

Regionale Verteilung von
Gesteinsdichten
und magnetischen Suszeptibilitäten
in der Böhmisches Masse Österreichs

Regional Distribution of Rock Densities and Magnetic
Suszeptibilities
in the Bohemian Massif of Austria

Wolfdietrich JILG

mit 7 Abbildungen und 5 Tabellen

Schlüsselwörter:

Böhmisches Masse
Petrophysik
Dichte
Suszeptibilität

Keywords:

Bohemian massif
Petrophysics
Density
Susceptibility

Adresse des Autors:

Address of the author:

Mag. Wolfdietrich Jilg
Institut für Petrologie der Universität Wien
Dr. Karl Lueger Ring 1
A-1010 Wien

Inhalt

	Seite
Zusammenfassung, Summary	59
1. Einleitung	59
2. Gesteinsbeschreibungen	59
3. Probenahme	59
4. Physikalische Parameter	61
4.1. Dichte	61
4.2. Suszeptibilität	61
5. Meßergebnisse	64
5.1. Ergebnisse der Dichteanalysen	66
5.2. Ergebnisse der Suszeptibilitätsanalysen	68
5.3. Bohrkerndaten	70
6. Diskussion der Meßergebnisse	70
6.1. Gesteinsdichten	70
6.2. Magnetische Suszeptibilität der Gesteine	71
7. Literatur	72

Contents

Zusammenfassung, Summary	59
1. Introduction	59
2. Description of Rocks	59
3. Sampling	59
4. Physical Parameters	61
4.1. Density	61
4.2. Susceptibility	61
5. Results of Measurements	64
5.1. Results of the Densityanalysis	66
5.2. Results of the Susceptibilityanalysis	68
5.3. Datas from Drillingcores	70
6. Discussion	70
6.1. Rockdensities	70
6.2. Suszeptibilities of Rocks	71
7. Literature	72

Zusammenfassung

Gesteinsdichtewerte und -suszeptibilitätswerte sind wichtige Größen für verschiedene geophysikalische Untersuchungsmethoden. Von der Böhmisches Masse Österreichs existierten nur wenige spezifisch für diesen Themenkreis verwendbare Daten. Es wurde daher versucht, ein möglichst gleichmäßiges Beprobungsnetz über das Untersuchungsgebiet zu legen, um regionale Unterschiede und lokale Anomalien der gemessenen Parameter zu erkennen. Als Ergebnis der Untersuchungen liegen Dichte- und Suszeptibilitätskarten vor. Zur schnelleren Bearbeitung der Daten wurde eine gesteinsphysikalische Datenbank angelegt, welche für weitere Untersuchungen auf Datendisketten verfügbar ist.

Summary

Rockdensities and -susceptibilities are important values for different geophysical studies. There were only a few data of this parameters from the Bohemian Massiv available. Therefore we tried to get a mostly regular sampling net of the region to realize regional differences and local anomalies for the investigated parameters. The results of this study are isomaps for rockdensities and -susceptibilities. For better datahandling I created a database of the petrophysical properties of the rocks which is available on datadiskettes.

1. Einleitung

Gesteinsphysikalische Parameter bilden die Grundlage für verschiedene geophysikalische Erkundungsverfahren in unterschiedlichen geologischen Körpern. Die Aussagekraft geophysikalischer Messungen hängt wesentlich von der Genauigkeit der Unterschiede dieser Parameter ab. Die Gesteinsdichte als wesentlicher Korrekturfaktor für die Gravimetrie und die Suszeptibilität als Kontrollgröße für die Magnetik. Auch die gegenseitigen Beziehungen dieser Kennwerte sowie die „kombinierte Interpretation“ verschiedener Meßdaten, die soweit wie möglich auf meßtechnisch abgesicherten Kontrasten und so wenig wie möglich auf Annahmen beruhen, ermöglichen die Erstellung fundierter geophysikalischer und geologischer Modelle des Untersuchungsgebietes.

Ein flächendeckendes Meßnetz inklusive Beprobung des Arbeitsgebietes ist von ausschlaggebender Wichtigkeit um präzise geophysikalische Auswertungsverfahren in der Geomagnetik und Gravimetrie anwenden zu können. Zum Beispiel können Schwereanomalien nur durch die Korrekturen mit der Gesteinsdichte als tatsächlich vorhandene Anomalien erkannt werden. In einem so komplex gebauten Gebirge wie der Böhmisches Masse liefern exakt fundamentierte Meßergebnisse gute Hinweise auf tieferlie-

gende strukturelle Gegebenheiten und nicht zuletzt auch als Unterstützung für ingenieurgeologische und montangeologische Probleme.

Die Empfindlichkeit gravimetrischer Auswertungen in bezug auf Dichteänderungen kann für eine Dichteänderung um 0.05g/cm^3 bereits zu Schwereänderungen im Milligalbereich führen. Daran erkennt man die Wichtigkeit der möglichst genauen Dichtekartierung in einem Arbeitsgebiet. Ähnliches gilt für die Geomagnetik. Hier legt eine aeromagnetisch ermittelte Karte der Totalintensität vor, für deren Interpretation die Kenntnis der regionalen Verteilung der magnetischen Gesteinssuszeptibilität eine Voraussetzung bildet.

Für den Bereich des österreichischen Anteils der Böhmisches Masse lagen bis dato noch keine flächendeckenden Untersuchungen der Gesteinsdichten sowie der magnetischen Suszeptibilitäten vor. Im Zuge einer zweijährigen Meß- und Auswertetätigkeit wurde dieser Mangel behoben und eine Datenbank für Gesteinsdichten und Gesteinssuszeptibilitäten aufgebaut (Abb. 2). Die Datenaufzeichnungen (auf Diskette) sind auf Anfrage beim Autor verfügbar.

2. Gesteinsbeschreibungen

Die Gesteine werden unabhängig von ihrer Zugehörigkeit zu bestimmten geologischen Einheiten beschrieben (Abb. 1). Es soll dies dazu beitragen, mögliche Unterschiede in der mineralogischen Zusammensetzung der Gesteine mit den zu bestimmenden Parametern Dichte und Suszeptibilität in Verbindung zu setzen. Weitere Möglichkeiten der Änderung dieser Parameter innerhalb einer Gesteinsart sind der Grad der Metamorphose und der Zustand der gemessenen Proben (frisch-verwittert). Der Grad der Verwitterung ist ein eher problematischer Faktor, speziell für die Dichte. Mit Hilfe von statistischen Berechnungen wurde versucht, mögliche verwitterungsbedingte Änderungen der Dichtewerte für ein bestimmtes Gestein in kleinen Grenzen zu halten.

3. Probenahme

Es wurde versucht, ein möglichst gleichmäßiges Netz an Probepunkten über die gesamte Böhmisches Masse Österreichs anzulegen.

Folgende Kartenblätter der ÖK50 wurden bearbeitet: 5-9, 12-22, 29-38, 51-55

Schlechte Aufschlußverhältnisse verhinderten lokal die Beschaffung frischen Probenmaterials. An Stelle einer Beprobung aus Anstehendem wurde dann Le-seiteinbeprobung angewandt. Es mußten demnach auch verwitterte Proben aufgenommen werden.

Bohrkernstücke von verschiedenen Lokalitäten wurden mir freundlicherweise von Herrn Dr. F. KOL-

Paragneise			
Bavarikum:			
	Schiefergneis	bi, plag, afsp, q, mit teilweise	
	Grobkorngneis	cord, sil, grn	
	Perlgneis	*.*	
	Migmatite	*.*	
Moldanubikum:			
	Paragneis, allg.	bi, plag, afsp, q, ±grn, sil, px, amp	
	Cordieritgneis	*.*	+cord, mu
	Augitgneis	*.*	+px
	Perlgneis	*.*	
	Graphitschiefer	*.*	+grph, py
	Migmatite	*.*	
Moravikum:			
	Paragneise	wie oben, schwächer metamorph	
	Quarzite	q, selten rein. ±fsp, sil, grn, grph	
	Glimmerschiefer	bi, mu, plag, q, ±grn, stau, dist	
	Phyllite	mu, fsp, q	
	Kalksilikatgesteine	q, plag, px, grn, cc, amp, afsp, skap	
	Marmore	cc, ±dol, grph, q, fsp, px, amp, skap	
	Granulite	q, afsp, plag, grn, ±px, amp	
	Orthogneise:	abhängig von der Ursprungszusammensetzung:	
		plag, afsp, q, bi,...	
		±grn, amp, px, mu	
	Serpentine	Umwandlungen von ol,px führen zu:	
		serp, amp, tc, chl; ±grn	
	Amphibolite	plag, amp, ±px, bi, grn	
	Granite:		
	Weinsberger-	afsp, plag, q, bi	
	Schärdinger-	*.*	±cord
	Peuerbacher-	*.*	±cord
	Feinkorn-	*.*	±mu
	Eisgarner-	*.*	+mu
	Thayamasse	*.*	
	Granodiorite:		
	Rastenberger-	afsp, plag, q, bi, amp, ±px	
	Freistädter-	afsp, plag, q, bi	
	Diorite	plag, q, bi, amp, px	

Abkürzungen:	Dichte, <g/cm ³ >	Susz.>0(j/n)	Abkürzungen:	Dichte, <g/cm ³ >	Susz.>0(j/n)
bi Biotit	≈2,90	j	px Pyroxen, allg.	≈3,28	j+n
chl Chlorit	≈2,80	j+n	ol Olivin	≈3,90	j
mu Muskovit	2,83	n	serp Serpentinminerale	≈2,60	j+n
q Quarz	2,65	n	tc Talk	2,78	n
plag Plagioklas	≈2,68	n	skap Skapolith	≈2,65	n
afsp Alkalifeldspat	2,57	n	cc Kalzit	2,71	n
fsp Feldspat, allg.	,		dol Dolomit	2,87	n
sil Sillimanit	3,25	n	py Pyrit	5,01	j
dist Disthen	3,68	n	*.* selbe Zusammensetzung wie oben		
stau Staurolith	≈3,70	j	+ zusätzlich mögliche Minerale		
grn Granat, allg.	≈4,30	j			
cord Cordierit	2,51	j			
grph Graphit	2,27	n			
amp Amphibol, allg.	≈3,10	j			

Für die Suszeptibilität wurden keine Zahlenwerte angegeben, da die Spannweiten stark überlappen und nur Größenordnungen angegeben werden könnten.

Abb. 1: Die Gesteine und deren Hauptgemengteile.

Fig. 1: The rocks and their contents.

LER (Univ. Wien, Inst. f. Petrologie) für Messungen zur Verfügung gestellt.

Daten von Bohrkernstücken wurden mir freundlicherweise von Herrn Dr. MAURITSCH (Montanuniversität Leoben) überlassen.

Zu Vergleichszwecken wurden auch Daten des kontinentalen Tiefbohrprojekts aus der Oberpfalz herangezogen.

4. Physikalische Parameter

4.1. Dichte

Die Gesteinsdichte ist eine physikalische Eigenschaft, die sich signifikant zwischen verschiedenen Gesteinstypen ändert. Sie ist in erster Linie abhängig von Unterschieden in der mineralogischen Zusammensetzung der Gesteine und deren Porosität und von den Mengenverhältnissen der Minerale zueinander. Wenn die Verteilung der Untergrunddichten bekannt ist, liefert sie wesentliche Informationen für weitere geologische Befunde. Labor- oder Bohrlochmessungen liefern Daten zur Interpretation von Feldbeobachtungen und besonders für lokale und regionale gravimetrische Untersuchungen.

Die Dichte ist definiert als das Gewicht in Luft eines Einheitsvolumens eines Objekts bei einer bestimmten Temperatur. Gewicht ist definiert als eine Kraft die lokal abhängig ist von der Gravitation eines Körpers und Masse ist im Gegensatz dazu eine gravitationsunabhängige Größe. Für Dichteuntersuchungen an Gesteinen ist der Unterschied unerheblich, da Unsicherheitsfaktoren wie Verwitterung, Porosität, Bergfeuchte und mechanischer Erhaltungszustand weit größere Fehlerquellen darstellen. Die spezifische Gravitation ist im Gegensatz zur Dichte definiert als das Verhältnis von Gewicht oder Masse in Luft eines Einheitsvolumens eines bestimmten Materials bei Standardtemperatur zum Gewicht oder der Masse des Einheitsvolumens in gasfreiem, destilliertem Wasser bei Standardtemperatur.

Die Dichte sollte in SI-Einheiten (kg/m^3) angegeben werden, wird jedoch oft (auch in dieser Arbeit) als g/cm^3 ausgeschrieben. Die spezifische Gravitation ist definitionsgemäß dimensionslos.

Da üblicherweise Dichteuntersuchungen in Labors durchgeführt werden, kann davon ausgegangen werden, daß eine gewisse Konstanz in den Meßbedingungen gegeben ist, sodaß Korrekturen nicht notwendig sind.

Methoden zur Bestimmung der Gesteinsdichte sind:

A Schwereflüssigkeiten

B Röntgenmethoden (kristallograp. Einheitszellen)

C Korndichten – mineralogische Zusammensetzung der Gesteine

D Pycnometermessung (feine Sedimente, Pulver)

E Auftriebswaage

F Gravimetrie (inkl. Bohrlochmessungen)

G Density-Logging (back scattered gamma-rays, LDL-CNL)

Die Dichte der Proben wurde fast ausschließlich mit der Auftriebswaage im Labor bestimmt. Einige Vergleichsdaten von der kontinentalen Tiefbohrung in der Oberpfalz beruhen auf Bohrlochmessungen. Zur Bestimmung der Porosität dienen hauptsächlich folgende Methoden:

A Wachsträngung

B Einpressen von Quecksilber

C Wasserabsorption

D Absorption von organischen Lösungen im Vakuum

Der Zusammenhang zwischen Dichte und Porosität ergibt sich aus folgender Beziehung:

$$\text{Dichte} = \frac{\text{Korngewicht} + \text{Gewicht der Porenfüllung}}{\text{Gesamtprobenvolumen}}$$

Gemessen wird im wesentlichen nur der offene, kommunizierende Porenraum.

Da es sich bei den untersuchten Proben ausschließlich um magmatische und metamorphe Gesteine handelt, wurden keine Porositätsbestimmungen durchgeführt. Probleme ergaben sich hingegen bei stark zerklüfteten oder durch die Bearbeitung rissig gewordenen Proben. Hier wurde bei der Dichtebestimmung nach der Auftriebsmethode in Wasser darauf geachtet, daß durch längeren Verbleib in der Flüssigkeit möglichst viel Luft aus den Rissen und Klüften entweichen kann.

4.2. Magnetische Suszeptibilität

Die Suszeptibilität ist ein wichtiger Parameter für die Diagnostik und Interpretation bei der Untersuchung von Gesteinskörpern. Die Meßergebnisse dienen als Ergänzung und zur genaueren Beurteilung aeromagnetischer Daten aus der geophysikalischen Landesaufnahme. Die Messungen wurden direkt im Gelände mit einem Kappameter KT-3 durchgeführt. Um Anisotropieeffekte zu untersuchen wird eine Suszeptibilitätsmeßbrücke verwendet.

Tabelle 1: Abkürzungen der geologischen Begriffe und der Gesteine sowie die Anzahl der gemessenen Proben. (Die geologischen und gesteinspezifischen Codes sind mit denen der Datenbank ident).

Table 1: Shortened geological names and rocknames as well as the numbers of the measured samples. (The codes are ident with those of the database).

GEOL	GES	GBEZ	Geologische Einheit		Anzahl der gemessenen Proben	
			Gesteinsart	Gesteinsbezeichnung	rho	kappa
MD			Moldanubikum			
	MS		Monotone Serie			
		PGN	Paragneis		38	29
		AUGG	Augitgneis			
		CORD	Cordieritgneis			
		PERL	Perlgneis			
		SER	Serpentinit			
		AMP	Amphibolit			
		QUZ	Quarzit			
	DG		Dobragneis			
		OGN	Orthogneis		12	8
		DOBR	Dobragneis			
		SPTZ	Spitzer Gneis			
	BS		Bunte Serie			
		PGN	Paragneis		78	76
		QUZ	Quarzit		4	2
		KSF	Kalksilikatfels		32	30
		MAR	Marmor		14	12
		GSF	Graphitschiefer			
		AMP	Amphibolit		32	29
		OGN	Orthogneis			
	GE		Gföhler Einheit			
		OGN	Orthogneis			
		GFGN	Gföhler Gneis		104	93
		SYGN	Syenitgneis			
		AMP	Amphibolit		33	25
		SER	Serpentinit		11	7
		PGN	Paragneis		10	7
		GRA	Granulit		28	25
	KG		Kaplice Glimmerschiefer			
		GLS	Glimmerschiefer		2	2
		PGN	Paragneis			
		QUZ	Quarzit			
	BG		Südböhm. Plutonite			
		GDI	Granodiorit			
		RG	Rastenberger Gdi.		14	9
		FGFS	Freistädter Gdi.			
		GRN	Granit			
		WG	Weinsberger Granit		100	50
		EG	Eisgarner Granit		48	28
		FGMH	Mauthausner Granit			
		FGAB	Altenberger Granit			
		DIO	Diorit		18	16
		PEG	Pegmatit			

Tabelle 1: Fortsetzung
 Table 1: Continued

GEOL	GES		Geologische Einheit		Anzahl der gemessenen Proben		
	GES	GBEZ	Gesteinsart	Gesteinsbezeichnung	rho	kappa	
MO		APL		Aplit			
		LAM		Lamprophyr			
	BG			Moravikum			
				Bittescher Gneisdecke			
		OGN		Orthogneis			
			BITT	Bittescher Gneis	27	19	
	IP		KSF	Kalksilikatfels			
				Innere Phyllite			
		OGN		Orthogneis	23	18	
			WEIT	Weitersf. Stengelg.			
		PGN		Paragneis	31	23	
		MAR		Marmor	1		
	GLS		Glimmerschiefer	4	3		
	QUZ		Quarzit	10	9		
	PHY		Phyllit				
BV	TM		Thaya Masse				
		GRN		Granit	64	59	
	BZ			Bavarikum			
				Böhmerwald-Zone			
			PGN		Paragneis	4	4
				SFGN	Schiefergneis		
				PERL	Perlgneis		
				GRBK	Grobkorngneis		
			OGN		Orthogneis		
				GFGN	Gföhler Gneis	2	2
			GRN		Granit		
				EG	Eisgarner Granit	6	6
			WGGN	Weinsb. Granit(gn.)	4	4	
		QUZ		Quarzit			
MZ		KSF	Kalksilikatfels				
			Mühl-Zone				
		PGN		Paragneis	20	20	
			SFGN	Schiefergneis			
			PERL	Perlgneis			
			GRBK	Grobkorngneis			
		QUZ		Quarzit			
		GRN		Granit			
			WGGN	Weinsb. Granit(gn.)	11	11	
			FG	Feinkorngranite	9	9	
		DIO		Diorite	6	6	
	SZ		OGN	Orthogneis			
			Sauwald-Zone				
		PGN		Paragneis	43	43	
			SFGN	Schiefergneis			
			PERL	Perlgneis			
		QUZ		Quarzit			
		GRN		Granit			
			FG	Feinkorngranite	1	1	
			PEUE	Peuerbacher Granit	3	3	
			SCHE	Schärdinger Granit	11	11	

OK	PROBE	XKOORD	YKOORD	RHO	KAPPA	GEOL	GES	GBEZ	BEMER
20	r197	15.3508	48.5144	2.61	0.42	mdb	pgn		
37	r198	15.3528	48.4314	2.78	0.36	mdb	pgn		
37	r200	15.5353	48.4619	2.56	0.16	ogn	gfgn		
16	6534	14.5367	48.5913	2.55	99.00	mdbg	grn	fgmh	a

Legende:	OK	Blattnummer der Österreichischen Karte 1:50.000
	PROBE	Probenummer
	XKOORD	X-Koordinate
	YKOORD	Y-Koordinate
	RHO	Dichtewert in <g/cm ³ >
	KAPPA	Suszeptibilitätswert in 10 ⁻³ <SI>
	GEOL	Geologische Einheit
	GES	Gesteinsart
	GBEZ	Gesteinsbezeichnung
	BEMER	Anmerkungen
ad KAPPA:	Der Kappawert 99.00 bedeutet, daß kein Suszeptibilitätswert gemessen wurde.	
ad BEMER:	donau bedeutet Nahbereich zur Donaustörung rodl bedeutet Nahbereich zur Rodlstörung diend bedeutet Nahbereich zur Diendorfer Störung a Daten stammen aus alten Beständen m Daten wurden uns freundlicherweise von Herrn Dr. MAURITSCHE zur Verfügung gestellt p interne Kennung graph Graphitgneise bohrk Bohrungslokalitäten	

Abb. 2: Auszug aus der Gesteinsdatenbank.

Fig. 2: Part of the rock-database.

Die Suszeptibilität eines Gesteins hängt im wesentlichen vom seinem Gehalt an ferrimagnetischen Mineralen ab. Korngröße, Kornform und die Struktur des Gesteins beeinflussen die Meßergebnisse. Die Werte einer einzigen Probe können stark variieren, wodurch eine statistische Auswertung unumgänglich bleibt. In der Regel wurden daher mehrere Messungen von einem Aufschluß gemittelt und als Durchschnittswert in die kartenmäßige Darstellung aufgenommen.

Das verwendete „Kappameter KT-3“ aus der CFSR arbeitet mit einer Trägerfrequenz von 10 kHz und zeigt direkt die „apparent susceptibility“ α' an. Im allgemeinen ist α' unterschiedlich von der Suszeptibilität α in Abhängigkeit von der Dimension, von der Oberflächenbeschaffenheit und von geometrischen Faktoren des Meßobjekts.

Zur Umrechnung von α' auf α dient folgende Beziehung:

$$\alpha = \alpha' / (1 - \alpha' / 2) \text{ <SI-System>}$$

Für Suszeptibilitätswerte unter 100×10^{-3} SI-Einheiten gilt

$$\alpha = \alpha'$$

mit einem Fehler kleiner als 5%. In der Praxis ist diese Genauigkeit ausreichend.

In der Meßpraxis ist es notwendig Korrekturen der Meßergebnisse vorzunehmen, um Oberflächenunebenheiten und die Dimensionen eines Handstücks oder der Bohrkerns auszugleichen. Bohrkerns werden grundsätzlich an ihrer Zylinderfläche gemessen.

5. Meßergebnisse

Da ein Ziel dieser Arbeit die möglichst gleichmäßige Beprobung des Arbeitsgebietes war, liegen von flächenmäßig wenig repräsentierten Gesteinen (z. B. Ganggesteine) nur wenige bzw. keine Proben vor.

Im Untersuchungsgebiet wurden folgende Gesteine beprobt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 2: Zusammenfassung der Meßergebnisse mit Vergleichswerten aus der Literatur.

Table 2: Summary from the results of measurements with relative values from the literature.
 (Legende/legend: $\bar{\sigma}$ = Mittelwert/mean, Med. = Median/median, 1),3) = Vergleichswerte aus / relative values from: CARMICHAEL (1989), 2) = Vergleichswerte aus / relative values from: MENDE u. SIMON (1988))

Gestein		Dichte		Suszept.				
		$\bar{\sigma}$	Med.	1)	2)	$\bar{\sigma}$	Med.	3)
Paragneis	MS	2,68	2,68	2,72	2,6-3,2	0,21	0,20	0-0,4
	BS	2,64	2,64			-0,03	0,20	
	GE	2,68	2,67			1,21	0,34	
	BZ	2,73	2,73			0,27	0,27	
	MZ	2,69	2,70			0,44	0,28	
	SZ	2,68	2,68			0,25	0,24	
	IP	2,60	2,60			0,79	0,18	
Glimmersch.	IP	2,76	2,82	2,78		20,77	28,00	
Quarzite	IP	2,62	2,62	2,63	2,65	0,11	0,12	
Orthogneis	IP	2,61	2,60	2,62	2,6-3,0	0,14	0,12	0-0,1
Bittescher Gn.		2,59	2,59			0,14	0,14	
Dobra Gneis		2,65	2,65			0,19	0,14	
Gföhler Gneis		2,62	2,63			0,16	0,16	
Granulit		2,66	2,67	2,63	2,6-3,0	0,28	0,28	
Amphibolit	BS	2,96	2,95	2,91	2,8-3,2	0,65	0,64	0,2-4
	GE	2,97	2,98			2,59	0,70	
Marmor		2,73	2,73	2,72	2,5-2,8	0	0	<0,05
Kalksilikatf.		2,69	2,72	2,70		0,13	0,13	
Serpentinite		2,57	2,57	2,72	2,4-2,8	23,86	19,80	>0,3
Plutonite:								
Schärd.Granit		2,68	2,68		2,5-3,0	0,17	0,15	0-0,5
Peuerb.Granit		2,64	2,64			0,27	0,28	
Weinsbg.Gr.	BZ	2,72	2,73	2,69		0,24	0,25	
	MZ	2,69	2,71			0,53	0,32	
	BG	2,64	2,64			0,17	0,16	
EisgarnerG.	BZ	2,60	2,62	2,63		0,11	0,14	
	BG	2,59	2,58			0,29	0,14	
Feinkorng.	MZ	2,67	2,64	2,68		0,18	0,16	
	BG	2,65	2,66			0,55	0,16	
Diorite	MZ	2,78	2,74	2,74	2,8-3,0	0,67	0,50	
	BG	2,74	2,74			0,39	0,35	
Rastenbg.G.		2,68	2,69	2,70	2,7-2,8	0,23	0,20	
Thayagranite		2,59	2,58	2,62		0,09	0,10	

5.1. Ergebnisse der Dichteanalysen

Tabelle 3: Gesteinsdichten der Böhmisches Masse, statistische Übersicht.

Table 3: Rockdensities of the Bohemian Massiv, statistical overview.

Gestein	n	min	max	aver	med	lowqu	uppqu	mode	stdev
Kalksilikatfels	32	2.51	2.80	2.69	2.72	2.62	2.75	2.72	0.08
Marmor	14	2.67	2.84	2.73	2.73	2.71	2.74	2.73	0.04
GE-Amphibolit	32	2.73	3.48	2.96	2.95	2.90	3.01	2.94	0.13
BS-Amphibolit	33	2.73	3.44	2.97	2.98	2.89	3.04	2.99	0.15
Granulit	28	2.54	2.84	2.66	2.67	2.63	2.70	2.70	0.06
Serpentinit	11	2.49	2.70	2.57	2.57	2.51	2.61	2.56	0.06
BZ-Paragneise	4	2.70	2.77	2.73	2.73	2.71	2.76	2.70	0.03
MZ-Paragneise	20	2.58	2.77	2.69	2.70	2.67	2.72	2.70	0.05
SZ-Paragneise	43	2.56	2.86	2.68	2.68	2.64	2.72	2.68	0.06
Weinsberger Gr.	100	2.46	2.81	2.64	2.64	2.62	2.67	2.63	0.04
Feinkorngranit	86	2.53	2.74	2.65	2.66	2.62	2.68	2.66	0.04
Eisgarner Granit	48	2.51	2.69	2.59	2.58	2.56	2.62	2.57	0.04
Rastenberger Gr.	14	2.61	2.79	2.68	2.69	2.63	2.72	2.61	0.06
Diorite	18	2.58	2.93	2.74	2.74	2.72	2.80	2.80	0.09
Thayagranite	64	2.52	2.66	2.59	2.58	2.56	2.62	2.58	0.03
MS-Paragneise	38	2.57	2.86	2.68	2.68	2.64	2.72	2.67	0.05
BS-Paragneise	78	2.41	2.78	2.64	2.64	2.61	2.68	2.63	0.07
GE-Paragneise	10	2.55	2.87	2.68	2.67	2.61	2.72	2.65	0.09
Dobragneise	12	2.56	2.75	2.65	2.65	2.63	2.68	2.63	0.05
Bittescher Gneis	27	2.46	2.64	2.59	2.59	2.56	2.62	2.57	0.04
Gföhler Gneis	104	2.51	2.66	2.62	2.63	2.59	2.64	2.65	0.04
BZ-Weinsberger Gr.	4	2.71	2.73	2.72	2.73	2.72	2.73	2.73	0.01
BZ-Eisgarner Gr.	6	2.52	2.66	2.60	2.62	2.54	2.65	2.62	0.06
MZ-Diorite	6	2.73	2.88	2.78	2.74	2.74	2.84	2.74	0.06
MZ-Feinkorngranit	9	2.62	2.76	2.67	2.64	2.63	2.71	2.64	0.05
MZ-Weinsberger Gr.	11	2.59	2.73	2.69	2.71	2.67	2.72	2.71	0.04
Schärddinger Gr.	11	2.66	2.73	2.68	2.68	2.67	2.69	2.68	0.02
Peurbacher Gr.	3	2.59	2.68	2.64	2.64	2.59	2.68	2.59	0.05
IP-Glimmerschf.	4	2.57	2.84	2.76	2.82	2.68	2.84	2.84	0.13
IP-Orthogneise	23	2.54	2.67	2.61	2.60	2.59	2.64	2.60	0.03
IP-Paragneise	31	2.49	2.69	2.60	2.60	2.56	2.64	2.60	0.05
IP-Quarzite	10	2.60	2.64	2.62	2.62	2.61	2.62	2.62	0.01

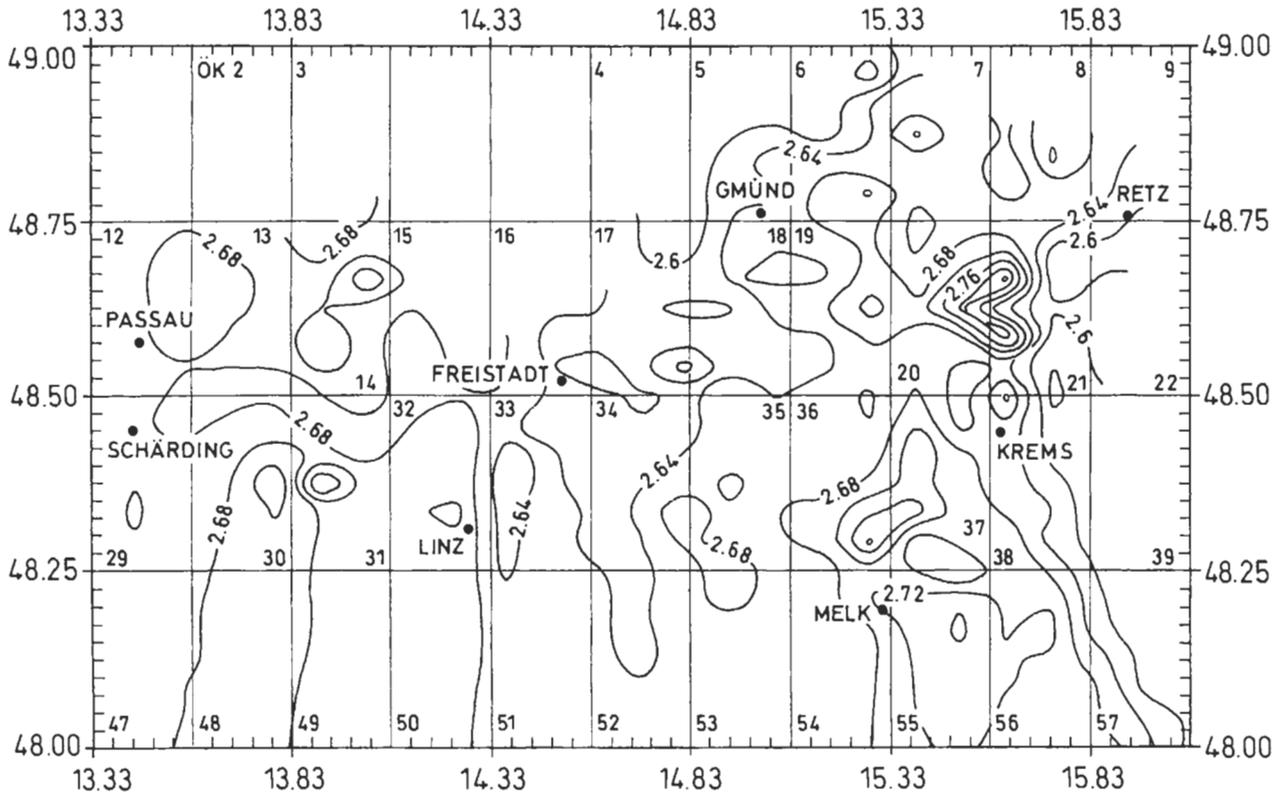


Abb. 3: Dichtekarte der Böhmisches Masse mit ÖK-Netz.
 Fig. 3: Densitymap of the Bohemian Masiv with OEK-mapnet.

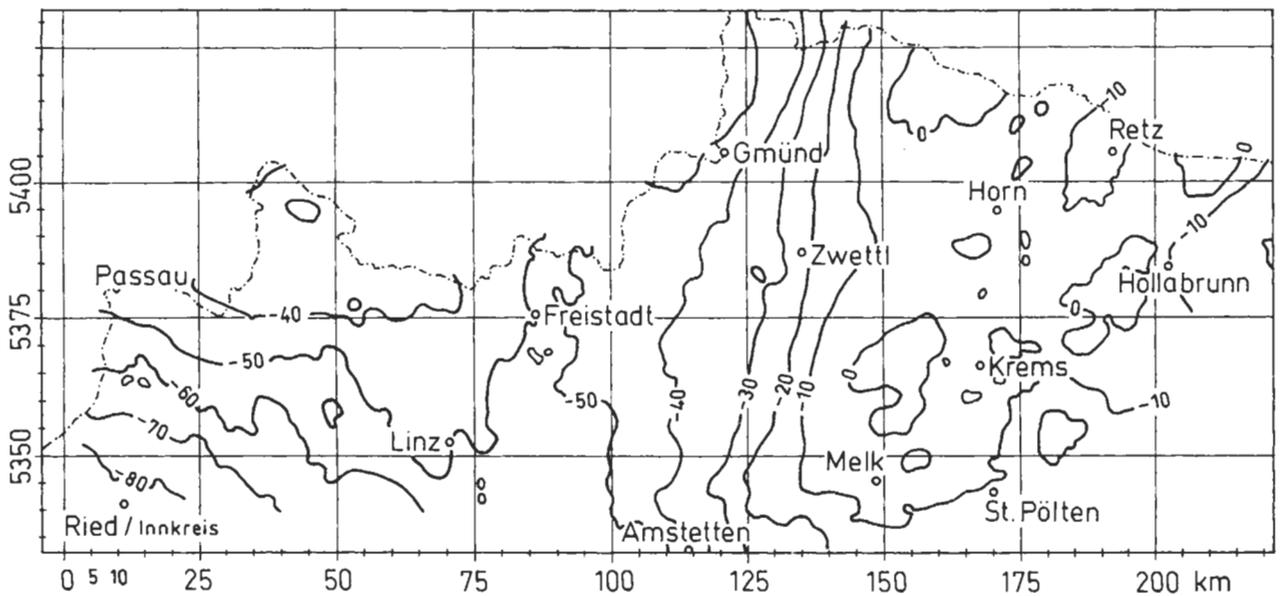


Abb. 4: Karte der Bougueranomalien im Bereich der Böhmisches Masse.
 Fig. 4: Map of the bougueranomaly of the Bohemian Massiv.

5.2. Ergebnisse der Suszeptibilitätsanalysen

Tabelle 4: Magnetische Suszeptibilitäten der Gesteine der Böhmisches Masse, statistische Übersicht.

Table 4: Magnetic susceptibilities from rocks of the Bohemian Massif, statistical overview.

Gestein	n	min	max	aver	med	lowqu	uppqu	mode	stdev
Kalksilikatfels	30	0.00	0.36	0.13	0.13	0.07	0.17	0.07	0.09
Marmor	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GE-Amphibolit	29	0.36	1.48	0.65	0.64	0.47	0.76	0.41	0.23
BS-Amphibolit	25	0.22	46.47	2.59	0.70	0.50	0.94	0.70	9.19
Granulit	25	0.04	0.52	0.28	0.28	0.24	0.36	0.24	0.12
Serpentinit	7	13.80	34.00	23.86	19.80	15.00	33.00	33.00	9.09
BZ-Paragneise	4	0.24	0.31	0.27	0.27	0.25	0.30	0.24	0.03
MZ-Paragneise	20	0.08	1.40	0.44	0.28	0.20	0.48	0.20	0.38
SZ-Paragneise	43	0.08	0.40	0.25	0.24	0.20	0.28	0.28	0.08
Weinsberger Gr.	50	0.00	0.34	0.17	0.16	0.12	0.20	0.16	0.08
Feinkorngranit	65	0.00	5.32	0.55	0.16	0.12	0.22	0.20	1.17
Eisgarner Granit	28	0.00	3.68	0.29	0.14	0.08	0.15	0.14	0.72
Rastenberger Gr.	9	0.06	0.52	0.23	0.20	0.16	0.24	0.16	0.14
Diorite	16	0.20	0.92	0.39	0.35	0.32	0.42	0.36	0.16
Thayagranite	59	0.00	0.22	0.09	0.10	0.00	0.14	0.00	0.07
MS-Paragneise	29	0.08	0.36	0.21	0.20	0.16	0.24	0.16	0.07
BS-Paragneise	76	-9.00	0.66	-0.03	0.20	0.14	0.25	0.12	1.49
GE-Paragneise	7	0.08	6.00	1.21	0.34	0.16	1.20	0.22	2.15
Dobragneise	8	0.08	0.45	0.19	0.14	0.09	0.28	0.16	0.15
Bittescher Gneis	19	0.00	0.24	0.14	0.14	0.12	0.16	0.16	0.05
Gföhler Gneis	93	0.00	0.34	0.16	0.16	0.13	0.21	0.16	0.07
BZ-Weinsberger Gr.	4	0.16	0.32	0.24	0.25	0.19	0.30	0.16	0.07
BZ-Eisgarner Gr.	6	0.00	0.20	0.11	0.14	0.00	0.16	0.16	0.09
MZ-Diorite	6	0.32	1.36	0.67	0.50	0.32	1.00	0.32	0.43
MZ-Feinkorngranit	6	0.32	1.36	0.67	0.50	0.32	1.00	0.32	0.43
MZ-Weinsberger Gr.	11	0.16	3.00	0.53	0.32	0.16	0.40	0.40	0.82
Schärdinge Gr.	11	0.08	0.32	0.17	0.15	0.12	0.20	0.14	0.07
Peuerbacher Gr.	3	0.24	0.30	0.27	0.28	0.24	0.30	0.24	0.03
IP-Glimmerschf.	3	0.32	34.00	20.77	28.00	0.32	34.00	0.32	17.97
IP-Orthogneise	18	0.00	0.26	0.14	0.12	0.10	0.16	0.12	0.06
IP-Paragneise	23	0.10	7.20	0.79	0.18	0.14	0.30	0.14	1.71
IP-Quarzite	9	0.10	0.12	0.11	0.12	0.10	0.12	0.12	0.01

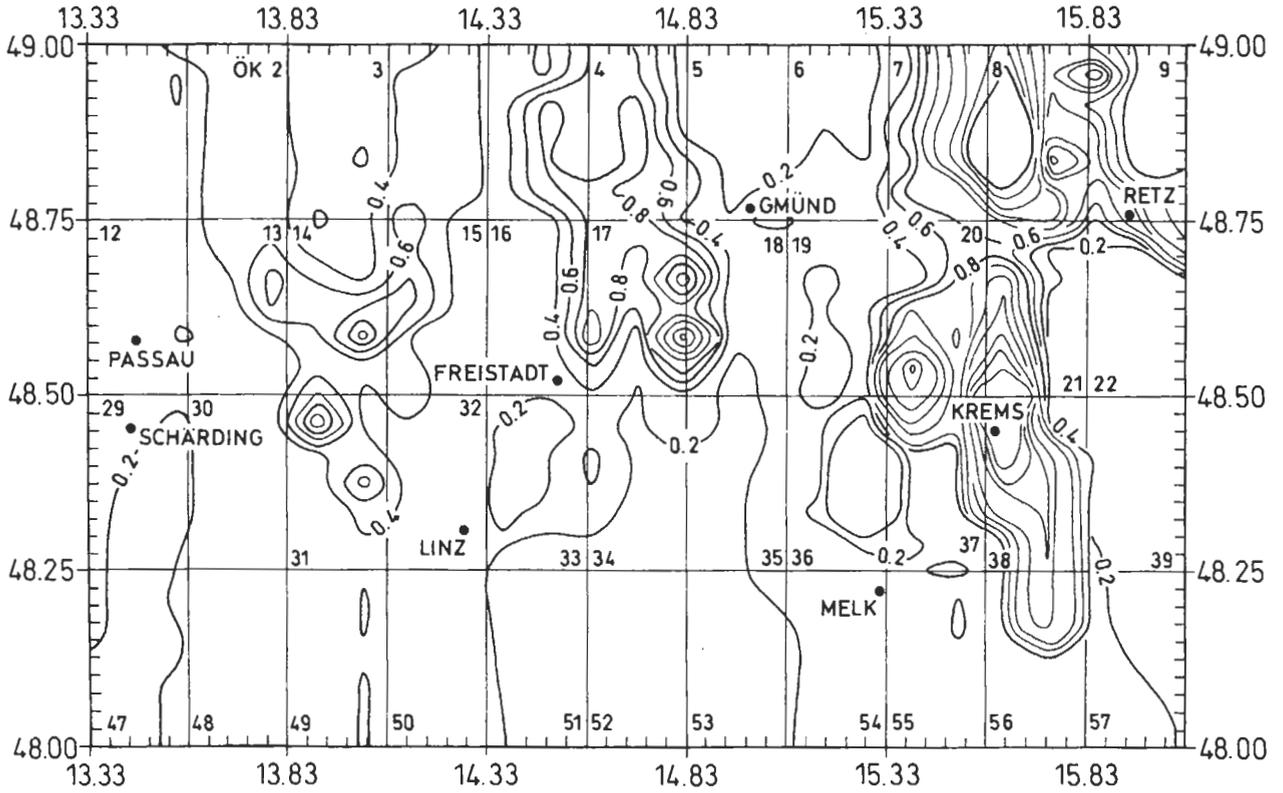


Abb. 5: Karte der magnetischen Suszeptibilitäten in der Böhmischem Masse mit im ÖK-Netz.

Fig. 5: Map of the magnetic susceptibility of the Bohemian Massiv with the OEK-mapnet.

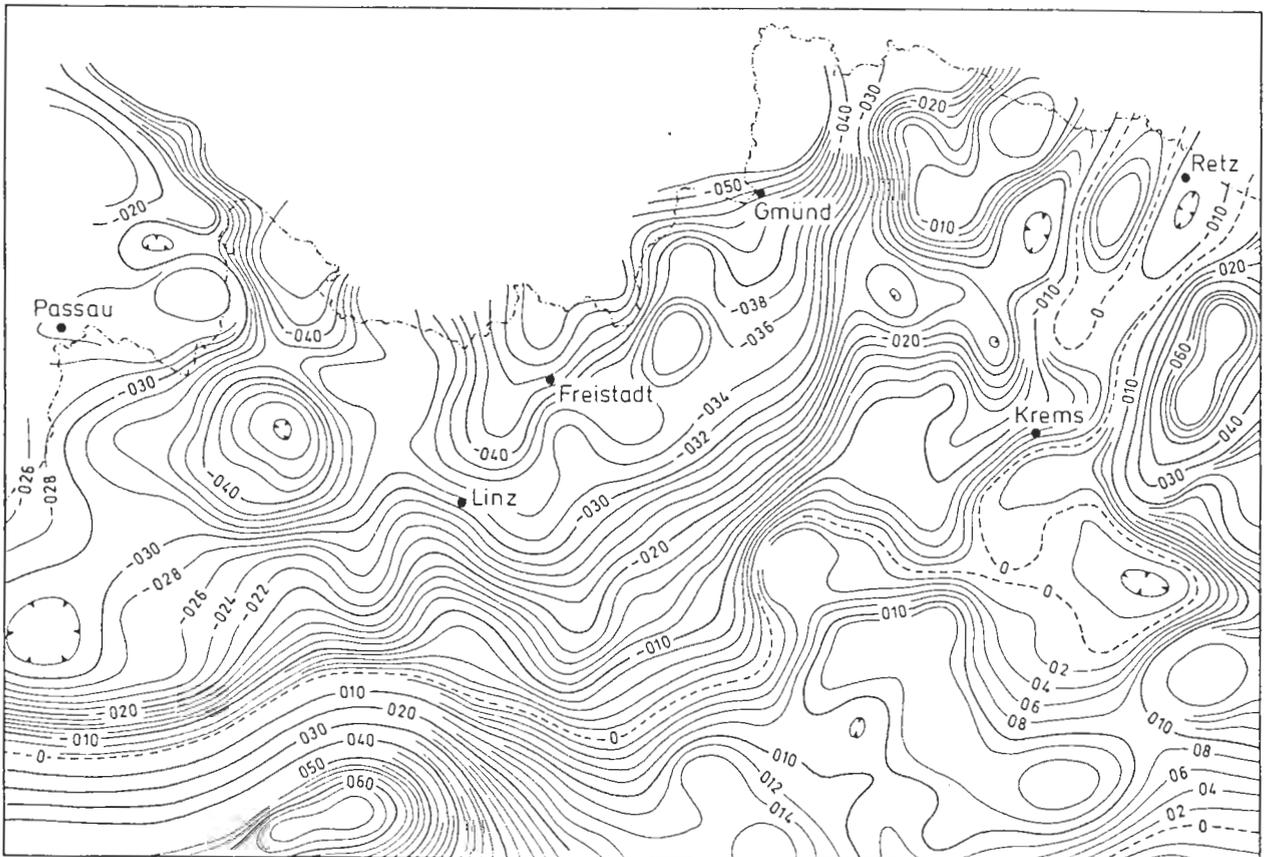


Abb. 6: Aeromagnetische Karte der Böhmischem Masse Österreichs (Flughorizont 3000m, polereduziert).

Fig. 6: Aeromagnetic map of the Bohemian Massiv (flightlevel 3000 m; polereduziert).

5.3. Bohrkerndaten

Anhand von Bohrkernstücken wurden Untersuchungen durchgeführt, welche einerseits zum Ziel hatten, die Dichteabhängigkeiten mit zunehmender Teufe festzustellen (Abb. 7) und andererseits Daten von frischem, unverwittertem Material von verschiedenen Gesteinen zu erhalten.

Die Bohrkernstücke wurden uns freundlicherweise von Herrn F. KOLLER zur Verfügung gestellt.

6. Diskussion der Meßergebnisse

Tabelle 2 gibt einen Überblick der ausgewerteten Gesteinsarten mit Vergleichswerten aus der Literatur:

6.1. Gesteinsdichten

Das erstellte Dichtemodell der Böhmisches Masse Österreichs zeigt im wesentlichen einen Plateaucharakter (mit $2,68\text{g/cm}^3$) westlich der Südböhmischen Plutonite, welcher nur durch vereinzelt auftretende Anomalien, hervorgerufen durch Inhomogenitäten in den einzelnen Gesteinspartien bzw. durch das Auftreten von Dioritkörpern unterbrochen wird. Hier, im Bavarikum, zeigt sich auch deutlich eine Dichteabnahme in Richtung SSW, quer zum Streichen, was mit der zunehmenden Migmatisation der Gneise von NNE nach SSW in Verbindung gesetzt werden kann (Gesteinsabfolge von NNE nach SSW: Paragneise – Grobkorngneise – Perlgneise – Migmatite, allgemein – Schärddinger-/ Peuerbacher Granite).

Die Südböhmischen Plutonite bilden ein ausgeprägtes Dichteminimum zwischen den Gneismassen des Bavarikums und des Moldanubikums mit einer Gesamtdichte $<2,64\text{g/cm}^3$, wiederum unterbrochen von vereinzelt auftretenden Dioritstöcken mit höherer Dichte ($2,74\text{g/cm}^3$).

Das Moldanubikum zeichnet sich durch eine große Vielfalt von Gesteinen und damit durch große Dichteunterschiede, regional betrachtet, aus. In der Monotonen Serie sind hauptsächlich Dichtewerte um $2,68\text{g/cm}^3$ anzutreffen, während in der Bunten Serie die Spitzen bis über 3g/cm^3 steigen. Hier läßt sich auch kaum ein allgemein gültiger Dichtewert für die gesamte Einheit ermitteln.

Das Moravikum verhält sich ähnlich wie die Bunte Serie. Der im äußersten Osten der Böhmisches Masse gelegene Thayabatholith weist geringe Dichten von im Durchschnitt weniger als $2,60\text{g/cm}^3$ auf.

Im allgemeinen ist zu beachten, daß auch innerhalb einer Gesteinsart größere Dichteveriationen, abhängig vom Mineralbestand, auftreten können (siehe Tab. 3, statistische Übersicht). Als Durchschnittsdichte der Gesteine der Böhmisches Masse Österreichs wurde der auch bisher angenommene Wert von $2,67\text{g/cm}^3$ bestätigt. Das Poisson'sche

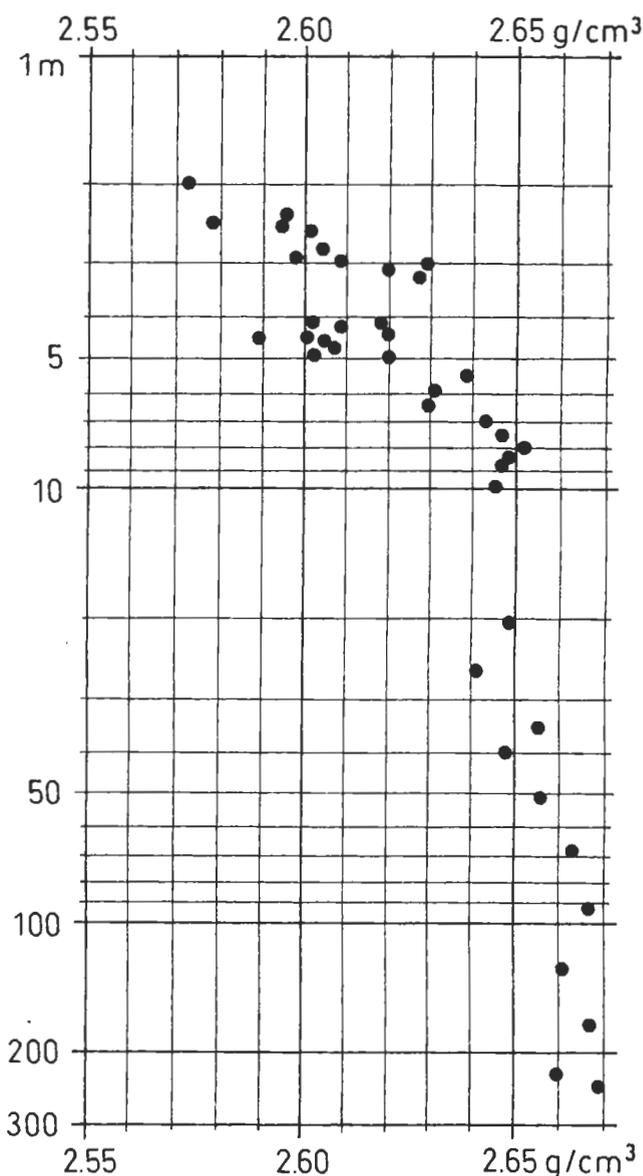


Abb. 7: Teufenabhängigkeit der Dichtewerte von Bohrkerndaten aus MOK1; alle Proben aus dem Eisgarner Granit.

Fig. 7: Correlation between depth and rock densities from drillingcores of MOK1; all samples are Eisgarner Granit.

Theorem zur Verknüpfung bzw. kombinierten Interpretation von Dichte und Suszeptibilität ist in vielen Bereichen problematisch. Die magmatischen Gesteine ergeben bei dieser Kombination einen genau gegenläufigen Trend: Geringe Dichtewerte bei relativ hohen Suszeptibilitätswerten.

Eine gewisse Übereinstimmung der Dichtekarte mit den Bougueranomalien des Untersuchungsgebietes hebt die Wichtigkeit einer exakten Dichtekartierung als Voraussetzung für die gravimetrische Vermessung einer Region hervor.

Tab. 5: Bohrungsdaten und Untersuchungsgebiete
 Tab. 5: Coredata and areas of exploration

Bohrung	Lokalität		Endteufe <m>	Überdeckung	
	Länge	Breite		<m>	Material
MOK1	14,8536	48,6645	303,3	3,0	Humus, Grus
MOK2	14,8568	48,6658	279,1	2,0	Humus, Grus
LOK1	14,7767	48,5421	103,2	24,5	Granitgrus
LOK2	14,7784	48,5424	127,4	6,0	Granitgrus
LOK3	14,7768	48,5421	38,7	17,0	Granitgrus
LOK4	14,7787	48,5420	114,5	10,5	Granitgrus
LOK5	14,7772	48,5418	71,5	23,0	Granitgrus
LOK6	14,7767	48,5439	84,0	9,0	Granitgrus
LOK7	14,7775	48,5426	77,5	9,8	Granitgrus
LOK8	14,7794	48,5423	84,6	5,5	Granitgrus
LOK9	14,7795	48,5422	85,4	6,5	Granitgrus
LOK10	14,7801	48,5427	61,1	5,0	Granitgrus
LOK11	14,7761	48,5420	65,7	15,5	Humus, Grus
HOK1	alle im Abstand		136,7	—	—
HOK2	von max. 2000 m		119,2	—	—
HOK3	um die Kirche von		232,7	—	—
HOK4	Hirschenschlag		125,0	2,8	Humus, Grus
NEK2	alle im Umkreis		90,3	1,2	Humus
NEK5	von ca. 200 m um		74,4	0,2	Humus
NEK7	die Koordinaten		97,1	1,0	Humus
NEK8	14,6778	48,7917	92,1	5,3	Granitgrus
NEK9			160,2	1,5	Granitgrus
NEK10			142,9	1,7	Humus
NEK12			148,6	—	—
WOK5	15,3569	48,5136	87,5	3,0	Humus

Legende/legend: St. Martin ... MOK; Liebenau ... LOK;
 Hirschenschlag ... HOK; Nebelstein ... NEK; Wietzen ... WOK.

6.2. Magnetische Suszeptibilität der Gesteine

In vielen Bereichen der Böhmisches Masse Österreichs liegen die Suszeptibilitätswerte zwischen 0,1 und $0,2 \times 10^{-3}$ SI-Einheiten. Erhöhte Werte ergaben sich nur in der Bunten Serie, im Moravikum und vereinzelt in Dioritstöcken des Bavarikums sowie der Südböhmischen Plutonite. Hier wurden extremwerte bis über 46×10^{-3} SI gemessen.

Bei den meisten Gesteinen überschneiden sich die Spannweiten der Meßergebnisse in weiten Bereichen (vgl. Tab. 4), sodaß allgemein festgestellt werden kann, daß eine Unterscheidung der Gesteine aufgrund ihrer Suszeptibilität nicht vorgenommen werden kann.

Die Anwendung des Poisson'schen Theorems

führte nur bereichsweise zu befriedigenden Ergebnissen.

Danksagung

Der Fonds zur Förderung von Wissenschaft und Forschung in Österreich unterstützte diese Arbeit im Rahmen des Projektes „P7186-Gesteinsphysik Böhmisches Masse“.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn Dr. P. Steinhauser, der mich zu dieser Arbeit ermutigt hat und mir jede Unterstützung zukommen ließ. Weiters möchte ich folgenden Herren danken: Dr. G. Duma, Projektleiter, Dr. B. Meurers für den großzügigen Meinungsaustausch, Dr. F. Koller für die Bereitstellung von Kernmaterial, Dr. H. J. Mauritsch für die Überlassung von

Kerndaten, Dr. W. Seiberl für die Überlassung einer aeromagnetischen Karte Österreichs.

7. Literatur

- CARMICHAEL, R. S. (1989): Practical Handbook of Physical Properties of Rocks and Minerals. — CRC Press, Florida.
- ELIAS, M. & UHMANN, J. (1968): Synoptic Rock Densities Map of Czechoslovakia (with explanation text). — Inst. of applied geoph. Brno; Publ.: Geol. surv. Czechoslov., Prague.
- FINGER, F. und HÖCK, V. (1986): Zur magmatischen Entwicklung des Moldanubikums. — Jb. Geol. B.-A., 129, 641–642, Wien.
- FUCHS, G. (1976): Zur Entwicklung der Böhmisches Masse. — Jb. Geol. B.-A., 119, 45–61, Wien.
- FUCHS, G. und MATURA, A. (1976): Zur Geologie des Kristallins der südlichen Böhmisches Masse. — Jb. Geol. B.-A., 119, 1–43, Wien.
- GRANSER, H. (1982): Allgemeine Feldvortsetzung und Verfahren zur Dichtebestimmung angewandt auf gravimetrische Untersuchungen im Hochgebirge. — Diss. Univ. Wien.
- KÖHLER, A. (1941): Die moldanubischen Gesteine des Waldviertels (Niederdonau) und seine Randgebiete. 1. Teil: Die petrologischen Verhältnisse. — Fortschr. Min. Krist. Petr., 25, 253–316, Berlin.
- LIPPMANN, E. et al. (1988, 1989): KTB Oberpfalz VB – Gesteinsphysikalische Untersuchungen. D Geophysik, KTB-Report, 88-1,88-2,88-6,88-9,89-2, Hannover.
- LIPPMANN, E. et al. (1989): Tiefbohrung KTB Oberpfalz VB – Ergebnisse der geowissenschaftlichen Bohrungsbearbeitung im KTB-Feldlabor (Windischeschenbach), Teufenbereich: 2500–3009m. D Geophysik, KTB-Report, 89-4, Hannover.
- MATURA, A. (1976): Hypothesen zum Bau und zur geologischen Geschichte des kristallinen Grundgebirges von Südwestmähren und dem niederösterreichischen Waldviertel. — Jb. Geol. B.-A., 119, 63–74, Wien.
- MENDE, D. und SIMON, G. (1988): Physik: Gleichungen und Tabellen. — (VEB Fachbuchverlag), Leipzig.
- MEURERS, B., STEINHAUSER, P. und JILG, W. (1990): Gesteinsphysikalische Aufnahme der Böhmisches Masse in ausgewählten Teilen des Mühlviertels. — IMG-Univ. Wien, Geoph. Forsch. Ber., 29, Wien.
- SCHARBERT, H. G. und FUCHS, G. (1981): Metamorphe Serien im Moldanubikum Niederösterreichs. (EX.7, DMG-ÖMG-Tagung 1981). — Fortschr. Min., 59/Beiheft 2, 129–152, Stuttgart.
- STEINHAUSER, P., JILG, W. und MEURERS, B. (1988a): Die Verteilung von Dichte und magnetischer Suszeptibilität der Oberflächengesteine in der Umgebung des Nebelsteins. — IMG-Univ. Wien, Geoph. Forsch. Ber., 24, Wien.
- STEINHAUSER, P., JILG, W. und MEURERS, B. (1988b): Gesteinsphysikalische Parameter der Oberflächengesteine des nordöstlichen Waldviertels. — IMG-Univ. Wien, Geoph. Forsch. Ber., 26, Wien.