

4 Datenerfassung und -verarbeitung im Erdbebendienst

4.1 Aufgaben

Der Erdbebendienst des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LED) betreibt gegenwärtig 30 permanente Erdbebenmeßstationen für die seismische Überwachung des Landes. Erdbebenereignisse werden mit geringer zeitlicher Verzögerung registriert, lokalisiert und analysiert. Das Detektionssystem ist das derzeit einzige in Deutschland, das Erdbeben kurz nach ihrer Entstehung automatisch ortet. Beben in Baden-Württemberg werden ab der Magnitude 2 (Richter-Skala) lokalisiert. Für das übrige Deutschland und die angrenzenden Länder Frankreich, Österreich und Schweiz liegt die Erfassungsschwelle bei Magnitude 3. Der Mittelmeerraum wird ab Magnitude 4 erfaßt, während weltweit Erdbeben ab Magnitude 5 registriert werden. Die Lokalisierung eines Bebens findet innerhalb einer Zeitspanne von 10 Minuten nach Eintreffen der Erdbebenwellen an den Meßstationen des LED statt.

Im europäischen Kommunikationsverbund der seismologischen Dienste nimmt der LED durch die rasche Verfügbarkeit und die Zuverlässigkeit seiner Daten einen wichtigen Platz ein. Zudem findet durch die gemeinsame Nutzung von Meßstationen eine besonders enge Zusammenarbeit mit den „seismologischen Nachbarn“, dem französischen Erdbebendienst Réseau National de Surveillance Sismique (RéNaSS) in Strasbourg und dem Schweizerischen Erdbebendienst (SED) in Zürich, statt.

Aufgabe eines modernen Erdbebendienstes ist die zuverlässige kontinuierliche Registrierung sowie die effiziente und schnelle Auswertung der Daten. Um dieses Ziel zu erreichen, ist der Einsatz automatischer Systeme, verbunden mit modernster Datenverarbeitungstechnik, unabdingbar.

4.2 Sicherheit durch redundante Meßnetze

Aus dem Anspruch einer zeitlich lückenlosen Überwachung und einer schnellen Reaktion im Falle eines Erdbebens ergeben sich ganz besondere Anforderungen an die technische Realisierung. Als Schlagworte sind in diesem Zusammenhang die Betriebssicherheit „rund um die Uhr“ und die Echtzeitdatenverarbeitung zu nennen. Aus Gründen der Betriebssicherheit unterhält der LED drei voneinander unabhängige Meßnetze (Abb. 9). Auf diese Weise ist gewährleistet, daß selbst bei Ausfall eines Einzelsystems eine kontinuierliche Überwachung stattfindet.

Die drei Meßnetze unterscheiden sich im wesentlichen durch die Art des Datentransfers von den Seismometern in die Freiburger Zentrale und die daraus resultierende Aktualität der Daten:

Mit der zeitlich geringsten Verzögerung arbeitet das Telemetrie-System. Es überträgt die am Seismometer registrierten Daten ununterbrochen und online via Richtfunk.

Beim Mars-ISDN-System besitzen die Außenstationen jeweils einen lokalen Speicher, in dem ereignisorientiert Erdbeben Daten zwischengespeichert werden. Der eigentliche Datentransfer findet mittels Telefonverbindung in normalerweise zweistündlichen Abständen statt.

Im PCM-System werden ebenfalls nur ereignisbezogen die Meßdaten auf lokale Magnetbänder geschrieben, die im sechs- bis achtwöchentlichen Turnus gewechselt werden.

Von größter Bedeutung für den routinemäßigen Betrieb des LED sind dabei das Telemetrie- und das Mars-ISDN-System, da nur diese Techniken eine schnelle und automatisierte Auswertung zulassen. Das PCM-Netz dient während des Normalbetriebs im wesentlichen durch seine zusätzlichen Daten der manuellen Nachbearbeitung von Erdbeben in seismisch besonders aktiven Gebieten. Bei einem Totalausfall der Datenzentrale übernimmt es zusätzlich die Aufgabe eines Notsystems.

4.3 Anforderungen an die EDV

Integriert in die IuK-Infrastruktur des LGRB betreibt der LED ein relativ eigenständiges Rechnernetzwerk. Aufgabe dieses Netzwerks ist die automatische Detektion von Erdbeben und deren Archivierung. Ferner bietet es den Seismologen die Arbeitsumgebung sowohl zur manuellen Nachbearbeitung der automatischen Lösungen als auch zur Recherche von Erdbeben Daten beispielsweise für die Verfassung von Bulletins oder die Bearbeitung von Risikokarten oder Gutachten. Von großer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Möglichkeit des weltweiten Datenaustauschs mit anderen Erdbebendiensten via Internet.

Aus der Notwendigkeit des Echtzeit-Processings bei der Datenerfassung ergeben sich auch hinsichtlich der in Frage kommenden Computertechnik besondere Anforderungen. Standardsysteme, wie sie unter anderem in Bereichen der Verwaltung und der

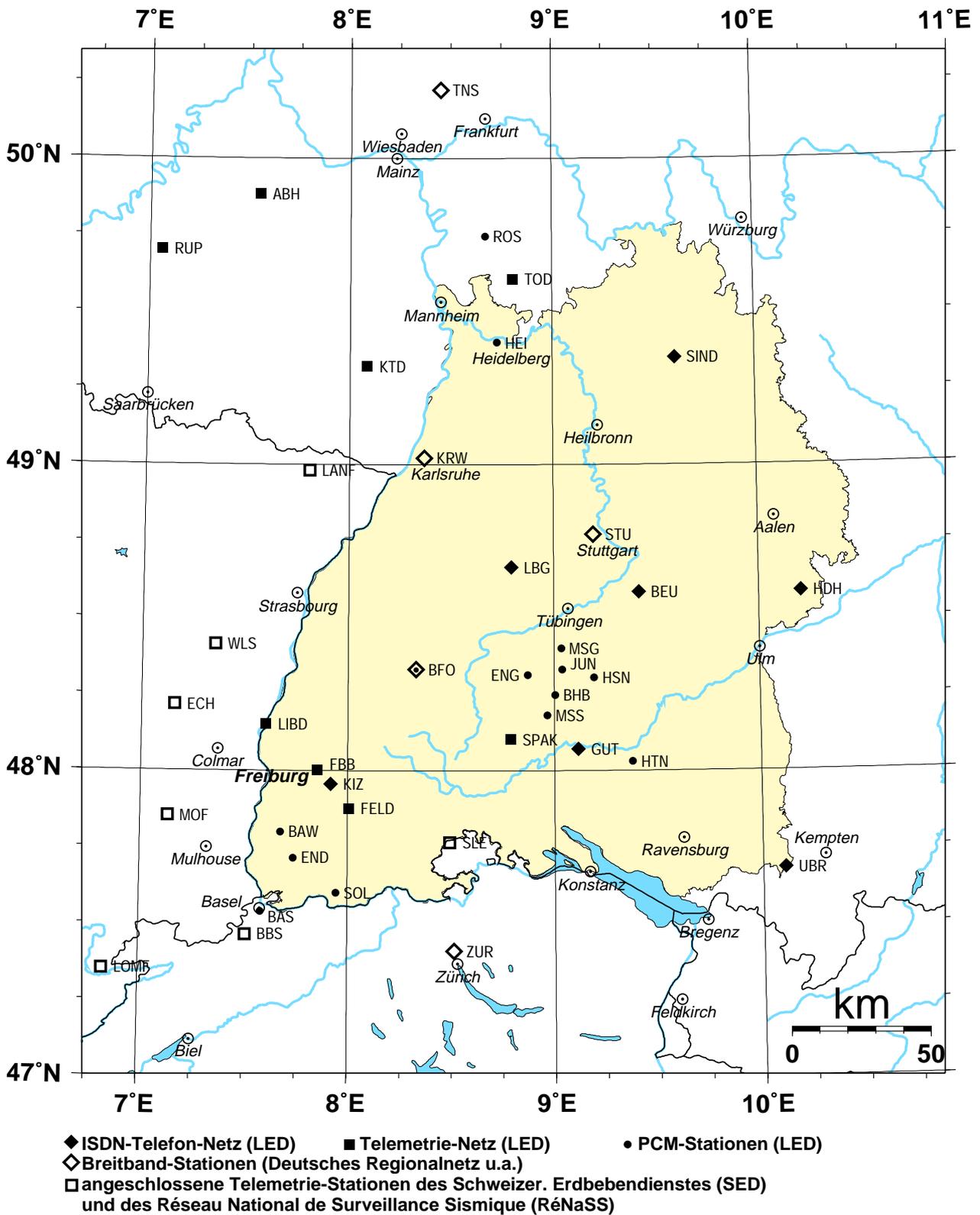


Abb. 9: Karte der Erdbebenmeßstationen des LED

Offline-Datenverarbeitung Verwendung finden, sind für derartige Aufgaben nicht geeignet.

Ein Rechner zur Online-Datenerfassung sollte beispielsweise nicht im Multitaskingmodus betrieben werden. Ist der Datenerfassungsprozeß nur noch einer unter vielen, die auf diesem Rechner ablaufen, kann eine kontinuierliche Datenerfassung nicht mehr gesichert werden. Des weiteren sollte das verwendete Betriebssystem in erster Linie robust sein und für seinen thematisch eingeschränkten Arbeitsbereich zuverlässig funktionieren. Auf komplexe, benutzerfreundliche und zum Teil störanfällige Funktionen, wie Windows-Oberflächen, kann hingegen verzichtet werden. MS-DOS PCs erfüllen diese Anforderungen, weil sie mit relativ geringem Aufwand mit der notwendigen Zusatzhardware (Analog/Digital-Wandler) ausgerüstet werden können.

Gänzlich anders gestaltet sich die Situation hingegen an Arbeitsplatzrechnern und Servern. Diese Rechner werden von verschiedenen Personen im wesentlichen zur manuellen Nachbearbeitung von Erdbeben, aber auch von einigen automatischen Prozessen im Offline-Datenprocessing, eingesetzt. Hier stehen Funktionen wie Benutzerfreundlichkeit, Betriebssicherheit, Leistungs- und Netzwerkfähigkeit im Vordergrund. UNIX-Workstations und -Server bieten insbesondere im Bereich des Multiuser/Multitasking und der Netzwerktechnologie erhebliche Vorteile. Durch eine effektive Verwaltung mehrerer Benutzer auf einem Rechner ist beispielsweise die Möglichkeit eines benutzerbezogenen Dateischutzes gegeben. Insbesondere Systemdateien, die für den Betrieb des Rechners notwendig sind, stehen nur dem Systemadministrator zur Verfügung. Der Normalanwender kann auf diese Weise mit dem Rechner arbeiten, ohne daß die Gefahr besteht, daß er dessen grundsätzlichen Betrieb stört. Entsprechendes gilt für andere komplexe Programmpakete, wie beispielsweise Datenbanksysteme, die ähnlich dem Betriebssystem von geschultem Personal administriert werden müssen, jedoch von einer Vielzahl von Benutzern angewendet werden. Das Betriebssystem UNIX bietet weiterhin standardmäßig mit dem Internetprotokoll verschiedene Netzwerkdienste (Kap. 1).

4.4 Meß- und Warnsystem

4.4.1 Netzwerkarchitektur

Resultierend aus den zuvor angeführten Überlegungen entstand für die Registrierung der Erdbeben in

Baden-Württemberg ein Rechnernetz, bestehend aus SUN-UNIX-Workstations und -Servern, PCs und einigen Spezialrechnern (Abb. 10). Die Topologie dieses Netzes ist nicht – wie bei vielen anderen Netzwerken üblich – mitarbeiterbezogen. Vielmehr orientiert sich die Struktur analog zu Produktionssystemen in der Prozeßtechnik an den Aufgaben. Das Produkt bilden in diesem Fall die ausgewerteten seismischen Daten, und die Anwender verteilen ihre Aktivitäten auf die unterschiedlichen Systeme, je nach Funktion der Anwendung. Zu diesen Anwendern zählen übrigens auch die vielen automatischen Prozesse der Erdbebenüberwachung. Sehr deutlich sind in dieser prozeßorientierten Struktur die drei verschiedenen Meßnetze (Telemetrie, Mars-ISDN und PCM) wiederzuerkennen. Sie bilden drei Einzelsysteme, die im Normalbetrieb ergänzend zusammenarbeiten, jedoch im Störfall als autarke Komponenten betrieben werden können.

4.4.2 Telemetrie

Das Telemetrie-System basiert auf der Datenübertragung via Richtfunk in die Freiburger Zentrale. Dabei wird von den Außenstationen das niederfrequente Meßsignal des Seismometers über Zwischenträger auf HF-Trägerfrequenzen im 420 MHz-Bereich aufmoduliert und kontinuierlich über Richtfunkstrecken in die Freiburger Zentrale gesendet (Abb. 11). Beim Telemetrie-System gelangen die Daten also ohne zeitverzögernde Zwischenpufferung zur Auswertung.

Das System wird auf datentechnischer Seite im wesentlichen durch drei PCs (in der Graphik mit PC1 bis PC3 bezeichnet) repräsentiert. Sowohl die Funkanlagen als auch die Rechner sind mit einer unterbrechungsfreien Stromversorgung ausgestattet und somit über einen Zeitraum von mehreren Stunden unabhängig von externer Stromzufuhr. Neben dem Anschluß an das LED-Netz besitzen die drei PCs jeweils eine zweite Netzwerkkarte, mit deren Hilfe sie eine eigenständige, separate Einheit im Netzwerk des LED bilden. Als Protokoll auf diesem Subnetz wurde ein Produkt gewählt, daß sich durch eine relativ einfache, aber sichere Funktionalität auszeichnet. Mit seiner Hilfe ist es den MS-DOS-Rechnern möglich, die Festplatten der jeweils anderen Rechner direkt via Netzwerk anzusprechen. So können Dateien beispielsweise durch einen simplen Kopierbefehl zwischen zwei Rechnern transferiert werden. PC1 und PC2 sind zusätzlich mit Mehrkanal-Analog-/Digitalwandlern zur Meßwertaufnahme

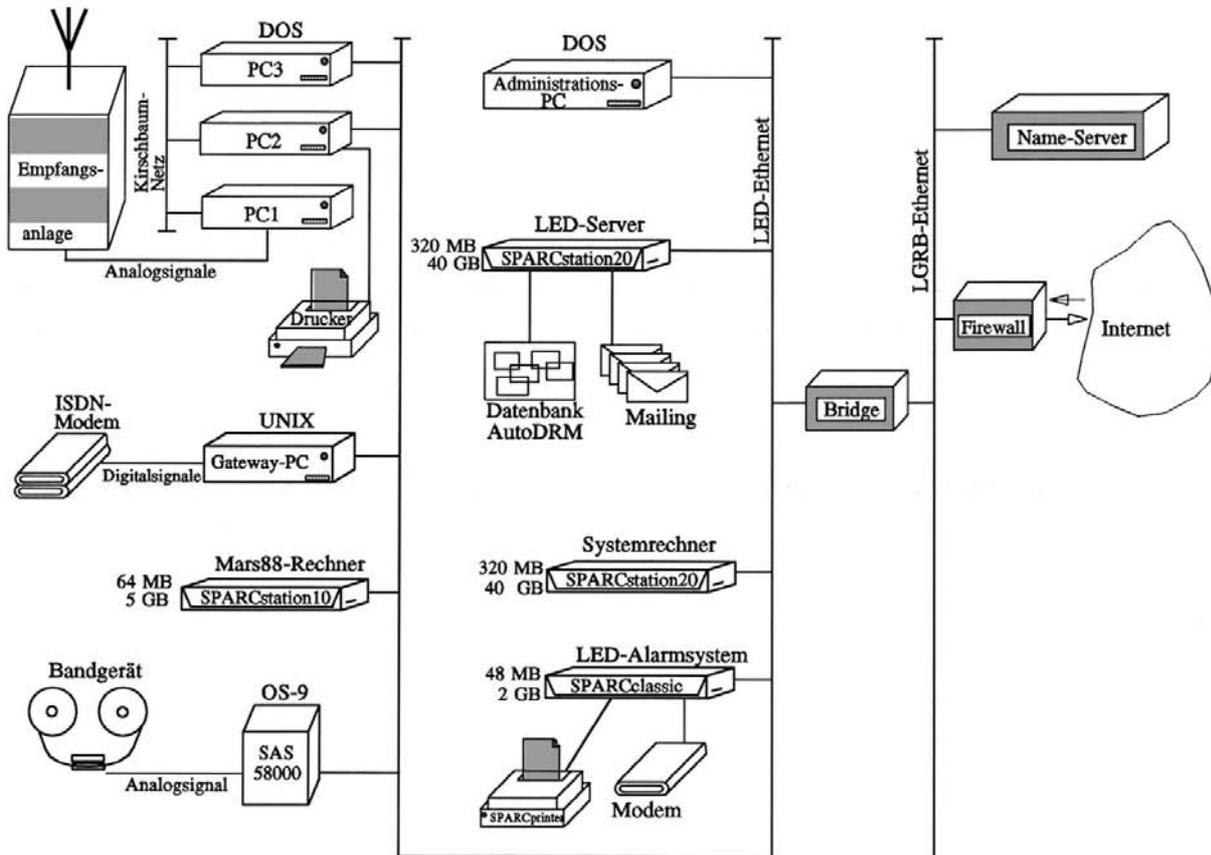


Abb. 10: Rechnernetzwerk des LED



Abb. 11: Einrichtung einer Richtfunkstrecke für die telemetrische Übertragung von Erdbebendaten auf dem Totenkopf, Kaiserstuhl

ausgestattet, wobei jedoch nur jeweils einer dieser Rechner mit den Funkempfangsanlagen verbunden ist. Die zweite Anschlußmöglichkeit ist für den Austausch im Störfall vorgesehen. PC3 dient zur Administration des Telemetrie-Systems. Mit seiner Hilfe können manuelle Auswertungen und Eingriffe am laufenden System durchgeführt werden, ohne das Echtzeitprocessing an den PCs 1 und 2 zu unterbrechen.

Im Normalbetrieb werden die von den Empfangsanlagen demodulierten Signale vom PC1 auf den einzelnen Kanälen kontinuierlich erfaßt, in Intervallen von 90 Sekunden Dauer abgespeichert und mittels Kopierbefehl auf den PC2 übertragen. Dort werden die Daten von einem automatischen Detektionsprogramm analysiert und – falls dieses Programm ein Erdbeben erkennt – weitere Informationen vom Mars-ISDN-System angefordert. Mit dem dann zur Verfügung stehenden Datensatz werden anschließend ebenfalls automatisch die Lokation und die Stärke des Bebens berechnet und an einen zentralen Server zum E-Mail-Versand und zur Datenspeicherung weitergeleitet.

4.4.3 Mars-ISDN

Im Hinblick auf die hohen Kosten einer Telefonstandleitung wird beim Mars-ISDN-System auf eine kontinuierliche Datenübertragung verzichtet. Vielmehr sind hier die Außenstationen mit einem Triggerprogramm ausgestattet, das nur im Falle von Erderschütterungen die signifikanten Daten in einen Zwischenspeicher schreibt. Diese Daten werden dann in zweistündlichen Intervallen oder bei außergewöhnlichem Bedarf, wenn beispielsweise das Telemetrie-System ein Beben detektiert hat, via Telefon-ISDN-Verbindung von einem Rechnertandem in der Zentrale abgefragt. Das Rechnertandem besteht aus einem Gateway-PC und einer Workstation vom Typ SUN SPARCstation 10. Der PC bildet in dieser Paarung für die Workstation lediglich ein relativ komplexes Netzwerkinterface zum direkten Verbindungsaufbau und dem Anfordern der Daten mit Hilfe von Modems oder ISDN-Terminaladaptern. Die Daten selbst werden jedoch nicht noch einmal im PC zwischengespeichert, sondern über einen entsprechenden Netzwerkprozeß zwischen den beiden Rechnern direkt an die Workstation weitergeleitet. Eine derartige Strategie der Anforderung von Daten und der gleichzeitigen Weiterleitung durch einen Netzwerkprozeß erfordert auch auf dem PC ein multitaskingfähiges Betriebssystem, was prinzipiell

einer Echtzeitdatenverarbeitung widerspricht. Da jedoch eine Zwischenpufferung der Daten an den Außenstationen stattfindet und die paketorientierte Offline-Übertragung keine Echtzeitfähigkeit des abrufenden Rechners voraussetzt, konnte im Mars-ISDN-System auch der Gateway-PC mit einem UNIX-Betriebssystem ausgestattet werden.

Die Entscheidung, ob die Meßwerte eines getriggerten Ereignisses einer einzelnen Station Meßwerte eines Bebens oder eines rein lokalen Vorgangs, wie beispielsweise einer Störung am Ort der Meßstation sind, kann natürlich erst in der Zentrale getroffen werden, wo die Daten aller Stationen zusammenlaufen. Diese Aufgabe übernimmt die Workstation. Sie ermittelt mit Hilfe eines Koinzidenztriggerprogramms ebenfalls automatisch, ob innerhalb eines Zeitintervalls mehrere Stationen Erschütterungen detektiert haben und somit ein rein lokales Ereignis ausgeschlossen werden kann. Im Falle einer Anforderung durch das Telemetrie-System werden die entsprechenden Informationen weitergegeben. Die Erdbebendaten werden in einer lokalen Datenbank an der Workstation zwischengespeichert.

4.4.4 PCM

Das PCM-System ist ein typisches Offline-Meßnetz. Die an den Außenstationen auf Magnet-Tonbänder aufgezeichneten Daten werden in der Zentrale von einem Spezialrechner „abgespielt“. Eine solche Abspielung und anschließende Auswertung ist notfalls auch bei anderen Institutionen möglich. Obwohl nicht mehr neuester Stand der Technik, liefert dieses Netz wichtige zusätzliche Informationen, beispielsweise zur nachträglichen genaueren Lokalisierung. Des weiteren wird es genutzt, um besonders aktive Regionen, wie die Schwäbische Alb, mit einem dichteren und unabhängigen Stationsnetz zu versehen. Dort sind auch sogenannte Strong-Motion-Sensoren zur vollständigen Registrierung von Starkbeben angeschlossen.

4.4.5 Zentrale Komponenten

Neben den speziellen Rechnern für die drei Meßnetze beinhaltet das Netzwerk des LED einige wesentliche Komponenten für zentrale Aufgaben. Das Fundament bildet hier der LED-Server. Realisiert in Form eines leistungsstarken Arbeitsgruppenrechners vom Typ SUN SPARCstation 20 mit zwei Prozessoren

ren, 320 MB Hauptspeicher und 40 GB Magnetplattenspeicher, laufen hier die einzelnen Datenströme aus den verschiedenen Meßnetzen in eine zentrale Datenbank zusammen. Weitere Aufgaben des Servers sind, verbunden mit der Datenbank, die Durchführung von Recherchen und Auswertungen, der externe Datenaustausch und der Versand von Alarmmeldungen.

Der Server ist somit nicht nur voll in den Routinebetrieb des LED eingebunden, sondern stellt auch eine seiner wesentlichen Komponenten dar. Um hier ebenfalls einen weitgehend störungsfreien Betrieb zu sichern, werden Neu- und Weiterentwicklungen von Programmen oder Modifikationen am System erst an einem anderen, baugleichen Systemrechner durchgeführt und erst nach erfolgreichem Test auf den Server übertragen. Außerdem steht dieser Systemrechner im Defektfall als Ersatzserver zur Verfügung.

Weitere zentrale Aufgaben, die der Überwachung des Rechnernetzwerks dienen und den Zugang via Telefonmodem für die Wochenendbereitschaft sichern, übernimmt der sogenannte Alarmrechner. Hierbei handelt es sich um ein relativ einfaches System einer SUN SPARCclassic, denn Rechengeschwindigkeit ist für die Bewältigung dieser Aufgaben nicht von Bedeutung. Vielmehr steht hier die Betriebssicherheit im Vordergrund, was durch die Installation eines eigenständigen, nicht von anderen Netzwerkdiensten abhängigen Betriebssystems erreicht wurde.

Die Verbindung des LED-Netzwerks an das weltweite Internet erfolgt über das Netzwerk des LGRB. Damit die LED-interne Datenkommunikation nicht über das Gesamtnetz verbreitet wird, ist diese Ankopplung mittels einer Bridge (Netzwerk-Brücke) realisiert. Auf diese Weise wird die Belastung des Gesamtnetzes enorm reduziert.

4.5 Maßgeschneiderte Software

Die Aufgaben und Anforderungen eines Erdbebedienstes an seine EDV verlangen nicht nur im Hardware-, sondern auch im Softwarebereich spezielle Lösungen. Zwar konnte in den Basisfunktionen, wie Betriebssystemen, Datenbanksystemen sowie einigen seismologischen Anwendungsprogrammen auf Standardsoftware zurückgegriffen werden, die eigentlichen komplexen Betriebsprogramme sind jedoch in wesentlichen Bereichen Eigenentwicklungen.

Im Hinblick auf den enormen Zeit- und Kostenaufwand solcher Softwareprojekte arbeitet der LED auch im Bereich der EDV eng mit anderen Erbebediensten insbesondere in Deutschland und dem benachbarten Ausland zusammen. Diese Zusammenarbeit beginnt schon mit der Auswahl gemeinsamer Basissoftware und erstreckt sich bis zur Konzeption einer Erdbebedatenbank. Einzelne Programmkomponenten und Konzepte werden den Partnern gegenseitig zur Verfügung gestellt. Eine Übernahme von ganzen Programmsystemen ist jedoch in der Regel nicht möglich. Aufgaben, Ausstattung und Arbeitsweise der einzelnen Dienste sind hierzu zu unterschiedlich.

Die Entwicklung einer eigenen Software ist somit ein Schwerpunkt der LED-Tätigkeit. So bildet ein ursprünglich an der BGR entwickeltes Konzept zwar die Basis für die zentrale Datenbank. Eine vollständige Übernahme erwies sich jedoch, mit Ausnahme von einigen Hilfs- und Verwaltungsprogrammen, als nicht sinnvoll. Das überregional ausgerichtete Schema der BGR-Datenbank entspricht nämlich in wesentlichen Bereichen nicht den lokalen/regionalen Anforderungen des LED. Außerdem ist die Weiterentwicklung der Speichertechnik in dem Konzept der BGR noch nicht berücksichtigt. Mit der Verfügbarkeit von Speicherplatten mit einer Kapazität von mehreren Gigabyte konnte im LED die Archivdatenbank, die neben den abgeleiteten Metadaten der registrierten Erdbeben nur Verweise auf die umfangreichen Originaldaten in einem externen Archiv enthält, in ein umfassendes Informationssystem überführt werden, das in vollintegrierter Datenbasis auch die Originaldaten enthält (Abb. 12). Die Vorzüge eines solchen Systems liegen zum einen in dem wesentlich schnelleren Zugriff auf die Datenbasis. Zum anderen bringt es entscheidende Vorteile für die Datensicherheit, denn Daten auf externen Medien, wie Magnetbändern, können auch extern manipuliert bzw. gelöscht werden, während integrierte Daten nur kontrolliert mittels des Datenbanksystems modifiziert werden können. Auf diese Weise wird die Konsistenz der Datenbasis mit Schutzmechanismen des RDBMS sichergestellt.

Eine weitere wichtige Funktion ist neben der Datenverarbeitung der externe Datenaustausch. Hier hat sich mit dem Automatic Data Request Manager (AutoDRM) mittlerweile weltweit ein Programmsystem durchgesetzt, das ursprünglich vom Schweizer Erbebedienst an der ETH Zürich entwickelt wurde. Für überregionale und internationale Datenzentren, wie das „European Mediterranean Seismological Center“ in Paris, wird dieses Programm be-

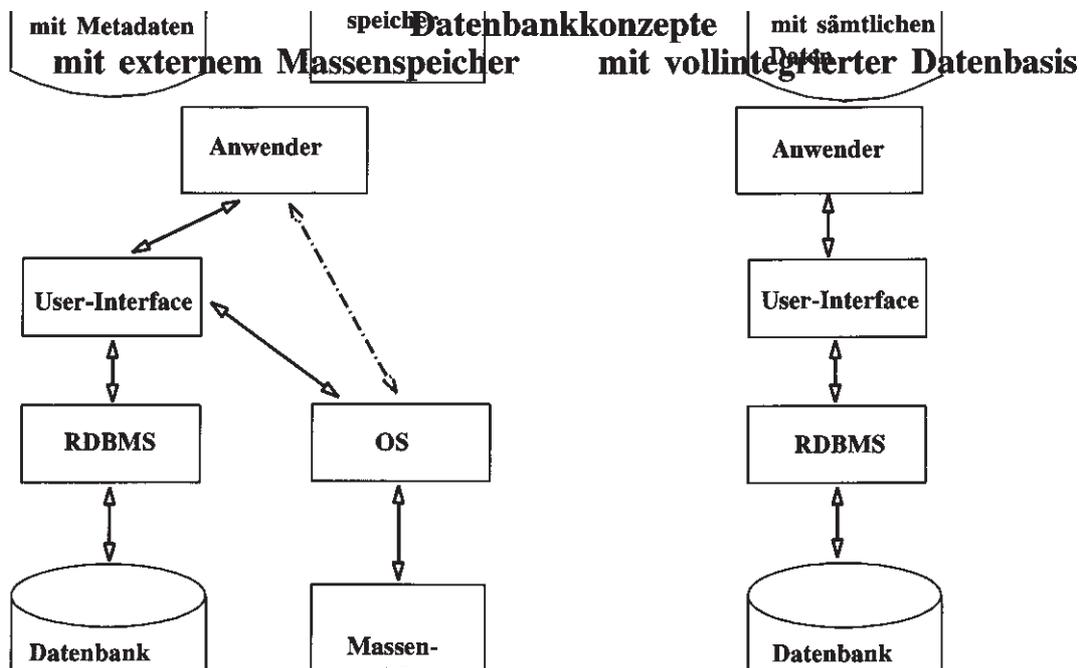


Abb. 12: Datenbankkonzepte des LED

nutzt, um schnell die Daten regionaler Netze abzurufen. Der AutoDRM besitzt den Vorteil, daß externe Datenanfragen ohne Arbeitsbelastung der lokalen Mitarbeiter automatisch beantwortet werden. Zusätzlich sichert er ein hohes Maß an Sicherheit, denn ein direkter Zugriff auf den Server durch den externen Benutzer ist nicht notwendig. Vielmehr werden die Datenabfragen in einer vorgegebenen Syntax wie bei einer Programmiersprache formuliert und via E-Mail an den AutoDRM versandt. Dieser automatische Prozeß bildet dann den eigentlichen Benutzer auf der lokalen Maschine, analysiert die Anfrage und beantwortet sie ebenfalls via E-Mail. Im Falle einer massiven Datenanforderung, wie sie beispielsweise nach einem Starkbeben auftritt, können die Anfragen sequentiell ohne besondere Mehrbelastung und damit ohne Störung des eigenen Systems abgearbeitet werden.

4.6 Vom Erdbeben zur Meldung

Nehmen wir an, ein Erdbeben ereignete sich irgendwo in Baden-Württemberg. Die Chancen, daß dies nachts oder am Wochenende geschieht, d. h. außerhalb der Dienstzeiten, stehen 2 : 1. Das automatische System muß also rd. 2/3 der Überwachungszeit ohne einen Seismologen zurechtkommen. Vom Erdbebenherd breiten sich Erdbebenwellen in alle

Richtungen aus. Mit einer Geschwindigkeit von einigen Kilometern pro Sekunde erreichen diese Wellen die im Land verteilten Meßstationen und werden dort digital als Seismogramme aufgezeichnet. Von den Telemetriestationen werden diese Daten in Echtzeit nach Freiburg gefunkt, an den Mars-ISDN-Stationen lokal in ein RAM mit 4 MB Kapazität abgelegt. Die PCM-Stationen zeichnen die Seismogramme auf Magnetband auf.

Die Funksignale werden in der Freiburger Zentrale von den Erfassungs-PCs nach Analog/Digital-Wandlung in 90-Sekunden-Stücke zusammengefaßt und automatisch analysiert. Als erstes läuft ein sogenannter Detektor über die Daten, der erkennen soll, ob stärkere Signale enthalten sind. Der Detektor erkennt charakteristische Änderungen in der Amplitude und untersucht, ob mehrere (mindestens vier) Stationen innerhalb eines Zeitfensters von 40 Sekunden solche Signale empfangen haben. Entscheidet er positiv, wird sofort das Mars-ISDN-Netz „angestoßen“. Das bedeutet, daß eine eigenentwickelte Software den Mars-ISDN-Server dazu veranlaßt, Daten in einem passenden Zeitfenster bei den Außenstationen anzufordern. Die Stationen werden automatisch angerufen und die entsprechenden Seismogramme aus den lokalen Speichern ausgelesen und nach Freiburg übertragen. Nach zwei bis drei Minuten liegen dann die Daten auf dem Server vor.

Die jetzt folgende Prozedur läuft parallel auf dem Mars-ISDN-Server und dem Telemetry-PC für den jeweiligen Datensatz: das „phase picking“. So heißt die genaue (immer noch automatische) Bestimmung der Einsatzzeiten der Bebenwellen an den einzelnen Stationen. Des weiteren wird aus den Mars-ISDN-Daten die Stärke des Erdbebens aus den Amplituden berechnet. Die ganze Abfolge ist mit intensiver digitaler Datenmanipulation (Filtern, Entzerren, Verstärken usw.) verbunden. Zum Schluß werden die abgeleiteten Informationen auf dem PC zusammengefaßt und das Beben lokalisiert; das ist die Berechnung der genauen Zeit-, Orts- und Stärkeangaben für das Beben.

Ist die Qualität der automatisch erstellten Ergebnisse hoch genug, wird eine Erdbebenmeldung aus den wichtigsten Informationen erstellt und sofort per E-Mail an Adressaten im Internet verschickt. Empfänger dieser Meldungen sind beispielsweise die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover, das Seismologische Zentralobservatorium Gräfenberg (SZGRF) in Erlangen, die Deutsche Task Force Erdbeben am GeoForschungszentrum (GFZ) in Potsdam, der Schweizerische Erdbebendienst (SED), der Österreichische Erdbeben-

dienst (ZAMG) in Wien, das Réseau National de Surveillance Sismique (RéNaSS) und das European-Mediterranean Seismological Center (EMSC). Seit dem Beben sind jetzt ca. zehn Minuten vergangen.

Ein wesentlicher Teil der Software in diesem Ablauf dient der Überwachung auf mögliche Störungen oder Unregelmäßigkeiten im System. Der Ausfall einer Station oder einzelner Komponenten (Funk- oder Telefonübertragungswege, ftp- oder E-Mail-Verbindungen) darf auf keinen Fall zu einem Versagen des automatischen Überwachungssystems führen. Die Software muß auf Ausnahmefälle flexibel reagieren können, damit die Redundanz der Hardware auch ausgeschöpft werden kann.

Bei stärkeren Beben, insbesondere wenn diese Gebäudeschäden verursacht haben, tritt im weiteren Verlauf der Computer etwas in den Hintergrund. Die Daten müssen vom Seismologen „manuell“ (trotzdem computerunterstützt) nachbearbeitet werden, um höchste Genauigkeit und Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Die Erdbebenmeldung/Schadensmeldung wird dann umgehend per Fax an Ministerien, Polizei, Katastrophenschutz und die Medien herausgegeben (Abb. 13).

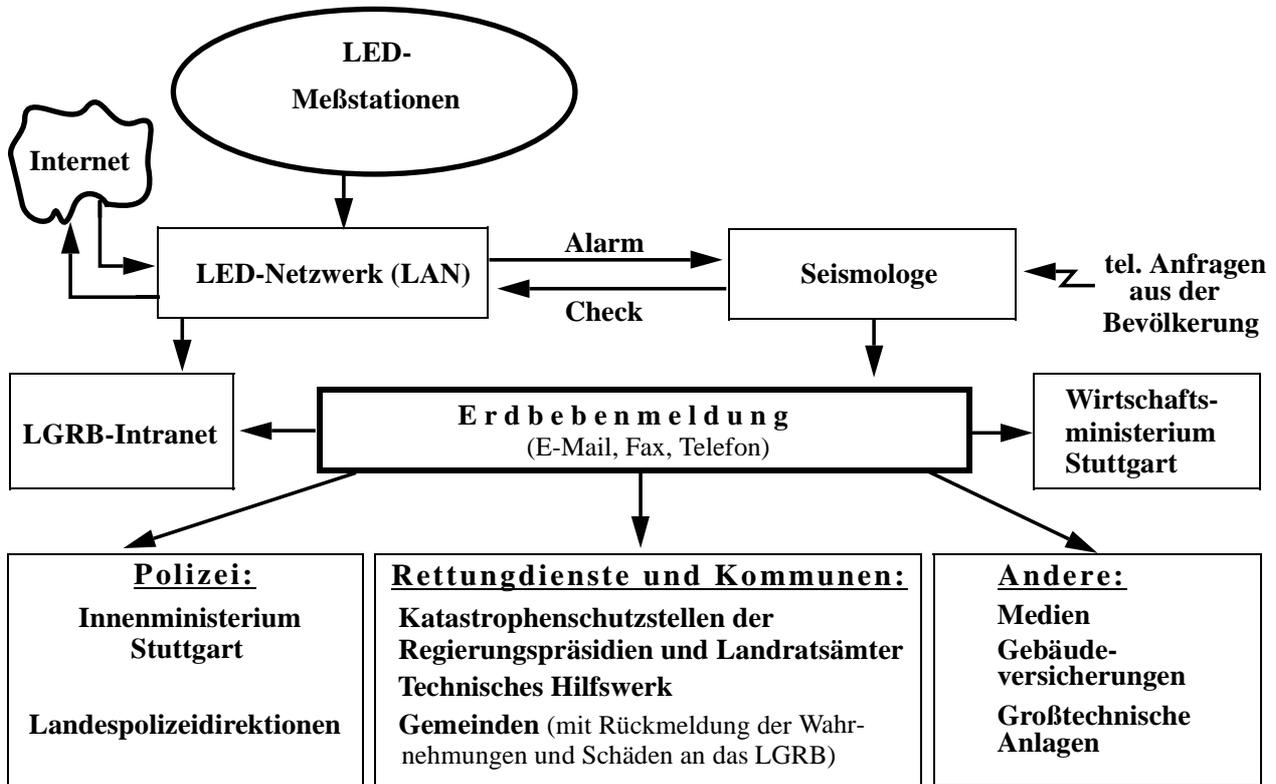


Abb. 13: Erdbebenmeldeschema des LED