

TM Applet Projekt 2012 am Lehrstuhl für numerische Mechanik

Technische Universität München

Dokumentation Kreisel Simulator

Stefan Held und Harald Willmann

1. Einleitung
2. Modell
3. Programm, Bedienfelder und Benutzerhinweise
4. Danksagung

Zu 1.

Dieses Applet entstand nach Anregung eines Experimentes aus der Vorlesung, bei dem eine Versuchsperson ein Rad (hier grün) in der Hand hält und eine zweite Person das Rad gleichmäßig auf eine Drehgeschwindigkeit bringt (mittels Handbohrmaschine). Die erste Person steigt dann auf eine drehbare Scheibe (hier hellblauer Torus) und kippt mit seinen Armen die Radachse gleichmäßig in eine beliebige Richtung. Die Mechanische Erkenntnis des Experiments liegt in der Beobachtung der Drehbewegung der Versuchsperson auf der Drehbaren scheinbe als Ganzes. Da dieses Experiment einige Gerätschaften und vor allem einigen Platz benötigt, können Studenten, die keins von beidem haben, es mit diesem Applet nachvollziehen (simulieren) und dabei beliebige verschiedene Anfangswerte ausprobieren.

Das ganze Projekt war wie zwei und vier Jahre zuvor ursprünglich für das Sommersemester geplant, wurde aber dann auf die folgenden Semesterferien und bis Anfang des Wintersemesters verlängert.

Das Applet ist auf der Plattform Eclipse (<http://www.eclipse.org/>) in Java programmiert und verwendet für die Visualisierungen die Java Bibliothek javaview (<http://www.javaview.de/>).

Zu 2.

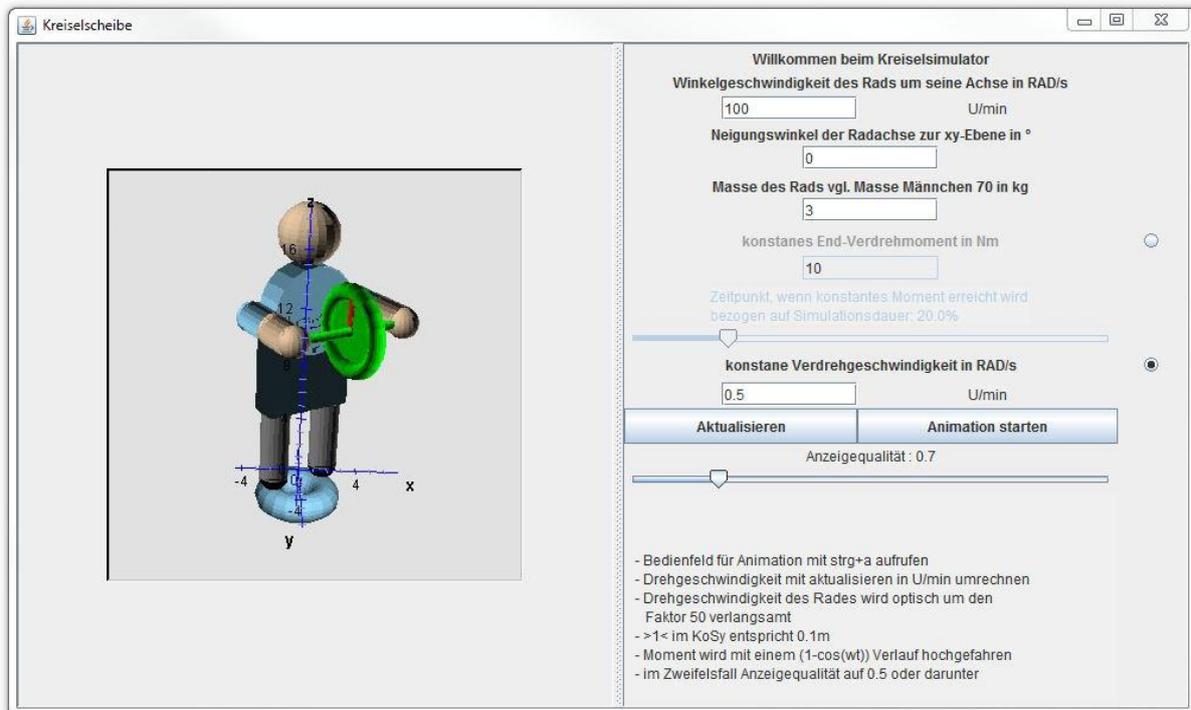
Die Trägheitsmomente des Rads und des Männchens werden durch die Eingabe der Masse des Rads durch den Nutzer und mit der Masse 70kg des Männchens festgelegt. Die konkreten Trägheitsmomente werden dann mit Längen der Größe Koordinaten*0.1m Meter berechnet. Also ein Schritt auf den Achsen in der Vorschau entspricht genau 0.1m. Die Differentialgleichungen für die Bewegung in drei Freiheitsgraden (Drehung des Männchens als Ganzes, Rotation des Rades um seine eigene Achse, und Verkipfung der Radachse gegen die xy-Ebene) wurden mit einem Langrange Ansatz aufgestellt und mit einem expliziten Vorwärts-Euler Verfahren mit einem Zeitschnitt der Länge 1ms (unsichere Angabe ermittelt bei einer Simulationsdauer von exakt 5sek, unten mehr dazu) gelöst.

Die Anfangswerte, für die eine Eingabe vorgesehen ist, können prinzipiell beliebig sein, und sind über Vorzeichenwahl in alle Richtungen möglich. Die Plausibilität der Vorgaben wird nicht geprüft, sodass der Nutzer auch unrealistische hypothetische Kombinationen (z.B. Rad 100kg oder aufgebracht

Moment über 1000Nm) simulieren kann, welche mit einem Experiment nicht mehr darstellbar wären.

Zu 3.

Es folgt nun der statisch Bereich des Applets mit dem Eingabefeld rechts und der Vorschau links.



Im Eingabebereich hat der Nutzer erst einmal drei Anfangswerte vorzugeben. Es sind von oben nach unten die Winkelgeschwindigkeit des Rades um seine eigene Achse im Ausgangszustand, die Neigung der Radachse zur xy-Ebene und die Masse des Rades im Vergleich zum Männchen (70kg) vorzugeben.

Für die letzte Vorgabe hat der Nutzer nun zwei Optionen von denen nur eine auswählbar ist. Nämlich erstens er gibt ein konstantes Verdrehmoment senkrecht auf die Radachse, oder zweitens er gibt eine konstante Verdrehgeschwindigkeit der Radachse vor.

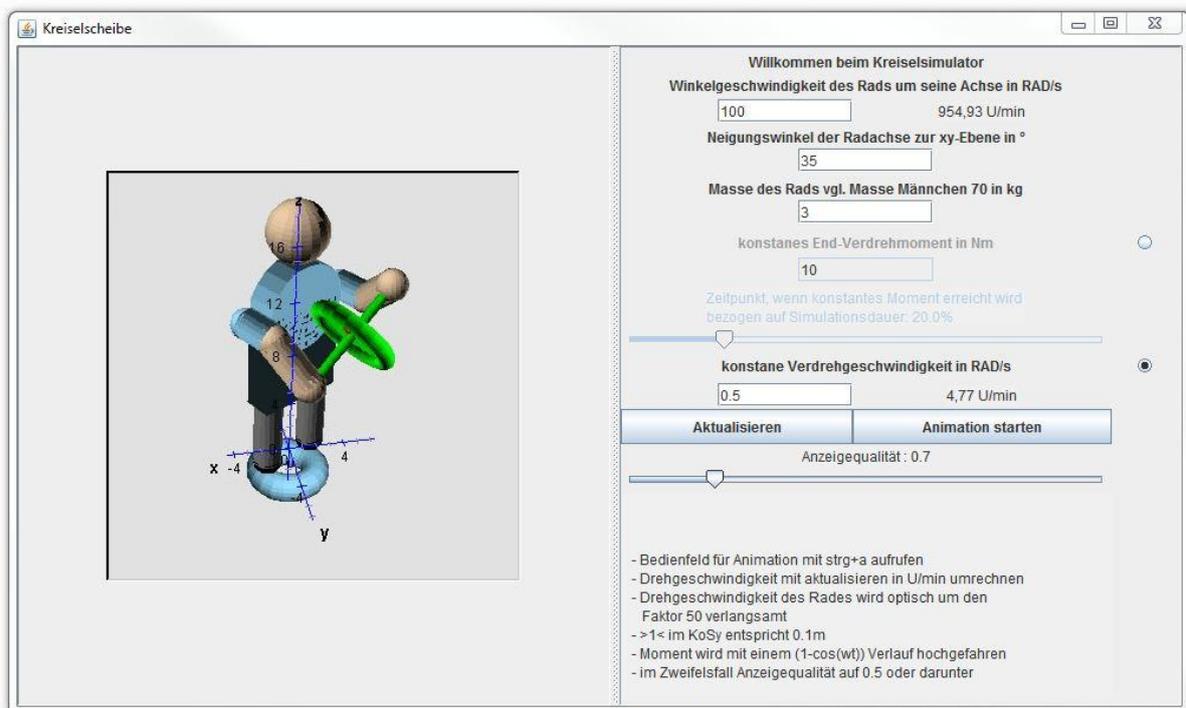
Entscheidet sich der Nutzer dafür das Moment vorzugeben wird ebenfalls der Schieberegler „Zeitpunkt, wenn konstantes Moment erreicht wird bezogen auf Simulationsdauer“ aktiv. Damit steuert der Nutzer den Anfahrvorgang des Moments. Wenn zum Beispiel wie in der Ansicht 20% eingestellt sind und die Simulation 5sek dauert dann ist das Moment auf das Rad nach einer Sekunde konstant. Das Moment wird mit einer $1-\cos(w*t)$ Funktion hochgefahren. Die Auswirkung eines „plötzlich“ also sprunghaft aufgeprägten Moments lassen sich damit auch simulieren (0% eingestellt). Jedoch treten dabei Schwingungseffekte auf, die nicht dem Verständnis des eigentlich bei diesem Programm interessanten Effektes dient, nämlich der Auswirkung der Verdrehung der Radachse auf die Drehung des Männchens auf der Scheibe aufgrund der Drallerhaltung.

Die Auswahl einer der beiden Optionen ist schwierig und führt auch zu unterschiedlichen Ergebnissen in der Simulation. Letztlich ist beides einigermaßen realistisch, jedoch die Wahrheit liegt irgendwo dazwischen. Zum Einen wird die Versuchsperson versuchen die Radachse gleichmäßig zu verdrehen und übernimmt dabei koordinativ die Regelung. Da die Versuchsperson menschlich

individuell ist und keine überdimensionierte Maschine, stößt sie an ihre Grenzen, sodass ein Moment nicht beliebig groß bereitgestellt werden kann um die gleichmäßige Verdrehung aufrecht zu erhalten. Die spätere Simulation wird unabhängig von allen Eingaben in ein Limit von 70° in der Verdrehung der Achse laufen, wo das Rad durch ein Moment in die Gegenrichtung abgebremst und anschließend in der Neigung festgehalten wird. D.h. auch wenn der Nutzer einen Anfangswert außerhalb dieses Bereichs eingibt passiert nicht viel Interessantes in der Animation.

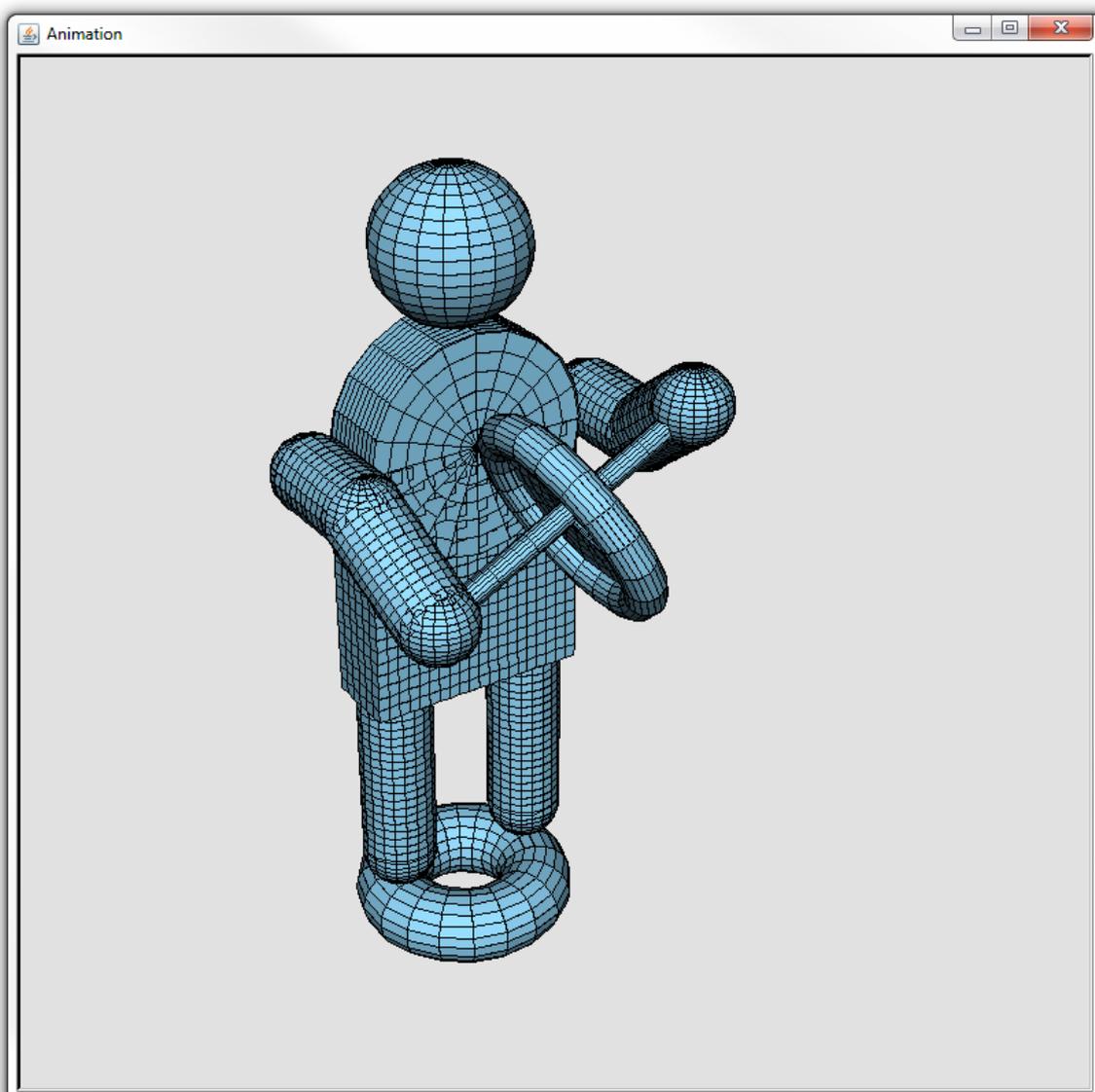
Die zwei folgenden Buttons „Aktualisieren“ und „Animation starten“ aktivieren dann die nötigen Berechnungen und Visualisierungen.

Der Button „Aktualisieren“ visualisiert die Anfangsneigung der Radachse und rechnet die Eingaben der Winkelgeschwindigkeiten in eine möglicherweise intuitivere Größe nämlich von RAD/s in U/min um.



So könnte das Fenster nach einer „Aktualisierung“ mit 35° Verdrehung und Umrechnung der Winkelgeschwindigkeiten in U/min aussehen. Daraus ersichtlich wird auch die positive Wirkrichtung des aufgeprägten Moments oder der vorgegebenen Verdrehgeschwindigkeit.

Der Button Animation starten startet die Berechnung der Bewegungsgleichungen mit einem Zeitschrittverfahren und 100 schritten pro Bild. Eine Animation wird dann aus 50 Einzelbildern bestehen und der jeweils dazwischen interpolierten Position. Weswegen hohe Drehgeschwindigkeiten zu einem optischen „flimmern“ führen können. Um solche Effekte zu vermeiden wird die Drehgeschwindigkeit des Rades um seine Achse optisch, jedoch nicht in der Berechnung um den Faktor 50 verlangsamt. Ein kompletter Durchlauf mit 100 Rechenschritten á 50 Bilder dauert circa 5sek. Nach Betätigung des Buttons „Animation starten“ öffnen zwei neue Fenster. Zum einen eine Fortschrittsanzeige des Berechnung und Ladevorgangs und zum anderen das Animationsfenster selbst in dem die Animation einfarbig in Hellblau ablaufen kann. Das Männchen kann während die Visualisierung läuft durch Mauseingriff frei gedreht und von allen Seiten betrachtet werden. Der Torus am Boden wird als Referenzkörper ständig stillstehen.



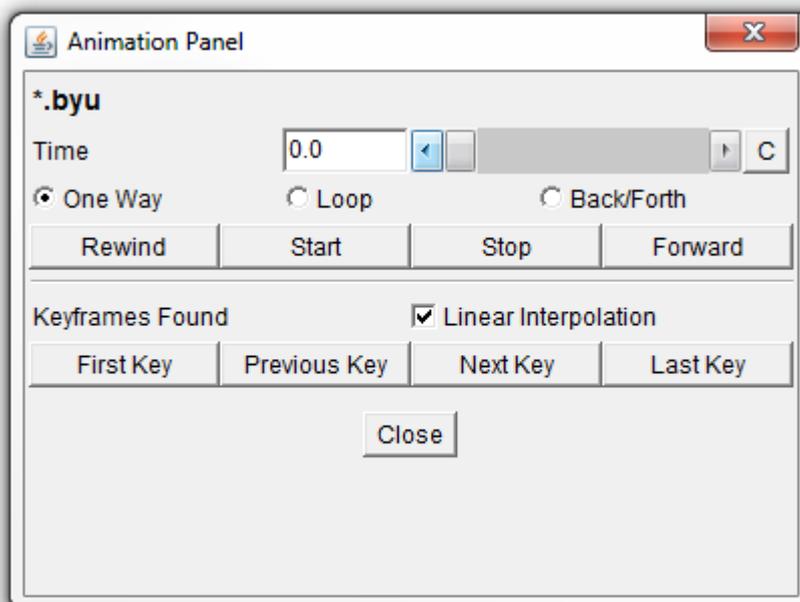
Der Fortschritt der Fortschrittsanzeige wird in drei Stufen angezeigt, wovon jeweils mit Prozentzahlen der Fortschritt ausgedrückt wird. Zuerst wird der Speichervorgang gestartet, dann ausgeführt. Es folgt der Ladevorgang, welcher am längsten dauert.



Damit der Ladevorgang korrekt ablaufen kann ist es wichtig, dass alle Ordnerbezeichnungen, in dem das Applet abgelegt wird Namen ohne Leerzeichen haben.

Der Schieberegler „Anzeigequalität“ wird bei jeder Aktivierung eines Buttons ausgelesen und der Wert als Gütemaß, also Feinheitgrad der Darstellung gewählt. Kleine Werte machen das Männchen Eckig und große schön gleichmäßig rund. Es empfiehlt sich für „Animation starten“ keinen Wert über eins zu wählen, da damit auch schnell ein Rechner mit 4GB Arbeitsspeicher überlastet ist.

Sobald die Animation fertig geladen ist schiebt sich das Fenster „Animation“ in den Vordergrund. Außerdem öffnet ein Eingabefenster „Animation Panel“ zur Steuerung der Animation. Sollte dieses Eingabefenster ausversehen geschlossen werden, oder verloren gehen, kann man es leicht mit der Tastenkombination Strg+A neu aufrufen.



Beim Abspielen der Animation hat man nun die Optionen „one Way“ einmaliges Abspielen und Stoppen, „Loop“ Endlosschleife Abspielen, oder „Back/Forth“ also endlos hin und zurück fahren. Die restlichen Felder sind dann selbsterklärend. Man kann mit dem Schieberegler auch direkt zu interessanten Einzelbildern springen.

Darunter folgen Bedienhinweise, die in dieser Dokumentation oben an der jeweils passenden Stelle erklärt werden.

Zu 4.

Unser Dank gilt in erster Linie Herrn Christoph Meier, der das ganze Projekt geleitet hat, wie auch uns vor allem in der numerischen Simulation und Berechnung mit Rat und Tat zur Seite stand. Außerdem Herrn Matthias Mayr, der an passenden Stellen einen weiteren Blickpunkt für die Simulation und Berechnung hatte.