

Analyse von Alltagsbewegungen mit GPS

Christoph Ehlers , Udo Backhaus

Fachbereich Physik, Universität Duisburg-Essen

Kurzfassung

In diesem Beitrag sollen Anreize für die dynamische Untersuchung von Bewegungen mit dem Global Positioning System (GPS) gegeben werden, wie sie auch in der Sekundarstufe II durchgeführt werden können. Es wird ein Weg aufgezeigt, wie man von gemessenen Geschwindigkeitswerten zur Abhängigkeit der Leistung von der Geschwindigkeit kommen kann. An die Leistungskurve wird ein einfaches Modell angepasst mit dem es fortan möglich sein wird, den Energiebedarf für beliebige Streckenfahrten zu bestimmen. Als weitere Einsatzmöglichkeit wird der Energieumsatz bei Fahrten mit Motorrad, Fahrrad und Auto verglichen.

1. Einleitung

GPS-Systeme werden bereits heute vielfach in Wirtschaft, Verkehr und Freizeit zur Positionsbestimmung, Geschwindigkeitsmessung und zur Wegführung verwendet. GPS-Geräte für Pkws und Sport sind billiger als viele Lehrmittel-Messgeräte.

Daraus ergab sich die Idee, dieses System zur Untersuchung alltäglicher Bewegungen zu nutzen. Im Rahmen einer Examensarbeit für das Lehramt an der Sek. II [1] wurde untersucht, wie mit dem GPS der Energieumsatz bei Fahrten mit Motorrad, Auto oder Fahrrad gemessen werden kann.



Abb. 1: Der zur Messung verwendete GPS-Empfänger etrex vista der Firma Garmin



Abb. 2: Messung der Frontfläche zur Berechnung des cw-Wertes bei der Kawasaki EN 5

v-t-Diagramm

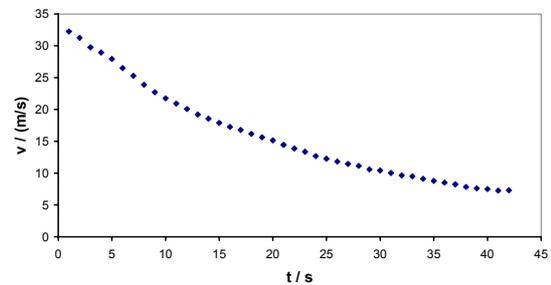


Abb. 3: Geschwindigkeitsabnahme beim Ausrollen

2. Methode

Den Ausgangspunkt der Messungen bilden so genannte Ausrollkurven: Das Fahrzeug wird auf eine möglichst hohe Anfangsgeschwindigkeit gebracht und kommt dann (nach Auskuppeln) allmählich zum Stillstand. Dieses Verhalten ist durch Roll- und Luftwiderstand zu erklären, die aus den Kurven bestimmt werden können, indem aus der Geschwindigkeitsabnahme die Energieabnahme berechnet und daraus auf die Leistung geschlossen wird, die erforderlich ist, um mit konstanter Geschwindigkeit zu fahren (vgl. Abb. 3 – 6).

Die Kurven werden mit Excel berechnet und gezeichnet, nachdem die Daten des GPS-Empfängers auf den PC übertragen wurden.

E-t-Diagramm

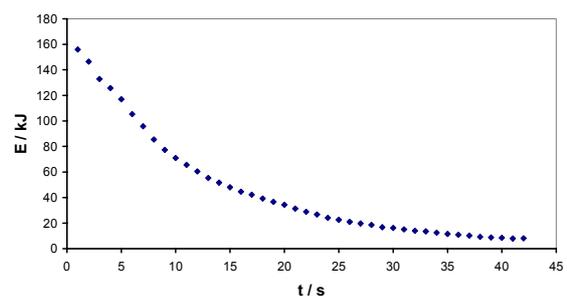


Abb. 4: Die Abnahme der Energie mit der Zeit

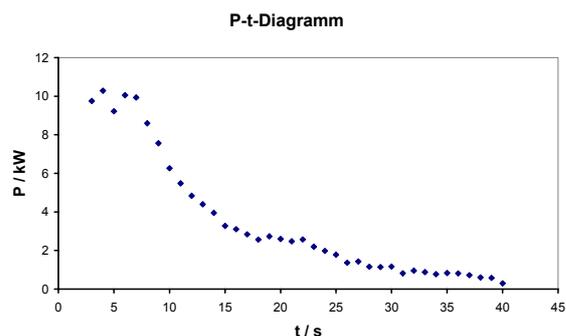


Abb. 5: Die Leistung als Funktion der Zeit

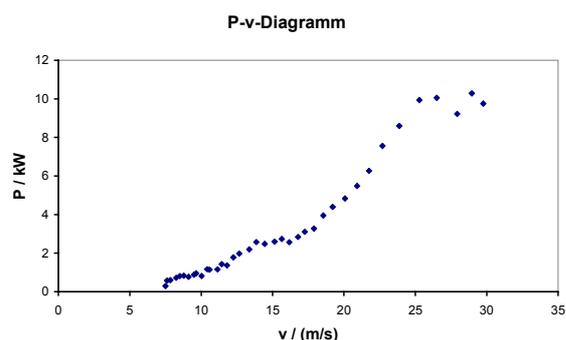


Abb. 6: Die Leistung als Funktion der Geschwindigkeit

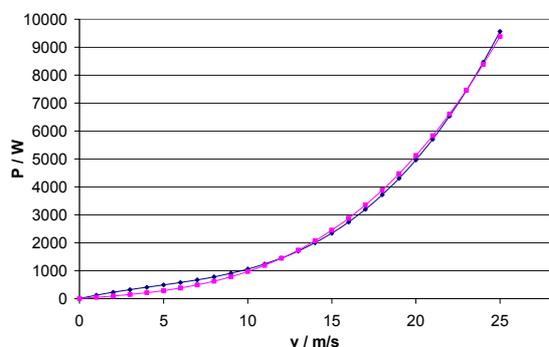


Abb. 7: Über viele Messungen **gemittelte Leistungskurve** und Anpassung an eine **einfache Modellvorstellung**

3. Vergleich mit der Theorie

Fasst man den Reibungswiderstand vereinfachend als Summe aus einer konstanten Rollreibungskraft und quadratisch mit der Geschwindigkeit wachsender Luftreibungskraft auf, dann erwartet man eine Leistungskurve der Gestalt (vgl. Abb. 7).

$$\begin{aligned} P(v) &= (F_{Luft} + F_{Roll})v \\ &= \frac{1}{2}c_w A v^3 + F_{Roll}v \\ &= av^3 + bv \end{aligned}$$

Passt man also an die gemessene Leistungskurve eine entsprechende Ausgleichskurve an, lassen sich Rollreibungskraft und, bei bekannter Querschnittsfläche ($A = 0,85\text{m}^2$ vgl. Abb. 2), der c_w -Wert bestimmen. Für das Motorrad ergab sich auf diese Weise:

$$\begin{aligned} a &= 0.53 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \text{ und } b = 44 \text{ N} \Rightarrow \\ F_{Roll} &= 44 \text{ N} \\ c_w &= 1.0 \end{aligned}$$

Anmerkung:

Besonders bei der Messung des c_w -Wertes ist der Typ des verwendeten Motorrads entscheidend. Das verwendete unverkleidete Fahrzeug (Abb. 2) weist einen deutlich höheren c_w -Wert auf als windschnittige Sport- oder Tourenmotorräder (c_w -Wert bis zu 0.34).

4. Anwendung: Messungen des Energieumsatzes

Misst man den Benzinverbrauch auf Langstreckenfahrten mit möglichst konstanter Geschwindigkeit, dann lässt sich der Wirkungsgrad des Motors η ermitteln:

$$\eta = \frac{P(v)t}{\text{Brennwert des verbrauchten Benzins}}$$

Bei dem verwendeten Motorrad ergab sich, fast unabhängig von der Geschwindigkeit, ein Wirkungsgrad von $\eta = 0.27$. Misst man eine beliebige Fahrt, so kann mit Hilfe der v-t-Daten der Energieumsatz bei der Fahrt und damit den Benzinverbrauch ermittelt werden:

$$\text{Benzinverbrauch} = \frac{1}{\eta} \frac{1}{\text{Brennwert}} \int P(v(t)) dt$$

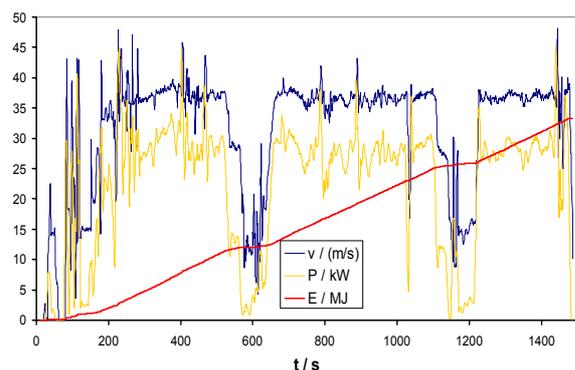


Abb. 8: Geschwindigkeit, Leistung und Energieverbrauch bei einer Motorradfahrt

Vergleich mit anderen Fahrzeugen:

Auf diese Weise wurden auch Leistungskurven für einen PKW und ein Fahrrad [3] ermittelt. Dabei zeigt sich, dass Der Energieumsatz beim Motorradfahren nur bei niedrigen Geschwindigkeiten unter dem beim Autofahren liegt. Bei hohen Geschwindigkeiten (bereits ab $v \approx 100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$) ist Motorradfahren aufgrund des schlechten c_w -Wertes (unverkleideter) Motorräder energetisch aufwändiger als Autofahren (vgl. Abb. 9).

Leistungsvergleich

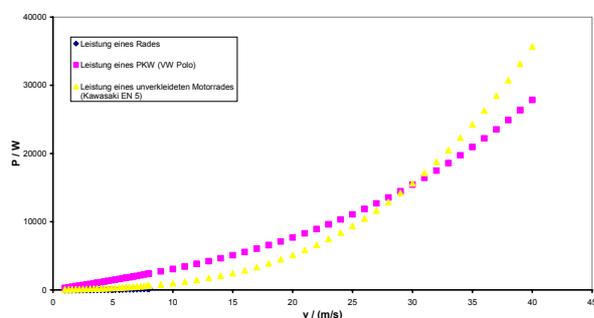


Abb. 9: Vergleich des Energieumsatzes bei Pkw, Motorrad und Fahrrad

5. Fazit

Die Genauigkeit des GPS ist im Allgemeinen hoch genug für die beschriebenen Messungen und Auswertungen. Allerdings kann sie unter Umständen (z.B.: schlechte Himmelssicht, zu kleine Anzahl der empfangenen Satelliten) deutlich eingeschränkt sein (vgl. Abb. 10). Das Messverfahren hat sich deshalb als gut geeignet erwiesen, Alltagsbewegungen energetisch zu untersuchen. Messungen wie die hier gezeigten können auch mit anderen Fahrzeugen (mit Fahrrädern z.B. auf Sportpätzen, mit Autos

und Motorrädern anderer Bauart) wiederholt werden. Nicht geeignet sind Motorroller, da eine Trennung von Motor und Antriebsrad durch so genanntes „Auskuppeln“ auf Grund des Automatikgetriebes nicht möglich ist. Dafür sollten aber auch sportliche Bewegungen mit Rollerblades oder Skateboards auswertbar sein.

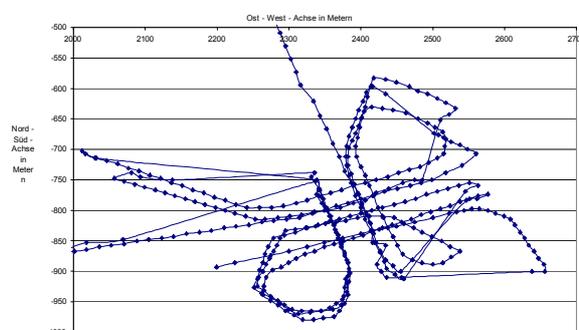


Abb. 10: Mehrfache Durchfahrt des Autobahnkreuz Hilden

Dieses Projekt soll Anregungen für die Physikausbildung in Schule und Hochschule geben. Ähnliche Messungen und Untersuchungen können sicherlich im Rahmen von handlungsorientiertem (Projekt-) Unterricht durchgeführt werden und dort einen Beitrag zu größerer Lebensnähe des Physikunterrichts leisten.

Kontakt:

Christoph Ehlers

eMail: ehlers.christoph@gmx.de

Prof. Dr. Udo Backhaus

eMail: udo.backhaus@uni-essen.de

Literatur:

- [1] C. Ehlers, Untersuchungen von Alltagsmechanik mit GPS, Staatsexamensarbeit, Universität Duisburg-Essen, Essen 2006
- [2] M. Budisa, G. Planinsic: Teaching motion with the Global Positioning System, Phys. Educ. 38/6, 512 (2003)
- [3] U. Backhaus, Alltagsmechanik mit GPS, DPG-Tagung, Berlin 2005