

●Hagenberg ●Linz ●Steyr ●**Wels**

Dokumentation

**Pendulum Painter**

|  |  |
| --- | --- |
| **Datenaufbereitung/Visualisierung** | |
| Thema | Lastdatenermittlung |
| Betreuer | DI(FH) Dr. Christoph Heinzl |
| Name / Matrikelnummer | Julian Kastenhuber / S2010566006  Patrick Holzer / S2010566005 |
| Masterstudiengang | Entwicklungsingenieur\*in Maschinenbau |
| Abgabe | 08.02.2022 |

Inhaltsverzeichnis

[1 Aufgabenstellung 3](#_Toc95210572)

[2 Vorbereitung 3](#_Toc95210573)

[2.1 Konfiguration von Boost 3](#_Toc95210574)

[2.2 Konfiguration und bauen von VTK in Qt 4](#_Toc95210575)

[3 Klassen 5](#_Toc95210576)

[3.1 ShericalPendulum::SphericalPendulum 5](#_Toc95210577)

[4 GUI 7](#_Toc95210578)

[5 Ergebnis 7](#_Toc95210579)

[6 Abbildungsverzeichnis 8](#_Toc95210580)

[7 Tabellenverzeichnis 8](#_Toc95210581)

# Aufgabenstellung

Beim sogenannten „Pendulum Painting“ führt ein an einer Schnur befestigter Farbkübel mit einem Loch eine Pendelbewegung aus. Dadurch können verschiedenste Muster, je nach Auslenkung und Geschwindigkeit entstehen. Das führt zu kreativen Bildern, wie in Abbildung 1‑1 zu sehen ist.

Ein Bild, das drinnen, gelb, Briefpapier, Umschlag enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Abbildung 1‑1 „Pendulum Painting“

Das Prinzip dahinter ist auf das Newtonsche Gesetz zurückzuführen, das wir in der Dynamik kennengelernt haben und mittels Lagrangeschen Mechanik werden die Bewegungen hergeleitet.

Daraus ergibt sich eine Aufgabe, wo Grundelemente des Maschinenbaustudiums mit der visuellen Programmierung in C++ verknüpft werden.

# Vorbereitung

## Konfiguration von Boost

1. Laden Sie Boost\_1.78.0.zip Datei herunter (<https://www.boost.org/users/history/version_1_78_0.html>)
2. Entpacken der zip Datei nach z.B “C:\boost\_1\_78\_0“. Beliebiger Pfad wählbar, aber nachfolgende Anweisungen beziehen sich dann immer auf diesen Pfad.
3. Öffner der Kommandozeile in diesem Ordner (Rechtsklick und öffnen des Windows Terminals)
   * In der Kommandozeile “bootstrap.bat“ eingeben und dann wird boost vorbereitet für den Build.
   * Ist die Vorbereitung abgeschlossen “.\b2“ eingeben und jetzt wird boost gebildet (kann paar Minuten dauern).
4. Build abgeschlossen, wenn steht “The Boost C++ Libraries were successfully built!“

## Konfiguration und bauen von VTK in Qt

1. Starten sie CMake (cmake-gui)
2. PendulumPainter Projekt  bauen
   * Feld - "Where is the source code": Klicken sie auf Browse Source und selektieren sie als Quellpfad den Ordner "C:\Tools\Src\project\PendulumPainter" bzw. entsprechenden anderen Pfad, wo Sie den Source Code abgelegt haben.
   * Feld - "Where to build the binaries": Geben sie den Pfad " C:\Tools\Pro\project\PendulumPainter" ein. In diesen Ordner wird das PendulumPainter Projekt gebaut bzw. entsprechenden anderen Pfad, wo Sie das PendulumPainter Projekt bauen möchten.
3. Konfigurieren sie ihren PendulumPainter build:
   * Drücke "Configure".
   * Aktivieren der Checkbox "Advanced" um alle Einträge zu sehen.
   * Wahrscheinlich erhalten Sie eine Fehlermeldung, dass VTK\_DIR nicht gefunden werden konnte. Klicken Sie in diesem Fall auf die 3 Punkte im Feld VTK\_DIR und setzen Sie die Variable VTK\_DIR auf "C:/Tools/Pro/vtk", das ist der Ordner, wo VTK gebaut wurde. Ist VTK woanders gebildet, dann entsprechend diesen Pfad angeben.
   * Drücke nochmals "Configure" (müsste um vieles Schneller sein).
   * Wenn immer noch Fehler auftreten, sollten Ihnen die entsprechenden Meldungen einen Hinweis darauf geben, was zu tun ist, um sie zu beheben.
   * Wenn keine Fehler mehr auftreten und am unteren Ende des Protokolls "Configuring done" angezeigt wird, drücken Sie auf "Generate".
4. PendulumPainter ist nun bereit, Sie können auf „Open Project“ klicken. Stellen Sie sicher, dass mit der richtigen Visual Studio Version geöffnet wird, falls mehrere Versionen installiert sind.
5. Projektmappe erstellen
   * Die Debug-Konfiguration sollte in Visual Studio vorausgewählt sein. Über Erstellen >> Projektmappe erstellen kann der Build ausgelöst werden.
   * Wenn der Build ohne Fehler abgeschlossen wurde, sollte PendulumPainter betriebsbereit sein.
6. Legen Sie "PendulumPainter" als Startprojekt fest. Dazu klicken wir im Projektmappen-Explorer mit der rechten Maustaste auf unser "PendulumPainter"-Projekt (direkt unter ALL\_BUILD) und wählen "Als Startprojekt festlegen". " PendulumPainter " sollte nun in fetter Schrift erscheinen. Dieses Projekt ist nun als Startprojekt ausgewählt.
7. Entsprechende Pfade definieren:  
   Da wir unserem Programm mitteilen müssen, in welcher Umgebung es laufen soll, d.h. auf welche Bibliotheken und \*.dlls es Zugriff haben soll, müssen wir die Umgebung angeben. Dies kann durch einen weiteren Rechtsklick auf das Projekt " PendulumPainter " im Projektmappen-Explorer geschehen. Ganz unten finden Sie den Menüpunkt "Eigenschaften". Klicken Sie diesen an und es öffnet sich ein weiteres Fenster mit allen Projekteigenschaften.
   * Unter Debugging, um alle Debugging bezogenen Einstellungen dieses Projekts anzuzeigen. Suchen Sie nach dem Eintrag „Umgebung“ und geben Sie unsere Umgebung ein: PATH=$(PATH);C:\Tools\Pro\vtk\bin\Debug;C:\Qt\5.15.2\msvc2019\_64\bin; (Stellen Sie sicher, dass Sie das ";" am Ende nicht vergessen. Andernfalls werden die Dlls möglicherweise nicht gefunden.
   * Um Zugriff auf die Boost Bibliothek zu haben, müssen wir noch unter C/C++ >> Allgemein >> Zusätzliche Includeverzeichnisse den Boost Pfad hinzufügen. Dazu rechts über das Dropdown bearbeiten anklicken und eine neue Zeile hinzufügen mit dem Pfad “C:\boost\_1\_78\_0“. Weiters muss unter Linker >> Allgemein >> Zusätzliche Bibliotheksverzeichnisse folgender Boost Pfad hinzugefügt werden. Dazu wieder rechts über das Dropdown bearbeiten anklicken und eine neue Zeile hinzufügen mit dem Pfad “ C:\boost\_1\_78\_0\stage\lib“.
   * Bestätigen Sie die eingegebenen Einstellungen durch Drücken von ok.
8. PendulumPainter sollte jetzt startbereit sein. Drücken Sie die Wiedergabetaste neben dem lokalen Windows-Debugger im oberen Bereich von Visual Studio.

# Klassen

## ShericalPendulum::SphericalPendulum

In dieser Klasse werden alle mathematischen Algorithmen durchgeführt. Das Herzstück ist die Lösung der Differenzialgleichen für das 3D-Pendel. Als Grundlage für die Aufstellung der Lagrangeschen Bewegungsgleichungen dient das ungedämpfte spärische Pendel (Abbildung 3‑1) aus dem Mechanik Vorlesungsskriptum (Steiner, 2015, pp. 108-112).

Ein Bild, das Antenne enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Abbildung ‑ Sphärisches Pendel (auch Raum- oder Kugelpendel) (Steiner, 2015, p. 109)

Die dort aufgestellten Bewegungsgleichungen (5.41) und (5.42) werden um den Beitrag der Dämpfungskräfte erweitert.

Daraus ergeben sich die Lagrangeschen Bewegungsgleichungen

Aus denen erhält man die Differenzialgleichungen 2.Ordnung, die nach dem Umformen folgendermaßen angeschrieben werden können

Um die Differenzialgleichungen (Ordinary Differenial Equation – ODE) mit odeint aus der boost Bibliothek lösen zu können, muss eine Orderreduktion ODEs 1.Ordnung durchgeführt werden.

x[0] x[1] dxdt[0] dxdt[1]

x[2] x[3] dxdt[2] dxdt[3]

Das heißt, die ODEs 2. Ordnung werden in folgende ODEs 1. Ordnung übergeführt

dxdt[0] = x[1];  
dxdt[1] = x[3] \* x[3] \* sin(x[0]) \* cos(x[0]) - g / r \* sin(x[0]) - d \* x[1] / m;  
dxdt[2] = x[3];  
dxdt[3] = -((2 \* x[3] \* x[1] \* cos(x[0])) / sin(x[0])) - d \* x[3] / m;

Dieses Differenzialgleichungssystem ist in der Function SphericalPendulum::defineODESystem definiert.

Das ODE-System wird dann in die Funktion SphericalPendulum::integrateODE übergeben. Die Startwerte, Berechnungszeit, Pendellänge sowie der Dämpfungsparameter werden über das GUI vom Benutzer eingegeben und mittels set-Funktionen in der Klasse definiert. Die Lösung des ODE-Systems wird mittels Vector- und Matrixreferenzen ausgegeben.

Durch eine get-Funktion SphericalPendulum::getMatVTK werden die benötigten Winkeländerungen pro Zeitschritt für die 3D-Pendelbewegungen sowie die x- und y-Koordinaten für die Darstellung der 2D-Kurve in einer Matrix ausgegeben.

# GUI

# Ergebnis

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | **Drosselklappenstellung** | | |
| **10°** | **30°** | **50°** |
| **Drehzahl** | **1500 1/min** | X | X | X |
| **2000 1/min** | X | X | X |
| **2500 1/min** | X | X | X |

Tabelle 5‑1: Testplanung Kennfeld

# Abbildungsverzeichnis

[Abbildung 1‑1 „Pendulum Painting“ 3](#_Toc95210582)

[Abbildung 3‑1 Sphärisches Pendel (auch Raum- oder Kugelpendel) (Steiner, 2015, p. 109) 5](#_Toc95210583)

# Tabellenverzeichnis

[Tabelle 5‑1: Testplanung Kennfeld 7](#_Toc95210584)