

Kombination von mathematischer Modellbildung mit Videoanalyse

Motivation

Die Inhalte der Mechanik sind in der Lebenswelt der Schüler verortet, wodurch diese bereits mit einigen Präkonzepten in den Unterricht kommen. Diese Präkonzepte sind sehr hartnäckig und es hat sich gezeigt, dass im Mechanikunterricht oft kein angemessenes Konzept der Newton'schen Mechanik erworben wird. Dieses Problem ist nicht neu und auch der Ansatz, mathematische Modellbildung zu nutzen, um das Verständnis zu unterstützen, wurde bereits verfolgt und evaluiert (Wilhelm, 2005 & 2018). Da sich die aktuell verfügbare Software aber deutlich von der bereits untersuchten unterscheidet, ist es lohnenswert die Zweckmäßigkeit dieser erneut zu bewerten. Mittlerweile gibt es recht unterschiedliche Softwareprogramme für die mathematische Modellbildung (Ludwig & Wilhelm, 2013; Lück, Wilhelm, 2011).

Mathematische Modellbildung im Mechanikunterricht soll dazu dienen, den Schülerinnen und Schülern die Mathematik abzunehmen, die diese benötigen, um eine Lösung der Newton'schen Bewegungsgleichung zu erhalten. Es ist damit eine größere Zahl an Phänomenen im Unterricht behandelbar (Bethge & Schecker, 1990), da geschwindigkeitsabhängige Terme zu in der Schule unlösbaren Differentialgleichungen führen. Weiterhin ergibt sich dadurch die Möglichkeit einer intensiveren Fokussierung auf die wirkenden Kräfte und die physikalischen Struktur eines Bewegungsphänomens (Bethge & Schecker, 1990). Reibungseinflüsse können thematisiert werden, wodurch es möglich wird, echte Bewegungen aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler zu untersuchen. Dies kann verhindern, dass Schülerinnen und Schüler eine Kluft zwischen der in der Schule erzeugten Laborwelt und ihrer erfahrenen Realität wahrnehmen, was durch schultypische Idealisierungen hervorgerufen werden kann (Wilhelm, 2005).

Um eine authentische Behandlung von Alltagsphänomenen aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler vollständig zu gewährleisten, fehlt der mathematischen Modellbildung aber der direkte Vergleich mit der Realität. Diesen Vergleich kann die Videoanalyse herstellen, welche Messdaten liefert, die zur Evaluation und Anpassung einer erfolgten Modellierung dienen können. So ist es möglich, quantitative Aussagen über Einflussparameter, wie etwa Reibung, zu treffen (Wilhelm, Geßner, Suleder & Heuer, 2003; Weber & Wilhelm, 2018). Dadurch erfolgt ein stetiger Wechsel zwischen Theorie- und Experimentierebene und Lernende erhalten einen Einblick in wissenschaftliche Vorgehensweisen (Sander, 2000).

Aktuelle Forschungslage

Schecker et al. arbeiteten in dem Modellversuch CPU (Computereinsatz im Physikunterricht) heraus, dass computergestützte Modellbildung zur Ausbildung physikalischer Kompetenz im Bereich Kräfte und Bewegungen beitragen könnte (Schecker, Bethge & Niedderer, 1992). Außerdem bietet die Modellbildung das Potenzial eines schülerorientierten Unterrichts. Die DFG-Studie (Schecker, Klieme, Niedderer, Ebach & Gerdes, 1999) konnte zeigen, dass die Argumentationsmuster der Newton'schen Mechanik auch in mechanischen Situationen ohne Modellbildung genutzt wurden. Die positiven Effekte der Modellbildung konnten aber nicht in dem Maße nachgewiesen werden, wie erhofft.

Sander kam zu dem Schluss, dass eine Auseinandersetzung mit den begrifflichen Grundlagen der Versuche im Praktikum gefördert wird. (Sander, 2000 und Sander, Schecker & Niedderer, 2001). Er arbeitete heraus, dass die Modellbildung sich gut als intelligentes Üben eignet, für die Entwicklung neuen begrifflichen Wissens aber ungeeignet ist. Wechselwir-

kungen zwischen Experimentier- und Modellebene wurden nur eingeschränkt angeregt, wobei ein Erklärungsansatz dafür ist, dass Messdaten und berechnete Daten auf separaten Bildschirmen verglichen werden mussten, was einen oberflächlichen Vergleich begünstigt. Es stellte sich aber auch heraus, dass in Einzelfällen Probleme mit dem Programm (STELLA) auftraten.

Wilhelm konnte zeigen, dass Schülerinnen und Schüler nach einem Mechanikunterricht mit Modellbildung eher der Meinung sind, Physik habe etwas mit der Realität zu tun (Wilhelm, 2005). Die untersuchten Concept Maps zeigten deutlich, dass das strukturelle Wissen ebenfalls zugenommen hatte.

Es gibt also Hinweise, dass der Einsatz von mathematischer Modellbildungssoftware das Verständnis der Newton'schen Mechanik verbessern und zu einem interessanten und schülerorientierten Unterricht führen kann, in dem wissenschaftliche Vorgehensweisen betont werden. Diese Ergebnisse liegen aber nicht für aktuelle Software vor, beziehen sich ausschließlich auf Modellbildungsprogramme mit graphischer Oberfläche und liefern keine Aussage über den Vergleich mit Realdaten in einer einzigen Programmoberfläche.

Durchgeführte Untersuchung

Die hier vorgestellte Studie untersuchte gängige Versuche in der Mechanik darauf, inwieweit diese mit aktueller Software für den Vergleich von mathematischer Modellbildung mit Videoanalysedaten geeignet sind. Dabei wird untersucht, welche Programme sinnvoll einsetzbar sind, welche Versuche sich eignen und wie ein didaktisch sinnvoller Ablauf (Abb. 1) bei einer solchen Modellierung aussehen könnte.

Dazu wurde stets ein Experiment aus verschiedenen Bereichen der Mechanik geplant und dieses durchgeführt und gefilmt. Nach der Durchführung wurden Hypothesen aufgestellt, welche Kräfte auf das Objekt wirken könnten. Diese Hypothesen wurden in Form von Kräften in ein Modellbildungsprogramm implementiert und die Lösung simuliert. Der Nutzer erhält daraufhin unmittelbar eine diagrammbasierte Rückmeldung und kann die aufgestellten Hypothesen evaluieren und anpassen. Dieser Vorgang kann durchgeführt werden, bis die Struktur der Bewegung den Vorstellungen entspricht. Nach Auswertung der Videoanalyse können die erhobenen Daten als direkter Vergleich zu der modellierten Bewegung herangezogen werden, wodurch eine weitere Evaluation und Anpassung erfolgt. Dies erfolgt, bis die modellierte Bewegung mit der real gemessenen Bewegung übereinstimmt. Je komplexer die Bewegungsgleichung ist und je mehr Einflussfaktoren vorhanden sind, umso eher bietet es sich an, das Experiment erneut mit minimal veränderten Parametern (Masse, Federkonstante o. ä.) durchzuführen, um die Richtigkeit der Struktur des aufgestellten Modells zu überprüfen.

Da die Durchführbarkeit im Unterricht stark von der Wahl der Programme abhängt, wurden alle Experimente mit Tracker, Coach 6 Studio MV und der Kombination von measure dynamics (Videoanalyse) und Newton-II (math. Modellbildung) durchgeführt, wodurch die Programme miteinander verglichen und bewertet werden konnten (Weber, 2018).

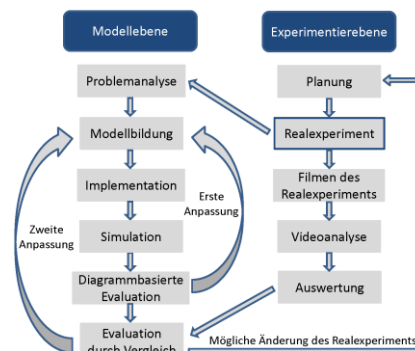


Abbildung 1: Modellebene adaptiert nach Berger (2006), ergänzt durch Experimentierebene

Ergebnisse

Es konnten alle ausgewählten Bewegungen, worunter auch Schwingungen, ein- und zweidimensional beschleunigte Bewegungen und Stoßprozesse waren, gut modelliert werden (Weber, 2018), was für Schülerinnen und Schüler verdeutlichen soll, dass Bewegungen unserer Lebenswelt mit der Newton'schen Mechanik beschreibbar sind. Es wurden realistische Werte für Luftwiderstandsbeiwerte oder Rollreibungskoeffizienten gefunden. Schnell ablaufende Stoßprozesse sind jedoch kaum realistisch modellierbar, da die Bodenkontaktzeiten und Federsteifigkeiten der Kugeln schwer einzuschätzen sind. Die bei der Videoanalyse berechneten Beschleunigungen (siehe Abb. 2) sind in der Regel nur qualitativ zu nutzen.

Die Programme haben dabei alle ihren Zweck erfüllt und sind einfacher zu bedienen als die in älteren Studien untersuchte Software. Die Kombination aus *measure dynamics* und *Newton-II* zeichnet sich vor allem durch die Qualität und Einfachheit der einzelnen Programme aus, hat aber den Nachteil, dass zwei Programme benötigt werden und der manuelle Transfer der Daten nötig ist. Bei *Tracker* fällt dieser Transfer weg und die modellierte Bewegung wird direkt im Video abgespielt, was einen Vergleich erlaubt, der nicht auf Diagramme beschränkt bleibt. Dennoch ist *Tracker* unübersichtlicher und weniger intuitiv. Zudem ist es eingeschränkt, da es unmöglich ist, eine weg- oder zeitabhängige Masse zu modellieren. Bei *Coach 6 Studio MV* handelt es sich um ein graphisches Modellbildungsprogramm, was sich dadurch von den anderen Programmen unterscheidet. Es ist gut geeignet, um die Zusammenhänge zwischen Kräften, Beschleunigung, Geschwindigkeit und Ort deutlicher zu betonen, ist im sonstigen Funktionsumfang aber limitierter als die Konkurrenten. Zudem ist die graphische Modellbildung vor allem dann unpraktisch, wenn zwei- oder dreidimensionale Bewegungen modelliert werden, da für jede Variable eine eigene Newtonmaschine erzeugt werden muss und die Struktur dann schnell unübersichtlich wird.

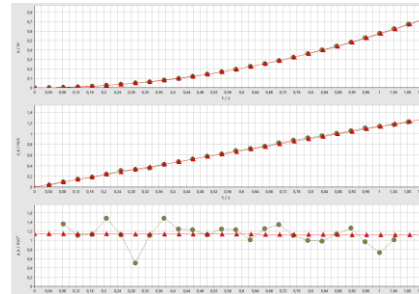


Abbildung 2: Beispiel eines beschleunigten Wagens in *measure Dynamics*.
grüne Punkte: Gemessene Werte,
rote Dreiecke: berechnete Werte.

Ausblick

Ob es gelingt, die formulierten Ziele zu erreichen, soll in einem aufbauenden empirischen Forschungsvorhaben untersucht werden. Dabei soll es darum gehen, inwieweit sich das Fachwissen, das Interesse und die Einstellung zur Natur der Naturwissenschaften verändern, wenn mathematische Modellbildung in einem Mechanikunterricht eingesetzt wird. Dabei stehen folgende Fragen im Fokus:

- Kann mathematische Modellbildung das Verständnis Newton'scher Mechanik stärker verbessern als andere Arten von Computereinsatz?
- Führt der Einsatz von mathematischer Modellbildung zu einem anderen Wissenschaftsverständnis oder Interesse?
- Welche Schwierigkeiten treten bei der eigenständigen Nutzung der Programme auf? Sind diese überwindbar oder stehen sie in einem nicht angemessenen Verhältnis zum Ertrag?

Dazu wird eine Interventionsstudie entwickelt und mit Lernenden der zehnten bzw. elften Jahrgangsstufe aus hessischen Gymnasien durchgeführt. Die Treatmentgruppe wird eine Intervention durchführen, die die mathematische Modellbildung fokussiert, während die Kontrollgruppe den PC in anderer Weise einsetzen wird, z. B. die Videoanalyse. Um den Lernerfolg zu messen, werden Prä- und Posttests zu den Themen Fachwissen, Interesse und der Natur der Naturwissenschaften gemacht und einzelne Interviews zum Umgang mit den Programmen geführt.

Literatur

- Berger, V. (2006). Mit dem Computer unterrichten. In: Mikelskis, F. Physikdidaktik – Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II, Cornelsen-Verlag, Berlin, S. 142
- Bethge, T. & Schecker, H. (1990). Software-Werkzeuge zur Modellbildung im Physikunterricht, Konzepte und Erfahrungen, Institut für Didaktik der Physik, Bremen, S.48
- Ludwig, J. & Wilhelm, T. (2013). Mathematisches Modellieren mit Modellus 4. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 62, Nr. 2, S. 30 - 36
- Lück, S. & Wilhelm, T. (2011). Modellierung physikalischer Vorgänge am Computer. Modellbildungssysteme als Unterstützung zum Verständnis physikalischer Strukturen. In: Unterricht Physik 22, Heft 122, 2011, S. 26 - 31
- Sander, F. (2000). Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum. Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum, Studien zum Physiklernen, Band 13, Logos-Verlag, Berlin
- Sander, F., Schecker, H. & Niedderer, H. (2001). Wirkungen des Einsatzes grafikorientierter Modellbildung im physikalischen Praktikum – In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 7
- Schecker, H., Bethge, T. & Niedderer, H. (1992). Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs CPU – Abschlußbericht Band IV, Institut für Didaktik der Physik Bremen
- Schecker, H., Klieme, E., Niedderer, H., Ebach, J., Gerdes, J. (1999). Physiklernen mit Modellbildungssystemen. Förderung physikalischer Kompetenz und systemischen Denkens durch computergestützte Modellbildungssysteme, Abschlussbericht zum DFG-Projekt, Institut für Didaktik der Physik an der Universität Bremen und Max-Planck-Institut für Bildungsforschung Berlin
- Weber, J. & Wilhelm, T. (2018). Modellbildung und Videoanalyse. In: Plus Lucis, 2018
- 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
- Wilhelm, T. (2018). Zur Geschichte der mathematischen Modellbildung im Physikunterricht. In: Plus Lucis, 2018
- Wilhelm, T., Geßner, T., Suleder, M. & Heuer, D. (2003). Sportaktivitäten vielseitig analysieren und modellieren – Videos und Messdaten multimedial aufbereitet. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 52, Nr. 2, S. 12