

Jugend forscht Wettbewerb 2012

Wie kann ich Häuser nachträglich erdbebensicher machen?

von Valentin Hohnhorst

<u>Thema</u>	<u>Inhaltsverzeichnis</u>	<u>Seite</u>
Kurzfassung		2
Einleitung: Vom Erdbeben zum Wackelbrett		3
Vorgehensweise: So simulierte ich Erdbeben		4
Wie bin ich vorgegangen?		4
Das Wackelbrett		4
Allgemeine Informationen zu den Experimenten		5
Diskussion und Probleme		6
Die Puppe		6
Ist der Stein heruntergefallen oder doch nicht?		6
Ergebnisse: Was hilft bei Beben am Besten?		7
Experimente mit unterschiedlichen Verbesserungsmaßnahmen		7
Experimente mit unterschiedlichen Fensterformen		8
Arbeiten mit der Bebenschnur (BSS) in unterschiedlichen Dicken und Spannweiten		10
Längs, quer, diagonal oder eine Kombination?		11
Endergebnis		13
Danksagung		13
Anlage 1: Wie habe ich mein Wackelbrett gebaut?		14
Anlage 2: Tabelle mit allen Experimenten und Ergebnissen		16
Quellenverzeichnis		17

Kurzfassung

Angeregt durch das tragische Erdbeben in Japan habe ich mich in einem Schulprojekt mit dem Thema "Erdbebensichere Hochhäuser" befasst. Ein wesentliches Ergebnis war, dass viele Menschen bei Erdbeben nicht in den meist schon sehr sicheren Hochhäusern, sondern in ganz normalen Wohngebäuden sterben. Das führte mich zu der Frage in diesem Wettbewerb „Schüler experimentieren“:

“Wie kann ich Häuser nachträglich erdbebensicher machen?”

Ich habe Hausmodelle gebaut und damit systematisch geforscht. Dazu baute ich ein sogenanntes Wackelbrett. Mit diesem habe ich Erdbeben simuliert. Anhand des Modellhauses habe ich herausgefunden, dass es viele Möglichkeiten gibt, um Häuser nachträglich erdbebensicherer zu gestalten.

Einen sehr guten Erdbebenschutz stellte die Bebenschnur (BSS) dar. Dies ist eine elastische Schnur, die über das Haus gespannt wird. Ich habe eine Reihe von Experimenten durchgeführt, um die Auswirkungen von Erdbeben bei unterschiedlichen Schutzmaßnahmen und bei unterschiedlichen Bebenschnurdauern herauszufinden.

Zum Auswerten der Schäden habe ich drei Kriterien entwickelt. Sie lauten:

1. Wie viele Dachziegel sind herabgestürzt?
2. Wie viele Steine sind heruntergefallen?
3. Wie geht es einem Bewohner, einer Puppe (Dummi), die ich in das Haus gestellt habe?

Das Gesamtergebnis meiner Tests lautet: Eine Bebenschnur ist ein einfaches und effektives Mittel, um den Schaden eines Erdbebens möglichst gering zu halten.

Am besten von allen getesteten Alternativen wirken zwei diagonal und sich kreuzende über das Dach eines Hauses gespannte elastische Schnüre. Erdbebenschäden an Häusern und Menschen können so reduziert werden.

Mit der Bebenschnur (BSS) plane ich noch weitere Experimente durchzuführen, und ich möchte herausfinden, welche Dicke eine solche Schnur für ein reales Haus haben müsste. Auch wäre interessant, wie eine solche BSS im Boden verankert werden sollte und wie der Spannweg in der Praxis sein sollte, wenn das Ergebnis meiner Simulation auf echte Häuser übertragen wird.

Einleitung: Vom Erdbeben zum Wackelbrett

Mein Thema ist "Wie kann ich Häuser nachträglich erdbebensicher machen?"

Die Idee kam so: Ich hatte an meiner Schule an dem sogenannten Drehtürmodell teilgenommen. Dabei ging ich jede Woche eine Stunde aus dem regulären Unterricht heraus und befasste mich mit dem Thema "Erdbebensichere Hochhäuser". Während ich daran arbeitete stellte ich fest, dass hohe Häuser fast immer schon sehr sicher gebaut sind und dass bei den meisten Erdbeben viele Menschen in normalen Häusern gestorben sind. Deshalb befasste ich mich dann mit dem Thema "Wie kann ich Häuser nachträglich erdbebensicher machen?"

Dazu brauchte ich "künstliche" Erdbeben und so baute ich ein so genanntes „Wackelbrett.“ Auf dem Brett führte ich verschiedene Versuche durch, in dem ich das Gerät jeweils drei Sekunden laufen ließ, um zu testen, ob meine An-/ Umbauten etwas taugen oder nur Geldverschwendung wären.

Zu jedem meiner Tests stellte ich eine Vermutung auf, die ich durch die Experimente überprüfen konnte. Es gibt zwar verschiedene Bauweisen mit denen man ein Haus erdbebensicher bauen kann, aber es gibt sehr wenige einfache Sachen um ein Haus nachträglich erdbebensicherer zu bauen. Ich habe in meiner Arbeit ein paar Ideen entwickelt. Mit diesen Prinzipien kann man auch verhindern, dass bei einem Erdbeben, wie dem in Japan, so viele Menschen sterben. Ich habe die Testergebnisse geprüft, indem ich sie miteinander verglichen habe. Wenn bei meinen Vergleichen von 3 Sekunden Erdbebeneinwirkzeit herauskam, dass mehrere Stoffe gleich gut sind, verglich ich sie auch noch in 10 Sekundentests miteinander. So habe ich herausgefunden, welches die besten Methoden zur Verbesserung sind. Teilweise war ich von den Ergebnissen sehr überrascht und hätte gedacht, dass sie anders ausfallen würden. Mehr dazu finden Sie im Ergebnisteil.

Vorgehensweise: So simulierte ich Erdbeben

Wie bin ich vorgegangen?

Bevor ich überhaupt mit meinen Experimenten anfangen konnte habe ich zusammen mit meinem Vater ein so genanntes "Wackelbrett" gebaut. Auf dem Brett kann ich Erdbeben simulieren und dadurch auch testen, ob meine Ideen etwas zur Lösung der Frage (Wie kann ich normale Häuser nachträglich erdbebensicher machen?) beitragen. Das Wackelbrett kann selbstverständlich ein Erdbeben nicht so genau wiedergeben, wie es in der Wirklichkeit passieren würde, aber man kann die Stärke des Erdbebens leicht verringern oder verstärken. Danach konnte ich mit dem Experimentieren beginnen. Im Anschluss daran habe ich Ideen entwickelt, wie man ein Haus sicherer machen kann. Dann habe ich die Ergebnisse miteinander verglichen und die besten weiter entwickelt und getestet.

Grafik 1¹: Das Wackelbrett



Das Wackelbrett

Das Wackelbrett simuliert ein Erdbeben mit Hilfe eines Elektromotors, der ein Rad antreibt. An dem Rad habe ich seitlich, nicht ganz mittig, eine Schraube angebracht. Dadurch entsteht eine Unwucht. Die Bauweise des Wackelbretts ist als Anlage 1 erklärt.

1: Alle Fotos wurden selbst erstellt

Allgemeine Informationen zu den Experimenten

Bei meinen Experimenten habe ich aus kleinen Ziegelsteinen ein Haus gebaut, das immer die Grundfläche 4,5 x 3 Steine hatte. Die Höhe betrug 5 Steine. Das Dach und die Position und Größe der Fenster war dagegen von einem Experiment zum anderen unterschiedlich. Ich habe eine Serie von Experimenten durchgeführt.

Teilweise hätte ich bei den Experimenten etwas andere Ergebnisse verglichen mit den davor gemachten Experiment erwartet. Das kann aber auch an der unterschiedlichen Akkuladung für den Wackelbrettmotor gelegen haben. Daher habe ich später die Experimente nochmals durchgeführt, diesmal mit stets vollem Akku. Wenn ich den gleichen Versuchsaufbau verwendete, erzielte ich vergleichbare Ergebnisse wie zuvor auch.

Ich habe bei allen diesen Experimenten das Haus immer 3, 10 und 30 Sekunden lang dem Rütteltest ausgesetzt. Später nahm ich auch 5 Sekunden dazu und ersetzte 30 durch 20 Sekunden. Meine Kriterien zum Vergleichen waren immer:

1. Wie viele Dachziegel sind herunter gefallen?
2. Wie viele Steine sind heruntergefallen?²
3. Wie geht es der Puppe, die im Haus stand?

Grafik 2: Haus vor und nach dem Erdbeben



Dies ist das einfache Haus mit zwei großen Fenstern und einer schmalen Tür.



Und das ist das Haus nach drei Sekunden Erdbeben.

2: Die Steine wurden ab Ebene 2 gezählt.

Diskussion und Probleme

Die Puppe

Ich habe mit einer Playmobil-Figur meines Bruders experimentiert. Doch die Puppe kann nicht das echte menschliche Verhalten nachstellen. Deshalb konnte ich manchmal auch nur abschätzen, wie es dem echten Menschen in so einer Situation gehen würde. Aufgrund dessen sind die Ergebnisse bei der Puppe nicht so wie es vielleicht in der Wirklichkeit wäre. Teilweise hätte sich in der Realität ein Mensch noch in den nicht eingestürzten Teil des Hauses retten können. Das konnte die Puppe nicht. Wenn das Haus auf dem Wackelbrett vollständig zerstört war, hätte auch kein echter Mensch Überlebenschancen.

Ist der Stein heruntergefallen oder doch nicht?

Diese Frage begleitete mich die gesamten Tests über, denn die Zahl der heruntergefallenen Steine war für mich ein Ausdruck der Zerstörung. Ich zählte die Steine zwar immer ab Ebene 2, aber manchmal passierte es, dass noch Steine übereinander lagen. Deshalb habe ich mich am Ende dazu entschieden, dass alle Steine, die nicht auf dem Boden lagen auch nicht herabgestürzt waren. Somit habe ich eine eindeutige Zählweise zur Messung der Erdbebenauswirkung gefunden.

Ergebnisse: Was hilft bei Beben am Besten?

Experimente mit unterschiedlichen Verbesserungsmaßnahmen

In meinem Ergebnisteil stehen alle Experimente und auch die Vorgangsweise und Probleme, die in meiner Arbeitszeit aufgetreten sind, erklärt. Am Ende steht auch noch mal kurz und bündig zusammengefasst das Endergebnis.

Ich habe Tests mit unterschiedlicher Bauweise, das heißt variabler Anzahl der Fenster und Dachkonstruktion, durchgeführt. Vor allem habe ich mich mit der Bebenschutzschnur (BSS) beschäftigt.

Nach 3 Sekunden Beben hatte ich folgende Ergebnisse:

Die Häuser mit

- Stabilitätsleine, (dazu gibt es später noch mehr Informationen) und
- verstärktem Dach

waren am erdbebensichersten.

Bei ihnen fielen jeweils keine Dachziegel und keine Mauersteine herunter. Die Puppe war nur umgefallen und nicht durch herabgestürzte Steine verletzt. Bei den Häusern war es unerheblich, ob die Fenster klein oder gar nicht vorhanden waren. Große Fenster dagegen bewirkten eine starke Zerstörung.

Nach 10 Sekunden Beben hatte ich folgende Ergebnisse:

Die Häuser, die bei 3 Sekunden Erdbeben am besten waren, schnitten auch bei 10 Sekunden am besten ab.

Nach 30 Sekunden Beben hatte ich folgende Ergebnisse:

Da ein richtiges Erdbeben extrem selten 30 Sekunden lang gedauert hat, habe ich die Versuche nur vereinzelt 30 Sekunden lang durchgeführt. Deshalb kann ich die Ergebnisse hier nicht vergleichen.

Nähere Informationen zu den einzelnen Experimenten gibt es später.

Fast alle meiner An- / Verbesserungsbauten lassen sich auch jetzt nachträglich an fast jedes Haus anmontieren. Anbauten waren unter anderem zwei Gummiseile, die über das Haus gespannt wurden.

Bei Verbesserungsbauten habe ich das Dach von einlagig auf zweilagig verbessert und die Fenster habe ich mal weg gelassen oder verkleinert. Fenster weglassen würde man zwar bei einem echten Gebäude nicht, aber ich habe es trotzdem getestet, weil ich wissen wollte, ob das auch etwas an der Stabilität verändern würde. Natürlich lohnt sich ein Umbau nur in erdbebengefährdeten Gebieten. Gefährdete Gebieten sind unter anderem Japan, Südeuropa und die Ostküste Südamerikas. Afrika ist dagegen gering gefährdet.³

³:Quelle:Internet
twww.bgr.bund.de/DE/Themen/ErdbebenGefahrungsanalysen/Seismologie/Seismologie/Erdbebenauswertung/Besondere_Erdbeben/besondere_erdbeben_node.html

Experimente mit unterschiedlichen Fensterformen

An einem Haus kann man viel verändern. Zum Beispiel die Form, die Größe und vieles mehr. Ich habe mich in einem meiner ersten Experimente mit der Fensterform befasst. Ich hatte zuerst einmal ein ganz normales Haus mit zwei großen Fenstern gebaut. Dabei stellte ich fest, dass die Mauer, die rund um die Fenster und die Tür war, besonders stark zerstört worden ist. Deshalb dachte ich, wenn man die Fenster verkleinert, dass dann nicht so viel zerstört werden würde.

Dieser Umbau zeigte bei 3 Sekunden ein etwa gleiches Ergebnis, wie bei großen Fenstern, aber bei 5 und 10 Sekunden konnte man eine positive Entwicklung beobachten. Außerdem habe ich auch einmal die Fenster ganz weggelassen. Als ich dies tat, sah man wiederum eine starke Verbesserung der Erdbebensicherheit.

Das sieht man auch noch mal in der Grafik bzw. Tabelle, die auf der nächsten Seite folgt.

Grafik 3: Tabelle zum Vergleich verschiedener Hausbauweisen

Ganz normales Haus mit zwei Fenstern und einer Tür

	<u>3 Sekunden</u>	<u>5 Sekunden</u>	<u>10 Sekunden</u>
Wie viele Dachziegel sind heruntergefallen?	1 von 6	3 von 6	6 von 6
Wie viele Mauersteine sind heruntergefallen?	2 Stück	19 Stück	alle
Wie geht es der Puppe im Haus?	ist umgekippt	ist umgekippt	ist begraben

Haus mit kleinen Fenstern und einer Tür

	<u>3 Sekunden</u>	<u>5 Sekunden</u>	<u>10 Sekunden</u>
Wie viele Dachziegel sind heruntergefallen?	1 von 6	1 von 6	5 von 6
Wie viele Mauersteine sind heruntergefallen?	6 Stück	6 Stück	fast alle
Wie geht es der Puppe im Haus?	ist umgekippt	ist umgekippt	ist begraben

Haus ohne Fenster

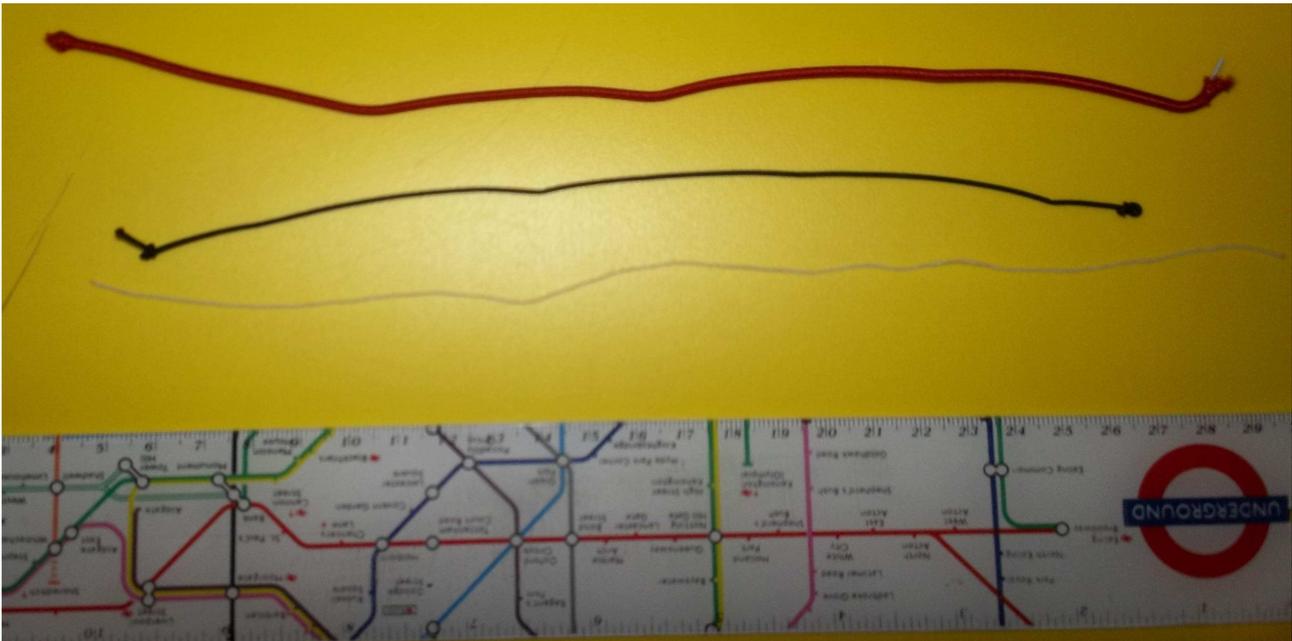
	<u>3 Sekunden</u>	<u>5 Sekunden</u>	<u>10 Sekunden</u>
Wie viele Dachziegel sind heruntergefallen?	0 von 6	1 von 6	3 von 6
Wie viele Mauersteine sind heruntergefallen?	0 Stück	5 Stück	28 Stück
Wie geht es der Puppe im Haus?	ist umgekippt	ist umgekippt	ist begraben

Arbeit mit der Bebenschutzschnur (BSS) in unterschiedlichen Dicken und Spannweiten

Als bester Schutz hat sich bis jetzt die Bebenschutzschnur (kurz BSS) erwiesen.

Natürlich müsste man die Dicke des Seils auf die Häuser anpassen, die gesichert werden sollen. Ich habe mich weiter mit der Schnur befasst und festgestellt, dass es sich auf jeden Fall lohnt, dieses Mittel zu benutzen. Sie drückt das Haus quasi zusammen und verhindert so, dass das Haus auseinander brechen kann. Ich habe mit drei unterschiedlichen Leinen experimentiert. Die Schnüre hatten alle eine andere Dicke und wurden auch anders gespannt.

Grafik 4: Darstellung der unterschiedlichen BSS-Typen



Auf dem Bild sieht man die drei Schnüre, die ich getestet habe. Oben ist die dickste und unten die dünnste. Das Lineal ist dafür da, damit man sich die Größe in der Wirklichkeit besser vorstellen kann.

Die weiße Schnur war die dünnste von den drei Schnüren. Nach einer gründlichen Inspektion ließ sich vermuten, dass die Schnur zu dünn sein wird, um das ganze Haus zu schützen.

Ich hatte mit meiner Vermutung Recht. Experimente mit längs gespannter BSS (Schnur parallel zur längeren Hausseite gespannt) zeigten folgendes: Bei 3 Sekunden hielt die Mauer noch, dennoch sah man schon ein paar Risse im Mauerwerk. Bei 5 Sekunden fielen schon 7 Steine aus der Mauer in das Haus und verletzten die Puppe, den Dummie, leicht.

Als ich die schwarze Leine (sie ist von mittlerer Dicke) längs über das Flachdachhaus spannte und das Wackelbrett 3, 5, 10 und 20 Sekunden laufen ließ, war ich von den Ergebnisse positiv überrascht. Es waren nämlich jedes Mal keine Dachziegel und außer bei 20 Sekunden auch keine Mauersteine heruntergefallen. Aufgrund dessen war die Puppe auch nur umgefallen und nicht verletzt. Bei einem zweiten Testdurchlauf blieb das Ergebnis bei 3 und 5 Sekunden gleich. Aber bei 10 Sekunden waren 1 Dachstein und 18 Mauersteine herabgestürzt.

Bei der roten Schnur, die mit einem Durchmesser von 2,5 mm auch die Dickste war, vermutete ich, dass das Ergebnis schlechter als bei der schwarzen Schnur ausfallen würde, da die Leine nicht so elastisch ist und sich so auch dem Erdbeben nicht so gut anpassen könnte. Man sah es zwar nur leicht, aber die Schnur drückte tatsächlich zu stark auf das Haus. Dadurch wurden in der Mitte Mauersteine herausgequetscht. Deshalb war das Ergebnis auch etwas schlechter als bei dem Experiment mit der schwarzen BSS.

Die schwarze Leine war bei meinen Ergebnissen fast immer am besten. Die rote Leine ist auch nicht schlecht. Die dünnste Leine war kein guter Erdbebenschutz.

Längs, quer, diagonal oder eine Kombination?

Nachdem jetzt geklärt ist, welche Leine man für mein Miniaturhaus nehmen sollte, tut sich eine weitere wichtige Frage auf. Wie muss das Seil gespannt werden?

Dafür gibt es auch wieder viele Möglichkeiten. Man könnte zum Beispiel ein Seil längs oder quer über ein Haus spannen. Oder vielleicht doch diagonal? Das ist die große Frage!

Ich vermutete, dass eine Kombination aus längs und quer gespannter Schnur am besten wäre, da so wahrscheinlich beide Seiten gedrückt würden und die Mauer nicht brechen würde.

Ich testete als erstes den diagonalen Spannweg mit der weißen Schnur. Das Testergebnis sah wie folgt aus: Bei 3, 5 und 10 Sekunden war mit dem Haus gar nichts passiert. Nur die Puppe war umgefallen. Als ich den Erdbebensimulator 20 Sekunden laufen ließ, waren keine der 6 Dachziegel und nur 6 Steine auf den Boden gefallen. Aufgrund dessen war die Puppe nur leicht verletzt. Ich war sehr überrascht, denn wie ich oben schon sagte, dachte ich an ein anderes Ergebnis. Aber solange das Ergebnis nicht schlechter als erwartet ausfällt, ist es ja auch nicht schlimm!

Als nächstes testete ich die von mir als beste Idee vermutete Lösung: Es war der Test mit der Kombination aus längs und quer gespannter BSS. An Schrauben, die ich vorher am Wackelbrett befestigt hatte, machte ich die Leinen fest und baute das Haus. Die Seile wurden längs und quer über das Haus gespannt. Die Auswertung zeigte, dass ich mich vertan hatte. Denn schon bei 5 Sekunden zeigte sich der erste Unterschied. Es waren 2 Steine heruntergefallen. Bei 20 Sekunden war fast das ganze Haus zerstört. Nur an den 4 Ecken stand die Mauer noch. Die Puppe hätte, wäre sie ein Mensch, das Erdbeben in diesem Haus wahrscheinlich nicht überlebt.

Grafik 5: Haus mit längs und quer gespannter weißer BSS nach 5 Sekunden Beben

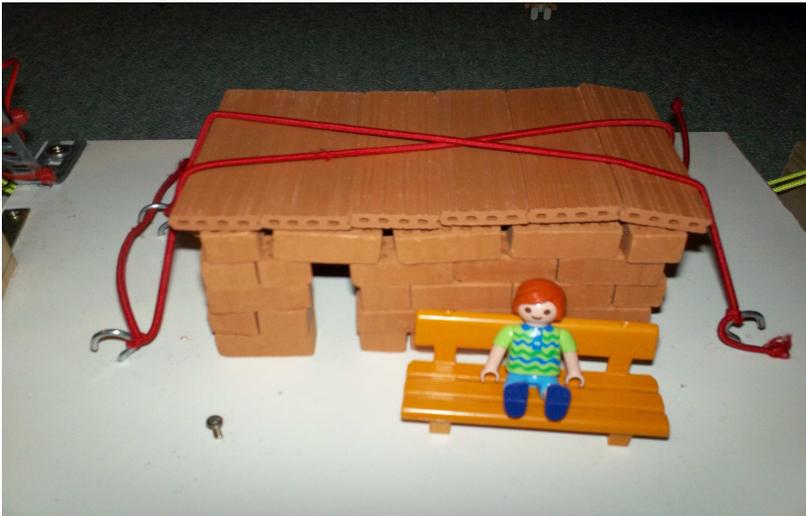


Als nächstes machte ich dieselben Tests mit der roten Schur. Ich erwartete wieder ein ähnliches Ergebnis.

Als erstes führte ich die Experimente mit der diagonal gespannten BSS durch. Die Ergebnisse, die ich in diesem Experiment bekam, waren die bis jetzt besten. Die Puppe fiel nur um, und am Haus waren keine Schäden zu sehen.

Danach spannte ich die Leine quer und längs über das Dach. Vom Dach waren bei keiner Messung Steine vom Dach gestürzt. Bei 20 Sekunden fielen 2 Steine herunter. Bei den anderen drei Testdurchläufen keine. Die Puppe war immer nur umgefallen.

Grafik 6: Haus mit diagonalen roter BSS



Zum Schluss testete ich die schwarze Schnur in der diagonalen Spannweise. Das Ergebnis bei 3 und 5 Sekunden blieb, wie bei der roten Kordel. 10 Sekunden endeten genauso, wie der Test bei 20 Sekunden mit der roten Schnur. Als ich den 20 Sekundendurchlauf machte fielen 5 Steine und 0 Dachziegel herunter. Der Dumme verletzte sich leicht.

Ganz zum Schluss stand noch ein letzter Test an. Ich baute das Modellhaus auf und befestigte die schwarze Leine längs und quer über am Haus. Die Dachkonstruktion blieb bei allen Tests unversehrt. Steine fielen nur bei 20 Sekunden auf den Boden. Es waren 6 Stück. Die Puppe wurde nur bei dem längsten Durchlauf verletzt.

Endergebnis

Das Endergebnis zeigte eindeutig, dass es viele Formen der Verbesserung gibt.

Als bestes Mittel hat sich die BSS erwiesen. Bei Einsatz der Schnüre waren die Auswirkungen der Zerstörung viel geringer als bei den anderen Mitteln. Die Schnüre können unterschiedliche Dicken haben. Die dünnste Bebenschutzschnur, die Weiße, war ungeeignet. Die beiden dickeren Schnüre (schwarz und rot) stellten einen guten Erdbebenschutz dar. Zwischen den beiden gab es kaum Unterschiede.

Ich habe herausgefunden, dass es außerdem nicht egal ist, wie man die Schnur spannt, denn bei den Testdurchläufen sah man, dass die diagonale Spannweise am sichersten ist.

Als Schlussfolgerung ziehe ich aus den Experimenten Folgendes:

- 1. Es gibt viele verschiedene Möglichkeiten, um Häuser nachträglich erdbebensicher zu machen.
- 2. Es gibt keinen absoluten Erdbebenschutz.
- 3. Eine BSS ist ein einfaches aber sehr wirkungsvolles Mittel.

Im Endergebnis habe ich herausgefunden, dass man Häuser mit einer Schnur nachträglich vor allzu großen Schäden bei Erdbeben bewahren kann. Die Schnur sollte elastisch und nicht zu dünn sein und diagonal über das Hausdach gespannt sein.

Danksagung

Ich danke meinem Lehrer Herrn Osterwind für sein Angebot der Wettbewerbsteilnahme und seine Hilfe und Unterstützung bei Fragen und Problemen. Außerdem danke ich meinem Vater für den gemeinsamen Bau des Wackelbretts und die Finanzierung der Baumaterialien. Zu guter Letzt danke ich meinem Bruder für die Ausleihe einer Spielfigur (Dummi) und für die gelegentliche Hilfe beim neuen Aufbauen des immer wieder durch Erdbeben zerstörten Hauses.

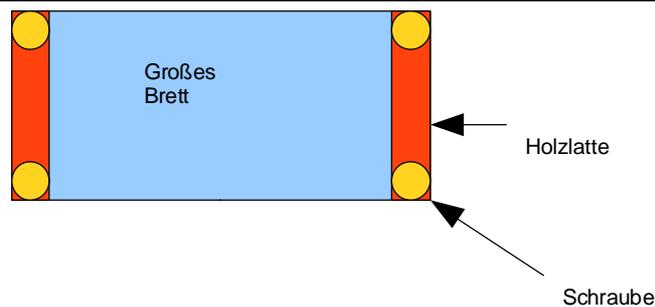
Anlage 1: Wie habe ich mein Wackelbrett gebaut?

Man braucht: 1 großes Holzbrett (43 x 26 x 2 cm)
1 kleines Holzbrett (33 x 25 x 2 cm)
2 Holzlatten (26 x 4 x 2 cm)
1 Holzlatte (11 x 4 x 2 cm)
1 Kunststoffrad (9 cm Durchmesser)
4 kurze Seile
1 Elektromotor, Kabel, Schalter und Batterien
Schrauben, Befestigungsmaterial und Muttern

Bauweise:

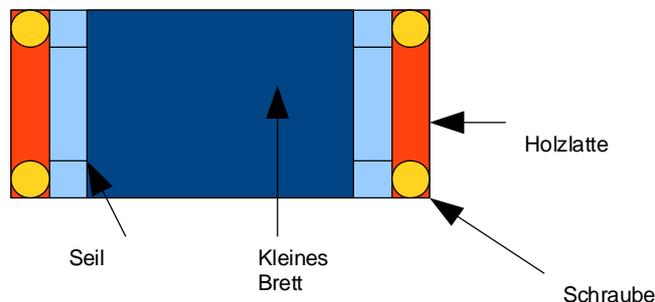
Als erstes müssen Sie die beiden Latten mit Kleber oder Schrauben an den breiten Seiten des großen Bretts befestigen. Dann müssen Sie jeweils eine Schraube an den oberen Ecken der Latten befestigen. Aber die Schraube darf nicht zu weit in das Brett geschraubt werden, damit Sie die kleinen Seile noch befestigen können. So sollte Ihr Brett jetzt aussehen:

Grafik A1: Draufsicht auf den ersten Bauabschnitt des Wackelbretts



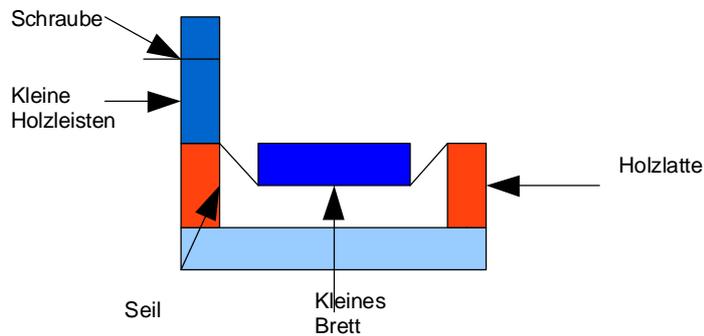
Nun können Sie jeweils eins der Seile an jede Schraube befestigen. Anschließend verbinden Sie die Seile jeweils mit einer Ecke des kleinen Bretts. Sie sollten darauf achten, dass das kleine Brett noch immer frei schwingen kann und es nicht den Boden berührt.

Grafik A2: Draufsicht auf den zweiten Bauabschnitt des Wackelbretts



Jetzt müssen Sie in die kleine Holzlatte möglichst weit oben ein Loch bohren. Danach befestigen Sie die Latte mit dem Loch nach oben in der Mitte an einer der beiden Querseiten.

Grafik A3: Seitenansicht zum dritten Bauabschnitt des Wackelbretts



Nun brauchen Sie das Kunststoffrad, das genau in der Mitte in Loch hat. Danach setzen Sie eine große Schraube durch das Loch in der Holzlatte. Jetzt sollten Sie noch ein Loch in das Rad hinein bohren, und zwar am Rand des Rads. Danach stecken Sie das Rad in die Mitte auf die Schraube in der Holzlatte. Jetzt hat das Rad eine Achse und kann sich drehen. Anschließend machen Sie das Rad noch mit Muttern fest. Jetzt setzen Sie eine weitere lange Schraube durch das selbst gebohrte Loch. Viel Spaß beim Experimentieren mit dem Wackelbrett.

Anlage 2: Tabelle mit allen Experimenten und Ergebnissen

Experiment	Bewertung	3 Sekunden	5 Sekunden	10 Sekunden	20 Sekunden
Normales Haus mit 2 Fenstern und einer Tür	Dachziegel Mauersteine Puppe	1 von 6 2 Stück ist umgekippt	entfällt entfällt entfällt	3 von 6 19 Stück ist umgekippt	6 von 6 alle ist begraben
Haus mit kleinen Fenster und einer Tür	Dachziegel Mauersteine Puppe	1 von 6 6 Stück umgefallen	entfällt entfällt entfällt	1 von 6 6 Stück umgefallen	5 von 6 fast alle verschüttet
Haus ohne Fenster	Dachziegel Mauersteine Puppe	0 von 6 0 Stück umgefallen	2 von 6 6 Stück umgefallen	3 von 6 28 Stück verschüttet	6 von 6 alle verschüttet
Haus mit kleinen Fenster und verstärktem Dach	Dachziegel Mauersteine Puppe	0 von 15 0 Stück umgefallen	entfällt entfällt entfällt	6 von 15 21 Stück umgefallen	15 von 15 alle (65) verschüttet
Haus mit weißer BSS / längs gespannt	Dachziegel Mauersteine Puppe	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 7 Stück leicht verletzt	0 von 6 15 Stück verletzt	6 von 6 alle (65) verschüttet
Haus mit weißer BSS / längs gespannt	Dachziegel Mauersteine Puppe	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 0 Stück umgefallen	alle alle verschüttet	alle alle verschüttet
Haus mit weißer BSS / diagonal gespannt	Dachziegel Mauersteine Puppe	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 5 Stück leicht verletzt
Haus mit weißer BSS / längs und quer gespannt	Dachziegel Mauersteine Puppe	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 2 Stück umgefallen	0 von 6 7 Stück leicht verletzt	4 von 6 48 Stück tot
Haus mit schwarzer BSS / längs gespannt	Dachziegel Mauersteine Puppe	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 0 Stück umgefallen	1 von 6 10 Stück umgefallen	1 von 6 12 Stück leicht verletzt
Haus mit schwarzer BSS / quer gespannt	Dachziegel Mauersteine Puppe	0 von 6 0 Stück umgefallen	1 von 6 1 Stück umgefallen	2 von 6 6 Stück leicht verletzt	4 von 6 28 Stück verschüttet
Haus mit schwarzer BSS / diagonal gespannt	Dachziegel Mauersteine Puppe	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 2 Stück umgefallen	0 von 6 5 Stück leicht verletzt
Haus mit schwarzer BSS / längs und quer gespannt	Dachziegel Mauersteine Puppe	0 von 6 1 Stück umgefallen	0 von 6 2 Stück umgefallen	0 von 6 8 Stück leicht verletzt	6 von 6 fast alle verschüttet
Haus mit roter BSS / längs gespannt	Dachziegel Mauersteine Puppe	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 1 Stück umgefallen	0 von 6 1 Stück umgefallen	0 von 6 5 Stück umgefallen
Haus mit roter BSS / quer gespannt	Dachziegel Mauersteine Puppe	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 0 Stück umgefallen	2 von 6 4 Stück leicht verletzt	4 von 6 20 Stück verschüttet
Haus mit roter BSS / diagonal gespannt	Dachziegel Mauersteine Puppe	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 0 Stück umgefallen
Haus mit roter BSS / längs und quer gespannt	Dachziegel Mauersteine Puppe	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 0 Stück umgefallen	0 von 6 2 Stück leicht verletzt

Ich zählte bei den Experimenten die Anzahl der Dachziegel und Steine, die nach dem Beben heruntergefallen waren.

Quellenverzeichnis

Weltkarte mit signifikanten Erdbeben seit 63 n. Chr.,

Herausgeber: BGR, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Quelle: Internet, www.bgr.bund.de/DE/Themen/Erdbeben-

[Gefahrungsanalysen/Seismologie/Seismologie/Erdbebenauswertung/Besondere Erdbeben/besondere_erdbeben_node.html](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Erdbeben-Gefahrungsanalysen/Seismologie/Seismologie/Erdbebenauswertung/Besondere_Erdbeben/besondere_erdbeben_node.html),

zuletzt aufgerufen am 7.1.2012