Risikominderung im Dienste des Staates und der Wirtschaft in Japan: Die Erdbebenvorhersage

Andreas Nikolaus Küppers

> Am Abend hatten wir ein Erdbeben, welches sich nachts 3 Uhr und bei Anbruch des Morgens wiederholte, und zwar in ziemlich langen, etwa 20 Sekunden anhaltenden Erdstössen. Erdbeben in Jedo sind ziemlich häufig, zehn- bis zwölfmal im Jahre, doch nie so stark, dass Häuser dadurch einstürzten.
>
> *Philipp Franz v. Siebold (1969,1:187)*

1. Einführung

Naturkatastrophen mit geologischer Ursache sind auf den japanischen Inseln ausgesprochen häufig. Sie treten, betrachtet man geologische Zeitdimensionen, regelmäßig auf und sind durch keinerlei Maßnahmen abwendbar. In Friedenszeiten stellen sie, abgesehen vom Straßenverkehr, dasjenige Kräftepotential dar, das dem einzelnen Menschen unfallartig am stärksten Schaden an Leib und Leben und zusätzlich an seiner wirtschaftlichen Existenz zufügen kann (Abb. 1.1). Über diesen individuellen Rahmen hinaus stellen solche Katastrophen jedoch eine ebenso große Bedrohung für die Volkswirtschaft als Ganzes sowie den Staat dar. Überschreiten sie in ihren Schadenswirkungen eine bestimmte Grenze, so können sie negative wirtschaftliche Auswirkungen auch über die Landesgrenzen hinaus zeigen (Fingleton 1986; Ōda 1988, The Tokai Bank 1989).

Der japanische Staat bildet keine Ausnahme darin, daß ihm wesentliche Teile der Daseinsvorsorge für seine Bürger obliegen. Dies kann im Zusammenhang mit absehbaren Naturkatastrophen nur bedeuten, daß er alle nur möglichen Anstrengungen unternimmt, um Leben, Gesundheit und Vermögen seiner Bürger vor den bedrohlichen Zugriffen und Schäden zu sichern.

Die seismische Vulnerabilität Japans liegt im Weltmaßstab gemeinsam mit derjenigen der Volksrepublik China sicherlich in der Spitzengruppe. Innerhalb des Landes wiederum sticht der Wirtschaftsraum Tōkyō sowohl im Hinblick auf sein gesamtes geologisches Katastrophenpotential als auch auf seine weit über dem Landesdurchschnitt liegende Bevölkerungs-

Die wichtigsten Katastrophenerdbeben in Japan seit dem 17. Jhdt. und ihre Opfer				
Nr.	Jahr	Magnit.	Schadensort bzw. Epizentrum	Todesopfer
1	1605	7.9	Tōkai, Nankai	> 2500
2	1611	6.9	Aizu-Iwashiro	3700
3	1611	8.1	Sanriku, Hokkaidō	> 5000 [1]
4	1666	6.4	Echigo	1500
5	1703	8.2	Edo, Kantō	5233
6	1707	8.4	Gokisuchido (Kinki)	> 4900 [3]
7	1711	6.7	Sanuki (Shikoku)	> 1000 [3]
8	1741	6.9	Watashima, Tsugaru, Sado	1475
9	1766	6.9	Tsugaru	1527
10	1771	7.4	Miyako, Yaeyama	17752 [1]
11	1792	6.4	Shimabara-Onsendake	15030
12	1828	6.9	Echigo	1443
13	1847	7.4	Hokushin, Echigo	> 8600 [3]
14	1854	6.9	Iga, Ise, Yamato	> 1144
15	1854	8.4	Tōkai, Higashiyama	> 600 [3]
16	1854	8.4	Kinai, Tōkai, Nankai	3000
17	1855	6.9	Edo	> 4000
18	1891	8.4	Gifu, Aichi	7273
19	1896	7.6	Sanriku-oki	27122 [1]
20	1923	7.9	Süd-Kantō	99331 [2]
21	1927	7.5	Kyōto	2925
22	1933	8.3	Sanriku-oki	3008 [1]
23	1943	7.4	Nähe Tottori-City	1038
24	1944	8.0	Tōkai	> 998 [3]
25	1945	7.1	Aichi-ken	> 1961 [3]
26	1946	8.1	Nankai, Tōkai	1330 [4]
27	1948	7.3	Fukui	3895
28	1964	7.5	Niigata	25
29	1968	7.9	Tokachi-oki	52
30	1974	6.9	Izu-Halbinsel	30
31	1978	7.0	Izu-Oshima	25
32	1983	7.7	Nihonkai-Chūbu (Jap. Meer)	104 [1]
33	1984	6.8	West-Nagano	29

Anmerkungen:
[1] überwiegend durch Einwirkung von *tsunami* (Flutwellen)
[2] zusätzlich 43476 Vermißte (Kantō-Erdbeben)
[3] konservative Schätzung; höhere Opferzahl zu vermuten
[4] 102 Vermißte
Die angegebenen Magnitudendaten wurden unter Benutzung der vorhandenen historischen Aufzeichnungen über Schäden und lokaler geologischer bzw. seismologischer Parameter rückgerechnet.

Abb. 1.1: Die wichtigsten Katastrophenerdbeben in Japan seit dem 17. Jahrhundert und ihre Opfer; Daten nach Kagaku Gijutsuchō Kenkyū Kaihatsukyoku (1986:170ff.) sowie Kensetsushō Kokudo Chiriin (1983:2).

dichte sowie die außergewöhnlich hohe Wertschöpfung hervor. Aber auch in zahlreichen anderen Landesteilen sind die Risiken aufgrund der bisher vorhandenen Erfahrungen außerordentlich hoch anzusetzen. Daher ist der japanische Staat in hohem Maße gefordert, Initiativen zu ergreifen, um die Auswirkungen der Naturgewalten abzumildern. Dazu steht ihm eine Reihe von Instrumenten zur Verfügung, von denen er in unterschiedlicher Weise Gebrauch machen kann. Eine zentrale Position nimmt in diesem Zusammenhang zweifellos das seit 1962 konsequent installierte und ausgebaute staatliche System zur Erdbebenvorhersage ein. Es bindet sowohl eine Reihe von Regierungsstellen als auch zahlreiche nichtstaatliche bzw. private Organisationen in ein komplexes Untersuchungs-, Meß- und Informationskonstrukt ein, welches im Idealfall den Zeitpunkt und das Epizentrum eines schweren Erdbebens vorhersagen und kurzfristig die Einleitung von umfangreichen und effizienten Schutzmaßnahmen veranlassen können soll. Ausgehend von z.T. überlappenden Organisationseinheiten auf Administrationsebene sowie unter Einbeziehung von Selbsthilfeorganisationen großer Firmen und der Kommunen ist geplant, im Falle einer ergehenden Vorhersage einschneidende Maßnahmen zu ergreifen, welche zur Rettung von Menschen, zur Sicherung von Gebäuden und zum etwaigen Ersatz oder zur Reparatur von zerstörten Versorgungsverbindungen, den sog. *lifelines*, führen sollen.

Rettungs- und Hilfsmaßnahmen für den Katastrophenfall lassen sich auf der Grundlage modellhafter Annahmen minutiös vorbereiten und planen; ebenso können Notwassertanks strategisch geplant und angelegt werden. Die richtige Benutzung eines Feuerlöschgerätes kann sogar von Laien erlernt werden, und auch verwaltungstechnische Abläufe werden manövermäßig bis in Details einstudiert. In diesem Bereich existiert in Japan eine langjährige Tradition (Hasemi 1989). Dagegen hat sich die zutreffende Voraussage eines drohenden starken Bebenereignisses wegen der geringen Kenntnisse des Menschen über die sich im Erdinneren abspielenden Prozesse bislang erst in einem Fall realisieren lassen, und zwar 1975 in Haicheng (VR China). Aufgrund von signifikanten Grundwasseranomalien und von starken Vorbeben konnte eine Warnung ergehen, worauf die Evakuierung der Gebäude durchgeführt wurde. Dadurch konnte zwar die Zerstörung der Stadt nicht verhindert werden, aber es wurden Zehntausende von Menschenleben gerettet. Bereits im darauffolgenden Jahr zeigte sich jedoch bei der verheerenden Erdbebenkatastrophe in der Provinz Tanshan, daß beim Ausbleiben einer Bebenwarnung die Zahl der Todesopfer in die Hunderttausende gehen kann. Die Stadt wurde vollständig zerstört.

Japan kann mit seiner geologischen Struktur und seiner exponierten Lage am äußersten Rande der Kontinentalplatte Eurasiens auf eine Erd-

bebengeschichte zurückschauen, welche die Menschheitsgeschichte in ihrer zeitlichen Ausdehnung um mehrere Größenordnungen übersteigt. Die Prozesse, welche zur Zusammenballung der Inselgruppe, zur Auffaltung der Gebirgszüge und zum Werden oder Vergehen von Vulkanen und Inselbergen geführt haben, dauern an und sind in ihren Auswirkungen für die Einwohner ständig spürbar. Während man sich in früheren Jahrhunderten allerdings darauf beschränken mußte, nach der Bestattung der Toten und dem Wiederaufbau der zerstörten Häuser die Anzahl der umgestürzten Grabsteine und Gedenksteine zu zählen und zu registrieren, um so eine Maßzahl für die Gewalt des überstandenen Erdbebens zu erhalten, so bieten sich heute dank der zur Verfügung stehenden naturwissenschaftlichen und technischen Untersuchungsmethoden auf der Erde und im Weltraum eine Reihe von Möglichkeiten, das Verhalten der Erdkruste ständig zu überwachen und Aufschlüsse über die im Erdinneren wirksamen Bewegungen, die Mechanismen und schließlich die Herdprozesse aus vielen unterschiedlichen Blickwinkeln zu gewinnen. Der geowissenschaftliche und organisatorische Grundstein dazu wurde in Japan durch den deutschen Geologen Edmund Naumann gelegt, noch vor dem Erscheinen der 2. Auflage von Siebolds *Nippon* (siehe z.B. Naumann 1879). Bereits im April des Jahres 1880 konstituierte sich die erste seismologische Gesellschaft in Japan, die *Nihon Jishin Gakukai.*

In Japan und seiner unmittelbaren Umgebung ereignet sich neben einer sehr großen Zahl kleinerer Erdbeben im Durchschnitt jedes Jahr etwa ein Beben der Magnitude 7 auf der Skala nach Richter (Gutenberg & Richter 1956); alle zehn Jahre ist mit einem Beben der Magnitudenklasse 8 zu rechnen. Ein umfangreiches und vernetztes landesweites System zur Erdbebenvorhersage ist installiert und im Einsatz. Es gilt hier, seine Zielsetzung, Methodik und Organisation darzustellen und darüber hinaus zu prüfen, welchen Zwecken es von seiner Struktur und seiner Ausstattung her dienen kann.

1.1. Die wichtigsten geogenen Katastrophen in Japan

Die japanische Inselkette wird regelmäßig von geogenen Katastrophen heimgesucht. Hierunter werden Katastrophen verstanden, die im Zusammenhang mit endogenen geologischen Prozessen stehen bzw. in der Form von Veränderungen an geologischen Körpern spürbar und sichtbar werden (siehe unter 1.2.). Die daraus entstehenden materiellen und immateriellen Schäden weichen je nach Art, Zeitpunkt, Ort und Schwere des jeweiligen Ereignisses stark voneinander ab. Um einen Überblick über die Bedeutung der seismischen Katastrophen und ihrer Beziehungen zu anderen auftretenden Katastrophenarten zu erhalten, ist es nötig, die Gesamtheit der auftretenden geogenen Risiken zu betrachten.

Versucht man im Sinne einer Ursachendifferenzierung, die vorkommenden Phänomene zu gliedern, so ergibt sich die Schwierigkeit, daß bestimmte Katastrophenarten häufig gemeinsam auftreten und eine geologisch sinnvolle Trennung kaum erlauben. So sind beispielsweise Vulkanausbrüche in aller Regel von seismischen Erscheinungen sowie von sichtbaren Verschiebungen an der Erdoberfläche begleitet. Außerdem gehen sie sehr häufig mit gravitativen Massenverschiebungen wie Lahars oder *débris avalanches* einher. Flutwellen *(tsunami)* wiederum werden meist ausgelöst von tektonischen Beben, die oft auch an Land bemerkt werden und dort ebenfalls zu Schäden führen können. Betrachtet man die auftretenden Phänomene allerdings unter dem Gesichtspunkt ihrer Auswirkung auf die Menschen, die Wirtschaft und den Staat, so erscheint eine Einteilung sinnvoll, die einerseits die schadenserzeugenden Aspekte der Genese berücksichtigt, andererseits jedoch die Phänomene und ihre Enstehungsräume deutlich voneinander trennt. Dies gilt insbesondere dort, wo meteorologische Faktoren wie Taifune oder aber anthropogene Eingriffe wie beispielsweise übermäßige Grundwasserentnahmen, Bergschäden oder Talsperren für schadensinduzierende Ereignisse teilweise oder ganz verantwortlich zu machen sind. Zweifellos ist in allen Fällen bereits vor Eintritt des eigentlichen Vorfalles eine geologische Prädisposition vorhanden, mag sie nun im Einzelfall vorher erkennbar bzw. erkannt gewesen sein oder nicht. Stellt man dies in Rechnung, so muß in Japan bereits aufgrund der Kenntnis der geologischen Gegebenheiten sowie der vorliegenden historischen Erfahrungen im Landesmaßstab faktisch von einem nahezu ubiquitären geogenen Risiko für den Menschen und seinen Lebensraum ausgegangen werden (siehe hierzu Kap. 1.2. sowie Kuroda 1986).

Die hier auftretenden Katastrophen lassen sich zunächst in drei große Gruppen unterteilen.

Primärkatastrophen

Die erste Gruppe wird gebildet durch die geologischen Primärkatastrophen, also solche, die sich unmittelbar auf geologische Prozesse in der tieferen Erdkruste oder im Erdmantel zurückführen lassen. Hierzu zählen

- tektonische Erdbeben und durch Krustenbewegungen hervorgerufene Erdstöße; sie treten in der Regel ohne unmittelbare Vorwarnung auf und führen zu den schwersten Schäden, die durch geologische Prozesse überhaupt verursacht werden;
- das Aufreißen von Störungsflächen an der Erdoberfläche *(katsudansō)*;
- der gesamte Bereich vulkanischer Aktivitäten.

Sekundärkatastrophen

Als geologische Sekundärkatastrophen werden Einzelphänomene angesehen, deren Auslösung oder Entstehung unmittelbar mit Primärkatastrophen zusammenhängen, bei denen Wirkungsort und Ort der Entstehung jedoch häufig nicht identisch sind. Zu nennen sind:

- Tsunami; das sind Flutwellen, die durch hohe vertikale Beschleunigung des Meeresbodens (Seebeben) erzeugt werden;
- Bodenverflüssigung, die durch Erdbeben ausgelöst wird *(ekijōka)*; durch den dabei stoßweise erhöhten Porenwasserdruck entwickeln grundwasserführende oder wasserhaltige Lockersedimente thixotrope Eigenschaften, die zur Entstehung von Schlammvulkanen und zum vollständigen Versagen von Baugrund führen;
- seismisch ausgelöste Bodenwellen *(jinami* im Sinne von Nirei *et al.* 1986);
- durch seismische Ereignisse ausgelöste Erdrutsche und Bergstürze;
- Lawinenkatastrophen, soweit sie durch Erdbeben ausgelöst werden.

Hybridkatastrophen

Als Hybridkatastrophen zusammengefaßt werden hier solche Einzelphänomene, welche an geologischen Körpern sichtbar werden, deren Auslösung sich jedoch auf meteorologische oder anthropogene Einflüsse zurückführen läßt. Zu dieser großen Gruppe gehören als wichtigste

- *Shirasu*-Katastrophen im Sinne von Iwamatsu *et al.* (1989); darunter versteht man großvolumige katastrophale Rutschungen, wie sie in Bimstuffen, häufig auf sekundärer Lagerstätte (Traß), bei starker Infiltration durch torrentielle Niederschläge vorkommen;
- Bergstürze und Erdrutsche infolge torrentieller Niederschläge allgemein; sie sind durch freien Fall oder Roll- bzw. Rutschbewegungen mit

Geschwindigkeiten in der Größenordnung einiger Meter pro Sekunde gekennzeichnet;
- anthropogene Bergstürze und Rutschungen;
- Erdbeben, die durch Talsperren sowie Sümpfung von Grubenbetrieben oder andere bergbauliche Aktivitäten erzeugt werden;
- Setzungserscheinungen, die auf Bergbau oder Errichtung von Bauwerken allgemein zurückgeführt werden können;
- Bodenabsenkungen und begleitende Schäden infolge von Grundwasserentnahmen.

Die Aufstellung enthält notwendigerweise nur die bezüglich ihrer unmittelbaren Schadenswirkung auf die menschliche Biosphäre in Japan bedeutenderen Phänomene, soweit sie einen gewissen Unfallcharakter aufweisen. Zerstörende Einflüsse auf lokale Ökosysteme oder Wirkungen als Auslöser für Umweltverheerungen technischer Art sollen hier nicht berücksichtigt werden.

Starke Beben in den Jahren seit 1960, allen voran das Niigata- Erdbeben von 1964, haben ebenso wie das Erdbeben bei San Francisco 1989 erneut gezeigt, daß durch eine geänderte Besiedlungsstruktur, insbesondere durch die flächendeckende Errichtung von Bauwerken aller Art auf anthropogenen Baugrundbereichen wie angeschütteten oder aufgespülten Inseln (*umetatechi*, „dem Meer abgerungenes Land"), Rekultivierungsflächen auf Halden oder Deponien etc., zu den altbekannten Risikoarealen äußerst schadensintensive neue hinzugetreten sind. Den verheerenden Schäden in diesen durch schlagartig auftretendes Baugrundversagen extrem problematischen Flächen kann bislang trotz zahlreicher Versuche durch eine probate Fundationstechnik von Bauingenieurseite nicht vorgebeugt werden.

1.2. Geologische Ursachen

Die japanischen Inseln, die am Ostrand der europäisch-asiatischen Kontinentalmasse gelegen sind, bestehen aus insgesamt wahrscheinlich 17 tektonostratigraphischen Terranen, deren Accretion kontinuierlich seit dem Paläozoikum mit Aktivitätsschwerpunkten im Oberen Perm, vom Oberen Jura bis in die Unterkreide und von der Oberkreide ins Känozoikum abläuft (Abb. 1.2, siehe auch Taira 1985, Mizutani 1985). Während insbesondere im Hida-Terran, das sich nach Ichikawa (1987) bereits während des Paläozoikums vom Sinokoreanischen Block löste, sowie im Sambagawa-Chichibu-Sambōsan-Terran partiell noch altpaläozoische Kontinentalschelfsedimente sowie möglicherweise im Basement präkambrische Metamorphite erhalten sind, weisen die nachfolgend im Mesozoikum und im Känozoikum accretierten Terrane durch mächtige Melangen mit chao-

tischen Megablöcken, Cherts, Ophioliten, distalen Turbiditen und Karbonaten lithofaziell starke ozeanische Affinität auf. Zum Teil sind diese Serien jedoch bereits wieder entweder metamorph bzw. dynamometamorph überprägt, von Molassesedimenten überlagert oder aber durch Intrusive beeinflußt. An vielen Stellen ist – und dies läßt sich auch subrezent bis rezent beobachten – zusätzlich eine flächendeckende Überlagerung durch Vulkanite von lokal erheblicher Mächtigkeit vorhanden.

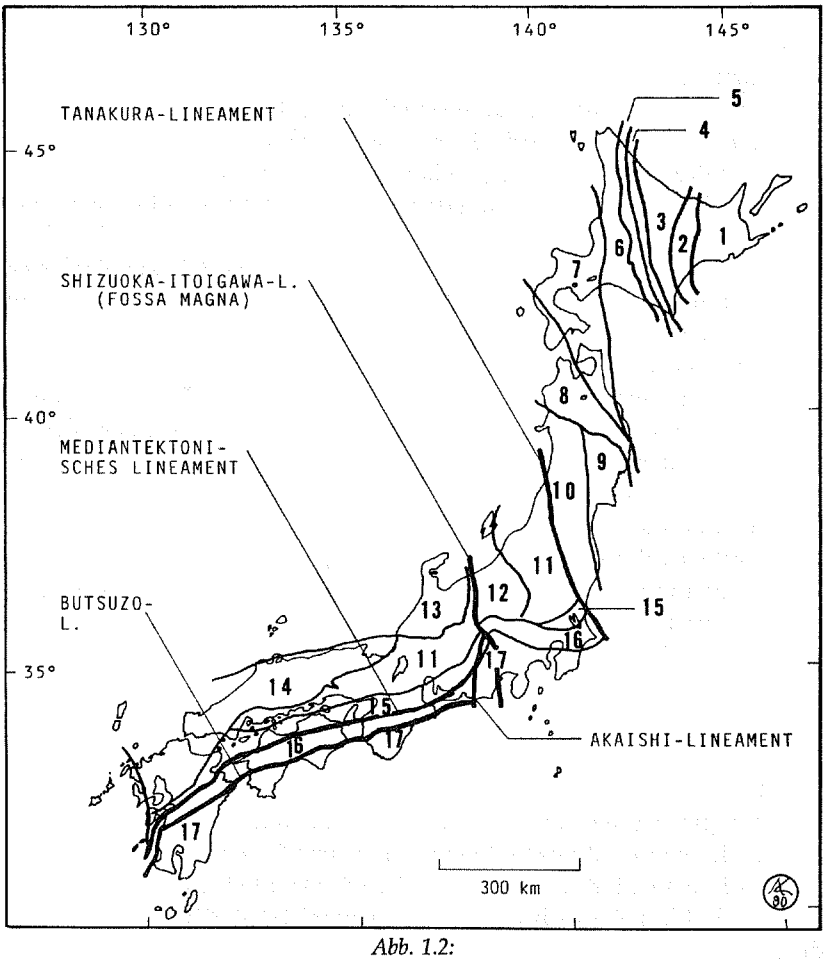


Abb. 1.2:
Die 17 tektonostratigraphischen Terrane Japans, zusammengestellt nach Taira (1985) sowie Mizutani (1985);
1: Nemuro 2: Tokoro 3: Hidaka 4: Sorachi 5: Kamuikotan 6: Ishikari 7: Iwaizumi 8: Nord-Kitakami 9: Süd-Kitakami 10: Abukuma 11: Ashio-Tamba-Mino 12: Jōetsu 13: Hida bzw. Hida-Gaien 14: Sangun-Maizuru 15: Ryōke 16: Samba-gawa-Chichibu-Sambosan 17: Shimanto

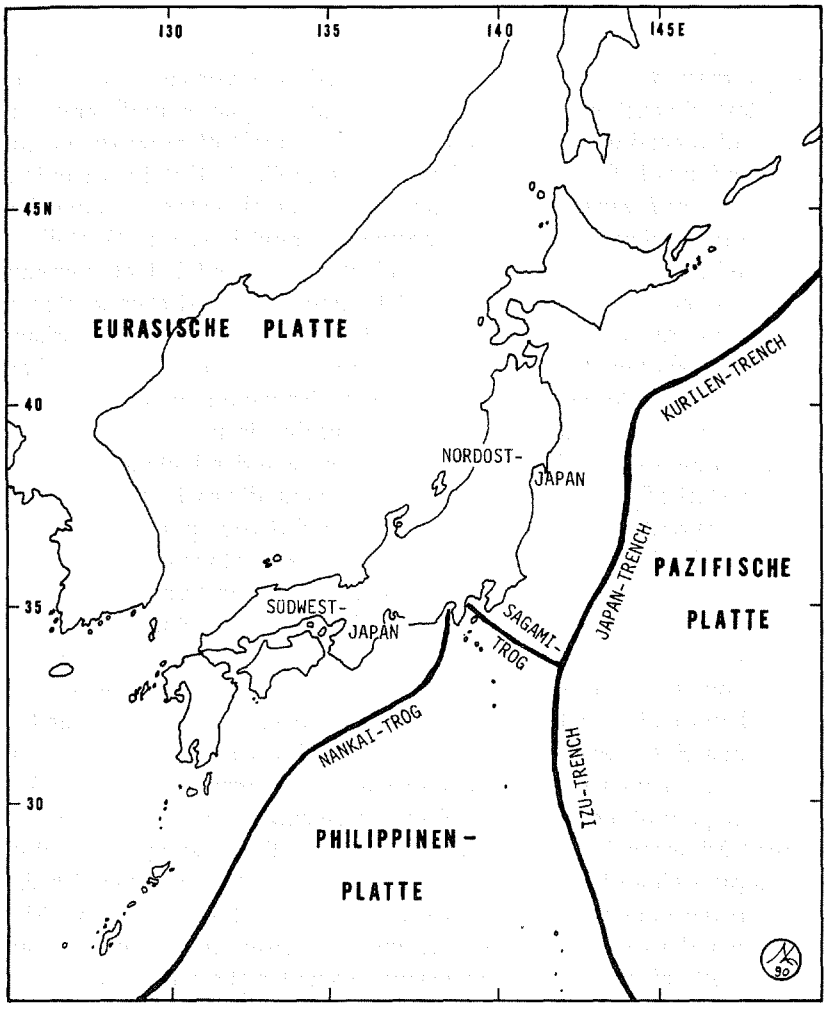


Abb. 1.3:
Die japanischen Inseln vom Konzept der Plattentektonik her betrachtet; nach Oike (1989a:6)

Vom Konzept der Plattentektonik aus betrachtet (Abb. 1.3) ist Japan Teil der Eurasischen Platte. Zur Zeit bewegt sich die Pazifische Platte mit einer Geschwindigkeit von einigen cm/a auf die Eurasische Platte zu und wird kontinuierlich unter diese unterschoben. Ebenso subduziert wird sie unter die weiter im Süden befindliche Philippinen-Platte; diese wiederum wird

im Norden vom Sagami-Trog, der den Verlauf einer aktiven Transformstörung nachzeichnet, begrenzt und ebenfalls unter die kontinentale Krustenplatte subduziert. In jüngster Zeit ist wiederholt von japanischer Seite eine stark abweichende Position der Lithosphärenplatten und damit zusammenhängend ebenfalls ein anderer Verlauf der Plattengrenzen postuliert worden (z.B. Seno 1985, Nakamura 1983, Oike 1989b). Insbesondere dem als *Fossa Magna* von Naumann (1879) erstmals entdeckten und beschriebenen Shizuoka-Itoigawa-Lineament kommt in diesen Vorstellungen wiederum besondere Bedeutung als interkontinentale Plattengrenze zwischen der Nordamerikanischen Platte und der Eurasischen Platte zu. Beweise hierfür fehlen jedoch bislang. Auf der Basis der bisher vorhandenen seismischen Daten läßt sich beispielsweise eine Zugehörigkeit Nordostjapans oder von östlichen Teilen der Sowjetunion zur Nordamerikanischen Platte bis dato nicht schlüssig nachweisen.

Bei der Subduktion bauen sich, ausgehend von den Unterschiebungsflächen, starke Spannungen in der Erdkruste auf, die ruckartig und lokal begrenzt entladen werden. Ausgehend vom Ort der Spannungslösung, dem Erdbebenherd, durchlaufen die ausgelösten Stoßwellen den ganzen Erdball und können häufig noch in sehr großen Entfernungen instrumentell wahrgenommen werden. In unmittelbarer Umgebung, aber auch in Entfernungen vom Epizentrum von bis zu einigen Hundert km, wie beispielsweise beim Mexico-City-Erdbeben von 1985 (Kobayashi *et al.* 1987), kann es in der Folge zu Verwüstungen kommen. Motor der Bewegungen sind Konvektionsströmungen im Erdmantel und im äußeren Erdkern, die irregulär sind und daher relativ unterschiedliche Dislokationsbeträge und -geschwindigkeiten für die einzelnen Platten zur Folge haben (Dziewonski 1984, Vogel 1989). Während diese Tiefenprozesse fluide bis plastische Materialeigenschaften voraussetzen, verhalten sich die Gesteine der oberen Krustenpartien eher starr bis elastisch. Auf die Mechanismen der Erdbebenentstehung und der Herdmechanismen kann an dieser Stelle nicht en détail eingegangen werden. Es wird auf zusammenfassende Darstellungen wie Bolt (1984), Oike (1989b) oder Schneider (1975) verwiesen.

1.3. Die wirtschaftlichen und politischen Folgen einer zu erwartenden seismischen Katastrophe in Japan

> Feuersbrünste finden in Jedo durchgehends häufiger als in anderen Städten statt. Natürlicherweise ist man dadurch auch mehr an dies unglückliche Ereignis gewohnt, und ein ausbrechender Brand macht an den nur etwas ferne gelegenen Strassen nicht mehr Aufsehen als bei uns ein Gewitter, und man besteigt die absichtlich auf jedem Hausgiebel angebrachten Altane, um zu sehen, wo es brennt, und wohin der Wind den Brand wendet. Die kommandierten Personen gehen an ihren angewiesenen Posten, und die Familien schlafen sorglos die Nacht hindurch, bis das näher kommende Feuer sie zu ernsteren Vorsichtsmassregeln antreibt. Brennt einem Bürger sein Haus ab, so wird das ebensowenig zu Herzen genommen, als wenn uns der Sturmwind einen fruchttragenden Baum entwurzelt.
>
> *Philipp Franz v. Siebold (1969,1:205)*

Im Dezember 1988 veröffentlichte die Tōkai-Bank, eine überregional tätige Citybank mit Hauptsitz in Nagoya, eine Studie, die sich auf nationaler und auf weltweiter Basis mit den finanzwirtschaftlichen Auswirkungen eines katastrophalen seismischen Ereignisses im Großraumbereich der Hauptstadt Tōkyō, einschließlich einiger Teile der Präfekturen Saitama, Chiba, Kanagawa, auseinandersetzt (Ōda 1988). Zugrundegelegt ist dieser Studie das detaillierte Szenario eines katastrophalen tektonischen Erdbebens mit Schadensschwerpunkt im Gebiet der südlichen Kantō-Ebene, welches von der National Land Agency, einer Fachbehörde des Premierministeriums, wenige Tage zuvor der Öffentlichkeit vorgestellt worden war (Chūō Bōsai Kaigi 1988) und das methodisch bis in Details auf eine im Bereich der San Francisco Bay durchgeführte Studie der amerikanischen Federal Emergency Management Agency aus dem Jahre 1980 zurückgehen dürfte (Schulz 1989). Die in dem Szenario vermuteten Schäden beruhen auf der Projektion der Annahme von seismischen Randbedingungen, wie sie vom Großen Kantō-Erdbeben *(Kantō dai jishin)*, das sich am 1. September 1923 um 11.58 Uhr ereignete, abgeleitet wurden. Die Magnitude M des historischen Bebens betrug 7,9; aus zahlreichen kleinen Herdfeuern entwickelten sich schnell Feuersbrünste, welche die Stadt Tōkyō zu großen Teilen in Schutt und Asche legten. Bei dem Beben selbst und an seinen unmittelbaren physischen Folgen kamen nach Chūō Bōsai Kaigi (1988) 99.331 Menschen um; weitere 43.476 gelten aufgrund mangelnder Identifizierbarkeit als Vermißte, müssen jedoch zu der Zahl der Todesopfer wohl noch addiert werden. Tōkyō selbst zählte zum Zeitpunkt der Katastrophe etwa 2,3 Mio. Einwohner. Der wirtschaftliche Schaden wurde damals auf 5,6 Mrd. Yen geschätzt; umgerechnet auf die Verhält-

nisse von 1987 betrüge die Schadenshöhe, entsprechend 37,5% des Bruttoinlandsproduktes, heute 6,2 Billionen Yen (Ōda 1988).

Im Wirtschaftsraum Groß-Tōkyō mit einer Gesamtbevölkerung von rund 30 Millionen Menschen wurden – geht man von einem Wechselkurs von 120 japanischen ¥ pro US-$ aus – im Jahr 1987 etwa 730,7 Mrd. US-$ erwirtschaftet, entsprechend etwa 30% des japanischen Bruttosozialprodukts. Damit liegt die Region in der Größenordnung zwischen den Volkswirtschaften der EG-Mitgliedstaaten Großbritannien (669,6 Mrd. US-$) und Italien (758,1 Mrd. US-$; Angaben nach Ōda 1988). Besondere Schwerpunkte der Leistungserstellung befinden sich im Bereich der sekundären und tertiären Industrien; hier dominieren Banken und andere Finanzdienstleistungen, Informationsdienstleistungen, Transportgewerbe und Telekommunikation. Daneben befinden sich nicht nur nahezu alle nationalen Ministerien und die meisten Regierungsbehörden in Tōkyō, sondern auch die Hauptverwaltungen der Mehrzahl der bedeutenderen Unternehmen des Landes. Besonders dadurch kommt es noch zusätzlich zu einer Konzentration der Daten und der Informationen sowie des Informationsflusses im südlichen Kantō-Gebiet, und dies mit zunehmender Tendenz.

Die Studie der Bank kommt auf der Basis des staatlichen Szenarios und unter Verwendung des *Nikkei World Model* zu dem Ergebnis, daß – vorausgesetzt, das zugrundegelegte Szenario, das eine Art Neuauflage des Kantō-Bebens, versetzt in das Jahr 1988 unterstellt, erweist sich als in seinen Randbedingungen zutreffend – zur Regulierung der Ansprüche der Geschädigten an die Lebensversicherer und die Erdbebenversicherer sowie für den Wiederaufbau der durch ein Erdbeben zerstörten Region in Japan als der z. Zt. größten Kreditgebernation der Welt plötzlich ein extrem hoher Kapitalbedarf entsteht, welcher nur durch massiven Abzug von im Ausland, insbesondere in den U.S.A. angelegten Geldern befriedigt werden könnte. Die daraufhin zu erwartenden starken Erhöhungen der Kapitalmarktzinsen würden die U.S.A. und ihre Handelspartner bereits nach kurzer Zeit in Bereiche negativen Wirtschaftswachstums führen. Besonders geschädigt durch die damit einsetzende Weltwirtschaftskrise wären langfristig gesehen die Entwicklungs- und Schwellenländer, während man für Japan selbst eine Erholung der Volkswirtschaft binnen weniger Jahre prognostiziert. Eine ähnliche Auffassung hatte bereits im Jahre 1986 der Analyst Takahashi Jōsen vom Mitsubishi Research Institute gegenüber der Zeitschrift *Euromoney* geäußert (Fingleton 1986).

Während den oben skizzierten Vorstellungen über die wirtschaftlichen Folgen einer etwaigen Bebenkatastrophe in Japan trotz größerer Schwierigkeiten in den Details neben den Erfahrungswerten früherer Ereignisse eine Anzahl von wirtschaftswissenschaftlich gesicherten Modellen und die Kenntnis der derzeit herrschenden Verhältnisse auf den internatio-

nalen Finanzmärkten zugrundegelegt werden können, ist es auf politischem Gebiet kaum möglich, gesicherte Aussagen über unmittelbare Folgewirkungen zu treffen. Das Große Kantō-Erdbeben, das Tōkyō gegen Ende der Taishō-Ära traf, ereignete sich nur wenige Tage nach dem Tod des Ministerpräsidenten Satō Tomosaburō. Soeben ihrer Führung beraubt, bildeten die Politiker am Tag nach dem Beben ein neues Kabinett mit Yamamoto Gombei an der Spitze, das der Paniksituation durch die Verhängung des Kriegsrechts zu begegnen suchte. Trotz dieser Bemühungen brach ein Chaos aus. Dabei kam es sowohl durch die in die Hauptstadt gerufenen Militärs als auch durch sich zusammenrottende Bürgergruppen zu Übergriffen, in deren Folge allein in Tōkyō über 6000 Koreaner, 200 Chinesen, zusätzlich aber auch Japaner, die man fälschlicherweise für Ausländer gehalten hatte sowie andere Angehörige ethnisch oder politisch mißliebiger Bevölkerungsgruppen getötet wurden (Matsuo 1978, Polak 1985).

Können auch die Verhältnisse von 1923 nicht ohne weiteres auf eine in der heutigen Zeit sich ereignende Katastrophe übertragen werden, so gibt es dennoch auf die Frage, wie sich das zentralistisch regierte Land vor dem Ausbruch unkontrollierbarer Zustände nach einer möglichen physischen Außerbetriebsetzung oder Zerstörung seiner zentralen staatlichen Institutionen zu schützen in der Lage ist, keine sichere Antwort.

Aus diesen Erwägungen wird deutlich, daß für die Erhaltung der Wirtschaftsordnung und politisch stabiler Zustände die vorausschauende Einleitung von Maßnahmen zur Abschwächung der Wirkung von Erdbebenkatastrophen von großer Bedeutung ist. Es bleibt nunmehr zu prüfen, in welcher Form das System der Erdbebenvorhersage zum Erreichen dieses Ziels beitragen kann.

2. Das institutionelle und wissenschaftliche Instrumentarium

Seit die Planungsgruppe Erdbebenvorhersage mit dem ersten Entwurf eines Plans zum Aufbau und zur Förderung der Erdbebenvorhersage im Januar 1962 an die Öffentlichkeit ging, sind beinahe drei Jahrzehnte vergangen. In diesem Zeitraum wurde in einem langwierigen Prozeß ein vom japanischen Staat getragenes System der multidisziplinären wissenschaftlichen Beobachtung und Kontrolle der Erdkruste entwickelt, aufgebaut und eingerichtet. Es mußte sich nahtlos einfügen in das Gesamtkonzept der Vorhersage und Bekämpfung von Katastrophen aller Art. Die wichtigsten geschichtlichen Daten zum gesetzgeberischen und organisatorischen Ablauf sind, soweit sie die Vorhersage von Erdbeben betreffen, tabellarisch in Abb. 2.1 dargestellt.

Jahr	*Monat*	*Ereignis*
1947	Oktober	„Saigai kyūjo hō" [Gesetz über die Hilfe bei Katastrophen]
1962	November	„Saigai taisaku kihon hō" [Basisgesetz über Maßnahmen gegen Katastrophen] wird verkündet
1963	Januar	Vorlage eines Entwurfs zum Aufbau eines Erdbebenvorhersagesystems durch die Planungsgruppe Erdbebenvorhersage
1963	Mai	Gründung der Abteilungsversammlung Erdbebenvorhersage durch die Geodätische Kommission
	November	Der jap. Wissenschaftsrat empfiehlt der Regierung die Förderung der Erdbebenvorhersage
1964	Juni	Niigata-Erdbeben (M = 7.5)
	Juli	Die Geodätische Kommission schlägt den Fachministerien die Verwirklichung des Planungsentwurfs von 1962 vor (Erster Vorschlag)
1965	März	Gründung der Kleinen Kommission für Erdbebenvorhersage durch das Liaison-Council für Geophysik des Wissenschaftsrates
	April	Mit Sondermitteln des Staatshaushaltes wird die Finanzierung des Projektbeginns sichergestellt
	August	Schwarmbeben bei Matsushiro beginnen (-1970)
	Dezember	Die Geodätische Kommission richtet eine Petition an die Fachministerien, den Aufbau eines Erdbebenvorhersagesystems zu beschleunigen
1966	Mai	Gründung der Liaison-Gruppe „Erdkrustenbewegungen im Hokushin-Gebiet"
1968	Mai	Tokachi-oki-Erdbeben (M = 7.9) Angesichts der durch das Beben verursachten Schäden bei der Kabinettsentscheidung Zustimmung für die Vorlage „Zur Förderung der Erdbebenvorhersage"
	Juli	Die Geodätische Kommission schlägt den Fachministerien die Verwirklichung des Planungsentwurfs zur Erdbebenvorhersage vor (Zweiter Vorschlag)
1969	April	Beim Amt für Landesvermessung und Geographie, einer Fachbehörde des Bauministeriums, wird zum Austausch von Informationen und zu deren gemeinsamer Nutzung das Koordinationskomitee für Erdbebenvorhersage ins Leben gerufen
1970	Februar	Das Koordinationskomitee für Erdbebenvorhersage bestimmt den Südteil der Kantō-Bucht als Beobachtungsgebiet von besonderer Priorität und weist weitere 8 Sonderbeobachtungsgebiete aus

Jahr	*Monat*	*Ereignis*
1971	Mai	Der Zentralrat für Katastrophenschutz legt die Planungsgrundlage „Förderung von Maßnahmen gegen Bebenkatastrophen in Großstädten" vor
	September	Erstmalig landesweite Durchführung der seitdem alljährlich stattfindenden Löschübungen und Rettungsdrills
1973	April	Reorganisation der Geodätischen Kommission; Angliederung der Abteilungsversammlung Erdbeben/Vulkane
	Mai	Gründung der Sonderkommission Erdbebenvorhersage durch die Abteilungsversammlung Erdbeben/Vulkane
1973	Juni	Erdbeben vor der Nemuro-Halbinsel (M = 7.4) Erneute Empfehlung der Geodätischen Kommission zur Förderung des Erdbebenvorhersagesystems (Dritter Vorschlag) wird vorgelegt
	Juli	Der Zentralrat für Katastrophenschutz verabschiedet den Bericht „Zum gegenwärtigen Stand der Maßnahmen gegen Katastrophen"
1974	Februar	Die Tōkai-Region wird zum Beobachtungsgebiet von besonderer Priorität erklärt
	Mai	Izu-Hantō-oki-Erdbeben (M = 6.9)
	Juni	Gründung des Regierungsamtes für Landfragen
	Oktober	Gründung des Koordinationskomitees für Erdbeben-Gegenmaßnahmen in Ballungsgebieten
1976	Oktober	Das Hauptquartier für die Förderung der Erdbebenvorhersage wird dem Kabinett angegliedert
	November	Auflösung des Koordinationskomitees für die Erdbebenvorhersage
1977	April	Die Arbeitsgruppe für Maßnahmen gegen Erdbebenkatastrophen wird gegründet und dem Minister beim Regierungsamt für Landfragen unterstellt
1978	Juni	Verkündung des „Dai kibo jishin taisaku tokubetsu sochi hō" [Sondergesetz über Maßnahmen gegen große Erdbebenkatastrophen]
	Juli	Vierte Empfehlung der Geodätischen Kommission z. Förderung des Erdbebenvorhersagesystems ergeht; Ausweisung von Gebieten, die unter verschärfte Beobachtung gestellt werden; zusätzlich tritt ein Basisplan in Kraft; ein Vorhersagekomitee wird eingesetzt und dem Regierungsamt für Meteorologie angegliedert
1980	Mai	Sondergesetz zur Steuererleichterung in Erdbebengebieten wird verkündet; Befristung 5 Jahre
1981	Juli	Der Wissenschaftsrat legt dem Premierminister den Basisplan zur Forschung und Entwicklung gegen Katastrophen vor; der Basisplan wird vom Kabinett verabschiedet

Jahr	*Monat*	*Ereignis*
1983	Mai	Fünfte Empfehlung der Geodät. Kommission z. Förderung des Erdbebenvorhersagesystems ergeht; Nihonkai Chūbu-Erdbeben (M = 7.7)
	Juni	Koordinationskomitee für das Flutwellenwarnsystem wird gegründet
1984	Juli	Beim Regierungsamt für Landfragen wird das Büro für Katastrophenverhütung eingerichtet
	September	Nagano-ken seibu-Erdbeben (M = 6.8)
1985	März	Sondergesetz zur Steuererleichterung in Erdbebengebieten wird in revidierter Form um fünf Jahre verlängert
1987	April	Steuererleichterungen für bauliche Maßnahmen zur Verhinderung des Herabfallens von Gegenständen von Gebäuden werden eingeführt
1988	Juli	Sechste Empfehlung der Geodätischen Kommission zur Förderung des Erdbebenvorhersagesystems

Abb. 2.1:
Die wichtigsten Daten zur Geschichte und politischen Entwicklung der staatlichen Erdbebenvorhersage in Japan; Angaben zusammengestellt nach Kagaku Gijutsuchō Kenkyū Kaihatsukyoku (1986:2ff.) und Kokudochō (1988a:6ff.)

In gleichem Maße wie die Katastrophen selbst haben notwendigerweise die Aktivitäten zu deren Abwehr und Bekämpfung sowie zur Abmilderung von deren Folgen Auswirkungen auf alle Bereiche des öffentlichen und privaten Lebens. Dies bedeutet wiederum, daß angemessenes technisches, administratives und politisches Handeln das effiziente Zusammenwirken einer Vielzahl von Institutionen auf allen gesellschaftlichen Ebenen voraussetzt. Dem Fällen von sachlich richtigen Entscheidungen und deren wirkungsvoller Vermittlung durch die entsprechenden Kanäle kommt hier besondere Bedeutung zu. Gemäß dem *Saigai Taisaku Kihon Hō* [Basisgesetz über Katastrophenmaßnahmen]* lassen sich Abstufung und Funktion der einzelnen Handlungs- und Entscheidungsebenen folgendermaßen umreißen:

* Die hier und im folgenden wiedergegebenen Bezeichnungen japanischer Gesetze, juristischer Personen und Institutionen wurden vom Autor aus dem Japanischen ins Deutsche übertragen. Häufig stimmen diese Übertragungen mit dem Sinninhalt der existierenden offiziellen japanischen Übersetzungen ins Englische nicht überein. Ebenso können für dieselben Institutionen in der deutschsprachigen Literatur anderslautende Übersetzungen vorkommen.

Nationale Ebene (Premierminister, *Chūō Bōsai Kaigi* [Zentralrat für Katastrophenschutz], Ministerien und nationale Fachgremien): Landesweite Vorbereitung, Installation und Koordination der Planungen; wissenschaftliche Oberaufsicht;

Präfekturebene (Gouverneur, *Todōfuken Bōsai Kaigi* [Räte für Katastrophenschutz der Präfekturen], Gebietskörperschaften und regionale Fachgremien): Erarbeitung von detaillierten Risikoanalysen und Rettungsplänen für den Katastrophenfall, ausgedehnte Koordinations- und Überwachungsfunktionen;

Kommunale Ebene (Bürgermeister, *Shichōson Bōsai Kaigi* [Räte für Katastrophenschutz der Kommunen], Stadt-/Ortsverwaltungen): Ausführung von Katastrophenschutzmaßnahmen vor Ort, lokale Planungs- und Infrastrukturmaßnahmen, Koordination und Informationsvermittlung der Aktivitäten auf Bürgerebene;

Bürgerebene (Nachbarschaftsgruppen, Betriebsgruppen etc.; z.T. auf Freiwilligenbasis): Erste Hilfe, Löschübungen, Bergungs- und Rettungsdrills.

Wenn auch eine detaillierte Beschreibung und Analyse der Strukturen auf allen Ebenen an dieser Stelle unterbleiben muß, so sollen doch die auf Regierungsebene und im Bereich der Universitäten programmentwickelnden und forschungstragenden Strukturen, soweit sie von Relevanz für die Erdbebenvorhersage sind, kurz dargestellt werden. Zusätzlich soll ein knapper Überblick über die jeweils zum Einsatz kommenden wissenschaftlichen Methoden sowie über die Rollenverteilung in der Durchführung der unterschiedlichen Untersuchungen und Auswertungen gegeben werden.

2.1. Die nationalen Regierungsbehörden

2.1.1. Aufbauorganisation

Eine Gesamtübersicht über den Organisationsaufbau auf Regierungs- und Fachbehördenebene sowie die Stellung der gesondert eingerichteten Gremien bietet Abb. 2.2. Eine Sonderstellung nimmt sicherlich das *Chuō Bōsai Kaigi* [Zentralrat für Katastrophenschutz] (Abb. 2.3) ein. Hier finden sich unter dem Vorsitz des Premierministers alle im Bereich der Erdbebenvorhersage landesweit operierenden Körperschaften und Organisationen. Neben den ministeriellen Fachressorts sind auch die nationalen Fachbehörden sowie zusätzlich Vertreter der Bank of Japan, des Japanischen Roten Kreuzes und der Kommunikationsindustrie berufen. Ebenfalls nicht zum Regierungsapparat gehören als Experten zugezogene Vertreter der Industrie und der Universitäten.

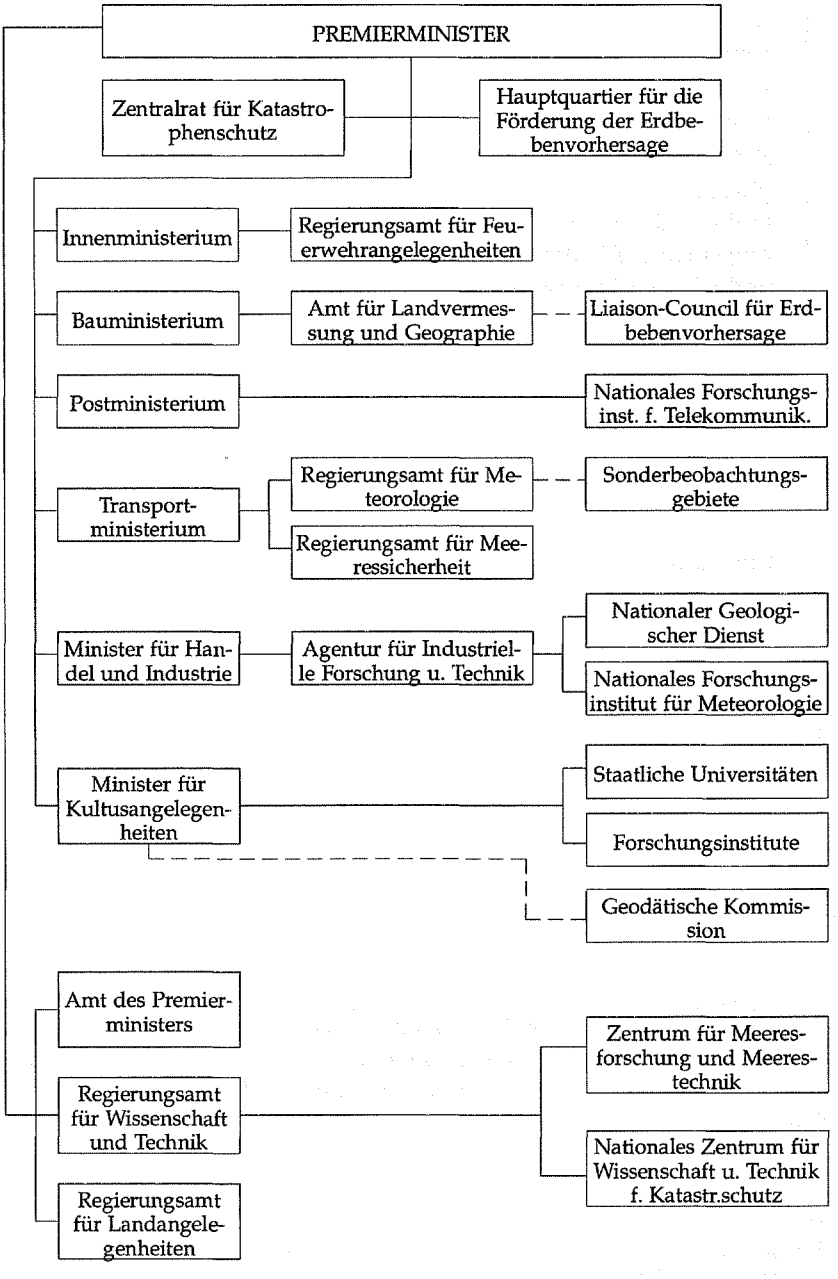


Abb. 2.2: Der organisatorische Aufbau des staatlichen Erdbebenvorhersagesystems in Japan

Vorsitz: Premierminister	
Generalsekretär: Parlamentarischer Vizeminister des Regierungsamtes für Landangelegenheiten	
Stellvertretende Generalsekretäre: Stellv. Generaldirektor des Regierungsamtes für Feuerwehrangelegenheiten, Generaldir. des Büros für Katastrophenschutz beim Regierungsamt für Landangelegenheiten	
Minister, Generaldirektoren und Direktoren der Ministerialressorts für – Justiz – Äußeres – Finanzen – Kultusangelegenheiten – Landwirtschaft, Forsten und Fischerei – Handel und Industrie – Transport – Postangelegenheiten – Arbeit – Bau – Inneres – Kabinett	Präsidenten, Generaldirektoren und Direktoren der Regierungsämter für – Allgemeine Angelegenheiten – Verteidigung – Wirtschaftsplanung – Wissenschaft und Technik – Umwelt – Entwicklung Okinawas – Entwicklung Hokkaidos – Landangelegenheiten
	Präsidenten – der japanischen Notenbank – des Japanischen Roten Kreuzes – der Telefongesellschaft NTT – der staatlichen Rundfunkgesellschaft NHK
zusätzlich jeweils hinzugezogene Experten	

Abb. 2.3: Die Zusammensetzung des Chūō Bōsai Kaigi (nach Kokudochō 1988:9)

Die große Anzahl der an der Erdbebenvorhersage beteiligten Stellen und die teilweise komplizierten Kommunikations-, Zuständigkeits- und Entscheidungsstrukturen sind in jüngster Zeit wiederholt in der japanischen Öffentlichkeit kritisiert worden. In diesem Zusammenhang wurden angesichts des Ausbruches eines Meeresvulkans im Sommer 1989 bei Itō, Shizuoka-Präfektur, bei dem es zu begleitenden Erdbeben mit Verletzten und erheblichen Sachschäden gekommen war, massive Zweifel an der Wirksamkeit der installierten Organisationsstrukturen laut (*Tōkyō Shinbun* 1989; *The Japan Times* 1989). Insbesondere das Fehlen einer klar definierten und unabhängigen Führungsinstitution wird immer wieder als Mangel empfunden. In der Tat wirkt der staatliche organisatorische Aufwand monströs und unübersichtlich, vor allem dann, wenn man ihn mit den U.S.A. oder der Volksrepublik China vergleicht (Kagaku Gijutsuchō 1986:149ff.).

Notwendigerweise jedoch müssen Forschung und Entwicklung, Monitoring, Untersuchungen und Verwaltung in einem System mit der be-

nötigten Komplexität nicht nur in hohem Maße arbeitsteilig betrieben, sondern auch den im Staat bereits bestehenden Strukturen angepaßt werden. Demzufolge ist die einfache Übernahme eines in einem anderen Staat bereits bestehenden Systems sicherlich nicht das Mittel der Wahl. Eine Lösung dieses Dilemmas ist vorerst nicht in Sicht.

2.1.2. Durchführung von Untersuchungen

Wenn auch eine strenge thematische Trennung wegen des Umfanges und der Art der notwendigen Arbeiten nicht durchgeführt ist, so sind doch den einzelnen Ministerien bzw. Regierungsämtern und ihren nachgeordneten Fachbehörden die Aufgaben so zugewiesen, daß sie sich weitgehend in die zur Durchführung anderer im Aufgabenbereich liegender Untersuchungen bestehenden Strukturen oder Systeme einfügen. Eingehende Daten über die einzelnen Institutionen in definierten Zeiträumen lassen sich aus den von den Fachressorts jährlich publizierten Weißbüchern entnehmen. Einige der Fachbehörden publizieren Ergebnisse ihrer Untersuchungen zusätzlich in Zeitschriftenreihen oder Broschüren.

Die inhaltlichen und methodischen Schwerpunkte bei den beteiligten Stellen lassen sich wie folgt skizzieren (siehe auch Abb. 2.2):

a. *Kishōchō* [Regierungsamt für Meteorologie] : Laufende Erfassung, Untersuchung und Analyse von Erdbeben aller Größenordnungen mit seismologischen Methoden; ständige Kontrolle von Beben im Offshorebereich; Beobachtung und Feststellung von Bewegungen der Erdkruste, insbesondere Krustenverbiegungen; Untersuchung der Erdtiden und der Veränderungen des magnetischen Feldes der Erde.

b. *Kaijō Hōanchō* [Regierungsamt für Meeressicherheit]: Durchführung der Meeresvermessung; Erstellung von topographischen Karten des Meeresbodens; Geomagnetikmessungen und Gravitationsmessungen im Offshorebereich.

c. *Kokudo Chiriin* [Amt für Landesvermessung und Geographie]: Landesvermessung und Nivellement im Onshorebereich; Messungen zur Feststellung der Erdtiden; kontinuierliche Datenerfassung und Messungen mit geomagnetischen Methoden; Messungen und Beobachtung von Gravitationsänderungen und Gravitationsanomalien.

d. *Chishitsu Chōsajo* [Nationaler Geologischer Dienst]: Alle Arten von Untersuchungen und Forschungen mit geologischen und geophysikalischen Methoden; geologische Landesaufnahme; Untersuchungen zu rezenten und subrezenten Krustenbewegungen; seismologische Überwachung, insbesondere Überwachung der Änderung seismischer Schichtgeschwindigkeiten; quantitatives Grundwassermonito-

ring; Überwachung der Chemie des Grundwassers; Labor- und Modellversuche.

e. *Kokuritsu Bōsai Kagaku Gijutsu Sentā* [Nationales Zentrum für Wissenschaft und Technik im Katastrophenschutz]: Die Aktivitäten konzentrieren sich auf die Gebiete, die unter verstärkter Beobachtung stehen; durchgeführt werden: seismologische Kontrolle von Schwach- und Mikrobeben; Grundwasserbeobachtung; Monitoring von Tiefbrunnen; kontinuierliche Messung und Überwachung von Krustenbewegungen.

f. *Denpa Kenkyūsho* [Nationales Forschungsinstitut für Telekommunikation]: Weltraumgestützte geodätische Untersuchungen; VLBI (Very Large Baseline Interferometry) zur kontinuierlichen Untersuchung von Plattenbewegungen.

2.2. Die universitären Forschungseinrichtungen

2.2.1. Organisatorische Einbindung

Träger der staatlichen Universitäten in Japan ist das *Monbushō* [Kultusministerium]. In den nationalen Gremien der Erdbebenvorhersage bis hinauf ins *Chūō Bōsai Kaigi* sind Vertreter der staatlichen Universitäten, in aller Regel Professoren, vertreten. Es kommt ihnen aber nicht nur als Experten eine Bedeutung zu, sondern auch in der Durchführung umfangreicher eigener Untersuchungsprogramme, der Integration in die ständigen Beobachtungsaufgaben unmittelbar an den entsprechenden Hochschulinstitutionen und in eigens für den Katastrophenschutz geschaffenen Forschungseinrichtungen. Insbesondere in der Grundlagenforschung liegt eine wichtige Funktion der Universitäten. Zusätzlich sorgen diese für die Ausbildung neuer Experten sowie für den Transfer neuerworbenen Wissens und neuer Untersuchungstechniken in die Fachbehörden, Ministerien und schließlich in die Öffentlichkeit. Auch hier ist ein bemerkenswert hoher Grad an Arbeitsteilung realisiert. Nicht zuletzt aufgrund der aus politischen Gründen überproportional guten Ausstattung mit Forschungsmitteln haben sich im Laufe der Jahre eine Reihe von Hochschulinstituten im geowissenschaftlichen Bereich thematisch auf Probleme der Erdbebenforschung konzentriert. Dadurch sind auf der einen Seite zwar synergistische Effekte zu verzeichnen; andererseits können jedoch häufig vorkommende Mehrfachuntersuchungen zu einer ineffizienten Verwendung von Forschungsmitteln führen. Neben den staatlichen Universitäten sind schrittweise auch eine Anzahl privater Hochschulen in Teilbereiche der Erdbebenvorhersage vorgestoßen, was seine Begründung einerseits

in dem damit verbundenen Prestigegewinn für das jeweilige Institut, andererseits in Nebeneffekten des Pensions- bzw. Emeritierungssystems an den staatlichen Hochschulen findet. Dieses läßt in vielen Fällen den Lehrstuhlwechsel an eine Privatuniversität oder den Umstieg in die Privatwirtschaft für die letzte Dekade des Arbeitslebens von Professoren an staatlichen Universitäten und Regierungsforschungsinstituten notwendig werden.

Wie viele und welche Universitäten im Bereich der Erdbebenforschung tätig sind, ist nicht mit Sicherheit festzustellen. Auf der Seite der staatlichen Universitäten sind hier aus einer Vielzahl zu nennen die Universitäten

Hokkaidō (Naturwissenschaftliche Fakultät)
Hirosaki (Naturwissenschaftliche Fakultät)
Tōhōku (Naturwissenschaftliche Fakultät)
Tōkyō (Naturwissenschaftliche Fakultät)
Tōkyō (Institut für Erdbebenforschung)
Nagoya (Naturwissenschaftliche Fakultät)
Kyōto (Naturwissenschaftliche Fakultät)
Kyōto (Institut für Katastrophenverhütungsforschung)
Kōchi (Naturwissenschaftliche Fakultät)
Kyūshū (Naturwissenschaftliche Fakultät).

Zusätzlich beteiligt und z.T. in den Gremien vertreten sind jedoch auch einige private Universitäten, insbesondere solche, die über größere eigene Untersuchungseinrichtungen verfügen wie z.B. die Tōkai-Universität mit eigener Schiffsflotte, die besonders im Bereich der Meeresseismik und der Tiefenseismik aktiv ist, oder die Tōkyōter Universitäten Waseda und Keiō.

2.2.2. Durchführung von Untersuchungen

Thematisch und methodisch werden für die Hochschulforschung in der Erdbebenvorhersage folgende 15 Forschungsschwerpunkte genannt, die im wesentlichen der Grundlagenforschung zuzurechnen sind (Tōkyō Daigaku Jishin Kenkyūsho 1986):

- Registrierung, Telemetrie und Archivierung der seismischen Aufzeichnungen von Schwach- und Mikrobeben in Form von Datenbanken; die Daten werden von den Beobachtungspunkten über Gebietszentralen an die Zentrale in Tōkyō weitervermittelt; Auswertung und Speicherung erfolgen i.d.R. dort.
- Aufbau und Betrieb von z.T. unterirdischen Meßstrecken und Felslabors zur kontinuierlichen Feststellung und Messung von Krustenbewegungen mittels dilatometrischer und anderer Methoden; die Daten

werden telemetrisch *online* an die jeweiligen Gebietszentralen weitergegeben und dort verarbeitet bzw. gespeichert.

- Langfristige stationäre Überwachung der Entwicklung der Schwereanomalien sowie
- langfristige Geomagnetik-Untersuchungen sollen insbesondere langfristige Trends in der Veränderung der Erdkruste aufspüren helfen. Auch hierzu existieren umfangreiche vernetzte Untersuchungseinrichtungen; für die rechnergestützte Auswertung wird in großem Umfang eigene Computer-Software entwickelt.
- Der Entwicklung und dem Betrieb von Meeresbodenseismographen kommen besondere Bedeutung zu, da sich die Epizentren des größten Teils der starken Erdbeben auf japanischem Hoheitsgebiet im Meer befinden.
- Geochemische Untersuchungen: Hier spielen, neben weiteren Methoden der Bodenluft- und Grundwasserüberwachung, insbesondere kontinuierliche Messungen der Radon (^{222}Rn)-Emanation zur Feststellung der aktuellen Zug- und Dehnungsbelastung der Gesteine im Untergrund sowie zur exakten Lokalisierung des Verlaufs von Störungen eine Rolle.
- Da häufig vor und nach Erdbeben signifikante Änderungen des örtlichen Grundwasserspiegels festzustellen sind, werden an zahlreichen Punkten kontinuierlich Pegelmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse werden telemetrisch weitergegeben und ausgewertet.
- Durch geologische und geophysikalische Detailaufnahmen von bekannten aktiven Störungen lassen sich sowohl Aufschlüsse über stattfindende Bewegungen und Bewegungsphasen als auch über historische Entwicklungen erhalten.
- Festigkeitsuntersuchungen an Gesteinen und Gesteinsproben im Labor und im Gelände sollen mithelfen, die Mechanismen beim Bruch von Gesteinen zu verstehen und auf den großen Maßstab übertragbare Daten über das mechanische Verhalten von Gesteinskörpern zu bekommen.
- Beobachtung des Streßverhaltens der Erdkruste.
- Einrichtung und Betrieb von Test- und Versuchsfeldern zur Eichung und Neuentwicklung von Meßapparaturen sowie kompletten Meßanordnungen.
- Untersuchung der Struktur der Erdkruste mittels seismischer Profile großer Länge (Sprengseismik/Vibroseis);
- Durch Kombination verschiedener bekannter Methoden der Geodäsie und der Geophysik sowie die Neuentwicklung von Feldmethoden und Auswertungsprogrammen wird versucht, die Relativbewegungen von

Punkten mit hoher Genauigkeit kontinuierlich festzustellen und zu deuten.

- Mit Hilfe der langfristigen Untersuchung und Revision alter Aufzeichnungen und Unterlagen wird versucht, die Umstände und Schäden anläßlich historischer Beben möglichst exakt zu ermitteln sowie weitere, bisher nicht bekannte oder bereits vergessene Schadensbeben regional ausfindig zu machen. Insbesondere die Analyse der regionalen Abfolge von Bebenereignissen soll erhellen, ob es einen wiederholt auftretenden Ablaufplan bei den in Japan vorkommenden Erdbeben gibt.
- Die Beobachtung des Verhaltens von Tieren im Falle von Erdbeben soll Möglichkeiten zur Benutzung von Verhaltensänderungen als Interpretationshilfe bei gehäuftem Auftreten von sogenannten Vorläuferphänomenen evaluieren.

Neben der Durchführung der obengenannten Untersuchungen werden zahlreiche weitere Untersuchungsmethoden weiterentwickelt und auf ihre Eignung alleine oder in Kombination mit anderen geprüft. Hierzu ist in hohem Maße landesweite interdisziplinäre Zusammenarbeit erforderlich. Durch die raschen Fortschritte auf dem Elektronik- und Computersektor wurde es möglich, in kurzer Frist eine landesweite Vernetzung der Datenerhebung (automatische Registrierung, Telemetrie) sowie in der Datenkommunikation der in einem Fachgebiet tätigen Wissenschaftlergruppen zu erreichen. Der bereits in Angriff genommene nächste Schritt ist die Installation von Systemen, die unter künstlicher Intelligenz arbeiten (siehe z.B. Mizoue *et al.* 1989; Zhuang *et al.* 1989). In institutionalisierter Form finden gebietsweise wie auf nationaler Ebene laufend Fortbildungs- und Informationsveranstaltungen statt, um auf allen Ebenen der beteiligten Wissenschaftler und der Verwaltungen einen für eine erfolgreiche Zusammenarbeit notwendigen allgemeinen Kenntnisstand herzustellen und aufrechtzuerhalten.

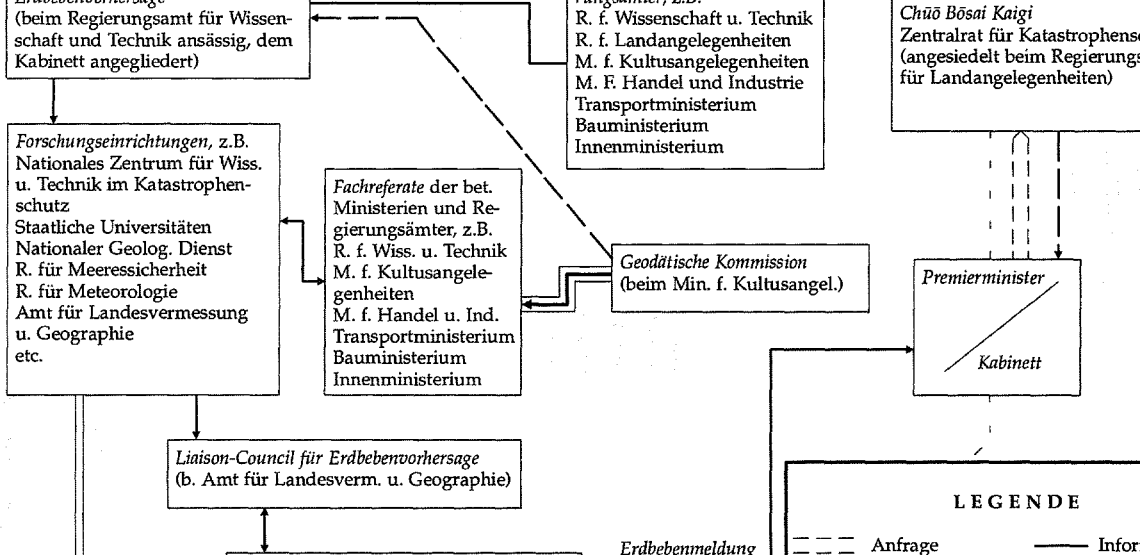
Zusätzlich dazu werden auf internationaler Ebene Projekte der Zusammenarbeit mit solchen Ländern, in denen Erdbeben ein Problem darstellen, durchgeführt. Insbesondere mit den U.S.A. gibt es inzwischen einen fest etablierten Wissenschaftleraustausch und regelmäßig tagende bilaterale Gremien, wie die im Jahre 1978 gegründete Abteilung Erdbebenvorhersage der UJNR (U.S.-Japan Conference on Development and Utilization of Natural Resources). Hier sind von japanischer Seite vorwiegend die nationalen Fachbehörden engagiert, denen auf amerikanischer Seite der United States Geological Survey (USGS) gegenübersteht. Eine stärkere Beteiligung der Hochschulen verzeichnet das Japan – U.S. Earthquake Seminar, welches 1964 erstmal in Tōkyō durchgeführt wurde und seitdem im Abstand von einigen Jahren wechselweise in Japan und den U.S.A. abgehalten wird. Seit 1984 existiert das Japanisch-Chinesische Symposium

über Erdbebenvorhersage, das i.d.R. alle zwei Jahre stattfindet. Teilnehmer von chinesischer Seite sind hier Forscher der zentralen und regionalen Erdbebenämter. Darüber hinaus werden im Rahmen der Entwicklungshilfe Untersuchungen und Wissenschaftlerausbildung in der Türkei und in verschiedenen südamerikanischen Ländern durchgeführt.

3. Ablauforganisation und Finanzierung

Das staatliche System zur Erdbebenvorhersage in Japan ist auf das Ziel hin angelegt worden, auf der Basis von mit naturwissenschaftlichen Methoden durchgeführten Untersuchungen gültige Voraussagen über Ort, Zeitpunkt und Stärke von in Zukunft auftretenden schweren Beben zu ermöglichen. Frühzeitiges Wissen um die bevorstehenden Ereignisse wiederum soll den Entscheidungsträgern einerseits auf Langzeitbasis die Gelegenheit geben, von Beginn an ihre ortsgebundenen Planungen unter Risikogesichtspunkten abzustimmen, andererseits kurzfristig Notmaßnahmen wie Warnungen, Stillegungen oder Sperrungen, Evakuierungen bzw. weitere Maßnahmen zu ergreifen. Das in Abb. 3.1 wiedergegebene Flußdiagramm verdeutlicht dies. Die Erdbebenvorhersage ist vom Katastrophenschutz virtuell getrennt, auch wenn das Chūō Bōsai Kaigi unter dem Vorsitz des Premierministers jeweils die höchste Entscheidungsinstanz darstellt und es auf verschiedenen Ebenen personelle Übereinstimmungen gibt. Die Begründung hierfür ist sicherlich darin zu suchen, daß der Katastrophenschutz nicht nur im Falle von Erdbeben, sondern auch in allen anderen Fällen von Verheerungen, beispielsweise Taifunen, Vulkanausbrüchen, Chemieunfällen, Großbränden oder Unfällen im Kernkraftbereich zur Verfügung stehen muß. Diese außerordentliche Aufgabenvielfalt schließt eine weitergehende Diversifikation insbesondere aus Kostengründen von vorneherein aus.

Wegen der großen Gefahr der Verbreitung von Gerüchten und dem Ausbruch von Panik unter den Einwohnern eines akut von einem Erdbeben bedrohten Gebietes ist der Informations- und Weisungsfluß innerhalb der beteiligten Stellen und anschließend innerhalb der Bevölkerung von außerordentlich großer Bedeutung. Um auch bei störungsbedingten Ausfällen im telekommunikativen Bereich eine Aufrechterhaltung der Kommunikationswege zu gewährleisten, sind alle wesentlichen Institutionen, unter ihnen auch die Eisenbahngesellschaften, Hafenverwaltungen, öffentlichen Ver- und Entsorgungsunternehmen sowie eine Anzahl von staatlichen Unternehmungen, durch insgesamt vier voneinander unabhängige Funksysteme (2, 12, 40 GHz und 400 MHz) drahtlos miteinander verbunden. Als Sendezentrale und wichtigster Knotenpunkt fungiert das


(beim Regierungsamt für Wissenschaft und Technik ansässig, dem Kabinett angegliedert)
R. f. Wissenschaft u. Technik
R. f. Landangelegenheiten
M. f. Kultusangelegenheiten
M. F. Handel und Industrie
Transportministerium
Bauministerium
Innenministerium
Chūō Bōsai Kaigi
Zentralrat für Katastrophens
(angesiedelt beim Regierungs
für Landangelegenheiten)
Forschungseinrichtungen, z.B.
Nationales Zentrum für Wiss.
u. Technik im Katastrophenschutz
Staatliche Universitäten
Nationaler Geolog. Dienst
R. für Meeressicherheit
R. für Meteorologie
Amt für Landesvermessung
u. Geographie
etc.
Fachreferate der bet.
Ministerien und Regierungsämter, z.B.
R. f. Wiss. u. Technik
M. f. Kultusangelegenheiten
M. f. Handel u. Ind.
Transportministerium
Bauministerium
Innenministerium
Geodätische Kommission
(beim Min. f. Kultusangel.)
Premierminister
Kabinett
Liaison-Council für Erdbebenvorhersage
(b. Amt für Landesverm. u. Geographie)
LEGENDE
Anfrage
Infor
Erdbebenmeldung

Kokudochō [Regierungsamt für Landfragen]. Ein weiterer Knotenpunkt befindet sich beim *Kensetsushō* [Bauministerium].

Die Aufwendungen der japanischen Regierung aus ihrem Regelhaushalt für die Erdbebenvorhersage bewegen sich seit einer Reihe von Jahren mit gewissen Schwankungen zwischen etwa 5,5 und 6,5 Mrd. Yen pro Jahr (siehe Abb. 3.2 und *Nihon Keizai Shinbun* 1989). Von diesen Mitteln erhalten, wie aus dem Diagramm in Abb. 3.3 beispielhaft für das Fiskaljahr 1986 ersichtlich ist, den Löwenanteil zu etwa gleichen Teilen das *Monbushō* für die Hochschulforschung und das Bauministerium (MOC) für die im Amt für Landesvermessung und Geographie durchgeführten Arbeiten. Weitere große Anteile erhalten das Regierungsamt für Wissenschaft und Technik (STA) mit den ihm angeschlossenen *Kokuritsu Bōsai Kagaku Gijutsu Sentā* [Nationales Zentrum für Wissenschaft und Technik im Katastrophenschutz] und *Kaiyō Kagaku Gijutsu Sentā* [Zentrum für Ozeanologie und Meerestechnik] sowie das Transportministerium (MOT) für das *Kaijō Hōanchō* [Regierungsamt für Meeressicherheit] und *Kishochō* [Regierungsamt für Meteorologie]. Erheblich geringere Anteile des Gesamtbudgets werden für das Ministerium für Handel und Industrie (MITI) und den ihm zugehörigen Nationalen Geologischen Dienst ausgegeben, da ein wesentlicher Teil der diesem im Rahmen der Erdbebenvorhersage übertragenen Aufgaben bereits zu dessen Grundsatzaufgaben gehört und aus dem normalen Haushalt bestritten wird (siehe hierzu auch Küppers und Fülling 1987). Ein noch geringeres Volumen nehmen mit weniger als 2% die für das Ministerium für Postangelegenheiten (MOPT) bzw. das angeschlossene Nationale Forschungsinstitut für Telekommunikation aufgewendeten Mittel ein. Die Ansätze an Haushaltsmitteln für die einzelnen Fiskaljahre wurden in der Praxis auf der Ausgabenseite regelmäßig um etwa 3-10% überschritten.

4. Schlussbetrachtung

Die bisher weltweit gewonnenen Erfahrungen mit Erdbebenvorhersagen sprechen nicht dafür, daß es in absehbarer Zeit gelingen wird, regelmäßig und mit Sicherheit das Auftreten von Erdbebenkatastrophen kurzfristig und mit hoher Zielgenauigkeit bezüglich Auftrittsareal, Stärke und Zeitpunkt vorherzusagen. Dagegen sprechen neben den eingangs erwähnten Beispielen aus China auch das Erdbeben in San Francisco am 17.10.1989 (Loma Prieta-Erdbeben). Obwohl die dort angetroffenen geologischen und geophysikalischen Gegebenheiten sehr wahrscheinlich die weltweit am besten untersuchten überhaupt sind und alle bisher als signifikant erachteten Parameter einer ständigen Beobachtung und Kontrolle unterlagen,

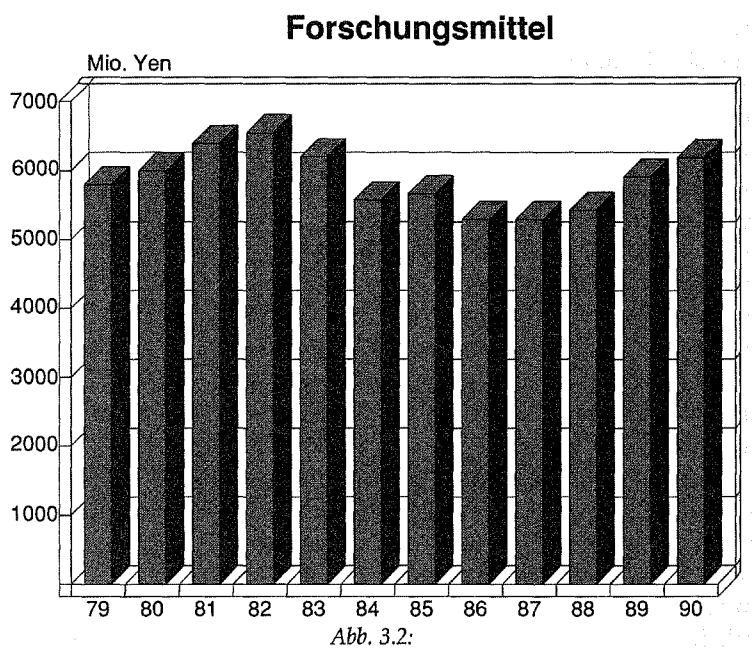


Abb. 3.2:
Forschungsmittel der japanischen Regierung für die Erdbebenvorhersage in den Fiskaljahren 1979-1990; Daten nach Kagaku Gijutsuchō Kenkyū Kaihatsukyoku (1986:116ff.), Kokudochō (1989:334ff.) sowie *Nihon Keizai Shinbun* (1989)

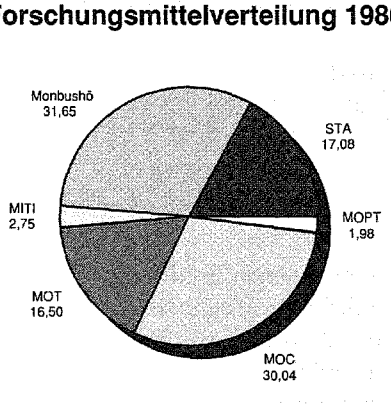


Abb. 3.3: Die Verteilung der staatlichen Forschungsmittel für die Erdbebenvorhersage unter den beteiligten Ministerien am Beispiel des Fiskaljahres 1986, Angaben in %, Erläuterung der Abkürzungen im Text; Daten berechnet nach Kagaku Gijutsuchō Kenkyū Kaihatsukyoku (1986:116ff.)

gelang es nicht nur nicht, eine kurzfristige Warnung auszugeben, sondern es wurde auch der Drehsinn der betreffenden aktiven Störung bereits in der langfristigen Vorhersage falsch angegeben (Schulz 1989; Sartorius 1989).

Die möglichen Auswirkungen einer ergehenden akuten Erdbebenwarnung auf das Verhalten der Bevölkerung sind schwierig abzuschätzen. Es muß aber durchaus mit dem Entstehen von Paniksituationen und dadurch verursacht mit Schäden und Opfern gerechnet werden, unabhängig davon, ob das prognostizierte Ereignis eintritt oder ausbleibt. Auch die Frage nach der Verantwortlichkeit für eine fälschlich ergangene Warnung bleibt offen. Zweifellos könnten im Falle einer rechtzeitigen Warnung vor einem katastrophalen Beben zahlreiche Menschenleben gerettet werden. Materielle Werte hingegen würden nur in sehr viel geringerem Unfang zu schützen sein. Es darf hier jedoch nicht der Hinweis auf den spekulativen Charakter dieser Annahmen unterlassen werden. Insofern müssen auch die wiederholt vorgebrachten öffentlichen Einlassungen führender Erdbebenforscher wie beispielsweise die Rikitakes (1989a, 1989b) eher als Wunsch- oder Zweckbekundungen gedeutet werden.

Sehr viel vorsichtiger äußert sich beispielsweise Hamada (1989:19), der selbst Mitglied des Gremiums von Spezialisten ist, welches die rechtlich vorgeschriebene Prüfung der Erdbebensicherheit bei der Planung von Hochhäusern im staatlichen Auftrag durchführt, über die Maßnahmen zur Katastrophenverhütung:

> So I think an honest statement one can make at present is that nobody is absolutely sure whether they [die Systeme der Katastrophenverhütung] will function with telling effects in event of a very severe earthquake until they are really subjected to a really big seismic shock.

Einen erkennbaren Nutzen hat die bereits im wesentlichen erreichte langfristige Voraussage von Bebenereignissen für diejenigen, die bereit sind, in ihre Planungen die vorliegenden Erkenntnisse einzubeziehen. Das dürfte in der Regel heißen, daß einerseits auf die Besiedlung oder Bebauung bestimmter Lokationen verzichtet wird, andererseits, daß – neben weiteren Maßnahmen – Schutzzonen eingerichtet werden, die als Zufluchtsort im Katastrophenfalle oder als Brandschneisen dienen können. Insbesondere bedeutet dies jedoch in den betroffenen Gebieten eine Einschränkung der Bauhöhe sowie den Ausschluß und die systematische Beseitigung von Nutzungen, die hohe zusätzliche Gefährdungspotentiale beinhalten, wie kerntechnische Einrichtungen, chemische Industriebetriebe, Lager für Gefahrgüter. So spricht sich denn auch Ōda (1988) explizit für den Umzug der Hauptverwaltungen der großen Firmen und der Regierung aus Tōkyō weg in eine seismisch weniger verletzliche Umgebung aus.

Die für die Durchsetzung solcher Maßnahmen zum Schutz von Menschenleben und Umwelt nötigen juristischen Instrumente sind zwar prinzipiell vorhanden; die politischen Umstände jedoch, welche weiterhin Landhortung in großem Stil und ausufernde Bodenspekulation zulassen, verhindern laut Wegener (1989) die Durchsetzung wirksamer raumplanerischer Maßnahmen. Es gibt wenig Zweifel an der Prognose, daß im Falle einer planerischen Umstrukturierung in Richtung auf eine vor den Folgen seismischer Katastrophen geschützte Besiedlung bzw. Nutzung in der Stadt Tōkyō die Bodenpreise drastisch fallen würden, woran in Grundstücksgeschäfte involvierten Kreisen kaum gelegen sein kann. Daher muß hier von diametral gegensätzlichen wirtschaftlichen Interessen zwischen den Landeigentümern und den für den Katastrophenschutz arbeitenden Planern ausgegangen werden.

Literaturverzeichnis

Bolt, Bruce A. (1984): *Erdbeben – Eine Einführung*. Berlin: Springer.

Chūō Bōsai Kaigi (1988): *Minami Kantō chiiki shinsai ōkyū taisaku katsudō yōryū* [Übersicht über die Notmaßnahmen für die Süd-Kantō-Erdbebenkatastrophe]. Unveröffentlichte Manuskriptkopie. Tōkyō.

Dziewonski, Adam M. (1984): Mapping the Lower Mantle: Determination of Lateral Heterogenity in P-Velocity up to Degree and Order 6. In: *Journal of Geophysical Research* (Washington) 89/B7: 5929–5952.

Fingleton, Eamonn (1986): Will the system tumble? In: *Euromoney* (London), September 1986: 112–121.

Gutenberg, Beno und Carl F. Richter (1956): Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration. In: *Bulletin of the Seismological Society of America* (Washington) 46: 105–145.

Hamada, Nobuyoshi (1989): Are High-Rise Buildings Really Safe? In: *Proceedings of the Yokohama International Conference on Urban Disaster Prevention*, 18.–22. Juli 1989. Yokohama: o. Verlag, S. 17–19.

Hasemi, Yūji (1989): Evolution of Fire Safety Concept through the Japanese Civilization Fires in Edo/Tōkyō watched by Siebolt [sic], Bälz and Morse. In: *Proceedings of the Yokohama International Conference on Urban Disaster Prevention*, 18.–22. Juli 1989. Yokohama: o. Verlag, S. 6–9.

Howell, David G., David L. Jones und Elizabeth R. Schermer (1985): Tectonostratigraphic Terranes of the Circum-Pacific Region. In: Circum-Pacific Council for Energy and Resources (Hg.): *Explanatory Notes to Accompany the Map Preliminary Tectonostratigraphic Terranes of the Circum-Pacific Region 1:17.000.000*. Tulsa: o. Verlag.

Ichikawa, Koichiro (1987): Birth of Peri-Pacific Belt in Eastern Asia. In: *Pacific Science Association, 16th Congress,* August 20–30, 1987, Abstracts. Band II. Seoul: Pacific Science Association, S. 283.

Iwamatsu, Akira, Nakayama Yoshio und Sueyoshi Tetsuya (1989): Shirasu saigai no hazādo mappu [Das Kartenwerk „Gefährdung durch Shirasu-Katastrophen"]. In: *Abstracts of the 96th Annual Meeting of the Geological Society of Japan,* 3.–5. Mai 1989. Tōkyō: Geological Society of Japan, S. 684.

The Japan Times (Tōkyō) vom 15. Juli 1989 („The earth trembles a warning").

Kagaku Gijutsuchō Kenkyū Kaihatsukyoku (1986): *Jishin yochi benran* [Handbuch der Erdbebenvorhersage]. Tōkyō: Kagaku Gijutsuchō Kenkyū Kaihatsukyoku.

Kensetsushō Kokudo Chiriin (1983): *Jishin to sono yochi* [Erdbeben und ihre Vorhersage]. Tsukuba: Kensetsushō Kokudo Chiriin.

Kobayashi, Hiroyoshi, Kazuoh Seo und Saburoh Midorikawa (1987): Estimated Strong Ground Motions in the Mexico City. In: M. A. Cassaro und E. M. Romero (Hg.): *The Mexico Earthquakes 1985 – Factors Involved and Lessons Learned.* New York: American Society of Civil Engineers, S. 55–69.

Kobayashi, Kōichi, Yoshida Nozomu und Nakamura Susumu (1989): 1964 Niigata jishin de higai o uketa tatemono no kui no higai chōsa [Untersuchungen an Fundationspfählen von beim Niigata-Erdbeben 1964 beschädigten Gebäuden]. In: Doboku Gakukai, Taishin Kōgaku Iinkai (Hg.): *Proceedings of the 20th JSCE Earthquake Engineering Symposium,* Juli 1989. Tōkyō: o. Verlag, S. 21–24.

Kokudochō (1988a): *Waga kuni no shinsai taisaku* [Die Maßnahmen gegen Erdbebenkatastrophen in Japan]. Tōkyō: o. Verlag.

Kokudochō (1988b): *Shōwa 62–nenpan bōsai hakusho* [Weißbuch Katastrophenschutz für das Jahr 1987]. Tōkyō: Ōkurashō Insatsukyoku.

Kokudochō (1989): *Heisei gannenpan bōsai hakusho* [Weißbuch Katastrophenschutz für das Jahr 1989]. Tōkyō: Ōkurashō Insatsukyoku.

Küppers, Andreas und Gerrit Fülling (1987): Japan – Möglichkeiten der Sicherung langfristiger Rohstoffversorgung mit Metallen. In: *erzmetall* (Weinheim) 40: 429–434.

Kuroda, Kazuo (1986): Jisuberi genzō ni kansuru Nihon rettō no chishitsu chitai kubun (Geological Zonation of Landslides in Japanese Islands). In: *The Memoirs of the Geological Society of Japan* (Tōkyō) 28: 13–29.

Matsuo, Takayoshi (1978): Chōsenjin gyakusatsu jiken [Das Koreaner-Blutbad]. In: Nihon kingendaishi jiten henshū iinkai (Hg.): *Nihon kingendaishi jiten.* Tōkyō: Tōyō Keizai Shinpōsha. 4. Druck 1986, S. 424.

Mizoue, M., T. Yokota, H. Ito, K. Takano, M. Yamamoto, M. Notake und D. Feng (1989): Earthquake Prediction Support System (Fuzzy Retrieval

System). In: *Proceedings of the Sino-Japanese Conference on Seismological Research*, 28.–31. Mai 1989. Beijing: o. Verlag, S. 62.

Mizutani, Shinjiro (1985): Tectonostratigraphic Terranes in the Japanese Islands and their Environs in East Asia.– In: Evan C. Leitch (Hg.): *Extended Abstracts of the 3rd Circum-Pacific Terrane Conference.* Band 14. Sydney: o. Verlag, S. 156–158.

Nakamura, Kazuaki (1983): Nascent Trench along the Eastern Japan Sea as the Convergent Boundary between the Eurasian and the North-American Plate. In: *Bulletin of the Earthquake Research Institute* (Tōkyō) 58: 711–722.

Naumann, Edmund (1879): Ueber Erdbeben und Vulcanausbrueche in Japan. In: *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens* (Tōkyō) 2,15: 163–216.

Naumann, Edmund (1895): *Neue Beiträge zur Geologie und Geographie Japans.* Gotha: Perthes (Dr. A. Petermanns Mitteilungen aus Justus Perthes geographischer Anstalt, Ergänzungs-Heft 108).

Nihon Keizai Shinbun (Tōkyō) vom 31. August 1989, Morgenausgabe: „3.8% fueru, 62 oku en e. Jishin yochi kankei hi" [Zunahme um 3,8% auf 6,2 Mrd. Yen: Mittel für die Erdbebenvorhersage].

Niigata ken, Sōmubu, shōbōbōsaika (1988): *Niigata ken shinsai taisaku keikaku* [Katastrophenplan für die Niigata Präfektur]. Niigata: o. Verlag.

Nirei, Hisao, Satō Kenji, Furuno Kunio, Takanashi Yuji und Mori Noriyuki (1986): Jishin toki ni okeru jinami genzō to taisuisō no ekijōka (On the ground wave, so called „Jinami" and the liquefaction of aquifer during the earthquake). In: *The Memoirs of the Geological Society of Japan* (Tōkyō) 27: 109–114.

Ōda, Kaoru (1988): *Minami Kantō chiiki jishin to Nihon keizai* [Das Süd-Kantō-Beben und Japans Wirtschaft]. Manuskriptkopie.

Oike, Kazuo (1989a): *Jishin rettō nishihigashi* [Eine Erdbebeninselkette im Osten und Westen]. Hg.: Shadanhōjin Nihon Songai Hōken Kyōkai. Tōkyō: Shadanhōjin Nihon Songai Hōken Kyōkai.

Oike, Kazuo (1989b): *Jishin hassei no shikumi to yochi* [Mechanismen und Vorhersage der Erdbebenentstehung]. Tōkyō: Koima shoin.

Polak, Christian (1985): Kantō daishinsai [Große Kantō-Erdbebenkatastrophe]. In: La Maison Franco-Japonaise (Hg.): *Dictionnaire Historique du Japon*, Fasciule XI: Lettre K(1). Tōkyō: Librairie Kinokuniya, S. 112–113.

Rikitake, Tsuneji (1989a): Practicable quake predicting. In: *The Japan Times* (Tōkyō) vom 15.07.1989.

Rikitake, Tsuneji (1989b): Precursors aid prediction. In: *The Japan Times* (Tōkyō) vom 16.07.1989.

Sartorius, Peter (1989): Ein kurzer Blick in den Abgrund. San Francisco nach dem Erdbeben: Die neue Erfahrung, daß jeder einmal stirbt. In: *Süddeutsche Zeitung* (München) vom 27.10.1989.

Schneider, Götz (1975): *Erdbeben. Entstehung – Ausbreitung – Wirkung.* Stuttgart: Enke.

Schulz, Paula A. (1989): Historic Earthquake Damage and Reconstruction as it Relates to Present Earthquake Vulnerability in the San Francisco Bay Region. In: *Proceedings of the Yokohama International Conference on Urban Disaster Prevention,* 18.–22. Juli 1989. Yokohama: o. Verlag, S. 175–178.

Seno, Tetsuzo (1985): Is Northern Honshū a Microplate? In: *Tectonophysics* (Amsterdam) 115: 177–196.

Siebold, Philipp Franz von (1969): *Nippon. Archiv zur Beschreibung von Japan und dessen Neben- und Schutzländern Jezo mit den südlichen Kurilen, Sachalin, Korea und den Liukiu-Inseln.* Nachdruck der 2. Auflage, herausgegeben von seinen Söhnen. Osnabrück: Biblio.

Stanley, Thomas A. (1983): Tōkyō Earthquake of 1923. In: *Kodansha Encyclopedia of Japan,* Vol. 8: 66. Tokyo: Kodansha.

Taira, Asahiko (1985): Late Paleozoic and Mesozoic Accretionary Growth of Japan and Eastern Asia. In: Evan C. Leitch (Hg.): *Extended Abstracts of the 3rd Circum-Pacific Terrane Conference.* Band 14. Sydney: o. Verlag, S. 224–227.

The Tokai Bank (1989): A South Kanto Area Earthquake and the Japanese Economy. In: *Tokai Monthly Economic Letter* (Nagoya) 3: 1–6.

Tōkyō Daigaku Jishin Kenkyūsho (1986): *Jishin o saguru – jishin yochi to daigaku no yakuwari* [Erdbeben erforschen – Die Erdbebenvorhersage und die Rolle der Universitäten]. Tōkyō: o. Verlag.

Tōkyō Shinbun vom 15.07.1989, Morgenausgabe („Jishin yochi" [Erdbebenvorhersage]).

Vogel, Andreas (1989): Erdbebenprognostik: Interdisziplinäre Forschung zum Schutz gegen zukünftige Erdbeben. In: *Naturwissenschaftliche Rundschau* (Stuttgart) 42,4: 133–141.

Wegener, Michael (1989): *Transportation and Land Prices in the Tōkyō Metropolitan Area.* Paper prepared for the 11th Pacific Regional Science Conference held at Singapore, 3–6 July. Unveröffentlichtes Manuskript.

Zhuang, Kunyuan, Wang Wei und Huang Hingshu (1989): An Expert Advisory System of Earthquake Prediction. In: *Proceedings of the Sino-Japanese Conference on Seismological Research,* 28.–31. Mai 1989. Beijing: o. Verlag, S. 22.