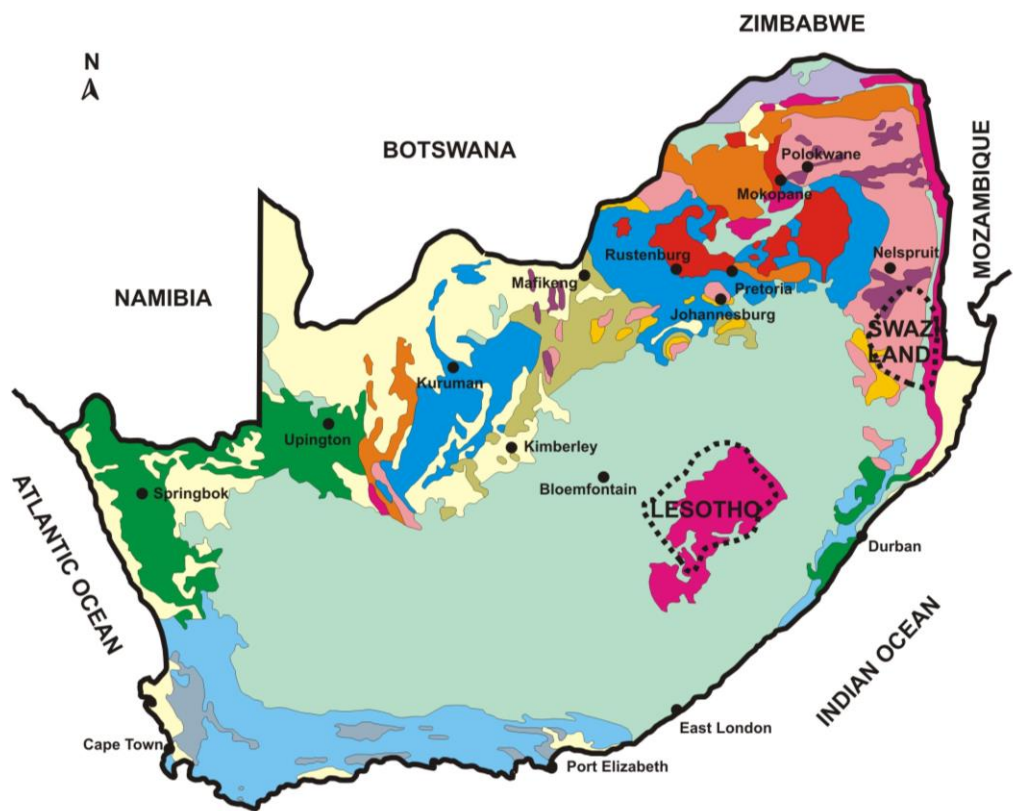


„Zur Geologie des Kaapvaal Kraton in Südafrika“

16.03.2014 – 29.03.2014



(after Viljoen and Reimold, 1999)



**Gemeinsame Exkursion der FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN, der
HUMBOLDT-UNIVERSITÄT BERLIN, des MUSEUM für NATURKUNDE
BERLIN und der UNIVERSITÄT GÖTTINGEN**

Teilnehmer

Name	Vorname	Universität
Aydin	Zeynep	Freie Universität Berlin
Bischoff	Jasmin	Freie Universität Berlin
Grund	Marc	Freie Universität Berlin
Günther	Sebastian	Freie Universität Berlin
Kühne	Philipp	Freie Universität Berlin
Rabethge	Carolin	Freie Universität Berlin
Simmack	Kay	Freie Universität Berlin
Voigt	Joana Ruth Charlotte	Freie Universität Berlin
Werner	Marie-Theres Helga	Freie Universität Berlin
Oeser	Andreas Ralf	Technische Universität Berlin
Braukmüller	Ninja	Georg-August-Universität Göttingen
Hannich	Felix	Georg-August-Universität Göttingen
Heller	Beatrix Muriel	Georg-August-Universität Göttingen
Henneberg	Mareike	Georg-August-Universität Göttingen
Kaiser	Cosima	Georg-August-Universität Göttingen
Klaus	Janeta	Georg-August-Universität Göttingen
Oriolo	Sebastián	Georg-August-Universität Göttingen
Pötzl	Christopher	Georg-August-Universität Göttingen
Tomasek	Jan	Georg-August-Universität Göttingen
Schäfer	Tim-Lorenz	Georg-August-Universität Göttingen
Prof. Wolf-Uwe Reimold		Museum für Naturkunde/Humboldt-Universität Berlin
PD Dr. Lutz Hecht		Museum für Naturkunde
Prof. Bernd Lammerer		Ludwig-Maximilians-Universität München
Prof. Siegfried Siegesmund		Georg-August-Universität Göttingen
Gast		
Dr. Rubén Alfonso López Doncel		Universidad Autónoma de San Luis Potosí (Mexiko)

Programm

Mo 17.3.2014 Treffen um 9 Uhr am Oliver R Tambo Intl. Airport von Johannesburg; bzw. um 10 Uhr an der University of the Witwatersrand: Vortrag, Diskussion und anschließend gemeinsames Essen mit Dozenten und Studenten der Universität.

Nachmittags: Fahrt nach Badplaas (südl. Barberton Mountain Land)

Di 18.3. Barberton Geologie (mit anspruchsvoller Wanderung): Archaische vulkanische Plateaus, ultramafische Vulkanite, älteste sedimentäre Gesteine, Spuren frühen Lebens

Mi 19.3. Barberton Geologie, Platznahme und Deformation von Plutonen

Do 20.3. Barberton Geologie – Sheba gold mine, Golden Quarry, Bulembu Road Geotrail

Fr 21.3. Besichtigung des Krüger National Parks

Sa 22.3. Great Escarpment („Giant Stromatolites“, Bourke Luck potholes, etc.)

Fahrt nach Lydenburg im östl. Bushveld

So 23.3. Geologie des östlichen Bushveld Complexes: Stratigraphischer Überblick, Jagdlust Profil, Merensky Reef

Mo 24.3. Geologie des östlichen Bushveld Complexes: Bohrkernlager der Fa NKWE, Dwars River, IRUPs, „Magnetite Layer“

Di 25.3. Fahrt durch das zentrale und westliche Bushveld (Karoo, coal deposits; Black Granite), Tswaing Meteoritenkrater

Mi 26.3. Geologie des Vredefort Impaktkraters: Kristallines Grundgebirge, prä-, syn- und post-Impakt Deformation der Witwatersrand Supergroup

Do 27.3. Geologie des Vredefort Impaktkraters: Pseudotachylitische Brekzien, Granophyr

Fr 28.3. Voorspoed Diamantenmine südl. von Vredefort und Transfer nach Johannesburg

Sa 29.3. De Beers Geoscience Center/Anglo American Forschungslaboratorien

Abends Rückflug nach Deutschland

Seminar: Göttinger Themen

1. Kratone und ihr geophysikalisches Erscheinungsbild (S.Oriolo)
2. Entwicklung des freien Sauerstoffs und die Banded Iron Formation (Chr. Pötzl)
3. Diamanten und Kimberlite (N. Brauckmüller)
4. Stromatolithen - Aufbau, Stratigraphie und Bedeutung (J. Klaus)
5. Frühes Leben (C. Kaiser)
6. Plattentektonik im Archaikum? (M. Henneberg)
7. Was sind mobile belts: Beispiel Limpopo Belt (T. Hannich oder Nachrücker)
8. Greenstone Belts: Barberton Mountains (B. Heller)
9. Komatiite: Was erzählen Sie uns über den frühen Erdmantel? (J.Tomasek)
10. Geoparke und Geotourismus (T.L. Schäfer)

Seminar: Berliner Themen

1. Plutonismus in der Frühgeschichte der Erde (Lutz Hecht)
2. Bushveld: Überblick (Stratigraphie, Alter, Setting, wirtschaftliche Bedeutung, Geschichte (Lutz Hecht)
3. Bushveld: Modelle zur Entstehung des magmatischen Lagenbaus mit speziellem Bezug zu Dwars River (Lutz Hecht)
4. Bushveld: Modelle zur Entstehung der PGE-Mineralisationen (Lutz Hecht)
5. Bushveld: Eisenreiche ultramafische Pegmatite (IRUP's) (Lutz Hecht)
6. Overview: Geology of the Vredefort Dome und Umgebung (Uwe Reimold)
7. Impact-induced deformation structures of the Vredefort Dome – Microdeformations, pseudotachylitische Brekzien und Vredefort Granophyre (Uwe Reimold)
8. Impact-induced deformation structures of the Vredefort Dome – shatter cones and their formation (Uwe Reimold)
9. Genese vom südafrikanischen Witwatersrand Gold (Uwe Reimold)
10. Magmatite des Kraton-Basement und die Suche nach den ältesten Gesteinen der Erde (Uwe Reimold)

Tag 1 (18.03.2014): Komati River Profil

Ninja Braukmüller

Die Exkursion startet ca. 45 km südwestlich der Unterkunft in Badplaas, am Komati River (siehe Abb. 1). Hier stehen die Gesteine der Onverwacht Group an. Die Onverwacht Group ist die älteste Einheit des Barberton Green Stone Belts, der sich über 150 km in Richtung NE/SW erstreckt. Die Gesteinsassoziation der Onverwacht Group wird von mafischen bis ultramafischen (Komatiiten) Vulkaniten bestimmt. Untergeordnet kommen auch einige felsische Gesteine vor. Alle Gesteine sind zumindest teilweise silifiziert, einige sogar soweit, dass sie heute als Cherts vorliegen. Die ältesten Gesteine der Onverwacht Group sind bis zu 3,5 Ga alt.

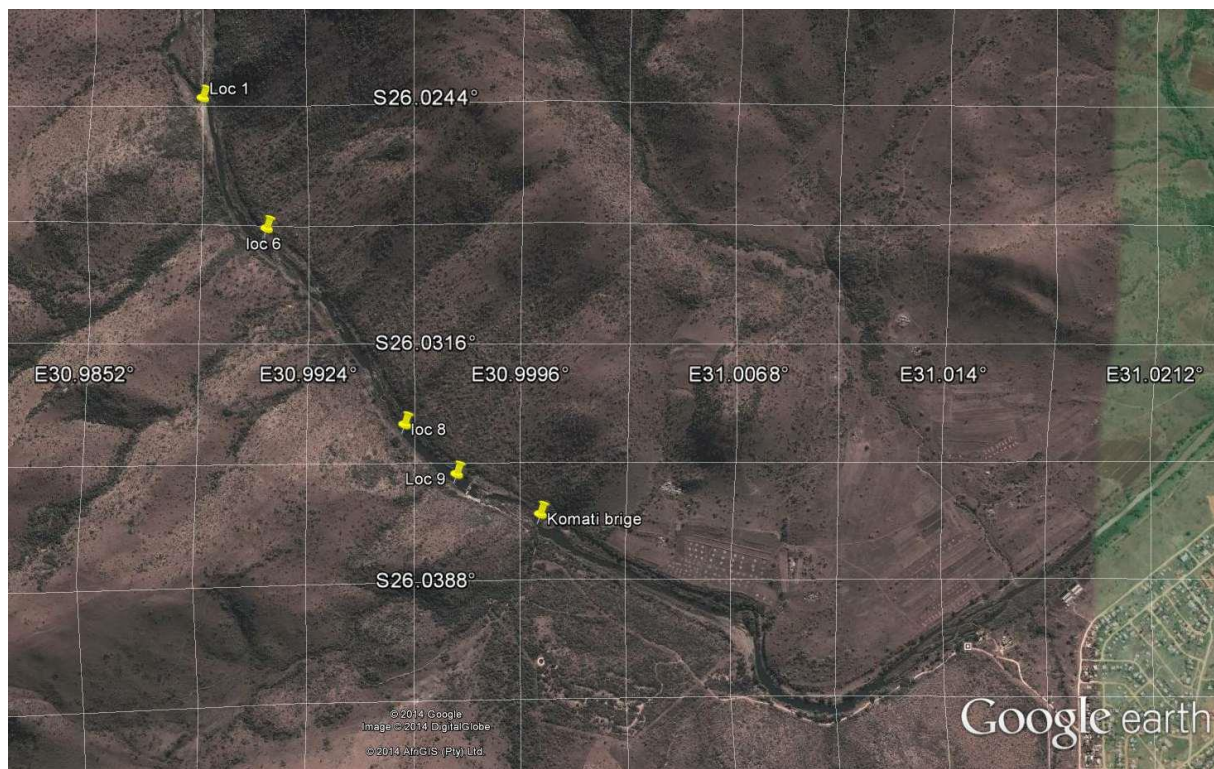


Abb. 1: Komati River

Im ersten Aufschluss (siehe Abb. 1, loc 1) konnte ein komatiitischer Lavastrom identifiziert werden. Etwa 40 m weiter steht ein mittelkörniges melanokratisches Gestein an, dessen rundliche Erscheinungsform durch Wollsackverwitterung geprägt ist. Vermutlich handelt es sich dabei um einen doleritischen Gang.

Die dritte Einheit ist eine silifizizierte Pillow Lava, die aufgrund ihres feinkörnigen abgeschreckten Rands identifiziert werden konnte. Weiter Richtung Osten nimmt die Silifizierung zu (Metasomatose von SiO_2), bis schließlich nur noch Chert übrig bleibt (siehe Abb. 4, Einheit 4). Chert sedimentären Ursprungs überlagert die Basalte. Offenbar konnte SiO_2 direkt aus dem an SiO_2 – übersättigten Meerwasser ausfallen.

Die fünfte Einheit zeigt verschiedene Brekzien. Zunächst sind die Klasten relativ klein und die Brekzie ist monomiktisch. Weiter Richtung Osten tritt auch eine graue Chertbrekzie auf, die teilweise laminiert ist. Am Ende der Einheit steht ein Konglomerat mit sehr vielen verschiedenen und gröberen (bis zu 30 cm) Lithoklasten an. Die Klasten sind hier teilweise porphyritisch.

Der nächste Aufschluss befindet sich direkt am Flussufer. Durch den gesamten Aufschluss verläuft eine schichtparallele Bruchschieferung. Die Sedimente zeigen Schrägschichtung und Entwässerungsstrukturen (convolute bedding) (siehe Abb. 2).



Abb. 2: Convolute bedding in turbiditischen Sandsteinen am Flussufer

Im weiteren Verlauf des Profils steht erneut ein grauer Chert an, der einige schwarze Lithoklasten enthält. Anschließend befindet sich hier eine Aufschlusslücke von ca. 350 m.

Danach tritt ein massiver Basalt zutage, der von einem Black Chert unterbrochen wird. Die Farbe des Cherts entsteht aufgrund eines erhöhten Kohlenstoffgehalts.

Nach dem massiven Basalt schließen sich im Westen erneut Pillow Laven an (siehe Abb. 3). Sie zeigen teilweise Blasen und perlitische Strukturen.



Abb. 3: Silifizierte Pillow Lava

Im weiteren Verlauf sind erneut ein massiver Basalt und Black Cherts zu sehen (Einheiten 8 und 9 in Abb. 4).

Anschließend tritt ein sehr pyroxenreiches z.T. serpentinisiertes Gestein zutage, dessen Protolith ein Peridotit war. Im Westen schließen sich erneut Pillowlaven an und es folgt eine weitere Aufschlusslücke von ca. 300 m auf, an dessen Ende sich wiederum das pyroxenreiche Gestein (Einheit 11 in Abb. 4) befindet. In der Mitte dieser Einheit befindet sich eine nur ca. 1 m breite Lage von brekziösen Ultramafiten (Einheit 12 in Abb. 4).

Die 13. Einheit zeigt wieder silifizierte Pillow Laven, die hier aber kleiner und größtenteils brekziiert sind. Etwa 20 m weiter ist erneut ein Grüngestein aufgeschlossen. Trotz des hohen SiO_2 - Gehaltes lässt die grünliche Färbung und die Struktur des Gesteins

darauf schließen, dass der Protolith ultramafisch war. Die grüne Farbe wird durch den Cr-reichen Glimmer Fuchsit erzeugt.

Auf den grünlichen verkieselten Ultramafitit folgt erneut ein ultramafisches, z.T. serpentinisiertes Gestein, ähnlich dem als Peridotit bezeichneten Gestein aus Einheit 11. Der Ultramafitit hier zeigt auch typisch pistaziengrüne Bereiche, die auf einen geringen Anteil des Minerals Epidot zurückzuführen sind.

Weiter im Westen schließt sich erneut ein brekziertes komatiitisches Gestein an. Der Komatiit sieht teilweise kataklastisch aus, weswegen hier eine Störungszone (siehe Abb. 4) vermutet wird. Diese Vermutung wird unterstützt durch die sich anschließende Einheit von stark zerbrochenen und mit Karbonat gefüllten Gängen. Darauf folgt ein nur etwa 1 m breiter Dolerit Gang, an den sich im Westen erneut ein brekziöser Komatiit anschließt.

Auf den letzten 60 m des Profils sind zunächst flaserige Cherts zu sehen, die teilweise zониert sind. Innen befindet sich eine dünne Schicht aus Karbonat. Darauf folgen noch eine ultramafische Brekzie und ein Basalt, bevor das Profil erneut mit einer ca. 20 m mächtigen Lage von flaserigen Cherts abgeschlossen wird.

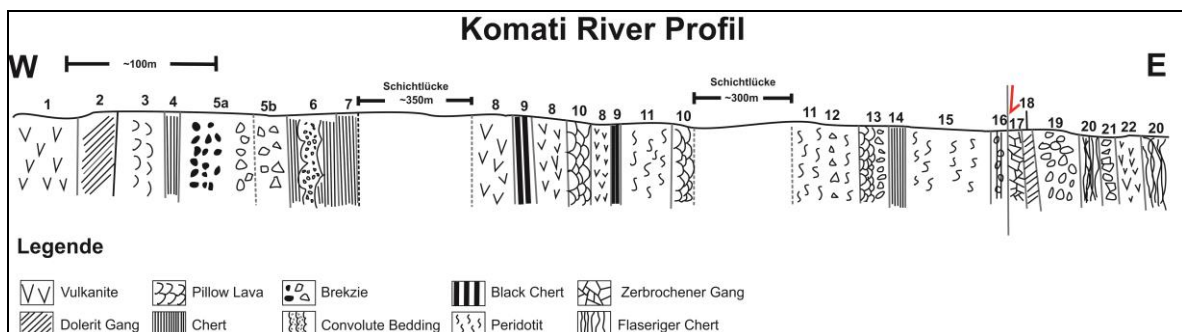


Abb. 4: Komati River Profil (umgezeichnet, nach Feldbuchskizze Lammerer, nicht maßstäblich)

Tag 2 (19.03.2014): The Barberton Greenstone Belt and the Tonalite-Trondhjemite Granodiorite Suite

Sebastián Oriolo

Introduction

The geology of South Africa covers a wide stratigraphic record ranging from Archean to recent times, as no other area in the world does. Particularly, it includes unique preservations of Archean rocks in the Kaapvaal craton, which provide the key to understand the first stages in the evolution of the Earth and, particularly, of the lithosphere. Among them, the Tonalite-Trondhjemite-Granodiorite suites (TTGs) and the rocks association of the Barberton Greenstone Belt are the most outstanding features.

On the basis of field observations, the main aspects of the geology of these complexes are summarized herein. The analysed sections correspond to outcrops located to the east of Johannesburg, near the border between South Africa and Swaziland.

Tonalite-Trondhjemite-Granodiorite suites

TTGs represent the typical Archean plutonic rocks association and their origin is an ongoing topic of debate. They are interpreted to be the result of the melting of mafic rocks and assumed to be the first evidences of the formation and early evolution of the continental crust (Moyen and Martin 2012). Despite the term is used irrespectively of the geochemical signature, TTGs show typically $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 1$ as well as large La/Lu ratios indicating a deep-seated source with garnet fractionation (Moyen and Martin 2012).

In the field, two main lithologies were recognized: granites-granodiorites and migmatites. The granites-granodiorites show medium-grained granular texture (Fig. 1a) and feldspar, amphibole and biotite as the main rock-forming minerals. Epidote is also observed as an accessory mineral phase. Locally, the rocks present a well-developed foliation, giving rise to a protomylonitic texture. Amphibolitic xenoliths and post-emplacement quartz veins are also observed. On the other hand, the migmatites show a typical high-grade foliation with complex patterns of folding. They include amphibolites with moderate to strong replacement of amphibole by biotite. These fragments could represent either xenoliths or restitic melts. Granitic veins are also present. According to cross-cutting relationships, these veins would postdate the migmatites (Fig. 1b). Further TTGs lithotypes (amphibolite-facies orthogneisses and charnockites) were also ob-

served in the Vredefort Dome, where they show brecciation with presence of pseudotachylite veins due to impact metamorphism.

Barberton Greenstone Belt

The Barberton Greenstone Belt consists of a lower volcanic-dominated sequence, a middle volcano-sedimentary succession and an upper siliciclastic unit. They correspond to the Onverwacht, Fig Tree and Moodies groups, respectively, which together make up the Swaziland Supergroup (Lowe and Byerly 1999).

In the first place, komatiitic lavas from the Onverwacht Group were observed. They show typical *spinifex* texture with elongated crystals of olivine indicating supercooling (Fig. 1c). Later, a sequence of the Fig Tree Group was analysed, comprising cherts, accretional lapilli layers, BIFs and turbiditic deposits. The cherts are black to grey and consist of millimetric layers with horizontal lamination (Fig. 1d). In some areas, the cherts are interbedded with accretional lapilli layers, whose particles present spherulitic texture (Fig 1e). Due to their grain size, the lapillis seem to be more likely of volcanic origin, instead of related to impact processes. The BIFs are made up of centimetric layers interbedded with millimetric jaspilitic layers (Fig. 1f). They show tight folding with subvertical axial planes. Finally, the turbiditic deposits present complex patterns of folding and fracturing that can be the result of slumping. However, these deposits could be alternatively interpreted as tsunamites.

Discussion and conclusions

The existence of both TTGs and greenstone belts associations provide solid evidences of the existence of well-established geodynamic processes during the Archean. Moreover, they also point out to similarities and differences regarding Phanerozoic tectonic processes, supporting the singular nature of the Archean geology.

TTGs comprise the oldest cores of cratons and show medium to high grade metamorphism. Despite some processes associated to their genesis are controversial (*e.g.*, Foley et al. 2003, Moyen and Martin 2012, Polat 2012), there is a general consensus that TTG's magmas there are related to mafic deep-seated sources (Moyen and Martin 2012). Therefore, they represent the first stages in the generation of the continental crust.

The existence of komatiites demonstrates the presence of volcanic processes during Archean times. These rocks show high MgO contents and the associated ultramafic magmas are considered to be erupted at temperatures between 1400–1700°C. These facts

point to a higher percentage of partial melting in the mantle than considered for post-Archean times or, alternatively, to high pressure melting (Rajamani et al. 1993).

Sedimentary processes are also shown by rocks of the Onverwacht and the Fig Tree groups. They revealed the presence of Archean basins with a significant volcanic input under particular atmospheric conditions, as revealed by the BIFs.

In summary, the coeval presence of TTGs and greenstone belts indicate the presence of both endogenous and exogenous processes already established during the Archean. As a whole, these associations of rocks can be then considered the first evidences of plate tectonics in the Earth.

References

- Foley, S.F., Buhre, S., Jacob, D.E. 2003. Evolution of the Archean crust by delamination and shallow subduction. *Nature* 421(6920): 249–252.
- Lowe, D.R., Byerly, G.R. 1999. Stratigraphy of the west-central part of the Barberton Greenstone Belt, South Africa. In: Lowe, D.R., Byerly, G.R. (eds) *Geologic evolution of the Barberton Greenstone Belt, South Africa*. Geological Society of America, Special Paper 329: 1–36.
- Moyen, J.F., Martin, H. 2012. Forty years of TTG research. *Lithos* 148: 312–336.
- Polat, A. 2012. Growth of Archean continental crust in oceanic island arcs. *Geology* 40(4): 383–384.
- Rajamani, V., Balakrishnan, B., Hanson, G.N. 1993. Komatiite genesis: insights provided by Fe–Mg exchange equilibria. *The Journal of Geology* 101(6): 809–819.

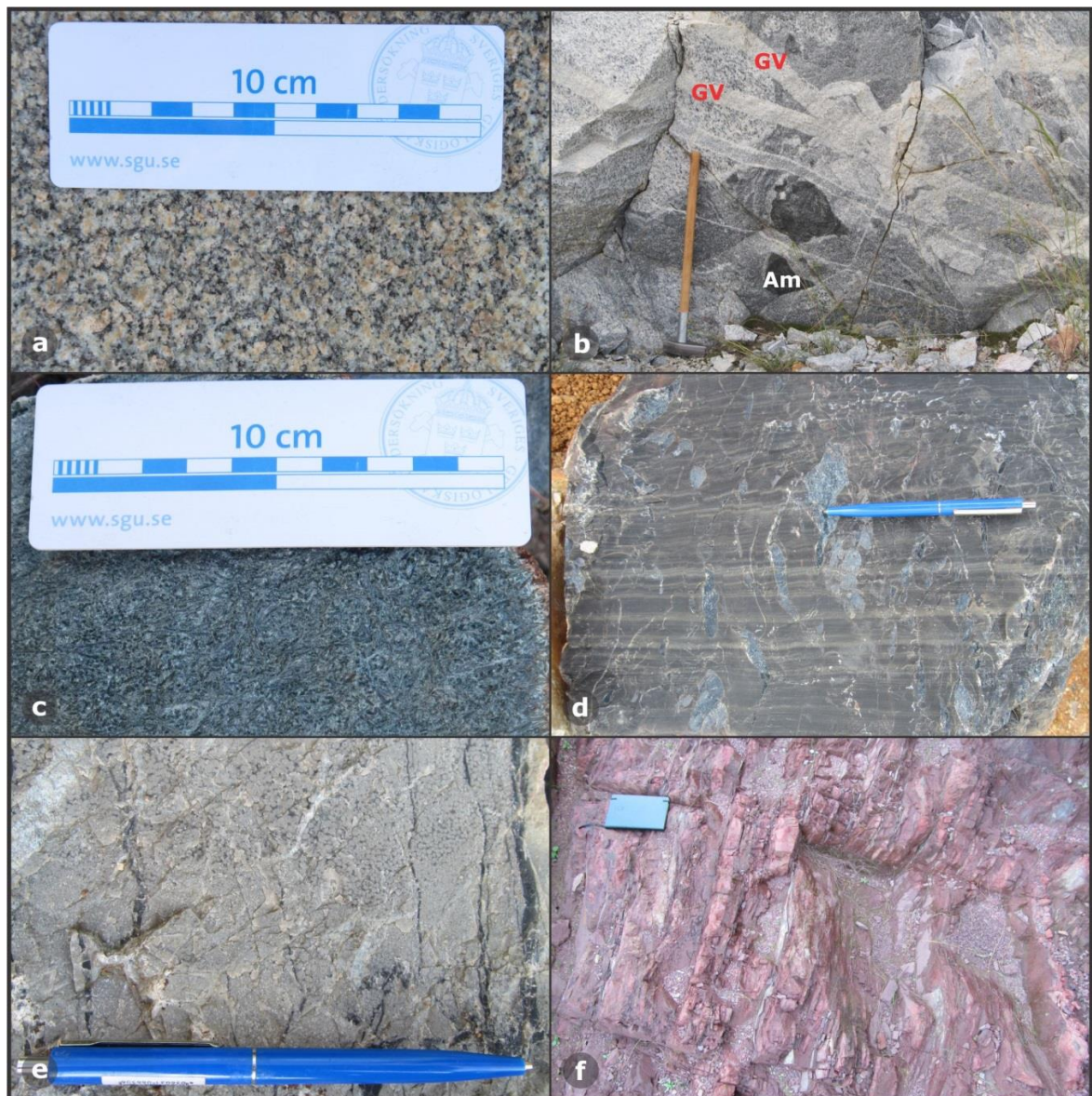


Fig. 1: a. Medium-grained granular granite-granodiorites of the TTG suites. b. Migmatites with amphibolitic fragments (Am). Post-migmatite granitic veins (GV) are shown. c. Komatiite with typical spinifex texture. d. Chert layers with horizontal lamination. e. Accretional lapilli with spherulitic texture. f. BIFs.

Tag 3 (20.03.2014): Sheba-Mine und Golden Quarry

Tim-Lorenz Schaefer

Die Sheba-Mine und die stillgelegte Golden Quarry Mine befinden sich im Barberton Mountain Land in der Mpumalanga Provinz östlich von Johannesburg in der Nähe von Swasiland.

Südafrika ist eines der goldreichsten Länder der Erde. Von dort kommen 35 % des global jemals geförderten Goldes und 50 % der bekannten Goldreserven liegen in Südafrika. Trotz eines seit über 100 Jahren dauernden Goldrausches in Südafrika befindet sich das Land mit Goldreserven von ca. 6000 t immer noch auf Platz 2 in der Welt.



Foto 1 Sheba Mine: der Eingang zum Schacht. Quelle: privat

Die Sheba-Mine befindet sich 10 km nordöstlich von Barberton und ist die älteste noch aktive Goldmine der Welt. Geöffnet wurde die Mine 1885 und seit über 100 Jahren wird hier Gold produziert. Das Gold liegt zum Teil als „visible gold“ vor (Foto 2)¹, ist also mit bloßem Auge sichtbar („Freigold“). Der Hauptteil des Goldes ist jedoch in Sulfiden wie Pyrit und Arsenopyrit gebunden und liegt als Mikropartikel vor. Das umgebende Gestein ist Teil des Barberton Greenstone Belts mit einem Alter von ca. 3.5 - 3.2 Ma Jahren, insbesondere der sogenannte Black Chert, ein kieseliges Gestein, das auf Grund von organischem Kohlenstoff grau bis schwarz gefärbt ist. Die Gold-Sulfidmineralisation befindet sich in einer Scherzone, der Shiva fault, am Übergang vom Black Chert zu den Gesteinen des Greenstone Belts.



Foto 2 Freigold aus der Sheba Mine. Quelle: Carles Curto Milá, 2008

zu den Gesteinen des Greenstone Belts.

Um das Gold aus den Sulfiden zu befreien wurde das Gold früher durch Cyanide ausgelaut, wodurch Trinkwasser weiträumig kontaminiert wurde, und schwere Gesundheitsschäden in der Bevölkerung auftraten. Heute wird das Gold mit Hilfe von Mikroben, die das Sulfid zersetzen und oxidieren und dabei das Gold freisetzen, gewonnen (BIOX-Prozessierung). Das Konzentrat wird anschließend zum Schmelzen nach Johannesburg geflogen.



Foto 3 Konzentrat aus der Sheba Mine. Quelle: privat

2009 produzierte die Sheba-Mine 97 353 Unzen Gold bei Unkosten von 469 USD/oz (InfoMine Report)².

Die Mine hat mit diversen Problemen zu kämpfen:

Zu Einem muss immer tiefer geschürft werden, was zu einer Erhöhung der Abbaukosten pro Unze führt.

Bei einem sinkenden Goldpreis ist der Betrieb nicht mehr wirtschaftlich und muss pausieren oder als letzte Konsequenz, eingestellt werden.

Zum Anderen macht die Entwässerung zunehmend Probleme. Als wir zu Besuch in der Mine waren, konnten wir leider nicht einfahren, da die Mine aufgrund starker Regenfälle zum Teil geflutet war.

Das letzte große Problem ist das illegale Schürfen durch „illegal miners“. Es ist praktisch nicht möglich die Mine und die alten Stollen in der Nähe der Mine vollkommen zu überwachen. Der Leiter der Minensicherheit sprach von über 100 kleinen und versteckten Eingängen in die Mine. Illegale Schürfer nehmen sich Verpflegung für bis zu drei Wochen mit und verstecken sich anschließend mit ihrer behelfsmäßigen Ausrüstung die gesamte Zeit Untertage. Die Folge sind schlimme Unfälle, da bei falsch gesetzten illegalen Sprengungen Stollen einstürzen, oder es bilden sich Grubengase wie Methan oder Kohlendioxid und den Schürfern geht der Sauerstoff aus. Auch gibt es Konflikte zwischen rivalisierenden illegalen Schürfern mit Mord und Sprengfallen. Nach Aussage der Sicherheits-

² [http://www.infomine.com/index/properties/Barberton_\(Sheba,_Fairview,_Consort\).html](http://www.infomine.com/index/properties/Barberton_(Sheba,_Fairview,_Consort).html)

experten wird bis zu 60 % des in der Mine vorhanden Goldes von illegalen Schürfern gestohlen.

THE GOLDEN QUARRY MINE



Foto 5 Schild am Eingang zu THE-GOLDEN-QUARRY. Quelle: privat

ßen gebracht, wo es weiter verarbeitet werden konnte. Heute führt ein schmaler Stollen aus der Mine heraus. Innerhalb der Mine erhält man einen guten Eindruck, wie die Schürfarbeit, damals vor 100 Jahren, ausgesehen haben muss. Die Stollen, die die erzhaltigen Adern verfolgen, führen steil und ohne jede Befestigung in die Tiefe. Priorität hatte das Gold, Sicherheit oder Bequemlichkeit wurden dem erhofften Reichtum untergeordnet. Ein Teil der Mine ist weitläufig ausgehöhlt und abgebaut. Ehemalige Schächte von der Oberfläche bilden heute Zugänge zu diesen künstlichen Kavernen und lassen Tageslicht hinein (siehe Foto 4).

The Golden Quarry ist eine alte und stillgelegte Mine in der Nähe der Sheba-Mine. Dort wurde bis in die 90er-Jahre noch weiter illegal nach Gold geschürft. Das erzhaltige Gestein, ein Gangquarz, wurde gebrochen und dann nach drau-

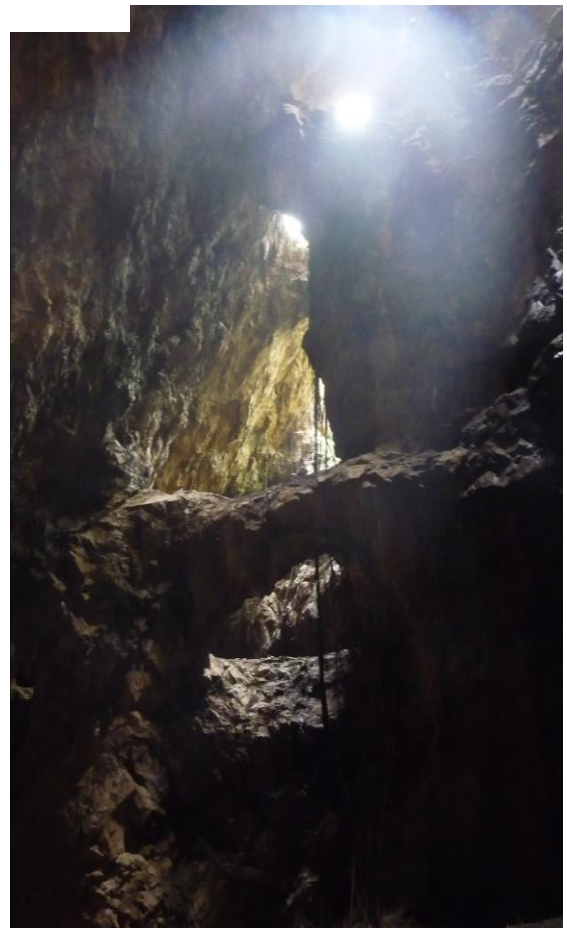


Foto 4 Höhle mit Gängen im GOLDEN QUARRY. Quelle: privat

Der letzte Stopp des Tages lag am Ufer des Eland - Flusses auf dem Weg zwischen der Sheba-Mine und dem Golden Quarry. Eigentlich wurde nach einem anderen Aufschluss am Ufer gesucht, dieser war jedoch durch die Überschwemmungen der vergangenen Tage zugeschüttet worden. Das Gesuchte wurde dennoch an anderer Stelle, c. 100 m



Foto 6 Kreuzschichtung eines "paläotitalen" Bereiches. Photo: Janeta Klaus

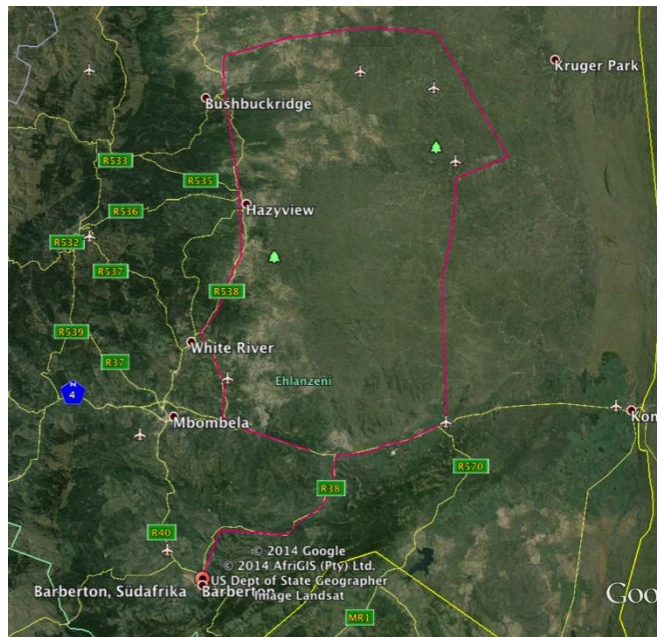
Fluss abwärts, gefunden. Es handelte sich hierbei um einen grauen, bankigen marinen Sandstein der Moodies-Group (ca. 3,25 Ga) mit Kreuzschichtung. Die Fazies dieses Sandsteins lässt sich mit der des deutschen Buntsandsteins vergleichen. Die Korngröße nimmt innerhalb der Formation vom Liegenden zum Hangenden ab. In dem nur auf ca. 6 m aufgeschlossenem Sediment konnte allerdings dieses Charakteristikum nicht beobachtet werden. Die Kreuzschichtung wird durch Bündel sehr dünner Forset-Lagen gebildet, die in ihrer Mächtigkeit rhythmisch schwanken, weil sie möglicherweise durch den Rhyth-

mus von Springflut und Nippflut beeinflusst sind. Sie zeigen eine kürzere Monatslänge an, da der Mond im Archaikum noch wesentlich näher an der Erde war.

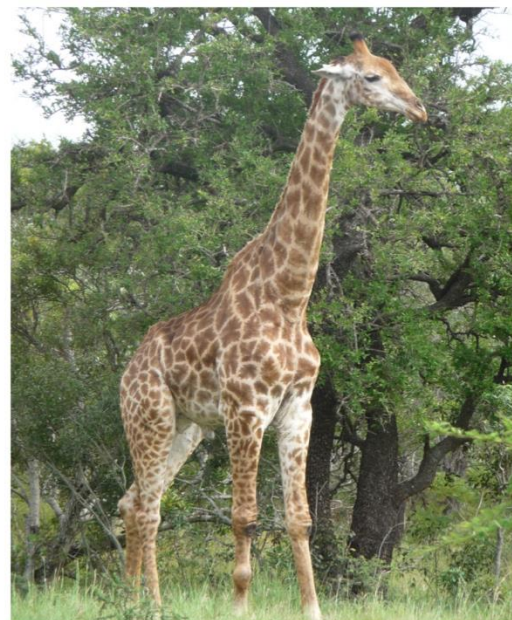
Tag 4 (21.03.2014): Krüger-Nationalpark

Noch vor Sonnenaufgang machten wir uns auf die eineinhalb-stündige Reise zum Krüger-Nationalpark. Der Tagesausflug wurde von den angehenden Geowissenschaftlern bereits heiß herbeigesehnt. Nicht zu unrecht, denn das größte Wildschutzgebiet Südafrikas bietet auf einer Fläche von etwa 20.000 km², in etwa der Größe von Rheinland-Pfalz, so einiges zu sehen.

Nebst den "Big Five", Afrikanischer Elefant, Spitzmaulnashorn, Afrikanischer Büffel, Löwe und Leopard, die wir alle zu sehen hofften, sind dort 147 Säugetierarten beheimatet. Nicht zu vergessen zahlreiche Vogel-, Reptilien-, Fisch- und Amphibienarten, ist der "Krüger" auch landschaftlich sehr reizvoll und bietet verschiedene Ökosysteme, die sich maßgeblich in sieben Hauptgruppen (Mopaneveld, Sandveld, Sweetveld, gemischtbewaldetes Gebiet, südwestliche Vorberge, Lebombo-Berge, Flussrand-Wälder) zusammenfassen lassen.



An diesem Tag stand nicht der Geotourismus im Vordergrund, sondern wir widmeten uns bis zur Ausfahrt aus dem Park um 16 Uhr, ganz dem Wildtiererlebniss. Alle haben den Tag genossen, die zahlreich geschossenen Bilder sprechen für sich. Aufgrund eines kleinen Umweges und einer, oder besser zwei, kaputter Autoreifen haben wir um 23 Uhr sicher und erschöpft das Digger's Retreat in Barberton erreicht.



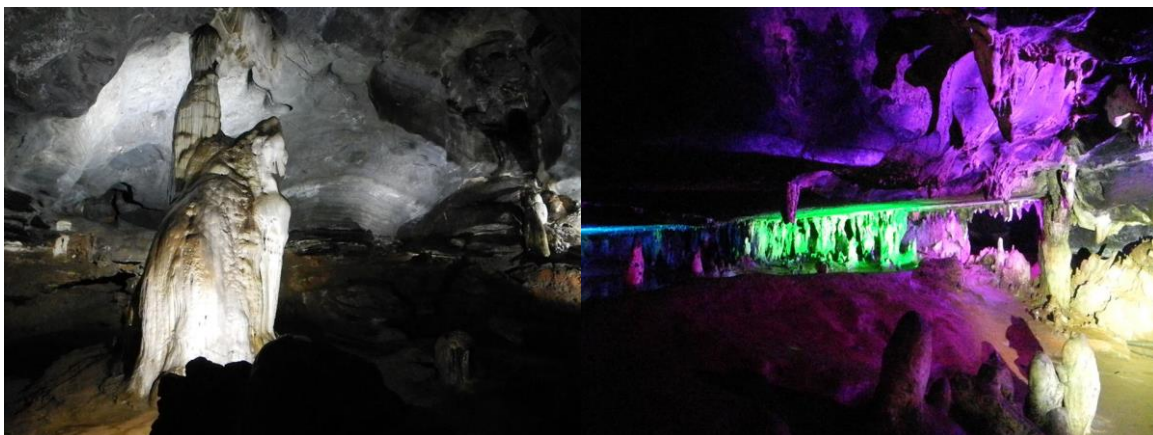
Tag 5 (22.03.2014): Sudwala Cave und Giant Stromatolites

März Beatrix Heller

Der 6. Exkursionstag beginnt mit der Abfahrt aus Barberton, wo die Gesteine der Fig Tree – Gruppe aufgeschlossen sind. Die Fahrt in Richtung Nelspruit führt zunächst durch den nördlichen Barberton Greenstone Belt und kreuzt einen dünnen Streifen Onverwacht-Gesteine sowie granitische Plutone (3,05-3,22 Ga). In nordwestliche Richtung geht es weiter durch den Roiwater-Komplex in die überliegenden Gesteine der Transvaal-Supergroup.

Zwei prominente, überwiegend sedimentäre Gruppen der Transvaal-Supergroup sind die Chunesberg- und die Pretoria-Gruppe mit einem Alter von ca. 2,65-2,7 Ga. Die Gesteine der Chunesberg-Gruppe sind sowohl im östlichen, als auch im westlichen Transvaal aufgeschlossen und bilden die unterste Füllung des Witwatersrand Beckens. Oftmals bildet die Back Reef Formation eine prominente Schichtstufe.

Die Sudwala Caves (-25.36942,30.69958) befinden sich in den stark verkarsteten Dolomiten der Malmani-Formation, welche in etwa 2,5Ga alt sind. Die Höhlen befinden sich etwas abseits der R539 zwischen Nelspruit und der Wonderkloof Nature Reserve. Heute touristisch genutzt, waren sie früher Kriegsschauplatz der Swasi. Noch heute sieht man schwarze Stellen, welche von früheren Feuern stammen. Die für Besucher geöffnete Höhle besteht aus Dolomit und hat einige Chertlagen. Die Stalagmiten und Stalagtiten wachsen nach Auskunft des lokalen Führers mit einer Geschwindigkeit von max. 2,5 cm/1000 Jahre. An einigen Stellen haben die Formationen sogenannte „Elefantenhaut“ und an der Decke der Höhle gibt es stellenweise Stromatolithen von bis zu 20cm Durchmesser. Das „Amphitheater“ der Höhle wird auch für Konzerte genutzt und einige Formationen sind bunt beleuchtet.



Stalagmit in der Sudwala-Höhle. Lichtinstallation in der Sudwala-Höhle

Auf den Höhlenbesuch folgen zwei Vorträge zu den Themen „Frühes Leben“ (Cosima Kaiser) und „Stromatolithe“ (Janeta Klaus). Anschließend geht die Fahrt weiter in Richtung der Giant Stromatolites.

Der besuchte Aufschluss der Giant Stromatolites ist ein Straßenaufschluss und zeigt die Stromatolithe in ihrer eindrucksvollen Größe. Die als Matten gewachsenen Gesteine bilden konzentrische Gewölbe von bis zu 4m Höhe. Eine feine Laminierung im Millimeter-Maßstab ist gut zu erkennen. Stellenweise sind Rippelmarken von ca. 2cm zu sehen. Die Stromatolithe sind ca. 2,4-2,7 Ga alt und bilden eine wichtige Calcitsenke.



Studentin (sitzend) inmitten der Giant Stromatolites

Nach der Besichtigung der Giant Stromatolites geht es über die Panorama-Road und einen Pass nach Lydenburg, den Ort der nächsten Unterkunft.

Tag 6 (23.03.2014): Östlicher Teil des Bushveld Komplexes mit Lutz Hecht und Christoph Gauert

Mareike Henneberg

Überblick

Der Bushveld Komplex ist die größte aufgeschlossene mafische, geschichtete Intrusion der Erde mit einer Ausdehnung von 65000 m² und Mächtigkeiten von bis zu 8 km (Cawthorn et al. 2006). Die Bildung der geschichteten Struktur erfolgte durch sukzessive Intrusionen von Magmen verschiedener Zusammensetzung in eine Magmenkammer, wo eine Vermischung der nicht kristallinen Phasen erfolgte (Cawthorn&Wallraven 1998). Die Intrusion ist heute in Form eines östlichen und eines westlichen Hauptflügels aufgeschlossen, die aber höchstwahrscheinlich in der Tiefe eine zusammenhängende Struktur bilden (Cawthorn et al. 2006). An den Flügeln sind die flach in Richtung des Zentrums einfallenden Gesteine der Rustenberg Layered Suite, der Hauptzone des Bushveld Komplexes, aufgeschlossen.

Die Exkursion am 23.03.2014 besuchte den stratigraphisch unteren Teil der Rustenberg Layered Suite im östlichen Flügel des Bushveld Komplexes, insbesondere um die aus Ultramafiten bestehende Lower Zone und die aufgrund ihrer Chrom- und Platinlagerstätten ökonomisch wichtige Lower und Upper Critical Zone.

Aufschluss: Ultramafite der Lower Zone (24° 15' 22" S, 29° 51' 55" E)

Die Ultramafite der Lower Zone des Bushveld Komplexes sind am Olifants River aufgeschlossen. Die Mächtigkeit der Zone beträgt an dieser Stelle ca. 1,5 km, bestehend aus Harzburgiten und Duniten (Cameron et al. 1978). Die braun verwitterten Gesteine sind grobkristallin (Kristallgröße ca. 0,5 cm) und weisen einen Olivinanteil von ca. 70% auf. Die restlichen Bestandteile setzen sich aus Ortho- und Klinopyroxenen zusammen.



Abbildung 1: Harzburgit der Lower Zone

Die Mineralogie der Ultramafite zeigt sich auch morphologisch: Die flacheren Bereiche des Olifants River Trough werden durch olivinreicheres und damit verwitterungsanfäll-

ligeres Gestein gebildet, während die angrenzenden Höhenzüge einen höheren Pyroxenanteil aufweisen.

Weitere Anzeiger für Olivin sind die mehrere cm- großen, lose am Aufschluss herumliegenden weißen, knoten-, bzw. kugelförmigen Magnesitkristallite, die sich durch Verwitterung bilden, sowie die dort wachsenden Pflanzen der Gattung *Helicrysum*, die das im Olivin als Spurenelement vorkommende Nickel tolerieren. Im Hangenden der Lower Zone schließt sich die Critical Zone an.



Abbildung2: Morphologie der Ultramafite in der Lower Zone

Aufschluss: Jagdlust-Profil ($24^{\circ} 16' 08'' S, 29^{\circ} 53' 18'' E$)

Das Profil am aufgelassenen Stollen an der Farm Jagdlust zeigt die Stratigraphie des oberen Teils der Lower Critical Zone mit dem Übergang zur Upper Critical Zone. Die Lower

Critical Zone besteht aus Pyroxeniten und Noriten und umfasst die Chromithorizonte LG1-7. Die Basis des Profils bildet der ca. 1m mächtige Chromithorizont LG6, der hier früher abgebaut wurde. Dieser wird zunächst von Noriten überlagert, auf denen sich teilweise poikilitisches Wachstum von über 1 cm großen Klinopyroxenen als Unebenheiten auf den Verwitterungsoberflächen zeigt. Die Feldspatkomponente in den Noriten beträgt ca. 30%.

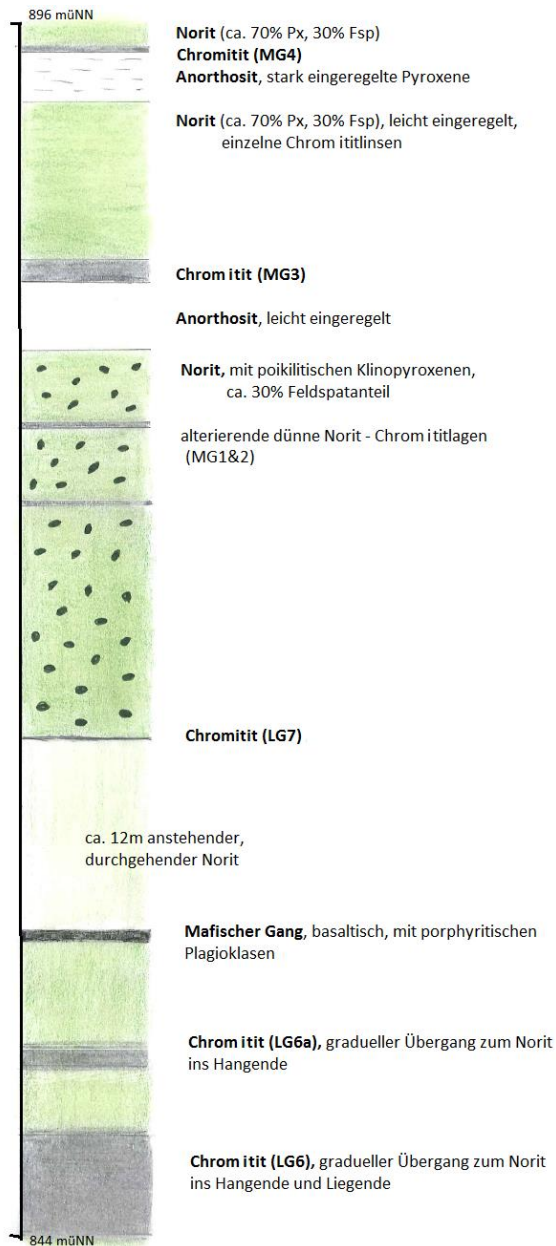


Abbildung 3: schematische Darstellung des Jagdlust-Profiles



Abbildung 4: Chromithorizont LG6a



Abbildung 5: Chromitithorizont LG6

Weitere prominente Chromitlagen sind LG6a ca. 1 bis 2 m im Hangenden von LG6 und weitere Meter oberhalb LG7. Das Auftreten von Anorthosit, d.h. die Tendenz zu eher felsischen Komponenten im Gestein zeigt den Übergang von der Lower- in die Upper Critical Zone an. Die im Hangenden zum Anorthosit gelegenen Chromitlagen MG3 und MG4 zählen bereits zur Upper Critical Zone.

Aufschluss: Merensky Reef ($24^{\circ} 28' 38'' S$, $30^{\circ} 03' 07'' E$)

Der Aufschluss des Merensky Reefs befindet sich stratigraphisch ca. 200m über dem Jagdlust-Profil. Er markiert den obersten Teil der Oberen Kritischen Zone. Das Merensky Reef ist eine der reichsten Lagerstätten für Platingruppenelemente (PGE) der Welt. Die Lagerstätte wurde im Jahr 1924 von Dr. Hans Merensky lokalisiert (Cawthorn 1999).

Der hauptmetallführende Horizont wird durch eine Lage von pegmatitischem, feldspatreichem Orthopyroxenit mit grobkörnigen Klinopyroxenen angezeigt. Der Pegmatit ist am Aufschlusspunkt nur ca. 40cm mächtig und wird ins Hangende durch einen Chromit-horizont abgegrenzt. In der lateralen Ausdehnung erreicht der Horizont aber Mächtigkeiten über 1m. Als weitere Minerale enthält der Pegmatit unter anderem die Minerale Phlogopit, Apatit und Zirkon. Dies deutet auf die Bildung des Pegmatits aus einer wasserreichen Residualschmelze als Folge von Magmenmischung hin.

Aufschluss: Upper Critical Zone (UG2 und UG3) ($24^{\circ} 33' 38'' S$, $30^{\circ} 6' 16'' E$)

In einem ausgetrockneten Flussbett sind Chromite der UG2 als auch der UG3 aufgeschlossen. Beide Horizonte enthalten Elemente der Platingruppe, UG2 ist dabei aber

mächtiger und weist auch einen höheren PGE-Gehalt auf. Dieser Horizont liegt 40-140 m stratigraphisch unterhalb des Merensky Reef (Cawthorn 1999) und ist ökonomisch ebenso bedeutend.

UG3 ist dagegen in mehrere dünne, nur wenige cm mächtige Chromitlagen zerteilt, die von Anorthosit umlagert sind. Dieser ist am Aufschluss stark verwittert. Dünne Chromitlagen wie UG3 werden aufgrund ihrer dünnen Mächtigkeit und geringeren PGE-Gehaltes nicht abgebaut.



Abbildung 6: Dünne Chromitlagen der UG3, umgeben von Anorthosit. Die hellen Knollen sind Kalkkonkretionen aus meteorischen Wässern

Literatur

Cameron E.N. (1978). The lower zone of the eastern Bushveld Complex in the Olifants River trough. *Journal of Petrology*, 19(3), 437-462.

Cawthorn, R.G. (1999). The platinum and palladium resources of the Bushveld Complex. *South African Journal of Science*, 95.

Cawthorn, R.G., Eales, H.V., Walraven, F., Uken, R., Watkeys, M K. (2006). The Bushveld Complex. In: Johnson, M.R., Anhaeusser, C.R. and Thomas, R.J. (Hrsg), *The Geology of South Africa*. Geological Society of South Africa, Johannesburg/Council for Geoscience, Pretoria, 261-282.

Cawthorn, R.G., & Walraven, F. (1998). Emplacement and crystallization time for the Bushveld Complex. *Journal of Petrology*, 39(9), 1669-1687.

Tag 7 (24.03.2014): Barberton Geologie

Christopher Pötzl

Stop 1: Bohrkernlager NKWE Platinum (Steelpoort)

Der achte Tag der Exkursion beginnt mit einem Besuch des Bohrkernlagers der Firma NKWE Platinum Limited. Zunächst verfolgt die Gruppe eine Präsentation vom Senior Geologist Tawanda Manyeruke über die aktuellen Projekte der Firma NKWE Platinum im Bushveld Komplex, dem größten „layered mafic igneous complex“ der Welt. Dort werden vor allem die Platin-Gruppen-Element (PGE) -reichen Erzkörper des Merensky Reef's und des UG2-Reef's der kritischen Zone exploriert. Sowohl Merensky Reef als auch UG2-Reef sind nur geringmächtig (2m bzw. 1m), weisen jedoch eine sehr starke PGE-Konzentration auf. Später geht der Senior Geologist mit der Gruppe einen Bohrkern Horizont für Horizont durch.



Abb. 7: Tausende Meter Kernmaterial (NKWE Platinum)

Stop 2: Straßenaufschluss Eisenreiche ultramafische Pegmatite (=IRUP's) (nahe der Tweefontein Chrome Mine)

An dem Straßenaufschluss können eisenreiche, ultramafische Pegmatite (iron rich ultramafic Pegmatites = IRUP) beobachtet werden, die gangartig in die umgebenden

Anorthosite der oberen Kritischen Zone eingedrungen sind (Abb.2). Die IRUP's weisen größtenteils schwarze, eisenreiche Klinopyroxene (Ferroaugit) und dunkelbraune, transparente fayalitische Olivinkristalle auf. Die umgebenden plagioklasreichen Anorthosite erscheinen hell. Insgesamt werden im Bushveld drei Formen von IRUP's beobachtet. Als riesenkörnige subkonkordante Lagen, als diskordante Röhren (pipes) oder Gänge oder als metasomatische Verdrängungskörper im Dunit oder Anorthosit. Das Fehlen von Feldspat wird durch Unmischbarkeit der eisenreichen Schmelze mit der basischen Schmelze erklärt.



Abb. 8: IRUP (dunkel) in Anorthosit (hell)

Die Genese der IRUP's erfolgte durch Abtrennung und gravitatives Absinken einer eisenreichen Schmelze und dem anschließenden Eindringen in Risse und Spalten des Umgebungsgesteins (Intrusion von oben!).

Stop 3: Dwars River 24.84894° S 30.06465° E

Der Aufschluss am Dwars River (world heritage site!) zeigt auf beeindruckende Weise die Merkmale magmatischen Lagenbaus. Die horizontalen Chromitlagen der UG1 & UG2 der oberen Kritischen Zone sind hier mit Anorthositen und Noriten der oberen Kritischen Zone wechselgelagert (Abb.3) und teilweise durch Störungen und Xenolithe ge-

stört. Die Chromitlagen gabeln sich z.T. auf und vereinigen sich wieder, bleiben aber in ihrer Mächtigkeit mehr oder weniger konstant.



Abb. 9: Magmatischer Lagenbau am Dwars River (Chromit: dunkel, Anorthosit/Norit: hell)



Abb. 10: Magmatischer Lagenbau am Dwars River (Die Chromitlagen können durchaus Mächtigkeiten von mehreren Dezimetern erreichen)

Stop 4: Bachbett an Magnet Heights

Am Bachbett ist der 4. Magnetit Layer der 24 Main Magnetite Layer der Upper Zone der Rustenburg Layered Suite aufgeschlossen. Man kann basal einen scharfen Übergang und am Top einen graduellen Übergang in den Anorthosit beobachten. Dabei sind am Top häufig ovale anorthositische Xenolithe in den Magnetit-Lagen zu beobachten. Die Magnetite Layer haben etwa 4% Vanadiumgehalt. Insgesamt besitzt Südafrika ca.80% der weltweiten Vanadiumreserven. Vanadium zählt neben Chrom, Platin, Nickel und Gold zu den „Big Five“ der bedeutendsten Elemente die in Südafrika abgebaut werden.



Abb. 11: Studentische Gruppe vor dem 4. Main Magnetite Layer der Upper Zone

Tag 9 (26.03.2014): Vredefort Dome

H1: Einführung zur Geologie der Vredefort- Impaktstruktur

Beim Vredefort Dom handelt es sich um die weltweit größte sicher identifizierte Impaktstruktur. Der Impakt war vor 2023 Ma erfolgt. Die ursprüngliche Größe des Kraters von 250 - 300 km entspricht der Ausdehnung des Witwatersrand- Beckens. Im Zentrum der Struktur, dem Vredefort Dom, sind die Gesteine durch den Impakt fast vertikal aufgestellt worden. Sie entsprechen dem ehemaligen Zentralberg des Kraters, der von einer Randsynklinale umgeben wird. Die Depression, die der Impaktor hinterließ, war etwa 5 km tief und ist heute zum größten Teil erodiert, denn das heutige Erosionsniveau liegt noch einige Kilometer tiefer. Folgende Indizien gelten als Beweis für einen Meteoriteneinschlag: Shatter Cones, Mikrodeformation in Quarzen, Feldspäten und Zirkonen als Folge der Schockwelle, Coesit und Stishovit, pseudotachylitische Brekzien und der Vredefort Granophyr.

H2: Salvamento Quarry

In diesem Aufschluss (s. Abb. 1a) findet man Gesteine aus der oberen Kruste, die amphibolitfaziell überprägt sind. Hierbei handelt es sich um graue, trondhjemitische Gneise mit mafischer Bänderung, die parallel zur S₂- Foliation und mit einem Einfallen nach NW verläuft. Der Trondhjemit wurde von grobkörnigen Granitgängen intrudiert. Außerdem sind noch pseudotachylitische Brekzien- Gänge mit teilweise gerundeten Klasten zu finden (s. Abb. 1b).

Die heterogenen Gesteine und Strukturen entstanden durch vier archaische Deformationszyklen zwischen 1.35- 2.3 Ga., wobei einer in Verbindung mit dem Vredefort- Impakt steht, bei dem die Brekzien gebildet wurden (s. Abb. 1b).



Abb. 1: a) Überblick über den Steinbruch, b) Pseudotachylitische Brekzien.

Bei diesen netzwerkartigen Brekzien ist eine gewisse Abfolge der Ereignisse erkennbar. Die Gesteine wurden fragmentiert, partiell geschmolzen und an mylonitischen Scherzonen auseinandergedrückt. Außerdem kam es zu friction melting an diesen Schwächezonen mit einem Versatz von mindestens 100 m. Die Schmelze hier wurde lokal gebildet und hat eine ähnliche chemische Zusammensetzung wie die umliegenden Gesteine.

H3: Vaal- River Ufer (Sunwa River Lodge)

In diesem durch äolische und fluviatile Erosion polierten Aufschluss am Flussufer findet man jüngere Strukturen wie pegmatitische und pseudotachylitische Gänge. Die schwarzen Pseudotachylitgänge, verlaufen SSW-NNE und 90° dazu (s. Abb. 2a). Dabei handelt es sich um archaische Orientierungen, die durch den Impact reaktiviert wurden. Aus der Anordnung der Gänge lassen sich Rückschlüsse auf das Spannungsfeld während des Impactes machen: offenbar herrschte kurz nach dem Impact ein in etwa lithostatisches Spannungsfeld vor, sodass die Schmelzen ein orthogonales Muster erzeugen konnte. Das Einbiegen in Abb. 2b ist durch lokale Zugspannungen bedingt. (s. Abb 2 b).

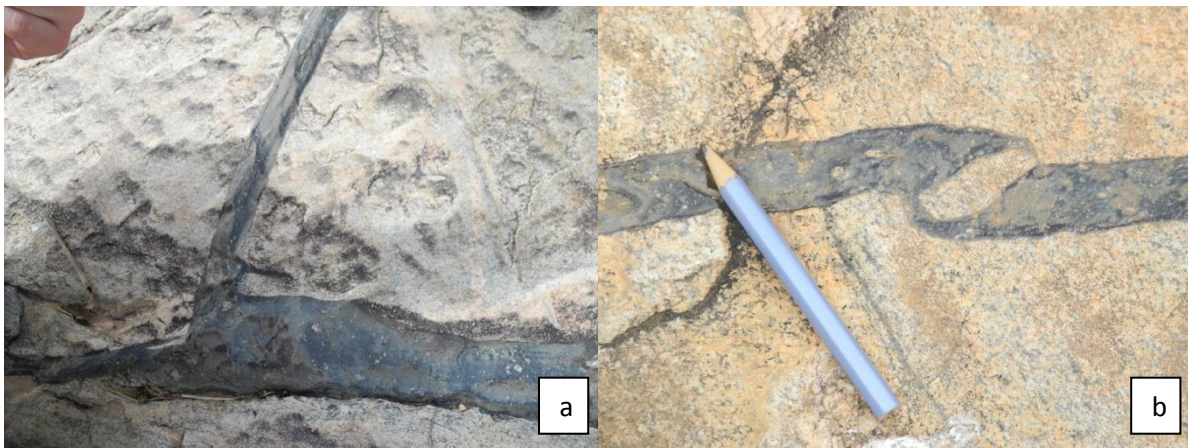


Abb. 2: a) archaische Gänge, b) sinistrale Bewegung.

H4: Aufschluss SE-Rand des Doms

In diesem Gebiet findet sich das größte Bentonitvorkommen Südafrikas. Bentonit ist eine alterierte vulkanische Asche, die im Laufe des Karoo-Vulkanismus abgelagert wurde. Im Liegenden der Karoo-Sedimente sind die Gesteine des Basements grünschieferfaziell überprägt. Sie werden von Lithiumpegmatiten (>2.02 Ga) durchschlagen, in denen sich noch Pseudotachylite finden, die belegen, dass die Pegmatite prä-Impakt Platz genommen hatten (s. Abb. 3 a). Im Pegmatit finden sich bis 20 cm große, tafelige Spodumenkristalle (ein Lithiumpyroxen, s. Abb. 3b), der rosa Lepidolith – Glimmer und Petalit. Das vorkommen ist aber zu klein, um bauwürdig zu sein.

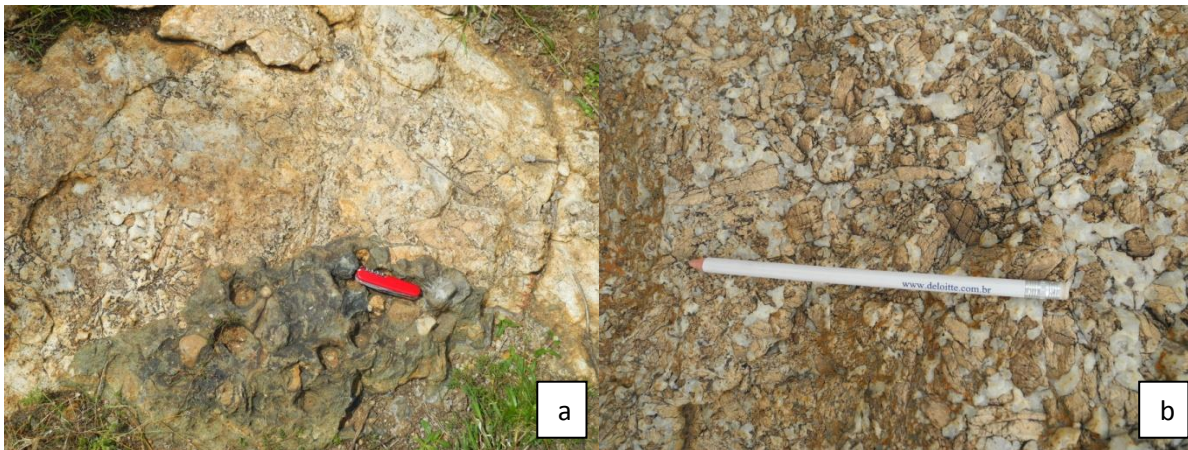


Abb. 3: a) Pseudotachylit im Pegamtit, b) Spodumen.

H5: Aufschluss unter der Brücke

Dieser Aufschluss mit den Koordinaten 26°56'41"S und 27°24'37"E bildet den Bogen zwischen dem äußeren und dem inneren Granitoid. Man sieht hier also den Übergang vom Amphibolitring zum Pyroxenring des Kraters. Die Foliation verläuft N-S. Bei den grünlich-bräunlichen Mineralen handelt es sich um Orthopyroxen. Die hier vorzufindenden Gesteine liegen zwischen der Granulitfazies und der Grünschieferfazies. Es handelt sich dabei um charnockitische Gesteine, die sich aus Migmatit und Kalifeldspat-reichem Granit im Archaikum gebildet hatten. Retrograd bildeten sich Amphibole aus den Pyroxenen.

H6: Leuukop Quarry

Dieser Steinbruch liegt in unmittelbarer Nähe zu unserem zweiten Haltepunkt (vgl. H2). Bei dem Gestein handelt es sich um einen granodioritischen bis trondhjemitischen Qz-Fsp-Bt Gneis mit Dezimeter bis Meter großen dioritischen und amphibolitischen Xenolithen. Außerdem kann man in der Steinbruchwand Entlastungsbrüche erkennen und nach unten hin treten vermehrt PTB's auf, weshalb der Abbau hier nicht weiter vorangetrieben wurde.

Dieser Aufschluss bietet, wie schon H2, einen guten dreidimensionalen Einblick in den archaischen Basement-Komplex des Vredefort-Domes. Da der Wasserstand sehr hoch war, war es uns leider nicht möglich, die Gesteine aus der Nähe zu begutachten.



Abb. 4: Überblick über den Steinbruch.



Pseudotachylitische Brekzie Im Leuukop Steinbruch. Die rundlich korrodierten Klasten scheinen nach der Basis zu angereichert und komponentengestützt angeordnet. Dies lässt auf Saigerungsprozesse schließen.

Tag 10 (27.03.2014): Vredefort Dome

Der Exkursionstag am Donnerstag dem 27. März 2014 ist der zweite Exkursionstag im Bereich des Vredefort Domes. Es sollen mit Impakt assoziierte Strukturen wie Shattercones (strahlenförmige Bruchstrukturen) und Multiply Striated Joint Surfaces (MSJS) in verschiedenen Aufschlüssen gezeigt werden. Außerdem soll ein Einblick in die kulturhistorische Vergangenheit der Region gegeben werden.

Stopp: Aussichtspunkt Koedoeslaagte (= „Kudu-Schlafplatz“)

Der Aufschluss befindet sich am Straßenrand. Bereits auf der Straße sind Shattercones zu finden, die von der nördlichen Seite der Straße heruntergerutscht sind, wo Tonsteine anstehen. Im Aufschluss steht der Schurwedraai Alkaligranit an, der auch einige Shattercones zeigt. Dieser Granit ist vor ca. 2050 Ma in die Schichten der Witwatersrand Supergroup intrudiert und wird mit dem Bushveld Komplex assoziiert. Weiterhin lassen sich pseudo-tachylitische Brekzien (PTB) finden, die allerdings nicht orientiert sind. Die PTB sind stark zerklüftet und zeigen Strahlen auf den Flächen. Insgesamt ist der Granit blockartig versetzt.



Abbildung 12: Ausblick in Richtung Süden. In der Ebene fließt der Vaal River.

Der Blick in Richtung Süden (s. Abbildung 1) zeigt ein ausgedehntes Tal in dem der Vaal River durch den stark zerklüfteten Alkaligranit fließt. Im Hintergrund befindet sich der Rand der zentralen Vredefort Impaktstruktur.

Stopp: Goldgräberort Venterskroon

Der Zweite Haltepunkt dieses Tages soll den kulturhistorischen Hintergrund der Region darstellen. Venterskroon ist seit Ende des 19. Jahrhunderts ein Goldgräberort. In den Jahren 1889 bis 1899 wurde sehr viel Gold abgebaut, wodurch in der Umgebung viele Abraumhalden entstanden. Bereits zu Beginn des Abbaus 1889 wurde hier eine

Polizeistation eingerichtet. Der Abbau endete 1899 mit Beginn des Burenkrieges. Im Jahre 1915 fand eine erste geologische Kartierung statt, die erste geologische Karte entstand jedoch erst 1927. Zu Beginn der 1930er Jahre hat nochmals eine Mine versucht Gold abzubauen, jedoch den Betrieb schon nach kurzer Zeit und nur 134kg gefördertem Gold wieder eingestellt. Das Gold liegt hier in den Konglomeraten des Kimberley Reefs vor. Im Dorf gibt es das Imperial Inn (s. Abbildung 2), ein kleiner Informationspunkt zur Geologie der Region.



Abbildung 13: Imperial Inn–Informationspunkt über die Geologie der Impaktstruktur.

Stopp: Booysens-Shale

Ca. 2 km nördlich von Venterskroon steht am Straßenrand der Booysens-Shale an. Es handelt sich dabei um ein grünschieferfazielles Metapelit aus der mittleren Central-Rand-Group. Das Gestein zeigt viele Shattercones die in unterschiedliche Richtungen orientiert sind (s. Abbildung 3). Trotzdem gibt es eine Vorzugsorientierung nach Norden. Multiply striated joint surfaces (MSJS) wurden nicht gefunden. Die Schichtung zeigt eine leichte

Überkipfung nach Süden. Die Theorie, dass die Shattercones mit ihrem Apex immer in Richtung des Impakts zeigen, kann hier widerlegt werden. Da die Schockwellen reflektiert und gebrochen werden, kommen auch andere oder sogar inverse Orientierungen vor.



Abbildung 14: Shattercones im Booyens-Shale

Stopp: Amazon Reef – Witwatersrand Reef

Ca. 2 km in Richtung Südwesten sind die Schichten des Amazon Reefs der Kimberley Formation in der Nähe der Straße aufgeschlossen. Es handelt sich um linsenförmige Komponenten in einer feinkörnige Matrix (s. Abbildung 4). Die Schichten sind leicht überkippt und zeigen parallele Sets von 1,5 bis 2mm MSJS. Das Konglomerat ist polymikt mit Komponenten aus Quarz, Chert und Lava- bzw. Aschepartikeln, welches fluviatil entstanden ist. Die Quarze stammen aus der Witwatersrand Supergroup, die Lava-bzw. Aschepartikel aus der unterliegenden Alberts-Formation. Das Konglomerat ist durch Pyritverwitterung leicht bräunlich bis gelblich verfärbt. Das Gestein enthält hier ein wenig Gold (3-4 g/t), welches durch Fluide angereichert wurde. Diese Anreicherung ist

auf die obersten Meter Tiefe beschränkt, sodass bereits in 10 m Tiefe keine signifikanten Goldgehalte mehr aufzufinden sind.



Abbildung 15: Konglomerat des Amazon-Reefs. Der Goldgehalt ist hier gering.

Stopp: Haltepunkt westlich des Amazon Reefs

Auf einer Kuppe wenige Kilometer westlich von Stopp 4 wurde kurz gehalten und Richtung Westen geblickt. Dort sind die Gesteine der Ventersdorp-Supergroup aufgeschlossen. In diesem Gebiet haben früher ca. 50-60.000 Menschen gelebt, was darauf schließen lässt, dass viel Wasser vorhanden gewesen sein muss. Viele runde Fundamente von Häusern sind immer noch erkennbar und zeigen die ehemalige Besiedlung des Tals.

Stopp : Brücke am Shoemansdrif Aufschluss

Folgt man der Straße weitere 10 km in Richtung Süden erreicht man die Brücke am Shoemansdrif Aufschluss. Dort sind Horsetail-Shattercones in quarzitischen Blöcken

aufgeschlossen. Dabei teilen sich die Shattercones in verschiedene weitere Shattercones zweiter und dritter Ordnung auf, sodass eine Horsetail-Struktur entsteht (s. Abbildung 5).



Abbildung 16: Horsetail-Shattercones

Stopp: Kommandonek Randburgsdrift

Dieser Aufschluss konnte leider nicht besucht werden, da es keine Möglichkeit gab das umzäunte Gelände zu betreten.

Stopp: Vredefort Granophyr

Der Vredefort Granophyr ist ein gangförmiger Aufschluss auf einer Wiese wenige km nördlich von Parys (s. Abbildung 6). Solche, teils 5 km lange Gänge treten in radialer und tangentialer Richtung zur Vredefort Struktur auf. Das Gestein ist mit 2020 ± 4 Ma so alt wie der Vredefort Impakt und besteht aus einer sehr dichten, feinkörnigen Matrix und zeigt zwei Typen von Phänokristallen: zum einen sphärolitische Aggregate eines stengeligen Minerals und zum anderen ein dunkles Mineral bei dem es sich vermutlich um

Hypersthen handelt. Außerdem lassen sich granitoide und metasedimentäre Xenolithe erkennen. Bei den Metasedimenten handelt es sich um Schwarze Cherts und weiße Quarzite, die stark gefaltet und rekristallisiert sind, was auf eine sehr heiße Ausgangsschmelze hindeutet. Da die Quarzite als supracrustale Gesteine aus einem viel höheren Niveau stammen, können sie nur durch eine Intrusion von oben hierhin gelangt sein. Die chemische Zusammensetzung des Granophyrs ist mit 76% SiO_2 , 12% Al_2O_3 , 7% Fe_2O_3 , 4% MgO , 4% CaO sehr ungewöhnlich. Sie könnte aus einer Mischung von Laven, Sedimenten und Gneisen entstanden sein. Es ist weltweit nur eine andere Schmelze mit ähnlicher Zusammensetzung bekannt - am Morokweng Krater, die mit Impaktschmelzen assoziiert ist. Aber ein direkter Beweis für eine Impaktschmelze ist hier nicht gegeben. Re/Os Isotope deuten allerdings auf eine geringe meteoritische Beimischung hin (0,2 % extraterrestrischer Anteil). Aus all diesen Indizien und weil auch einige wenige PDF gefunden wurden, werden die Granophyrgänge mit einem Impakt assoziiert und als Produkt einer Aufschmelzung von Krustengesteinen und Injektion von oben in die tiefere Kruste gedeutet.



Abbildung 17: Vredefort Granophyr nördlich von Parys.

Außerdem muss dieser Ort eine spirituelle Bedeutung für die Bewohner der Region gehabt haben, denn auf den Steinen lassen sich zahlreiche ca. 800 Jahre alte Petroglyphen

finden (s. Abbildung 7). Ähnliche Zeichnungen wurden auch in den Drakensbergen und vielen weiteren Orten entdeckt. Die Löcher im Gestein werden von Archäologen auf von Bäumen tropfendes Wasser zurückgeführt und sie vermuten dass dieser Ort damals bewaldet war. Auch heute noch ist dieser Gang ein wichtiger Ort für die Bevölkerung, da hier immer noch Initiationsriten stattfinden.



Abbildung 18: Petroglyphen im Vredefort Granophyr – hier ein Nashorn und die im Text erwähnten Löcher im Granophyr.

Tag 11 (28.03.2014): Voorspoed Diamantenmine

Cosima Kaiser

Die 1906 von Voorspoed Diamant Mining Company erschlossene Diamantenmine 30km nordöstlich von Kroonstad im Freistaat, Südafrika, wurde 1912 von De Beers Group übernommen und 2006 wieder in das internationale Geschäft etabliert. Die frühe Schließung nach bereits 5 Jahren im Jahre 1912 ging auf die harten Kimberlite zurück, die sich nach dem ersten oberflächennahen Abbau im Untergrund abzeichneten. Die Qualität der Diamanten nahm enorm ab und die technischen Mittel reichten nicht aus, das Gestein weiter zu verarbeiten. In den 60er und 70er Jahren unternahm De Beers erneute Versuche die Ressourcen der Mine durch virtuelles Mapping und Sampling Data zu simulieren und eröffnete die Mine 2006 erneut um den Diamantenabbau fortzusetzen (debeersgroup.com).

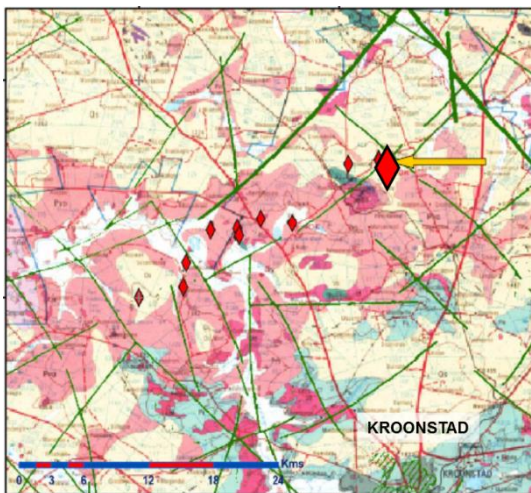


Abbildung 19: Karte nördlich von Kroonstad. Punkte markieren Kimberlit-Cluster. Pfeil zeigt auf Voorspoed Mine (Vortrag Powerpoint).

in welche das Cluster intrudierte.

Die Voorspoed Mine befindet sich in einer Kimberlit-Pipe, die ein Teil eines Clusters aus 11 größeren Intrusionen darstellt (siehe Abb. 1). Die sich im NE befindenden Kimberlite sind fragmental, die im SW magmatisch. Kimberlite können Trägergesteine für Diamantxenokristalle sein und sind somit wirtschaftlich relevant. Die Voorspoed Mine fördert unter anderem Diamanten mit exotischen Farben. Stratigraphisch befindet man sich in den unteren Einheiten der Karoo-Supergroup (siehe Abb. 2),

	Supergr oup	Group	Subgroup	FORMATION	description
Quater nary					Dune and aeolian sand, limestone
Jurassic					Dolerite
Triassic				Molteno	Coarse-grained sandstone
Permian	Karoo	Beaufort	Tarkastad		Fine-grained sandstone, red mudstone, manganiferous clay
			Adelaide		Sandstone, mudstone, siltstone
		Ecca			Mudstone, siltstone, shale
			Volksrust		Sandstone, siltstone, shale
Carbonif erous		Dwyka		Vryheid	Diamictite, conglomerate, sandstone, mudstone, shale
Unconformity					
Namubian and Vaalian					Intrusion of dolerites, granophyres, diorite, wehrlite, Mg-tholeiite and melanorite
Vaalian	Transvaal	Pretoria		Darpoort	Fine to medium-grained quartzite
				Strubenkop	Shale, tuff
				Hekpoort	Andesitic lava, minor quartzite and shale
				Timeball Hill	Shale, quartzite
		Chumies poort	Malmani	Monte Christo	Chert-rich dolomite
				Oaktree	Chert-poor dolomite
				Black Reef	Quartzite, shale, conglomerate, grits

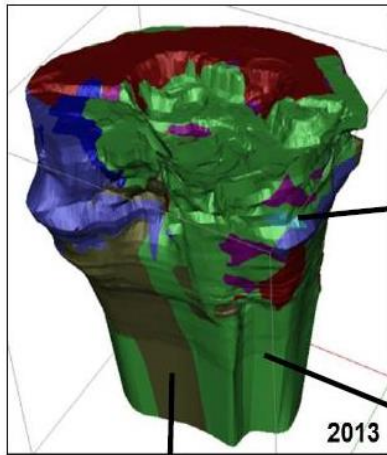
Abbildung 2: (rechts) Stratigraphische Übersicht der intrudierten Einheiten. Die über dem Transvaal liegende Karoo-Supergroup enthält die Einheiten Volks-

Eine Aneinanderreihung komplexer Prozesse führt zur besonderen Platznahme der Kimberlite und ihren verschiedenen Faziestypen. Durch eine schnelle Ausdehnung oberflächennahen gasreichen Magmas wird ein trichterförmiger Schlot gesprengt. In das aufsteigende Magma wiederum können Fragmente vom Rand hereinfallen, was die Kimberlitfaziestypen beeinflusste. In einigen findet man Xenolithe des Nebengesteins wieder.



Abbildung 3: Einblick in die Mine. Links Terrassensprengung, rechts führte eine Sprengung durch fehlerhafte Vorbereitung zu Rutschungen.

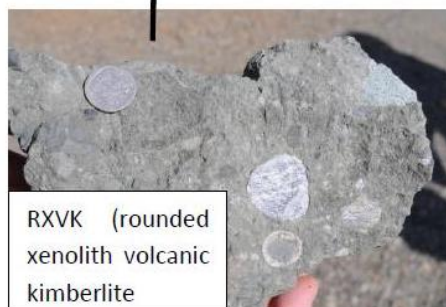
Im Folgenden werden die für den Abbau relevanten Kimberlitfazies in einem 3D-ComputermodeLL visuell dargestellt. Zusätzlich geben Bilder Auskunft über Aussehen des Gesteins, wie z.B. Matrix und Farbe. Als Maßstab dient eine 5 Rand Münze. Desweiteren gibt es verschiedene andere Faziesgesteine, die bei der Diamantenförderung zwangsweise zu Tage treten, für ihre eigentliche Gewinnung jedoch nicht relevant sind.



OVK (olivine-rich volcanic kimberlite)



UVK (undifferentiated volcanoclastic kimberlite)

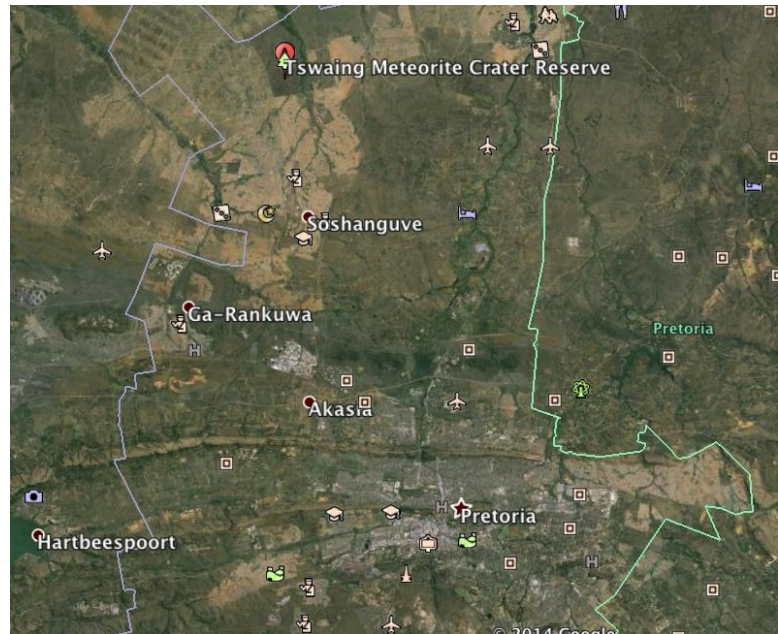


RXVK (rounded xenolith volcanic kimberlite)

Tag 12 (29.03.2014): Tswaing-Krater

Am letzten Tag der Exkursion, nachmittags galt es die Rückflüge zu erwischen, führte uns Uwe Reimold durch den Tswaing Meteoritkrater, wo man im Besucherzentrum auch eines seiner Bücher, handsigniert, erstehen konnte.

Der "*Tswaing Meteorite Crater*", Tswaing bedeutet auf Tswana in etwa *Ort des Salzes*, befindet sich ca. 30 km nördlich von Pretoria. Mit einer ursprünglichen Tiefe von etwa 160 m und einem heutigen Durchmesser von ca. 1,1 km, stellte der Krater die Geologen vor ein Rätsel, denn die Entstehung wurde lange Zeit von der Mehrheit einem vulkanischen Prozess zugesprochen.



Bereits in den 1930er wurde eine Impaktentstehung vermutet, aber erst in den Neunzigern konnte mit Hilfe von Proben eines Bohrkerns nachgewiesen werden, dass der Krater vor etwa 220.000 ± 50.000 durch einen großen Meteoritenimpakt entstand, da in Quarzen planare Deformationsstrukturen beobachtet wurden, die typische Schockstrukturen eines Impakts darstellen.. Das Meteoritprojektil wird als chondritisch angenommen, mit einem Durchmesser von etwa 30 bis 50 m, obwohl üblicherweise bei <50 m von einem Zerschellen und Verdampfen des Projektils auszugehen ist.

Den Krater kennzeichnet im Wesentlichen seine schüsselförmige Struktur, ein etwa 60 m hoher Ringwall, sowie das Fehlen eines Zentralberges. Vom Zentrum gehen radiale Brüche aus, die sich am Ringwall durch kleine Senken bemerkbar machen. Ejecta sind nicht aufgeschlossen, sie scheinen bereits vollständig erodiert.

Als Basement ist der Nebo Granit zu benennen, der teils am Kraterrand aufgeschlossen ist.

Der Granit wird von Lamprophyr-, Trachyt- und Carbonatit-Gängen durchschlagen. Die Verwitterung des Carbonatites führt zum Ausbleichen und bildet einen im Gelände gut zu beobachtenden hellen Grus aus. Die schnelle Verwitterung der Feldspäte im grobkörnigen Nebo Granit erklärt die Bildung von Regolith.

Lokal sind auch noch Reste von groben Sandsteinen der Karoo Supergroup vorhanden, die von ausgeworfenen Grantiböcken oder –grus überdeckt werden.

Im Kraterbecken sind die jüngsten Gesteine aufgeschlossen: postimpakte karbonatische Sedimente, die ein hervorragendes Klimaarchiv darstellen und in dieser Art einmalig im südlichen Afrika sind.

Der zentrale Kratersee ist salin, die Salze bilden sich im Zuge der Lösung aus Graniten und Karbonatiten im Basement durch meteorische Wässer. Bis in die 70er-Jahre wurden hier Salze, hauptsächlich Natriumhydrogenkarbonat ($\text{Na}_3(\text{HCO}_3)(\text{CO}_3) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ = „Natron“ oder „Trona“), abgebaut. Anschließend wurde und wird die Umgebung um den Krater weitestgehend als Weideland genutzt, z.B. für die robusten Nguni-Rinder.





Gruppenfoto am Tswaing Meteoritenkrater



Gemeinsame Exkursion mit den Masterstudenten der Rhodes University Grahamstown (Südafrika) am Merensky Reef



Geotrail im Barberton Greenstone Belt



Das Diggers Retreat war uns eine sehr angenehme Quartier im Barberton
Greenstone Belt











Besuch des Bohrkernlagers der Firma NKWE Platinum Limited und Präsentation
durch Senior Geologist Tawanda Manyeruke



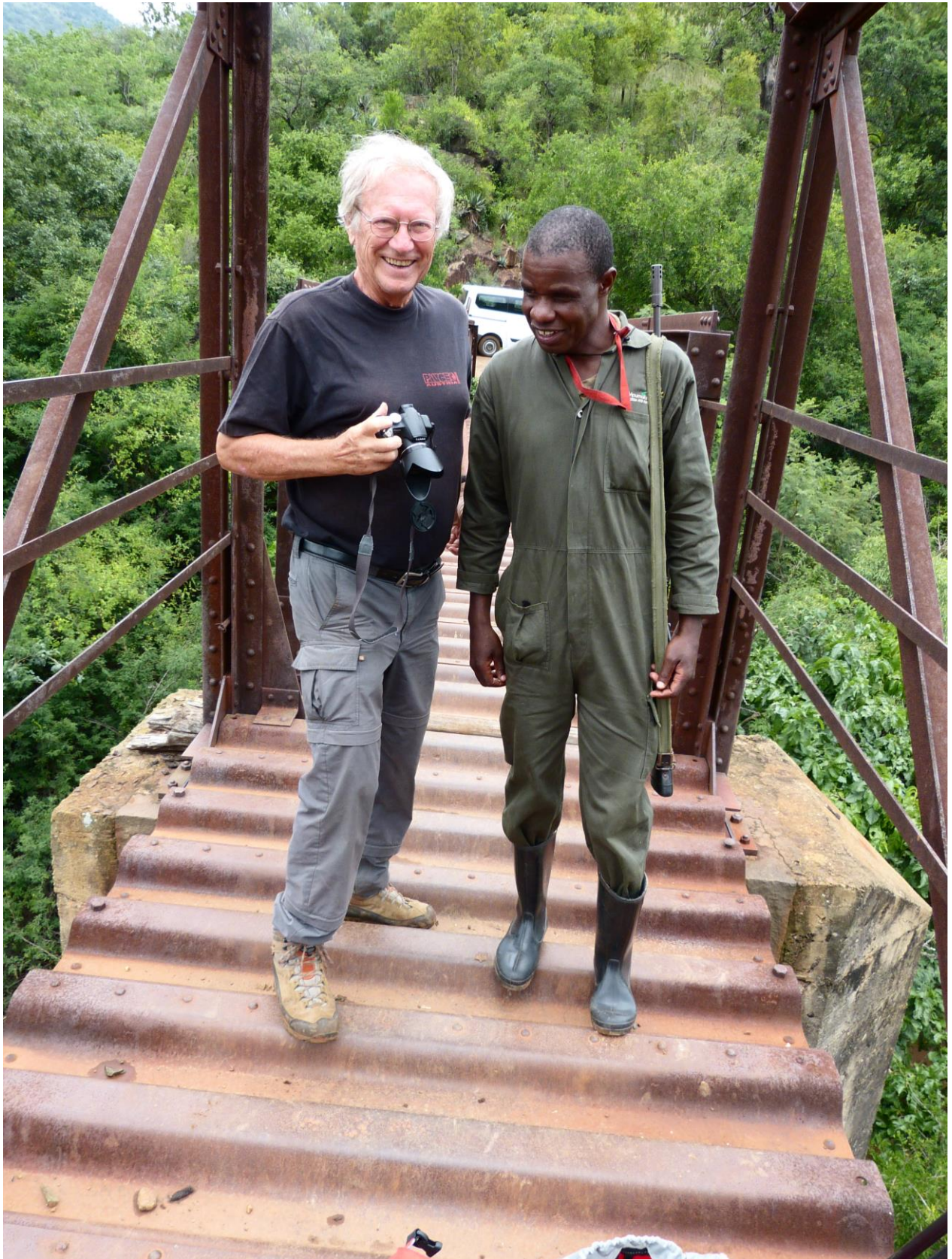
Prof. Uwe Reimold



Besuch in der Dimantenlagerstätte von De Beers Voorspoed Mine mit Dr. Ricardo Rodriguez (rechts) und Samuel Muditambi (Junior Geologist)



Dr. Ruben Lopez Doncel



Prof. Bernd Lammerer am Komati-River gemeinsam mit Moses



Prof. Chris Gauert von Der University in Bloemfontain als Gastführer im
Bushveld-Komplex



Dr. Chris Rippon (SHEBA-FAIRVIEW MINE, BARBERTON GREENSTONE BELT,
SOUTH AFRICA)



PD Dr. Lutz Hecht



Prof. Siegfried Siegesmund