PlaNeT SimTech

Team 28

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung.....3

2. Hauptteil.....3

3. Schlussfolgerung.....3

1. Zusammenfassung

Um die Wiedervereinigung einer Nation zu feiern, wird die trennende Mauer zwischen den beiden Teilen auf einer großen Veranstaltung durchbrochen. Um den Symbolcharakter zu verstärken, soll auf große Maschinen verzichtet werden. Als Alternative dazu sollen sich Mariachi-Bands um den Durchbruch kümmern. Um auf eine Abschätzung darüber wie viele Bands benötigt werden, zu kommen wurden folgende Probleme bzw. Fragen analysiert und beantwortet:

- zur Verfügung stehende und benötigte Materialien/Instrumente
- Beschaffenheit der Mauer
- Ablauf eines geeigneten Verfahrens

Die Antworten wurden miteinander kombiniert und in Relation gesetzt.
Wir kommen somit auf ein Ergebnis, dass unter normalen Bedingungen 6 Mariachi-Bands benötigt werden um die Mauer in San Escobar zu durchbrechen, wenn diese die Aufgabe ohne Hilfe von anderen bewältigen sollen.

2. Einführung

Durch das Land San Escobar verlief viele Jahre eine Mauer, diese soll nun aufgrund der Wiedervereinigung beider Teile des Landes durchbrochen werden. Das Ereignis soll im Rahmen einer großen Feierlichkeit auf dem großen Marktplatz in Santo Subito vollzogen werden, um beide Nationen wieder zu vereinigen.. Um den Symbolcharakter zu verstärken soll die Mauer vor Publikum an einer Stelle von Mariachi-Bands zum Einsturz gebracht werden.
Im Folgenden soll auf die Frage eingegangen werden wie viele dieser Mariachi-Bands dazu benötigt werden, wenn keine anderen Hilfsmittel zur Verfügung stehen.

3. Hauptteil

In diesem Kapitel wird der Weg zur Modellierung beschrieben, die uns zu unserem Ergebnis gebracht hat.

3.1 Voraussetzungen:

Um zu einem guten Ergebnis zu kommen müssen einige Werte festgelegt und Annahmen gemacht werden.

1. Bezüglich der Mauer:
   Es muss sich sowohl auf ein Material sowie Länge, Dicke und Höhe der Mauer festgelegt werden. Die Mauer mit der hier gearbeitet wird besteht aus Betonplatten (B25) mit einer Breite von 1,50m, welche mit Mörtel aneinander befestigt sind . Sie hat eine Höhe von 3.4m und eine Dicke von 0.25m. Die Länge der Mauer kann zum Zeitpunkt der Veranstaltung festgelegt werden, da es sich nur um ein symbolisches Ereignis handelt und kann somit jede Länge annehmen.

2. Bezüglich der Mariachi-Bands:
   Hier ist wichtig zu wissen wie viele Mitglieder eine Band hat und welche Instrumente. Hier wird festgelegt, dass eine Band aus 10 Personen (mit 80kg/1,80m groß) besteht. Pro Band gibt es einer Harfe (30kg), fünf Geigen, zwei Gitarren, ein chilenisches Guitarrón und 2 Trompeten. Die Bands haben keine Verstärker.
3. „Puffer“
   Da es möglich ist, dass aufgrund von Krankheit oder Mängeln beim Material (Reißen von Saiten etc.) Musiker oder Instrumente Ausfälle entstehen werden als Reserve 20% mehr Bands eingeplant als theoretisch nötig.

3.2 Mögliche Lösungsansätze:

1. Über die Eigenfrequenz der Mauer:
   Die Mauer soll durch die Musiker so stark in Schwingung gebraucht werden, dass sie bricht. Um eine Amplitude zu erreichen, welche ausreicht um diesen Effekt zu erzielen muss die Frequenz der erzeugten Schwingung möglichst nahe der der Eigenfrequenz der Mauer liegen. Hier ergibt sich die Problematik, dass die Frequenz die sich als Eigenfrequenz für unsere Mauer ergibt in einem Bereich um 200Hz liegen müsste. Dieser Bereich ist mit Geigen und Harfen zwar zu erreichen, aber nur mit einer sehr geringen Lautstärke. Um so eine ausreichende Erregerschwingung zu erzeugen müsste ein sehr große Anzahl an Musikern spielen. Zusätzlich müssen sich alle Instrumente zu jedem Zeitpunkt in derselben Schwingungsphase befinden. Diesen Zustand zu erreichen und alle Musiker in eine guten Position an, an der der Schall die Mauer trifft zu bringen ist nahezu unmöglich. Die Schallbelastung für die Musiker wäre zudem enorm.

2. Da Ansatz 3.2.1 schwer zu realisieren scheint, muss ein neuer Ansatz gewählt werden. Die Instrumente werden jetzt als Werkzeuge umfunktioniert und es wird versucht die Mauer an zwei Stellen vom Rest zu lösen und nur noch einen kleinen Teil zum Einsturz zu bringen. Die Saiten der Instrumente werden als Sägen umfunktioniert. Mit ihnen wird am Übergang zwischen zwei Platten in die Mörtelfuge ein dreieckiges Loch gesägt. Der Spalt hat oben eine Breite von 5cm und eine Tiefe von 20cm. Voraussetzung dafür ist, das die Fugen zumindest am obersten Punkt 5cm breit sind, was aber durchaus möglich ist, da dort Abbruchkanten wahrscheinlich sind, welche mit Mörtel ausgefüllt wurden. Der Mauerabschnitt kann auch unter diesem Gesichtspunkt ausgewählt werden. Trompeten (gefüllt mit Mörtel) werden danach als Keile benutzt und in die vorgefertigten Löcher geschlagen. Dadurch entstehen Risse in

Mörtel, welche sich bis nach unten durchziehen. Am Boden wird mit den nicht benötigten Instrumenten ein Feuer gemacht um den Beton brüchiger zu machen. Abschließend werden Harfe als „Rammbock“ umfunktioniert. Zwei Gruppen mit jeweils drei Musiker rennen mit jeweils einer Harfe zeitgleich gegen das abgetrennte Mauerstück um es endgültig zum Einsturz zu bringen.

3.3 Konkretisierung:

Eine Mariachi-Band besteht aus: 1 Paraguay-Harve mit 36 Saiten[1], 4 Geigen mit jeweils 4 Saiten[2], 2Gitarren mit jeweils 6 Saiten[3], 1 chilenisches Guitarrón mit 25 Saiten[4]

Zusammen kommen wir auf 89 Saiten pro Mariachi-Band, wobei die 9 obersten Saiten der Harfe zu kurz zum Zerschneiden der Betonmauer sind. Wir bündeln die Saiten zu 5er Strängen, sodass wir bei 80 benutzbaren Saiten 16 Stänge bekommen.

Wir gehen davon aus, dass man mit einem Strang etwa einen Zentimeter in den Mörtel der Betonmauer sägen können.

Wir wollen einen Keil von 5cm breite und 20cm Tiefe in Mauer sägen. Man sägt also pro Keil knapp über 40cm . Beim Sägen von 80cm Mörtel benötigt man demnach 80 Stränge, was bei 16 Strängen pro Band insgesamt fünf Bands bedeutet, die man zum Sägen der Keile zur Verfügung stehen müssen.

Das nächste Ziel ist nun, dass abzureißende Mauerstück vom Rest der Mauer zu lösen um das „Umwerfen“ zu erleichtern.

Nachdem die Keile in die Mauer gesägt wurden, wird nun der Trichter einer Trompeten in jeweils einen Spalt eingeführt. Wir legen 2 Trompetentrichter ineinander für eine höhere Stabilität, außerdem werden die Trichter noch mit festem Material ausgefüllt, wie zum Beispiel dem Mörtel der zuvor heraus gesägten Keile. Auf die Trichter wird die Grundplatte einer Gitarre (evtl. zwei übereinander) gelegt. Auf dieser Platte hüpfen oder stampfen die Musiker jetzt so lange, bis sich die Trichter in die Fugen bewegen und dadurch ein Riss entsteht, der möglichst bis zum Boden geht.

Mit den Instrumenten die nicht benötigt werden errichtet man ein Feuer möglichst nahe an der Mauer um das Material dort brüchiger zu machen.

1https://de.wikipedia.org/wiki/Harfe#Lateinamerikanische_Harfen

2https://de.wikipedia.org/wiki/Violine

3https://de.wikipedia.org/wiki/Gitarre#Stimmung_und_Tonumfang

4https://de.wikipedia.org/wiki/Guitarr%C3%B3n

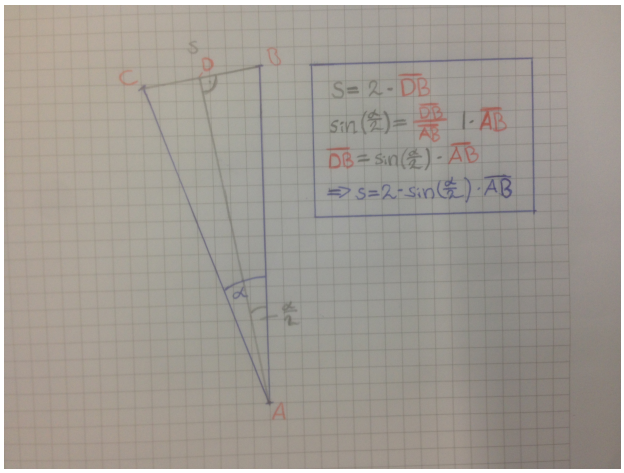
Als letzter Schritt muss jetzt noch die Mauer umgeworfen werden. Dafür rennen zwei Gruppen mit je drei Personen und einer Harfe gegen das Mauerstück (Angriffspunkt bei einer Höhe 1,70m) bis es umfällt.

Das Volumen des Betonteils beträgt V=3,4m*1,5m*0,25m = 1,275m^3. Mit einer Dichte von Beton (ρ=2400kg/m^3)[5] ergibt sich eine Masse von m=2400kg/m^3 * 1,275 m³ = 3,06 t.

1. Rissbildung

Wir gehen davon aus, dass wenn sich die äußere Kante um einen halben Zentimeter hebt, dass sich dann ein Riss durch die ganze Breite der Mauer ausbreitet. Der Winkel beträgt dann

$$\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)=\frac{5*10^{-3}\,m}{0.25\,m*2}$$
$$\alpha\approx 0{,}286\,°$$



Mit einer mittleren Zugfestigkeit f_{ctm} von 2,2 $\frac{N}{mm^2}$ (Beton B25)[6] ergibt sich die benötigte Kraft mit

$$F_1=f_{ctm}*d*l$$
$$F_1=2{,}2\frac{N}{mm^2}*1{,}5\,mm*1500\,mm$$
$$F_1=1650\,N$$

Die Auslenkung bei 1,7 m beträgt

$$\sin(0{,}286\,°)=\frac{1}{2}*\frac{s_1}{1{,}70\,m}$$
$$3{,}40\,m*\sin(0{,}286\,°)=s_1$$
$$s_1=0{,}017\,m$$

Für die notwendige Energie W ergibt sich mit $W_1 = F_1 * s_1 = 28$ J.

2. Über den Schwerpunkt kippen

Um das Betonteil umzuwerfen, muss der rechte, obere Eckpunkt über dem schräg gegenüberliegenden Eckpunkt (unten links) sein. Für den Auslenkungswinkel ergibt sich dann

$$\tan(\beta)=\frac{b}{h}$$
$$\tan(\beta)=\frac{0{,}25}{3{,}4}$$
$$\beta=4{,}2\,°$$

Um diese 4,2° wird das ganze gekippt, es wird also auf der einen Seite um die Strecke d erhöht mit

$$\tan(\beta)=\frac{d}{b}$$
$$d=0{,}25\,m*\tan(4{,}2\,°)$$
$$d=0{,}018\,m$$

---

5 https://de.wikipedia.org/wiki/Beton#Rohdichte

6 https://de.wikipedia.org/wiki/Beton#Festigkeitsklassen

Insgesamt wird dafür die gleiche Kraft benötigt, wie wenn das ganze Betonteil um die halbe Strecke erhöht wird

$$W_2 = m * g * \frac{d}{2}$$

$$W_2 = 3060\,kg * 9{,}81\,\frac{m}{s^2} * 0{,}009\,m \quad W_2 \approx 270\,J$$

Für den Impuls ergibt sich dann

$$p = \sqrt{2 * m_{Beton} * (W_1 + W_2)}$$

$$p = \sqrt{2 * 3060\,kg * (28\,J + 270\,J)}$$

$$p = 1350\,\frac{kg * m}{s}$$

Wenn 2 Teams mit der Harfe gegen die Betonmauer rennen, müssen sie jeweils nur den halben Impuls übertragen. Für eine Gesamtmasse der Teams von 270 kg ergibt sich für ihre Anlaufgeschwindigkeit v

$$v = \frac{p}{2 * m_{Team}}$$

$$v = \frac{1350\,\frac{kg * m}{s}}{2 * 270\,kg}$$

$$v = 2.5\,\frac{m}{s}$$

$$v = 9\,\frac{km}{h}$$

was gut machbar ist.

3.4 Kritik:

An mehreren Punkten ist die dargestellte Methode schwer in der Realität umzusetzen. Am offensichtlichsten ist wohl der Punkt, dass die Instrumente nach dem Durchbrechen der Mauer nicht mehr zu benutzen. Das ist wirtschaftlich (und emotional) ein großer Verlust für die Musiker. Auf der anderen Seite müssen so bedeutend weniger Musiker bezahlt werden um die Mauer zu zerstören, was den Verlust vermutlich ausgleicht und auf dem Marktplatz Platz für Publikum lässt, die dem Ereignis beiwohnen können.

Außerdem beruht das Modell auf vielen Annahmen, die nicht belegt werden können. Das Porösmachen durch Feuer ist auf der einen Seite nicht einberechnet, auf der anderen Seite wiederum sind auch Reibungen beim Umstürzen der Mauer nicht sodass sich beides eventuell wieder relativiert.

Ein weiterer Punkt ist der Sicherheitsaspekt. Bei Arbeiten, wie Sägen und Hämmern befinden sich die Musiker in einer Höhe von über drei Metern ohne wirkliche Absicherung. Die Absturzgefahr ist dabei sehr groß.
Beim Umstürzen der Mauer ist zudem die Gefahr von Steinschlägen gegeben.
Insgesamt ist die Idee eine Mauer nur durch Musiker zum Einsturz zu bringen nicht effektiv, und wäre durch andere Maßnahmen weitaus effizienter und sicherer. Auch die Mauer zuerst mit anderen Mitteln wie zum Beispiel einer Sollbruchstelle zu präparieren würde die Sache einfacher machen und beschleunigen. Man kann nämlich davon ausgehen, dass vor allem das

Sägen eine lange Zeit in Anspruch nimmt welche für das Publikum vermutlich nicht besonders interessant ist.

4. Schlussfolgerung

Die Werte mussten alle recht frei gewählt werden. Durch genauere Angaben bezüglich der Mauer und Gewicht der Instrumente und Musiker könnten die Rechnungen genauer durchgeführt werden, und somit auch ein exakteres Ergebnis erzielt werden. Auch genauere Simulationen bezüglich der Spannung auf den Saiten etc. wären hilfreich. Da die gesamte Situation recht konstruiert ist wird in Realität wohl nie eine Mauer auf diese Weise durchbrochen weder.