

MITT. ÖSTERR. MINER. GES. 145 (2000)

GEOLOGIE-, PETROLOGIE- UND LAGERSTÄTTEN-EXKURSION
NACH ZENTRAL-ARGENTINIEN

von

A. Mogesssie, A. Felfernig, C.A. Hauzenberger, G. Monsberger,
E. Domej, E. Povoden, J. Schafflechner, T. Leber, P. Ofner,
P. Wilflingseder, R. Rabitsch & U. Koch

Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie
Karl-Franzens Universität Graz, A-8010 Graz

E. Bjerg & D. Gregori

Departemento de Geologia
Universidad Nacional del Sur, San Juan 670, Argentinien

R. Lira & R. Martino

Departemento de Geologia
Universidad Nacional de Cordoba, Av. Velez Sarsfeld 299, Argentinien

Exkursion Februar - März 1999

1. VORWORT

Im Jahre 1992 wurde ein geowissenschaftliches Projekt (FWF-P9564-PHY) mit dem Thema "A preliminary study of the metamorphism and associated mineralization of the Mendoza-Cordoba areas of the Argentinian Cordilleras and Pampean Ranges" beim FWF beantragt. Mit finanzieller Unterstützung des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF), der Steiermärkischen Landesregierung und des Büros für Auslandsbeziehungen war es G. Hoinkes und A. Mogessie möglich, in Argentinien für vier Wochen (Sept. - Okt. 1993) Geländearbeiten mit den argentinischen Kollegen E. Bjerg (Univ. Bahia Blanca), R. Lira (Univ. Cordoba) und D. Mutti (Univ. Buenos Aires) durchzuführen. In dieser Voruntersuchung wurde in Zusammenarbeit mit argentinischen Kollegen ein Ost-West-Profil von den Sierras Pampeanas bis an die Anden im Bereich Cordoba - Mendoza petrologisch und geochemisch bearbeitet.

Anhand der Geländebeobachtungen und der Ergebnisse der Voruntersuchung wurde das Gebiet zwischen El Trapiche im Süden und La Carolina - San Francisco del Monte de Oro im Norden (San Luis Provinz, Central Argentinien) als ideales Gebiet ausgewählt. Mit Hilfe der Gelände- und Laborergebnisse der Voruntersuchung wurde ein gesondertes Projekt mit dem Titel "Metamorphism and Mineralization of the Basement and intercalated mafic-ultramafic rocks: La Carolina - San Francisco del Monte de Oro area, San Luis Province, Central Argentina" im Jahr 1994 beantragt. Dieser FWF-Antrag (P10623-TEC) wurde im Jahr 1995 genehmigt und die Forschungsarbeit am 2. Okt. 1995 begonnen und am 30.09.1998 abgeschlossen. Die Geländearbeiten in Argentinien wurden von A. Mogessie, G. Hoinkes, C. Hauzenberger (Dissertant) und A. Felfernig (Diplomandin) gemeinsam mit unserem argentinischen Kollegen, Herrn E. Bjerg (Universität Bahia Blanca), und seinem Arbeitsteam durchgeführt. Für weiterführende petrologische und geochemische Laboruntersuchungen wurden die gesammelten Proben nach Graz geschickt und wissenschaftlich bearbeitet.

Nach Abschluß dieses FWF-Forschungsprojekts wurde in Zusammenarbeit mit unseren argentinischen Kollegen (E. Bjerg und D. Gregori, Universität Bahia Blanca; R. Lira und R. Martino, Universität Cordoba) diese Exkursion organisiert und vom 15. Februar bis 4. März 1999 durchgeführt. Dieser Exkursionsbericht wurde von drei Gruppen fertig gestellt (Cordoba Gebiet: G. Monsberger, P. Ofner, T. Leber, E. Povoden; San Luis Gebiet: C. Hauzenberger, J. Schaflechner, U. Koch; Mendoza Gebiet: A. Felfernig, E. Domej, R. Rabitsch, P. Wilflingseder). Wir danken J. Kostadinoff und seinem Assistenten A. Raniolo (Universität Bahia Blanca) für ihre Einführung in geophysikalische Explorationsmethoden im San Luis Gebiet. Darüber hinaus danken wir der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Graz für die finanzielle Unterstützung und dem Geologischen Institut der Universität Bahia Blanca, Argentinien, für die Logistik.

Für Korrektur und sorgfältige Durchsicht des Manuskriptes danken wir F. Koller.

2. EINFÜHRUNG IN DIE GEOLOGIE SÜDAMERIKAS

Die tektonische Entwicklung Westgondwanas wird von den Geschehnissen um den Brasiliano/Westafrikanischen-Zyklus bestimmt, der das gesamte Spätproterozoikum umfaßt und an der Kambrium-Ordovizium-Grenze endet. Einer der wichtigsten Entwicklungszyklen für den stabilen Südamerika Schild ist der Brasiliano-Zyklus. Während der NW-Teil als eine sehr große Kontinentalplatte fungiert, enthält der SO-Teil eine Serie von kleinen Fragmenten kontinentaler Platten bzw. Mikrokontinente (Kratone), magmatische Bögen und allochthone Gebiete (de BRITO

NEVES & CORDANI, 1991). Das Brasiliano-Gebiet umfaßt auch die Pan-Afrika-Gegenstücke, die gemeinsam mit den Brasiliano Gebieten bei der Verschmelzung Westgondwanas als Folge einer komplizierten Kollision und Anpassung von großen Kontinentalmassen angesehen werden kann.

Der darauffolgende Famatinia-Zyklus (Ordovizium–frühes Karbon) ist geprägt von weiterer Akkretionstektonik und der Ausbildung der argentinischen Precordilleren und der Sierras Pampeanas im Süden und der Puna im Norden (RAMOS, 1988). Ultramafische Gesteine am Westrand der Sierras Pampeanas werden als nahe der Subduktionszone gebildet angesehen und somit als Suture zwischen den Sierras Pampeanas und den Precordilleren interpretiert. Im weiteren Verlauf der Entwicklung des Kontinents wandert die Subduktionszone (und somit die Orogenfront) kontinuierlich westwärts und ist in weiterer Folge verantwortlich für die Bildung der Anden (z.B. Andockung des Chile Terranes, Ausbildung magmatischer Gürtel).

Die wichtigsten tektonischen Einheiten von E nach W bestehen aus: a) Sierras Pampeanas, b) Precordillera, c) Cordillera Frontal (Bloque de San Rafael in Argentinien), d) Principal Cordillera und e) Coastal Cordillera.

Ab dem Mesozoikum bis rezent spielt die Subduktion der segmentierten Nazca-Platte, die in diesem Bereich nahezu horizontal die Sierras Pampeanas unterlagert (JORDAN et al., 1983) und die Andenbildung bzw. -tektonik die entscheidende Rolle für die weitere Entwicklung.

3. CORDOBA PROVINZ

3.1 Geologie der Sierras Pampeanas von Cordoba

Die Sierras Pampeanas von Cordoba sind die östlichsten Ausläufer der gesamten Sierras Pampeanas, die im wesentlichen aus 3 verschiedenen Bergketten bestehen: a) Sierra Norte (NNO), b) Sierra Chica (Kleine Sierra) und c) Sierra Grande de Achala.

Die aktuelle Morphologie der Sierras von Cordoba (Abb. 1) ist vor allem von der westwärts gerichteten Tektonik (flache Subduktion der Nazca Platte) geprägt, die während der Andenogenese (Plio- bis Pleistozän) stattgefunden hat. Während dieser Zeit wurden die gesamten Sierras von Cordoba von Westen nach Osten aufgeschoben, gehoben, verengt und rotiert. Die Sierras von Cordoba stellen in morphologischer Hinsicht N-S bzw. NNO-NO streichende Bruchschollen-Einheiten dar, die durch steil nach Osten einfallende Brüche (40° - 60°) begrenzt werden.

Das Basement der Sierras Chica und Sierras Grande von Cordoba (Abb. 1) besteht aus Phylliten, (Diopsid-) Marmoren, Para- und Orthogneisen, Granuliten, Migmatiten, Anatexiten, Pegmatiten und Graniten, sowie aus mafischen und ultramafischen Gesteinen. Im Allgemeinen steigt der Metamorphosegrad von Westen nach Osten an. Die San Roque Gruppe im westlichen Teil der Sierra Chica (Abb.1) besteht aus Glimmerschiefern, Amphiboliten, während man in der El Diquecito Gruppe (östlich der San Roque Gruppe) Migmatite, Orthopyroxen-Granulite, Gneise, und Diopsidamphibolite findet.

Die Sierras Grande von Cordoba besteht hauptsächlich aus dem Achala-Batholith, der erstmals von PASTORE (1932) beschrieben wurde. Der Achala Batholith liegt zwischen der Sierra Chica im Osten und der Sierra de Pocho im Westen (Abb. 1). Die längste Achse des elliptischen Intrusivkörpers erstreckt sich 105 km lang Richtung Norden. Seine Größe beträgt 2500 km².

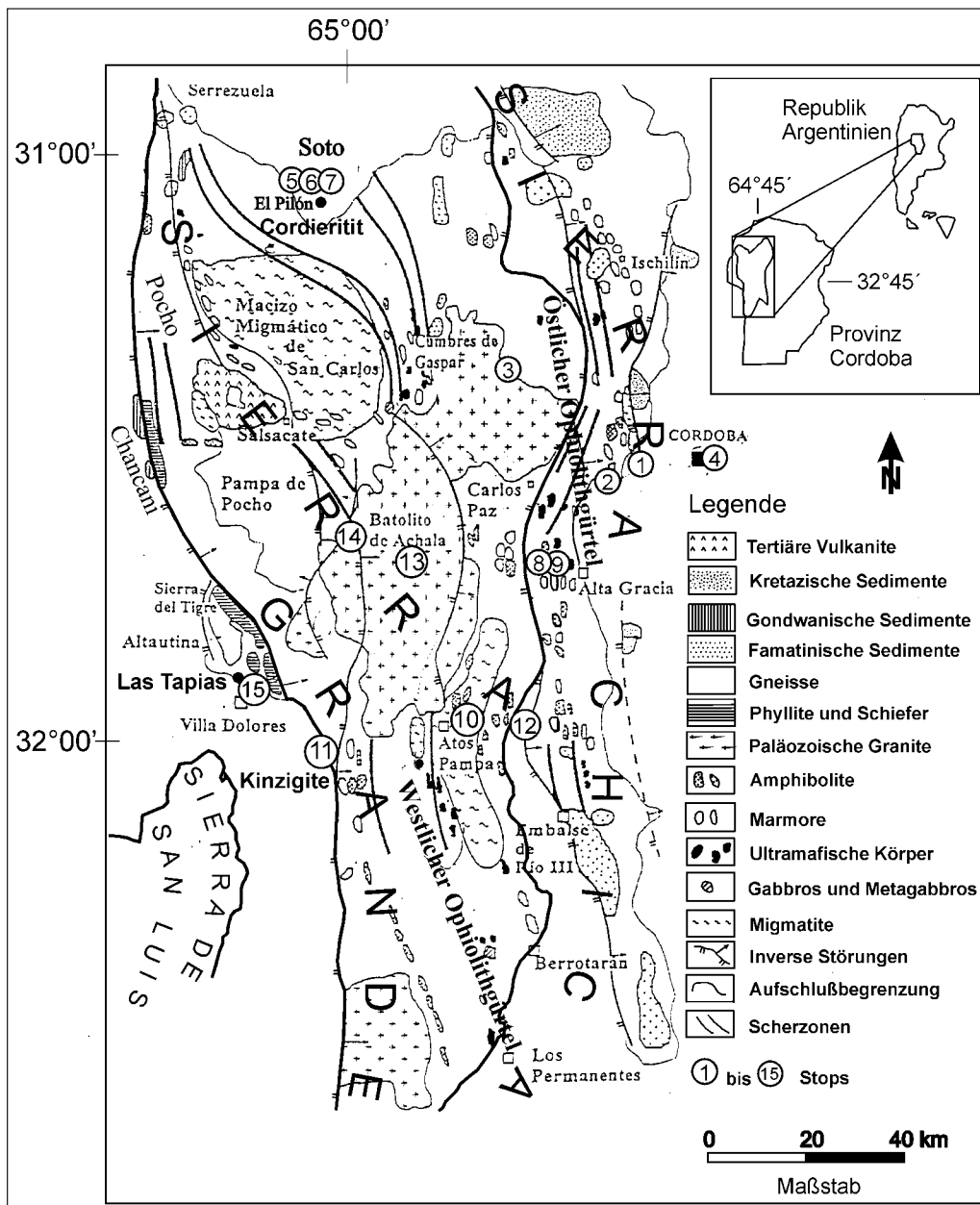


Abb. 1
Geologische Karte des Cordoba Gebiets (nach ESCAYOLA et al., 1996) mit allen Exkursions-Stops.

Der Batholith intrudierte in ein spätpräkambrisches, amphibolit- bis granulitfaziell metamorphes Basement. Basierend auf radiometrischen und geochemischen Daten teilten DEMANGE et al. (1993) den Achala-Batholith in 4 unterschiedliche Suiten ein (Abb. 2):
a) Achala-Suite, b) Characato-Suite, c) Champaqui-Suite und d) Cumbrecita-Suite.

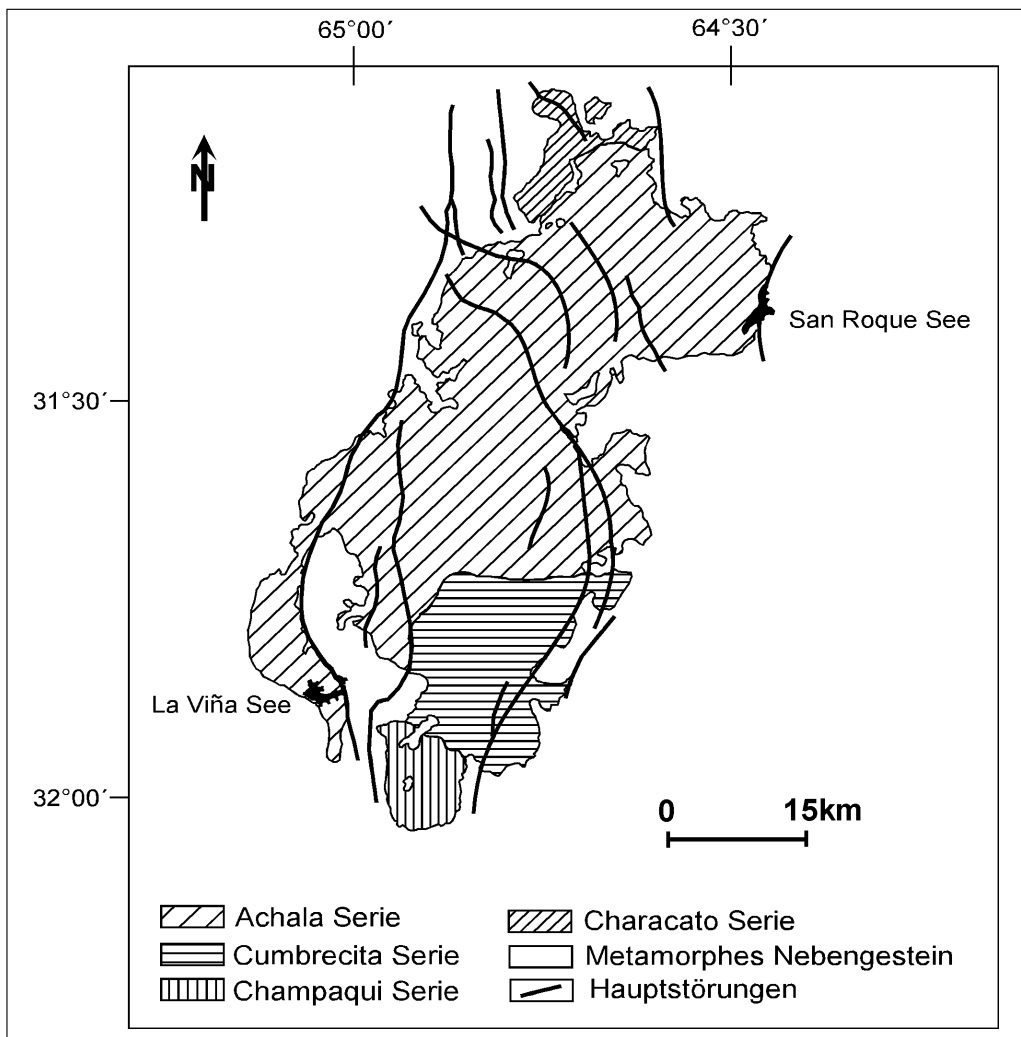


Abb. 2
Gliederung des Achala-Batholiths. Modifiziert nach DEMANGE et al. (1993).

Die Kontakte zwischen den einzelnen Suiten sind intrusiv oder tektonisch, und jede einzelne Suite besteht aus mehreren Faziesbereichen von tonalitischen über granodioritischen bis hin zu leucogranitischen Gesteinen. Die Achala-Suite stellt die Hauptserie des Batholiths mit einem Flächenanteil von etwa 70% dar. Der Kontakt des Intrusivs mit dem metamorphen Nebengestein ist regional scharf und diskordant.

Eine Kontaktaureole mit Hornblende-Hornfels-faziellen Cordierit- und Andalusit-führenden Gesteinen ist in mehreren Bereichen dokumentiert (z.B. GORDILLO & LENCINAS, 1979). Eine geringe Intrusionstiefe wird durch das Auftreten von Andalusit angezeigt. Uraninit-führende kontaktmetamorphe Gesteine mit Cordierit und Andalusit wurden in der westlichen Kontaktzone beschrieben. Häufig findet man "roof pendants" vor allem in kontaktnahen Bereichen. Dies deutet darauf hin, daß sich das jetzige Erosionsniveau nahe dem Dach des Intrusivs befindet.

Innerhalb der Sierras Grande von Cordoba treten häufig Pegmatite auf, die aus Quarz, Mikroklin, Plagioklas und Muskovit bestehen. Zum Teil treten wirtschaftlich interessante Mineralvorkommen von Beryllium, Lithium und Wolfram auf. Der Las-Tapias-Pegmatit im Südwesten des Achala-Batholiths bildet die wichtigste Berylliumlagerstätte Argentiniens. Weiters treten bis zu 4 m lange Spodumenkristalle auf. Im Cerro-Blanco-Pegmatit und Mallin-Pegmatit im Nordosten wurden vor allem Quarz, Feldspat und Beryll sowie Columbit-Tantalit abgebaut.

Die mafischen und ultramafischen Körper der Sierras de Cordoba (siehe Abb. 1) kommen in zwei getrennten Zügen mit steil nach Osten einfallenden Schichten vor. Petrographische und geochemische Signaturen (ESCAYOLA et al., 1996) lassen für diese Komplexe zwei verschiedene geotektonische Milieus und dadurch zwei verschiedenen Ophiolithtypen erkennen.

Der östliche mafisch-ultramafische Gürtel (Faja oriental) besteht im wesentlichen aus Lherzoliten und Websteriten. Der westliche mafisch-ultramafische Gürtel (Faja occidental) besteht aus Harzburgiten, Kumulatgabbros und podiformen Chromiten. Das Alter der Einheiten wird je nach Autor mit Spätpräkambrum bis Kambrum angegeben.

3.2 Deformations- und Metamorphoseereignisse des Basements der Sierras Pampeanas in Cordoba

Mit den Deformations- und Metamorphoseereignissen der Sierras Pampeanas in Cordoba befaßten sich vor allem GORDILLO & LENCINAS (1979), GORDILLO (1984), DALLA SALDA (1984a-b, 1987), MARTINO (1988), DEMANGE et al. (1993), CAFFE (1993), CAFFE & BALDO (1996): a) Bei einer ersten Metamorphose M1 kommt es unter amphibolitfaziellen Bedingungen zur Bildung von Sillimanit, Granat, Biotit, b) die zweite Metamorphose M2 ist durch Temperaturen von 650°C–700°C und Drucken von 5.5–6.0 Kb gekennzeichnet. Am Höhepunkt dieser Metamorphose bilden sich große migmatische Bereiche mit der Paragenese Cordierit-Granat-Kalifeldspat, c) die dritte und letzte Metamorphose M3 zeigt niedrige Temperaturen und ist retrograd. Es kommt zur Chloritisierung von Granat und Serizitisierung von Feldspat.

Während der beiden ersten Metamorphoseereignisse gab es mindestens drei Perioden magmatischer Aktivität in Form von Intrusionen. Die erste bzw. zweite Deformation findet synchron zu M1 und M2 statt. Es handelt sich hauptsächlich um duktile Deformationen, wobei nach der Metamorphose M2 eine Foliation ausgebildet wird.

3.3 Petrologische und geochemische Untersuchungen des Achala- Batholiths

Der peraluminöse Charakter des Achala-Batholiths wird deutlich durch den durchschnittlichen normativen Korundgehalt von mehr als 3%, niedrigen CaO-Werten, sowie das weit verbreitete Vorkommen von Muskovit und Granat. Im AFM-Diagramm plotten die Granitoide im hochdifferenzierten kalkalkalinen Bereich (Abb. 3).

Die geochemischen Daten deuten darauf hin, daß die Gesteinstypen des Achala-Batholiths alle zur selben magmatischen Serie gehören und daß ihre Bildung auf fraktionierte Kristallisation zurückzuführen ist. Die Granitoide lassen sich aufgrund folgender Belege als S-Typ-Granitoide charakterisieren (CHAPPELL & WHITE (1974), PITCHER (1982), WHITE et al. (1977)):

a) hohes $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO})$ -Verhältnis, b) Fehlen von Hornblende und Vorkommen von Muskovit und Granat und c) begrenzter Bereich der chemischen Zusammensetzung und hohe Quarzgehalte. Die Granitoide plotten als Within Plate-Granite im Y-SiO₂-Diagramm (Abb. 4) und im Rb-SiO₂-Diagramm nach PEARCE et al. (1984) (Abb. 5).

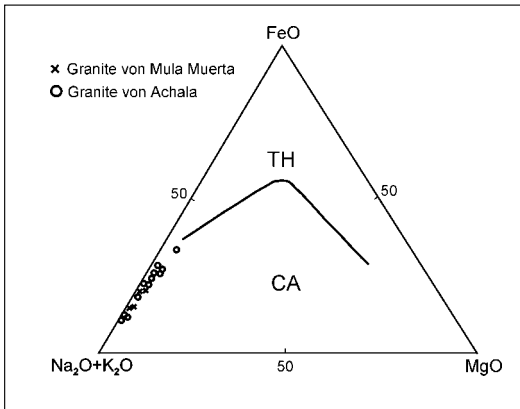


Abb. 3

Charakterisierung der Gesteine des Achala-Batholiths im AFM-Diagramm. Modifiziert nach LIRA & KIRSCHBAUM (1990).

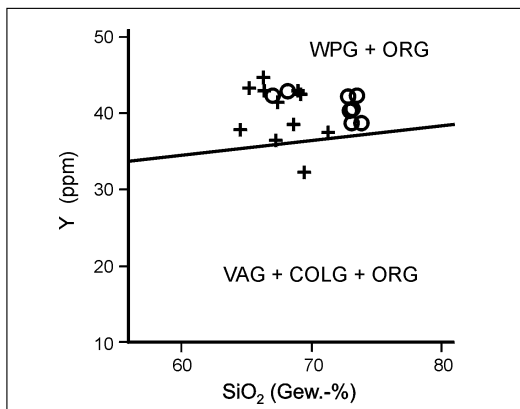


Abb. 4

Y-SiO₂-Plot für Gesteine der Achala-Suite, Legende wie in Abb. 3. Modifiziert nach LIRA & KIRSCHBAUM (1990).

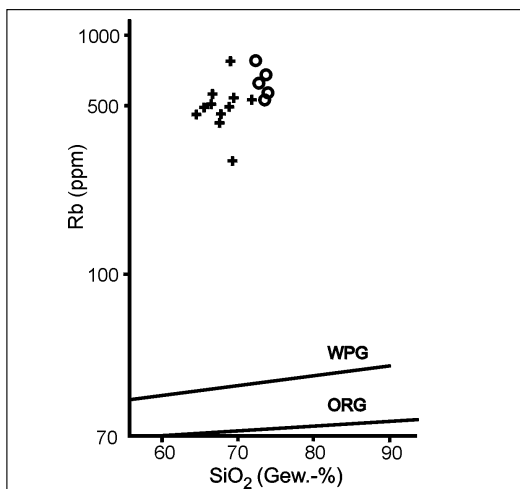


Abb. 5

Rb-SiO₂-Plot für Gesteine der Achala-Suite, Legende wie in Abb. 3. Modifiziert nach LIRA & KIRSCHBAUM (1990).

3.4 Niederdruck-Anatexis im El-Pilon-Komplex, nördliche Sierras Grande (San-Carlos-Komplex)

Im granitischen Komplex von El Pilon südlich von Soto (siehe Abb. 1) befinden sich spektakuläre Cordieritvorkommen. Es handelt sich dabei um Gesteine, die bis zu 95 % aus Cordierit bestehen. Nach einem Model von RAPELA et. al. (1997) wurden diese Gesteine während einer Hochtemperatur-Niederdruck-Metamorphose gebildet, welche in weiten Bereichen der Sierras de Cordoba zur Bildung von partiellen Schmelzen geführt hat.

Die maximalen P-T-Bedingungen ($P = 5.7 \pm 0.4$ kb, $T = 820^\circ\text{C} \pm 25^\circ\text{C}$) dieser granulitfaziellen Prägung findet man im Bereich der östlichen Sierras de Cordoba. U-Pb und Rb-Sr-Datierungen geben für dieses Ereignis ein Alter von ca. 520 - 530 Ma. Der El-Pilon-Komplex umfaßt ein Gebiet von ca. 80 km² und kann wie folgt untergliedert werden: a) Der Großteil des Komplexes besteht aus Sill-Crd-Bt-führendem porphyrischem Anatexit. Der Körper zeigt einen scharfen Kontakt zum Umgebungsgestein (hochgradige Metasedimente). Weiters findet man Xenolithe des Nebengesteins und Biotit-Sillimanit-Knauern, b) im NE des El Pilon ist ein Bereich von ca. 2.7 km² einer Leukogranitfazies (Sill-Crd-Bt-Gt-führender Monzogranit) aufgeschlossen, c) im Leukogranit stecken vier Cordierit-Körper, die eine Längserstreckung von bis zu 140 m erreichen (Abb. 1: Lokalität Cordieritit) und d) Leukogranit und Anatexit werden von granitischen Gängen durchdrungen.

Die Cordierite liegen als vier längliche Körper im Leukogranit vor. Sie sind aus 5 - 40 cm großen "eiförmigen Gebilden" (orbikulare Cordierite) aufgebaut, die einen dunklen Kern, bestehend aus orientiertem Biotit, Sillimanit, Cordierit \pm Feldspat, besitzen. Dieser Kern wird von einem Saum von grobkörnigen Cordierit-Kristallen (ca. 1–2 cm) \pm Quarz \pm Plagioklas (An_{20-26}) umgeben (siehe Abb. 6). Diese Konkretionen "schwimmen" in einer Matrix aus Leukogranit (Quarz, perthitischer Kalifeldspat und Plagioklas). Neben der orbikularen Varietät gibt es auch massive Cordierite, die aus 90–95% Cordierit bestehen. Sie zeigen Übergänge zu dunkleren Bereichen, die modal bis zu 40% Biotit enthalten können. Als häufige Akzessorien werden Apatit, Zirkon und Turmalin beschrieben. Die Cordierit-Körper führen Xenolithe von porphyrischem Granit und zeigen scharfe Grenzen zu inselförmig aufgeschlossenen Schiefen (Biotit, Quarz, Plagioklas und Kalifeldspat). Es existiert deutliche strukturelle Evidenz für eine Intrusion der Cordierite in den Leukogranit bzw. in die Schiefer. Geologische, geochemische und Isotopendaten zeigen, daß zwischen dem Anatexit, dem Leukogranit, den Cordieriten und dem Umgebungsgestein (hochgradige Metapelite) eine enge Verwandtschaft besteht. Aus diesen Indizien schließen RAPELA et.al. (1998), daß der Leukogranit, die pegmatitische Fazies und die Cordierite durch eine partielle Aufschmelzung von Metasedimenten im Dachbereich des Granitkörpers unter niedrigen Drücken entstanden sind. Die Modellreaktion für diesen Schmelzprozeß kann wie folgt angegeben werden:



Ablauf der Reaktion: Große Cordieritkristalle (Mg-reich, $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}) = 66$) wachsen bis ein Edukt-mineral verbraucht ist (z.B. Plagioklas). Der neugebildete Cordierit sammelt sich um einen restitischen Kern von Biotit und Sillimanit (\pm Cordierit \pm Kalifeldspat). Massiver Cordierit zeigt den Extremfall, daß die Ausgangszusammensetzung so gegeben war, daß die Reaktion vollständig ablaufen konnte. Die übrige Schmelze intrudierte in das Nebengestein und bildete die Leukogranite.

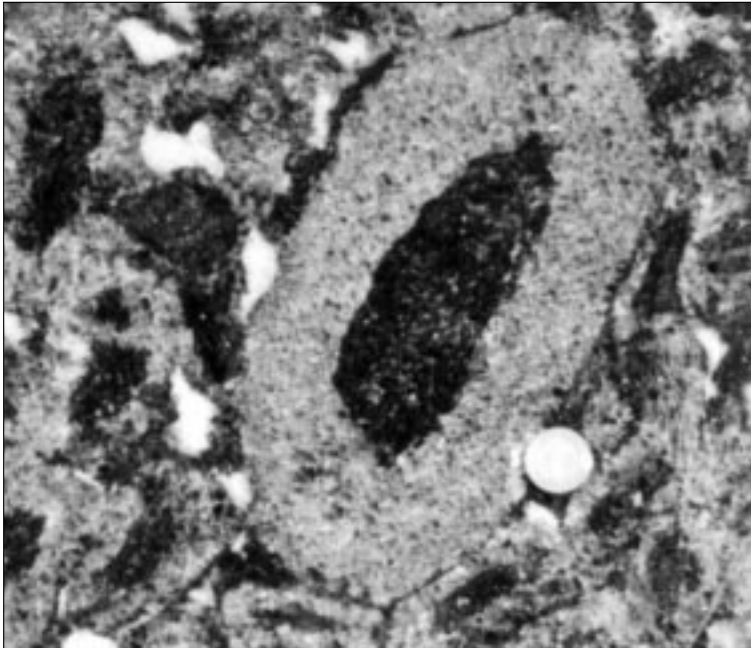


Abb. 6

Orbikularer Cordierit.

4. SAN LUIS PROVINZ

4.1 Basement

Die Sierras de San Luis, ein Teil der Sierras Pampeanas, befinden sich in Zentralargentinien (Abb. 7). Die Blockstruktur der Sierras Pampeanas entwickelte sich während der tertiären Andengebirgsbildung (JORDAN et al., 1983), das kristalline Grundgebirge selbst wurde im Präkambrium bis Paläozoikum gebildet (RAMOS, 1988). Das kristalline Basement wurde durch zwei verschiedene Deformationsereignisse gebildet: die erste Deformation sieht man in steil nach Westen einfallenden Schieferungsflächen (T1) und die zweite Deformation zeigt steil nach Osten einfallende Schieferungsflächen mit vertikaler Bewegungsrichtung (T2). Das Kristallin wird aus grünschieferfaziellen, amphibolitfaziellen und granulitfaziellen Gesteinen, mafisch-ultramafischen Körpern, Metagraniten und Pegmatiten aufgebaut. Die grünschieferfaziellen Gesteine, Phyllite und Phyllonite, treten vorwiegend im Osten der Sierras de San Luis auf. Einige kleinere Vorkommen gibt es auch innerhalb des höhergradigen Grundgebirges. Temperaturen von ca. 400°C konnten von den grünschieferfaziellen Gesteinen abgeleitet werden. Der Großteil des kristallinen Grundgebirges wird aus amphibolitfaziellen Gesteinen gebildet. Diese Gesteine können aufgrund der zwei Deformationsereignisse in zwei Gruppen eingeteilt werden: a) die erste Deformation (T1) fand unter amphibolitfaziellen Bedingungen (A1) statt. Die Gleichgewichtsm mineralparagenese lautet: Staurolith - Granat - Biotit - Muskovit - Plagioklas - Quarz - Ilmenit \pm Fibrolith \pm Chlorit., b) die zweite, lokal begrenzte Deformation (T2) erfolgte ebenfalls unter amphibolitfaziellen Bedingungen (A2), überprägte dabei granulitfazielle Paragenesen (G), die durch die Intrusion der mafisch-ultramafischen Gesteine entstanden. Die Mineralgesellschaft dieser zweiten amphibolitfaziellen Metamorphose beinhaltet Granat - Biotit - Sillimanit - Plagioklas - Quarz - Rutil \pm Orthoklas \pm Muskovit (A2).

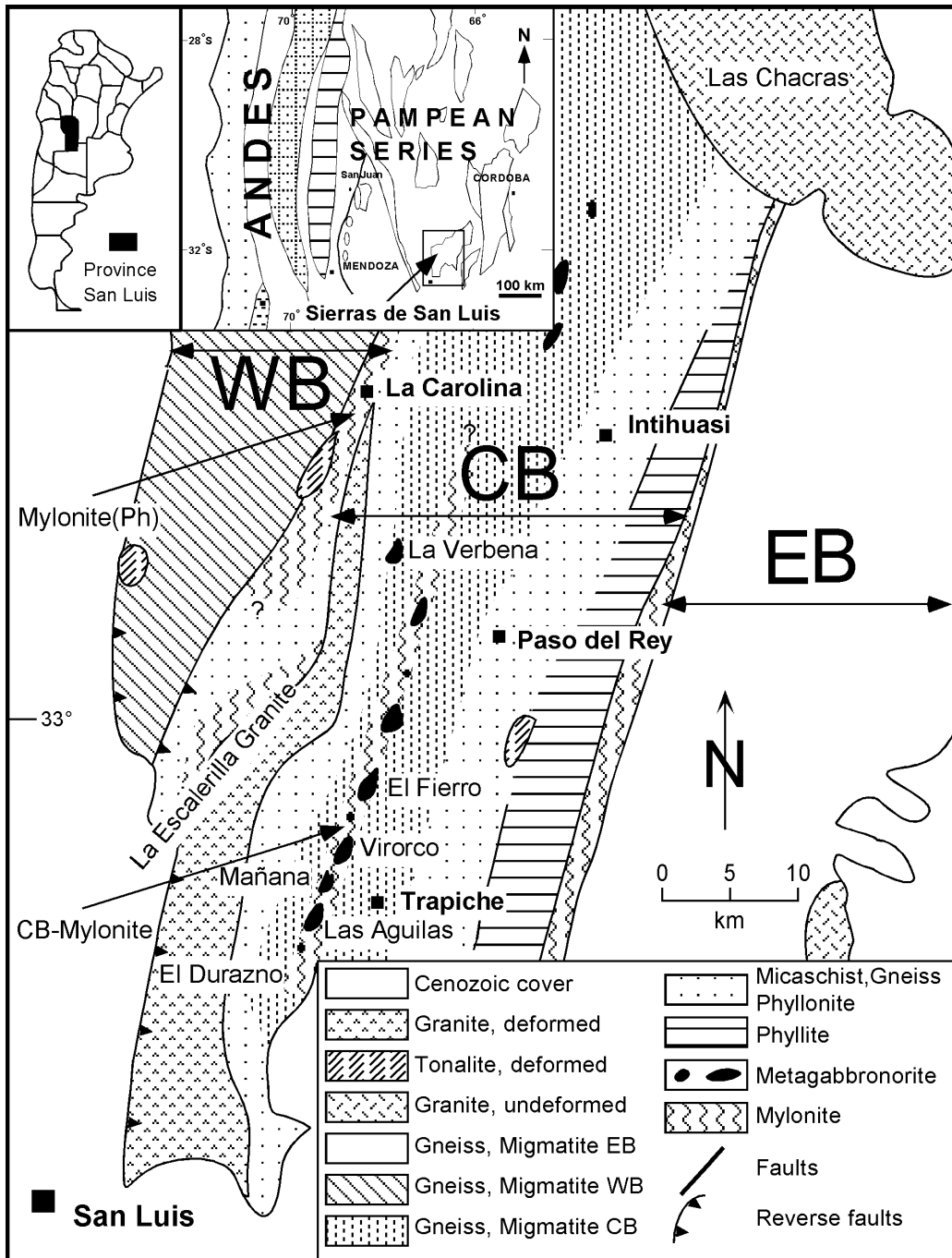


Abb. 7

Vereinfachte geologische Karte der Sierras de San Luis (nach VON GOSEN, 1996).

WB = Westlicher Block; CB = Zentraler Block; EB = Östlicher Block.

Die an der Oberfläche auftretenden mafisch-ultramafischen Linsen, sind Teil eines großen Intrusionskomplexes. Diese Intrusion bewirkte eine granulitfazielle Metamorphose (G) in den Kontakthöfen. Die granulitfazielle Mineralparagenese besteht aus Granat - Cordierit - Sillimanit - Biotit - Orthoklas - Plagioklas - Quarz - Rutil - Ilmenit \pm Orthopyroxene. Die meisten granulitfaziellen Proben sind aber aufgrund des zweiten Deformationsereignisses (T2) zum Teil retrograd überprägt (A2). Die Druck- und Temperaturbedingungen des ersten amphibolitfaziellen Ereignisses (A1-T1) betragen 540°C bis 630°C, die lokale granulitfazielle Metamorphose fand bei 700°C bis 800°C statt (G), und das lokal überprägende amphibolitfazielle Ereignis fand bei 600°C bis 650°C statt (A2-T2). Der Druck blieb mit 6 bis 7.5 kbar relativ konstant. Orthopyroxen, Cordierit-Sillimanit und Skapolith führende Mineralparagenesen, sowie primäre Flüssigkeitseinschlüsse zeigen eine sehr variable Wasseraktivität während der Metamorphose an. In den meisten Mineralparagenesen konnte aber eine Wasseraktivität von 0.6 abgeleitet werden. Die abgeleiteten Druck und Temperaturbedingungen der einzelnen Gesteinstypen lassen sich am besten mit einem P-T-Pfad im Gegenuhrzeigersinn erklären. Zuerst wurde das Kristallin einem regionalmetamorphen Pfad von 40°/km entsprechend amphibolitfaziell überprägt (A1), durch die Intrusion erfolgte lokal eine granulitfazielle Metamorphose (G). Während der Abkühlung erfolgte dann noch einmal eine lokal begrenzte Deformation (T2), die zu einer amphibolitfaziellen Überprägung führte (A2) (Abb. 8). Die geologische Position des Kristallinblocks der Sierras de San Luis könnte im "back-arc"-Bereich eines Orogens sein (HAUZENBERGER et al., 1999).

4.2 PGE-Mineralisation in Las Aguilas

In mehreren Bohrkernen aus dem Bereich Las Aguilas wurden Platingruppenminerale (PGM), Merenskyit-Melonit, Sperrylit und Irarsit-Hollingworthit gefunden. Das Vorkommen dieser Platingruppenminerale ist an eine Anreicherung von Sulfiden (Magnetkies, Kupferkies und Pentlandit) und Cr-Spinell geknüpft. Idiomorphe Körner von Merenskyit-Melonit und Sperrylit, die in Sulfiden eingeschlossen sind, zeigen deutlich eine magmatische Kristallisation an. Aufgrund des zweiten Deformationsereignisses (T2) kam es zu einer Fluidzirkulation in den mafisch-ultramafischen Körpern und es wurden hierbei Platingruppenminerale (PGE) lokal mobilisiert, transportiert und als Platingruppenminerale wieder abgelagert. Dieser zweite Teil der Mineralisation, der für die Bildung von Merenskyit-Melonit, Sperrylit und Irarsit-Hollingworthit verantwortlich ist, ist immer mit wasserhältigen Mineralen (Chlorit, Amphibol, Serpentin oder Biotit) verbunden (MOGESSIE et al., 1996, HAUZENBERGER et al., 1997). Chondritnormalisierte Diagramme der Platingruppenminerale von Bohrkernproben zeigen einen Trend der für "layered intrusions", wie Stillwater, Bushveld und Talnakh, typisch ist (Abb. 9).

4.3 Geochemie der mafischen Körper

Geochemische Untersuchungen der mafisch-ultramafischen Körper zeigen, daß sie einem tholeiitischen Differentiationstrend folgen. Variationsdiagramme der Haupt- und Spurenelemente und der chondritnormalisierten seltenen Element-Muster (SEE) zeigen, daß alle Körper während des gleichen magmatischen Ereignisses gebildet wurden. Die fehlende Korrelation in den Rb-Sr- und Sm-Nd-Isotopensystemen deuten eine Krustenkontamination an.

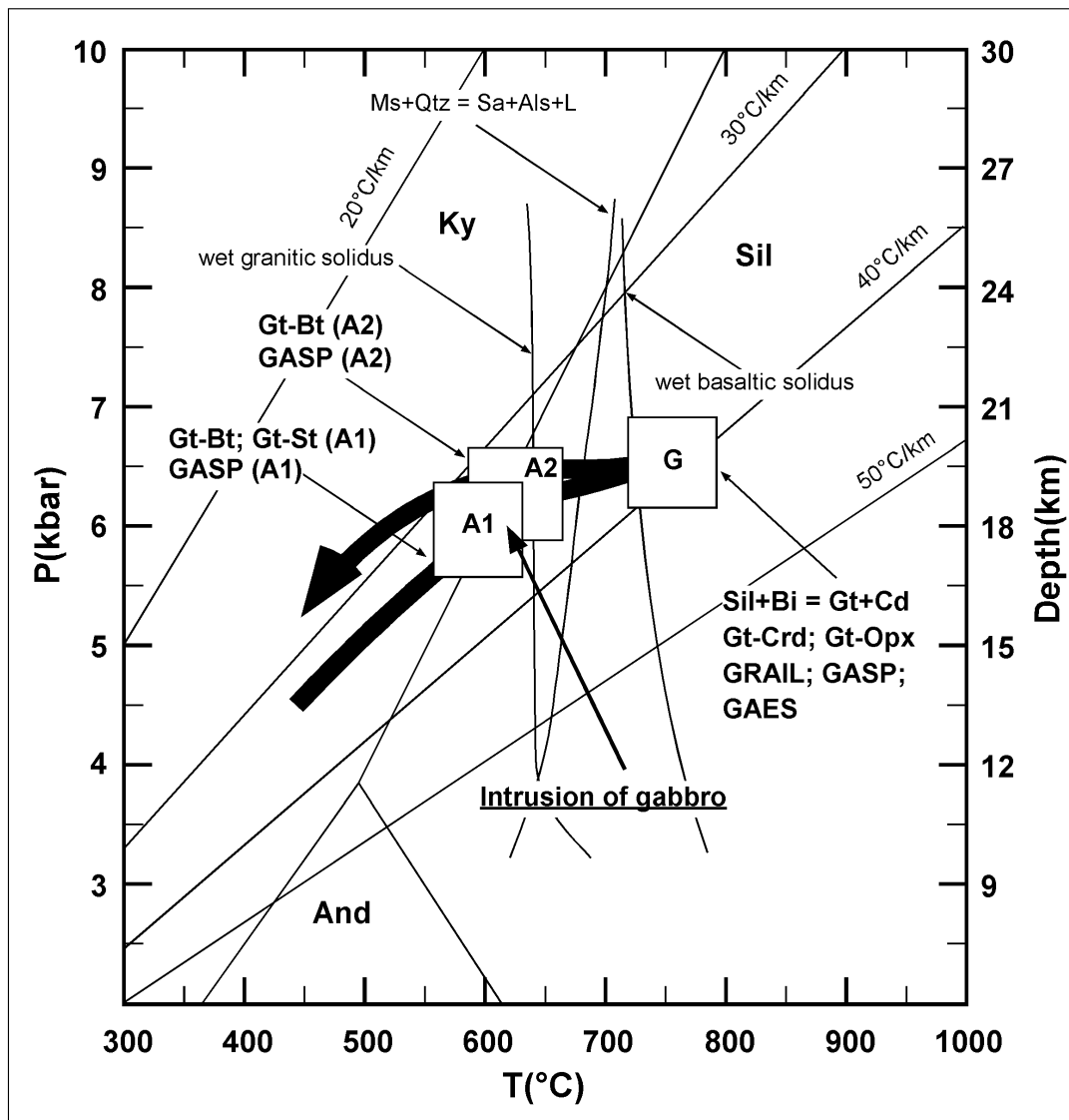


Abb. 8

P-T-Pfad für den zentralen Block der Sierras de San Luis. Die erste metamorphe Überprägung erfolgte bei $580^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ und 6.1 ± 0.5 kbar, die granulitfaziellen Bedingungen erreichten $770^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ und 7 ± 0.5 kbar und die überprägenden Metamorphosebedingungen in der Mylonitzone waren $620^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ und 6.5 ± 0.5 kbar.

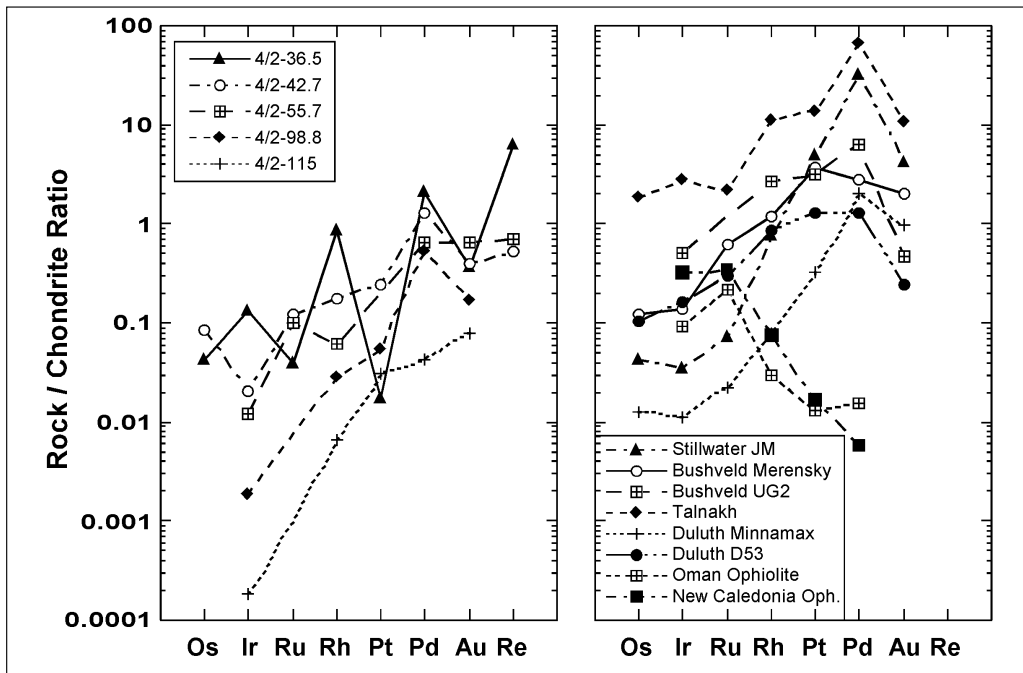


Abb. 9

Chondritnormalisierte Gesamtgesteinsdiagramme von Platingruppenelementen zeigen in den Proben von Las Aguilas einen Trend, wie er in anderen "within-plate-basalt"-Gebieten auftritt (z.B.: Stillwater (SW-JM), Duluth (Dul), Bushveld (Bv), Talnakh). Ophiolittrends (Oman, Neukaledonien) zeigen eine deutlich unterschiedliche Steigung.

5. MENDOZA PROVINZ

5.1 Precordillera - Cordillera Frontal (Bloque de San Rafael)

Die Precordilleren sind ein Schiefer- und Faltengürtel, der aus früh- bis spätpaläozoischen Sedimenten gebildet ist (RAMOS, 1990). Die Westseite der Precordilleren wurde während des Famatinischen Zyklus durch die Akkretion von allochthonen Terranes im Devon stark deformiert. Die westliche Begrenzung ist das Iglesia-Caligasta-Uspallata-Tal, das dem ehemaligen paläozoischen Plattenrand entspricht. Die Gesteine sind nur teilweise aufgeschlossen. Es existieren ebenfalls präkambrische bis frühpaläozoische metamorphe Gesteine, wobei die paläozoischen in zwei Zyklen sedimentieren: a) kambrisch-devonische marine Sedimente mit eingeschalteten basischen Gesteinen und b) karbon-permische marine und kontinentale Sedimente (Molasse). Permisch-triassische andesitische-rhyolitische Vulkanitdecken (Choiyoi-Gruppe) lagern auf den älteren Gesteinen auf. Karbonische und triassische Granite werden in allen Lagen gefunden. Die Gesteine werden im Westen von mesozoischen Schichten der Cordillera Principal und Intrusionen paläozoischer und karbon-permischer Granite teilweise überlagert.

Die Choiyoi-Gruppe ist in den südlichen Precordilleren, in der Cordillera Frontal und im Bloque San Rafael aufgeschlossen und wird mit dem Plutonismus aus diesem Zeitraum (zeitlich und chemisch) assoziiert. Es handelt sich um andesitische Lava, rhyolitische Tuffe und Ignimbrite, seltener um Trachyte und keratophyritische Laven. Diese Vulkanite liegen über den karbonischen bis frühpermischen Lagen und werden selbst von mittel- bis spättriassischen Sedimenten überlagert.

5.2 Cordillera Principal

Die Cordillera Principal oder Hauptanden sind das Ergebnis der Patagonides und der Anden-Orogenese während des Mesozoikums und Känozoikums. Es erfolgen mehrere Sedimentationszyklen, die mit Extensionstektonik zusammenhängen, und Jura-Kreide Vulkanismus. Eiszeitablagerungen aus verschiedenen Epochen sind in den Tälern abgelagert, und pliozäne-quartäre Ablagerungen zeigen die stark kontinuierliche Hebung des Orogens an. In Chile, Argentinien und Bolivien sind die zentralen Anden in einem Stadium, das mit den Nordamerikanischen Cordilleren vor ca. 60 Ma zu vergleichen ist (JORDAN et. al., 1983). Daten aus Erdbebenuntersuchungen ergeben eine Konvergenzrate zwischen der Nazca- und der Südamerika-Platte von 9 bis 10 cm/Jahr. Geophysikalische Untersuchungen haben gezeigt, daß die Oberfläche der Nazca Platte zwischen Ecuador und Süd Chile segmentiert ist, und zwar in 5 Teilsegmente, die mit unterschiedlichen Abtauchwinkeln subduziert werden. Ein flaches Segment befindet sich auf 28° bis 33°S auf Höhe der Sierras Pampeanas und wird hier sub-horizontal (ca. 10° Abtauchwinkel) subduziert. Die Benioff Zone folgt dieser Morphologie und ist im flachen Segment auf Höhe der Sierras Pampeanas ebenfalls im höheren Bereich anzutreffen. Diese Segmentierung ist über der Benioff-Zone in den Anden ebenfalls vorzufinden. Beispielsweise gibt es in Bereichen mit der subhorizontalen Zone keinen quartären Vulkanismus, in Bereichen mit steilem Einfallen findet man hingegen Vulkanketten der quartären Farellones Formation. Mit Einsetzen der Quechua-Phase, eine um 7 Ma einsetzende Deformationsphase, wird die vulkanische Aktivität im Bereich der flachen Subduktion beendet. Auch die Morphologie und Tektonik (z. B. Längstäler und Störungszonen, Terranegrenzen und Küstengebiete) stehen eng im Zusammenhang mit der Segmentierung der Nazca-Platte und der daraus resultierenden Geologie.

5.3 Coastal Cordillera

Hierbei handelt es sich hauptsächlich um paläozoische Metamorphite, Sedimente, Plutonite und permisch-triassische Vulkanite (v. a. in der Cordillera Principal).

Im östlichen Bereich befindet sich ein regionalmetamorpher Gürtel aus dem späten Paläozoikum, mit Glaukophanschiefern und ozeanischem Material, der an die westlichen, niedriggradigeren Gesteine angeschweißt ist. Diese wiederum sind mit karbon-spättriassischen, granitischen Plutonen assoziiert (in Valparaiso, Chile auch silurisch-devonisch).

6. EXKURSION

CORDOBA PROVINZ

Vom 17.2.1999 bis 21.2.1999 wurden 15 Aufschlüsse in den Sierras Pampeanas von Cordoba, Provinz Cordoba besucht.

1. Exkursionstag

Besuch der Universität, Einführung in die regionale Geologie der Sierras de Cordoba und Besprechung der geplanten Aufschlüsse durch Raul Lira und Roberto Martino. Besuch des mineralogischen Museums der Universität Cordoba.

2. Exkursionstag

Fahrt von Cordoba Richtung Westen durch quartäre Sedimente und kretazische Konglomerate zur geologischen Gruppe El Diquecito (Abb. 1).

Stop 1

Lokalität: El Diquecito, 20 km westlich von Cordoba, (S 31°21.354' W 64°22.269')

Aufschluß: Marmorsteinbruch; Einführung in die regionale Geologie des Gebietes

Gesteinsbeschreibung: Besichtigung der La-Loma-Ancha-Granite und der hochgradigen Orthogneise, Marmore (Cal + Dol + Di + Fo), Granulite (Opx + Bt + Plg + Qtz + Hbl + Mag + Ilm + Grt), und Migmatite (Kfs + Qtz + Crd + Grt + Bt + Sil ± Plg).

Stop 2

Lokalität: San-Roque-Gruppe, 5 km westlich von Stop 1. (S 31°21.102' W 64°24.038')

Aufschluß: Straßenkehre

Gesteinsbeschreibung: Metamorphosegrad nimmt ab (Grünschiefer bis Amphibolitfazies). Straßenaufschluß mit Amphiboliten (Hbl + Bt + Plg + Qtz + Ttn + Mag + Ilm) und tonalitischen Gneisen (Sil + Ms + Bt + Plg + Qtz), die netzartig von aplitischen Gängen durchdrungen werden.

Stop 3

Lokalität: Pampa de Olaen - Sierra Grande (S 30°59.252' W 64°43.915')

Aufschluß: Scheelit-Mine, 1.5 km südwestlich der Straße.

Gesteinsbeschreibung: Skarne (metasomatische Veränderung des Gesteins am Kontakt eines magmatischen Körpers) am Westrand des Achala-Batholiths. Mineralfundstelle von Epidot, Vesuvian, Almandin, Elbait, Scheelit- und Wismutvererzung.

3. Exkursionstag

Stop 4

Lokalität: Zentrum von Cordoba

Aufschluß: Fassade eines Gebäudes (siehe Abb. 6)

Gestein: Polierte Dekorplatten aus orbikularem Cordierit (Crd ± Kfs + Bt + Plg ± Sil ± Qtz).

Stop 5

Lokalität: El Pilon bei Soto; 100 km nordwestlich von Cordoba und nördlich des Achala-Batholites (S 30°56.286' W 64°59.918')

Aufschluß: Gesteinsaufschluß entlang der Straße

Gesteinsbeschreibung: Nebengestein der Cordieritite: hochgradige Gneise und Migmatite (Melano- und Leukosome)

Stop 6

Lokalität: 5 km nördlich von Stop 5 (S 30°58.209' W 64°59.282')

Aufschluß: Cordieritit Steinbruch

Gesteinsbeschreibung: Massiver Cordieritit (bis zu 95 % Cordierit) mit eingeschuppten, deformierten Gneis- und Aplitlinsen.

Stop 7

Lokalität: 2 km nördlich von Stop 6 (S 30°58.204' W 64°59.707')

Aufschluß: Cordieritit Steinbruch

Gesteinsbeschreibung: Orbikularer Cordieritit: Gestein mit 15 cm großen "eiförmigen" Biotitkonkretionen im Kern und Cordierititrandern.

Reaktion: $Bt + Sil + Plg + Qtz + Fluid$ (Kernbereich) \Leftrightarrow $Crd \pm Kfs + Fluid$ (Randbereich).

4. Exkursionstag

Stop 8

Lokalität: Paß an der Straße in Richtung Alta Gracia (südlich von Cordoba)

Ausblick auf ein geologisches N-S-Profil der Sierra Chica, die im Süden in die tertiär-quartäre Sedimentdecke eintaucht. Weiters sieht man das Punilla-Tal, welches die Sierra Chica von der Sierra Grande trennt.

Stop 9

Lokalität: Verde-Alpe-Steinbruch (S 31°33.091' W 64°34.721')

Aufschluß: Es handelt sich um einen Teil des mafisch-ultramafischen Gürtels (Faja Oriental), in dem seit 40 Jahren Serpentin abgebaut wird. Der gesamte Bereich ist etwa 2000 m lang, 800 m breit und zeigt eine antiklinale Struktur.

Gesteinsbeschreibung: Es handelt sich um serpentinierte, ultrabasische Körper (Peridotite, Harzburgite, Pyroxenite), welche in Richtung N 35° streichen. Die Umgebungsgesteine sind Amphibolite und Metakarbonate.

Stop 10

Lokalität: Atos-Pampa-Santa-Rosa-Fluß (S 32°01.921' W 64°43.123')

Aufschluß: entlang dem Flußbett des Santa Rosa nahe der Brücke.

Gesteinsbeschreibung: Es handelt sich um einen Teil des Massives von Atos Pampa (südlicher Teil der Sierra Grande) und besteht aus stromatitischen und diatexitischen Migmatitvorkommen, die folgende Paragenese zeigen: $Kfs + Qtz + Crd + Grt + Bt + Sil + Plg$. Dieser Bereich wurde durch eine Scherzone überprägt und zeigt eine ostvergente Struktur.

Stop 11

Lokalität: Yacanto, ca. 2–3 km vom Santa-Rosa-Fluß entfernt (S 32°02.640' W 64°43.576')

Aufschluß: Steinbruch mit Kinzigitabbau in Form von Blöcken

Gesteinsbeschreibung: Bei Kinzigiten handelt es sich um restitische Gesteine einer hochgradigen metamorphen Entwicklung mit folgender Paragenese: Crd + Grt + Plg + Qtz ± Bt ± Mt. Die Kinzigite sind geklüftet und zeigen eine penetrative Mineralregelung, wobei Quarz und Plagioklas entlang der Foliation gestreckt sind.

Stop 12

Lokalität: Kreuzung zur Hauptstraße in der Nähe von Villa General Belgrano.

Aufschluß: Straßenböschung

Gesteinsbeschreibung: Überschiebung des quartären Konglomerates durch kambrisches Basement.

5. Exkursionstag

Ost-West Profil (130 km lang) entlang der Bundesstraße Nr. 20 durch den Achala Batholit.

Stop 13

Lokalität: 80 km westlich von Cordoba entlang der Bundesstraße Nr. 20

Aufschluß: Straßenaufschluß

Gesteinsbeschreibung: Es handelt sich um einen porphyritischen Monzogranit, der die tiefste Einheit des Batholites darstellt. Weiters treten diskordante lamprophyrische Gänge (Kreide?) auf.

Stop 14

Lokalität: Von Stop 13, 6 km weiter nach Westen entlang der Bundesstraße Nr. 20.

Aufschluß: Straßenaufschluß

Gesteinsbeschreibung: Biotit-Apatit Kumulate (Einschlüsse) treten in porphyritischen Monzograniten mit einer Größe von wenigen cm bis dm auf. Der Biotitanteil erreicht meist 50 Modal-%, der Apatitgehalt beträgt etwa 20 Modal-%, weiters kommen auch Magnetit, Quarz und Muskovit vor. SHRIMP-Studien an Zirkon aus den Biotit-Apatit-Einschlüssen ergaben ein Alter von 368 ± 2 Ma.

Stop 15

Lokalität: Villa Dolores/Las Tapias (S 31°56.645' W 65°05.329')

Aufschluß: Steinbruch: Las Tapias Pegmatit (südlicher Rand der Sierras Altautina)

Gesteinsbeschreibung: Pegmatitintrusion in einen dioritischen Körper mit komplexer Zonierung. Vormalig wichtigste Berylliumlagerstätte Argentiniens.

1. Aufschluß: Beryll-Kalifeldspat-Quarz-Zone.

2. Aufschluß: 100 m lange Stollen mit bis zu 4 m großen Mega-Spodumenkristallen.

PROVINZ SAN LUIS

6. Exkursionstag

Vom 21. bis 26. Februar wurden insgesamt 15 Aufschlüsse in den Sierras de San Luis besucht. Abb. 10 zeigt auf einer geographischen Karte alle Stops.

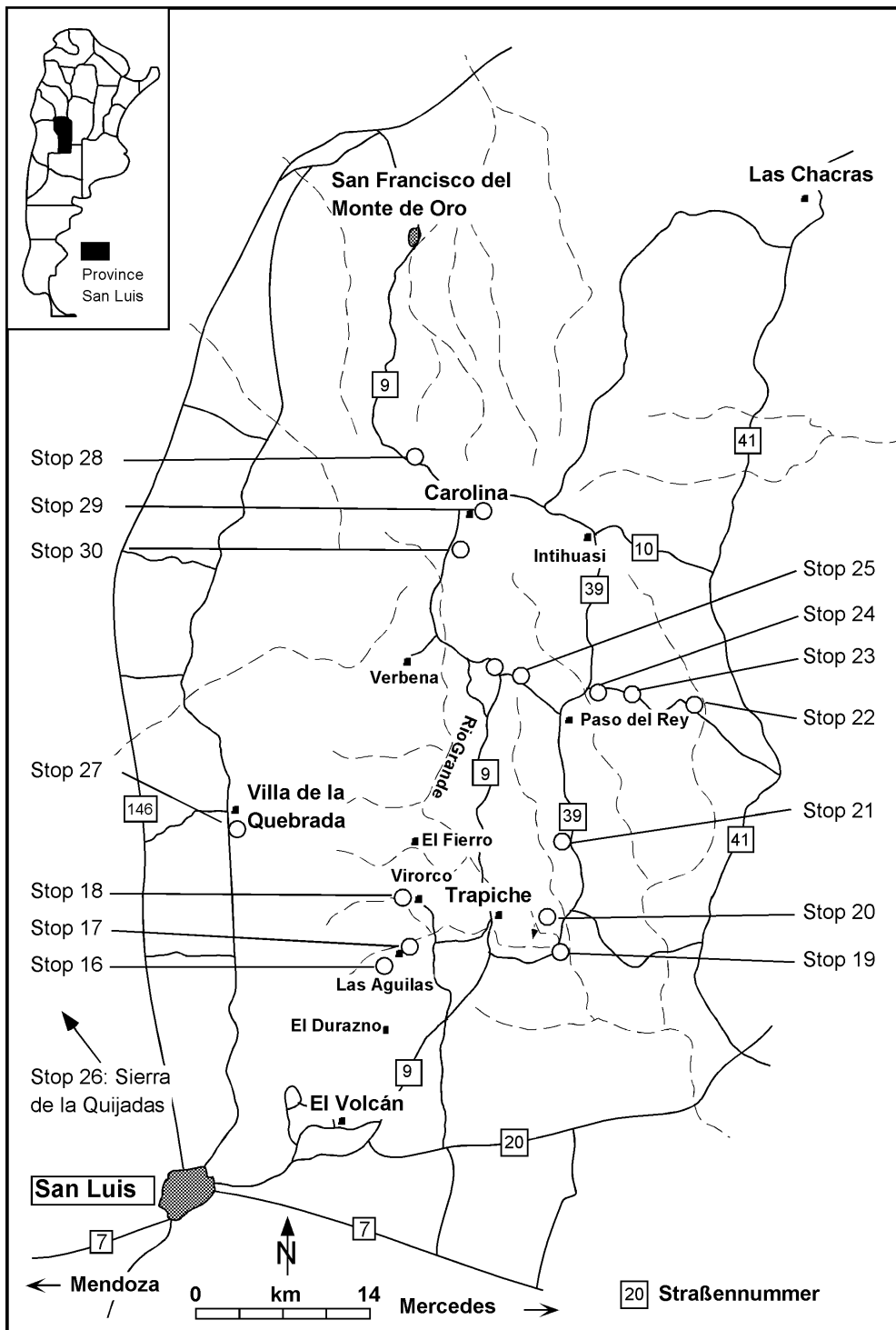


Abb. 10
Geographische Karte der Sierras de San Luis mit allen eingezeichneten Exkursions-Stops.

7. Exkursionstag

Stop 16

Lokalität: El Arbolito (GPS: S 33°07,833' W 66°08,547') westlich von El Trapiche in der Nähe von Las Aguilas

Aufschluß: Wechsellagerungen von mafischen und pelitischen Gesteinen

Es wurden mafisch-ultramafische Linsen, die von Gneisen und Metapeliten umgeben sind, geophysikalisch untersucht. Im wesentlichen wurden folgende geophysikalische Meßmethoden gezeigt: Gravimetrie, Geomagnetik, Radioaktivität und Geoelektrik.

Stop 17

Lokalität: Las Aguilas (GPS: S 33°07,380' W 66°08,181'): 5 km westlich von El Trapiche liegt der Sondierstollen von Las Aguilas

Aufschluß: Stollenmundloch und Halde

Gesteinsbeschreibung: Mafische Körper durchstoßen steilstehende Gneise und Metapelite. Bei den mafischen Körpern handelt es sich um gabbroide Gesteine, Norite und Pyroxenite-Hornblendite mit eingeschalteten ultramafischen Kumulaten (Dunite, Harzburgite). Zum Teil zeigen diese mafischen Gesteine noch eine migmatitische Überprägung (siehe Abb. 11). Innerhalb der mafischen Linsen tritt eine Sulfidvererzung auf, die zum Teil Platingruppenmineral (PGM) führend ist. Die Mineralisation dieser Vererzung besteht aus Pyrrhotin, Pentlandit, Kupferkies, Molybdänit, Chromit und PGM. Bei den Gneisen, die den mafischen Körper umgeben, handelt es sich um deformierte granulitfazielle Gesteine, die die Mineralparagenese Grt + Bt + Crd + Bt + Kfs + Pl + Qtz ± Opx führen. Die z.T migmatitischen Gneise und Metapelite wurden durch eine spätere retrograde Metamorphose zu amphibolitfaziellen Bedingungen umgewandelt (Abb. 12).

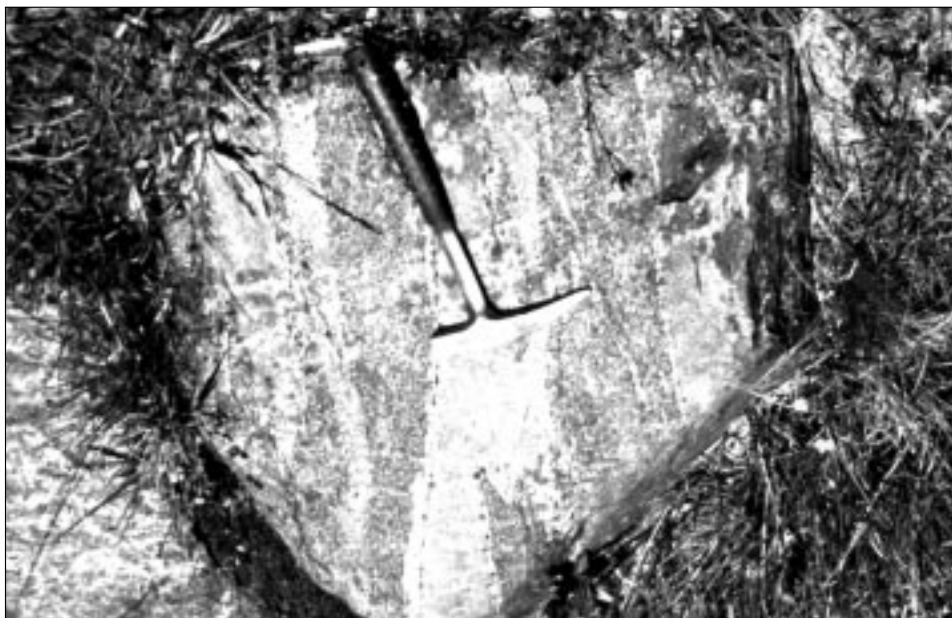


Abb. 11

Mafischer Migmatit im Las-Aguilas-Gebiet.



Abb. 12
Migmatite im Las-Aguilas-Gebiet.

Stop 18

Lokalität: Virorco (GPS: S 33°05,664' W 66°07,126'): westlich von El Trapiche und nördlich von Las Aguilas

Aufschluß: ehemaliger Bergbau (Schurf)

Gesteinsbeschreibung: es handelt sich um einen mafischen Körper wie in Las Aguilas. In diesem kann man einen alten aufgelassenen Schurf erkennen, der einst von Jesuiten auf Eisen und Kupfer betrieben worden ist. Die Sulfidlagerstätte wurde sekundär gebildet und ist an einen Quarzgang gebunden. Die Genese hat mit der PGM-Mineralisation von Las Aguilas nichts gemeinsam. An Klüften kann man gediegenen Schwefel beobachten. In der Nähe des Schurfes bildete sich das mafische Gestein wie eine "layered intrusion" aus. Diese primäre magmatische Struktur wurde jedoch metamorph überprägt, z.T ist auch ein Schieferungsgefüge zu erkennen.

8. Exkursionstag

Anhand eines Straßenprofils, ausgehend von La Florida über Paso del Rey - La Toma nach El Trapiche (Abb. 10), wurden die drei tektonischen Einheiten des Kristallins von San Luis besichtigt (Abb. 7). Die Blockstruktur entwickelte sich während der Spätphase der paläozoischen Metamorphose.

Stop 19

Lokalität: La Florida (GPS: S 33°07,256' W 66°00,617'): östlich von El Trapiche, entlang der Straße um Stausee

Aufschluß: Straßenböschung

Gesteinsbeschreibung: Es konnten Glimmerschiefer mit ausgezeichneten Granatporphyroblasten beobachtet werden, die unter anderem auch Staurolith führen. Es handelt sich hierbei um eine lithologische Grenze innerhalb des zentralen Blockes, die man durch den Übergang von Glimmerschiefern zu Phylliten erkennt.

Stop 20

Lokalität: Phyllitaufschluß östlich von El Trapiche

Aufschluß: Straßenaufschluß

Gesteinsbeschreibung: Dieser Aufschluß gehört zur östlichsten Einheit des zentralen Blockes. Erkennbar sind vor allem Chlorit-Muskovit-Biotit führende Pyhyllite, in denen auch idiomorphe Pyritkristalle gefunden werden können. Das generelle Streichen dieser Gesteinseinheit ist NNE-SSW. Der Übergang zwischen den steilstehenden Phylliten und der östlich davon gelegenen Mylonitzone ist als scharfe tektonische Grenze (Deckengrenze?) im Gelände zu beobachten.

Stop 21

Lokalität: Granodioritaufschluß (GPS: S 33°02,519' W 65°59,822') nordöstlich von El Fierro (Straße La Florida Paso del Rey)

Aufschluß: Straßenaufschluß

Gesteinsbeschreibung: Es handelt sich hierbei um eine Granodioritintrusion, die im Bereich der Grenze zwischen Phylliten und Glimmerschiefern liegt.

Stop 22

Lokalität: Migmatitaufschluß östlich von Paso del Rey

Aufschluß: Straßenaufschluß

Gesteinsbeschreibung: Dieser Aufschluß liegt östlich der Phyllite (CB) und besteht aus Migmatiten. Der Metamorphosegrad ist etwas höhergradiger als im zentralen Block (CB, Abb. 7). Es konnte ein Zunehmen der tektonischen Deformation beobachtet werden, je näher man an den Übergang zwischen zentralem Block (CB) und dem östlichen Block (EB) kommt.

Stop 23

Lokalität: Steinbruch (GPS: S 33°05,535' W 65°59,381') östlich von Paso del Rey

Aufschluß: Steinbruch

Gesteinsbeschreibung: Der Aufschluß zeigt stark geschieferte Phyllite, die unmittelbar an die Störungszone zwischen dem zentralen und dem östlichen Block gebunden sind. Die Phyllite werden heute für Bauzwecke (Bodenplatten) gewonnen.

Stop 24

Lokalität: Skapolithaufschluß NW von Paso del Rey

Aufschluß: Straßenaufschluß

Gesteinsbeschreibung: In den granulitfaziellen Gneisen und Metapeliten des zentralen Blockes (CB) kann man eine skapolithführende Kalksilikatlinse finden. Die vorwiegend hellen Gesteine führen unter anderem Granat, Hornblende, Titanit, Diopsid, Feldspat und wenig Quarz. Gerechnete Fluidzusammensetzungen dieser Mineralparagenese zeigen eine sehr hohe Wasseraktivität (> 0.8) an (HAUZENBERGER et al., 1997).

9. Exkursionstag

Stop 25

Lokalität: Parque Nacional Sierra de las Quijadas: Der Nationalpark Sierra de las Quijadas liegt ca. 120 km N der Provinzhauptstadt San Luis in Richtung San Juan. E des Dorfes Hualtaran läßt sich die Sierra de las Quijadas entlang der "ruta nacional" N0 147 erreichen.

Aufschluß: Canyon

Gesteinsbeschreibung: Es handelt sich hierbei um ein ca. 4000 ha großes Gebiet, welches ausschließlich von postrogenen kontinentalen Sedimenten unterschiedlichen Alters (Trias-Kreide) aufgebaut ist. Jene horizontal geschichteten Sedimente wurden von Wind und Wasser spektakulär geformt, sodaß sie heute einen der größten touristischen Anziehungspunkte darstellen. Dieser Nationalpark ist unter anderem auch als Fundort für Fossilien bekannt, aber er zeichnet sich auch durch seine Vielfalt an Pflanzen, vor allem an Kakteen, aus. Auch sein archäologischer Stellenwert ist nicht zu unterschätzen, denn dieses Gebiet galt als die Heimat der Huarpes Indios. Bei genauer Betrachtung läßt sich eine Sedimentabfolge seit der Trias erkennen, welche durch eine äußerst dunkle Färbung auffällt. Im Gegensatz dazu stehen die mächtigen kretazischen Sedimente, die durch rote fossilführende Sandsteine aufgebaut sind. Dinosaurierfunde aus dieser Zeit weisen vor allem auf die Existenz der Pterosauria hin, eine Art Flugsaurier, der eine Spannweite von bis zu 15 m erreichen konnte. Sie lebten im wesentlichen von Fischen und verschiedenen Mikroorganismen, die sie mit einem reusenartigen Fanggebiß über dem Gewässer dahingleitend auf sammelten. Das gesamte Sedimentbecken wurde vor 25 Millionen Jahren als Folge der Andenbewegung gehoben. Die heutige bizarre Erscheinung der rötlich gefärbten Sandsteinformationen wurde durch Erosion gebildet (Abb. 13).



Abb. 13
Kretazische Sandsteinformation in den Sierras de Las Quijadas.

Stop 26

Lokalität: La Escalerilla (GPS: S 33°08,223' W 66°15,223')

Aufschluß: Straßenaufschluß

Gesteinsbeschreibung: Bei diesem Aufschluß handelt es sich um einen schwach deformierten Granit, der in seiner inhomogenen Matrix verschieden große Kalifeldspateinsprenglinge aufweist. Die darin enthaltenen Glimmer weisen eine leicht metamorphe Orientierung auf.

10. Exkursionstag

Profil von La Carolina Richtung Westen, vom zentralen in den westlichen Block (Abb. 7, Abb. 10).

Stop 27

Lokalität: GPS S 32°45,119' W 66°08,639'

Aufschluß: Aufschlüsse entlang der Straße

Gesteinsbeschreibung: Orthogneismigmatite, in denen mafische Linsen (Amphibolit) vorkommen. Diese mafischen Linsen haben einen ähnlichen Chemismus wie die mafischen Intrusionen von Las Aguilas-Virorco. Im Nahbereich der Grenze beider Blöcke, die durch eine mächtige Mylonitzone erkennbar ist, sind häufig Pegmatite zu beobachten.

Stop 28

Lokalität: GPS S 32°46,536' W 66°06,019'

Aufschluß: steilstehende Phyllonite

Gesteinsbeschreibung: Die Gesteine sind durch die Störungszone zwischen beiden Blöcken stark deformiert, extrem steilgestellt und sehen wie Phyllite (Phyllonite) aus. Makroskopisch sind in diesen dunkelgrauen Gesteinen Muskovit, Biotit, Quarz, Plagioklas, Mikroklin und seltener manganreicher Granat zu erkennen. In der näheren Umgebung treten Pegmatite auf.

Stop 29

Lokalität: La Carolina, Straße auf den Vulkan La Carolina GPS S 32°48,751' W 66°04,803'

Aufschluß: Straßenböschung

Gesteinsbeschreibung: der Aufschluß liegt an der Grenze zwischen den tertiären andesitischen Vulkaniten und den umgebenden Phylliten. Die Andesite sind von hellgrauer, grünlicher Farbe und weisen mm-große Xenolithe (Plagioklase, Sulfide) auf. Die Phyllite sind bräunlich hell und im Bereich vermehrter Sulfidführung durch Limonitbildung rostrot-dunkelbraun gefärbt. Im Kontaktbereich zwischen diesen Gesteinen kam es in den Phylliten zu einer sulfidischen Goldvererzung, auf welche ein Bergbau bestand, der zur Zeit jedoch nicht in Betrieb ist.

Stop 30

Lokalität: GPS S 32°51,129' W 66°06,437'

Aufschluß: Straßenböschung

Gesteinsbeschreibung: Es handelt sich hierbei um den aufgeschlossenen östlichen Kontakt des La-Escalerilla-Granit mit Phylliten des zentralen Blockes. Das Flußbett in der Umgebung des Aufschlusses ist goldführend (La Carolina); dies ist durch Goldwäscheraktivitäten weithin sichtbar.

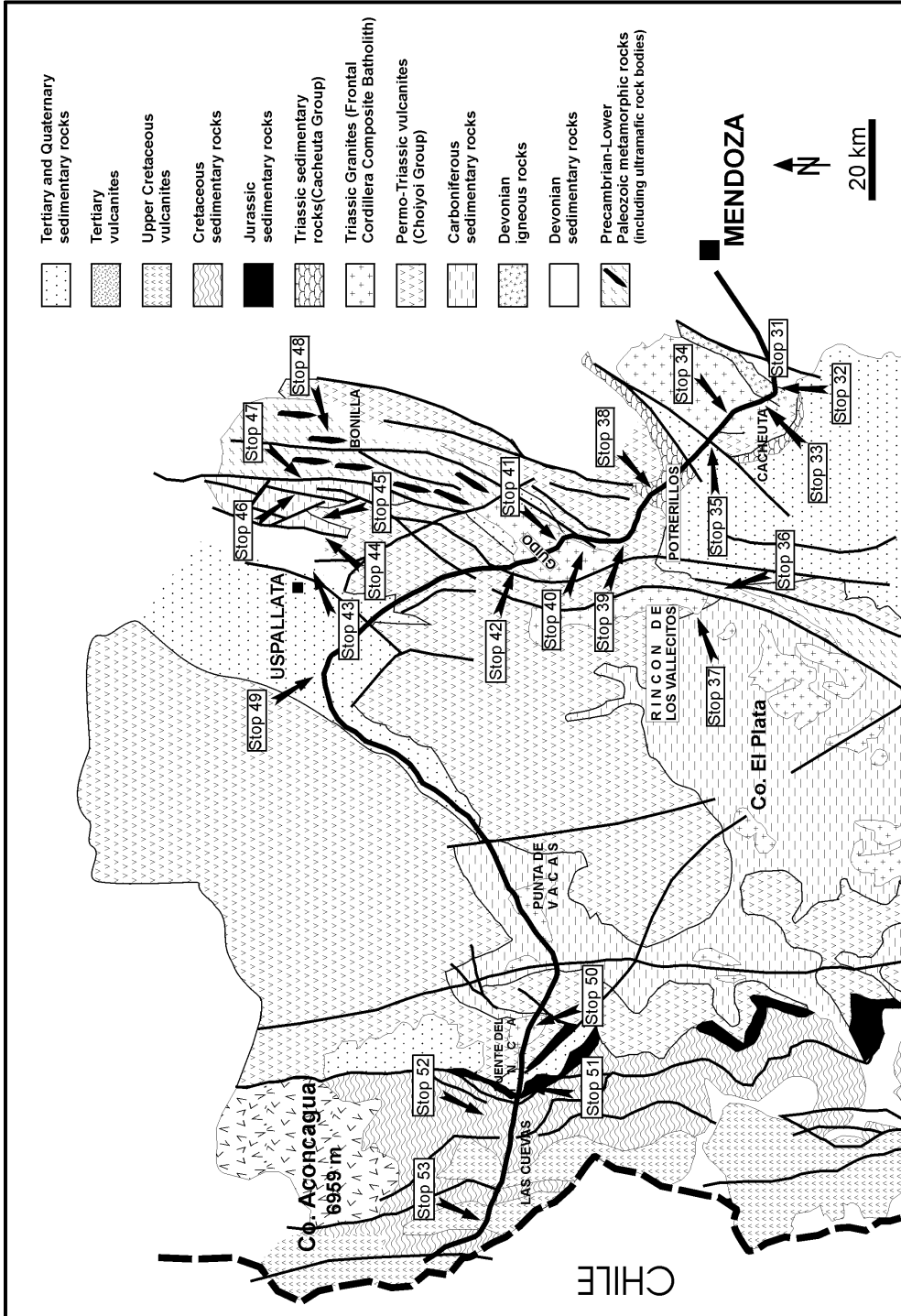


Abb. 14
Geologische Karte des Mendoza Gebiets mit allen eingezeichneten Exkursions-Stops.

PROVINZ MENDOZA

In den letzten Exkursionstagen (26.2.–2.3.1999) wurden 3 Profile (insgesamt 23 Stops) durch die Haupteinheiten der Anden, die Precordillaren, die Cordillera Frontal und die Cordillera Principal absolviert (Abb. 14).

11. Exkursionstag

Stop 31

Lokalität: Boca del Rio: Besprechung zum Aufbau der Cordillera allgemein.

Sie wird hauptsächlich aus: a) Basement mit einigen Ultramafiten, b) Sedimenten, c) mehreren Granitstöcken und d) der Choiyoi-Gruppe (basische bis saure Vulkanite, permotriassisch) aufgebaut. Die Gesteine der Cordillera Frontal und der Precordillera sind am Kontakt stark miteinander verzahnt und deformiert.

Stop 32

Lokalität: Cachueta Tonalit (Perm), im Kontakt mit Grauwacken (Ordoviz), GPS: S 33°02.867' W 69°05.553'

Aufschluß: Straßenaufschluß,

Gesteinsbeschreibung: Der Cachueta Tonalit tritt massig im Gelände auf und hat hohe Quarz- und Plagioklasgehalte. Der Tonalitstock wird aus verschiedenen Faziesbereichen aufgebaut. Im Randbereich ist die Zusammensetzung eher granodioritisch. Der Boca-del-Rio-Granodiorit (I-Typ Granit, Devon) ist ebenfalls ein massiger Magmatit mit hohem Quarz- und Plagioklasgehalt, wobei aber deutlich mehr Kalifeldspatklasten und Rapakivitexturen als im Cachueta-Tonalit zu sehen sind.

Die Grauwacken erscheinen als massige, feinkörnige Metasedimente (Qz + Fsp + Bt ± Ep), welche lagig in dezimeter-dicken Platten brechen. Die Bruchflächen sind körnig, verwittern schmutzig-grau und durch den teilweise hohen Schwefelgehalt sind sie intensiv gelb gefärbt. Der frische Bruch ist hell- bis dunkelgrau. Die Tonalite und Grauwacken sind stark ineinander verzahnt und die Grauwacke zeigt kontaktmetamorphe Veränderungen (Hornfelsbildung) mit feinstkörnigem, massigem Gefüge.

Der Tonalit steht im Kontakt mit dem devonischen Boca del Rio Granodiorit und ist wie dieser NE-SW gelängt. Die gesamte Deformation in diesem Gebiet ist spröde und zeigt ebenfalls NE-SW gerichtete Hauptstörungsrichtungen. Die Plutone stehen im Kontakt mit den ordovizischen Gesteinen der Precordillaren, gehören aber verschiedenen magmatischen Ereignissen an.

Stop 33

Lokalität: Puente Rio Mendoza

Aufschluß: Straßenaufschluß

Gesteinsbeschreibung: Feinkörnige, schwarze Basaltgänge im Cachueta-Tonalit verwittern dunkelgrün und zeigen keinerlei Metamorphoseerscheinungen. Der helle Tonalit wird von den jüngeren, basaltischen Gängen ohne Hinweis auf strukturelle Kontrolle durchschlagen. Diese Intrusion basischer Gänge stellt eindeutig das jüngste magmatische Event dar.

Stop 34

Lokalität: Cachueta, GPS: S 33°00.780' W 069°07.138'

Aufschluß: Granitwand, die durch straßenbauliche Maßnahmen aufgeschlossen wurde.

Gesteinsbeschreibung: Bei diesem Aufschluß wird die Rapakivi-Textur genauer untersucht (Plagioklaskorona um cm-große, idiomorphe Kalifeldspatblasten).

Über diesem Tonalit lagern Gesteine der Cachueta Formation (Tonschiefer und Grünschiefer), die wiederum von triassischen Basalten durchschlagen werden.

Stop 35

Lokalität: Querebrada del Toro, Nahe am Rio Mendoza, GPS: S 32°59.541' W 69°10.077'

Aufschluß: Aussichtspunkt zur Erfassung der morphologischen und geologischen Situation. Hier bildet eine NE-SW gerichtete Störung die tektonische Grenze zwischen Cachueta-Tonalit und der vulkanischen Choiyoi Gruppe (Permotrias) zu den tertiären, fluviatilen und lakustrinen Sedimenten. Während dieses tektonischen Vorgangs entstand ein Flußgraben.

Gesteinsbeschreibung: Aus ca. 10 km Entfernung ist die deutliche Schichtung tertiärer kontinentaler Sedimente zu erkennen, die den oft fluviatilen Charakter der Ablagerungen widerspiegeln. Besonders bei den lakustrinen Sedimenten sind bis zu metergroße Geröllkomponenten zu sehen. Es lassen sich aber auch äolische Sedimente im Liegenden der lakustrinen Einheiten erkennen.

Stop 36

Lokalität: Karbone Sandsteine der paläozoischen La-Plata-Formation, GPS: S 32°59.628' W 69°18.330'

Aufschluß: Straßenaufschluß

Gesteinsbeschreibung: Bei den karbonen Sandsteinen handelt es sich um typische quarzreiche und sehr harte Gesteine. Sie sind im Meterbereich gebankt und verwittern relativ gleichmäßig (nur an den Schichtgrenzen etwas stärker). Die Verwitterungsfarbe ist schmutzig-braun bis weiß, während der frische Bruch hellbraun ist und den Mineralbestand ($Qz \pm Fsp \pm Ms$) erkennen läßt. Diese harten Sandsteine gehören zur karbonen La-Plata-Formation, welche die im vorigen Stop angesprochenen tertiären, sehr weichen Sedimente überschieben. Im Hangenden befindet sich die Choiyoi Gruppe. Devone Sedimente und Metamorphite fehlen völlig.

Stop 37

Lokalität: permischer El Pacho Granit, La Plata Formation, GPS: S 32°58.530' W 69°21.462'

Aufschluß: Straßenaufschluß

Gesteinsbeschreibung: Der Quarz- und Kalifeldspat-reiche El-Pacho-Granit verwittert oberflächlich in einer sehr hellen bis weißen Farbe und produziert weiträumige Schutthalden. Eingeschaltet findet man dunkle feinkörnige La-Plata-Basalte.

Der Granit intrudiert die karbonen Einheiten der La-Plata-Formation, wobei diese Formation aus tiefmarinen Sedimenten, Pillow-Laven und Turbiditen besteht und bis in eine Höhe von 5000 m reicht.

Stop 38

Lokalität: Cerro Cocodrilo, GPS: S 32°56.234' W 69°12.840'

Aufschluß: Sedimentabfolge

Gesteinsbeschreibung: Die verschiedenen Sedimente lassen sich aufgrund ihrer Verwitterungsform unterscheiden. So verwittert bei den Konglomeraten der Füllzement viel schneller als die Geröllkomponenten. Bei den Sandsteinen ist die Verwitterung viel gleichmäßiger. Das Profil triassischer Sedimente der Cachueta-Gruppe (vom Liegenden ins Hangende) ist wie folgt: alluviale, kreuzgeschichtete Sedimente, Sandsteine, Muschelschill, Aschen, Konglomerate.

Stop 39

Lokalität: GPS: S 32°53.819' W 69°12.840'

Aufschluß: Basementaufschluß innerhalb der Choiyoi-Gruppe

Gesteinsbeschreibung: Feinkörnige Phyllite mit grauer Verwitterungsfarbe brechen in millimeter- bis zentimeterdicken Platten. Die Phyllite werden durch einen Straßenanschnitt aufgeschlossen und unterlagern konkordant die Choiyoi-Gruppe. Weiters wird in diesem Bereich die Choiyoi-Gruppe von einem granitischen Sill des permischen Guido-Plutonits durchschlagen. Durch eine riesige Störung (Bonilla fault) werden die Phyllite in diese topographische Höhe gebracht und aufgeschlossen.

Stop 40

Lokalität: ca. 3 km weiter auf der Straße

Aufschluß: karbonen Sedimente mit permischem Guido-Batholith

Gesteinsbeschreibung: Der Guido-Granit führt, ähnlich wie die anderen Granite, große Kalifeldspäte in einer Matrix aus Quarz und Plagioklaskörnern (\pm Bt, keine Hbl). Die Verwitterungsfarbe ist weißlich bis rötlich und im frischen Bruch treten markant Kalifeldspatklasten in Erscheinung. Der Granit intrudiert die Choiyoi-Gruppe und schiebt sich dann entlang einer flachen Störung (western fault) über die karbonen Gesteine.

Stop 41

Lokalität: Guido

Aufschluß: Guido-Granit (Perm) mit Xenolithen, Straßenaufschluß

Gesteinsbeschreibung: Die meist linsenförmigen, bis in den Meterbereich großen Amphibolit-xenolithe sind dunkelgrau bis schwarz und zeigen durchwegs scharfen Kontakt zum Granit. Duktile Deformationsstrukturen (Fließen) sind in und am Rand der Linsen deutlich zu erkennen. Weiters findet man mitgerissene Blöcke der karbonen Formationen. Wiederum durchschlagen junge Basaltgänge den Granitkörper. Die Xenolithe scheinen, je weiter man in Granitzentrum kommt, basische Schmelzprodukte magmatischen Ursprungs zu sein. Die jungen Basaltgänge durchschlagen den Granit.

Stop 42

Lokalität: Cerro Negro

Aufschluß: Straßenaufschluß, Kontakt zwischen dem Guido Granit und der Choiyoi-Gruppe.

Gesteinsbeschreibung: Die Rhyolite der Choiyoi Gruppe zeigen dunkelrote Farben und brechen typischerweise glatt und spröde. Deutlich zu erkennen sind Fließtexturen und die zonierte Plagioklaseinsprenglinge in einer feinstkörnigen bis glasigen Matrix.

12. Exkursionstag

Ausgangspunkt: Uspallata, Profil Richtung Osten

Stop 43

Lokalität: ca. 5km von Uspallata, Richtung Osten, GPS: S 32°36.309' W 69°19.653'

Aufschluß: Übersicht über die geologische Situation. Ordovizische Grauwacken (marin) und permotriassische Choiyoi-Gruppe

Gesteinsbeschreibung: Die Choiyoi-Gruppe wird hauptsächlich aus Vulkaniten mit basaltischem, andesitischem bis rhyolithischem Charakter aufgebaut. Die verschiedenen vulkanischen Produkte (z.B. Pyroklastika und Ignimbrite) zeigen die für Rhyolite typischen vielfarbigen Verwitterungserscheinungen (grün, gelb, rot), die hauptsächlich von verschiedenen Alterationsmineralen (z.B. Tonminerale) stammen. Besonders markant sind weiße Ignimbritströme, die in verschiedenen Lagen der Choiyoi Gruppe auftreten und meist horizontale Lagerung anzeigen. Die Pyroklastika sind matrixdominiert und beinhalten nur wenige Einsprenglinge. Die eng verfalteten ordovizischen Grauwacken werden hier von einer Choiyoi-Klippe Richtung Osten überschoben. Weiter im Osten wird das Basement auf die karbonen Sedimente (W-Einfallen) in westliche Richtung geschoben.

Stop 44

Lokalität: auf der Höhe von Stop 43

Aufschluß: Anschnitt der Einheiten in einem derzeit ausgetrockneten Bachbett. Basement (kambri-sch) mit Phylliten.

Gesteinsbeschreibung: Aufgeschlossen sind hier Phyllite (Sericit-Chlorit) und Mergel. Das Basement wird generell aus relativ schwach metamorphen Gesteinen mit basischen-ultrabasischen Einschaltungen und N-S bzw. O-W verlaufenden Mylonitzonen aufgebaut.

Die Phyllite fallen hier in Richtung Osten ein. Choiyoi-Gruppe und die ordovizischen Einheiten sind miteinander verschuppt und werden von weiträumig verfalteten, karbonen Einheiten (Sandsteine, Mergel und einige Metapelite) überschoben.

Stop 45

Lokalität: einige km entlang der Straße Richtung Santa Elena, GPS: S 32° 37.187' W 69°16.318'

Aufschluß: steile Wand am Rande der Straße. Tertiäre Fanglomerate.

Gesteinsbeschreibung: Bei Fanglomeraten handelt es sich um matrixgestützte Konglomerate, deren Komponenten deutlich metamorphe Gefüge zeigen. Da die Komponenten jedoch nicht besonders gut gerundet sind, lassen sie den Schluß auf relativ schnelle Ablagerung zu. Hauptbestandteil der Komponenten sind Serpentinite, Gabbros und Phyllite (Basement).

Die Fanglomerate (Tertiär) liegen horizontal auf Tuffiten der Choiyoi-Gruppe und verwittern deutlich langsamer als diese. Hierbei wird die markante Morphologie, wie auf Abb. 15 zu sehen ist, produziert.

Stop 46

Lokalität: El Chiflon (2498 m), GPS: S 32°36.307' W 69°14.477'

Aufschluß: Straßenaufschluß, karbone Sandsteine

Gesteinsbeschreibung: Die relativ feinkörnigen und massigen marinen Sedimente zeigen hier schöne Sedimentstrukturen, wie Rippel (Abb. 16), Kreuzschichtungen und "cone in cone"-Strukturen. Im Liegenden der Sandsteine befinden sich feinstkörnige Graphitschiefer mit Fossilien (Brachiopoden) und Pseudofossilien (Helminthoideen).



Abb. 15
Tertiäre Fanglomerate liegen horizontal gelagert auf Tuffiten der Choiyoi-Gruppe.

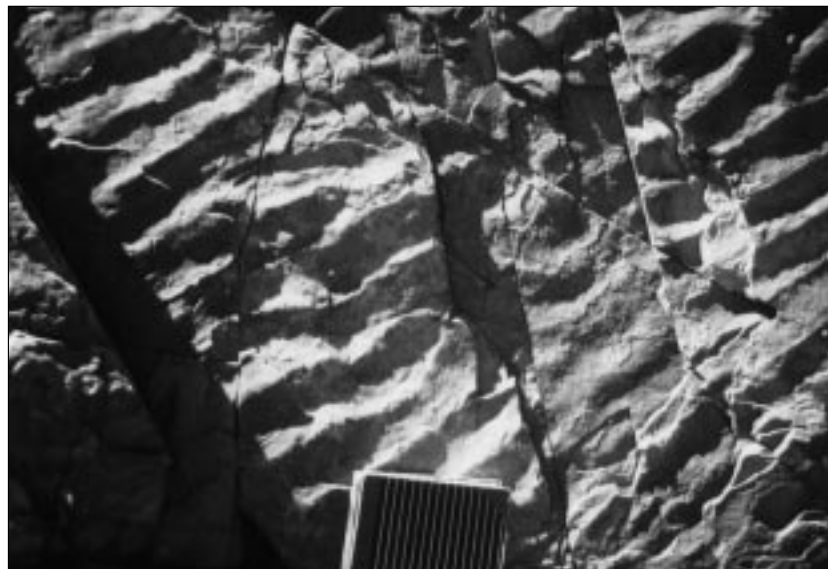


Abb. 16
Rippelstrukturen in karbonen Sandsteinen.

Stop 47

Lokalität: GPS: S 32°37.745' W 69°13.403'

Aufschluß: Mafite in Phylliten (neben der Straße)

Gesteinsbeschreibung: In dieser riesigen Störungszone stehen karbone Sedimente des Basements im Kontakt mit basischen Linsen. Der Körper steckt als 10-er Meter große Linse in den Phylliten. Die Linsen sind zoniert, mit feinkörnigen Randbereichen und grobkörnigeren Anteilen im Zentrum (Px + Am + Plag ± Ol). Die Mafite stellen ehemalige Sills dar, die in der Nähe eines mittelozeanischen Rückens in die Phyllite intrudiert sind.

Stop 48

Lokalität: Mina Santa Elena, S 32°38.270' W 69°12.256'

Aufschluß: an Ultramafite gebundene Talk- und Serpentinlagerstätte (ehemalige Mine).

Gesteinsbeschreibung: Die Ultramafite (Bonilla-Formation) zeigen grünlich bis weiße, seltener auch rötliche (Oxidation von FeO) Verwitterungsfarbe und brechen muschelrig bis faserig. Die stark serpentinierten Körper haben durch den großen Fluidumsatz massiv Talk ausgebildet, der hier abgebaut wurde. Serpentin (Antigorit) wird teilweise bis zu mehrere Zentimeter groß. Zusammenhang zum umgebenden Gestein. Am Rand der Linsen befinden sich horizontal gelagerte Schwarzschiefer auf Basementphylliten.

CORDILLERA PRINCIPAL (HIGH CORDILLERA, HC)

13. Exkursionstag

Ausgangspunkt: Uspallata, Profil Richtung Westen.

Stop 49

Lokalität: Pampa de Tabolango, S 32°37.240' W 69°25.070'

Gesteinsbeschreibung: Das Cordon del Tigre wird hauptsächlich aus der Choiyoi Gruppe aufgebaut und erstreckt sich in N-S Richtung. Dieser Gebirgszug wird durch eine N-S Störung abgeschnitten, die im Süden das Mendoza River Valley bildet und im Norden die Cordon del Tigre Fault repräsentiert. Diese Störung hat etwas weiter im E parallele Störungen, die man aus dem Luftbild gut erkennen kann ("Frontal Cordillera eastern fault system").

Im östlichen Block dieser Störung wird die Choiyoi-Gruppe von Westen nach Osten über karbone Einheiten geschoben. Weiters ist zu sehen, daß sich der Mendoza River tief in die tertiären bzw. quartären Sedimente hineingegraben hat, was somit einen Beweis für die rezente Anden-Tektonik darstellt.

Stop 50

Lokalität: Penitentes, S 32°50.019' W 69°51.922'

Aufschluß: Grenze zwischen Frontal Cordillera (FC) und Cordillera Principal (HC)-Überschiebungsfront des Aconcagua fold and thrust belt.

Gesteinsbeschreibung: Der Punta de Vacas-Granit intrudiert die La-Plata-Formation. Weiters werden miozäne Konglomerate (hauptsächlich Fanglomerate) der Santa-Maria-Formation von jurassischen Kalken überschoben. Weiter westlich intrudiert der Cruce-de-Cana-Granit die La-Plata-Formation.

Stop 51

Lokalität: nahe Puente del Inka

Aufschluß: östlichste Überschiebungsfront zwischen der Frontal Cordillera und der Cordillera Principal

Gesteinsbeschreibung: Die jurassische La-Manga-Formation (hell weißlich bis rötlich verwitternde Kalke) wird in westlicher Richtung über die La-Plata-Formation geschoben und liegt nun zwischen der Santa-Maria-Formation im Hangenden und der La-Plata-Formation im Liegenden.

Stop 52

Lokalität: Puente del Inka, auf der Höhe vom Aconcagua, GPS: S 32°49.456' W 69°56.523'

Aufschluß: 2. Überschiebungsfront

Mitteljura ist über früher Kreide gelagert (HC), die von Trachytgängen durchschlagen wird. Weiterfahrt zum Horcones Valley mit Aussicht auf den Aconcagua (7021 m)

Stop 53

Lokalität: Grenze zu Chile, GPS: S 32°48.376' W 70°04.008'

Aufschluß: Oberkretazische verfaltete Andesite werden von jungen Basaltgängen regellos durchschlagen (HC).

Literatur

- BONIN, B. (1982): Les granites des complexes annulaires. - *Manuels et Methodes*: Orleans, Bureau des Recherches Géologiques et Miniers, 184.
- de BRITO NEVES & B. B., CORDANI, U. G. (1991): Tectonic Evolution of South America during the Late Proterozoic. - In *Precambrian Research*, Vol. 53, 23-40.
- CAFFE, P.J. (1993): Petrologia y estructura del area comprometida entre las localidades de la Fronda y Quilpo Sud, Departamentos de Punilla y Cruz del Eje, Provincia de Cordoba. - *Facultad de Ciencias exactas Fisicas y Naturales, National Universität von Cordoba. Trabajo Final*. 1-236.
- CAFFE, P. J. & BALDO, E. (1996): Estructura del Basamento Metamorfoico en el bloque situado al oeste de la Sierra Chica y grande de Cordoba. - *Actas 2 Congreso Iberoamericano de Geologia Economica, Buenos Aires*. 1, 9-35.
- CHAPPELL, B. W. & WHITE, A. J. R. (1974): Two contrasting granite types: *Pacific Geology*, 8, 173-174.
- CINGOLANI, C. A. & VARELA, R. (1975): Geochronologia Rb/Sr de rocas igneas y metamorficas de la Sierra Chica y Grande de Cordoba. - *Actas 2nd Congreso Iberoamericano de Geologia Economica, Buenos Aires, Argentina*, 1, 9-35.
- DALLA SALDA, L. H. (1984a) : La estructura intima de la Sierra de Cordoba. - *Revista de la Asociacion Geologica Argentina*, 39 (1-2), 38-51.
- DALLA SALDA, L. H. (1984b): La estructura mesoscopica del basamento cristalino en el area del Rio Primero, Cordoba. - *Actas 90 Congreso Geologico Argentino*, 2, 191-203.
- DALLA SALDA, L. H. (1987): Basement tectonics of Southern Pampeanas Ranges, Argentina. - *Tectonics*, 6 (3), 249-260.
- DEMANGE, M., BALDO, E. G. & MARTINO, R. D. (1993): Structural evolution of the Sierra de Cordoba (Argentina). - *Second Symposium of Andean Geodynamics. Oxford*. 5, 35-41.

- DEMANGE, M., ALVAREZ, J. O., LOPEZ, L. & ZARCO, J. (1993): Existencia de series magmaticas diferentes en el batolito del Achala (Cordoba, Argentina). - XII Congreso Geologico Argentino II Congreso Exploracion Hidrocarburos, Tri Actas IV, 23-29.
- ESCAIOLA, M.P., RAME, G. A. & KRAEMER, P. E. (1996): Caracterizacion y significado geotectonico de las fajas ultramaficas de las Sierras pampeanas de Cordoba. - XIII Congreso Geologico Argentino y III Congreso de Exploracion de Hidrocarburos, Actas III: 421-438.
- ESCAIOLA, M. P. & KRAEMER, P. E. (1997): Sintesis de los eventos tectotermicos del basamento de las Sierras pampeanas de Cordoba. - Revista de la Asociacion Geologica Argentina, 52 (4), 451-458.
- GORDILLO, C. E. & LENCINAS A. N. (1979): Sierras Pampeanas de Cordoba y San Luis. Apartado de Geologia regional Argentina. - Academia Nacional de Ciencias, Cordoba. I, 577-650.
- GORDILLO, C. E. (1984): Migmatitas cordieríticas de la sierra de Cordoba; condiciones físicas de la migmatizacion. - Miscelanea, Academia nacional de Ciencias, Cordoba. 68, 1-40.
- GREGORI, D. & BJERG, E. (1999): Field Guide, precordillera, cordillera frontal, cuenca cuyana, cordillera principal: unpublished. - Univ. Bahia Blanca, Argentina. 1-33
- HAUZENBERGER, C.A., MOGESSIE, A., HOINKES, G., FELFERNIG, A., BJERG, E. A., KOSTADINOFF, J., DELPINO, S. & DIMIER, L. (1999): Metamorphic Evolution of the Sierras de San Luis, Argentina: Granulite Facies Metamorphism Related to Mafic Intrusions. - (submitted to Journal of Metamorphic Geology)
- HAUZENBERGER, C.A., MOGESSIE, A., HOINKES, G., BJERG, E. A., KOSTADINOFF, J., DELPINO, S. & DIMIER, L. (1997): Platinum Group Minerals in the Basic to Ultrabasic Complex of the Sierras de San Luis, Argentina. - In: H. PAPUNEN, editor, Mineral Deposits: Research and Explorations: Where do they meet?, 439-442, A.A.Balkema, Rotterdam.
- JORDAN, T. E., ISACKS, B. L., RAMOS, V. A. & ALLMENDINGER, R. W. (1983): Mountain Building in the Central Andes. - In: EPISODES, Vol. 11 (3), 20-26.
- LIRA, R. & KIRSCHBAUM, A. M. (1990): Geochemical evolution of granites from the Achala batholith of the Sierras Pampeanas, Argentina. - In: KAY S.M. & RAPELA C.W. (eds) Plutonism from Antarctica to Alaska. - Geol. Soc. Am. Spec. Pap., 241, 67-76.
- MARTINO, R. D. (1988): Geología y petrología del basamento metamórfico de la region situada al norte de Cuchilla Nevada, Sierra Grande de Cordoba. - Universidad Nacional de Cordoba, Tesis Doctoral, 162.
- MOGESSIE, A., HAUZENBERGER, C.A., HOINKES, G., FELFERNIG, A., STUMPFL, E.F., BJERG, E. A. & KOSTADINOFF, J. (1996): Platinum Group Minerals from the Las Aguilas Ultramafic Unit, San Luis Province, Argentina. - Mitt. österr. Min. Ges. 141, 157-159.
- MONSBERGER, G. (1990): Geological and petrological study on the granite from Mesa de Muela Muerta and its host rock. Olean Pampas, Pumilla District, Province of Cordoba. - Argentina. Masters.
- PASTORE, F. (1932): Hoja 20i del Mapa geologico de la Argentina; Region oriental y media de la Sierra de Cordoba. - Direction de Minas y Geología Boletín 30, 67.
- PEARCE, J. A., HARRIS, N. B. & TINDLE, A. (1984): Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. - Journal of Petrology, 25, 4, 956-983.
- PITCHER, W. S. (1982): Granite type and tectonic environment. - In: HSÚ, K.J., Mountain building processes. London, Academic Press, 19-40.
- RAMOS, V. A. (1988): Late Proterozoic-Early Paleozoic of South America - a Collisional History. - In: EPISODES, Vol. 11, 168-174.
- RAMOS, V. A. (1988): The tectonics of the Central Andes, 30 to 33 S latitude. - In: Geological Society of America, Special Paper 218, 31-35.

- RAMOS, V. A. (1990): Field Guide to the Geology of the Central Andes (31 SL). - International Union of Geological Sciences, Universidad de Buenos Aires, 1-10.
- RAPELA, C. W., PANKHURST, R. J., KIRSCHBAUM, A. & BALDO, E. (1991): Facies intrusivas de edad Carbonifera en el batolito de Achala: evidencias de una anatexis regional en las Sierras Pampeanas. - In: 6 Congreso Geológico Chileno, 41-43.
- RAPELA, C. W., PANKHURST, R. J., CASQUET, C., BALDO, E. & SAAVEDRA, J. C. (1997): Low-Pressure anatexis during the pampean orogeny. - Universidad Católica del Norte departamento de Ciencias Geológicas VIII congreso Geológico Chileno Actas Vol III, 1714-1718.
- RAPELA, C. W., PANKHURST, R. J., CASQUET, C., BALDO, E., SAAVEDRA, J. & GALINDO, C. (1998): Early evolution of the Proto-Andean margin of South America. - *Geology*, 26, 707-710.
- WHITE, A. J. R. & CHAPPELL, B. W. (1977): Ultrametamorphism and granitoid genesis *Tectonophysics*. - 43, 7-22.
- WHITE, A. J. R., BEAMS, S. & CRAMER, J. J. (1977): Granitoid types and mineralizations with reference to tin. - In: NOZAWA, T. & YAMADA, N., eds, *Plutonism in relation to volcanism and metamorphism*. - Japan, Toyama, 89-100.

bei der Redaktion eingegangen: 21. Oktober 1999
revidiertes Manuskript angenommen: 10. November 1999