

Die folgenden Seiten beinhalten ein Manuskript, das bei der Zeitschrift „Naturwissenschaften im Unterricht Physik“ eingereicht wurde. Die in der Zeitschrift veröffentlichte Version weicht vom Manuskript ab.

Die exakte Quellenangabe des publizierten Artikels ist:

WILHELM, T.; SPATZ, V.

Wie kann Kinematik interessant sein? Probleme des Kinematikunterrichts und Ansätze, ihnen zu begegnen

Naturwissenschaften im Unterricht Physik 32, Heft 181, 2021, S. 2 - 5

Wie kann Kinematik interessant sein?

Die Kinematik behandelt Bewegungen, wie wir sie jeden Tag in unserem Alltag sehen. Zudem kann man hier leicht selbst messen und diverse computerbasierte Messmethoden kennenlernen. Dennoch wird die Kinematik von den Schülerinnen und Schülern häufig als schwierig, uninteressant und abschreckend empfunden. Auch Physiklehrkräfte haben sich schon über das Thema „Einfache lineare Bewegungen“ beklagt [1, S. 27]. In diesem Beitrag werden drei Gründe vorgestellt, die die Kinematik aus unserer Sicht so problematisch machen und daraus Schlüsse für den Unterricht abgeleitet. Diese Gründe sind a) die Interessen der Schülerinnen und Schüler. b) die Schülervorstellungen, die Schülerinnen und Schüler mitbringen oder erwerben und c) die vielen Aspekte, die nicht unbedingt bzw. nicht nur zur Kinematik gehören, aber gerade hier intensiv behandelt werden.

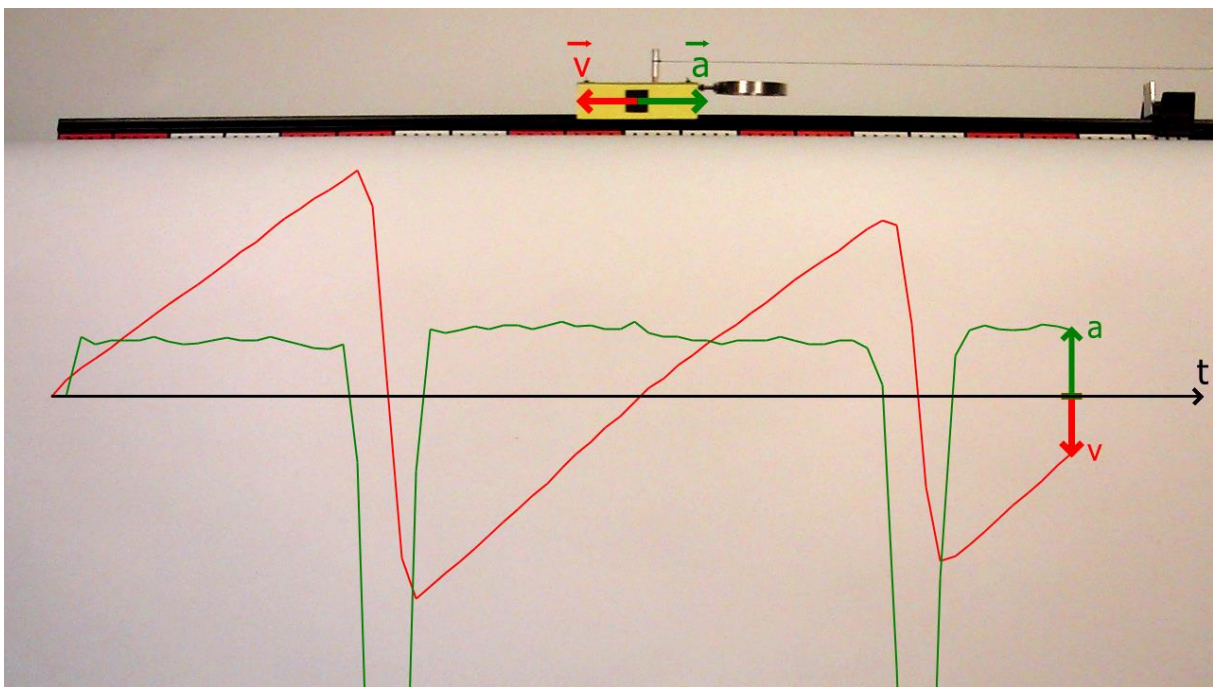


Abb. 1: Kinematische Beschreibung einer Bewegung, die zum aktuellen Zeitpunkt nach links geht und gleichmäßig langsamer wird (gemessen mit measure dynamics).

Die Interessen der Schülerinnen und Schüler

In der Kinematik soll nur beschrieben werden, *wie* sich ein Körper bewegt, aber es wird nicht nach den Ursachen von Bewegungsänderungen gefragt. Schülerinnen und Schüler interessieren sich dagegen weniger für kinematische Betrachtungen von Bewegungsverläufen, sondern mehr für dynamisch-energetische Fragen [2]. Sie fragen nach dem Warum und den Ursachen von Bewegungen und nach dem, was sie „Kräfte“ nennen. Sie tun sich schwer, diese Fragen der

Lehrkraft zuliebe eine gewisse Zeit zurückzustellen, während die Lehrkraft Bewegungen aus fachdidaktischen Gründen zunächst nur beschreiben will (Abb. 1).

Deshalb wurde vorgeschlagen [3], auch in der Sekundarstufe II nach einer ersten qualitativen Behandlung der kinematischen Größen zuerst die Newton'schen Axiome zu thematisieren und erst danach die üblichen quantitativen kinematischen Betrachtungen bei eindimensionalen Bewegungen anzustellen, wie Grapheninterpretationen und kinematische Berechnungen. So kann bei den kinematischen Betrachtungen immer auch über die Ursache der Beschleunigung geredet werden.

Besonders eindrücklich wird das bei Fallbewegungen, die in der Kinematik als Musterbeispiel für eine geradlinige Bewegung mit konstanter Beschleunigung behandelt werden, ohne die Gewichtskraft anzusprechen, an die die Lernenden denken. Nach der Behandlung des zweiten Newton'schen Gesetzes ist die Behandlung der Fallbewegung dagegen viel sinnvoller, da man nun erklären kann, warum die Beschleunigung konstant und unabhängig von der bewegten Masse ist.

Oft werden im Kinematikunterricht nur unrealistische und nicht-alltagsnahe Bewegungen betrachtet. So bewegen sich die Objekte in der Laborsituation exakt geradlinig mit konstanter Geschwindigkeit oder konstanter Beschleunigung. Daher ist es nicht verwunderlich, dass viele Schülerinnen und Schüler glauben, die Aussagen der Newton'schen Mechanik bezögen sich nur auf ideale Gedanken- und Laborwelten, mit denen man im Alltag nichts anfangen könne [2, S. 166]. Sinnvoller und motivierender wäre es, authentische Bewegungen aus dem Alltag zu behandeln, die zeigen, dass Physik mit der realen Welt zu tun hat. Die Schülerinnen und Schüler selbst wünschen sich, dass sich der Physikunterricht stärker mit Alltagsphänomenen beschäftigt [2, S. 160] und solchen Kontexten wird eine höhere persönliche Relevanz zugesprochen [4].

Die ältere IPN-Interessensstudie zeigt, dass nur wenige Lernende, meist Jungen, Interesse an der „reinen“ Wissenschaft Physik haben, die nicht auf Anwendung bezogen ist [5]. Diese Ergebnisse wurden durch die neuere ROSE-Studie [6 + 7] in weiten Teilen bestätigt. So stoßen Kontexte mit Bezug zum menschlichen Körper (z.B. Humanbiologie oder Medizin) ebenso wie gesellschaftsrelevante Kontexte (z.B. Gefahren für Mensch und Natur) vielmehr auf das Interesse der Lernenden. Außerdem werden auch Kontexte als interessant empfunden, die sich beispielsweise auf Gesundheit und Fitness beziehen [8]. Zu empfehlen ist also, Bewegungen von Menschen zu analysieren.

Interessante Alltagsbewegungen für eine kinematische Betrachtung können Schülerinnen und Schüler heute selbst mithilfe des Beschleunigungssensors in ihrem Smartphone analysieren [9], wobei aber die Lernschwierigkeiten im Zusammenhang mit der Beschleunigung zu berücksichtigen sind (siehe oben). Für Orts- und Geschwindigkeitsmessungen eignen sich Ultraschall-Bewegungssensoren, mit denen man nicht nur am Computer schnell Graphen verschiedener eindimensionaler Bewegungen erhält, sondern sogar die Bewegung einer Person leicht vermessen kann. Besonders geeignet ist aber die Videoanalyse von Bewegungen [10]. Hier können

nicht nur verschiedene zweidimensionale Alltagsbewegungen berührungsfrei gemessen, sondern die Messwerte sehr unterschiedlich dargestellt werden. Gerade für die Einführung kinematischer Größen eignen sich Stroboskopbilder sowie Pfeile für kinematische Größen. Dies können z.B. die Videoanalyseprogramme *measure dynamics* (für Windows) [11], *Tracker* (für Windows, OS X und Linux) [12] und *NewtonDV* (für iPad) [13] darstellen.

Dass meist am Anfang nur sehr spezielle geradlinige Bewegungen ohne Berücksichtigung der Kräfte betrachtet werden, liegt an der alten Idee, vom Einfachen zum Schwierigen und vom Speziellen zum Allgemeinen zu gehen. Das Problem daran ist, dass beim Einfachen einige Aspekte unbeabsichtigt mitgelernt werden, die beim Allgemeinen nicht mehr gelten und die Schülerinnen und Schüler so umlernen müssen. So hat sich dieses Vorgehen schon bei einigen Themen als lernhinderlich erwiesen (z.B. Statik vor Dynamik oder Stromkreise ohne Potenzial). Entsprechend werden unphysikalische Vorstellungen verstärkt oder erzeugt, wenn die kinematischen Begriffe nur an geradlinigen Bewegungen eingeführt werden.

Es ist zu empfehlen, zur Begriffsbildung allgemeine zweidimensionale Bewegungen in der Ebene zu wählen – also auch nicht die Wurfbewegungen oder die Kreisbewegung. Bei solchen Bewegungen können Tempo und Bewegungsrichtung sowie deren Änderungen thematisiert werden. Erst wenn klar ist, was mit Geschwindigkeit und Beschleunigung gemeint ist, beschränkt man sich auf eindimensionale Bewegungen, um diese auch quantitativ zu erfassen. Besonders attraktiv ist die Videoanalyse von Spielzeug, wenn die Bewegung von Fahrzeugen auf ihren Bahnen erfasst und analysiert werden.

Schülervorstellungen

Gerade beim Thema Bewegungen machen Schülerinnen und Schüler von Kindheit an viele Erfahrungen und bringen viele und stabile Vorstellungen mit in den Unterricht [2, S. 6 ff.]. Andere unphysikalische Vorstellungen entstehen auch unbeabsichtigt im Unterricht selbst.

Laut Thomas Amenda werden die Begriffe Ort, Ortsverschiebung und Weg inkonsistent verwendet und der Begriff „Weg“ mit unterschiedlichen Bedeutungen verwendet [14]. In der Hochschulphysik ist die zentrale Größe der Ort, ein Punkt in einem dreidimensionalen Bezugssystem, dargestellt durch einen Ortsvektor. Daneben gibt es z.T. die Weglänge als die Länge der zurückgelegten Bahnkurve – eine stets positive Zahl, die sich bei jeder Bewegung vergrößert. In der Schulphysik wird insbesondere in der Sekundarstufe II der „Weg“ als der Abstand von einem Startpunkt auf einer Bahnkurve verstanden, so dass diese Zahl positiv und negativ sein kann, aber auf jeden Fall eine Zahl (ein Skalar) ist. Im Falle geradliniger Bewegungen entspricht das der x-Komponente des Ortes, bei krummlinigen Bewegungen führt das aber zu falschen Ergebnissen [15].

Während in der Physik die Geschwindigkeit immer ein Vektor mit Betrag und Richtung ist, die Geschwindigkeit für Schülerinnen und Schüler eine stets positive Betragsgröße, die angibt, wie

schnell ein Körper ist und die man auch mit Tempo oder Schnelligkeit bezeichnen könnte. Die Richtung muss für sie zusätzlich, z.B. in einem Vorzeichen, angegeben werden, ist aber kein Teil der Größe Geschwindigkeit. Manche Schülerinnen und Schüler haben auch mit dem Richtungsbegriff Probleme, wenn sie meinen, gleiche Bewegungsrichtung bedeute auf den gleichen Zielort hin statt in paralleler Ausrichtung.

In der Physik ist die Beschleunigung eine vektorielle Größe, die sowohl die Änderung des Tempos als auch die Änderung der Bewegungsrichtung beschreibt. Beschleunigung ist für viele Schülerinnen und Schüler dagegen eine der Geschwindigkeit ähnliche Größe, die sie nicht klar unterscheiden können. Entsprechend können sie auch nicht zwischen einer gleichförmigen und einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung unterscheiden. Im Alltag meint Beschleunigung immer Schnellerwerden und eine negative Beschleunigung ergibt keinen Sinn.

Häufig wird im Physikunterricht die Beschleunigung dagegen fälschlich als Änderung des Geschwindigkeitsbetrages angesehen, wobei Schnellerwerden als positive und Langsamerwerden als negative Beschleunigung bezeichnet wird. Physikalisch gesehen hängt das Vorzeichen der Beschleunigung bei eindimensionalen Bewegungen aber von der Wahl des Koordinatensystems ab.

Der Kinematikunterricht kann unphysikalische Vorstellungen ungewollt verstärken. Wird der Weg als Zahl eingeführt und die Geschwindigkeit als Quotient aus „Weg“ und entsprechendem Zeitintervall aufgefasst, ist auch die Geschwindigkeit ein Skalar und deren Änderung, die Beschleunigung ebenso. Werden die Begriffe ausschließlich an eindimensionalen Bewegungen behandelt, besteht ebenso die Gefahr, dass der vektorielle Charakter der kinematischen Größen Geschwindigkeit und Beschleunigung nicht (vollständig) verstanden wird, was wiederum zu Problemen bei der späteren Behandlung der Kreisbewegung führt, weil dann nur noch schwer umgelernt werden kann, wofür dann die Zeit fehlt. Worum sollte dann eine Bewegung, die immer gleich schnell ist, eine Beschleunigung senkrecht zur Bewegungsrichtung sein?

Aspekte, die nicht unbedingt zur Kinematik gehören

Im Zusammenhang mit der Kinematik werden viele Aspekte thematisiert, die nicht unbedingt bzw. nicht nur zur Kinematik gehören, sondern auch bei anderen Themen behandelt werden könnten. Aus Sicht der Lehrkraft kann es attraktiv sein, daran viele physikalische Arbeitsweisen und Darstellungen einführen bzw. wiederholen und vertiefen zu können. Es besteht jedoch die Gefahr, dass dies zu Lasten der Begriffsbildung geht. Aus fachdidaktischer Sicht ist aber bei jedem Thema das qualitative Verständnis der physikalischen Begriffe die wichtigste Grundlage.

Die Physik ist eine quantitative Wissenschaft und ihre Stärke ist gerade, dass sie Abläufe vorausberechnen kann. Während jedoch in der Sekundarstufe I vieles vor allem qualitativ behandelt wird, soll dies zu Beginn der Sekundarstufe II bei der Kinematik verdeutlicht werden, weshalb hier sehr quantitativ vorgegangen wird. Da aber die Begriffe und ihre Zusammenhänge

qualitativ oftmals nur unzureichend verstanden sind [16], bleibt dies ein sinnfreies Formelm manipulieren. Rechenfertigkeiten an sich sollten aber kein Ziel des Physikunterrichts sein.

Fraglos ist es ein wichtiges Ziel des Physikunterrichts, dass Schülerinnen und Schüler lernen, Graphen zu interpretieren, was in allen Gebieten der Physik geübt werden kann, aber vor allem in der Kinematik durchgeführt wird. In einer Umfrage unter 124 Physiklehrkräften [1] zur Frage, was im Mechanikunterricht wie intensiv behandelt wird, wurde das Interpretieren von Diagrammen als so intensiv angegeben wie kein anderes Unterrichtselement [1, S. 144]. Trotzdem zeigen Studien, dass dieses Ziel in der Kinematik nicht zufriedenstellend erreicht wird [16 + 17]. Daher erscheint es problematisch, wenn neue Begriffe und Zusammenhänge der Kinematik von Anfang an anhand von Graphen aufgezeigt werden. Besser wäre es, zunächst mit einfacher zu verstehenden Darstellungen wie Stroboskopbildern und Pfeilen zu arbeiten [18] und erst dann, wenn das verstanden ist, die Darstellung von Graphen zu nutzen, wobei Grapheninterpretation auch schon vorher an anderen Themen geübt werden sollte.

Bei den Zeit-Graphen wird darüber hinaus in der Kinematik auch die Bedeutung der Steigung des Graphen und der Fläche unter dem Graphen deutlich gemacht. Damit wird die Ableitung und die Integration vorbereitet, die in der Regel bald danach im Mathematikunterricht behandelt wird. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Schülerinnen und Schüler diesen Zusammenhang zur Mathematik nicht sehen, da in der Kinematik andere Variablen verwendet werden als im Mathematikunterricht. Da die Physik schon schwierig genug ist, kann sich zudem der Physikunterricht nicht noch um die Aufgaben des Mathematikunterrichts kümmern.

Traditionell wird in der Kinematik zwischen der Durchschnitts- und der Momentangeschwindigkeit unterschieden [19], obwohl eine solche Unterscheidung auch bei jeder anderen veränderlichen Größe möglich [20] wäre. Der Grund ist ein historischer: Man konnte früher keine Momentan-, sondern nur Durchschnittsgeschwindigkeiten messen. Da heute mit computerbasierten Messwerterfassungssystemen die Momentangeschwindigkeit kontinuierlich gemessen werden kann, gibt es keinen physikalischen Grund mehr, dies Unterscheidung als einen Schwerpunkt des Kinematikunterrichts beizubehalten.

In der Kinematik der Sekundarstufe II wird auch vermittelt, dass es physikalische Größen gibt, deren Vorzeichen eine Richtungsangabe ist, während in der Sekundarstufe I physikalische Größen oft nur als Betragsgrößen angesehen werden. Vorzeichen treten aber immer auf, wenn es sich um Komponenten einer vektoriellen Größe handelt und bei Differenzgrößen (z.B. Temperaturdifferenzen oder Spannungen als Potenzialdifferenzen), so dass man das schon dort vermitteln könnte.

In einer Umfrage unter 124 Physiklehrkräften [1] wurde außerdem angegeben, dass im Mechanikunterricht der Gang von der Messwertaufnahme über Tabellen und Graphenzeichnen bis zur Formel intensiv behandelt wird. Auch das ist ein wichtiger Inhalt des Physikunterrichts, der in der Sekundarstufe I bereits bei anderen Themen aufgezeigt werden könnte. Irgendwann kennen

die Schülerinnen und Schüler dieses Vorgehen, so dass man mit Hilfe computerbasierter Messwerterfassung Graphen in Echtzeit erhalten kann. Die eingesparte Zeit kann dann verwendet werden, um die Inhalte intensiver zu diskutieren, mehr am Verständnis zu arbeiten und mehr Varianten von Bewegungen zu analysieren.

Insgesamt wird deshalb dafür plädiert, sich mehr um das qualitative Verständnis der physikalischen Begriffe Geschwindigkeit und Beschleunigung einschließlich ihrer Richtungen zu bemühen, bevor danach weitere Aspekte behandelt werden.

Literatur

- [1] Wilhelm, T.: 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, Berlin: Logos-Verlag, 2005, <https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/frontdoor/index/index/docId/3310>
- [2] Schecker, H.; Wilhelm, T.: Schülervorstellungen in der Mechanik. In: Schecker, H.; Wilhelm, T.; Hopf, M.; Duit, R. (Hrsg.): Schülervorstellungen und Physikunterricht, Berlin: Springer, 2018, S. 63 – 88
- [3] Wilhelm, T.; Diehl, S.: Oberstufenmechanik konsequent mit Videoanalyse. In: Plus Lucis, Nr. 1, 2020, S. 7 – 11, https://www.pluslucis.org/ZeitschriftenArchiv/2020-1_PL.pdf
- [4] Habig, S. (2017). Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren. Berlin: Logos.
- [5] Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M.: Die IPN-Interessenstudie Physik, Kiel: IPN, 1998
- [6] Sjøberg, S. & Schreiner, C.: The ROSE project. An overview and key findings, University of Oslo, 2010
- [7] Holstermann, N. & Bögeholz, S.: Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 13, 2007, S. 71 - 86.
- [8] Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? Ergebnisse der ROSE-Erhebung in Österreich und Deutschland. Didaktik (3), 2007, S. 2 - 8
- [9] Kuhn, J.; Vogt, P. (Hrsg.): Physik ganz smart. Die Gesetze der Welt mit dem Smartphone entdecken, Berlin: Springer, 2020
- [10] Wilhelm, T. (Hrsg.): Videoanalyse von Bewegungen. In: Plus Lucis, Nr. 1, 2020, https://www.pluslucis.org/ZeitschriftenArchiv/2020-1_PL.pdf
- [11] https://www.phywe.de/sensoren-software/mess-software-apps/software-measure-dynamics-einzellizenz_2259_3190/
- [12] <https://physlets.org/tracker/>
- [13] <https://apps.apple.com/de/app/newtondv/id717653395>
- [14] Amenda, T.: Bedeutung fachlicher Elementarisierungen für das Verständnis der Kinematik), Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 230, Logos-Verlag, Berlin, 2017
- [15] Wilhelm, T.; Wenzel, M.; Reusch, W.: Wie ist die Beschleunigung an der Rampe? In: Wilhelm, T. (Hrsg.): Stolpersteine überwinden im Physikunterricht. Anregungen für fachgerechte Elementarisierungen, Seelze: Aulis/Friedrich, 2018, S. 18 - 21

- [16] Wilhelm, T.; Gemici, B.: Beschleunigungsverständnis in der Oberstufe. In: PhyDid-B - Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2017, S. 153 – 166, <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/751/903>
- [17] Heuer, D.; Wilhelm, T.: Aristoteles siegt immer noch über Newton. Unzulängliches Dynamikverstehen in Klasse 11. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 50, Nr. 5, 1997, S. 280 – 285
- [18] Spatz, V.; Wilhelm, T.: in diesem Heft
- [19] Wilhelm, T.: Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit? In: Wilhelm, T. (Hrsg.): Stolpersteine überwinden im Physikunterricht. Anregungen für fachgerechte Elementarisierungen, Seelze: Aulis/Friedrich, 2018, S. 119 – 121
- [20] Herrmann, F.: Altlasten der Physik (61): Momentan- und Durchschnittsgeschwindigkeit. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 51, 2002, S. 46