

Lily Huber, Sonja Jia Song

**Magmatische Aktivitäten entlang eines mittelozeanischen
Rückens im längst vergangenen Tethys-Ozean –
Analysen im Tróodos-Gebirge Zyperns**



Probennahme im Tróodos-Gebirge Zyperns

Jugend forscht 2015

Eine Arbeit für den Regionalwettbewerb „Hamburg-Volkspark“

Abgabetermin: 28. Januar 2015

Inhaltsverzeichnis

Seite

	Personendaten und Kurzfassung	3
1.	Einleitung	4
2.	Zielsetzung – Leitfragen	4
3.	Geologische Betrachtungen zum Untersuchungsgebiet	4
3.1	Geologische Gliederung Zyperns	4
3.2	Geologie des Tróodos-Komplexes	4
4.	Methodisches Vorgehen	7
4.1	Geländearbeit	7
4.2	Laborarbeit	8
	• Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)	8
	• Elektronenmikroskopische Analyse und Elementanalyse	8
	• Dünnschliffanalyse	8
5.	Ergebnisdarstellung	8
5.1	Gemeinsamkeiten und Unterschiede des beprobten Gesteins im Überblick	9
5.2	Ergebnisse der Röntgenfluoreszenzanalyse	10
5.3	Ergebnisübersicht ausgewählter Proben für die einzelnen Ophiolith-Sequenzen	11
6.	Interpretation	15
7.	Fazit	15
	Literatur- und Internetquellenverzeichnis	16
	Danksagung	16

Jugend forscht

Geo- und Raumwissenschaften

Betreuungslehrer: Wolfgang Fraedrich, Neli Heidari

Personendaten

Lily

Huber

Wilstedter Weg 36

22417 Hamburg

Telefon: 53160944

Telefon (mobil Lily): 0151-22735991

E-Mail: lilyhhh@live.de

Klasse: 11

Geb.-Datum: 05.02.1999

Sonja Jia

Song

Moorlilientwiete 14a

22417 Hamburg

Telefon: 2193181

Telefon (mobil Sonja): 0151-19636574

E-Mail: sonja.song@live.de

Klasse: 11

Geb.-Datum: 03.10.1997

Kurzfassung

Das bis auf etwa 2000 m aufragende Tróodos-Gebirge auf Zypern ist Teil eines längst inaktiven mittelozeanischen Rückens, einer Spreizungszone im ehemaligen Tethys-Ozean. Es wird als Ophiolith bezeichnet, darunter versteht man basisch bis ultrabasische Magmatite, die als Rest ozeanischer Kruste auf kontinentale Kruste aufgeschoben wurden. Wir haben uns zum Ziel gesetzt, die verschiedenen Gesteinszonen dieses Ophiolith-Komplexes näher zu untersuchen, auch um festzustellen, ob und inwieweit die Magmatite im Lauf der Entwicklung dieses Komplexes chemisch variieren.

1. Einleitung

Da wir schon in den vergangenen Jahren positive Erfahrungen bei der Teilnahme – damals noch in der Alterssparte Schüler experimentieren – gemacht haben, wollten wir in diesem Jahr erneut zu einem neuen Thema forschen. Durch das Hinzufügen von Geologie als Wahlfach wurde unser Interesse für die morphodynamischen Prozesse unserer Erde geweckt. Als wir dazu eingeladen wurden, an einer geologischen Forschungsreise nach Zypern teilzunehmen, die u. a. in das bis auf etwa 2000 m aufragende Tróodos-Gebirge (Teil eines längst inaktiven mittelozeanischen Rückens) führen sollte, sahen wir darin eine gute Möglichkeit, unser Interesse mit einem Projekt zur Teilnahme an Jugend forscht zu verbinden.

2. Zielsetzung – Leitfragen

Unser Ziel ist es, die verschiedenen Gesteinszonen des Tróodos-Komplexes zu untersuchen und festzustellen, inwieweit die Magmatite im Lauf der Entwicklung dieses Gebirges chemisch variieren.

1. Was macht die Magmatite in Bezug auf ihre chemische Zusammensetzung aus?
2. Worin unterscheiden sich Mantel- und Vulkangesteine innerhalb des Tróodos-Gebirges?
3. In welcher Weise stehen die Ergebnisse mit der Entstehungsgeschichte des Tróodos-Gebirges im Zusammenhang?

3. Geologische Betrachtungen zum Untersuchungsgebiet

3.1 Geologische Gliederung Zyperns

Mit 9251 km² ist Zypern die größte Insel im Mittelmeer. Im Allgemeinen wird Zypern in vier große geologische Bereiche unterteilt. Im Norden erstreckt sich das Keryneia-Gebirge, welches durch die durch Sedimentation entstandene Mesaória-Ebene mit dem Tróodos-Gebirge im Westteil der Insel verbunden wird. Im Süden befindet sich das Mamonia-Gebirge, das u. a. aus Meeressedimenten aufgebaut ist, die im Zuge der Plattenkonvergenz auch herausgehoben worden sind.

3.2 Geologie des Tróodos-Komplexes

Der Tróodos-Komplex ist ein Bergmassiv, das sich in etwa von SE nach NW verlaufend durch den Westteil Zyperns erstreckt und bis auf nahezu 2000 m über den Meeresspiegel aufragt. Es gilt als eines der besten Beispiele für eine vollständig erhaltene ozeanische Kruste der Erde. Es entstand vor knapp 70 Millionen Jahren während der oberen Kreidezeit am Grund des Tethys-Ozeans und bildet den heutigen Kern Zyperns (vgl. Abb. 1, Phase 1). Seine heutige Position hat das Gebirge durch komplexe tektonische Prozesse, die durch die Kollision zwischen Eurasischer und Afrikanischer Platte ausgelöst wurden, erhalten (vgl. Abb. 1, Phase 5). Danach begann eine Periode von tektonischer Inaktivität in diesem Bereich, die einen Zeitraum von 75-10 Mio. Jahren vor unserer Zeit entspricht. Dadurch sanken zunehmend schwere Kristalle des Magmas nach unten und leichtere Restschmelze erstarrten zu Diabas. Die komplett ausgebildete und intakte Ozeankruste besteht aus plutonischen (= intrusiven) und vulkanischen Gesteinen sowie aus verschiedenen Sedimenten. Währenddessen lagert sich im Norden zunehmend

Abb. 1: Zeitleiste für die Entstehungsgeschichte Zyperns¹



- Harzburgit/Mantel

Die unterste Schicht in circa 11 km Tiefe, bildet die Mantelsequenz, zu Meist bestehend aus Harzburgit. Dieses Gestein ist ein Rückstand basaltischer Magma und des partiellen Abschmelzens des oberen Mantels. Die Schicht besteht aus 50-80 % Originalgestein und ist ansonsten durch Hydratisierung zu Serpentin geworden.

¹ Diese Grafik wird zur Projektpräsentation am 16./17. Februar 2015 in hinreichend hoher Auslösung und damit besser lesbar vorliegen.

- Gabbro/Plutonisches Gestein

Plutonische Gesteine, zu definieren als in der Tiefe erstarrtes basaltisches Magma, findet man circa 7 km unter der Meeresoberfläche. Ein Beispiel ist der Gabbro, welcher überwiegend aus Klinopyroxen und Plagioklas besteht.

- Dykes/Diabas

In 3 km Tiefe befindet sich der „Sheeted Dyke“-Komplex, ein aus durch aufsteigendes Magma entstandenes Gängesystem. Hauptbestandteil ist Diabas, ein relativ oberflächennah erstarrtes Vulkangestein.

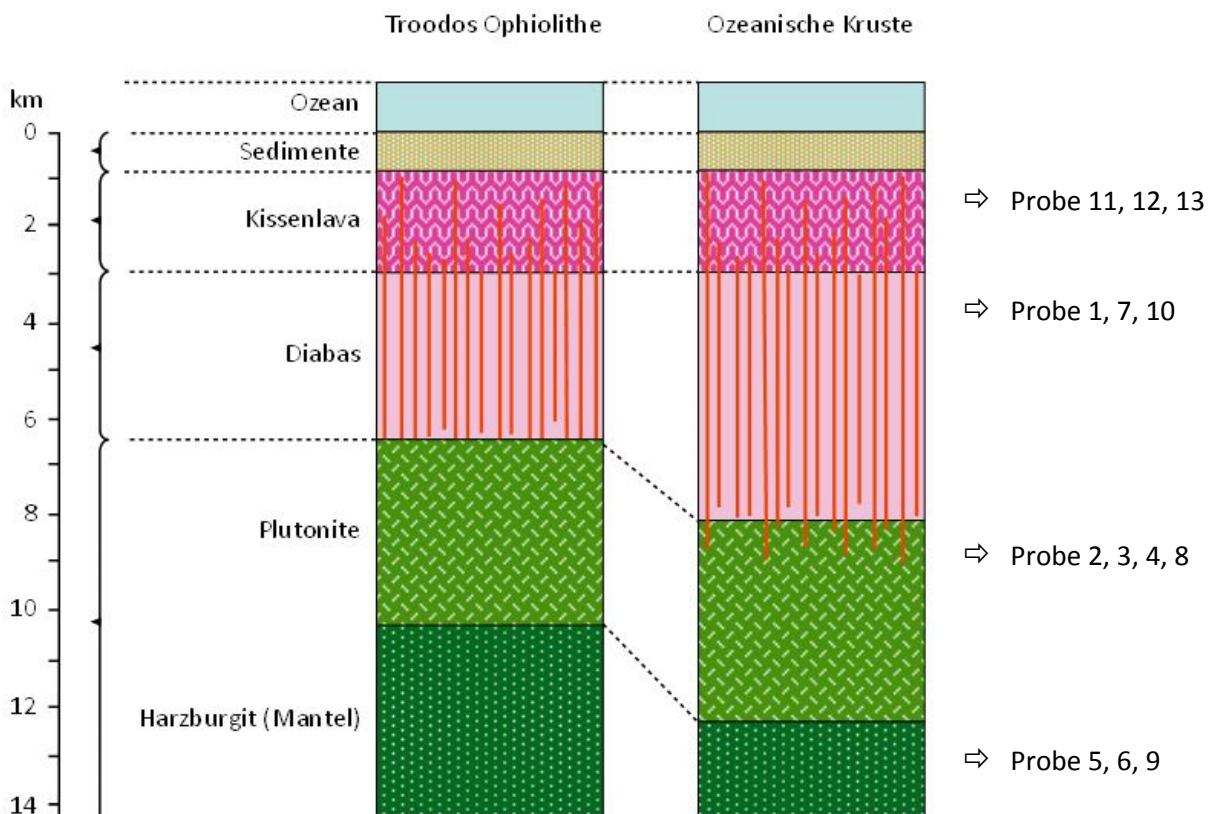
- Kissenlava

Darauf folgt die Kissenlava in etwa 3-1 km Tiefe, ein Gestein mit kissenartigem Querschnitt und glasartiger Konsistenz. Diese beruht auf eine relativ schnelle Abkühlung der heißen Lava durch das wärmeleitende Wasser, wobei es zur Bildung einer kristallinen Masse kommt.

- Sedimente

Die oberste Schicht bilden die Sedimente, eine mehrschichtige Anhäufung von Lockermaterial, welche sich durch mechanische Ablagerungsprozesse (z.B. Verwitterung, Abtragung) am Meeresgrund ansammeln.

Abb. 2: Stratigraphie des Ophiolith-Komplexes



Diese Grafik zeigt auch , aus welcher Tiefe unsere jeweiligen Proben stammen und welcher Gesteinsart diese zuzuordnen sind.

Neuzeichnung auf der Grundlage von

<http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/c976be898d13de16c2256fb20057e27a/16b920ac1564f606c2256fb30022b0ec/MainText/3.3746?OpenElement&FieldElemFormat=jpg>

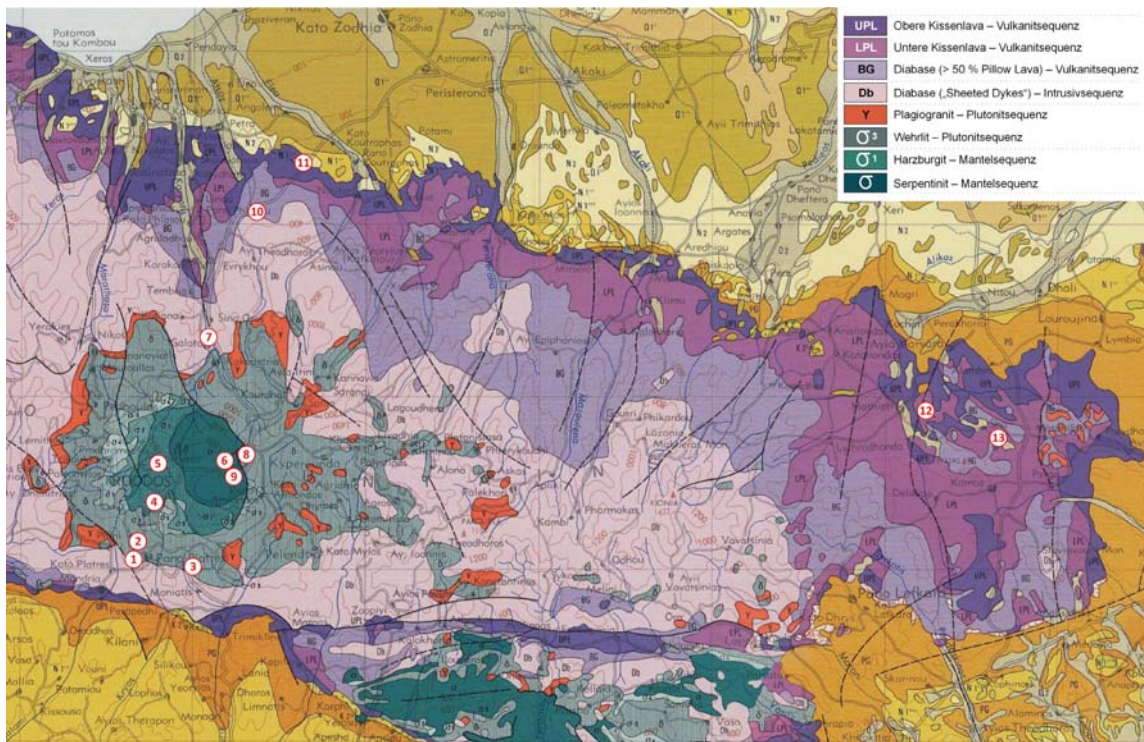
4. Methodisches Vorgehen

4.1 Geländearbeit

Noch vor unserer Abreise legten wir unsere Route auf Basis einer geologischen Karte fest, indem wir überlegten, welche Bereiche unseres Untersuchungsgebiets für unser Projekt besonders interessant wären. Wichtig war es, die Sequenz des Ophiolith-Komplexes möglichst lückenlos zu beproben.

In Zypern führten wir an den ersten drei Tagen unseres Aufenthalts verschiedene Exkursionen durch den Tróodos-Komplex und seine Randbereiche durch, fuhren dabei die einzelnen Punkte nacheinander ab und nahmen Proben an den jeweiligen Orten. Nicht immer waren die geologischen Einheiten problemlos zugänglich, sodass wir nach geeigneten Stellen mit möglichst unverwittertem Material auch suchen mussten. Mit Hilfe eines Geologenhammers legten wir möglichst frisches und für das jeweilige Gesteinsvorlommen repräsentatives Gestein frei. Je Fundort sammelten wir drei verschiedenen Proben, nämlich ein Schaustück und jeweils geeignete Exemplare für die Dünnschliff- und die RFA-Analyse. Alle Proben wurden sorgfältig beschriftet, die Fundorte wurden in einer Karte und unserem Feldbuch dokumentiert, sodass wir an den Abenden im Hotel mithilfe von Google Earth auch die exakten GPS-Koordinaten bestimmen konnten. Insgesamt haben wir auf unseren Tagesexkursionen durch das Tróodos-Gebirge 13 Proben genommen. Auf Grund des hohen Asbestanteils konnte bei den Proben 5, 6 und 9 keine RFA-Analyse durchgeführt werden, was für unsere Auswertung am Ende aber keine negativen Folgen gebracht hat. Noch vor Ort haben wir die Proben sowohl hinsichtlich ihrer Oberflächenstruktur und äußeren Form als auch ihres Gefüges grob beschrieben (deskriptive Gesteinsansprache).

Abb. 3: Exkursionsgebiet mit verorteten Probenfundstellen



<http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/EuDASM/CY/cypr6.jpg> (Ausschnitt, bearbeitet)

4.2 Laborarbeit

- **Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)**

Die Röntgenfluoreszenzanalyse ist ein chemisch-physikalisches Verfahren zur quantitativen Bestimmung der atomaren bzw. chemischen Zusammensetzung verschiedener Probe, welche im Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Hamburg durchgeführt wurde. Dabei wird die aufbereitete Probe mithilfe von Röntgenstrahlung zur Eigenstrahlung angeregt, welche anschließend von einem Strahlungsdetektor ausgewertet werden. Die Ergebnisse werden tabellarisch dargestellt, die eine hohe Genauigkeit – gerade auch bzgl. der quantitativen Bestimmung – aufweisen.

- **Elektronenmikroskopische Analyse und Elementanalyse**

Im Zoologischen Institut der Universität Hamburg wurde uns eine elektronenmikroskopische Analyse möglich gemacht. Mithilfe eines Elektronenmikroskops erhält man Bilder der Oberflächenstruktur der zu betrachtenden Objekts, welche auch bei hohen Vergrößerungen immer noch scharf gezeichnet sind. Das liegt daran, dass ein Elektronenmikroskop – anders als ein Lichtmikroskop – eine ausgezeichnete Tiefenschärfe besitzt, durch die sich die Struktur und die Zusammensetzung der Probe erkennen lassen.

Zusätzlich führten wir eine Elementanalyse durch, durch die wir eine qualitative Bestimmung der Elementanteile unserer Proben erhielten, die durch eine Grafik veranschaulicht werden.

- **Dünnschliffanalyse**

Für diese Art von Analyse wurden unsere dafür ausgewählten Proben im Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität in mehreren nacheinander geschalteten Arbeitsgängen auf eine Dicke von 30 µm heruntergeschliffen. Die hauchdünne, durchsichtige „Gesteinsscheibe“ klebt auf einem Objektträger.

Für die mikroskopische Analyse bekamen wir im Mineralogisch-Petrographischen Institut die Gelegenheit, mit hochwertigen Polarisationsmikroskopen zu arbeiten. So konnten wir uns – zunächst jeder für sich – die Dünnschliffe nacheinander anschauen und dann anschließend mithilfe verschiedener Bestimmungskriterien gemeinsam analysieren. Dadurch erarbeiteten wir uns einen Überblick über die kristallinen Strukturen der Gesteine und die Form/Struktur der sie aufbauenden Kristalle, die sich unter anderem hinsichtlich ihrer Interferenzfarben und Spaltbarkeit ihrer Spaltbarkeit voneinander unterscheiden. Schließlich hatten wir die Möglichkeit, von den Dünnschliffen auch digitale Fotos zu machen.

5. Ergebnisse

Bevor wir die Gesteinsanalysen an ausgewählten Proben erläutern, möchten wir einige Informationen zum Aufbau von magmatischen Gesteinen, vor allem der Vulkanite, geben. Vorherrschend sind drei verschiedene Minerale,

- **Olivin – $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$**

Olivine sind Mischkristalle, welche, oft in Verbindung mit Klinopyroxen, signifikant für basische Magmatite sind. Wie man aus den Namen bereits vermuten mag, sind Olivine blassgrün bis fast farblos. Charakterisiert werden sie im Dünnschliff durch ihr hohes Relief, ihre geringe

Spaltbarkeit und ihre hohen Doppelbrechung sowie durchgezogene, statistisch orientierte Risse.

- **Plagioklas – $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ – $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$**

Plagioklase gehören zu der Reihe der Mischkristalle, die einen hohen Gehalt an Calcium und Natrium aufweisen. Unter gekreuzten Polarisatoren des Mikroskops erkennt man Plagioklase durch die dunklen und hellen „nadeligen“ Bänder auf den Dünnschliffen.

- **Klinopyroxen – $\text{Ca}(\text{Mg, Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$**

Die stets durch Calcium-Anteile geprägten Klinopyroxene weisen manchmal auf Grund hohen Alkalimetall-Anteils eine grüne Färbung auf. Mengenmäßig sind Klinopyroxene den Olivinen untergeordnet.

Diese Minerale entstehen beim Abkühlen und Erstarren des Magmas, ggf. auch in der Tiefe wie z. B. in einer Magmakammer. Dabei kommt es durch die chemischen Verbindungen zur Kristallbildung, für deren Aufbau die jeweiligen Elemente typisch sind.

5.1 Gemeinsamkeiten und Unterschiede des beprobten Gesteins im Überblick

Gemeinsamkeiten	Unterschiede
Am auffälligsten ist der in allen Gesteinen vorhandene Kristall Olivin. Durch seinen hohen Magnesiumanteil wird er vor allem in der Röntgenfluoreszenz- und Elementanalyse nachgewiesen. Dieser Anteil ist, normalen Magmen gegenüber, besonders hoch. Erkennen kann man die Kristallstruktur des Olivins an seinen Chromspinellen und unregelmäßigen Rissen. Weiterhin sind in einem Großteil der Proben Plagioklase und Klinopyroxene enthalten. Die nadelartig ausgebildeten Plagioklase sind in Form ihres Aluminium- und Natriumanteils auch gut in den chemischen Analysen wiederzufinden. Der Siliziumanteil, welcher zum Beispiel in Probe 4 besonders auffällig ist, deutet auf das Vorkommen von Pyroxenen hin. Hinzu kommen Kristallaggregate, also eine vermehrte Ansammlung „zusammengewachsener“ Kristalle, welche durch einen beginnenden Erstarrungsprozess, z. B. in einer Magmakammer, entstanden und in einem Großteil unserer Proben enthalten sind.	Um die Unterschiede der Proben herauszustellen, ist ein Vergleich zwischen den einzelnen Schichten des Ophiolith-Komplexes von Vorteil. Dabei fällt die verschiedene Ausbildung der Kristalle auf und wie stark diese ausgeprägt sind. Eine relativ schwache Auskristallisation weist die tief gelegene Mantelsequenz auf, welche wir in Form von Harzburgiten beprobt haben. Besonders auffällig an den Proben dieser Sequenz ist auch, dass sie unter Einfluss der Serpentinisierung ² umgewandelt wurden und daher veränderte Kristallstrukturen vorweisen. An der Verteilung der Elementanteile ändert dieser Vorgang jedoch kaum etwas. Die darauf folgende Schicht, die plutonischen Gesteine wie der Gabbro, zeichnen sich durch eine fast vollständige Auskristallisation und ihren Olivinreichtum aus. Die Sheeted Dykes/Diabase haben innerhalb ihrer Kristallausbildungen einen hohen Anteil an Plagioklasen und zeugen von tektonischen Prozessen im Zusammenhang mit dem Erstarren des Magmas.

² „Prozess der hydrothermalen Alteration, bei der magnesiumhaltige Silicate wie Pyroxene und Olivin aus Duniten, Harzburgiten und anderen peridotitischen Gesteinen zu Serpentinmineralen (Serpentin) umgewandelt werden“ (<http://www.geodz.com/deu/d/Serpentinisierung>).

5.2 Ergebnisse der Röntgenfluoreszenzanalyse

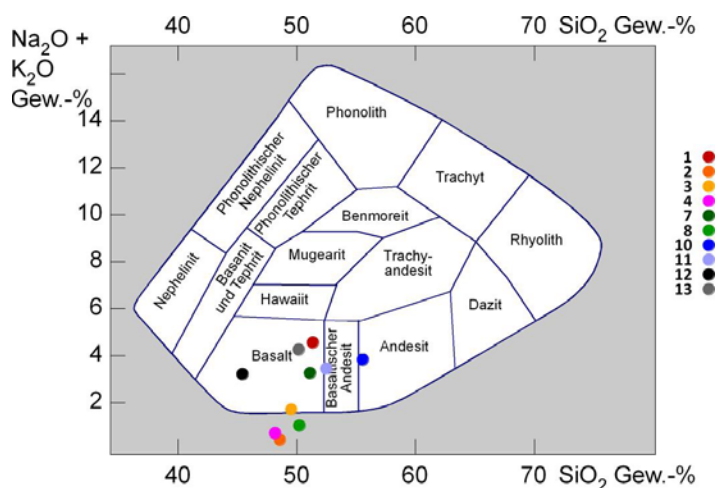
Tabelle 1 enthält die RFA-Werten unserer Proben, welche nach ihrer geologischen Zuordnung sortiert sind. Für die Proben 5, 6 und 9 (Harzburgiten) konnte keine Analyse durchgeführt werden, da diese über einen zu hohen Asbestanteil verfügten.

Man kann erkennen, dass sich die prozentualen Anteile der chemischen Zusammensetzung der jeweiligen Gruppen weitestgehend ähneln und sich ebenfalls von den anderen abgrenzen. Desweiteren lässt sich oft eine Steigung (Fe_2O_3 , K_2O) bzw. Abfall (MgO) der Werte zwischen den Gesteinstypen feststellen.

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung unseres Probenmaterials³

Channel	Unit	P2	P3	P4	P8	P1	P7	P10	P11	P12	P13
SiO_2	%	48,83	49,79	48,07	50,60	51,25	51,10	55,30	52,96	45,31	50,27
Al_2O_3	%	16,53	16,85	18,50	16,65	14,76	14,99	14,01	14,85	15,33	14,14
Fe_2O_3	%	6,21	7,76	7,97	7,08	9,51	8,27	10,67	8,80	12,20	10,48
MnO	%	0,13	0,14	0,15	0,14	0,16	0,16	0,16	0,10	0,29	0,21
MgO	%	10,82	8,47	8,93	8,55	7,72	8,24	4,77	5,59	5,75	4,86
CaO	%	15,21	11,65	14,54	13,16	5,85	8,52	4,13	7,50	4,87	6,55
Na_2O	%	0,54	1,77	0,65	1,21	3,56	2,80	3,78	1,79	1,67	3,67
K_2O	%	0,01	0,17	0,02	0,11	1,04	0,89	0,17	1,58	2,18	0,52
TiO_2	%	0,12	0,32	0,13	0,19	0,58	0,44	0,91	0,64	1,14	0,76
P_2O_5	%	0,00	0,02	0,00	0,02	0,03	0,03	0,06	0,05	0,09	0,06
SO_3	%	0,02	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,16	0,01	0,00	0,09
L.O.I	%	1,14	2,55	0,59	1,75	5,11	4,00	5,54	5,48	10,47	8,02
SUM	%	99,56	99,54	99,55	99,46	99,58	99,44	99,66	99,35	99,30	99,63
		Plutonite				Diabase			Kissenlava		

Abbildung 4: Bestimmung des Magmatits auf der Grundlage des TAS-Diagramms⁴



Eigene Grafik

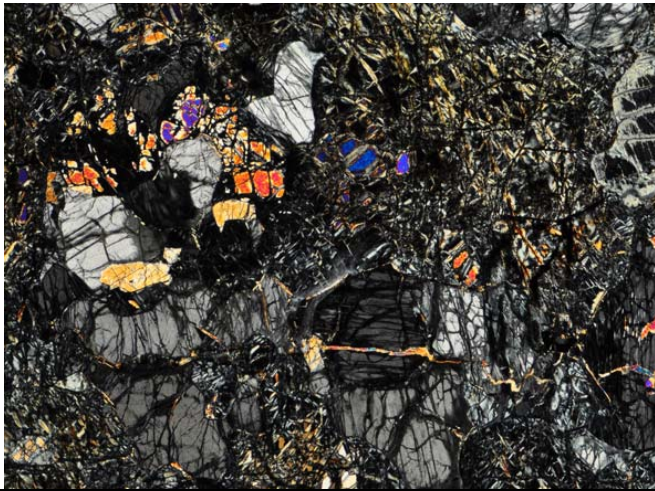
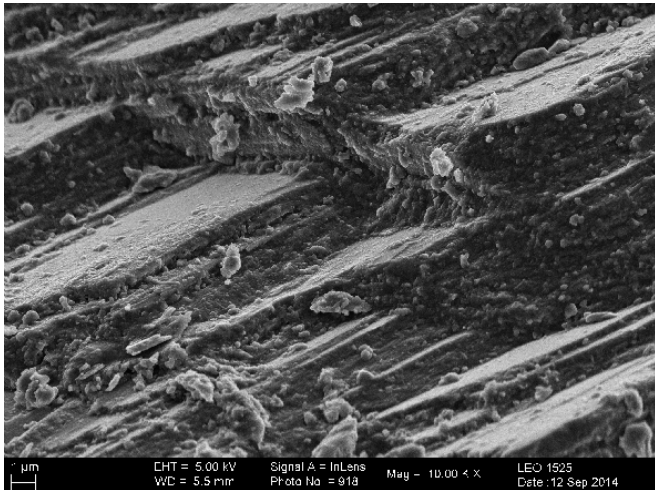
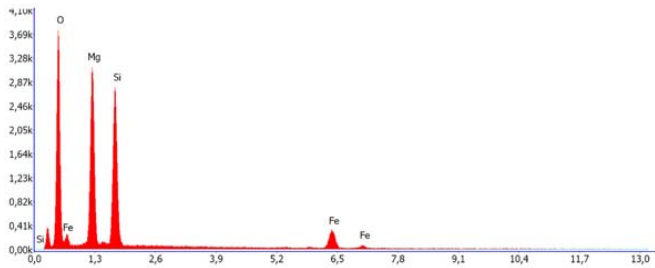
Diese Grafik zeigt die RFA-Werte aller Proben für SiO_2 in Abhängigkeit von der Summe aus K_2O + Na_2O , welches maßgebend für die weitere Analyse und die Bestimmung der Gesteinstypen ist. Bei der Betrachtung der Diagramme wird deutlich, dass sich die Proben verschiedener Gesteinstypen gruppieren, beispielsweise die Plutonite (siehe Grafik 1).

Im Folgenden haben wir aus den jeweiligen Schichten eine Probe (vgl. Abb. 2, S. 6) ausgewählt und anhand der verschiedenen Analysen untersucht und in je einer Tabelle zusammengefasst.

³ RFA durchgeführt im Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Hamburg

⁴ Vgl. Schmincke, H.-U. [2000]: Vulkanismus. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft. S. 22

5.3 Ergebnisübersicht ausgewählter Proben für die einzelnen Ophiolith-Sequenzen

Probe 5 : Harzburgit (mit Dunit)		
RFA-Analyse konnte nicht durchgeführt werden auf Grund des zu hohen Asbest-Anteils im Gestein	Dünnschliff (Bildbreite 5 mm) 	• Olivine • feine Nadeln = Plagioklase • Kristallaggregate („zusammen-gewachsene“ Kristalle) • Serpentinisierung
	REM-Analyse  µm CHT = 5.00 kV Signal A = InLens WDC = 5.5 mm Photo No. = 918 Mag = 10.00 x LEO 1525 Date: 12 Sep 2014	• Kristalloberfläche (nähere Bestimmung nicht möglich)
	Elementanalyse 	• Silizium und Magnesium sprechen für Olivine (Analyse wurde punktuell auf einem Olivin durchgeführt)

Probe 2 : olivinreicher Gabbro

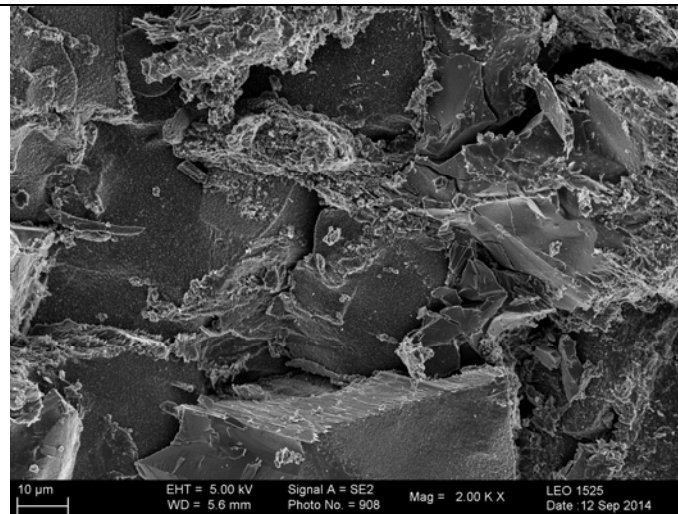
Channel	Unit	LS 2
SiO2	%	48,83
Al2O3	%	16,53
Fe2O3	%	6,21
MnO	%	0,13
MgO	%	10,82
CaO	%	15,21
Na2O	%	0,54
K2O	%	0,01
TiO2	%	0,12
P2O5	%	0,00
SO3	%	0,02
L.O.I	%	1,14
SUM	%	99,56
Ba	ppm	0
Ce	ppm	0
Co	ppm	118
Cr	ppm	170
Cu	ppm	171
Ga	ppm	0
La	ppm	0
Nb	ppm	1
Nd	ppm	9
Ni	ppm	121
Pb	ppm	1
Rb	ppm	1
Sc	ppm	35
Sr	ppm	66
Th	ppm	1
U	ppm	6
V	ppm	150
Y	ppm	5
Zn	ppm	25
Zr	ppm	0

Dünnschliff (Bildbreite 5 mm)



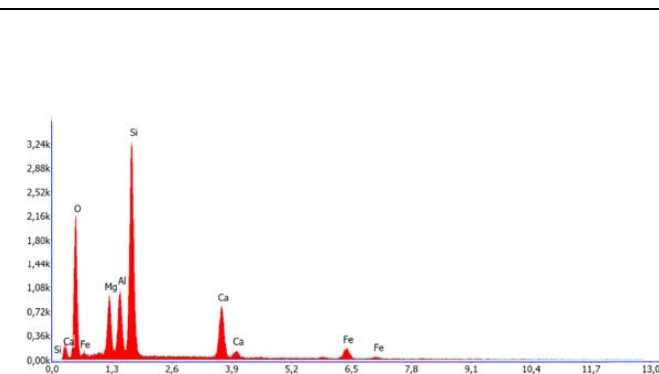
- Olivine
- Quarzkristalle
- homogene Mischung
- vereinzelt Klinopyroxene
- vollständig auskristallisiert

REM-Analyse



- Kristall an Kristall
- Durch Präparierung entstandene Brösel

Elementanalyse

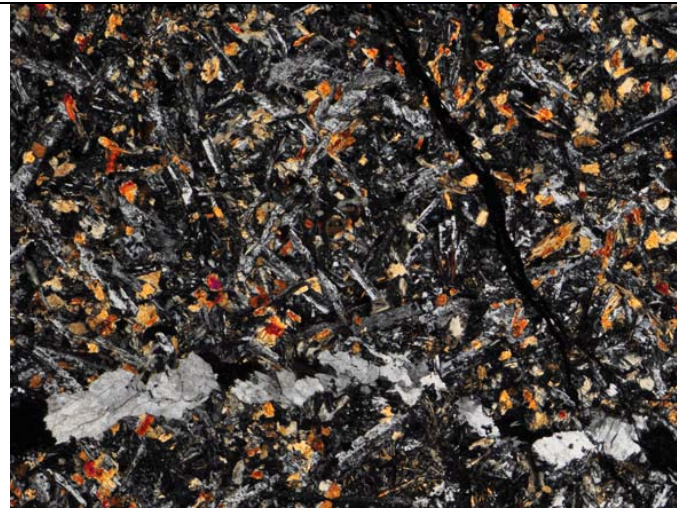


- Quarzkristalle erklären den hohen Siliziumgehalt
- Magnesium-anteil durch Olivine

Probe 1 : Sheeted Dykes (Diabas)

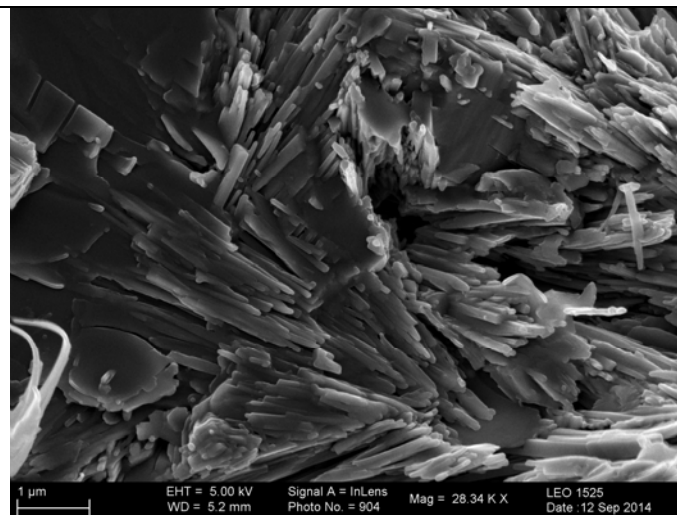
Channel	Unit	LS 1
SiO2	%	51,25
Al2O3	%	14,76
Fe2O3	%	9,51
MnO	%	0,16
MgO	%	7,72
CaO	%	5,85
Na2O	%	3,56
K2O	%	1,04
TiO2	%	0,58
P2O5	%	0,03
SO3	%	0,01
L.O.I	%	5,11
SUM	%	99,58
Ba	ppm	33
Ce	ppm	0
Co	ppm	56
Cr	ppm	101
Cu	ppm	32
Ga	ppm	18
La	ppm	2
Nb	ppm	1
Nd	ppm	0
Ni	ppm	56
Pb	ppm	0
Rb	ppm	4
Sc	ppm	34
Sr	ppm	103
Th	ppm	0
U	ppm	2
V	ppm	297
Y	ppm	15
Zn	ppm	36
Zr	ppm	19

Dünnschliff (Bildbreite 5 mm)



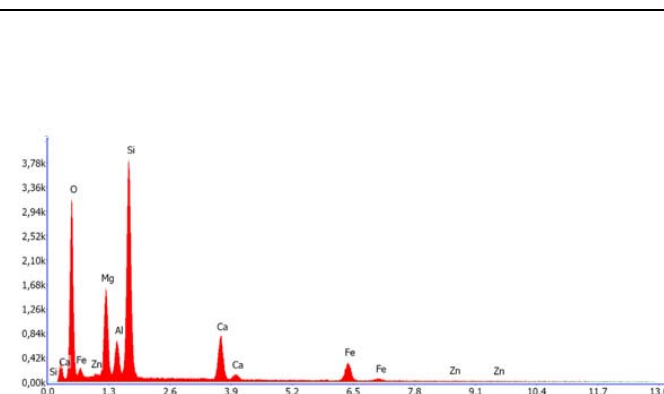
- hoher Kristallisationsgrad
- Rissbildung
- teilweise gefüllt mit Kristallbildung,
- Olivine
- Kristalle : Olivine (gelblich), Pyroxene, Plagioklase

REM-Analyse



- Plagioklase (Nadeln)
- Olivine (eingebettet)

Elementanalyse



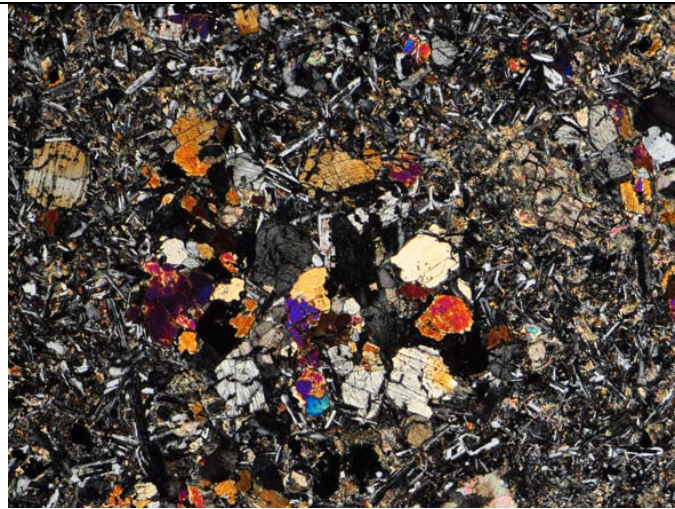
- Magnesium-anteil durch Olivine
- Pyroxene: Calcium, Magnesium, Silizium
- Plagioklase: Natrium, Aluminium

Prob e 11: Kissenlava (Vulkanit)

Channel	Unit	LS 11
SiO2	%	52,96
Al2O3	%	14,85
Fe2O3	%	8,80
MnO	%	0,10
MgO	%	5,59
CaO	%	7,50
Na2O	%	1,79
K2O	%	1,58
TiO2	%	0,64
P2O5	%	0,05
SO3	%	0,01
L.O.I	%	5,48
SUM	%	99,35

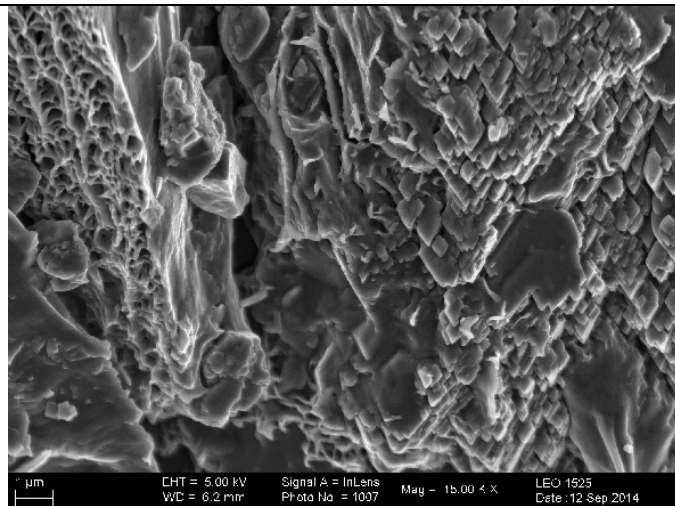
Ba	ppm	10
Ce	ppm	9
Co	ppm	45
Cr	ppm	163
Cu	ppm	106
Ga	ppm	14
La	ppm	0
Nb	ppm	3
Nd	ppm	0
Ni	ppm	63
Pb	ppm	1
Rb	ppm	7
Sc	ppm	37
Sr	ppm	99
Th	ppm	1
U	ppm	2
V	ppm	234
Y	ppm	20
Zn	ppm	41
Zr	ppm	27

Dünnschliff (Bildbreite 5 mm)



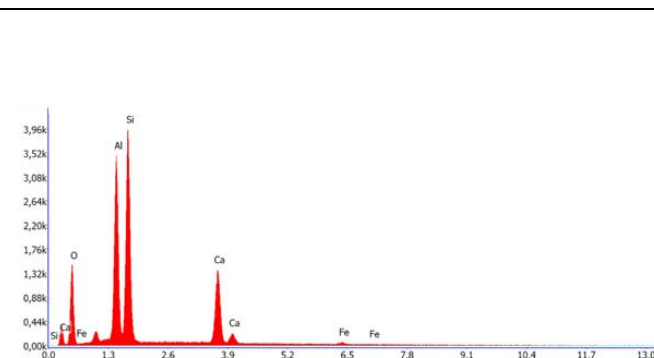
- Plagioklase
- Olivine
- hoher Kristallisationsgrad
- Kristallaggregat

REM-Analyse



- ursprüngliche Kristallstruktur wurde durch chemische Verwitterung verändert

Elementanalyse



- hoher Silizium- und Aluminiumanteil (Plagioklas)

6. Ergebnisinterpretation

Am auffälligsten ist der in allen Gesteinen vorhandene Kristall Olivin. Durch seinen hohen Magnesiumanteil wird er vor allem in der Röntgenfluoreszenz- und Elementanalyse nachgewiesen. Dieser Anteil ist, normalen Magmen gegenüber, besonders hoch. Erkennen kann man die Kristallstruktur des Olivins an seinen Chromspinellen und unregelmäßigen Rissen. Weiterhin sind in einem Großteil der Proben Plagioklase und Klinopyroxene enthalten. Die nadelartig ausgebildeten Plagioklase sind in Form ihres Aluminium- und Natriumanteils auch gut in den chemischen Analysen wiederzufinden. Der Siliziumanteil, welcher zum Beispiel in Probe 4 besonders auffällig ist, deutet auf das Vorkommen von Pyroxenen hin. Hinzu kommen Kristallaggregate, also eine vermehrte Ansammlung „zusammengewachsener“ Kristalle, welche durch das Erstarren in dem Magma entstanden und in einem Großteil unserer Proben enthalten sind.

Wichtiger sind aber die Unterschiede der Proben, welche durch einen Vergleich zwischen den einzelnen Abschnitten des Ophiolith-Komplexes deutlich werden. Dabei fällt die verschiedene Ausbildung der Kristalle auf und wie stark diese ausgeprägt sind. Eine relativ schwache Auskristallisation weist die tief gelegene Mantelsequenz auf, welche wir in Form von Harzburgiten beprobt haben. Besonders auffällig an den Proben dieser Sequenz ist auch, dass sie unter Einfluss der Serpentinisierung umgewandelt wurden und daher veränderte Kristallstrukturen vorweisen. An der Verteilung der Elementanteile ändert dieser Vorgang jedoch kaum etwas. Dennoch: Die Serpentinisierung der tiefer liegenden Schichten ist doch sehr auffällig. Die darauf folgende Schicht, die plutonischen Gesteine wie der Gabbro, zeichnen sich durch eine fast vollständige Auskristallisation und ihren Olivinreichtum aus.

Die Sheeted Dykes/Diabase haben innerhalb ihrer Kristallausbildungen einen hohen Anteil an Plagioklasen und zeugen von tektonischen Prozessen im Zusammenhang mit dem Erstarren des Magmas. Die Kissenlaven zeigen insgesamt einen relativ hohen Kristallisationsgrad und zum Teil auch Kristallaggregate auf, was darauf hindeutet, dass sie auf ihrem Weg nach oben vermutlich auch Station gemacht haben. Andererseits zeigt ihr regionale Verbreitung, dass sie einst insgesamt als recht dünnflüssiges Material ausgetreten sein müssen, worauf ihre flächenhafte Ausbreitung am Randes des Tróodos-Komplexes hinweist (vgl. Abb. 3, S 7).

7. Fazit

Nachdem wir unsere Proben ausgewertet und verglichen haben, können wir sagen, dass es sich bei dem Tróodos-Gebirge um einen typischen Ophiolith-Komplex handelt. Durch verschiedene Analyseverfahren konnten wir eine Übereinstimmung der Bestandteile zwischen unseren Proben und denen der einzelnen Segmente dieses Komplexes feststellen. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass sich die einzelnen Sequenzen des Ophiolith-Komplexes zwar über ihre chemische Zusammensetzung voneinander abheben, die Differenzierung jedoch eher gering ausfällt, da sich die Gesteinsschichten oftmals auf Grund der kontinuierlich laufenden Prozesse nicht klar abgrenzen lassen. Bei der Struktur der Gesteine sind ebenfalls die unterschiedliche Anordnung und das Vorkommen der Kristalle in verschiedenen Gesteinen erkennbar, aber auch hier ist die Abgrenzung nur geringfügig.

Literatur- und Quellenverzeichnis

Internetquellen

<http://de.wikipedia.org/wiki/Dünnschliff>

<http://www.geodz.com/>

<http://www.geodz.com/deu/d/Serpentinisierung>

<http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/>

http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/dmlTroodos_en/dmlTroodos_en?OpenDocument

<http://www.roentgenfluoreszenz-analytik.de/roentgenfluoreszenzanalytik-rfa-kanzerogenitaetsindex/?gclid=COjJ79q0tMMCFdQZtAodKnsAvg>

<http://www.spektrum.de/lexikon/chemie/elementaranalyse/2878>

<http://www.weltderphysik.de/gebiete/atome/synchrotronstrahlung/roentgenfluoreszenzanalyse/roentgenfluoreszenzanalyse/>

Literatur

MacKenzie, W. S. , Donaldson, C. H., Guilford, C. [1989]: Atlas der magmatischen Gesteine in Dünnschliffen. Stuttgart: Enke.

Puhan, D. [1994]: Anleitung zur Dünnschliffmikroskopie. Stuttgart: Enke.

Robertson, A.H.F., Emeis, K.-C., Richter, C., Camerlenghi, A. [Eds., 1998]: Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol. 160

Schmincke, H.-U. [2000]: Vulkanismus. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Danksagung

Wir danken

- ⇒ Herrn Peter Stutz vom Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Hamburg für die Präparation unserer Dünnschliffe und der Durchführung der Röntgenfluoreszenzanalysen.
- ⇒ Herrn Dr. Kay Heyckendorf für die Möglichkeit, die Polarisationsmikroskopie im Seminarraum des Mineralogisch-Petrographischen Instituts der Universität Hamburg durchführen und die Dünnschliffe fotografieren zu können.
- ⇒ Frau Walter von der Universität Hamburg für die Begleitung bei den elektronenmikroskopischen Untersuchungen.
- ⇒ Herrn Christodoulos Hadjigeorgiou vom Geological Survey of Cyprus für seine ausführlichen Erläuterungen zur Geologie Zyperns und zur Entstehung des Ophiolith-Komplexes.
- ⇒ Frau Heidari für ihre Betreuung bei der Geländearbeit.
- ⇒ unserem Betreuungslehrer Herrn Fraedrich für seine Begleitung und Beratung bei der Durchführung des Projekts.
- ⇒ der Freien und Hansestadt Hamburg sowie der Agnes-Gräfe-Stiftung in Hamburg für die finanzielle Unterstützung.