

Die folgenden Seiten sind so in einem GDCP-Tagungsband erschienen und dürfen auch unter [www.thomas-wilhelm.net](http://www.thomas-wilhelm.net) wiedergegeben werden.

Die exakte Quellenangabe des Artikels ist:

LUDWIG, J.; WILHELM, T.

***Das Modellbildungsprogramm Modellus 4 im Vergleich***

BERNHOLT, S. (Hrsg.): Inquiry-based learning - Forschendes Lernen, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012, Band 33, 2013, S. 749 - 751,

[https://gdcp-ev.de/wp-content/tagungsbaende/GDCP\\_Band33.pdf](https://gdcp-ev.de/wp-content/tagungsbaende/GDCP_Band33.pdf)

## Das Modellbildungsprogramm Modellus 4 im Vergleich

Mit Hilfe von mathematischen Modellbildungsprogrammen kann das Rechnen von Standardaufgaben im Physikunterricht reduziert werden. Der Computer übernimmt nicht nur das Berechnen, sondern ermöglicht damit auch die Behandlung komplexerer Situationen, zu deren Berechnung die Schulmathematik nicht ausreicht.

Mittlerweile gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Programmen, mit denen man mathematisch modellieren kann (Ludwig, 2012, Ludwig & Wilhelm, 2013), und immer wieder gibt es neue. Teilweise sind sie auch freeware erhältlich. Welches man verwendet, hängt davon ab, auf welche Funktionen man Wert legt und ob das Programm besonders einfach zu bedienen sein soll. Modellus 4 ist ein recht neues Modellbildungsprogramm, das in Deutschland noch sehr unbekannt ist, und hier vorgestellt werden soll.

### Verschiedene Modellbildungsprogramme

Grundsätzlich kann man die Modellbildungsprogramme auf unterschiedliche Arten kategorisieren (Lück & Wilhelm, 2011, S. 27). Zum einen kann man sie nach der Art der Ausgabe unterscheiden. Eine Ausgabe nur in Form von Diagrammen und Tabellen hat man in Tabellenkalkulationsprogrammen sowie in den Programmen Newton-II, Coach 6, STELLA, Dynasys, Powersim, Moebius und Tracker. Eine Ausgabe zusätzlich in Form von Animationen hat man in Modellus 4, in VPython und in Easy Java Simulations.

Zum anderen ist aber auch eine Unterscheidung nach der Art der Eingabe möglich. Hier sind zu nennen:

- Tabellenkalkulationsprogramme, wie z. B. Excel, Calc3 von Open Office
- Graphische Modellbildungsprogramme, die eine Eingabe mittels Symbolen und Verknüpfungen auf einer graphischen Oberfläche fordern, wie z. B. bei STELLA, Dynasys, Powersim, Coach 6, Moebius
- Gleichungsorientierte Programme, die die Eingabe der wesentlichen Gleichungen fordern, wie z. B. bei Newton-II oder Modellus 4, VPython, Tracker, Easy Java Simulations.

### Das Modellbildungsprogramm Modellus 4

Modellus 4 ist ein gleichungsorientiertes Modellbildungssystem. Es unterscheidet sich von den anderen Programmen in der Art, wie die Bewegungsgleichungen eingegeben werden (siehe Abb. 1), besonders aber in der Ausgabe. Denn Modellus 4 kann nicht nur Graphen und Tabellen ausgeben, sondern auch Animationen, die sich entsprechend dem Modellverlauf verhalten (siehe Abb. 2). Modellus 4 ist kostenlos auf der Modellus-Website <http://modellus.fct.unl.pt> nach kurzer Registrierung erhältlich, was den Vorteil hat, dass es auch für die Schüler zu Hause nutzbar ist. Modellus 4 wurde in Portugal erstellt und ist bisher nur in Englisch, Spanisch, Portugiesisch sowie Niederländisch verfügbar, Versionen in Griechisch und Chinesisch sind geplant. Im Gegensatz zu anderen Modellbildungssystemen hat man im Modellfenster fast vollkommen freie Hand. Es gibt keine vorher festgelegten Symbole oder Gleichungen.

Unter dem Reiter „Table“ kann festgelegt werden, welche Größen die Wertetabelle auflistet. Des Weiteren können beliebig viele Graphen in leider nur einem Koordinatensystem gezeichnet werden. Was geplottet wird, kann man unter „Graph“ einstellen. Außerdem können unter anderem noch Bilder, veränderliche Variablen als Schieberegler sowie Notizen eingefügt werden. Leider kann man keine Stoppbedingung für die Berechnung festlegen, sondern nur unter „Independent Variable“ eine Zeit einstellen, nach der die Berechnung beendet

wird. Man muss also selbst die entsprechende Zeit abschätzen, bei der die Simulation stoppen soll.

#### Animationen mit Modellus 4

Die Besonderheit von Modellus 4 ist, dass es im Gegensatz zu den anderen Programmen auch Animationen ausgeben kann. Bei den Animationen handelt es sich um eine Anzahl vom Programm vorgegebener Objekte, die sich in x- bzw. in y-Richtung entsprechend einer vorher definierten Größe bewegen. Man kann so die Bewegung von Autos, Bällen, Menschen oder Planeten entsprechend der durch das Modell berechneten Werte animieren (Gutsch, 2011).

Um eine Animation zu erstellen, wird unter „Objects“ ein „Particle“ erstellt. Unter „Animate“ werden dann die Eigenschaften des Objekts definiert. Unter „Scale Unit“ kann man die Größe so anpassen, dass die Animation formatfüllend wird. Es gibt eine Reihe von Einstellungsmöglichkeiten, so können z.B. verschiedene Achsen oder die Spur des Objekts (siehe Abb. 2) angezeigt werden, um die Aussagekraft zu verstärken. In Kombination mit verschiedenen Schiebereglern kann man so einfach unterschiedliche Extremfälle betrachten. Nun müssen die Schüler nicht erst Diagramme interpretieren, sondern sehen einfach an der Animation, dass ihr Modell nicht die gedachte Bewegung ergibt. Die Erfahrung zeigt, dass Schüler in der Regel bei den Kräften nur an den Betrag denken und nicht an deren Richtungen. So geben sie oft das falsche Vorzeichen, also die falsche Richtung an. Dann fällt der Fußball zum Beispiel nach oben statt nach unten. Oder das Bungee-Seil beschleunigte den Springer stark weiter nach unten statt ihn abzubremesen. Oder in einem anderen Kontext, in dem sich die Bewegungsrichtung ändert, wird eine auftretende Reibung als konstant positiv bzw. negativ angenommen, obwohl sie immer gegen die Geschwindigkeitsrichtung gerichtet ist.

Jedoch ist die Erstellung des Modells und der Animation zeitaufwändig. Es ist aber auch möglich, im Unterricht Teile des Modells oder insbesondere die Animation vorzugeben, so dass das Modell nur noch vervollständigt werden muss.

Möchte man keine mathematische Modellbildung, sondern lediglich eine Simulation erstellen, wäre es auch möglich, direkt die Lösungen der Differentialgleichungen einzugeben, wie sie z.B. in der Formelsammlung für spezielle Bewegungen stehen, und sich dann Graphen oder Animationen ausgeben zu lassen. So kann man mit Modellus 4 auch einfach Animationen für den Unterricht erstellen, bei denen man nur noch Parameter variiert.

**Mathematical Model**

$$a_y = \frac{(F_{Ly} + F_{-g})}{m}$$

$$a_x = \frac{F_{Lx}}{m}$$

$$v = \sqrt{(v_x^2 + v_y^2)}$$

$$\frac{d v_x}{d t} = a_x$$

$$\frac{d x}{d t} = v_x$$

$$\frac{d v_y}{d t} = a_y$$

$$\frac{d y}{d t} = v_y$$

$$F_{-g} = -m \times g$$

$$F_L = 0.5 \times c \times p \times A \times v^2$$

$$F_{Lx} = -F_L \times \frac{v_x}{v}$$

$$F_{Ly} = -F_L \times \frac{v_y}{v}$$

Abb. 1: Eingabe bei Modellus 4 (schiefer Wurf mit Luftreibung)

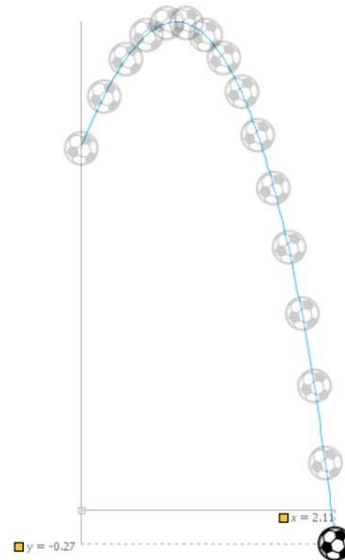


Abb. 2: Animation in Modellus 4 (schiefer Wurf mit Luftreibung)

#### Weitere Besonderheiten von Modellus 4

Auch wenn man mehrere Graphen anzeigen lassen möchte, ist es manchmal sinnvoll, den Graphen als Animation zu erstellen, denn Modellus 4 trägt alle Graphen im gleichen Koordinatensystem auf, wodurch es schnell unübersichtlich wird. Um solch einen Extra-Graphen zu erstellen, klickt man mit rechts einfach auf die Arbeitsfläche und wählt „add Pen“; dem erstellten Stift kann dann genauso, wie jedem anderen animierten Objekt auch, eine Bewegung in x- und y-Richtung zugewiesen werden. Der Stift kann auch ausgeblendet werden und es stehen auch verschiedene Linienarten zur Verfügung.

Auch bei Modellus 4 können beliebig viele veränderliche Parameter in Form von Schieberegler definiert und auf der Arbeitsfläche positioniert werden. Mit einem Rechtsklick auf die Arbeitsfläche werden sie unter „Add Level Indicator“ erstellt. Unter dem Reiter „Animate“ kann dann festgelegt werden, welche Variable der Schieberegler wiedergibt. Wird ein Schieberegler verändert, nachdem das Modell fertig berechnet wurde, muss es neu berechnet werden, der bisher angezeigte Graph wird überschrieben. Ein Schieberegler kann aber bei Modellus 4 auch verändert werden, während das Modell läuft; die neu eingestellten Werte werden dann direkt in die Berechnung übernommen.

#### Vergleich mit anderen Modellbildungsprogrammen

Mit Newton-II gibt es ein völlig anderes gleichungsorientiertes Modellbildungssystem, das eine One-Window-Applikation ist (Lück & Wilhelm, 2011). Newton-II besteht im Wesentlichen aus einem Anzeigebereich (auf der linken Seite), in dem die Ergebnisse in Form von Graphen und Tabellen dargestellt werden können, und einem Eingabe- und Aktionsbereich (auf der rechten Seite), in dem die Gleichungen, Konstanten, Berechnungsbedingungen und Achseneinstellungen eingegeben werden sowie die Berechnung gestartet werden kann. Die Bedienung ist damit einfacher, aber es gibt keine Animationen.

Bei graphischen Modellbildungsprogrammen wie Coach 6 werden im Modellfenster Symbole angeordnet und miteinander verknüpft. Diese Visualisierung der Newton-Maschine  $F_{ges} \rightarrow a \rightarrow v \rightarrow x$  fördert ein strukturelles Verständnis der Mechanik (Wilhelm, 2005). Dem didaktischen Vorteil, dass die Zusammenhänge visuell deutlich werden, steht der Nachteil gegenüber, dass das Erstellen des Wirkungsgefüges einige Zeit in Anspruch nimmt. Modellus 4 bietet diese Möglichkeit nicht.

Tabellenkalkulationsprogramme wie Excel sind zwar meist leicht zugänglich und weit verbreitet, jedoch ist die Eingabe recht kompliziert und normalerweise werden weder Gleichungen noch Wirkungsgefüge sichtbar. Man läuft damit Gefahr, dass die physikalischen Zusammenhänge nicht deutlich werden und die Modelle schnell recht aufwändig und undurchsichtig werden. Leicht wird zu viel Zeit damit verbracht, mit der Bedienung des Programms zu Recht zu kommen. Von Nachteil ist außerdem, dass man als numerisches Verfahren nur das einfache Euler-Verfahren zur Verfügung hat und keine aufwändigen Verfahren wie Runge-Kutta.

#### Literatur

- Gutsch, P. (2011). Physiksimulationen mit dem Modellbildungsprogramm Modellus 4, Staatsexamensarbeit Universität Würzburg, <http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/modellus.htm>
- Ludwig, J. (2012). Vergleich verschiedener Modellbildungssysteme, Staatsexamensarbeit Universität Würzburg, [www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/modellbildungsprogramme](http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/modellbildungsprogramme)
- Ludwig, J. & Wilhelm, T. (2013). Mathematisches Modellieren mit Modellus 4 - In: Physik in der Schule 62, Nr. 2
- Lück, S. & Wilhelm, T. (2011). Modellierung physikalischer Vorgänge am Computer. Modellbildungssysteme als Unterstützung zum Verständnis physikalischer Strukturen, in: Unterricht Physik 22, Heft 122, S. 26 – 31
- Wilhelm, T. (2005). Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung, Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 46, Logos-Verlag: Berlin, online unter [www.opus-bayern.de/uni-wuerzburg/volltexte/2009/3955/](http://www.opus-bayern.de/uni-wuerzburg/volltexte/2009/3955/)