

# GPS (Global Positioning System)

Martin Weissenböck

## Geographische Länge und Breite

Zuerst einige Vorbemerkungen über Ortsangaben: mittels zweier Angaben, der *geographischen Länge* und der *geographischen Breite*, kann jeder Ort auf der Erde genau angegeben werden. Der Null-Meridian der geographischen Länge geht durch das Observatorium von Greenwich in London; die geographische Breite wird vom Äquator her gezählt. Längen und Breiten werden traditionellerweise in Bogengraden, Bogenminuten und Bogensekunden oder Bogengraden, Bogenminuten und Minutenbruchteilen angegeben. Bei der geographischen Breite entspricht ein Bogengrad rund 111 km, eine Bogenminute 1852 m (entspricht auch einer Seemeile), 1/100 Minute daher 19 m oder 1 Sekunde 31 m. Da die Breitenkreise vom Äquator weg immer kleiner werden, sind diese Angaben für Längengrade nur am Äquator gültig. Bei 47° Breite (entspricht etwa Österreich) ist ein Bogengrad etwa 76 km lang, eine Bodenminute 1263 m, 1/100 Minute daher 13 m und eine Sekunde 21 m lang.

## Das Koordinatensystem der Österreichkarte

Wird ein Ort - zum Beispiel das Ziel einer Wanderung - auf eine Bogenminute genau angegeben, reicht das für private Zwecke meist aus. Auf guten Karten sind geographische Länge und Breite am Kartenrand aufgedruckt. Trotzdem ist diese Angabe nicht immer praktisch - lange Lineale werden bei Wanderungen normalerweise nicht mitgeführt, auch Hilfslinien sind nicht so leicht zu ziehen. Deshalb ist es oft besser, mit einer Österreichkarte im Maßstab 1:50.000 (ÖK 50) oder 1:200.000 (ÖK 200) mit Gitternetzaufdruck (Bundesmeldenetz) zu arbeiten. Die violetten oder schwarzen Linien überziehen das gesamte Bundesgebiet mit einem 2\*2 Kilometer großem Raster. Statt mit Linealen, Hilfslinien, geographischer Länge und geographischer Breite zu arbeiten wird ein Netzteiler auf die Karte gelegt. Netzteiler und ÖK 50 bzw. ÖK 200 sind (auch) beim

### • Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Landesaufnahme, A-1080 Wien, Krottenthallergasse 3,

erhältlich. Sehr einfach ist jeder Ort in Österreich durch Rechtswert, Hochwert und Höhe anzugeben. Alle Zahlenwerte haben die Einheit *Meter*. Eine typische Bestimmung kann etwa lauten:

Rechtswert: 718 000 + 0 456 = 718 456  
 Hochwert: 264 000 + 1 819 = 265 819  
 Höhe (über dem Meeresniveau): 1 743 m

Beim Rechts- bzw. Hochwert werden die beiden ersten Zahlen (718 000 bzw. 264 000) am Kartenrand bei der jeweiligen Gitternetzlinie abgelesen. Sie sind dort in der Form <sup>7</sup>18 (am oberen und am unteren Kartenrand) und <sup>2</sup>64 (am linken und am rechten Kartenrand) zu finden. Die beiden zweiten Zahlen (456 und 1 819) werden am Netzteiler abgelesen. Eine genaue Anleitung zur Bestimmung von Rechts- und Hochwert und zur Benutzung des Netzteilers ist auf jeder ÖK 50 mit Bundesmeldenetaufdruck zu finden.

Eine Besonderheit ist bei den Karten des Bundesamtes zu beachten: die geographische Länge wird amtlich auf die Länge von Ferro bezogen. Dabei gilt:

Geographische Länge von Ferro = Geographische Länge von Greenwich + 17° 40' 00".

Da aber die Erdoberfläche nicht ohne Verzerrungen auf eine Ebene abgebildet werden kann, würde ein einziges Gitternetz über ganz Österreich zu zu großen Verschiebungen führen. Verwendet wird die Gauß-Krüger-Abbildung in 3° breiten Meridianstreifen. Diese Streifen werden nach den Mittelmeridianen benannt: M28, M31 und M34. Achtung: dies sind wieder die Längen östlich von Ferro. Östlich von Greenwich entspricht dies den Längen 10°20', 13°20' und 16°20'. Markante Orte in der Mitte der drei Streifen sind Landeck (M28), der Wolfgangsee bzw. Spittal an der Drau (M31) und Wien (M34).

## Koordinatenumrechnung

Zur Umrechnung der geographischen Koordinaten in Gauß-Krüger-Koordinaten hat mir das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen die folgenden Formeln zur Verfügung gestellt:

- $\varphi$  geographische Breite in Grad
- $\lambda$  geographische Länge in Grad
- x Rechtswert in Metern
- y Hochwert in Metern
- $\Delta\lambda$  relative geographische Länge in Grad, bezogen auf den Mittelmeridian
- $\Delta x$  relativer Rechtswert, bezogen aus den Mittelmeridian in Metern
- B Meridianbogen vom Äquator bis zur Breite  $\varphi$

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_M$$

$$\Delta x = x - x_M$$

Meridianstreifen	$\lambda_M$ (östlich von Greenwich)	$\lambda_M$ (östlich von Ferro)	$x_M$
M28	10° 20' 00"	28° 00' 00"	150 000
M31	13° 20' 00"	31° 00' 00"	450 000
M34	16° 20' 00"	34° 00' 00"	750 000

Die Form der Erde wird durch ein Ellipsoid mit den Halbachsen a und b (in Metern) angenähert.

- Für das Bessel-Ellipsoid gilt:  
 $a = 6\,377\,397.155$   
 $b = 6\,356\,078.9629$
- Für das internationale Ellipsoid gilt:  
 $a = 6\,378\,388.0$   
 $b = 6\,356\,911.94613$

$$\alpha = 111\,120.61962$$

$$\beta = 15\,988.6385$$

$$\gamma = 16.73$$

$$\delta = 0.022$$

$$e^2 = (a^2 - b^2)/b^2$$

$$B = \alpha \cdot \varphi - \beta \cdot \sin(2\varphi) + \gamma \cdot \sin(4\varphi) - \delta \cdot \sin(6\varphi)$$

$$k = \Delta\lambda \cdot \pi / 180 \cdot \cos(\varphi)$$

$$t = \tan(\varphi)$$

$$\eta = e \cdot \cos(\varphi)$$

$$V^2 = 1 + \eta^2$$

$$c = a^2/b$$

$$N = c/V$$

$$\Delta x = N \cdot k \cdot (1 + k^2/6 \cdot (1 - t^2 + \eta^2) + k^4/120 \cdot (5 - 18 \cdot t^2 + t^4))$$

$$y = B + N \cdot t \cdot k^2 \cdot (1/2 + k^2/24 \cdot (5 - t^2 + 9 \cdot \eta^2))$$

## Ein Beispiel

Der Gipfel des *Hochwechsel* an der Grenze zwischen der Steiermark und Niederösterreich ist ÖK50 Nummer 105 („Neunkirchen“) zu finden. Die Koordinaten des Gipfels sind laut Karte  $\lambda = 15^\circ 54' 52'' = 15.914444^\circ$  östlich von Greenwich und  $\varphi = 47^\circ 31' 50'' = 47.530555^\circ$  nördliche Breite; Seehöhe 1743m. Auf der Karte ist außerdem der Meridianstreifen M34 angegeben.

Berechnung für das internationale Ellipsoid:

$$\begin{aligned}\Delta\lambda &= 15^\circ 54' 52'' - 16^\circ 20' 00'' = -0^\circ 25' 08'' = -0.418888^\circ \\ e &= 0.082268890 \\ B &= 5\,265\,695.563 \\ k &= -0.004936358 \\ t &= 1.092477607 \\ \eta &= 0.055547702 \\ V &= 1.001541585 \\ c &= 6\,399\,936.608 \\ N &= 6\,390\,085.748 \\ \Delta x &= -31\,543.7468\end{aligned}$$

Ergebnis:

$$\begin{aligned}x &= 718\,456.253 \\ y &= 5\,265\,819.159\end{aligned}$$

Natürlich ist eine Berechnung auf Millimeter für Nicht-Geodäten nicht sehr sinnvoll. Statt des errechneten Hochwertes wird der um 5 000 000 verringerte Wert in der Karte angegeben. Der Gipfel der Hochwechsel kann somit wie folgt angegeben werden:

Rechtswert:	718 456
Hochwert:	265 819
Höhe:	1 743

## Was ist das GPS?

Das GPS ist ein System zur Ortsbestimmung mittels Satelliten. Dieses System wurde ursprünglich nur vom amerikanischen Verteidigungsministerium (Department of Defense) verwendet; inzwischen wird es für eine Vielzahl von zivilen Projekten eingesetzt. Die Satelliten senden einen verschlüsselten Code für militärische Anwendungen (PPS) und einen Code für zivile Zwecke (Standard Positioning Service, SPS). Der militärische Code erlaubt angeblich Genauigkeiten unter einem Meter; beim zivilen Code werden die Werte absichtlich verfälscht, sodaß die Genauigkeit bei 25 bis 60 Metern liegt: für Wanderungen durchaus ausreichend, für automatische Navigationssysteme für Autos schon etwas zu unpräzise. Bei Höhenangaben schwanken die Werte oft um 50 bis 100 Meter. Zur Berechnung der Koordinaten reichen drei Satelliten; wenn mehr Signale empfangen werden, ist die Angabe genauer.

Etlche verschiedene GPS-Empfänger sind bereits in Österreich erhältlich. Auskünfte erteilt die u.a.

- **Firma Print-Technik, A-1062 Wien, Stumpergasse 34, Tel: 01-597 34 23; Fax: 01-597 34 23-8.**
- **Firma Wien-Schall, A-1120 Wien, Krichbaumgasse 25, 01-811 55-200, Fax: 01-811 55-180**
- **Conrad Electronic GmbH & Co. KG, Durisolstraße 1, Postfach 293, Tel: 07242-203040, Fax: 07242-203044.**

Für Wanderungen ist vor allem die Serie GPS (GPS 2000, GPS 3000, GPS 4000) zu empfehlen: die Geräte sind sehr handlich und auch mit Batterien 17-24 Stunden lang zu betreiben. Zu allen Geräten gibt es einen 12 V-Adapter (Anschluß an die Autobatterie) und auch externe Antennen als Zubehör.

## GPS-Empfänger und die Koordinatensysteme

GPS-Empfänger berechnen auf jeden Fall die geographische Länge und Breite. Das Spitzenmodell GPS 4000 erlaubt auch die Definition eines eigenen Koordinatensystems. Damit kann ein GPS 4000-Empfänger so programmiert werden, daß die Anzeige direkt im Bundesmeldenetz erfolgt. Hier die einzelnen Schritte:

- Mit [MNU] das Menü aufrufen.
- Das [SETUP MENU] auswählen und [ENT] drücken.

- Den Menüpunkt [COORD SYSTEM] auswählen und [ENT] drücken.
- Bei GPS 4000 kann ein „zweiter Koordinatenschirm“ gewählt werden. Dadurch könnte der erste die Koordinaten in Grad anzeigen, der zweite im Bundesmeldenetz. Vorschlag: wenn dieser zweite Schirm aktiviert ist, [2ND POS] wählen und [ENT] drücken.
- Das benutzerspezifische Koordinatensystem mit [USER GRID] wählen und [ENT] drücken.
- Die Mercator-Projektion mit [TRANS MERC] wählen und [ENT] drücken.
- Jetzt müssen einige Parameter eingegeben werden. Die geographische Breite des Ursprungs des neuen Koordinatensystems [LATITUDE OF ORIGIN] ist der Äquator und bleibt auf [00.00000N]. [ENT] drücken.
- Die Länge des Ursprunges des neuen Koordinatensystems ist je nach aktuellem Meridianstreifen einzugeben und entspricht in der Tabelle oben dem Eintrag  $\lambda_M$ . Beispiel: Im Streifen M34 ist für [LONGITUDE OF ORIGIN] einzugeben [016.33333E]. Achtung: auf das „E“ (East, Ost) am Ende nicht vergessen!
- Der Skalenfaktor [SCALE FACTOR] wurde experimentell mit [0.99989800] bestimmt.
- Der Umrechnungsfaktor [UNITS TO METERS CONV] kann bei voreingestellten Wert [1.00000000] bleiben.
- Als [FALSE EASTING AT ORIGIN] ist der Rechtswert des neuen Ursprunges einzugeben. Dieser Wert hängt wieder vom Meridianstreifen ab. Er kann als Wert  $x_M$  aus der Tabelle abgelesen werden. Im Beispiel: [00750000.0]
- Der letzte Wert ist der Hochwert des neuen Ursprunges [FALSE NORTH AT ORIGIN]. Wird [00000000.0] eingegeben, erscheint der Hochwert um 5 000 000 höher, als auf den Karten angegeben. Um die Kartenwerte anzugeben, müßte als -5000000.0 eingegeben werden. Das ist leider nicht möglich. Wird (als Kompromiß) der Wert [85000000.0] eingegeben, ist die Anzeige um 90 000 000 zu hoch; das heißt, die erste Stelle der Anzeige ist zu streichen.

Jetzt können (auf dem zweiten Schirm) alle Koordinaten im Bundesmeldenetz abgelesen werden. Stehen wir beispielsweise auf dem Gipfel des Hochwechsel, erscheint der Ort dann mit den Koordinaten

Anzeige des Rechtswertes: 007-18-461E → zu lesen als 718 461  
Anzeige des Hochwertes: 902-65-780N → zu lesen als 265 780

Zum Vergleich der errechnete Rechtswert war 718 456, der errechnete Hochwert 265 819. Die Differenz beträgt somit beim Rechtswert 5 Meter und beim Hochwert 39 Meter. Woher kommt die Differenz? Nun, die im GPS 4000 programmierten Formeln werden wahrscheinlich nicht so viele Terme des Näherungspolynoms enthalten. Vielleicht kann die Übereinstimmung durch eine Änderung des Scale Factors noch verbessert werden. Da aber bei einer ÖK50 ein Millimeter auf der Karte 50 Metern in der Natur entspricht, ist die Abweichung an der Grenze der Erkennbarkeit.

## Datenübertragung

Der GPS 4000 gibt die aktuellen Daten auch in einem eigenen Format, dem NMEA-Format, als ASCII-Zeichen in serieller Form aus. Diese Daten werden von nautischen Systemen ausgewertet. Mit diesem Datenanschluß könnte beispielsweise ein angeschlossener PC jede Bewegung registrieren.

## Newsgrroups

Die Firma Magellan (Hersteller der GPS-Systeme) gibt folgende Internet-Newsgrroups zum Thema GPS an:

- sci.geo.satellite-nav
- rec.aviation.products
- rec.boats
- sci.space
- sci.space.news