



Originally published as:

Grünthal, G. (1981): Zur Seismizität des Territoriums der DDR. - Gerlands Beiträge zur Geophysik, 90, 3, 202-212.

## **Zur Seismizität des Territoriums der DDR\*)**

Von **G. Grünthal**, Potsdam\*\*)

(Mit 7 Abbildungen)

(Mitteilungen des Zentralinstituts für Physik der Erde, Nr. 968)

### **Zusammenfassung**

In hochindustrialisierten und dicht bevölkerten Ländern wie der DDR ist es nötig, auch bei sehr geringen Eintreffenswahrscheinlichkeiten schadenverursachender Beben das seismische Gefährdungspotential abzuschätzen. Hierzu werden in gedrängter Form erste Resultate vorgestellt, wie überarbeitete Epizentrenkarten, eine Karte maximaler beobachteter Intensitäten, die zeitliche Verteilung der Spannungsfreisetzung, die Extremwertanalyse, die Magnitudenhäufigkeit in den seismischen Regionen des Territoriums sowie für den südöstlichen Teil des Gebietes eine vorläufige Korrelation der Seismizität mit Strain-Parametern.

### **Summary**

In highly industrialized and densely populated territories such as the GDR the seismic hazard potential even for very small occurrence probabilities of damaging earthquakes has to be considered. First results are briefly presented: revised epicentre maps, a map of maximum observed intensities, distribution in time of the strain release, analysis of extremes, magnitude frequency in the seismic regions of the territory, as well as a preliminary correlation of the seismicity with the strain patterns in the south-eastern part of the area.

### **1. Einführung**

Auf internationaler Ebene hat sich in den letzten Jahren ein grundlegender Wandel bei der Behandlung und Einschätzung möglicher Erdbebengefährdungen vollzogen. Diese neue Einstellung schlägt sich direkt in der Planung, der Ökonomie und dem Ingenieurwesen nieder und wirkt sich bis hin zu psychologischen und sozialen Aspekten aus. Eine derartige Neubewertung ist nicht nur in den äußerst bebengefährdeten Gebieten der Erde zu beobachten, sie gilt auch für Gebiete, in denen starke Erdbeben selten sind und spezielle Sicherheitsmaßnahmen bisher keine oder kaum Beachtung fanden. Als Gründe für die gestiegene Aufmerksamkeit für Erdbeben sind die Bildung extremer Ballungsräume und die zunehmende Errichtung industrieller Großanlagen anzuführen; die große Sicherheitsanforderungen stellen - hierbei sind insbesondere Kernkraftwerke zu nennen. Daher ist auch für solche Gebiete das Gefährdungspotential durch Erdbeben möglichst detailliert zu untersuchen. - Die Erdbebengefährdung des Territoriums der DDR ist zwar gering, jedoch nicht vernachlässigbar.

Einige der wesentlichsten Fragestellungen zur Seismizitätseinschätzung, die im folgenden kurz dargestellt werden<sup>1</sup>, sind

---

\*) Herrn Prof. Dr. W. SPONHEUER zu seinem 75. Geburtstag gewidmet.

\*\*) Dr. rer. nat. GOTTFRIED GRÜNTAL, Akademie der Wissenschaften der DDR, Zentralinstitut für Physik der Erde, DDR-1500 Potsdam, Telegrafenberg

<sup>1</sup> Ausführlich werden diese Probleme gesondert in speziellen Abhandlungen dargelegt.

- die Unterteilung des Territoriums in Herdregionen bzw. in Gebiete mit gleichen Charakteristika der seismischen Aktivität,
- die Häufigkeitsanalyse von Beben unterschiedlicher Magnituden in den einzelnen seismischen Regionen als Grundlage zur Ableitung von Aussagen zur Wahrscheinlichkeit des Eintreffens oder Überschreitens bestimmter Magnituden oder Intensitäten,
- Abschätzungen zur möglichen Maximalmagnitude auf dem Territorium,
- die Suche nach deterministische Kriterien zur Definition des seismischen Aktivitätspotentials.

All diese Seismizitätsaussagen fußen auf der bisher beobachteten Erdbeben­­tätigkeit, wobei die Aussagen zur auch künftig zu erwartenden Seismizität eines Gebietes um so sicherer sein werden, je besser das historische seismische Geschehen bekannt ist.

Somit wurden alle verfügbaren meist historischen makroseismischen Daten über die Erdbeben, die das Territorium beeinflussten (größtenteils aus den Katalogen nach SIEBERG [3], SPONHEUER [4] sowie SPONHEUER u. KUNZE [6], im Hinblick auf die Bestimmung des wahrscheinlichsten Epizentrums und der wahrscheinlichsten Epizentralintensität überarbeitet. Diese umfassende Arbeit (GRÜNTAL u. a. [1]) war die Voraussetzung jeglicher Einschätzungen zur seismischen Gefährdung bzw. zur seismischen Zonierung.

## 2. Epizentrenkarten

Abb. 1 zeigt die überarbeitete Epizentrenkarte für den Zeitraum von 1500 bis 1899. Etwa vom Jahre 1500 ab scheinen die Seismizitätsdaten hinreichend zuverlässig und komplett zu sein; lediglich für das Vogtland erlauben sie eine quantitative Interpretation erst etwa ab 1850. Aktivitätszentren sind das Vogtland und eine Herdzone unmittelbar nördlich davon. Dort war auch der Herd des stärksten bekannt gewordenen Bebens des Territoriums, des sogenannten Mitteldeutschen Erdbebens vom 6. März 1872 mit einer Magnitude von etwa 5,1 (SPONHEUER u. GRÜNTAL [5]).

Abb. 2 zeigt die Epizentrenkarte unseres Jahrhunderts. Der Übersichtlichkeit halber wurden für das Vogtland nur Beben mit Magnituden größer als 3,6 dargestellt. Mit dem Beginn unseres Jahrhunderts taucht eine spezielle Seismizitätskomponente in westlichen Teilen des Territoriums der DDR auf, die mit dem Salzbergbau verknüpft ist. Diese induzierten Ereignisse sind durch schraffierte Kreise gekennzeichnet.

## 3. Größte beobachtete Intensitäten

Die überarbeiteten Seismizitätsdaten waren weiterhin Ausgangspunkt für die Erarbeitung einer neuen Karte der maximalen beobachteten Intensitäten. Die makroseismische Reinterpretation insbesondere der stärksten Beben führte zu Resultaten, die von den früheren Interpretationen zum Teil erheblich abweichen.

Abb. 3 zeigt die neue Karte maximaler beobachteter Intensitäten: ein Gebiet der Intensität 7 - verursacht durch das Beben von 1872; das Vogtland - gekennzeichnet durch die Stärke 6. Die Schütterflächen der induzierten Ereignisse sind durch Dreiecke markiert.

Alle weiteren hier vorgestellten Untersuchungen werden sich auf die tektonischen Beben beschränken.

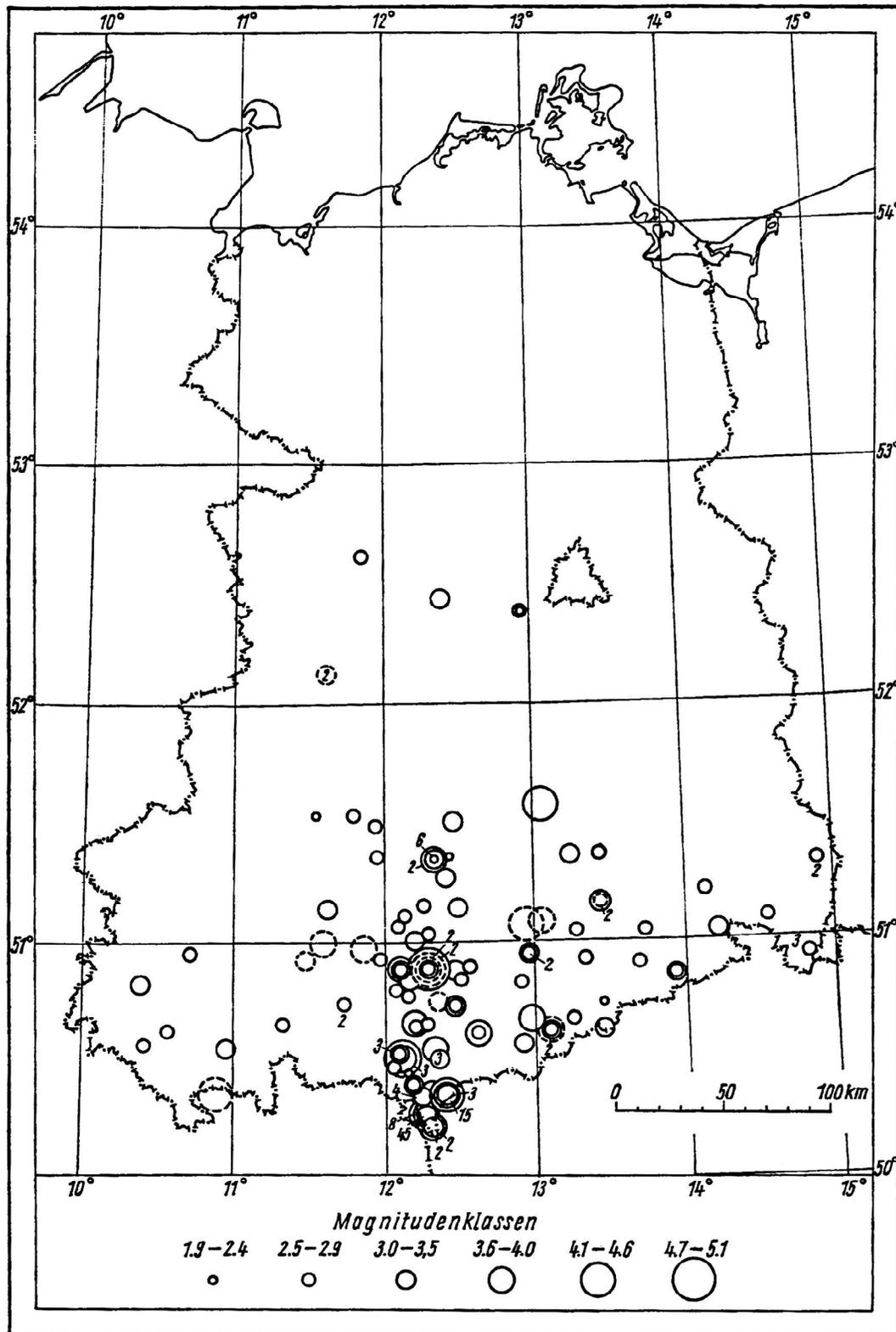


Abb. 1. Epizentren auf dem Territorium der DDR im Zeitraum von 1500 bis 1899. Geschätzte Lokalisationsfehler: < 15 km (volle Kreise) bzw. < 30 km (gestrichelte Kreise); Beben im Vogtland ab 1850 und mit Magnitude > 3,0 dargestellt

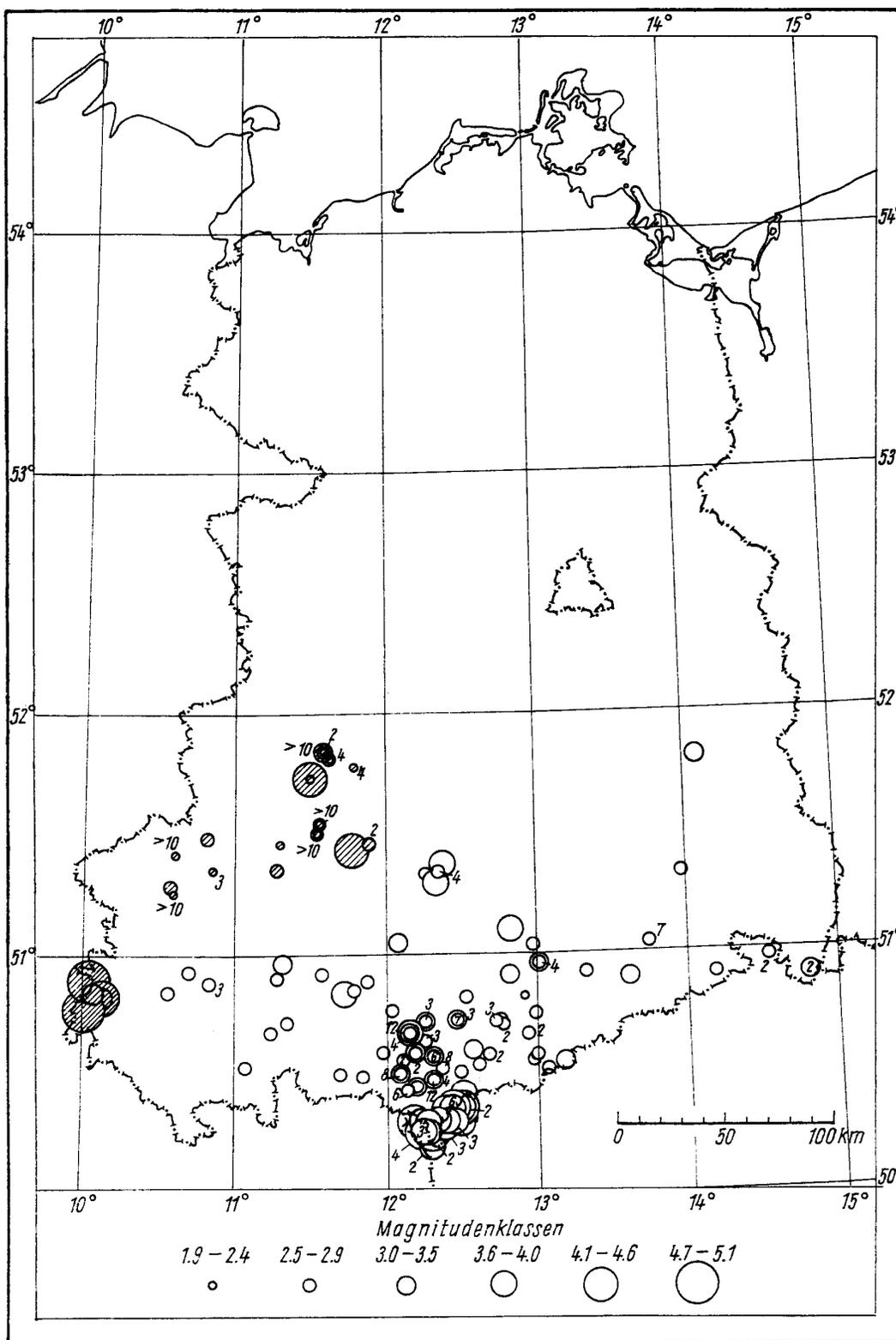


Abb. 2. Epizentren auf dem Territorium der DDR im Zeitraum von 1900 bis 1980. Schraffierte Kreise: induzierte Ereignisse; geschätzter Lokalisationsfehler < 10 km; im Vogtland nur Beben mit Magnitude > 3,6 darstellbar

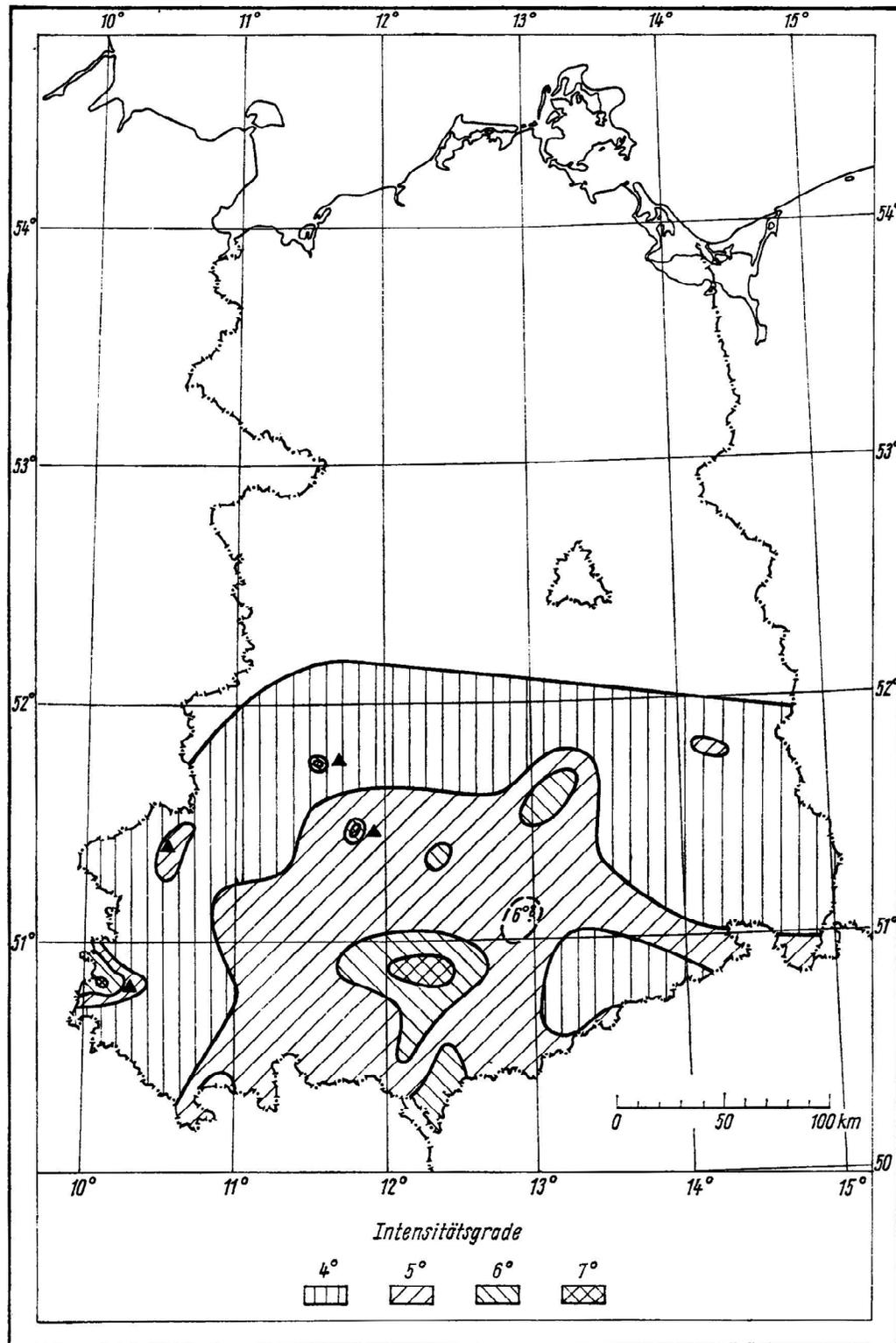


Abb. 3. Isoseisten maximaler beobachteter Intensitäten (1500-1980) innerhalb des Territoriums der DDR; A lokal erhöhte Intensität infolge induzierter Ereignisse

#### 4. Zeitliche Variation der seismischen Aktivität

Ein Problem der Seismizitätsuntersuchungen in der DDR ist die Tatsache, daß die Daten größtenteils historisch sind. Abgesehen von einem relativ schwachen Vogtlandsschwarm 1962, herrscht seit 1926 praktisch seismische Ruhe.

Abb. 4 zeigt die sogenannte BENIOFF-Kurve, d. h. die kumulative Energiefreisetzung, seit 1500; allerdings ohne die Vogtland-Ereignisse, da diese Daten nur für die letzten etwa 100 Jahre hinreichend komplett sind. Die Kurve zeigt deutlich Perioden schwacher und starker Aktivität.

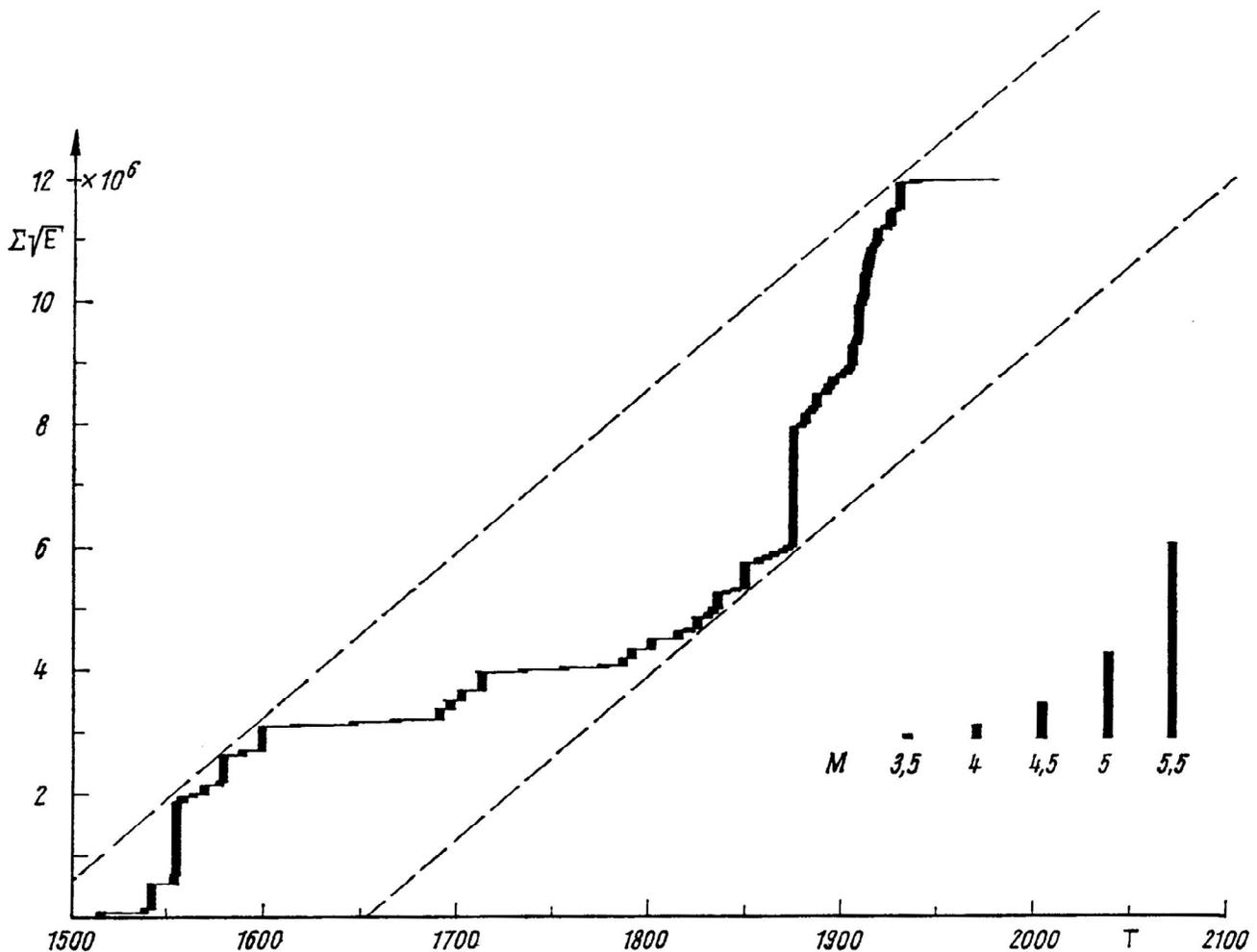


Abb. 4. Freisetzung seismischer Spannungen auf dem Territorium der DDR seit 1500  
(Energie E in Joule)

Von dieser Spannungsfreisetzungskurve können einige Schlußfolgerungen abgeleitet werden: Unter der Annahme, daß die Gesamtaktivität des Territoriums von einem oberen und einem unteren Strain-Zustand begrenzt wird (gestrichelte Linien in Abb. 4), kann das mögliche maximale Erdbeben als die plötzliche Energiefreisetzung vom untersten zum obersten Grenzzustand definiert werden. Das ergäbe eine Magnitude von 5,7 für das untersuchte Territorium. Andererseits könnte aus der Kurve bestimmt werden, welche Magnitude die zur Zeit größtmögliche wäre, welche Magnitude in 50 Jahren usw. auftreten bzw. wann die seismische Aktivität spätestens wieder einsetzen dürfte.

## 5. Extremwertanalyse

Weiterhin wurden die Extremwert- bzw. die GUMBEL-Statistik (GUMBEL [2]; YEGULAP u. KUO [8]) auf die Seismizitätsreihe angewandt. Dazu wurden die jeweiligen maximalen Intensitäten in 10-Jahres-Intervallen seit 1500 ausgewählt, der Größe nach sortiert und jedem der sortierten Extrema eine Rangfolgennummer  $j$  zugeordnet.

Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß die maximale Intensität  $I$  (in zehn Jahren) einen bestimmten vorgegebenen Wert  $i$  nicht überschreitet, ist

$$P(I \leq i) = G_i(i) .$$

Die Schätzung  $\tilde{G}$  für  $G_i(i)$  ergibt sich zu

$$\tilde{G}_n(i) = \frac{j}{n+1} .$$

Die Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Extrema wurden entsprechend den Regeln der GUMBEL-Statistik graphisch dargestellt (Abb. 5). Aus der Verteilung der Extrema wird deutlich, daß ein geradliniger Ausgleich (GUMBEL-I) eine schlechte Näherung ergäbe. Aus den Beobachtungswerten ist bereits abzusehen, daß mit wachsender Wiederholungsperiode  $T$  ein maximaler Intensitätswert angestrebt wird, was durch die GUMBEL-III-Statistik ausgedrückt wird.

Die Parameter des Wahrscheinlichkeitsausdrucks nach GUMBEL-III wurden mit der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt. Danach ist für das Territorium die maximale Intensität mit einer unendlichen Wiederholungsperiode 9,32 Grad. Es sollte jedoch eine praktischere Definition der wahrscheinlichen maximalen Magnitude innerhalb einer Region vorgeschlagen werden, und zwar die Intensität oder Magnitude mit einer mittleren Wiederholungsperiode von 10000 Jahren. Damit ergibt sich als maximale Intensität in der DDR ein Wert von 8,5°. Dieses Resultat stimmt mit dem Wert gut überein, der aus der BENIOFF-Kurve abgeleitet wurde.

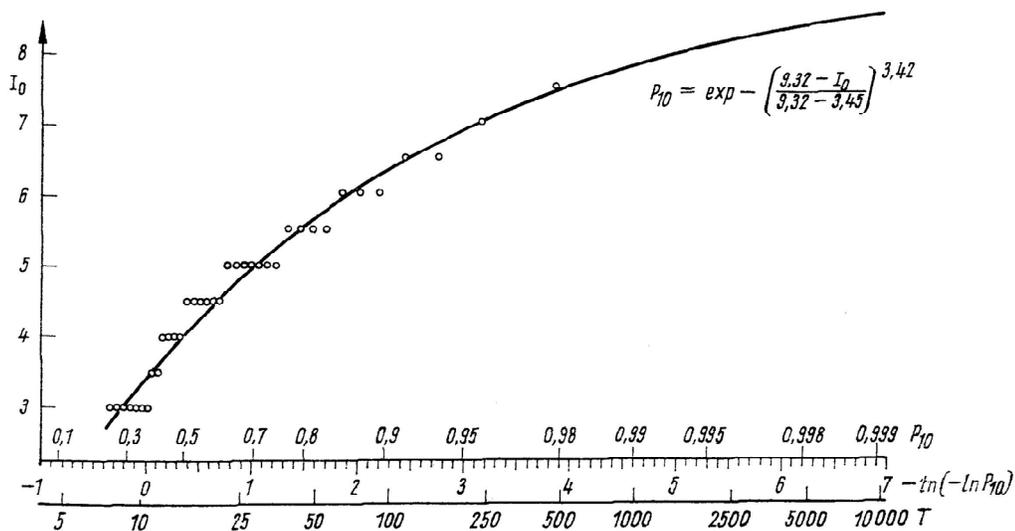


Abb. 5. Wahrscheinlichkeit  $P$ , daß die maximale Intensität in 10 Jahren bestimmte Epizentralintensitäten  $I_0$  nicht überschreitet, sowie zugehörige mittlere Wiederholungsperiode  $T$

## 6. Regionalisierung des Territoriums

Ein wesentlicher Schritt bei der Seismizitätsuntersuchung eines Gebietes ist seine Unterteilung in einzelne seismische Regionen. Hierbei werden regionale Charakteristika, aber auch geotektonische Komplexe zusammengefaßt. Die Regionalisierung ist eine relativ unsichere Komponente der seismischen Zonierung, weil sie weitgehend auf subjektiven Kriterien beruht.

Eine derartige Variante der Regionalisierung wird in Abb. 6 vorgestellt. Nördlich der Region I wurde keine Aktivität beobachtet. Die Region I zeigt nur sehr geringe Aktivität. Die Sub-Region Ia wurde eingeführt als Herdort vornehmlich von Beben vor 1500. Die Region V ist das Gebiet der Vogtländischen Schwarmbeben. Mehr als 5000 gespürte Beben wurden dort in den letzten 100 Jahren registriert, die in einzelnen Schwärmen auftraten, wobei die

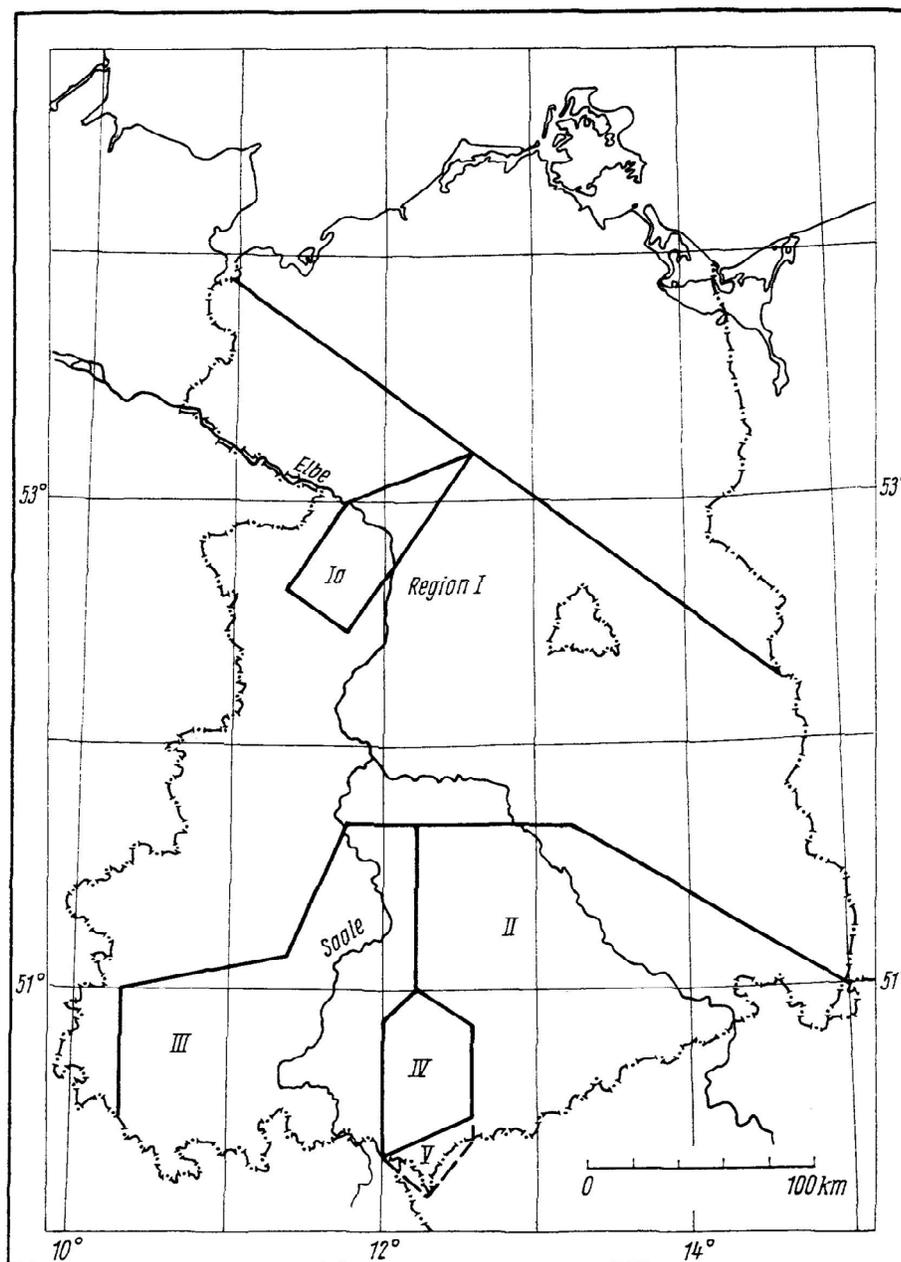


Abb. 6. Einteilung des Territoriums der DDR in seismische Regionen

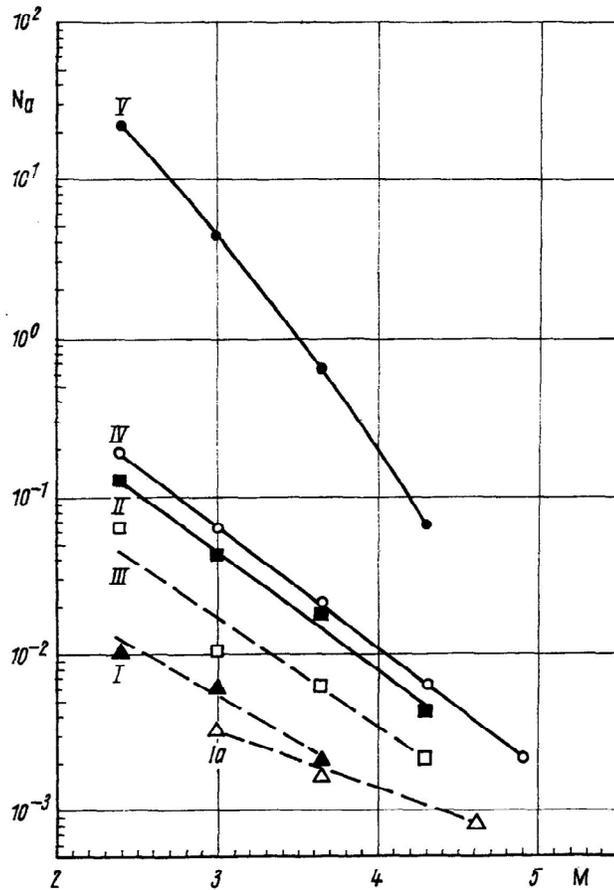


Abb. 7. Magnitudenhäufigkeit in den seismischen Regionen der DDR

stärksten Stöße Magnituden bis zu etwa 4,7 erreichten. Auch die Region IV ist gekennzeichnet durch relativ starke Aktivität, aber nicht vom Schwarmtyp.

Abb. 7 zeigt die jährliche Magnitudenhäufigkeit in den einzelnen Regionen. Es ist auffällig, daß trotz der außerordentlich wenigen Daten in den Regionen I und II die beobachteten Häufigkeiten  $N$  relativ wenig streuen. Die  $b$ -Werte (entsprechend der Relation  $\log N = a - bM$ ) der Regionen I-IV variieren zwischen 0,6 und 0,8 (für die Region Ia ist  $b \approx 0,4$ ). Die  $\log N$ - $M$ -Kurve für das Vogtland zeigt, daß sich dort der Charakter der Aktivität signifikant von dem in den anderen Regionen unterscheidet. Der  $b$ -Wert für das Vogtland ist mit 1,35 anormal hoch.

## 7. Nutzung weiterer Quellen

Solide Abschätzungen zum Erdbebengefährdungspotential sollten sich nicht allein auf die Auswertung der Seismizitätsdaten beschränken, sondern es sollten zusätzliche Quellen herangezogen werden, so daß neben rein statistischen Untersuchungen auch deterministische Kriterien erfaßt werden können.

Im folgenden sollen einige erste Ideen und Resultate angedeutet werden, insbesondere zur Korrelation der Seismizität mit rezenten horizontalen Bewegungen der Erdkruste im SE-Teil der DDR (THURM u. a. [7]). Dort wurden auf einer Fläche von etwa 12500 km<sup>2</sup> in den Jahren 1890 und 1960 Triangulationen durchgeführt und für ein Punktraster mit 4-

km-Punktabständen die horizontalen Verschiebungsvektoren sowie die Strain-Parameter berechnet.

Die Korrelation der horizontalen Verschiebungsvektoren im SE-Teil der DDR mit der seismischen Aktivität ist negativ. Wird die Epizentrenverteilung seit 1500 (Abb. 1 und 2) mit den Strain-Parametern verglichen, sind einige Besonderheiten bemerkenswert:

- Der Großteil der Seismizität ist nicht mit Kompressionsgebieten korreliert.
- Einige Kompressionsgebiete schmiegen sich gerade dort ein, wo Seismizitätslücken vorhanden sind.

Auf Grund der geringen Aktivität im östlichen Teil des bei THURM untersuchten Gebietes ist die Korrelation der Strain-Parameter mit der Epizentrenverteilung dort weniger signifikant.

Der Vergleich des Scherstrains mit der Seismizität zeigt das gleiche qualitative Resultat, wie es aus der Verteilung der Kompression abgeleitet wurde: Abgesehen von einigen Ausnahmen, wird Scherstrain gerade dort beobachtet, wo Seismizitätslücken festgestellt werden. Andererseits zeigt das abgeleitete Strain-Muster, daß der Scherstrain hauptsächlich mit beträchtlichen Extensionen verknüpft ist und daß in den wesentlichsten Kompressionszonen der Scherstrain in der Regel vernachlässigbar ist (P. u. E. BANKWITZ in THURM u. a. [7]).

Ausnahmefälle der Übereinstimmung von Scherstrain und Kompression finden sich nur in einigen kleineren Gebieten. Zwei von ihnen sind den Hauptbebenzonen des Territoriums unmittelbar benachbart: einmal die Vogtländische Herdzone und zum anderen die Herdzone des stärksten Bebens des Gebietes, des Ereignisses von 1872.

## Literatur

- [1] GRÜNTAL, G., SPONHEUER, W., u. A. KUNZE, Epizentrenkarten und Karte der maximalen beobachteten Intensitäten für das Territorium der DDR. Z. geol. Wiss. 1981 (in Vorbereitung).
- [2] GUMBEL, E. J., Statistics of Extremes, Columbia Univ. Press, New York 1958, 375 S.
- [3] SIEBERG, A., Beiträge zum Erdbebenkatalog Deutschlands und angrenzender Gebiete für die Jahre 58-1977. Mitt. dt. Reichserdbebedienst 2 (1940).
- [4] SPONHEUER, W., Erdbebenkatalog Deutschlands und der angrenzenden Gebiete für die Jahre 1800-1899. Mitt. dt. Erdbebendienst 3 (1952).
- [5] - u. G. GRÜNTAL, Das Mitteldeutsche Erdbeben vom 6. März 1872. Veröff. Zentralinst. Physik d. Erde 64 (1980).
- [6] - u. A. KUNZE, Erdbebenkatalog für das Territorium der DDR für die Jahre 1900-1975, 1981 (in Vorbereitung).
- [7] THURM, H., BANKWITZ, P., BANKWITZ, E., u. G. HARNISCH, Rezente horizontale Deformationen der Erdkruste im Südostteil der Deutschen Demokratischen Republik. Petermanns geogr. Mitt. 121 (1977), 281-304.
- [8] YEGULAP, T. M., and J. T. KUO, Statistical Prediction of the Occurrence of Maximum Magnitude Earthquakes. Bull. seism. Soc. Amer. 64 (1974), 393-414.