduits des grottes Mammoth sont extrêmement conformes aux couches. Les passages tubulaires présentent de larges transversales lenticulaires ou elliptiques qui s'allongent aux stratifications (Figure 8). Même les nombreux puits verticaux de la grotte sont fort influencés par la stratification prononcée, parce que l'eau affluente se perche le long de la ligne de séparation d'un plan de stratification ou sur un lit relativement résistant. La création d'un puits typique se fait vers le bas par degrés, le fond s'approfondissant d'un lit majeur à un autre, en créant des drainages successifs à chaque lit (Figure 9).

La plupart des passages qui ont formé dans la zone vadose (les canyons et les tubes perchés) ont une orientation en aval presque parfaitement consistante tandis que ceux d'origine phréatique se dirigent presque parallèlement à la direction du filon local. La sinuosité du passage est fort contrôlée par les variations locales du pendage et de la direction du filon du lit principal ou du plan de stratification. Les orientations hétérogènes des passages sont contrôlées pour la plupart par des variations locales de structure de lit en lit.

Les zones de recharge pour ce réseau karstique sont le Sinkhole Plain, les vallées karstiques dissequées creusées dans le Plateau, et le plateau même qui est recouvert de grès. En général ceci permet la classification des passages comme drainages régionaux, drainages de vallée, drainages de puits. Les indications de débit pour les passages du drainage régional suggèrent des décharges qui atteignent jusqu'à des dizaines de  $m^3/s$  et les tendances du ruissellement suggèrent des surfaces de captation des eaux de plusieurs centaines de  $kms^2$ . On n'a besoin que de quelques drainages régionaux pour



rendre compte du ruissellement total pour le Sinkhole Plain.

Beaucoup de fragments d'un ancien drainage abandonné existent toujours dans le réseau karstique supérieur. Les niveaux inférieurs de la grotte sont des passages actuels pour les cours d'eau. Le plus grand de ceux-ci, dans Proctor Cave, draine en direction de la Source Turnhole sur le Green River, tandis que Mystic River et Echo River drainent sous la Crête Mammoth jusqu'à la Source Echo River, avec la Source Styx qui reçoit les eaux de débordement. Pike Spring draine les passages de la Crête Flint et ses environs.

Les drainages des vallées peuvent être ou des tubes ou des canyons et ils peuvent emporter le ruissellement des vallées karstiques jusqu'à des sources moyennes sur le Green River bien qu'ils drainent plus souvent à l'intérieur des drains régionaux. De tels réseaux de drainage existent aussi bien au nord du Green River là où se trouvent des vallées mal drainées, bien qu'on n'y connaisse pas de réseau de grottes intégré. De la même manière on trouve des réseaux de drainages de vallées dans les vallées karstiques en aval du Green River provenant de grands réseaux de grottes intégrées.

Le drainage provenant du haut du plateau entre dans la terre par des puits. A partir des fonds des puits, des drainages horizontaux peuvent s'étendre pendant de longues distances (presque 2 kms dans le cas du Wretched River, drain pour Colossal Dome dans la section Flint Ridge du réseau) jusqu'à ce qu'ils entrecroisent d'autres passages ou ressortent à la surface.

La grandeur et la complexité du réseau Mammoth Cave s'expliquent par deux facteurs. D'abord, les drains régionaux ont servi à intégrer d'autres passages, et les dispositions changeantes des drains de puits, quand le puits s'approfondit, servent aussi à connecter des segments de la grotte qui seraient autrement isolés. Deuxièmement, la combinaison particulière de drainage régional et de structure régionale permet une recharge dans le réseau sur un côté d'un plateau recouvert de grès tandis que la décharge dans le Green River très encaissé se fait de l'autre côté. Les débits importants d'eau à l'endroit du ou au-dessous du niveau de base ont développé des passages karstiques majeurs pendant que la roche de recouvrement gréseuse a empêché l'érosion et la destruction des parties élevées et sèches du réseau.

#### Histoire Géomorphique

Il y a deux phases majeures dans l'évolution des grottes Mammoth. Pendant la dernière époque de la période Tertiaire et tôt dans le Quaternaire, la région a subi une lente dégradation érosive qui se produisait alternativement avec des époques d'alluvionnement à grande échelle. Cette alternation entre l'érosion et le dépôt était probablement le résultat des changements cycliques dans le climat qui allait de l'humidité à la sécheresse. Par conséquent, un passage à bas-relief a développé sur le calcaire près du niveau de base. Ceci était le précurseur du Plateau Pennyroyal. Les roches insolubles sur-jacentes se manifestait comme une surface montagneuse résistante. Les niveaux les plus hauts des grottes Mammoth réfléchissent ces dégradation et alluvionnement lents. Ils sont des tubes et des canyons larges et grands qui ont jusqu'à 30 m de profondeur et qui sont fréquemment remplis de sédiment jusqu'aux deux tiers de leur profondeur. Ces passages se concentrent aux altitudes de 175 ou 200 m à leurs aboutissements d'aval près du Green River. Ces passages sont relativement rares parce que le calcaire à cette époque était peu creusé et le drainage souterrain n'était alimenté que de quelques grandes pertes dans les vallées karstiques et le Plateau Pennyroyal.

Pendant la période Tertiaire, une grande partie du drainage superficiel des Montagnes Appalachiennes écoulait dans le Teays River au nord de la présente rivière Ohio. Tôt dans le Pléistocène, ce drainage s'est détourné vers le sud dans le Ohio River par des glaciers continentaux. Cette augmentation de décharge a fait rapidement encaisser l'Ohio. Par conséquent, le Green River et d'autres affluents de la rivière Ohio s'encaissaient rapidement aussi. Cet événement a eu comme résultat les transversales profondes à pentes raides dans les vallées du Plateau Pennyroyal et du Chester Upland. L'encaissement était périodiquement interrompu de périodes d'alluvionnement qui coïncidaient probablement aux périodes de glaciation. Dans les régions calcaires pendant que des fleuves majeurs tel que le Green River devenaient encaissés, les affluents mineurs restaient suspendus et l'eau dérivait sous la terre. La surface calcaire à

bas-relief est devenue plaine karstique (le Plateau Pennyroyal) et des vallées karstiques se sont formées entre les crêtes du Chester Upland. Des changements rapides dans le niveau de base ont fait vite former des passages à des niveaux divers, ceux à 165 ou 170 m et ceux à 152 m étant les plus prononcés. Ces niveaux coïncident probablement avec des périodes de niveau de base relativement stable car les conduits qui se groupent aux élévations uniformes se trouvent sur des horizons stratigraphiques différents (Figure 10).

Au cours du temps des articulation et relief plus grands ont causé une augmentation du nombre des lieux de recharge. Bien que les routes d'écoulement du Plateau Pennyroyal existaient toujours, la recharge du Chester Upland s'est divisée dans beaucoup de petites entrées d'eau. Bien que quelques grands passages soient toujours en voie de développement beaucoup de petits se façonnent par de petites sources de recharge locales provenant des vallées karstiques et des flancs des crêtes.

#### Hydrochimie régionale

L'eau entre dans l'aquifère karstique par des cours d'eau qui se perdent sur la Plaine Pennyroyal, et par le ruissellement interne dans les dolines et les vallées karstiques, et par l'infiltration directe dans le sol jusqu'à des fractures sous-jacentes dans le calcaire. L'eau rejaillit à des sources moyennes locales comme Pike Spring ou aux grandes sources régionales comme Turnhold Spring ou Graham Spring. Le long de la route, on peut observer l'eau sous forme de coulées verticales dans les puits verticaux, d'égouttement des concrétions, ou de cours d'eau souterrains. Chacune de ces eaux a une composition chimique particulière qui peut montrer quelque chose de l'évolution chimique de l'eau quand elle transite dans l'aquifère.

Les données requises proviennent des analyses de l'eau pour  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $HCO_3^-$ , et  $SO_4^{2-}$ , d'une analyse précise sur place de l'acidité de l'eau, et des température et conductivité électrique à la source de l'eau. La plupart des géochimistes spéléologiques ont trouvé que les quantités calculées pour la crudité totale, l'indice de saturation, et la pression partielle théorique d'acide carbonique sont les paramètres les plus utiles dans la description des eaux karstiques. Ils sont définis comme:

$$\text{Crudité} = 100 \left( \frac{C(Ca^{++})}{40} + \frac{C(Mg^{++})}{24} \right) \quad (\text{exprimée comme mg/l } CaCO_3)$$

$$SI_C = \log \frac{a(Ca^{++})}{K_C} \frac{a(CO_3^{2-})}{K_C}$$

$$P_{CO_2} = \frac{a(HCO_3^-) a(H^+)}{k_1 K_{CO_2}} \quad (\text{en atmosphères})$$

abréviations: C = concentration en mg/l

a = activité d'ions

$K_C$  = produit de la solubilité de calcite

$k_1$  = première constante d'ionisation d'acide carbonique

$K_{CO_2}$  = constante d'équilibre pour la dissolution du  $CO_2$  gazeux pour former un acide non-ionisé

Les calculs des paramètres des données analytiques et des observations sur place sont généralement faits par des programmes machines qui utilisent la force ionique, la température et l'effet des complexes.

Des échantillons isolés des eaux du réseau Mammoth Cave-Flint Ridge sont comparés dans la Figure 11. La plupart des eaux ont environ dix fois le  $CO_2$  ( $P_{CO_2} = 10^{-2,5}$ ) de l'atmosphère à la surface mais quelques unes des sources du niveau de base ont jusqu'à 100 fois de  $CO_2$ . L'eau qui jaillit aux sources perchées dans l'aquifère du Calcaire Hanley, qui est au-dessus de l'aquifère karstique, est très malsaturée ce qui est normal pour les surfaces calcaires fraîches qui se trouvent dans les parois des puits. Cependant, les égouttes des concrétions sont en général presque saturées ou elles sont sursaturées. L'eau descend rapidement à travers des puits et elle n'a pas le temps de s'équilibrer; les eaux d'infiltration



passent plus lentement et les réactions ont plus de temps à atteindre la saturation.

Les sources aux niveaux de base pour la plupart sont aussi mal-saturées. Les eaux du haut du plateau, des vallées karstiques, et du Sinkhole Plain se mélangent dans l'aquifère et cette eau mixte est agressive jusqu'à ce qu'elle arrive à la source. La cinétique de la dissolution du calcite est assez lente pour permettre le passage total de l'eau à travers l'aquifère karstique sans que l'eau se sature.

Très généralement, on peut parler d'une eau qui coule verticalement et d'une eau qui coule horizontalement. L'eau verticale peut être observée dans les ruisseaux qui se perdent dans les cours d'eau des grottes, à des regards comme celui à la fenêtre karstique à Mill Hole, et dans les sources régionales. La composition chimique de ces eaux change lorsque l'eau s'écoule en aval et elle change selon les saisons.

Les eaux qui coulent verticalement commencent avec une certaine concentration d'acide carbonique et leur tendance évolutionnaire (Figures 12 et 13) est simplement une augmentation de cruidité et une augmentation conforme de saturation. Il y a plus de  $\text{CO}_2$  en été et il y a une compensation dans la pression partielle de  $\text{CO}_2$  d'environ la moitié d'une unité log. Les cours d'eau subaériens sur la Plaine Sinkhole sont sousaturés en hiver et sursaturés en été mais leur taux de  $\text{CO}_2$  est plus ou moins bas. Leur cruidité augmente quand ces eaux passent à travers le réseau (et se mélange avec d'autres sources d'eau, soit horizontales, soit verticales). Le taux de saturation change très peu en hiver et il diminue en été quand l'eau chaude quasi-dépourvue de carbonate provenant de la surface est diluée avec une autre eau à l'intérieur de l'aquifère. Cependant, la concentration de  $\text{CO}_2$  augmente quand ces eaux s'écoulent en aval à travers l'aquifère. Il y a aussi dans le réseau horizontal une augmentation saisonnière dans la concentration de  $\text{CO}_2$  par un facteur de 5 en été.

#### Minéralogie

Les minéraux secondaires qui se trouvent dans Mammoth Cave et dans d'autres grottes des environs sont notés dans la Table 1.

Table 1.  
Minéraux des Grottes du Karst du Kentucky Central

#### MINÉRAUX CARBONIFÈRES

Calcite	$\text{CaCO}_3$	Travertin, stalagmite, concrétions diverses excentriques et nodulaires
Aragonite	$\text{CaCO}_3$	Vieilles stalagmites massives
Hydromagnésite	$4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Lait lunaire. Boule sèche et rare sur concrétions nodulaires

#### MINÉRAUX SULFATES

Gypse	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Croûtes, "fleurs", stalagmite
Mirabilite	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	"Fleurs", stalagmite
Epsomite	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	"Fleurs" qui se trouvent dans des sédiments
Hexahydrate	$\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Se trouve dans des sédiments
"Sel labile"	$\text{Na}_4\text{Ca}(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	En deuxième phase dispersé dans des stalactites de mirabilite
Blödite	$\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Dans des sédiments et dans les croûtes du sol

Celestite	$\text{SrSO}_4$	Rare, mélangé avec le gypse dans les croûtes des murs
MINÉRAUX NITRES		
Aucun cristal identifié		Dispersés dans les sédiments
MINÉRAUX RESISTATES		
???	$(\text{Ca}, \text{Ba})_x \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Enduisage noir sur les cailloux d'un cours d'eau et dans les puits

Les stalagmites et les dépôts de travertin se trouvent d'habitude uniquement là où les passages s'étendent au-delà de la roche de recouvrement protectrice (Figure 14). Ailleurs l'infiltration verticale de l'eau est limitée par les sédiments clastiques imperméables. Donc on trouve des dépôts massifs de calcite près des entrées des grottes comme du Niagara Gelé, la Ville Violette, et l'entrée à la grotte Grand Onyx.

L'eau filtre à travers le sol et les matières organiques de la surface et puis elle prend de l'acide carbonique qui réagit avec le calcaire désagrégé à la base de la zone du sol. Ces solutions qui contiennent beaucoup de carbonate infiltrent vers le bas et elles arrivent à la grotte où l'acide carbonique est dégagé afin de former une solution fort sursaturée qui laisse un dépôt de calcite. Quand l'eau infiltre du bord de la roche de recouvrement, elle ne passe pas par un sol calcaire de fait que l'eau arrive à la grotte sousaturée en ce qui concerne le calcite. Donc il est possible de trouver des complexes de puits verticaux aux limites de la roche de recouvrement qui ont un calcaire dissolvant à un bout qui est rempli de calcite à l'autre bout.

Des stalagmites massives et des colonnes se trouvent loin dans le réseau dans les anciens passages supérieurs de la grotte. Celles-ci présentent souvent d'importants pourcentages d'aragonite qui est en forme de cristaux à grains fins, parfois intercalée de calcite.

Les passages sous la roche de recouvrement sont secs et l'humidité relative peut descendre jusqu'à 80%. On trouve dans ces passages le gypse en croûte épaisse, parfois sous forme de massifs courbés de fibres cristallines connues sous le nom de "fleurs de gypse", parfois sous forme de stalactites ou de colonnes. On pense que le gypse vient de l'oxydation de la pyrite qui se trouve en haut du Grès Big Clifty au-dessus de la grotte. Sous le Big Clifty on trouve le Schiste Fraileys, qui se trouve dans quelques endroits mais pas dans d'autres. Là où le schiste est absent, des solutions infiltrantes emportent l'acide sulfurique de l'oxydation de la pyrite en bas jusque dans la grotte où il réagit avec le  $\text{CaCO}_3$  *in situ* en formant du gypse dans la roche de la paroi de la grotte et en causant une forme particulière de la désagrégation de la pression cristalline. Là où on trouve du schiste les passages sous-jacents présentent peu de gypse.

D'autres minéraux sulfatés mentionnés dans la Table 1 sont très solubles dans l'eau et ils se trouvent seulement dans les passages très secs bien au-dessous de la roche de recouvrement. La mirabilite se trouve en forme de stalactites transparentes qui ressemblent à des chandelles de glace, et en forme de "fleurs" comme les fleurs de gypse. L'homme préhistorique a exploité la mirabilite apparemment pour s'en servir comme laxatif. Il y a des endroits dans les grottes Salts et Mammoth qui ont été grattés pendant l'exploitation par les indiens il y a quelques millénaires mais qui ont aujourd'hui des croissances nouvelles. La mirabilite se trouve pour la plupart dans Flint Ridge et Mammoth Cave. L'epsomite et les autres sels de magnésium demandent une source du magnésium qui est probablement la dolomite intercalée dans le calcaire. Des croûtes exceptionnelles d'epsomite, d'hexahydrate, et de blédite ont formé dans la Grotte Lee des cristaux qui sont tombés de la voûte.

Mammoth Cave est bien connu pour l'exploitation du salpêtre qui a eu lieu au 19<sup>ème</sup> siècle. Des études récentes ont montré que cette terre nitreuse vient de l'infiltration de l'eau et non du guano de chauve-souris comme on pensait autrefois. Les eaux pluviales descendent par des sols végétatifs superficiels et elles arrivent à la



grotte sèche où l'évaporation cause le dépôt de leurs nitrates. L'évidence en faveur de cette hypothèse est la forte concentration de nitrates (des milliers de parties par million) dans les 10 ou 30 cms de l'extérieur de la paroi de la grotte. Il est vrai que le guano de chauve-souris peut enrichir la terre qui contient du salpêtre mais il n'est ni la source unique ni même la source principale de nitrates dans les sédiments nitreux de Mammoth Cave. Une origine dans l'infiltration des eaux explique la régénération des nitrates dans la grotte dans l'espace de quelques années et aussi la présence du salpêtre dans plus de 50 kms de passages secs dans Mammoth Cave.

Les minéraux nitreux ne se présentent pas sous forme de cristaux dans Mammoth Cave ou dans d'autres grottes du sud-est des Etats-Unis parce qu'ils sont déliquescents et ils dissolvent dans leur propre eau de cristallisation. L'humidité relative dans Mammoth Cave devrait descendre de 85% ou de 95% jusqu'à 54% pour que la nitrocalcite puisse cristalliser sur les parois et les voûtes de la grotte.

Des enduisages noirs se trouvent sur les pierres dans les cours d'eau actifs et aussi sur le remplissage des niveaux supérieurs du réseau karstique. L'analyse chimique montre que ces enduisages sont des oxydes de manganèse mais on n'y a pas encore établi des faits minéralogiques détaillés.

### Biologie

A cause des microclimats, des habitats, et les sources d'alimentation divers, Mammoth Cave présente une grande variété de communautés biologiques. De la matière organique est apportée dans la grotte des diverses sources d'eau ou elle est directement contribué par des animaux des grottes ou par des visiteurs transitoires. La matière organique se transforme en nourriture par la bactérie et les mycètes. A la différence de beaucoup d'autres grottes, le guano de chauve-souris n'est pas une source de nourriture importante pas seulement parce que les chauve-souris sont peu nombreuses ou qu'elles ne se servent de la grotte que pendant une partie de l'année mais aussi parce que les chauve-souris habitent les zones sèches et froides qui ne sont pas favorables à la plupart des invertébrés des grottes.

La plus grande diversité d'espèces se trouve près des entrées des grottes et près du niveau moyen annuel de crue dans les conduits d'eau comme la rivière Echo. Les conditions sèches et le peu de nourriture au-dessus de ce niveau aussi bien que les inondations fréquentes en bas encouragent des communautés plus différenciées. La faune générale de Mammoth Cave ne diffère pas sensiblement de celles des grottes toutes près du Plateau Pennyroyal.

Des études écologiques par T. L. Poulson de l'Université de Chicago ont montré que les espèces à croissance rapide qui exigent une nourriture spécifique et qui ont une courte durée de vie se trouve là où il y a des sources d'aliments énergétiques concentrées et saisonnières surtout près des entrées et des arrivées d'eau. Il y a peu de diversité d'espèces dans de telles zones. Le grillon de caverne (*Hadenococcus*) est l'animal le plus apparent de cette catégorie. Par contre, dans les zones où l'alimentation est diffuse et peu énergétique mais constant on trouve des communautés diverses où les organismes croissent lentement et vivent longtemps. Il n'y a pas d'alimentation spécifique aux espèces d'une telle zone. Le mille-pattes de grotte (*Scoterpes copei*) est un exemple d'une telle espèce.

En plus de ces derniers, plusieurs autres espèces d'animaux nous portent un intérêt spécial. Les poissons sans yeux (*Typhlichthys* et *Amblyopsis*), les écrevisses, les isopodes, les amphipodes habitent beaucoup de ces zones ayant un cours d'eau, alors que les scarabées de grotte (*Pseudanophthalmus*, *Neathanaeops*) sont relativement communes dans les passages secs. Le "pack rat" (rat?) (*Neotoma magister*) habite les zones près des entrées. L'étude de l'écologie de ces communautés et les tendances évolutives parmi les espèces troglobites commencent à être connues.

### Archéologie

Les zones d'entrée des grottes Mammoth et Salts servaient comme abris aux autochtones au début de la Culture Sylvatique (?) (Woodland Culture), entre il y a 3200 et 2000 ans. L'évidence de leurs habitations consiste en partie de torches de bambou brûlées et de tiges de mauvais herbe, des chaussures tissées, du tissu, de la corde, des bols, des paniers, et de la nourriture. Deux corps desséchés ont été trouvés: l'un dans le passage principal de Mammoth Cave, un homme adulte, s'est trouvé coincé sous un gros galet qui est tombé et au-



dessous duquel il avait fouillé des minéraux; l'autre, un enfant, était trouvé dans Salts Cave. Malgré la quantité de touristes qui visitent ces grottes depuis 180 ans, bien des objets façonnés et d'autres traces de ce peuple restent intacts, très bien conservés dans l'environnement stable et plutôt sec des grottes. Ce peuple aborigène était parmi les premières sociétés productrices de nourriture, donc leurs produits ouvrés et leurs autres restes nous donnent des renseignements uniques sur la transition des premiers hommes d'une société de chasseurs vers une société agrairienne.

En dehors de l'usage des grottes comme abri, ce peuple y exploitait le gypse, la mirabilite, et l'epsomite des passages secs. Les marques des coups de grattoir et de marteau peuvent se voir sur beaucoup de murs de la grotte. L'emploi de ces minéraux n'est pas connue--comme assaisonnement, médicaments, ou pigment? L'étendu de la mine suggère qu'il y avait un commerce avec les gens en dehors de la région de Mammoth Cave. On exploitait le chert des grottes pour la fabrication d'outils et d'instruments de chasse.

Parfois de petits groupes de ces hommes exploraient la grotte pendant plusieurs kilomètres probablement pour l'aventure mais aussi pour chercher de nouveaux minéraux. Les empreintes des pieds nus dans de la boue loin dans la grotte Salts sont parmi les traces exceptionnelles de ces équipes exploratrices.

Notre meilleur indice du régime de ce peuple provient des échantillons paléofécaux abondants. Ils mangeaient principalement de la nourriture des plantes, comme les noix et les grains de tournesol auxquels ils ajoutaient parfois de la venaison, du lapin, de la dinde ou d'autres petits animaux. Les courges et les gourdes, acclimatées pour la première fois au Mexique et puis introduites dans la commerce dans le nord, étaient cultivées par les premiers hommes de la société sylvestre pour la fabrication de récipients et comme nourriture.

## Histoire

Mammoth Cave était connue aux premiers colons de Kentucky dès les années 1790. Selon la légende, un nommé Houchins était le premier à découvrir la grotte au cours de la poursuite d'un ours.

La grotte a d'abord attiré l'attention générale comme source de salpêtre qui servait dans la fabrication de la poudre à canon. L'exploitation salpêtrière à la grotte Mammoth est devenue très importante pendant la Guerre de 1812 quand plus de 200 kilos de nitrates se sont extraits du sédiment de la grotte chaque jour. L'exploitation se faisait principalement dans les grands passages supérieurs qu'on montre aujourd'hui au cours de la Visite Historique. En se servant des lampes à huile animale et des torches comme éclairage, jusqu'à 70 ouvriers à la fois enlevaient le sédiment du sol de la grotte. Ensuite le sédiment était emporté par char à boeufs aux cuves de lixiviation en bois. L'eau de l'entrée passée par le sédiment lixivait le sulfate de calcium soluble. Des tuyaux emportaient la solution jusqu'à l'entrée sous la pression créée par des pompes à main. Les tuyaux utilisés au transport de l'eau et de la solution nitrate étaient faits de bûches creuses enclavées. A la surface, on filtrait la solution à travers des cendres de bois pour en faire du nitrate de potassium. Pour que le nitrate de potassium se sépare à l'état cristallin, on bouillait la solution dans des fourneaux à l'entrée de la grotte. Les cristaux de nitrate étaient ensuite expédiés à la côte Atlantique où on les mélangeait avec du carbone et du soufre pour en faire de la poudre à canon. Cette exploitation a cessé en 1815 quand on a commencé d'importer la poudre à canon de l'étranger.

A la fermeture de l'exploitation de la salpêtrière, Mammoth Cave est devenu de plus en plus populaire comme attraction touristique. En 1838, Franklin Gorin a acheté la grotte et la terre qui l'entoure et il a aménagé la grotte pour attirer plus de touristes. Son esclave noir, Stephen Bishop, est devenu le premier grand guide et explorateur des grottes. Bishop passe pour avoir découvert des passages loin au-delà des limites des explorations précédentes. Pour la première fois depuis les temps préhistoriques on explorait les grottes Mammoth au-delà des galeries dans lesquelles il était facile de marcher en allant dans des zones difficiles où l'on trouve des puits, des cours d'eau et des accès qu'on ne peut suivre qu'en rampant. Bishop est mort jeune en 1857 et pendant la deuxième moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle les explorations de Mammoth Cave restaient sporadiques.

En 1908, les grottes Mammoth étaient visitées d'un jeune ingénieur allemand de Berlin, Max Kaemper, qui a fait le premier levé



compréhensif et précis du réseau, avec l'aide du guide Edward Bishop (petit neveu de Stephen). Ils ont répertorié 56 kms de passages, tous à partir de l'Entrée Historique qui à cette époque était la seule entrée connue.

Vers le début du 20<sup>ème</sup> siècle, beaucoup de grottes des crêtes Flint et Joppa étaient découvertes et explorées. Beaucoup d'entre eux, y comprises les grottes Colossal, Salts, Proctor, Great Onyx, et Crystal, se sont ouvertes au public. Parce qu'elles étaient moins accessibles à et moins connues que Mammoth Cave, la plupart de ces exploits commerciaux duraient peu de temps. En plus elles ressentait de la compétition à cause d'une commerce touristique vigoureuse aux deux nouvelles entrées artificielles dans la partie sud-ouest de Mammoth Cave (New Entrance et Frozen Niagara Entrance) qui était une propriété et une entreprise indépendantes des premières sections de Mammoth Cave. De la compétition pour les touristes entre les grottes commerciales nombreuses a mené à la publicité audacieuse, aux attaques de minuit aux grottes concurrentes et selon quelques uns, aux baggares entre bandits armés.

Floyd Collins, qui a découvert et a aidé dans la direction de la grotte Crystal dans la crête Flint, a passé beaucoup de temps à chercher de nouvelles entrées plus proches à l'autoroute principale. En 1925, à l'occasion d'une excursion dans la petite grotte instable, Sand Cave, près de l'entrée du Niagara Gelé de Mammoth Cave, il a fait dégringoler un gros galet qui est tombé sur son pied, et qui l'a coincé. Malgré une demande nationale de secours, les tentatives de l'ôter de là ont échoué et il est mort de froid.

En 1926 le Congrès des Etats Unis a fait de Mammoth Cave un parc national. La propriété de Crystal Cave est restée privée et faisait un îlot à l'intérieur du Parc jusqu'en 1961. Tant qu'elle était privée, Crystal Cave était explorée bien au-dessous de la crête Flint par William Austin, Jack Lehrberger, et d'autres. Quelques uns des explorateurs les plus actifs ont formé la Fondation pour la Recherche des Grottes (Cave Research Foundation), qui s'est dédiée à l'étude des grottes dans la région de Mammoth Cave. Dès 1961, le Cave Research Foundation avait déjà découvert les liens entre la plupart des grottes de la crête Flint qui en font un seul réseau et qui en 1967 a été prononcé le réseau le plus long du monde. En 1972 on a créé un nouveau lien sous la vallée Houchins aux grottes Mammoth pour en faire un seul réseau de 230 kms de longueur. En 1979 un grand réseau de passages ayant un cours d'eau a été découvert dans les grottes Proctor qui se reliait bientôt après avec Mammoth Cave près de l'entrée Frozen Niagara. Aujourd'hui (1980) le réseau karstique Mammoth comporte 350 kms de passages répertoriés.

Guide pour la Section Historique de Mammoth Cave

Les pages suivantes décriront les formes les plus intéressantes qui peuvent se voir au cours du Circuit Historique de Mammoth Cave et alentour. Cette partie des grottes était la première section connue et elle a été le site de l'habitation aborigène sylvestrienne, de la nitrière, du tourisme, et des premières explorations. En plus elle montre bien les différents types de passages et de niveaux des grottes. Il y a d'autres parties de la grotte qui sont plus grandes et plus belles, mais cette piste montre la plus grande variété de formes historiques et karstiques. La Section Historique est au bout extrême d'aval du réseau aquatique souterrain qui a formé les grottes Mammoth donc la plupart des passages se sont formés à ou près du niveau du Green River. Ils sont donc bien adaptés à la séquence locale des changements du niveau de base et ils représentent une grande variété de niveaux, du Tertiaire au Quaternaire supérieur. Depuis la formation des conduits dans la Section Historique, l'écoulement principal a dérivé vers des voies plus au sud-ouest.

La Section Historique montre nettement l'action de la roche de recouvrement en limitant et en concentrant la recharge aux grottes. Des puits se présentent dans où près des sections où le grès s'est ébréché mais aux endroits où la roche de recouvrement est intacte les passages sont secs et recouverts de gypse.

Les particularités intéressantes décrites ici sont indiquées par des numéros sur le plan de la grotte (Figure 12).

1. "Historic Entrance" et les formes superficielles alentour

Avant sa liaison aux grottes des crêtes Flint et Joppa, l'Entrée Historique était l'unique entrée naturelle à la grotte Mammoth. Elle se situe à l'endroit où une petite vallée superficielle entrecoupe un des passages supérieurs. L'entrée se trouve dans les couches



centrales de la Formation Girkin. Le point de contact entre le calcaire et le Grès Big Clifty en dessus (l'unité basale de la roche de recouvrement résistante) se trouve à 7 m au-dessus du haut de l'escalier d'entrée. Des affleurements de grès ressortent des murs le long de la piste qui mène à l'entrée. Près du pied de la vallée, le long des rives du Green River se trouve la source River Styx qui reçoit de l'eau de Mammoth Cave en période de crue. Une grande partie de l'eau dans Mammoth Cave jaillit à la source alluvionnée Echo River à un km au sud.

D'autres détails d'intérêt près de l'entrée sont la Cimetière des anciens guides (Old Guides' Cemetery), endroit où est enterré Stephen Bishop, le Gouffre du dôme Mammoth (Mammoth Dome Sink), doline effondrée qui s'étend dans le calcaire à travers la roche de recouvrement insoluble à 500 m au sud de l'Entrée Historique.

Dans les premières années du 19<sup>ème</sup> siècle, à l'époque de la nitrière, plusieurs grands fourneaux étaient installés au-dessous de l'entrée des grottes pour réduire la solution nitrate. Les bûches creuses par lesquelles la solution était transportée de la grotte se voient toujours dans le passage d'entrée et sont à moitié enfouies pour éviter le gèle en hiver. L'eau à l'entrée était canalisée dans la grotte pour la lixiviation du nitrate de calcium du sédiment dans la grotte.

## 2. "Rotunda"

Les passages qui se voient ici sont des canyons profonds remplis à plus de la moitié par du sédiment. Ils montrent des traits caractéristiques des grands niveaux supérieurs du tertiaire supérieur à 175 ou 200 m d'altitude. L'étendu vertical entier de ces canyons ne se voit qu'en quelques endroits de Mammoth Cave et des grottes alentour où le sédiment a précipité dans des passages sous-jacents.

Les Avenues Broadway et Audubon font un passage à filon unique qui s'étend autour du pli d'un anticlinal local (Figure 13). Le sens original de l'écoulement allait dans l'Avenue Audubon. Le passage d'entrée, Houchins' Narrows (la Passe Etroite de Houchin) est une déviation qui s'oriente vers l'aval du pendage local de 19 m/km. Plus d'un approfondissement et remplissage du canyon a pu se produire ici.

Une couche de calcaire prononcée peut se voir dans les murs du passage. La plupart des murs consiste en pierre de base Paoli de la Formation Girkin qui est à 7 m d'épaisseur ici. La pierre de base Bethel, épaisse d'un mètre, forme une niche près de la voûte. Celle-ci est une des couches schisteuses faibles qui séparent les calcaires plus purs de la Formation Girkin. La première voûte karstique se trouvait en haut du Paoli mais l'effondrement de la voûte et des murs a oblitéré presque toutes les traces de la karstification. Des dômes de branchement voûtés dans la voûte, comme on voit à la Rotonde, sont fréquents dans les endroits larges des passages principaux de la grotte.

Les vestiges de la nitrière du 19<sup>ème</sup> siècle sont bien conservées ici, y comprises les nombreuses cuves de lixiviation et les ruines d'une tour qui emmagasinait une pomme à main pour forcer la solution nitrate vers l'entrée. Après la lixiviation, le sédiment des cuves était amoncelé le long des murs pour se régénérer de la nitrate.

## 3. "Broadway"

La visite suit Broadway dans l'ancienne direction amont. Celui-ci est le passage principale supérieur de la grotte. On y voit les fragments du réseau de tuyaux compliqué par lequel l'eau est arrivée dans la grotte et par lequel la solution de nitrate lixiviée en était emportée. La plupart de ces tuyaux sont faits des troncs de tulipier qui a un coeur moelleux et qui peut être facilement creusé avec une perceuse.

## 4. Croisement de Gothic Avenue

Broadway se bifurque en amont dans deux branchements à deux niveaux différents. Le niveau supérieur s'étend à droite, (vers le sud) comme Gothic Avenue, dans le Paoli. C'est le passage principal le plus ancien de la crête Mammoth Cave et il s'est formé par l'eau de la Vallée Houchins. La soi-disante Main Cave (Grotte Principale) continue tout droit sur le niveau inférieur dans le Calcaire Ste. Geneviève. Ce passage s'est créé quand de l'eau de Gothic Avenue s'est détournée vers un niveau plus bas et s'est mêlée avec de l'eau du Plateau Pennyroyal. Le croisement de ces deux passages est assez compliquée parce que Main Cave passait d'abord sous Gothic Avenue



pour s'en réunir plus loin en aval à l'Eglise Methodiste. Les éboulis et le sédiment ont obscuré leur rapport original. Gothic Avenue termine aux éboulis à un kilomètre dans l'ancienne direction en amont de ce point de jonction.

Le point de croisement aval de Gothic Avenue et de Main Cave s'appelle l'Eglise Methodiste (the Methodist Church) à cause des offices religieuses qui s'y tenaient au 19<sup>ème</sup> siècle et qui se servaient d'une chaire naturelle en pierre et d'une large parterre plate pour l'assemblée. Pendant les visites d'autrefois il était l'habitude des guides de lancer des torches allumées faites en coton imprégné de kérosène sur les hautes corniches de cette salle pour l'éclairer. Des noircisseurs aux murs sont le résultat de cette pratique. Le lancement des torches se fait parfois à l'Eglise Methodiste par des guides du Circuit de la Lanterne qui se sert de lanternes tenues à la main à la manière des visites du siècle dernier. Les murs et la voûte de cette partie de la grotte sont exceptionnellement noirs à cause du revêtement fumeux des lanternes à kérosène et à huile d'autrefois, et des torches flambantes des explorateurs aborigènes d'il y a plus de mille ans.

D'autres cuves de salpêtre se voient au croisement amont de Gothic Avenue et de Main Cave. La barre autour des cuves est faite des restes d'une seconde tour à pompe qui existait ici autrefois.

5. Etalage des objets ouvrées de la Société Sylvania Aborigène

L'évidence de l'usage des grottes par la société sylvatique aborigène était presque complètement oblitérée par la nitrification dans les passages près de l'entrée. Néanmoins, des objets ouvrés et d'autres traces de l'activité aborigène sont nombreuses dans les passages moins accessibles. La plupart de ceux-ci n'ont pas été dérangés mais une collection d'échantillons des fragments des torches en bambou, des vêtements, et des outils y est étalée. Les marques sur les murs sont principalement le résultat des coups de grattoir et de marteau par les mineurs aborigènes sur la couche de gypse. Le corps desséché d'un homme aborigène tué par un galet pendant l'extraction du gypse a été trouvé dans la section amont de Main Cave (il était autrefois étalé ici).

6. "Wooden Bowl Room (La Salle du Bol en Bois)

La visite descend par un petit passage au prochain niveau en bas à 170 m. Le Wooden Bowl Room se trouve à ce niveau au croisement de plusieurs passages dont Ganter Avenue contient le plus d'objets aborigènes in situ de Mammoth Cave. La salle est nommée d'après un de ces objets. La voûte est composée de la pierre de base épaisse Karnak du Calcaire Ste. Geneviève, tandis que les pierres de base Spar Mt. et Fredonia avec des couches plus minces sont exposées dans les murs. Les passages à ce niveau sont bien plus petits que ceux du niveau en haut et sont pour la plupart des tubes et non des canyons. Ces passages datent probablement du début ou du milieu de l'époque pléistocène, après que le Green River s'est encaissée en dessous du niveau du Plateau Pennyroyal.

7. "Black Snake Avenue (l'Avenue du Serpent Noir) et Bottomless Pit (le Puits sans fond)

La piste du circuit descend à un passage tubulaire d'âge mi-pléistocène, à une altitude de 165 m qui s'appelle Black Snake Avenue. Ce passage se trouve dans l'unité épaisse F3 de la pierre de base Fredonia et il est planchéié d'une couche jaune de calcaire dolomitique qui se présente localement dans cette unité-là. Le passage s'étend au-dessous de Main Cave, dans l'ancienne direction aval, et il contourne la limite nord-est de la crête Mammoth Cave. De l'eau vadose qui entre le long du bord érodé de la roche de recouvrement a formé plusieurs puits verticaux qui entrecoupent le passage tubulaire et qui écoulent dans des canyons à niveau inférieur. Le puits le plus profond est Bottomless Pit, qui atteint jusqu'à 30 m en bas, jusqu'au niveau du Green River. Avant 1838, quand Stephen Bishop a traversé le puits en mettant une échelle en bois à travers la brèche, Bottomless Pit était la limite de l'exploration des niveaux inférieurs de Mammoth Cave.

8. "Fat Man's Misery" (Gare au gros) et "Great Relief Hall" (La Galerie du Grand Soulagement)

Le passage tubulaire continue pendant encore 500 m en tant que Pensacola Avenue, mais la piste de la visite entre dans un passage auxiliaire et descend à travers des éboulis jusqu'à un niveau en-



core plus bas à 152 m qui est probablement d'âge mi-pléistocène aussi. Celui-ci est un large passage bas planchéié de sable et de gravier qui s'appelle Buchanan's Way. Il se termine dans un remplissage de sédiment, mais un canyon étroit et sinueux avec une transversale en forme de trou de serrure s'embranché comme déviation sur un passage parallèle au même niveau. Le canyon étroit s'appelle "Fat Man's Misery" (Gare au gros), et le grand passage tubulaire plus loin s'appelle "Great Relief Hall" (la Galerie du Grand Soulagement). Tous ces passages ont développé le long d'un plan de stratification prononcé aux points de contact des unités rocheuses F3 et F2. L'unité dolomitique F2 contient beaucoup de petites poches karstiques et elle est visiblement poreuse. Des fissures contrôlées par des joints se trouvent dans la voûte du Great Relief Hall et elles s'étendent presque perpendiculaires à l'orientation du passage. Cela est une situation typique et elle montre l'influence mineure des fractures sur les passages dans ce calcaire bien assis. Des nodules et des unités en forme de dyke de chert sortent de la voûte. Celles-ci sont les formes usuelles des unités chertiques dans le Calcaire Ste. Geneviève, comparé aux lentilles minces et aux couches de chert du Calcaire St. Louis.

#### 9. "River Hall" (la Galerie de la Rivière)

Black Snake Avenue, Buchanan's Way, et Great Relief Hall étaient tous alimentés d'eau de la Vallée Houchins à l'est. A River Hall le passage tubulaire de Great Relief Hall décrit une courbe en aval à travers les couches au point de contact Ste. Geneviève/St. Louis où il se joigne à un passage qui autrefois emportait le drainage des sources majeures plus loin au sud-est, peut-être aussi loin que le Plateau Pennyroyal. Ce double passage termine dans des éboulis au bout nord de River Hall. Le haut du Calcaire St. Louis est une corniche qui sort du mur à 2 m au-dessous de la voûte. Bien que River Hall se situe à 12 ou 15 m au-dessus du niveau du Green River, il est entièrement rempli d'eau aux débordements du fleuve. Au cours d'une inondation en 1962, le niveau d'eau de la grotte a atteint presque 19 m.

#### 10. "Echo River"

En suivant le tributaire à gauche (sud) à River Hall, la piste du circuit continue dans l'ancienne direction amont comme on voit par les dentelures prononcées dans les parois et la voûte. Ce passage rejoint un passage avec cours d'eau à un niveau plus bas, qui est partiellement rempli de sable, de vase et d'argile et qui comporte un cours d'eau à écoulement lent du même niveau que le Green River. Celui-ci s'appelle la Rivière Styx. On entend une petite cascade qui tombe de la voûte jusqu'à un gour. Perchée sur du sédiment, la Rivière Styx s'écoule vers le sud en sens contraire à la coulée qui a formé le passage dans les premiers temps. Les deux passages s'entrecroisent plusieurs fois et ils se joignent éventuellement dans un seul tube qui comporte de l'eau profonde. Ici le cours d'eau de la grotte s'appelle Echo River. A l'origine ce passage était alimenté des sources majeures au sud-est, mais à l'actuel, il reçoit sa recharge principale des sources locales. Ici le Service des Parcs offre une courte excursion souterraine en bac pour la visite Echo River. Le drainage d'Echo River suit un passage inondé jusqu'à la Source Echo River.

Au bout extrême de la section barrée se trouve une petite ouverture au niveau de la rivière qui est presque totalement remplie d'eau. Celle-ci est la fin du passage par lequel on a découvert la connexion entre Mammoth Cave et le Réseau Karstique Flint Ridge en 1972.

La coulure marron foncé de la roche de fond est typique du Calcaire St. Louis supérieur dans lequel les deux niveaux de passages se situent. Des nodules et des couches de chert nombreuses se présentent normalement à quelques mètres sous le haut du Calcaire St. Louis mais dans cette section de la grotte le chert est rare.

Ce niveau des grottes est une zone riche pour les études biologiques. La vie animale comprend les poissons sans yeux (Typlichtys, Ambliopsis), les écrevisses, les petites scarabées rouges des grottes (Pseudanopthalmus), les grillons des grottes (Hadenocerus subterraneus), et la crevette Kentuckienne des grottes (Palaeomonias ganteri).

#### 11. Sparks Avenue

Plusieurs niveaux supérieurs étaient exposés par l'effondrement des passages Echo River et Great Relief à River Hall, donc il est possible de monter sur les éboulis et de continuer à un niveau élevé.



La piste de la visite descend peu après dans Sparks Avenue, large passage tubulaire au point de contact Ste. Geneviève/ St. Louis. Bien qu'il est du même niveau que l'amont d'Echo River, les dimensions réduites et le remplissage épais de sable et de gravier de Sparks Avenue indiquent qu'elle est probablement la continuation aval de, ou la déviation de Buchanan Way. Des fissures contrôlées par les joints prononcées se trouvent dans la base de l'unité rocheuse F1 de la voûte. Le long d'un de ces joints le passage grimpe plusieurs mètres en amont et il continue à l'intérieur de l'unité F1. Des couches obliques dans le sédiment indiquent que la coulée originale était de la même direction que suit la piste du circuit, donc elle montait dans le sens aval.

#### 12. Mammoth Dome

Sparks Avenue est entrecroisée par Mammoth Dome, un des plus grands puits verticaux du réseau karstique Mammoth. Il ne paraît pas qu'il existe une relation génétique entre le puits et le passage. L'eau entre Mammoth Dome par un canyon étroit visible dans la voûte, elle tombe 58 m et elle ressort par un drainage bloqué de grands galets. L'eau provient probablement de la Doline Mammoth Dome qui se situe à 100 m au sud. Des canyons entrecroisés ont créé une combinaison complexe de murs cannelés et de piliers y comprise la forme connue sous le nom de Ruines de Karnak (Ruins of Karnak). L'égouttement d'eau a aussi formé des draperies de travertin qui est rare dans cette partie de la grotte.

La variété des types de calcaire dans les formations Ste. Geneviève et St. Louis se voit clairement ici. Le point de contact Ste. Geneviève/St. Louis se trouve à environ 2 m au-dessous de la partie de la piste la plus basse. Le St. Louis marron foncé et schisteux contraste avec le gris plus clair du Ste. Geneviève. Les cannelures verticales sont bien développées dans les unités épaisses F1 et F3 du Ste. Geneviève, mais elles sont mal développées dans les couches minces. L'unité F3 qui forme les piliers des Ruines de Karnak est anormalement épaisse ici et elle forme une seule couche de plus de 6 m d'épaisseur. La dolomite trouée de l'unité F2 qui forme les parois du Great Relief Hall se voit encore à côté de l'escalier inférieur qui mène à la sortie de Mammoth Dome.

La visite monte Mammoth Dome sur un escalier spectaculaire qui évite tous les niveaux de passages intermédiaires et qui mène au niveau le plus haut de la grotte.

#### 13. "Little Bat Avenue" (l'Avenue de la petite chauve-souris)

Ce petit tube s'entrecroisait à peine avec Mammoth Cave et il n'a aucune relation génétique au puits. Il semble avoir été un drainage de l'Avenue Audubon après que celle-ci était partiellement remplie de sédiment. Little Bat Avenue se trouve au point de contact Aux Vases/Joppa.

#### 14. Audubon Avenue

Little Bat Avenue termine dans l'Avenue Audubon, qui est la continuation aval de Main Cave et Broadway. Ce passage se termine dans des éboulis au bord de la vallée Green River à plusieurs centaines de mètres vers l'ouest. Les parois du passage consiste en l'épaisseur entière du Paoli et l'on voit très bien la niche fort enfoncée au point de contact Girkin/Ste. Geneviève.

La visite revient à la Rotonde et elle sort par l'Entrée Historique.

Références ..... 28-29.

#### Remerciements

Nous voulons remercier les gens suivants des contributions qu'ils ont apportées à ce guide: Patty Jo Watson pour les renseignements sur l'archéologie de Mammoth Cave; Carol Hill et Duane De Paepe sur l'origine des nitrates dans les grottes et sur l'histoire de la nitière; et Stanley Sides sur l'histoire de l'exploration.

Beaucoup de résultats résumés ici proviennent des programmes du "Cave Research Foundation".













