



Helmut Heimeier

Zur floristischen Kartierung mittels GPS-Geräten

Keywords

GPS, global positioning system; UTM, universal transverse Mercator grid system; floristic mapping; MGRS, military grid reference system.

Zusammenfassung

Heimeier, H. (2000): Zur floristischen Kartierung mittels GPS-Geräten. - Jour. Eur. Orch. 32 (1): 123-133.

Bei der floristischen Kartierung im Ausland, zunehmend aber auch in Deutschland, hat sich das UTM System durchgesetzt. Für dieses System gibt es zwei Bezeichnungsarten für die Koordinaten: das vor allem in Karten verwendete militärische System und das in GPS Geräten gebräuchliche zivile System. Der Artikel beschreibt, wie sich die beiden Systeme ineinander überführen lassen.

Summary

Heimeier, H. (2000): Floristic mapping with GPS-devices. - Jour. Eur. Orch. 32 (1): 123-133.

The UTM grid system has been generally adopted for floristic mappings abroad. In Germany, too, it is increasingly used. For this grid, two designation systems for the coordinates exist: the military grid reference system that is used primarily in maps and the civil system that is used in GPS devices. The article describes how to convert the coordinate designations of both systems.

* * *

Einleitung

GPS-Geräte werden seit einigen Jahren zunehmend auch bei der floristischen Kartierung verwendet. Dazu beigetragen haben in erster Linie die seit ihrer Einführung Anfang der 90-er Jahre dramatisch gefallen Preise. Heute sind solche Geräte für weniger als 500 DM erhältlich. Damit lassen sich Positionsbestimmungen bis auf ca. 100 m Genauigkeit vornehmen, wenn man sich nicht gerade in sehr ungünstigem Gelände befindet, wie z.B. in einer Schlucht oder im dichten Wald. Die Position läßt sich bei den meisten Geräten in den verschiedensten Koordinatensystemen anzeigen: als geographische Länge und Breite, in internationalen UTM-Koordinaten, in Gauß-Krüger-Koordinaten, die bis heute vor allem in Deutschland verwendet werden, und weiteren in anderen Staaten gebräuchlichen Koordinatensystemen. GPS-Geräte empfangen Signale einer Schar von um die Erde kreisenden Satelliten, deren Umlaufbahnen 55° gegen den Äquator geneigt und in der Äquatorebene 60° gegeneinander versetzt sind. Auf jeder dieser 6 Bahnen kreisen 4 Satelliten in etwa 20200 km Höhe über der Erdoberfläche und führen in 12 Stunden einen Umlauf aus. Da sich die Erde in 2 mal 12 Stunden einmal dreht, wiederholt sich die Konstellation der Satelliten alle 24 Stunden. Die Satelliten sind mit Atomuhren ausgestattet und 'wissen' zu jedem Zeitpunkt, wo sie sich befinden. Aus der Differenz der Laufzeiten der von den Satelliten ausgehenden Signale berechnet das Gerät die Position auf der Erde. Nähere Angaben hierzu finden sich z.B. bei KUMM (1998).

Wenn man sich für die Anzeige in UTM-Koordinaten entscheidet, geben die meisten GPS-Geräte in einem zweizeiligen Display zuerst die mit zwei Ziffern bezeichnete Zone und das mit einem Buchstaben bezeichnete Band aus. Es folgen die jeweils aus 7 Ziffern bestehenden Angaben für Ost- und Nordwert, jeweils in Meter gemessen, also z.B. für den Wohnort des Verfassers

32 U 0491269 5382537

Zone Band Ostwert Nordwert (1).

Seit einiger Zeit gehen bei der AHO-Kartierungsstelle Anfragen ein, wie solch eine Angabe zu interpretieren ist, da sie von der den meisten Kartierern vertrauten und in Karten mit eingedrucktem UTM-Raster verwendeten gewohnten Schreibweise abweicht. Diese leitet sich her aus einer aus zwei Buchstaben bestehenden Angabe des $100 \text{ km} \times 100 \text{ km}$ Feldes gefolgt von jeweils 5 Ziffern für Ost- und Nordwert innerhalb des Feldes. Im Beispiel (1) ergibt sich dann für die Koordinaten

32U MU 91269 82537

(2),

das heißt, von Ost- und Nordwert in (1) wurden 400 km bzw. 5300 km abgezogen. Das 100 km × 100 km Grundfeld MU hat bei 400 km E und 5300 km N seinen Koordinatenursprung.

Für Kartierungen ist die Angabe von Rasterfeldern meist zweckmäßiger als die Angabe von Koordinaten, wie im Beispiel (1) bzw. (2). Das 10 km × 10 km Rasterfeld, in dem der Punkt (2) liegt, erhält man durch Paarbildung der 10 km Stellen von Ost- und Nordwert

32U MU 98

(3).

Will man bis auf 1 km × 1 km Rasterfelder aufschlüsseln, fügt man, durch einen Punkt getrennt, die 1 km Stellen von Ost- und Nordwert an

32U MU 98.12

(4).

Das ist die gewohnte Schreibweise, siehe dazu BAYER (1982). Eine weitere Aufschlüsselung auf 100 m × 100 m Rasterfelder und feiner kann man analog ausführen, ist meist aber nicht zweckmäßig.

Die Bezeichnung des 100 km × 100 km Feldes mit zwei Buchstaben hat man hauptsächlich für das Militär eingeführt; die Schreibweise (2) wird auch als MGRS-Angabe (military grid reference system) bezeichnet. In diesem Artikel wird dargelegt, wie sich die Angaben (1) und (2) ineinander überführen lassen. Außerdem hat sich gezeigt, dass bei vielen Kartierern nur unklare Vorstellungen über die Genauigkeit solcher Geräte sowie über die Wahl des richtigen geodätischen Datums (map datum) bestehen. Diese Fragen sollen ebenfalls beantwortet werden.

Umwandlung von zivilen in militärische UTM-Koordinaten

Die aus zwei Ziffern bestehende Zonenangabe bezeichnet 6° breite Meridianstreifen beginnend bei der Zone 01 von 180° W - 174° W ostwärts fortschreitend bis zur Zone 60 von 174° E - 180° E. Die aus einem Buchstaben bestehende Bandangabe bezeichnet 8° breite Streifen der geographischen Breite beginnend mit dem Band C von 80° S - 72° S nach Norden fortschreitend bis zum Band X von 72° N - 80° N. Dabei werden die Buchstaben I und O ausgelassen wegen der Gefahr der Verwechslung mit 1 und 0. Für Werte > 80° N bzw. > 80° S ist die UTM-Projektion wegen der Konvergenz der Meridiane in Polnähe nicht zweckmäßig.

Abb. 1 zeigt einen Ausschnitt aus dem weltweit gültigen System der UTM Zonen und Bänder. Er entspricht in etwa dem Bearbeitungsgebiet der Mitglieder des AHO, nur Island fehlt. Abb. 1 stellt eine normale Zylinderprojektion dar. Bei dieser fällt die Achse des Zylinders mit der Erdachse zusammen; der Zylinder berührt die Erde am Äquator. Die Abstände der Breitenkreise auf der Erde sind auf den Meridianen längentreu abgetragen. Längen und Breitenkreise bilden dann nach der Abwicklung des Zylinders in der Ebene ein quadratisches Netz. Man bezeichnet eine solche Karte als quadratische Plattkarte. Man sieht, dass diese Karte mit zunehmender Entfernung vom Äquator die Proportionen immer mehr verzerrt.

Wir haben deshalb in Abb. 2 dieser Projektion die transversale Zylinderprojektion in UTM Manier gegenüber gestellt. Bei dieser liegt die Zylinderachse in der Äquatorebene; der Zylinder berührt den mittleren Meridian jeder Zone, den Bezugsmeridian. Die auf Gauß zurückgehende Abbildung der Erdoberfläche in die Ebene ist konform, d.h. im Kleinen längen- und winkeltreu. Im speziellen Fall der UTM Projektion mit 6° breiten Zonen betragen die Abbildungsfehler in der gesamten Zone weniger als $\pm 0.04\%$, oder ± 40 cm auf 1 km, wobei das $-$ Zeichen in der Nähe des Bezugsmeridians und das $+$ Zeichen in der Nähe der die Zone begrenzenden Meridiane gilt. Nachteil der konformen Abbildung nach Gauß, die in der einen oder anderen Form bei der Landesvermessung verwendet wird, ist natürlich, dass hierbei die Abbildung der Erdoberfläche in Zonen zerfällt, die sich wegen der Krümmung der Begrenzungsmeridiane in der Ebene nicht zusammensetzen lassen. In Abb. 2 haben wir die Abstände der Zonen so gewählt, dass sie sich am Äquator gerade berühren würden. Wenn man Karten zeichnen will, die sich über mehrere Zonen erstrecken, benutzt man deshalb eine andere, ebenfalls konforme Projektion, die Lambert'sche Kegelprojektion. Bei dieser sind allerdings die Abbildungsfehler i.a. größer. Wer sich näher für Fragen der Landesvermessung interessiert, dem sei das Standardwerk von JORDAN, EGGERT & KNEISSL (1959) empfohlen.

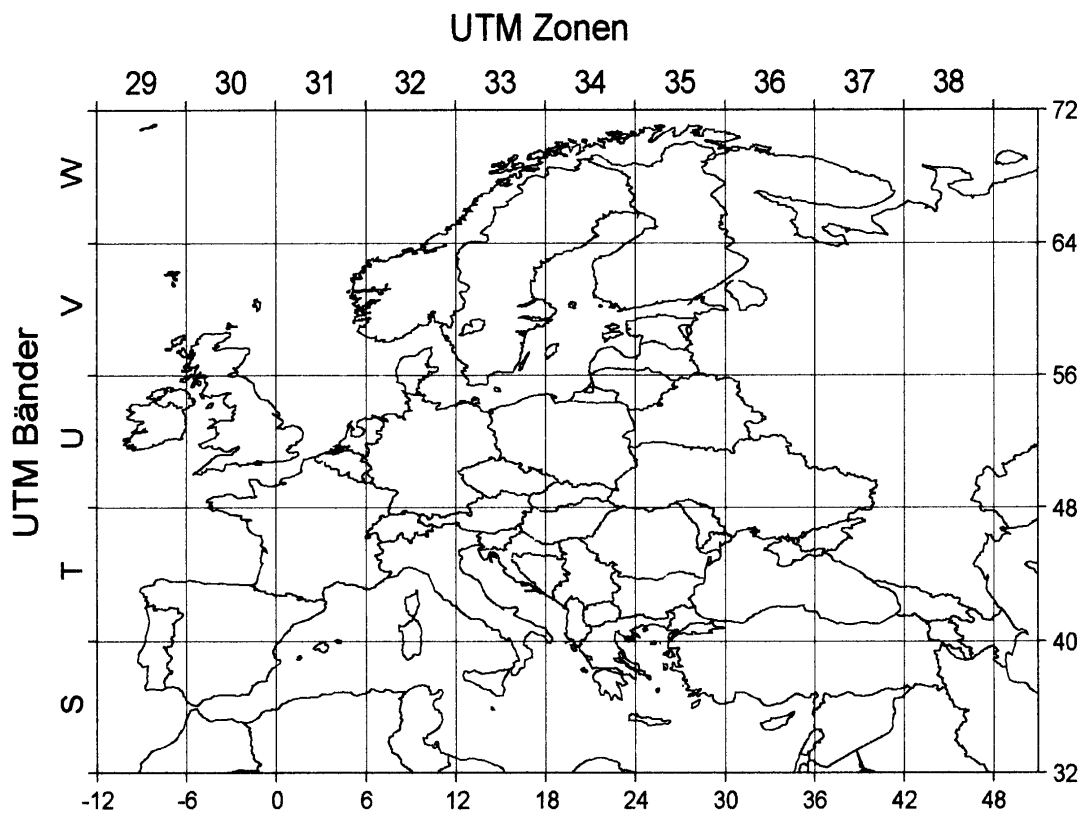


Abb. 1: UTM Zonen und Bänder im geographischen Koordinatennetz

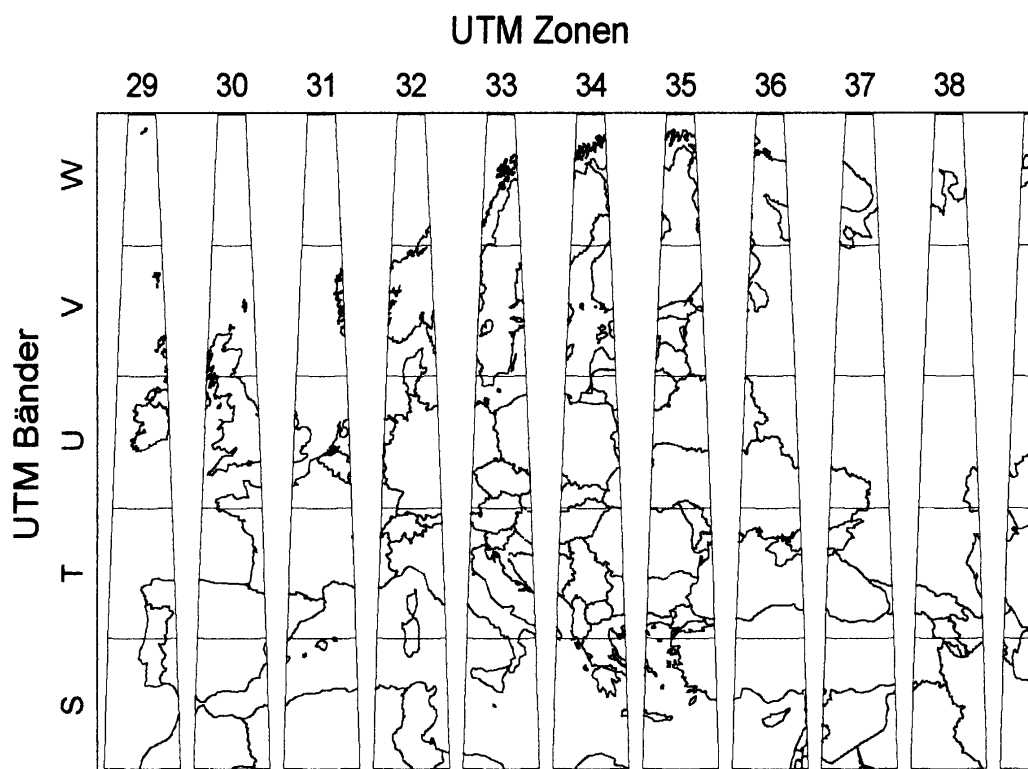


Abb. 2: UTM Zonen und Bänder in UTM Projektion

Nach dieser Erläuterung der Einteilung der Erdoberfläche in Zonen und Bänder wollen wir uns jetzt den Ost- und Nordwerten innerhalb einer Zone zuwenden. Um negative Werte für Ostwerte westlich des Bezugsmeridians einer jeden Zone zu vermeiden, hat man definiert, dass dieser bei 500 km liegen soll. Das funktioniert, weil die Zone am Äquator rund $40\,000\text{ km} / 60 = 667\text{ km}$ breit ist. Der kleinstmögliche Ostwert ist damit $500\text{ km} - 667/2\text{ km} = 167\text{ km}$, der größtmögliche $500\text{ km} + 667/2\text{ km} = 833\text{ km}$. Der Bezugsmeridian ist der mittlere Meridian der Zone und damit der einzige, der in der Karte als Gerade abgebildet ist. Der Nordwert wird auf der Nordhalbkugel vom Äquator aus gemessen. Der Äquator liegt hier also bei 0 m. Um negative Werte für die Südhalbkugel zu vermeiden, hat man definiert, dass der Äquator dort bei 10 000 km liegen soll.

Jetzt wird es etwas kompliziert. Wie in der Einleitung erwähnt, hat man für das Militär neben der numerischen Bezeichnung der Koordinaten durch zwei siebenstellige Zahlen für die jeweils ersten beiden Ziffern, das heißt für Vielfache von 100 km, auch eine Bezeichnung durch Buchstaben eingeführt, dies aber nicht für jede Zone in gleicher Weise. Für die Ostwerte benutzt man für Zonen, die sich mit Rest 1 durch 3 teilen lassen, die 8 Buchstaben A - H, für Zonen, die sich mit Rest 2 durch 3 teilen lassen, die 8 Buchstaben J - R (wieder ohne I und O), und für Zonen, die sich ohne Rest durch 3 teilen lassen, die 8 Buchstaben S - Z, insgesamt also 24 Buchstaben. Der Bezugsmeridian liegt jeweils zwischen dem 4. und 5. Buchstaben jeder Gruppe. Damit lassen sich 3 Zonen abdecken, ohne dass sich ein Buchstabe wiederholt. Aus Tabelle 1 lässt sich für die Ostwerte beliebiger Zonen der erste Buchstabe für die Bezeichnung des zugehörigen $100\text{ km} \times 100\text{ km}$ Feldes entnehmen. In unserem Beispiel (1) finden wir für die ersten beiden Ziffern des Ostwerts 04, d.h. der gesuchte Buchstabe findet sich in Spalte 4 der Tabelle 1. Wenn man die Zonenangabe 32 durch 3 teilt ergibt sich ein Rest von 2, d.h. der gesuchte Buchstabe liegt in Zeile 2 der Tabelle 1. Es ist der Buchstabe M.

Bei den Nordwerten benutzt man die 20 Buchstaben von A - V, wieder ohne I und O. Damit lassen sich 2000 km abdecken. Danach wiederholt sich der Vorgang für die km 2000 - 4000, und so fort. Die Bezeichnung beginnt auf der Nordhalbkugel bei ungeradzahligem Zonen mit dem Buchstaben A am Äquator, bei geradzahligem Zonen mit dem Buchstaben F. Auf der Südhalbkugel endet die Bezeichnung entsprechend mit den Buchstaben V und E am Äquator. Aus Tabelle 2 lässt sich für die Nordwerte der zweite Buchstabe für die Bezeichnung des zugehörigen $100\text{ km} \times 100\text{ km}$ Feldes entnehmen. In unserem Beispiel (1) sind die ersten beiden Ziffern des Nordwerts 53. Die Zone 32 ist geradzahlig, also liegt der gesuchte Buchstabe

in der Spalte 2. Die erste Ziffer 5 des Nordwerts ist ungerade, also liegt der Buchstabe in der unteren Hälfte der Tabelle 2. Für die zweite Ziffer 3 finden wir dort den Buchstaben U.

Bemerkungen zum praktischen Einsatz

Messgenauigkeit

Der Betreiber der Satelliten, das US-amerikanische Verteidigungsministerium (DOD, department of defence) hat das GPS-System für zivile Nutzer nur unter Vorbehalt freigegeben (selective availability, coarse acquisition). Die vom zivilen Nutzer zu empfangenen Signale sind künstlich verfälscht. Das DOD gibt die Positioniergenauigkeit nur mit einer statistischen Wahrscheinlichkeit an; 95,5% aller Messungen in 24 Stunden sollen innerhalb eines Kreises mit 100 m Radius liegen (2 sigma). Daraus lässt sich bei Annahme einer Normalverteilung folgern, dass 68% der Messungen in einem Kreis mit 50 m Radius liegen (1 sigma), 99,7% innerhalb eines Kreises mit 150 m Radius (3 sigma) und 99,994% innerhalb eines Kreises mit 200 m Radius (4 sigma).

		Ostwert: Ziffern 1 und 2							
		01	02	03	04	05	06	07	08
	Rest = 1	A	B	C	D	E	F	G	H
Zone / 3:	Rest = 2	J	K	L	M	N	P	Q	R
	Rest = 0	S	T	U	V	W	X	Y	Z

Tabelle 1: Erster Buchstabe des 100 km × 100 km Grundrasterfeldes

Nordwert:		Zone:	
Ziffer 1	Ziffer 2	u.	g.
g.	0	A	F
g.	1	B	G
g.	2	C	H
g.	3	D	J
g.	4	E	K
g.	5	F	L
g.	6	G	M
g.	7	H	N
g.	8	J	P
g.	9	K	Q
u.	0	L	R
u.	1	M	S
u.	2	N	T
u.	3	P	U
u.	4	Q	V
u.	5	R	A
u.	6	S	B
u.	7	T	C
u.	8	U	D
u.	9	V	E

Erläuterung:

u. = ungeradzahlig

g. = geradzahlig

Tabelle 2: Zweiter Buchstabe des 100 km × 100 km Grundrasterfeldes

Die letzten beiden Ziffern von Ost- und Nordwert, also die 10 m- und 1 m-Stelle, darf man also getrost vergessen, da bei ziviler Nutzung die Position nur auf ca. 100 m Genauigkeit bestimmbar ist. Die drittletzte Ziffer, also die 100 m-Stelle, sollte man dann nicht aus dem Auge verlieren, wenn sie 0 oder 9 ist. In diesen Fällen muss man damit rechnen, dass die wahre Position nicht in dem $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ Feld liegt, das durch die viertletzte Stelle angegeben wird, sondern in dem um 1 km versetzten Nachbarfeld.

DGPS, differential GPS

Positioniergenauigkeiten in der Größenordnung von etwa 2 m sind allerdings auch für zivile Nutzer mit einem Trick zu erreichen. Stellen Sie sich einmal vor, Sie sind an einem unbekanntem Punkt der Erde und Ihr Freund steht auf einem trigonometrisch vermessenen Punkt in nicht zu großem Abstand ($< 500 \text{ km}$). Dann 'sehen' Sie und Ihr Freund die selben Satelliten am Himmel und Sie und Ihr Freund brauchen nur noch per Handy zu vereinbaren, zeitgleich eine Messung vorzunehmen, um zwei Messungen zu erhalten, die mit demselben Fehler behaftet sind. Da ihr Freund aber den wahren Ort kennt, kennt er auch den Messfehler, und er braucht Ihnen diesen nur zu melden, damit auch Sie Ihre Messung korrigieren können. Das geschilderte Prinzip wird angewendet beim Verfahren des DGPS (differential GPS), nur dass hier ein fester Sender zu jedem Zeitpunkt die Korrekturwerte liefert. Ein System von solchen Sendern ist derzeit hauptsächlich für die Küstenschifffahrt in verschiedenen Staaten im Aufbau, seine Benutzung ist allerdings nicht kostenlos.

Map Datum

Ein weiterer Punkt, bei dem viel Unklarheit bei den Anwendern herrscht, betrifft eine der Grundeinstellungen, das geodätische Datum (navigation setup / map datum). Dass die Erde keine Kugelgestalt besitzt, sondern eine an den Polen abgeplattete Form hat, weiss man seit den Anfängen der Landesvermessung. Diese Form lässt sich durch ein Rotationsellipsoid annähern, leider aber nicht durch eines und nur eines. Im Lauf der Entwicklung der Landesvermessung haben viele Staaten für ihr Staatsgebiet optimal angepasste Ellipsoide berechnet, die sie als Grundlage für ihre amtlichen topographischen Karten auswählten. In Deutschland war das bis heute das Bessel-Ellipsoid, auch als Potsdam-Datum bezeichnet. Andere Ellipsoide sind das European Datum 1950, das von der NATO in Europa verwendet wird, das Krassowski Ellipsoid, das im ehemaligen Ostblock eingeführt war oder das in den USA verwendete North American Datum 1927.

Insgesamt werden auf der Erde rund 170 verschiedene Bezugs-ellipsoide benutzt. Die Daten der wichtigsten finden sich im schon erwähnten, leider etwas veralteten, Standardwerk von JORDAN, EGGERT & KNEISSL (1959).

Leider unterscheiden sich diese Ellipsoide nicht nur in ihren charakteristischen Größen, der großen und der kleinen Halbachse. Man hat erst verhältnismäßig spät gelernt, zwischen solchen bestanschließenden und dem mittleren Erdellipsoid zu unterscheiden, das die Normalfigur der Erde zu vertreten hat. Bei diesem mittleren Erdellipsoid fällt der Mittelpunkt mit dem Erdschwerpunkt und die kleine Achse mit der Rotationsachse der Erde zusammen. Bei den genannten Ellipsoiden ist dies nicht der Fall. Man verabschiedet sich deshalb heute von diesen lokal optimierten Ellipsoiden und verwendet langfristig für neuere amtliche Karten das unter dem Namen WGS 84 (world geodetic system 1984) bekannte Ellipsoid, bei dem Erdschwerpunkt und Ellipsenmittelpunkt zusammenfallen. Für uns als Anwender heißt das, dass wir 1. nicht ohne Not bei der Ermittlung und Angabe von Ortskoordinaten ein anderes map datum verwenden sollten als das WGS 84, und 2., dass wir unsere gemessenen Koordinaten umrechnen müssen, wenn wir sie in eine Karte einzeichnen wollen, die sich nicht auf das WGS 84 bezieht. Die Umrechnung erledigt das Gerät für uns automatisch, wenn wir auf ein anderes geodätisches Datum (map datum) umschalten; seine Software 'kennt' den Mittelpunkt und die Halbachsen des anderen Ellipsoids. Für das Beispiel (1) ergibt sich z.B. bei Umschalten von WGS 84 auf das European 1950 Datum

32U 0491352 5382738 (5),

das ist ein gegenüber dem Beispiel (1) um 83 m größerer Ost- und 201 m größerer Nordwert. Wer das WGS84 nicht verwendet, sollte auf jeden Fall angeben, auf welches andere Datum sich seine Messwerte beziehen.

Internetadressen zum Thema

<http://www.orchids.de>

Die im Vorigen geschilderte Umwandlung der zivilen in militärische Koordinaten lässt sich natürlich auch per Programm ausführen. Das ist dann praktisch, wenn man mit einer vom Hersteller des GPS-Gerätes gelieferten Software die während einer Reise aufgenommenen Daten des Geräts auf den PC überträgt und diese dann in die eigene Fundortdatei übernimmt. Fehler bei der

Übertragung sind dann ausgeschlossen. Ein kleines dBase Skript des Verfassers für die Umwandlung kann von obiger Adresse geladen werden. Dort finden sich auch dBase Skripte des Verfassers für die Umwandlung von geographischen in UTM Koordinaten und umgekehrt.

<http://crusty.er.usgs.gov/coast/getcoast.html>

Listen mit geographischen Koordinaten für Küstenlinien, Staatsgrenzen, innerstaatliche Grenzen 1. Ordnung, Flüsse und mehr lassen sich aus dem coastline extractor herunterladen. Die Abbildungen 1 und 2 wurden mit Daten aus dieser Datenbank erstellt.

<http://www.dmap.co.uk>

Unter dieser Adresse findet sich ein Programm zur Herstellung von Verbreitungskarten, das unter verschiedenen Windows Versionen läuft und von Botanikern und Zoologen angewendet wird.

<http://www.helsinki.fi/kmus/cartogr.html>

Hier findet man eine Fülle von weiteren links zu floristischen Kartierungen.

Hersteller von GPS Geräten sind ebenfalls im Internet vertreten, so die Firma Garmin unter <http://www.garmin.com> und die Firma Magellan unter <http://www.magellangps.com>.

Literatur

BAYER, M. (1982): Anleitung zur Praxis der Orchideenkartierung. - Mitt. Bl. Arbeitskr. Heim. Orch. Baden-Württ. 14 (1), 125 - 137.

JORDAN, EGGERT & M. KNEISSL (1959): Handbuch der Vermessungskunde. Band IV: Mathematische Geodäsie (Landesvermessung). - Stuttgart.

KUMM, W. (1998): Global Positioning System: GPS. - Bielefeld.

Anschrift des Autors

Dr. Helmut Heimeier
Heinrich-Schütz-Str. 11
D-71083 Herrenberg
e-mail Helmut.Heimeier@t-online.de