

E.

Vergleichende Untersuchungen der
Gamma-ray-Messungen (GR)
im Bohrloch und an Bohrkernen
im Teufenbereich 3000–3500 m

Ch. Bucker
G. Zimmermann

KTB-Report	89-5	E1 - E9	12 Abb.	Hannover 1989
------------	------	---------	---------	---------------

E. Vergleichende Untersuchung der Gamma-ray-Messungen (GR)
im Bohrloch und an Bohrkernen
im Teufenbereich 3000 - 3500 m

Ch. Bucker¹ & G. Zimmermann²

INHALTSVERZEICHNIS		Seite
E.1	Einleitung	E 1
E.2	Methode	E 3
E.3	Ergebnisse	E 3
E.4	Diskussion	E 8
E.5	Literaturverzeichnis	E 9
E.6	Danksagung	E 9

Anschrift der Verfasser:

¹ KTB-Feldlabor, Postfach 67, D-8486 Windischeschenbach

² Inst. f. Angewandte Geophysik der TU Berlin,
Ackerstr. 71-76, D-1000 Berlin 65

E.1 Einleitung

Bohrmeisterteufen (Gestängeteufen) und Logteufen (Kabelteufen) können Differenzen aufweisen. Bei den Logteufen wird die Kabellängung, im wesentlichen bedingt durch Eigengewicht, Gewicht der Sonde, Auftrieb und Reibung im Bohrloch, berücksichtigt. Bei der Bohrmeisterteufe wird hingegen eine bei größeren Teufen nicht mehr zu vernachlässigende Längung des Gestänges durch dessen Eigengewicht in der Regel nicht berücksichtigt. Dies hat zur Folge, daß die auf den Bohrmeisterteufen beruhenden Bohrkern-teufen geringere Werte aufweisen können, als die Teufenangaben zu den Bohrlochmessungen. Diese Teufendifferenz zwischen Bohrlochmessungen und Bohrkernen ist ein Problem allgemeiner Art, das nicht nur die Bohrlochmessungen und die Messungen im Feldlabor betrifft. Die Ungenauigkeit in der Teufenzuordnung zwischen Kern und Log ist nach SCHMITZ et al. (1989) auch eine Fehlerquelle bei der Bohrkernorientierung.

Zur Bestimmung dieses Teufenversatzes zwischen Log und Bohrkernen gibt es verschiedene Möglichkeiten:

1. Vergleich der Strukturen auf dem Bohrkern und an der Bohrlochwand mit Hilfe der Bohrkernabwicklungen bzw. der Formation-Micro-Scanner- (FMS) oder der akustischen Borehole-Televiwer-Messungen (BHTV) im Bohrloch.
2. Bestimmung der Teufenposition der Gestängeverbinder im Bohrloch mit einer CCL-Sonde (Casing-Collar-Locator) in Verbindung mit einer Gamma-ray Messung. Bei dieser Methode wird die CCL-Sonde innerhalb des Gestänges gefahren und die Position der Gestängeverbinder kann magnetisch detektiert werden. Durch Vergleich mit der Gamma-ray-Messung ohne Gestänge kann so eine Teufenbeziehung zwischen Gestänge und Kabel ermittelt werden.

Etwas eingeschränkt wird die Anwendbarkeit dieser Methode durch die Dämpfung des GR-Signals durch das Gestänge, besonders im Bereich der Gestängeverbinder. Außerdem wird i. a. wesentlich später gemessen, als die betreffende Stelle erbohrt wurde. D.h., der Strang ist länger, weist eine größere Längung auf und ist möglicherweise auch anders zusammengestellt als während des Bohrens.

3. Vergleich physikalischer Messungen an Bohrkernen und im Bohrloch (z.B. Gamma-Aktivität).

Von wenigen Ausnahmen abgesehen, wird in der KTB-Vorbohrung bei allen Bohrlochmessungen die Gamma-ray (GR)-Sonde in Kombination mit der speziellen Sonde mitgefahren, sodaß die GR-Messung als ein Standard zur Teufenkorrelation der verschiedenen Bohrlochmessungen verwendbar und von daher auch für einen Teufenvergleich mit den Bohrkernmessungen beson-

ders geeignet ist. Voraussetzung hierfür ist, daß die Bohrkernmessungen in möglichst dichtem Abstand durchgeführt werden.

E.2 Methode

Die Grundlagen der Messung der natürlichen Radioaktivität von Bohrkernen werden in Kapitel D.3 in diesem Report beschrieben. In Abbildung D.3.6 sind die Original-Meßkurven des Gamma-rays von Bohrkernen und im Bohrloch dargestellt. Anhand dieser Kurven ist es zunächst nicht möglich, einen Teufenversatz zwischen beiden Messungen festzustellen.

Der Teufenversatz kann allerdings graphisch verdeutlicht werden, wenn die Meßkurven einer Glättung bzw. Filterung unterworfen werden. Hierbei werden die hochfrequenten, d.h. kleinräumig stark schwankenden Meßsignale über wählbare Teufenbereiche verschieden gewichtet und man erhält eine geglättete Kurve. Da die Bohrkern-Messungen, bedingt durch Kernverlust und beim Bohren zerfallenes Bohrkernmaterial, nicht in äquidistanten Intervallen durchgeführt werden können, kann eine echte Wellenlängen-Filterung nicht angewandt werden. Zur Glättung der Meßkurven wurde daher ein Programm benutzt, das ein gleitendes Mittel über beliebig lang wählbare Teufenabschnitte nach der Integralmethode berechnet. Mit Hilfe der so geglätteten Meßkurven ist es möglich, eine Teufendifferenz abzuschätzen (vgl. Abb. E.1 - E.3).

Die Korrelationsrechnung bietet eine Möglichkeit, den Zusammenhang zwischen den Gamma-ray-Messungen am Kern und im Bohrloch zu quantifizieren. Hierbei werden die jeweiligen Abweichungen der beiden Meßkurven voneinander bestimmt und der Korrelationskoeffizient berechnet. Durch Variation des Teufen-Offsets und Berechnung des jeweiligen Korrelationskoeffizienten ist eine Optimierung der Verschiebung der beiden Meßkurven möglich. Diese Berechnungen wurden in Zusammenarbeit mit der TU Berlin über einen Teufen-Offset von insgesamt ± 6 m für verschiedene Teufenabschnitte durchgeführt. Trägt man den Teufen-Offset gegen den jeweiligen Korrelationskoeffizienten auf, so sollte dann, wenn Teufen-Offset und 'wahrer' Teufenversatz zwischen Bohrloch- und Bohrkernmessungen übereinstimmen, der maximale Korrelationskoeffizient auftreten.

E.3 Ergebnisse

In Tabelle E.1 sind die Ergebnisse der oben beschriebenen Korrelationsrechnungen zusammengefaßt. In den Abbildungen

E.1 bis E.3 sind die Ergebnisse einmal für den gesamten Teufenbereich von 3011 - 3500 sowie für 100 m-Teufenabschnitte dargestellt. Jeweils im oberen Teil der Abbildungen sind die geglätteten Teufenkurven der Bohrloch- bzw. Bohrkernmessungen abgebildet (durchgezogen bzw. gestrichelt mit Meßpunkten, jeweils gleitendes Mittel über 20 m). Den Korrelationsdiagrammen im unteren Teil der Abbildungen kann der Teufenversatz beim jeweiligen maximalen Korrelationskoeffizienten entnommen werden. Für die Korrelationsrechnungen wurden die nicht geglätteten Meßkurven verwendet.

Tabelle E.1: Zusammenfassung der Ergebnisse der Korrelationsrechnungen. max.KK: maximaler Korrelationskoeffizient, Anzahl und Messungen/m: bezogen auf Bohrkernmessungen, die Bohrlochdaten liegen in 15 cm-Abständen vor. Datum der verwendeten GR-Messung im Bohrloch: 06.12.88 (Messung bei 3628 m).

Teufenbereich, m	max.KK	Anzahl	Messungen/m
3011 - 3100	0.86	40	0.45
3100 - 3200	0.65	54	0.54
3200 - 3300	0.59	49	0.49
3300 - 3400	0.71	50	0.50
3400 - 3500	0.69	127	1.27
3011 - 3500	0.67	320	0.65

Die Teufendifferenzen in den einzelnen Teufenabschnitten nehmen mit zunehmender Teufe - wie erwartet - ebenfalls zu. Die maximalen Korrelationskoeffizienten liegen zwischen 0.59 und 0.86, die Korrelation ist also als ausreichend bis gut zu bezeichnen. Den Korrelationsdiagrammen (Abb.E.1 - E.3) ist zu entnehmen, daß die Korrelationskurven nicht immer eindeutige Maxima aufweisen. In den Abbildungen E.2b und E.3b sind jeweils ein Maximum sowie ein fast gleich hohes Nebenmaximum zu erkennen. D.h., daß auch bei einem weiteren Teufen-Offset eine Ähnlichkeit der beiden Meßkurven zu finden ist. Diese Nebenmaxima liegen allerdings bei unrealistischen, und, verglichen mit den anderen Werten, inkonsistenten Teufendifferenzen.

Von der Fachgruppe Bohrlochmessungen der Projektleitung wird derzeit ein Master-Gamma-ray erstellt, das als 'Richtschnur' für alle anderen Bohrlochmessungen sowie für die Korrelationsrechnungen dienen soll (BRAM, mündl. Mitteilung).

Mit der hier verwendeten Gamma-ray-Messung (Gamma-ray-Log vom 6.12.88) und der Methode der Korrelationsrechnung ergeben sich im Teufenabschnitt von 3000 - 3500 Teufendifferenzen von 1.2 - 1.9 m. Diese Werte können sich ändern, wenn für die Rechnungen das Master-Gamma-ray verwendet wird.

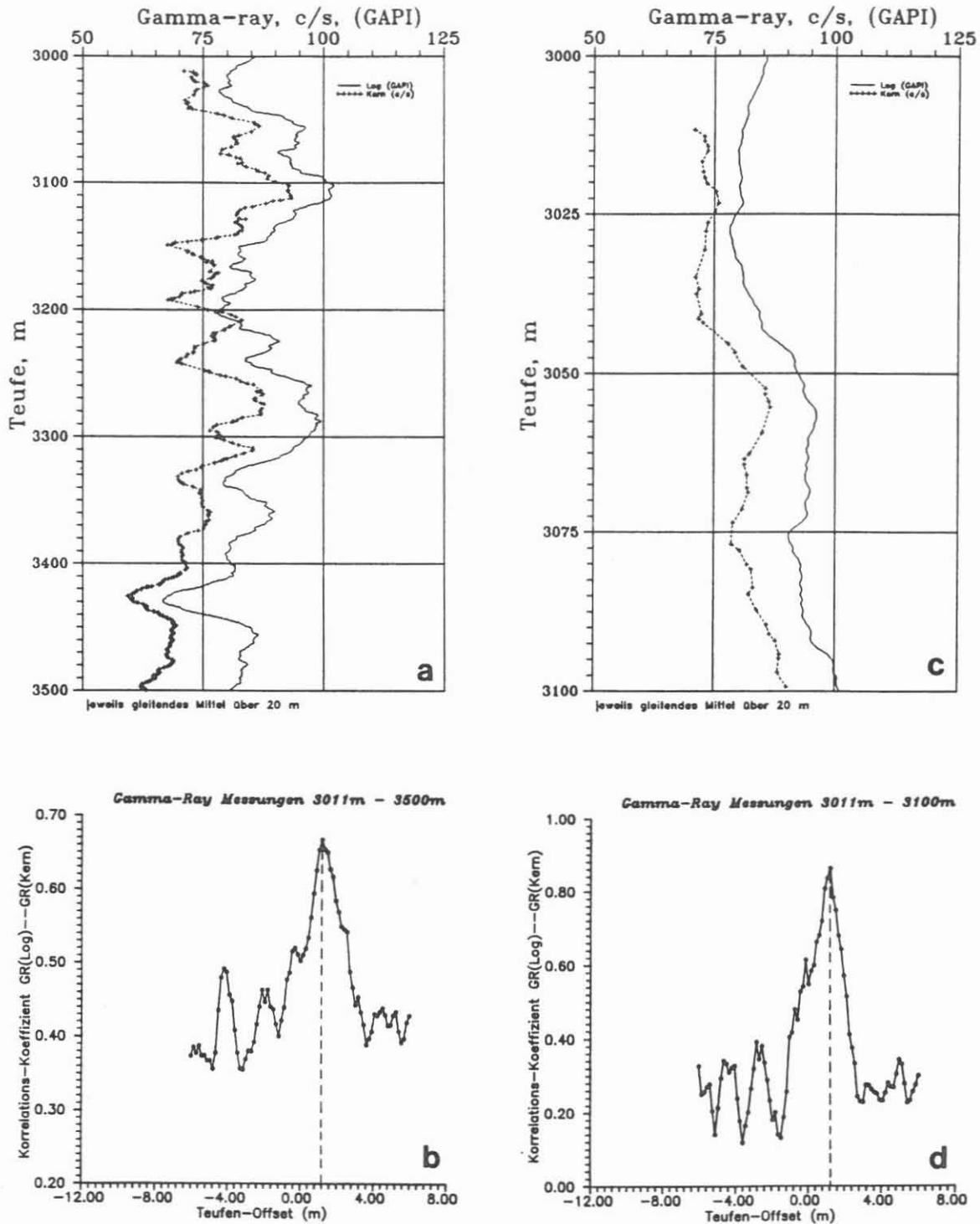


Abb. E.1: a) Teufenlog der GR-Messungen an Bohrkernen und im Bohrloch, gesamtes Teufenintervall von 3011 - 3500 m; b) Korrelationsdiagramm dazu. c) Teufenabschnitt 3011 - 3100 m; d) Korrelationsdiagramm dazu. (GAPI = Gamma-ray American Petroleum Institute, vgl. Kapitel D.3 in diesem Report).

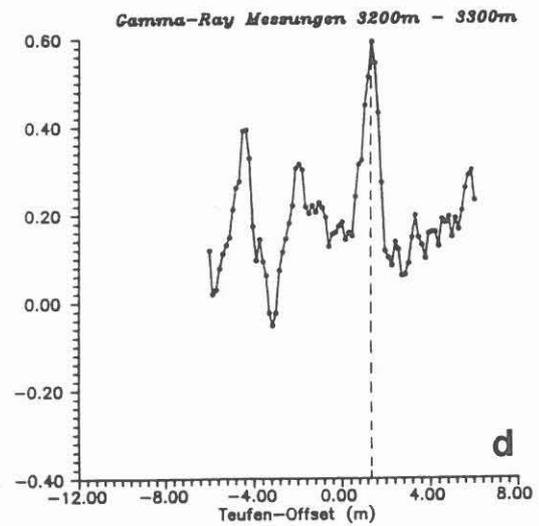
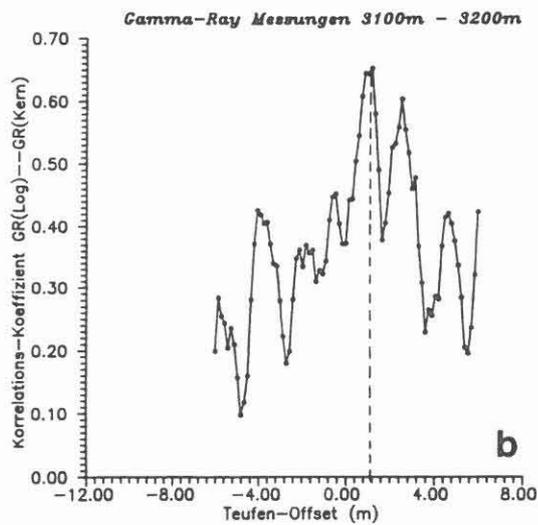
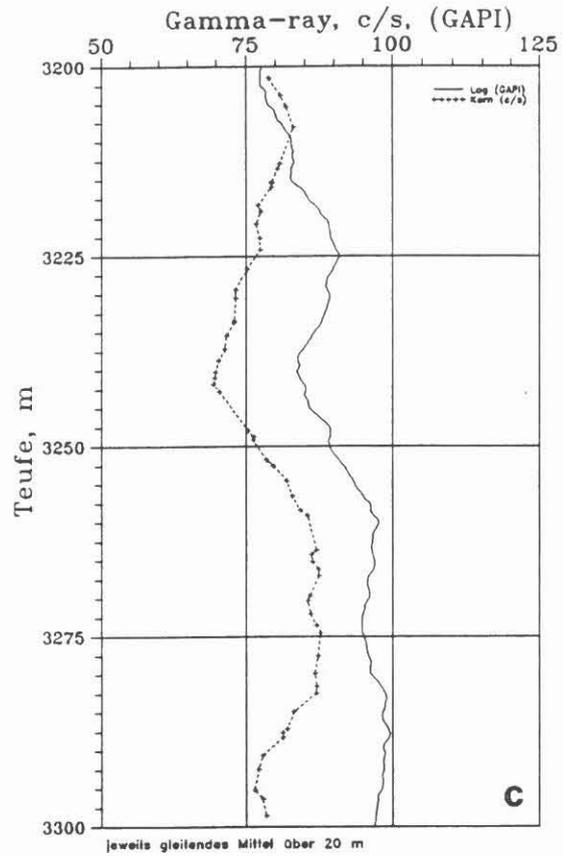
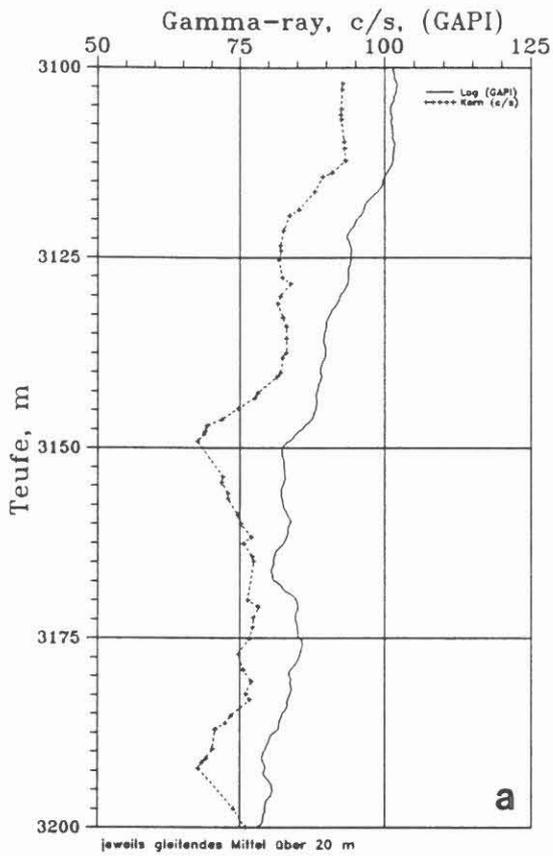


Abb. E.2: a) Teufenlog der GR-Messungen an Bohrkernen und im Bohrloch, Teufenabschnitt 3100 - 3200; b) Korrelationsdiagramm dazu. c) Teufenabschnitt 3200 - 3300 m; d) Korrelationsdiagramm dazu.

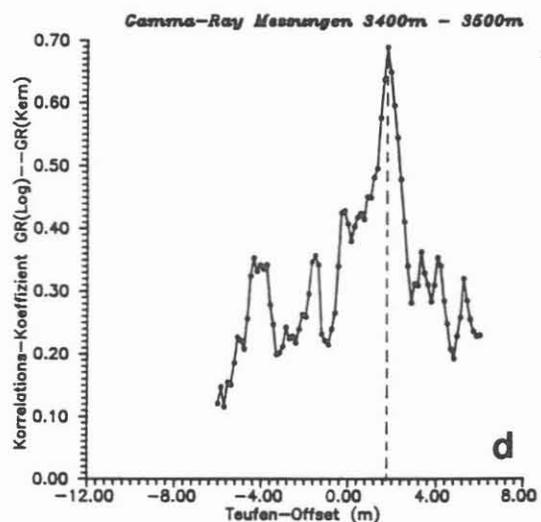
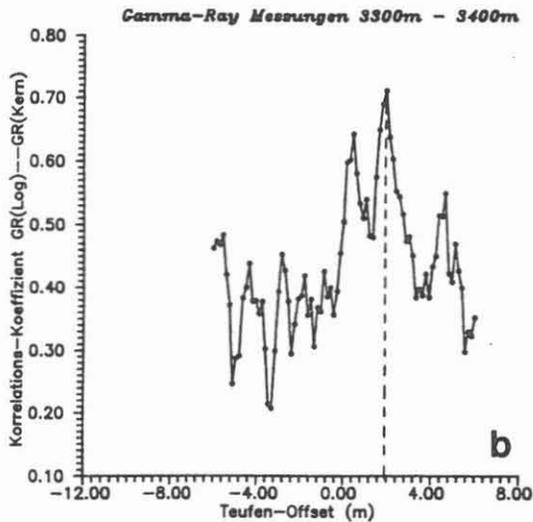
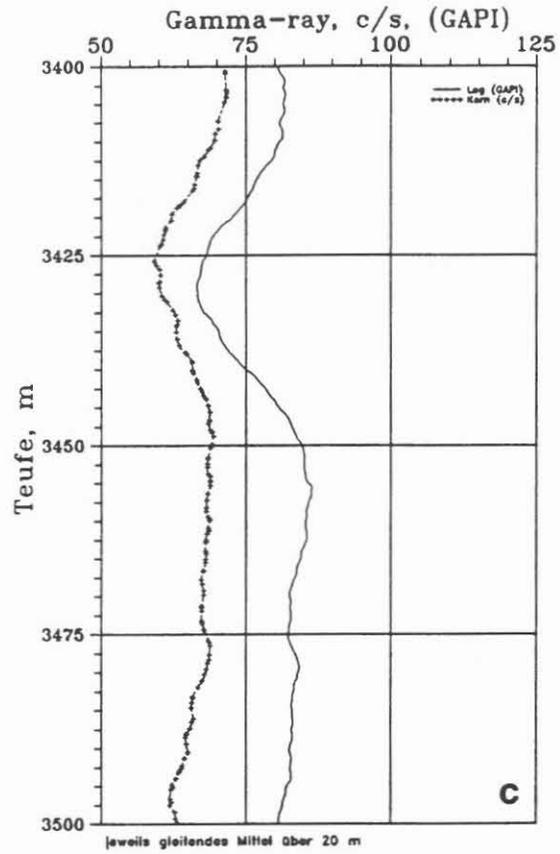
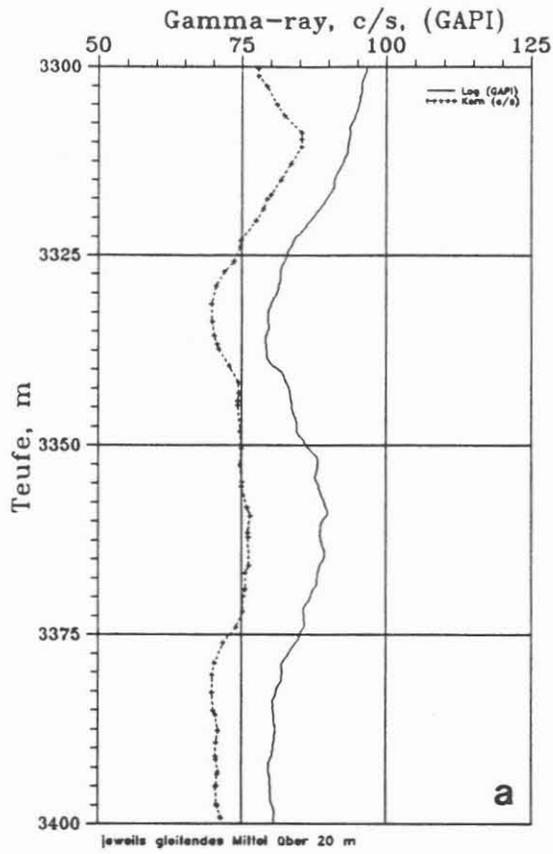


Abb. E.3: a) Teufenlog der GR-Messungen an Bohrkernen und im Bohrloch, Teufenabschnitt 3300 - 3400 m; b) Korrelationsdiagramm dazu. c) Teufenabschnitt 3400 - 3500 m; d) Korrelationsdiagramm dazu.

E.4 Diskussion

In Tabelle E.1 sind in den beiden letzten Spalten auch die Gesamtanzahl der Bohrkern-Messungen sowie die Anzahl der Bohrkern-Messungen pro Meter in den jeweiligen Teufenabschnitten angegeben. Bedingt durch die relativ lange Meßzeit von 2 Stunden, Kernverlust und Trümmerzonen konnte in diesem Teufenabschnitt im Mittel nur alle 1.5 m eine Messung vorgenommen werden. Die Bohrlochmessungen wurden dagegen in Meßintervallen von 15 cm durchgeführt. Dieser große Unterschied in den Meßintervallen beeinflußt die Korrelierbarkeit der beiden Meßreihen. Je größer die Meßpunktdichte bei den Bohrkernmessungen ist, umso sicherer können diese mit den Bohrlochmessungen verglichen werden.

Einen größeren Einfluß auf die Vergleichbarkeit der beiden Gamma-ray-Meßreihen hat allerdings die Variation der jeweiligen Meßwerte mit der Teufe; wenn die Meßwerte der beiden Meßreihen in sich schon keine oder nur geringe Variationen aufweisen, kann eine Korrelationsrechnung nur bedingt durchgeführt werden. Insbesondere in dem Teufenabschnitt dieses Berichtes, in dem im wesentlichen eine monotone Abfolge von Biotit-Sillimanit-Gneisen vorliegt, sind die Variationen im Gamma-ray mit Werten zwischen 60 c/s und 100 c/s relativ gering.

Trotz der genannten Schwierigkeiten bei der Durchführung der Korrelationsrechnungen zeigen die Korrelationsdiagramme (vgl. Abb. E1. - E.3) zum Teil signifikante Maxima für bestimmte Teufen-Offsets. Die kleineren Korrelationskoeffizienten wurden in den Teufenbereichen ermittelt, in denen auch größere Abweichungen zwischen der Bohrloch- und der Bohrkern-Meßkurve zu finden sind (vgl. a. Abb. E.1a und Tab. E.1). Diese Abweichungen könnten darauf zurückzuführen sein, daß in bestimmten Teufenbereichen, insbesondere bei steilem Einfallen der Foliation, Anomalien in der Gamma-Strahlung nur in der Bohrlochwand bzw. nur im Bohrkern auftreten.

Es ist zu erwarten, daß die Korrelationsrechnungen in einem Teufenabschnitt mit einem häufigeren Lithologiewechsel noch signifikanter ausfallen und Teufendifferenzen mit größerer Genauigkeit angegeben werden können.

Die Ermittlung der Teufendifferenzen wird mit den anderen Arbeitsgruppen (z.B. FMST-Auswertung und Bohrkernorientierung) in Zusammenarbeit abgestimmt. Die weiteren Arbeiten werden in einem der nächsten Reports vorgestellt.

E.5 Literaturverzeichnis

SCHMITZ, D., HIRSCHMANN, G., KOHL, J., RÖHR, C. & H.-G. DIETRICH (1989): Die Orientierung der Bohrkerne in der KTB-Vorbohrung.- in: R. Emmermann und P. Giese (Hrsg.): KTB Report 89-3, Beiträge zum 2. KTB-Kolloquium Gießen, 15. bis 17.3.89, Hannover.

E.6 Danksagung

Die Korrelationsrechnungen wurden an der TU Berlin mit Hilfe eines von Michael Melchert geschriebenen Programms durchgeführt. Für die freundliche Software-Unterstützung bedanken wir uns!