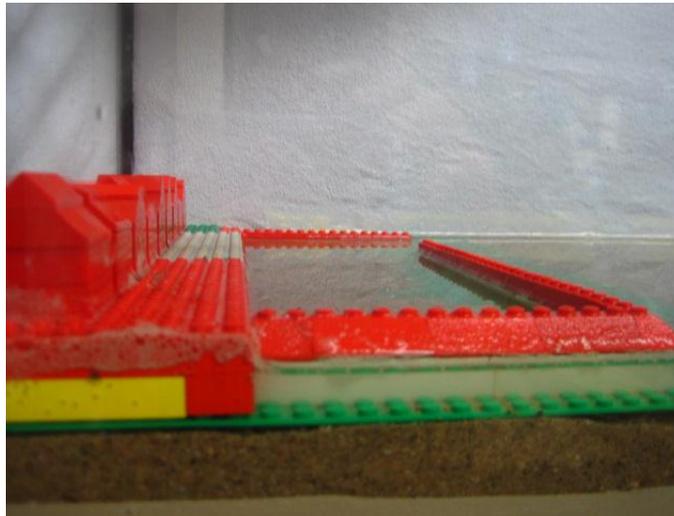


Tsunamiwellen im Klassenzimmer



von Marvin Broich (14)
Helmholtz-Gymnasium Hilden

Kurzfassung

Ich habe das Thema „Tsunami im Klassenzimmer“ gewählt, weil es meiner Ansicht nach interessant ist, dieses Phänomen auch im Klassenzimmer Experimenten zugänglich zu machen. Funktionsmodelle von wissenschaftlichen Einrichtungen arbeiten präzise und ohne größere Einschränkungen. Allerdings sind diese Modelle dafür groß und kostenintensiv. Ich habe mir als Ziel gesetzt, ein Funktionsmodell in einem übersichtlicheren Maße zu erbauen, ohne mein begrenztes Budget zu vernachlässigen und ohne große Ungenauigkeiten hinnehmen zu müssen.

Ich habe dazu in den letzten Wochen und Monaten ein Modell erbaut und daran zahlreiche Versuche und Tests erprobt, die ich vorführen kann. Ich bin zu eindeutigen und wiederholbaren Experimenten gekommen, welche die Übereinstimmung mit der Realität in vielerlei Hinsicht zeigen. Des weiteren habe ich erforscht, ob und wie sich Tsunamis auf unterschiedliche Gebäude- und Hafentypen auswirken und welche am resistentesten sind.

Inhaltsverzeichnis

1. Die Idee	S.1
2. Wasserwellen.....	S.2
3. Überlegungen.....	S.3
4. Umsetzung in die Realität.....	S.4
5. Die ersten Versuche.....	S.5
6. Optimale Gebäude- und Hafenformen.....	S.6
7. Eindrücke.....	S.7
8. Quellenverzeichnis.....	S.11

Die Idee

Ich kam zu meiner ersten Stunde Erdkunde EF in der Oberstufe. Ich hatte keinerlei Idee, was mich erwarten würde. Allerdings hatte man mir vorher gesagt, dass mein Erdkundelehrer Jugend forscht betreut und ich hatte bereits 2008, betreut durch die Sternwarte Neanderhöhe, teilgenommen.

Der erste Unterrichtsstoff beinhaltete Naturkatastrophen, meiner Meinung nach ein interessantes Thema. Es ist sehr aktuell und spannend.

Bereits vorher hatte ich die Vorstellung, das Thema „Erneuerbare Energien“ bei Jugend Forscht zu bearbeiten, welches ebenfalls sehr aktuell ist. Allerdings hatte ich keine neue Erfindung oder eine neue erstaunliche Erkenntnis, weshalb ich die Idee verwarf. Deshalb hatte mein Erdkundelehrer, Herr Osterwind, die Idee, die Jugend forscht Arbeit mit dem Lehrplan zu verknüpfen, und, da auch die Zeit nicht mehr üppig bemessen war, entschied ich mich für das Thema Tsunami.

Mir war sofort klar, dass eine Veranschaulichung der Wirkung von Tsunamis durch ein Funktionsmodell das Thema praxisbezogener und dadurch schülergerechter würde und interessant scheint. Schon bald erkannte ich, dass es eine Herausforderung sei, ein kleinmaßstäbliches, „schulaugliches“ Funktionsmodell zu erhalten, ohne wesentliche Verfälschungen der Ergebnisse hinzunehmen.

Wasserwellen

Wasserwellen sind natürliche Naturphänomene unvorstellbarer Gewalt. Manchmal werden Wasserwellen bis zu 40 Meter hoch. Zugleich entwickeln sich Naturkatastrophen und faszinierende Naturschauspiele. Sie sind eine Wissenschaft für sich. Unzählige Menschen sind schon durch die raue Gewalt von Wellen ertrunken.

- Was ist eine Wasserwelle? Mit Wasserwellen bezeichnet man zeitlich und örtlich versetzte periodische Welle, welche eine unglaubliche Bandbreite zwischen Sekunden und Stunden betragen. Kurz beschrieben bestehen Wasserwellen aus flachen Tälern und spitzen „Kämmen“.
- Gibt es verschiedene Wellenarten? Ja, man unterscheidet Wasserwellen durch „Schwere-Wellen, Kapillar-, sowie unter Tief- und Flachwasserwellen“. Erstaunlich ist, dass alle Wellentypen anhand von komplizierten mathematischen Formeln errechnet werden können, wobei Schwerewellen aufgrund ihrer besonderen Oberflächenausbreitung durch die Erdschwerkraft eine zusätzliche Formel erfordert, die sog. „Dispersionsrelation“. Allerdings ist dieser Bereich der mathematisch-geographischen Wissenschaft hier nicht besonders relevant.

- Warum brechen Wellen, und warum insbesondere unmittelbar vor bzw. an der Küste? Wenn sich Wasserwellen Küsten nähern und die Wassertiefe sich verringert, wird der untere Teil der Welle stärker „ausgebremst“. Dadurch überrollt der obere Teil der Wellen und die Welle gewinnt an Höhe. Mit dem eigentlichen Brechen der Welle bezeichnet man den



Zeitpunkt, wo die Oberflächenspannung des Wassers überwunden wird und Wasser vorneüber aus der charakteristischen Wellen austritt und vor die Welle fällt. Die dabei je nach Wellenstärke entstehende weiße Gischt bildet sich durch Aufwühlung von Wasser und Luft.

- Wie entsteht eine Welle? Sie entstehen durch Wind, Eruptionen (wie Vulkane und Erdbeben), Schiffen und Strömungshindernissen Diese auf dem ersten Blick einfache Frage wird bei genauerer Beobachtung der Entstehung deutlich komplexer. Denn die einzelnen Wassermoleküle, die bei einer Welle bewegt werden, bewegen sich primär senkrecht. Wie kann dann eine horizontale Vorwärtsbewegung entstehen, die letztendlich auf die Küste zukommt? Bei den meisten Wellentypen, die aus Winden und Stürmen hervorgehen, absolvieren die Wassermoleküle eine kreisförmige Bewegung, die von oben betrachtet wie eine Walze aussieht, die sich durchgehend vor und zurück bewegt. Dabei überträgt sich die Bewegungsenergie insbesondere auf horizontal benachbarte Wassermoleküle (weil sich der Druck besser zur Seite als nach unten ausbreitet) und löst eine Kettenreaktion aus. Erstaunlich ist dabei, dass die Wellenhöhe antiproportional zur Wassertiefe ist.

Überlegungen

Bevor ich mit dem Bau des Modells anfangen konnte, musste ich realisieren, dass der Spagat zwischen Funktion und finanzieller Machbarkeit ein entscheidendes Problem darstellte. Als ich mir erste Überlegungen gemacht habe, habe ich das Ziel gesetzt, ein finanziell leicht zu realisierendes Modell zu bauen. Daher scheiden schon größere Anlagen von vorne herein aus. Das erste Problem bildet also die Wahl des Behälters. Die Anforderungen an den Behälter sind: möglichst belastbar, wasserdicht, durchsichtig, leicht und dennoch preisgünstig. Die Wahl zwischen Glas und Plastik ist für mein Projekt ebenfalls von Bedeutung und sollte nicht außer Acht gelassen werden.

Mein Grundgedanke, ein möglichst realitätsnahes Funktionsmodell zu erbauen, beruhte auf die Überlegung, eine Tsunamiwelle durch einen Stempel zu erzeugen (Senkrecht erzeugter Druck, ähnlich einer nach oben schnellenden Erdkruste beim Beben), der die Wassermassen in die Richtung der Modellküste, welche die Form einer Rampe besitzt, zu bewegen. Zwar verfüge ich über ein 120x50x40 cm großes Aquarium, allerdings ist dieses relativ schwer und außerdem zu groß für komfortable Nutzung für Versuche bei Jugend forscht aufgrund seiner großen Tiefe und der auf normale Tische bezogene Überlänge. Daher lag es nah, eine andere Lösung zu suchen. Ich recherchierte lange nach geeigneten Behältern und ich stellte bedauernswerterweise fest, dass Behälter mit optimalen Maßen nur spezialanfertigt für dreistellige Summen erhältlich sind.

Natürlich betrachtete ich den Gedanken, meine Polypropylen-Box als Behälter für das Modell zu nehmen, optimistisch, denn derartige Boxen kann man leicht anpassen und sind leicht.

Mit optimistischen Erwartungen wollte ich anfangen, als sich in mir doch noch Bedenken meldeten. Denn ich erkannte, was die ganze Zeit direkt vor den Augen lag, und ich dennoch nicht beachtete: Handelsübliche, und erschwingliche Kunststoffboxen sind eher als Aufbewahrungsboxen für diverse Gegenstände zweckmäßiger, weshalb sie manchmal die für mich nicht unbedenklichen Eigenschaften von Mulden aufgrund von Tragegriffen oder Rollen aufweisen, oder allgemein keine exakten, rechtwinkeligen kastenförmigen Innenmaße besitzen, welche ebenso für den Bau, wie auch für die Funktion des Modells von Bedeutung sind. Daher war eine Entscheidung zwischen nur mit Mängeln behafteten Alternativen vonnöten, denn es hatte sich schon hier gezeigt, dass es keine optimale Lösung geben wird.

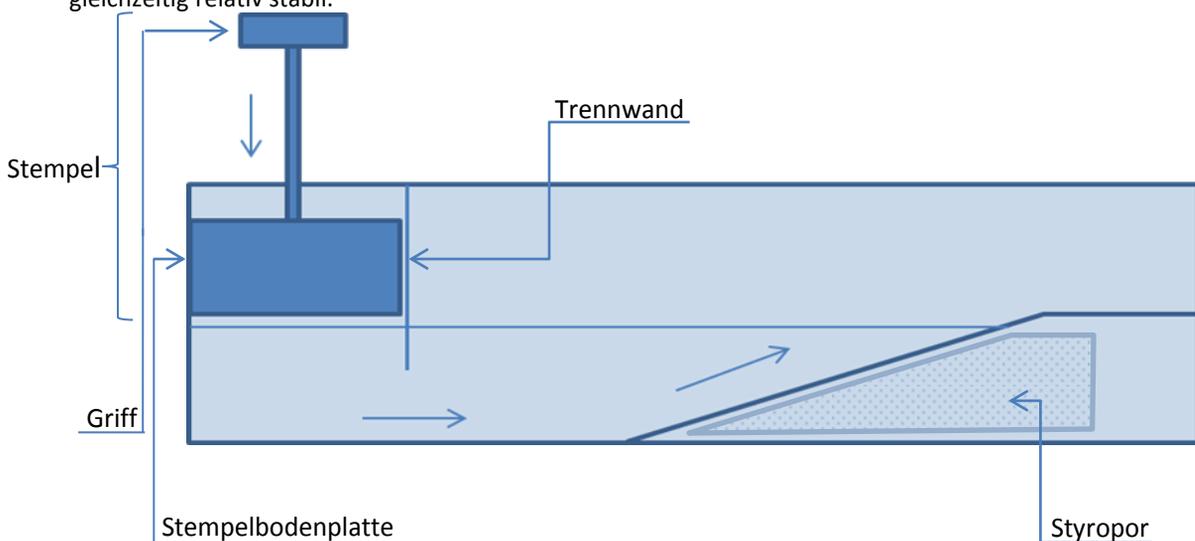
Ich entschied mich letzten Endes nach Absprache mit meinem Betreuer für mein Aquarium, weil ich damit sofort anfangen konnte, weil die Zeit ohnehin schon sehr knapp wurde.

Umsetzung in die Realität

In der Vorstellung von meinem Modell hängt zwischen dem Stempel und dem restlichen Modell eine Trennwand, um eine Art Zylinder zu konstruieren, welcher eine Kompression der Wassersäule nach unten erzeugen kann, welche einen benachbarten Wellenberg als Ausgleich erzeugen wird. Daher sollte die Trennwand nur unten eine Verbindung für das Wasser zwischen den beiden Becken bilden. Nun überlegte ich, wie der Stempel beschaffen sein muss. Er sollte möglichst verschleißfrei und effektiv funktionieren. Da mein Aquarium an der Oberkante Auflageflächen besitzt, die nicht ganz an die Enden an den kürzeren Seiten kommen, 9,5cm genau genommen, kalkulierte ich den Stempel für diesen Hohlraum vor, weil die Trennwand an der Kante von der Auflagefläche besser fixiert werden kann. Ich suchte optimale Materialien für den Stempel, welche möglichst wasserdicht, leicht und Kompressionsfest sind. Eins steht fest, vieles muss ausprobiert werden. Ich hielt Styropor auf dem ersten Blick für tauglich, weil man es individuell zuschneiden kann, aber da Styropor schlecht mit einem Stiel für den Stempelverbunden werden kann, schloss ich es aus. Letztendlich entschied ich mich für Holz, weil man es noch besser bearbeiten kann. Jedoch könne man die geringe Dichte von Styropor für die Rampe ausnutzen, um das Gewicht und dadurch den Transport des Modells zu erleichtern. Demzufolge machte ich mich daran, die Rampe mit Styropor zu grundieren und die Oberfläche mit wasserdichten Gips zu vervollständigen. Das einzige, was man beim Auftragen des Gips beachten musste, war, dass der Gips die optimale Konsistenz hatte, denn die Rampe musste schließlich glatt und eben sein, um somit keine Störfaktoren zu bilden. Zu meinem Glück gelang mir besonders die Oberfläche ziemlich gut. Allerdings erreichte die Rampe mit seiner Höhe von nicht einmal 10 cm ein fünftel der Höhe des Behälter aber bereits ein stattliches Gewicht, weshalb ich mich mit dieser Überhöhung zufrieden geben musste. Ich hatte nicht wirklich eine Wahl für die Steigung der Rampe, denn schließlich ist der Platz im Modell begrenzt.

Als nächstes machte ich mich daran, den Stempel zu bauen. Unter mir verfügbaren Materialien fand ich ein Holzbrett mit der perfekten Breite von 9,5 cm und eine 1 Meter lange Holzstange mit einem Durchmesser von 2,5 cm. Ich versuchte ich mich an der anfänglichen Idee, Stempelbodenplatte und Griff lediglich mit einer Schraube mit der Holzstange zu befestigen, was mir ausreichend präzise gelang, und der Stempel schien mir ebenfalls stabil.

Als ich mir überlegte, wie die Plexiglastrennwand befestigt werden sollte, kam mir die Idee, die Platte mit Löchern zu versehen und durch diese Löcher Stangen so zu führen, dass diese jeweils auf den Auflageflächen liegen. Somit könne die Trennwand in dieser hängenden Position pendeln und somit ggf. den bewegten Wassermassen nachgeben. Gesagt, getan. Zu meiner Überraschung pendelte die Trennwand nur begrenzt und war somit gleichzeitig relativ stabil.



Die ersten Versuche

Nun konnte ich endlich mit den ersten Erprobungen anfangen. Ich nahm für die Modellküste eine Legoplatte, weil diese exakt in das Modell hineinpasst. Mein Betreuer, Herr Osterwind machte bereits Wochen vorher in der Planung mich darauf aufmerksam, dass Wellen, die am Ende vom Modell durch die Wand reflektiert werden, zurück geschwemmt werden und sich mit den darauffolgenden überlagern. Als ich mit dem Stempel die ersten Überschwemmungen „auslöste“, stellte sich heraus, dass die Wellen durch die Modellhäuser bereits zum größten Teil gebrochen wurden. Außerdem stellte sich heraus, dass die Fläche der Rampe, auf welcher die Modellküste aufliegt, nicht eben ist, weshalb die Küste jedes mal von Wasser unterspült wurde, wodurch die „Küste“ nachgab und hin und her schwappte. Kurzerhand ergriff ich die Initiative und besorgte mir Bausand von meinem Vater, der noch viel an unserem Haus arbeitet und füllte damit den Hohlraum unter der Modellküste und beschwerte das Modell. Allerdings war der Sand im Garten gelagert und war dem Wetter ausgesetzt, was sich leider auf den Zustand des Sandes auswirkte. Daher wurde das Wasser augenblicklich trüb, was zum Einen dazu beitrug, dass die Wellen nicht mehr so gut betrachtet werden konnten und der Sand aufgewirbelt wurde, und zum Anderen, dass sich der Sand zwischen der Modellküste und den Aquariumwänden festsetzte, wodurch es fast unmöglich wurde, die Küste auszutauschen und zur Krönung bildeten sich bei ersten Befreiungsversuchen auch noch kleine Kratzer. Aufwändig leerte ich das Modell von Wasser und Sand, um es reinigen zu können. Als Lösung für das Problem ergänzte ich die Rampe mit Gips, um die Fläche für die Küste zu ebenen. Am nächsten Tag testete ich das Modell weiter aus und erforschte, wie sich schwimmende Objekte (als Vergleich) bei Wellen verhalten, und wie hoch Wellen in tieferen und flacheren Bereichen sind. Um den direkten Vergleich zu ermöglichen, verwand ich wasserlösliche Stifte und bemalte die Innenwand des Aquariums. Durch ankommende Wellen, die höher als der Wasserspiegel sind, löst sich der Messstreifen bis zu der entsprechenden Höhe. Außerdem baute ich „Messpegel“ aus beschriftbarer Folie und Lego-Bausteinen, um die Wellenhöhe an gewünschten Stellen im Modell zu ermitteln. Nun war das Modell wieder funktionstüchtig und eine gute Sicht auf die Wellen beim Erreichen der Küste war wieder ermöglicht, was eine Voraussetzung für genaue Messergebnisse später ist.

Optimale Gebäude- und Hafenformen

Naheliegender ist, dass Gebäudeformen und Gebäudekonstruktionen beim Auftreffen von Tsunamis von großer Bedeutung sind. Werden sie vernachlässigt, sind Menschen und die Gebäude selbst in Gefahr.

Bereits von anderen Naturkatastrophen und deren Vorbeugung kennt man z.B. erdbebensichere Häuser oder erdbebensichere Konstruktionen. Ich ging von der Grundannahme aus, dass die Form eines Gebäudes wesentlichen Einfluss darauf hat, wie viel Kraft eines Tsunamis sich auf das Gebäude überträgt. Aufgrund des ähnlichen Verhaltens von Wasser wie Luft komme ich zu der Vermutung, dass variierende Formen unterschiedliche Reibungen verursachen und diese auch evtl. einen Tsunami anders überstehen. Wie man aus dem Vorbild der Natur lernen kann, weist ein Körper, der seine Form anpassen kann (z.B. Wasser) die Form eines Regentropfens auf, weil dieser die geringstmögliche Reibung bietet. Ich plante nun, Modelle in verschiedenen Formen zu bauen und zu erforschen. Um zu erforschen, welcher Körper wie viel Widerstand leistet, hatte ich vor, hinter jedes Modell einen Messpegel zu stellen, wonach der jeweilige Körper mit dem niedrigsten Widerstand, und somit mit der höchsten Überlebenschance bei Tsunamis am wenigsten Wasser abbremsen würde, wodurch die Wasserhöhe hinter diesem am höchsten ist. Für diesen auf dem ersten Blick komplizierten Versuch wählte ich -gänzlich unüberlegt- Styropor. Ich fing an, mit einem Teppichmesser aus Styroporstücken unterschiedliche Formen zu schneiden. Dazu wählte ich eine Tropfen-, eine Keil- und eine normale Kubusform. Nach dem Bau probierte ich den Versuch mehrmals aus und erkannte, dass alle Formen auf den Wellen glitten und wegen ihres kleinen Gewichts keinen Widerstand leisteten. Ich überlegte lange, wie ich vorgehen sollte. Eine Idee bestand darin, die Styropormodelle mit zusätzlichem Gewicht zu belasten, allerdings schien mir der Gedanke, neue Modelle aus anderem, schwererem Material sinnvoller. Mir fiel auf, dass Gips bei entsprechender Konsistenz relativ gut verformbar ist und wählte dies demnach. Es kostete mich lediglich eine Stunde Arbeit, die Modelle zu erbauen. Nun machte ich mich an den Versuch. Nacheinander setzte ich die mittlerweile getrockneten Modelle in das Tsunami-Modell und löste bei allen eine möglichst gleiche Welle aus. Um die Wellenhöhe anhand der Messpegel direkt vergleichen zu können verwand ich für jeden der drei Durchgänge einen eigenen Messpegel. Nach mehreren Wiederholungen des Versuchs stellte sich schlussendlich heraus, dass die Keil- und die Kubusform nur minimale Widerstandsdifferenzen aufweisen. Das Tropfenmodell verblieb hingegen bei einer deutlich höheren anschließender Welle, was ein logisches Resultat des kleinsten Widerstands der Tropfenform gegen die Tsunamiwelle ist.

Zusammenfassend kann man sagen, dass diejenigen Gebäude- und Hafenformen am resistentesten sind, welche am schwierigsten zu realisieren sind, was sich für vergleichsweise arme Länder wie Indonesien noch schwieriger darstellt. Aber natürlich kann man optimale Formen für nicht so anspruchsvolle Körpertypen als Häuser verwenden, z.B. Brückenpfeiler, Hafengebäude, etc..

Eindrücke

Der Bau des Modells:

1.: Die Rampe



Mit Gips und Steinen wird die Landfläche grundiert



Um Gewicht und Material zu schonen wird Styropor verwendet



Die Rampe von der Seite

Das Modell von oben



Als letztes wird die Oberfläche geglättet

2.: Der Stempel



Das Material

Die Stempel-
platte wird
zugesägt



Schnitt-
reste

Der
fertige
Stempel



3.: Trennwand



Eingesetzt in
das Modell



Beim bohren der Löcher

Das Material und das
Werkzeug



4.: Gebäudemodelle



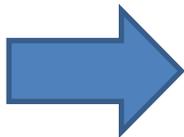
Zwei halbfertige Modelle



Beim Anpassen

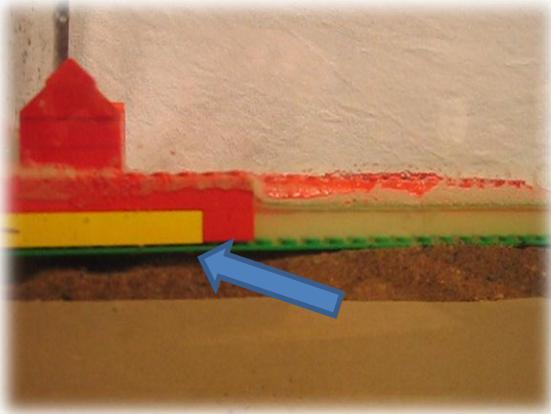


Die anfänglichen Modelle
aus Styropor



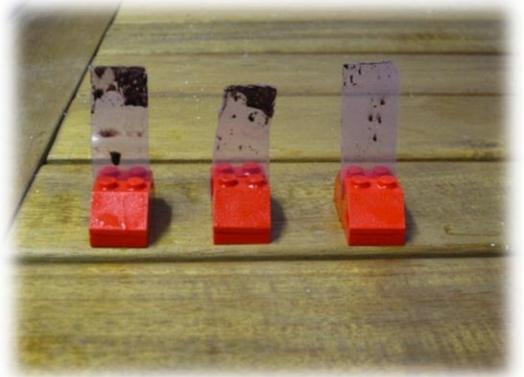
Die Modelle aus Gips

5.: Die Versuche



Trotz der Bekämpfung der Hohlräume funktionierte das Modell nicht einwandfrei

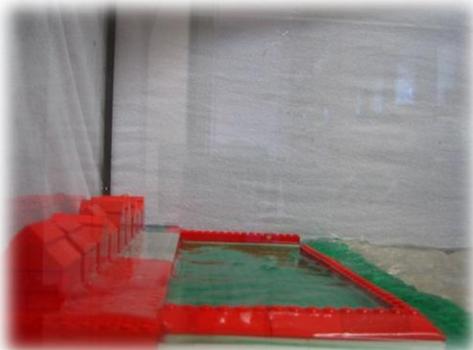
Messpegel vom Gebäude-versuch, v.l.: Keilform, Kubusform, Tropfenform



das Modell

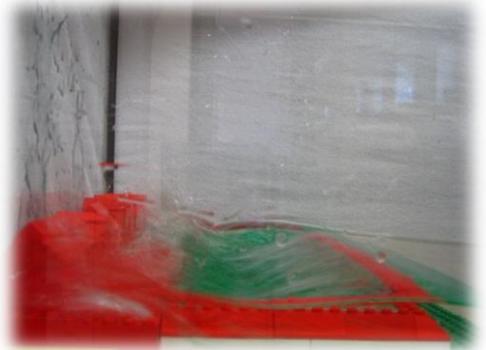


Im tiefen Gewässer sind die Wellen flacher



kleinen Wellen hält die Kaimauer stand...

...großen nicht!



Literaturverzeichnis

- **Bilder:**

<http://experts.ragtime.de/experts/files/Tropfen.png>

http://www.ariva.de/welle_a405485

<http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserwelle>

- **Informationen:**

<http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserwelle>