

INFOBLATT Simulation



German Indonesian Tsunami Early Warning System

Einrichtung eines Tsunami-Frühwarnsystems im Indischen Ozean – Der deutsche Beitrag



GFZ

Helmholtz-Zentrum
POTS DAM



Gefördert durch das



Warum Simulation?

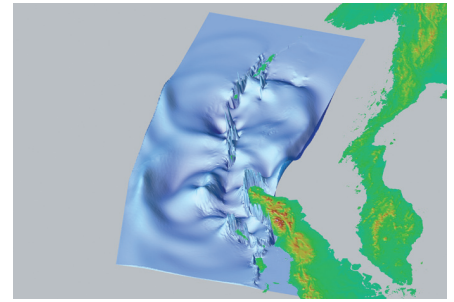
Das Simulationssystem ist quasi das Herz des Tsunami Frühwarnsystems. Da keine kontinuierliche, lückenlose Beobachtung des Meeresspiegels möglich ist, muss auf punktuell verfügbare Sensordaten zurückgegriffen werden. In der Simulation werden dann diese Punktmessungen ausgewertet und zu einem Gesamtbild zusammengesetzt.

Dabei werden die Ergebnisse der Simulation nicht nur für die Frühwarnung genutzt, sondern auch für Überflutungskarten, die beispielsweise auch für die Planung von Fluchtwegen und Evakuierungsmöglichkeiten herangezogen werden. So können bestimmte Gefährdungszonen für die unterschiedlichen Küstenbereiche ausgewiesen sowie besonders gefährdete oder bei der Evakuierung zu berücksichtigende Gebäude in der Karte vermerkt werden.

Innovationen - Was ist neu?

Das von GITEWS entwickelte Simulationssystem enthält verschiedene bislang beispiellose Neuerungen:

1. Ein neues und genaues Quellmodell wurde entwickelt, welches vom gängigen Okada-Ansatz dahingehend abweicht, dass hier insbesondere Tsunami-auslösende Prozesse entlang von mittleren und großen Subduktionszonen berücksichtigt werden.
2. Basierend auf einem neuen unstrukturierten Gitter wurde mit Hilfe von finiten Elementen eine Tsunami-Simulations-Software entwickelt, welche auch die Wellenausbreitung und detaillierte Überflutungsszenarien berücksichtigt.

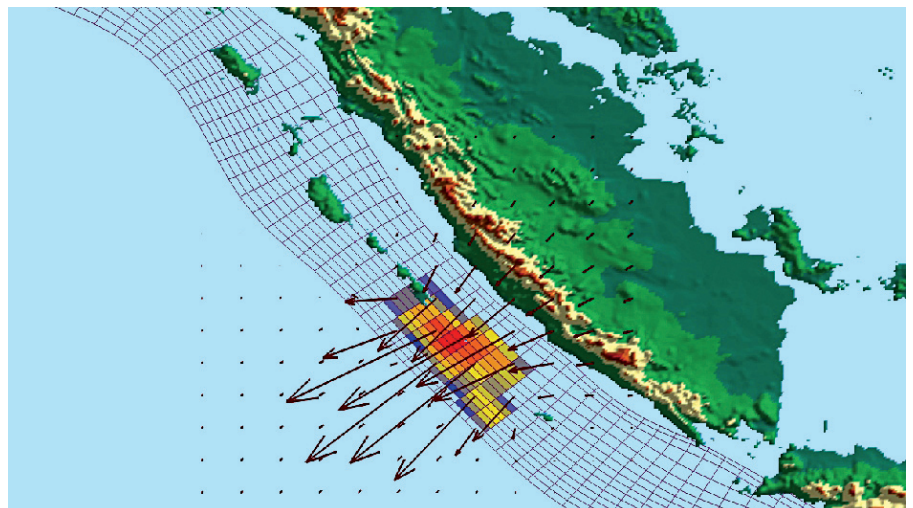


3. Es wurde eine neue Methode entwickelt, anhand von wenigen Sensordaten innerhalb kürzester Zeit ein genaues Lagebild für Tsunamis für die jeweiligen Küstenabschnitte zu berechnen.

4. Es wurde ein neues automatisches Simulationssystem (Datenbank) implementiert, welches Szenariodaten verschiedener Institutionen enthält, so dass automatisch Karten ausgeben und ausgewertet werden können.

5. Ein neuer GUI-basierter Prozess-Simulator wurde zur interaktiven Simulation und Visualisierung von Erdbeben- und Simulationsszenarien entwickelt, um das Entscheidungsunterstützungssystem zu testen und um besser trainieren/üben zu können.

Diese Neuerungen des GITEWS-Simulationssystems sind für Indonesien besonders wertvoll, da sich entlang der Subduktionszone in unmittelbarer Nähe zur Küste regelmäßig starke Erdbeben ereignen. Das Simulationssystem ist in der Lage innerhalb kürzester Zeit eine Auswertung anhand der vorhandenen Sensordaten zurück zu geben. Bei diesem Prozess werden die eingehenden Daten mit tausenden vorberechneten Szenarien abgeglichen.



Bruch- und Deformationsmodell für das Erdbeben am 12.09.2007 vor Bengkulu

Integration

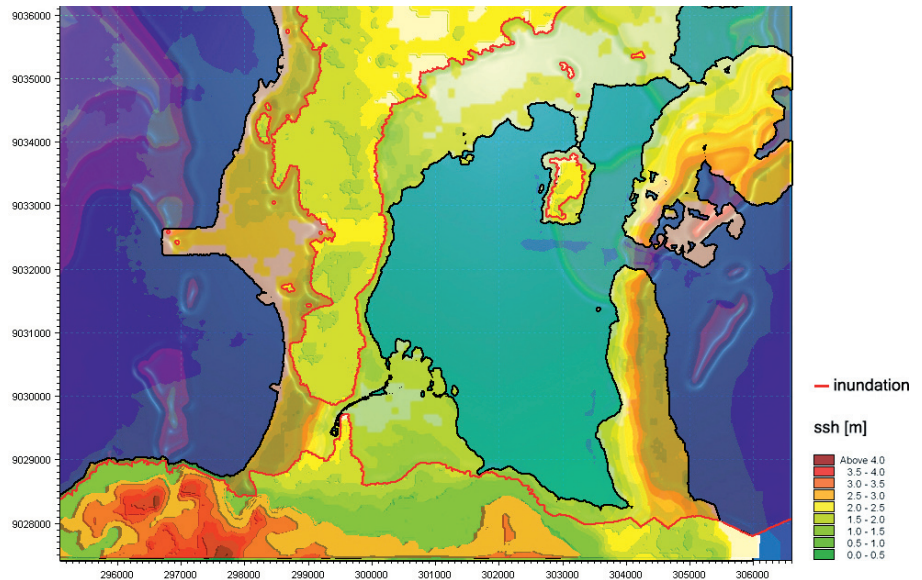
Im GITEWS-Simulationssystem werden Daten von unterschiedlichen Sensoren und Quellen verarbeitet sowie verschiedene Datenformate und unterschiedliche Simulationsprogramme und Versionen eingebunden. Auch nicht verfügbare Datenelemente werden automatisch berücksichtigt. Damit arbeitet das System extrem flexibel, ist einfach erweiterbar und kann auch für andere Anforderungen genutzt werden. Das Technische Institut in Bandung (ITB) und die *Agency for the Assessment and Application of Technology* (BPPT) sind Partner, deren Tsunami-Szenarios schon ins GITEWS-Simulationssystem integriert worden sind.

Quellmodellierung

Im Rahmen des GITEWS-Projektes wurde ein verbessertes Tsunami-Quell-Modell entwickelt, mit der insbesondere eine realistische Nahfeld-Modellierung von Tsunamis möglich ist. Hierbei wird zwar das herkömmliche Okada-Modell weiterhin berücksichtigt, aber durch die Unterteilung der ozeanischen Platte in kleinere Abschnitte ergänzt. Ein 3D-Modell der Schnittstelle der subduzierten ozeanischen Kruste unter die kontinentale Kruste berücksichtigt sogar geologische und geophysikalische Daten und ist unterteilt in 2250 rechteckige Patches von je 40X15 km Größe. Mit Hilfe von Green'schen Funktionen für geschichtete Strukturen ist es somit möglich die 3D-Oberflächendeformation für jeden Slip und jeden Patch vorzuberechnen. Die einzelnen Patches werden dann linear kombiniert, um die tsunamogene Meeresbodenveränderung ermitteln zu können. Diese neue Methode ist für beliebig komplizierte Brüche anwendbar und Teil der innovativen GPS-basierten Real-time Quell-Inversion, die erstmalig im GITEWS-Projekt Anwendung findet.

Unstrukturiertes Gittermodell

Herkömmlicherweise wird die Tsunamiwellensimulation in zwei Bereiche unterteilt: eine Phase der linearen Wellenausbreitung sowie eine nichtlineare komplexe Überflutungsphase. Für Fernbereich-Tsunamis, also für Tsunamis deren Ursprung/Quelle weit entfernt ist,



Kuta, Bali: Überflutungsszenario eines Bebens der Stärke 8,5 mit einer Quelle südlich von Bali

ist dieser Ansatz hinreichend genau und physikalisch einwandfrei. Für Nahfeld-Tsunamis, bei denen nichtlineare Effekte bedingt durch unregelmäßige Quellen und eine komplexe Bathymetrie und Topografie bei der linearen Wellenausbreitung nicht vernachlässigt werden können, wurde im GITEWS-Simulationssystem ein unstrukturiertes Gitter verwendet mit dem sowohl die Wellenausbreitung als auch die Überflutung übergangslos berechnet werden können. Dieses Gitter ist im Flachwasserbereich sehr hochauflösend (~ 100 m) und im tiefen Wasser gröber. Die angewendete Finite-Elemente-Methode ermöglicht die genaue Simulation der physikalischen Wellenausbreitung und deren Wechselwirkung. Die Daten, die aus den Berechnungen des unstrukturierten Gitters gewonnen werden, werden außerdem für die für die hochauflösten (~ 10 m) lokalen Überflutungsstudien in ausgewählten Gebieten verwendet.

Multi-Sensor-Auswahl

Die meisten Tsunami Frühwarnsysteme arbeiten mit einer Art Entscheidungsmatrix bei der Frühwarnung. Das bedeutet, dass die Warnungen im Wesentlichen basierend auf Erdbebeninformationen herausgegeben werden und nur einfache Kriterien wie die Überschreitung eines Schwellwertes benutzt werden. Bei dieser Methode kommt es allerdings häufig zu Fehlalarmen, da nur ein geringer Prozentsatz von

mittelschweren Erdbeben auch wirklich einen Tsunami auslöst. Diese Schwäche überwindet GITEWS, indem verschiedene und sich ergänzende Daten gleichzeitig ausgewertet werden. Auch bei der Wettervorhersage findet diese Methode Anwendung: es wird eine große Anzahl an vorberechneten Szenarien in einer Datenbank abgelegt, so dass eine Vielzahl möglicher Tsunamiereignisse bereits in der Datenbank verfügbar ist. Sobald eine Tsunamiwelle gemessen wird, erfolgt ein Abgleich mit den echten Messdaten. So werden Werte wie die Lage des Epizentrums, die Magnitude, die Wellenhöhe, die Wellenankunftszeit und verschiedene Parameter zur Krustendeformation mit den vorhandenen Szenarien abgeglichen. Das Szenario, welches die beste Übereinstimmung zeigt, wird ausgewählt, um eine präzise Lagebeschreibung/Gefährdungsabschätzung ausgeben zu können.

Kontakt

Simulation/Modellierung:

Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung
Dr. Jörn Behrens
Am Handelshafen 12
27570 Bremerhaven, Deutschland
(Joern.Behrens@awi.de)

Weitere Informationen:

<http://www.gitews.de>

Partner in Deutschland:

Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI)
Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)
GKSS Forschungszentrum (GKSS)