

Bewegungen mit GPS untersuchen

Einführung

Grundideen der Analysis entwickeln sich beim Untersuchen von Bewegungsvorgängen. Navigationsgeräte zeichnen solche Bewegungen als Tracks auf und „messen“ damit Bewegungsfunktionen.

Die folgenden Ausführungen und Beispieldateien zeigen, wie man vorgeht. Sie dienen auch als Anregung für eigene GPS-Experimente.

Online-Link

GPS und weitere Dateien
734401-2441
Tracks zur Fahrt auf dem Nürburgring, dem Adria-Speedway, der S-Bahn in Köln sowie zum Segelflug auf der Dahlemer Binz.
gps-info.pdf enthält Tipps zu geeigneten Navigationsgeräten und aktuelle Hinweise, wenn sich die Internetseiten nach Drucklegung verändern.

Tracks sind Dateien die die Positionen (Breitengrad; Längengrad; Zeit) oder (Latitude; Longitude; Time) im Sekundenabstand enthalten (Fig. 1). Breitengrad und Längengrad werden mit 6 Nachkommastellen aufgezeichnet. Beim Breitengrad entspricht die letzte Nachkommastelle ($0,000001^\circ$) überall auf der Erde der Strecke $0,111\text{ m}$, beim Längengrad (in NRW) der Strecke $0,071\text{ m}$.

```
<trkpt lat="50.333977" lon="6.944810">
<time>2009-08-10T10:49:32Z</time>
</trkpt>
<trkpt lat="50.333965" lon="6.944802">
<time>2009-08-10T10:49:33Z</time>
</trkpt>
```

Lat=Breite (N-S): $0,000001^\circ = 0,111\text{ m}$ (Überall)
Lon=Länge (O-W) $0,000001^\circ = 0,071\text{ m}$ (NRW)

Fig. 1 Beispiel einer Track-Datei im .gpx-Format:

Wenn man Tracks z. B. nach www.gpsvisualizer.com hochlädt, kann man die Bewegungen „metergenau“ in Landkarten verfolgen, grafisch und numerisch nach zurückgelegten Wegen, gefahrenen Geschwindigkeiten oder Steigungsprofilen auswerten. Man kann sie auch mit Excel untersuchen.

Landkarten

Du kannst Tracks in Landkarten darstellen (Fig. 1, Seite 245): Gehe dazu gemäß Fig. 2 auf www.gpsvisualizer.com/map_input, trage unter „Upload your GPS data files“ den Track ein, der gezeichnet werden soll (z. B. nuerburg-grand-prix-runde-1.gpx) und färbe („colorize“) den Tracks nach Geschwindigkeiten.

Karte zeichnen

Funktionsgraphen zeichnen

Färben nach Geschwindigkeit

Formatum-wandlung

Daten in Tabellen

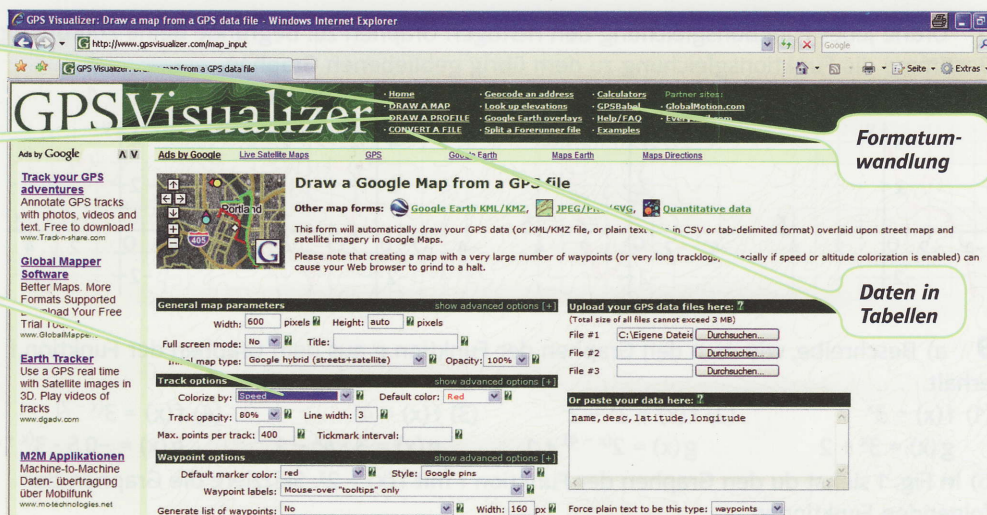


Fig. 2 Internetseite zum Zeichnen von Karten und Auswerten von Fahrspuren

II Funktionsgraphen

Man kann die Geschwindigkeiten und den zurückgelegten Weg in Abhängigkeit von der Zeit auch als Funktionsgraphen darstellen. Gehe auf www.gpsvisualizer.com/profile_input.

- Wähle in dem Eingabefenster
- die zu bearbeitende Track-Datei
 - auf der x-Achse „Elapsed time“
 - auf der y-Achse „Speed“

und du erhältst das Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm (Fig. 3). Wählt man auf der x-Achse „Distance“, wird ein Weg-Geschwindigkeitsdiagramm gezeichnet. Entsprechend erstellt man Zeit-Weg (Fig. 2) oder Zeit-Fahrtrichtungsdiagramme (Fig. 4) oder auch Höhenprofile.

$t = \text{time (in s)}$
 $v = \text{velocity (m/s - km/h)}$
 $s = \text{distance (m - km)}$
 Umrechnung:
 $1\text{m/s} = 3.6\text{km/h}$

time bedeutet: reale Tageszeit, elapsed time die seit dem ersten Trackpunkt verstrichene Zeit in Sekunden.

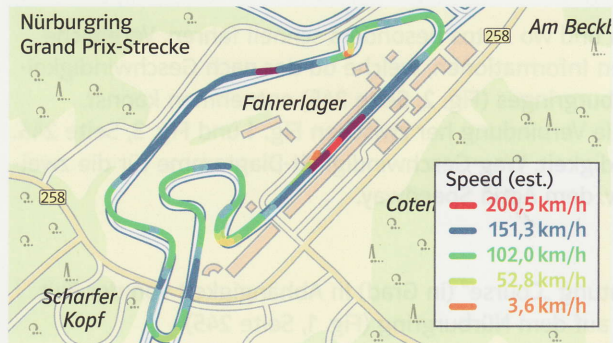


Fig. 1 Startrunde auf dem Nürburgring, eingefärbt nach Geschwindigkeit

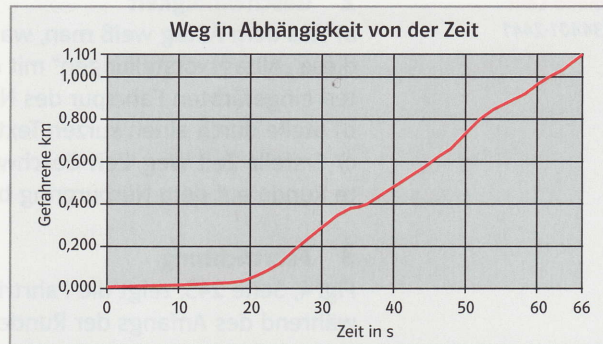


Fig. 2

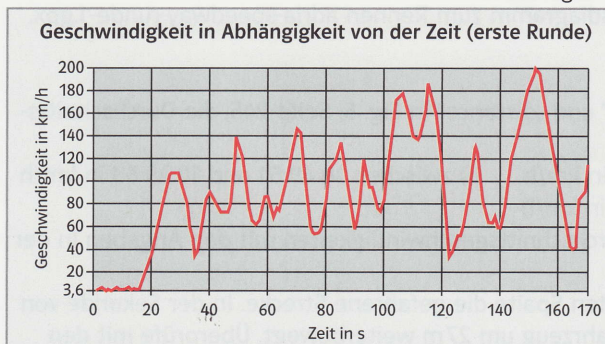


Fig. 3

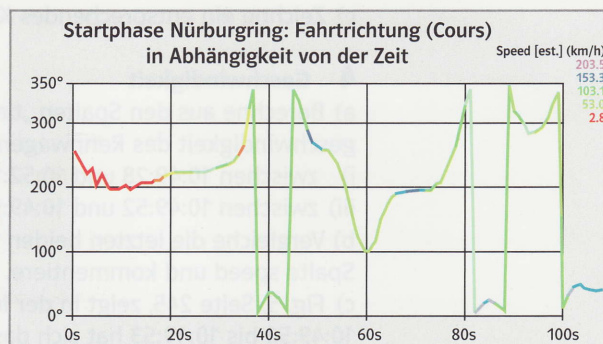


Fig. 4

III Tabellen

Man kann Tracks auch numerisch auswerten. Dazu geht man auf http://www.gpsvisualizer.com/convert_input, lädt den Track hoch und klickt an, dass man z.B. auch den zurückgelegten Weg (distance) und die Geschwindigkeit (speed) berechnen lassen möchte. Diese Text-Tabellen (Fig. 5) kann man mit Tabellenkalkulationsprogrammen weiter bearbeiten. Mit <http://www.gpsvisualizer.com/gpsbabel> kann man auch spezielle geräteabhängige Formate in .gpx- oder in Textdateien umwandeln.

	A	B	C	D	E
1	time	latitude	longitude	speed (km/h)	distance (km)
2	10:49:28	50.334007	6.944875		0
3	10:49:29	50.334003	6.944857	4.9	0.001
4	10:49:51	50.333321	6.944022	70.0	0.099
5	10:49:52	50.333164	6.943803	84.1	0.122
6	10:49:53	50.332985	6.943552	96.1	0.149
7	10:49:54	50.332787	6.943278	105.7	0.178
8	10:52:17	50.332394	6.940866	88.9	4.244
9	10:52:18	50.332626	6.941158	119.1	4.277

Fig. 5 Auszug aus der Tabelle zur ersten Runde der Nürburgring-Grand-Prix-Schleife

Aufgaben

Tipp zu c):
Satz des Pythagoras
Tipp zu d):
Zeichne ein Steigungs-
dreieck zu der der in der
Sekunde zurückgelegten
Fahrstrecke

Online-Link
734401-2441

1 Positionskoordinaten überschlage mit den Informationen aus Fig. 1, Seite 244 zuerst im Kopf, rechne dann nach: Um welche Strecke hat sich das in Fig. 4, Seite 245, protokollierte Auto innerhalb einer Sekunde

- in südlicher Richtung bewegt?
- in westlicher Richtungbewegt?
- Wie groß war die in der Sekunde zurückgelegte Fahrstrecke?
- Wie hoch war die Geschwindigkeit in m/s und in km/h?
- Berechne die Fahrtrichtung, wobei 0° der Himmelsrichtung Ost entsprechen soll.

2 Geschwindigkeit

- Aus dem Alltag weiß man, wann und wo Autos besonders schnell fahren. Vergleiche diese „Alltagsvorstellungen“ mit den Informationen, welche du der nach Geschwindigkeit eingefärbten Fahrspur des Nürburgringes (Fig. 2, Seite 245) entnehmen kannst.
- Stelle durch einen kurzen Text die Verbindung her zwischen Fig. 1 und Fig. 3, Seite 245.
- Erstelle Zeit-Weg, Zeit-Geschwindigkeit, Weg-Geschwindigkeit-Diagramme für die zweite Runde auf dem Nürburgring bzw. dem Adria Speedway.

3 Fahrtrichtung

Fig. 4, Seite 245, zeigt die Fahrtrichtung „Course“ (in Grad) in Abhängigkeit von der Zeit während des Anfangs der Runde 1 auf dem Nürburgring (Fig. 1, Seite 245).

- Finde heraus, welche Gradangaben zu den vier Himmelsrichtungen gehören.
- Der Graph enthält merkwürdige Sprünge. Erkläre, wie sie zustande kommen.
- Zeichne ein entsprechendes Kursdiagramm zum Rennen adria-speedway-runde-1.gpx.

4 Geschwindigkeit

- Berechne aus den Spalten „time“ und „distance“ in Fig. 5, Seite 245, die Durchschnittsgeschwindigkeit des Rennwagens
 - zwischen 10:49:28 und 10:52:18 in km/h
 - zwischen 10:49:51 und 10:49:53 in km/h
 - zwischen 10:49:52 und 10:49:54 in km/h
- Vergleiche die letzten beiden Durchschnittsgeschwindigkeiten mit den Angaben in der Spalte speed und kommentiere.
- Fig. 5, Seite 245, zeigt in der letzten Spalte die gefahrene Strecke. In der Sekunde von 10:49:52 bis 10:49:53 hat sich das Fahrzeug um 27m weiterbewegt. Überprüfe mit den Informationen aus Fig. 1, Seite 245, ob die Punkte (50.333164; 6.944857) und (50.332985; 6.943552) tatsächlich 27m voneinander entfernt sind.

Eher ungewöhnlich: mit
dem Navi in der S-Bahn



Online-Link
734401-2441

5 Anfahren von S-Bahnen

Fig. 1, Seite 247, zeigt die nach Geschwindigkeit eingefärbte Karte einer S-Bahnfahrt von Köln-Weiden-West nach Köln-HBF.

- Fasse in Worte, welche Informationen du dieser Karte über die Bahnfahrt entnehmen kannst.
- Zeichne mit GPS-Visualizer einen nach Geschwindigkeiten gefärbten Ausschnitt der Karte zwischen der zweiten Haltestelle (Köln Lövenich) und der vierten Haltestelle (Köln-Ehrenfeld). Vergleiche mit Fig. 1.

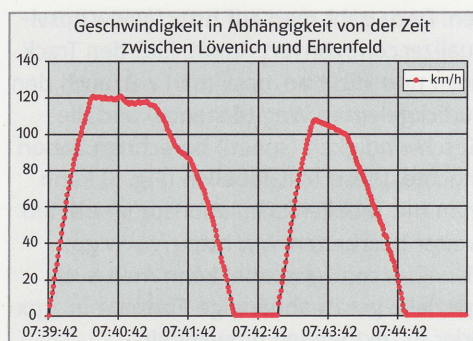


Fig. 1

- c) Erstelle mit GPS-Visualizer ein Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm wie in Fig. 1, Seite 246 (X: Time oder elapsed Time, Y: Speed).
 d) Skizziere das zugehörige Zeit-Weg-Diagramm, dass zu Fig. 1 gehören müsste aus der Hand. Überprüfe deine Skizze mit GPS-Visualizer. Kommentiere!

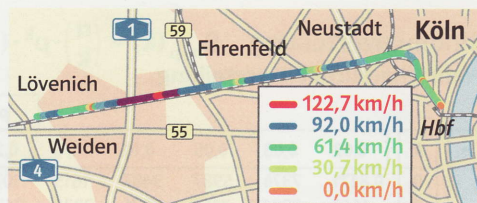


Fig. 1: S12 Köln-Weiden nach Köln-HBF

6 Züge kennen Parabeln

Die Geschwindigkeit v und der Weg s lassen sich bei anfahren den Zügen in Abhängigkeit von der Zeit über einige Sekunden hinweg „perfekt“ durch lineare bzw. quadratische Funktionen beschreiben ($v = a \cdot t$ bzw. $s = c \cdot t^2$).

Wenn gilt $s'(t) = v(t)$ müsste gelten $a = 2c$.

- a) Untersuche diese Aussage, indem du mit GPS-Visualizer eine Tabelle erstellst, die Spalten für den Weg s und die Geschwindigkeit v enthält.

Tipp: In Excel kannst du die Funktionsgleichungen der Geraden und Parabeln über Trendlinien bestimmen.

- b) Untersuche ebenso den Bremsvorgang.

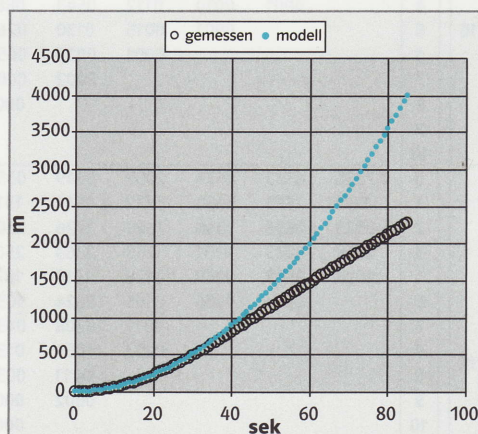


Fig. 2: S12: Zeit → Weg beim Anfahren in Köln Weiden

Wenn du die Excel-Tabelle (nach III) nicht selber erstellen möchtest, kannst du die Datei `s-12.xls` nutzen (siehe Online-Link).

7 Segelfliegen auf der Dahlemer Binz

Die Datei `segelflug.gpx` enthält den Track eines Segelfluges mit einem Seilwindenstart

- a) Stelle die Flughöhe h dar in Abhängigkeit

- von der Zeit t
- von der Flugstrecke s

- b) Schätze aus der Grafik für den Start ab:
- den Steigungswinkel der Flugbahn
 - die Steiggeschwindigkeit in m/s
 - die Beschleunigung beim Start, also um wie viel km/h die Geschwindigkeit in jeder Sekunde zunimmt.

- c) Bei welcher Geschwindigkeit hebt der Segelflieger ab, wie groß ist die Geschwindigkeit beim Aufsetzen auf der Lande-wiese?

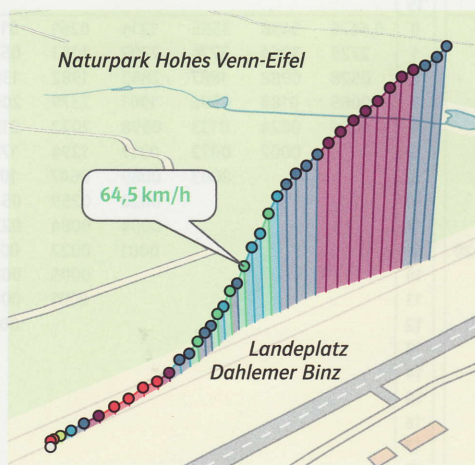


Fig. 3: Start: In Google-Earth kann man Tracks auch dreidimensional darstellen

Online-Link
 734401-2441



Am Stiftischen Gymnasium in Düren kann man sich in einer Segelflug-AG zum Piloten ausbilden lassen.

8 Koordinatenumrechnung

- a) Begründe mit der Kreisumfangsformel: Beim Breitengrad entspricht $0,000001^\circ$ der Strecke 0,111m, beim Längengrad (in NRW) der Strecke 0,071m. Benutze für den Erdradius $r = 6370\,000\text{m}$ und dass NRW ca. auf dem 50. Breitengrad liegt.

- b) Welche Strecke müsste man anstelle von 0,071m am Äquator, am Nordpol, in Hammerfest (Nordnorwegen) und in Tunis (Afrika) verwenden?

Hammerfest
 Lat: 70.67944444
 Lon: 23.66833333

Tunis
 Lat: 36.8027778
 Lon: 10.1797222