

001gp Abb.: rh



GPS- Grundlagen



Was ist GPS?

Das GPS (**G**lobal **P**ositioning **S**ystem) ist ein Satellitensystem zur weltweiten Standortbestimmung. Das mit allen derzeitigen Geräten nutzbare GPS heißt **NAVSTAR** (**N**avigation **S**ystem for **T**iming and **R**anging) und wurde vom US-Verteidigungsministerium entwickelt. Das Department of Defence (DOD) kontrolliert dieses System und kann seine Genauigkeit beeinflussen. NAVSTAR wurde 1978 gestartet und ist seit 1995 voll betriebsfähig. Ursprünglich als rein militärisches System konzipiert, hat es auch im zivilen Bereich (z. B. Luftverkehr, Schifffahrt etc.) so große Bedeutung erlangt, dass ein Abschalten oder Ausfall zu einer Katastrophe im Verkehrswesen führen würde. Der US-Kongress hat die Finanzierung des Systems daher nur mit der Auflage genehmigt, dass es auch der zivilen Nutzung zur Verfügung steht. Eine verbesserte und mit GALILEO kompatible Version (GPSIII) soll ab 2012 betriebsbereit sein.

Ein mit NAVSTAR weitgehend identisches System mit der Bezeichnung **GLONASS** hat das russische Militär in Betrieb. Es sendet jedoch auf einer anderen Frequenz, sodass seine Signale von unseren derzeitigen Empfängern nicht genutzt werden können. Zukünftige Galileo-Empfänger sollen auch diese Satelliten nutzen können.

- www.glonass-ianc.rsa.ru (auch auf Englisch)

Die europäische Gemeinschaft baut derzeit das zivile System **GALILEO** auf. Es wird noch genauer und zuverlässiger funktionieren als das amerikanische NAVSTAR und soll etwa 2012 in vollem Umfang zur Verfügung stehen (erste Satelliten sind bereits seit 1995 im Orbit). Für höchste Präzision (im 1-m-Bereich!) wird es mit zwei Frequenzen operieren (s. S. 47), die auch von zivilen Nutzern zu empfangen sind. Zudem soll es mit den Systemen NAVSTAR

und GLONASS kompatibel sein; d. h. Satelliten aller drei Systeme sind mit einem Gerät zu empfangen und das Gerät kann die Signale der verschiedenen Satelliten wahlweise bzw. kombiniert verwerten. Außerdem wird es eine völlig neue, globale Search & Rescue- (SAR-)Funktion bieten, die Notsignale sofort an ein Rettungszentrum weiterleitet und sogar den Absender informiert, dass Hilfe unterwegs ist.

- www.esa.int/esaNA/galileo.html
- http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/index_en.htm
- www.galileoju.com/

Wie funktioniert GPS?

Für die praktische Arbeit mit dem GPS-Gerät muss man die (hier vereinfacht dargestellten) technischen Grundlagen des Systems nicht unbedingt kennen und kann diesen Abschnitt ggf. überspringen, um sich gleich mit den Geräten und ihrer Anwendung zu befassen. Ein Überblick über die Funktionsweise des Systems kann jedoch sehr hilfreich sein, um einzelne Funktionen, Fehlerquellen und Einschränkungen besser zu verstehen.

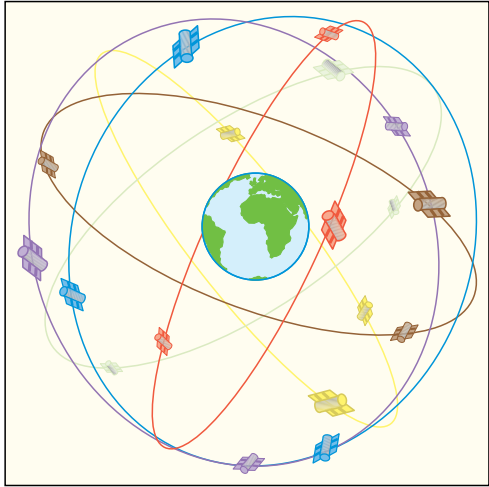
Jedes GPS-System (ob NAVSTAR, GALILEO oder GLONASS) besteht aus drei Segmenten: dem Kontrollsegment (Bodenkontrollstationen), dem Raumsegment (Satelliten im Weltraum) und dem Nutzersegment (GPS-Empfänger).

Das **Kontrollsegment**, ein Netz von Bodenstationen, kontrolliert und korrigiert die Bahn der Satelliten und sorgt dafür, dass diese Satelliten stets ihre exakte Position und die genaue Uhrzeit kennen.

Das **Raumsystem** umfasst 24–30 Satelliten, die den Erdball in ca. 20.000 km Höhe alle 12 Stunden einmal umrunden. Ihre Umlaufbahnen sind jeweils um 60° gegeneinander und um 55° gegen den

WIE FUNKTIONIERT GPS?

► *Anordnung der
Satellitenbahnen*



Äquator geneigt, sodass sie um so tiefer über dem Horizont stehen, je mehr man sich den Polen nähert. Sie sind so angeordnet, dass man von jedem Punkt der Erdoberfläche (abgesehen von den Polkappen) zu jeder Zeit Sichtkontakt zu mindestens 4–6 Satelliten gleichzeitig hat – sofern die Sicht nicht durch Hindernisse eingeschränkt ist. Das heißt natürlich nicht, dass man die Satelliten tatsächlich sieht, sondern dass die Blickrichtung frei ist. Jeder dieser Satelliten sendet laufend per Funk Informationen über seine Position, die per Atomuhr ermittelte Uhrzeit und eine Zahlenreihe, aus der das GPS-Gerät seine Entfernung vom jeweiligen Satelliten bis auf wenige Meter genau errechnen kann.

Das **Nutzersegment** sind die Endgeräte: also z. B. der GPS-Empfänger, den Sie in der Hand halten. Er empfängt die Signale von mehreren dieser Navigationssatelliten (Bahndaten, Uhrzeit und Zahlensequenz) und errechnet daraus rund um die Uhr zu

jeder Sekunde und an jedem beliebigen Punkt der Erdoberfläche seine momentane Position und seine Höhe über dem Meer. Neben dem eigentlichen Empfänger umfasst das GPS-Gerät eine genaue Quarzuhr, einen Datenspeicher und einen Rechner (CPU), der aus den empfangenen Signalen neben seiner Position eine Vielfalt von weiteren Informationen errechnen kann.

Für die **Positionsbestimmung in der Ebene (2D)** braucht das Gerät die Signale von mindestens drei Satelliten, für eine ausreichend präzise Positionsbestimmung und die zusätzliche **Ermittlung der Höhe über dem Meer (3D)** benötigt es mindestens vier Satelliten.

Das **GPS-Gerät errechnet seine Position** aus den Entfernungen zu mindestens drei Satelliten. Diese Entfernungen ermittelt das Gerät, indem es die Zeit misst, die die Funksignale brauchen, um den Weg vom Satelliten bis zum Empfänger zurückzulegen. Für die Zeitmessung benutzt das System eine festgelegte Binärsequenz. Jeder Satellit sendet in einer periodisch sich wiederholenden Folge und in genau festgelegten (extrem kurzen!) Zeitabständen eine bestimmte Sequenz von „Einsen“ und „Nullen“ aus. Die gleiche Sequenz läuft genau synchron auch im Empfänger ab.

Achtung 2D

Die ermittelte Position ist bei 2D weitaus ungenauer als bei 3D und sollte nicht verwendet werden! (s. S. 16-18 und 48)

Sequenz Satellit	1101 1110 0011 1111 0001 1001 1000 1111 0110 0000
Sequenz im GPS-Gerät	1101 1110 0011 1111 0001 1001 1000 1111 0110 0000
GPS-Gerät empfängt	1101 1110 0011 1111

Wenn das GPS-Gerät nun die Folge 1101 empfängt und zugleich mit seiner eigenen Sequenz bei 1000 (also sechs Schritte weiter) angelangt ist, dann weiß es, dass das Funksignal sechs Zeiteinheiten vom Satelliten bis zum Empfänger unterwegs war und kann

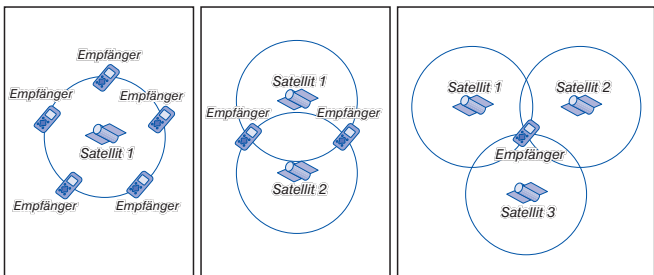
WIE FUNKTIONIERT GPS?

anhand der bekannten Geschwindigkeit der Funkwellen seine genaue Entfernung zum Satelliten errechnen. Dieses Verfahren nennt man **Ranging**. Da sich Funksignale mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten (bis zur Erde brauchen sie nur einige Hundertstelsekunden!), ist dazu eine äußerst genaue Zeit-Synchronisation zwischen Sender und Empfänger erforderlich.

Aus der Entfernung zu einem Satelliten plus dessen bekannter Position ergibt sich eine **Kugeloberfläche im Raum**, auf welcher der Empfänger sich befinden muss. Den Mittelpunkt dieser Kugel bildet der Satellit, den Radius die errechnete Entfernung zwischen Satellit und Empfänger. In der Ebene benötigt man zwei Bezugsrichtungen zu bekannten Punkten, um seinen Standort zu bestimmen (so funktioniert z. B. die Kreuzpeilung mit dem Kompass). Um eine Position im Raum zu bestimmen, sind die Entfernungen zu drei bekannten Punkten erforderlich – also drei Kugeln, die sich alle an einem Punkt berühren. Eine auf zwei Dimensionen projizierte Darstellung dazu zeigt die mittlere Abbildung unten.

▼ *Erst die Signale von drei Satelliten ermöglichen die Ermittlung der Position. Ein vierter ist für die Fehlerkorrektur erforderlich.*

Theoretisch reichen also drei Satelliten aus, um die Position zu bestimmen. Da die Quarzuhr des GPS-Empfängers jedoch nicht so hochpräzise ist wie die Atomuhr des Satelliten, ergibt sich ein klei-



Fehler im 2D-Modus

Gängige GPS-Geräte errechnen zwar auch aus den Signalen von nur drei Satelliten eine Position in der Ebene (2D-Modus), doch diese ist dann weit ungenauer als eine 3D-Position, die mit den Signalen von vier Satelliten ermittelt wurde. In den mitgelieferten Handbüchern wird oft nur darauf verwiesen, dass im 2D-Modus die Höhenangabe fehlt – nicht aber darauf, dass dann auch die Positionsbestimmung in der Ebene beträchtliche Fehler aufweisen kann. Dabei passiert Folgendes: Hat der Empfänger nur Kontakt zu drei Satelliten, so nutzt er den Erdmittelpunkt als Ersatz für einen vierten Satelliten – und die Entfernung vom Erdmittelpunkt ist dann die Entfernung zu diesem „Ersatz-Satelliten“. Das Gerät kann im 2D-Modus also keine Höhe errechnen und benötigt die Höhenangabe sogar als Grundlage, um eine Position bestimmen zu können. Es muss also eine geschätzte Höhe annehmen. Das kann je nach Gerät entweder einfach die Meereshöhe oder die letzte errechnete Höhe sein. Beide können jedoch erheblich von der tatsächlichen Höhe abweichen. Ohne die Signale eines vierten Satelliten kann der Fehler bei der Standortbestimmung daher mehrere hundert Meter oder sogar über einen Kilometer betragen. Achten Sie deshalb bei der GPS-Navigation stets darauf, ob das Gerät im 3D-Modus arbeitet, und beim Kauf eines Geräts darauf, dass es jederzeit anzeigt, ob es sich im 2D- oder 3D-Modus befindet!

ner **Fehler in der Synchronisation** und damit ein Fehler in der Entfernungsmessung, der dazu führt, dass man – ähnlich wie bei der Kreuzpeilung mit dem Kompass – keinen exakten Punkt erhält, sondern ein Raumsegment (bei der Kreuzpeilung ist es ein Dreieck), das umso größer wird, je größer der Fehler ist.

Um diesen Fehler auszugleichen, ist ein vierter Satellit erforderlich. Aus seiner **fehlerhaften Distanz (Pseudo Range)** ergeben sich in Kombination mit den Pseudo Ranges zu den anderen drei Satelliten drei weitere, ebenfalls etwas „unscharfe“ Positionen. Da der Fehler durch die geringfügige Ungenauigkeit der Empfängeruhr jedoch bei allen vier Bestimmungen der Position gleich groß ist, kann

das Gerät seine tatsächliche Position daraus durch **Mittelwertbildung** bis auf wenige Meter genau bestimmen. Andere Fehler werden durch diese Mittelwertbildung allerdings nicht ausgeglichen!

Koordinaten und Wegpunkte

Einführung

Die traditionelle Orientierung mit Karte und Kompass basiert auf Winkelmessungen und der Übertragung gemessener Winkel von der Karte ins Gelände oder vom Gelände auf die Karte. Im Gegensatz dazu spielen Winkel für die GPS-Arbeit nur eine sekundäre Rolle. Basis dieses Systems sind Koordinaten und die durch Koordinatenpaare beschriebenen Punkte (Wegpunkte).

► *Auch ohne Karte kann GPS sehr hilfreich sein, doch um GPS optimal nutzen zu können, sind Grundkenntnisse der Kartenarbeit sehr wichtig.*



040gp Abb: ma

Da Koordinaten die Grundlage für jede GPS-Arbeit bilden, werden sie am Anfang des Buches behandelt. Um sich durch die etwas trockene Materie nicht abschrecken zu lassen, können Sie sich aber auch zunächst mit den Geräten und der praktischen Arbeit befassen und diese Grundlagen erst später nachlesen, wenn sie dort gebraucht werden.

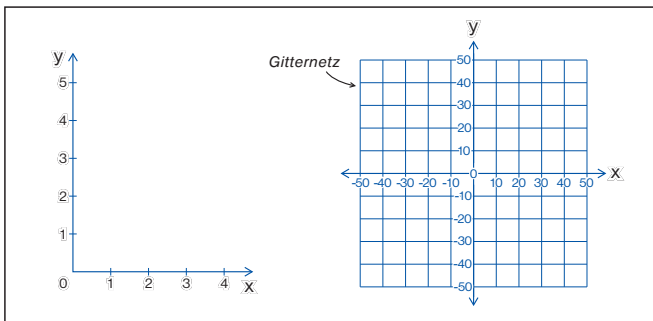
Was sind Koordinaten?

Koordinaten sind sich schneidende Linien, die auf sehr einfache und doch höchst präzise Weise konkrete Punkte auf der Karte und im Gelände definieren. Zwei simple Ziffernfolgen genügen, um jeden beliebigen Punkt der Erdoberfläche metergenau zu beschreiben! Koordinaten bilden die entscheidende Verknüpfung zwischen GPS-Anzeige, Landkarte und Gelände. Sie ermöglichen es, allein mit dem GPS-Gerät weltweit den Standort zu bestimmen und den Weg zu einem bekannten Ziel zu finden. Probieren Sie das einmal mit dem Kompass!

Um GPS zu verstehen und um praktisch damit arbeiten zu können, muss man daher mit den Grundlagen der Koordinatensysteme zumindest halbwegs vertraut sein – auch wenn diese Materie dem Ungeübten auf den ersten Blick etwas verwirrend erscheinen mag.

Koordinatensysteme (Kartengitter)

Um einen Punkt auf der Landkarte (also in der Ebene) eindeutig zu bezeichnen, braucht man entsprechend den zwei Dimensionen auch zwei Richtungswerte (Koordinaten), die im Prinzip nichts anderes sind, als die aus dem Mathematikunterricht bekannte x- und y-Achse. Mithilfe dieser Koordina-



▲ Beispiele für x/y -Koordinatensysteme

ten kann man Positionsangaben des GPS-Geräts auf die Karte übertragen und umgekehrt Punkte von der Karte (z. B. die Lage einer Berghütte) in das Gerät eingeben.

Verlängert man auf der x - und y -Achse einige der Werte (z. B. 10, 20, 30 etc.) senkrecht zur Achse, so erhält man ein **Netz** oder **Gitter**, das beim Einzeichnen von Punkten und beim Ablesen von Koordinaten hilft.

Netz oder Gitter?

Korrekterweise wird das geografische Koordinatensystem als „Netz“ bezeichnet (da seine „Maschen“ unterschiedlich groß sind), ein geodätisches Koordinatensystem hingegen als „Gitter“ (da seine Linien rechtwinklig bzw. parallel verlaufen). In der Praxis werden aber oft beide schlicht „Gitter“ genannt.

(Im Unterricht hat man dafür das Kästchengitter des Rechenheftes genutzt.) Entsprechend werden einige der Koordinaten auf der Landkarte dargestellt – wie das Suchgitter auf dem Stadtplan zum Auffinden einzelner Punkte. Das Resultat bezeichnet man dann als **Kartengitter** oder **(Gitter-)Netz**.

Ebenso wie man x - und y -Achse unterschiedlich anordnen und mit unterschiedlichen Maßeinheiten versehen kann, sind auch bei den für die Orientierung verwendeten Koordinaten unterschiedliche Anordnungen, Zählrichtungen und Maßeinheiten möglich, sodass es nicht nur ein Koordinatensystem gibt, sondern zahlreiche verschiedene. Hinzu

kommt, dass die Erdoberfläche für die Kartendarstellung zunächst auf eine zweidimensionale Fläche projiziert werden muss – und dass für diese Kartenprojektion ebenfalls unterschiedliche Modelle entwickelt wurden. Dies macht die ansonsten recht einfache Arbeit mit Koordinatensystemen zunächst etwas verwirrend. Die Entwicklung des GPS hat jedoch einen **internationalen Standard für Koordinatensysteme** geschaffen (UTM und WGS84), der die Arbeit erleichtert und auf den nach und nach alle Karten umgestellt werden.

Bisherige Landkarten verwenden üblicherweise zwei grundsätzlich verschiedene **Arten von Koordinatensystemen**:

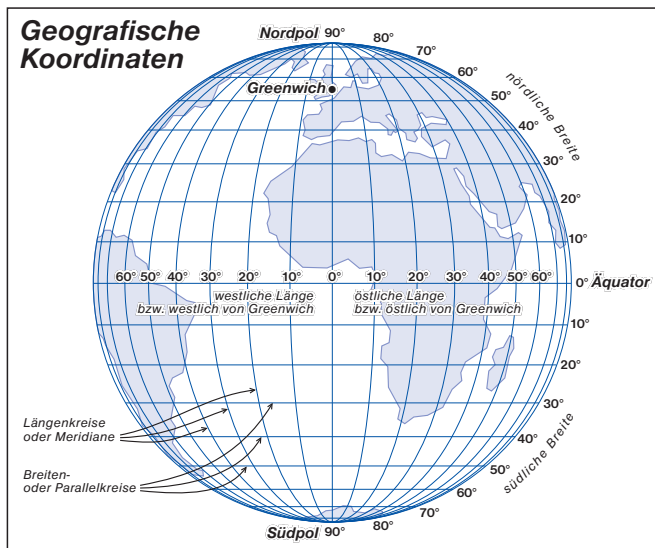
- geografische Koordinatensysteme: Längen- und Breitengrade, unterteilt in Minuten und Sekunden
- geodätische Koordinatensysteme: rechtwinklige Gitter in Kilometer- und Meter-Einheiten.

Geografisches Netz (Gradnetz)

Für das geografische Netz hat man die Erdkugel mit 360 **Längengraden** und 180 **Breitengraden** überzogen. Die Längengrade (= Meridiane) verlaufen in Nord-Südrichtung zwischen den ↗ geografischen Polen, die Breitengrade (Parallelen) verlaufen in Ost-West-Richtung parallel zum Äquator rings um den ganzen Globus. Breitengrade haben überall den gleichen Abstand voneinander (ca. 111 km), sind aber unterschiedlich lang (um so kürzer, je näher an den Polen sie verlaufen); Längengrade sind stets gleich lang, haben jedoch einen Abstand, der am Äquator am größten ist (ebenfalls rund 111 km) und zu den Polen hin gegen Null schrumpft.

Die Längengrade schneiden den Äquator im rechten Winkel. Da sie jedoch an den Polen zusammenlaufen, bilden sie mit allen übrigen Breitengra-

Geografische Pole
Stellen, an denen die Rotationsachse der Erde die Erdoberfläche durchstößt.



den ein Netz aus nicht rechtwinkligen Vierecken, die schmäler als hoch sind (und das um so mehr, je weiter man sich vom Äquator entfernt). Dies macht die Arbeit mit dem geografischen Netz etwas mühsamer als mit geodätischen Gittern.

O = E

Da für die Himmelsrichtungen häufig die Abkürzungen der englischen Bezeichnungen verwendet werden, kann für O (= Ost) auch E (= East) stehen. Die übrigen Bezeichnungen (N, S, W) sind im Englischen wie im Deutschen gleich.

Als Breitengrad Null wurde der **Äquator** gewählt; von hier aus werden je 90 Grad nach Norden und Süden (N und S) gezählt: 90°N ist also der Nordpol. Als **Nullmeridian** hat man willkürlich den durch die Sternwarte von Greenwich bei London verlaufenden Längengrad definiert und zählt von dort aus je 180° nach Osten (↗O bzw. E) und nach Westen (W). Der Längengrad 180°O (bzw. 180°E) fällt also genau ge-

genüber vom Nullmeridian mit 180°W zusammen. Für exaktere Angaben ist jedes Grad ($^\circ$) in 60 Minuten ($60'$) unterteilt und jede Minute in 60 Sekunden ($60''$). Da ein Grad aber 60 Minuten hat (nicht 100) und eine Minute 60 Sekunden, muss stets durch 60 geteilt werden (s. S. 24 „Umwandlung“).

Darstellung geografischer Koordinaten

Bei der Angabe geografischer Koordinaten wird meist erst die Breite und dann die Länge genannt, z. B. $44^\circ 54' 00''\text{N}$ (nördlicher Breite) und $5^\circ 19' 28''\text{E}$ (östlicher Länge). Für die GPS-Arbeit wird üblicherweise die Angabe der Hemisphäre (N, S, E, W) den Ziffern vorangestellt; also: $\text{N}44^\circ 54' 00'' \text{E}5^\circ 19' 28''$.

Die typische Anzeige eines GPS-Geräts wird dann beispielsweise so aussehen:

$\text{N}44^\circ 54' 00.5''$

$\text{E}005^\circ 19' 28.8''$.

In diesem Fall ist im Menü des GPS-Geräts folgende Einstellung vorausgewählt: **hddd°mm'ss.s''**, wobei „h“ für „hemisphere“ (Hemisphäre, also N, S, E, W) steht, „d“ für „degree“ (Grad), „m“ für Minute und „s“ für Sekunde.

Wahlweise können auch Dezimalgrad, bzw. Dezimalminuten und Dezimalsekunden verwendet werden, wie folgende Übersichtstabelle zeigt:

Darstellung	Einstellung im GPS-Gerät	Anzeigebeispiel
Dezimalgrad	<i>hddd.dddd°</i>	<i>N44.90015° E005.32467°</i>
Grad und Dezimalminuten	<i>hddd°mm.mmm'</i>	<i>N44°54.009' E005°19.480'</i>
Grad, Minuten, Dezimalsekunden	<i>hddd°mm'ss.s''</i>	<i>N44°54'00.5'' E005°19'28.8''</i>



Bei der GPS-Arbeit im geografischen Netz ist darauf zu achten, dass neben den korrekten

KOORDINATENSYSTEME (KARTENGITTER)

Koordinaten auch die korrekte Hemisphäre (Nord/Süd, Ost/West) eingegeben wird. Sonst ist es, als würde man im x/y-Achsenkreuz Plus und Minus vertauschen und es kommt zu irrwitzigen Fehlern!

Umwandlung geografischer Koordinaten

Da die Unterteilung in je 60 Minuten und Sekunden nicht dem Dezimalsystem entspricht, ist die Umwandlung in Dezimaleinheiten etwas erschwert. Man kann nicht einfach wie gewohnt mit 10 multiplizieren/dividieren bzw. das Komma verschieben, sondern muss stets durch 60 dividieren oder damit multiplizieren, z. B.:

von Sekunden in Minuten in Grad

<i>Sekunden</i>	$48^{\circ}34'21''$
<i>in Dezimal-Minuten</i>	$48^{\circ}34'21/60' = 48^{\circ}34,35'$
<i>in Dezimal-Grad</i>	$48'34,35/60^{\circ} = 48,5725^{\circ}$

von Grad in Minuten in Sekunden

<i>Dezimal-Grad</i>	$45,3225^{\circ}$
<i>in Dezimal-Minuten</i>	$45^{\circ}60 \times 0,3225 = 45^{\circ}19,35'$
<i>in Dezimal-Sekunden</i>	$45^{\circ}19'60 \times 0,35'' = 45^{\circ}19'21''$

Für gewöhnlich muss man sich mit solchen Umrechnungen jedoch nicht belasten, da das GPS-Gerät dies in beliebiger Richtung auf Knopfdruck erledigt.

Geodätische Gitter

Um die oben genannten Schwächen des geografischen Netzes auszugleichen, wurden verschiedene rechtwinklige Gitter entwickelt, bei denen die einzelnen Linien überall den gleichen Abstand voneinander haben. Diese einheitlichen Abstände bieten zugleich den Vorteil, dass sich ein solches Koordinatensystem direkt mit einem System zur Entfer-

nungsangabe verbinden lässt; d.h. die Abstände der Gitterlinien wurden genau in Metern und Kilometern festgelegt, was beim geografischen System unmöglich ist.

Während es nur ein geografisches Netz gibt, existieren zahlreiche unterschiedliche geodätische Gittersysteme mit unterschiedlich gewählten Null-Achsen und Zählweisen. Weltweit am verbreitetsten ist das internationale ↗**UTM-Gitter**. Da das UTM-Gitter der Standard für die GPS-Navigation ist und nach und nach alle Karten darauf umgestellt werden sollen, wird es hier näher behandelt. Die anderen geodätischen Gitter funktionieren nach dem gleichen Prinzip.

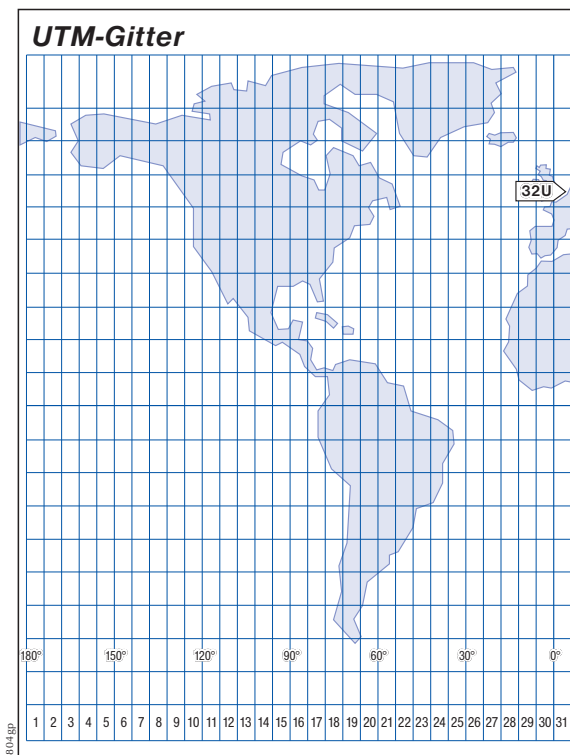
UTM

*UTM steht für **U**niversale **T**ransversale **M**ercator Projektion, bezeichnet also die Art der Projektion, mit der bei diesem System die dreidimensionale Erdoberfläche auf eine zweidimensionale Ebene übertragen wird.*

UTM-Gitter

Alle rechtwinkligen Gitter haben mit dem Problem zu kämpfen, dass sich eine gewölbte Oberfläche (wie die Erdoberfläche) nicht flächentreu auf eine zweidimensionale Ebene (Landkarte) projizieren lässt, ohne die Winkel zu verzerren. So wie z. B. die Ränder einer ausgehöhlten Pampelmusenhälfte auseinander reißen, wenn man sie auf dem Tisch platt drückt. Behält man die rechten Winkel dennoch bei, so werden zwangsläufig die Flächen – und damit die Entfernungen – etwas verzerrt. So wie sich Flächen und Entfernungen ausdehnen, wenn man anstatt der Pampelmusenhälfte die Hälfte eines dehnbaren Gummiballs nimmt.

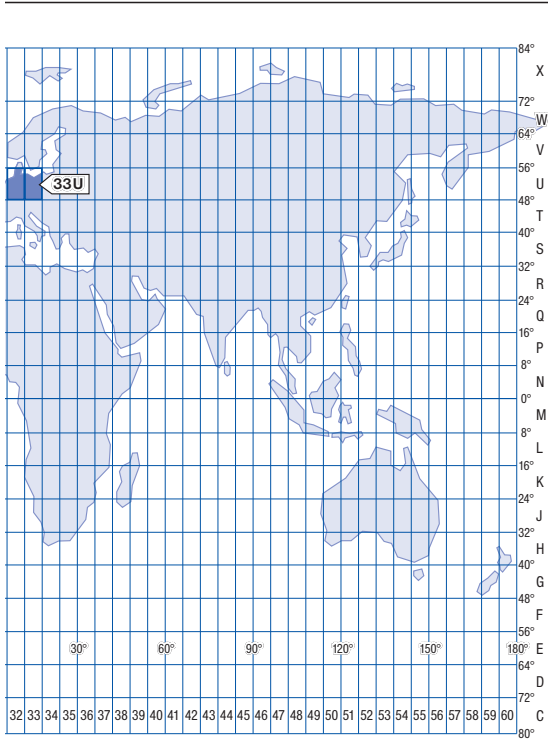
Da man es bei der Outdoor-Orientierung jedoch mit sehr **kleinen Ausschnitten der Erdoberfläche** zu tun hat (die nicht stark gewölbt, sondern annähernd flach sind) und das UTM-Gitter nicht die gesamte Erdoberfläche an einem Stück überzieht, sondern für 1200 einzelne Ausschnitte separat fest-



gelegt wurde, beträgt diese Verzerrung weniger als 0,4 % und kann für Outdoor-Zwecke vernachlässigt werden. Umgekehrt können Karten größeren Maßstabs wie z. B. Straßenkarten kein geografisches Gitter verwenden, weil bei diesen entsprechend größeren Ausschnitten der Erdoberfläche die Verzerrung zu stark wäre.

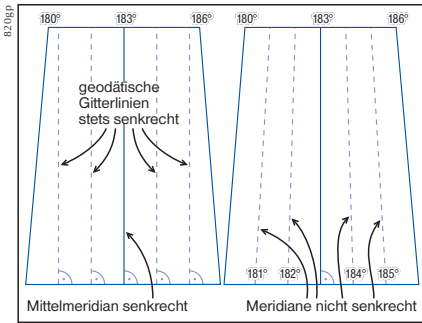
Für das UTM-Gitter wurde die Erdoberfläche in 60 von Nord nach Süd verlaufende **Streifen (Zonen)** unterteilt, die am 180. Längengrad (Datums-

KOORDINATENSYSTEME (KARTENGITTER)



linie) mit 1 beginnend nach Osten hin rings um die Erde gezählt werden (also nicht wie beim geografischen Gitter in zwei Richtungen). Jede der Zonen ist genau 6° breit und wird von einem Längengrad (dem **Mittelmeridian**) in zwei gleiche Hälften geteilt, sodass im UTM-Gitter nur eine Nordlinie mit einem Längengrad (dem Mittelmeridian) zusammenfällt.

Diese Längsstreifen werden rechtwinklig durch 20 **Breitenbänder (Felder)** gekreuzt, die begin-



nend bei 80° S von Süd nach Nord – also ebenfalls nur in eine Richtung – gezählt und mit Großbuchstaben von C bis X gekennzeichnet werden. Die Buchstaben „I“ und „O“ werden dabei nicht verwendet, weil sie leicht mit den Ziffern „1“ und „0“ zu verwechseln sind. Die Breitenbänder

enden bei 84° N. Die Buchstabenabfolge bildet eine hilfreiche Eselsbrücke, die zeigt, auf welcher Halbkugel ein Zonenfeld liegt: Mit „N“ (wie Norden) beginnen die Felder der Nordhalbkugel.

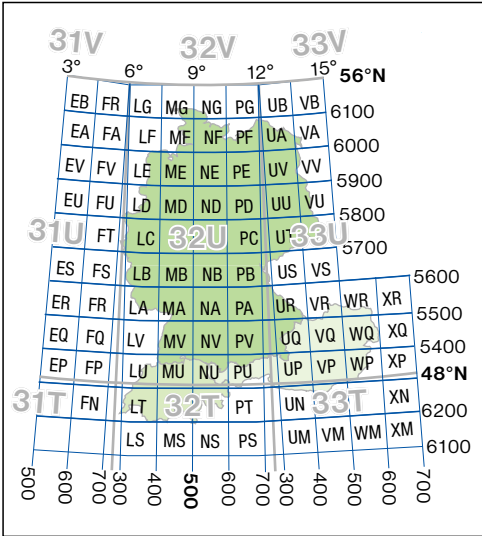
UPS-Gitter

Die Polkappen werden in Ergänzung zum UTM-Gitter durch das UPS-(Universal Polar Stereographic)-Gitter abgedeckt. Jede der Regionen wird dabei in zwei Halbkreise geteilt: A und B für die Antarktis, Y und Z für die Arktis; der erste Buchstabe steht für den westlichen, der zweite für den östlichen Bereich. Die Gitterlinien laufen parallel zum Längengrad 0° bzw. 180°.

Nahe den Polen wäre die Verzerrung zu stark, sodass für diese Regionen ein eigenes Gitter (↗UPS-Gitter) erforderlich ist. Jedes Band umfasst genau 8 Breitengrade – außer dem nördlichsten, das 12° breit ist. Hierdurch entstehen insgesamt 1200 **Zonenfelder**, von denen jedes durch die Kombination aus der Zonennummer und dem Buchstaben für das Breitenband gekennzeichnet wird. Der Westteil

Deutschlands liegt größtenteils im Feld 32 U, die neuen Bundesländer überwiegend im Feld 33 U.

Die Zonenfelder werden für manche Zwecke weiter in **100-km-Quadrate** (Gitterfelder) unterteilt, die jeweils mit zwei Großbuchstaben gekennzeichnet werden. Diese beiden Buchstaben ersetzen auf den entsprechenden Karten dann die jeweils ersten beiden Ziffern des Rechts- und Hochwerts. Dies



◀ UTM-Zonenfelder und 100-km-Quadrate

spielt vor allem für Militärkarten und das **Military Grid Reference System (MGRS)** eine Rolle.

UTM-Koordinaten

Anders als das geografische Koordinatensystem (das für die ganze Welt nur einen Bezugspunkt kennt, von dem aus gezählt wird: den Schnittpunkt von Nullmeridian und Äquator) hat im UTM-System **jede Zone einen eigenen Bezugspunkt:** den Schnittpunkt des jeweiligen Mittelmeridians mit dem Äquator. Gezählt wird innerhalb jeder Zone stets von West nach Ost – also nach rechts (Ost- oder Rechtswert) und dann von Süd nach Nord – also nach oben (Nord- oder Hochwert).

Der **Bezugspunkt** (Mittelmeridian) jeder Zone erhält jedoch nicht – wie man erwarten würde – den Wert Null. Um negative Zahlen zu vermeiden, wird der Mittelmeridian jeder Zone mit 500.000 mE

(also 500.000 m = 500 km Ost) gekennzeichnet. Zwecks Übersichtlichkeit werden dabei die Ziffern für die Kilometer (also Tausender und Zehntausender) oft größer oder fett dargestellt; für den Mittelmeridian z. B. 500000. Ein höherer Wert als 500000 bedeutet, dass der Ort östlich des Mittelmeridians, ein niedrigerer, dass er westlich davon liegt. Da eine Zone maximal 666,72 km breit ist, können die Werte zwischen 166640 und 833360 liegen. Auf der topografischen Karte sind gewöhnlich Kilometergitter aufgedruckt und am Kartenrand gekennzeichnet; der Mittelmeridian ist also als „500“ oder „500“ gekennzeichnet.

In der Regel werden diese Werte siebenstellig geschrieben wobei ggf. eine Null vorgestellt wird; z. B. für den Mittelmeridian 0500000. Manche Karten lassen jedoch diese Null auch weg und schreiben einfach 500000.

Der Äquator erhält zwar für die nördliche Hemisphäre den Wert 0000000 mN (also 0 m), für die südliche Hemisphäre jedoch (wieder um negative Zahlen zu vermeiden) den Wert 10000000 mN (also 10.000 km). Ein Punkt mit dem Wert 5979000 mN (oft einfach 5979000N geschrieben) kann also 5979 km nördlich des Äquators liegen oder (10.000–5.979 =) 4021 km südlich davon. Man muss daher stets wissen, ob die **nördliche oder südliche Halbkugel** gemeint ist. Dies kann man aus dem Buchstaben des Breitenbandes ablesen – alle ab „N“ (= Norden) liegen auf der Nordhalbkugel, alle vor „N“ auf der Südhalbkugel. Auf der Nordhalbkugel reichen die Werte bis zu 9334080 mN am 84. Breitengrad Nord, auf der Südhalbkugel bis 1110400 mN am 80. Breitengrad Süd.

Um die **Lage eines Punktes zu beschreiben**, wird immer zunächst das Zonenfeld angegeben, dann der Rechtswert (Ost), gefolgt vom Hochwert (Nord); z. B. 32 U 0506350 mE (Rechts-/Ostwert)

5332000 mN (Hoch-/Nordwert). Beachten Sie, dass „E“ und „N“ bei UTM nur für die Richtung Ost und Nord stehen, nicht wie im geografischen Gradnetz für die Hemisphäre.


Der bezeichnete Punkt liegt also 350 m rechts (östlich) der senkrechten Gitterlinie 0506 und direkt auf der waagerechten Gitterlinie 5332. Auf einer Karte im Maßstab 1 : 100.000 befindet er sich also 0,35 cm rechts dieser Linie (bei 1 : 50.000 sind es 0,70 cm und bei 1 : 25.000 1,40 cm). Der offensichtliche Vorteil dieses Systems liegt darin, dass sich die Werte direkt in Entfernungen (in Meter) umsetzen lassen; d. h. die geodätischen Koordinaten geben konkrete Entfernungen an. Und mit einem entsprechenden Lineal oder Planzeiger (s. S. 147ff.) kann man sie rasch und mühelos aus der Karte ermitteln bzw. auf die Karte übertragen.

Häufig werden **Rechts- und Hochwert als eine Zahlenkolonne** dargestellt, wobei die erste Null entfällt; in unserem Beispiel also: 5063505332000 oder 5063505332000. Davor stehen die Ziffern für die UTM-Zone und der Buchstabe, der das UTM-Breitenband bezeichnet (beides ist auf dem Kartenrand vermerkt); z. B.: 32 U 5063505332000 oder 32 U 5063505332000. Auf dem Display des GPS-Geräts sieht das dann typischerweise so aus:

32 U 0506350
UTM 5332000




◀ Typische Anzeigeform der GPS-Position (oben) und Höhe (unten)

 Manche GPS-Geräte zeigen statt des Buchstabens des jeweiligen Breitenbandes nur ein „N“ für Nordhalbkugel bzw. „S“ für Südhalbkugel. Einige Geräte (z. B. Magellan) geben den Buchstaben des Breitenbandes auch gar nicht an. Sie müssen dann selbst entscheiden, ob er auf der nördlichen oder südlichen Halbkugel liegt, was in den allermeisten Fällen aber kein Problem sein sollte.

Die Anzahl der angegebenen Ziffern wird natürlich auch durch die Genauigkeit der Messung bedingt; so kann die gleiche Position je nach Genauigkeit auf folgende Weisen angegeben sein:

UTM-Koordinaten	Rechts-(Ost-) Wert in m	Hoch-(Nord-) Wert in m	Genauigkeit
32T 5643514828734	564.351	4.828.743	1 m
32T 56435482873	564.350	4.828.740	10 m
32T 564348287	564.300	4.828.700	100 m
32T 5644828	564.000	4.828.000	1.000 m
32T 56482	560.000	4.820.000	10.000 m
32T 548	500.000	4.800.000	100.000 m

Angegeben wird also, genau genommen, nicht die exakte Lage eines Punkts, sondern die linke untere Ecke eines Quadrates, in dem dieser Punkt liegt. Da sich die Größe dieses Quadrats jedoch bei entsprechender Genauigkeit auf einen Quadratmeter begrenzen lässt, sind die Angaben „so gut wie“ punktgenau.

 Beachten Sie, dass die korrekte Angabe des Zonenfeldes unverzichtbar ist. Ein bestimmter Punkt in den Bergen nahe Grenoble hat z. B. die UTM-Koordinaten 31 T 6835384974487.

Würde man statt 31 T versehentlich den Wert 33 T eingeben, so befände man sich anstatt bei Grenoble plötzlich nahe dem Flughafen von Banja Luka in Bosnien-Herzegovina. Falsch eingegebene Buchstaben des Breitenbands innerhalb des Bereiches N bis bis X werden vom Gerät automatisch korrigiert, sofern sie auf der richtigen Halbkugel liegen (da es weiß, dass diese Kombination nicht existiert). Würde man hingegen einen Buchstaben zwischen C und M eingeben, so befände sich Grenoble plötzlich im Südatlantik irgendwo vor der Küste Südafrikas.

Gauß-Krüger-Gitter

Das auch GK-Gitter abgekürzte und von GPS-Geräten meist als „**German Grid**“ bezeichnete Gauß-Krüger-Gitter war früher der Standard für topografische Karten Deutschlands und findet sich teilweise noch auf älteren Kartenausgaben. Trotz großer Ähnlichkeit mit dem UTM-Gitter, das aus dem GK-Gitter entwickelt wurde, dürfen die Koordinatenangaben keinesfalls verwechselt werden. Zwar gibt wie beim UTM-Gitter der Rechtswert den Abstand vom Mittelmeridian an und der Hochwert den Abstand vom Äquator, doch die Zonen sind nur 3° breit. Die Mittelmeridiane liegen bei 3°E, 9°E, 12°E etc. und haben wie im UTM-System jeweils die Koordinatenzahl 500.000 m. Die Mittelmeridiane werden mit den Kennziffern 1, 2, 3 etc. (für die Meridiane 3°E, 9°E, 12°E etc.) markiert. Das GK-System verwendet jedoch eine andere Projektion und vor allem ein **anderes Kartenbezugssystem** („Potsdam“ s. S. 36/37). Eine Verwechslung würde daher zu Fehlern in der Größenordnung von 500 m führen.

Die **Koordinaten** werden wie bei UTM durch Rechts- und Hochwert angegeben, allerdings ohne die Bezeichnung von Zonenfeldern (an ihre Stelle

KOORDINATENSYSTEME (KARTENGITTER)

treten die Kennziffern für die Meridiane). Eine typische GPS-Anzeige würde etwa so aussehen:

2446706

GK 4973634

Das heißt: Der Punkt liegt $500.000 - 446.706 = 53.294$ m oder 53 km und 294 m westlich des Mittelmeridians „2“ (also 6°E) und 4973 km und 634 m nördlich des Äquators.

Weitere Gitter

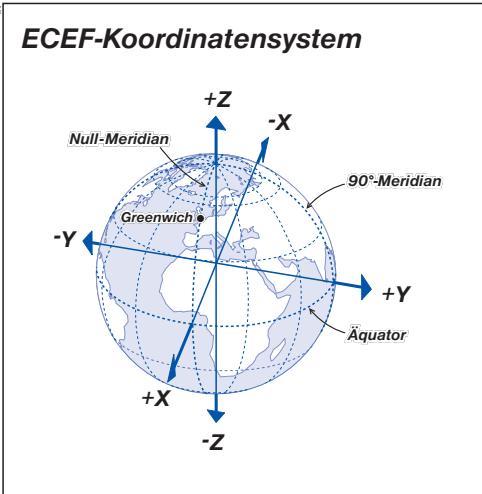
Weitere Gitter älterer europäischer Topos verwenden ein ähnliches System mit ungeraden Mittelmeridianen, die aber teilweise anders gelegt sind, und abweichende Bezugspunkte. Einige Beispiele im Überblick:

Gitter	Kartenbezugssystem	Abweichung
Schweizer Gitter	CH 1903	Nullmeridian läuft durch die alte Sternwarte von Bern
Österreichischer GK	Austria	GK-Gitter mit anders gelegten Mittelmeridianen
Schweden	RT 90	Bezugspunkt ist die alte Sternwarte Stockholms

ECEF-Koordinaten

Es mag sich widersinnig anhören, aber es ist so: Das für die GPS-Arbeit wichtigste Koordinatensystem (das NAVSTAR und alle GPS-Geräte verwenden) werden Sie nie zu Gesicht bekommen. Es wird als ECEF (= **E**arth **C**entered **E**arth **F**ixed, xyz) bezeichnet. Dabei handelt es sich um ein rechtwinkliges, **dreidimensionales Koordinatensystem**, dessen Achsen sich im Erdmittelpunkt schneiden und durch den Schnittpunkt des Nullmeridians mit dem Äqua-

8058P



tor (x), durch die Schnittpunkte der 90. Längengrade mit dem Äquator (y) und durch die geographischen Pole (z) verlaufen (siehe Abbildung oben).

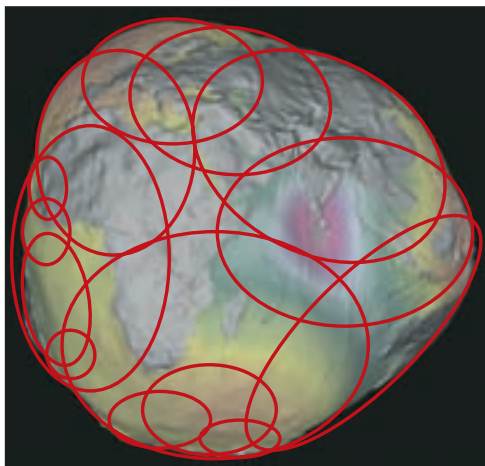
Die **Vorteile des Systems** liegen darin, dass es beliebige Punkte auf der dreidimensionalen Erdoberfläche (auch auf Berggipfeln) genau beschreiben kann, ohne diese Oberfläche zunächst auf zwei Dimensionen projizieren zu müssen – also auch ohne die bei diesen Projektionen auftretenden Verzerrungen. Computer (zu denen auch das GPS-Gerät zählt) können in diesem System hervorragend rechnen – für den „menschlichen Gebrauch“ ist es jedoch nicht geeignet. Deshalb werden zwar im GPS-Gerät alle Positionen im ECEF-Koordinatensystem berechnet und gespeichert, aber für die Anzeige werden die ECEF-Koordinaten stets in die Koordinaten des vom Benutzer ausgewählten Systems umgerechnet – z. B. Länge/Breite, UTM etc.

Kartenbezugssysteme (Kartendatum)

Um eine Karte zu zeichnen, muss man – wie oben erwähnt – die dreidimensional gekrümmte Erdoberfläche als zweidimensionale Fläche wiedergeben (Kartenprojektion). Hierzu wiederum muss zunächst die Form des Körpers „Erde“ definiert werden. Da unser Erdball in Wirklichkeit aber keine perfekt geometrische Kugel ist, sondern an den Polen abgeflacht (↗Ellipsoid) und zudem durch Gebirge unregelmäßig ausgebeult (↗Geoid), sind dafür komplizierte Bezugssysteme erforderlich. Um der unregelmäßigen Form möglichst nahe zu kommen, arbeitet man mit einer Zusammensetzung unterschiedlicher Ellipsoide.

Jedes einzelne davon und seine jeweilige Position relativ zu allen übrigen kann durch mathematische Formeln beschrieben werden. Die Gesamtheit

► Die Erd-„kugel“ ähnelt eher einer Kartoffel: Stark überhöhte Darstellung des Geoids (Quelle: GFZ Potsdam, www.gfz-potsdam.de). Verschiedene Ellipsoide zur optimalen Darstellung einzelner Bereiche der Erdoberfläche.



9038P

KARTENBEZUGSSYSTEME (KARTENDATUM)

Ellipsoid – Geoid

Ein Ellipsoid ist ein streng geometrischer Körper, der durch die Rotation einer Ellipse um ihre Achse gebildet wird und sich durch mathematische Formeln beschreiben lässt. Das Geoid hingegen ist ein physikalisches Phänomen: definiert durch den Abstand vom Erdmittelpunkt, an dem eine bestimmte, einheitliche Gravitation herrscht. Bedingt durch ungleiche Masseverteilung ist das Geoid ein unregelmäßiger Körper, der sich mathematisch nur annähernd definieren lässt. Seine Oberfläche entspricht im Bereich der Ozeane ungefähr dem Meeresspiegel, liegt aber teils unterhalb, teils oberhalb des Ellipsoids und kann um über 100 m davon abweichen.

aller Parameter, die dieses komplexe Gebilde beschreiben, bezeichnet man als **Kartenbezugssystem** oder **Kartendatum** (Map Datum). Es setzt sich zusammen aus:

- dem oben beschriebenen **Ellipsoid**, das die Erdoberfläche auf Meereshöhe definiert, und
- einem **Datumspunkt** (Bezugspunkt) auf diesem Ellipsoid, von dem jeder Punkt der Karte einen definierten Abstand hat.

Da sowohl verschiedene Ellipsoide als auch diverse Bezugspunkte verwendet werden, gibt es über 200 verschiedene Kartenbezugssysteme. Sie werden oft nach ihrem Gültigkeitsbereich (z. B.

Austria, Indian Bangladesh oder Taiwan) benannt, nach Bereich und Zeitpunkt der Festlegung (European 1979, Belgium 1950, Bermuda 1957) oder nach ihrem Bezugspunkt (Potsdam, Tokyo).

Feste Beziehungen

Manche Koordinatensysteme sind fest mit einem bestimmten Datum verknüpft. So ist das Gauss-Krüger-Gitter (GK) mit dem Potsdam-Datum (PD) verbunden, das Schweizer Gitter mit CH 1903, das Britische Gitter mit Ordnungsdatum und das Schwedische Gitter mit RT 90. Wählt man als Gitter GK (bzw. Schwedisches Gitter etc.), werden viele Geräte automatisch das Datum Potsdam (bzw. RT 90 etc.) auswählen und keine andere Eingabe zulassen.

Bezugsgrundlagen von Karte und GPS-Gerät

*Ebenso wie Entfernungen in verschiedenen Maßeinheiten (Kilometer, Meilen, Seemeilen etc.) angegeben werden können, gibt es auch für die Koordinaten-Angabe von Positionen unterschiedliche „Einheiten“ (Bezugssysteme): das Kartendatum und das Koordinatensystem. Alle GPS-Geräte verwenden für die Anzeige standardmäßig das Kartendatum WGS84 (**W**orld **G**eodetic **S**ystem 1984) und das Koordinatensystem UTM (**U**niversale **T**ransversale **M**ercator Projektion). Heutige GPS-Geräte können jedoch alle Koordinaten auch in verschiedenste andere Formate umrechnen und darin anzeigen.*

Solange man ausschließlich mit dem Gerät arbeitet, spielt es keine Rolle, welches Format für die Anzeige eingestellt ist. Aber sobald man Koordinaten zwischen Gerät und Karte überträgt, müssen die Bezugssysteme zusammenpassen, um Fehler zu vermeiden (ebenso wie die Maßeinheiten für Entfernungen zusammenpassen müssen, wenn man die Zahlenwerte übertragen will). Dazu werden im Setup-Menü des GPS-Geräts die von der Karte verwendeten Bezugssysteme eingestellt und das Gerät rechnet dann bei der Eingabe alle Koordinaten entsprechend um – und konvertiert sie für die Anzeige wieder in das gerade ausgewählte Format. Passen die Bezugssysteme von GPS-Anzeige und Karte nicht zusammen, so ist dies, als würde man Meilen und Kilometer verwechseln – mit ähnlich gravierenden Fehlern.

ETRS 89

Das ETRS (Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989) ist ein dreidimensionales, geodätisches Bezugssystem. Da seine Koordinaten nur ca. 1 m von denen im WGS84 abweichen, kann es für Outdoorzwecke diesem gleichgesetzt werden.

Internationaler Standard, auf den nach und nach alle Kartenwerke umgestellt werden, ist WGS84 (**W**orld **G**eodetic **S**ystem **1984**), das weitgehend mit dem ↗ETRS 89 übereinstimmt.

Ebenso wie jeder andere Punkt der Karte ist auch das Kartengitter (s. o.) in Bezug auf diesen Datums-punkt definiert, sprich: vom ausgewählten Karten-

KARTENBEZUGSSYSTEME (KARTENDATUM)

datum abhängig. Eine Karte kann verschiedene Gitter besitzen, aber immer nur ein Kartendatum.

Die komplizierten Grundlagen brauchen den GPS-Nutzer nicht zu verwirren; wichtig ist nur, dass beim Übertragen von Koordinaten zwischen Karte und Gerät **am GPS-Empfänger stets das Datum der verwendeten Karte eingestellt ist**. In Europa kann dies bei älteren Karten z. B. „Europäisches Datum“, EU 79, oder „Potsdam Datum“ sein, in Nordamerika „NAD-27“ oder „NAD-83“). Moderne Geräte kennen die Umrechnungsformeln für über 100 verschiedene Kartenbezugsysteme, die man bequem durchscrollen und per „Enter“ auswählen kann. Dann rechnet das Gerät für die Anzeige alle Positionsdaten auf das ausgewählte Bezugssystem um. Umgekehrt werden sie bei der Eingabe vom aktuell ausgewählten Bezugssystem stets auf das Format **WGS84** umgerechnet, indem das Gerät sie dann speichert. Ist am GPS-Gerät ein anderes Kartendatum ausgewählt als das der verwendeten topografischen Karte, dann „weiß“ das Gerät nicht, dass es diese Koordinaten umrechnen muss.

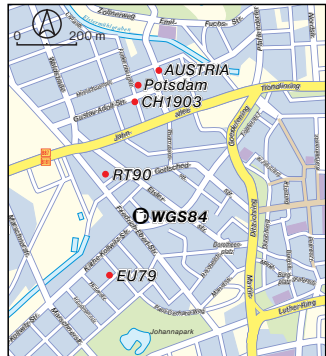
Beim Übertragen von Positionen zwischen GPS-Gerät und Karte können dann Abweichungen von mehreren Hundert Metern – in seltenen Extremfällen sogar von mehr als einem Kilometer auftreten (s. Abb.). Leider ist bislang auf vielen Wanderkarten das Datum nicht angegeben, da die Abweichungen für Wanderer mit



0376P

GPS-Grundlagen

▼ Abweichungen von bis zu 500 m bei Verwendung verschiedener Kartendaten (hier zur Verdeutlichung der Entfernungen auf einem Stadtplan)



9048P

**Weltweiter
Standard für neue
topografische
Karten sind heute:
UTM-Gitter
und WGS84**

traditionellen Orientierungsmitteln kaum ins Gewicht fielen. Mit der höheren Genauigkeit durch GPS von ca. 5–15 m (auf einer Karte im Maßstab 1 : 50.000 sind das nur 0,1–0,3 mm!) werden diese Abweichungen heute jedoch spürbar.

Punkte, deren Koordinaten im Gerät abgespeichert sind, werden als **Wegpunkte** (Waypoint = WPT oder Landmark) bezeichnet. Sie sind die Grundlage für jede effiziente GPS-Arbeit. Daher sollten im Bereich der geplanten Tour möglichst viele und sinnvoll ausgewählte Wegpunkte gespeichert sein. Ein Wegpunkt kann der Standort sein, den man vor wenigen Minuten per Knopfdruck gespeichert hat, oder auch ein Ort auf der anderen Seite des Erdballs, dessen Koordinaten man kennt und in das Gerät eingibt. Moderne GPS-Empfänger können Hunderte von Wegpunkten (mit einem Namen und einer Reihe von Zusatzinfos) abspeichern und jederzeit Entfernung und Kurswinkel zwischen beliebigen Wegpunkten errechnen und anzeigen.

Diese Wegpunkte kann man beliebig **zu einzelnen Routen kombinieren**, die ebenfalls mit einem Namen versehen werden können, damit man sie



0418p Abb: gm

► *Das Foretrex101 für sportliche Naturen, hier in der Funktion Trackaufzeichnung*

bei Bedarf rasch findet. Bestehende Wegpunkte und Routen kann man jederzeit umbenennen, bearbeiten, mit Kommentaren versehen oder löschen (Näheres dazu siehe Kap. „Koordinaten ermitteln und speichern“).

GPS-fähige Karten

Welche Anforderungen sollte eine Landkarte erfüllen, um für die GPS-Navigation geeignet zu sein? Auch wenn für die GPS-Navigation grundsätzlich jede Karte besser ist als gar keine, so sollte eine Karte, um gut zu gebrauchen zu sein, doch bestimmte Anforderungen erfüllen. Allem voran sollte sie zumindest ein **aufgedrucktes Gitter** besitzen. Da man mit einem geografischen Netz weniger komfortabel arbeitet, ist ein **geodätisches Gitter** zu bevorzugen – am besten ein **UTM-Gitter**. Beachten Sie, dass bei Straßenkarten größeren Maßstabs ein geodätisches Gitter nicht möglich ist und man sich daher mit dem geografischen Netz begnügen muss (s. S. 21f.).

Auf manchen Karten sind gleichzeitig mehrere Gitter aufgedruckt – auf anderen sind die Gitter nur am Rand angerissen; d. h. die Markierungen am Rand müssen dann vor der Tour von Hand verbunden werden, was nur mit einem sehr langen Lineal einigermaßen präzise zu machen ist.

Die Art des Gitters (z. B. UTM oder GK), das **Kartenbezugssystem** (z. B. WGS84, Potsdam) und das **Zonenfeld** (z. B. 32 U) müssen auf der Karte angegeben sein – am besten zusätzlich auch die Differenz zwischen GPS- und NN-Höhe (s. S. 44); außerdem natürlich die ↗ **Kompassmissweisung** und alle sonstigen Informationen, die auch für die Navigation ohne GPS erforderlich sind.

Auf dem **Kartenrand** sollten jeweils die ersten drei Stellen des Rechtswerts und die ersten vier des

Kompassmissweisung

Die Abweichung zwischen verschiedenen Nordrichtungen (siehe auch Exkurs S. 132 „Wo bitte ist Norden?“)

GPS-FÄHIGE KARTEN

Hochwerts vermerkt sein (Kilometerangabe). Die Zahlen sind leichter und rascher zu erfassen, wenn die Ziffern für Tausender und Zehntausender größer und/oder fett gedruckt sind; z. B. 506 und 5332 für die Gitterlinien 506000mE und 5332000mN.

Davon unberührt sollen die Karten natürlich alle Anforderungen erfüllen, die man schon vor GPS an

Alpenvereinskarten – gimme five!
Alpenvereinskarten mit UTM-Gitter „unterschlagen“ beim Hochwert die erste Ziffer, da sie im gesamten für den Verein interessanten Bereich einheitlich „5“ lautet. Für die korrekte Eingabe ins GPS-Gerät muss daher den aus der Karte abgelesenen Werten die 5 vorangestellt werden (bzw. man muss den Wert um 500.000 vergrößern).

eine gute **topografische Karte** gestellt hat: präzises und übersichtliches Abbild des Geländes, Darstellung aller Wege und der für Wanderer wichtigen Einrichtungen (Hütten, Campingplätze, Quellen), Höhenlinien, Schum-merung etc.

Da heutige GPS-Geräte zwischen zahlreichen Gittern und Kartenbezugssystemen umrechnen, können Sie natürlich auch re-

gionale, topografische Karten verwenden, die noch nicht auf UTM und WGS84 umgestellt sind. Dann ist jedoch darauf zu achten, dass am Gerät auch die richtige Auswahl eingestellt ist, beispielsweise:

Land	Gitter Positionsformat	Kartenbezugs- system, Map Datum	Anmerkung
Deutschland Topos*)	GK (German Grid)	Potsdam	
Deutschland, Militär	UTM	ED 50	
Finnland	Finland Haydford	Potsdam	
Frankreich	UTM	ED 50	
Großbritannien	British Grid	Ord Srvy	
Italien	UTM	ED 50	TK50 und 25
Österreich	GK (German Grid)	Austria	
Schweiz	Swiss Grid	CH 1903	
Schweden	Swedish Grid	RT 90	

*) Neuere Topos werden alle auf UTM und WGS 84 umgestellt