## Zwei Beispiele zum Einsatz von Polynomial-Trendflächen-Analysen bei geologischen Fragestellungen

Wolfdietrich Skala, Berlin

Mit 7 Abbildungen

#### Zusammenfassung

Zielsetzungen und Arbeitsweisen von Trendflächen-Untersuchungen werden an Hand ausgewählter Beispiele beschrieben. In den Konturkarten sedimentologischer Merkmale der Heisdorfer Schichten (Oberes Emsium) der Kalkmuldenzone der Eifel (BRD) zeichnen sich möglicherweise paläogeographisch bedeutsame Strukturen ab, deren Längsachsen annähernd senkrecht zum variszischen Streichen verlaufen. Aus einer Überarbeitung der erdmagnetischen Messungen in der südlichen Steiermark von K. Forberger & K. Metz 1939 wird die Bedeutung der Untersuchung von Restwerten ersichtlich: Während großräumige Untergrundstrukturen annähernd durch die konturierten Trendflächen abgebildet werden, lassen sich die durch die Vulkanmassive erzeugten extremen Abweichungen des erdmagnetischen Feldes aus einer Karte der Residuen erkennen.

#### Einleitung

Trend-Analysen beschäftigen sich mit der quantitativen Erfassung und Beurteilung systematischer Veränderungen. Dies geschieht, geometrisch ausgedrückt, durch deren Darstellung in Linien, Flächen oder mehrdimensionalen Hyperflächen, die sich den untersuchten Daten möglichst genau anpassen. Die mathematische Verwirklichung erfolgt durch die Erstellung von Trend-Funktionen, die einem Optimierungs-Kriterium (im allgemeinen dem "Kriterium der kleinsten Quadrate") genügen. Die Auswahl der Funktionsklasse bleibt dem Bearbeiter überlassen. Je nach der Art des zu erwartenden Trends, eignen sich als Trend-Funktionen meist Polynome, harmonische Funktionen oder Exponential-Funktionen.

Soll die Polynomial-Trend-Analyse Probleme der bivariaten Statistik lösen, so spricht man häufig von linearer oder nichtlinearer Regressions-Rechnung, je nachdem man versucht, eine der beiden Variablen durch ein Polynom ersten oder höheren Grades zu approximieren. Aus der Regressionsgleichung läßt sich jedoch nicht der Zusammenhang zweier Größen ersehen — hierzu sind andere Verfahren (Korrelations-Rechnung, Eigenwert-Analyse) erforderlich.

In den Geowissenschaften ergibt sich häufig die Fragestellung, in welcher Weise und mit welcher Sicherheit von zwei Größen auf eine dritte zu schließen sei. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn die Lage von Beobachtungspunkten eines untersuchten Merkmals durch ihre geographischen Koordinaten angegeben wird. In solchen Fällen versucht die Trend-Analyse, die Beobachtungswerte durch Funktionen zu approximieren, die sich geometrisch als Flächen (Trendflächen) dar-

stellen lassen. Form und Lage der Trendflächen wird durch die Koeffizienten der gewählten Funktionen bestimmt. Steigt mit dem Grad der Funktion die Anzahl deren Koeffizienten, so verbessert sich die Anpassung der Trendfläche an die Beobachtungswerte. Erreicht die Anzahl der Koeffizienten die der Beobachtungswerte, so kommt es zu deren vollständiger Ausgleichung (Interpolation). Diese ist im allgemeinen jedoch nicht Ziel der Trendflächen-Analyse. Sie soll vielmehr versuchen, systematische Schwankungen einer Merkmalsgröße durch möglichst einfache Trends (Funktionen mit wenigen Koeffizienten) zu erklären. Dadurch bleiben, durch die Trendfläche nicht erfaßbare, mehr oder weniger große Restdifferenzen der Beobachtungswerte (Residuen) erhalten, deren Untersuchung zusätzliche Informationen erbringen kann (D. F. MERRIAM & J. W. HARBAUGH 1964).

Die Beurteilung der Zuverlässigkeit der Trendflächen wird in der Literatur mit Hilfe verschiedener Verfahren durchgeführt. Neben der Ermittlung des Bestimmtheitsmaßes in Prozenten wird häufig eine Berechnung von Konfidenzflächen (W. C. Krumbein 1963) oder eine Beurteilung von Varianz-Verhältnissen mit Hilfe des Snedecor-f-Tests zur Feststellung der Signifikanz von Koeffizienten der Trend-Funktionen erstellt. Dieser letztere statistische Test hat jedoch nur unter Grundvoraussetzungen Gültigkeit, die vor jeder Trend-Untersuchung überprüft werden sollten:

Die Residuen müssen an allen Stellen des Untersuchungsgebietes normal verteilt und homoskedastisch sein, also konstante Varianz besitzen. Außerdem sollten die Beobachtungspunkte über das Arbeitsgebiet in statistischem Sinne möglichst gleichmäßig verteilt sein, eine Forderung, die sich unter schlechten Aufschlußverhältnissen meist nicht verwirklichen läßt.

Über Trendflächen-Untersuchungen geowissenschaftlicher Probleme existiert eine bereits umfangreiche Literatur. Für die Entwicklung dieses Arbeitsgebietes in den letzten Jahren waren Arbeiten, wie C. H. G. Oldman & D. B. Sutherland 1955, E. H. T. Whitten 1959, R. L. Miller 1956 und W. C. Krumbein 1956 richtungweisend. Zur Berechnung der Trendfunktionen und ihrer graphischen Darstellung in Konturkarten mit Hilfe der EDV wurden speziell für geowissenschaftliche Probleme bereits mehrere Rechenprogramme publiziert (J. Esler, P. F. Smith & J. C. Davis 1968, W. R. James 1966, W. T. Fox 1967, A. T. Miesch & J. J. Connor 1968).

In der Folge soll der Einsatz der Trendflächen-Analyse an Hand zweier ausgewählter Beispiele erläutert werden. Die Untersuchungen erfolgten über das Terminal des Institutes für Geologie der Freien Universität Berlin zum Großrechenzentrum für die Wissenschaft in Berlin (TR 440) mit Hilfe der Rechenprogramme KWIKR 8 von J. ESLER, P. F. SMITH & J. C. DAVIS 1968 (modifiziert durch Prof. Dr. E. Walger, Kiel) und Trend von Dr. E. Mundry, Hannover.

## Sedimentologische Daten aus den Heisdorfer Schichten (Oberes Emsium) der Eifeler Kalkmulden-Zone (BRD)

Die Kalkmulden-Zone der Eifel (linksrheinisches Schiefergebirge) stellt im Devon einen von den zentralen Teilen des rheinisch-ardennischen Variszikums durch Inseln oder Schwellen abgetrennten Bereich relativ geringmächtiger Sedi-



Abb. 1: Die Heisdorfer Schichten (Oberes Emsium) der Eifel (BRD). Ausstrichlinien schematisiert nach W. Skala 1974.

mentation dar. Wie die eingehenden palökologischen und paläogeographischen Studien von W. Struve 1961 und 1963 gezeigt haben, ist diese fazielle Sonderstellung vor allem im Mitteldevon erkennbar. Dagegen sind vor allem die lithofaziellen Verhältnisse des vorwiegend klastisch ausgebildeten Unterdevons der Eifel bislang wenig erforscht. Mit einer sedimentologischen Bearbeitung der von L. Happel 1932 an Profilen im Raume um Wetteldorf-Schönecken südlich Prüm definierten Heisdorfer Schichten (Abb. 1) begann W. Skala 1974. In der wechselvollen Gesteinsausbildung dieses Schichtglieds im Dach des Oberems vollzieht sich die Ablösung der sandig-tonigen Sedimentation des Unterdevon durch die mitteldevonische kalkig-mergelige Fazies. Zur Variabilität der Gesteinszusammensetzung innerhalb von Profilen kommen auffallende litho- und biofazielle Änderungen, die Autoren wie R. Werner 1972 und andere zur Differenzierung der Heisdorfer Schichten in Faziesbereiche innerhalb von Teilgebieten der Eifel veranlaßte.

Die Geländeaufnahme erfaßte 94 Profile, aus deren Fossilführung bzw. deren Lithologie eine Zuordnung zu den Heisdorfer Schichten zu vermuten war. Eine biostratigraphische Abgrenzung der Heisdorfer Schichten gegen die hangenden Laucher Schichten (Basis des Eifeliums) war in Einzelfällen möglich, eine genaue Grenzziehung gegen das Liegende (Wetteldorfer Schichten) ließen weder Fossilinhalt noch lithologische Kriterien zu. Die Frage nach den Mächtigkeits-Verhältnissen der Heisdorfer Schichten (durchschnittlich etwa 20 m?) muß somit weitgehend unbeantwortet bleiben.

In chemischen Analysen und an Dünnschliffen von 1500 Proben wurde die vertikale Variabilität der stofflichen Zusammensetzung und der Korngrößen-Verhältnisse von Profilabschnitten studiert, für die eine Zuweisung zu den Heisdorfer Schichten angenommen werden konnte, Eine Untersuchung der lateralen bzw. flächenhaften Schwankungen fazieller Merkmale (Korndurchmesser des silikatischen Detritus, quantitativer Anteil an Karbonaten, Haematit, silikatischem Detritus etc., mikrofazielle Merkmale) war durch W. Skala 1974 unterblieben. Sie soll an dieser Stelle mit Hilfe polynomialer Trendflächen-Analysen erfolgen. Überaus charakteristisch für die Heisdorfer Schichten ist die beträchtliche Haematit-Führung, die in bauwürdigen (E. Schubert, H. Bayer & E. Schwarz 1959) Flözen bis 36 % erreichen kann. Untersucht man den maximalen Haematit-Gehalt der Profile in Trendflächen-Analysen, so ergibt sich folgendes Bild: Zur Wiedergabe der wesentlichen Informationen genügt, wie Bestimmtheitsmaß und f-Werte zeigen, die Trendfläche 2. Grades. Trendflächen höheren Grades bringen keine signifikanten Verbesserungen. In der Konturkarte (Abb. 2) liegen die höchsten Trendwerte in Abschnitten, die etwa der zentralen Eifel entsprechen würden. Elliptische Strukturen zeichnen sich ab, deren Längsachse annähernd senkrecht zum Streichen der Kalkmulden verlaufen (NW-SE). Eine Beurteilung der Randpartien der Karte muß unterbleiben, da das Rechenverfahren hier unscharfe Aussagen erzeugt (W. C. KRUMBEIN 1963).

Die Untersuchung der mittleren Haematit-Gehalte der Profile erbrachte ähnliche Ergebnisse.

```
CCCCCCCC
                                                                      ****
                                                                                          BARRAG
                                 SAAA
                                                                         AAAAA
                                                                                              8888
                                        8188
                                                                            AAAAA
                                                                                                             44
                                                                                                                   000
                            AAAA
                                                                                AAAA
                                                                                                                           12 345678 =
                                                                                                               AAA OOO
              BBBB
                            AAA
                                4444
               888
                          AAA
                                                                                   AAAAA
                                                                                                                       00
                                                                                                                AAA OOU
...
          TRAMA
                         AAA
                                                                                      BAAA
                                                               888868 16T-88
BEBERRARER
                                                                                                                  AAA
                       344
                                                                                          AAAA
                                                                                                                          00
                               00000000
                                                                        0000000
                                                                                            AAAA
                                                                                                                    AAA
                                                                                                                            00 1
                                                                                                                                    23
                                                                                                                                               89 /
                                                                                             AAAA
                     444
                    AAAA
                              0100000
                                                1111111111
                                                                            000000
                                                                                                                            000 12
                                                                                               AAAA
                                                                                                                     AAA
                                                                                                 AAAA
                                           AAAA
                              000000
                                                                                 000000
                                                                                                 AAAA
                                                                                                                      AAA OOU
                                                                                                                                   12 34567
                                                                                    000000
                                                                                                  AAAA
                            000000
                                                                                                                         AAA DOD
                                                                                                                                           34567
               AAAA
                                                                      11111
                                                                                     000000
                                                                                                    AAAA
                                                                         1111
444
                AAAA
                                                                                                      AAA
                                                                                      000000
                                                                                                                          AAA UOO
                                                                                                                                   00 1
00 1 Z
                                                                                                                                             34567
4444
                AALE
                            coupens
                                                                                                      AAAA
                                                                                      . 000000
                                                                                                        AAAA
                                                                                                                            AAA
                                         1111
                                                           222222
                                                                                111
 ABBEA
             944444
                            000000
                                                                                                         AAA
                                                                                                                                    on
                                                        222222222
                                                                                                                              AA 0001 2
   AAAAAAAAAAA
                                                                                            00000
                                                                                                          AAAA
                            00000
                                                       22222222222
                                                                                   111
                                                                                                                                                34567
                                                                                              00000
                                                                                                           AAA
                                                                                                                              AAA
                                                                                                                                     00 1 3
00 1 23
00 1
   AAAAAAAAAAA
    AAAAAAAAA.
                                                     22222222222222
                                                                                              20000
                                                                                                           ....
                                                                                                                                AA
                                                                                                                               AAA 00 1 3
                                                      2222222222222222
                                                                                                             AAAA
      CAGAGAGAG
                                                      2222222
                                                                    2222222
                                                                                      111
                                                                                               000000
                                                                                                             AAAA
                                                                                                               AAAA
                                                      22222
                                                                          22222
                                                                                                 00000
                                                                                                                                                    345
     AAAAAAAAA
                                                                                                                                          00 1 23
        A A A A A A A A
                            000000
                                                      22222
                                                                           22222
                                                                                        111
                                                                                                  00000
                                                                                                               AAAA
                                                                                                                                   AA
                                                      2222
                                                                             22222
                                                                                                  00000
                                                                                                                AAAA
                                                                                                                                           000 12 4
                            000000
                                           11
111
111
                                                      2222
                                                                                                    00000
                                                                                                                AAAA
         444444
444444
                                                                              2222
                                                                                           11
                                                                                                                                    AA
                                                                                                                                     AAA DOO
                              20000
                                                      2222
                                                                                2222
                                                                                                    00000
                                                                                                                  AAA
                              00000
                                                      2222
                                                                                  2222
                                                                                                      00000
                                                                                                                  AAAA
 000
           AAAAAAA
                                                                                                                                      AA
 000
           AAAAAA
                              0000000
                                                      2222
                                                                                  2222
                                                                                            111
111
111
                                                                                                      00000
                                                                                                                   AAA
                                                                                                                                      AAA 000
                                                                                                                                              00 1
1 000
             AAAAAAA
                               agono
                                                      2222
                                                                                     222
                                                                                                       00000
                                                                                                                     AAA
                                                                                                                                        AA
                                                       222
                                                                                     2222
                                                                                                          0000
                                                                                                                     AAAA
                               000000
000000
                                             111
11
111
                                                       2222
    000
              AAAAAA
                                                                                       222
                                                                                                 111
                                                                                                         00000
                                                                                                                       AAA
                                                                                                                                         AA
               AAAAAAA
                                                                                       2222
                                                                                                           0000
                                                                                                                       AAAA
                                                                                                                                          AAA 000
                                                         222
                                                                                                           00000
      COD
                AAAAAA
                                                                                         222
                                                                                                                       AAAA
                                                                                                                                          AAA
                                                                                                                                                  00
                                 000000
     000
                AAAAAAA
                                                         2222
                                                                                         2222 111
                                                                                                           00000
                                                                                                                         AAAA
                                                                                                                                           AA
                                                                                                             00000
                                                          222
                                                                                                                         AAAA
     000
                AAAAAAA
                                                                                         2222
                                                                                                    111
                                                           2222
     1
       000
                  AAAAAA
                                                                                          222
                                                                                                                          AAA
                                                                                                                                            444
                                                                                                                                                    00
                                    200000
32 1 000
                  AAAAAAA
                                                                                          2222
                                                                                                             00000
                                                                                                                          AAAA
                                                                                                                                           AAA
                                                                                                      11
                                                            2222
                  AAAAAAA
                                                                                          2222
                                                                                                               00000
                                                                                                                            AAA
                                                                                                                                             AA
                                     000000
      1 000
                                                            2222
                                                                                          2222
                                                                                                       111
                                                                                                               00000
                                                                                                                            AAAA
                                                                                                                0000
43
      1 303
                    6464643
                                                                                            222
                                                                                                      111
                                                                                                                            AAAA
                                                                                                                                             AAA
                                                                                                                                                     0.0
                    ^^^^^
                                                     111
                                                               2222
                                                                                            2222
                                                                                                        11
111
                                                                                                                00000
                                                                                                                              AAAA
                                                                                                                                             ***
  32 1 000
                                                                                            2222
                                                                                                                00000
                                                                                                                                             AAAA DO
                                         00000
000000
00000
                                                      111
11
111
543
                     ACAGAAAA
AAGAAAAA
                                                                 2222
                                                                                            2222
                                                                                                        111
                                                                                                                000000
                                                                                                                              44444
                                                                                                                                             AAAA
                                                                                                                  00000
                                                                                                                                             AAAA
6542
         1 000
                       AAAAAAAA
                                                                   22222
                                                                                            2222
                                                                                                                  00000
                                                                                                                                AAAAA
                                                                                                                                             ....
   2 1 000
                       AAAAAAAA
                                                          111
                                             200000
                                                                      22222
                                                                                                                    00000
                                                                                                                                 ****
                       AAAAAAAAA
                                                                                          222222
43 1 000
7654 2 1 00
32 1 000
876543 21 000
                                               000000
                         AAAAAAAA
                                                            111
                                                                        222222
                                                                                         2222222
                                                                                                          111
                                                                                                                    00000
                                                                                                                                 AAAAAAAAA
                                                             1111
                                                                         22222222222222222
                       AAAAAAAA
                                                                                                          111
                           AAAAAAAAAA
                                                                           22222222222222
                                                                                                          111
                                                                                                                    000000
                                                                                                                                   *****
 32 1 0no
876543 21 0no
2 1 00
                                                  00000
                                                                             222222222222
                                                               111
                                                                                                                  000000
                          AAAAAAAAAA
                                                                                                          1111
                                                                                                                                    AAAAAAAAA
                           AAAAAAAAAA
                                                  papapa
                                                                 111
                                                                              22222222222
                                                                                                          1111
                                                                                                                     00000
                                                                                                                                     ****
               1 000
                                                    000000
                                                                                 2222222222
                                                                                                          1111
                                                                                                                     000000
              2 1 000
1 000
2 1 00
3 1 000
2 1 00
   870543
                                                                   111
                            AAAAAAAAAA
                                                                                  22222222
                                                                                                          1111
                                                                                                                                      AAAAAAAAA
   967 543
                             44^444A4A4A
                                                     000000
                                                                   1111
                                                                                     222222
                                                                                                          1111
                                                                                                                      000000
                                                                                                                                      AAAAAAAA
                                                                                                                     000000
                                                                                                                                      AAAAAAAAA
                                                                                                                                        AAAAAAA
     65
                              000000
                                                                       1111
                                                                                                        11111
                                                                                                                     apounon
                                                                                                                      0000000
                     1 00
1 000
2 1 00
1 000
          35
                               ΔΛΑΛΑΑ ΑΑΛΑΛΑ
                                                          0000000
                                                                          11111
                                                                                                        11111
                                                                                                                     0000000
                                                                                                                                          AAAAAAA
               43
                                ^A^A
^AAA
^AAA
                                                            0000000
       98
               43
                                             AAAAAA
                                                                            111111
                                                                                                      111111
         65
                                               SAAAA
                                                                              1111111
                                                                                                                     00000000
                                                                                                                                          AAAAAAA
                                                AAAAA
                                                               0000000
                                                                                                                     00000000
                                                 AAAAA
                                                                                   111111111111111111
                                                                                                                     00000000
                                                                                                                                           AAAAA
                                                    AAAAA
                                                                 00000000
                                                                                     11111111111111
                                                                                                                     00000000
                                                     AAAAA
                                                                                                                      00000000
                                                                                                                                             AAAA
BZX
                                                      44444
                                                                     00000000
                                                                                            11111111
                                                                                                                    annonnann
                                                                                                                                               AA
                                                         AAAA
                                                                     000000000
                                                                                                                    0000000000
+BZ×
                                                          AAAA
                                        AAA
                                                           AAAAA
                                                                         000000000
                                                                                                                0000000000
4487
                                                                            846
                                                              AAAAA
                                                               AAAAA
                                           AAA
           * Yn 43 1 000 AAA

** 32 1 000 AAA

** / 9876543 21 000 AA
                                                                 AAAAA
                                                                   AAAAA
                                                                                   ****
                  / 9876543 21 000 nAA

/* 87654 2 1 000 AA

/* 87654 2 1 000 AA

* 99 43 1 000 A

* 99 43 1 000 A

* 9 43 1 000 A

* 9 43 1 000 A

* 1 8 6 32 1 000 A

* 2 8 765 A

* 2 1 000 A

* 3 1 000 A

* 4 8 765 A

* 5 1 000 A

* 6 43 1 000 A

* 765 
                                              MAA
                                                                     AAAAA
                                                                                     *************
                                                                      AAAAAA
                                                                                        AAA
 +++++CAY
                                                 AAA
                                                                          AAAAA
                                                                                              AAAAA
                                                                                                 000000000000000000
                                                    AA
******
                                                    AAA
                                                                              AAAAAA
                                                                                                    00000000000000
                                                     AAA
                                                     AA
                                                                                   AAAAAA
                       . 98 543 2 1 00
) = 3 1 000
V / 87654 2 1 000
*************
                                                       AAA
                                                                                     AAAAAAA
                                                                                       AAAAAAA
                                                        AA
                                         2 1 000 AA
43 2 1 00 AAA
3 1 000 AAA
54 2 1 000 AA
 ********
                                                                                          AAAAAAA
543
                                                                                              AAAAAAAAA
                                                                                               AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
                                   87654
                                                                                                   ***************************
                                                                           888888
********
                                                                                                      *******
```

Abb. 2: Maximaler Haematit-Gehalt der untersuchten Profile der Heisdorfer Schichten. Trendfläche 2. Grades. Abnahme des Haematit-Gehaltes in Richtung der Ränder der Konturkarte. Innengrenze des "2"-Bandes: 24 %, Kontur-Distanz 3 %. Die Umgrenzung der Konturkarte entspricht etwa den Ausdehnungsverhältnissen des Untersuchungsgebietes. Ausdruck des Programms KWIKR 8.

Der maximale Kornmittelwert des silikatischen Detritus der Profile ist, wie die in Abb. 3 konturierte Trendfläche 3. Grades zeigt, in den Randbereichen der Eifel am größten. Längsstrukturen streichen auch hier wieder quer zu variszischen Faltenstrukturen.

7204020404040404040404040404040404040404		3GG
	FFF	GG
EEE 0000000000000000000000000000000000	FFF	G
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC	FFF	
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC		FF
	EE	FFF
00000 000000000000000000000000000000000	EEE	F
000000 00000000000000000000000000000000	EEEE	
CCCCCC 20202020 BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB	EEE	EE
CCCCC 2222222 8888888888888888888888888	E	SEE
CCCCC DDDDDC	1	SEEE
CCC DDD CCCCCC DDC CCC DDC CCC DDC CCCCC DDC CCCCC DDC CCCCC DDC CCCCCC	O	EEE
CCCCCC DCCCCCC DCCCCCC DCCCCCC DCCCCC DCCCC DCCCCC DCCCC DCCCC DCCCCC DCCCC DCCCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCCCC DCCCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCCCC DCCCC DCCCDCC DCCCDCC DCCCDCC DCCCCC DCCCC DCCCCC DCCCCC DCCCCC DCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCCC DCCC D	כמו	EE
CCCCC 99999999999999999999999999999999	מסמו	E
222222 99999999999999999999999999999999	סמממ	
2222222 2888888888888888888888888888888	וספני	0
222222 88888888888888888888888888888888	2220	OD
CCCCCCC SCCCCC BREEFERB	000	ODD
CCCCC CCCCC CCCC CCCC CCCCC CCCCCCCCCC		OCC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC	D	0000
222222 RERERERERERERERERERERERERERERERER		ממממ
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC		000
COCCOC COCCCCCCCCC		000
	00 000000	
C0000000000000000000000000000000000000		DD
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC		0
0202020 8888888888888888888888888888888		0
202020 REBERBERER 20202020202020202020202020202020202020		2
100000 EBBBBBB 2000000000		- 2
GCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC		
000000000000000000000000000000000000000		
000000000000000000000000000000000000000		
000000000000000000000000000000000000000		
ECCOCCE COCCE		
0000 0000000000000000000000000000000000		
0000 000000 0000000 0000000000000000000		
2020202 20202020202020 0000000000000000		
2222222 2222222222222222222222222222222		
000000000000000000000000000000000000000		
2222222 2222222222222222222222222222222		
2000000 2000000000000000000000000000000		
2020202 2020202020202020 00:00:00:00:00:00:00:00:00:00:00:00:00		
202022 202020202020202020 0000000000000		
22222 222222222222222222222222222222222		
	cccc	
	cccc	
	cccc	
2022222222222222	CCCC	
222222222222222222222222222222222222222		CCCC
222222222222		CCCC
222222222222		CC

Abb. 3: Maximaler Kornmittelwert der untersuchten Profile der Heisdorfer Schichten. Trendfläche 3. Grades. Zunahme des Kornmittelwertes in Richtung der Ränder der Konturkarte. Außengrenze des "B"-Bereiches: 5 Phi, Kontur-Distanz: 0.72 Phi. Umgrenzung des Untersuchungsgebietes annähernd quadratisch verzerrt. Ausdruck des Programms TREND.

Im flächenhaften Trend des mittleren Karbonatgehalts der untersuchten Profile dominieren NW-SE streichende Richtungen. Die abgebildete Konturkarte (Abb. 4) zeigt eine differenziertere Gliederung als vorangehende Darstellungen, da sie bereits ein Polynom 4. Ordnung zur Grundlage hat.

Hohe Karbonat-Gehalte treffen wir vornehmlich in den zentralen Bereichen der Eifel sowie in ihrem NE und SW.

Da die errechneten und in den Konturkarten dargestellten Trendflächen nur selten Signifikanz bei niedrigen Bestimmtheitsmaßen aufweisen, muß vor ihrer Überinterpretation gewarnt werden. Allen Abbildungen sind jedoch die bereits erwähnten NW-SE gerichteten Strukturen zu eigen, denen für die Gestaltung

```
A . Ø 1 2 3 45 6 89
B CC 00
         EEEEEE
                    FFFFFF
                             DOD CC BB
 C 00
            EEEEEEEEEEE
                             0000 CCC 88
                                           A
                                              . Ø 11 2 3 4
        000
                                        BB AA .. Ø 1 2 3 4 56 7
  88 CC
          00000
                                     CCCC 888 AA .. 00 11 2 3 4 5 67 89
                           nnonnn
             вв ссс
                                      cccc
                                            ARA
                                                 AA
                                                     .. 00 11 2 3 4 5 6
  AA BBB CCCCCC
                                                        ** Ø 1 22 3 4 56 78
  A 898 CCC
                                     cecece
                                              899
                                                   AAA
                                  cccccccc
                                                9888 AAA .. 00 11 2 3 4 5 67
               AA 8888
                                                 88888
                                                               .. Ø
                                                         AAA
                                                                     1 2
                                                                          3 45 6
** AA
        99989
                           CCC
                                                   9888899
                                                            AAA
                                                                     00 11 2 3 4
                                                      998899 AAA .. 0 1 2 3 4 56 89
9998999888 AAA .. 00 1 2 3 4 56
                                                    8898989
     000
            REPUBBER
              988986898989999999999999999999999999
      400
 ..
      AAAAA
                               88888888888888888888888
                                                             8888888
                                                                        AAA . Ø 11 23 4
                                                                   CCCC AA
       44 04 04 0
                                             8888888888
                                                                 88888 AA .. Ø 112 3 45
 ...
        88888888
                                                                               AA .. 0 1 2 34
  ...
        9998898
                                                                             888
                                                                                  AA .. Ø 1 2
 ...
                                                                  CCCCCCCCCCC
        AAAAAAAAAAAAAA
                                          AAAAAAAA
                                                       89898
                                                                                 88 AA . Ø 1
 ...
                                                                   CCCCCCC CCCCC B A
       A AA AA AA AA AA AA
                                               AAAAAA
                                                         8889
...
     A AA AAA AA AA AA AA
                                                  AAAAA
                                                           9999
    4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 6 5 6 5 6 5 6 5
                                                     AAAA
                                                            8888
                                                                    CCCCCC
                                                                                   CCCC BB A
                          ****************
                                                                                      CCC BB
  AA AA AA AA AA AA AA AA AA
                                                      AAAA
                                                              9888
                                                                     CCCC
A AA AA
            AA AA AA A
                                                        AAAA
                                                                      CCCC
                                                                                        CCC
                         *****
                                               .....
                                                                889
               AAAAA
                                                          AAAA
                                                                 888
                                                                       CCCC
                                                                                 00000
                          .....
                                                 ....
    88 99 88 99
                 AAAA
                                                           AAA
                                                                        CCCC
                          .....
                                                    .....
                                                                 8888
                                                                                  DODDOD
                                                                                           CC
 88 88 88 88 88 88
                  AAAAA
                                       000000000
                                                             AAA
                                                                                   00000
                                                                   888
                          .....
                                                     ....
9988
         988889
                    AAAA
                                       00000000000000
                                                              AAAA
                           .....
                                                      .....
                                                                    888
             88888
                     AAA
                                       000000000000
                                                                AAA
                                                                     888
                                                                            CCCC
                                                        ....
                                       000000000000000
    CCCCCC
               8999
                      AAAA
                              ****
                                                                 AAA
                                                                      8888
                                                         ....
  CCCCCCCCCCCC
                 9888
                        AAA
                                         0000000000000
                                                                  AAA
                               ....
                                                          ....
  CCCCCCCCCCCCCC
                  8989
                          AAAA
                                           9000000000
                                .....
                                                          .....
  CCCCC
            CCCCCC
                    888
                           AAA
                                               0000
                                                                   AAAA
                                                                                CCCCCCCCCCCC
                                 *****
                                                           ....
  CCCC
             CCCCC
                      8998
                            AAAA
                                                                    AAAA
                                                                                  CCCCCCCCCC
                                   ****
                                                           .....
  CCCC
              CCCCC
                       8888
                              AAA
                                                                                   CCCCCCCCCC
                                                                    AAAA
    CCCC
               CCCCCC
                         888
                               AAAA
                                                                           88888
                                      ......
                                                         ......
88 A
     CCCCC
               CCCCCC
                          8988
                                AAAAA
                                                                    AAAA
                                  AAAAA
 A 88 CCCCCCCCCCCCC
                           8889
                                           *****************
  AA 898
           000000000000
                          88888
                                   AAAAAA
                                                                  AAAAAA
00 . AA 898
                           898989
                                     AAAAAA
                                                                           8888888
 1 0 .. AA
           9899
                          8888888
                                      AAAAAAA
                                                              AAAAAAA
          AA
                998989898999999
                                        AAAAAAAAAAA
                                                       AAAAAAAAAAA
 4 32 11 0 ..
              AAA
                       88888
                                        65 4 3 2 1 00
                  AAAAA
                                         AAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
                                                                    8888888
   65 4 3 2 11 00
                          8888888
  98 6 5
           3 2
                  (0.00)
                                AAAAAAAAAAAAAAAAA
                                                             ВВВВВВВВ
                                                                              CCCCCCCCCC
           5 4 33 2 11 000
                                      AAAAAAAAAA
                                                           8888888
                                                                          CCCCCCCCCCCCCCCC
            6 5 4 3 22 11
                            000
                                           AAAAAAA
                                                         8998888
                                                                       ccccccccccccccccccc
            9 87 6 5 44 3 22
                           2 11 000 ... AAAAAA
3 2 111 000 ... AAA
                                                                    CCCCCCCC
                                                         ваваяя
                                                                                        CCCC
               9 87 6 55 4
                                                 AAAA
                                                                    CCCCCC
                                                          8888
                                                                                          CCC
                   9 8 7 6 5 44 3 22 11 000 ... AAAA 9 8 7 6 5 4 33 22 11 000 ... A
                                                           9988
                                                                   CCCCC
                                                                              000000000
                                                  .. AAA
                                                            998
                                                                   CCCC
                                                                            000000000000000
                           98765
                                    4 33 22 1 ØØ *** AAA BBB
```

Abb. 4: Mittlerer Karbonatgehalt der untersuchten Profile der Heisdorfer Schichten. Trendfläche 4. Grades. Zunahme in Richtung steigender Ziffern bzw. gegen die Richtung von Buchstaben in ihrer Stellung im Alphabet. Untergrenze des "Ø"-Bereiches: 53,6%, Kontur-Distanz: 8,4%. Umgrenzung des Untersuchungsgebietes annähernd quadratisch verzerrt. Ausdruck des Programms Trend.

der Eifel zur Heisdorf-Zeit offensichtlich Bedeutung zukommt. Hinweise auf die Existenz eines nach W. Struve 1961 und 1963 während des Eifeliums die Paläogeographie bestimmenden "Eifeler Sigmoids" konnten aus der Trend-Analyse der sedimentologischen Daten für das oberste Emsium nicht erbracht werden.

### Erdmagnetische Anomalien im Raume zwischen Leibnitz und Radkersburg (Südsteiermark) nach K. Forberger & K. Metz 1939

K. Forberger & K. Metz 1939 hatten im Raume zwischen Leibnitz und Radkersburg an 184 Beobachtungs-Stationen Messungen der erdmagnetischen Vertikal-Intensitäten durchgeführt, um Hinweise auf Reliefgestaltung und Tektonik

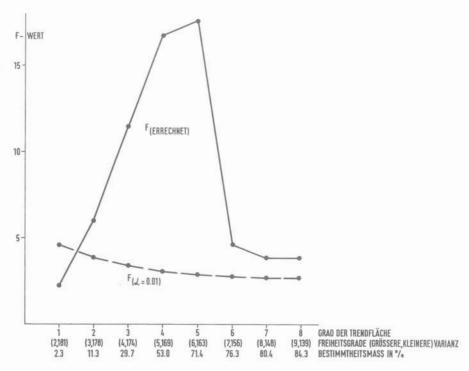


Abb. 5: Erdmagnetische Messungen in der südlichen Steiermark nach K. Forberger & K. Metz 1939. Zur Signifikanzprüfung der Trendflächen 1. bis 8. Grades.

des präneogenen Untergrundes des südlichen Steirischen Beckens zu erhalten. Diese Untersuchungen lieferten die ersten Anhaltspunkte (A. WINKLER-HERMADEN 1943) für die Entdeckung des Vulkangebietes von Landorf nördlich von Mureck (M. Toperczer 1947, K. Kollmann 1965, H. Heritsch, J. Borschutzky & H. Schuchlenz 1965). K.Forberger & K. Metz 1939 veröffentlichten neben einer textlichen Darstellung und einer handkonturierten Karte von Isanomalen der Vertikal-Intensitäten auch die einzelnen Meßergebnisse. Dieses Zahlenmaterial scheint zu einer objektiven Erfassung durch Methoden der Trendflächen-Analyse ausreichend und geeignet zu sein.

MAGNET. VERTIKALINTEN SITAETEN, STOERUN GEN, S-STMK. "FORBERGER-METZ 1939

```
X Y Z
MITTELWERT 0.12358E+01 0.15765E+02 0.40546E+02
SPANNWEITE 0.13550E+02 0.33800E+02 0.73052E+03
```

SUMME O. QUADR. ABWEICHUNGEN V. MITTEL =  $\emptyset$ . 922E+ $\emptyset$ 6 VARIANZ V. Z =  $\emptyset$ . 504E+ $\emptyset$ 4 STANDARDABWEICHUNG =  $\emptyset$ .71 $\emptyset$ E+ $\emptyset$ 2

BESTIMMTHEITSMASS = 71.4 PROZENT
MULTIPLER KORRELATIONSKOEFFIZIENT = 0.845
F-WERT ALS TESTGROESSE GEGEN VORANGEHENDEN TREND F( 6, 163) = 17.55

#### KOFFFIZIENTEN =

```
. BCDEF G HH II
                                               II HH G F E D C BB AA
                     כככנ
                                         333
                                               DDD CCC 88 A .. 000 11111111 0 .A C
1 Ø . A B9 CC DODO EEEEEE
                                         EEEEE
                                              000000
                                                         ØØ 111 2222
111 2222 33
2 11 00
              AAAAA
                         888888888888888888
                                                                           222 1 0.
                                                                                      В
 2 111
          0 00 00 00
                                                      1111
                                                                     333
                                                                           22 1 Ø . AB
                                                                            22 1 Ø . AB
22 11111
                                         111111111111111
                                                          22222
                         111111111
2 111111111111111111111
                                                         2222222222
                                                                      222222 11 ØØ A
                                                              222222
                                                                          111 0 ..
           1111111
                         22 22 22 22 22 22 22 22 22 22 2
                       2222222222222222222222
   ම ම මම විසින් මම මම
                                                                   11111111
                                                                            00 .. A BC
               11111
1111
                         2222222222222222222
                                                    11111111111111111111
                                                                          DODO .. ABC
          90000
                 11111
                          2222222222222222
                                                 1111111111
                                                                       000000 .. A B
 0000
           00000
                             222222222222
                                                11111111
                                                                   00000000000
                                                                              ee AA B
                  11111
                                                                               · AA B
 1 900000 9000000
                                                              000000000000000
                   11111
                              222222222
                                               11111111
                                                                                 oo AA
22 11 000000000000
                    11111
                                222222
                                               1111111
                                                              3 2 11
                                                                  000
                    111111
                                               111111111
54 3 22 111
                                               111111111
                                                                               000000
                    11111111
                   111111111
                                                                                   000
  5 4 3 22 1111
                                             1111111111
    5 4 3 22 1111
65 4 3 2 11111
  65 4 3 22
                     1111111111111111 11111111111111111
                                                                            11111111
                        11111111111111111111111111111
                                                                           111111111111111
      65 4 3 22 1111
                                 1111111111111111
                                                                           111111111111111
        65 4 3 22 11111
76 544 3 22 1111111
                                                                            1111111111111
                                                                              111111
                           987 65 44 33 22
           98 76 55 44 333
                             22222222222222222222222222222222
                                                                       1111111111111
                                                                                      功
              9 8 7 66 55 444444444444444444
                                                          333333333
                                                                         222222 1111
```

```
 \begin{array}{l} \text{HOCHFORMAT, X-MIN} = -0.67000E+01, & \text{BREITE} = 0.13550E+02, & \text{Y-MIN} = -0.36000E+01, & \text{HOEHE} = 0.33800E+02 \\ \text{*D*} = -0.802E+03, & \text{*I*} = -0.729E+03, & \text{*H*} = -0.656E+03, & \text{*G*} = -0.583E+03, & \text{*F*} = -0.510E+03, & \text{*E*} = -0.437E+03, & \text{*D*} = -0.364E+03, & \text{*C*} = -0.291E+03, & \text{*B*} = -0.218E+03, & \text{*A*} = -0.145E+03, & \text{*A*} = -0.145E+03, & \text{*A*} = -0.145E+03, & \text{*B*} = 0.367E+03, & \text{*B*} = 0.367E+03, & \text{*B*} = 0.367E+03, & \text{*B*} = 0.586E+03, & \text{*B*} = 0.586E+03, & \text{*B*} = 0.586E+03, & \text{*B*} = 0.659E+03, & \text{*B*} = 0.659E+
```

Abb. 6: Erdmagnetische Messungen in der südlichen Steiermark nach K. Forberger & K. Metz 1939. Trendfläche 5. Grades. Zunahme der Vertikal-Intensität in Richtung steigender Ziffern bzw. gegen die Richtung von Buchstaben in ihrer Stellung im Alphabet. Obergrenze von "∅"-Bereichen: + 1.31 Gamma Störung gegenüber Bezugsniveau Leibnitz, Kontur-Distanz: 73.11 Gamma. Die Umgrenzung der Konturkarte entspricht etwa den Ausdehnungsverhältnissen des Untersuchungsgebietes. Ausdruck des Programms Trend.

Entsprechende Untersuchungen erfolgten an den Abweichungen der Vertikal-Intensitäten gegenüber dem Bezugs-Niveau Leibnitz (entsprechend K. Forberger & K. Metz 1939) über Polynome 1. bis 8. Grades. Signifikanzen wurden einerseits durch Errechnung des Bestimmtheitsmaßes geprüft, andererseits über einen Snedecor-f-Test, der die Signifikanz der neu hinzugezogenen Polynom-Glieder gegen den vorangehenden Trend ermittelt. Mit Ausnahme der Trendfläche 1. Grades sind alle errechneten f-Werte am 99 %-Niveau signifikant (Abb. 5). Bis zur Trendfläche 5. Grades nehmen die errechneten f-Werte zu, mit dem 6. Grad des Polynoms jedoch stark ab. Die Trendfläche 5. Grades (Abb. 6) gibt auch auf Grund ihres Bestimmtheitsmaßes von 71,4 % die vorliegenden Verhältnisse mit genügender Genauigkeit wieder.

Die vom Computer ausgedruckte Konturkarte stimmt in ihren wesentlichen Strukturen mit der von K. Forberger & K. Metz 1939 handkonturierten Isanomalen-Karte überein. Diese ließen Deutungen zu, die mit den Vorstellungen von K. Kollmann 1965 über die Formung des präneogenen Reliefs des südlichen Steirischen Beckens gut in Einklang zu bringen wären. In den Randpartien der Konturkarte 5. Grades zeichnen sich, wie zum Teil noch besser in Trendflächen anderer Ordnungen, Bereiche niedriger Trendwerte der Vertikal-Intensität ab, wie sie etwa für die südlichsten Teile der Sausalschwelle und der südburgenländischen Schwelle zu erwarten wären. Etwa in den zentralen Teilen der Konturkarten lassen sich aus relativ hohen Trendwerten eventuell Bereiche größerer Beckentiefe (Südteil des Gnaser Beckens) ableiten. Die Vulkanit-Gebiete zeichnen sich in diesen Darstellungen nur wenig ab. Ihre Existenz — obertags oder unter Sedimentbedeckung — läßt sich jedoch vorzüglich aus einer Karte der Residuen

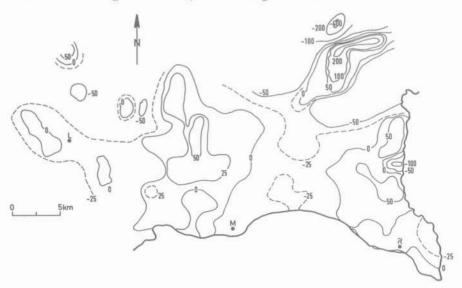


Abb. 7: Erdmagnetische Messungen in der südlichen Steiermark nach K. Forberger & K. Metz 1939. Handkonturierte Isolinien-Darstellung der Residuen der Vertikal-Intensität gegenüber der Trendfläche 5. Grades. L = Leibnitz, M = Mureck, R = Radkersburg.

der Störungen der Vertikal-Intensität gegenüber der Trendfläche 5. Grades (Abb. 7) ersehen. In diesem handkonturierten Isolinierplan zeigen sich entsprechend starke Verformungen des erdmagnetischen Feldes deutlich im Bereich des Gleichenberger und Klöcher Massivs, zeichnen sich aber auch klar im Raume des Landorfer Vulkangebietes ab.

Diese Ergebnisse bekräftigen die Feststellungen von D. F. MERRIAM & J. W. HARBAUGH 1964, denen zufolge sich in Trend-Analysen, sofern ihnen ein geeignetes Datenmaterial zugrunde liegt, lokale Komponenten durch die Untersuchung der Residuen von regionalen Trends abtrennen lassen.

#### Literatur

- ESLER, J. E., SMITH P. F. & DAVIS J. C.: KWIKR 8, a FORTRAN IV program for multiple regression and geologic trend analysis. Computer Contr., 28, 31 S., 8 Abb., Lawrence 1968.
- Forberger, K. & Metz K.: Magnetische Bodenforschungen des geologischen Institutes der Montanistischen Hochschule, Leoben. III. Magnetische Bodenforschungen im Gebiete zwischen Leibnitz und Radkersburg Berg- u. Hüttenmänn. Monatsh., 87, 61—66, 1 Abb., 1 Tab., Wien 1939.
- Fox, T. W.: Fortran IV program for vector trend analyses of directional data. Computer Contr., 11, 36 S., 10 Abb., Lawrence 1967.
- HAPPEL, L.: Das Unterdevon der Prümer Mulde. Senckenbergiana, 14, 331—358, 12 Abb., Frankfurt/Main.
- HERITSCH, H., BORSCHUTZKY J. & SCHUCHLENZ H.: Zwei vulkanische Gesteine aus den Tiefbohrungen von Mitterlabill, östlich von Wildon und von Walkersdorf, südl. von Ilz (Stmk.).— Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 95, 104—114, Graz 1965.
- JAMES, W. R.: FORTRAN IV program using double Fourier series for surface fitting of irregularly spaced data. — Computer Contr., 5, 20 S., 7 Abb., Lawrence 1966.
- Kollmann, K.: Jungtertiär im Steirischen Becken. Mitt. Geol. Ges. in Wien, 57, 479—632, 6 Taf., 2 Abb., Wien 1965.
- Krumbein, W. C.: Regional and local components in facies maps. Bull. Amer. Assoc. Pe'rol. Geologists, 40, 2163—2194, Tulsa 1956.
- —, Confidence intervals on low-order polynomial trend surfaces. J. geophys. research, 68, 5869—5878, 9 Abb., 2 Tab., 1963.
- Merriam, D. F. & Harbaugh J. W.: Trend-surface analysis of regional and residual components of geologic structure in Kansas. State geol. Survey, Spec. distr. publ., 11, 28 S., 8 Abb., 4 Tab., Lawrence 1964.
- Miesch, A. T. & Connor J. J.: Stepwise regression and nonpolynomial models in trend analysis. Computer Contr., 27, 40 S., 8 Abb., 2 Tab., Lawrence 1968.
- MILLER, R. L.: Trend surfaces: their application to analysis and description of environments of sedimentation. — J. geol., 64, 425—446, Chicago 1956.
- OLDHAM, C. H. G. & SUTHERLAND, D. B.: Orthogonal polynomials: their use in estimating the regional effect. Geophysics, 20, 295—306, 1955.
- Schubert, E., Bayer H. & E. Schwarz: Untersuchung der Roteisenerze in der Eifel. Zeitschrift Erzbergbau u. Metallhüttenwesen, 12, 531—537, 10 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1959.
- SKALA, W.: Sedimentologische Untersuchungen an den Heisdorfer Schichten (Ober-Emsium) der Eifeler Kalkmulden-Zone. Senckenbergiana leth., 55,259—323, 6 Taf., 15 Abb., 2 Tab., 1 Karte, Frankfurt/Main 1974.
- STRUVE, W.: Das Eifeler Korallenmeer. Der Aufschluß, Sonderheft 10, 81—107, 12 Abb., 1 Tab., Heidelberg 1961.
- —, Das Korallen-Meer der Eifel vor 300 Millionen Jahren Funde, Deutungen, Probleme. Natur und Museum, 93, 237—276, 23 Abb., Frankfurt/Main.
- TOPERCZER, M.: Erdmagnetische Bodenuntersuchungen in Südoststeiermark. Berg- und hüttenmänn. Monatsheft, 92, 157—165, 3 Abb., Wien 1947.

- WERNER, R.: Zur Ausbildung der Heisdorf-Schichten in der Hillesheimer und Ahrdorfer Mulde (Devon, Eifel). Senckenbergiana leth., 55, 439—454, 2 Abb., Frankfurt/Main.
- WHITTEN, E. H. T.: Composition trends in a granite: modal variation and ghost stratigraphy in part of the Donegal granite, Eire. J. geophys. research, 64, 835—848, 1959.
- Winkler-Hermaden, A.: Die jungtertiären Ablagerungen an der Ostabdachung der Zentralalpen und das inneralpine Tertiär. II. Das steirische Becken und die Umrahmung des Nordostsporns der Zentralalpen. S. 303—365, Abb. 1, 3—15, In: F. X. Schaffer, Geologie der Ostmark, Deuticke, Wien 1943.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Wolfdietrich Skala, Freie Universität Berlin, Institut für Geologie (Arbeitsrichtung Mathematische Geologie), Altensteinstraße 34 a, D-1, Berlin 33.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: <u>Mitteilungen der Abteilung Geologie Paläontologie</u> und Bergbau am Joanneum

Jahr/Year: 1975

Band/Volume: 35

Autor(en)/Author(s): Skala Wolfdietrich

Artikel/Article: Zwei Beispiele zum Einsatz von Polynomial-

Trendflächen-Analysen bei geologischen Fragestellungen. 171-181