

Unterrichtsmaterialien zum Thema

# Tsunami - wenn Wellen alles ändern

JAHRGANGSSTUFE 7-9

Hintergrundinformationen

# Hintergrund

## Der Tsunami 2004

Als „Monster- oder Todeswelle“ betitelten Nachrichtenmagazine im Dezember den Tsunami, der am zweiten Weihnachtstag 2004 im Indischen Ozean eine Vielzahl an Küstenabschnitten heimsuchte. Am 26.12.2004 kam es zu einem Seebeben der Stärke 9 auf der Richterskala vor der Nordwestküste Sumatras/Indonesien. Von zu Anfang geschätzten 10.000 – 20.000 Opfern (Welt am Sonntag, 2.1.2005) wurde die Zahl immer weiter auf bis zuletzt ca. 280.000 Tote nach oben korrigiert. Es ist damit das zweitschwerste Erdbeben und eine der verheerendsten Naturkatastrophen des letzten Jahrhunderts. Zugleich gilt der Tsunami als Ausgangspunkt für bis dato nicht dagewesene global getragene weitergehende Forschungsinitiativen, zu denen vor allem das Frühwarnsystem im Indischen Ozean gehört.

Trotz ca. 10 Mrd. US-Dollar materiellen Gesamtschadens (Smolka/Kron 2005), die die Tsunami-Katastrophe hervorgerufen hat, stehen die wirtschaftlichen Folgen in keinem Verhältnis zu den Folgen, die die Katastrophe für die Bevölkerung und Touristen in den betroffenen Gebieten hat. Auch die mittelfristige Bilanz der Katastrophe ist verheerend: Viele hunderttausend Verletzte, mehrere Millionen Obdachlose und Hunderttausende, die ein Familienmitglied oder die Existenzgrundlage verloren haben. Ein Großteil der betroffenen Bevölkerung ist psychisch belastet und traumatisiert und ca. 2 Millionen Menschen fielen in Armut (FAZ, 14.1.2005).



**Abbildung 1** Zerstörung in Madras,  
Quelle: Spiegel Online 27.12.2004



**Abbildung 2** Zerstörung in Banda Aceh,  
Quelle: Deutschlandradio

Der Grund, warum Menschen in gefährlichen Regionen siedeln und leben, lässt sich nur in bedingtem Maße in der heutigen Zeit finden. Zwar können die Menschen aufgrund zunehmender Mobilität und Globalisierung heute individueller entscheiden wo

## Warum siedeln und leben Menschen in „gefährlichen/ gefährdeten“ Gebieten?

Der Grund, warum Menschen in gefährlichen Regionen siedeln und leben, lässt sich nur in bedingtem Maße in der heutigen Zeit finden. Zwar können die Menschen aufgrund zunehmender Mobilität und Globalisierung heute individueller entscheiden wo

sie leben möchten, doch sind viele Siedlungen und Städte gewachsen und ihr Ursprung liegt Jahrzehnte bzw. -hunderte zurück. Welche Beweggründe haben die Menschen früher dazu veranlasst, in einer Region ansässig zu werden, die viele Risiken mit sich bringt? Zum einen spielte die Unwissenheit über eine Region eine wichtige Rolle. Ausschlaggebende Gründe für die Entscheidungsfindung selbst waren allerdings hauptsächlich ökonomische: Vor allem in gefährlichen Gebieten, wie zum Beispiel am Fluss, an Küstenregionen oder an Gebirgsrandlagen sind Austauschbeziehungen und Verkehrsanbindungen einfacher und besser als im Hinterland. Ferner dienten Flüsse und Meere dem Nahrungserwerb. Aber auch andere Aspekte können eine Rolle spielen: In Vulkanregionen gibt es traditionell besonders fruchtbare Böden, die zur landwirtschaftlichen Nutzung dienen. Man kann also festhalten, dass Menschen eine potenzielle Bedrohung in Kauf nehmen, wenn sie dadurch anderweitigen Nutzen haben. Zusätzlich spielt die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Naturereignisses eine Rolle, z.B. treten für Menschen gefährliche Tsunamis „nur“ ungefähr ein bis zweimal im Jahrhundert auf (Whelan/ Kelletat 2007).

Heutzutage sind Küstenregionen neben den genannten Aspekten auch von sehr hohem touristischem Wert, so dass diese Gebiete einen zusätzlichen ökonomischen Reiz haben.

In Bezug auf die Bevölkerungsverteilung lässt sich feststellen, dass gefährdetere Regionen eher von weniger wohlhabenden Bevölkerungsschichten besiedelt werden, da diese häufig nicht über die finanziellen Möglichkeiten verfügen, an anderen, sichereren Standorten zu siedeln. Ausnahmen ergeben sich dann, wenn eine verletzliche Region von z.B. besonderer Schönheit ist oder ein anderer Nutzen überwiegt (Geipel 1992).

Heute nimmt die Zahl der in kritischen Umweltsituationen lebenden Menschen weltweit immer stärker zu. Das liegt vor allem an drei Gründen:

- Viele Menschen ziehen in Städte, vor allem Megastädte und sind durch die größere Bevölkerungszahl somit einer potentiellen Gefährdung stärker ausgesetzt (Geipel 1992).
- Durch die vermehrte Mobilität verbringen immer mehr Menschen immer mehr Zeit in ihnen unbekannten Regionen, in denen sie nur unzureichend über die dort vorhandenen Gefahren informiert sind.
- Der steigende Umfang wirtschaftlicher Unternehmungen internationaler Konzerne ermöglicht es Konzernen, Teilbetriebe inklusiv der dort arbeitenden Bevölkerung in risikoreichere Gebiete zu verlagern. Dies hat für die den Vorteil, dass sie ihr Produkte zu günstigeren Preisen und Konditionen produzieren können (Geipel 1992).

### **Was ist Gefahr und was ist gefährlich? Wann spricht man von einem Risiko und was versteht man unter einer (Natur-)Katastrophe?**

Die Bedeutung dieser Begriffe ist vielfältig und sie unterscheidet sich von der Perspektive der Betrachtung. Begriffe werden anders definiert und selbst innerhalb eines Fachbereichs gibt es keine eindeutige oder allgemeingültige Definition. Was kann man sich unter diesen Begriffen vorstellen?

Im Gegensatz zu Gefahr impliziert Risiko, dass man sich der Gefahr bewusst ist, sie in Erwartung eines Vorteils aber in Kauf nimmt. Risiko beschreibt zudem die Wahrscheinlichkeit, mit der aus einem Zustand oder Vorgang ein Schaden resultieren kann. Eine Gefahr hingegen bezeichnet eine (potenzielle) Bedrohung durch ein zukünftiges negatives Ereignis, das unter bestimmten Bedingungen eintreten kann, ohne dass wir uns bewusst dafür entschieden haben. Im Gegensatz zum Risiko unterliegt man der Gefahr. Das heißt man ist passiv beteiligt, ohne sich aktiv dafür entschieden zu haben (Homepage Biosicherheit; Bayerisches Landesamt für Umwelt).

Der Begriff der Katastrophe beschreibt dagegen ein folgenschweres Ereignis, was in der Schwere über das Ausmaß von Schäden des normalen Alltags hinausgeht. Der Zusatz (Natur-)katastrophe schließt nun die Natur als (verursachenden) Faktor mit ein. Diese verursachenden Faktoren sind zunächst ein reines Naturereignis, wie z.B. ein Erdbeben, ein Vulkanausbruch oder ein Tsunami. Dieses Ereignis wird erst dann zur Katastrophe, wenn es Menschen betrifft und Schaden verursacht wird. Es entsteht also durch das Zusammentreffen von Natur und Gesellschaft.

Naturkatastrophen kann man grob folgendermaßen einteilen:

- Geologische Gefahren, deren Ursprung hauptsächlich im Erdinneren liegt. Dazu zählen Erdbeben, Vulkanausbrüche, Tsunamis, gravitative Massenbewegungen (Steinschlag, Murgang, Bergsturz) etc.
- Hydrometeorologische oder atmosphärische Gefahren, zu denen unter anderem Hochwasser, tropische Wirbelstürme, Tornados, Sturmfluten, Stürme jeglicher Art, (Schnee-) Lawinen, Brände etc. gehören.
- Biologische Gefahren, welche hauptsächlich durch in Massen auftretende Tiere und Mikroorganismen verursachte Risiken sind, wie zum Beispiel Schädlingsbefall.
- Extraterrestrische Gefahren, die von außen (Weltraum) oder regelmäßig und längerfristig auf die Erde einwirken, wie zum Beispiel der Einschlag von Meteoriten oder anderen fremden Himmelskörpern.

Die Gliederung in Gruppen sollte allerdings nicht dazu verleiten, davon auszugehen, dass Naturgefahren grundsätzlich unabhängig voneinander wirken, oft treten sie auch in Kombination auf und verstärken sich gegenseitig; zum Beispiel können Erdbeben Lawinen auslösen. Zudem ist die Gefahr einer Naturkatastrophe in verschiedenen Erdteilen unterschiedlich hoch. Dabei gehört Mitteleuropa

zu den eher sicheren Zonen, während zum Beispiel Gebirgsregionen und der Umkreis des Pazifischen Ozeans stärker betroffen sind.

## Was sind Tsunamis? Wie und wo entstehen sie?

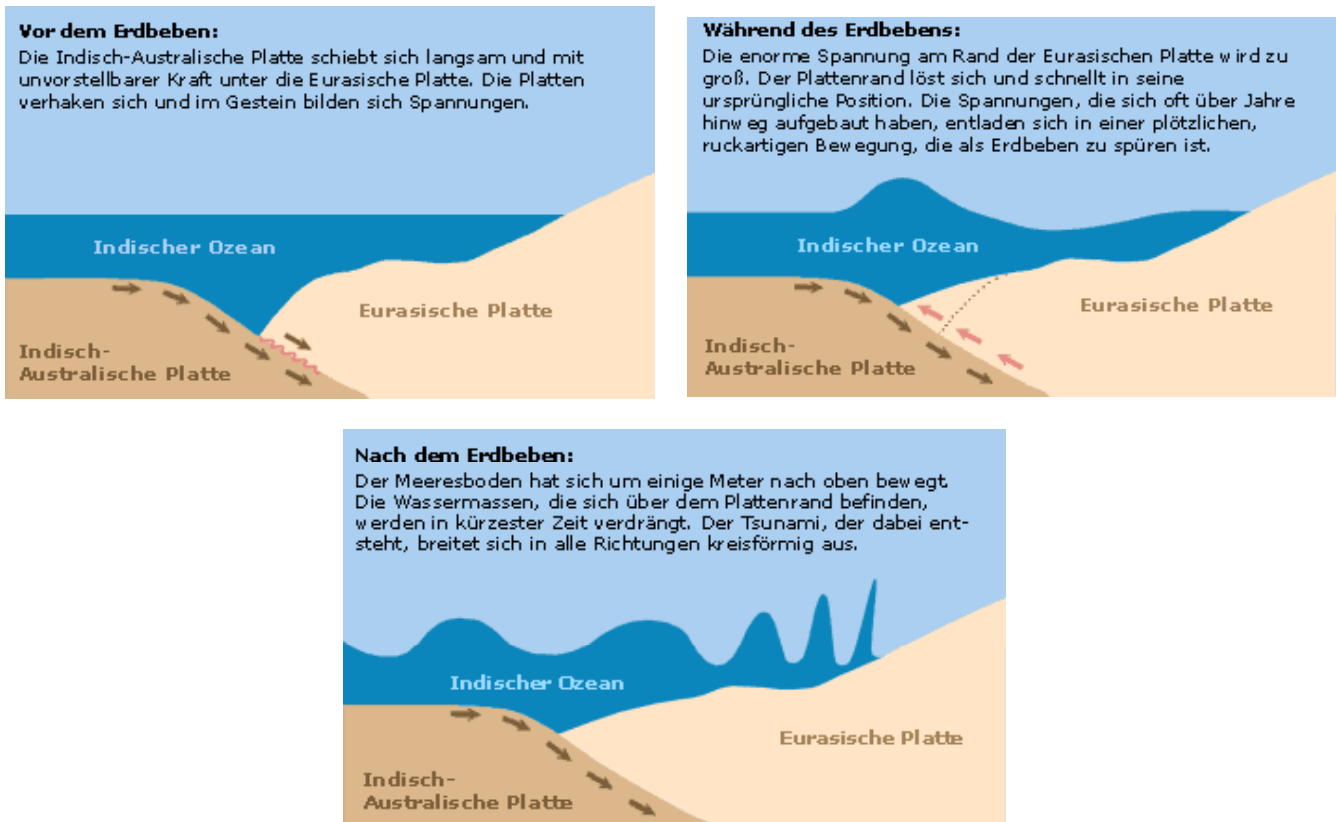
### Begriffliche Erläuterung

Der Begriff Tsunami kommt aus dem Japanischen und setzt sich aus den beiden Wörtern für Hafen und Welle zusammen: 津 tsu = Hafen, 波 nami = Welle. Entstanden ist der Begriff durch die Begebenheit, dass japanische Fischer an einem Abend in ihren Heimathafen zurückkehrten und ihre Stadt verwüstet vorfanden, während sie auf dem Ozean kaum Wellengang bemerkt hatten (Tsunami Institute).

### Charakteristische Merkmale

Als Tsunami bezeichnet man das Phänomen, welches entsteht, wenn es im Wasser - ähnlich wie durch einen Stein, den man ins Wasser wirft - zu einem Ungleichgewicht der Wassermassen kommt, Wasser verdrängt wird und Wellen entstehen. Dies kann sowohl durch endogene Prozesse am Meeresgrund (plattentektonische Prozesse, Vulkanismus), als auch durch exogene Prozesse (Hangrutschung, Felsstürze) ausgelöst werden (Dudley/ Lee 1998).

Grundvoraussetzungen für die Entstehung eines Tsunami ist zum einen eine geringe Tiefe des Entstehungsortes unter dem Meeresboden (bei Erdbeben darf das Hypozentrum nicht tiefer als 70 km liegen), da sich ansonsten keine markante Deformation ausbildet, die einen Tsunami auslösen kann. Zum anderen muss das Erdbeben eine hohe Magnitude erreichen: Erst bei einem Beben der Stärke 6 bis 7 auf der Richterskala kann ein Tsunami entstehen, und erst bei Magnituden über 7 entstehen über 2 m hohe Wellen, welche nennenswerten Schaden anrichten können (Bormann 2005). Die durch Beben hervorgerufenen Wellen sind im Gegensatz zu durch Wind angetriebene Ozeanwellen keine oberflächlichen, sondern bis zum Meeresgrund reichende Wellen. Durch die tiefe Wirkung der Wellen können sie in



**Abbildung 3** Tsunami-Entstehung durch Erdbeben, Quelle: Tsunami Institute

Abhängigkeit von der Tiefe Geschwindigkeiten von mehreren 100 km/h erreichen; bei 2 km Tiefe z.B. über 500 km/h (Whelan/ Kelletat 2007). Vom Hypozentrum breiten sich die Wellen in alle Richtungen aus. Die Amplitude einer Tsunami-Welle auf offenem Meer ist aufgrund der Tiefe des Meeres gering, die Länge dafür umso größer; so kann eine Welle von Kamm zu Kamm mehr als 100 km lang sein (beim Tsunami 2004 betrug die Wellenlänge ca. 250 km). Tsunami-Wellen schwingen nur gering, ihre Periode (zeitlicher Abstand aufeinanderfolgender Wellenkämme) variiert zwischen wenigen Minuten und ca. zwei Stunden. Sie hängt von der Wassertiefe sowie der Art und Größe des Entstehungsortes ab. Ferner werden Wellen auch vom horizontalen Küstenverlauf, vertikalen Profil im Flachwasserbereich, Buchten und der Stärke der Tide beeinflusst (Bormann 2005).

## Entstehung von Tsunamis

### Tektonische Prozesse, Seebeben, Erdbeben

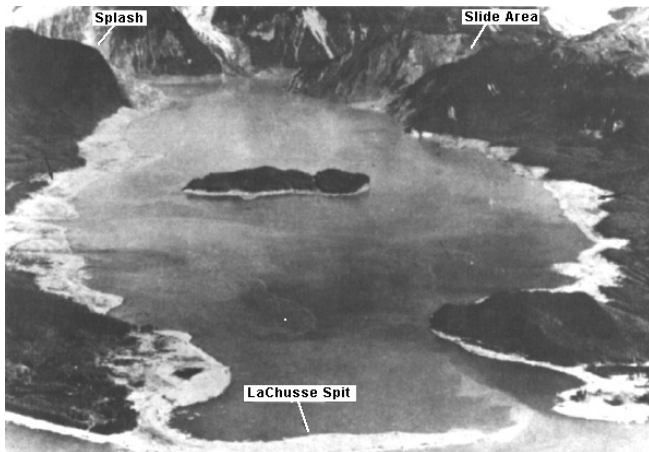
Die mit ungefähr 90% häufigste Ursache für Tsunamis sind Erd- oder Seebeben (Bormann 2005).

Beben entstehen hauptsächlich entlang von Subduktionszonen an Plattengrenzen, in Regionen, in denen eine Platte unter eine andere taucht. Während der Subduktion einer Platte unter die andere kann es durch Verhakungen innerhalb des Kontaktbereichs der beiden Platten zu großen Spannungen kommen, die sich daraufhin plötzlich und ruckartig lösen und dabei ein Erdbeben entstehen lassen. Durch die plötzliche, substanzielle Vertikalbewegung einer Platte kommt es zu wasserverdrängenden Prozessen. Somit wird die darüber befindliche Wassersäule zur Auf- bzw. Abwölbung gezwungen, so dass Tsunami-Wellen sozusagen eine Ausgleichsbewegung darstellen (Bormann 2005).

### Felsstürze, Hangrutschungen

Tsunamis können auch durch Bergrutschungen oder Felsstürze entstehen. Sowohl unter als auch über dem Meeresspiegel kann es dazu kommen, dass ein großes Sedimentpaket durch ein Ereignis, wie zum Beispiel starke Regenfälle, Stürme, Erdbeben oder Verlagerung von Sedimenten nicht mehr gegen die Gravitation gehalten werden kann und sich vom





**Abbildung 4** a) links: Lituya-Bay, Alaska, Quelle: Geophysik Washington; b) rechts: Lituya Bay Tsunami, Quelle: University of Maine

Fels ablöst. Als Voraussetzung dafür sind bereits bestehende ungünstige Bedingungen, die den Fels an dieser Stelle instabil sein lassen. Dies kann zum Beispiel ein Überhang oder eine Abrissnische sein (Bormann 2005).

Einer der wohl spektakulärsten Tsunamis dieser Art ereignete sich am 09.07.1958 in Alaska. In der Lituya-Bay, einer U-förmigen Bucht mit nur einer schmalen Öffnung zum offenen Meer, kam es zu einem Felssturz extremen Ausmaßes. Nur 13 Meilen vom Hypozentrum eines Erdbebens entfernt brachen Felsmassen auf der einen Seite der Bucht von den Steilufern und lösten durch die ins Meer stürzenden Felsmassen eine sehr hohe Welle aus, welche auf der gegenüberliegenden Seite der Bucht 520 m hoch

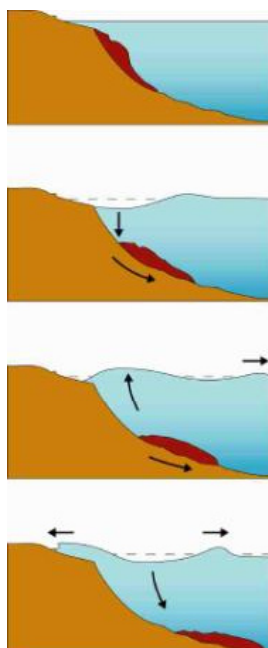
brandete und dort sämtliche Vegetation vernichtete. Durch die Landzunge zum offenen Meer hin wurde die Welle gebremst und erreichte das Meer nur noch ca. 50 m hoch (Alaska Info).

## Vulkanismus

Eine seltener auftretende Entstehungsursache für Tsunamis ist der Vulkanismus. Auf diese Art verursachte Tsunamis können auf unterschiedliche Weise zustande kommen:

- Durch einen untermeerischen Vulkan kommt es zu einer Eruption von Magma, was wiederum zu einer Magma-Wasser-Explosion führt.
- Ein durch eine Eruption ausgelöster pyroklastischer Strom stürzt mit sehr hoher Geschwindigkeit ins Meer.
- Aufgrund beispielsweise einer leeren Magma-kammer kommt es bei einem untermeerischen Vulkan zu einer kollabierenden Caldera.

Als Beispiel kann hierfür der Krakatau herangezogen werden: 1883 kollabierte der Vulkan während gewaltiger Eruptionen. Bei dem Ausbruch und dem nachfolgenden Tsunami starben insgesamt ca. 36.000 Menschen (Dudley/ Lee 1998).



**Abbildung 5** Tsunami durch Bergrutschung, Quelle: Welt der Physik

## Verlauf eines Tsunami

Während sich die Wellen auf offenem Meer relativ gleichmäßig fortbewegen, ändert sich ihre Form und Geschwindigkeit beim Auftreffen auf küstennahe Gebiete erheblich. Die in den Wassermassen mitgeführte Energie nimmt hier nicht ab, jedoch führt die geringer werdende Tiefe des Meeresgrundes aufgrund von Stauchung und plötzlichem Geschwindigkeitsverlust zum Ausweichen des Wassers. Dies äußert sich dadurch, dass die Wellenlänge abnimmt und die Amplitude der Welle in Abhängigkeit der Bodentiefe entsprechend zunimmt. Der durch die verminderte Tiefe des Meeres entstandene Geschwindigkeitsverlust wird also durch die Höhe der Wellen kompensiert. Anlaufhöhen der Wellen (run up) unmittelbar an der Küste betragen oft bis ca. 10 m, können im Extremfall aber auch 30–50 m hoch werden. Weitere Faktoren, die auf die Höhe der Wellen Einfluss haben, sind die submarine Topographie, die Küstenlinie, Tide, Wind und Riffe (Dudely/ Lee 1998).

Beim direkten Auftreffen auf die Küste kommt es zu einer Serie mehrerer hintereinander folgender Wellen, welche normalerweise im Abstand von ungefähr 10–60 min. anlanden. Dabei sehen Tsunami-Wellen nicht wie gebrochene Wellen aus,

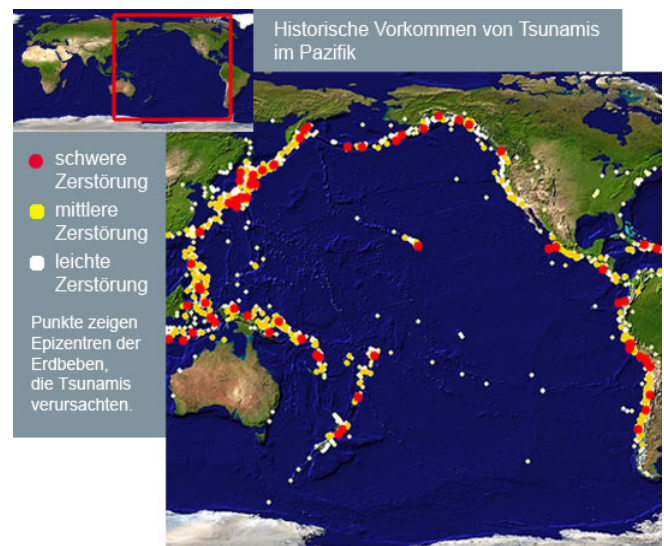


**Abbildung 6** normale Küste (oben) und Küste mit zurückweichendem Wasser (unten), Quelle: DigitalGlobe

sondern sie wirken in der Regel wie eine Serie von Hochfluten. Diese „Fluten“ können dabei bis mehrere Kilometer weit ins Landesinnere hineinreichen und großen Schaden anrichten (Bormann 2005). Tsunami-Wellen können sich auf zweierlei Weise ankündigen: Entweder durch ein Wellental, d.h. durch schnell weit ins Meer abziehendes Wasser oder durch ein Wellenberg, d.h. durch die Wellenfront.

## Warum besteht um den Pazifischen Ozean ein erhöhtes Risiko an Tsunamis?

Tsunamis entstehen am häufigsten im Pazifischen Ozean entlang des so genannten „Feuerrings“ („ring of fire“). Benannt ist der Bereich nach einem Vulkangürtel, der den nördlichen Pazifik umgibt.



**Abbildung 7** Tsunamis im Pazifik, Quelle: Tsunami Institute

Der Grund für die hohe Anzahl an Vulkanen (ca. 45% aller Vulkane auf der Erde) liegt an der starken Unterteilung in viele dynamische Teilplatten und der daraus resultierenden Vielzahl an Subduktionszonen, Gräben, vulkanischen Inseln und Bergbereichen (Dudley/ Lee 1998). Die nördlichen Außengrenzen des Pazifiks stimmen nahezu komplett mit den Platten-grenzen der Kontinente überein, so dass es aufgrund tektonischer Bewegungen, wie der Subduktion der ozeanischen unter die kontinentale Platte zu Spannungen kommt und dadurch Vulkanismus, Erdbeben (und dadurch Tsunamis) ausgelöst werden können.



Mehrmals im Jahr kommt es auf diese Weise dazu, dass es so starke Erdbeben gibt (mindestens Stärke 7), dass daraus auch Tsunamis entstehen können.

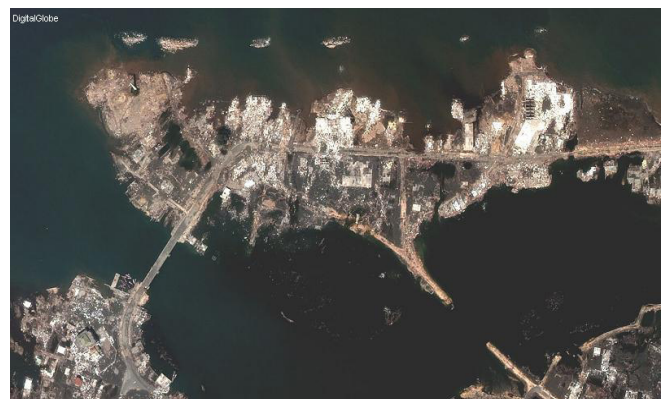
## Auswirkungen und Folgen

Trotz der im Verhältnis zu anderen Naturkatastrophen eher geringen Zahl an für den Menschen gefährlichen Tsunamis (man geht davon aus, dass alle 3–5 Jahre ein Tsunami mit run up von 10 m vorkommt und in extremer Ausbildung von einem einzigen in einem Jahrhundert), sind die Auswirkungen und nachhaltigen Folgen eines einzigen Tsunami für die Menschen und die betroffenen Regionen nicht zu unterschätzen (Whelan/ Kelletat 2007).

Die Schäden, die sich durch ein solches Ereignis ergeben sind unterschiedlicher Art: Die direkte Konfrontation der Menschen in küstennahem Bereich mit den Wellen und Wassermassen kann für die Menschen eine hohe Gefahr darstellen. Die

meisten und größten Schäden entstehen allerdings durch die großflächigen Überflutungen. Dabei kommt es oft zur kompletten Zerstörung menschlichen Lebensraumes in dem überschwemmten Gebiet: Verwüstungen menschlicher Siedlungen, Zerstörung von Infrastruktur (Straßen, Eisenbahngleise, Leitungen etc.) und Unbrauchbarmachung von landwirtschaftlichen Nutzflächen infolge saliner Sedimentation (Dudley/ Lee 1998).

Neben der materiellen Zerstörung erleiden Menschen starke psychische Belastungen: Verlust von Familienmitgliedern, Angstzustände, psychische Traumata etc. Außerdem werden soziale Strukturen, wie beispielsweise Dorfgemeinschaften und Familienverbände, aber auch sozio-kulturell bedeutende Stätten zerstört und damit ein Teil ihrer Identität. Als sekundäre Gefahr ergeben sich hygienische Probleme: leckgeschlagene Fässer mit Chemikalien, geflutete Kläranlagen und versalzene bzw. versandete Brunnen führen zu Trinkwasservergiftungen



**Abbildung 8** Situation in Indonesien vor und nach dem Tsunami, Quelle: DigitalGlobe



und zum Ausbruch von Seuchen, wie z.B. Cholera, Typhus, Lungeninfektionen oder Blutvergiftungen (Bormann 2005). Neben mit Schlamm und Sand überdeckten Überflutungsgebieten kann es nach der Flut auch zu gebrochenen Gasleitungen oder elektrischer Kurzschlüssen kommen (Bormann 2005).

### Was kann man über das Ausmaß der betroffenen Flächen sagen?

Betrachtet man die beiden Aufnahmen in Abb. 8 jeweils im Vergleich mit der Situation vor dem Tsunami-Ereignis, fällt auf, dass die besiedelten Bereiche den Tsunami-Wellen nahezu komplett zum Opfer gefallen und zerstört worden sind. Im Gegensatz dazu scheinen die bewaldeten Gebiete kaum Schaden genommen zu haben. Durch Wald, Bäume oder Sträucher wird der eintreffenden Welle die Wucht genommen und sie abgeschwächt. Siedlungen, die hinter einem Waldgebiet lagen wurden dementsprechend weniger beschädigt. Durch Schutzwälder lassen sich Siedlungen auf natürliche Weise schützen. Eine leicht abmildernde Wirkung können auch sehr langgezogene, flach ins Meer abfallende Küsten haben, wodurch sich die Wellenhöhe in geringem Maße abschwächt. Ferner können Korallenriffe auch zur Abschwächung der Welle dienen.

### Wie kann man sich schützen?

Schutz vor einem Tsunami ist auf verschiedenen Ebenen möglich und durchführbar: Die am einfachsten umzusetzende und zugleich grundlegendste Möglichkeit besteht in der Wissensvermittlung, Naturbeobachtung und einem erhöhten Risikobewusstsein in den potenziell gefährdeten Gebieten. Durch Vermittlung einfacher Erkennungsmerkmale, wie das schnelle Auf- oder Ablaufen des Wassers oder Erdbeben, kann es der Bevölkerung ermöglicht werden, sich selbst und andere zu retten.

Auf diesem Lokalwissen aufbauend kann man z.B. anhand einer Tsunami-Gefahrenkarte Auskunft darüber geben, an welchen Orten und mit welcher Amplitude eine Tsunami-Welle entstehen könnte

und welche Küstenabschnitte (Überflutungsflächen) davon aller Voraussicht nach betroffen wären. Hierzu sind folgende Schritte notwendig:

- Kartieren von potentiellen Tsunamiquellen
- Klassifizieren der Wahrscheinlichkeit des Auftretens
- Kategorisieren von Eigenschaften der Tsunamis
- Auswerten historischer Quellen und Zeugnisse über Entstehung und Folgen (Dikau/ Pohl 2007).

Nach Einschätzung potenzieller Gefahren ist es dann möglich Präventivmaßnahmen zu ergreifen. Diese müssen nicht zwangsläufig zur Evakuierung der Gebiete führen, es gibt auch Möglichkeiten, bereits bestehende Siedlungen in gefährdeten Küstengebieten zu schützen: Zum einen sollte man in der Region Gefahrenzonen ausweisen und Risikoeinschätzung in neue Bebauungspläne integrieren. Alte und weniger stabile Gebäude sollten besonders geschützt werden und bei der Errichtung neuer Gebäude muss auf eine besonders resistente Bauweise geachtet werden (Stahlbauten können im Gegensatz zu Holz-, Blech-, Lehm- oder Betonbauten Wellen von über 5 m standhalten (Bormann 2005)). Besonderer Wert sollte der Infrastruktur (speziell der sogenannten life-lines, d.h. den essenziell zur Versorgung notwendigen Infrastrukturleitungen, wie z.B. Wasser-, Elektrizitäts- und Kommunikationsleitungen) und der Entwicklung von Evakuierungsplänen zukommen: Eine gesamt-einheitliche und stringente Planung unter Einbeziehung von Fluchtwegen und Kommunikationsstrukturen, wie z.B. Sirenen, Lautsprechern am Strand etc. ist von hoher Relevanz (Dikau/ Pohl 2007).

Als natürliche Schutzfunktion dienen auch küsten-nahe Wälder, Riffe oder Mangroven, an denen sich die Wellen brechen und abschwächen sollen (siehe Punkt 8). Auch Wellenbrecher-Bauten können eine solche Funktion einnehmen (Bormann 2005).

## Tsunami-Frühwarnsystem

Eine besonders hohe Bedeutung kommt der Frühwarnung zu, wobei diese von der Internationalen Strategie für Katastrophenvorbeugung der Vereinten Nationen (ISDR) folgendermaßen definiert wird: „Erstellung und effektive Nutzung von Informationen vor einem gefährlichen Ereignis mit dem Ziel der Risikoverminderung“ (Dikau/ Pohl 2007). Durch sie ist es möglich, Tsunamis zu identifizieren, die Bevölkerung (rechtzeitig) zu warnen und zur Flucht aufzufordern. Im Pazifischen Ozean existiert bereits seit 1965 ein Tsunami-Warnsystem mit dem operativen Zentrum PTWC (Pacific Tsunami Warning Center) in Honolulu, Hawaii und dem internationalen Informationszentrum ITIC (International Tsunami Information Center). 25 Staaten sind mittlerweile an das System angeschlossen. Besteht akute Tsunami-Gefahr in pazifischen Küstenregionen, so sendet das PTWC eine Warnung aus. Über verschiedene Medien wird diese zusammen mit offiziellen Anweisungen daraufhin an die Bevölkerung weitergegeben (Bormann 2005).

Im Indischen Ozean gab es zum Zeitpunkt des Tsunami kein Frühwarnsystem. Nach dem Tsunami-Ereignis 2004 sollte dies geändert werden und die

südostasiatischen Staaten entschieden sich für das Tsunami Frühwarnsystem, welches unter Leitung des deutschen GeoForschungs-Zentrums (GFZ) Potsdam mit insgesamt neun deutschen Einrichtungen aufgebaut wird. Unter dessen Leitung wird derzeit in Zusammenarbeit mit Indonesien ein Frühwarnsystem installiert, welches bereits im November 2005 damit begonnen hat, Bojen im Indischen Ozean auszusetzen. Innerhalb von drei Jahren soll das TEWS (Tsunami Early Warning System) komplett installiert sein und mit Hilfe der Internationalen Ozeanographischen Kommission (IOC) überwacht und koordiniert werden. Besonderer Wert bei dieser Entwicklung wird auf das Echtzeit-Erdbebenmonitoring-System gelegt, mit welchem versucht wird, die Vorwarnzeiten auf ungefähr 5 min. zu reduzieren. Ferner soll das Warnsystem neben Druckpegelmessern in Form von Bojen auch auf satellitengestützte Überwachung zurückgreifen können (Dikau/ Pohl 2007).

Die Funktionsweise eines Frühwarnsystems kann man folgendermaßen beschreiben:

Auf den Meeresboden herabgelassene Drucksensoren zeichnen Wasserstandsänderungen am Meeresgrund auf, da es basierend auf seismischen Messungen oftmals nicht möglich ist zu entscheiden,

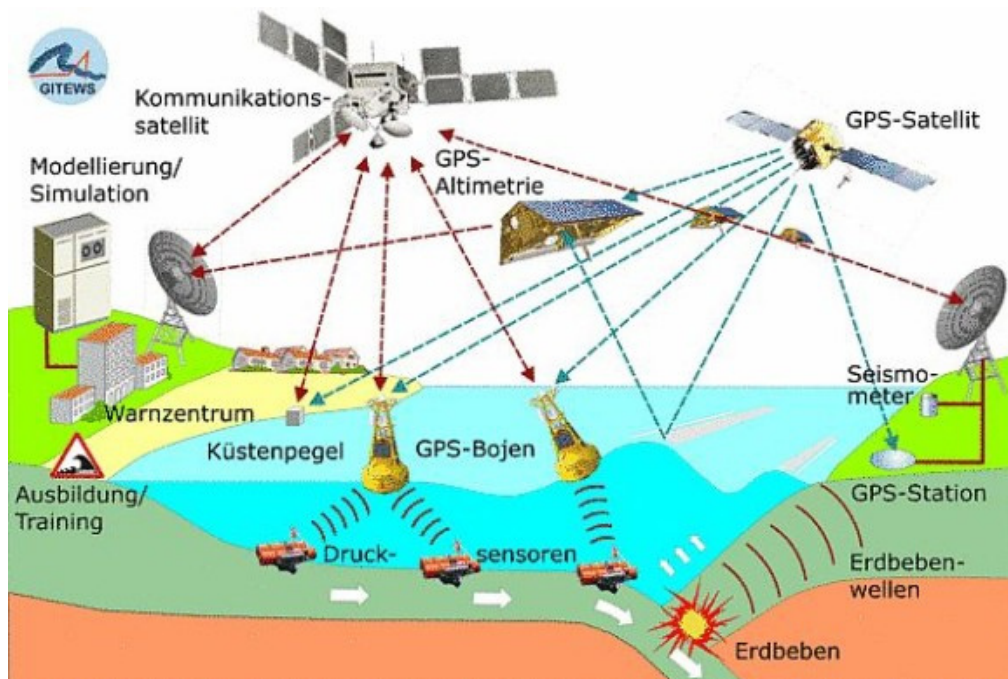


Abbildung 9 Tsunami-Frühwarnsystem, Quelle: GITEWS

ob nach einem starken Erdbeben auch wirklich ein Tsunami entstanden ist. Aus diesem Grund wird die frühzeitige Erkennung eines Tsunami mit Hilfe von Bojensystemen und Pegeln auf dem Ozean vorgenommen, so dass Meeresspiegeländerungen sofort erkannt werden können. Bei den Bojensystemen werden hierfür sowohl Drucksensoren auf dem Meeresboden, als auch erstmalig GPS Sensoren auf der Boje genutzt. Mit GPS Sensoren auf den Pegeln hingegen wird nicht der Meeresspiegel kontrolliert, sondern ob die Stationen durch das Erdbeben eine vertikale oder horizontale Verschiebung erfahren haben. Die verschiedenen Sensortypen sind über Satellitenverbindungen an das Warnzentrum in Jakarta angebunden. Im Warnzentrum werden die eingehenden Daten dann mit anderen erhaltenen Daten, wie z.B. dem Wasserpegel interpretiert und daraufhin Warnungen ausgesprochen. Abgesehen von der reinen Warnung müssen politische und institutionelle Entscheidungen getroffen und Handlungsanweisungen an die Bevölkerung gesendet werden. Um die Bevölkerung zu erreichen, kommen – je nach Verbreitung innerhalb der Bevölkerung – verschiedene Medien zum Einsatz: Fernsehen, Radio, Internet, Sirenen oder Mobiltelefone.

Trotz der Installation von Frühwarnsystemen kann man die Schäden eines Tsunami jedoch kaum vollständig reduzieren, so bleibt beispielsweise bei lokalen Tsunamis kaum Zeit, um die betroffene Bevölkerung rechtzeitig zu warnen. So wächst die Möglichkeit der Erkennung und Warnung mit Entfernung der gefährdeten Küste zum Entstehungsort (Bormann 2005). Ein weiterer Punkt ist der, dass es in einigen Ländern noch keine hinreichende Infrastruktur gibt, die die Bevölkerung warnen oder gar Fluchtwege bereithalten könnte. Entsprechend stellt sich die Frage, wie man welche Warnungen welchen Bevölkerungsgruppen (verschiedener Medienzugang, ggf. unterschiedliche Sprachen) wie kommuniziert.



## Literaturverzeichnis

- Bormann, P. (2005): Infoblatt Tsunami. GeoForschungsZentrum Potsdam. ([www.gfz-potsdam.de](http://www.gfz-potsdam.de))
- Dikau, R. u. J. Pohl (2007): „Hazards“: Naturgefahren und Naturrisiken. In: Gebhardt, H. u. R. Glaser et al. (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. München. S. 1029 - 1076.
- Dudley, W.C. u. M. Lee (1998): Tsunami!. Honolulu.
- Frankfurter Allgemeine Zeitung: Folgen der Flut. Tsunami stürzt 2 Millionen Menschen in Armut. 14. Januar 2005.
- Geipel, R. (1992): Naturrisiken. Katastrophenbewältigung im sozialen Umfeld. Darmstadt.
- Kelletat, D. u. A. Scheffers (2004): Tsunami im Atlantischen Ozean. In: Geographische Rundschau. Jahrgang 56. Heft 6. S. 4 – 12.
- Plate, E.J. u. Merz, B. (2001): Naturkatastrophen. Ursachen – Auswirkungen – Vorsorge. Stuttgart.
- Smolka, A. u. W. Kron (2005): Naturkatastrophe im Indischen Ozean. Der Tsunami vom 26. Dezember 2004 aus Sicht eines Rückversicherers. In: Geographische Rundschau. Jahrgang 57. Heft 4. S. 4 – 6.
- Welt am Sonntag: Die Chronik der Flut. 2.1.05, Seite 2 – 7.
- Whelan, F. u. D. Kelletat (2007): Tsunamis. In: Gebhardt, H. u. R. Glaser et al. (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. München. S. 1046 - 1047.

## Internetquellen:

- Bayrisches Landesamt für Umwelt: [http://www.lfu.bayern.de/geologie/fachinformationen/hangbewegungen/was\\_sind\\_gefahren/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/geologie/fachinformationen/hangbewegungen/was_sind_gefahren/index.htm), abgerufen am 10.1.07.
- Biosicherheit: [http://www.biosicherheit.de/pdf/schule/risiko\\_was\\_ist\\_ein\\_risiko.pdf](http://www.biosicherheit.de/pdf/schule/risiko_was_ist_ein_risiko.pdf), abgerufen am 10.1.07;  
<http://www.biosicherheit.de/de/schule/110.doku.html>, abgerufen am 10.1.07.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung: <http://www.bmbf.de/de/4879.php>, zuletzt abgerufen am 4.8.07; <http://www.bmbf.de/de/2402.php>, zuletzt abgerufen am 4.8.07.
- Der Spiegel: Erdbeben-Katastrophe in Südostasien. Monsterwelle reißt Tausende in den Tod. 26.12.2004: <http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,334462,00.html>, zuletzt abgerufen am 7.7.07.
- GITEWS: German Indonesian Tsunami Early Warning System: <http://www.gitews.de/>, zuletzt abgerufen am 5.8.07.
- Tsunami Institute: [http://www.tsunami-alarm-system.com/phenomenon-tsunami/phenomenon-tsunami\\_formation.html](http://www.tsunami-alarm-system.com/phenomenon-tsunami/phenomenon-tsunami_formation.html), zuletzt abgerufen am 30.6.07.