

3 Graphische Darstellung

3.1 Pro Engineer

3.1.1 Programm

ProEngineer (ProE) oder neuerdings CreoElements/Pro (Creo) ist ein 3D-CAD-Programm und in einer frei erhältlichen Studentenversion verfügbar. Hierzu muss man sich lediglich bei PTC, dem Anbieter, anmelden und ein Formular ausfüllen bzw. sich mit der Formularausfüllung anmelden. Daraufhin bekommt man einen Link per E-Mail zugeschickt. Dort kann man nun die Studentenversion herunterladen. Die heruntergeladene Datei ist ein CD-Image. Dieses muss man entweder auf CD brennen oder mittels einem geeignetem Programm in ein virtuelles Laufwerk einbinden. Das Formular zum anmelden ist unter folgender Adresse zu finden:

www.ptc.com/go/proeforschools

Nach befolgen der Installationsanleitung [2] kann das Programm 1 Jahr lang verwendet werden. Daraufhin reicht es, das Programm zu deinstallieren, neu herunterzuladen und aus dieser Datei neu zu installieren um das Programm ein weiteres Jahr lang nutzen zu können. Das Formular muss nicht noch einmal ausgefüllt werden. Es wird allerdings der Link aus der ersten E-Mail zum Download benötigt.

3.1.2 Anleitung

Wichtig für den Zusammenbau des Tripods ist, dass man nicht einfach drauf los baut. Der Zusammenbau kann vielleicht funktionieren, doch spätestens wenn der Tripod bewegt werden soll, wird das Modell nicht mehr funktionsfähig sein. Angewendet wird in diesem Fall eine Top-Down-Methode. Dies funktioniert im Prinzip so, wie die Montag des Tripods vollzogen werden wird. Der Rahmen und die zu bewegende Platte werden in eine definierte Lage zueinander gebracht. Daraufhin werden die Motoren eingebaut und zuletzt die Scharniere. Anzumerken ist, dass das Modell vereinfacht wurde. Anstatt der 3 vorgesehenen Scharniere wurden nur 2 eingebaut. Desweiteren werden Zylinder verwendet anstatt der Linearmotoren. Dies mindert zwar die Ausfuhrlänge im Vergleich zu den Linearmotoren, vereinfacht aber die Konstruktion ungemein. Die Zusammenbauanleitung

im folgenden ist eine abgeänderte Version eines Zusammenbaus eines Hexapods [3] von dem Nutzer „wyndorps“ des CAD-Forums „cad.de“. Desweiteren ist der Zusammenbau im folgenden in der Studentenversion von ProE Wildfire 4 getätigt worden. Diese wird nicht mehr zum Download bei PTC angeboten, sonder nur die neueste Version. Daher kann es sein, dass sich Menüs verschoben und Namen geändert haben, das Prinzip sollte aber erhalten bleiben.

Vorbereitungen Zylinder

Vorbereitend wird die Zylinderbaugruppe zusammengebaut: Zuerst der Zylinder mit Standardbedingungen und nachfolgend der Kolben als Zylinder. Als Referenz für die Translation wird die Kolbenendfläche und die Zylinderinnenfläche gewählt. Als Minimalwert wird 0 und als Maximalwert 590 gewählt, damit die Scharniere später nicht zu weit abgewinkelt werden und der Kolben nicht aus dem Zylinder rutscht. Im weiteren werden oben und unten Teile der Kardangelenke montiert. Dies reduziert im späteren Verlauf die Anzahl der zu tätigen Aktionen. Am Kolben und Zylinder wird jeweils ein Kardan-Endstück angebracht mittels Ausrichten auf Achse und Zusammenfallender Fläche. Als Verbindungstyp wird nun Starr gewählt. Daraufhin ist des Kardan-Endstück wieder nur teilweise bestimmt. Es muss noch der Verdrehwinkel zu einer Kolben- bzw. Zylinderebene festgelegt werden. Empfehlenswert ist es, das Kardangelenk am Kolben und Zylinder gleich auszurichten. Nun wird jeweils ein Kardan-Zentrumsstück als Drehgelenk eingebaut. Die Drehachse und Versatzebene werden von ProE verlangt.

Nun kann noch zur späteren Arbeitserleichterung eine Schnittstelle definiert werden. Dies kann unter „Einfügen → Modellbezug → Komponentenschnittstelle“ getätigt werden. Das resultierende Bildschirmbild ist in Abbildung 3.1 zu sehen. Zuerst wird ein Drehgelenk am Zylinder um die freie Achse des Kardan-Zentrums definiert. Die Versatzebene muss senkrecht zur Achse liegen, sonst ist der Zusammenbau später unvollständig und kann nicht korrigiert werden, sondern muss rückgängig gemacht und die Schnittstelle umdefiniert werden. Es ist sinnvoll der Schnittstelle einen verständlichen Namen zu geben. Das selbe Verfahren wird am Kolben wiederholt. Im Modelbaum ist jetzt ein neuer Punkt „Fußzeile“ erschienen. Nach zweimaligem Aufklappen werden die erstellten Schnittstellen angezeigt. Nun wird eine kombinierte bzw. ver-

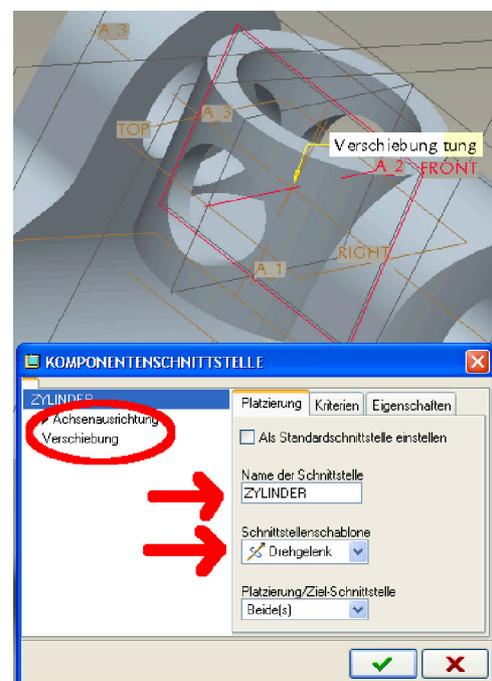


Abbildung 3.1: Schnittstelle zu Zylinder definieren

schachtelte Schnittstelle erzeugt. Dies funktioniert über das selbe Menü, doch anstatt eine Verbindung zu definieren werden die eben erstellten Schnittstellen im Modellbaum ausgewählt. Die kombinierte Schnittstelle soll als Standard eingestellt werden. Dies funktioniert über einen Rechtsklick auf die Schnittstelle und Auswählen des Punktes „Standard ein“. Die Vorbereitungen am Zylinder sind nun abgeschlossen und nach dem Speichern kann das Scharnier vorbereitet werden.

Vorbereitung Scharnier

In einer neuen Baugruppe wird das Scharnier zusammengebaut. Zu Anfang wird das Scharnierteil 2 mit Standardbedingungen eingebaut. Als Drehgelenk wird daran das Scharnierteil 1 in der normalen Ausführung montiert. Daran wird wiederum die Scharnierplatte 1 befestigt als starre Verbindung, wie alle sich nicht bewegenden Teile. Nun wird ein schmales Scharnierteil 1 an der Platte montiert und als Drehgelenk das Scharnierteil 2. Anschließend kann die Scharnierplatte 2 eingebaut werden. Diese hat an einem Ende eine Senkung für ein Kardangelenke, welches als letztes montiert wird. Dies funktioniert analog zu der Kardangelenkmontage für den Zylinder im vorigen Abschnitt, allerdings sollte als Verdrehwinkelreferenz des Kardanendstückes die Endfläche der Schräge der Scharnierplatte 2 verwendet werden. Die Scharniere in dieser Baugruppe sind jeweils doppelt vorgesehen. Diese Ausführung ist für ProE nicht notwendig um die Funktion darzustellen und kann deshalb weggelassen werden. Nun werden wieder Schnittstellen definiert. Eine am Kardan-Zentrum als Drehgelenk und eine als starre Verbindung am anderen Ende des Scharniers. Letztere wird über die 2 Bohrungsachsen und die Bodenfläche des zweiten Scharnierteils definiert. Hierbei ist zu beachten, dass ProE nicht eine Achse als Orientierung annimmt, sondern beide Achsenrichtungen müssen auf „Zusammenfallen“ eingestellt sein. Ist dies nicht der Fall und wird die Schnittstelle verwendet, ist das Scharnier nur teilweise definiert und kann nicht eingebaut werden. Einziger Lösungsweg ist das Abbrechen und undefinieren der Schnittstelle und daraufhin ein Neueinbau. Zuletzt wird auch hier eine verschachtelte Schnittstelle erzeugt und diese als Standard ausgewählt. Die Rotation der Scharniere muss noch sinnvoll eingeschränkt werden. Dies kann zum Beispiel durch einen Verdrehwinkel von ± 90 Grad zur jeweils Senkrechten geschehen. Das genaue Minimum muss aber noch bestimmt werden und ist abhängig vom realen Scharnier.

Tripod

Der Zusammenbau des Tripods wird mit dem Einbau des Bodens mit Standardbedingungen gestartet. Darauf wird der Rahmen zentriert montiert. Die Verbindungsart muss hier wiederum „Starr“ sein. Nun wird die bewegte Ebene eingebaut, die aus einer Platte mit Versteifungsprofilen besteht. Sie wird als Zylinder eingebaut mit einer Achse-Achse Ausrichtung und einem Translationsversatz von 1000. Das Minima sollte auf 650 festgelegt werden, damit die Ebene nicht in den Rahmen sinken kann. der Maximalwert kann beliebig hoch gewählt werden, z.B. 2000. Dieser Schritt klingt erst mal seltsam, dient aber nur, wie bei einer echten Montage, dazu, die Ebene in einer definierten Lage zu halten. Vor dem Einbau der Zylinder müssen noch 9 Kardangelenkenden in die entsprechenden Senkungen eingebaut werden. Es ist empfehlenswert sie mit einem Verdrehwinkel zu einer Ebene der Komponente einzubauen, auf der sie auch montiert werden, Also ein Gelenkende auf dem Boden mit einer Winkelversatzreferenz zu einer Bezugsebene oder Fläche des Teiles „Boden“ zu definieren. Dies hat den praktischen Nutzen das im Falle des Bedarfes das Gelenkende über Editieren um 90 Grad gedreht werden kann. Desweiteren verhindert es, dass bei den Kardangelenken an der bewegten Ebene Probleme durch eine schräge Ebene entstehen, falls die Verdrehreferenz zum Beispiel eine Bezugsebene der Baugruppe ist. Um den Modellbaum übersichtlich zu halten können die Ebene und die dazugehörigen Kardangelenkenden zu einer Gruppe zusammengefasst werden über einen Rechtsklick Gruppieren, wenn die entsprechenden Teile markiert sind. Selbes gilt für den Boden und seine Gelenke. Nun können die 3 Zylinder eingebaut werden. ProE schlägt automatisch den Einbau über „Schnittstelle zu Geometrie“ vor. Die Referenzen müssen nun nacheinander gewählt werden. Dabei ist auf die Reihenfolge zu achten bzw. die Reihenfolge wird durch eine rote Linie angezeigt, die andeutet zu was die nächste Referenz auszuwählen ist. Sobald ein Zylinder eingebaut ist, ist standardmäßig als Einbauoption „Schnittstelle zu Schnittstelle“ ausgewählt. Dies muss manuell auf „Schnittstelle zu Geometrie“ gestellt werden. Nach den 3 Zylindern können die beiden Scharniere montiert werden. Nach jedem Einbau eines Zylinders oder Scharniers sollte regeneriert und gespeichert werden. Desweiteren kann es sein, dass beim Einbauen ein Versatz zwischen den Versatzebenen eines Drehgelenkes beim Einbau vorgeschlagen wird. Diesen erst mal abnicken und dann über Editieren auf 0 setzen und regenerieren, dann springt das Bauteil in die richtige Position. Die meisten auftretenden Fehler beim Zusammenbau rühren von verdrehten Kardanenden oder falschen Schnittstellendefinitionen her.

Letzter Schritt ist die Deaktivierung des Satzes, der die bewegte Ebene als Zylinder definiert. Nun ist der Tripod frei beweglich. Wenn alles richtig definiert wurde sollte die Baugruppe aussehen wie in Abbildung 3.2.

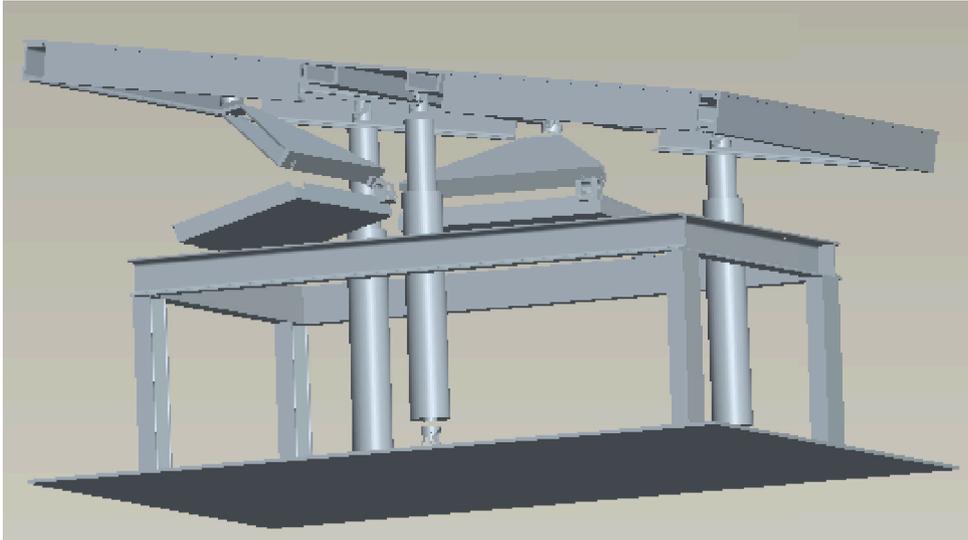


Abbildung 3.2: Zusammengebauter Tripod

3.1.3 Typische Fehler

Im folgenden werden, zum Teil noch mal, Fehler aufgelistet, die beim Zusammenbau auftreten können.

1. Alle Teile, die nicht flexibel, also zum Beispiel als Drehgelenk oder Zylinder, eingebaut werden, müssen als Starr definiert werden. Dies trifft hier zum Beispiel auf den Rahmen und alle Kardangelenkenden zu. ProE kann in diesem Fall nicht mit jeder weiteren flexiblen Verbindung umgehen. Dies macht sich dadurch bemerkbar, dass im Statusfenster oben steht, dass eine Verbindung aufgrund von ungültigen Bedingungen unterdrückt wird. Die Fehlersuche kann über Aktivierung des Einfügemodus vollzogen werden. Hierzu einfach den roten Pfeil im Modellbaum schrittweise nach oben ziehen. Nach jedem Schritt das Modell regenerieren. Wenn die Fehlermeldung verschwindet, war das letzte Teil das Fehlerverursachende.
2. Die Definition des Drehgelenkes in einer Schnittstelle ist falsch. Die gewählte Drehachse und Versatzebene stehen zum Beispiel nicht senkrecht zueinander. Daraus folgt, dass beim Einbau das Teil unvollständig definiert ist. Abhilfe schafft nur das Abbrechen des Einbaus und eine Umdefinierung der Schnittstelle. Danach kann das Teil in der Regel erfolgreich eingebaut werden.
3. Die Definition der Scharnierverbindung zum Rahmen ist falsch. ProE hat fälschlicherweise eine Achsenorientierung ausgewählt und es wurde nicht auf „Zusammenfallen“ umgestellt. Die Lösung des Problems kann ebenfalls nur durch Abbruch und Umdefinierung der Schnittstelle bewirkt werden.
4. Weitere Fehler können oft mithilfe von „Google“ oder „cad.de“ gelöst werden.

5. Speichern vergessen. Dies ist im Umgang mit IT das größte Problem und auch Pro-Engineer ist nicht endlos stabil sonder verabschiedet sich von Zeit zu Zeit. Deswegen empfiehlt es sich immer wieder zu speichern. Das Betätigen der Tastenkombination „Strg+s“ sollte zum Reflex werden. ProE erstellt pro Speicherung eine neue Datei und numeriert diese durch. Dies ist das Datensicherungskonzept. Wenn ein irreversible Fehler auftrat, kann einfach eine alte Datei geöffnet werden, nachdem die Aktuelle über „Datei→Nicht angezeigt→Wegnehmen“ aus dem Speicher entfernt wurde.

3.1.4 Animation

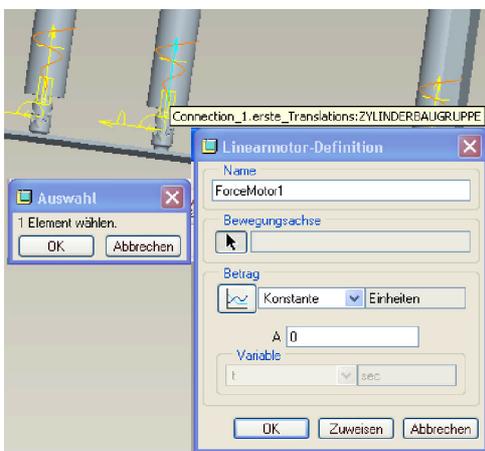


Abbildung 3.3: Linearmotor definieren

Um eine Animation des Tripods zu erstellen muss man in den Applikationsmodus „Mechanismus“ wechseln. Dort sieht man die vielen Bewegungsachsen und -Möglichkeiten, die der Tripod hat, durch Pfeile dargestellt. Wichtig für die Animation sind die Ausfahrlängen der Hydraulikzylinder. Mit je einem Linearmotor pro Zylinder kann diese bestimmt werden. Um einen Servomotor zu definieren kann rechts in der Symbolleiste die Schaltfläche „Linearmotor“ gedrückt werden oder in dem Baum unter dem Modellbaum der „Reiter“ Motoren aufgeklappt werden und dort mittels Rechtsklick auf „Servo“ ein neuer

Motor erstellt werden. Als erstes ist das zu bewegende Element auszusuchen. Dies ist in unserem Fall die Translative Bewegung der Zylinder. Um diese Auszuwählen geht man auf den entsprechenden Pfeil und benutzt den Rechtsklick solange, bis links unten „Translation“ in der Bezeichnung der Bewegungsmöglichkeit auftaucht, ähnlich der Abbildung 3.3. Nun kann im Feld „Betrag“ bzw. unter dem Reiter Profil, je nach dem, wie der Motor erstellt wurde, die Bewegung vorgegeben werden. Hierbei können verschiedene Modi über die DropDown-List gewählt werden:

- Konstante: Die Länge des Servomotors wird konstant eingestellt.
- Rampe: Es kann eine Rampenförmige Längenvorgabe in der Form $l(t) = B * t + A$ angegeben werden
- Kosinus: Es kann eine Sinusförmige Längenvorgabe vorgegeben werden in der Form $l(t) = 100 * \sin(360/T * t + B) + C$
- Tabelle: Hier kann entweder eine Tabelle definiert oder importiert werden. Über die Export-Funktion ließe sich das nötige Datei-Format bestimmen.

- Benutzerdefiniert: Ein beliebiger Ausdruck in Abhängigkeit von der Zeit t kann definiert werden

Über den Graphen-Button lässt sich das jeweilige Ergebnis der definierten Bewegung für den definierten Motor ablesen. Nun muss eine Analyse erstellt werden. Dies funktioniert auch wieder entweder links über die Symbolleiste mit dem Symbol „Mechanism Analysis“ oder links unten über Rechtsklick auf Analysen. Im Reiter „Voreinstellungen“ können das Zeitintervall und die Einzelbildrate bzw. das Intervall der zu erzeugenden Bilder angepasst werden. Im zweiten Reiter können die Motoren eingefügt oder entfernt werden, die verwendet werden sollen. Über die Schaltfläche „Ausführen“ wird die Simulation durchgeführt. Man darf aber nicht alle 3 Servomotoren beliebig steuern, weil sonst unter Umständen Zustände auftreten, die so nicht möglich sind. Nach erfolgreicher Analyse kann eine Wiedergabe geladen werden. Über die Schaltfläche Erfassen kann ein Video im Format „MPEG“ erzeugt werden aus der eben abgespielten Animation. Dies kann eine Weile dauern, im Meldungsfenster über dem Modellbaum wird der Fortschritt angezeigt.

3.1.5 Ergebnis

Der Zusammenbau des Tripods wird in der Realität funktionieren. Die Scilab-Berechnungen, die im folgenden vorgestellt werden, könnten zur Erzeugung von Tabellendateien benutzt werden, die ProE einlesen kann. So könnten die Berechnungen mit einer externen Berechnungsmöglichkeit verifiziert und in Videos dargestellt werden.