

Frühwarnsysteme

# DEWS – Distant Early Warning System

Ein internationales Frühwarnsystem für geologische Katastrophen

Andreas Nikolaus Küppers, Martin Hammitzsch, Rainer Häner, Matthias Lendholt, Joachim Wächter  
Deutsches GeoForschungszentrum GFZ, Potsdam

*Through taking over the role of Technical Coordinator in a world-spanning consortium with 20 partners including industrial enterprises, research institutions, universities, national disaster prevention institutions and warning service providers, the GFZ reacted to the call of the European Commission to develop a new generation of early warning systems for geological hazards, the Distant Early Warning System DEWS. Making use of funds from the 6th Framework Programme, a series of prototypes of a new generation tsunami warning system was developed, based on the experiences of the German-Indonesian Tsunami Early Warning System GITEWS/INATEWS. The development was focused on sensor integration, system interoperability, application of open standards in the development of the architecture and software, and multilingual-multicultural approaches for communication and dissemination of warning products, thus paving the way for world-wide warning in geological disaster prevention.*



## Frühwarnsysteme der Zukunft

Spätestens seit der Early Warning Conference for Natural Disaster Reduction in Potsdam (EWC 98), die von der UN initiiert wurde und Frühwarn-Experten aus aller Welt auf dem Potsdamer Telegraphenberg zusammenführte, trat das Deutsche GeoForschungszentrum GFZ mit seiner Expertise zur Entwicklung und zum Bau von Systemen oder Systemkomponenten zur Frühwarnung hervor, insbesondere im Bereich geologischer Ereignisse. Die langjährige Observation, das Monitoring, die Analyse und die Modellierung der großen Potentialfelder unseres Planeten, besonders aber die operative Anwendung der globalen Seismologie in weltweiten Netzen schufen hierfür die Grundlage. Anforderungen an international wirksame Frühwarnsysteme der Zukunft für geologische Schadensereignisse beinhalten gleichermaßen eine verlässliche Ereignisdetektion, Lagebeurteilung und Entscheidungsunterstützung wie eine effiziente Komposition und Dissemination von Warnmeldungen. Ein weiteres wesentliches Merkmal ist die flexible Erweiterbarkeit des Systems für neue, hochwertige Beobachtungsdaten. Durch die Anbindung geeigneter Kommunikationskanäle soll eine besonders effiziente Verbreitung von Warnmeldungen erreicht werden. Bei der Konzeption von zukünftigen Frühwarnsystemen sind einerseits offene Standards zu berücksichtigen, andererseits die zahlreichen Idiome und Kommunikationsstrukturen oder -strategien in den Zielländern bzw. Zielregionen. Nicht zuletzt gilt es, die durch den lokalen oder regionalen kulturellen Kontext bestimmten Reaktionen der Menschen auf Warnungen in die Überlegungen und Planungen einzubeziehen. Ausgehend von den Erfahrungen des Sumatra-Erdbebens und des nachfolgenden Tsunami vom 26.12.2004 veröffentlichte die Europäische Kommission 2006 im 6. Forschungsrahmenprogramm eine Aufforderung zur Einreichung von Vorschlägen für die Errichtung eines multinationalen Frühwarnsystems für Tsunami. Bedingt durch das seinerzeit bereits anlaufende Projekt zum Aufbau eines Frühwarnsystems im Indischen Ozean mit Schwerpunkt in Indonesien (GITEWS, siehe auch Lauterjung et al. in diesem Heft) lag es nahe, auf die dort bereits aufgebauten Sensor- und Modellierungsinfrastrukturen aufzubauen.

Das Wort Tsunami stammt aus dem Japanischen des 17. Jahrhunderts und beinhaltet die chinesischen Zeichen für Hafen und Welle. Das Japanische bildet für Substantive keine Pluralformen und flektiert nicht. Daher muß die Pluralform von Tsunami richtig Tsunami lauten. Siehe hierzu auch Cartwright & Nakamura (2008), DOI: 10.1098/rsnr.2007.0038, die das Problem abschließend behandelt haben.



**Kontakt:** Andreas N. Küppers  
(kueppers@gfz-potsdam.de)

## Ziele des Projekts DEWS

Mit dem Projekt Distant Early Warning System (DEWS) sollte ein leistungsfähiger Werkzeugkasten (Framework) aus aufeinander abgestimmten Software-Komponenten entwickelt werden, mit dem eine neue Generation von Frühwarnsystemen einfacher entworfen und kostengünstiger verwirklicht werden kann.

Ein wichtiger Aspekt ist die effiziente Steuerung und flexible Gestaltung der Informationsflüsse in einem Warnsystem (Informationslogistik). Ereignisse werden von Sensorsystemen registriert und in das Warnzentrum geleitet. Dort wird über die Notwendigkeit einer Warnung entschieden, die dann vom Warnzentrum über verschiedene Kanäle an verantwortliche Behörden und die Bevölkerung gesandt wird. Sensormessungen werden gefiltert und aufbereitet, in Kontextinformationen eingebettet und für verschiedene Zielgruppen angepasst über existierende Nachrichtenkanäle versandt.

Neuerungen von DEWS, die aufbauend auf und ergänzend zu GITEWS entwickelt wurden, beinhalten den Entwurf eines Bauplans (Referenzarchitektur) für Warnsysteme, ein innovatives Konzept für die Gestaltung von Informationsflüssen sowie eine Multikanal-Verteilung von Warnungen (Multichannel Distribution) auch in Regionen, die durch eine große Vielfalt von Sprachen gekennzeichnet sind.

Ein wichtiger Aspekt für die Gestaltung des Bauplans und der Bausteine des Frameworks ist die Verwendbarkeit des Systems für die Entwicklung unterschiedlicher Typen von Frühwarnsystemen, je nach örtlicher Gefährdung. So ist auch die Integration z. B. meteorologischer Sensoren möglich und beabsichtigt. Aufgrund des skalierbaren Aufwands für die Implementierung des Systems eignet sich das DEWS-Framework sehr gut für die Realisierung von Warnsystemen in Entwicklungs- und Schwellenländern mit unterschiedlichen Aufgabenstellungen.

Charakteristisches Merkmal beim Entwurf der DEWS-Architektur ist die konsequente Fundierung auf offene Standards. Der Nutzen dieser Offenheit liegt auf der Hand: Bei komplexen Systemen sind Innovationen auch im Bereich einzelner Komponenten oder Subsysteme jederzeit möglich. Für lebenserhaltende oder lebensrettende Systeme wird diese Anforderung angesichts beschleunigter Innovationszyklen in Wissenschaft und Technologie zwingend.

Für die Informationslogistik und die Steuerung der Informationsflüsse im und um das Warnzentrum stehen bei DEWS die verlässliche Unterstützung der Lagebeurteilung sowie der gesamte Bereich der Meldungserstellung und Warnungsdissemination im Vordergrund. Der Schlüssel zum Erfolg liegt in der inhaltlichen und formalen Aufbereitung von Inhalten auf die spezifischen Zielgruppen und ihre Informationsbedürfnisse, insbesondere in den Regierungsorganisationen und den mit dem Katastrophenschutz jeweils befassten Körperschaften.



Die Leitstelle der Japan Meteorological Agency (JMA) in Tokyo erhält aus Tausenden von Sensoren und Sensorsystemen Daten zu Erdbeben, Vulkanaktivitäten, Tsunami, Überschwemmungen, Stürmen, Aschewolken und torrentiellen Niederschlagsereignissen, die in kürzester Zeit und zielgenau in Warnmeldungen umgesetzt und den unterschiedlichen Zielgruppen zugeleitet werden müssen. Warnsysteme der Zukunft werden vermutlich eine größere Zahl dieser Funktionen zusammenfassen und integrieren.

*The Command- and Control Room of the Japan Meteorological Agency (JMA) in Tokyo receives data from thousands of sensors and sensor systems. The information covers events like earthquakes, volcanic activities, tsunami, flood, storms, ash clouds, and torrential precipitation. Warning messages have to be generated and delivered as fast as possible and directed to the different target groups in the affected areas. Future warning systems will probably show a higher degree of functional integration.*

Die Entwicklung einer geeigneten Informations-Logistik hat beim Design und bei der Optimierung der Prozesse besondere Priorität.

Die Entwicklung der Informationslogistik erfolgt in zwei Schritten, deren Ergebnisse jeweils als prototypische Systeme vorgestellt und demonstriert wurden. Im ersten Schritt,

einer exemplarischen Demonstration für ein Nationales Warnzentrum, standen die schnelle Generierung von Warnmeldungen und deren gezielte Verteilung über vielfältige Medienkanäle im Vordergrund. Der zweite Schritt sollte exemplarisch die Leistungsfähigkeit des DEWS-Frameworks in der Funktion eines überregionalen Warnzentrums darstellen. Dieser Typ von Warnzentrum hat die Funktion einer Informationsdrehscheibe, über die verschiedene, unabhängige Warnzentren miteinander kommunizieren. Für die beiden Demonstratoren wurden hypothetische Tsunami-Szenarien im Indischen Ozean ausgewählt.

### Das DEWS-Konsortium

Nachdem die Initiative für den Beginn des Projekts vom GFZ und der schwedischen Firma SAAB AB ausgegangen war, fanden sich zur Projektdurchführung unter der Gesamtkoordination des multinationalen Softwarekonzerns ATOS Origin SA insgesamt 20 Partner aus 11 Nationen zusammen, wobei das GFZ die technische Koordination übernahm. Lag der Schwerpunkt der Softwareentwicklung eindeutig in Europa, getragen durch verschiedene Software-Unternehmen, das kommerzielle Warnunternehmen Citizen Alert BV sowie die Technische Universität Helsinki (jetzt: Aalto University), so wurden in den drei Zielstaaten Indonesien, Sri Lanka und Thailand unter den Partnern funktionelle Gruppen gebildet. Zu diesen gehören jeweils ein Betreiber von Sensorsystemen, eine staatlicherseits

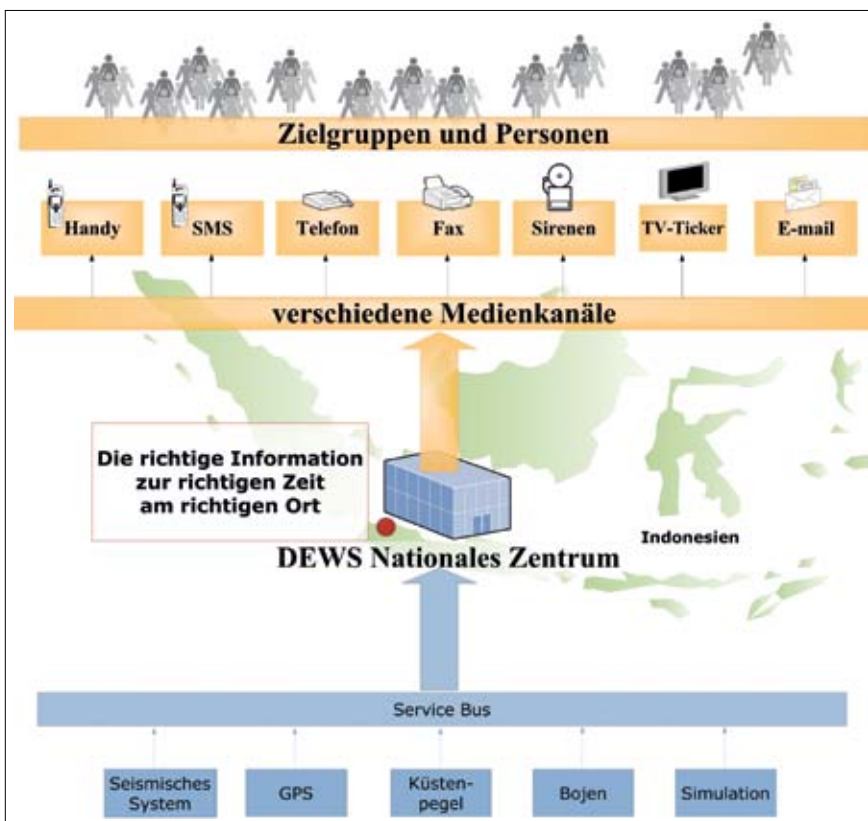


Abb. 1: Nationales Zentrum von DEWS im Überblick

Fig. 1: DEWS National Centre overview

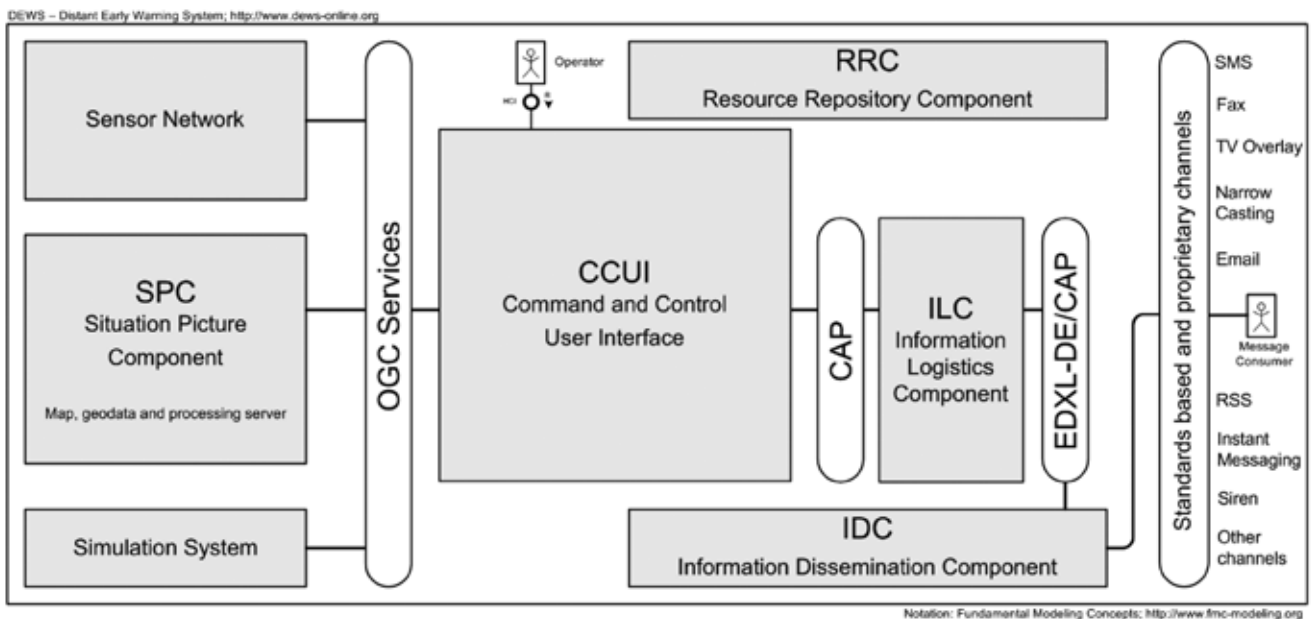


Abb. 2: Vereinfachte schematische Darstellung der Architektur von DEWS mit den wichtigsten Systemkomponenten

Fig. 2: Simplified architecture with major components

und hoheitlich mit Katastrophenwarnung betraute Behörde sowie Universitäten. Die Sensorbetreiber gewährleisten den Zugang zu Real Time-Daten, während die Warnbehörden die Möglichkeiten zur Installation von Test- und Referenzsystemen gewähren. In den Händen der Universitäten werden schrittweise die langfristige Entwicklung der Gesamtsysteme, die Projektkommunikation sowie schließlich die Sicherung und Weiterentwicklung der jeweiligen nationalen Warnprozesse liegen.

Als Referenzpartner mit starkem Erfahrungshintergrund fungieren aus Japan das National Institute for Earth Sciences and Disaster Prevention (NIED), seit vielen Jahren weltweit führend auf dem Feld der Frühwarnsysteme, sowie GNS als nationaler Geologischer Dienst von Neuseeland.

## Die Architektur

Bei Forschungs- und Entwicklungsprojekten für komplexe Software-Systeme kommt dem Bauplan bzw. der Architektur eine besondere Bedeutung zu. DEWS wurde als modulares System entworfen und ist aus mehreren Komponenten aufgebaut. Der verwendete, übergeordnete Bauplan des Systems folgt den Prinzipien der serviceorientierten Architektur (SOA). Die vom Open Geospatial Consortium OGC veröffentlichten Standards und Anleitungen, aber auch die von der Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS) veröffentlichten Konzepte zur Struktur von Warnmeldungen (Common Alerting Protocol, CAP) und EDXL-DE (Emergency Data Exchange Language-Distribution Element) bildeten wichtige Grundlagen (Abb. 2).

Die prinzipielle Funktion eines Frühwarnsystems liegt darin, ein Gebiet und relevante natürliche Phänomene, z. B. das Auftreten von Erdbeben oder Veränderungen des Meeresspiegels, mittels Sensoren systematisch und ununterbrochen zu beobachten. Wenn ein Erdbebenereignis auftritt, geht es darum, möglichst schnell die Entstehung eines Tsunami zu überprüfen. Dazu werden Prognosen über die Ausbreitung des Tsunami mit realen Messungen von Sensoren verglichen. Bestätigt sich ein Verdacht auf Tsunami, werden so schnell wie möglich Auswirkungen auf bestimmte Küstenareale anhand prognostischer Modelle ermittelt und dann als fokussierte Warnmeldungen formuliert, die unmittelbar auf die Bedürfnisse der zu verständigenden Personen und Organisationen abgestimmt sind und ohne Verzögerung zum Versand gelangen. Mit Hilfe von Profilen, die für jede Zielgruppe und nutzerspezifisch bestimmt wurden, können diese Meldungen sehr effizient zusammengestellt, in relevante Kontextinformationen eingebettet und mit der notwendigen Geschwindigkeit zugestellt werden. Notwendige Voraussetzung dafür ist, dass bereits im Vorfeld und mit höchster Aktualität die notwendigen Informationen strukturiert erfasst sowie Kanäle und Medien genau festgelegt werden.

In einem Warnsystem werden zwei Richtungen und Arten von Informationsflüssen unterschieden (Abb. 3). Die empfangenen Beobachtungsdaten, der Upstream, werden von den Sensoren ausgehend in das Warnzentrum transportiert und bilden dort die Grundlage für Entscheidungen. Der zweite Informationsfluss, der Downstream, verläuft aus dem Warnzentrum zu den verschiedenen Adressaten von Warninformationen (siehe Abb. 1) und sichert so die zeitnahe Unterrichtung der Bevölkerung.

Im DEWS sind mehrere Komponenten für den **Upstream-Informationsfluss** verantwortlich:

- **Das Sensor-Netzwerk** besteht im Beispielfall aus seismischen Systemen, Pegelstationen, Bojen, GPS-Stationen und weiteren Sensortypen, die jeweils als unabhängige Komponenten behandelt werden können; dieser Teil inklusive der entsprechenden spezifischen Analysesoftware wurde von GITEWS bereitgestellt.
- **Die Situation Picture Component (SPC)** übernimmt das Management von Karten, Geodaten und Geo-Prozessdiensten.
- **Das Simulationssystem** liefert Informationen über die mögliche Ausbreitung einer Tsunami-Welle nach einem Erdbebenereignis; hier wurde das im Rahmen von GITEWS entwickelte Simulationssystem für das Demonstrationsgebiet Indischer Ozean herangezogen. Die notwendigen Szenariodaten wurden vom Alfred Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) geliefert.

**Die Downstream-Informationsflüsse** werden von drei Komponenten übernommen:

- **Die Information Logistic Component (ILC)** ist in der Lage, aus vorliegenden Anforderungen angepasste, speziell auf die Zielgruppe zugeschnittene Nachrichten zusammenzustellen. Da die Elemente dieser Nachrichten auf Basis und entsprechend den Regeln des CAP exakt definiert und in zahlreiche Sprachen und Schriftsysteme übertragen wurden, ist DEWS in der Lage, Warnfunktionen auch in einem multilingualen Raum effizient auszuüben. Die Komponente ist darüber hinaus dafür verantwortlich, Nachrichten auf die Einspeisung und Verteilung über unterschiedliche Kanäle vorzubereiten. CAP-strukturierte Meldungen werden dazu zusätzlich in EDXL-DE einbettet.

- **Die Information Dissemination Component (IDC)** sorgt dafür, dass Meldungen an die eigentlichen Disseminationskanäle, unter anderem z. B. SMS, Fax oder E-Mails in der geeigneten Form übergeben werden. Als Adressaten von Informationen können im Rahmen der Funktion als Wide Area Centre darüber hinaus auch andere nationale sowie zusätzlich internationale Warnzentren bedient werden.

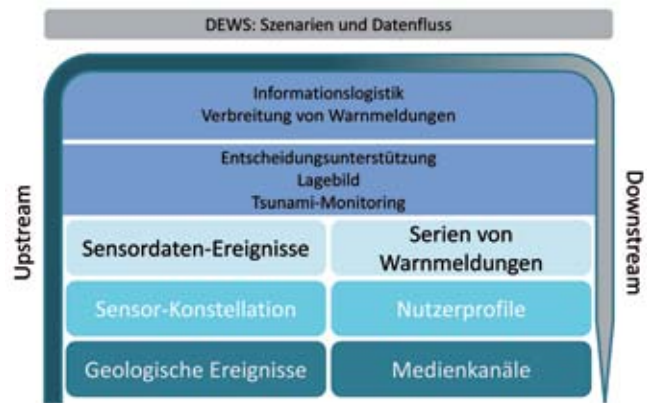


Abb. 3: DEWS enthält den Kern einkommender (Upstream) und ausgehender (Downstream) Informationsflüsse

Fig. 3: Combining upstream and downstream information flow

Die Kontrolle und Steuerung der Informationsflüsse im System erfolgt über spezifische Bedienungsfunktionen, die durch das Command and Control User Interface (CCUI) den verantwortlichen Betreuern oder Operatoren zur Bedienung des Systems angeboten werden. Dieses Gehirn des Systems ermöglicht es dem Operator, mittels verschiedener Schnittstellen, die als Perspektiven bezeichnet werden, eingehende, verarbeitete Daten zu visualisieren und zu bewerten (Abb. 4). Aufbauend auf diesen Grundlagen kann die Warnung der betroffenen Gebiete in präzise fokussierter Form initiiert und kontrolliert werden (Beispiele in Abb. 5 bis 12).



Abb. 4: Die unterschiedlichen Schnittstellen bzw. Perspektiven ermöglichen dem Operator einen raschen Überblick und schnelle Entscheidungen.

Fig. 4: User Interface perspectives supporting the operator in monitoring and decision making.

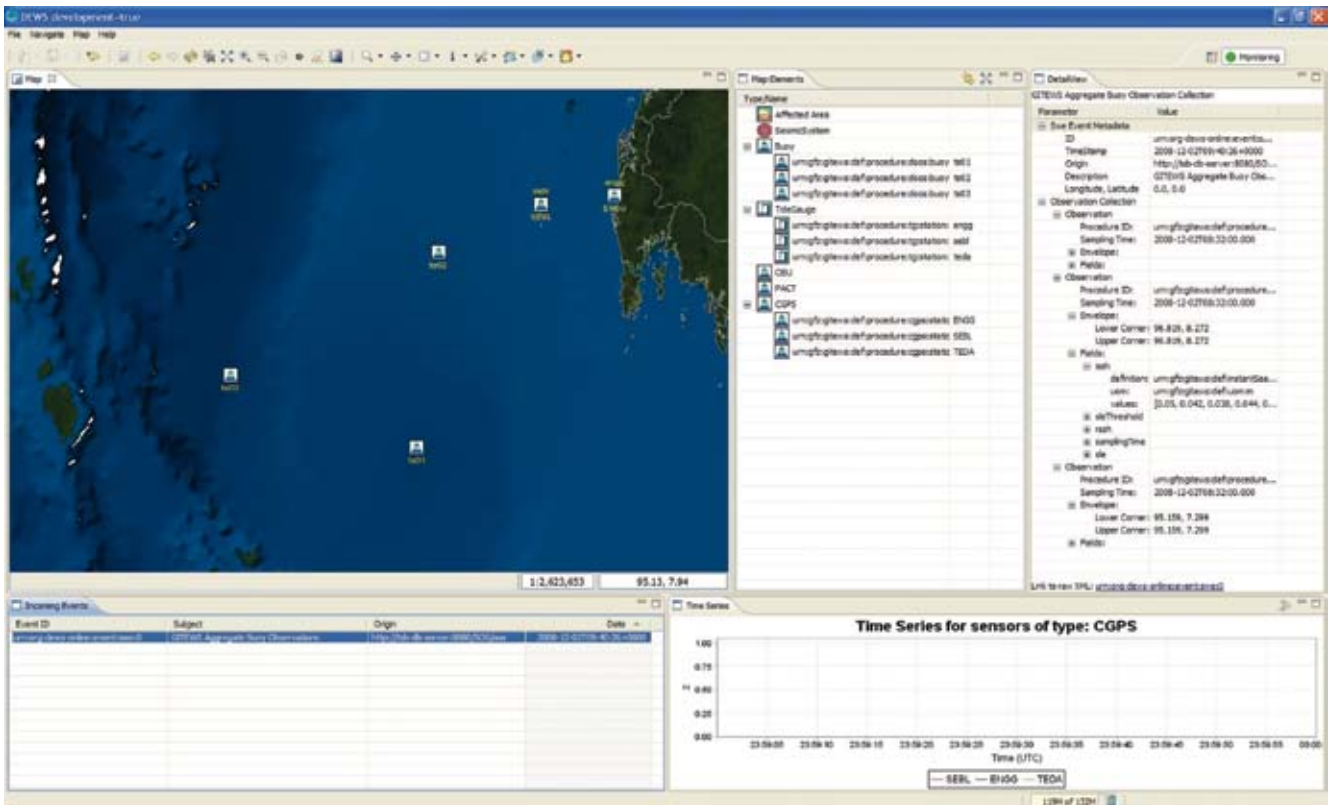


Abb. 5: Die Monitoring-Perspektive zeigt die Lage und den Zustand der Sensoren.

Fig. 5: Monitoring Perspective with sensor locations

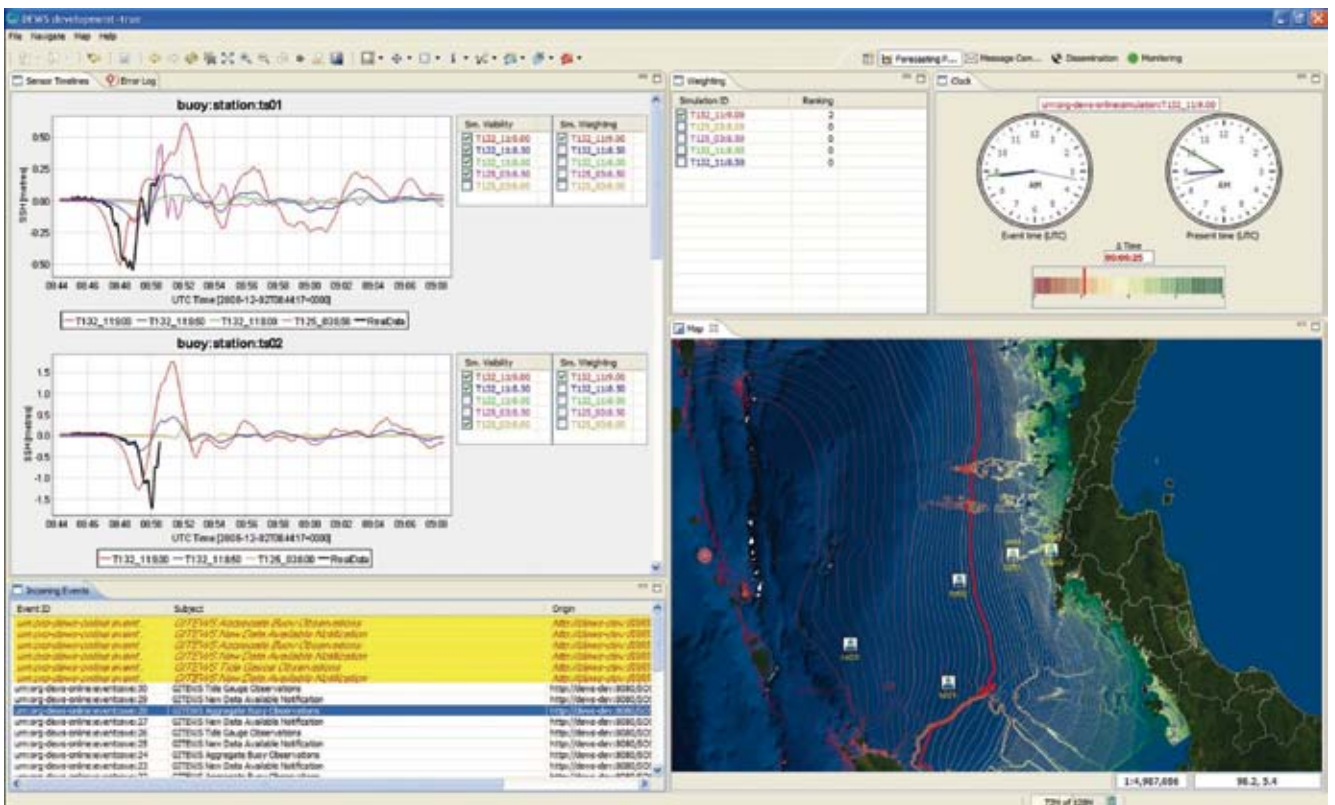


Abb. 6: Auf der Basis von Sensordaten und Simulationen ist eine Vorhersage des Tsunami möglich (Prognose-Perspektive).

Fig. 6: Forecasting Perspective showing simulation based forecasts

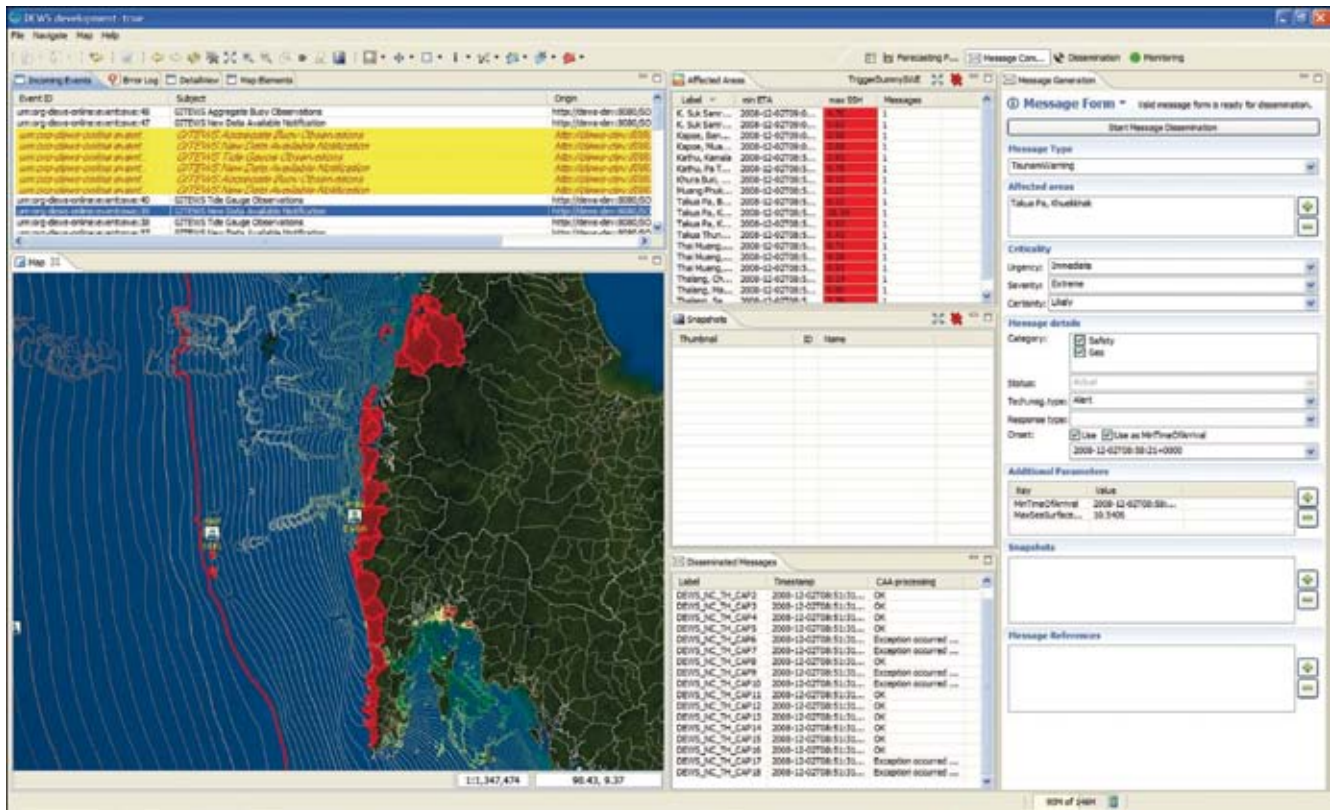


Abb. 7: Die Erzeugung der Warnmeldungen erfolgt aus der dafür vorgesehenen Schnittstelle, der Kompositions-Perspektive für Nachrichten.

Fig. 7: Message Composition Perspective with Message Generation Form

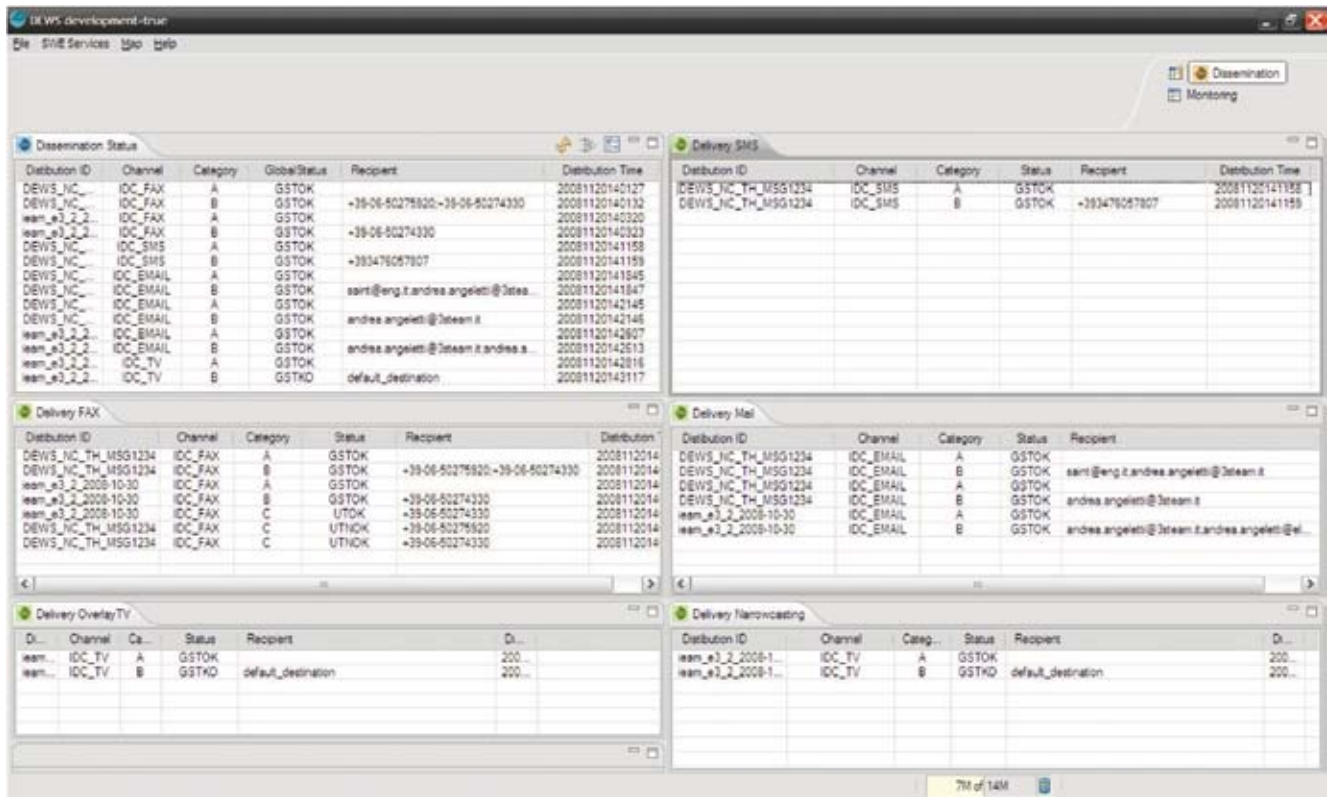


Abb. 8: Abschließend erlaubt das System eine genaue Kontrolle über die Zustellung der Warnmeldungen auf den unterschiedlichen Kanälen.

Fig. 8: Dissemination Perspective with dissemination feedback



Abb. 9: Warnmeldung per SMS auf einem Mobiltelefon in englischer Sprache

Fig. 9: Received SMS on mobile phone



Abb. 10: TV-Ticker-Meldung in einer Unterhaltungssendung (links) und lokales TV (rechts) mit Tsunami-Warnungen

Fig. 10: TV Overlay (left) and Narrowcasting (right) with tsunami warning message

## Implementation, Training und Ausbildung

Für die DEWS-Aktivitäten in den Bereichen Implementation, Training sowie Ausbildung war das GFZ verantwortlich. Beim Aufbau von Konzepten für Training und Ausbildung für die Teilnehmerstaaten sind, abgesehen von der notwendigen Rücksichtnahme auf die jeweiligen landesspezifischen Besonderheiten, zahlreiche weitere Aspekte zu beachten, die mit Blick auf die Langzeitwirkung signifikant über das Projektende hinaus in Erwägung gezogen werden müssen. Die gängige internationale Praxis bei der Errichtung von Frühwarnsystemen geht grundsätzlich vom Prinzip der Subsidiarität aus. Demzufolge müssen bei hoheitlichen Aufgaben zuerst untergeordnete, lokale Glieder wie Städte oder Gemeinden für die Lösung und Umsetzung zuständig sein, während übergeordnete Glieder zurückzutreten haben. Zwischenstaatliche Beziehungen werden in der Regel auf dem Weg des Meinungs- und Informationsaustauschs sowie gemeinsamer Regeln des Datenaustauschs (Data Policies) gepflegt bzw. geregelt. Im Fall von Tsunami bietet die Intergovernmental Oceanic Commission (IOC) der UNESCO assoziiert an das UN-System hierfür eine gängige Plattform. Einheitliche Vorgehensweisen für unterschiedliche Staaten im Bereich des Indischen Ozeans lassen sich aus politischen, sprachlichen und kulturellen Gründen nicht konzipieren. Da aufgrund der tiefen Eingriffe in die Rechte von Individuen und Gruppen ein besonders hohes Maß an Verantwortung auf den jeweiligen Exekutiven der betroffenen Gebiete lastet, entschied sich das DEWS-Konsortium in der Konsequenz dafür, die Disseminationskanäle technisch zur Verfügung zu stellen, die Gestaltung der Inhalte und Prozeduren den zuständigen Regional- und Gebietskörperschaften zu überlassen. Dementsprechend wurden auch die Trainings- und Ausbildungsaktivitäten so gestaltet, dass das Prinzip „Train the Trainers“ im Vordergrund stand. Im Rahmen von DEWS wurden zunächst Trainingsmaßnahmen für die Realisierung der Demonstratoren bzw. Prototypen mit dem technischen und wissenschaftlichen Personal der beteiligten Behörden durchgeführt; zusätzlich wurden auf der Basis des Learning Management Systems Moodle e-learning- und blended learning-Komponenten für die spätere Verwendung in den Teilnehmerstaaten erstellt. Sämtliche Maßnahmen wurden am GeoLab des GFZ entwickelt und durchgeführt. Die Kursmaterialien stehen in der Knowledge Base des GeoLab den Projektteilnehmern für die Verwendung und Weiterentwicklung zur Verfügung.





Abb. 11: E-Mail mit DEWS-Tsunami-Warnung in Bahasa Indonesia und eingebauter Kartendarstellung

Fig. 11: Received e-mail with DEWS-Tsunami Warning message and attached screenshot



Abb. 12: Durch die Verwendung von Unicode werden zahlreiche unterschiedliche Schriftsysteme unterstützt: Beispiel einer DEWS-Warmeldung in thailändischer Sprache

Fig. 12: Using Unicode supports DEWS warning messages in local languages like Thai and Tamil

## Neues Berufsbild: Frühwarn-Ingenieur

Frühwarnsysteme werden üblicherweise staatlicherseits errichtet und liegen daher in den Händen der in den Staaten jeweils an der Regierung befindlichen Gruppen. Geänderte politische Verhältnisse jedoch bedingen regelmäßig Verschiebungen in der Interessenlage und den Schwerpunkten der Aktivitäten, so dass anlässlich einer politischen Veränderung der gesamte Frühwarnprozess rasch zum Erliegen kommen kann. Die Geschichte der internationalen technischen Zusammenarbeit ist reich an derartigen Beispielen. Daher ist die Verankerung wichtiger Rollen in der Frühwarnung an den Universitäten der Zielländer, die in der Regel als sehr beständige Institutionen hervortreten, von besonderer Bedeutung.

Gleichzeitig erwächst aus der hohen Komplexität der Systeme die Notwendigkeit, einer drohenden Fragmentierung und Sektorisierung des Wissens entgegenzuwirken. Expertenwissen auf dem Gebiet der Tsunami-Frühwarnung ist in kongruenter Form gleichzeitig bei einer großen Zahl von Disziplinen gefordert, von der Geologie und Geodynamik über die Ozeanographie und die Hydrodynamik, die Geophysik und die Geodäsie mit ihren Sensorsystemen, die Modellierung, die gesamte Bandbreite der Telekommunikation sowie die Technologie der Command and Control-Systeme. Hinzu kommen weite Bereiche der öffentlichen Administration mit ihrer spezifischen organisatorischen Expertise und der planerischen Kompetenz, der (Krisen-)Kommunikation sowie der Jurisprudenz. Alle genannten Felder werden durch Instrumente der Informations- und Kommunikationstechnologie verbunden und sowohl strukturell als auch funktionell integriert. Um einem solch breiten und anspruchsvollen Profil Rechnung zu tragen und den notwendigen Überblick zu gewährleisten, wurde im Rahmen von DEWS das Berufsbild des Frühwarn-Ingenieurs (Early Warning Engineer) entworfen. In enger Kooperation mit den beteiligten Universitäten entstand ein Curriculumsentwurf für einen Masters-Studiengang, der in internationaler Kooperation schrittweise implementiert wird. Der auf diese Weise entstehende neue Berufsstand soll im internationalen Raum dazu beitragen, die Anstrengungen der einzelnen Staaten zum Aufbau von Frühwarnsystemen zum Schutz der Menschen zu tragen und nicht zum Erliegen kommen zu lassen.

### Weitere Informationen:

<http://www.dews-online.org/>

## Weiterführende Literatur

- Hammitzsch, M., Lendholt, M., Schroeder, M., Wächter, J. (2009):  
Erweiterte Informationslogistik im Katastrophenmanagement des  
Projektes Distant Early Warning System (DEWS) – In: Strobl, J. (Ed.),  
Angewandte Geoinformatik 2009: Beiträge zum 21. AGIT-Symposium  
Salzburg, Wichmann, 722-727
- Rudloff, A., Lauterjung, J., Münch, U., Tinti, S. (2009): The GITEWS Project  
(German-Indonesian Tsunami Early Warning System). *Nat. Hazards  
Earth Syst. Sci.*, 9, 1381-1382, 2009
- Zschau, J., Koppers, A. (Eds.) (2003): *Early warning systems for natural  
disaster reduction*, Berlin, Springer, 834 p.