

Physikunterricht auf dem Bahnhof

- Ein Klassenversuch zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung

Verfasser: StD Hermann Lüdicke, Borsteler Trift 79, 27283 Verden

Anfahrende Züge der Eisenbahn sind gut geeignet als Demonstrationsobjekte für die gleichmäßig beschleunigte Bewegung. Meßstrecken von über 300 m, die Mitarbeit aller Schüler der Klasse bei der Datengewinnung und gut auszuwertende Ergebnisse machen diesen Versuch so attraktiv.

Lernmittelfirmen und Lehrkräfte geben sich große Mühe, Versuche zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung zu entwickeln, die die Schüler überzeugen. Dabei wandeln sie auf einem schmalen Grat: Machen sie's zu schlecht, dann ist die Auswertung mühsam und das Ergebnis wenig überzeugend. Machen sie's zu gut, dann ist die Auswertung einfach, aber die Schüler glauben an frisierte Daten: »Ein entsprechend präparierter

mechanischer Analogrechner simuliert die gleichmäßig beschleunigte Bewegung«.

Dabei gibt es ein Unternehmen, das sicherlich nicht der Lehrkraft zuliebe Daten manipuliert, an vielen Orten präsent ist und interessant zu gewinnende, sehr gut auszuwertende Daten zur gleichmäßig beschleunigten Beschleunigung liefert, nämlich die Deutsche Bahn AG.

MNU 49/5 (15. 7. 1996) Seiten 287-288

ISSN 0025-5866

© FERD. DÜMLER-VERLAG · BONN

1 Versuchsaufbau

Ein Bahnhof mit elektrischem Betrieb, aus dem die Züge ohne Gleiswechsel (dann beschleunigen sie zunächst nur auf eine mittlere Geschwindigkeit) auf das Ferngleis fahren. Dazu Züge mit möglichst vielen gleichen Wagen, keine Triebwagenzüge, sonst alles vom Nahverkehrs zug bis zum ICE.

2 Versuchsvorbereitung

Die Bahnhofsleitung wird informiert! Die Schüler werden eindringlich auf Sicherheitsregeln im Bahnhofsbereich hingewiesen!

Ein Protokollant bereitet die Erfassung der Meßergebnisse vor. Mindestens so viele Schüler, wie die Züge Wagen haben, erhalten eine Stoppuhr, sie werden durchnummeriert und bauen sich in dieser Reihenfolge am Ende der Lokomotive, am Anfang des ersten Wagens auf.

3 Versuchsablauf

In dem Augenblick, in dem der Zug anfährt, werden alle Stoppuhren gestartet. Der erste Schüler mißt die Zeit, bis der erste Wagen vorbeigefahren ist, ..., der n -te Schüler die Zeit, bis auch der n -te Wagen vorbei ist. Die Zeiten werden dem Protokollanten übermittelt. Nach kurzer Erholungszeit (< 5 min) kann die nächste Messung stattfinden.

Die Wegmessung wird beiläufig durch das Abzählen der Wagen erledigt, denn jeder Wagen ist 26,4 m lang (diese »Länge über Puffer« ist übrigens an jedem Wagen angeschrieben). Die zu messenden Längen erreichen 132 m bis 375 m, die zu messenden Zeiten bis etwa 40 s, beides für Schulversuche außerordentlich große, daher ohne jeden Präzisionsaufwand zu messende Größen.

4 Versuchsauswertung

Wenn man den zurückgelegten Weg s als Funktion der dabei verstrichenen Zeit t graphisch aufträgt, erhält man eine Parabel. Um deren Parameter zu bestimmen, soll man \sqrt{s} als Funktion von t auftragen. Diese Gerade geht i. a. nicht durch den Nullpunkt, weil der Anfahrzeitpunkt gar nicht so präzise definiert ist wie der Weganfang, und darum soll man zur Linearisierung auch nicht s als Funktion von t^2 auftragen.

5 Versuchsergebnis

Die Züge der Deutschen Bahn AG fahren mit $a = 0,5 \text{ m/s}^2$ bis $a = 1,0 \text{ m/s}^2$ gleichmäßig beschleunigt an. Na ja, und dann alles das, was man so auf dem

Bahnhof sonst erfährt: Sicherheitsüberlegungen und Sicherheitstechnik, das verschiedene Startverhalten verschiedener Lokomotivtypen, die verschiedenen Bremsausrüstungen der Wagen und vieles mehr, was der bahnungsgewohnte moderne Mensch ruhig wissen sollte.

6 Was Sie noch wissen sollten

Was mache ich mit den übrigen Schülern? Wenn Sie genügend viele Uhren haben, messen immer zwei Schüler parallel. Außerdem können Schülergruppen die Geschwindigkeit durchfahrender Züge bestimmen, entweder über die Zeit des Vorbeifahrens (Wagen zählen!) oder durch Wegmessung (Bahnsteiglänge) und zugehörige Zeitmessung - Synchronisierung der Uhren, Einstiegsproblem zur Relativitätstheorie!

Wie präzise ist das wirklich? Mittels eines hp 41CV-Taschenrechners mit Uhrmodul habe ich ein gutes Dutzend Züge durch Tastendruckfolgen erfaßt und den Korrelationskoeffizienten r , also die Qualität der Geraden \sqrt{s} als Funktion von t bestimmt. Es war immer $r > 0,95$. Außer zu solchen Tests würde ich keine Elektronik einsetzen!

Warum ist das so präzise? Die Züge sollen schnell anfahren, aber die Räder der Lokomotive sollen nicht schleudern (durchdrehen). Die Anfahrautomatik der Lokomotiven sorgt durch gleichmäßige Beschleunigung für optimalen Betrieb, also doch Simulation (aber nicht dem Lehrer, sondern den Fahrgästen zuliebe)!

Warum keine Messungen an Güterzügen? Hauptproblem sind die unterschiedlichen Wagenlängen.

Kann man auch den Bremsvorgang so untersuchen? Ja, aber das ist aus zwei Gründen mühsamer: Man weiß selten im voraus, wo das Ende des letzten Wagens stehen wird, wo sich also die Meßtruppe aufbauen muß, und die meisten Züge ändern während des Bremsvorganges die Bremsverzögerung, um den Zug punktgenau anzuhalten.

Wo gibt es Literatur? Unterhalten Sie sich lieber mit einem Eisenbahnliebhaber!

Warum kein Versuch mit dem Auto? Autos können wegen der großen Haftreibung der Räder mit Beschleunigungen bis zu 10 m/s^2 anfahren, das Produkt $P = F \cdot v$ erreicht aber bei normalen Fahrzeugen, nicht bei Rennwagen, nach kurzer Anfahrstrecke die maximale Motorleistung. Dann aber wird mit konstanter Leistung beschleunigt, und aus Autoprospekten oder aus Testberichten in Autozeitschriften kann man sehr schön $v \sim \sqrt{t}$ herleiten! Schließlich läßt sich der Weg beim Auto nicht so problemlos bestimmen, wie bei der Bahn durch das Abzählen der Wagen.

Nur Mut! Die positive Erwähnung in der Abi-Zeitung ist Ihnen sicher! \square