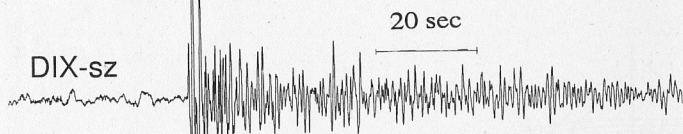
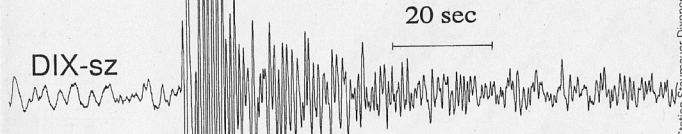


Nuclear Explosion

5 October 1993 02:00 UT
42.8 N 88.3 E mb=5.8
Lop Nor, China
Dist: 6170 km Az: 62 deg

**Earthquake**

2 October 1993 09:43 UT
38.1 N 88.6 E mb=5.8
S. Sinkiang Prov., China
Dist: 6480 km Az: 66 deg



Quelle: Seismische Station Stäbmauer Divenca, Wallis

Die Ste nogramme des Todes sollen entziffert werden

Wie eine Expertengruppe der Uno-Abüstungskonferenz die Verheimlichung von A-Bomben-Tests erschweren will

Von Markus Weidmann

Szenario 1: Provinz Sinkiang, China, 2. Oktober 1993, 09.43 Uhr Weltzeit. Wieder einmal vermag die asiatische Erdkruste im nördlichen Bereich des Himalayas der andauernden Belastung durch die Kollision mit dem indischen Subkontinent nicht zu widerstehen. In ihren Wellen entspannt sie sich mit steinerer Sprödeheit, ein Erdbeben gebärend. Seismische Wellen breiten sich in alle Richtungen aus, ein kurzes Schauern fährt mit mehreren Kilometern pro Sekunde durch die Erde, lässt ihre Haut erbeben. Neun Minuten später erreichen die Wellen eine hochempfindliche seismische Station im Wallis, welche die Ruhe stört akribisch genau registriert und zum Schweizerischen Erdbebeninstitut nach Zürich weiterleitet.

Szenario 2: Provinz Sinkiang, China, 5. Oktober 1993, 02.00 Uhr Weltzeit. Im

Spätestens 1996 soll nun erstmals ein Teststoppabkommen beschlossen werden, das durch die Möglichkeit der erdwissenschaftlichen Überwachung kontrollierbar wird. So ist die Group of Scientific Experts, ein von der Genfer Abüstungskonferenz eingesetztes Gremium (siehe Kasten «Die GSE und ihre Experimente»), schon seit einigen Jahren dabei, eine Art seismische Interpol zu planen, einzurichten und zu testen. Dabei geht es darum, einerseits illegale Tests zu identifizieren und zu lokalisieren, andererseits die Explosionsstärke des gezündeten Sprengsatzes zu bestimmen.

Graphologie auf weiteste Distanz

Zentrales Element bei der Überwachung der nukleartesten Unterwelt sind Registrierstationen, die Erdbebenwellen in Form von Seismogrammen protokollieren. Seismogramme sind archaische Zeichenfolgen, komplex verschlüsselte Texte, die individuelle Informationen enthalten; dadurch wird jedes Seismogramm zum Unikat. Ein Erdbebenspezialist achtet wie ein erfahrener Graphologe auf unverkennbare «Schriftmerkmale»: Anfangsbetonung der ansetzenden «Schrift», Auf- oder Abschwing beim ersten Einsetzen, Ausmass des Schwunges, Energiegehalt, Ausklingen der «Schrift». Diese Merkmale sind in Seismogrammen von Erdbeben und Kernexplosionen verschieden, wie die beiden Seismogramme oben auf dieser Seite zeigen.

Die Empfindlichkeit von modernen seismischen Geräten zur Registrierung von Erdbeben übertrifft übrigens jegliche menschliche Sensibilität: Das Erdbeben vom November 1991, das Mittelbünden mit einer Magnitude von 5.1 zwar spürbar erschütterte, aber kaum Schäden bewirkte, wurde noch in über 6600 Kilometer Entfernung von einer kanadischen Station registriert und lokalisiert; als schweizerischen Stationen hingegen erlebten einen kurzzeitigen Knockout: Die Wellen des Bebens gebärdeten sich in den hypersensiblen Geräten als Amokläufer.

Für die Lokalisierung eines Erdbebens oder einer Kernexplosion braucht es stets mehrere Registrierstationen. Aus dem Schriftbild der Seismogramme werden Richtung und Distanz zum Ursprung der seismischen Wellen, dem sogenannten Hypozentrum, ermittelt, ebenso die Magnitude. Diese ist ein Mass für die Energie, die im Hypozentrum freigesetzt wurde, und lässt sich in eine äquivalente Menge Sprengstoff (Tritrotolol, TNT) umrechnen; so hatte das Erdbeben in Mexiko von 1985 mit Magnitude 8 ein Äquivalent von mehreren Millionen Tonnen TNT. Da die Ladungsstärke von Nuklearwaffen ebenfalls in Sprengstoffäquivalenten angegeben wird, ist die Magnitude ein ungefähres Mass für die Ladungsstärke der Waffe.

Mit der globalen Vernetzung von Registrierstationen durch die GSE wird ein seismisches «Big brother is feeling you» realisiert: Ein blinder Riese umfasst die Erde mit feinfühligsten Händen, deren Nerven zellen auch allerfeinste Vibrationen zum Hirn weiterleiten. Das Hirn, ein internationales Datenzentrum, dessen Standort noch zu bestimmen ist, wird mit 50 sogenannten Alpha-Registrierstationen rund um die Uhr in Verbindung stehen. Diese werden – wo

immer möglich – auf erdbebenarme Gebiete der Erde verteilt. Pro Alpha-Station sollen mehrere seismische Stationen in konzentrischen Kreisen aufgestellt und bezüglich Datenerfassung vernetzt werden; dadurch entsteht eine vibrationsempfindliche Antenne mit rund drei Kilometer Durchmesser. Unter der Bezeichnung NORESS ist eine Alpha-Pilotstation im seismisch ruhigen Norwegen bereits aktiv; sie vermag auch noch auf über 1000 Kilometer Distanz Ereignisse mit Magnitude 3 zu detektieren.

Registriert der Computer im Datenzentrum mögliche Fingerabdrücke einer unterirdischen Kernexplosion, nimmt er mit sogenannten Beta-Stationen Kontakt auf. Diese stehen zum Teil schon seit Jahren in verschiedensten Ländern im zivilen Dienst der erdwissenschaftlichen Forschung. Beta-Stationen werden dem Zentralcomputer Aufzeichnungen für jenen Zeitabschnitt liefern, in welchem er die Durchführung des Tests vermutet; so kann er das durch die Alpha-Stationen aufgespürte Ereignis einer

Kernexplosion mit allen global zur Verfügung stehenden seismischen Informationen lokalisieren und identifizieren.

Zusätzlich erhält der feinfühligste Riese in Form von Überwachungssatelliten entsprechend grosse Augen. Verdichtet sich seine Vermutung, dass ein Test durchgeführt wurde, werden im fraglichen Testgelände Überflüge und Geländebegehungen durch Wissenschaftler (sogenannte «On-Site-Inspections») durchgeführt.

Die Ermittlung atomarer unterirdischer Kernexplosionen gestaltet sich generell um so einfacher, je grösser die freigesetzte Energie der getesteten Waffe ist. Erdbeben der Schwergewichtsklasse mit Magnitude grösser als 7 lassen sich weltweit jedes Jahr an beiden Händen abzählen. In diesem kleinen Kreis wird jede klassische Kernexplosion zum roten Hund, der auch noch in grosser Umgebung seine verräterischen seismischen Pfotenabdrücke hinterlässt. Problematischer wird es hingegen in der Leicht- und Fliegengewichtsklasse.

Hier werden pro Jahr weltweit durchschnittlich rund 20000 Erdbeben mit Magnitude 3.5 sowie 60000 Erdbeben mit Magnitude 3.0 registriert. Dadurch gestaltet sich die Fahndung nach Kernexplosionen mit entsprechender Ladungsstärke zur klassischen Suche nach der Nadel im Heuhaufen. Erschwerend kommt hinzu, dass die für den Tatbestand wichtigen Schriftmerkmale im Seismogramm von der Masse unschuldiger Erdbeben verfälscht werden.

Nach Urs Kradolfer, Seismologe am Schweizerischen Erdbebeninstitut der ETH Zürich und GSE-Mitglied, wird man diese Tests mit sehr kleinen Kalibern – bei vernünftigen Kosten-Nutzen-Verhältnis – seismisch nie mit hundertprozentiger Sicherheit entdecken können; der Teststoppvertrag wird deshalb in der Praxis auf einen Schwellenwert hinauslaufen. Da sich aber Resultate aus kleinstkalibrigen Waffentests nicht auf beliebig grosse Kaliber übertragen lassen, wird der Vertrag die Weiterentwicklung von mittel- und grosskalibrigen Kernwaffen einschneidend beeinflussen.

Die Gunst seismischer Funkstille

Verschiedene Umstände vereinfachen jedoch den Fahndern die Suche. So entstehen nicht überall auf der Erde Erdbeben: Die starre Haut der Erde, die sogenannte Lithosphäre, ist in einzelne Platten zerbrochen. Diese verhaken sich, auf dem unteren Erdmantel driftend, an ihren Rändern. Über 95 Prozent aller Erdbeben treten an diesen Plattenrändern auf. Innerhalb der einzelnen Platten herrscht vergleichsweise seismische Funkstille, welche auch durch einen Sprengsatz der Leichtgewichtsklasse gestört würde.

Die Fahndung profitiert auch von Details wie der Einfügigkeit menschlichen Zeitdenkens: Während die Erde den Auslösungzeitpunkt eines Erdbebens mit konstanter Beliebigkeit wählt, klammern sich auch klammheimliche Nukleartester an klare Zeitvorgaben. Auslösungzeitpunkt von seismischen Wellen um exakt 02.00 Uhr Weltzeit? Da wird jeder Erdbebenspezialist stutzig.

Nun mag der Mensch zwar einfügig sein

im Zeitdenken, erstaunlich vielfügig aber wird er dann, wenn es darum geht, Verbote zu umgehen; so sind schon seit einiger Zeit Versuche zur Tarnung von unterirdischen Tests im Gange.

Ist ein Sprengkörper unmittelbar von Gestein umgeben, wird praktisch die gesamte Energie in Erdbebenwellen umgewandelt, was den Test verraten kann. Man versucht deshalb, mittels konventionellen Sprengstoffs Hohlräume im Untergrund zu schaffen; der darin explodierende nukleare Sprengsatz wird zum Schattenboxer, sein Schlag geht grösstenteils ins Leere. Die bei dieser Taktik des «Decoupling» (Entkopplung) entstehenden seismischen Wellen sind dann viel zu schwach, um aus dem konstanten Wellengang der natürlichen Bodenunruhe herauszuragen.

Es wäre auch denkbar, dass ein Land die von ihm zu betreuenden Alpha- oder Beta-Stationen manipuliert und verfälschte Daten ins Datenzentrum übermittelt, indem es zum Beispiel die durch schwache Erdbeben produzierte Bodenunruhe eines Testgebietes aufzeichnet und diese Daten während eines späteren Tests als «Playback» ans Datenzentrum übermittelt.

Wichtig auch für Erdbebenhilfe

Kradolfer hält jedoch das Überwachungsnetz – seismische Registrierstationen, Satellitenbilder, On-Site-Inspektionen, Radioaktivitätsmessungen, Geheimdienstinformationen – für engmaschig genug. So waren Geheimdienstreise aufgrund von Satellitenaufnahmen des chinesischen Testgeländes Lop Nor bereits vor dem Test vom 5. Oktober über dessen Durchführung informiert. Unter dem Stichwort «data authentication» im Sinne von «Datenechtheit» wurde in der GSE auch schon darüber diskutiert, den Daten in den Alpha- und Beta-Stationen einen verschlüsselten Code hinzuzufügen, der im internationalen Datenzentrum wieder herausgefögert würde. Die Manipulation dieser codierten Daten wäre dann kaum noch zu bewerkstelligen.

Soll die Schweiz mitziehen, wenn mit dem globalen seismischen Netz nukleare Haie aus der Brandung der Erdbebenwellen herausgezogen werden?

Urs Kradolfer bejaht; er weist darauf hin, dass der Schweizerische Erdbebeninstitut bereits jetzt über ein sehr modernes Datenerfassungssystem verfügt und diese Daten zu wissenschaftlichen Zwecken auch international austauscht. Deshalb könnte sich die Schweiz mit relativ geringem personellem und finanziellem Mehraufwand in dieses Überwachungssystem und den immer wichtiger werdenden globalen Austausch von wissenschaftlichen Daten und Forschungsergebnissen einmengen.

Schon jetzt gibt es konkrete Erfolge dieser internationalen Zusammenarbeit: Ein vorläufig noch europäisches, im Endeffekt weltweites Alarmsystem leitet vollautomatisch Erkenntnisse über zerstörerische Erdbeben weiter; Hilfsorganisationen wie zum Beispiel das Schweizerische Katastrophenhilfswerk können so innert Kürze zuverlässig informiert und bei Bedarf auch aufgeboten und eingesetzt werden. Der feinfühligste Riese wird also nicht nur in militärischen, sondern auch in zivilen Bereichen wichtige Dienste leisten. □

Schweizer Beteiligung

Soeben hat das US-Energieministerium zugegeben, dass Hunderte von unterirdischen Nuklearwaffentests heimlich durchgeführt wurden. 1996 soll ein neues internationales Abkommen solchen Versuchen ein Ende setzen. Doch der Vertrag wäre wertlos, wenn seine Einhaltung nicht überprüfbar wäre. Erdbebenforscher sind nun daran, ein entsprechendes Überwachungsnetz aufzubauen, an dem sich die Schweiz auch beteiligen wird. Der Autor Markus Weidmann ist diplomierte ETH-Geologe und betreibt ein Beratungsbüro.

chinesischen Nukleartestgebiet Lop Nor zündet ein Techniker einen unterirdischen atomaren Sprengsatz. Die Energie fährt wie ein Boxhieb ins umgebende Gestein, komprimiert es für kurze Zeit. Seismische Wellen wogen durch den Körper der Erde, branden an die Küsten der Erdoberfläche. Auch diesmal reagiert die seismische Station im Wallis neun Minuten später; das Protokoll ihrer Unruhe wird von einem erfahrenen Erdbebenspezialisten als nuklearer Tiefschlag dechiffriert.

Das begrenzte Atomtestabkommen von 1963 untersagte Kernexplosionen in der Atmosphäre, im Meer und im Weltraum. Ein weiteres Abkommen zwischen den Vereinigten Staaten und der Sowjetunion beschränkte die Explosionsstärke der unter die Erdoberfläche verbannten Tests auf 150 Kilotonnen TNT. Dabei konnte man sich nie auf einen völligen Teststopp einigen; man hielt die Einhaltung des Vertrages, welcher der Entwicklung neuer Atomwaffen und gleichzeitig der Ausbreitung der Kernwaffentechnik einen Riegel geschoben hätte, nicht für kontrollierbar – zu gross war das Misstrauen, zu vielfügig die Möglichkeiten, trotz Abkommen in aller Heimlichkeit weiterzutesten.

Abüstung in der Sackgasse, Erdwissenschaft im Aufbruch: Innerhalb der letzten dreissig Jahren hat die Geophysik durch die Erforschung von natürlichen und künstlichen seismischen Wellen die Fähigkeit entwickelt, Erdbeben und unterirdische Kernexplosionen unterscheiden zu können.