

MITT.ÖSTERR.MINER.GES. 146 (2000)

**GESTEINE - LAGERSTÄTTEN UND KARSTLANDSCHAFTEN  
IN SLOWENIEN UND IM ANGRENZENDEN ITALIEN**

von

**R. Seemann**

Mineralogisch-Petrographische Abteilung  
Naturhistorisches Museum Wien, Postfach 417, A-1014 Wien

Exkursion vom 18. bis 23. September 2001

Exkursion zur Tagung MinPet 2001 in Wien  
(100 Jahre Österreichische Mineralogische Gesellschaft)

## Programmablauf

Führung und Koordination: Dr. Robert Seemann  
Naturhistorisches Museum Wien  
A-1014 Wien, Postfach 417

//R.S./ÖMG-ExFü.def progr.doc/01.07.01//

Dienstag 18.09.2001			
Pos.	Uhr	Wo/was	km
	0630:	<b>Treffpunkt:</b> Naturhistorisches Museum, Nebeneingang: A-1010 Wien, Burgring 7 (Nebenfahrbahn des Rings)	
	0645:	<b>Abfahrt</b> mit dem Bus der Fa Fuchs (Hartberg) Fahrt: Wien – Graz – Spielfeld – Maribor – Slovenska Bistrica ( <i>Windisch Feistritz</i> ).	295
<b>1.1</b>	1100:	<b>Slovenska Bistrica</b> (Busbahnhof): Treffen mit unserer Tagesbetreuerin Frau Dr. Ana Hinterlechner-Ravnik (Ljubljana)	
	1130:	Fahrt über Zgornja Bistrica ins <b>Pohorje</b> ( <i>Bachergebirge</i> ):	5
<b>1.2</b>	1200:	<b>Bistrica-Graben:</b> Serpentine mit Bastit; - ein kurzes Stück weiter taleinwärts bis zum Wassereinlaufwerk: Besuch des alten Stein- bruches: dunkle Eklogitlinsen im Amphibolit, div. helle Gänge. Tonalit, Marmor, Schiefer im Umfeld. Abschließend: Besuch des ungewöhnlichen Einlaufwerkes für die Trinkwasseraufbereitung von Slov. Bistrica (mit „Fisch-Sensor“)	2
<b>1.3</b>	1400:	Fahrt nach <b>Visole</b> : oberhalb der Ortschaft an Wegrandaufschlüssen anstehend: helle Eklogite („Smaragdite“) mit z.T. Kyanit und Korund, daneben diverse Amphibolite sowie Serpentine und Granatserpentin.	5
<b>1.4</b>	1430:	Fahrt über Veliko Tinje, Kebelj nach <b>Cezlak</b> : aktiver Steinbruch mit Granodiorit / Tonalit, mit unterschiedlich breiten hellen Gängen und dunklen Schlieren. Im benachbarten, nicht mehr aktiven Steinbruch steht „Cizlakit“ an. Auffällig sind hier wieder zahlreiche, tektonisch stark beanspruchte, helle fein- bis grobkörnige Gänge bis Pegmatite. (selten auch mit Beryll). In kleinen Klüften gelegentlich auch diverse Mineralisationen (Aktinolith, Epidot, Titanit, Adular, Quarz, Ca-Ankylit)	11
<b>1.5</b>	1800:	Weiterfahrt in das Gebiet von Mezica, nach Crna na Koroskem : Fahrt über Oplotnica, Zrece, Vitanje, Slovenj Gradec, Ravne na Koroskem, Mezica bis nach <b>Crna na Koroskem</b> ( <i>Schwarzenbach</i> ).	85
	2000:	Abendessen und Nächtigung im <b>Hotel Krnes</b> , SLO-2393 Crna na Koroskem, Center 153. Tel.: 00386-2 870-3060; Fax.: -3061) e-mail: <a href="mailto:krnes@sgn.net">krnes@sgn.net</a> ( <a href="http://www.studio-s.si/mtb_park">http://www.studio-s.si/mtb_park</a> ).	
Tageskilometerleistung:			<b>403</b>

Mittwoch 19.09.2001			
Pos.	Uhr	Wo/was	km
	0730:	Frühstück im Hotel Krnes	
	0830:	Fahrt von Crna na Koroskem nach <b>Mezica</b> ( <i>Mies</i> )	8
<b>2.1</b>	0900:	Besuch des <b>Schauteils</b> des ehemaligen Blei-Zink-Bergbaues in Mezica. Vom Besucherrundgang abzweigend, werden im Rahmen einer Sonderführung auch <b>abgelegene Bergwerksteile</b> befahren, in denen auch Erze und Mineralisationen beprobt werden dürfen (Galenit, Sphalerit, Pyrit, Markasit sowie zahlreiche sekundäre Mineralisationen: Calcit, Cerussit, ...) (Overall und gutes Schuhwerk sowie Gezäh empfehlenswert). Führung: Marko Kuzmann	
<b>2.2</b>	1200:	Besuch des <b>Bergbaumuseums</b> von <b>Mezica</b> . Führung: Dipl.Ing. Miha Pungartnik, der Bergbaugeologe und Marko Kuzmann. Gesteine, Erze, Mineralien, Bergbaugeschichte; Geo- und Biologie der Region.	
<b>2.3</b>	1300:	Geländebegehung zur Erkundung der Rahmengeologie: Besucht wird das <b>Toplatal</b> (sedimentäre Vererzung) und das <b>Bistratal</b> mit Aufschlüssen der metamorphen und der plutonischen Serien im Bereich der „Periadriatischen Naht“. Führung Dipl.Ing. Miha Pungartnik.	30
	1800:	Rückfahrt nach Crna na Koroskem	8
		Abendessen und Nächtigung im <b>Hotel Krnes</b>	
Tageskilometerleistung:			<b>46</b>

Donnerstag 20.09.2001			
Pos.	Uhr	Wo/was	km
	0600:	Frühstück im Hotel Krnes	
	0700:	Fahrt von Crna na Koroskem über Mezica – Poljana – Holmec (Grenze) – St. Michael – Sittersdorf – Eisenkappl – Seebergsattel (Grenze) – Kranj – Skofja Loka – Ziri bis <b>Idrija</b> ( <i>Idria</i> )	160
<b>3.1</b>	1100:	Besuch des <b>Museums</b> von <b>Idrija</b> : Führung: Dir. Dipl.Ing. Ivana Leskovec und Mitarbeiter.	
<b>3.2</b>	1300:	Besuch der <b>Tonbildschau</b> zum <b>Schaubetrieb</b> im ehemaligen Quecksilberbergbau. Falls noch Zeit bleibt, ist auch ein Kurzbesuch des Schaubetriebes möglich	3
<b>3.3</b>	1400:	<b>Sonderführung</b> durch Nebenstrecken des Quecksilberbergbaues mit der Möglichkeit auch Proben nehmen zu dürfen (Cinnabarit, Metacinnabarit, Pyrit, Markasit, Calcit, Dolomit, Quarz, Chalcedon etc.). Führung: Betriebsgeologe Dipl.Ing. Bojan Rezun.	
	1800:	Fahrt von Idrija über Godovic – Crni – Col – Vrhpolje – Vipava (wenn Zeit ist: Besuch der dortigen Riesenkarstquelle) – Razdrto – <b>Hrusevje</b> – Gasthof Hudicevec.	62
<b>3.4</b>	2000:	Abendessen und Nächtigung im <b>Gasthof Hudicevec</b> , Razdrto 1, SLO-6225 Hrusevje. Tel.:00386-5 703-0300 (Fax.: -0320); e-mail: hudicevec@siol.net	
Tageskilometerleistung:			<b>225</b>

Freitag 21.09.2001			
Pos.	Uhr	Wo/was	km
	0800:	Frühstück im Gasthof Hudicevec. Treffen mit unserem Tagesführer: Dir. Dr. Bojan Ogorelec vom Geologischen Dienst von Slowenien (Ljubljana)	
<b>4.1</b>	0930:	Fahrt über Senozece – Divaca nach <b>Skocjan</b> in den südlichen Abschnitt des „Klassischen Karstes“: Führung durch die <b>Skocjanske Jame</b> ( <i>Höhle von St. Kanzian</i> ). Hier verschwindet der Fluß Reka in den Untergrund und fließt 40 km als Höhlenfluß bis in den Golf von Triest. Bei Duino ist eine der größten Quellen wo die ehemalige Reka als Timavo wieder an die Oberfläche tritt (siehe Pos. 5.3).	21
	1130:	Fahrt von Skocjan über Kozina – Crni Kal – Dekani – Koper – Lucija nach <b>Secovlje</b> ( <i>Sicciolo</i> ).	55
<b>4.2</b>	1230:	Besuch der <b>Salzgärten</b> von Secovlje und Besichtigung der Werksanlage.	2
<b>4.3</b>	1400:	Kurze Fahrt über Lucija nach <b>Fiesa</b> : Besuch eines Flysch – Steinbruches.	5
<b>4.4</b>	1500:	Rückfahrt über Koper und Dekani in das Tal von <b>Hrastovlje</b> (Flysch und Kalk). (Wenn Zeit ist evt. Besuch der romanischen Wehrkirche von Hrastovlje mit Fresken aus dem 15. Jh.).	32
<b>4.5</b>	1600:	Zurück nach <b>Crni Kal</b> : Zwischenstop bei einem Steinbruch mit Alveolinenkalk. Weiter zurück über Kozina – Senozece nach <b>Dolenja vas</b>	36
<b>4.6</b>	1700:	Besuch der „ <b>Kreide-Tertiär-Grenze</b> “ im dahinter liegendem Tal.	4
	1830:	Rückfahrt über Razdrto zum Gasthof Hudicevec	17
	1930:	Abendessen und Nächtigung im <b>Gasthof Hudicevec</b>	
Tageskilometerleistung:			<b>96</b>

Samstag 22.09.2001			
Pos.	Uhr	Wo/was	km
	0700:	Frühstück im Gasthof Hudicevec Treffen mit unserem Tagesführer Dr. Ruggero Caligaris vom Naturhistorischen Museum der Stadt Triest.	
	0800:	Fahrt über Senozece – Sezana – Ferneti (Grenze) – Opicina nach <b>Aurisina</b>	50
<b>5.1</b>	0900:	Besichtigung des modernen <b>Steinbruches von Aurisina</b> und des historischen Teiles, der „ <b>Cava Romana</b> “. Anschließend Besuch der Steinmetzfirma „Gramar“.	3
<b>5.2</b>	1100:	Kurze Fahrt zur <b>Pocala Höhle</b> : aktuelle paläontologische und vorgeschichtliche Grabungen im Triestiner Karst: vorwiegend Höhlenbär, Leopard, etc. sowie Artefakte aus dem Paläolithikum. Für die Befahrung ist Helm, kleines Geleucht, alte Hose und gutes Schuhwerk empfehlenswert (Wechselschuhe für den Bus bereit halten !).	4



<b>5.3</b>	1300:	Kurze Fahrt nach <b>Duino</b> , zu den <b>Quellen des Timavo</b> , jenem Karstfluß, der in Slowenien, bei Skocjan, als Reka im Untergrund verschwindet (siehe Pos.4.1).	
<b>5.4</b>		Wenn Zeit ist, im Anschluß: kurze Begehung des „ <b>Rilke-Weges</b> “ bei Duino (Rainer Maria Rike: „Duineser Elegien“ im Zeitraum 1911-1912).	7
<b>5.5</b>	1430:	Rückfahrt über <b>Monrupino</b> ( <i>Repentabor</i> ); Besuch der alten fossilreichen Kreidekalk-Steinbrüche, die den sogenannten „Karstmarmor“ als bedeutenden Baustein - auch für die Wiener Ringstraße - geliefert haben.	18
<b>5.6</b>	1630:	Wenn Zeit bleibt: Rückfahrt über Trebiciano nach <b>Basovizza</b> : Besuch des „Karststeingartens“.	9
	1730:	Rückfahrt über die dortige Grenze und über Lokev – Divaca – Razdrto zum Gasthof Hudicevec	28
	1900:	Abendessen und Nächtigung im <b>Gasthof Hudicevec</b>	
Tageskilometerleistung:			<b>122</b>

Sonntag 23.09.2001			
Pos.	Uhr	Wo/was	km
	0730:	Frühstück im Gasthof Hudicevec	
	0830:	Fahrt über Senozece – Sezana – Ferneti (Grenze; Treffen mit Dr. Ruggero Caligaris) weiter über Opicina zur Grotta Gigante	40
<b>6.1</b>	0930:	Sonderführung durch die „ <b>Grotta Gigante</b> “ im Triestiner Karst bei Rupingrande. Riesiger Höhlenraum (107 m Höhe bei einer Grundfläche von 130 x 65 m); in dem - abgesehen von zahlreichen Tropfsteinen - auch ein ca. 100 m hohes geophysikalisches <b>Pendel</b> und eine seismische Station untergebracht sind.	
	1130:	Rückreise über Monfalcone – Udine – (Mittagspause) – Villach – Klagenfurt – Wien	620
	1830:	ca. Ankunft in Wien	
Tageskilometerleistung:			<b>660</b>
Gesamtkilometerleistung der Reise:			<b>1552</b>

Abb. 1 (Seite 336)

Geologische Großräume in Slowenien mit Eintragung der Exkursionsschwerpunkte (nach der Vorlage einer Karte des Geologischen Dienstes in Slowenien, Ljubljana). Weitere Erläuterungen siehe Abb. 2.



## **Geologische Entstehungsgeschichte Sloweniens** (nach S. BUSER, Ljubljana)

Die geologische Geschichte Sloweniens ist sehr vielfältig, sie reicht vermutlich bis ins Kambrium/Präkambrium zurück. Im Pohorje, Kozjak und Strojna sowie südlich von Crna na Koroskem befinden sich die ältesten Gesteine Sloweniens. Diese metamorphen Gesteine sind vorwiegend aus Sedimenten oder Magmatiten entstanden. Es handelt sich um Gneise, Glimmerschiefer, Amphibolite, Eklogite, Marmore und verschiedene Schiefer. Wegen des fehlenden Fossilinhalts läßt sich ihr Alter, zumindest mit dieser Methode, nicht bestimmen.

Die Gebiete, in denen Metamorphite vorkommen, werden den Ostalpen bzw. Alpiden zugeordnet. Südlich davon liegen die Dinariden. Ihre Grenze bildet die Periadriatische Naht, die auch den ehemaligen Kontakt zwischen der Afrikanischen und Europäischen Kontinentalplatte repräsentiert.

Gesicherte Alter liegen erst für die devonischen Gesteine in den Südkarawanken zwischen Logarska dolina (Logarskatal) und Jezersko fest. Das Unterdevon wird von plattig ausgebildeten Tiefseekalken gebildet in denen Konodonten vorkommen. Im Mitteldevon wurden Flachwasserriffkalke aus Korallen und Hydrozoen abgelagert. Das Oberdevon ist abermals durch Tiefseekalke vertreten. Während des Unterkarbons war das Gebiet der Südkarawanken von Tiefsee bedeckt. Daraus bildeten sich geschieferte Flyschtonsteine, Sandsteine und Kalke.

Nach einer kurz dauernden Festlandsperiode entstanden im Oberkarbon flachmarine Quarzsandsteine, Konglomerate, geschieferte Tonsteine und Kalke mit Foraminiferen, Bivalvien und Korallen. In der Nähe von Litija enthalten diese Sedimente Blei- und Zinkerze sowie Baryt; Eisenerze treten in den Karawanken auf.

Die unterpermischen Sedimentgesteine entsprechen denen des Oberkarbons, nur in den Südkarawanken überwiegen die Kalksteine. Aus dieser Zeit stammen die Fossilien des weltbekannten Fundortes Dolzanova soteska (Dolzanschlucht) bei Trzic. Im mittleren Perm zog sich das Meer aus dem größten Teil Sloweniens zurück. Auf dem so entstandenen Festland herrschte anderes, vorwiegend arides Klima mit den Ablagerungen der typischen roten Sandsteine, Schluffsteine, Tonsteine und bunter Brekzien. Bei Zirovski vrh enthalten diese Gesteine auch Uranerz in abbauwürdigen Mengen.

Im oberen Perm transgredierte das Meer wieder über das gesamte Territorium Sloweniens. Die Flachmeerbereiche waren von Algen bedeckt und an einigen Stellen lebten verschiedene Muscheln und Brachiopoden. Aus dieser Zeit stammen auch schwarze Kalke und Dolomitsteine und südlich von Crna na Koroskem Granit und Granodiorit.

Triasische Gesteine sind für Slowenien besonders wichtig. Von der Unteren bis Mittleren Trias wurden flachmarine Kalke abgelagert, die später in Dolomit umgewandelt wurden. Die obere Mittlere Trias (Ladinium) war eine revolutionäre Ära für das slowenische Territorium. Das Gebiet zerbrach entlang von Störungen in tektonische Blöcke, die zum Teil unter tiefmarinen, zum Teil unter festländischen Einfluß gerieten. Längs der großen Störungszonen drang Magma ein und Vulkane förderten Aschen, die später zu Tuffiten wurden. Daneben kamen tiefmarine Plattenkalke mit Hornsteinen, Tonsteine und Sandsteine zur Ablagerung. Häufige Fossilien in diesen Gesteinen sind Bivalvien, Ammoniten, Konodonten und Radiolarien. Im Zyklus dieser vulkanischen Aktivitäten entstand auch die bedeutende Quecksilberlagerstätte von Idrija.

Bis zur Oberen Trias war Zentralslowenien von Tiefsee bedeckt. Dieser Abschnitt wird daher auch Slowenisches Becken oder Innere Dinariden genannt. Das Gebiet nördlich davon war während der oberen Trias flachmarin, es wurden anfänglich Plattenkalke mit Hornsteinen, später mehrere 100 Meter mächtige Dachsteinkalke sedimentiert. Entsprechend des Ablagerungsmilieus und der Gesteinstypen, die in den Julischen-, Kamniker- und Savinjischen Alpen vorkommen, werden sie den Südalpen zugerechnet. In der unteren Oberen Trias wurden südlich des Slowenischen Beckens Flachwasserkalke sedimentiert. Diese sind später meist zu Dolomitgesteinen umgewandelt worden. Eine Paläo-Verkarstung dieser eisenhaltigen Kalksteine führte zu deren Rotfärbung. Heute werden sie bei Hotavlje und Lesno Brdo als Bau- und Dekorgesteine gewonnen. Die Gebiete von Notranjska und Dolenska sind durch Vorkommen roter Sandsteine, Tonsteine, Brekzien und Bauxit der mittleren Oberen Trias gekennzeichnet. Flachwasserkalke aus diesem Abschnitt wurden dort später zu Dolomitgesteinen umgewandelt.

Das gesamte Gebiet südlich des Slowenischen Beckens mit Flachwassersedimentationen zwischen Oberer Trias und Oberer Kreide wird als Äußere Dinariden bezeichnet.

Im flachmarinen Bereich der Nordkarawanken, nördlich der Periadriatischen Naht, entstanden in der Mittleren und Oberen Trias Kalke mit den bekannten Blei- und Zinkvererzungen, die vorwiegend in Mezica abgebaut wurden. Interessanterweise konnten in diesem Gebiet keine Spuren vulkanischer Aktivität – vergleichbar jenen in den südlich liegenden Dinariden – gefunden werden. Aus dem unteren Teil des Unteren Jura (Lias) sind in den Südalpen Flachwasserkalke bekannt. Später wurde dieses Gebiet über den Meeresspiegel hinausgehoben, gelangte aber bald wieder unter tiefmarinen Einfluß mit Ablagerung roter Knollenkalke.

Der Zentralteil Sloweniens war im Jura von Tiefsee bedeckt und es lagerten sich Plattenkalke mit Hornsteinen, Tonsteine und Mergel ab. Südlich dieses Grabens befand sich ein großes Flachwasserplateau, auf dem nur Flachwasserkalke sedimentiert wurden. Besonders interessant sind dunkle Kalksteine mit langen weißen Bivalvienschalen. Im Bauwesen ist dieses Dekorgestein als "Podpec-Marmor" bekannt. Interessant sind auch Korallen- und Hydrozoenkalke aus dem Oberen Jura. Sie entstanden aus Riffkomplexen, vergleichbar jenen des Great Barrier Riffs in Australien.

Die Südalpen und Zentralslowenien standen in der Kreide unter tiefmarinem Einfluß. Anfänglich entstanden grüne Flyschmergel und Sandsteine, später rote Mergel und Mergelkalksteine. Diese wurden in den Südalpen später erodiert und sind nur noch bei Rdeci rob und Tolmin als geologische Besonderheiten vorhanden. In Zentralslowenien wurden die kreidezeitlichen Plattenkalke nach dem Ort Volce bei Tolmin auch als Volcekalkstein bezeichnet. Durch endogene Kräfte sind diese Kalksteine deutlich verfaltet worden.

Am Ende der Kreide wurden die Südalpen über den Meeresspiegel hinausgehoben. Die südlichen Teile Sloweniens waren in der Kreide vom Flachmeer bedeckt und dort lagerten sich mächtige, geschichtete Plattenkalksteine ab. Aus dieser Zeit stammen die schönsten slowenischen Karstgesteine, die vielfach als Bau- und Dekorgesteine ("Karstmarmore") Verwendung fanden. Sie wurden früher u.a. in Vrhovlje, Kopriva, Tomaj und Kazlje gewonnen. Abgesehen von Steinbrüchen bei Triest und auf Istrien, arbeitet heute nur noch ein Steinbruch in Lipica.

Am Ende der Kreide war der größte Teil des slowenischen und kroatischen Istriens Festland, die Kalksteine verwitterten und aus der roten Karsterde ("terra rossa") entstand später Bauxit (Karstbauxit). Durch erneute Transgression entstanden die nach dem Ort Kozina benannten Kozinakalksteine. Später bauten Foraminiferengehäuse die Nummuliten- und Alvedinkalksteine auf. Vor dem letzten Meeresrückzug aus slowenischem Gebiet wurde das Meer nochmals tiefer und



auf seinem Boden entstanden Flyschmergel und Sandsteine, die heute den fruchtbaren Boden vom Vipava- und Pivkatal, dem Brkinigebiet und dem Küstenland bilden.

Nach einer ziemlich langen Festlandsperiode in Zentralslowenien entstehen im Mittleren Tertiär (Oligozän) größere Moorbecken, in denen Kohle- und Mergelschichten abgelagert wurden. Dazu gehören die Kohleablagerungen zwischen Lasko, Trbovlje und Zagorje in der Nähe von Zabukovica und Pecovnik. Später wurden diese Gebiete sowie die Südalpen von Osten her transgrediert und unterlagen einer Flachwassersedimentation.

Heute können die Gesteine aus dieser Zeit bei Bohinj, im oberen Savatal und den Kamniker Alpen gefunden werden. Wegen der Subduktion der Afrikanischen unter die Eurasische Platte begann in der Stajerska und Gorenjska im Oligozän starke vulkanische Aktivität. Die Asche der Vulkane bildete am Festland und im Meer Tuffablagerungen. In dieser Zeit intrudierte auch der Granodiorit (Tonalit) von Pohorje. Im westlichen Teil Pohorjes durchschlugen die Dazitlaven die Gesteinsschichten bis zur Oberfläche.

Am Ende des Oligozäns und am Anfang des Miozäns lagerten die Flüsse im Flachmeerbereich riesige Sand-, Kies-, und Tonmengen ab, die sich später zu Sandsteinen, Konglomeraten und Tonsteinen verfestigten. In der Mitte des Miozäns wurden die Gesteine Sloweniens gefaltet und zum Teil als große Decken überschoben. Diese Faltungen und Überschiebungen sind eine Folge des Abtauchens der Afrikanischen unter die Eurasische Platte.

Nach dieser revolutionären Ära überflutet Meerwasser erneut die Gebiete von Stajerska und Dolenjska. Aus dieser Zeit stammen die Kalk- und Mergelgesteine mit Bivalvien, Gastropoden, Korallen und Seeigeln. Bald danach weicht das Pannonische Meer in östlicher Richtung zurück. Die zurückgebliebenen Salz- oder Süßwasserbecken wurden durch Flusssedimente mit Quarzsand, Kies und Ton aufgefüllt. In Prekmurje können in diesen Schichten Öl und Gas gefunden werden, das aber vermutlich schon aus dem Miozän stammt. Das entstandene Festland wurde durch endogene Kräfte in Schollen zerbrochen, gehoben und gesenkt.

Im Mittleren Pliozän entstanden in Zentralslowenien größere tektonische Eintiefungen, die sich mit Wasser füllten. Große oberoligozäne Wälder um diese Seen waren die Grundlage für die Entstehung mächtiger Lignitschichten in Velenje und weniger mächtiger Lignitschichten bei Ilirska Bistrica und zwischen Krmelj und Sentjanz.

Im Pliozän begann erneut eine tektonische Aktivität. In dieser Zeit war Slowenien zum Großteil ein Plateau. Wegen der langanhaltenden Hebung von Kalk und Dolomitgesteinsgebieten kam es zur ausgeprägten Verkarstung, zur Bildung der ausgedehnten Dolinen- und Polje-Landschaft und zur Verlegung etlicher Flüsse unter die Oberfläche ("Klassischer Karst").

An langen Störungen entstanden zu Anfang der Eiszeiten große Eintiefungen wie die von Ljubljana, Brezice-Krsko und Celje sowie das Ptuj Feld. In diese Eintiefungen lagerten die Flüsse Kiese und Sande aus den Glazialgebieten ab.

Die abwechslungsreiche Landschaft Sloweniens, so wie wir sie heute kennen, ist während der vergangenen 10.000 Jahre geformt worden, nachdem die Inlandsgletscher im heutigen warmen Klima zurückwichen.

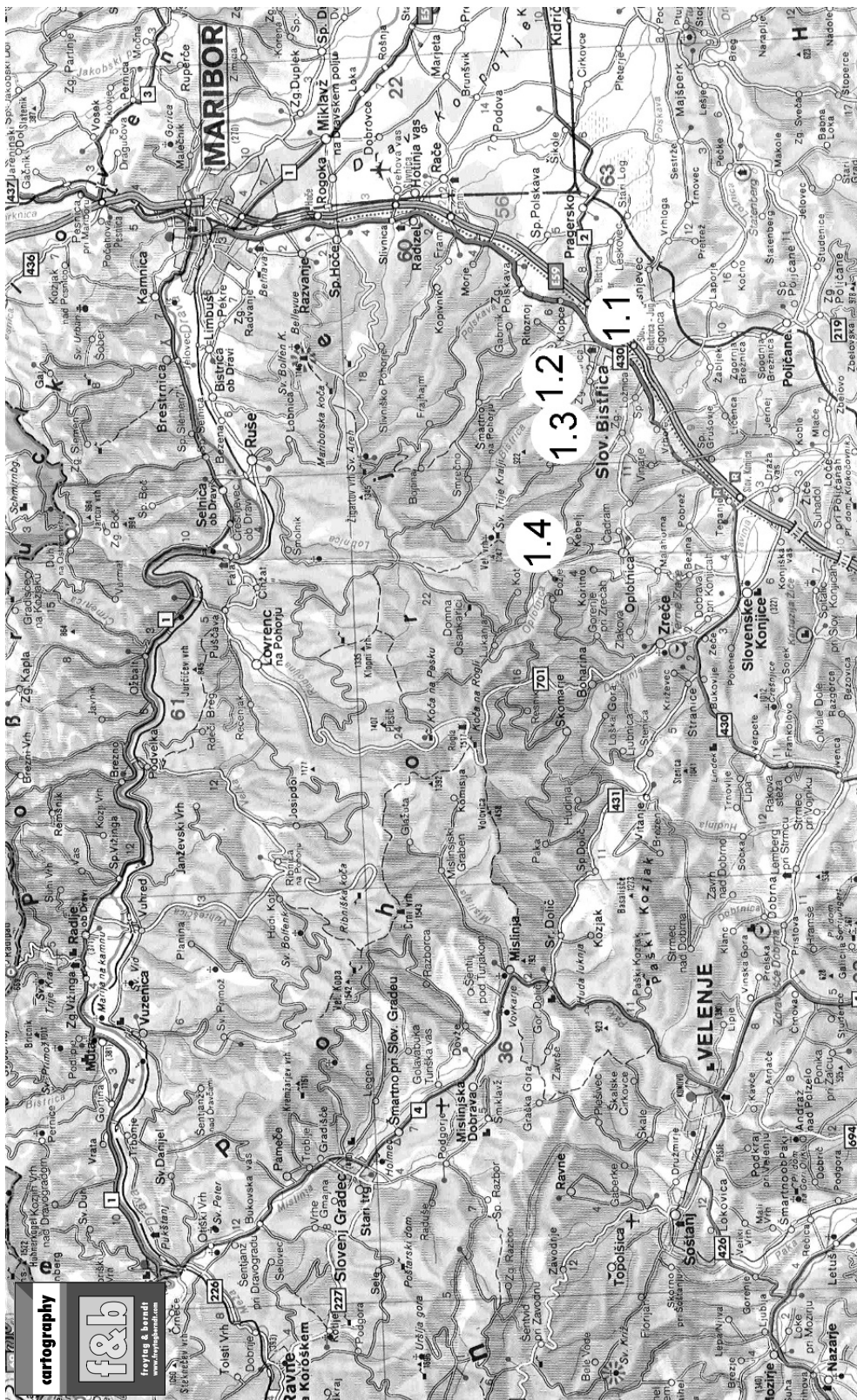
Abb. 2 (Seite 340)

Geologische Großräume in Slowenien (nach der Vorlage einer Karte des Geologischen Dienstes in Slowenien, Ljubljana).









## **Erster Exkursionstag**

18. 09. 2001

Schwerpunktthema: POHORJE (BACHER-) GEBIRGE

Exkursionspunkte: (1.2) , (1.3) , (1.4)

Tagesführer: Dr. Ana Hinterlechner-Ravnik (Ljubljana)

Abb. 3 (Seite 341)

Aufschlußpunkte am ersten Exkursionstag (18.09.2001) im POHORJE (BACHER-) GEBIRGE.

© Freytag-Berndt und Artaria, A-1231 Wien.

### **Fahrtroute und Aufschlußpunkte**

(1.1): Slovenska Bistrica (Windisch Feistritz): die kleine Industriestadt liegt am Fuße des Pohorje-Gebirges, eingebettet in eine hügelige Weinlandschaft. Die Türme zweier Barockkirchen prägen die Stadtsilhouette, daneben befindet sich die Schloßburg.

Im 18. Jahrhundert fiel die mittelalterliche Burg an die Familie Attems, die sie reichlichst ausbauen ließ. Schwerpunkte sind der mit mythologischen Fresken ausgestattete Festsaal, der zu einem der prächtigsten in Slowenien zählt; weiters beeindruckend das Stiegenhaus mit heroischen Wandmalereien. Heute ist die Burg städtisches Kulturzentrum, angeschlossen ist ein kleines ethnologisches Museum.

(1.2): Von Slovenska Bistrica nach NW führt die Fahrt in das Pohorje. Nach wenigen km erreicht man Zgornja Bistrica, einen kleinen Vorort.

Besucht wird ein aufgelassener Steinbruch im Bistrica-Tal. An Lese- und Mauersteinen entlang der Straße kann das "petrographische Angebot" des Tales abgelesen werden (Amphibolit, Eklogit (unterschiedliche Typen), Granodiorit/Tonalit, Plattengneis, Marmor, Serpentin u.a.). Der Weg dahin führt über einen Serpentin Körper. Es handelt sich um ein umgesetztes ultrabasisches Mantelgestein, in welchen noch kleine Linsen von Dunit, Harzburgit, Eklogit und Granatperidotit erhalten sind.

In Aufschlüssen am Straßenrand fallen in den Serpentin relativ häufig Bastite ("Schillerspate"; = Pseudomorphosen von Lizardit (Serpentin-Strukturvarietät) nach Enstatit oder Bronzit) auf. Knapp hinter dem Einlaufwerk der Trinkwasseraufbereitung von Slovenska Bistrica, am Eingang in die Schlucht des Bistrica-Baches, erreicht man den schon seit etlichen Jahren nicht mehr aktiven und entsprechend verwachsenen Steinbruch. Hier steht massiver Amphibolit mit Eklogitlinsen an. Der Eklogit von dieser Lokalität ist relativ dunkel und sehr feinkörnig. Es sind auch reichlich Aplit- und Pegmatitgänge vorhanden, die dem nahe vorkommenden Tonalit/Granodiorit-Körper zuzuordnen sind.

(1.3): Vom Bistricagraben geht es nach kurzer Fahrt nach Visole: oberhalb der Ortschaft trifft man wieder auf dieselbe Serie aus dem Bistricagraben, die etwa EW streicht.

An Wegrandaufschlüssen findet man zum Teil anstehend, z.T. als Lesesteine, helle, vereinzelt auch intensiv grüne Eklogite ("Smaragdite") mit gelegentlich hellblauen Kyaniten, rosa Korunden, hellgrünem Jadeit und dunklem Spinell, daneben Pyroxenite sowie diverse Amphibolite, Granatamphibolite, Serpentinite und Relikte von Granatserpentin.

(1.4): Fahrt über Veliko Tinje, Kebelj nach Cezlak: aktiver Steinbruch in Granodiorit/Tonalit. Er ist bereichsweise von aplitischen bis pegmatitischen Gängen mehrphasig durchsetzt worden. Im knapp nördlich benachbarten, nicht mehr aktiven Steinbruch steht "Cizlakit" an. Es handelt sich dabei um einen ca. 200 m mächtigen linsenförmigen Einschluß im Tonalit. Das mittel- bis grobkörnige hellgraugrüne Gestein besteht hauptsächlich aus Augit, Hornblende und Feldspat. Es stellt eine Besonderheit dar und wurde daher nach dem Fundort benannt. Auffällig sind hier wieder zahlreiche, tektonisch stark beanspruchte, helle fein- bis grobkörnige Gänge bis Pegmatite (selten mit Beryll).

In beiden Steinbrüchen treten gelegentlich auch kleine Alpine Klüfte mit diversen Kluftmineralisationen auf. Zu den hier nicht allzuhäufig und in bescheidenen Dimensionen auftretenden Kluftmineralien zählen Aktinolith, Epidot, Bergkristall, Titanit, Adular, Chlorit, Calcit, Heulandit, in sehr seltenen Fällen auch Calcio-Ankylit (ein Calcium-Seltene Erden-Hydroxi-Carbonat); (HINTERLECHNER-RAVNIK et al., 1995)

(1.5): Weiterfahrt in das Gebiet von Mezica, nach Crna na Koroskem: Reisestrecke über Oplotnica, Zrece, Vitanje, Slovenj Gradec, Ravne na Koroskem, Mezica bis nach Crna na Koroskem (Schwarzenbach).

### **Landschaft und Geologie des Pohorje Gebirges**

(Auszugsweise nach einer Zusammenstellung von E. FANINGER und A. HINTERLECHNER-RAVNIK, 1990)

Der Bergzug liegt im Norden Slowenien. Es handelt sich um eine hügelige Landschaft mit örtlichem Mittelgebirgscharakter. Die höchsten Erhebungen liegen zwischen 1500 und 1550 m. Die wichtigsten davon sind: Crni vrh (1543 m), Velika Kopa (1542 m), Mala Kopa (1524 m) und Rogla (1517 m). Die Ost-West-Erstreckung der Region ist etwa 45 km, die maximale Nord-Süd-Erstreckung ca. 25 km.

Die geographischen Umrahmungen, die meist auch markante geologische Bewegungs- und Schwächezonen darstellen, sind im Norden das Drautal (Drava), im Westen das Mislinja Tal (Verlängerung der Lavanttalstörung), im Süden diverse Tertiärbecken von Slovenske Konjice und Slovenska Bistrica (verdeckte Fortsetzung der Periadriatischen Naht). Im Osten endet das Pohorje am Rand des Beckens von Maribor (Abb. 4).

Schon im 19. Jahrhundert haben sich viele Geologen mit dem Pohorje auseinandergesetzt; u.a.: MORLOT (1848), ROLLE (1857), DOELTER (1884) oder SALAMON (1897). Alle beschäftigen sich mit der großen und ungewöhnlichen Gesteinsvielfalt dieses Komplexes. Erste umfassende geologische Kartenaufnahmen erfolgten von F. TELLER und Mitarbeitern (TELLER, 1896 und 1898 -Blatt Praßberg, Blatt Pragerhof sowie 1929 -Blatt Unterdrauburg).



Aus der ersten Hälfte des 20. Jh. liegen bereits etliche geowissenschaftliche Detailbehandlungen über Pohorje-Gesteine vor: u.a. TROBEI (1908), KIESLINGER (1935, 1936). Eine neue Periode intensiver Forschungsaktivitäten über die kristallinen Gesteine des Pohorje wurde durch FANINGER (1970, 1973) und HINTERLECHNER-RAVNIK (1971, 1973) begonnen.

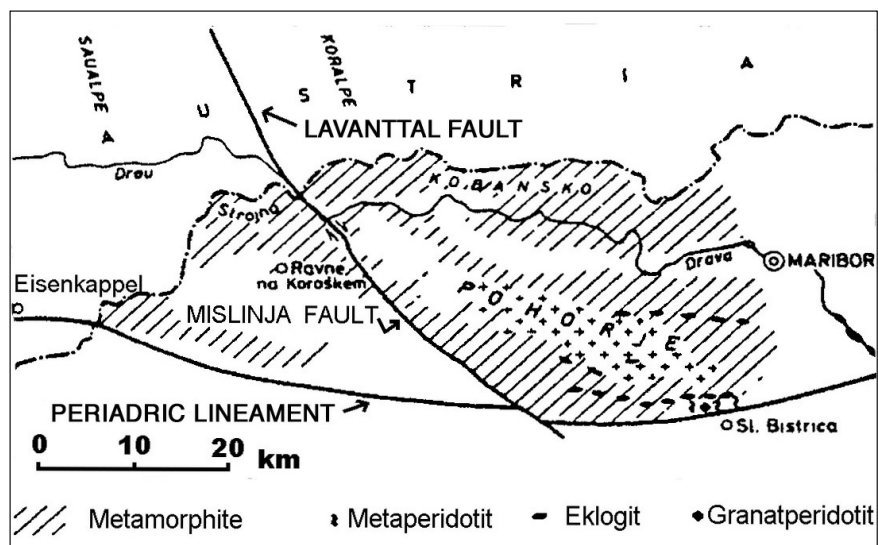


Abb. 4

Die wichtigsten tektonischen Linien im ostalpinen Bereich von Slowenien (HINTERLECHNER-RAVNIK, 1987).

## Geologischer Aufbau

Das Pohorje Gebirge besteht im Kern aus einem Pluton, der allseitig von kristallinen Schiefen, dem sogenannten Altkristallin, umgeben ist (Abb. 5). Im Westen ist das Altkristallin vom schwach bis sehr schwach metamorph umgeprägten Altpaläozoikum überschoben. Dort sind auch Sedimente der Permtrias und Kreide verbreitet. Altpaläozoikum wie auch die jüngeren Ablagerungen sind von Dacit-Gängen durchstoßen. Sockel und Oberbau sind in allen wesentlichen Zügen - abgesehen von den zusätzlichen Plutoniten und Eruptiva - mit den entsprechenden mittel- und oberostalpinen Einheiten Österreichs vergleichbar. Daß das (mittelostalpine) Altkristallin des Bachergebirges die direkte südliche Fortsetzung des Koralpen-Saualpen- Kristallins darstellt, hat bereits KIESLINGER (1935) klargestellt.

Das Altkristallin ist polymetamorph. Das Alter der einzelnen Metamorphosen bzw. Phasen wurde im vorliegenden Gebiet durch radiometrische Messungen noch nicht bestimmt, es ist aber diesbezüglich vermutlich nur das zu erwarten, was in anderen Bereichen des Mittelostalpins schon festgestellt wurde: eine weitgreifende variszische Metamorphose im Jungpaläozoikum, wobei aber an manchen Orten auch die kaledonische Metamorphose im Altpaläozoikum und die alpidische Metamorphose in der Kreidezeit bzw. im Tertiär bestätigt worden sind.



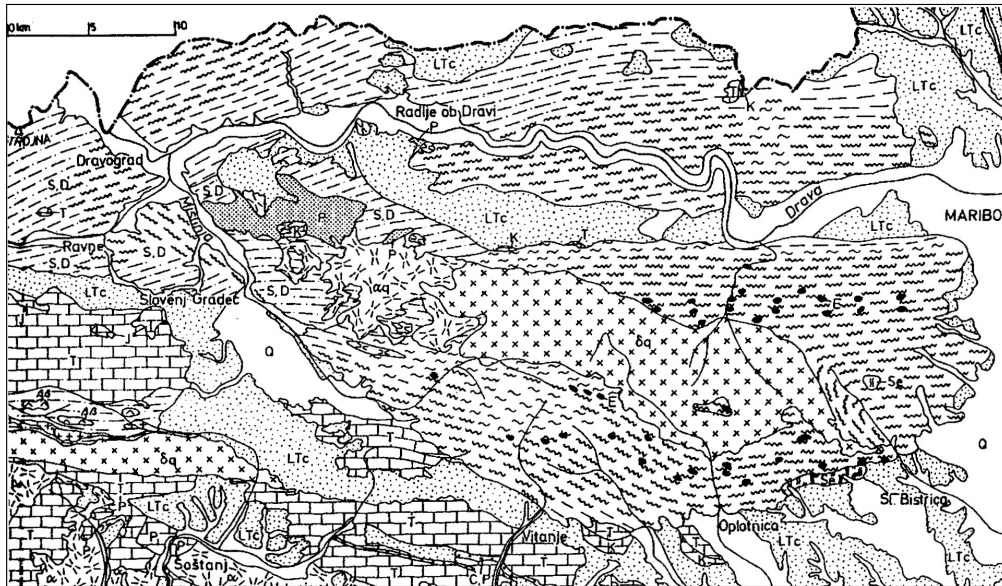


Abb. 5  
Geologische Skizze des Pohorje Gebirges (nach HINTERLECHNER-RAVNIK, 1982).

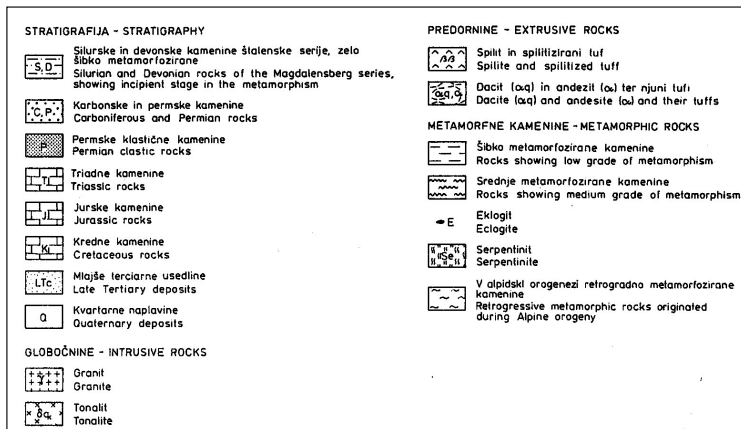


Abb. 5  
Legende zur geologischen Skizze des Pohorje Gebirges zu Abb. 5.

Die katazonale Serie des Altkristallins umfaßt nach HINTERLECHNER-RAVNIK (1973) Granatglimmerschiefer und Zweiglimmergneise mit Kyanit und Staurolith, Eklogite, Amphibolit-Eklogite und Amphibolite. Die Serie ist durchsetzt von Pegmatitgneisen. Der oberste Abschnitt der Serie ist von Tiefen-Diaphthorese betroffen.

Den Oberbau des mittelostalpinen Sockels formt eine Serie in Amphibolitfazies aus Andesin- und Granat-führenden Biotitgneisen und Amphiboliten unter Einschaltung von Marmoren und Pegmatitgneisen. Im Oberteil dominieren Granatglimmerschiefer und Chloritoidgneise. An der Obergrenze dieses Kristallins sind nach KIESLINGER (1935) die Gesteine zu chloritreichen Phylloniten blauschwarzer Färbung umgeprägt, die zum Teil an Graphitschiefer erinnern.

Über diesem Bewegungshorizont folgt - als Fortsetzung des epimetamorphen Anteiles der Gurktaler Decke - die Phyllitgruppe im NW - Teil des Gebirges: Phyllite und Grünschiefer herrschen vor, Quarzite und Marmorzüge sind eingeschaltet. Das Permoskyth liegt in Form der detritischen Serie der Griffener und Werfener Schichten vor. Sie füllen den Hauptteil des Kernes der Drautalmulde aus, die vom Mißlingtal über den Meinhardsattel bis über St. Primon reicht.

Im Pohorje Gebirge kommen auch schwach bis sehr schwach metamorphe Gesteine vor. Es handelt sich um Tonschiefer mit Diabaseinschlüssen, ferner um Phyllite mit basischen und intermediären Metavulkaniten. Den Ausgangsgesteinen schreibt man ein altpaläozoisches Alter zu. Als jüngster nicht metamorpher Komplex in diesem Abschnitt sind Reste von Triaskalk und Dolomit sowie Gosau (Jesenkoberg, St. Anton/Bachern) und Miozän am Nordrand des Gebirges erhalten.

Bedeutend ist schließlich das Ausmaß der Plutonite. Sie wurden zu Beginn der Untersuchungen im 19. Jahrhundert wie auch noch anfangs des 20. Jahrhunderts als Granit definiert. Nach FANINGER (1970, 1973) haben die Untersuchungen gezeigt, daß es sich bei den Intrusiva um Tonalite bis Quarzdiorite handelt, daß aber auch Übergänge in Granodiorit gegeben sind. Nach neueren Arbeiten von ZUPANCIC (1994a) sind die Plutonite in den überwiegenden Fällen Granodioriten mit Übergängen zu Tonaliten zuzuordnen. Herkunft und Entstehung seien einheitlich (ZUPANCIC, 1994b).

Besonderes Problem bereitet die Altersstellung der Intrusion. Dem Pluton wird ursprünglich alpidisches Alter zugesprochen. Nach FANINGER (1970, 1973) kann er – begründet mit der auffallenden Nähe zur "Alpin-Dinarischen Naht" (Abb. 4) – mit dem Komplex der periadriatischen Intrusionen in Zusammenhang gebracht werden. Zur Platznahme kam es nach diesen Überlegungen im Alttertiär (Oligozän). Die Tonalitporphyritgänge bzw. Dacitergüsse fanden demzufolge, als spätere Nachschübe, vermutlich im Miozän, statt.

Nach Überlegungen von HINTERLECHNER-RAVNIK et.al. (1995) erscheint für die Hauptintrusion auch ein altalpidisches, vielleicht sogar ein variszisches Alter plausibel. Es gab schon viele Untersuchungen das Alter der zentralen Pohorje-Plutonite zu klären. Bis heute haben sich aber noch keine eindeutigen Zuordnungen erarbeiten lassen (FRANK et al., 1978).

### **Tektonischer Rahmen**

Das Pohorje Gebirge wurde zur Zeit der alpidischen Gebirgsbildung gefaltet, verschuppt, gehoben und als ein Block entlang der Fortsetzung der Lavanttaler Störung relativ zum Altkristallin der östlichen Strojna nach Südosten verschoben. Die nördliche Grenze des Pohorje Horstes bildet ein mit miozänen Sedimenten gefüllter Graben (Drautal), während im Südwesten dessen Begrenzung durch die Fortsetzung der Lavanttaler Störung (Mislinjatal) markiert ist. Gegen Osten taucht das Altkristallin des Pohorje Gebirges stufenweise an mehreren Brüchen unter die tertiären Ablagerungen des pannonischen Beckens (Maribor). Am Südrand des Pohorje Blocks verläuft eine bedeutende, mit jungen Ablagerungen bedeckte Störung. Ob sie die östliche Fortsetzung der durch die zahlreichen Plutone bis zur Ortschaft Vitanje gut verfolgbare periadriatische Naht darstellt, wird unterschiedlich gedeutet (siehe auch Abb. 4).

## **Magmatische Gesteine des Pohorje Gebirges**

Tonalit und Granodiorit:

Die Hauptbestandteile beider Gesteinsarten sind Feldspäte, Quarz und Biotit. Sowohl im Tonalit wie auch im Granodiorit überwiegen die Plagioklase vor dem Orthoklas. Im Tonalit kommt der Orthoklas in sehr beschränkten Mengen vor, im Granodiorit ist der Anteil schon so groß, dass er bei der Klassifikation berücksichtigt werden muß. Beim Granit sind Orthoklas und Plagioklas im gleichen Maß vertreten, der Orthoklas kann auch überwiegen.

Die Aplit- bzw. Pegmatitgänge sind als Differentiationsprodukte des Tonalit- bzw. Granodioritmagma zu betrachten. Sie bestehen fast ausschließlich aus Feldspäten und Quarz, gelegentlich kommen darin auch winzige Granaten vor. Beryll ist selten.

"Cizlakit" ist eine Besonderheit, er besteht vorwiegend aus hellgrünem Augit, dunkler Hornblende und weißen Feldspäten. Er weist eine körnige Struktur auf. Da die Umrechnung der chemischen Analyse dieses Gesteins nach dem CIPW-Norm Werte ergab, die bis damals noch bei keinem Gestein festgestellt werden konnte, fühlte sich NIKITIN (1937) berechtigt, dem Gestein von Cezlak einen eigenen Namen zu geben.

Das Altkristallin, das Altpaläozoikum wie auch jüngeren Ablagerungen, selbst der Tonalit, werden im westlichen Teil des Pohorje Gebirges von Dacit durchstoßen. Durch Auftreten der Dacittuffe im helvetischen Tertiär können die Dacitergüsse dem Miozän zugeordnet werden. Die Dacite weisen eine porphyrische Struktur auf. Dabei treten als Einsprenglinge Plagioklas, Quarz, Biotit, Hornblende und Chlorit in der kryptokristallinen Grundmasse auf. Genetisch mit dem Dacit sind die undifferenzierten und differenzierten Ganggesteine verbunden. Sie wurden als Porphyrite bezeichnet. Bei hornblendereichen Porphyriten handelt es sich nach der heutigen Nomenklatur um Malchite. Zwischen den porphyrisch entwickelten jungen magmatische Gesteinen gibt es fließende Übergänge, was die Namensgebung nicht unbedingt erleichtert.

Die Diabase im Westabschnitt haben mit diesem jungen Magmatismus nichts zu tun. Sie sind gleich alt mit den altpaläozoischen Tonschiefern (Magdalensbergserie), in welchen sie vorkommen.

## **Die metamorphen Gesteinsserien des Pohorje Gebirges**

Sortiert nach dem Idealprofil des Pohorje Gebirges nach HINTERLECHNER-RAVNIK (1977) ergeben sich folgende charakteristische Abfolgen:

- ⇒ Spilitisierter Diabas + schwach metamorphe Schiefer (=Magdalensbergserie)
- ⇒ Progressive Grünschieferserie, geochemisch vorwiegend basische und intermediäre Metavulkanite
- ⇒ Phyllonit + Pegmatitgneis. Posttektonischer Chloritoid im Phyllonit
- ⇒ Amphibolit + Metapelite + Pegmatitgneis
- ⇒ Eklogit (stark amphibolitisiert) + Serpentin (Ultraschist) mit Granatperidotit + Metapelite (K-reich) + Pegmatitgneis
- ⇒ Marmor + Metapelite (Kyanit-Flasergneis) + Quarzit + Amphibolit + Pegmatitgneis
- ⇒ Augengneis + Metapelite + Metagrauwacken + Pegmatitgneis

Die bunte Gesteinsassoziation ist als Folge mehrerer Orogenesen zu betrachten. Damit verknüpft sind natürlich auch entsprechende Metamorphosen unterschiedlicher Stärke und verschiedenen Alters. Wegen der syn-metamorphen Überlagerung und dem damit verbundenen Auskeilen einzelner Schichtglieder kommen in einzelnen Profilen des Gebirge nie alle oben angegebenen Teile des Idealprofils vor.

### **Einige Metamorphite und Begriffe zur Metamorphose**

Retrograde Metamorphose stellt einen Prozess der mineralogischen Anpassung der relativ hochgradigen metamorphen Gesteine an Temperaturen, die niedriger sind als jene der vorigen (initialen) Metamorphose. Die retrograde Metamorphose ist an grosse Überschiebungen gebunden. Für die metamorphen Gesteine der Ostalpen sind retrograde metamorphe Prozesse typisch und regional verbreitet. Ein Beispiel ist die retrograde Metamorphose des Eklogits zu Amphibolit. Rotierte Linsen von Eklogit sind im bankigen Amphibolit erhalten geblieben. Geochemisch sind der Eklogit und der Amphibolit einander ähnlich und entsprechen dem ozeanischen Tholeiitbasalt, aus welchen sie entstanden sind.

Diaphtorese ist eine retrograde Metamorphose, die nur an niedrige P-T Bedingungen geknüpft ist. Durch sie werden höhergradig geprägte Metamorphite in niedriggradige umgewandelt. Die Diaphtorese ist meistens sehr lokal auf tektonische Bewegungshorizonte und Störungszonen begrenzt. Beispiel: ein Glimmerschiefer kann durch feinstes Zertrümmern in kleinen Schritten und gleichzeitige Rekristallisation wieder ein phyllitähnliches Gestein ergeben. Dieses neue, diaphtorisierte Gestein hat nach der Nomenklatur eine spezielle Bezeichnung: es wird Phyllonit genannt. Im Pohorje sind Phyllonite sehr verbreitet.

Symplektite: sind feinkörnige, innige Verwachsungen von zwei oder mehreren Mineralarten, die durch (retrograde) Metamorphose aus einem Ausgangsmineral entstehen. Meist sind auch noch Relikte des Ausgangsmineral vorhanden. Z.B. "Kelyphit" ("Kelyphytrinde") ist eine symplektitische Umwandlung aus Granat in Hornblende und Plagioklas. Zur Symplektitbildung kann es auch durch Kontaktreaktionen zweier benachbarter (unterschiedlicher) Mineralphasen kommen.

Eklogit ist ein mittelkörniges vorwiegend aus nur zwei Hauptmineralien bestehendes hochmetamorphes Gestein. Seine wichtigsten Bestandteile sind roter Granat (aus den Komponenten Almandin, Pyrop und Grossular) und grüner Omphacit, ein ebenso komplex zusammengesetzter Klinopyroxen (Komponenten: Jadeit, Diopsid, Hedenbergit etc.). Der Eklogit kann zudem auch noch viele andere Begleitmineralien in geringen Menge oder in Spuren enthalten. In den Aluminium-reichen Pohorje Eklogit-Varietäten hebt sich besonders schön der blaue Kyanit hervor. Der chemischen Zusammensetzung nach entsprechen die Eklogitvarietäten dem Basalt bzw. Gabbro, aus welchen sie durch hochmetamorphe Prozesse entstanden sind. Der SiO<sub>2</sub>-Gehalt dieser Gesteine ist ca. 50 %.

Drei gesteinsbildende Stadien (im Zuge der Diaphtorese) konnten bei den Pohorje-Eklogiten festgestellt werden (HINTERLECHNER-RAVNIK et al., 1991)

- a) Eklogitstadium: führt zur neuen Mineralassoziaton (aus Gabbro oder Basalt): Omphacit + Granat sowie Omphacit + Granat + Kyanit (beide + Nebenmengen an Zoisit, Rutil und Apatit).
- b) Symplektitstadium: führt zur neuen Mineralassoziaton (aus a): Plagioklas + Diopsid sowie Plagioklas + Korund + Spinell.
- c) Epidot-Amphibolitstadium: führt zur neuen Mineralassoziaton (aus b): verschiedene Amphibole sowie Plagioklas + neuer Zoisit

Peridotit ist ein aus dem Erdmantel stammendes ultramafisches Gestein mit weniger als 45 % SiO<sub>2</sub>-Gehalt. Hauptkomponenten sind Olivine und Pyroxene. In der Erdkruste ist der Olivin nicht beständig: er wird durch Umsetzung mit Wasser (Hydratisierung) zu Serpentin. Auch im Pohorje ist diese Umwandlung weit fortgeschritten.

Granatperidotit ist ein Peridotit mit Mg-reichen Granat (Pyrop). Er ist neben Eklogit ein typischer Einschluss im grossen Serpentinikörper oberhalb Slovenska Bistrica. Granatperidotit bildet sich nur im oberen Erdmantel. Sie sind ein Beweis, dass sie gemeinsam mit dem Serpentinikörper tektonisch in die Erdkruste eingebracht wurden.

Die Minerale einiger Eklogit- und Granatperidotitproben aus Pohorje wurden mit der Mikrosonde analysiert. Die Ergebnisse ließen Rückschlüsse auf die P-T-Bedingungen der Kristallisation zu (HINTERLECHNER-RAVNIK, SASSI & VISONA, 1991):

	P	T
für Eklogit (Maximum)	18 kbar	900°C
für Granatperidotit	24 - 36.5 kbar	800 - 1000°C

#### Verwendete und weiterführende Literatur

- DOELTER, C. (1884): Über den Granit des Bachergebirges. - Mitt. d. Naturwiss. Vereines für Steiermark, 31 (Graz).
- FANINGER, E. (1970): Pohorski tonalit in njegovi diferenciaciji. - Geologija 13, 35-104, Ljubljana.
- FANINGER, E. (1973): Pohorske magmatske kamnine. - Geologija 16, 271-315, Ljubljana.
- FRANK, W., PURTSCHALLER, P., SASSI, F. P. & ZANETTIN, B. (1978): Eastern Alps. In: NIGGLI, E. (Ed.): Metamorphic map of the Alps. - Leiden/Unesco, Paris: C. G. M. W. Subcommission for the Cartography of the Metamorphic Belts of the World, 181-242 (228-242).
- HINTERLECHNER-RAVNIK, A. (1971): Pohorske metamorfne kamnine. - Geologija 14, 187-226, Ljubljana.
- HINTERLECHNER-RAVNIK, A. (1973): Pohorske metamorfne kamnine II. - Geologija 16, 245-270, Ljubljana.
- HINTERLECHNER-RAVNIK, A. & MOINE, B. (1977): Geochemical characteristics of the metamorphic rocks of Pohorje Mountains. - Geologija 20, 107-140, Ljubljana.
- HINTERLECHNER-RAVNIK, A. (1982): Pohorski eklogit. - Geologija 25, 251-288, Ljubljana.
- HINTERLECHNER-RAVNIK, A. (1984): Regionalna metamorfoza pelitov in karbonatno-silikatnih skrilavcev na območju severno od Raven na Koroskem. - Geologija 27, 171-199, Ljubljana.



- HINTERLECHNER-RAVNIK, A. (1987): Granatov peridotit na Pohorju. - *Geologija* 30, 149-181, Ljubljana.
- HINTERLECHNER-RAVNIK, A., SASSI, F. P., VISONA, D. (1991): The Austridic eclogites, metabasites and metaultrabasites from the Pohorje area (Eastern Alps, Yugoslavia): 1. The eclogites and related rocks. - *Rend. Fis. Acc. Lincei*, 9, 2, 157-173.
- HINTERLECHNER-RAVNIK, A., MEDENBACH, O., NIEDERMAYR, G. (1995): Calcio-Ankytit-(Ce) aus einem Tonalitsteinbruch bei Cezlak, WNW Slovenska Bistrica, in Slowenien. - *Mineralien-Welt* ; 2/95, 15-18.
- KIESLINGER, A. (1935): Geologie und Petrographie des Bachern. - *Verh. d. Geol. Bundesanstalt*, 7, 101-110, Wien.
- KIESLINGER, A. (1936): Zur Geologie des südöstlichen Bachern. - *Akademie der Wissenschaften in Wien*, 1-3.
- MORLOT, A. (1849): Übersicht der geologischen Verhältnisse des südlich von der Drau gelegenen Theiles von Steiermark. - *Berichte über die Mitth. von Freunden der Naturwiss. In Wien*, 1849, 174-183.
- NIKITIN, V. V. & KLEMEN, R. (1937): Diorit-pirokseniti iz okolice Cizlaka na Pohorju. - *Geol. anal. Balk. poluostrva (Beograd)*, XIV. 149-198.
- ROLLE, F. (1857): Geologische Untersuchungen in der Gegend zwischen Ehrenhausen, Schwanberg, Wind. Feistritz und Wind. Graz in Steiermark. - *Jahrb. d. Geol. R. A. Wien*, VIII, 266-288.
- SALOMON, W. (1898): Über Alter, Lagerungsform und Entstehungsart der periadriatischen granitisch körnigen Massen. - *Tschermaks min. u. petr. Mitt., (Wien)* , N.F., Vol. XVII, 109-284.
- TELLER, F. (1896): Erläuterungen zur geologischen Karte der östlichen Ausläufer der Karnischen und Julischen Alpen (Ostkarawanken und Steiner Alpen). - *Verh. d. k.k.Geol.R.A. Wien*; 262 S.
- TELLER, F. (1899): Erläuterungen zur geologischen Karte Pragerhof, Wind. Feistritz. - *Verh. d. k.k.Geol.R.A. Wien*; 144 S.
- TROBEL, E. (1908): Über porphyrische und porphyritische Gesteine des Bachergebirges in Steiermark. - *Mitt. d. Naturwiss. Vereins für Steiermark*, Heft 44 (Graz).
- ZUPANCIC, N. (1994a): Petrografske značilnosti in klasifikacija pohorskih magmatiskih kamnin. - *Rudarsko-metalurski zbornik* 1994, 41, 101-112.
- ZUPANCIC, N. (1994b): Geokemicne značilnosti in nastanek pohorskih magmatiskih kamnin. - *Rudarsko-metalurski zbornik* 1994, 41, 113-128.



## **Zweiter Exkursionstag**

19. 09. 2001

Schwerpunktthema: BLEI-ZINK-BERGBAUGEBIET VON MEZICA

Exkursionspunkte: (2.1) , (2.2) , (2.3)

Tagesführer: Dipl.Ing. Miha Pungatnik, Marko Kuzmann (Mezica)

Abb. 6 (Seite 351)

Aufschlußpunkte am zweiten Exkursionstag (19. 09. 2001) im Gebiet von Mezica und Crna na Kosokem.

© Freytag-Berndt und Artaria, A-1231 Wien.

### **Fahrtroute und Aufschlußpunkte**

(2.1): Crna na Koroskem: die alte Bergbaustadt liegt in der Seehöhe von 575 m.

Fahrt durch das Tal der Meza bis zum alten Bergbauort Mezica.

Besuch des Schauteils des ehemaligen Blei-Zink-Bergbaues in Mezica. Vom Besucherrundgang abzweigend, werden im Rahmen einer Sonderführung auch abgelegene Bergwerksteile befahren. Hier können Erze (Galenit, Sphalerit, Pyrit, Markasit) sowie diverse Sekundärmineralisationen (Calcit, Cerussit, Greenockit etc.) beprobt werden.

(2.2): Besuch des Bergbaumuseums von Mezica. Schwerpunkte: Überblick über die Geologie im Großraum der Lagerstätte, Begleitgesteine der Vererzung, die verschiedenen Erztypen selbst, die im riesigen Grubengebäude gefunden wurden – und selbstverständlich die reichhaltigen Sekundärmineralien, für die dieser Bergbau ebenfalls berühmt wurde. Viele Jahrhunderte Bergbaugeschichte und Bergbautechnik; ein kurzer Überblick über die Biologie der Region.

(2.3): Geländebegehung zur Erkundung der Rahmengeologie: Besucht wird das im Süden des Lagerstättengebietes gelegene Toplatal (sedimentäre Vererzung) und das Bistratal mit Aufschlüssen der metamorphen und der plutonischen Serien im Aufbruchbereich der "Periadriatischen Naht".

Anschließend Rückfahrt in das Quartier nach Crna na Koroskem.

### **Geologie der Karawanken** (nach FANINGER, 1976)

Die Karawanken stellen ein verhältnismäßig junges, während der alpidischen Orogenese gefaltetes und gehobenes Gebirge dar. Die höchsten Erhebungen bestehen aus triadischen Kalken und Dolomiten, doch in deren Unterlage kommen auch paläozoische, vom Ordoviciun bis zum Perm reichende Schichten zu Tage.

In geologischer Hinsicht werden die Karawanken in die Nord- und Südkarawanken geteilt. Die Nordkarawanken bilden die Kette vom Obir bis zur Peca (Petzen). Die Südkarawanken verlaufen als östliche Fortsetzung der Karnischen Alpen bis zum Stol als ein einheitliches Massiv. Hier erfolgt eine Gabelung in zwei Ketten, von denen die eine die Kosuta (Koschuta) und Olseva darstellen, während die andere von der Storcic-Gruppe mit der östlichen Fortsetzung in den Kamnische Alpe gebildet wird.

Die zweistämmige Einteilung hat ihre Begründung. Das Jungpaläozoikum und die Trias zeigen in den Nordkarawanken eine ganz andere stratigraphische Entwicklung als in den Südkarawanken. Ferner sind die triadischen Ergußgesteine in den Südkarawanken reichlich vertreten, während in den Nordkarawanken nur kleinere Tuffvorkommen auffindbar sind. Zudem sind die tektonischen Strukturen in den Nordkarawanken gegen Norden, in den Südkarawanken dagegen nach Süden geneigt.

### **Die Blei-Zink-Lagerstätten in den Karawanken** (nach KUHLEMANN, 1995)

Die Blei-Zink-Lagerstätten der Karawanken stehen seit vielen Jahrhunderten im Abbau. Spätestens seit dem 19. Jahrhundert richtete sich das Interesse der Forscher nicht nur auf die Verbesserung der Explorationsstrategie, sondern auch auf ein allgemeines Verständnis der Lagerstättengenese. In neuerer Zeit gewinnt der weltweite systematische Vergleich von karbonatgebundenen Blei-Zink-Lagerstätten verschiedenen Alters zunehmende Bedeutung in der wissenschaftlichen Diskussion (Abb. 7, 8).

Die nicht mehr in Abbau befindliche Lagerstätte von Bleiberg-Kreuth (Österreich) und die seit April 1993 von der Schließung betroffene Lagerstätte Mezica (Slowenien) sind aufgrund ihrer ökonomischen Bedeutung in der Region intensiv untersucht worden. Über die genetische Ähnlichkeit dieser Lagerstätten und zahlreicher lokaler Erzvorkommen der Karawanken besteht Einigkeit; gleichwohl wurden in der Vergangenheit sehr widersprüchliche Modelle zur Genese entwickelt.

Die älteren Auffassungen einer alpidischen, posttektonischen Vererzung in Zusammenhang mit dem "Aufstieg des Tauern-Granits" (u.a. TORNQUIST, 1927; PETRASCHECK, 1931; HOLLER, 1953) gelten als widerlegt. Als heute gängige Lehrmeinung ist das Modell einer syngenetischen oder synsedimentären Vererzung durch submarine Hydrothermen mit späterer komplexer Umbildung anzusehen (z.B. SCHROLL & WEDEPOHL, 1972; ZORC, 1955; CERNY, 1989).

Weitere Theorien zur Deutung der Vererzungen folgten:

- Alpidische, posttektonische, regenerative Bildung infolge der Mobilisation variszischer Erzanreicherungen.
- Epigenetische, hydrothermale Bildung in Zusammenhang mit dem mittelttriassischen Vulkanismus.



- Oberflächennahe, hydrothermale Karstvererzung.
- Intern-sedimentäre Karstvererzung unter Mobilisation metastabiler Erzmineralphasen.
- Epigenetische hydrothermale Bildung infolge obertriassischer bis unterkretazischer Dehnungstektonik.

Mit der Einordnung der Vererzungsvorgänge in die Abfolge der Karbonatzementation wurde von ZEEH (1990) und KUHLEMANN et al. (1992) ein neuer Weg zur Klärung der offenen Fragen beschritten. Eine absolute Datierung der ostalpinen Vererzungen mit radiometrischen Methoden ist noch nicht realisiert worden.

Die Einordnung der Vererzungsphasen in die Karbonatdiagenese erlaubt zunächst deren relative Datierung. Die Bildungsbedingungen der Karbonatzemente können entsprechend bekannter Diagenesestadien abgeschätzt und z.B. durch Messungen an Flüssigkeitseinschlüssen und durch Bestimmung der Isotopenzusammensetzungen genauer beschrieben werden.

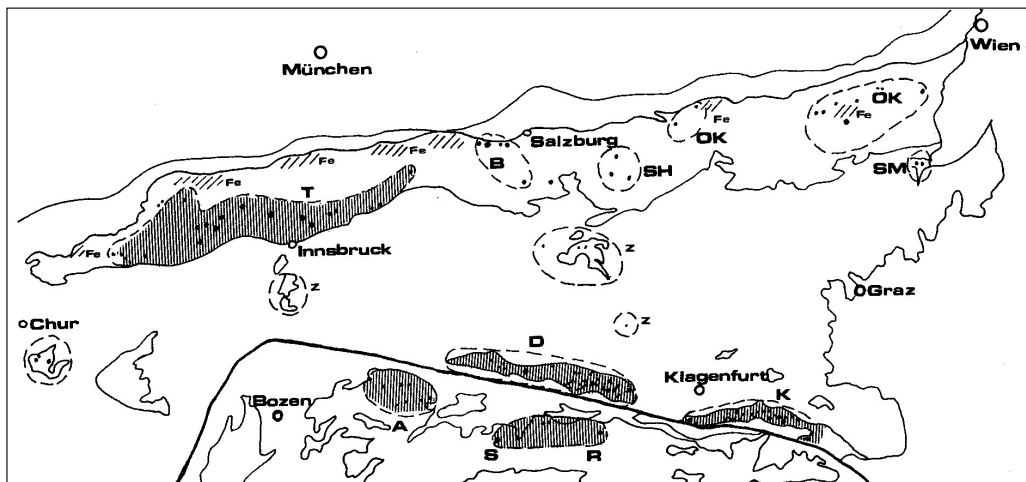


Abb. 7

Verteilung der triadischen Pb-Zn-Vorkommen in den Ost- und Südalpen.

(S = Salafossa; R = Raibl; A = Auronzo; D = Drauzug; K = Karawanken; Z = Zentralalpen; G = Graubünden; T = Nordtirol; B = Bayern; SH = Salzkammergut; OK = Oberösterreich; ÖK = Niederösterreich; - SM = Semmeringtrias; Fe = Eisenmineralisationen in der Trias (nach CERNY, 1989).

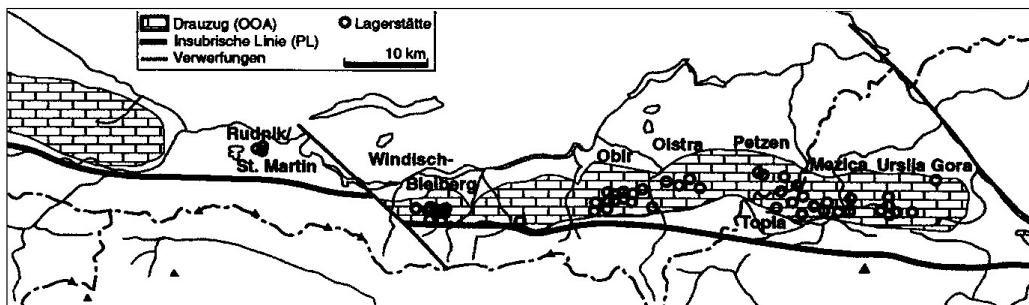


Abb. 8

Lage der Pb-Zn-Lagerstätten in den Karawanken (nach KUHLEMANN, 1995).



## Geologischer und tektonischer Überblick

Der Karawanken-Nordstamm ist als Teil des Drauzuges tektonisch den höheren Einheiten des Oberostalpins zugehörig (TOLLMANN, 1985). Der ehemalige Ablagerungsraum der von TOLLMANN (1987) als "Licikum" bezeichneten Einheit wird aufgrund von Faziesvergleichen in enger Nachbarschaft zum westlichen Teil der Nördlichen Kalkalpen vermutet (u.a. BECHSTÄDT et al., 1988).

Der Karawanken-Nordstamm ist im Norden auf das Tertiär des Klagenfurter Beckens und auf paläozoische Metamorphite der Gurktal-Decke, ebenfalls Oberostalpin (TOLLMANN, 1985), überschoben. Nach Süden schließt sich die Bewegungszone des Periadriatischen Lineamentes an. Die hier aufgeschlossenen paläozoischen Metamorphite werden teilweise als Sockel der Karawanken-Trias angesprochen. In der Nahtzone und deren näherer Umgebung sind vielfach tertiäre Magmatite aufgedrungen. Im Westen wird der Karawanken-Nordstamm entlang der Bärenthal-Störung nach Norden versetzt; im Osten wird er von der Lavanttal-Störung abgeschnitten (Abb. 9).

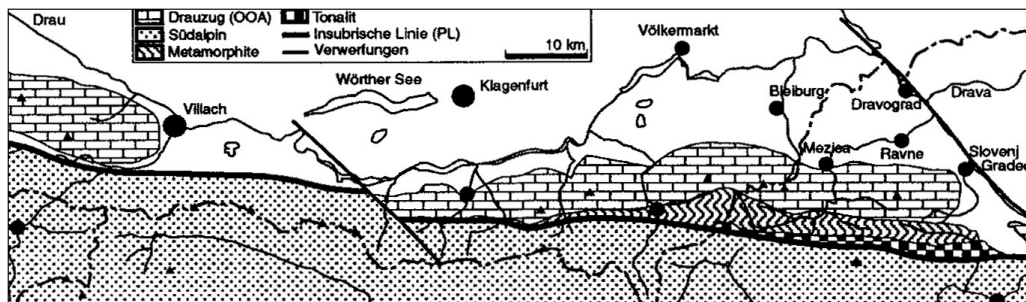


Abb. 9

Tektonische Umgrenzungen des Drauzuges, der Karawanken und der Einheiten südlich der Karawanken (nach KUHLEMANN, 1995).

Die sedimentäre Schichtfolge kann, vom Liegenden ins Hangende, wie folgt zusammengefaßt werden (u.a. SCHRÖDER, 1988):

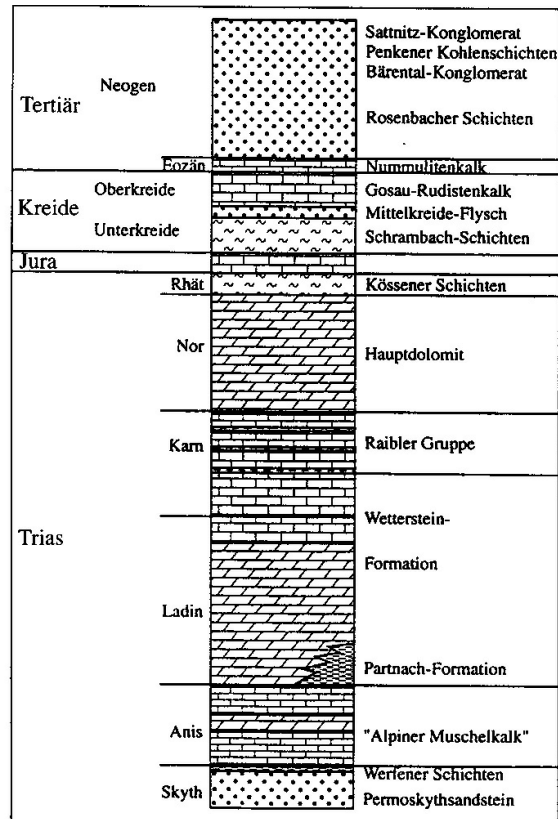
- ca. 200 m Permoskythsandstein: Rote bis violette Sandsteine mit einzelnen tonigen, brekziösen oder konglomeratischen Lagen.
- 20 - 30 m Werfener Formation (Skyth): Gelbliche Sandsteine und Mergel sowie graue zellige Kalke.
- 200 - 480 m "Alpiner Muschelkalk" (Anis-Unter-Ladin): über einer "Flaser-Wurstel kalkfolge" und Bankkalken folgt der sog. Zwischendolomit und hangend wiederum plattige Kalke und Mergel.
- ca. 1200 m Wetterstein-Formation (Ladin-Unter-Karn): Helle, dickbankige Dolomite und Kalke der Lagunenfazies, massige Dolomite und Kalke der Rifffazies und Riffschuttfazies.
- 250 - 350 m Raibler Gruppe (Ober-Karn): zyklische inter- bis subtidale Kalke, untergliedert durch drei ca. 20 m mächtige klastische Horizonte.
- ca. 700 m Hauptdolomit-Formation (Nor): Laminierter bis brekziöser, bituminöser

Dolomite, dann braune Dolomite supratidaler Fazies gefolgt von hellen Dolomiten und dunklen mikritischen Kalken (Plattenkalk), im höheren Anteil der Formation nach Osten zunehmend dickbankige, helle Kalke (Dachsteinkalk ?).

- 120 - 200 m Kössener Schichten (Rhät): Plattige, dunkle Kalke und Mergel mit gelegentlichen klastischen Schüttungen und Schillagen.
- ca. 40 m Rhätoliaskalk: An der Basis olivgraue, plattige Kalke, am Top massige helle Ooid-Peloid-Foraminiferenkalke.
- ca. 18 m Hierlatzkalke (Lias): rötliche Crinoidenschuttkalke, nach Osten auch intraformationelle Brekzien.
- ca. 18 m Adneter Kalk und Klauskalk (Lias-Dogger): Rote, ammonitenreiche Knollenkalke.
- ca. 9 m Ruhpoldinger Schichten (Malm): Rote Kalke, teilweise mit Hornsteinknauern sowie rote Mergel.
- ca. 14 m Ammergau-Schichten (Malm): Helle, teilweise kieselige Knollenkalke.
- 200 m Schrambach-Schichten (Neokom): Graue Peloidkalke und grünliche Kalkmergel.
- ca. 70 m Mittel-Kreide-Flysch (Cenoman): Äquivalent zu Lavanter Flysch (Alb): klastisch-karbonatische Brekzien und Sandsteine.
- ca. 200 m Gosau-Rudistenkalk (Oberkreide-Tertiär): Bräunlicher fossilreicher Bankkalk.
- ca. 50 m Nummulitenkalk (Eozän): Hellbrauner fossilreicher Bankkalk.
- 600 bis 1000 m Rosenbacher Schichten, Bärenthal-Konglomerat, Penkener Kohlen-schichten, Sattnitz-Konglomerat (Neogen): Quarzitschotter, Braunkohle-Ton-Wechsel-lagerung, Karbonat-Kristallin-Mischschotter, Karbonatschotter.

Die Gesamtmächtigkeit der Schichten von der Trias bis zum Neogen beträgt etwa 4 km (Abb. 10). Über die lokale Faziesausprägung der einzelnen Gesteine in den Karawanken findet man nähere Angaben von TELLER (1888) über STRUCL (1965) bis PUNGARTNIK et al. (1982). Die Fazieszonierung der oberen Wetterstein-Formation ist aufgrund der Erzanreicherung von besonderer Bedeutung. Nach BAUER (1970) war einer Karbonatplattform mit lagunärer Fazies nach Süden hin ein Riffgürtel und anschließend ein Becken mit Partnachmergel-Fazies vorgelagert. Nördlich des Riffgürtels, der meist aus Bruchstücken von Korallen, Schwämmen und Tubiphytes obscurus aufgebaut wurde, fand im Rückriffbereich die Ablagerung von feinem Riffdetritus statt.

Abb. 10  
Schichtprofil der Karawanken  
(nach KUHLEMANN, 1995).



## Lage der Lagerstätten

Die große Anzahl von alten Schurfen und Stollen zeigt die weite Verbreitung kleiner Erzvorkommen oder Vererzungsspuren in den Karawanken (Abb. 8).

Vererzungsspuren sind fast in der ganzen Nord-Süd-Erstreckung der obersten Wetterstein-Formation in den Karawanken zu finden. Eine genaue Zuordnung von Erzkörpern zu bestimmten Fazieszonen ist aufgrund der komplexen Tektonik nur selten möglich, wie z.B. im Revier Graben in Mezica, wo grober Riffschutt im Rückriffbereich vererzt ist (STRUCL, 1984). Das Problem der Zuordenbarkeit gilt aber auch für die vielen, noch vor kurzem in Abbau befindlichen, stratiformen Erzkörper in Mezica (Abb. 11).

In der Regel zeigen die vererzten Proben aus Halden, daß überwiegend Flachwasser-Karbonate aus dem ehemaligen Gezeitenbereichen, die weitverbreitet sind, vererzt wurden. Es gibt aber auch Vererzungen in homogenen, dichten Dolomiten aus ehemals tieferen Ablagerungszonen.

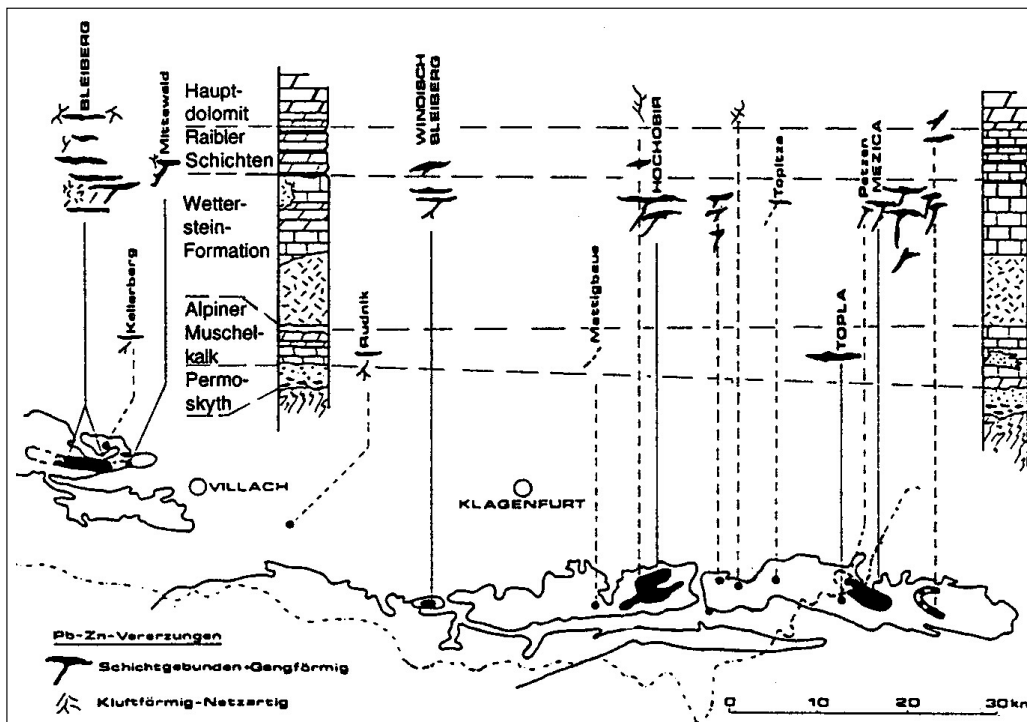


Abb. 11

Stratigraphische Position der Erzkörper im Drauzug (nach CERNY, 1989 und KUHLEMAN, 1995).

## Geschichte des Bergbaues von Mezica (nach BANCROFT et al., 1991, bzw. DRUSTVO, 1965)

Die Bleivorkommen von Mezica – wie auch die von Bleiberg – waren vermutlich schon den Römern bekannt. Die frühesten Aufzeichnungen über Bergbauaktivitäten der Region stammen aus 1424. Das älteste offizielle Dokument, das den Bergbau belegt ist mit 1644 datiert.

Der Hinweis stammt aus einem Brief von Mattheus Ludinger, Verwalter des Goldbergbaues von Kliening (östlich vom Klippitztörl, Saualpe). Er sucht in diesem Schreiben an den Hof um Erlaubnis zur Prospektion und Einrichtung einer Grube im Gebiet von Mies (Mezica). Er bekommt die Bergbaurechte für diese Region zugestanden, über Erfolg oder Mißerfolg in seiner Aktivitätsperiode wird in der Geschichte nichts berichtet.

1706 werden dem Grafen F. L. Thurn die Schurfrechte für Mezica bewilligt. Dieser beauftragt einen Administrator, J. K. Gajcnik (Pseudonym: Schlangenberg), mit den eigentlichen Prospektions- und Aufschlußarbeiten. Gajcnik hat Glück, er lokalisierte bald reichhaltige Bleierze im Bereich des vorher stillgelegten St. Helena Schachtes. Aufbereitung und Schmelze werden eingerichtet. Laut Angabe sind dabei 270 Tonnen Blei produziert worden. Nach dem Tode "Schlangenbergs" ist es wieder ruhig um die Grube geworden.

Bedingt durch die napoleonischen Kriege im frühen 19. Jh. muß die benachbarte Grube Bleiberg geschlossen werden. Damit wird in weiterer Folge der Bleiabbau in Mezica immer attraktiver. Eine dort neu gegründete Betreibergesellschaft Brunner-Kompos übernehmen die Mezica-Besitzungen. Neue Aufbereitungs- und Schmelzanlagen bringen große Erfolge für die Unternehmung, damit auch für die Bergbaustadt Mezica und für die gesamte Region.

Nachdem Napoleon den Krieg verloren hatte, wird der europäische Binnenmarkt mit hochqualitativem und zudem billigen Blei aus England überschwemmt. Die Auswirkungen auf die Bleibergwerke von Bleiberg und Mies sind entsprechend dramatisch. Die Produktion sinkt hier um 66 bzw. 85 % ! Rettungsmaßnahmen werden überlegt. Leopold Prettnner initiiert eine Zusammenarbeit aller Gruben im Raume Mezica. Zahlreiche andere kleinere Bergwerke schließen sich dieser neuen Gesellschaft an. Der Erfolg war gegeben: 1823 kann die Produktion verdoppelt werden. 1827 erwirbt das Konsortium die restlichen Anteile der Familie Thurn, was zur Folge hat, daß alle Betriebe nun unter einer Führung liegen. Die Produktion nimmt weiter zu. Für den gesteigerten Bedarf an Wasser für Bergbau und Aufbereitung muß der Meza-Fluß aufgestaut werden. Weitere Grubenbereiche werden geöffnet. Ca. 60 Gruben sind in dieser Zeit im Gebiet der Peca-Berge aktiv.

Angeregt durch diesen Erfolg der "Konkurrenz", beschließen auch die Bleiberger Gewerke einen Zusammenschluß zu einer Gesellschaft: 1866 wird die Bleiberger Bergwerks Union ("BBU") gegründet. Nach kurzer Zeit schließen sich auch die Betreibergesellschaften von Raibl und Dobratsch an.

1893 kauft die BBU das Brunner-Kompos-Konsortium von Mezica und die Rainer Bergbaugesellschaft. Zum ersten Mal sind damit alle Bleibergwerke des Bleiberg-Mezica Revieres vereint. Als erste große Entscheidung der Großgesellschaft wird der Beschluß gefaßt ab nun auch Zink aus den Gruben zu verwerten. Ursprünglich wurde Zinkerz nur als Abfall auf Halde gelegt. Neue Aufbereitungsanlagen werden gebaut und zahlreiche neue Schächte geöffnet. Um 1900 war die Bleiproduktion in Mezica größer als in Bleiberg. Begründet durch die Erfolge, stattet die BBU ihre Betriebe mit den der Zeit entsprechenden modernsten Schmelzanlagen und metallurgischen Einrichtungen aus.

Mit Beginn des Ersten Weltkrieges muß die BBU die Metallproduktionen deutlich steigern, das konnte nur mit Raubbau an den reichsten Erzlagern geschehen. Nach Erschöpfung dieser Lager sind ab 1818 die Produktionsziffern wieder deutlich gefallen.



Mit dem Friedensschluß in 1919 sollen die Bergbaue nationalisiert werden (zwischen den u.a. neuen Ländern Jugoslawien und Österreich). Zur Abwendung wird eine Verbindung mit der Britischen Firma Bewick-Moreing beschlossen. Es entsteht ein neuer Großkonzern mit Hauptquartier in London. Die Firma nennt sich "Central European Mines Ltd." ("CEM"). Die ursprünglichen Pläne zur Nationalisierung werden vorläufig wieder fallen gelassen. Neuerliche groß angelegte Investitionen und Hoffnung auf schnellen Gewinn führen abermals zum gesteigerten Abbau der reichsten Erze.

Knapp vor dem Zweiten Weltkrieg wird der Vertrag von Seiten Jugoslawiens mit der CEM aufgekündigt und die BBU wieder hergestellt.

1945 übernimmt die Jugoslawische Armee die Mezica-Region. Eine neue Gesellschaft wird für den Bergbau eingesetzt, die "Srednjeevropski Rudniki".

1950 wird der Betrieb formell nationalisiert. Wieder werden neue moderne Aufbereitungen eingesetzt (Flotationen, Schwereflüssigkeits-Separationen). Zielsetzung der Produktion waren vorwiegend Blei-Akkus für Automobile.

Da kriegsbedingt in den vergangenen Jahrzehnten intensiver Raubbau betrieben wurde, sank der durchschnittliche Bleigehalt im Erz von 11% in 1900 auf 3% in 1964.

Durch fallende Rohstoffpreise, steigende Produktionskosten und sinkendem Bedarf an Blei wird im April 1993 der Beschluß gefaßt, die Grube Mezica schrittweise der Schließung zuzuführen. Zu diesem Zweck wird eine eigene Gesellschaft gegründet, die "Rudnik Mezica svinca in cinka v zapiranju d.o.o.".

Der Prozeß ist heute weitgehend abgeschlossen, nur mehr ein Schaubetrieb samt Museum zeugt vom vormals sehr reichen Vorkommen und den enormen bergbaulichen und aufbereitungstechnischen Leistungen in dieser Region.

### **Statistische Daten zur Lagerstätte von Mezica**

Die Vererzung unter einer Fläche von 64 km<sup>2</sup>. Die Abbauzonen, aufgeteilt auf zahlreiche Haupt- und Zwischenhorizonte, liegen im Bereich der Berge Peca (Petzen) und Urslja Gora.

Seit dem Jahre 1665 wurden im gesamten Grubengebäude ca. 800 km Stollen geschlagen.

Die höchstgelegenen Stollen befinden sich in einer Seehöhe von 2060 m (Topla), die tiefsten Grubenteile auf 268 m Seehöhe.

In der 350-jährigen Abbaugeschichte wurden insgesamt etwa 19 Millionen Tonnen Erz gewonnen. Daraus sind ca. 1 Million Tonnen Blei, 0.5 Millionen Tonnen Zink und 400 Tonnen Molybdän (aus Wulfenit) erarbeitet worden.

Bedingt durch Art (verkarstungsfähige Kalke/Dolomite) und Lagerung der Gesteine, zirkuliert sehr viel Wasser im Grubengebäude. Jährlich hat man über 21 Millionen m<sup>3</sup> Wasser aus den tiefer gelegenen Stollenstrecken gepumpt. Der Bergbau Mezica gehörte somit zu einem der wasserreichsten Bergwerke der Welt. Nach der Stilllegung sind diese Abschnitte längst wieder "abgesoffen".

## Erze und Sekundärmineralisation von Mezica

Wulfenit:  $\text{PbMoO}_4$ . Es ist wohl das berühmteste sekundäre Mineral von Mezica. Es wurde in den letzten Jahrzehnten des Betriebes, als Nebenprodukt, sogar als Molybdänerz eingesetzt. Die für Sammler und Museen interessante Stücke entstanden in meist tektonisch bedingten Hohlräumen. Die größten Anreicherungen treten in den höchsten, gut oxidierten Zonen der Galenitlager auf. Die Kristallformen des Wulfenits variieren zwischen nadelig pyramidal bis dünn tafelig. Etliche Autoren bringen das auch mit entsprechenden PT- und geochemischen Bedingungen, d.h. mit charakteristischen Positionen in der Lagerstätte in Zusammenhang. (ZORZ et al., 1998).

Anglesit:  $\text{PbSO}_4$ . z.T. in ausgezeichneten, gut geformten, weißen bis grauen primatischen Kristallen bis 4 cm Größe. Selten in Mezica Revier.

Calcite:  $\text{CaCO}_3$ . Weitverbreitet in der Grube: transparent bis milchig getrübt; schöne Kristalle, gelegentlich mit Einschlüssen von Galenit und Tonmineralien. Der typische Habitus sind bevorzugt in die Länge entwickelte prismatische und skalenödrische Formen. Zwillinge sind häufig.

Cerussit:  $\text{PbCO}_3$ .

Descloizit:  $\text{PbZn(VO}_4\text{)(OH)}$ . Ist vorwiegend in Gesellschaft von Wulfenit

Epsomit:  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Galenit:  $\text{PbS}$ .

Greenockit:  $(\text{CdS})$ . Vorkommen in meist Zink-reichen Partien. Intensiv gelbliche feinkörnige Überzüge auf Sulfiden.

Gips:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Dünne krustige Ausblühungen auf Kalk und auf Sulfiden oder in säuligen Kristalle in tonig-mergeligen kluftfüllenden Sedimenten.

Hemimorphit:  $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Hydrozinkit:  $\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$ .

Markasit:  $\text{FeS}_2$ . (rh.)

Melanterit:  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Pyrit:  $\text{FeS}_2$ . (kub.)

Smithonit:  $\text{ZnCO}_3$ . Meist gemeinsam mit Hydrozinkit und Hemimorphit.

Sphalerit:  $(\text{Zn,Fe})\text{S}$ .

## Verwendete und weiterführende Literatur

- BANCROFT, P., ZORZ, M., KRIVOGRAD, F. & KOBLER, G. (1991): The Mezica Mine, Slovenia, Yugoslavia. - The Mineralogical Record, 22, 97-104.
- BECHSTÄDT, T., HAGERMEISTER, A., MAUL, B., SCHWEIZER, T. & ZEEH, S., (1988): Palinspastik und Paläogeographie der Obertrias im Ostalpin. - Bochumer geol. und geotechn. Arb., Bochum, 29, 6-9.
- CERNY, I. (1989): Die karbonatgebundenen Blei-Zink-Lagerstätten des alpinen und außeralpinen Mesozoikums. Die Bedeutung ihrer Geologie, Stratigraphie und Faziesgebundenheit für Prospektion und Bewertung. - Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., Wien, 11, 5-125.
- DRUSTVO, R. (1965): Drustvo Metalurških in Geoloških Inženirjev in Tehnikov Mezica (300 years of Mezica mines). - Society of Metallurgical and Geological Engineerings and Technicians.
- FANINGER, E. (1976): Karawankentonolit. - Geologija, Ljubljana, 19, 192-210.
- HOLLER, H. (1953): Der Blei-Zinkerzbergbau Bleiberg, seine Entwicklung, Geologie und Tektonik. - Carinthia II, Klagenfurt, 143, 35-46.
- KUHLEMANN, J., ZEEH, S. & BRECHSTÄDT, T. (1992): Datierung von Vererzungsphasen mit Hilfe der Zementstratigraphie: Die Pb-Zn-Lagerstätten des Drauzuges (Österreich, Slowenien). - Zentralbl. Geol. Paläont., Stuttgart, Teil 1, 1992/6, 719-729.
- KUHLEMANN, J. (1995): Zur Diagenese des Karawanken-Nordstammes (Österreich/Slowenien): Spätriassische, epigenetische Blei-Zink-Vererzung und mitteltertiäre, hydrothermale Karbonatzementation. - Arch. f. Lagerst.forsch. Geol.B.-A., Wien, 18, 57-116.
- NIEDERMAYER, G. (1985): Der Bergbau und die Mineralien von "Bleiberg-Kreuth" in Kärnten, Österreich. - Emser Hefte, Haltern, 6, 3, 8-48.
- PETRASCHECK, W. E. (1931): Die mechanischen Gesetzmäßigkeiten der Bruchtektonik in Bleiberg (Kärnten). - Zentralbl. Min., Stuttgart, 1931, 477-483.
- PUNGARTNIK, M., BRUMEN, S. & OGORELEC, B. (1982): Lithologic succession of Carnian beds at Mezica. - Geologija, Ljubljana, 25/2, 237-250.
- SCHROLL, E. & WEDEPOHL, K. H. (1972): Schwefelisotopenuntersuchungen an einigen Sulfid- und Sulfatmineralen der Blei-Zink-Erzlagerstätte Bleiberg/Kreuth, Kärnten. - Tscherm. Min. Petr. Mitt., Wien, 17, 286-290.
- STRUCL, I. (1965): Some ideas on the genesis of the Karavanke-lead-zinc deposit with special regard to the Mezica ore deposit. - Rudarsko-Metalurški Zbornik, Ljubljana, 2, 155-164.
- STRUCL, I. (1984): Geological and geochemical characteristics of ore and host rock of lead-zinc ores of the Mezica ore deposit. - Geologija, Ljubljana, 27, 215-327.
- TELLER, F. (1888): Kössener Schichten, Lias und Jura in den Ost-Karawanken. - Verh. Geol. R.-A., Wien, 1888, 110-117.
- TOLLMANN, A. (1985): Geologie von Österreich. Band 2. Außerzentralalpiner Anteil. - Verlag Deutike, Wien; 710 S.
- TOLLMANN, A. (1987): The alpidic evolution of the Eastern Alps. - In FLÜGEL, H. W., FAUPEL, P.(eds): Geodynamics of the Eastern Alps, 361-378, Verl. Deutike, Wien.
- TORNQUIST, A. (1927): Die Blei-Zinklagerstätte von Bleiberg-Kreuth in Kärnten. - Verl. Springer, Wien; 106 S.
- ZEEH, S. (1990): Fazies und Diagenese des obersten Wettersteinkalkes der Gailtaler Alpen. - Freiburger Geowiss. Beitr., Freiburg, 1, 210 ff.
- ZORZ, A. (1955): Mining geological features of the Mezica ore deposit. - Geologija, Ljubljana, 3, 24-80.
- ZORZ, M., REČNIK, A., MITRIČ, B. & KRIVOGRAD, F. (1998): Morphology of wulfenite crystals from Mezica Mines. - Materiali in geokolje, Ljubljana, 45, 3/4, 315-344.







### **Dritter Exkursionstag**

20. 09. 2001

Schwerpunktthema: QUECKSILBERBERGBAU IDRIJA

Exkursionspunkte: (3.1) , (3.2) , (3.3) , (3.4)

Tagesführer: Dir. Dipl.Ing. Ivana Lescovec (Museum Idrija),  
Dipl.Ing. Bojan Rezun (Bergbau Idrija)

Abb. 12 (Seite 362)

Aufschlußpunkte am dritten Exkursionstag (20. 09. 2001) im Gebiet von Idrija.

© Freytag-Berndt und Artaria, A-1231 Wien.

#### **Fahrtroute und Aufschlußpunkte**

(3.1): Besuch des Stadtmuseums von Idrija in der Burg Gewerkenegg. Führung durch die Sammlungen mit dem Schwerpunkt: Mineralien, Erze und Begleitgesteine der Quecksilberlagerstätte. Das Stadtmuseum wurde 1953 zur Erforschung, Bewahrung und Präsentation des europaweit bedeutsamen technischen Erbes des Quecksilberbergwerks von Idrija eingerichtet. Vom Museum werden aber auch etliche Kultur- und Naturdenkmäler in der umgebenden Region betreut. Diese Bezirke Idrijsko und Cerkljansko stellen einen nicht nur geologischen oder landschaftlichen, sondern auch kulturellen Übergang zwischen den Alpen im Norden und dem Karst im Süden dar. Insgesamt stehen zur Zeit 10 Objekte in der Obhut des Museums. Die Einrichtungen werden im Jahr von mehr als 60.000 Besuchern frequentiert.

Die Burg Gewerkenegg wurde in den Jahren 1522–1533 errichtet. Sie war bis zum 2. Weltkrieg Sitz der Verwaltung des Quecksilberbergwerkes. In den letzten Jahren wurde das Gebäude zur Gänze renoviert. Es bietet jetzt ausreichend Platz für Präsentations-, Depot- und Arbeitsräume für museale Zwecke wie auch für kulturelle Veranstaltungen. Bei den Außenstellen des Museums, die sich mit dem Thema Bergbau beschäftigen, sind hervorzuheben:

Die Klavze (Klausen): errichtet zu Maria Theresia's Zeiten, um 1770. Die monumentalen Bauwerke ("slowenische Pyramiden") sind Staueinrichtungen an den Flüssen Idrijca und Belca, mit deren Hilfe jährlich ca. 20.000 bis 30.000 m<sup>3</sup> Holz über eine Distanz von 20 km bis Idrija und zu den Gruben transportiert worden sind.

Das Kamst (Kamscht) ist ein Wasserrad samt Pumpanlage aus 1790. Die Anlage aus Holz und Eisen war die größte dieser Art in Europa. Sie konnte aus einer Grubentiefe von 283 m (11. Sohle) 2 m<sup>3</sup> Wasser je Minute fördern. Das überschlächtige hölzerne Schaufelrad hat einen Durchmesser von 13.6 m. Die Einrichtung war bis 1948 ohne Unterbrechung im Einsatz. Heute ist das Rad soweit instand gesetzt, daß es sich wieder drehen kann.

(3.2): Besuch der Tonbildschau im ehemaligen Einfahrtsgebäude ("Selstev") beim Mundloch des 1500 angeschlagenen Antonistollens. Über etliche Jahrhunderte diente er als Einfahrtsstollen. Auch heute befindet sich hier der Einstieg in den Schaubetrieb. Falls noch Zeit bleibt, ist evt. eine Kurzbefahrung der Besucherstrecke bis zur Unter-Tage-Kapelle zur Heiligen Dreieinigkeit möglich.

(3.3): Sonderführung durch Nebenstrecken des Quecksilberbergbaues mit der Möglichkeit auch Proben nehmen zu dürfen (Cinnabarit, Metacinnabarit, Pyrit, Markasit, Calcit, Dolomit, Quarz, Chalcedon etc.). Führung: Betriebsgeologe Dipl.Ing. Bojan Rezun.

(3.4): Weiterfahrt über Godovic (wenn Zeit ist: Kurzbesuch bei der Karstquelle Divje Jezero ("Wildsee") – Crni – Col – Vrhpolje – Vipava (evt. Besuch der dortigen Riesenkarstquelle "Hubl") – Razdrto – und zum Nachtquartier, dem Gasthof "Hudicevec".

#### **Geschichte der Lagerstätte** (Ausschnittweise nach J. CAR und S. SITAR , Idrija)

Nach alten Berichten ist gediegenes Quecksilber im Jahr 1490 ganz zufällig im Kesseltal in Idrija entdeckt worden. "Es soll einem einfachen Faßbinder, unbekannten Namens, Quecksilber ins Holzschaff eingetröpfelt sein, das er bei einem Brunnen zum Quellen eingestellt hatte". Der bemerkenswerte "silberne Brunnen" befand sich nach den Archivangaben vermutlich an der Stelle wo jetzt die Kirche der Heiligen Dreifaltigkeit steht. Er hat sein Wasser offensichtlich aus den quecksilberhaltigen Karbonschiefern bezogen, die dort anstehen.

Angeregt durch diesen Fund hat man in der ersten Zeit Quecksilbererz fast ausschließlich in diesen Schieferen abgebaut, die an zahlreichen Orten im Bereich des heutigen Zentrums von Idrija zu Tage kommen.

Vorerst bauten die Knappen das Quecksilbererz im Tagebau oder in seichten Schächten ab. Das gediegene Quecksilber wurde durch immer dichtere Siebe gewaschen und das Zinnobererz in Meilern verhüttet, die später durch Tongefäße und schließlich durch Retorten ersetzt wurden. Anfänglich wurde vorwiegend die menschliche Muskelkraft eingesetzt, später begann man, Pferde in die Göpel einzuspannen.

Den wahren Aufschwung hat der Bergbau jedoch erst genommen, als am 22. Juni 1508 in der Tiefe von 42 m ein reicher Cinnabarit-führender Erzgang in den mitteltriadischen Skonza-Schichten entdeckt wurde. Mit dieser Entdeckung wurde dem Bergbau in Idrija eine fast 500-jährige kontinuierliche aktive Bergbauperiode, beinahe bis zum heutigen Tag, beschert.

In den ersten hundert Jahren waren die Bergwerkstechnologie und die Einrichtungen in und um die Grube sehr einfach, sie unterschieden sich in keiner Weise von den Arbeitstechniken und den eingesetzten Werkzeugen in anderen früh-neuzeitlichen Metallbergwerken im damaligen Europa. Mit Zunahme der Hg-Produktion wurde die Wasserkraft in immer stärkeren Maß herangezogen. Holz wurde in Großmengen geflößt und immer größere Wasserräder ("Kamst") wurden gebaut. Mit solcher Technologie, die G. AGRICOLA (1556) auch eingehend beschrieb, erfolgte damals (1550-1560) der Abbau bereits in der europaweiten Rekordtiefe von 170 m. Der Alchemist PARACELSUS hat in dieser Zeit, als einer der ersten, über das mühsame Leben und die Erkrankungen der Knappen von Idrija geschrieben; er führte auch das Quecksilber in die Medizin ein.

Bedingt durch die ständigen extremen Quecksilberbelastungen in der Grube und bei der Verhüttung spielte das Bergwerk von Idrija entsprechend schon sehr früh eine entscheidende Rolle bei der Bildung der Arbeitsmedizin als einer selbständigen Richtung in der Heilkunde. In späteren Zeiten haben sich zahlreiche Naturwissenschaftler mit der Einwirkung vom Quecksilber und Schmelzhüttenrauch auf Menschen und auf die Pflanzenwelt gekümmert. Hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang der Bergwerksarzt J.A. SCOPOLI und der auch geowissenschaftlich interessierte Chirurg B. HACQUET, die im 18. Jh. in Idrija gewirkt hatten, bzw. dort geboren waren. Nach der Verstaatlichung im Jahr 1575 wurde das Bergwerk erheblich vergrößert und modernisiert. Schon damals war es weltweit wegen seiner ausgezeichneten technischen Einrichtungen berühmt (VALENTINITSCH, 1981).

Wasserkraft ist in immer stärkerem Maße eingesetzt worden. Der Fluß Idrijca wurde bei Kobila eingedämmt und ein ca. 3440 m langer Wasserkanal bis Idria eingerichtet. Zusätzliche Klausen auf den Flüssen Zala und Idrijca garantierten die Zulieferung von Holz in ausreichende Mengen. Am Ende des 16. Jahrhunderts hat man im Bergwerk mächtige wasserbetriebene Aufzüge und Fördermaschinen errichtet. Zu dieser Zeit konnte man jährlich bereits 100 t Quecksilber gewinnen. Mit den bis zum Jahr 1652 fertig ausgebauten Anlagen wurde Idrija zum technisch am besten ausgestatteten Bergwerk der innerösterreichischen Länder.

Der zweite Abschnitt der Modernisierung der Bergbautechnologie begann in den dreißiger Jahren des 18. Jahrhunderts. Die Grube wurde stark vertieft und erweitert; dafür notwendige intensive Prospektions- und Aufschlußarbeiten geschahen ober- und unter Tage. Der Wasserkanal wurde verbessert und ummauert. Nach Entwürfen des Einheimischen Jozef Mrak sind neue mächtige Klausen auf den Flüssen Belca und Idrijca eingerichtet worden. Sie haben die in deutlichem Maß gesteigerte Flößarbeit erleichtert.

Charakteristisch für das fortschreitende 19. Jahrhundert ist das allmähliche Sinken des Quecksilbergehalts im ausgebrachten Erz (von 10 % Hg in 1820 bis 0.6 - 0.7 % Hg in 1914). Dem konnte nur mit ständiger Modernisierung des Betriebes begegnet werden. Ab 1837 begann man Dampfbetrieb einzusetzen. Ab 1860 erfolgten weitere Grubenvergrößerungen, diese wurden bis zum ersten Weltkrieg fortgesetzt. Alle Schächte und Betriebe sind mit den besten Dampfmaschinen ausgestattet worden und Anfang des 20. Jahrhunderts hat man auch etliche elektrische Anlagen eingebaut. Unmittelbar vor dem Ersten Weltkrieg waren in der Grube 900 und im Hüttenwerk 200 Arbeiter beschäftigt. 1913 ist eine später nie wieder erreichte Rekordmenge von 820 Tonnen Quecksilber produziert worden.

In der Mitte des Ersten Weltkrieges hat man die Bohrtechnik mit Preßluft eingeführt, was in der damaligen Bergbaupraxis eine grobe Neuigkeit darstellte. Bei den Modernisierungen im 19. Jahrhundert hat sich die Bergwerksleitung immer für die Anschaffung der besten Maschinen entschieden. So war das Idria-Bergwerk bis zum ersten Weltkrieg immer ein "Musterbergwerk" in Österreich-Ungarn. Nach dem Zerfall der Monarchie kam Idrija mit dem Küstenland unter italienische Herrschaft. Es folgen die Jahre der Weltwirtschaftskrise.

Während des Zweiten Weltkriegs ging ein Drittel der Knappen von Idrija zu den Partisanen und jeder fünfte von ihnen fiel in Kämpfen. Nach dem Krieg wurde Idrija wieder ein Teil Sloweniens. Alle Einrichtungen mußten abermals auf den neuesten Stand gebracht werden. In der Grube ist in der 15. Sohle bis auf 32 m unter dem Meeresspiegel abgeteuft worden. Im Hüttenwerk entstanden die damals weltweit größten Rotationsöfen. Trotz aller Bemühungen stagnierten nach und nach aber auch all diese Aktivitäten.

Mit dem Herannahen der Fünfhundertjahrfeier ist das Bergwerk - eben in der Zeit seines größten Umfanges - auch in die Krise geraten. Aufgrund des erwachenden ökologischen Bewußtseins kommt es in immer stärkerem Ausmaß zur Aufgabe des Einsatzes von Schwermetallen und zu deren Ersatz durch umweltfreundlichere Stoffe. Der Quecksilberpreis ist in fünf Jahren auf ein Fünftel gefallen – unter den eigenen Produktionswert. Im Jahre 1977 wurde der Betrieb vorübergehend eingestellt. 1987 ist dann die endgültige Entscheidung für die schrittweise Schließung des Bergwerks gefallen. So wie in Mezica hat man dafür auch hier eine entsprechende Gesellschaft "Rudnik zivega srebra v zapiranju" gegründet.

### Geologie der Lagerstätte (nach einer Zusammenstellung von BANCROFT et al., 1991)

Die Geologie der Lagerstätte und der Umgebung von Idrija ist sehr komplex. Eine diesbezügliche jüngere Arbeit ist von MLAKAR & DROVENIK (1971).

Sie liegt in der Dinarischen Metallprovinz, welche sich vom Norden, parallel zur Adriaküste durch Slowenien und Kroatien erstreckt. Die in der Trias angelegte bzw. mobilisierte Vererzung beinhaltet zahlreiche Hg-Vorkommen. Das mit Abstand wichtigste darunter ist die Lagerstätte von Idrija.

Das Vorkommen verteilt sich auf mehrere geologisch unterschiedlich alte Gesteinsabfolgen, die zusätzlich durch starke Tektonik, Verfaltung und Überschiebungen extrem unübersichtlich wurden (Abb. 13).

Es handelt sich um Carbon-schiefer, Permsandsteine und Dolomite, Tone, Sandsteine und Dolomite aus der Trias sowie diverse jüngere Sedimente aus Kreide und Eozän.

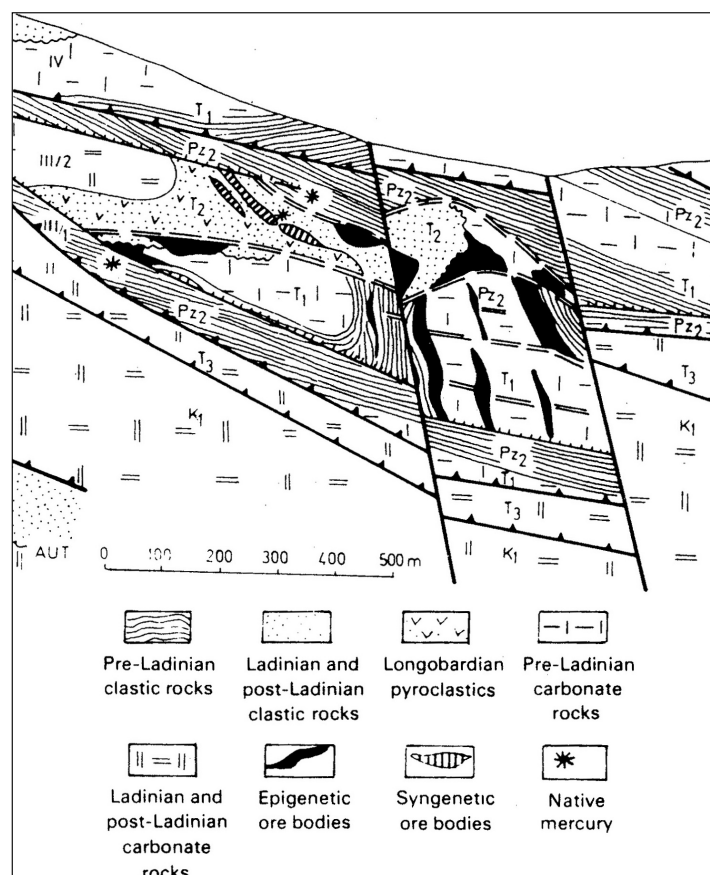


Abb.13  
Geologischer Schnitt durch die Quecksilberlagerstätte von Idrija (nach MLAKAR & DROVENIK, 1971).



Dieser mit Hg angereicherte Komplex ist konzentriert auf einer Zone, die nur 1.5 km lang und 600 m breit und 450 m tief ist. Bei den Aufschlußarbeiten konnten 156 Erzlager unterschiedlichster Formen und Dimensionen identifiziert werden.

Zwei Vererzungsphasen sind bekannt: die erste, epigenetische, wird durch hydrothermale Lösungen bewirkt, die mobilisiertes Hg als Cinnabarit in Klüften und als Platznahme in diversen Gesteinen entlang der tektonisch vorgezeichneten "Duchflutungszone" ablagert. Bei der zweiten, syngenetischen Phase dringen die Erzlösungen durch bis zu den damaligen sedimentären Ablagerungsräumen (salinare bis limnische Becken) und treten dort als Hg-liefernde Thermalquellen auf.

Der Zeitpunkt der Hauptmineralisation wird der mittleren Trias zugeordnet und mit Keratophyr-Porphyr-magmatischen Komplexen in Zusammenhang gebracht. Die eigentliche Quelle des Hg wird im oberen Mantel vermutet. Die geringfügigere Vererzung in den jüngeren Sedimenten wird einer möglichen Hg-Mobilisation im Zuge der jüngeren tektonischen Geschehnissen zugeschrieben.

### **Erz und Sekundärmineralisation**

Die Hg-reichsten Erztypen stecken im Siderit ("Eisenspat"): "Lebererz", "Ziegelerz" und unterschiedliche "Schicht-Erze". Die Hauptmenge sind aber wie üblich geringhaltige Erze, die weniger als 1 Prozent vom Metall enthalten. Sie wurden von den Knappen als "bašperh" bezeichnet. Das Haupt-Erzmineral ist Cinnabarit ("Zinnober") (HgS), hellrote Modifikation. In Klüften im Gesteinsverband können als große Besonderheit bis zu 2 cm große, gut ausgebildete rhomische Kristalle auftreten.

Elementares, gediegenes Quecksilber (Hg) tritt nur in einigen erzeichenden Zonen, vorwiegend im Karbonschiefer auf. Es sind fein verteilte silbrige Kügelchen im Gesteinsverband oder angereichert in Klüften und anderen Hohlräumen. Von den Quecksilbermineralien wird noch Metacinnabarit (HgS) aufgefunden, das jedoch nur sehr selten anzutreffen ist.

Als mineralogische Besonderheit von Idrija gilt der Idrialin. Es ist ein Gemenge polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (STRUNZ & CONTAG, 1965). Es sind nach BLUMER (1975) vorwiegend Picene (C<sub>22</sub>H<sub>14</sub>): z.B.: Naphthenopicen, Benzopicen, Naphthenobenzopicen, Bezofluoren und viele andere. Das organische Gemenge kristallisiert rhombisch. Reinere Proben sind grünlich, die meisten sind bräunlich schwarz und bilden Kügelchen oder Krusten in Hohlräumen. In der Grube tritt es vorwiegend als Idrialith auf und ist ein Gemenge von Idrialin, Cinnabarit und Ton. Die Vorkommen sind sehr selten und vorwiegend auf Horizonte der unteren Trias beschränkt.

Die wichtigsten Begleitmineralien sind Pyrit, Markasit, Sphalerit, Auripigment. Die wichtigsten Gangarten sind Dolomit, Calcit, und Quarz (z.T. Chalcedon). Rezente Oxydationsmineralien im Bergbau sind u.a.: Epsomit, Gips, Melanterit, Goethit.

## **Statistische Daten zur Lagerstätte von Idrija**

Im Erzlager von Idrija sind 156 Erzkörper bekannt. Die Erzkörper sind epigenetischen und syngenetischen Ursprungs. Die Erzlagerstätte von Idrija erstreckt sich in der Richtung Nordwesten-Südosten; sie ist 1500 m lang, 300 bis 600 m breit 450 m tief.

In der ca. 500-jährigen Aktivitätsperiode der Gruben von Idrija waren insgesamt etwa 10.000 Knappen beschäftigt. Insgesamt sind dabei über 700 km Stollen und Schächte gewältigt worden. Die tiefsten Grubenteile liegen etwa 400 m unter dem Talniveau von Idrija, bzw. 32 m unter dem Meeresspiegel. Das Quecksilbervorkommen in Idrija wurde 1490 von einem Schaffmacher (Faßbinder) zufällig entdeckt. In der 500-jährigen Geschichte sind in Idrija ca. 147.000 Tonnen Quecksilber gefördert worden, das entspricht ca. 13% der bisherigen Weltproduktion. Die im Berg noch verbliebene Restmenge wird auf ca. 14.000 Tonnen Hg geschätzt. Idrija war die zweitgrößte Quecksilberlagerstätte der Welt (nach Almaden in Spanien).

Ein Liter reines Quecksilber wiegt 13.56 kg. Das Quecksilber hat(te) große Bedeutung in Wissenschaft, Medizin, Technik und Industrie.

(In den Stollenstrecken treibt das sogenannte "Berkmandlc" ("Grubenschatl") auch heute noch immer sein Unwesen.)

## **Karstphänomene**

Die Umgebung von Idrija besteht aus zahlreichen Kalk- und Dolomitgesteinen aus dem Perm, der Trias und der Kreide. Entsprechend gibt es in dem nur wenige Kilometer von Idrija entfernten Krajinski Naturpark auch zahlreiche Karstphänomene, - erwähnenswert ist der Divje Jezero (Wildsee). Es handelt sich dabei um eine Riesenkarstquelle, eigentlich ein mit Wasser erfüllter tiefreichender Schacht, der bei Hochwassersituation aus unbekannten unterirdischen Karstsystemen bis zu 60 m<sup>3</sup> Wasser pro Sekunde in den Überlauf (das Flößchen Jezernica) fördert. Auf der Fahrt Richtung Razdrto gibt es am Rande des Poljes von Vipava ebenfalls eine Riesenkarstquelle ("Hubl") aus Kreidekalken.

## **Verwendete und weiterführende Literatur**

AGRICOLA, G. (1556): De Re Metallica Libri XII. - Froben, Basel.

BANCROFT, P., CAR, J., ZORZ, M. & KOBLER, G. (1991): The Idria Mines; Slovenia, Yugoslavia. - The Mineralogical Record, 22, 201-208.

BLUMER, M. (1975): Curtisite, idrialite, and pendletonite, polycyclic aromatic hydrocarbon minerals: their composition and origin. - Chem. Geology, 16, 245-256.

MLAKAR, I. & DROVENIK, M. (1971): Structurne in genetske posebnosti idrijskega rudisca. - Geologija, Ljubljana, 14, 67-126.

STRUNTZ, H. & CONTAG, B. (1965): Evenkit, Flagstaffit, Idrialin und Reficit. - Neues Jahrbuch für Miner., Monatshefte, 1, 19-25.

VALENTINITSCH, H. (1981): Das landesfürstliche Quecksilberbergwerk Idria 1575-1659. - Verl. Historische Landeskommision für Steiermark, Graz. Forschungen zur geschichtlichen Landeskunde der Steiermark, Bd. XXXII, 439 S.





## **Vierter Exkursionstag**

21. 09. 2001

Schwerpunktthema: KARST UND GEOLOGIE IN SW-SLOWENIEN

Exkursionspunkte: (4.1) , (4.2) , (4.3) , (4.4) , (4.5) , (4.6)

Tagesführer: Dr. Bojan Ogorelec (Geologischer Dienst, Ljubljana)

Abb. 14 (Seite 369)

Aufschlußpunkte an den Exkursionstagen 21., 22., 23. 09. 2001 im Gebiet von SW-Slowenien und Gebiet von Triest.

© Freytag-Berndt und Artaria, A-1231 Wien.

### **Fahrtroute und Aufschlußpunkte**

(4.1): Fahrt über Senozece – Divaca nach Skocjan in den südlichen Abschnitt des "Klassischen Karstes": Führung durch die Skocjanske Jame (Höhle von St. Kanzian). Hier verschwindet der Fluß Reka in den Untergrund und fließt 40 km als Höhlenfluß bis in den Golf von Triest. Bei Duino ist eine der größten Quellen, bei der die Hauptmenge der ehemalige Reka als Timavo wieder an die Oberfläche tritt (siehe Pos. 5.3).

(4.2): Fahrt von Skocjan über Kozina – Crni Kal – Dekani – Koper –Lucija nach Secovlje (Sicciolo). Besuch der Salzgärten von Secovlje und Besichtigung der Werksanlage.

(4.3): Kurze Fahrt über Lucija nach Fiesa: Besuch eines Flysch – Steinbruches.

(4.4): Rückfahrt über Koper und Dekani in das Tal von Hrastovlje (Flysch und Kalk). Wenn Zeit bleibt, kann eventuell ein Kurzbesuch der romanischen Wehrkirche von Hrastovlje mit berühmten Fresken (Bibelgeschichte und "Totentanz") aus dem 15. Jh. durchgeführt werden.

(4.5): Der Weg zurück führt wieder über Crni Kal. Ein kurzer Zwischenstop bei einem Steinbruch mit Alveolinenkalk ist möglich. Die Fortsetzung des Rückweges führt über Kozina und Senozece bis nach Dolenja vas.

(4.6): Besuch der "Kreide-Tertiär-Grenze" bei Dolenja vas. Am letzten Teil der Rückfahrt liegt wieder Razdrto bevor wir den Gasthof Hudicevec erreichen.



## Geologischer Rahmen von Westslowenien

Die Großeinheiten des Abschnittes bestehen aus der Julischen Karbonatplattform im Norden (Julische Alpen, Karawanken-Südoststamm samt den Kamnik-Savinja Alpen), dem Slowenischen Becken, das sich von West nach Ost als schmaler Trog von Tolmin über Kranj bis Celje erstreckt und der Dinarischen Karbonatplattform, die im Nordabschnitt auch alle Gebiete des "klassischen Karsts" – sowohl den Triestiner Karst in Italien, als auch den Karst in Slowenien – umfaßt. Die Dinarische Plattform reicht noch deutlich weiter nach Süden. (Abb. 15).

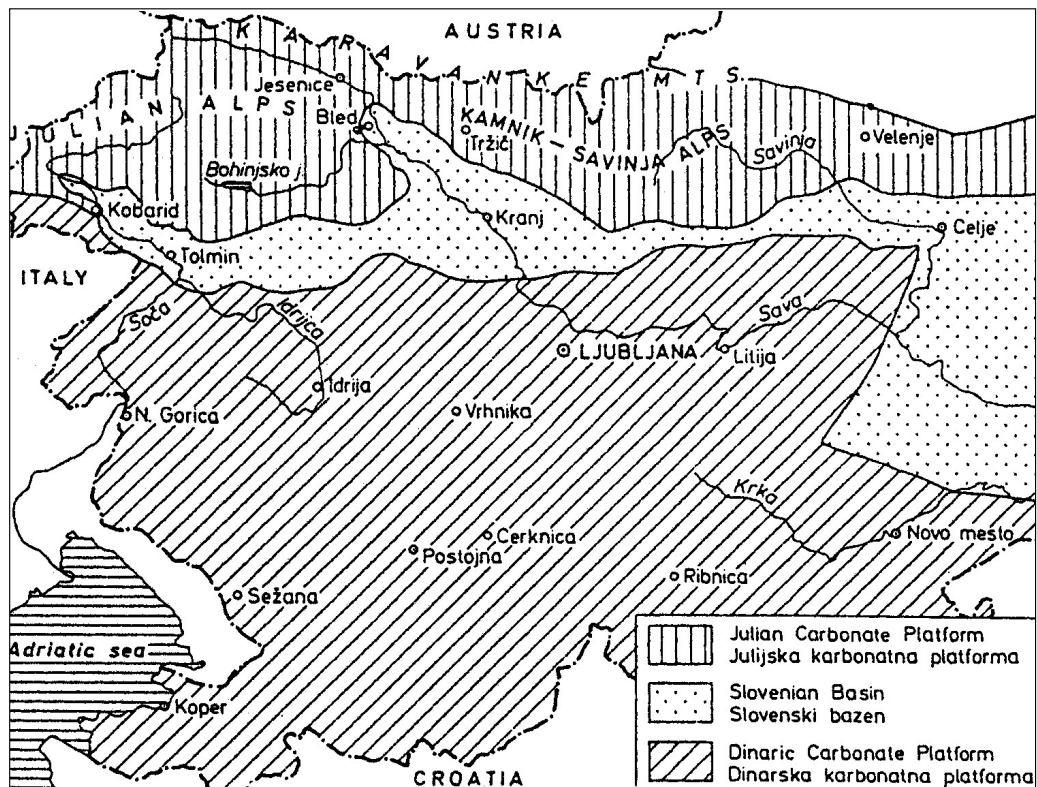


Abb. 15

Ausdehnung der alten Julischen und Dinarischen Karbonatplattform und des dazwischen positionierten Slowenischen Beckens (BUSER & DEBELJAK, 1996).

Das Studium der geologischen Situation in Westslowenien hilft wichtige Fragen über die Entwicklung und Positionierung der Dinariden und der Südalpen zu klären. Genau in diesem Abschnitt kommen die Zentral- bzw. Ostalpen in direkten Kontakt mit den Südalpen, welche auf der einen Seite - nach Westen, ihre Fortsetzung im Apennin haben, auf der anderen Seite – nach Osten bzw Südosten, in den Dinariden.

Die Südalpen und die Dinariden repräsentieren zwei bestimmte geographische Einheiten, die sich nach BUSER (1996) strukturell und geologisch kaum voneinander unterscheiden lassen.

Die Periadriatische Naht im Norden Sloweniens ist die tektonische Hauptlinie, welche die Austro-Alpinen Einheiten (Ostalpin) im Norden von den Südalpen und den Dinariden im Süden deutlich trennt. Die generelle Vergenz der südlichen Einheiten ist nach Süden und Südwesten, während die Austro-Alpinen Einheiten nordwärts überschoben.

Altpaläozoische Einheiten im Norden sind metamorph, während die entsprechenden Gesteine südliche der Periadriatischen Linie nicht metamorph sind. Die Einheiten der Zentral- und Ostalpen gehören zur eurasischen tektonischen Groseinheit, die Südalpen und die Dinariden sind Teile der Afrikanischen Platte. Die Periadriatische Linie markiert die Position der ehemaligen Subduktionszone, entlang dieser die afrikanische Platte unter die eurasische subduzierte.

Die unterschiedlichen paläogeographischen Entwicklungen und die entsprechende Lithologie im slowenischen Anteil der Dinariden ermöglichen eine Untergliederung. Von Norden nach Süden gibt es die Einheiten der Südalpen, die Inneren Dinariden und die Äußeren Dinariden. Die Südalpen setzen sich zusammen aus den Süd-Karawanken, den Julischen Alpen und den Kamnik-Savinja Alpen. Sie setzen sich vorwiegend aus flachmarinen Kalken und Dolomit zusammen. Die Gesteinsabfolgen werden als "Julische Karbonatplattform" zusammengefaßt.

Die "Inneren Dinariden" sind hauptsächlich tiefmarine mesozoische Gesteine des heutigen "Slowenischen Beckens". Die "Äußeren Dinariden" umfassen alle Regionen im Südwesten des Landes. Zu nennen sind z.B.: Matajur, Mija, Trnovski gozd, das Triestiner-Komen-Plateau ("Klassischer Karst") sowie Hrusica, Nanos, Mokrc und viele andere. Sie entsprechen der alten Slowenischen und Dinarischen Karbonatplattform.

Die Julische Plattform hat ihre westliche Fortsetzung in der Trento Plattform, die Dinarische Einheit in der Friuli Plattform. Die Ausdehnung des Slowenischen Beckens nach Osten reicht über Kroatien hinaus bis weit nach Ungarn. Die einzelnen Einheiten werden in BUSER (1996) detailliert beschrieben. Die Erörterung der tektonischen Strukturen erfolgt in PLACER (1996).

Charakteristisch für die Gesteine der Dinarischen Plattform, speziell der Abschnitte des "Klassischen Karstes" (Triestiner-Komen-Plateau), sind die Kontakte, Verzahnungen, z.T. auch Wechsellagerungen von deutlich gebankten Karbonatgesteinen und sandig tonigen Flyschabfolgen. Die Wasserdurchlässigkeit der Kalke und Dolomite und die wasserstauende Wirkung des Flyschs prägten die Eigenart der Wasserwegigkeit dieser Gesteinskörper. Der daraus oft resultierende Wechsel zwischen oberirdischer und unterirdischer Entwässerung waren und sind auch Grund für den charakteristischen Formenschatz der ober- und unterirdischen Korrosionstypen und der weltberühmten Höhlen im Klassischen Karst.

Die Halbinsel Istrien wie der Hauptteil des Slowenischen Territoriums sind Teil der Adriatischen Mikroplatte, auch Adriatisch-Apulische Platte genannt. Am Ende des Mesozoikums löste sich die Adriatische Platte von der deutlich größeren Afrikanischen Platte. Während des späten Tertiärs schließt die Adriatische Platte an Eurasien auf, - heute ist sie eindeutig ein Teil davon. Die Sedimente in diesem Bereich wurden auf die meist seichte Karbonatplattform aufgelagert, die ständig hoch gehoben wurde, bis sie schließlich Land wurde. In den hochgehobenen flachmarinen Karbonatsedimentationsräumen entstanden ausgeprägte Flyschablagerungsbecken, die mit terrestrischem Material aus kontinentalem Hinterland gefüllt wurden (CALLIGARIS et al., 1999). Den Flyschablagerungen folgte zum Teil wieder marine Regression.

Abgesehen von der urgeschichtlichen Nutzung der Höhlen als Kult- und Wohnstätte, hat die systematische Höhlenerkundung in diesem Raum schon sehr früh eingesetzt. Motivation waren meist Suche nach Wasser, strategische Überlegungen und natürlich auch Abenteuer. In weiterer Folge hat auch bald, das heißt im 18. und 19. Jh., die wissenschaftliche Höhlenforschung ("Speläologie") von hier ihren Ausgang genommen. Zahlreiche jetzt international übliche Fachausdrücke wie Karst, Doline, Polje sind deshalb auch auf Eigennamen aus dieser Region zurückzuführen.

### **Die Skocjanske Jame (die Höhle von St. Kanzian)** (nach HOFMANN, G. & P., 1996)

Die Entstehung der Höhle:

Das insgesamt auf etwa 5 km befahrbare Höhlensystem ist das Werk der Reka, die am Sneznik (Schneeberg) entspringt und zunächst über wasserundurchlässigen Flyschboden fließt. Ab Vreme beginnt sie sich aber in die unterlagernden Kreidekalke einzuschneiden, um sozusagen (zumindest) ein Stockwerk tiefer zu fallen. Diese Einschneidung begann am Ende des Pliozäns im Zuge der Anhebung des Gebietes.

Nur wenige Gehminuten vom Besucherzentrum entfernt befindet sich ein Aussichtspunkt, der den ersten eindrucksvollen Blick in den 300 m breiten und bis zu 180 m tiefen Kessel freigibt, in dem die Reka im Untergrund verschwindet, um erst nach 40 km bei Duino, in der Bucht von Triest, wieder als Timavo hervorzutreten. Am Rande der Velika Dolina (Großen Doline) ist linker Hand der Höhleneingang zu sehen, rechts blicken wir auf die durch die Naturbrücke Okno abgetrennte Mala Dolina (Kleine Doline).

Der Weg in die Höhle führt aber nicht direkt in die große Doline, sondern von der anderen Seite über einen "Umweg" durch die weit ausladende Doline Globocak. Durch einen künstliche Eingangsstollen erreicht man den ersten Schauhöhlenteil.

Das Höhlensystem ist natürlich dem Menschen schon seit vorgeschichtlicher Zeit bekannt. Archäologische Befunde gibt es aus der Steinzeit wie auch aus der Bronzezeit. In der Eisenzeit konnte hier bereits eine Siedlung nachgewiesen werden. In römischer Zeit stand auf dem Gebiet des heutigen Dorfes Skocjan eine Festung, im Mittelalter existierte eine Dorfsiedlung rund um die heutige Kirche des Heiligen Kanzian, dem Schutzpatron gegen böse Geister, schwere Stunden und Überschwemmungen.

Interessanterweise begann man auch früh, die Höhlen "wissenschaftlich" zu erforschen. Eine Verbindung zwischen der Reka und den Timavo-Quelle ahnte man bereits im Altertum, spätantike Reiseschriftsteller berichten davon. Im Jahre 1599 versuchte man, mittels verschiedener Schwimmobjekte eine Verbindung zu beweisen – vielleicht einer der ersten bekannten "Karstwasser-Markierungsversuche" der Welt !

Die erste Beschreibung eines Befahrungsversuches der Velika Dolina stammt aus dem beginnenden 19. Jh.: 1815 schwamm der Triestiner Joseph Eggenhöfner durch den Verbindungsstollen von der Velika Dolina zur Mala Dolina. Daraufhin wurden die Eingänge schlagartig berühmt. Schon 1819 wurde mit Unterstützung des Bürgermeisters ein Fußweg zum Höhleneingang angelegt. Die inneren Teile wurden erstmals am 21. Juli 1839 begangen; Jakob Svetina, der Brunnenmeister aus Triest konnte bei dieser ersten Expedition ca. 300 m weit im Canon vorankommen.

Weitere Forscher waren u.a. Adolf Schmidl aus Wien und viele Mitglieder des 1873 gegründeten deutsch-österreichischen Alpenvereins aus Triest und aus Slowenien. Namhafte Forscher waren zu dieser Zeit Alfred Martel aus Frankreich, Dr. Oedl aus Salzburg od. Ing. Hermann Bock aus Graz. Die Erforschung des Hauptcanons wurde 1893 abgeschlossen, die tropfsteinreichen Teile der Tiha Jama (Stille Höhle) wurden 1904 entdeckt. Unter der italienischen Besatzung wurden die Weganlagen ausgebaut und der erste Abschnitt für intensiveren Tourismus vorbereitet. 1958 wurde die elektrische Beleuchtung eingeführt.

Die Höhle wurde am 25. November 1986 als außergewöhnliche Naturerscheinung von der UNESCO in die Liste des "Weltkulturerbes der Menschheit" aufgenommen.

#### Die Schauhöhle

Durch den 140 m langer Zugangsstollen erreicht man die "Tiha Jama" (Stille Höhle). Die Anfangsteile sind trocken und zeichnen sich durch sehr schönen Tropfsteinschmuck aus. Die ersten beiden Passagen - "Paradies" und "Kalvarienberg" - liegen ca. 70 m unter der Oberfläche, sie sind entwicklungsgeschichtlich sicher die ältesten Teile. Der Weg führt weiter, zwischendurch etwas enger und niedriger, in den 118 m langen, 35 m breiten und 25 m hohen Velika Dvorana (Großen Saal), dem schönsten Tropfsteinteil. Der anschließende geräumige Gang führt in einen "unerfaßbar" großen dunklen Raum, plötzlich ist die Luft erfüllt vom Tosen eines Flusses und staunend steht man am Rande einer gewaltigen Schlucht, die sich scheinbar ins Bodenlose verliert. Fast 100 m tiefer strömt die Reka. An manchen Stellen ist die Riesenhalle 60 m breit.

Am Ende des Müllerdomes, wo sich die Schlucht in den Hanke-Kanal verengt, muß diese auch noch überquert werden, die wahrhaft kühn konstruierte Hanke-Brücke macht es möglich, sie wurde 1933 erbaut. Um weiter zu kommen, gab es vorher den direkt unter der Decke, ca. 20 m höher angelegten, nicht ganz ungefährlichen "Katzensteg", Reste davon kann man noch erkennen. Auf großartigem, teils in den senkrechten Fels gemeißeltem Weg, geht es über dem rechten Flußufer weiter. Nach dem Müllerdom folgt der Svetina-Dom. An seinem Ende, nach einem Aufstieg, führt der Weg ein wenig vom Hauptgang weg zu dem - nach der Hanke-Brücke - zweiten Wahrzeichen der Höhle: es sind außergewöhnlich große, gut erhaltenen Sinterbecken in der sogenannten Brunnenhöhle. Die Sinterformen sind aber trocken und daher nicht mehr aktiv. Nun ist es nicht mehr weit in den Schmidl-Saal, in den bereits wieder das Tageslicht einfällt. Dieses gewaltige Höhlentor repräsentiert die zweite Phase in der Entwicklungsgeschichte. Es handelt sich um den ehemaligen Ponor der Reka, bevor diese ihren Lauf nochmals 35 m tiefer legte, auf das heute noch aktive Niveau.

Bald stehen wir am Grunde der Velika Dolina. Nach einem kleinen Rundgang besteht die Möglichkeit mit einem Schrägaufzug die 90 Höhenmeter zu überwinden, um wieder an die Oberkante der Doline zu gelangen.

#### **Salzgärten von Secovlje**

Das Triest-Komen-Plateau und die Umgebung von Secovlje waren der Ablagerungsraum von Kalksteinen der späten Kreide und des frühen Paläogens. Während des Paleozäns und Eozäns wurden die charakteristischen fossilreichen Nummuliten- und Alveolinenkalke gebildet. Anschließend, zum Teil alternierend, folgten Flyschsedimentationen im Unteren Eozän (JURKOVSEK et al., 1996).



Die Bucht von Triest, umrahmt von Istrien, dem Karst (carso, bzw. kras) und dem Friaulischen Vorland, umfaßt etwa 500 km<sup>2</sup>. Geomorphologisch gesehen entspricht der dortige Meeresboden einem weitreichenden submarinen Plateau mit einer durchschnittlichen Wasserüberdeckung von nur ca 25 m. Die Dicke der rezenten Sedimente auf dem unterlagernden Flysch ist etwa 200 m (OGORELEC et al., 1997). Durch die ständigen Hebungs- und Verlandungstendenzen entstanden im Gebiet von Secovlje natürliche Salzgärten, die vom Menschen "kultiviert" wurden. Erste Berichte über Salzgewinnung im Delta des Dragonjaflusses stammen aus dem 13. Jh. Der Höhepunkt der Salzproduktion war im 18. Und 19. Jh. Heute stehen etliche Teile dieser markanten Salzmarsch-Landschaft unter Naturschutz.

Über die Zusammensetzung der Sedimente der "Saline" von Secovlje (Korngrößen, Chemie, Mikrofossilien) und der Mineralogie der Salzausscheidungen sind etliche Publikationen durchgeführt worden. So konnte neben Halit auch neugebildeter Aragonit, Calcit, Mg-Calcit und Dolomit sowie detritärer Quarz und Feldspat identifiziert werden (OGORELEC et al., 1981).

### Die "Kreide-Tertiär-Grenze" bei Dolenja vas

Die Umgebung von Dolenja vas weist eine kontinuierliche Carbonatsedimentation im Zeitabschnitt der Kreide-Tertiär-Grenze auf. Die detaillierten lithologischen und biostratigraphischen Untersuchungen erbrachten ein weitläufiges flachmarines Ablagerungsmilieu mit diversen Lagunen im Oberen Maastrichtian bis zum Unteren Paleozän mit Danian und Thanetian (DROBNE et al. 1987); (Abb. 16).

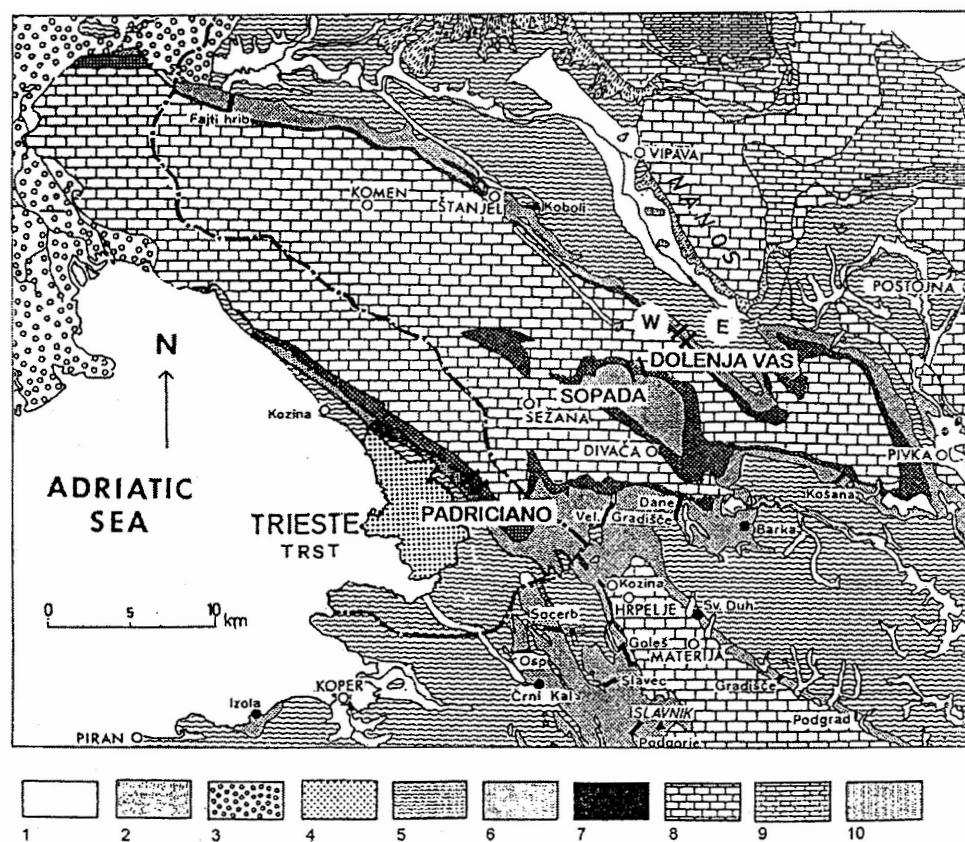


Abb.16 (Seite 463)

Vereinfachte geologische Karte des "Klassischen Karsts" im Gebiet zwischen Triest und Postojna. Eingetragen sind auch die Kreide/Tertiärgrenzen im Gebiet von Dolenja vas, Sopada und Padriciano (nach DROBNE et al., 1996).

Legende: 1: Alluvium, 2: Schutt, 3: quartäre Terrassen, 4: pliozäner Ton, paleogener Flysch, 5: Alv.-Numm. Lms, Miliolids und Kozina Lagen, 7: Vreme Lagen (Maastrichtian), 8: Kreide, 9: Jura, 10: Trias.

Die K/T Grenze tritt im Triest-Komen-Plateau in 3 Zonen auf. Die erste befindet sich im Vipavatal, die zweite im Bereich um Sopada (mit Dolenja vas) und die dritte im Süden, in einer Zone von Padriciano über Lipica bis Vremški Britof. Umfassende biostratigraphische, mikrofazielle, geochemische und geophysikalische Methoden wurden eingesetzt, um unter anderem eine Brekzienzone mit diversen geochemischen, biostratigraphischen Anomalien dem weltweiten Katastrophenereignis an der Zeitenwende Kreide/Tertiär zuzuordnen (DROBNE et al., 1996).

#### Verwendete und weiterführende Literatur

- BUSER, S. (1996): Geology of western Slovenia and its paleogeographic evolution. - in International workshop POSTOJNA '96: The role of impact processing in the geological and biological evolution of planet earth; Eds.: DROBNE, K., GORICAN, S., KOTNIK, B., Ljubljana; 111-123.
- BUSER, S. & DEBELJAK, I. (1996): Lower Jurassic beds with bivalves in south Slovenia. - *Geologija*, Ljubljana, 37-38 (1994/95), 23-62.
- CALLIGARIS, R., DOLCE, S. & BRESSI, N. (1999): Flysch; Trieste tra marna e arenaria. - *Comune di Trieste, Assessorato alla Cult. Museo Civ. Di Storia Nat.*, 109 S.
- DROBNE, K., OGORELEC, B., PLENICAR, M., BARATTOLO, F., TURNSEK, D. & ZUCCHI-STOLFA, M. L. (1987): The Dolenja vas section, a transition from Cretaceous to Paleocene in the NW Dinarides, Yugoslavia. - *Mem. Soc. Geol. It.*, 40, 73-84.
- DROBNE, K., OGORELEC, B., DOLENEC, T., MARTON, E. & PALINKAS, L. (1996): Biota and abiota at the K/T Boundary in the Dolenja Vas sections, Slovenia. - in International workshop POSTOJNA '96: The role of impact processing in the geological and biological evolution of planet earth; Eds.: DROBNE, K., GORICAN, S. & KOTNIK, B., Ljubljana; 163-181.
- HOFMANN, G. & HOFMANN, P. (1996): Kras - Wege im Klassischen Karst; Teil IV: Skocjanske Jama. - "Der Schlaz", *Zs d. Vereins für Höhlenkunde München*, 42-46.
- JURKOVSEK, B., OGORELEC, B., SRIBAR, L. & DROBNE, K. (1996): New results of the geological researches of the Trieste-Komen Plateau and comparison with other areas of the Dinaric Carbonate Platform. - in International workshop POSTOJNA '96: The role of impact processing in the geological and biological evolution of planet earth; Eds.: DROBNE, K., GORICAN, S. & KOTNIK, B., Ljubljana; 125-132.
- OGORELEC, B., MISIC, M., SERCELJ, A., CIMERMAN, F., FAGANELI, J. & STEGNAR, P., (1981): Sediment secoveljske soline. - *Geologija*, Ljubljana, 24, 179-216.
- OGORELEC, B., FAGANELI, J., MISIC, M. & CERMELJ, B. (1997): Reconstruction of paleoenvironment in the bay of Koper (Gulf of Trieste, Northern Adriatic). - *Annals for Istrian and Mediterranean Studies, Koper*, 11/97, 187-200.
- PLACER, L. (1996): Tectonic structure of southwest Slovenia. - in International workshop POSTOJNA '96: The role of impact processing in the geological and biological evolution of planet earth; Eds.: DROBNE, K., GORICAN, S. & KOTNIK, B., Ljubljana; 137-140.

## **Fünfter Exkursionstag**

22. 09. 2001

Schwerpunktthema: TRIESTINER KARST

Exkursionspunkte: (5.1) , (5.2) , (5.3) , (5.4) , (5.5) , (5.6) (siehe Abb. 14)

Tagesführer: Dott. Ruggero Calligaris (Museo Civico di Storia Naturale, Trieste)

### **Fahrtroute und Aufschlußpunkte**

(5.1): Fahrt von Razdrto über Senozece – Sezana – Ferneti (Grenze) – Opicina nach Aurisina. Besichtigung des modernen Steinbruches von Aurisina und eventuell des historischen Teils, der "Cava Romana". Vielleicht ergibt sich nachher auch der Besuch der Steinmetzfirma "Gramar".

(5.2): Kurze Fahrt zur Pocala Höhle: aktuelle paläontologische und vorgeschichtliche Grabungen im Triestiner Karst.

(5.3): Kurze Fahrt nach Duino, zu den Quellen des Timavo, jenem Karstfluß, der in Slowenien, bei Skocjan, als Reka in den Untergrund verschwindet (siehe Pos. 4.1).

(5.4): Im Anschluß, wenn Zeit ist, kurze Begehung des "Rilke-Weges" bei Duino (Rainer Maria Rilke: "Duineser Elegien" im Zeitraum 1911–1912).

(5.5): Rückfahrt über Monrupino (Repentabor); Besuch der alten fossilreichen Kreidekalk-Steinbrüche, die den sogenannten "Karstmarmor" als bedeutenden Baustein - auch für die Wiener Ringstraße - geliefert haben.

(5.6): Wenn Zeit bleibt: Rückfahrt über Trebiciano nach Basovizza: Besuch des "Karststeingartens". Rückfahrt über die dortige Grenze und über Lokev – Divaca – Razdrto zum Gasthof Hudicevec

### **Geologischer Rahmen des Triestiner Karsts**

Gemeinsam mit dem slowenischen Anteil des "Klassischen Karstes" gehört der Triestiner Karst zum Triest-Komen-Plateau. Es ist charakterisiert durch eine Karbonatstratigraphie, die vom Aptian bis Albien in der Oberkreide bis zum frühen Eozän reicht. Die Einheit wird zusammengefaßt als "Triestiner Karstkalk Formation", die aus verschiedenen Schichtgliedern besteht (CUCCHI & PUGLIESE, 1996. JURKOVSEK et al., 1996);(Abb. 17).

Eingelagert in diverse Sedimentationsbecken treten die Flyschformationen als vorerst schmaler küstenbildender Streifen auf, der sich, steil abtauchend in den Golf von Triest, nach Südost, ab dem Bereich der Stadt Triest, Richtung Slowenien deutlich verbreitert. Die größte Verbreitung hat der Flysch aber im Golf von Triest (CALLIGARIS et al., 1999).

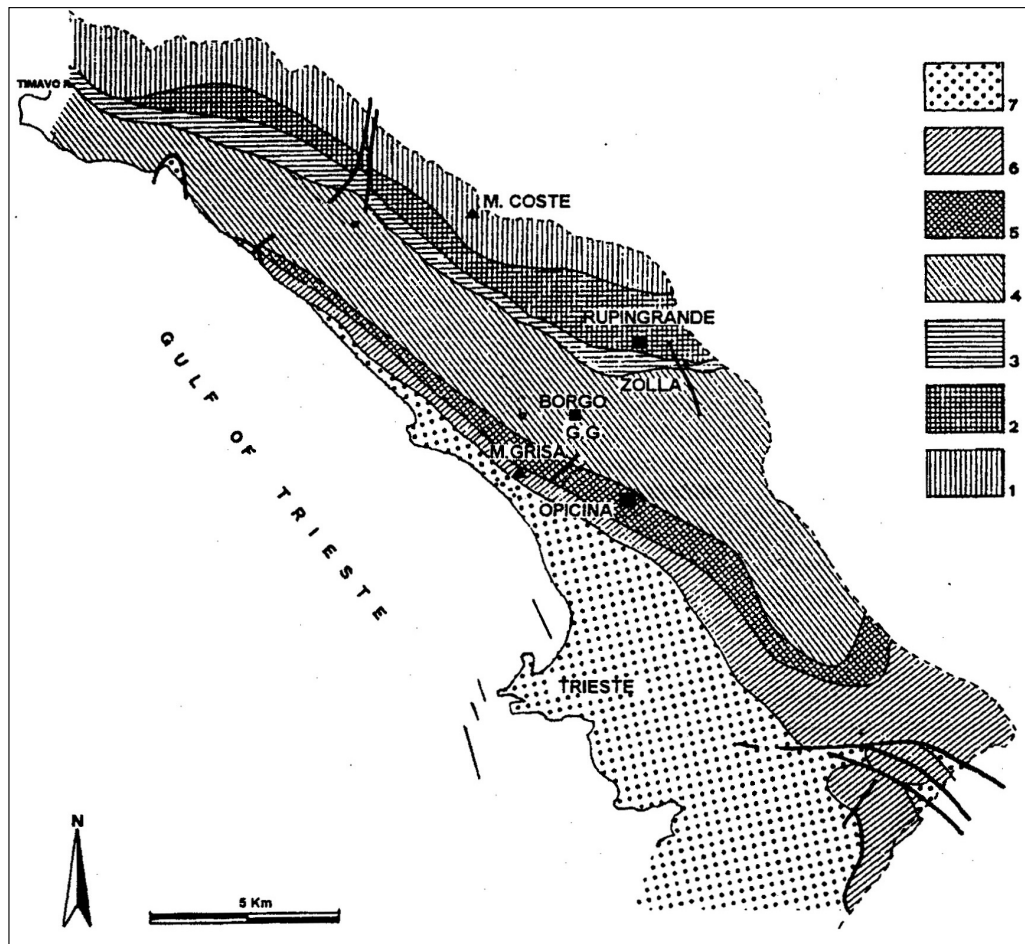


Abb. 17

Vereinfachte geologische Karte der Karstregion von Triest (nach CUCCHI & PUGLIESE, 1996). Legende: Karbonat-Formation mit den Schichtgliedern: 1: Mt. Coste -, 2: Rupingrande -, 3: Zolla -, 4: Borgo Grotta Gigante -, Mt. Grisa -, Opicina -; 7: Flysch Formation.

### Steinbruch von Aurisina

Im heute noch sehr aktiven Steinbruch von Aurisina wird in zwei tief reichenden Gruben Kreidekalk abgebaut. Hier haben auch schon die Römer gearbeitet, der begehrte Stein wurde dabei sogar in unterirdischen Riesencavernen abgebaut. Teile dieser Anlagen sind heute noch zu sehen. Der Kalkstein ist sehr fossilreich. Im Handstück - oder besser auf den geschnittenen Flächen - sind zahlreiche Quer- und Längsschnitte von becher- bis röhrenförmigen Muscheln erkennbar.



Sie geben Einblick in den ehemaligen Lebensraum eines tropischen Flachmeeres der Kreidezeit. Die ursprünglich im Lebensraum festgewachsenen Muscheln treten einzeln oder in Kolonien auf. Die dunklen mit runden Querschnitten sind Radiolitiden, die hellen mit im Querschnitt sichtbaren Schloßzähnen sind Hippuriten. Beide stammen aus der Oberen Kreide vor ca. 70 - 80 Millionen Jahren.

Der Stein läßt sich gut scheiden und schleifen. In Verwendung ist er als Bau-, Werk- und Dekorstein; zu letzterem zählen vorwiegend Fußbodenplatten, Wandverkleidungen, Stufenplatten, Balustraden. Der Stein von Aurisina wird je nach Typus unter den Handelsbezeichnungen "Fior di Mare", "Brecciato di Aurisina" "Aurisina Fiorito" etc. auf den Markt gebracht. Die Verwendung ist weltweit (SEEMANN & SUMMESBERGER, 1999).

In letzten Jahren hat man im Steinbruch auch Reste eines Dinosauriers gefunden. Nach Auskunft von R. Calligaris ist es bis jetzt noch nicht gelungen ihn einer schon bekannten Art zuzuordnen.

#### **Pocala Höhle** (nach pers. Mitt. von R. CALLIGARIS, Triest)

Die Grotte wurde am 2. Februar 1893 entdeckt. Etliche Forscher führten hier bis 1929 Grabungen in den Höhlensedimenten durch: hervorzuheben sind die Forscher Perko, Moser, Marchesetti, Neumann und Battaglia. Auf der Faunenliste waren vorallem der Ursus spelaeus, aber auch Felis leo, Capra ibex, Rangifer tarandus und andere.

Die Höhle, die aus einer kleineren Eingangsstrecke und einer Haupthalle besteht, befindet sich etwa 30 Meter unter der Karstoberfläche, die maximale Längserstreckung ist 100 m. Im Höhlenbereich wurden auch Hinweise auf Menschen aus dem Paläolithikum gefunden (pers. Mitt. R. Calligaris, Triest).

Vor 4 Jahren hat das Museum in Triest wieder mit großangelegten neuen Forschungen und Grabungen in dieser Höhle begonnen. Der Grund liegt einerseits in der Bearbeitung und der Datierung des Höhlenbären (ca. tausend Exemplare sind bisher, einschließlich der früheren Aktivitäten, gefunden worden). Andererseits sollen die begleitenden Fossilien wie auch die tiefreichenden Sedimente untersucht werden. Um Vergleiche zu haben, hat man nicht nur in der Pokala Höhle, sondern auch im Bereich anderer Karsthöhlen Kernbohrungen machen lassen. Dabei soll mit modernen geochemischen Methoden und z.T. mit neuen Datierungsmethoden Alter, Liefergebiet und Ablagerungsmilieu erarbeitet werden.

In der selber Zeit sind auch geophysikalische Messungen und Bohrungen durchgeführt worden, um weitere Fortsetzung der Höhle zu finden. Die maximale Mächtigkeit der Sedimente in der Haupthalle der Höhle beträgt mehr als 17 Meter. Es wird zudem noch eine traditionelle Grabung durchgeführt, damit für didaktische Zwecke auch ein Idealprofil samt Stratigraphie zur Verfügung steht.

#### **Die Quellen des Timavo bei Duino**

Wie schon unter (4.1) beschrieben ist der Fluß Timavo ein Wiederaustritt der Reka, die aus dem slowenischen Hinterland, nach einer 40 km langen unterirdischen Fließstrecke bei den Quellen von Duino wieder an die Oberfläche tritt. Nach wenigen 100 m gelangt der Fluß endgültig in die Adria. Viele Forscher haben schon versucht den exakten Verlauf des Höhlenflusses festzustellen. Der Quellaustritt ist in Nähe von San Giovanni di Duino, am Nordrand des Golfs von Triest. In seinem Mündungsgebiet steht die alte Basilika von San Giovanni in Tuba, die von einem dichten Auwald umgeben ist.

Es ist ein interessanter Ort, vor dem Kirchenbau gab es schon ein römisches Heiligtum aus dem 5.– 6. Jh. Nicht weit entfernt kann man im Innern einer kleinen Grotte einen 1965 entdeckten kleinen Tempel des Gottes Mithras bewundern.

In einigen Höhlen und Schächten im Bereich des Karstes zwischen Skocjan und dem Golf von Triest kann man so tief absteigen (bis zu 350 m), daß man die unterirdische Reka erreichen kann. Punktuell kann man daher den ungefähren Verlauf des Höhlenflusses rekonstruieren (Abb.18). Schon lange bekannt ist der Schlangenschacht und der Schacht von Trebiciano. Im letzten zwei Jahren hat man zwei weitere Abstiege bis zur Reka gefunden. Es sind dies die Grotte "Lazzaro Jerko", nahe Monrupino im Triestiner Karst und die Grotte "der drei Generationen", zwischen Skocjan und dem Schlangenschacht, in der Nähe von Divaca.

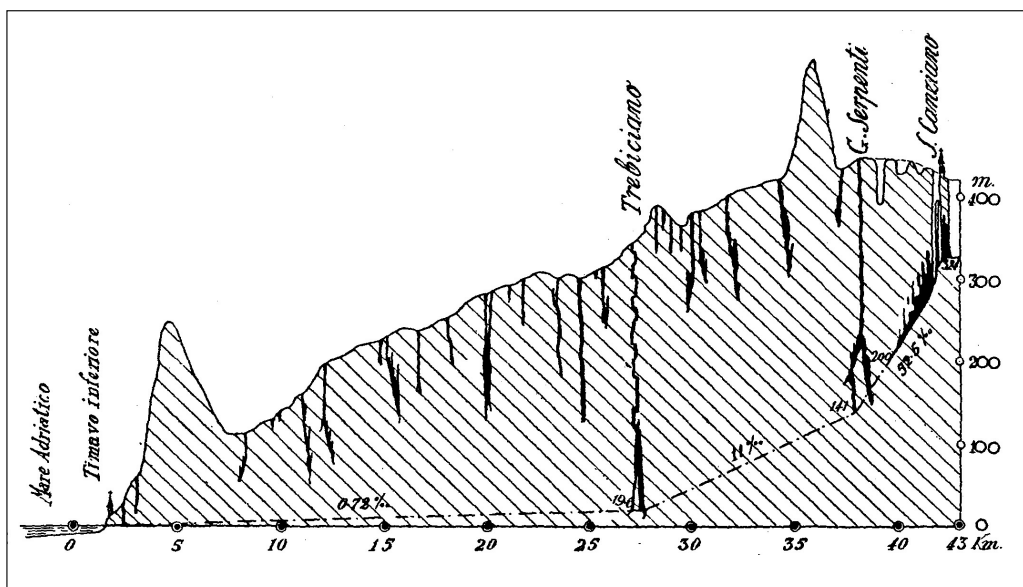


Abb.18

Schnitt (überhöht) durch den Karst zwischen Skocjan (S. Canziano) an der Hochfläche und Duino an der Adria. Der z.T. angenommene unterirdische Verlauf der Reka bis zu den Timavoquellen. Einige Schächte (u.a. Trebiciano, Serpenti) führen von der Oberfläche bis zum unterirdischen Fluß (nach SELLA, 1929).

### "Rilke-Weg" bei Duino

Der ursprünglich als Duiner Spazierweg bekannte Pfad enthielt den Namen des deutschen Dichters, der es besonders liebte hier während seines Aufenthaltes von 1911–1912 spazieren zu gehen ("Duineser Elegien").

Der "Rilke-Weg" beginnt in Duino und führt nach Sistiana. Der Weg schlängelt sich an einem der bezauberndsten Abschnitte der Küste entlang, seine Gesamtstrecke beträgt 1700 m. Neben der reizvollen Landschaft sind hier auch botanische und zoologische Besonderheiten zu beobachten.

### **Monrupino (Repentabor)**

Die Steinbrüche von Monrupino sind schon einige Jahre stillgelegt. Hier wurden die kompakten fossilreichen Kreidekalke abgebaut, die im Handel auch "Karstmarmore" genannt wurden. Große Mengen davon gelangten in der Monarchiezeit als begehrter Bau- und Dekorstein u.a. nach Wien und fanden hier Verwendung in den zahlreichen Prunkbauten der Ringstraße, auch im Naturhistorischen Museum sind sie eingesetzt (SEEMANN & SUMMESBERGER, 1999).

### **Verwendete und weiterführende Literatur**

- CALLIGARIS, R., DOLCE, S. & BRESSI, N. (1999): Flysch; Trieste tra marna e arenaria. - Comune di Trieste, Assessorato alla Cult. Museo Civ. Di Storia Nat., 109 S.
- CUCCHI, F. & PUGLIESE, N. (1996): Karst of Trieste. - in International workshop POSTOJNA '96: The role of impact processing in the geological and biological evolution of planet earth; Eds.: DROBNE, K., GORICAN, S. & KOTNIK, B., Ljubljana; 133-136.
- SEEMANN, R. & SUMMESBERGER, H. (1999): Wiener Steinwanderwege; Die Geologie der Großstadt. - Verl. Christian Brandstätter, Wien, 159 S.
- SELLA, M. (1929): Estese migrazioni dell' anguilla in acque sotterranee. - R. Comitato Talassografico Italiano, Venezia, Memoria CLVIII, 3-17.

## **Sechster Exkursionstag**

23. 09. 2001

Schwerpunktthema: TRIESTINER KARST

Exkursionspunkte: **(6.1) (siehe Abb. 14)**

Tagesführer: Dott. Ruggero Calligaris (Museo Civico di Storia Naturale, Trieste)

### **Fahrtroute und Aufschlußpunkte**

(6.1): Fahrt über Senožece – Sezana – Ferneti (Grenze; Treffen mit Dr. Ruggero Calligaris) weiter über Opicina zur Grotta Gigante.

Sonderführung durch die "Grotta Gigante" im Triestiner Karst bei Rupingrande.

Rückreise über Monfalcone – Udine – Villach – Klagenfurt – Wien.

### **Grotta Gigante**

Der Karst ist jene weitläufige Hochebene oberhalb der Stadt Triest, die bis in das benachbarte Slowenien reicht. Die Gegend ist auf der ganzen Welt bekannt für die Vielfalt ihrer "Karstphänomene", das heißt für die große Anzahl von Höhlen, unterirdisch verlaufenden Flüssen und riesigen Dolinen. Auf italienischem Staatsgebiet gibt es in diesem Bereich nur eine Schauhöhle, und das ist die "Grotta Gigante". Es handelt sich um eine Tropfsteinhöhle von riesigem Ausmaß. Der unterirdische Raum ist in der Mitte 107 m hoch, 65 m breit und 160 m lang. Der gesamte Petersdom in Rom würde in diesen Höhlenraum hineinpassen! Aufgrund dieser Dimensionen steht dieses Höhle seit 1995 im Guinness-Buch der Rekorde!

Im Jahre 1840 wurde die Höhle von Antonio Frederico Lindner zum ersten Mal erforscht. Andreas Perko hat sie 1897 vermessen. 1905 schuf der Club dei Touristi Triestini die für die Besucher notwendigen Einrichtungen und eröffnete im Jahre 1908 den Schaubetrieb. Gleich nach dem Ersten Weltkrieg gelangte die Höhle in den Besitz des Julischen Alpenvereins. Die Elektrifizierung erfolgte erst 1957.

Die Besichtigung der Höhle beginnt am "schachtförmigen" Zustieg, der 1905 künstlich erweitert wurde. Viele in den Stein gehauene Stufen führen einen Gang hinab, der schließlich in die "Große Höhle" mündet. Hier sind auf riesigen Versturzböcken zahlreiche, von der Form her eigenartige Stalagmiten und Stalagmitengruppen entstanden.



Im mittleren Teil der großen Halle sind auf weiteren Versturzböcken und der rechten Wand entlang unzählige weitere Stalagmiten entstanden. Diese Tropfsteinbildungen haben eines gemeinsam: ihrer Form nach gleichen sie "aufeinandergestapelten Tellern". Das Tropfwasser, das sie bildet, fällt aus so großer Höhe herunter, daß es durch die Wucht des Aufpralls auf der Spitze des Tropfsteins zerstäubt. Die Ablagerung des Kalksinters findet daher vorwiegend am äußeren Rand des Stalagmitenkopfes ab; dadurch wird die Spitze des Bodenzapfens breit und flach. Der Querschnitt (wie auch das Höhenwachstum) des Tropfsteins ist damit gesetzmäßig abhängig von der Ca- und CO<sub>2</sub>-Konzentration der Tropflösung, vom CO<sub>2</sub>-Partialdruck im Höhlenraum und von der Fallhöhe (FRANKE, 1963; BÖGLI, 1978).

Der Weg führt den linken Rand der großen Halle entlang und mündet in die "Säulengalerie". Der größte Stalagmit, die "Ruggero-Säule", ist 12 m hoch! Eine Treppe führt nun aufwärts zum Altarsaal. Der Weg windet sich von hier hinauf zur hinteren Wand. In den letzten Jahren hat man eine kühn angelegte Treppe bis zum Deckengewölbe der riesigen Höhle geschaffen. Über einen künstlich angelegten Stollen erreicht man das Belvedere mit einem beeindruckenden Rückblick. Schließlich gelangt man durch einen natürlichen Tunnel zum oberen Eingang und damit ins Freie. Die Besichtigung der Höhle dauert ca. 45 Minuten, die Höhlentemperatur beträgt etwa 11 - 12°C.

### **Observatorium für die Erdzeiten in der Grotta Gigante**

In der großen Halle fallen zwei 100 m lange Kunststoffröhren auf. Es handelt sich dabei um eine außergewöhnliche wissenschaftliche Meßstation, die 1959 vom Institut für Geodäsie und Geophysik der Universität Triest geschaffen wurde (MARUSSI, 1962). Die Meßstation ist mit Geräten ausgestattet, die auch die geringste Oszillation der Scheinsenkrechten erfassen und Vertikalabweichungen von 30 Tausendstel Bogensekunden feststellen können.

Solche minimalen Abweichungen sind auf die wechselseitige Wirkung der lunisolaren Anziehungskraft und der elastischen Erdkrustenkrümmungen zurückzuführen. Zu diesen Forschungszwecken werden "horizontale Pendel" verwendet, die gemäß dem Zöllnerschen Prinzip an zwei Drähten befestigt sind. In dieser Meßstation ist dank des hohen Höhlenraumes eine auf der Welt einzigartige Technik angewendet worden. Die Pendel sind überdimensioniert und daher in der Lage, Meßwerte anzuzeigen, die sonst mit den üblichen Laborinstrumenten nicht erfaßbar wären.

Besonders wichtig ist zudem das konstante Klima in der Höhle.

Die ununterbrochene Aufzeichnung der Pendelschwingungen und der Oszillation der Scheinverтикаlen zeigt Phänomene an, die auf die Wechselwirkung von lunisolaren Kräften bei den "Erdzeiten" und der Verlagerung von Wassermassen bei der Gezeitenfolge an der Oberen Adria zurückzuführen sind. Die Pendel stellen eine äußerst sensible Meßvorrichtung dar. Sie reagieren auf Erdkrustenbelastungen verschiedenster Art wie zum Beispiel auf Luftdruckänderungen, auf das Gewicht der Schneedecke in den Alpen und auch auf unterirdische Wasserströmungen innerhalb der Karstmassen. Angeschlossen an die Pendeleinrichtung ist auch eine seismische Station.

#### **Verwendete und weiterführende Literatur**

- BÖGLI, A. (1978): Karsthydrographie und physikalische Speläologie. - Springer Verl., Berlin, Heidelberg, New York, 392 S.
- FRANKE, H. W. (1963): Formprinzipien des Tropfsteins. - Akten des 3. Int. Kongresses für Speläologie 1961 in Wien-Obertraun-Salzburg, II, 63 ff.
- MARUSSI, A. (1962): La stazione per l'osservazione delle maree terrestri nella Grotta Gigante. - Alpi Giulie; Sez. di Trieste del club alpino italiano, Soc. Alp. Delle Giulie, 56,1, 20-22 (1961-62).