

2020



Bericht zur Oman Exkursion

Georg-August Universität Göttingen

Erstellt von den studentischen Exkursionsteilnehmern im April 2020

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Teilnehmer	2
Exkursionsroute und Haltepunkte	4
Anreise und erster Exkursionstag	7
2. Exkursionstag - Eiserner Hut	9
3. Exkursionstag - Hawasina Tal- Al Awabi	12
4. Exkursionstag - Fahrt von As Sifah nach Fins	16
5. Exkursionstag - Wadi al-Shab, Paläo Tsunami und Meeresspiegelschwankungen	22
6. Exkursionstag - mit Gastführer Gösta Hoffmann	28
7. Exkursionstag	34
8. Exkursionstag	38
9. Exkursionstag	42
10. Exkursionstag - Djebel Akhdar	47
11. Exkursionstag	54
Oman Kultur und Maskat	58
Danksagung und Impressionen	68

Teilnehmer:



Leitung:

Prof. Dr. Siegfried Siegesmund

Prof. Dr. Bernd Lammerer (Uni München)

Gastführer: Prof. Dr. Gösta Hoffmann (Uni Bonn)

Gast: Dr. Anette Ritter – Höll (München)

Gast: Dr. Chris Grauert (South Africa)



Studenten:

Bolz, Jakob Friedrich; Carstens, Judith; Fehnker, Hauke Heinrich; Hector, Temke;
Herbst, Johanna; Kerschhofer, Franz Philip; Kloskowski, Daniel Sebastian; Koch, Tobias;
Lahmann, Daniel; Nowak, Damian; Pede, Christopher; Rucker, Stine; Rüßmann, Anna-
lena; Silva Lara, Hernan Danilo; Sucke, Johannes Matthias; Weimann, Lena

Exkursionsroute und Haltepunkte

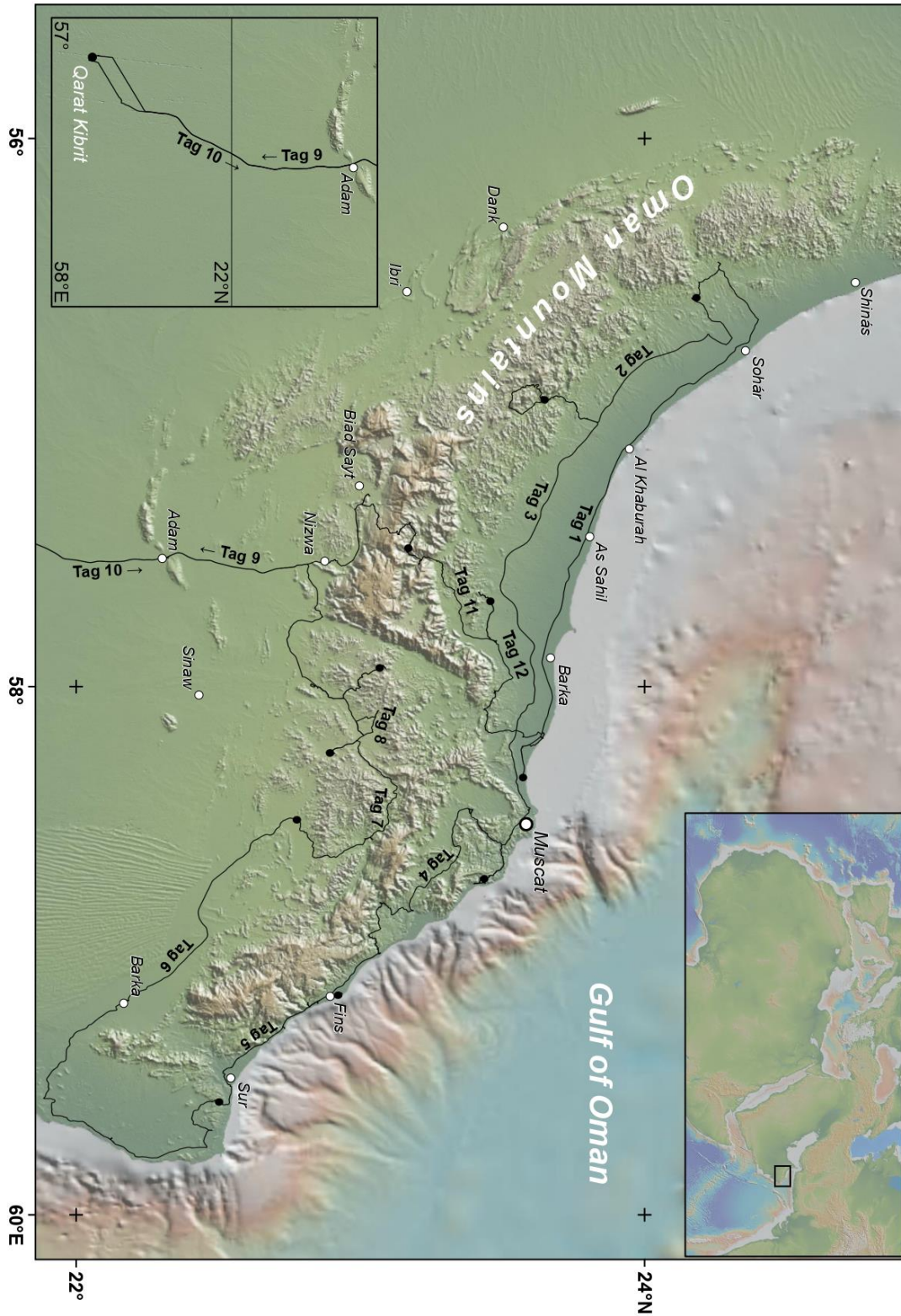


Abbildung 1: Digitales Geländemodell des nördlichen Omans mit der Exkursionsroute. DGM erstellt mit GeoMapApp (www.geomapapp.org).

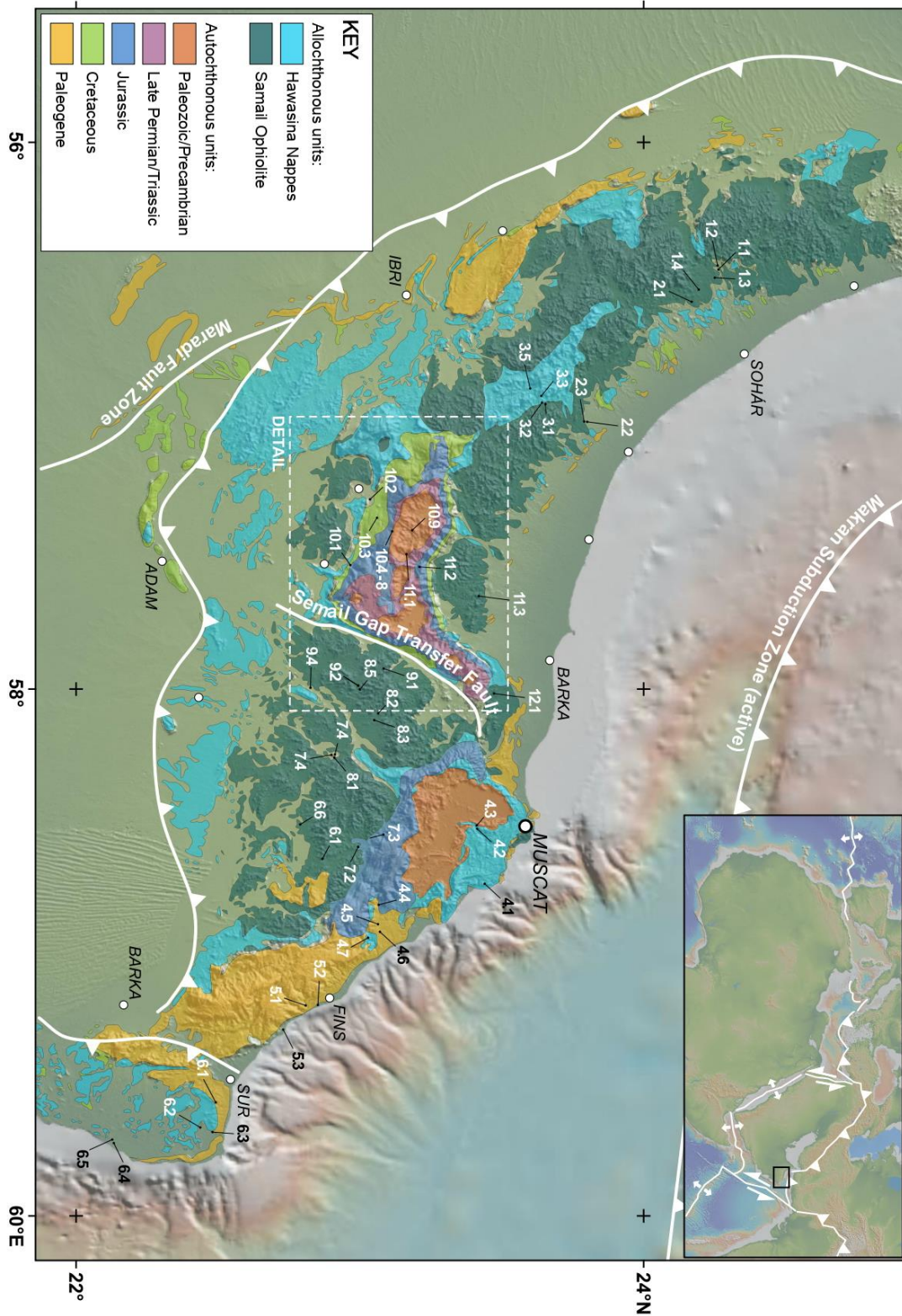


Abbildung 2: Geologische Karte des Exkursionsgebiets mit allen besuchten Haltepunkten. Gestrichelter Kasten zeigt die Position von Abb.1 der 10. Exkursionstage. Geologie vereinfacht nach Hoffmann et al. 2016. Großstrukturen nach Peters et al. 2003. DGM erstellt mit GeoMapApp (www.geomapp.org).

Quellen:

Abbildung 1

- Ryan, W. B. F., S.M. Carbotte, J. Coplan, S. O'Hara, A. Melkonian, R. Arko, R.A. Weissel, V. Ferrini, A. Goodwillie, F. Nitsche, J. Bonczkowski, and R. Zemsky (2009), Global Multi-Resolution Topography (GMRT) synthesis data set, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 10, Q03014, doi:10.1029/2008GC002332.

Abbildung 2

- Hoffmann, G., Meschede, M., Zacke, A., & Al Kindi, M. (2016). Field guide to the geology of Northeastern Oman.

- Peters, J. M., Filbrandt, J. B., Grotzinger, J. P., Newall, M. J., Shuster, M. W., & Al-Siyabi, H. A. (2003). Surface-piercing salt domes of interior North Oman, and their significance for the Ara carbonate 'stringer' hydrocarbon play. *GeoArabia*, 8(2), 231-270.

Anreise und erster Exkursionstag

(11.02.2020 – 12.02.2020) von Christopher Pede

Die Studenten begaben sich am Morgen des 11. Februar auf die Reise. Auf Grund eines Sturms fielen viele Züge in Deutschland aus, doch glücklicher Weise verlief die Anreise zum Frankfurter Flughafen wie geplant. Von dort ging es mit dem Flugzeug nach Istanbul und von dort weiter nach Maskat. Die Ankunft war nachts um 1:30 Uhr des 12. Februar und die restliche Nacht konnte auf ein Paar Sitzgelegenheiten am Flughafen noch ein wenig Schlaf nachgeholt werden. Morgens holten uns dann, mit einer kleinen Verspätung, Prof. Siegesmund und Prof. Lammerer ab und wir haben vor Ort die Leihwagen empfangen.

Der Weg zum ersten Haltepunkt führte westwärts entlang der Küste. Die Landschaft zeigte sich im Vergleich zu anderen Jahren sehr grün, da es in den letzten Monaten mehr als gewöhnlich geregnet hatte.

Haltepunkt 1.1: Boninit Aufschluss im Wadi al Jizzi / V2-Lava

Koordinaten: (24.289473N; 56.404497E)

Der Aufschluss befindet sich am Wadi al Jizzi und ist Teil des Ophiolith Komplexes. Anstehend sind Basalte und Boninite, ein Magnesiumreicher Andesit, welcher sowohl typische chemische Signaturen von Inselbogen- und MORB-Vulkanismus aufweist. Der Boninit ist als Sill in den Basalt intrudiert und die sogenannten V2-Laven, die ihn bilden, sind jünger als der Basalt.

Haltepunkt 1.2: Geotimes-Aufschluss im Wadi al Jizzi / Pillow-Basalte der V1-Lava

Koordinaten: (24.284537N; 56.391913E)

Der Aufschluss bietet perfekt erhaltene Pillow-Basalte der V1-Lava. Sie bildeten sich submarin am MOR und erhalten ihre Form durch den Wasserdruck am Meeresboden und die thermische Abschreckung der ausströmenden Laven. Die Pillows haben einen Durchmesser von 0,5 – 1 Meter und diese Laven sind älter als die V2-Laven des ersten Haltepunktes. Durch die Thermische Abschreckung ist die Oberfläche glasig und amorph, wobei der Abschreckungs-saum hydrothermal verändert ist.

Abgesehen von dem Weltklasse Aufschluss war zum Zeitpunkt unserer Ankunft eine Gruppe von Einheimischen ebenfalls dort, um sich offenbar zu treffen gemeinsam und zu essen. Die Leute hatten sofort, als sie uns sahen, darauf bestanden, uns bewirten zu dürfen. So brachten sie uns erst Datteln, Orangen und köstliches Gebäck, welches wir, etwas überrumpelt von der Gastfreundschaft, demütig und glücklich annahmen. Nach dem Studieren des Aufschlusses wurden wir nun auch noch zu einem arabischen Kaffee eingeladen und sie brachten uns drei Schalen voll mit Gewürzreis,

Ziegenfleisch und Fisch. So kam es, dass wir dort eine unerwartete aber willkommene Esspause einlegten. Die Gastfreundschaft war absolut beeindruckend und hat auf jeden Fall einen bleibenden Eindruck hinterlassen.

Haltepunkt 1.3: Lasail Kupfer-Mine

Koordinaten: (24.347600N; 56.412500E)

Betrachtet wurde ein großer verlassener Steinbruch welcher zur Mangan- und Kupfer Gewinnung genutzt wurde. Am Boden ist der Steinbruch geflutet mit stark geogen gesäuertem Wasser. Die Anreicherung der Gesteine erfolgte durch schwarze Raucher am MOR.



Abbildung 1: **a)** Pillowbasalte am Geotime-Aufschluss; **b)** Franz mit dankbarem Blick; **c)** Gastfreundschaft wird in diesem Land groß geschrieben; **d)** Lasail Kupfer-Mine

2. Exkursionstag: Eiserner Hut

(13.02.2020) von Stine Rucker

Am Morgen des zweiten Exkursionstages wurden noch am Camp die Vorträge von Johannes Sucke über die „Plattentektonische Szenarien im arabischen Raum“ und von Hernán Silva Lara über die „Geochronologische Geschichte des Oman-Ophioliths“ gehalten. Der Semail-Ophiolith wird auf 98-95 Ma datiert, die Obduktion begann vor 95 Ma und hat ca. 20 Ma gedauert. Ausgelöst wurde die Exhumierung durch eine intra-ozeanische Subduktion, die noch heute andauert. Die starke Verfaltung des Ophioliths wurde durch zwei Uplift-Phasen in der späten Kreide und im Oligozän/Miozän verursacht. Der Oman-Ophiolith kann in drei Altersgruppen unterteilt werden. Das Alter der Ophiolithbildenden Magmen wurde auf 96.12-95.50 Ma datiert, das Alter der während der Subduktion hinzugekommenen magmatischen Gesteine auf < 95.4 Ma und das Alter der metamorphen Sole, deren Geschichte komplizierter ist, weshalb verschiedene Alter diskutiert werden die entweder vor oder während der Bildung der Ophiolithkruste eingeordnet werden. Neuere Daten liefern dafür Alter zwischen 96.169 Ma und 94.815 Ma.

Haltepunkt 2.1: Eiserner Hut/Zuha Gossan,

Koordinaten: (24°11'32"N; 56°31'30"E)

Angekommen am ersten Stop des Eisernen Huts wurde das Thema mit einem Vortrag von Judith Carstens über „Hydrothermale Lagerstätten (Black Smoker Lagerstätten)“ eingeleitet. Black Smoker entstehen an MOR und in Backarc Basins, wo Fluide in die zerrüttete, da schnell abgekühlte ozeanische Kruste dringen und sich erhitzen. Bei 374°C und 22 MPa befindet sich Wasser in der überkritischen Phase und löst besonders gut. Dabei löst es Bestandteile aus dem umgebenden Basalt, der durch die höheren Temperaturen alteriert wird. Die gelösten Bestandteile gelangen durch temperatur- und druckbedingten Aufstieg der Fluide in Kontakt mit dem kalten Ozeanwasser und es kommt u.a. zur Anhydritbildung (CaSO_4), welches die Black Smoker hauptsächlich bildet und zur Ausfällung von Sulfiden, Oxiden und eisenreichen Tonmineralen. Die Sulfide, vor allem aber Chalkopyrit, lagern sich in den Anhydritzwischenräumen an den Säumen der Black Smoker ab.

Es folgte der Vortrag von Damian Nowak über „Die Entwicklung von Eisernen Hüten“. Ein Eiserner Hut ist der oxidierte Teil einer Erzlagerstätte wie sie bei Black Smokern entstehen, der an der Erdoberfläche ansteht. Bei der Entstehung eines Eisernen Huts, kommt es durch das Eindringen von saurem, atmosphärischem Wasser in die Sulfidlagerstätte durch Oxidation zur Bildung von Eisenhydroxid und Kupfersulfat. Dadurch kommt es schichtweise zur Vererzung, die Kappe einer Sulfidlagerstätte wird damit oxidiert. Die vorliegenden Erzvorkommen sind das

Resultat tertiärer Verwitterung. Aufgrund ihrer relativ hohen Verwitterungsresistenz gegenüber dem umgebenden Gestein, sind Eiserner Hüte morphologisch gut erkennbar. Das umgebende Gestein dieser Erzlagerstätte sind Pillow-Basalte. Beim Aufstieg des Eisernen Hutes wurde rotes Gestein, durchzogen von einer weißen Wabenstruktur, sowie die Alterationsprodukte Azurit und Malachit gefunden. Außerdem wurde Calcedon, Gips, Kupfer und Mangan gefunden.

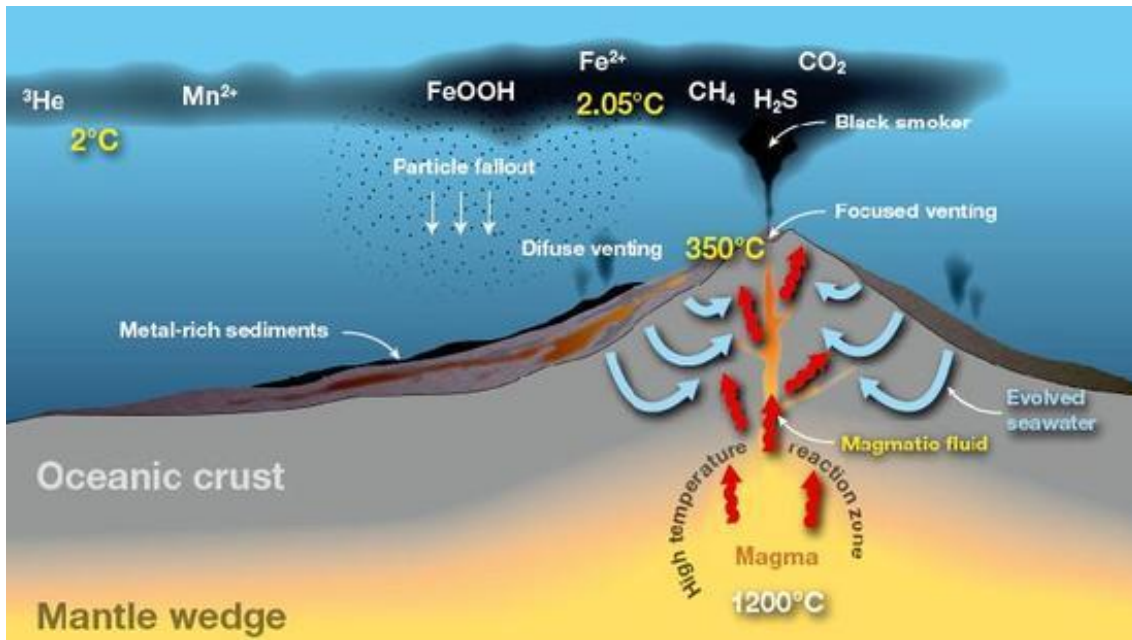


Abbildung 1: Fluidzirkulation an Black Smokern

Haltepunkt 2.2: White Smoker

Koordinaten: (23°49'26"N; 56°59'11"E)

Nach einer kurzen Fahrt wurde am zweiten Stop ein ehemaliger White Smoker, umgeben von Basalt Gestein, betrachtet. White Smoker unterscheiden sich hauptsächlich zu Black Smokern in einer geringeren Bildungstemperatur, einem höheren SiO₂-Anteil, weniger Metallen (v.a. Kupfer) und Malachit. Es sind überwiegend Sulfate und wenige Erze zu finden. An diesem Aufschluss konnte außerdem sehr viel Mangan gefunden werden, was ein Anzeiger für eine disthale Fazies ist, da es kleinere Aggregate bildet und dadurch weiter transportiert werden kann.

Haltepunkt 2.3: Historische Eisenverhüttung

Koordinaten: (23°49'00"N; 56°59'21"E)

Am dritten und letzten Stop des Tages wurden Pillow Laven betrachtet. Es wurden am Boden verteilte, schwarze Bruchstücke mit muscheligen Bruch vor dem Aufschluss aufgefunden. Die Bruchstücke wiesen teilweise „Flow-Strukturen“ auf. Obwohl die Bruchstücke für Obsidian gehalten werden könnten, welcher bekanntlich

aus sauren Magmen entsteht, handelt es sich hier um Schlacke-Reste, die nach Verhüttung der umliegenden Basalte zwecks des Erzabbaus zurückgeblieben sind.

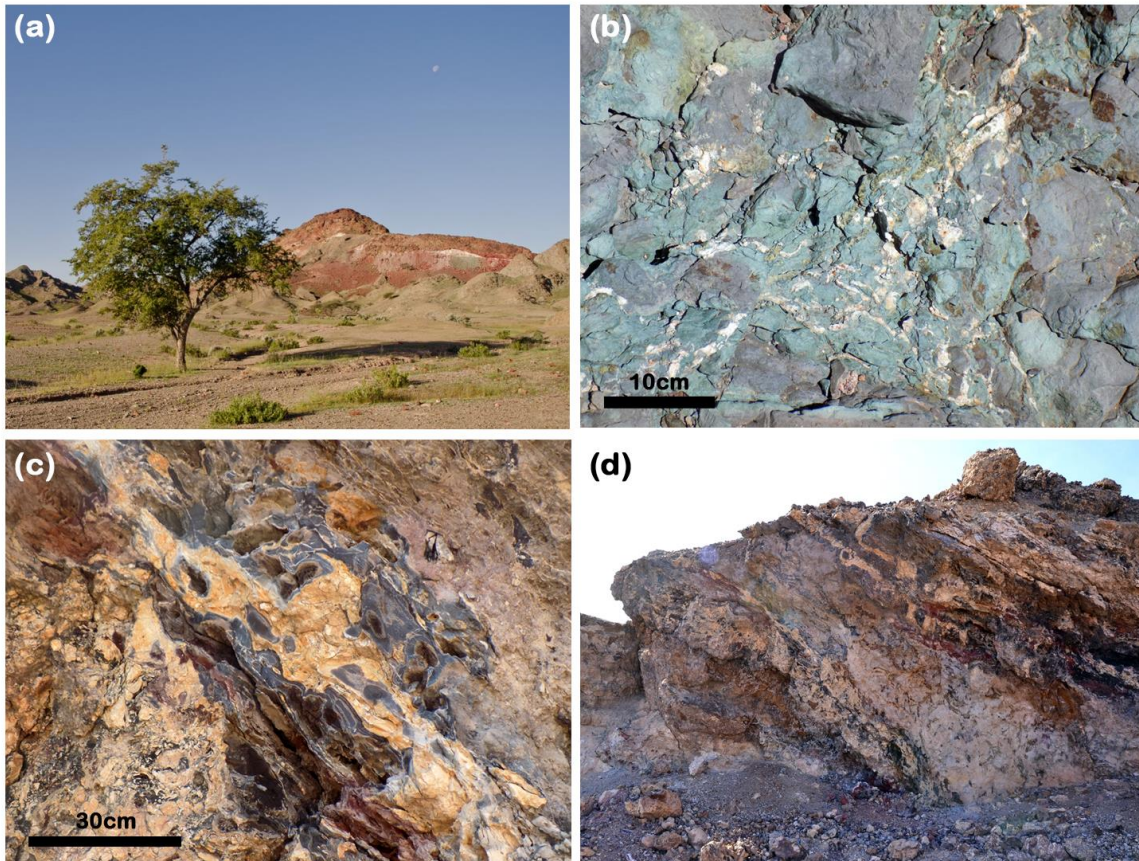


Abbildung 2: **a)** Eiserne Hut/Zuha Gossan (Foto von Hauke Fehnker); **b)** Hydrothermalisierter Basalt aus dem Eiserne Hut; **c)** Zoom von Foto d; **d)** Teil eines ehemaligen White Smokers.

Quellen

Abbildung 1

https://www.gns.cri.nz/var/ezwebin_site/storage/images/media/images/hydrothermal-vent-diagram/15719-1-eng-GB/hydrothermal-vent-diagram_imagelarge.jpg

3. Exkursionstag: Hawasina Tal- Al Awabi

(14.02.2020) – von Anna-Lena Rüßmann

Falten und Flyschgesteine der Hawasina Decke entlang des Wadi ad Dil. Nach einer kurzen Einführung und Erläuterung des Tagesplans ging es los (Abbildung 1a).

Haltepunkt 3.1: Wadi al Dil

Koordinaten: (23°40`34.79"N; 56°55`09.26"O), 9.00-10.10 Uhr

An diesem Tag haben wir die Gesteine der Hawasina Decke betrachtet, die Überdeckung der Ophiolithe wurde wegerodiert. Zur Einführung hielt Franz Kerschhofer einen Vortrag über die Paläogeographie der Hawasina Decke (Abbildung 1b).



Abbildung 1: **a)** Prof. Siegesmund bei der kurzen Einführung; **b)** Herr Kerschhofer während seines Vortrags

An diesem Aufschluss (Abbildung 2a und b) sind Metapelite der Grünschieferfazies aufgeschlossen. Die Metapelite werden von Quarzadern durchzogen und es ist keine Schichtung zu erkennen. Des Weiteren finden sich in dem Gestein sogenannte Kinkbands und es lassen sich mehrere Schieferungen erkennen.

Die roten Tiefsetone sind durch die sauerstoffhaltigen Tiefenwässer oxidiert. Die hier aufzufindenden Gesteine wurden im distalen Bereich eines Ozeans abgelagert und befinden sich unter den Ophiolithen.

Haltepunkt 3.2:

Koordinaten: 23°40`11.01"N; 56°55`02.02"E)

Dies war nur ein kurzer Halt, um sich die spitzen Falten und boudinierten Lagen anzusehen. Diese entstanden, als der Ophiolith die Sedimente vor sich hergeschoben hat.

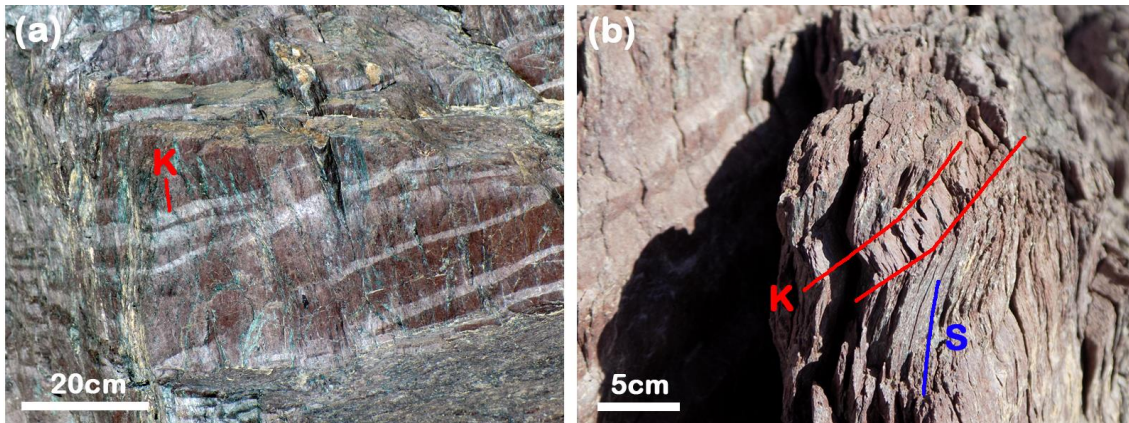


Abbildung 2: a und b) Aufschluss von Hatlepunkt 1; K = Kinkbands; S = Schieferung

Haltepunkt 3.3:

Koordinaten: (23°40`23.77"N; 56°54`19.88"E), 10.15-11 Uhr

Der großregionale Trend der Falten sind NE-SW Überschiebungen. Doch, wie in diesem Aufschluss (Abbildung 3) zu erkennen, kann der großregionale Trend lokal variieren. Die Faltenachsenfläche fällt ESE ein (119/36). In den Schichten ist ein coarsening upward Trend zu erkennen. Bei turbiditisch abgelagerten Sedimenten wäre allerdings eine umgekehrte Gradierung zu erwarten. Dies lässt sich darauf schließen, dass die Schichten überkippt sind.



Abbildung 3: Falten in der Hawasina Decke

Haltepunkt 3.4:

Koordinaten: (23°40'05.54"N; 56°53'30.82"E), 11.05-11.30 Uhr

In diesem Aufschluss finden sich keine roten Tiefseetone mehr, das Ablagerungsmilieu wird distaler. Die Schieferung (ca. 30°) ist steiler als die Schichtung (112/03), das heißt, dieser Schenkel der Falte ist nicht überkippt. Das gemessene Delta-Linear weist Werte von 171/85 auf.

Haltepunkt 3.5:

Koordinaten: (23°37'54.58"N; 56°51'49.96"E), 11.45-12.25

Das Wadi führt hier Wasser und anhand des fließenden Wassers wurden die zwei Strömungsregime erklärt: Das obere Strömungsregime wird von Trägheitskräften dominiert, dort ist die Wasseroberfläche uneben. Im unteren Strömungsregime ist die Wasseroberfläche glatt. Dies hängt von der Tiefe des Gewässers und der Fließgeschwindigkeit ab.

Die anstehenden Gesteine (Abbildung 4) weisen einen Karbonatanteil auf und wurden turbiditisch abgelagert. Die Karbonatturbidite wurden am Kontinentalhang oder oberhalb der CCD (Carbonate Compensation Depth) abgelagert. Die Lage der CCD hängt von der Temperatur, der Bioproduktion und der Salinität ab.

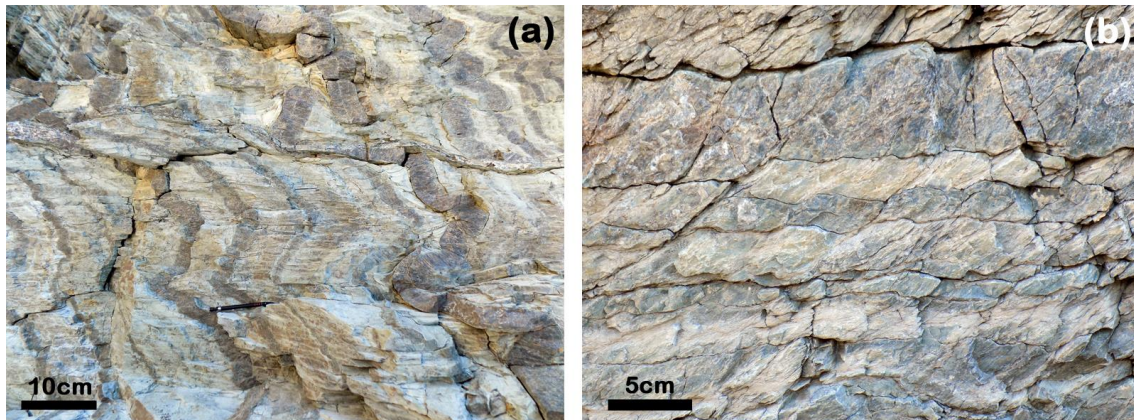


Abbildung 4: a und b) Verfaltete Karbonatturbidite

Haltepunkt 3.6:

Koordinaten: (23°37' 56,51''N; 51° 53' 50,04''E)

Nach der Mittagspause unter einem Baum der Gattung Ziziphus spina-christi wurde der letzte Aufschluss des Tages angefahren. Wir befinden uns noch immer in der Hawasina-Abfolge, doch sowohl der Sandanteil als auch der Metamorphosegrad (Phyllit) nehmen zu. Die Schichtung steht nahezu senkrecht, somit schauen wir auf die Unterseite der Schichtflächen (s. Abbildung 6). Es finden sich Lineationen in

unterschiedlichen Richtungen, Kolkmarken, Schleifmarken sowie Erosionsrinnen. Diese lassen auf unterschiedliche Fließrichtungen schließen.



Abbildung 6: *Blick auf die Schichtunterseite*

Unter den Dozenten und Gästen entstand eine Diskussion über den Ursprung der Lineationen. Diese können entweder sedimentär oder tektonisch entstanden sein. An manchen Schichten ist eine Boudinage erkennbar, die auf tektonische Prozesse hindeuten könnten. Für eine abschließende Interpretation der Strukturen fehlte die Zeit.

4. Exkursionstag: Fahrt von As Sifah nach Fins

(15.02.2020) von Johannes Sucke

Nach einem lang ersehnten Bad im Meer bei Sonnenaufgang folgte die Einführung für den Tag am Strand. Es war der erste Tag mit Prof. Gösta Hoffmann und seiner Doktorandin Valeska Decker als Gastführer. Gösta hat den Lehrstuhl für Umweltgeologie an der Uni Bonn inne und vorher acht Jahre im Oman gelebt und gearbeitet.

Haltepunkt 4.1: Eklogite

Koordinaten: (23°27'12.67"N, 58°46'47.68"E)

Der erste Aufschluss wurde nach einer etwa 1 km langen Wanderung mit Klettereinheiten entlang der Küste erreicht. Er befindet sich an einem kleineren, verlassenem Strand. Das hier anstehende Gestein zeigt auf den ersten Blick Anzeichen für hohe Metamorphosegrade. Gut zu erkennen sind Granate, Omphazit und Glaukophan, was der typische Mineralbestand für einen Eklogit ist. Außerdem lassen sich Rutil und Lawsonit auf Klufflächen finden. Ein weiterer Hinweis für hohe P-T-Bedingungen ist Phengit, eine Hochdruckvariation des Muskovits. Dieser Strand, in der Nähe des Ortes As Sifah und am nordöstlichsten Zipfel der Arabischen Halbinsel gelegen, ist der einzige Ort im Oman, an dem Eklogite aufgeschlossen sind. Die Eklogite sind, zusammen mit einigen Blauschiefern, Teil des Saih Hatat Fensters und bilden die As Sifah-Untereinheit. Man geht davon aus, dass die Gesteine hier eine Versenkung bis



Abbildung 1: Gut ausgebildete Glaukophankristalle (stengelig) in einem Handstück aus der Blauschieferfazies.

70 km Tiefe erfuhren und P-T-Bedingungen von bis zu 300 °C (Blauschiefer) bzw. 520 °C (Eklogite) und 20 kbar ausgesetzt waren. Grund dafür ist der niedrige geothermische Gradient von nur etwa 7 °C/km. Das Alter von Versenkung und Metamorphose wird auf etwa 100 Ma geschätzt, korreliert also mit der Exhumierung des Semail-Ophioliths. Da sich diese hochmetamorphen Gesteine heute am Strand aufgeschlossen befinden und zusätzlich Hinweise retrograder Metamorphose finden lassen, muss es zu einer erneuten Hebung nach der Metamorphose gekommen sein. Als Grund dafür wird ein isostatic rebound nach Abbrechen der subduzierten Unterplatte angenommen.

Haltepunkt 4.2: „Mega Sheath-Fold“

Koordinaten: (23°25'44.98"N, 58°32'7.22"E)

Dieser Aufschluss befindet sich im Wadi al Mayh, einem tief eingeschnittenen Tal in mehreren hundert Meter mächtigen, triassischen Dolomiten. Hier ist die wahrscheinlich weltgrößte „sheath-fold“ aufgeschlossen. Diese Arten von Falten werden auch als „Zungen-, Augen- oder Bananenfalten“ bezeichnet. Sie entstehen, wenn bei Überschiebungen die Faltenachse nicht gleichmäßig bewegt und dadurch gekrümmt wird. So kann diese um bis zu 180° gedreht sein. Wird solch eine Falte im Aufschluss angeschnitten, entstehen Strukturen, die an ein Auge erinnern. Normalerweise haben sheath-folds eine Ausdehnung von Zentimetern bis Dezimeter. Die im Wadi al Mayh aufgeschlossene zeigt aber einen Durchmesser von etwa 25 km. Betrachtet man die Aufschlusswand von Nahem, lassen sich einige zerscherte Fossilien und σ -Porphyroklasten ausmachen. Sie deuten auf eine dextrale Scherbewegung hin.



Abbildung 2: Frontal angeschnittene sheath-fold im Wadi al Mayh.

Danach führte die Fahrt durch immer schwächer metamorphe, kretazische Einheiten (Glimmerschiefer, Phyllite) zum Wadi Dayqah Damm, der den größten Süßwasservorrat des Landes bildet.

Haltepunkt 4.3: Staudamm

Koordinaten: (23° 5'5.28"N, 58°50'52.62"E)

Hier erläuterte Prof. Hoffmann einiges zum Thema Energie- und Wasserwirtschaft im Oman. Da der Jahresniederschlag in Muscat nur etwa 80 mm beträgt (zum Vergleich: in Göttingen ca. 650 mm), ist das Land stark von Meerwasserentsalzungsanlagen abhängig. Zusätzlich verbraucht ein durchschnittlicher Einwohner des Omans doppelt so viel Wasser (240 L/Tag) wie ein Durchschnittsdeutscher (120 L/Tag). Grund dafür ist zum einen der Reichtum vieler Omaner, nicht selten besitzen sie mehrere Autos, zum anderen die kulturell und gesetzlich vorgeschriebene Reinlichkeit. So werden Autos und Kleidung oft mehrmals am Tag gewaschen, um sich auf keinen Fall dreckig in der Öffentlichkeit zeigen zu müssen. Das durch den Damm aufgestaute Süßwasser ist eher als ein Notvorrat gedacht, sollte die Trinkwassergewinnung einmal ausfallen. Der Wasserbedarf könnte mit diesem Vorrat nur wenige Tage gedeckt werden. Ebenfalls hoch ist der Energieverbrauch des Landes, der ausschließlich durch fossile Energieträger gedeckt wird. Der im Januar 2020 verstorbene Sultan Quabus ibn Said hat seine Untertanen mit günstiger Energie und Häusern beschenkt, die aber meist ungedämmt sind und so, vor allem im Sommer, sehr ineffizient gekühlt werden. Durch Einsatz von Photovoltaik in den großen, unbesiedelten Gebieten des Landes könnte der Oman innerhalb kurzer Zeit CO₂-neutral werden. Eine Umsetzung dieser Möglichkeit scheint allerdings noch in weiter Ferne.

Stratigraphisch befindet sich das aufgestaute Wadi im Ordovizium, überlagert von flachmarinen Karbonaten und Kiesen des Paläogens. Bis zur Überschiebung des Semail-Ophioliths liegt hier eine Schichtlücke vor.

Haltepunkt 4.4: Erosionsformen

Koordinaten: (23° 4'51.31"N, 58°55'30.04"E)

Entlang der Schotterpiste vom Staudamm zur nächsten ausgebauten Straße, fallen in der Wüste stellenweise pilzförmig erodierte Sedimentstrukturen auf. Das Gestein ist sehr heterogen und schlecht sortiert, was auf fluviatilen Transport hinweist. Durch Winderosion (Korrasion) und damit saltierenden Sandkörnern nahe der Oberfläche werden die unteren Bereiche der Formation stärker erodiert als die oberen, was die typischen Pilzfelsen entstehen lässt. Diese werden auch als Yardang bezeichnet, ein uigurisches Wort, das von Sven Hedin aus der Lop Nor erstmals verwendet wurde.



Abbildung 3: Von Winderosion geformter Pilzfelsen, ein Yardang.

Haltepunkt 4.5: Karstschlotte

Koordinaten: (23° 5'9.71"N, 58°57'4.93"E)

An diesem, durch den Straßenbau angeschnittenen Aufschluss, lässt sich ein dunkler, geschichteter Kalkstein beobachten, der vermutlich ordovizischen Alters ist. An einigen Stellen ist eine Verkarstung zu sehen, die senkrecht zur Schichtung verläuft und mit einem roten Sediment verfüllt ist. Hierbei handelt es sich vermutlich um eine paläogene Landschaftsoberfläche, die zum großen Teil aus Laterit bestand. Zur Zeit des Paläogens war das Klima im heutigen Oman feuchter, was chemische Verwitterung und damit Bodenbildung ermöglichte. Heute bestehen die Oberflächen größtenteils aus blankem Gestein mit einer dünnen Lage physikalisch verwittertem Sediment.



Abbildung 4: Mit Laterit (oder Parabraunerde) verfüllte Karstschlotte im ordovizischen Karbonat.

Haltepunkt 4.6: Wadi Avienne

Koordinaten: (23° 2'47.94"N, 58°58'27.48"E)

Von einem Aussichtspunkt bot sich ein guter Überblick über das Wadi Avienne, eine der ganzjährig wasserführenden Bergoasen im Oman. Möglich gemacht wird diese Besonderheit durch eozäne Karbonate, die in dieser Gegend die ordovizischen Dolomite diskordant überlagern. Letztere erfuhren bis zu 1,5 km thermische und tektonische Subsidenz. Die große Masse an karbonatischem Gestein hat dafür gesorgt, dass sich hier das weltgrößte Karstsystem bilden konnte. Sowohl Höhlen, als auch offene Karste bewässern die Wadis ständig, da jeglicher Regen, der in den Bergen fällt, hierdurch abfließt. Neben der Landwirtschaft, die dadurch ermöglicht wird, sorgen die Karste auch für Gefahren, vor allem flash floods bei stärkeren Regenfällen. Im Laufe der Jahrhunderte konnten die hier lebenden Menschen dieses Problem aber mit einem ausgeklügelten System aus Kanälen (Falaj) weitestgehend umgehen.



Abbildung 5: Blick ins Wadi Avienne mit gut erkennbarer Diskordanz zwischen ordovizischen Dolomiten und paläogenen Karbonaten.

5. Exkursionstag – Wadi al-Shab, Paläo Tsunami und Meeresspiegelschwankungen

(16.02.2020) *Von Lena Weimann*

Haltepunkt 5.1: Beachrocks an der Küste

Koordinaten: (22°57'06,63"N & 59°11'58,78"E)

Direkt an der Küste stehen Beachrocks an, die sich nach Dunham als Grainstone klassifizieren lassen. Hierbei handelt es sich um Karbonate, die einen sehr hohen Anteil an Bioklasten aufweisen. Die Beachrocks weisen Spuren von Bioturbation durch Lithophagen auf, welche das Gestein durch die Produktion einer leichten Säure lösen (Abbildung 1). Beachrocks sind ein gutes Beispiel dafür, dass die Härte eines Gesteins nicht zwingend mit seinem Alter korreliert. In diesen Beachrocks lassen sich Glassplitter finden, was darauf hindeutet, dass das Gestein noch relativ jung ist und noch nicht lange verfestigt. Es lassen sich sowohl Korallensplitter in den Beachrocks finden als auch in situ anstehende Korallen. Korallen leben flachmarin in der photischen Zone des Meeres. Das Zusammenspiel von Korallen und dem Beachrock deutet auf eine Meeresregression hin. Der aktuelle Meeresspiegelanstieg beträgt 3,2 mm/a. Allerdings ist der Meeresspiegelanstieg immer lokal spezifisch, da die Lithosphäre lokal unterschiedliche Hebungs- oder Senkungsraten aufweist. Die Regression hier ist vermutlich durch die Hebung der Lithosphäre verursacht. Eine mögliche Erklärung für die Hebung der Lithosphäre ist die starke Verkarstung der anstehenden Karbonate. Durch diese Verkarstung ist eines der weltgrößten Höhlensysteme entstanden, welches eine Höhle mit einer Tiefe von bis zu 1500 m aufweist. In diese Höhle würde der Kölner Dom komplett hineinpassen. Die Karbonate sind hier bis zu 2000 m mächtig und werden von serpentinierten Peridotiten unterlagert. Das atmosphärische Wasser sickert durch die Karbonate bis zu dem Peridotit, welcher durch die Wasserzufuhr serpentiniert. Durch die Serpentinisierung kommt es zu einer Volumenzunahme und die Dichte des Gesteins nimmt ab. Diese beiden Faktoren begünstigen wahrscheinlich außerdem die Hebung der Lithosphäre. Zusätzlich entlastet die Erosion des Gebirges die Lithosphäre. Die Beachrocks hier bilden eine Brandungsplattform mit einem Gefälle von 1-2°. Solche Brandungsplattformen bilden sich nur bei stabilen Umweltbedingungen und einem relativ konstanten Meeresspiegel.

Bei einem Blick ins Hinterland kann man bis zu 12 einzelne Küstenterrassen erkennen. Jede Küstenterrasse zeigt eine ehemalige Küstenlinie, welche durch Hebung der Lithosphäre herausgehoben wurde und trocken gefallen ist.

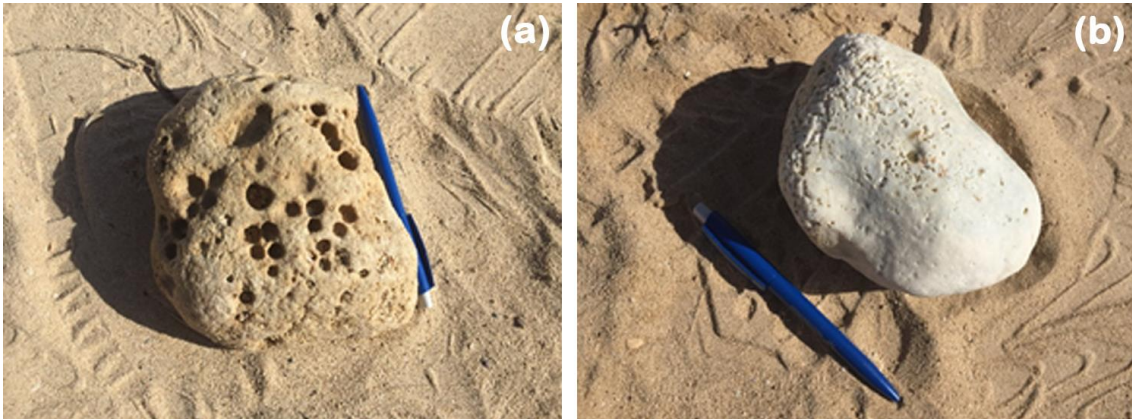


Abbildung 1: a und b) Bioturbation durch Lithophagen, die das Karbonat durch eine leichte Säure lösen.

Haltepunkt 5.2: Wadi al-Shab

Koordinaten: (22°50'19,38''N & 59°14'41,07''E)

as Wadi al-Shab ist eines der beliebtesten Touristenziele im Oman. Dieses Wadi ist ganzjährig wasserführend und man kann bis in eine durch Verkarstung entstandene Höhle schwimmen. Tief eingeschnitten in die anstehenden eozänen Karbonate wird das Wadi von Steilen Felswänden begrenzt und befindet sich auf einer Störung. Am Eingang des Wadis ist die Schichtung der Karbonate durch die Störung aufgelöst. Im mittleren Teil des Wadis ist die horizontale Schichtung der Karbonate eindeutig zu

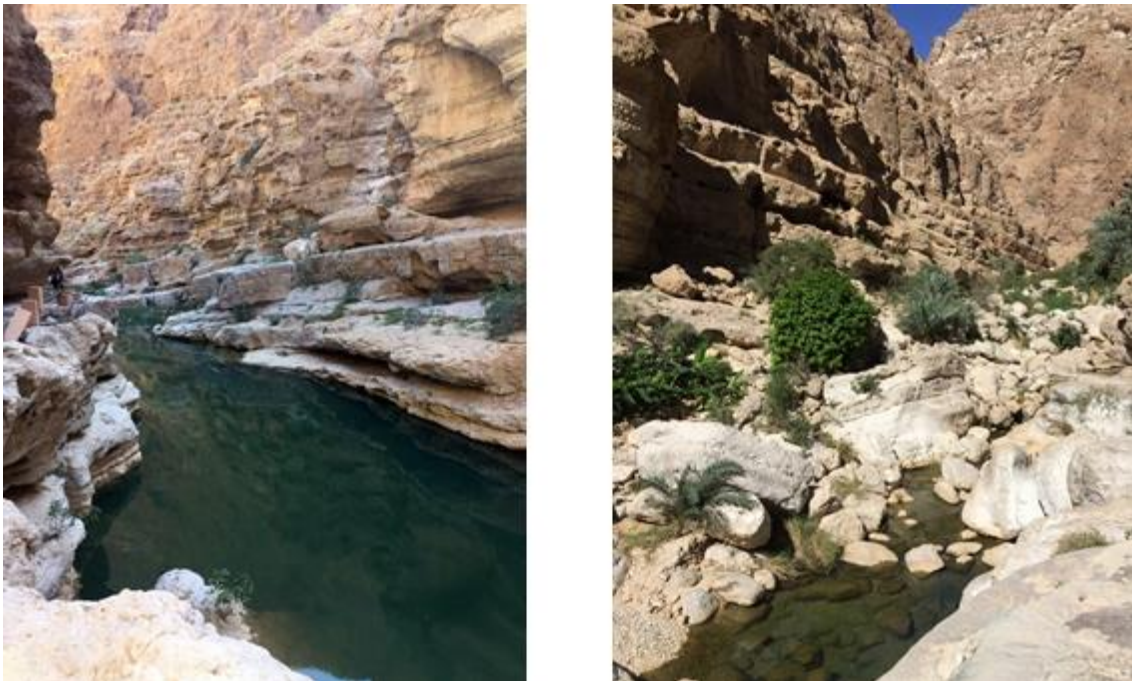


Abbildung 2: Bilder aus dem Wadi al-Shab. Im mittleren Teil des Wadis ist die horizontale Bankung der eozänen Karbonate zu erkennen.

erkennen (Abbildung 2) und im hinteren Teil ist die Bankung durch Bioturbation aufgelöst und es stehen Knollenkalke an. An den Bewässerungssystemen innerhalb des Wadis kann man teilweise braune Travertin Ausfällungen erkennen. Das aus dem Felsen austretende Wasser wird an der atmosphärischen Luft schlagartig erwärmt und dabei wird Karbonat ausgefällt.

Haltepunkt 5.3: Palão Tsunami

Koordinaten: (22°52'01,20"N & 59°14'02,48"E)

An der Küste in der Nähe des Wadis al-Shab kann man die Auswirkungen eines Palão Tsunami erkennen. Stürme und Tsunamis sind zwei verschiedene Typen von Extremen Wave Events. Bei Stürmen gibt es ca. 30.000 Wellen pro Sturm, wobei die Wellen den Strand erreichen. Bei einem Tsunami hingegen kommt es nur zu ca. 3 Wellen pro Tsunami. Durch die Sonneneinstrahlung entstehen Druckunterschiede in der Atmosphäre, welche Winde erzeugen und somit einen Sturm. Ein Tsunami hingegen wird durch Ereignisse wie Erdbeben, Meteoriten-Einschläge, Vulkanausbrüche, submarine Rutschungen und anthropogen, zum Beispiel durch Atombomben, verursacht. Die konvergente Plattengrenze (Makran-Subduktionszone) zwischen der Arabischen Platte und der Eurasischen Platte im N der Arabischen Halbinsel ist eine potenzielle Quelle für Erdbeben, die einen Tsunami erzeugen können. Der Osten der Subduktionszone ist seismisch aktiv, während der westliche Teil keine seismische Aktivität zeigt. Entweder ist die Subduktionszone hier gut geschmiert oder die Spannung ist elastisch gespeichert und wurde noch nicht abgegeben. Die Subduktionszone ist ca. 500 km von der Küste des Omans entfernt und die Geschwindigkeit eines Tsunami ergibt sich aus der Wurzel aus der Wassertiefe multipliziert mit der Gewichtskraft und liegt typischerweise zwischen 800 und 1000 km/h. Somit würde ein Tsunami, der an der Subduktionszone entsteht, nach ca. 30 Minuten den Oman erreichen. Durch Augenzeugenberichte weiß man, dass es 1945 einen Tsunami, der durch ein Erdbeben der Stärke 8.1 ausgelöst wurde, gegeben hat. Dieser wird Macran Tsunami genannt. Genau dieses Tsunami-Ereignis kann hier anhand von Ablagerungen großer Blöcke und anhand des abgelagerten Sediments nachgewiesen werden. Die Sedimente hier sind schlecht sortiert, zum Teil gut gerundet und weisen marine Muschelschalen und Reste von terrestrischen Schnecken auf. Diese Ablagerungen können nicht durch einen Sturm entstanden sein, da ein Sturm Sedimente besser sortieren würde. Ein Tsunami verursacht gut durchmischte Ablagerungen, da die Ablagerungen der vorherigen Welle von der nachfolgenden Welle wieder erodiert werden. Dass in dem Sediment sowohl terrestrische als auch marine Schalenreste gefunden werden, nimmt man als Anzeichen für die onwash und backwash Ereignisse eines Tsunami. Auf dieser Küstenterrasse finden sich Blöcke von einer Größe bis zu 7x7x1,5 m Kantenlänge (Abbildung 3) die aus dem unterlagerndem Beachrock bestehen. Mit dem Laserscanner wurde der größte Block vermessen und

sein Gewicht von 119 t ermittelt. Es wird vermutet, dass dieser Block durch einen Tsunami transportiert wurde, da aufgrund seiner Größe enorme Energie dafür benötigt wird. Die Dichte von normalem Meerwasser beträgt 1,025 kg/l, bei einem Tsunami erhöht sich die Dichte des Wassers aufgrund des mitgeführten Sediments allerdings auf ca. 2 kg/l, was den Transport von solch großen Blöcken ermöglicht. Die an den Blöcken vorhandenen Austern sterben zu dem Zeitpunkt, an dem der Block durch den Tsunami umgelagert wurde und eignen sich deshalb gut für die C14-Methode zur Altersdatierung (Abbildung 4). Durch eine Datierung konnten zwei Alterspeaks ermittelt werden. Ein Teil der Blöcke wurde vor ca. 1000 Jahren umgelagert und ein anderer Teil 1945 während des Macran-Tsunami. Das Tsunami-Ereignis von vor 1000 Jahren hat das Ereignis von 1945 an Stärke allerdings übertroffen. Diese beiden Ereignisse zeigen, dass die Subduktionszone große Tsunamis erzeugen kann, diese allerdings nicht sehr häufig passieren. Allerdings kann niemand sagen, wann es das nächste Mal zu einem Tsunami kommen wird.



Abbildung 3: Block von einer Größe bis zu 7x7x1,5 m Kantenlänge und einem Gewicht von ca. 119 t, welcher aus einem Beachrock besteht. Dieser Block wurde durch einen Tsunami auf die Steilküste transportiert.



Abbildung 4: Austern an einem Block, der von einem Tsunami umgelagert wurde.

Haltepunkt 5.4: Meeresspiegelschwankungen im MES5

Koordinaten: (22°45'05,96''N & 59°19'43,67''E)

An der Küste ist an einer Steilwand ein Küstenprofil aufgeschlossen, welches insgesamt 4 Einheiten aufweist. Vom Liegenden zum Hangenden (Abbildung 5) ist hier zuerst ein Korallenriff in situ aufgeschlossen (Einheit 1), welches von einer mergeligen Matrix umgeben ist. Das stengelige Wachstum der Korallen ist darauf zurück zu führen, dass das Wasser durch Sediment getrübt war und die Korallen nach oben gewachsen sind, um klarere Bereiche im Wasser zu erreichen. Bei den Korallen handelt es sich vor allem um die Steinkorallen *Porites*. Ein solches Korallenriff deutet auf ein flachmarines Milieu in der photischen Zone hin. Überlagert wird diese Einheit von einem unsortierten, polymikten und klastengestützten Konglomerat, welches fluviatil abgelagert wurde (Einheit 2). Dieses wird wiederum von der gleichen flachmarinen Fazies wie in Einheit 1 überlagert. Einheit 3 wird durch einen matrixgestützten Beachrock überlagert, welcher fluviatil, aber auch terrestrisch entstanden sein kann. Dieser Aufschluss zeigt kleinräumige Meeresspiegelschwankungen im 10er m Bereich innerhalb des Eem-Interglazials (MES5). An dem Übergang von der Einheit 1 zu der Einheit 2 kam es zu einer Meeresregression und das flachmarine Milieu wurde terrestrisch. Eine darauffolgende Meerestransgression führte allerdings wieder zu einer flachmarinen Fazies und der Entstehung der Einheit 3. Eine erneute Meeresregression ermöglichte die Ablagerung der Einheit 4.



Abbildung 5: Küstenprofil mit vier Einheiten, das Meeresspiegelschwankungen im Eem-Interglazial (MES5) zeigt. 1: In situ Korallenriff umgeben von einer mergeligen Matrix. 2: Fluviales, unsortiertes, polymiktes und klastengestütztes Konglomerat. 3: In situ Korallenriff umgeben von einer mergeligen Matrix. 4: Matrixgestützter Beachrock.

6. Exkursionstag –mit Gastführer Gösta Hoffmann

(17.02.2020) Von Anna Wolf

Hauptpunkt 6.1: Batain- Decke

Koordinaten: (22°30'38"N; 59°36'2"E)

Die Batain-Decke ist eine jurassische Deckeneinheit aus einer Wechselfolge von gut gebanktem Radiolarit (weiß) und roten Tiefseetonen. Die Bänke sind ca. 10cm mächtig. Bei einer Sedimentationsrate von ca. 1mm/1000a entstand eine Bank also im Zeitraum von 10.000 Jahren. Diese Zeitspanne der wechselnden Sedimentation zwischen Radiolarit und Tiefseeton korreliert mit den Milankovic-Zyklen, welche eine globale Änderung der atmosphärischen Zirkulation beschreiben. Die Wechselfolgen zeigen also die Klimazyklizität im Jura. Weiterhin stehen mergelige Karbonate an. Häufige Fossilien sind Korallen und Steinkerne von Muscheln in Verbindung mit röhrenartigen Strukturen, deren Siphonen.

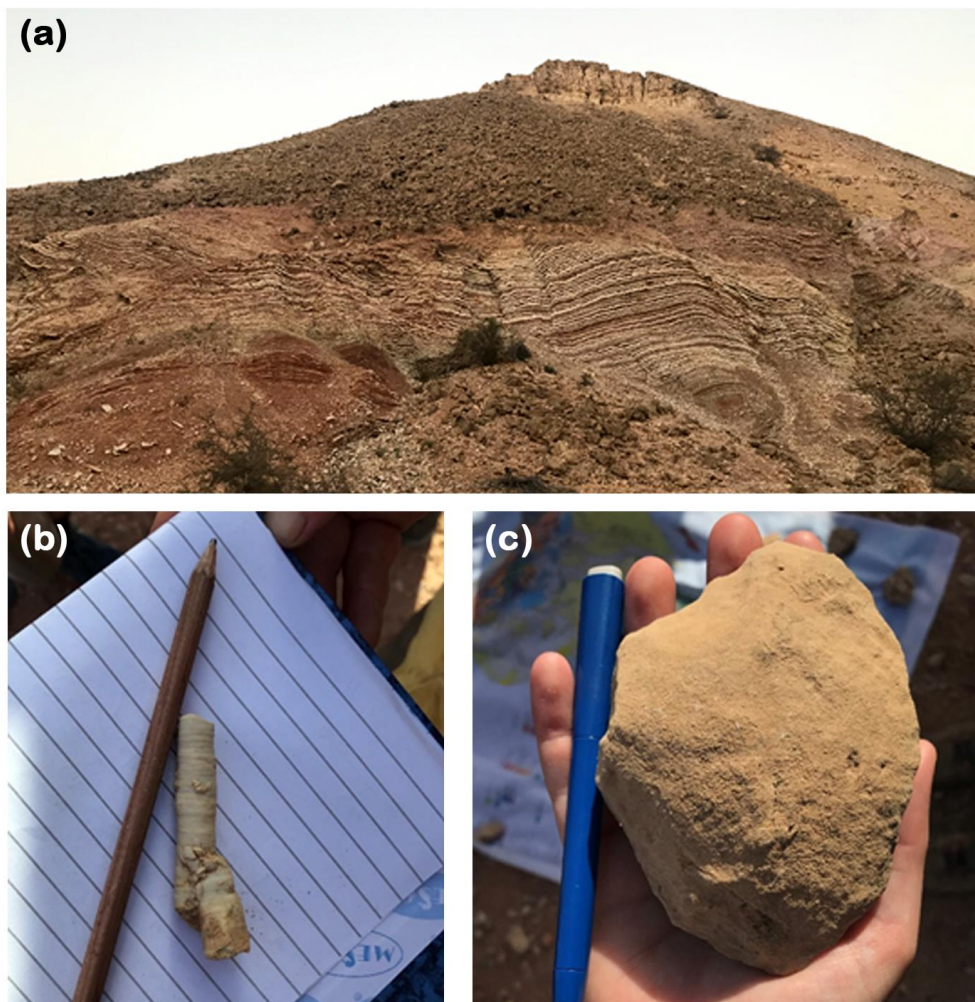


Abbildung 1: a) Aufsicht auf die Batain-Decke; b) Fossilien Siphonen von Mollusken
c) Fossilien von Korallen

Strukturell gehört dieser Aufschluss zur tektonischen Mélange der Batain-Decken. Auf der Abbildung sind überkippte Falten zu sehen, welche auf undeformierte Bereiche aufgeschoben wurden. Diese Falten nennt man fault-propagation faults, wobei hier das stark deformierte Muldenzentrum durchgeschert wurde („synclinal breakthrough“). Das Gestein wird zunächst gefaltet, die Falten werden weiter deformiert und propagieren so lange, bis sie schließlich blockieren. Dadurch werden die Faltenschenkel stark geneigt und überkippt und eine Schwächestelle entsteht, an der die Falte bricht (Synclinal breakthrough). Bei andauernder Deformation wird die gebrochene Falte weiter auf das ungestörte Schichtpaket aufgeschoben.



Abbildung 2: Orientiert Bilder von die Aufschluss gezeigt in (1a), in Rot: fault-propagation faults

Haltepunkt 6.2: mother of all outcrops

Koordinaten: (22°27'30"N; 59°41'57"E)



Abbildung 3: "mother of all outcrops"

Die anstehenden Gesteine gehören zur selben Einheit der Batain-Decke wie im vorherigen Aufschluss. Die Deckenüberschiebung fand durch eine mit der Bewegung der indischen Platte assoziierte Obduktion in der Kreide statt. Die Deformation fand in zwei Phasen statt: zuerst erfolgte eine Aufschiebung, und im Weiteren eine Überkipfung der Falten. Dieser Aufschluss gehört ebenfalls zur tektonischen Mélange.

Haltepunkt 6.3: Mangroven in der Sabkha

Koordinaten: (22°29'52"N; 59°42'58"E)

Der Haltepunkt, bzw. Standpunkt befindet sich im Intertidal, in einer Sabkha. Eine Sabkha ist eine ebene Fläche in meeresnähe, die durch Evaporation charakterisiert ist. In einiger Entfernung ist eine Lagune mit kleiner Verbindung zum Ozean zu sehen. Mangroven gehören zur typischen Vegetation im Intertidal und können je nach Salztoleranz unterschieden werden. Die verschiedenen Arten sind genetisch jedoch nicht verwandt, da sie sich nur durch die spezifische Anpassung an das Milieu entwickeln. Notwendige Bedingungen für das Wachstum der Mangroven sind ein low-energy Milieu im Intertidal, sowie eine minimale Oberflächentemperatur des Ozeans von 23°C. Hier wächst die Mangroven Art *Avicenna marina*, welche sich durch ihre hohe Salztoleranz auszeichnet. Sie gehört damit zu den sehr robusten Arten, die auch an niedrige Temperaturen und aride Bedingungen mit wenig Niederschlag angepasst sind. Die Wurzeln der *Avicenna marina* wachsen sowohl quer im Boden als auch vertikal nach oben. Die quer wachsenden Wurzeln sorgen für die Stabilität der Mangrove, weil diese jedoch im anoxischen Bereich liegen, wächst ein Teil der Wurzeln vertikal, sogenannte Pneumatophoren, vertikal aus dem Boden heraus und sorgen damit für einen Gasaustausch und genügend Sauerstoff. Ein Problem bei der Wasseraufnahme ist auch die gleichzeitige Aufnahme von Salz. Die *Avicenna marina* hat zum einen Membranen entwickelt, die die Salzaufnahme verhindern und zum anderen hat sie zusätzlich Poren an den Blatt Ober- und Unterseiten entwickelt an denen sie Salz ausstoßen kann.

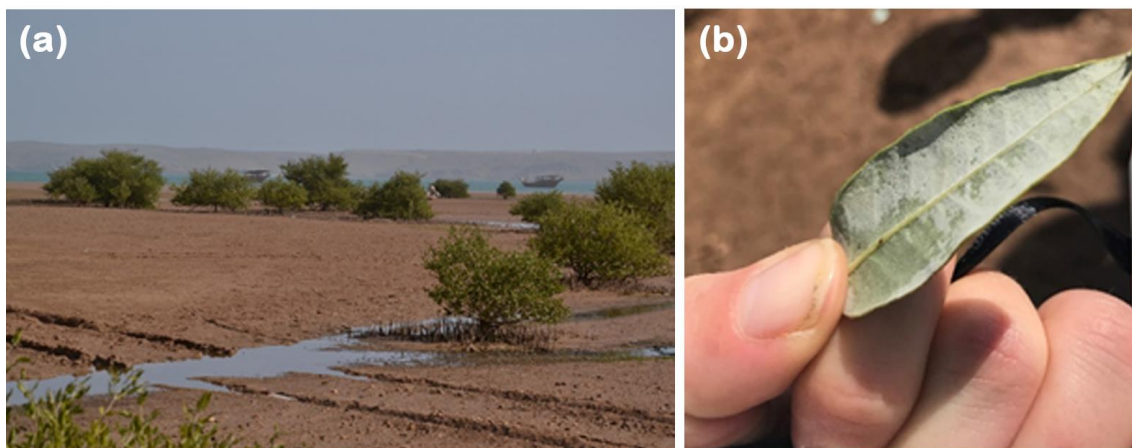


Abbildung 4: a) Intertidal in einer Sabkha; b) Blatt von *Avicenna Marina*

Als Ökosystem sind Mangroven wichtig für Tiere und Pflanzen. Zum einen leben dort Fische, Krabben, Schnecken und Vögel, zum anderen dienen sie auch als Küstenschutz, bzw. Puffer für Tsunamis und Stürme da sie Erosion verhindern und Sediment akkumulieren. Mangrovenwälder werden oft für Holzkohle und Krabbenfarmen zerstört. Im Oman stehen sie unter strengem Naturschutz.

Haltepunkt 6.4: shell midden

Koordinaten: (22°9'43''N; 59°44'54''E)

Das aufgeschlossene Sediment liegt geschichtet vor und ist zum Großteil noch unverfestigt. Einige Lagen im oberen Bereich sind im Verhältnis zu den anderen relativ dick und bestehen fast ausschließlich aus Fossilien, genauer: Mollusken, Bivalven, Gastropoden und Gräten. Die Fossilien sind kaum beschädigt, sehr gut sortiert und bestehen nur aus bestimmten Arten wie zum Beispiel marine und lagunäre Austern sowie Gastropoden (*Terebralia palustris*) die bevorzugt in Mangroven leben. Weitere Schichten werden durch dünne Aschelagen gebildet. Die liegende Schicht ist ca. 1 ½ m mächtig und besteht aus unverfestigten, schräg geschichteten Kiesen und Geröllen, welche meist gut gerundet sind und von Gesteinen des basements der arabischen Platte erodiert wurden. Da hier in der Umgebung nur Karbonate anstehen ist davon auszugehen, dass das Sediment fluviatil antransportiert wurde.

Die fluviatilen Ablagerungen sind natürlichen Ursprungs, die Muschel- sowie Ascheablagerungen sind anthropogen. Die Muscheln und Schnecken wurden von Menschen gegessen, die Aschereste mit Fischgräten stammen von Feuern auf denen die Menschen gekocht haben. Die Datierung ergab ein Alter von 6000-7000 Jahren. Man geht davon aus, dass die Menschen damals wie Nomaden regelmäßig diesen Platz aufgesucht haben, welcher heute als shell midden bezeichnet wird und ein wichtiger archäologischer Fund ist.

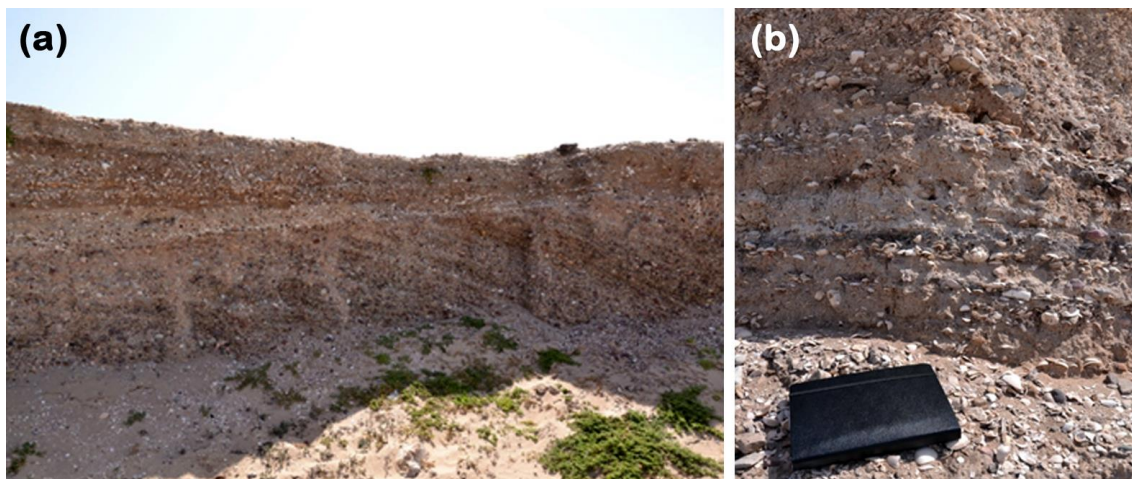


Abbildung 5: shell midden, **a)** Panoramablick; **b)** Aufschlussdetail

Haltepunkt 6.5: Sabkha

Koordinaten: (22°9'29"N; 59°44'0"E)

Im Gegensatz zum vorherigen Haltepunkt in einer Sabkha gibt es hier keine Vegetation durch Mangroven. Die Ebene ist abflusslos, Wasser wird nur durch Stürme oder Tsunamis vom Ozean, oder durch Niederschlag eingetragen. Natürliche Strandwälle halten das Wasser in der Sabkha. Durch Evaporation bilden sich Salzkrusten.



Abbildung 6: Bohrkern des Sediments

In einem Bohrkern des Sediments kann man 3 Schichten erkennen. Die oberste Schicht besteht aus unverfestigtem, braunem Fein- bis Mittelsand, teils sind feine Salzkristalle erkennbar. Die nächste Schicht ist eher gräulich und feiner, es sind vertikale Strukturen erkennbar, die auf Bioturbation und ehemalige Wurzelhorizonte hindeuten. Sie sind mit Material aus der hangenden Schicht verfüllt. Die dritte, tiefste Schicht ist schwarz, riecht modrig und besteht aus bindigem tonig-siltigem Material. Diese Ablagerung entspricht der einer Lagune. Die oberen Ablagerungen sind terrestrischen Ursprungs. Zwischen der untersten Schicht und der mittleren Schicht gibt es eine scharfe Grenze. Die Schichtenfolge deutet auf einen zunächst lagunären Ablagerungsraum, welcher sich zu einem terrestrischen hin entwickelt. Diese Entwicklung geht auf die Verlagerung der innertropischen Konvergenzzone zurück, wodurch im Winter die mediterrane Luft Regen brachte, nun aber nur noch den Süden

des Omans erreicht. Durch den fehlenden Süßwassereintrag verschwanden die Mangroven, die Bodenerosion nimmt zu, und die Lagune verlandet. Dieses Ereignis wird ebenfalls auf einen Zeitraum von 6000 bis 7000 Jahre vor heute datiert, und korreliert somit mit dem Alter der Ablagerungen aus dem Shell-midden Aufschluss. Vermutlich wanderten die Menschen aufgrund der Klimaveränderung und dem fehlenden Süßwasser zu der Zeit aus der Region ab.

7. Exkursionstag

(18.08.2020) von Damian Nowak

Haltepunkt 7.1: Gideah South Outcrop - Isotrope Gabbros

Koordinaten: (22°53' 42,40"N; 58°39' 47,46"E)

Der Aufschluss am Haltepunkt 7.1 besteht aus vier verschiedenen Einheiten, die in der Abbildung 1 farblich markiert sind. Bei den vier Einheiten handelt es sich um Gabbro (Hauptgestein), Diorit, Trondhjemite und Basalt.

Das Hauptgestein (in Abb. 1, blau), das besonders an der westlichen Seite des Aufschlusses aufzufinden ist, besteht aus einer dunklen, feinkörnigen und einer hellen, grobkörnigeren Fazies. Bei beiden Fazies handelt es sich um einen Gabbro. Die feinkörnige Fazies ist dabei der Hauptbestandteil in der die grobkörnige Fazies fließend als Schlieren übergeht (Abb. 2, e & i). Da die Schlieren am westlichen Teil kein Netzwerk bilden handelt es sich hierbei um eine Rekristallisation, die durch das Aufschmelzen des feinkörnigen Gesteins eintraf. Zu der Aufschmelzung kam es durch ein wässriges Fluid, das durch den Dichteunterschied und der Kompaktion aufstieg und entlang der Korngrenzen wanderte und somit den Solidus herabsetzen konnte. Die schwarzen, stängeligen Minerale (Hornblende), die vom Rand der Schlieren in das Zentrum der Schlieren wachsen, deuten auf eine gestörte Keimbildung hin, da diese an schon vorhandenen Kristallen des Umgebungsgestein anfängt. Die gestörte Keimbildung und ein hoher Elementgehalt im Fluid führten dazu, dass die sekundär Minerale größer sind als die des älteren Umgebungsgestein. Im mittleren Bereich des Aufschlusses sind Gabbro Xenolithe zu finden (Abbildung 2, h). In diesem Fall wurde der Gabbro nicht aufgeschmolzen, wie am westlichen Teil, sondern aufgelöst und vom Umgebungsgestein abgebrochen. Durch den gesamten Aufschluss ziehen sich Gänge, die aus Basalt bestehen (Basalt Dyke).

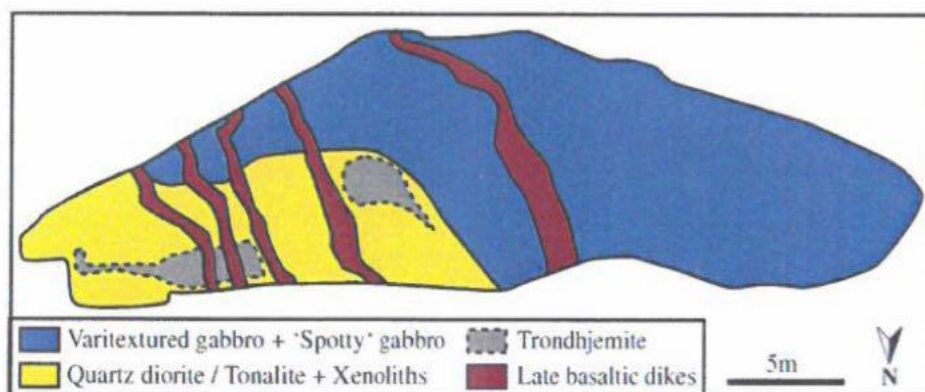


Abbildung 1: Schematische Skizze des Gideah South Outcrop (*Anatomy of a frozen axial melt lens from a fast-spreading paleo-ridge (Wadi Gideah, Oman ophiolite)*, T. Müller et al. 2016)

Das Besondere an diesem Aufschluss ist, dass es sich um einen isotropen Gabbro handelt, der anders als die layered Gabbros keine Schichtung oder Orientierung im Kristallwachstum besitzt. Das Gestein hier stammt aus der Schmelzlinse, die sich zwischen den layered Gabbros (unterhalb der isotropen Gabbros) und den sheeted Dykes (oberhalb der isotropen Gabbros) befindet.

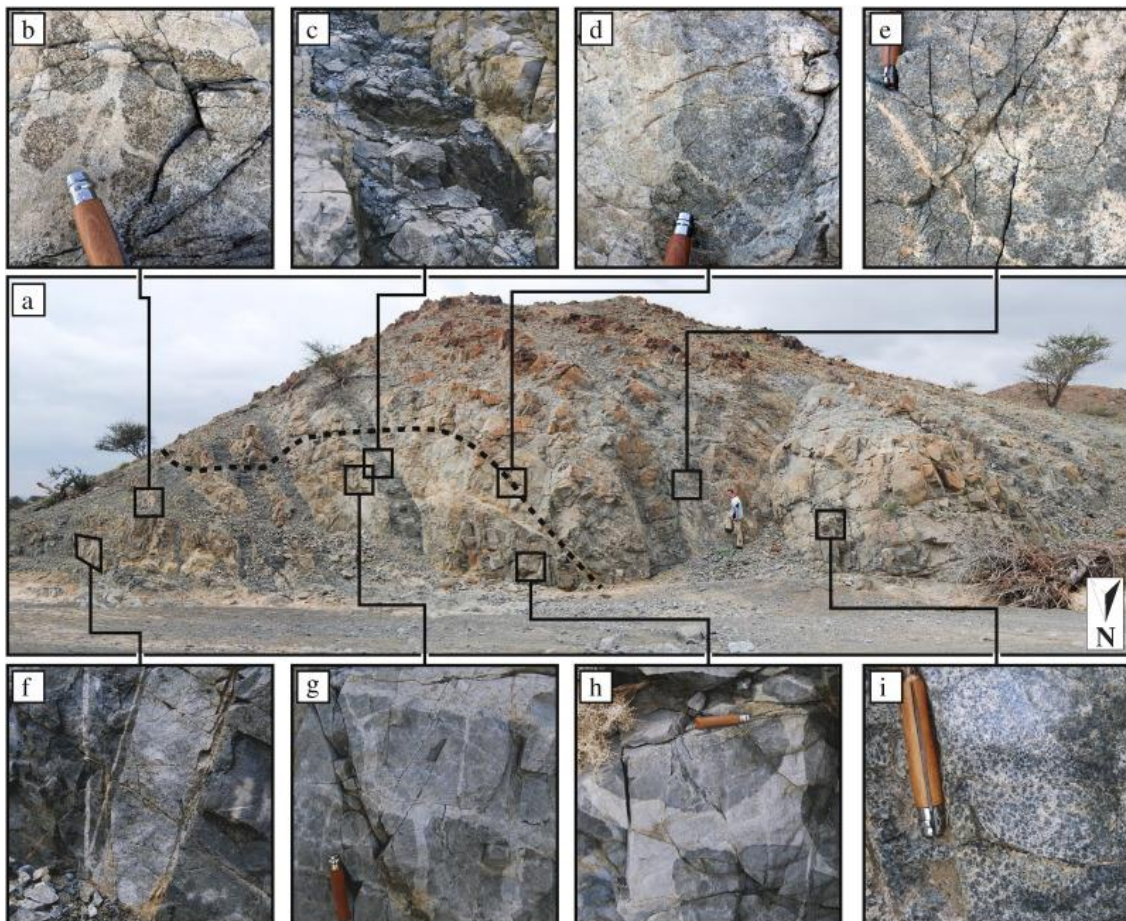


Abbildung 2: Aufnahme des Gideah South Outcrop (*Anatomy of a frozen axial melt lens from a fast-spreading paleo-ridge (Wadi Gideah, Oman ophiolite), T. Müller et al. 2016*)

Haltepunkt 7.2: Layered Gabbro

Koordinaten: (23°0'59,90"N; 58°37'17,72"E)

Das hier vorliegende Gestein ist ein verarmter, Harzburgit Mantel. Er entsteht an ozeanischen Riftsystemen mit der Entstehung von Basalt. Bei der partiellen Aufschmelzung des Mantels und des Aufstiegs der Schmelze kommt es zu einer Anreicherung von Plagioklas und Klinopyroxenen in der Schmelze, die dem Mantel inkompatible Elemente entziehen und somit den verarmten Harzburgit zurücklassen. Pegmatite, die als leuchtende Flächen deutlich zu erkennen sind (Abbildung 3a), deuten auf Spuren von Wasser und einer Entmischung von Orthopyroxen und Klinopyroxen hin.

Neben dem Harzburgit ist hier noch ein Gabbro anzutreffen. Dieser besitzt, anders als am Aufschluss 7.1, ein Fließgefüge (Abbildung 3b). Es handelt sich somit um einen layered Gabbro, der sich im liegenden von den isotropen Gabbros befindet.

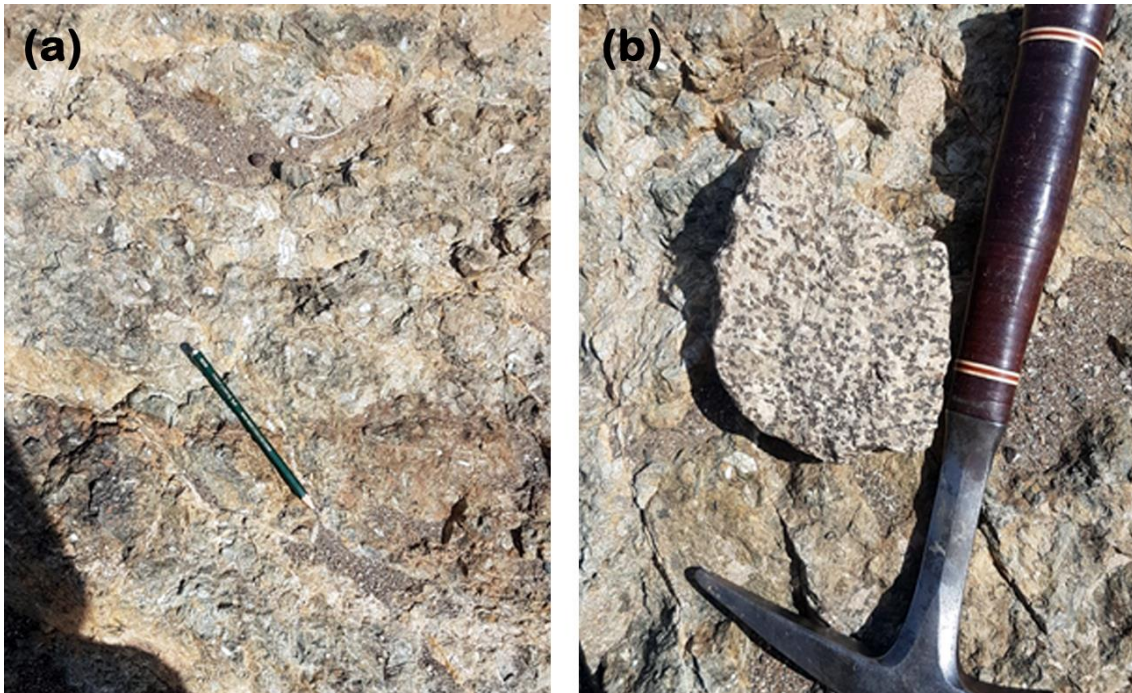


Abbildung 3: *a) Harzburgit mit den Mischflächen, b) layered Gabbro mit Fließgefüge*

Haltepunkt 7.3: Fahrt durch den Erdmantel

„Adventure Tour“ durch den Semail Ophiolith mit dem Geländewagen.

Haltepunkt 7.4: Mylonit

Koordinaten: (23°3'30,78"N; 58°35'35,99"E)

Die Gesteine, die in der Nähe des Berges liegen, besitzen eine grüne bis graue Farbe, sind foliiert und sehr feinkörnig. Das Gestein besteht aus Amphibol und Quarz und scheint aufgrund der sehr feinen Körnung metamorph überprägt zu sein. Ungefähr 100m weiter und 10m höher am Fuße des Berges besitzt das Gestein eine grünlichere Farbe und besitzt keine Foliation. Einige Meter weiter oben kommen wieder foliierte Gesteine. Bei den foliierten Gesteinen handelt es sich um Amphibolite und bei den unfoliierten Gesteinen um Serpentine.

An diesen Gesteinen ist eine Rekristallisation der Minerale zu erkennen, die in Folge der Mylonitisierung entstand. Genauer gesagt handelt es sich bei diesem Amphibolit um einen Ultramylonit, der von Peridotit (Harzburgit) überlagert und von Serpentin unterlagert wird. Es handelt sich hier somit um eine Deckenüberschiebung. Die Bedingungen zur Bildung eines Ultramylonits liegen bei ungefähr 1000°C, die in diesem Milieu unter Normalbedingungen nicht erreicht werden können, da der

normale geothermische Gradient bei 10km tiefe nur 300°C ergeben würde. Da die Überschiebung hier kurz nach der Bildung des MOR stattfand, kann es aufgrund der initial Wärme des überschobenen Mantelgesteins und der Deformationshitze zu Temperaturen von 1000°C kommen, die ausreichen um einen Amphibolit-Ultramyloniten zu bilden. Da diese Temperaturen für den Peridotit relativ kalt sind, blieb dieser unverändert.

Haltepunkt 7.5: 5 o'clock Moho"

Koordinaten: (22°56'5,78"N: 58°15'47,74"E)

Der letzte Haltepunkt des siebten Tages ist ein Blick auf die 5 o'clock Moho um 17:00 Uhr wenn die Sonne untergeht, denn dann erhält man den besten Blick auf die Grenze zwischen dem lithosphärischen Mantel und der ozeanischen Kruste des Somail Ophiolith (Abbildung 4). Der untere, hellere Teil des etwa 400m hohen Berges besteht aus Harzburgit (lithosphärischer Mantel) und der darüber liegende, dunklere Teil aus Gabbro der den untersten Teil der ozeanischen Kruste repräsentiert. Es handelt sich um die petrologische Moho.



Abbildung 4: Blick auf die 5 o'clock Moho bei Sonnenuntergang.

8. Exkursionstag:

(19.02.2020) von Daniel Lahmann

Haltepunkt 8.1: Kalksteinbruch

Koordinaten: (22°56'25,01"N; 58°15'57,92"E)

Dieser Haltepunkt befindet sich in 5-minütiger Laufdistanz zum Übernachtungslager an der „5 o'clock Moho“ (siehe Vortag). Los ging es um 8:15 Uhr Richtung Abraumhalde des Kalksteinbruchs.

An Blöcken, von bis zu ca. 16m³ (40t Gewicht bei einer Dichte von 2,5 g/cm³), konnte das Gestein genauer studiert werden. Dabei handelt es sich um einen beigen, mikritischen Kalkstein, der teilweise rötliche Einschlüsse und Färbungen aufweist, die vermutlich auf Fe-reiche Verunreinigungen zurückzuführen sind. Auffällig sind auch bis zu 1 cm große Kalzitadern, die das Gestein durchschneiden. Außerdem sind verschiedene Bivalven als Fossilien enthalten.

Aufgrund der nicht zu beobachtenden Rekristallisation von Kalzit, sowie dem enthaltenen Fossilbestand, kann eine metamorphe Überprägung des Kalks ausgeschlossen werden und somit ist auch die Bezeichnung als Marmor falsch. Die Rekristallisationstemperatur von ca. 250 C° für Kalzit wurde nicht erreicht. Kalksteine sind in dieser Region ungewöhnlich, insbesondere wenn man die Umgebung genauer betrachtet und hauptsächlich Harzburgite und Gabbros vorfindet. Diese Kalksteine sind mit der Hawasina-Decke als Plattformkarbonate (evtl. auf Seamounts abgelagert) auf den arabischen Kontinentalhang obduziert worden. Die 5 „o'clock Moho“ sowie Gabbros und Harzburgite sind Teil des Sumail Ophioliten.

Das hier abgebaute Gestein wird vermutlich als Baustein für Bodenplatten verwendet. Die Blöcke im Abraum lassen noch Schnittspuren der wassergekühlten Diamantsäge erkennen, die typischerweise zum Abbau verwendet wird. Sprengen von Gesteinsblöcken ist für die Bausteinindustrie nicht geeignet, da sich so Mikrorisse im Gefüge ausbreiten und die Festigkeit des Gesteins reduzieren.

Haltepunkt 8.2: Layered Gabbro

Koordinaten: (23°5'30,41"N; 58°6'19,48"E)

Dieser Haltepunkt befindet sich eine ca. 20-minütige Autofahrt entfernt nahe der Ortschaft Samra.

Der Aufschluss ist ca. 100 m breit und ca. 10 m hoch und markiert den Rand des Wadi Rad. Bei dem Gestein handelt es sich um einen Plutonit, der aus den Mineralen Plagioklas, Pyroxen, Amphibol sowie Olivin und vereinzelt Quarz aufgebaut ist. Aus

einiger Entfernung lässt sich auch eine magmatische Foliation aus helleren und schwarzen Bereichen beobachten, die sich als mafische, OPX-reiche Bänder und felsische, Ca-reiche Plagioklas enthaltende, Bänder horizontal durch das Gestein ziehen.

Hierbei handelt es sich um einen Layered Gabbro Komplex, der typischerweise oberhalb der Moho anzutreffen ist und von flaser Gabbro, isotropen Gabbro, sheeted Dykes und Pillowlaven überlagert wird. Zu der Entstehung gibt es verschiedene Modelle, die auf S.126-128 im Exkursionsführer diskutiert werden und unter anderem plastisches Fließen des Gabbros (Gabbro Glacier) und laterale Ausschmelzung (Multiple Sills) als Möglichkeiten behandeln. Der genaue Mechanismus bleibt aber nicht abschließend geklärt.

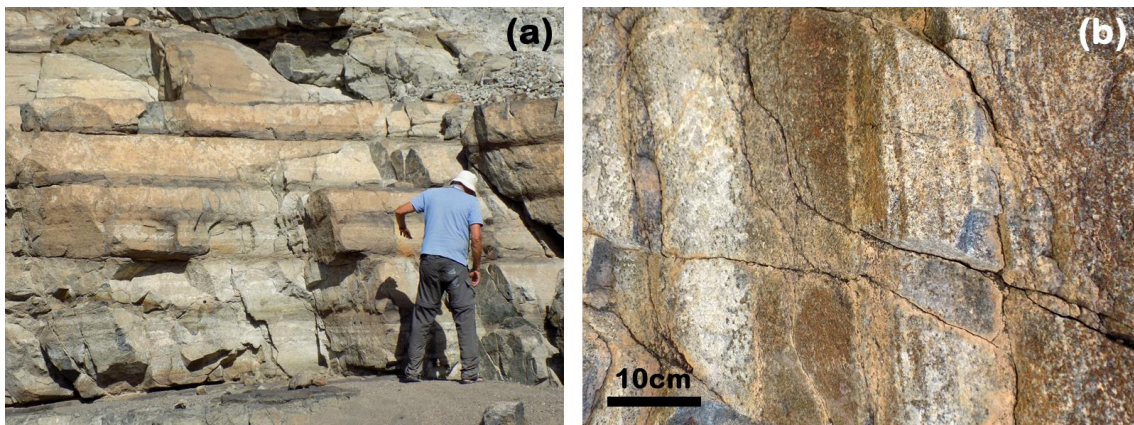


Abbildung 1: a) Layered Gabbro Aufschluss; b) Aufschlussdetail

Haltepunkt 8.3: Tonalit bzw. Plagiogranit

Koordinaten: (23°4'53,69"N; 58°7'54,44"E)

Dieser Haltepunkt befindet sich eine ca. 5-minütige Autofahrt vom letzten Aufschluss an einer Straße gelegen.

Bei dem Gestein handelt es sich um einen beigen, hauptsächlich Plagioklas führenden, Plutonit. Daneben sind hauptsächlich Quarz und vereinzelt Magnetit und Pyroxen enthalten. Nach der Streckeisenklassifikation handelt es sich dabei um einen Tonalit, der durch Ausschmelzen aus einem Gabbro, in Anwesenheit von genügend Wasser oder durch fraktionierte Kristallisation entstanden sein kann. Das vermutete Alter beträgt ca. 93 bis 95 Ma.

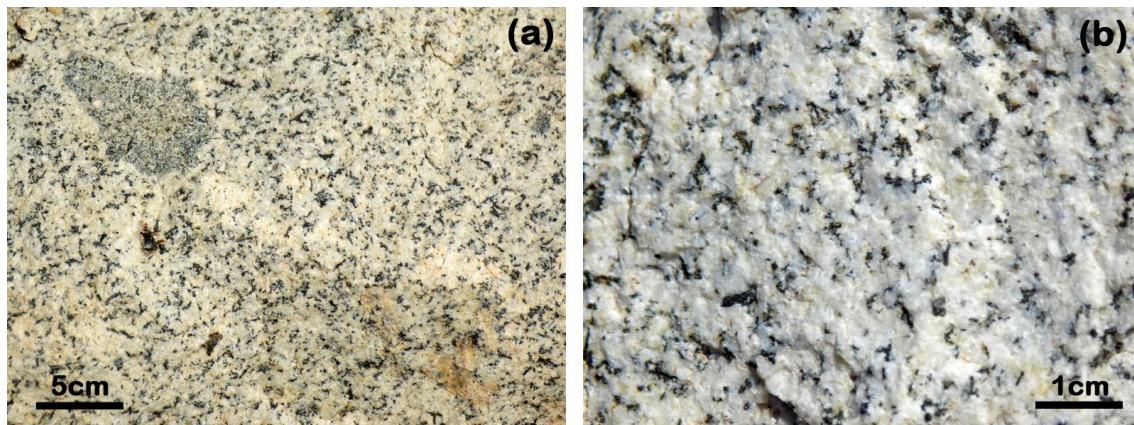


Abbildung 2: Plagiogranite; **a)** Textur und kleine xenolit; **b)** Tuxtur

Haltepunkt 8.4: Turbidite

Koordinaten: (22°51'44,82"N; 58°0'8,28"E)

Dieser Haltepunkt befindet sich nahe der Ortschaft Masaliyah im Wadi Andam.

Der Aufschluss ist ca. 100 m breit und 20 m hoch und lässt um 45° nach NW einfallende Schichten erkennen (1.(292/45), 2.(298/45), 3.(314/45)). Die Schichtmächtigkeit variiert dabei von bis zu 60 cm dicken Bankungen zu feiner Lamination. Wobei die typische Bankdicke 1-2 dm ausmacht. Bei dem Gestein selber handelt es sich um siliziklastische Sedimente, die von pelitischem Material bis hin zu Grobsand variieren. Außerdem weist das pelitische Material eine grün-graue und die gröberen Bereiche eine beige bis rote Farbe auf. Zudem werden die Laminationen von Pelit dominiert.

Des weiteren konnten verschiedene Sedimentstrukturen beobachtet werden. Dazu zählen Belastungsmarken, sowie verschiedene Strömungsmarken, Strömungsrippeln und Stoßmarken. Innerhalb der Bänke kann auch convolute bedding beobachtet werden, die durch ausgepresstes Wasser bei der Kompaktion entstanden. Auch fining upwards Gradierungen konnten in den basalen sandigen Horizonten beobachtet werden.

Insbesondere die letzten Punkte sprechen für ein Turbidit-Schichtpaket, wobei der geringe Toneintrag und die groben Sande auf einen proximalen Ablagerungsraum hindeuten.

Weiter wurden die Strömungsmarken ausgemessen und mit Hilfe des Schmidtschen Netzes die Strömungsrichtung rekonstruiert (Abb. X). Die Strömung ging mit 008° nach Norden.

Nachdem die letzten Fragen über die Turbiditsequenz abgehandelt wurden hat ein Wasserloch am Rande des Aufschlusses für Abkühlung gesorgt. Die Temperaturen

haben in der Mittagshitze bereits 40 C° erreicht. Erfrischt haben wir uns schließlich auf den Weg zur Chrommine Nikola gemacht, um dort unser Nachtlager aufzuschlagen.



Abbildung 3: Turbidite Aufschluss

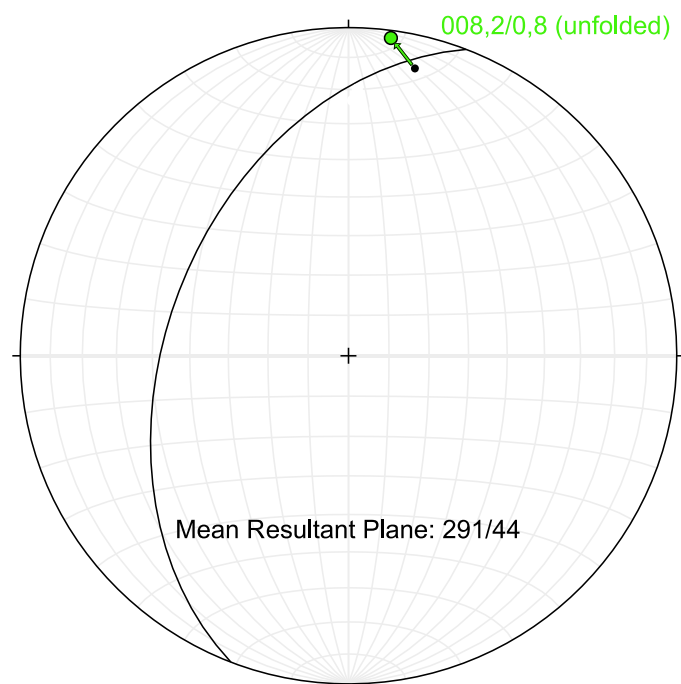


Abbildung 4: Schmidtsche Netz Rekonstruktion

9. Exkursionstag:

(20.02.2020) von Franz Kerschhofer

Haltepunkt 9.1: Chromit-Mine

Koordinaten: (23°6'45,94"N; 57°55'59,02"E)

Die Chromit-Lagerstätte ist von Dunit umgeben. Das aufgeschlossene Gestein ist nicht Teil der Abfolge der ozeanischen Lithosphäre sondern gehört zu dem unterliegenden peridotitischen Mantel unterhalb der *Mohorovičić-Transition-Zone*. Die Chromit-Mine ist seit wenigen Jahren nicht mehr aktiv, da der Abbau zum gegenwärtigen Zeitpunkt an dieser Lokation nicht wirtschaftlich ist. Aus dem Chromit (Chromspinell) wird Chrom und Eisen gewonnen. Das Chrom hat vielseitige Verwendungszwecke in der Wirtschaft: Bei der Produktion von rostfreien oder besonders zähen Stählen, wobei ein Cr-Anteil von bis zu 23 % vorhanden sein kann. Generell hat die chemische Industrie einen Grundbedarf an Cr. Ebenfalls findet Cr Verwendung in Gerbereisalzen, bei der Pigmentherstellung und in Gießsanden (Cr sorgt hier für die Erhöhung des Schmelzpunktes). Außerdem ist Cr ein wichtiges Spurenelement für den Menschen. Chromit wird aus dem Massiverz Chromitit abgebaut, welches einen Anteil von mindestens 25 % Chromit beinhaltet. Die notwendige Anreicherung von Chrom im Gestein zur Bildung von Chromit kann nur innerhalb von Mantelschmelzen erfolgen. Chrom ist ein siderophiles Element und damit natürlicherweise in Richtung des Erdkerns in höheren Konzentrationen auffindbar. Mittels einer Mantelschmelze und fraktionierter Kristallisation in der Magmenkammer wird der Chromgehalt auf das nötige Niveau erhöht. Außerdem ist Cr in Fluiden (Ausnahme: Cr⁶⁺) schlecht löslich. Daher sind keine hydrothermalen Ausfällungen von Chromhaltigen Mineralen zu erwarten. Der Anteil an Chrom in Chromit beträgt zwischen 28-68 %. In Ophiolithen ist ein hohes Cr-Fe-Verhältnis zu beobachten, da dieser aus dem primitiven Mantel stammt. Das Chromit liegt selten massiv vor. In Abhängigkeit von verschiedenen Modal-Verhältnissen bündelt sich Chromit in Lagen, Knollen (Nodular) oder als Matrix (Antinodular). Anhand des Vorkommens bzw. der Bildungsgeschichte der Lagerstätte werden verschiedene Typen unterschieden. In diesem Aufschluss tritt das Chromit vor allem in antinodularer Form auf (Abb. 1). Dabei handelt es sich um eine Lagerstätte des Typs *Layered Intrusion*. Die Chromitflöze sind dabei besonderes in den unteren Lagen reich an Chrom. Dies beweist magmatische Segregation. Das Chromit kristallisiert in einem dynamischen Magmensystem und seigert durch die höhere Dichte im Vergleich zur Schmelze ab oder wird in Depressionen aufgefangen. Neben den antinodularen Vorkommen sind auch einzelne Venen von reinem Chromit zu beobachten. Diese Venen sind sehr dünn (1 mm bis 1 cm).



Abbildung 1: Antinodulares Chromit (schwarz) in einem Handstück.

Haltepunkt 9.2: Straßenaufschluss Mahman

Koordinaten: (23°1'31,51"N; 57°59'48,80"E)

In diesem Aufschluss ist der Entstehungsprozess von *layered Gabbros* erhalten. Das Gestein führt Magnetit, Feldspat, Pyroxen, Spinell und Olivin. Aus der Fe-Phase der Magmen (z.B. Olivin) wird Magnetit ausgeschieden. Der Feldspat diffundiert entlang von Korngrenzen heraus. Dabei wird die Schmelze an Korngrenzen von drei unterschiedlichen Mineralen (Olivin, Klinopyroxen, Spinell) ausgeschieden, da hier der Solidus im Tripel-Punkt auf das Minimum herabgesetzt ist. In Teilen war Pyroxen als Einschluss im Feldspat vorhanden. Diese Schmelze kann keinen tiefen Ursprung haben, da Feldspat unterhalb von 30 km nicht stabil ist. Die Schmelze migriert bei diesem Ausscheidungsprozess (*Porous Flow/ Filter Pressing*) nach oben. An einigen Stellen wird jedoch die Schmelze gestoppt und verbleibt im Residualgestein, dem Harzburgit. Im Aufschluss ist diese beginnende Entmischung an weißen Schlieren zu erkennen. Der Prozess ist hier in verschiedenen Phasen zu beobachten. So gibt es Bereiche, in denen der Feldspat noch in relativ kleinen Mengen fein verteilt über das Gestein zu sehen ist. Andere Bereiche zeigen bereits eine Ansammlung in dünne Bänder bis hin zu dm-dicke Gänge (Abb.2). Grundlage für die Entstehung des Gabbros ist die Druckentlastung. Das Gestein befand sich zum Zeitpunkt seiner Genese in der Manteltransitionzone unterhalb der *layered Gabbros* und oberhalb von Peridotit. In dieser Zone entstand genug Schmelze für 8 km ozeanische Kruste bei schnellem Rifting.

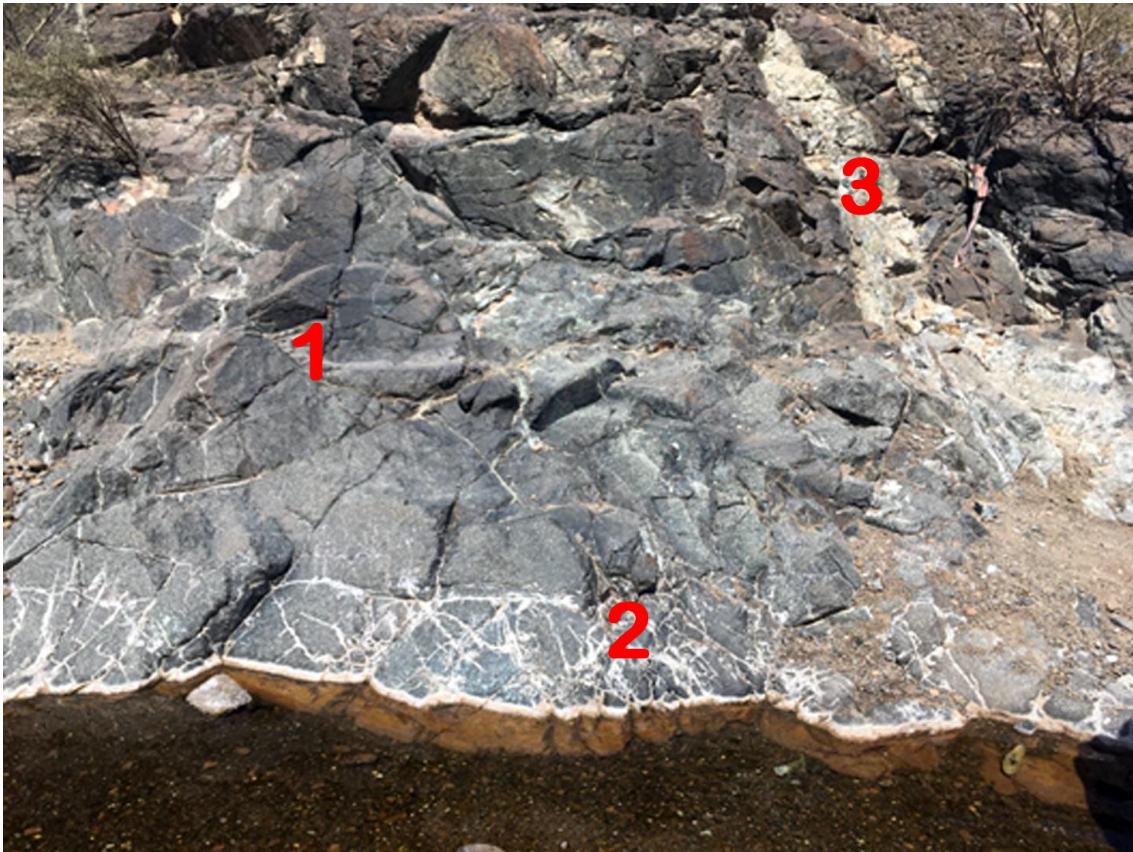


Abbildung 2: *Verschiedene Phasen der Feldspatschmelze. 1. Fein verteilter Feldspat zwischen den Korngrenzen. 2. Ansammlung von Feldspatschmelze in kleine Gänge. 3. Vereinigung des Feldspats in einen großen Gang.*

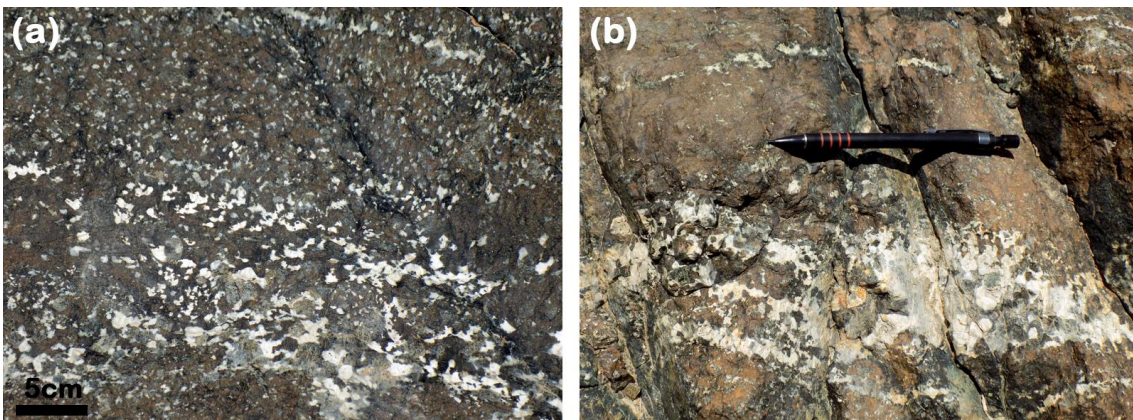


Abbildung 3: *a) Detail von Fein verteilter Feldspat zwischen den Korngrenzen; b) Detail von Ansammlung von Feldspatschmelze in kleine Gänge*

Haltepunkt 9.3: Salzdom Quarat Kibrit

Koordinaten: (21°30'36,29"N; 57°8'57,59"E)

Der Salzdom von Quarat Kibrit ist ein aktiver Diapir. Die Salze sind kambrischen bis präkambrischen Alters. Ein Abbau des Salzes ist hier aus verschiedenen Gründen nicht wirtschaftlich (Fehlende Anbindung an Infrastruktur, Salz steht aus den

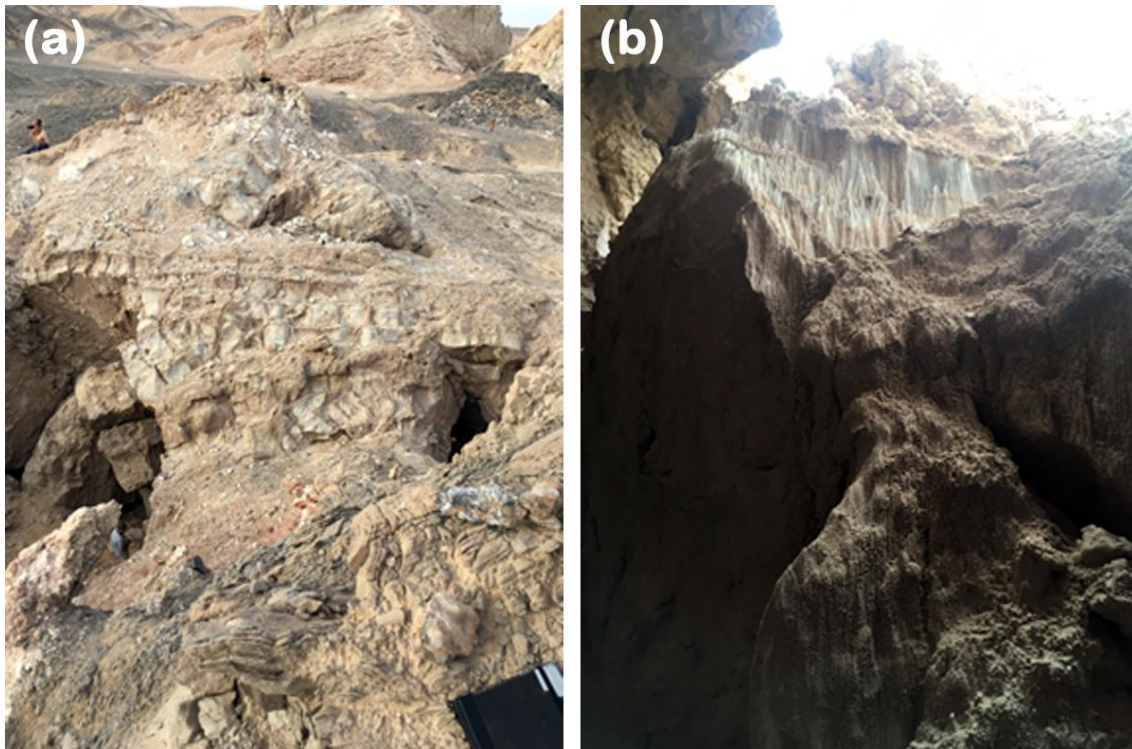


Abbildung 4: a) Sicht auf Einbrüche in eine Höhle. In der Mitte des Bildes sowie neben dem Feldbuch unten rechts sind verschiedene sedimentäre Strukturen zu sehen, welche im Salz zwischengelagert sind oder durch den Diapir-Aufstieg gestört wurden. b) Salz, welches in der Höhle an der Wand ausgeschieden wurde.

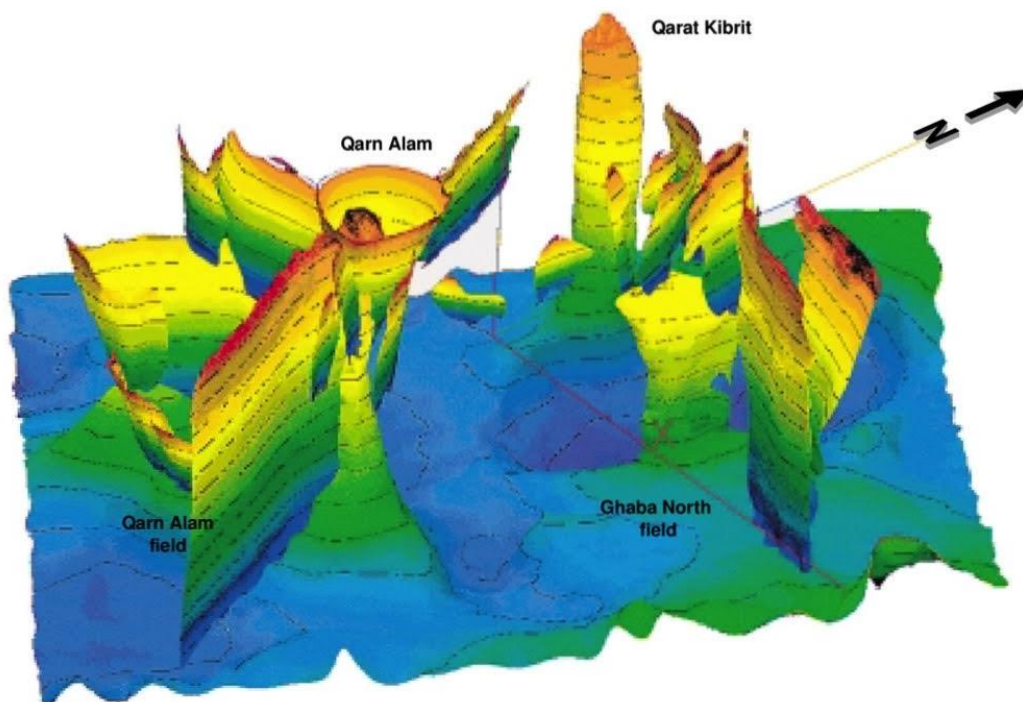


Abbildung 5: 3-D Tiefen-Diagramm des Central Ghaba Salt Basins. Im NW des Beckens erhebt sich der Qarat Kibrit Salzdom, dessen Ausbiss (HP9.3) wir an Tag 9 besucht haben. Das Block Diagramm misst ca. 30 km x 18 km. Verändert nach Peters et al. 2003.

Entsalzungsanlagen bei der Trinkwassergewinnung zu Verfügung). Auf dem Salzdom ist ein Gipshut aufgesetzt. In den Salzkristallen sind verschiedene andere Gemengteile zu finden. Gediegener Schwefel ist in bis zu 1 cm großen Kristallen vorhanden. Auch dünne Sedimentabfolgen (marine Tone) sind in dem Salz zwischengelagert oder als Brocken aus dem jüngeren Gestein mitgerissen (Abb.4 A). Der Salzdiapir bildet ein kleines Höhlennetz aus. An den Eingängen dieser Höhlen konnte eine sinterartige Ausfällung von Salz beobachtet werden, welche aus höher liegenden Lagen gelöst wurde (Abb.4 B).

10. Exkursionstag: Djebel Akhdar

(21.02.2020) von Johanna Herbst

Haltepunkt 10.1 – Übersicht Djebel Akhdar

Koordinaten: (23° 0'16.42"; 57°32'0.49"E)

Der Djebel Akhdar (deutsch: "grüner Berg") ist Teil des Al Hajar Gebirges im Oman. Er besteht aus dem Parautochthon des arabischen Kontinentalrandes und bildet eine Antiklinale in einem tektonischen Fenster. Ein tektonisches Fenster ist der Bereich innerhalb einer Decke, der so tief erodiert ist, dass die Gesteine im Liegenden der Decke sichtbar werden. Der Djebel Akhdar durchbricht die Hawasina Decke und den Oman Ophiolith, darunter sind die Karbonate von Perm bis Kreide aufgeschlossen. Die permo-kretazischen Karbonate lagern diskordant auf dem Präkambrium, welches ebenfalls am Djebel Akhdar aufgeschlossen ist. An dieser Stelle befand sich einst der Peridotit, der aber erodiert wurde. Richtung NE kann man ein Stück der Hawasina Decke sehen.

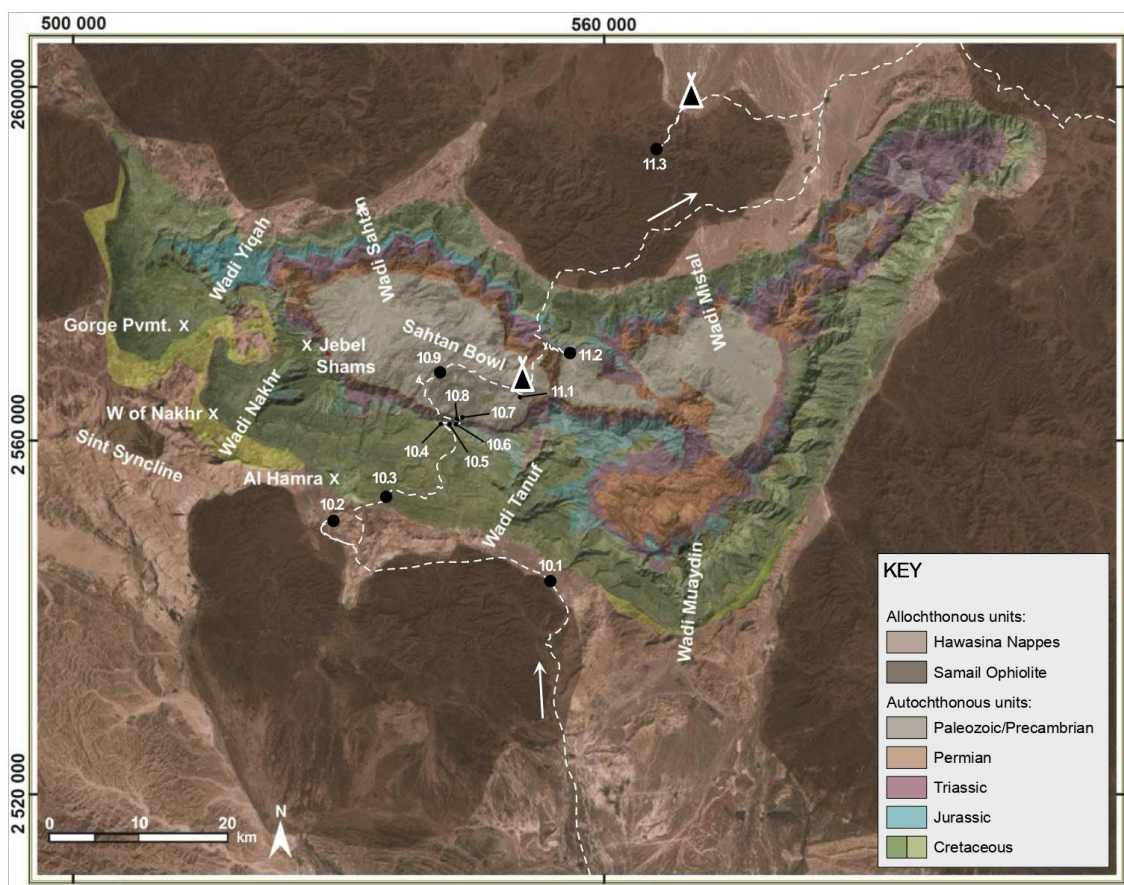


Abbildung 1: Geologische Detailkarte des tektonischen Doppelfensters "Jebel Akhdar". Die Exkursionsroute (gestrichelt), Übernachtungspunkte und Haltepunkte von Tag 10, 11 und 12 sind eingezeichnet. Abb. verändert nach Grobe et al. 2016.

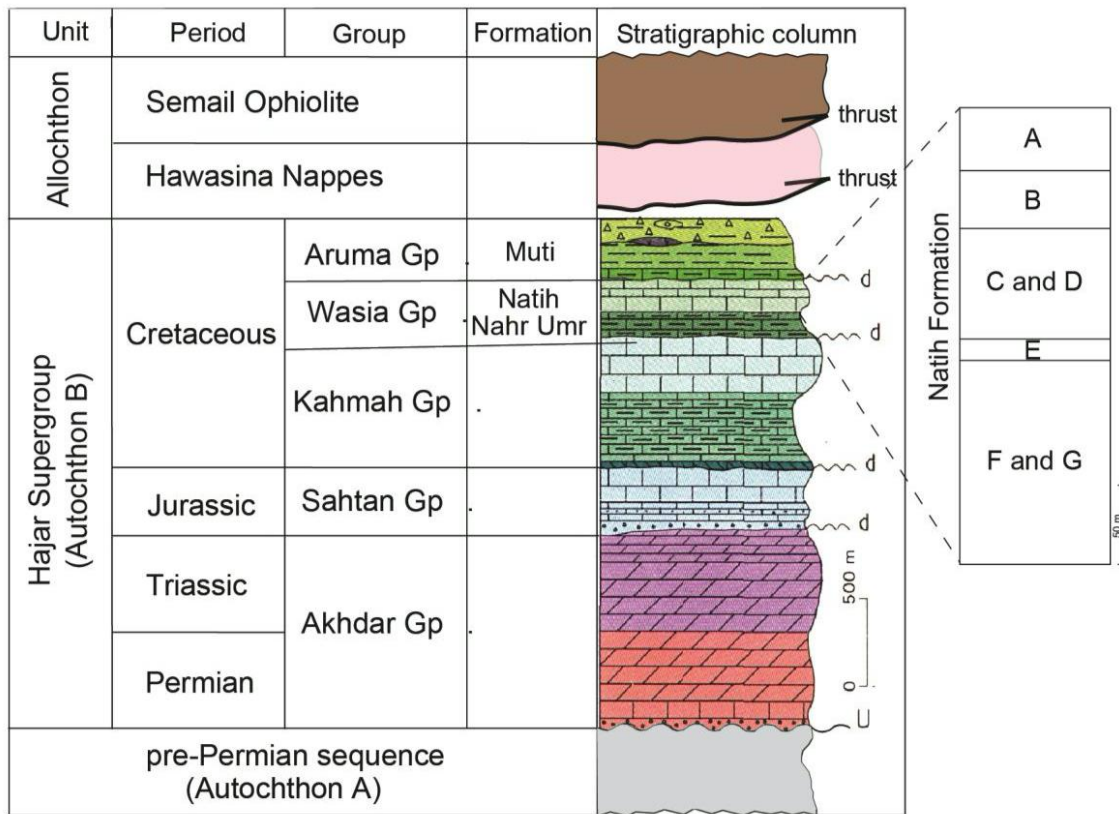


Abbildung 2: Stratigraphische Säule nach Grobe et al. 2016

Haltepunkt 10.2: Coleman's rock Monument

Koordinaten: (23° 4'26.72"N; 57°16'56.78"E)



Abbildung 3: Coleman's rock Monument

Einen Einblick in die vorislamische Kultur der Arabischen Halbinsel, lässt dieses Monument zu. Es soll das älteste der Arabischen Halbinsel sein. Je nach Sonnenstand können unterschiedliche in das Gestein gemeißelte Bilder von nicht bedeckten Frauen, Kindern und Männern betrachtet werden.

Haltepunkt 10.3: Stinkkalk

Koordinaten: (23° 6'0.43"N; 57°20'58.78"E)

Die anstehenden Stinkkalke sind kretazische Beckensedimente, die bei warmen Klima und in anoxischen Bereichen im Ozeanwasser abgelagert werden. Diese Bedingungen werden bei geringer Tiefenwasserzirkulation erreicht. Es entstehen dunkel-graue mikritische Kalksteine mit hohem Anteil an Organik. Im Gestein lassen sich Spuren von Bioturbation finden. Außerdem sind Foraminiferen in großer Anzahl zu finden. Foraminiferen und der hohe organische Anteil sind Zeichen dafür, dass das Gestein im Tiefenwasser abgelagert wurde. Der Geruch von Stinkkalk ist faulig-modrig, ähnlich wie der einer schlecht kompostierten Erde.



Abbildung 4: Fossilien in Kalkstein

Haltepunkt 10.4: Aussicht auf Djebel Shams und Jurassische Plattenkalke

Koordinaten: (23°10'1.67"N; 23°10'1.67"N)

Der Djebel Shams ist mit etwa 3000m der höchste Berg des Oman Gebirges. Von der Aussichtsplattform lässt sich erkennen was im weiteren Tagesablauf bevorsteht.

An der gegenüberliegenden Straßenseite der Aussichtsplattform steht ein mikritischer Kalkstein an. Die äußere Erscheinung ähnelt dem Stinkkalk ist aber

deutlich feinkörniger und ohne Geruch. Die Schichtmächtigkeit ist gering, überwiegend Lamination. Außerdem sind Saccocomen zu finden. Saccocomen sind frei schwimmende Seelilien. Diese Fossilien zeigen, dass das Gestein in einer sehr großen Tiefe abgelagert wurde. Da es sich aber dennoch um einen Kalkstein handelt, muss die Ablagerung noch über der Carbonat-Kompensationstiefe (CCD) stattgefunden haben. Es handelt sich um Plattenkalke aus dem oberen Jura.



Abbildung 5: *Aussicht von Aussichtsplattform*

Haltepunkt 10.5 und 10.6: Jura-Trias Grenze

Koordinaten HP5: (23° 9'57.53"N; 57°25'15.49"E)

Koordinaten HP 6: (23°10'0.01"N; 57°25'26.44"E)

Die Haltepunkte 5 und 6 liegen räumlich ca. 300m voneinander entfernt an der Straße. Die räumliche und inhaltliche Nähe, bietet an die Haltepunkte zusammen zu fassen.

Das aufgeschlossene Gestein an HP 5 enthält Calcit. Die Schichtmächtigkeit variiert stark zwischen Lamination und Bankung. Durch verschiedene Schichtflächen verlaufen Quarz und Calcit Bänder. Im engen Abstand sind verschiedene Abschiebungen zu erkennen. Im Gestein tritt Schieferung auf. Das Gestein ist stark gefaltet. Die Schieferung fällt steiler ein als die Schichtung, was darauf hinweist, dass dies der aufrechte Schenkel einer Falte ist. Fossilien konnten keine gefunden werden.

Eine Bestimmung des Gesteins war vor Ort nicht möglich. Auch die Ursache der Abschiebungen blieb ungeklärt. An Haltepunkt 6 stehen triassische Kalksteine an. An Mächtigkeit überwiegt Bankung. Teilweise liegt auch Lamination vor. Die laminierten Schichten enthalten im Gegensatz zu den gebankten keinen Calcit. Es ist anzunehmen, dass dies ein Phänomen von Verwitterung ist. Im Gesamteindruck ist das Gestein graurötlich. Das Gestein enthält sandige und siltige Quarzkörner in einer roten Matrix. Diese Kombination lässt darauf schließen, dass es sich nicht nur um triassische Kalksteine sondern auch um Gesteine der Jura-Trias Grenze handelt.



Abbildung 6: *Unterschiedliche Mächtigkeiten und starke Verfaltung der Kreide-Trias Übergangsgesteine*

Haltepunkt 10.7: Dolomitierter Kalkstein der unteren Trias

Koordinaten: (23°10'23.92"N; 57°25'47.14"E)

An diesem Haltepunkt steht dolomitisierter Kalkstein der unteren Trias an. Das Gestein weist die üblichen unverwechselbaren Erscheinungen des dolomitierten Kalkstein auf. Die Oberfläche ist splittrig, die Bruchflächen sind rau. Das Gestein wirkt härter als reiner Kalkstein und ist im Gesamteindruck Grau mit hellen Stellen. Ob es sich sogar um Dolomit (min. 80% Dolomit) hält lässt sich nur im Labor prüfen.

Auf der Oberfläche ist eine auffällige Struktur zu sehen. Es handelt sich um die sogenannte Elefantenhautverwitterung.

Haltepunkt 8: Perm-Trias Grenze und rezente Trockenrisse

Koordinaten: Breite: 23°10'23.30"N Länge: 57°25'43.21"E

Das Gestein in der Übergangszone zwischen Perm und Trias ist feinsandig bis tonig. Es enthält keinen Calcit. An wenigen Stellen sind rote und grüne Verfärbungen zu sehen, die das Ergebnis von Oxidation (rot) und Reduktion (grün) sind. Am Boden vor dem Aufschluss kann die Bildung von Trockenrissen beobachtet werden. Die Größe dieser Risse ist an diesem Standort sehr eindrucksvoll.



Abbildung 7: Trockenrisse

Haltepunkt 10.9 – Ordovizische Schiefer

Koordinaten: (23°13'3.18"N; 57°24'19.84"E)

Ordovizische Schiefer sind im Gesamteindruck dunkelgrau. Teilweise kann noch Silt zu sehen sein, es handelt sich aber um einen Tonstein. Das Gestein ist schwach metamorph überprägt und kann in die Srünschiefer Fazies eingeordnet werden.

In diesem Aufschluss verläuft die Schieferung parallel zur Achsenfläche was auf eine Muldenstruktur schließen lässt.

Quellen

Abbildung 1

Grobe, A., Urai, J. L., Littke, R., & Lünsdorf, N. K. (2016). Hydrocarbon generation and migration under a large overthrust: The carbonate platform under the Semail Ophiolite, Jebel Akhdar, Oman. *International Journal of Coal Geology*, 168, 3-19.

11. Exkursionstag:

(22.02.2020) von Temke Hector

Haltepunkt 11.1: Snowball-Earth Aufschluss

Koordinaten: (23°11'52"N; 57°29'40"E)

Der Aufschluss befindet sich oberhalb des Campingplatzes und erfordert einen etwa 10-minütigen Aufstieg. Vor Beginn der Arbeit im Aufschluss wurde die Thematik „Snowball-Earth“ von Herrn Fehnker einleitend vorgestellt und die klimatischen Prozesse und ihre Rekonstruktionsmöglichkeiten der Gruppe diskutiert. Da die Theorie einer vollständig mit Eis bedeckten Erde nicht vorbehaltlos akzeptiert ist, herrscht ebenfalls Unschlüssigkeit über die Mechanismen, die eine solche Eiszeit herbeigeführt haben könnten (s. Exkursionsführer S. 119 f.).

Im Aufschluss selbst sind zwei Gesteine voneinander zu unterscheiden. Das Liegende bildet ein stark geschieferter Tillit neoproterozoischen Alters. Das graue bis bräunliche Gestein besteht zum überwiegenden Teil aus ursprünglich toniger Matrix, welche größere Komponenten im mm- bis ca. 20 cm Bereich enthält. Die Klaster selbst sind meist kantengerundet bis teilweise plattig und weisen unterschiedliche Zusammensetzungen auf. Im Unterschied zur feinkörnigen Matrix lässt sich bei größeren Geröllen eine granitische Zusammensetzung erkennen. Als Liefergebiet dieser Gesteine wäre das Arabische Basement sehr wahrscheinlich. Auf einigen der Gerölle ist eine Kritzung zumindest andeutungsweise zu erkennen, welche den Schluss nahelegt, dass es sich bei dem Gestein ursprünglich um ein glazial abgelagertes Sediment handelte. Anhand einer statistischen Auswertung der Kritzungsspuren, ließe sich womöglich eine Paläobewegungsrichtung der Gletscher ableiten.

Überlagert wird die ehemalige Grundmoräne von braunen, dolomitischen Kalken, welche Schichten zwischen 2 und 3 cm Mächtigkeit bilden. Im Gegensatz zu den, durch glaziale Prozesse und folglich in einem sehr kalten Klima abgelagerten Gesteinen im Liegenden, wurden dieses Gestein in einem flachmarinen Milieu unter wärmeren Bedingungen abgelagert. Diese Cap-Karbonate treten werden mit großen Vereisungsperioden in der Erdgeschichte in Verbindung gebracht. Dass in den Kalken in Richtung des Hangenden zunehmend wellige Strukturen beobachtet werden, könnte ein Hinweis auf eine beginnende Bioproduktion sein. Über den Trigger für den relativ schnellen Wechsel von einem Eishaus- hin zu einem Treibhausklima herrscht keine Einigkeit. Neben einem, die Eisdicke durchbrechenden, Meteoriteneinschlag wird zum Beispiel auch eine (untermeerische) Vulkanaktivität und eine daraus resultierende Zunahme des Kohlendioxidgehalts in der Atmosphäre diskutiert.



Abbildung 6: Cap-Carbonate über Tillit (rechts), eckiger Block granitischer Zusammensetzung (Mitte), gut gerundete Gerölle in phyllitischer Matrix.

Haltepunkt 11.2: Winkeldiskordanz

Koordinaten: (23°14'18''N; 57°32'42''E)



Abbildung 7: Winkeldiskordanz, vermutlich Perm auf Neoproterozoikum.

Bei der, entlang einer Straße beidseitig sehr gut aufgeschlossenen Winkeldiskordanz, liegen horizontal abgelagerte Schichte permischen Alters auf verkippten Neoproterozoischen Gesteinen (Abbildung 7). In den Gesteinen im

Liegenden der Diskordanz sind Stromatolithe deutlich erkennbar (Abbildung 8). Bei diesen handelt es sich um mikrobiell aufgebaute Matten, auf denen sich, bedingt durch ihre Oberflächenstruktur, klastische Sedimente abgelagert haben. Das Wachstum der im unteren Intertidal entstehenden Stromatolithen ist abhängig von der Hydrodynamik, dem Lichtangebot und der Sedimentationsrate. Durch die Abhängigkeit vom Sonnenlicht lassen sich Meeresspiegelschwankungen anhand der Wachstumshöhe rekonstruieren. Stromatolithen sind vergleichbar mit rezenten Korallen. Einzelne Riffe können zwischen 50 und 60 m hoch und bis zu 200 m breit werden.

Oberhalb der Diskordanz befindet sich ein Transgressionskonglomerat mit roter Matrix, die teilweise Komponenten der unterliegenden Karbonate enthält (Abbildung 8). Dies weist darauf hin, dass die Paläooberfläche durch einen relativ abrupten Meeresspiegelanstieg abgetragen und aufgearbeitet wurde.



Abbildung 8: Neoproterozoische Stromatolithen (links), Transgressionskonglomerat (rechts)

Haltepunkt 11.3: Wadi al Abyad

Koordinaten: (23°26'34''N; 57°39'33''E)

Beim Aufschluss im Wadi al Abyad handelt es sich um einen der besten Aufschlüsse der fossilen Mohorovičić-Diskontinuität weltweit. Nach Vorträgen über die internen Gefügestrukturen von Peridotiten und Gabbros (Herr Kloskowski) sowie über die hydrothermale Alteration von ozeanischer Kruste (Anna Wolff) wurde im Gelände eine Skizze der Wand angefertigt (Abbildung 9). Sehr gut zu erkennen sind die dunklen, ultramafischen Peridotitkörper unterhalb der MOHO, die von helleren Quarzlagen durchzogen und hydrothermal alteriert sind. Oberhalb davon befinden sich ebenfalls ultramafische Kumulate. Die MOHO bildet die Grenze zwischen den ultramafischen Gesteinen des Erdmantels und den layered Gabbros der unteren Kruste.



Abbildung 9: Geländebuchskizze vom Aufschluss im Wadi al Abyad.



Abbildung 10: Peridotit im Wadi al Abyad überlagert von layered Gabbros.

Oman Kultur und Maskat

(23.02.20202 – 24.02-2020) von Jakob Bolz und Daniel Kloskowski

Gastfreundschaft

Der Oman ist vor allem eins — ein Land der Gastfreundschaft. Bereits am ersten Tag, noch etwas müde nach dem Flug am Vortag und ohnehin bereits überwältigt, ob der vielen neuen Eindrücke, wurde uns am zweiten Haltepunkt des Tages eine Kostprobe dieser Gastfreundschaft zuteil. Eben bestaunten wir noch die bizarren Formen der Röhren- und Pillowbasalte aus den V1 Laven des Semail Ophioliths, ein Aufschluss von weltweit unübertroffener Qualität, da wurden wir schon von einer Gruppe Omanis in den Schatten einer nahegelegenen Brücke zum Picknick eingeladen. Wir erfuhren, dass die Gruppe, die ausschließlich aus Männern bestand, allesamt mit der traditionellen Dishdasha bekleidet, ein bodenlanges, meist strahlend weißes Gewand und dazugehörigem, roten Turban, Freunde waren, die sich, nun da sie alle pensioniert waren, einmal im Moment hier trafen um zusammen zu kochen und Karten zu spielen. Da einige aus der Gruppe sehr gut Englisch sprachen, wurden wir neugierig zu unseren Eindrücken vom Land befragt. Dass wir aus Deutschland kamen, wurde mit einiger Begeisterung aufgenommen, wohl ob der Tatsache, dass der im Januar diesen Jahres verstorbene Sultan Qaboos einen Großteil der letzten Jahre vor seinem Tod in Deutschland verbracht hatte, wo er auch medizinisch versorgt wurde. Uns wurden neben den im Oman so beliebten Datteln und Orangen auch Gebäck mit Dattelhonig und eine Reispfanne mit Ziegenfleisch sowie über dem Feuer gegrillter Fisch gereicht. Anschließend wurde noch omanischer Kaffee ausgeschenkt, ein eher milder Kaffee mit starken Aromen und gewürzt mit Kardamom. Wir bedankten uns überschwänglich für die Gastfreundschaft und das uns gebotene Mal und wurden ebenso überschwänglich verabschiedet, jedoch nicht, ohne gleich noch auf eine nahegelegene Kamelfarm eingeladen zu werden. Ein Angebot, welches wir aufgrund unserer eher geologisch orientierten Pläne für den weiteren Tagesverlauf, dankend ablehnten.

Maskat

In Maskat, der Hauptstadt des Omans, leben mit über 1,7 Millionen Einwohner (2017) ein Großteil der Omanis (ca. 4,8 Millionen, 2018). Das Stadtbild erinnert jedoch nicht unbedingt an eine typische Metropole. Die niedrige Bevölkerungsdichte ermöglicht einen stark zersiedelten Aufbau mit überwiegend freistehenden Einzelhäusern, viele davon umgeben von einer Mauer. Parallel zur Küste und mitten durch die Stadt verläuft der Sultan Qaboos Highway, eine kürzlich fertiggestellte, größtenteils sechsspurige Autobahn, an der unter anderem der Sultanspalast, das neue Opernhaus und auch die Hauptmoschee liegt. Die Sultan-Qaboos-Moschee stellt eine der kulturell bedeutendsten Sehenswürdigkeiten in Muskat dar. Sie ist eine der

größten Moscheen weltweit und wurde 2001 fertiggestellt. Die Moschee besteht aus fünf Minaretten, welche die fünf Säulen des Islams symbolisieren, einer Gebetshalle für Frauen und einer für Männer. Letztere enthält einen 4293,5 m² großen, handgeknüpften Gebetsteppich, der für 6.500 Gläubigen Platz bietet. Nichtgläubigen ist das Betreten des Gebetsteppichs verboten, weshalb zu den öffentlichen Besucherzeiten ein blauer Läufer ausgelegt wird. In der Mitte der reich verzierten Gebetshalle hängt der größte Kronleuchter der Welt. Er misst 8 × 14m, trägt 1.122 Lampen und wiegt 8 Tonnen. Die wesentlich kleinere Gebetshalle der Frauen bietet Platz für 750 Gläubige. Auch die Verzierungen an der Decke und an den Wänden fallen etwas bescheidener aus als in der Gebetshalle der Männer.

Mutrah

Den eigentlichen Kern der Stadt bildet das Viertel Mutrah. Durch ein Küstengebirge abgetrennt vom neueren Teil der Stadt, liegt hier der alte Hafen von Maskat. Eine Promenade erstreckt sich hier entlang der Wasserkante. Seewärts liegt der Port Sultan Qaboos, welche bis 2014 als Umschlagplatz der kommerziellen Schifffahrt diente. Seitdem wurde er als Kreuzfahrtterminal umfunktioniert. Auf dem Berg oberhalb des Hafens liegt die Festung Mutrah. Sie wurde im Jahr 1580 von den Portugiesen zu Verteidigungszwecken erbaut. Mittlerweile wurde sie restauriert und ist für Besucher zugänglich. Die Festung besteht aus drei miteinander verbundenen Türmen. Von dort hat man einen guten Ausblick über das Hafenbecken und die anschließende Meeresbucht.

Mutrah Souq

Am Hafen liegt auch der Eingang zum berühmten Basar „Mutrah Souq“. Der überdachte Markt, dessen zentraler Eingang gleich an der Hafepromenade liegt, besteht aus einer großen Zahl von Passagen, welche in zentrale Knotenpunkte münden, von wo aus neue Passagen abzweigen. Auf dem Markt wird alles verkauft, von frischen Lebensmitteln, Kräutern, aber auch Kleidung und Andenken. Das Stadtbild von Maskat Ein traditionelles Dhow Schiff. Der Eingang zum Mutrah Souq. Zentraler Knotenpunkt im Mutrah Souq. Die Promenade am Hafen von Mutrah. Einkauf im Mutrah Souq. Eindrucksvolles Deckenmosaik aus Glas im Mutrah Souq. Die Moschee Sultan Qaboos. Modern vs. alt: Der Hafen von Mutrah. Portugiesische Festung am Hafen von Mutrah. Größter Kronenleuchter der Welt in der Moschee Sultan Qaboos.



Das Stadtbild von Maskat



Ein traditionelles Dhow Schiff



Der Eingang zum Mutrah Souq



Zentraler Knotenpunkt im Mutrah Souq



Die Promenade am Hafen von Mutrah



Einkauf im Mutrah Souq



Eindrucksvolles Deckenmosaik aus Glas im Mutrah Souq



Die Moschee Sultan Qaboos



Modern vs. alt: Der Hafen von Mutrah



Portugiesische Festung am Hafen von Mutrah



Größter Kronenleuchter der Welt in der Moschee Sultan Qaboos

Danksagung und Impressionen

Ein sehr wichtiges Labor für die Studierenden der Fachrichtung Geowissenschaften ist die Erde. Exkursionen sind daher ein wesentlicher und unabdingbarer Bestandteil des Lehrprogramms der Geowissenschaften.

Die Exkursionen erlauben es ein breit gefächertes Geowissen („Vorlesungen im Grünen könnte man dies etwas „salopp“ bezeichnen“) zu vermitteln. Vor allem die zeitliche und räumliche Dimension dieser komplexen gebirgsbildenden Prozesse werden vermittelt. Neben der theoretischen Vertiefung der Teilaspekte stehen im Gelände praktische Tätigkeiten im Vordergrund. Grundlegende Übungen zur Gesteinsansprache, Erkennen von Mineralen, Klassifikation der Gesteine etc., wie auch spezielle Fertigkeiten, Ansprache von Gefügetypen, strukturelle Ansprachen nach Erscheinungsform, Orientierung und Zeitlichkeit, Erkennen von Verschiebungsindikatoren oder die Interpretation von Gesteinsabfolgen werden trainiert.

Die finanzielle Unterstützung durch den Universitätsbund Göttingen und durch die Fakultät für Geowissenschaften der Universität Göttingen wird sehr dankbar von den Studierenden aufgenommen. In einigen Fällen war es uns Studenten auch nur möglich, derartige Exkursionen zu belegen, obwohl die Exkursionsleitung alles versucht, die Kosten sehr klein zu halten.

Wir danken ganz besonders Prof. S. Siegesmund und Prof. B. Lammerer, die in den letzten Jahren viele interessante Exkursionen in Göttingen durchgeführt haben, für die sehr lehrreiche und spannende Exkursion, gespickt mit einer Vielzahl von Weltklasse-Aufschlüssen. Auch war es eine außerordentliche Bereicherung, dass Prof. Wlady Altermann (Pretoria), Dr. Chris Gauert (Halle) und Frau Annett Ritter-Höll (München) als Gäste die Exkursion begleiteten. Chris Gauert hat sehr viele interessante Aspekte zur Lagerstättenkunde im Oman erläutern können. Wlady Altermann belebte die Diskussion immer wieder. Gern teilte er sein breites Wissen zu vielen Exkursionspunkten. Annette Ritter-Höll hat uns viele Aspekte der Angewandten Geologie zur Natursteingewinnung erläutert. Ganz besonderer Dank gilt natürlich auch Prof. Gösta Hoffman von der Uni Bonn, der mit seiner Doktorandin Valeska Decker, die Exkursion mit den aktuellen Forschungsergebnissen seiner Arbeitsgruppe zur Omangeologie außerordentlich belebt hat. Die interessanten Themen zur Umweltgeologie, Sedimentologie und der Hazardforschung waren sehr lehrreich und didaktisch auf höchstem Niveau vorgetragen.

Zum Bedauern vieler Studenten war es die letzte Exkursion von Prof. S.Siegesmund in den Oman.



Prof. Bernd Lammerer beim Großeinkauf für die Studentengruppe



Gastfreundschaft



Prof. Dr. Siegfried Siegesmund und Dr. Chris Grauert



Diskussionsgruppe nach der Gruppenarbeit



Studenten arbeiten im Gelände um die geologischen Strukturen zu entschlüsseln



„Mother of all outcrops“



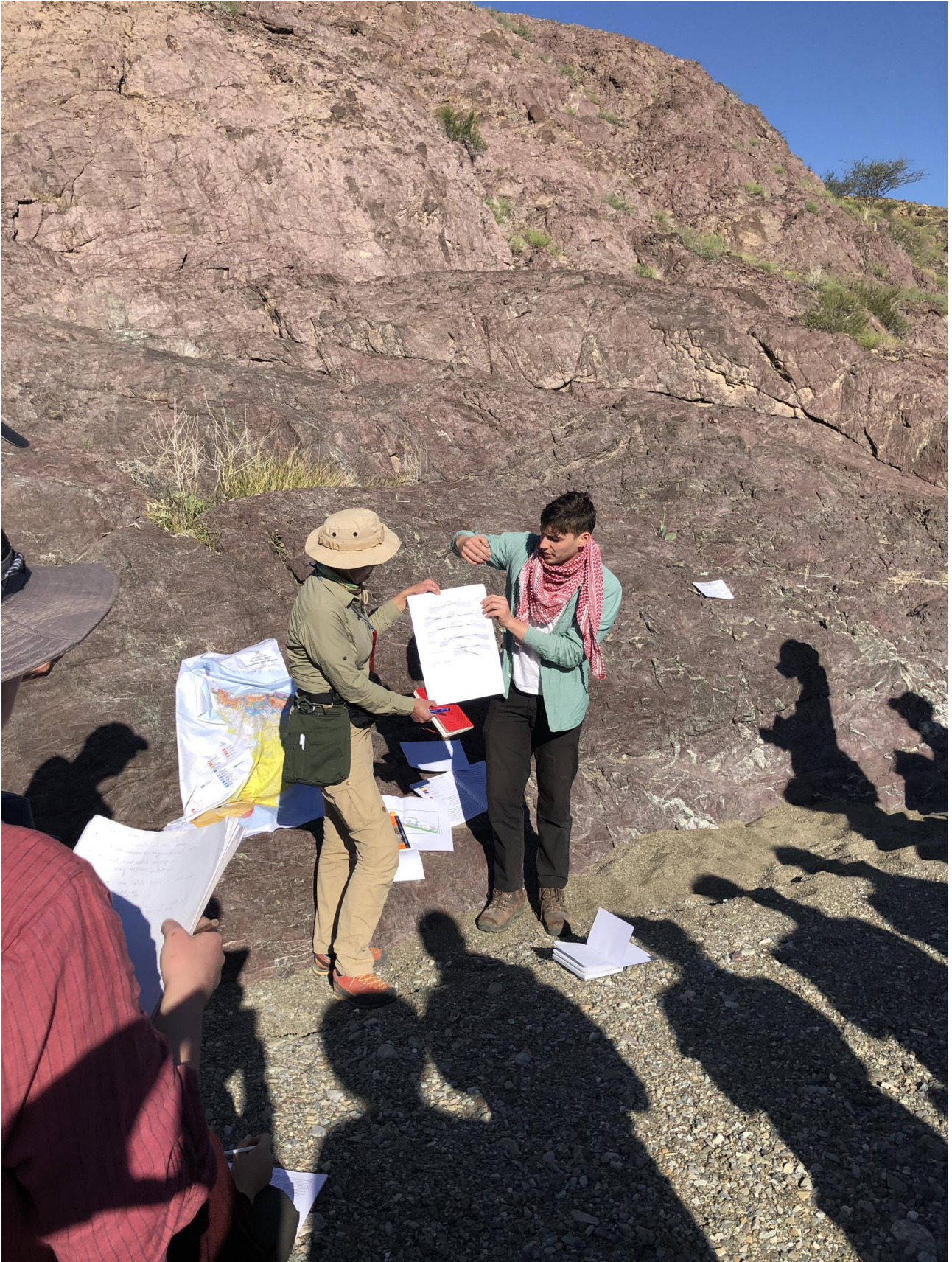
Gösta Hoffmann signiert sein Buch "Geology of the Oman"



Studierende in der Wüste...



Dr. Anette Ritter – Höll (Feldafing)



Kurzreferate von Studenten zu ausgewählten Themen in Schlüsselaufschlüssen



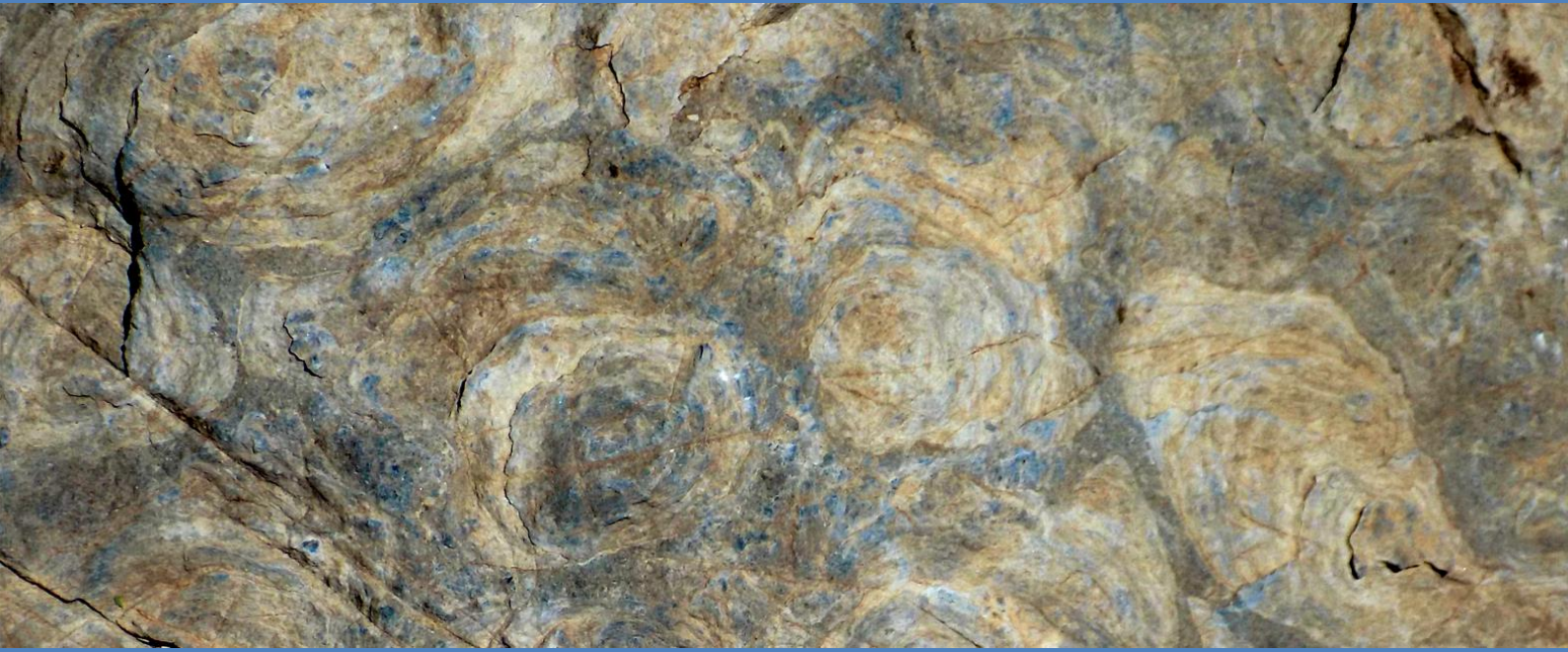
Prof. Dr. Gösta Hoffmann (Uni Bonn); Prof. Dr. Wlady Altermann (Pretoria)



Doktorandin Valeska Decker erläutert umweltgeologische Aspekte anhand von Mangrovenwäldern und Mikrofossilien



Aufstehen und Frühstück - die Exkursion kann beginnen!



Göttingen, 2020