

V. МУНДТ

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АНОМАЛИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И АНОМАЛИЙ БУГЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЗЕМЛИ

Статистический анализ геофизических полей потенциалов позволяет получить значительные сведения о строении земной коры. В частности можно определить основные тектонические направления, характерные тектонические разрывы, а также средние глубины залегания источников региональных аномалий. Описываются математические основы методов и результаты их применения для геофизических полей на территории ГДР.

W. MUNDT

## ÜBER DIE VERWENDUNG DES GEOMAGNETISCHEN FELDVERLAUFS UND DER BOUGUERSCHWERE ZUR UNTERSUCHUNG DES TIEFEREN UNTERGRUNDES

Aus einer statistischen Analyse der geophysikalischen Potentialfelder können wesentliche Aussagen über die Struktur der Kruste gewonnen werden. Im einzelnen können Angaben über tektonische Vorzugsrichtungen, über markante tektonische Diskontinuitäten sowie über die mittlere Tiefe der Quellen des regionalen Anomalienpektrums gemacht werden. Die mathematischen Grundlagen der verwendeten Methoden und die Ergebnisse ihrer Anwendung auf die geophysikalischen Potentialfelder im Gebiet der DDR werden mitgeteilt.

## A FÖLDMÁGNESES ÉS A GRAVITÁCIÓS ANOMÁLIÁK A FÖLDKÉREG MÉLYEBB SZERKEZETÉNEK KUTATÁSÁBAN

W. MUNDT\*

### Bevezetés

A kéregszerkezet és a felsőköpeny sajátságainak kutatása jelenleg a geofizika egyik fő problémája. E probléma komplex jellege megköveteli valamennyi rendelkezésre álló geofizikai módszer komplex alkalmazását; ez pl. az UMP célkitűzéseiben és problémafelvetésében is kifejeződik.

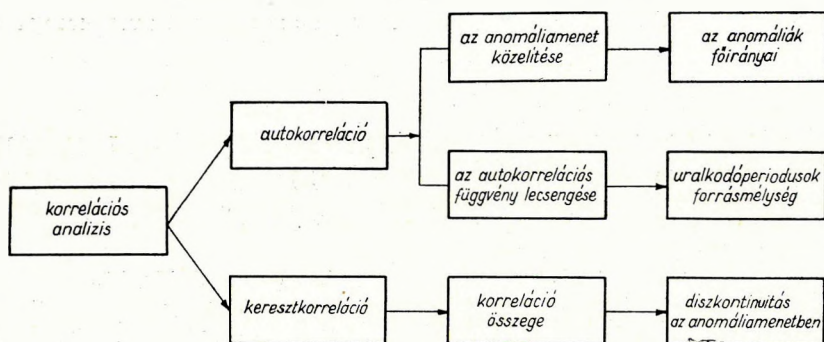
A kézirat 1966. X. 30-án érkezett.

\* A Német Tud. Akadémia Földmágneses Intézete, Potsdam

Az utóbbi évtizedekben a földi gravitációs és mágneses potenciáltér felmérése hatalmas lépésekkel haladt előre. Elsősorban a jelenlegi „Mágneses Világfelmérés” szolgáltat olyan nagy pontosságú, a Föld nagy területeire (ill. hosszú szelvényekre) kiterjedő adathalmazt, amely lehetővé teszi a regionális szerkezetek és a regionális anomáliák hatómélységének kutatását a Curie izotermáig (kb. 20 km mélységig) terjedő tartományban.

## 1. Módszer

A feladat a pozitív információ kiemelése a hatalmas észlelési adathalmazból. Optimális eljárásként erre a statisztikus analízis ígérkezik. Minthogy az anomáliákat homogén véletlenségi függvényként foghatjuk fel, korrelációs analízist (auto- és keresztkorrelációt) alkalmazhatunk.



1. ábra

Abb. 1

Фиг. 1.

Az anomáliagörbék auto-, ill. keresztkorrelációs analíziséből származó karakterisztikákból (1. ábra) adatokat nyerhetünk:

- az anomáliák főirányára (az anomáliatrendre),
- az anomáliák inkonformitásaira és
- a regionális anomáliaszpektrum forrásának mélységére.

Az anomáliák főirányáiból biztonságosan lehet tektonikai főirányokra következtetni, ámbar egyértelmű összefüggés az anomáliagörbék és a tektonikai szerkezetek között nem létezik.

## 2. Matematikai alapok

Röviden ismertetjük a vizsgálatok alapjául szolgáló matematikai összefüggéseket.

Az anomáliamenetet – a trend kiküszöbölése után – homogén véletlenségi függvénynek tekintjük. Jelöljük ennek egy tetszőlegesen kiválasztott pontját  $F(i, j)$ -vel. A kétdimenziós autokorrelációs függvény ekkor:

$$C(r, s) = \frac{1}{(N-r)(N-s)} \sum_{i=1}^{N-r} \sum_{j=s+1}^N F(i, j) F(i+r, j+s) \quad (1)$$

$$C(r, -s) = \frac{1}{(N-r)(N-s)} \sum_{i=1}^{N-r} \sum_{j=s+1}^N F(i, j) F(i+r, j-s)$$

ahol  $r, s = 0, 1, 2, \dots, m$

és  $C(-r, -s) = C(r, s); C(-r, s) = C(r, -s)$

A  $C(r, s)$  értékeket  $r, s$  koordinátarendszerben ábrázoljuk és megszerkesztjük az izoautokorrelációs görbéket. A keresett főirányokat ekkor a maximális  $C(r, s)$  értékek jellemzik (MUNDT, 1965).

A keresztkorrelációt parallel szelvények mentén számítjuk. A korrelációs koefficiens:

$$r = \frac{\sum_i |F_i - \bar{F}| |G_i - \bar{G}|}{\left[ \sum_i |F_i - \bar{F}|^2 \sum_i |G_i - \bar{G}|^2 \right]^{1/2}} \quad (2)$$

Ennek szignifikanciája a FISHER-féle ún.  $t$ -test-tel bizonyítható. A két szelvény közötti negatív, illetve nemszignifikáns korrelációs koefficiensek jelentik ekkor a keresett inkonformitásokat (MUNDT, 1965).

A regionális anomália forrásmélységének meghatározásához mindenképp ki kell számítani az egyes szelvények autokorrelációs függvényét az

$$R(\tau) = \frac{1}{N-\tau} \sum_{x=1}^{N-\tau} F(x) F(x+\tau) \quad (3)$$

egyenlet segítségével. A  $z$  mélység meghatározására ekkor különféle lehetőségek vannak. SERSON és HANNAFORD (1957) eljárása szerint először is kiszámítandó a véletlen eloszlású mágneses dipólusok vagy tömegpontok autokorrelációs függvénye, majd az autokorrelációs és az empirikus függvény optimális egyezéséből meghatározható a  $z$  mélység. Az elméleti függvényt itt tömegpontokra az

$$R(\tau) = \sigma \bar{m}^2 \int_{-\infty}^{\infty} dy \int_{-\infty}^{\infty} \frac{z^2}{\{[x^2 + y^2 + z^2][(x+\tau)^2 + y^2 + z^2]\}^{\frac{3}{2}}} dx \quad (4)$$

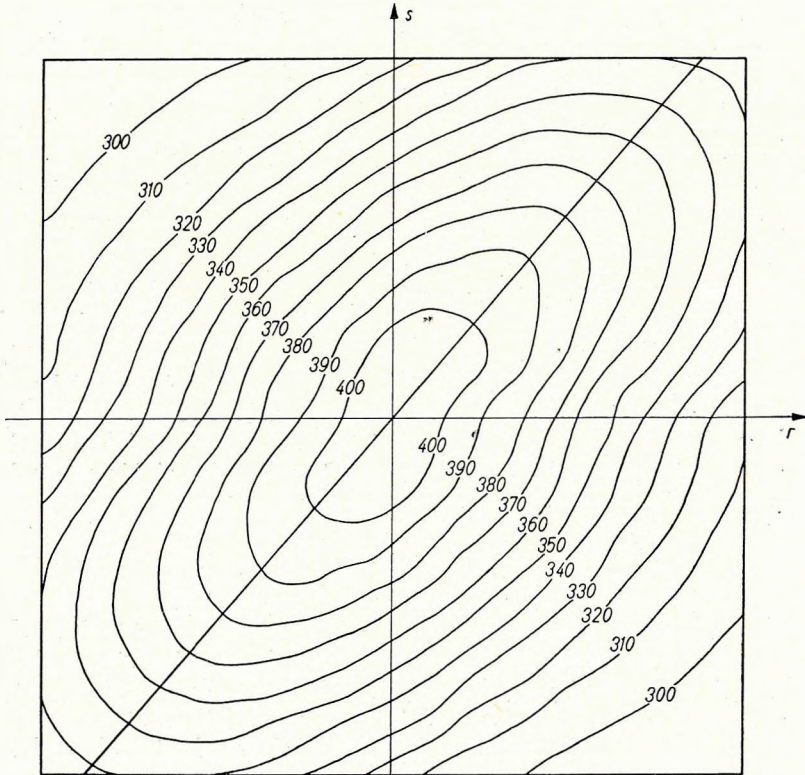
vertikális dipolusokra az

$$R(\tau) = \sigma \bar{M}^2 \int_{-\infty}^{\infty} dy \int_{-\infty}^{\infty} \frac{[2z^2 - x^2 - y^2][2z^2 - (x + \tau)^2 - y^2]}{\{[x^2 + y^2 + z^2][(x + \tau)^2 + y^2 + z^2]\}^{\frac{5}{2}}} dx \quad (5)$$

összefüggés szerint számolhatjuk, ahol  $\sigma$  jelenti a felületegységre jutó pontok számát,  $m$ , ill.  $\bar{M}$  a közepes sűrűséget, ill. közepes dipolmomentumot.

KLUSHIN és TOLSTIKIN (1963) összefüggést vezettek le, amely szerint a keresett  $z$  mélység a normál alakra hozott autokorrelációs függvény integráljából számítható:

$$Z = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} R_0(\tau) d\tau. \quad (6)$$



2. ábra. Z-anomáliák kétdimenziós autokorrelációs függvénye (1. terület)

Abb. 2. Zweidimensionale Autokovarianzfunktion für Z-Anomalien (Gebiet 1)

Фиг. 2. Двухмерная автокорреляционная функция аномалий Z (площадь I)



Ha a „Zero-Crossing-Problem”-ből indulunk ki és olyan összefüggést alkalmazunk, amellyel az autokorrelációs függvényből és második deriváltjából egy véletlenségi függvény nullátmeneteinek száma

$$n = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{-R''(0)}{R(0)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

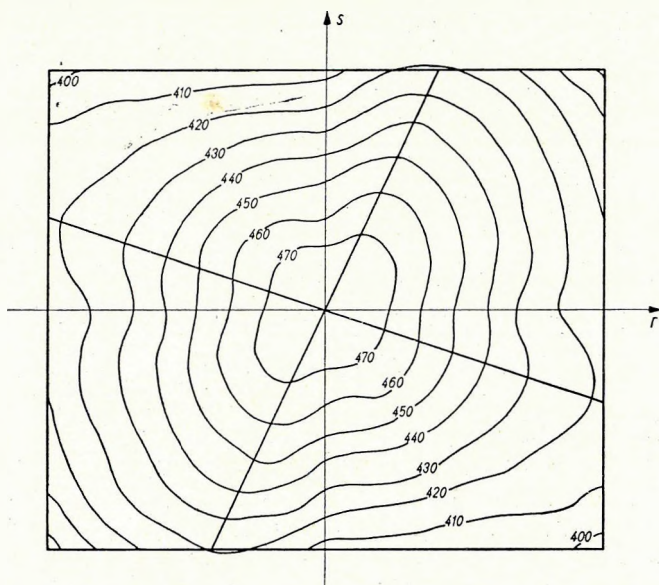
meghatározható, akkor – a véletlen eloszlású vertikális dipolusok modelljénél – a regionális anomáliaegyüttes  $z$  mélységének meghatározására a következő egyenlet szolgál:

$$Z = \frac{\sqrt{5}}{2} \left[ \frac{\sum_i \tau_i^2}{\sum_i \ln R_i(\tau)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

ahol  $R_i(\tau)$  az egyes  $\tau_i$  lépések autokorrelációs értékei.

#### 4. Alkalmazás és eredmények

Az ismertetett eljárásokat az NDK területén a földmágneses és a Bouguer anomáliákra alkalmaztuk. Mindkét anomáliatérkép 1: 50 000 méretarányban rendelkezésre áll. A numerikus számolást csaknem kizárólag elektronikus számítógéppel (ZRA-1) végeztük.

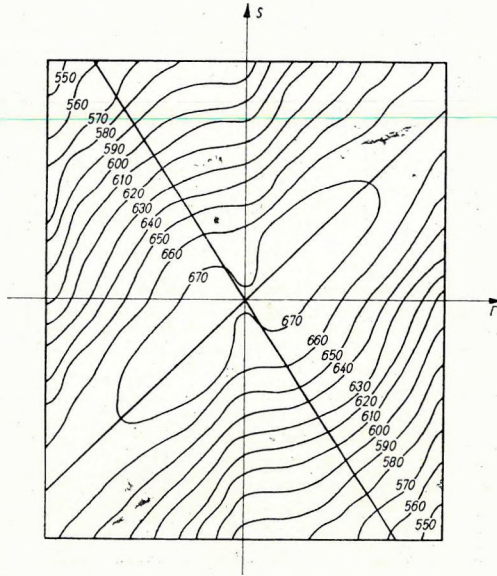


3. ábra. Bouguer anomáliák kétdimenziós autokorrelációs függvénye (2. terület)

Abb. 3. Zweidimensionale Autokovarianzfunktion für Bouguer Anomalien (Gebiet 2)

Фиг. 3. Двухмерная автокорреляционная функция аномалий Буге (площадь 2)

Az irányanalízis eredményeit a 2., 3., 4. és 5. ábrán láthatjuk. Mindhárom területen lényegében két főirány jelölhető ki, a  $N 30^\circ E$  és az  $N 330^\circ E$ . A  $N 30^\circ E$  irány valószínűleg azt a diszlokációs övet (rajnai árok) jellemzi, amely Európában a Földközi tengertől D-Svédországig követhető. A másik főirány viszont a Föld egy másik uralkodó nagytektonikai irányának felel meg.



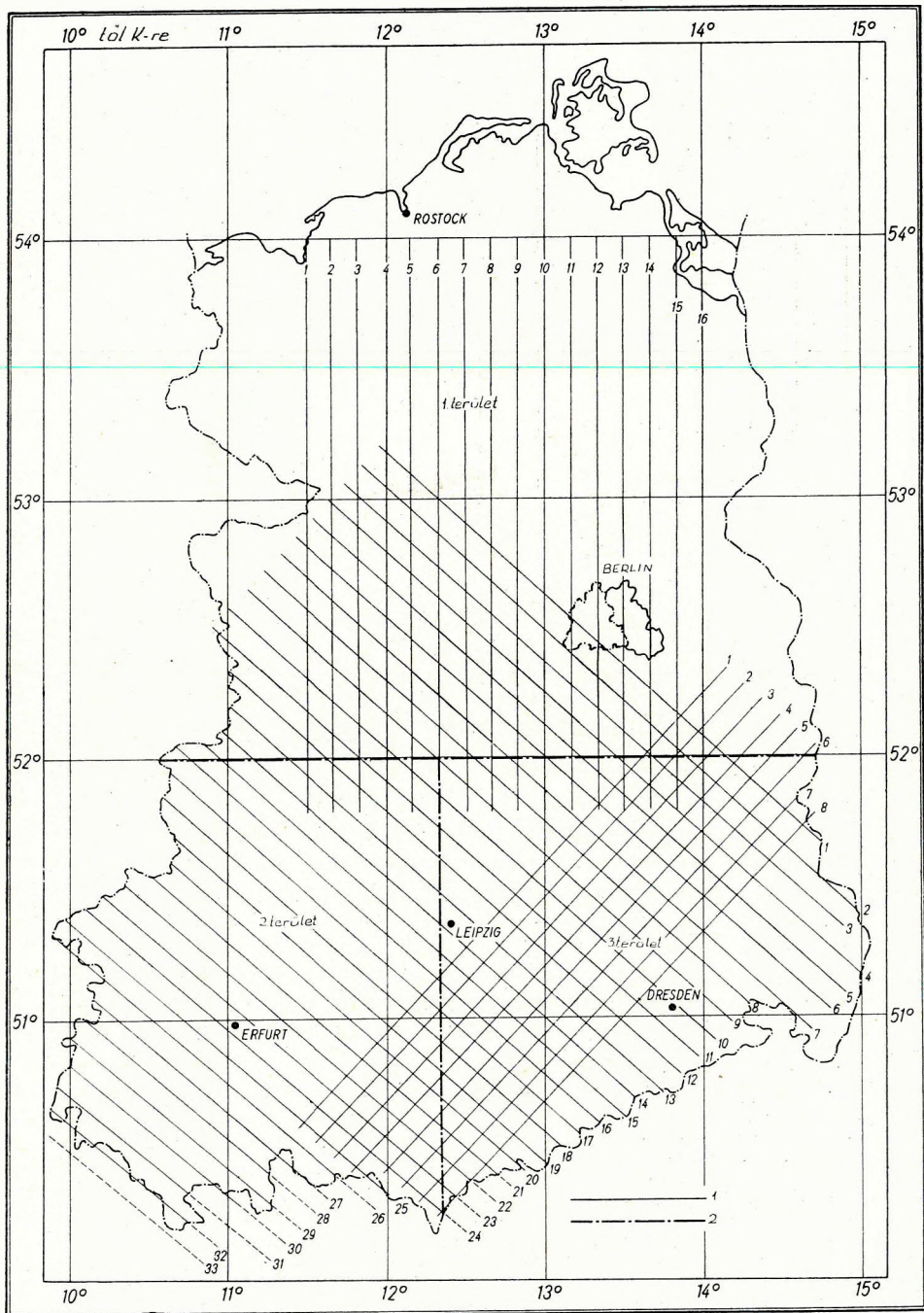
4. ábra. Bouguer anomáliák kétdimenziós autokorrelációs függvénye (3. terület)

Abb. 4. Zweidimensionale Autokovarianzfunktion für Bouguer Anomalien (Gebiet 3)

Фиг. 4. Двухмерная автокорреляционная функция аномалий Буге (площадь 3)

A keresztkorrelációs analízist a bemutatott három szelvényrendszerre végeztük el. Ezek irányai nagyjából a fent ismertetett tektonikai főirányoknak felelnek meg. Az analízis eredménye három korrelációs koefficiens-csoport, amelyeket ún. folytonossági szelvényben ábrázoltunk. A 6. ábra e három párhuzamos rendszer földmágneses- és Bouguer anomáliáinak folytonossági szelvényét mutatja. Az ábrából látszik, hogy az anomáliák néhány jelentősebb inkonformitása nagy tektonikai zavarra utal. A legegységesebb indikáció a közép-német főtörés, amely ezzel az eljárással pontosan lokalizálható volt.

A regionális anomáliák forrásmélységének, vagyis a kéregben levő mágnesezettségi kontraszt közepes mélységének meghatározása eddig két olyan eljárás szerint történt, amelyek a SERSON – HANNAFORD, ill. a KLUSHIN – TOLSTIKIN-féle eljárások továbbfejlesztései. A 7. és 8. ábra még a relative nagy kiértékelési hibával terhelt földmágneses és Bouguer anomáliákat mutatja. A mélységszelvény fekvését úgy választottuk, hogy az alapul vett parallel szelvényrendszer merőlegesen felezze. A mélységszelvényekből lényegében a következő olvasható ki:

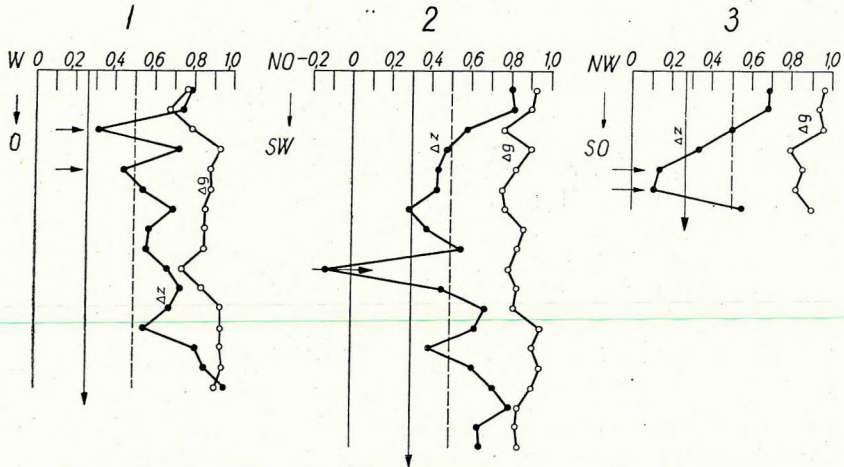


5. ábra. A feldolgozott szelvények helyszínrajza 1. szelvények, 2. a terület határa

Abb. 5. Übersicht über die bearbeiteten Profile; 1. Profile 2. Grenze des Gebietes

Фиг. 5. План расположения обработанных профилей 1 – профили; 2 – граница площади





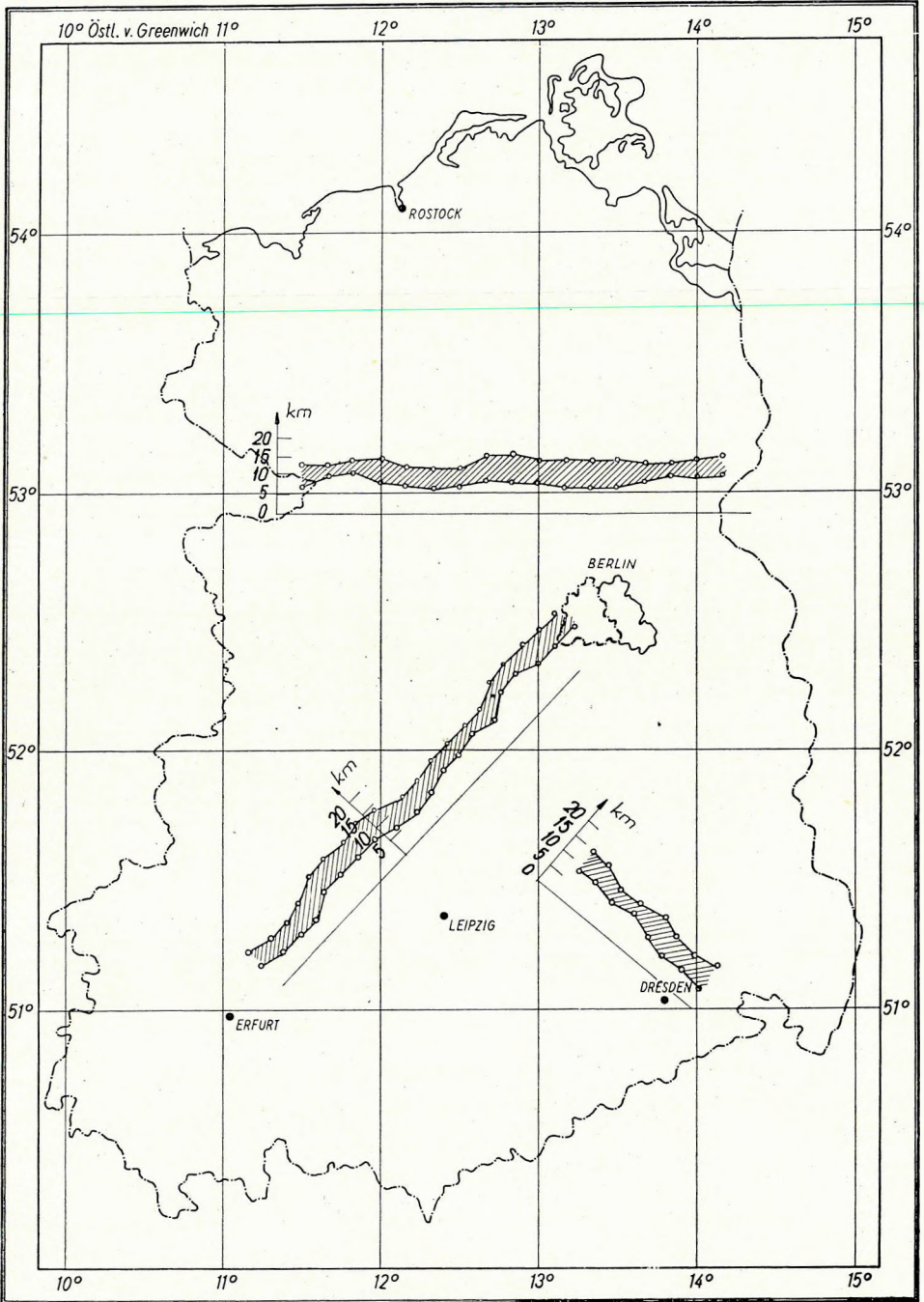
6. ábra. A Z-anomáliák és a Bouguer anomáliák folytonossági szelvénye az 1., 2. és 3. területről  
 Abb. 6. Kontinuitätsprofile für Z-Anomalien und Bouguer Anomalien von Gebiet 1, 2 und 3  
 Фиг. 6. Непрерывные профили аномалий Z и аномалий Буге для площадей 1, 2 и 3

1. az NDK területén a mágnesezettség- és sűrűségkontraszt közepes mélysége É-on 8–10 km, D-en 10–12 km.
2. E mélységet lokálisan a jelentősebb földtani és geofizikai zavarok (pl. a Pritzwalk-i anomália, a közép-német fűtörés) befolyásolják.
3. A Bouguer anomáliákból és a földmágneses anomáliákból számított mélységprofilok ilyen jó egyezése arra mutat, hogy e mélységtartományban a kéregszerkezetben markáns változás van. Hogy ez az eddig megismert kéregdiszkontinuitások melyikét jelenti, jelenleg nem dönthető el.

#### IRODALOM

- Klusin, I. G.—Tolstikin, F. N., 1963: Statistisches Verarbeiten der Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen der magnetischen Anomalien. Trud. Inst. G. V. Plehanova, XLVI. 2.
- Mundt, W., 1965. Richtungsstatistische Analyse geomagnetischer Isolinienkarten im Gebiet der DDR. Geophysik und Geologie, Folge 7.
- Mundt, W., 1965: Lokalisierung tektonischer Strukturen mittels geomagnetischer Diskontinuitäten, M. der DAW, Bd. 7, H. 7/8.
- Serson, P. H.—Hannaford, W. L. W., 1957: A statistical analysis of magnetic profiles. J. Geophys. Res. 62.

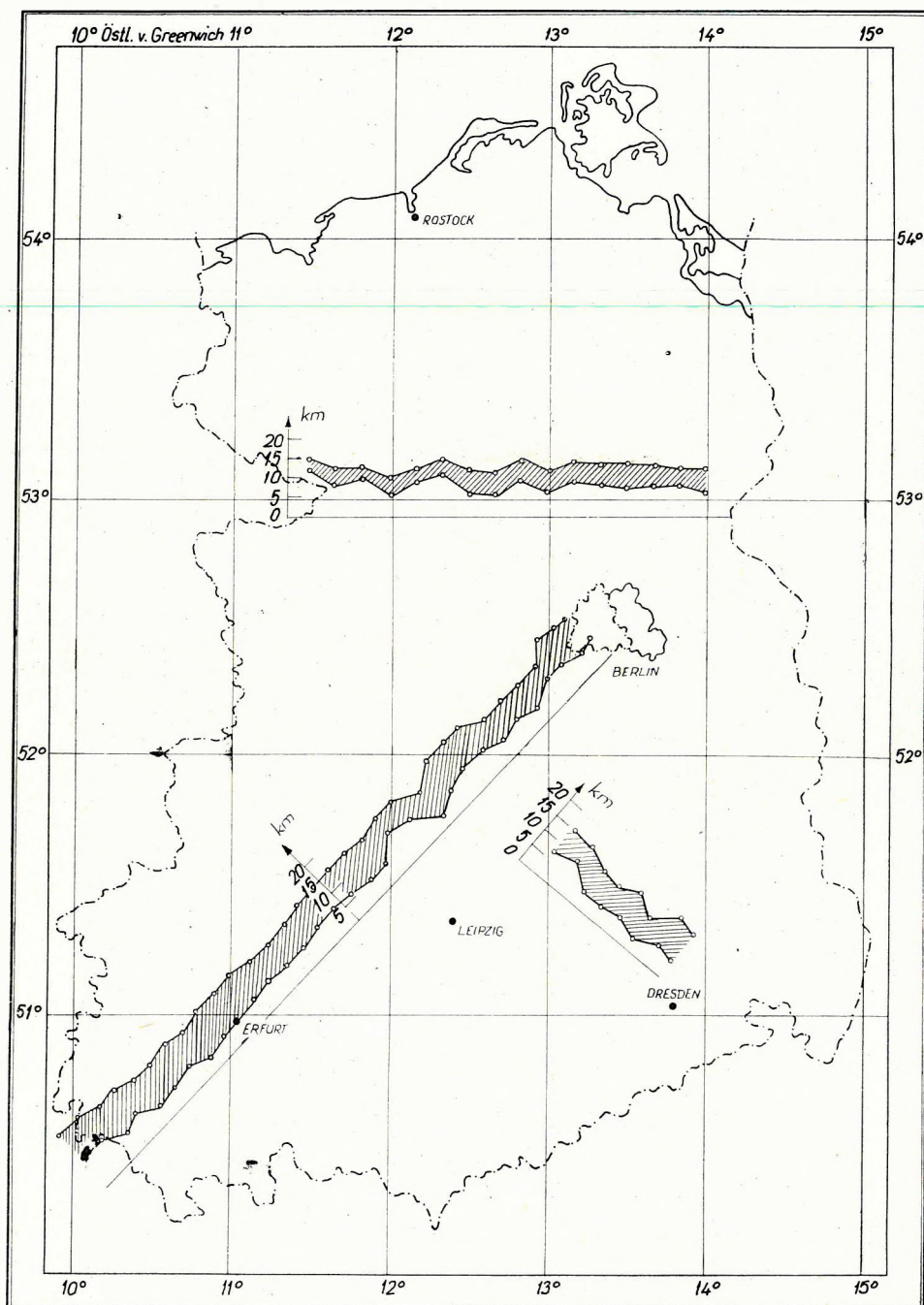




7. ábra. Z anomáliákból számolt mélységzselvény

Abb. 7. Tiefenprofile, berechnet aus Z-Anomalien

Фиг. 7. Профиль глубин, подсчитанных по аномалиям Z



8. ábra. Bouguer anomáliákból számolt mélységzselvény

Abb. 8. Tiefenprofile, berechnet aus Bouguer Anomalien

Фиг. 8. Профиль глубин, подсчитанных по аномалиям Буге