

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 der 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.

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.

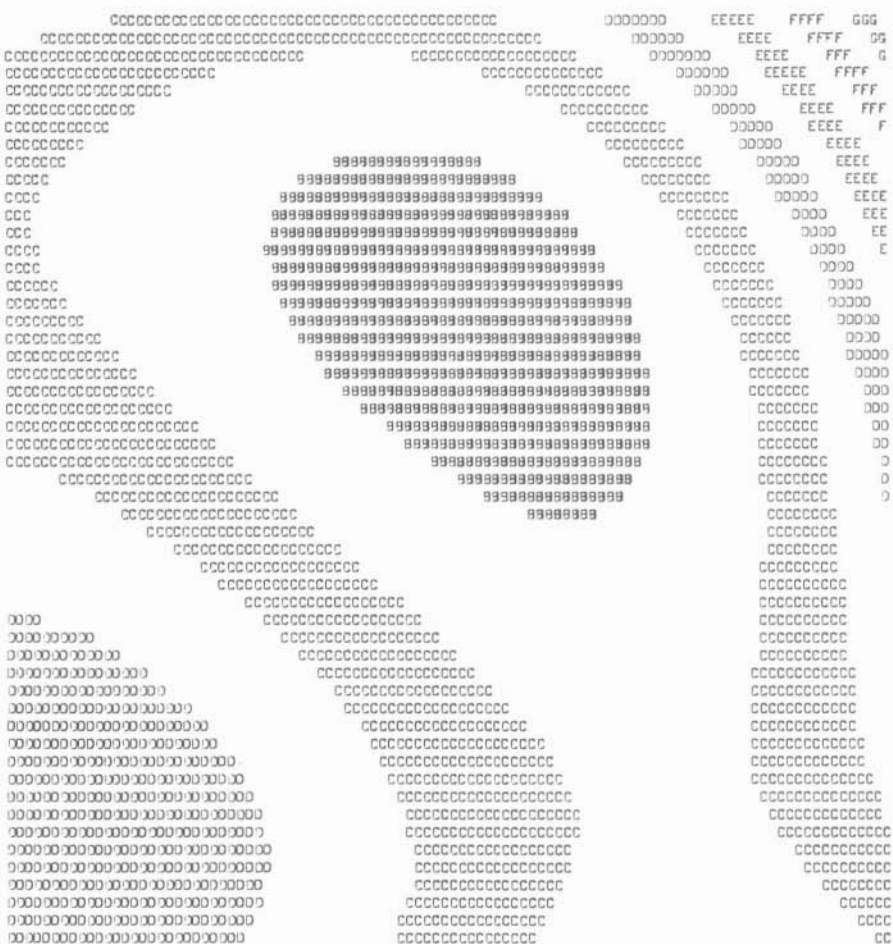


Abb. 3: Maximaler Kornmittelwert der untersuchten Profile der Heisdorfer Schichten. Trendfläche 3. Grades. Zunahme des Kornmittelwertes in Richtung der Ränder der Konturkarte. Außengrenze des "B"-Bereiches: 5Φ , Kontur-Distanz: 0.72Φ . Umgrenzung des Untersuchungsgebietes annähernd quadratisch verzerrt.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



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

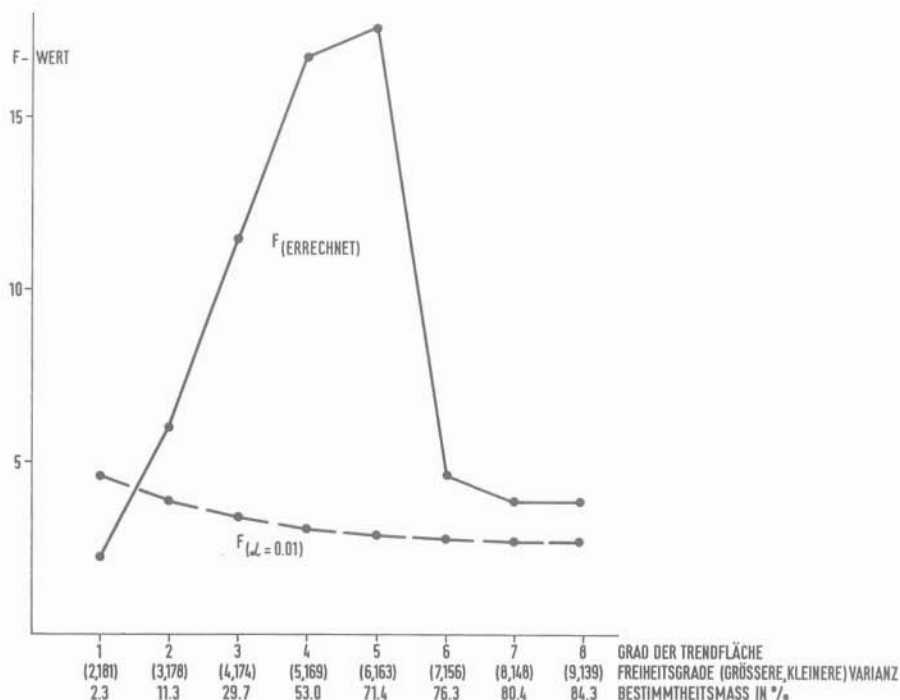


Abb. 5: Erdmagnetische Messungen in der südlichen Steiermark nach K. FORBERGER & K. METZ 1939. Zur Signifikanzprüfung der Trendflächen 1. bis 8. Grades.

des präeogenen 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 Isanomalien der Vertikal-Intensitäten auch die einzelnen Meßergebnisse. Dieses Zahlenmaterial scheint zu einer objektiven Erfassung durch Methoden der Trendflächen-Analyse ausreichend und geeignet zu sein.

TRENDFLAECHE 5. GRADES AUS 184 WERTEN

MAGNET. VERTIKALINTENSITAETEN, STUERUNGEN, S-STIMM., FORBERGER-METZ 1939

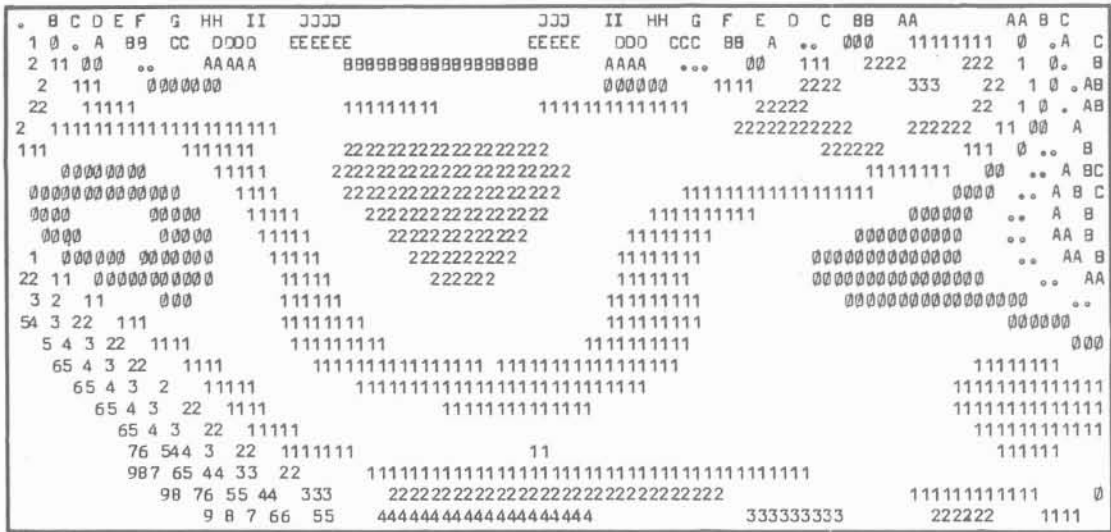
MITTELWERT X 0.12358E+01 Y 0.15765E+02 Z 0.40546E+02
 SPANNWEITE 0.13550E+02 0.33800E+02 0.73052E+03

SUMME D. QUADR. ABWEICHUNGEN V. MITTEL = 0.922E+06
 VARIANZ V. Z = 0.504E+04
 STANDARDABWEICHUNG = 0.710E+02

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

KOEFFIZIENTEN =

0 0.2745129E-01
 1 -0.5051639E-01 -0.5882640E+00
 2 -0.6481083E+00 0.1382175E+01 -0.2113634E+00
 3 -0.4977688E+01 0.4817938E+01 -0.885835E+00 0.7875800E+01
 4 0.9628607E+01 -0.1492719E+02 0.4538210E+01 -0.5401130E+00 -0.3159157E+01
 5 0.4788421E+02 -0.3571552E+01 -0.2455272E+02 -0.4845753E+02 0.4310457E+02 -0.3072779E+02



HOCHFORMAT, X-MIN = -0.67000E+01, BREITE = 0.13550E+02, Y-MIN = -0.36000E+01, HOEHE = 0.33800E+02
 J = -0.802E+03, *I* = -0.729E+03, *H* = -0.656E+03, *G* = -0.583E+03, *F* = -0.510E+03, *E* = -0.437E+03, *D* = -0.364E+03
 , *C* = -0.291E+03, *B* = -0.218E+03, *A* = -0.145E+03, *,* = -0.717E+02, *0* = 0.131E+01, *1* = 0.744E+02
 , *2* = 0.147E+03, *3* = 0.220E+03, *4* = 0.294E+03, *5* = 0.367E+03, *6* = 0.440E+03, *7* = 0.513E+03
 , *8* = 0.586E+03, *9* = 0.659E+03, *

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 Isanomalien-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 Sauschwelle 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

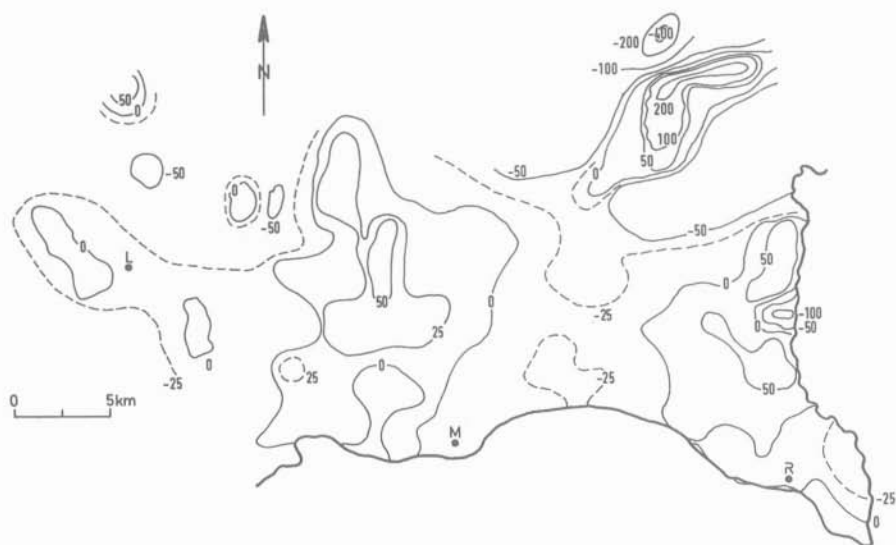


Abb. 7: Erdmagnetische Messungen in der südlichen Steiermark nach K. FORBERGER & K. METZ 1939. Handkonturierte Isolinien-Darstellung der Residuen der Vertikal-Intensität gegenüber der Trendfläche 5. Grades. L = Leibnitz, M = Mureck, R = Radkersburg.

der Störungen der Vertikal-Intensität gegenüber der Trendfläche 5. Grades (Abb. 7) ersehen. In diesem handkonturierten Isolinerplan 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. Petrol. 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 Südsteiermark. — 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. SCHAFER, *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.