

## Momentan- und Durchschnittsgeschwindigkeit

### Gegenstand:

In einem Lehrbuch der Physik fand ich die folgenden hervorgehobenen Sätze:

“Unter der Geschwindigkeit  $v$  einer gleichförmigen Bewegung versteht man den konstanten Quotienten aus einer beliebigen Ortsänderung  $\Delta s$  und der dazu benötigten Zeit  $\Delta t$ :  $v = \Delta s / \Delta t$ .”

“Bei einer gleichförmigen Bewegung mit den Anfangswerten  $t = 0$  und  $s = 0$  gilt neben  $v = \Delta s / \Delta t$  auch  $v = s / t$ .”

“In der Praxis finden wir die Momentangeschwindigkeit näherungsweise als Durchschnittsgeschwindigkeit in einem möglichst kleinen Zeitintervall.”

Und in einem anderen Lehrbuch, ebenfalls hervorgehoben:

“Definition: Sind bei der geradlinigen Bewegung eines Körpers Weg  $s$  und Zeit  $t$  zueinander proportional, so bezeichnet man den konstanten Quotienten  $s/t = v$  als Geschwindigkeit des Körpers.”

“Definition: Haben in einem Teilabschnitt einer geradlinigen Bewegung alle Quotienten  $\Delta s / \Delta t$  denselben Wert, so ist  $\Delta s / \Delta t = v$  die Geschwindigkeit innerhalb dieses Bewegungsabschnitts.”

“Sind  $\Delta s$  und  $\Delta t$  zusammengehörige Intervalle von Weg und Zeit einer beliebigen Bewegung, so ist

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

die Durchschnittsgeschwindigkeit dieser Bewegung auf dem Wegstück  $\Delta s$ , bzw. im Zeitintervall  $\Delta t$ .”

“Die Momentangeschwindigkeit zu einem Zeitpunkt  $t_0$  erhält man näherungsweise als Intervallgeschwindigkeit eines möglichst kleinen Zeitintervalls, das den Zeitpunkt  $t_0$  enthält.”

Entsprechende Lehrsätze findet man für die Beschleunigung.

Die Aussagen sind keine Besonderheit der Bücher, denen sie entnommen wurden. Ähnliche Lehrsätze stehen in den meisten Schulphysikbüchern, egal ob ganz neu in modernem Gewand oder 100 Jahre alt.

### Mängel:

Die Geschwindigkeit und die Beziehung  $v = \Delta s / \Delta t$  werden mit einer ungewöhnlichen Akribie eingeführt. Verschiedenerlei Bedenken könnten einem kommen.

1. Die hier versuchte Strenge kann im Folgenden nicht durchgehalten werden. Man bedenke, mit welcher Ungenauigkeit später viel wichtigere Begriffe eingeführt werden, wie etwa Kraft, Wärme oder elektrische Stromstärke.

2. Gerade am Anfang des Physikunterrichts wirkt das starke Formalisieren abschreckend.

3. Es ist kein weiter Weg von gedanklicher Strenge zu Pedanterie, und man kann sich fragen, ob die Grenze zwischen beiden hier nicht schon überschritten ist.

4. Es wird erklärt, dass man unter  $v = \Delta s / \Delta t$  die Geschwindigkeit *versteht*. Sie wird über diese Beziehung *definiert*. Es wird also nicht einfach gesagt, die Gleichung beschreibe den Zusammenhang zwischen  $v$ ,  $s$  und  $t$ . Soll der Schüler daraus schließen, dass das, was er sich bisher unter Geschwindigkeit vorgestellt hat, gar nicht die Geschwindigkeit im Sinn der Physik ist? Wir sollten nicht Trivialitäten mathematisch verbrämt als neue Einsichten verkünden. Nebenbei sei bemerkt, dass man die Geschwindigkeit, wenn man sie schon definieren will, auch auf andere Art definieren kann /1/.

5. Was wir als Weg zum Verständnis der Geschwindigkeit anbieten, ist nicht gerade sehr handlich. Der Umweg führt über zwei oder drei Spezialgeschwindigkeiten: eine Momentan-, eine Intervall- und eine Durchschnittsgeschwindigkeit. Wenn man bei anderen Größen analog verfahren würde, käme man im Unterricht nicht weit. Konsequenterweise müsste man nämlich etwa erklären: “In der Praxis finden wir den Momentanwert der elektrischen Stromstärke näherungsweise als Durchschnittsstromstärke in einem möglichst kleinen

Zeitintervall,” oder: “... die lokale Dichte näherungsweise als Durchschnittsdichte in einem möglichst kleinen Raumbereich,” oder “... den lokalen Druck näherungsweise als Durchschnittsdruck auf einer möglichst kleinen Fläche.”

#### *Herkunft:*

Wahrscheinlich eine Überlieferung aus aus den Anfangszeiten der Physik. Man lese ein Lehrbuch oder auch Originalarbeiten aus dem 18. Jahrhundert. Dort begegnet einem oft diese Art peinlicher Exaktheit an Stellen, wo wir heute kaum noch ein Problem sehen. Vielleicht schimmert bei unseren modernen Schulbüchern aber auch einfach nur das zweite Unterrichtsfach der Autoren hindurch.

#### *Entsorgung:*

Eine Abrüstung ist auf verschiedene Weisen möglich. So braucht man nicht zu erklären, was man unter Geschwindigkeit und was man unter konstanter Geschwindigkeit versteht. Die Gleichung  $v = s/t$  beschreibt den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit, zurückgelegtem Weg und dazu gebrauchter Zeit, falls die Geschwindigkeit konstant ist. Ist sie nicht konstant, so verfährt man wie mit anderen Größen, deren Wert sich mit der Zeit ändert. Messen kann man die Geschwindigkeit mit dem Tachometer.

#### *Friedrich Herrmann*

/1/ Zwei alternative Verfahren zur Definition oder Einführung der Geschwindigkeit seien angedeutet, aber nicht etwa zum Gebrauch in der Schule.

1. Man definiert die Geschwindigkeit über  $dE = v \cdot dp$ , also als Energieänderung pro Impulsänderung, in Analogie zu der Art, wie man die elektrische Spannung definiert (als Energieänderung pro Ladungsänderung), oder die absolute Temperatur (als Energieänderung pro Entropieänderung).

2. Durch “direkte Metrisierung”. Mit einem nicht geeichten Tachometer kann man feststellen, ob eine Geschwindigkeit konstant ist. So kann man eine Geschwindigkeitseinheit  $v_0$  festlegen. Vielfache konstruiert man, indem man einen Körper B mit der Geschwindigkeit  $v_0$  gegenüber einem anderen Körper A bewegt, der seinerseits die Geschwindigkeit  $v_0$  gegen die Erde hat. B hat dann gegen die Erde die Geschwindigkeit  $2v_0$ .