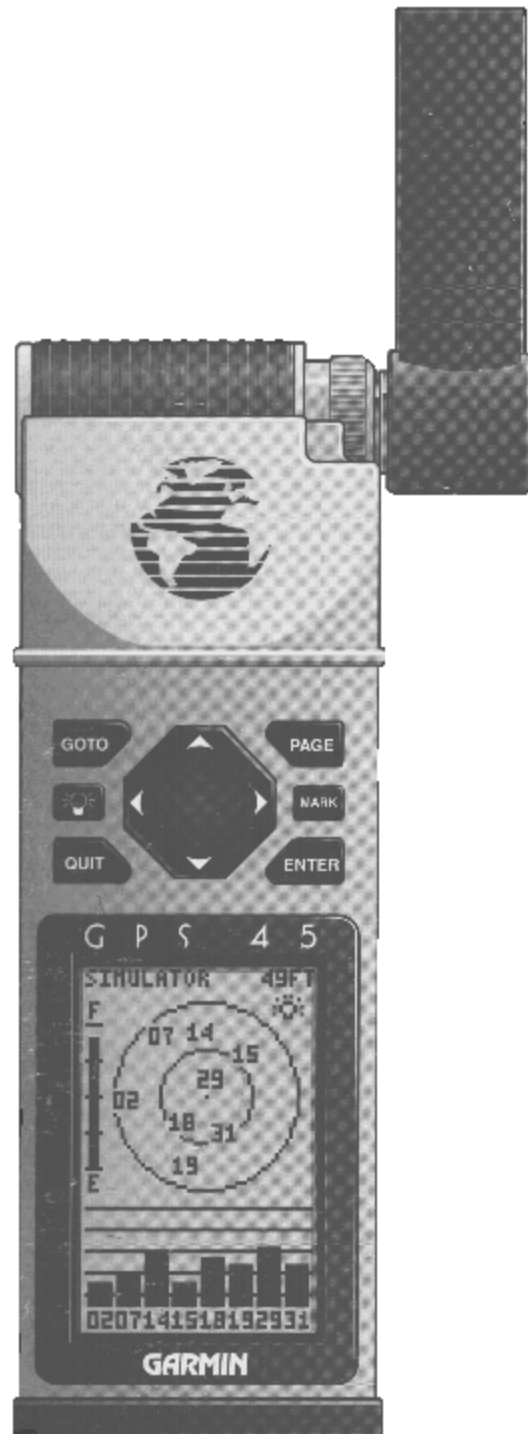


## Einführung in die satellitengestützte Navigation für Fernreisende mit Übungen am Kartentisch

### Inhalt

1. GPS - Was ist das?
2. Das GPS-Gerät im Reisefahrzeug
3. Die GPS-gelenkte Fahrt
4. Das Logbuch
5. Nötige Utensilien zur Kartenarbeit
6. Koordinatendarstellung und Kartendatum
7. Rechnen in Grad °, Minuten ´ und Sekunden ´´
8. Das Arbeiten mit Karte
  - 8.1. Die Karte vorbereiten
  - 8.2. Koordinate gegeben: Punkt in Karte einzeichnen
  - 8.3. Koordinate aus Karte ablesen
  - 8.4. Den Abstand zweier Koordinaten bestimmen
9. Ausstattungsmuß eines GPS-Geräts für Tourenfahrer
10. Anhang und Autor



## 1. GPS - Was ist das?

GPS ist die Abkürzung für „**G**lobal **P**ositioning **S**ystem“. GPS liefert die aktuelle Position dreidimensional, d. h. die Breiten- und Längenkoordinate, sowie die Höhe über NN.

24 Satelliten umkreisen die Erde in etwa 20.200 km Höhe, wobei mindestens 4, in der Regel jedoch 6 bis 8 Satelliten gleichzeitig zu sehen, bzw. zu empfangen sind.

Im Jahr 1989 wurde der erste Satellit und 1994 der 24. Satellit in die Erdumlaufbahn gebracht. Seither steht das System dem Nutzer zur Verfügung.

Jeder Satellit verfügt über eine hoch präzise Atomuhr auf Basis eines Rubidium- oder Cäsium-Normals und sendet seine Bahnkoordinaten, die sogenannten Ephemeriden inklusive der exakten Atomzeit. Alle Satelliten senden Ihre Bahnkoordinaten zu genau der gleichen Uhrzeit und das in kurzen Zeitabständen. Der Empfänger auf der Erde oder in einem Flugzeug kann aus den Laufzeitunterschieden der Satellitensignale seine eigene Position errechnen. Der Laufzeitunterschied ergibt nämlich die Entfernung zu den Satelliten. Die Position des Empfängers ergibt sich letztlich aus einer trigonometrischen Operation.

Ab etwa 2001 werden die heutigen Satelliten durch eine neuere Generation ersetzt. Diese sogenannten Block-IIIF-Typen besitzen noch präzisere Atomuhren an Bord (Wasserstoff-Maser). Die Positionsbestimmung wird mit dieser Satellitengeneration exakter werden.

GPS ist ein militärisches Navigationssystem. Eigentümer ist das amerikanische Verteidigungsministerium. Das Ministerium hat alle Gewalt über das GPS. Es ist in der Lage, das System kurzfristig und ohne Vorankündigung z. B. bezüglich Genauigkeit zu verändern oder gar ganz abzuschalten. Diese Einschränkung muß jedem GPS-Nutzer absolut klar sein.

Die Genauigkeit des GPS liegt im Millimeterbereich. Allerdings ist diese Präzision nur dem amerikanischen Militär vorbehalten. Dem Satellitensignal wird ein digitales Unschärfesignal überlagert, d. h. die niederwertigen Positions-Bits werden verschlüsselt gesendet. Nur wer den Code kennt, kann diese gewollte Verschlüsselung eines Teils der Satellitenbahnkoordinaten wieder rückgängig machen. Der Algorithmus ist leider nur dem US-Militär zugänglich.

Die Genauigkeit ziviler Empfänger, z. B. des Typs GARMIN liegt wegen der gewollten Verschlüsselung bei etwa 30 bis 50 Metern. Das ist eine Genauigkeit, die für Wüstentouren absolut ausreichend ist. Ein Brunnen oder eine Oase ist mit dieser Güte allemal wiederzufinden.

Mit dem Verfahren DGPS („Differential-GPS“) ist eine Präzision von bis zu einem Meter zu schaffen. Dieses Verfahren steht Wüstenfahrern allerdings nicht zur Verfügung, denn es werden feste Basisstationen in sozusagen Sichtweite benötigt. Trotzdem sei DGPS hier kurz erläutert. Ein feststehender Sender, dessen Position bekannt ist, ist mit einem gewöhnlichen GPS-Empfänger ausgestattet. Der GPS-Empfänger meldet dem Sender die vermeintliche Position aus den Satellitendaten. Der Sender, der ja weiß wo er wirklich steht, weiß nun um wieviel Meter und in welche Richtung er vom GPS belogen wird. Und genau diese Information meldet der Sender dem mobilen DGPS-Gerät. Damit kann das DGPS-Gerät seine Position entsprechen korrigieren.

Das DGPS-Verfahren kommt bei heute käuflichen PKW-Navigationssystemen zum Einsatz. Als Sender werden die Rundfunksender benutzt, die den PKW-Geräten die erforderlichen Korrekturen über Radiotext mitteilen.

## 2. Das GPS-Gerät im Reisefahrzeug

Das Gerät sollte im direkten Blickfeld des Fahrers montiert sein. Nur so kann er sich vom GPS leicht leiten lassen und dennoch die Wegstrecke immer im Auge behalten. Ich empfehle die Montage am oder beim Innenspiegel des Fahrzeugs. Das Gerät ist bestens im Blickfeld und hat zusätzlich Schatten, ein Punkt der bei Sahara-Reisen unabdingbar ist. Andernfalls würden die Gerätebatterien vor Hitze auslaufen und/oder die Elektronik Schaden nehmen. Die Montage im Schatten erhöht zudem die Lesbarkeit der oft blassen LCD-Anzeige der Geräte.

In jedem Fall muß das Gerät vollständig abnehmbar sein. Das ist wichtig, wegen eines möglichen Diebstahls bei Abwesenheit vom Fahrzeug, zum Beispiel auf der Fähre. Es ist aber auch wichtig bei Reisen in bestimmte arabische oder afrikanische Länder das Gerät verstecken zu können. Zöllnern, Polizisten oder Militärs aus Tausend-und-eine-Nacht-Staaten sind scharf auf die Geräte und beschlagnahmen diese gern unter dem Vorwand, es seien verbotene Funkgeräte.

Da der Fahrer abends am Campingtisch seine Route in die Karte einträgt, muß das GPS-Gerät transportabel sein. Bei fest montierten Einbauten ist ein Verarbeiten der Daten inklusive Programmierung der Koordinaten für den nächsten Tag sehr umständlich, da dann alles vom Fahrersitz aus erfolgen muß.

Das Gerät an Deck der Autofähren nehmen zu können ist ein weiterer Vorteil. Man kann letzte Daten eingeben oder einfach nur nachschauen, wie schnell der Kapitän fährt, ob er seinen Kurs ordentlich hält und wie weit es noch zum Zielhafen ist.

Das Gerät selbst sollte über einen Stecker mit Dauerplus der Fahrzeugbatterie verbunden sein. Dauerplus ist wichtig, damit die Gerätebatterie nicht leergenuckelt wird und gespeicherte Daten verloren gehen. Zudem sind jederzeit Positionsdaten ables- oder speicherbar. Der Stromverbrauch moderner GPS-Geräte ist so gering, daß die Fahrzeugbatterie davon nicht belastet wird.

Auch wenn manche Verkäufer anderes behaupten: Das GPS-Gerät braucht eine externe Antenne, die idealerweise auf dem Autodach montiert ist. Die Antenne muß über eine vollständige Rundumsicht verfügen. Dies ist extrem wichtig, damit in engen Schluchten die Sicht auf mindestens vier Satelliten möglich bleibt. Also bitte auch Abstand vom Dachgepäckträger halten.

Es ist selbstredend, daß die Antenne abnehmbar sein muß. Eine Antenne mit Magnetfuß hat sich dazu bewährt. Da es bislang keine Alumagnete gibt, habe ich auf mein Landrover-Dach ein verchromtes Eisenblech geklebt. Darauf haftet die Antenne selbst bei rauher Pistenfahrt bestens.

Wegen der starken Hitzeentwicklung durch die Sonneneinstrahlung sollte die Antenne weiß lackiert werden.

Hier nochmals die Fakten:

- Montageort im Blickfeld des Fahrers und im Schatten
- Dauerplus-Versorgung
- weiß lackierte Dachantenne
- alles schnell abnehmbar

### 3. Die GPS-gelenkte Fahrt

Am weit verbreiteten GARMIN-Gerät GPS 45 dient die GOTO-Taste (deutsch „gehe zu“) dazu ein Ziel aus einer Liste auszuwählen und das Gerät in den Navigationsmodus zu versetzen. Damit das GPS-Gerät eine Richtung erkennt, muß sich das Fahrzeug in Bewegung befinden. Das Gerät an sich erkennt wie dargestellt nur Positionen, d. h. eine Richtung wird erst durch mehrere Positionsänderungen in Folge bestimmt. Das Navigieren funktioniert also nur bei rollendem Fahrzeug.

Bild 1: Die Zielposition wird eingegeben. Im Beispiel wird der Zielpunkt HOME angewählt.

Bild 2: Um den Fahrer mit seinem Fahrzeug ans gewünschte Ziel zu führen erscheint auf dem Display die perspektivische Darstellung einer Autobahn. Die Autobahn bewegt sich immer so, daß sie in Richtung des Ziels zeigt. Wie bei einem Tele-Spiel muß der Fahrer seinen Wagen nun so lenken, daß er der Autobahn folgt.

Gelingt ihm das, zeigt die Autobahn in Fahrtrichtung, also senkrecht nach oben. Zeigt die Autobahn nach rechts, muß er seinen Wagen so lange nach rechts lenken, bis die Autobahn wieder in Fahrtrichtung weist. Auf diese Art und Weise wird man sicher an das einprogrammierte Ziel gelenkt. Das Ganze funktioniert natürlich auch, wenn man den Zielkurs wegen zum Beispiel Bergumfahrungen nicht ständig halten kann, also „kreuzen“ muß.

Bild 3: Das Gerät meldet das baldige Erreichen des Ziels.

Während der Fahrt informiert GARMIN über verschiedene Punkte (siehe Bilder 2 und 3):

- BRG: Sollkurs in Grad
- TRK: Istkurs in Grad
- DST: Entfernung zum Ziel (in km oder wie im Bildbeispiel in nautischen Meilen nm)
- SPD: Aktuelle Geschwindigkeit (in km/h oder wie im Bildbeispiel in Knoten KT)
- ETE: Geschätzte Zeit bis zum Erreichen des Ziels
- VMG: Durchschnittsgeschwindigkeit

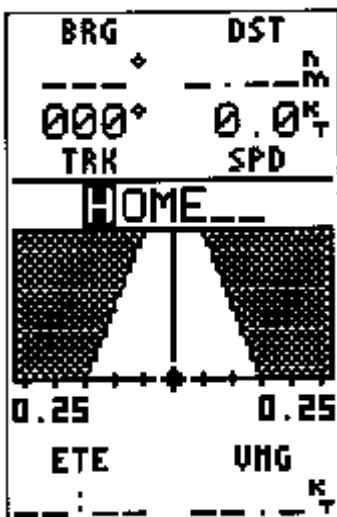


Bild 1: Ziel eingeben.

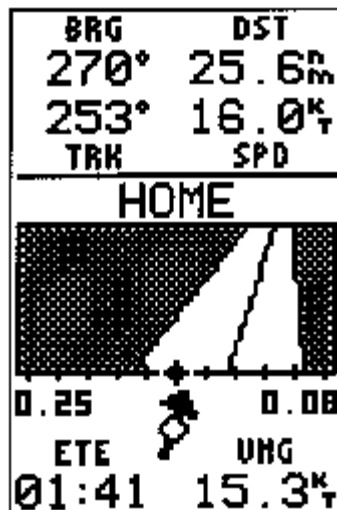


Bild 2: Der Autobahn folgen.

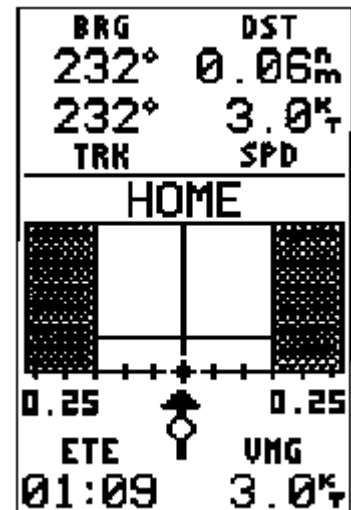


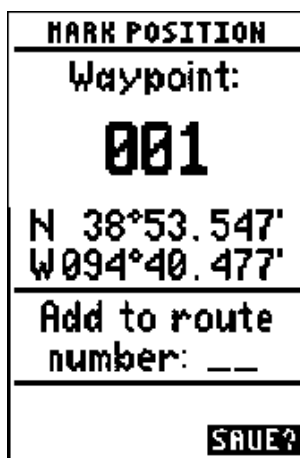
Bild 3: Das Ziel wird erreicht.

#### 4. Das Logbuch

Es versteht sich eigentlich von selbst, daß auf der Tour ein Logbuch geführt wird. Das Logbuch macht unterwegs gespeicherte Koordinaten verwertbar, indem es dem Datenberg Ereignisse und Beschreibungen hinzufügt. Ein Texteintrag ins Logbuch könnte zum Beispiel lauten: „strenger, willkürlicher Militärposten: künftig weiträumig umfahren.“ Oder „Brunnen: vertrocknet“ usw.

Welche Dinge sollten im Logbuch festgehalten werden? Hier ein praxisbewährter Vorschlag.

- *Wochentag, Datum und Uhrzeit:* Zeiten für Rückwege lassen sich abschätzen usw.
- *km-Stand:* Entfernungen für Treibstoffplanungen sind dokumentiert.
- *Wegpunkt:* während der Fahrt kann man durch einfachen Druck auf die MARK-Taste die augenblickliche Position abspeichern. Das funktioniert natürlich auch bei rollendem Fahrzeug.



Das GPS-Gerät versieht die gespeicherte Position automatisch mit einer fortlaufenden Nummer. Es empfiehlt sich, diese Nummer ins Logbuch einzutragen. Bild 4 zeigt die Anzeige des GARMIN-Displays beim Abspeichern mittels MARK-Taste. GARMIN wählte im Beispiel die Positionsnummer 001.

Natürlich kann der Positionsname von der Nummer in einen Klartextnamen geändert werden. Das ist jedoch sehr umständlich, da die Geräte über keine Tastatur verfügen und deshalb jeder einzelne Buchstaben sozusagen erblättert werden muß. Ich empfehle das Umbenennen nur für besondere, immer wieder gebrauchte Koordinaten zu verwenden, wie zum Beispiel „TUNIS“ für die Schiffsanlegestelle im Hafen von Tunis.

Bild 4: Position speichern.

- *Koordinatenangabe:* Die beiden Koordinaten für den Längen- und Breitengrad des Wegpunkts werden abends aus dem GPS-Gerät ausgelesen und in das Logbuch eingetragen. Dieser Eintrag ist von besonderer Wichtigkeit. Er dokumentiert die gefahrene Strecke. Beim Ausfall unseres Navigationsgeräts zum Beispiel durch defekte Batterien wären alle Koordinateneingaben verloren. Die Geräte speichern protokollierte Positionen in der Regel nur für eine kurze Zeit während des Batteriewechsels. Welche Bedeutung ein Verlust dokumentierter Positionen in der Mitte der Zentralsahara hat, brauche ich wohl nicht im Detail zu schildern. Klar ist, der Rückweg auf gleicher Route wäre nicht mehr möglich.

Tipp: Das GPS-Gerät so einstellen, daß die Koordinaten in der Form „Grad, Dezimalminuten“ protokolliert werden. Dies erspart Umrechnungen von Minuten und Sekunden beim Einzeichnen der Position in die Karte.

Beispiel für günstige Darstellungsart: N 24° 54,865´ und E 17° 46,560´

Beispiel für ungünstige Darstellungsart: N 24° 54´ 51,9´´ und E 17° 46´ 33,6´´

- *Bemerkungen:* Hier wird alles das eingetragen, was zur Interpretation des Wegpunkts von Bedeutung ist: Verlassen des Wadis möglich, Dünenpassage, Militärposten, Diesel-Tankmöglichkeit, Minenfeld und so weiter.

Es empfiehlt sich, das Logbuch abends im Zeltlager textlich zu vervollständigen.

Im Anhang ist ein Beispiel einer Logbuchseite abgedruckt.

## 5. Nötige Utensilien zur Kartenarbeit

Welche Dinge benötige ich auf der Reise zum Navigieren und zum Auswerten der Daten? Hier ist eine Liste der wichtigsten Utensilien zusammengestellt. Auf Hilfsmittel für die als bekannt vorausgesetzte Kompassnavigation wird hier allerdings nicht eingegangen.

- *Karten*: Nach Möglichkeit Karten mit Längen- und Breitengradeinteilung wählen. Die Karte sollte einen Hinweis auf das verwendete Kartendatum tragen ( -> Kapitel 6). Ideal zur Navigation sind natürlich topographische Karten. Die Karten sind Arbeitsutensilien. In sie werden Wegpunkte und Tourverlauf eingezeichnet.
- *Lineal bzw. Maßstab*: 30 cm lang, zum Messen und Zeichnen von zum Beispiel Kursen.
- *Geodreieck, groß*: zum Bestimmen und Zeichnen von Winkeln und Geraden
- *Zirkel*: zum Zeichnen von (Teil-)kreisen
- *Druckminenbleistift*: 0,3 mm Strichstärke, Minenhärte B
- *Radiergummi*
- *Taschenrechner*: zum Umrechnen von Koordinaten usw.
- *Notizblock*: für Zwischenrechnungen usw.
- *Logbuch*: siehe Kapitel 4
- *GPS-Gerät*: Daten auslesen, neue eingeben. Es dient auch zum Umrechnen von Koordinaten verschiedener Systeme und zur Bestimmung von Entfernungen.

## 6. Koordinatendarstellung und Kartendatum

Jedes GPS-Navigationsgerät muß auf das gewünschte Koordinatensystem über *zwei Parameter* programmiert werden. Der erste Parameter legt die Art des Gitters, d. h. die Art der Darstellung der Koordinaten fest. Der zweite Parameter kennzeichnet das sogenannte Kartendatum.

Zunächst sei die *Gitter- bzw. Koordinatendarstellungsart* erläutert.

Schauen wir auf einen Globus, so finden wir die wohl bekannteste Gitterdarstellung. Sie teilt die Erde in Längen- und Breitengrade ein, beide gemessen in Grad °, Minuten ´ und Sekunden ´´. Die Maschenbreite der Gitter ist unterschiedlich. Sie nimmt zu den Polen hin ab. Aus der Differenz zweier Längengradwerte kann man also nicht direkt den Abstand bestimmen.

Eine andere Gitterart sind Gauß-Krüger-Koordinaten, wie Sie zum Beispiel bei deutschen topographischen Karten verwendet werden. Diese Gitterart besitzt eine feste und damit leichter verarbeitbare Maschenweite. Diese ist in Metereinheiten festgelegt und beträgt zum Beispiel 100 km, 10 km, 1000 m, 100 m usw. Der Abstand zwischen zwei Positionen kann also leicht mit dem Pythagoras-Satz errechnet werden. Das Ergebnis liegt sofort in der Einheit Meter vor.

Ähnlich verhält es sich mit dem sogenannten UTM-Gitter, welches zum Beispiel auf Flieger-, Militär- oder deutschen Generalkarten Verwendung findet. Auch hier ist die Maschenweite konstant und metrisch. Zum Beispiel ist bei der deutschen Generalkarte (Maßstab 1: 200.000) ein UTM-Gitter mit 10-km-Maschenweite eingedruckt.

Der zweite Parameter ist das *Kartendatum*.

Die Erde ist wie bekannt nicht kugelförmig, sondern zu den Polen hin abgeflacht. Die Geodäten versuchen daher die Erdoberfläche durch einen Ellipsoiden anzunähern. Wie man leicht einsieht, kann man keinen Ellipsoiden finden, der alle Gebiete der Erdoberfläche gleichermaßen gut darstellt. Es wird Gebiete geben in denen die Annäherung gut gelingt, andere, die größere Abweichungen zum Idealmodell haben.

Um die Topographie ihres Landes möglichst exakt abbilden zu können, korrigieren viele Staaten das Erdmodell entsprechend ihrer regionalen Gegebenheiten. Und eben diese länderspezifische Korrektur des Weltkoordinatensystems wird durch das Kartendatum erledigt.

Am GPS-Gerät muß also unbedingt das Kartendatum der verwendeten Karte eingestellt werden. Ansonsten wären Positionsabweichungen von mehreren hundert Metern die Folge.

Das wichtigste Kartendatum ist das Datum WGS 84. WGS ist die Abkürzung für **World Geodetic System**. Es stellt ein globales, weitläufig akzeptiertes Datum dar. GARMIN positioniert intern mit diesem Datum und rechnet auf Verlangen in andere Daten um. Bei Karten unbekanntens Datums sollte das GPS-Gerät auf WGS 84 eingestellt werden.

Beim Umgang mit deutschen topographischen Karten ist das sogenannte Potsdam-Datum anzuwählen. Das Datum wird teilweise auch Rauenberg-Datum genannt.

Gute GPS-Navigatoren erlauben dem Betreiber aus über 100 verschiedenen, länderspezifischen Kartendaten auszuwählen.

Nachstehende Tabelle stellt zeigt einige **Beispiele** zu Gitterart und Kartendatum **für ein und dieselbe Koordinate**.

<i>Gitterart</i>	<i>Datum</i>	Beispiel	Kartenart
Grad °, min. ´, sek. ´´	Potsdam	N 48° 10´ 39,0´´ E 08° 17´ 31,0´´	deutsche topographische Karte
Grad °, Dezimal-min. ´	Potsdam	N 48° 10,650´ E 08° 17,517´	deutsche topographische Karte
Gauß-Krüger (German Grid)	Potsdam	R <b>3447349</b> 1) H <b>5337862</b>	deutsche topographische Karte
UTM	WGS 84	32U <b>0447294</b> 2) <b>5336165</b>	Generalkarte, Fliegerkarte
Grad °, min. ´, sek. ´´	WGS 84	N 48° 10´ 35,5´´ E 08° 17´ 27,7´´	Sonstige Karte
Grad °, Dezimal-min. ´	WGS 84	N 48° 10,592´ E 08° 17,461´	Sonstige Karte

1) Im Beispiel ist die km-Masche fettgedruckt, d. h. die letzte Ziffer ist ein Meterangabe.

2) Die aufgedruckte 10-km-Masche der 200.000er Generalkarte ist fett gedruckt.

## 7. Rechnen in Grad °, Minuten ´ und Sekunden ´´

Um nicht Grad, Minuten und Sekunden in den Berechnungen ausschreiben zu müssen, werden folgende Abkürzungen gerne benutzt.

$$1 \text{ Grad} = 1 \text{ grd} = 1^\circ$$

$$1 \text{ Minute} = 1 \text{ min} = 1'$$

$$1 \text{ Sekunde} = 1 \text{ sec} = 1''$$

Umrechnungen von Koordinatenangaben in Grad, Minuten und Sekunden in die für die Kartenarbeit bequemere Darstellung in Grad und Dezimal-Minuten sind mit folgenden Beziehungen sehr einfach möglich:

$$1^\circ = 60' \quad \text{und} \quad 1' = 60''$$

das heißt,

$$1' = 1^\circ/60 \quad \text{und} \quad 1'' = 1'/60$$

Beispiel 1: Die folgende Koordinate soll in die Darstellung Grad und Dezimal-Minuten gebracht werden.

$$N \ 24^\circ \ 54' \ \mathbf{51,9''}$$

$$E \ 17^\circ \ 46' \ \mathbf{33,6''}$$

Lösungsweg:

$$51,9'' = 51,9 \times 1'/60 = 0,865'$$

$$33,6'' = 33,6 \times 1'/60 = 0,560'$$

Damit ergibt sich die gewünschte Darstellung:

$$N \ 24^\circ \ 54, \mathbf{865}'$$

$$E \ 17^\circ \ 46, \mathbf{560}'$$

Beispiel 2: Die folgende Koordinate soll in die Darstellung Grad, Minuten und Sekunden gebracht werden.

$$N \ 24^\circ \ 54, \mathbf{865}'$$

$$E \ 17^\circ \ 46, \mathbf{560}'$$

Lösungsweg:

$$0,865' = 0,865 \times 60'' = 51,9''$$

$$0,560' = 0,560 \times 60'' = 33,6''$$

Damit ergibt sich die gewünschte Darstellung:

$$N \ 24^\circ \ 54' \ \mathbf{51,9''}$$

$$E \ 17^\circ \ 46' \ \mathbf{33,6''}$$



## 8. Das Arbeiten mit Karte

### 8.1. Die Karte vorbereiten

Die folgenden Übungen werden mit Hilfe der sowjetischen Generalstabskarte NG-33-R „Wau-al-Kebir“ durchgeführt. Es handelt sich um eine topographische Karte des libyschen Südens. Sie stellt zugleich einen Teil der Zentralsahara dar. Der Maßstab des Kartenblatts beträgt 1:500.000. Die Kartenmitte liegt bei N 25° 00', E 16° 30'.

Die Karte besitzt ein aufgedrucktes Koordinatensystem mit einem Gitterabstand von 20' für die geographische Breite (N-Koordinate) und 30' für die geographische Länge (E-Koordinate). Am Kartenrand sind Markierungen im 5'-Abstand für beide Koordinatenteile angebracht.

Aufgrund des Kartenmaßstabs von 1: 500.000 stellt eine mit unserem 0,3-mm-Feinminenbleistift gezogene Linie eine Ausdehnung im Gelände von 150 Metern dar. In der Praxis kann man davon ausgehen, daß es mit dieser Karte möglich sein wird, Zielpositionen auf etwa 250 m genau zu bestimmen.

Zunächst einmal wird die Karte zur weiteren Arbeit vorbereitet. Da das Gradnetz nicht beliebig fein aufgedruckt ist, müssen wir Positionen in Millimeter umrechnen können um sie dann mit Hilfe unseres Lineals mit Millimereinteilung in die Karte einzeichnen können. Wir benötigen also eine Umrechnungsformel für Gradangaben in Millimeterangaben und umgekehrt.

Dazu messen wir die Karte im gewünschten Kartenabschnitt ein. Das muß für die Längen- und Breitengrade (Nord- bzw. Ostrichtung) separat erfolgen. Als Beispiel wird die Blattmitte gewählt.

Nordrichtung N (Gitterabstand 20'):  $20' = 73,7 \text{ mm}$       daraus ergibt sich

1' = 3,685 mm      und umgekehrt  
1 mm = 0,271'

Damit ergeben sich die Faktoren:

**N-Minuten-Millimeter-Faktor = 3,685 mm/'** (lies „Millimeter pro Minute“) und  
**N-Millimeter-Minuten-Faktor = 0,271'/mm** (lies „Minuten pro Millimeter“)

Ostrichtung E (Gitterabstand 30'):  $30' = 101,2 \text{ mm}$       daraus ergibt sich

1' = 3,38 mm      und umgekehrt  
1 mm = 0,296'

Damit ergeben sich die Faktoren:

**E-Minuten-Millimeter-Faktor = 3,38 mm/'** (lies „Millimeter pro Minute“) und  
**E-Millimeter-Minuten-Faktor = 0,296'/mm** (lies „Minuten pro Millimeter“)

Die gefundenen vier Umrechnungsfaktoren notieren wir am Kartenrand.

An dieser Stelle möchte ich noch eine Anmerkung zum Thema Positionsgenauigkeit machen. Streng genommen müßten die Faktoren exakt am Ort der gewünschten Position ermittelt werden, da die Gittermaschen nach oben hin etwas enger werden. Bei der uns vorliegenden Karte ist die Gitterweite am oberen Bildrand etwa 1 km schmaler als am unteren Rand. Mißt man die Karte in der Bildmitte aus, verbleibt demnach eine zum Rand hin zunehmende Positionsungenauigkeit von maximal 500 Metern. Um die Positionsungenauigkeit zu minimieren, empfehle ich die Umrechnungsfaktoren einmalig in dem Kartenbereich zu bestimmen, in dem man operiert. In der Praxis hat sich das als für die Navigation ausreichend genau erwiesen.

## 8.2. Koordinate gegeben: Punkt in Karte einzeichnen

Bei der Koordinate könnte es sich um den eigenen Standort handeln, wie er von unserem GPS-Navigator gemeldet wird. Oder die Koordinate könnte aus einem Reisebericht stammen. Aufgabe ist es nun, die vorliegende Position in der Karte zu finden und dort einzuzeichnen.

Die Koordinate lautet:

N 24° 46,098´  
E 16° 45,274´

Um die Position in der Karte zu finden, lokalisieren wir zunächst die in Frage kommende Gittermasche. Sie beginnt bei N 24° 40´ und bei E 16° 30´.

Zum Ziel fehlen also  $N 46,098' - 40' = 6,098'$  und  $E = 45,274' - 30' = 15,274'$ .

Mit den im vorherigen Abschnitt gefundenen Minuten-Millimeter-Faktoren können wir leicht die vom Gitterrand mit dem Lineal abzumessenden Distanzen bestimmen:

N  $6,098' \times 3,685 \text{ mm}' = 22,5 \text{ mm}$   
E  $15,274' \times 3,38 \text{ mm}' = 51,6 \text{ mm}$

Die in der Karte zu findende Position liegt also bei

**N 24° 40´ + 22,5 mm**  
**E 16° 30´ + 51,6 mm**

Mit unserem Feinminenbleistift und dem Lineal zeichnen wir an diese Stelle ein senkrechtes Kreuz. Wir beschriften die Position konform zu unserem Logbucheintrag zum Beispiel mittels einer Zahl.

Spätestens jetzt erkennen wir, warum ich davon abgeraten habe, als Koordinatendarstellung eine Einteilung in Grad, Minuten und Sekunden zu wählen. Der Rechenaufwand wäre im Verhältnis zur Darstellung in Grad und Dezimalminuten um einiges aufwendiger.

## 8.3. Koordinate aus Karte ablesen

In unserer Karte finden wir einen interessanten Punkt, den wir anfahren möchten. Es könnte eine Oase oder ein Brunnen sein. Es gilt nun, diesen Punkt in die mittlerweile bekannte Grad- und Dezimalminutendarstellung zu bringen, damit er in unser GPS-Gerät als Ziel eingegeben werden kann. Wie wird das gemacht? Um dieses zu erläutern, bedienen wir uns folgenden Beispiels.

In der Gittermasche N 24° 20´ und E 17° 00´ sehen wir eine Anhöhe mit 517 m über NN. Die exakte Position dieses Punktes soll nun bestimmt werden.

Von den Kanten der Gittermasche liegt das Ziel N 26,8 mm und E 80,0 mm entfernt.

Mit Hilfe der Millimeter-Minuten-Faktoren rechnen wir diese Distanzen in Dezimalminuten um:

N  $26,8 \text{ mm} \times 0,271' / \text{mm} = 7,263'$   
E  $80,0 \text{ mm} \times 0,296' / \text{mm} = 23,680'$

Addiert man nun die gefundenen Dezimalminuten zu den Gittermaschenkanten, hat man die zu programmierende Koordinate gefunden:

N  $24^\circ 20' + 7,263' = \mathbf{N 24^\circ 27,263'}$   
E  $17^\circ 00' + 23,680' = \mathbf{E 17^\circ 23,680'}$

#### 8.4. Den Abstand zweier Koordinaten bestimmen

Den Abstand zweier Koordinaten mittels Karte zu bestimmen ist sehr einfach, solange die Punkte eindeutig in der Karte zu identifizieren sind. Man braucht die Distanz nur abzumessen und erhält über den Kartenmaßstab die Entfernung in km.

Für die beiden Punkte aus den Abschnitten 8.2. und 8.3. messen wir 147,2 mm Distanz ab. Die Umrechnung in km geschieht mit folgender Formel:

$$\begin{aligned} \text{Entfernung in km} &= \text{Punktdistanz in mm} \times \text{Karten-Maßstab in km} / (1000 \times 1000 \text{ mm}) \\ &= \text{Punktdistanz in mm} \times \text{Karten-Maßstab in km} / 1.000.000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Entfernung in km} &= 147,2 \text{ mm} \times 500.000 \text{ km} / 1.000.000 \text{ mm} \\ &= 147,2 \text{ mm} \times 0,5 \text{ km} / \text{mm} = 73,6 \text{ km} \end{aligned}$$

Die Bestimmung der Distanz zweier Koordinaten ist auch mit guten GPS-Geräten, wie dem GARMIN 45 möglich. Dazu bedient man sich des beim GARMIN „DIS AND SUN CALC“ genannten Menüs.



Bild 5 zeigt in einem Beispiel die Distanz der Punkte „ANCHOR“ und „STRIKE“. Vom Punkt „ANCHOR“ aus gesehen, liegt der Punkt „STRIKE“ in einer Entfernung von 25,8 nautischen Meilen (nm) und in einer Richtung von 153 Grad (°). Ist GARMIN auf km-Angaben programmiert, werden die Entfernungen natürlich im km dargestellt.

Zur Übung speichern wir den Geländepunkt aus Abschnitt 8.2. unter dem Namen „82“ und den Geländepunkt aus Abschnitt 8.3. unter dem Namen „83“ ab. Dann gehen wir in das Menü „DIS AND SUN CALC“ und geben unter FROM „82“ und unter TO „83“ ein. GARMIN berechnet den Kurs ausgehend von, das heißt bezogen auf die Punktangabe unter FROM.

Wie erwartet meldet GARMIN als Distanz 73,6 km, ergänzt um die Kursangabe 118°. Als Zugabe werden die Auf- und Untergangszeiten der Sonne mit angegeben.

Bild 5: Koordinatendistanz

#### 8.5. Positionen in Karten ohne Gradnetz einzeichnen

Aus vielerlei Gründen kann es passieren, mit einer Karte vorlieb nehmen zu müssen, die keinerlei Koordinatengitter enthält. Die Position des eigenen Standorts wird dann zwar wunderschön am GPS-Gerät angezeigt, es erscheint jedoch mangels Gitter nicht möglich, die Position in die Karte einzuzeichnen bzw. dort wiederzufinden.

Und doch ergibt sich eine einfache Möglichkeit, den eigenen Standort exakt in die Karte eintragen zu können. Wie das geht, möchte ich hier kurz vorstellen.

Auf unserer Reise haben wir von in der Karte dargestellten Punkten Koordinaten genommen und in unser Logbuch eingetragen. Solche Punkte sind zum Beispiel Oasen oder Naturdenkmäler. Die Entfernungen von unserem Standort dorthin können wir mit unserem GPS-Gerät errechnen. Wie das geht, haben wir im vorherigen Abschnitt bereits gesehen.

Mit dem Zirkel schlägt man nun in der Karte Kreisbögen mit exakt den Entfernungen als Radien. Im Schnittpunkt der Kreisbögen liegt dann der eigene Standort.

## 9. Ausstattungsmuß eines GPS-Geräts für Tourenfahrer

Über welche Ausstattungsdetails und Funktionen muß ein GPS-Gerät für Tourenfahrer verfügen?  
Hier gebe ich eine Liste der wichtigsten Eigenschaften.

### *Geräte-Hardware*

- *Handgerät*: leicht abnehmbar, marktübliche Mignon-Batterien LR6, kein Einbaugerät
- *Anschluß für externe Antenne*
- *Anschluß für externe Spannungsversorgung*: Spannungsbereich mindestens 10 bis 30 Volt
- *Graphikdisplay*: mindestens 3,8 x 5,6 cm groß, Display beleuchtbar
- *NMEA-Schnittstelle*: zur Kopplung mehrerer GPS-Geräte zwecks Datenaustausch und zum Anschluß von Laptops und/oder Kartenplottern
- *Umgebungstemperatur*: mindestens bis +70°C
- *Stoßfestigkeit*: mindestens bis 3 g
- *Schutzart*: mindestens staubgeschützt

### *Geräte-Software*

- *GPS-Signalqualität-Anzeige*: Warnung, wenn Satellitenempfang schlecht
- *Batteriezustand-Anzeige*: Warnung, wenn Spannungsversorgung schlecht
- *Koordinatendarstellungen wählbar*: Grad, Dezimalminuten; Grad, Minuten, Sekunden; Gauß-Krüger-Koordinaten; UTM-Koordinaten
- *Umrechnen von Koordinatendarstellungen*
- *Kartendatum wählbar*: mindestens WGS 84 und Potsdam-Datum
- *Umrechnen von Kartendaten*
- *Taste „MARK“*: zum einfachen Speichern der Position während der Fahrt
- *500 Wegpunkte speicherbar*
- *Animierte Zielfahrt*: zum Beispiel per Autobahndarstellung
- *Taste „GOTO“*: zum Aktivieren der animierten Zielfahrt
- *Distanzrechner*: zum Bestimmen des Abstandes zweier Koordinaten

### *Zubehör*

- *Dachantenne*: abnehmbar, zum Beispiel mit Magnetfuß
- *Kabel für externe Spannungsversorgung*: verbindet das Gerät mit Dauerplus der Fahrzeugbatterie
- *Fahrzeughalter*: völlig abnehmbar
- *Ggf. NMEA-Kabel*: zur Kopplung mehrerer GPS-Geräte zwecks Datenaustausch und zum Anschluß von Laptops und/oder Kartenplottern

## 10. Anhang, Autor

Im Anhang ist ein Beispiel einer Logbuchseite abgedruckt. Sie kann gerne von jedermann vervielfältigt und auf Reisen mitgenommen werden.

Joachim Nikola, 6. März 2000

# Logbuch zur Tour:

Kartendatum: ● WGS 84 ● Potsdam ● ..... Seite:

Tag	Datum	Uhrzeit	km-Stand	Wegpunkt	N .. ° .. , ... ´	E .. ° .. , ... ´	Bemerkungen, Zeilennummer
							1
							2
							3
							4
							5
							6
							7
							8
							9
							10
							11
							12
							13
							14
							15
							16
							17
							18
							19
							20