

Bewegung in ihrem Bezug zu den Elementen Anregungen aus dem Zweiten Naturwissenschaftlichen Kurs zur Mechanik

Wilfried Sommer

Summary

Starting from Steiner's ideas about the elements as developed in his Heat Course, we examine free fall as well as the relation between dynamics and kinematics. With free fall we are involved with the formation of the earth which happens as a process of motion. Of course, free fall cannot be understood without being able to see the formative processes of the earth as a whole. Just as with free fall, ideal connections also exist in the relationship of dynamics and kinematics. At the end of this investigation we present dynamics as a realization and externalization of possibilities, which, in their interaction with the elements, had previously existed as forcing.

In der Schule passiert täglich Kurioses. Nicht nur im Zwischenmenschlichen, sondern auch mit dem Unterrichtsstoff selbst. Immer wieder leben im Unterrichtsgespräch – meist vage und tastend formuliert – Fragen auf, welche die Lehrerinnen und Lehrer zu neuen, unkonventionellen Gedanken auffordern. Beispielsweise in der Mechanik beim Thema Schwerkraft: Behandle den freien Fall nicht, als verursacht eine Schwerkraft lokal das Fallen, sondern betrachte den freien Fall im Kontext der gesamten irdischen Verhältnisse! Denke den freien Fall im Umfeld der Erde nicht ohne den Himmelskörper Erde! Erkläre mir genau, wie mein Gehen mit dem freien Fall zusammenhängt und warum ich nur als Mensch mit abgeschlossener Gestalt mein Gehen so erleben kann, wie ich es eben erlebe!

Der folgende Beitrag will aus dem Gespräch, das sich im Kreise verschiedener Physiklehrerinnen und -lehrer über die oben umrissenen Fragen ergab, einige Aspekte festhalten. Des Weiteren greift er Diskussionen während der Arbeitstage für Physiker und Physiklehrer am Goetheanum auf, wo beispielsweise die Frage bewegt wurde: Kann man die Mechanik formulieren, ohne die Erscheinungen als verursacht von hinter ihnen liegenden, unsichtbaren Kräften zu denken?

Die Schwere

Die irdischen Verhältnisse schließen sich zu einem räumlichen Ganzen ab. Die Gas- hülle oder Atmosphäre der Erde verdichtet sich zunehmend in Richtung des Erd-

mittelpunktes in annähernder Kugelform. Die Isobaren der Erdatmosphäre bilden fast reine Kugeln, sind aber durch das Wetter mit seinen «Höhen und Tiefen» noch ständigem Wechsel unterworfen (*Schlüter* 1997), wie auch die Formation der Gesteine und Meere sich in der Dichte der Erdatmosphäre fein wiederfindet. Klar zeigt sich die abgeschlossene, annähernd kugelige Gestalt der Erde an den Oberflächen der Meere; im Flüssigen tritt die Kugelform deutlicher vor den Blick als im Gasigen. Die Gebirgsformationen in ihrer Vielfalt weichen als festes, «individuell» geformtes Gestein von der Kugelgestalt vielerorts etwas ab. Mit jedem hinabfallenden Stein und durch unser eigenes Gewicht erleben wir jedoch ständig, wie intensiv der Bezug zur Erde auch für feste Körper permanent gegeben ist.

Zu diesen Beobachtungen treten weitere hinzu: ein Stein, der aus dem Felsen bricht und saugend senkrecht in die Tiefe fällt, ein aus feuchtem Moos sich lösender Wassertropfen, der senkrecht nach unten fällt, ein Netz von kleinen «Wasserläufen», die sich über eine trockene, glatte, leicht geneigte Fläche ergießen, und schließlich breite Wasserflächen, die sich über eine rauhere, ebenfalls geneigte Fläche erstrecken und ein Becken füllen (*Theilmann* 2001b), wobei eine horizontale Wasserhaut bzw. Niveaufläche entsteht. Der herabfallende Wassertropfen zerstäubt beim Aufkommen in vielgestaltigste kleine Wassergebilde und bildet je nach Gegebenheit ebenfalls eine feine, zusammenhängende Wasserhaut; nach einem heftigen Gewitterregen entstehen kleine Seen mit horizontalen Niveauflächen.

Dem Festen ist die abgeschlossene, klar geformte Gestalt eigen. Es lastet auf der stützenden Unterlage oder fällt im freien Fall senkrecht zur Horizontalebene.¹ Indem feste Körper frei fallen, offenbaren sie ihr Verhältnis zur Erde: Senkrecht zur Horizontalebene oder besser zur Niveaufläche der Erde bewegen sie sich so, dass die pro Zeiteinheit zurückgelegten Wegabschnitte sich wie die ungeraden Zahlen verhalten. Sie fallen also mit konstanter Beschleunigung hinab. Dabei trifft diese Aussage um so mehr zu, je weniger die umgebende Atmosphäre, das umgebende Gas dabei komprimiert und zu unterschiedlichsten Bewegungen veranlasst wird. In einem evakuierten Rohr schließlich trifft dies für alle festen Körper gleichermaßen zu. Eine Versuchseinrichtung im nur abgeschlossenen, klar begrenzten Festen (das evakuierte Rohr) ohne die Einflüsse des Flüssigen oder Gasigen ist dem Festen auch gemäß, und das Phänomen des freien Falls tritt dann in reiner Form auf.

Der Wassertropfen steht im Gang der Beobachtungen, wie sie oben geschildert wurden, zwischen Festem und Flüssigem. Die Form ist noch abgeschlossen und wohl begrenzt, wenn auch nur unter speziellen Bedingungen! So wie der Wassertropfen auf der einen Seite nie in einem evakuierten Fallrohr hinabfallen könnte, ohne dabei zu verdampfen, so vereinigt er sich auf der anderen Seite leicht mit anderen Tropfen zu «Wasserinseln», «Wasserläufen» und schließlich kleinen Seen oder riesigen Meeren. Dem Wasser oder allgemeiner dem Flüssigen ist eben die abgeschlossene Form nur in Übergangsmomenten, nicht aber grundsätzlich eigen. Grundsätzlich eigen ist ihm eine und nur eine abgeschlossene Form: die in den Meeren und Seen sich bildende Niveau-

¹ Übergänge wie die schiefe Ebene wollen wir an dieser Stelle nicht behandeln, sondern auf die Ausarbeitung von *Theilmann* (2001a) verweisen.