

# Kinematik ohne Dynamik?

J. Leisen

## 1 Einleitung

„Erst ordentlich Kinematik unterrichten und anschließend die Dynamik!“ Kaum ein Thema der Schulphysik ist in seiner Abfolge dermaßen kanonisiert wie das Thema „Kinematik und Dynamik“. Ohne Zweifel gibt es gute Gründe für diese Abfolge:

- das Traditionsargument: Die Hochschulphysik macht es, die Schulbücher machen es, die Kolleginnen und Kollegen machen es – schon immer – so.
- das Reduktionsargument: Dynamische Begriffe bauen auf kinematischen Begriffen auf.
- das Einfachheitsargument: Nach dem Prinzip der Isolierung der Schwierigkeiten (Nicht alles auf einmal!) ist eine gestufte Behandlung der Begriffe und Gesetzmäßigkeiten aus dem Bereich der Mechanik sinnvoll, denn ...
- das Erfahrungsargument: die Unterrichtserfahrungen zeigen, dass der Einstieg in die Kinematik problemlos und erfolgreich verläuft. Die kinematischen Begriffe sind der Erfahrungswelt entnommen, der begriffliche Einstieg kann über reichlich viele Alltagsbezüge stattfinden, es gibt zahlreiche Schülerexperimente und das Thema bietet viele Gelegenheiten zum Anwenden und Üben.

Es drängt sich die Frage auf, ob es sich bei dieser Abfolge nicht um kurzfristige Erfolge erhandelt, wenn man das nachfolgende Lernen der Dynamik in die Bilanz mit einbezieht. In vielen, weltweit durchgeführten Untersuchungen ist eindeutig die Erfolglosigkeit des Mechanikunterrichts im Zusammenhang mit dem Kraftbegriff nachgewiesen. Danach ist es kurzsichtig, beim Verstehen der kinematischen Begriffe das Begriffsverstehen in der Dynamik auszublenden, wird doch jeder Fachdidaktiker und jede Lehrkraft anschließend von den Versäumnissen dieses lernstrategischen Denkens eingeholt.

**These 1:** *Wer das Verstehen von Begriffen zum Thema Bewegung angeht, muss von Anfang an die Begriffe der Kinematik und der Dynamik gleichzeitig mit im Blick und im Klassenraum haben.*

„Im Blick haben“ heißt, den didaktischen Ansatz (s. u.) auf die zentralen Begriffe der Mechanik hin ausrichten und das Thema Bewegung nicht ausschließlich unter kinematischen Gesichtspunkten betrachten.

„Im Klassenraum haben“ heißt, die dynamischen Aspekte der Bewegungen nicht künstlich ausblenden. („Wir betrachten jetzt nicht die Ursache der Bewegung, sondern wir beschreiben sie nur.“) Die dynamische Beschreibung ist in den Schülervorstellungen präsent und kann nicht mit Benutzungsverbot belegt werden.

Beim Begriffslernen im Themenkreis „Bewegungen“ machen Lehrende dieselben Erfahrungen wie in anderen The-

menbereichen auch: Die Lernenden kommen mit jedem einzelnen der sukzessiv eingeführten Begriffe ganz gut zu recht. In dem Augenblick, wo mehrere Begriffe gleichzeitig zur Anwendung kommen, treten Verwirrnis und Unsicherheit auf. Die Schülerinnen und Schüler fühlen sich dann im Beziehungsgeflecht der Begriffe unsicher, viele Begriffe erscheinen ihnen dann als geeignete Kandidaten, und sie vagabundieren auf Verdacht durch das Begriffsgeflecht, in der Hoffnung auf den Treffer. Den Schülerinnen und Schülern sind Begriffshierarchien ebenso unbekannt wie die Methode der Begriffsnetze.

**These 2:** *Wer das Verstehen von Begriffen zum Thema Bewegung angeht, muss von Anfang an die Begriffshierarchien und die Begriffsnetze mit im Blick und im Klassenraum haben.*

## 2 Zur Didaktik des Verstehens und Lernens kinematischer und dynamischer Begriffe

Unsere alltäglichen Erfahrungen aus dem Bereich der Mechanik – Abbremsen, Ballspielen, Fahrradfahren, Gehen, Treppensteigen, Werfen, Ziehen ... – haben allesamt etwas zu tun mit Impulsen, Kräften und Energieübertragungen. Ausschließlich kinematische Bewegungen betrachten wir lediglich im Buch, bei modellierten Bewegungen auf dem Bildschirm, in Computerspielen – also in „erfahrungsfreien“ Situationen. Bei allen real erfahrenen Bewegungen sind die Impulse, die Impulsänderungen und die damit verbundenen Energieänderungen interessant und bedeutsam. Die Impulsänderung pro Zeit ist bekanntlich die Kraft. Soll man den Kraftbegriff in das Zentrum des Lehrens und Lernens der Dynamik stellen?

Untersuchungen haben eindeutig die Lernschwierigkeiten im Zusammenhang mit den Schülervorstellungen zum Kraftbegriff belegt. Der Grund liegt darin, dass die Kraft eine Wechselwirkungsgröße ist. Impuls und Energie sind mengenartige Größen und Erhaltungsgrößen, Kraft und Geschwindigkeit sind es nicht. Von mengenartigen Größen und von Erhaltungsgrößen können wir uns sehr gut geeignete und tragfähige Vorstellungen machen und wir können „ganz natürlich“ über diese Größen sprechen: Ich habe sie, ich gebe sie ab oder nehme sie auf, sie fließen und strömen ... Darüber hinaus lässt sich ganz einfach mit ihnen rechnen. Wenn es sich um Vektorgroßen handelt, ist es schwieriger. Das macht das Sprechen, Denken und Rechnen über den Impuls schwieriger als z. B. das Sprechen, Denken und Rechnen über die elektrische Ladung. Wenn es sich um Erhaltungsgrößen handelt, ist das Bilanzieren besonders einfach. Alle diese Vorteile gelten für den Geschwindigkeit- und für den Kraftbegriff nicht. Kräfte treten darüber hinaus immer paarweise auf, es gibt deren so unendlich viele usw.

Diese Überlegungen sprechen dafür, den Impulsbegriff in das Zentrum des Themas „Bewegungen“ zu stellen und die Kinematik von der Dynamik aus zu denken und anzugehen. Der Impulsbegriff wird bislang in der Regel erst im Unterricht der Sekundarstufe II behandelt. Das hat Tradition, ist aber aus didaktischen Gründen nicht zwingend. Unterrichtserfahrungen zeigen, dass die Lernenden keine Probleme mit dem Impulsbegriff im Sinne von Schwung oder Wucht haben. Der Zusammenhang zwischen Impuls und Geschwindigkeit über

$$p = m v$$

ist relativ problemlos. Selbstredend bereitet auch das den Lernenden Verstehensprobleme, jedoch müssen diese immer auf der Folie der Verstehensprobleme beim klassischen Kraftzugang gesehen werden.

### 3 Impuls im Zentrum

Der Karlsruher Physikkurs [1] stellt konsequent und radikal den Impulsbegriff an den Anfang und in das Zentrum der Mechanik. Die Kinematik tritt als gesondertes Teilthema nicht in Erscheinung und reduziert sich auf die unproblematisierte Verwendung des Geschwindigkeits- und Zeitbegriffs. Mechanik ist charakterisiert als derjenige Teil der Physik, in dem es um die mengenartige Größe Impuls und ihre Ströme geht. Kraft ist in der KPK-Sprache nichts anderes als die Impulsstromstärke gemäß der Definition

$$F = \Delta p / \Delta t$$

### 4 Newton'sche Bewegungsgleichung im Zentrum

Wiesner und Wodzinski haben in mehreren Veröffentlichungen ([2], [3]) einen Kurs konzipiert und erprobt, der die newtonsche Bewegungsgleichung in der Form

$$F \Delta t = m \Delta v$$

in das Zentrum stellt und die Kinematik gezielt daraufhin ausrichtet. Kinematik ist hier nicht Selbstzweck, sondern sie ist didaktisch in das dynamische Konzept eingebettet. Die Impulsänderung bzw. der Kraftstoß stehen im begrifflichen Zentrum und alle kinematischen Begriffe sind notwendig darauf hinführend.

### 5 Erst die Energie, dann die Kraft

Backhaus und Frenzel [4] schlagen vor, den Kraftbegriff nach dem Energiebegriff einzuführen, und zwar als ein Maß für die „Heftigkeit von Energieübertragungsvorgängen“ gemäß dem Zusammenhang

$$\Delta F = \Delta E / \Delta s$$

Kinematik könnte man in diesem Ansatz auf Zubringerdienste reduzieren, wengleich im Lehrbuch [5] ein Kapi-

tel zur Kinematik ausgewiesen ist. Die Verbindung kinematischer und dynamischer Begriffe geschieht über den oben genannten Zusammenhang.

### 6 Enge Abstimmung von Kinematik und Dynamik

*Muckenfuß* versucht in [6] die Brücke zwischen Kinematik und Dynamik über einen ausgedehnten Kurs zur Kinematik in enger begrifflicher Abstimmung zum nachfolgenden Dynamikkurs zu schlagen. Dem Kurs liegt zwar kein neues didaktisches Konzept zugrunde, denn es zielt auf das newtonsche Axiom in der klassischen Formulierung

$$F = m a$$

ab, geht aber die bekannten Verstehensprobleme über viele methodisch aufbereitete Beispiele aus dem Erfahrungsbereich der Schülerinnen und Schüler an.

### 7 Dynamik über die Statik?

Vor einem Einstieg in die Dynamik über die Statik sei gewarnt, werden die Verstehensprobleme dadurch noch potenziert (vgl. hierzu auch [2]). In jedem noch so einfachen statischen Problem treten derart viele Kräfte auf, dass eine fachlich korrekte Behandlung auf Schulniveau so gut wie ausgeschlossen ist. Darüber hinaus stellen die Fragen zu den Angriffspunkten, Wechselwirkungskräften, Gleichgewichtskräften und zu den Systemgrenzen fachdidaktische Hürden und methodische Stolpersteine dar. Jeder Lehrende ist klug beraten, mit den Bewegungen zu starten und die Statik als Appendix zu behandeln.

### 8 Fazit: Kinematik und Dynamik in Begriffsgeflechten lehren und lernen

Entscheidend ist, dass alle für die Bewegungen relevanten Größen, nämlich Geschwindigkeit, Impuls, Energie, Kraft, Zeit ... von Anfang an und im Konzert zueinander gedacht, gelehrt und gelernt werden. Das heißt nicht, dass alle Größen auf einmal eingeführt und behandelt werden. Lernende bewegen sich von Anfang an in einem individuellen Begriffsgeflecht und trotzdem lernen sie die „offiziellen“ Begriffe methodisch schrittweise und gestuft.

Es ist die Aufgabe der Fachdidaktik, einen gestuften Kurs zu entwerfen, der das Konzert der Größen von Anfang an mitdenkt und die Schüler begrifflich nicht überfordert. Entsprechende Konzepte liegen wie oben kurz skizziert vor. Unterrichtserfahrungen und Erprobungen der Konzepte im Rahmen der Physiklehrausbildung<sup>1)</sup> zeigen und belegen deren Tragfähigkeit, aber auch deren spezifische Schwächen. Die Erfahrungen bekräftigen unstrittig und eindeutig die Thesen 1 und 2.

Wer das Verstehen von Begriffen zum Thema Bewegung angeht, muss von Anfang an

- die Begriffe der Kinematik und der Dynamik gleichzei-

<sup>1)</sup> Am Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien in Koblenz.

- tig mit im Blick und im Klassenraum haben sowie
- die Begriffshierarchien und die Begriffsnetze mit im Blick und im Klassenraum haben.

Der schnelle und problemlose Einstieg in die Bewegungen mit ausschließlich kinematischen Größen kann sich als Pyrrhussieg erweisen.

#### Literatur

- [1] *Hermann, F.*: Der Karlsruher Physikkurs. Köln: Aulis 1995.  
[2] *Wiesner, H.*: Zum Einführungsunterricht in die Mechanik: Statisch oder dynamisch. Fachmethodische Überlegungen und Unterrichtsversuche zur Reduzierung von Lernschwierigkeiten. In: Unterricht Physik 5 (1994), Heft 22, S. 16-23.  
[3] *Wodzinski, R.*; *Wiesner, H.*: Einführung in die Mechanik über die Dynamik. In: Physik in der Schule (1994), Heft 5, S. 164-169, Heft 6, S. 202-207, Heft 10, S. 331-335.  
[4] *Frenzel, M.*; *Backhaus, U.*: Kraft und Energie. Zwei konkurrierende Größen bei der Einführung in die Mechanik? In: MNU (1996), Heft 4, S. 241-246.  
[5] *Backhaus, U.*; *Schlichting, H. J.*; *Schön, L.*: Das Physikbuch 7/8. Frankfurt a. M.: Diesterweg, 1995.  
[6] *Muckenfuß, H.*: Bewegungsarten von Körpern als Zugang zum Kraftbegriff. Ein einführender Unterrichtsgang in die Newtonsche Mechanik. NiU-PC 36 (1988), Heft 34, S. 11-21.

---

#### Anschrift der Verfasser:

OSTD *Josef Leisen*, Leiter des Staatlichen Studienseminars für das Lehramt an Gymnasien; Lehrauftrag für Didaktik der Physik an der Universität Mainz; Leiter der Lehrplankommission Physik Sek. II in Rheinland-Pfalz. Staatliches Studienseminar Emil-Schlüter-Str. 12, 56068 Koblenz, E-Mail: leisen@studienseminar-koblenz.de

---