

# Ein Beitrag zur Bestimmung der lokalen Seismizität des Raumes Molln, OÖ.

Von

E. Flegweil

Herrn Univ.-Prof. Dr. F. Steinhauser zu seinem 70. Geburtstag gewidmet

Durch das erste autochthone Schadenbeben Oberösterreichs am 29. Jänner 1967, mit seinem Epizentrum im Gemeindegebiet von Molln, wurde die Aufmerksamkeit der österreichischen Erdbebenforschung auf dieses Gebiet sonst relativ geringer Seismizität [1] gelenkt. Auf Anregung von J. Drimmel von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien entschloß sich die Ennskraftwerke-AG, im Hinblick auf das Projekt Pumpspeicherwerk Molln, im Planungsgebiet eine mikroseismische Station zu errichten und zu betreiben, welche Ende Dezember 1972 ihren Betrieb aufnehmen konnte.

Die seismische Station Molln-Kienbach, OÖ. [2] mit den geographischen Koordinaten

$$\varphi = 47^{\circ} 50' 58'' \text{ nördliche Breite}$$

$$\lambda = 14^{\circ} 15' 57'' \text{ östliche Länge}$$

und der Seehöhe

$$h = 572,1 \text{ m über der Adria}$$

ist zur Zeit mit einem kurzperiodischen Vertikalseismometer ausgestattet, welches die Vertikalkomponente allfälliger Bodenbewegungen aufnimmt und nach dem elektrodynamischen Prinzip in Spannungsschwankungen umsetzt. Die schwingungsfähige Masse des elektromagnetisch gedämpften Pendels beträgt 5 kg, die Eigenfrequenz kann zwischen 0,75 und 1,1 Hz justiert werden.

Die vom Seismometer gelieferte Spannung wird durch einen Geophonverstärker bis zu 2000fach verstärkt und einem Rectilinearschreiber zugeführt, dessen Galvanometer in Verbindung mit einer Kapillarfeder eine kontinuierliche Tintenregistrierung liefert. Der frei wählbare Papieranschub beträgt in der Regel 120 mm/min. Das Empfindlichkeitsmaximum der Amplitudenvergrößerung in der derzeitigen Verstärkerstellung — 18 dB von etwa 100000facher Maximalvergrößerung liegt im Bereich der vorherrschenden Perioden bei Orts- und Nahbeben.

Die Hauptaufgabe der seismischen Station Molln besteht in der Überwachung der lokalen Bebenitätigkeit. Der in der vorliegenden Untersuchung erfaßte Zeitraum von zwei Jahren (die Jahre 1973 und 1974) sollte genügend Datenmaterial liefern, um sichere Rückschlüsse auf die lokale Seismizität beziehungsweise auf eine etwaige Änderung derselben durch einen geplanten Stausee ziehen zu können.

Gutenberg und Richter [3] haben gefunden, daß die Anzahl der Erdbeben mit abnehmender Magnitude exponentiell zunimmt, wodurch ein linearer Zusammenhang zwischen der logarithmischen Häufigkeit der Beben und ihrer Magnitude gegeben ist; es läßt sich demnach aus der Existenz von schwachen Beben das Vorkommen von stärkeren Beben ableiten. Für eine derartige statistische Bebenprognose gibt es einen stochastischen Zusammenhang in der Form

$$\log N = a - b M \quad (1)$$

mit  $N$  als Bebenzahl pro Flächen- und Zeiteinheit und  $M$  als Bebenmagnitude nach Richter; die Konstante  $a$  ist ein Maß für die von Ort zu Ort verschiedene lokale Seismizität, die Konstante  $b$  hingegen liegt im gesamten Alpenraum (und ebenso in vielen Gegenden der Welt) nahe 0,95 [4].

Da es im Mollner Raum nur wenig fühlbare Erdbeben gibt, ist die Notwendigkeit gegeben, möglichst viele Mikrobeben zu registrieren, um eine gesicherte statistische Bebenprognose erstellen zu können. Hier ergibt sich die Schwierigkeit, daß in der Umgebung der seismischen Station bis zu einem Umkreis von knapp 10 km, besonders in den Monaten Jänner bis April, sehr häufig Sprengungen vorgenommen werden (u. a. von den Ennskraftwerken in Klaus, von der VÖEST in Steyrling, vom Zementwerk Hoffmann in Micheldorf und von den

Österreichischen Bundesforsten) und diese Sprengungen von lokalen Beben nicht ohne weiteres unterscheidbar sind.

Um Unterscheidungsmerkmale zwischen lokalen Sprengungen und natürlichen Ortsbeben herauszufinden, war es nötig, möglichst viele mit Sicherheit als Ortsbeben erkannte Ereignisse mit Sprengungen zu vergleichen. Es wurden daher die Häufigkeiten der Sprengungen, sowohl was die Verteilung auf die einzelnen Wochentage (Tabelle 1) als auch was die Verteilung über den ganzen Tag (Tabelle 2) betrifft, ausgezählt.

Tabelle 1.

Mittlere Anzahl der Sprengungen pro Tag der Woche ( $n_1$ ) während der Hauptsprengzeiten Jänner—April 1973 und Jänner—April 1974

Tag	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
$n_1$	6,6	12,9	11,8	12,9	7,0	0,0	0,0

Tabelle 2.

Anzahl der Sprengungen in den einzelnen Stunden des Tages ( $n_2$ ), Summe von 1973 und 1974

h (MEZ)	0—6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19—24
$n_2$	0	22	112	166	190	244	306	244	201	230	205	258	124	25	0

Es zeigte sich, daß zu gewissen Zeiten grundsätzlich keine Sprengungen vorgenommen wurden, nämlich zwischen 19 Uhr und 6 Uhr MEZ sowie an Samstagen und Sonntagen. Auf diese Weise konnten lokale Ereignisse, die auf sprengfreie Tageszeiten beziehungsweise Tage fielen, mit einer gewissen Sicherheit als Ortsbeben klassifiziert werden. Alle nach dieser Methode aufgefundenen 66 Ortsbeben, von denen allerdings 24 fraglich sind und unter Umständen auch auf andere Ursachen (Steinschlag, Lawinen o. ä.) zurückzuführen wären, sind in Tabelle 3 angegeben. Alle aufgeführten Beben (mit einer Ausnahme) ereigneten sich innerhalb einer Entfernung von 15 km von der seismischen Station, was einer Fläche von etwa 700 km<sup>2</sup> entspricht.

Tabelle 3. Verzeichnis der Ortsbeben

Datum	Phase	MEZ			2 A mm	T sec	Bemerkungen
		h	m	s			
1973 01 06	— eiPg	22	51	24,3	0,4		Samstag
	Lm		51	25	1	0,15	
03 18	+ iPg	08	14	13,0	2,2		Sonntag
04 22	+ iPg	11	15	05,8	0,4		Sonntag
	Lm		15	06,2	1,5		
05 12	+ iPg	10	09	56,0	15		Samstag
17	iPg	01	41	00,0	38		Donnerstag; fraglich
17	iPg	01	50	31,6	35,5		Donnerstag; fraglich
26	+ iPg	12	36	17,6	3,0		Samstag
	Lm		36	18,5	10		
06 12	+ iPg	00	41	24,0	8		Montag; fraglich
16	+ eiPg	10	03	51,0	5		Samstag
	Lm		03	53,0	7		
17	ePg	14	01	25,2	0,2		Sonntag
	Lm		01	26	2,2		
17	+ iPg	14	21	44,4	2,6		Sonntag
	Lm		21	45,0	7,0		
07 10	+ iPg	20	31	36,5	9		Dienstag; fraglich
	Lm		31	38,5	14,5	0,25	
09 03	— iPg	01	32	33,9	3,2		Montag
	Lm		32	34,2	9	0,2	
11 02	eiPg	22	28	56	0,7		Freitag
	Lm		28	57	3,6	0,2	
12 16	— iPg	13	53	20,2	10	0,2	Sonntag
29	+ iPg	19	19	22,7	15		Samstag
	Lm		19	24,8	52		
1974 01 06	— iPg	14	56	38,6	5		Sonntag
	Lm		56	39,1	3	0,2	
03 02	— iPg	21	14	28,6	15	0,15	Samstag
03	— iPg	14	16	55,8	11		Sonntag; Steyrling
	Lm		16	57,5	22	0,25	
26	eiPg	03	18	48,0	1,1		Dienstag; fraglich
	Lm		18	49,5	2,5	0,2	
05 05	iPg	17	43	36,9	2,5		Sonntag
	Lm		43	38,8	2,7	0,2	
17	+ iPg	02	05	23,8	7		Freitag
	Lm		05	25,6	13	0,2	

Datum	Phase	MEZ			2 A mm	T sec	Bemerkungen
		h	m	s			
1974 06 08	+ iPg	14	38	36,0	3		Samstag
12	- iPg	19	50	52,1	1,6		Mittwoch; fraglich
	Lm	50	53		1,0		
22	eiPg	18	54	21,9	3,7		Samstag
23	iPg	02	11	29	9		Sonntag
24	+ iPg	02	58	13,0	20		Montag; fraglich
27	+ iPg	20	22	34,0	5,5		Donnerstag; fraglich
07 02	+ iPg	20	26	55,7	2,5		Dienstag; fraglich
	Lm	26	57,2		4,7		
14	+ iPg	05	03	11,1	25		Sonntag; Steyrling
	Lm	03	13,5		51	0,5	
14	+ iPg	05	35	02,0	26		Sonntag; Steyrling
	Lm	35	04,9		55	0,45	
20	+ iPg	19	22	11,6	36		Samstag; Steyrling
	i	22	15,4		49	0,5	
31	+ iPg	19	05	13,4	5,6		Mittwoch; fraglich
	Lm	05	13,7		10,3	0,1	
08 11	eiPg	05	06	36,2	1,1		Sonntag
	Lm	06	37,5		3		
26	+ iPg	20	46	14,3	3		Montag; fraglich
	Lm	46	14,9		6,5		
09 06	iPg	20	52	43,1	0,8		Freitag
	Lm	52	43,6		2,2		
07	+ iPg	11	57	43,9	3		Samstag
	Lm	57	45,7		2		
13	iPg	16	16	35,2	2,0		Freitag
16	+ iPg	18	36	51,6	11,5		Montag
	i	36	52,2		14		
10 02	+ iPg	02	39	23,8	2		Mittwoch; fraglich
	Lm	39	24,3		5		
12	(Pg)	15	44	(00)			Samstag; fraglich
	Lm	44	05,9		0,3		
19	ePg	17	28	06,5	0,2		Samstag
	Lm	28	08,6		0,7		
19	- ei	21	24	22,2	0,3		Samstag
	iPg	24	22,5		4		
	Lm	24	23,6		7	0,1	
11 08	ePg	00	43	39,4	0,2		Donnerstag
	Lm	43	40,2		2		
09	+ iPg	16	56	53,5	1		Samstag; fraglich

Datum	Phase	MEZ			2 A mm	T sec	Bemerkungen
		h	m	s			
1974 11 09	Lm	56	54,5		0,3		
16	iPg	11 48	38,7		0,2	Samstag; fraglich	
17	(Pg)	11 46	(00)			Sonntag; fraglich	
20	ePg	18 24	32,2		0,2	Mittwoch; fraglich	
	Lm	24	34,5		0,3		
23	eiPg	09 46	02,5		0,8	Samstag; fraglich	
	Lm	46	04,1		0,7		
23	eiPg	14 13	05		0,7	Samstag; fraglich	
25	ePg	02 04	09,0		0,5	Montag; fraglich	
	Lm	04	09,5		1,7		
29	ePg	08 03	39		0,7	Freitag; fraglich	
	Lm	03	41		3,5		
29	- iPg	22 48	02,5		1,7	Freitag; fraglich	
	Lm	48	03,1		5,0		
12 12	eiPg	20 52	47,3		0,5	Donnerstag	
	Lm	52	49,2		2,8	0,2	
17	ePg	00 54	16,2		0,4	Dienstag	
	Lm	54	17,6		2		
18	i(Pg)	13 51	48,5		0,9	Mittwoch; fraglich	
19	(+) iPg	06 58	56,5		15	Donnerstag; fraglich	
	i(Sg)	58	56,9		20		
	(Lm)	58	57,5		26	0,1	
20	(+) iPg	05 33	55,9		74	0,15	Freitag
20	+ ei	17 15	41,4		2	Freitag; D $\cong$ 20 km	
	iPg	15	42,1		9		
	Lm	15	46		10	0,2	
21	+ iPg	12 26	18,3		2,7	Samstag	
	i	26	18,9		1,6		
	Lm	26	20,4		1,5		
24	(Pg)	11 52	(00)				
26	eiPg	21 38	04,8		0,3		
	Lm	38	05,7		1,7	0,1	
27	eiPg	02 48	15,5		0,5	Freitag	
	Lm	48	16,1		1,6		
31	(-) eiPg	19 57	46,7		3,7	Steyrling	
	i(Sg)	57	47,6		4,7		
	Lm	57	48,2		10,0	0,15	
31	(-) eiPg	20 01	07,1		1,1	Steyrling	
	i(Sg)	01	08,0		1,6		
	Lm	01	08,6		6,7	0,15	

Datum	Phase	MEZ			2 A mm	T sec	Bemerkungen
		h	m	s			
1974 12 31	(+) ePg	22	54	20,4	0,5	Steyrling?	
	i(Sg)	54	21,1	0,7			
	Lm	54	21,9	2			

Untersucht man die so gefundenen Ortsbeben nach Phaseneinsatz (Kompression = +, Dilatation = -), Amplituden, Perioden und dem charakteristischen Aussehen der seismischen Aufzeichnung und vergleicht sie mit lokalen Sprengungen, so zeigt sich, daß man hier keine Unterschiede finden kann, die es erlauben würden, eindeutig oder auch nur annähernd zwischen Ortsbeben und Sprengungen unterscheiden zu können. Selbst für den Fall einer Dilatation als Phaseneinsatz kann nur mit Einschränkungen auf ein Ortsbeben geschlossen werden, da dieses Phänomen auch bei Sprengungen, die in größerer Höhe als die registrierende Station durchgeführt werden, auftritt. Solche Sprengungen sind, wie nachgewiesen werden konnte, von der VÖEST in diesem Gebiet getätigt worden.

Hieraus ergibt sich, daß auf die Gesamtzahl der Ortsbeben nur statistisch geschlossen werden kann. Im gesamten untersuchten zwei-jährigen Zeitabschnitt findet man für die sprengfreien Nachtstunden (19 bis 06 Uhr: 11 Stunden) insgesamt 35 Ortsbeben. Extrapoliert man diesen Wert auf 24 Stunden, so zeigt sich, daß in einem Jahr etwa 38 Beben zu erwarten wären. An den sprengfreien Samstagen und Sonntagen findet man zusammen 31 Ortsbeben; auf die gesamte Woche extrapoliert, wären hier in einem Jahr etwa 54 Beben zu erwarten. Da in zwei Jahren nur 66 Ortsbeben gefunden werden konnten, was pro Jahr gerechnet im Mittel 33 ergeben würde, müssen die restlichen etwa 5 bis 21 Beben pro Jahr unter den lokalen Sprengungen verborgen sein. Das bedeutet, daß die wahre Anzahl der Ortsbeben mindestens um 20%, wahrscheinlich aber viel höher, nämlich bis zu 60% über der Anzahl der tatsächlich gefundenen Beben, d. h. der als solcher identifizierbaren lokalen Ereignisse, liegt.

Zur Durchführung einer statistischen Bebenprognose ist es weiters erforderlich, die Magnituden der registrierten Ortsbeben zu bestimmen.

Da diese, mit wenigen Ausnahmen, von der Bevölkerung nicht wahrgenommen wurden, und daher der Weg einer Magnitudenbestimmung über die Intensität nicht gangbar ist, bot sich die von K. Iida [5] angegebene Beziehung für lokale Beben mit seichem Herd und Mikrobeben

$$M = \log A + (1,50 \pm 0,30) \log \tau + (1,20 \pm 0,45) \quad (2)$$

für  $\tau < 100$  sec,  $\tau =$  Zeitdifferenz zwischen  $S$ - und  $P$ -Wellen-Einsatz:  $t_S - t_P$ ,  $[A] = [\mu]$ ,  $[\tau] = [\text{sec}]$  an.

Für die gefundenen Ortsbeben kommt man nach dieser Beziehung auf Magnitudenwerte  $M \leq 2$ , wobei deren Verteilung sich wie in Tabelle 4 angeben aufgliedert:

Tabelle 4. Häufigkeitsverteilung der Magnitudenwerte

$M$	$-0,2 < M \leq +0,2$	$0,2 < M \leq 0,5$	$0,5 < M \leq 0,8$	$0,8 < M \leq 1,1$	$1,1 < M \leq 2$
$N$	34	16	8	5	3
$N/\text{Jahr}$	17	8	4	2,5	1,5
$N^*$	23	12	6	3	2

Mit  $N^*$  sind die ungefähren Werte bezeichnet, die man erhält, wenn man auf die pro Jahr zu erwartende mittlere Anzahl von etwa 46 Beben extrapoliert.

Man kann nun mit Hilfe der Werte  $N^*$  die Konstante  $a$  aus (1), die ein Maß für die lokale Seismizität ist, ableiten. Für diese Konstante wurde, auf ein Jahr bezogen, der Wert  $a = 1,55$  gefunden, mit einer Unsicherheit von  $\pm 0,05$ , so daß die allgemeine Formel (1), auf das Gebiet von Molln angewandt, nun den Zusammenhang zwischen der jährlichen Bebenzahl und der zugeordneten Bebenmagnitude folgendermaßen angibt:

$$\log N = (1,55 \pm 0,05) - 0,95 M. \quad (3)$$

Aus (3) kann man die jährliche Anzahl von Ortsbeben mit einer gewissen Magnitude berechnen; aus der jährlichen Anzahl läßt sich der mittlere Wiederholungszeitraum  $T^*$  in Jahren als deren Reziprokwert ableiten. Für Molln bietet sich dabei folgendes Bild:

Magnitudo	Wiederholungszeit $T^*$
2,0	2,2 $\pm$ 0,3 Jahre
3,0	20 $\pm$ 2
4,0	179 $\pm$ 21
4,6 <sup>1</sup>	667 $\pm$ 74
5,0	1587 $\pm$ 199 Jahre

Vergleicht man die Seismizität im Raum Molln mit der in anderen Gebieten Österreichs, etwa im Raum Gloggnitz, dem seismisch aktivsten Gebiet Österreichs [7], im Raum Wiener Neustadt [7] oder mit der mittleren Seismizität ganz Österreichs [1] überhaupt, erhält man folgendes Resultat:

Gebiet	Molln	Gloggnitz	Wr. Neustadt	Österreich	
$a$	1,55	2,5	2,2	1,73	für 1 Jahr und $F = 700 \text{ km}^2$

Die lokale Seismizität in der Mollner Gegend liegt demnach geringfügig unter der über ganz Österreich gemittelten Seismizität und beträchtlich unter der von seismisch relativ aktiven Gebieten wie Gloggnitz oder Wiener Neustadt. Bedenkt man, daß der mittlere Wiederholungszeitraum eines Bebens wie das vom 29. Jänner 1967 beinahe 700 Jahre beträgt (während in Gloggnitz beziehungsweise Wiener Neustadt alle 45 beziehungsweise 90 Jahre ein Beben mit derselben Magnitude wahrscheinlich ist), so muß man zu dem Schluß kommen, daß der Raum Molln als ein durch Erdbeben nicht besonders gefährdetes Gebiet anzusehen ist.

Zum Abschluß sei an dieser Stelle Herrn Dr. J. Drimmel für zahlreiche wertvolle Hinweise und Anregungen gedankt. Dank gebührt auch Herrn Dr. E. Trapp, durch dessen Bemühen meine Arbeit erst ermöglicht wurde. Diese Untersuchung stützt sich auf eine Arbeit, die aus Mitteln der Österreichischen Akademie der Wissenschaften fertiggestellt wurde.

#### Literatur

- [1] Drimmel, J., G. Gangl und E. Trapp: Kartenmäßige Darstellung der Seismizität Österreichs. Mitt. d. Erdb.-Komm., N. F. 70, Wien 1971.

<sup>1</sup> Magnitude des Mollner Bebens vom 29. Jänner 1967 (ISC, USCGS) [6].

- [2] Drimmel, J.: Die seismische Station Molln — ein neuer Stützpunkt der Erdbebenforschung. Heft 11/12, 1974, Österreichische Wasserwirtschaft, Wien 1974.
- [3] Gutenberg, B., and C. F. Richter: Seismicity of the Earth. New Jersey 1949.
- [4] Kárník, V.: Seismicity of the European Area. Part 1, 2. Praha, Dordrecht 1969, 1971.
- [5] Iida, K.: Determination of Magnitude of Microearthquakes. General Assembly IUGG 1967, IASPEI-37, Zürich 1967.
- [6] Regional Catalogue of Earthquakes. Vol. 4/1, 1967 January—June. International Seismological Centre. Edinburgh 1971.
- [7] Gangl, G.: Die Erdbeben­­tätigkeit in Österreich 1901—1968. Arbeiten aus der ZA f. Meteorologie und Geodynamik Wien, Publ. Nr. 193, Wien 1969.