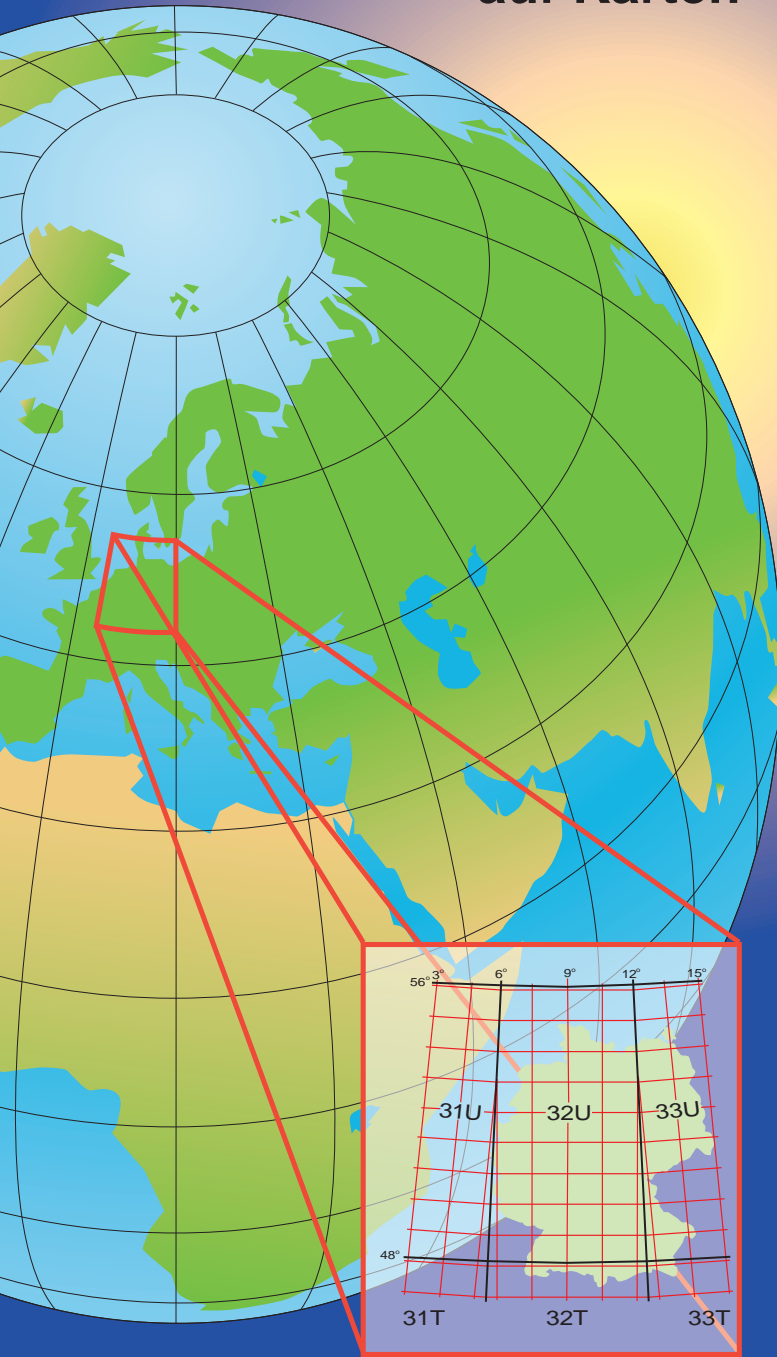


# Gradnetz und Gitter auf Karten



Herausgegeben von der Kommission Kartennutzung der Deutschen Gesellschaft für Kartographie



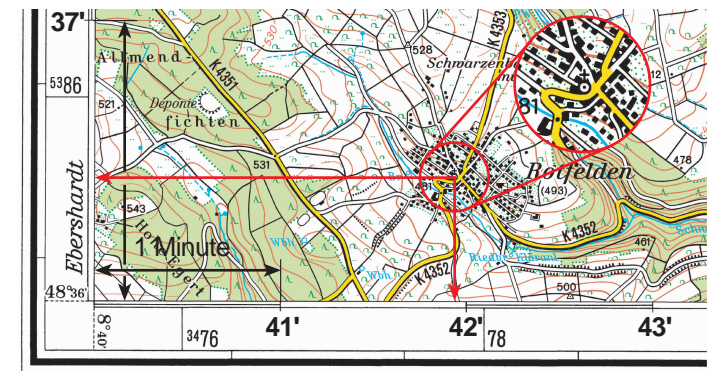
Erstellt und gedruckt im Landesvermessungsamt Baden-Württemberg

## Was bedeuten die Zahlen am Kartenrand?

Am Rand einer Topographischen Karte (TK) finden Sie eine Reihe von Zahlen (Koordinaten). Diese dienen dazu, Positionen in der Karte zu bestimmen. Dabei unterscheiden Sie Positionsangaben aus dem sich zu den Polen hin verjüngenden Gradnetz (Längen und Breiten) von denen im rechtwinklig verlaufenden Kilometergitter.

### Gradnetz

Im folgenden Beispiel aus der TK50 (1:50 000), Blatt L7318 (alte Ausgabe), erkennen Sie das Gradnetz anhand der geographischen Koordinaten, z. B. **48° 36'** – gesprochen „48 Grad 36 Minuten“. Die Minuten sind darüber hinaus im Rahmen grafisch hervorgehoben:



Geographische Koordinaten der Kirche in Rotfelden:  
**8° 41,9' östl. Länge, 48° 36,4' nördl. Breite**

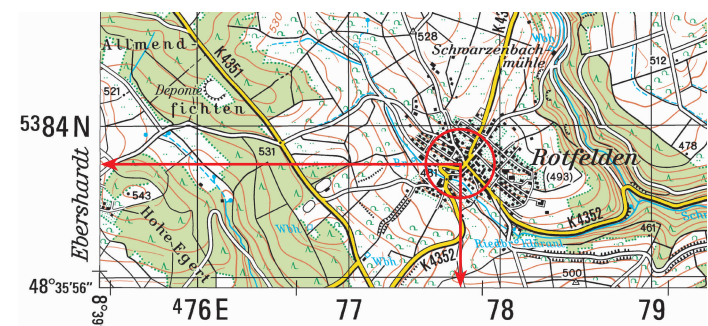
### Gitter der Geodäsie (Erdvermessung)

Im Kartenrahmen des Blattes L7318 (alte Ausgabe) finden Sie neben dem geographischen Gradnetz das so genannte Gauß-Krüger-Gitter, das metrische Angaben wie Kilometer oder Meter enthält.



Gauß-Krüger-Koordinaten der Kirche (Rechtswert = R, Hochwert = H):  
**R = 3477 800 m, H = 5385 500 m**

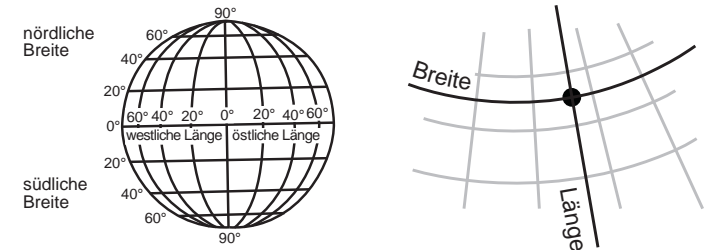
In die neuen TK50 (zivil-militärische Ausgabe) werden UTM-Gitter (Universale Transversale Mercator-Projektion) mit ihren Koordinaten eingedruckt.



UTM-Koordinaten der Kirche (Ostwert = E, Nordwert = N):  
**E = 477 750 m, N = 5383 750 m**

## Wofür ein Gradnetz?

Die geographischen Koordinaten Breite und Länge verwendet man in der Langstrecken-Navigation auf Schiffen und in Flugzeugen. Die Bezeichnungen stammen aus der antiken Seefahrt und bezogen sich dort auf die Nord-Süd- bzw. Ost-West-Ausdehnung des Mittelmeers.



### Breite

Die geographische Breite wird in Gradwerten vom Äquator polwärts gezählt. Der Äquator liegt dabei auf 0°, die Pole auf 90°.

### Länge

Alle Linien von Pol zu Pol heißen Meridiane (Längenhälbkreise). Sie werden vom Nullmeridian durch die alte Sternwarte von Greenwich (bei London) nach Osten bzw. Westen gezählt und treffen sich bei 180°. Dies ist die Datumsgrenze (im Pazifischen Ozean).

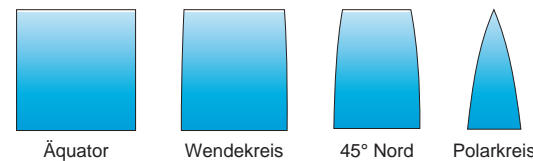
### Ortsangabe im Gradnetz

Bei Ortsangaben im Gradnetz nennt man zuerst die Breite, dann die Länge, jeweils mit der entsprechenden Halbkugel, also **Nord** bzw. **Süd** und **West** bzw. **Ost**. Deutschland liegt z. B. in „nördlicher Breite“ und „östlicher Länge“.

### Probleme mit dem Gradnetz

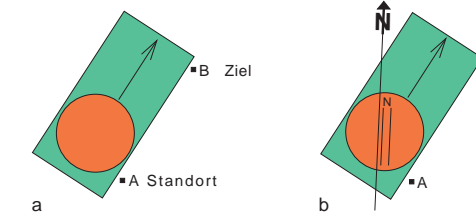
Auf der Erdkugel schneiden sich Breitenkreise und Meridiane in rechten Winkeln. In der Kartenebene bilden sie jedoch bei den meisten Kartennetzen kein rechtwinkliges System mehr. Daher sind Richtungen und Entfernungen im Gradnetz aufwändiger zu bestimmen als im rechtwinkligen Gitter.

Außerdem entspricht eine Längenminute nur am Äquator einer Breitenminute (= 1 Seemeile und entspricht 1,852 km), denn die Meridiane laufen polwärts zusammen, sie konvergieren. Die folgende Grafik verdeutlicht, wie die tatsächlichen Abstände zwischen den Meridianen mit wachsender Breite immer geringer werden.

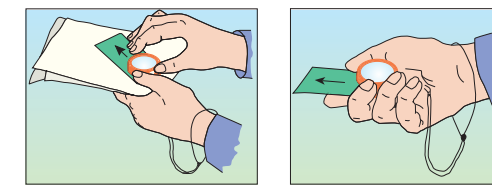


## Wo ist Norden?

Ein einfaches und vor allem zuverlässiges Mittel zur Orientierung im Gelände ist nach wie vor der Kompass. Um ihn sinnvoll zu nutzen, greifen Sie auf eine Karte mit Gitternetzen zurück. Solche sind beispielsweise in der zivil-militärischen Ausgabe der TK50 aufgedruckt, in zahlreichen anderen Karten müssen Sie sie selbst einzeichnen. Dazu verbinden Sie zwei Punkte am oberen und unteren Kartenrand, die die gleiche Koordinate haben.



Nun verbinden Sie mit einer Anlegekante des Kompasses Standort und Ziel. Der Kurspfeil am Kompass muss dabei zum Ziel weisen (a). Anschließend richten Sie das Dosengitter parallel zu einer Nordlinie der Karte aus. Dabei muss die Nordmarke zum oberen Kartenrand weisen (b).



Um Ihre Zielrichtung auszumachen, drehen Sie sich abschließend so, dass das rote Ende der Magnetnadel an der Nordmarke steht. Halten Sie dabei den Kompass immer waagrecht.

Neben dem Linealkompass gibt es noch andere Kompassstypen wie Spiegelkompass oder Peilkompass, die sich für unterschiedliche Einsatzzwecke eignen. Auf diese gehen wir hier jedoch nicht näher ein.

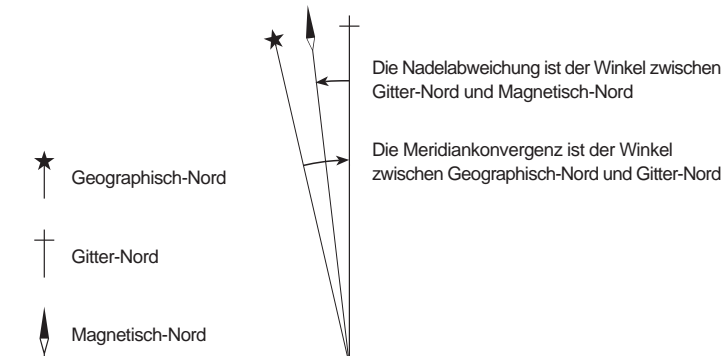
### Achtung:

Elektromagnetische Wellen, wie sie beispielsweise Hochspannungsmasten ausstrahlen, weil Sie aus Stahl bestehen, lenken die Kursnadel ab und verfälschen Ihre Ergebnisse.

Zusätzlich müssen Sie die Nadelabweichung zwischen Gitter-Nord und Magnetisch-Nord berücksichtigen (s. u.).

### Nadelabweichung und Meridiankonvergenz

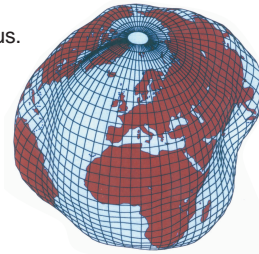
Die beiden Begriffe werden in der neuen TK50 blattbezogen erläutert. Nachfolgend sehen Sie ein Beispiel aus dem Blatt L 6926:



## Ist die Erde rund?

Rund schon, dennoch trägt der äußere Schein. Auf den ersten Blick betrachtet hat sie die Form einer Kugel. Deren Radius beträgt ungefähr 6370 km.

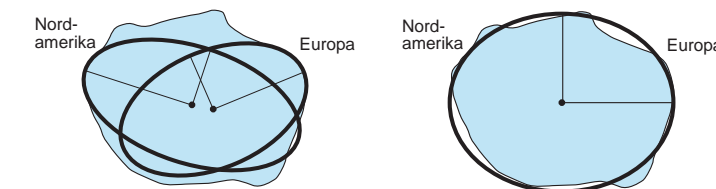
In Wirklichkeit sieht die Erde jedoch anders aus. Ihre Form wird als „Geoid“ bezeichnet. Eine stark übertriebene Darstellung dieses Geoids zeigt die nebenstehende Grafik.



Das Geoid ist die Grundlage für Höhenmessungen, die sich auf topographischen Karten in Form von Höhenlinien und Koten (Höhenpunkten) widerspiegeln.

Geodätischen Koordinaten, z. B. Gauß-Krüger- oder UTM-Koordinaten, liegen so genannte Rotationsellipsoide zu Grunde, die an die Form des Geoids bestmöglich angepasst sind. Für die Gauß-Krüger-Koordinaten in Deutschland wurde das Bessel-Ellipsoid mit dem Zentralpunkt in Rauenberg („Potsdam Datum“) verwendet. Da derartige regionale Ellipsoide für Messungen auf der ganzen Erde (z. B. mittels GPS) ungeeignet sind, wurde ein weltweit einheitliches Bezugssystem eingeführt, das WGS84. Das entsprechende Ellipsoid heißt GRS80 (Geodetic Reference System 1980). Dessen große Halbachse beträgt 6378137 m, die kleine 6356752 m.

Die folgende Grafik erläutert die Problematik regionaler Ellipsoide in Bezug auf die weltweite Verwendung. Um die ganze Welt annähernd genau abzubilden, benötigen Sie ein weltweites Ellipsoid wie das GRS80. Die Annäherung der Ellipsoide an das Geoid ist hier stark übertrieben dargestellt.



Regionale und weltweite Ellipsoide

Um für den eurasischen Teil der Erde ein optimales Referenzsystem zu erzielen, wurde das so genannte ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) definiert. Es ist an die eurasische Kontinentalplatte angepasst. Für Navigation und Positionierung nach der Karte ist ETRS89 jedoch fast identisch zu WGS84. Die Differenz beträgt zwischen 1 und 2 m.

## Und wofür geodätische Gitter?

Auf die Probleme mit geographischen Koordinaten wurde bereits hingewiesen: Die Breitenkreise und Meridiane schneiden sich auf den meisten Karten nicht im rechten Winkel. Darüber hinaus verlaufen sie oft krummlinig (bogenförmig).

Anders als beim Gradnetz stehen in geodätischen Gittern vertikale und horizontale Linien senkrecht aufeinander. Sie bilden ein rechtwinkliges Gitter. Geodätische Gitter erleichtern so die Bestimmung von Positionen auf der Karte (siehe *Wie kommt die Erde auf's Papier?*).

Um auf einem Globus die Position eines Ortes zu bestimmen, benötigen Sie exakte Koordinatenangaben. Sie orientieren sich am geographischen Gradnetz, das sich aus Breiten- und Längengraden (Meridianen) zusammensetzt.

Auf Karten, die die „kugelförmige“ Erde in der Ebene zeigen, ist dies nicht ganz so einfach. Dem Problem kommen Sie spätestens beim Anblick einer amtlichen (topographischen) Karte auf die Spur. Hier befinden sich am Rand der Karte neben den bekannten Gradangaben für Breiten und Längen auch noch andere Zahlen und Ziffernfolgen. Was bedeuten diese? Wofür benötige ich sie? Und wie kann ich mich mit solchen Angaben im Gelände orientieren? Diesen Fragen geht das Falblatt nach.

Aus didaktischen Gründen wird die eigentlich wesentlich komplexere Thematik vereinfacht dargestellt. So lernt auch der Laie, das Geflecht aus Gradnetz und Gitter zu entwirren.



Herausgegeben von der Kommission Kartennutzung der Deutschen Gesellschaft für Kartographie in Zusammenarbeit mit Dr. Wolfgang Linke. Texte und Abbildungen z. T. nach Linke, W.: Orientierung mit Karte, Kompaß, GPS (11. Auflage 2003), ISBN: 3-512-03259-1.

Weitere Texte und Abbildungen: Landesvermessungsamt Baden-Württemberg. Druck und Vertrieb: Landesvermessungsamt Baden-Württemberg. Teile bearbeitet von Auszubildenden in der Kartographie beim Landesvermessungsamt Baden-Württemberg. Ansprechpartnerin: Iris Fibinger, E-mail: iris.fibinger@vermbw.bwl.de

Anregungen senden Sie bitte an: Prof. Dr. Armin Hüttermann, PH Ludwigsburg, Reuteallee 46, 71634 Ludwigsburg, E-mail: huettermann\_armin@ph-ludwigsburg.de

2. Auflage November 2003

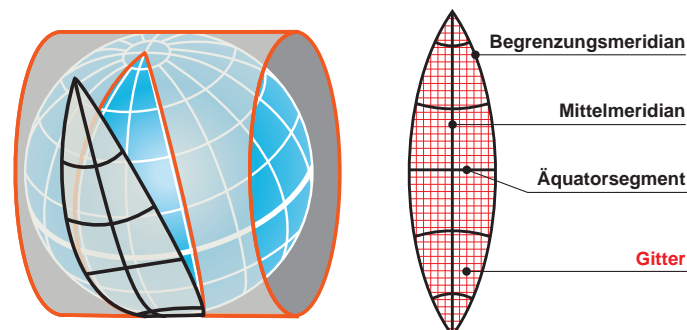
## Wie kommt die Erde auf's Papier?

Die Oberfläche des Erdellipsoids lässt sich nicht ohne Probleme auf eine Ebene, z. B. auf eine Karte, abbilden. Hilfskonstruktionen sind erforderlich. So bedient man sich bei topographischen Karten zunächst eines gedachten Zylinders. Diesen legt man beispielsweise so um das Erdellipsoid, dass ein bestimmter Meridian auf dem Ellipsoid den Zylindermantel berührt (Berührungsmeridian). Die entstandene Erdabbildung heißt querachsige oder transversale Zylinderabbildung.



Transversale Zylinderabbildung mit Berührungsmeridian

Um bei der Abbildung nur geringe Verzerrungen zuzulassen, bildet man zunächst nur einen schmalen Meridianstreifen auf dem Zylindermantel ab. Der Berührungsmeridian ist dabei der Mittel- oder Hauptmeridian. Durch Drehung des Zylindermantels um die Erdachse werden nun nach und nach weitere Meridianstreifen mit jeweils eigenem Mittelmeridian abgebildet.



Meridianstreifen auf dem Zylindermantel und Gradnetz vs. Gitter

Die Meridianstreifen werden schließlich in die Ebene abgerollt. Auf jeden dieser Meridianstreifen wird dann ein rechtwinkliges Gitter gelegt. Dabei bilden der Mittelmeridian und das Äquatorsegment eines jeweiligen Meridianstreifens die Achsen eines Koordinatensystems. Die zum Mittelmeridian parallel verlaufenden Gitterlinien zeigen nach Gitter-Nord. Mit zunehmendem Abstand vom Mittelmeridian nimmt die Abweichung des Gitter-Nord von Geographisch-Nord zu. Diese Abweichung bezeichnet man als Meridiankonvergenz (siehe *Wo ist Norden?*).

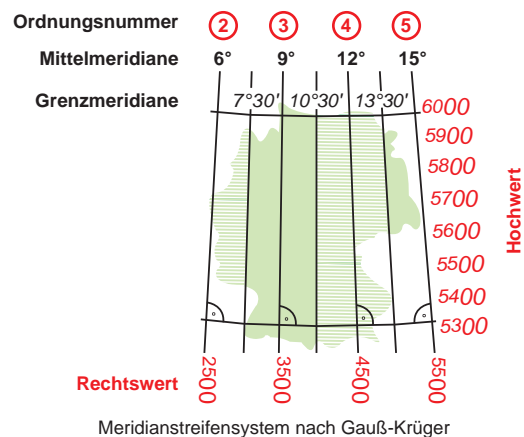
Die Hilfskonstruktion der „transversalen Zylinderabbildung“ ermöglicht auf dem ebenen Kartenpapier eine einfache Orientierung. Ein großer Vorteil: Diese Abbildung ist winkeltreu, d. h., es stimmen alle gemessenen Winkel in der Karte mit der entsprechenden Winkelmessung in der Natur überein. Außerdem erleichtert das geodätische (rechtwinklige) Gitter die Bestimmung von Positionen. Beides vereinfacht Kartierungsarbeiten wie die Ortsbestimmung oder die Arbeit mit dem Kompass.

Historisch bedingt werden hauptsächlich zwei verschiedene Gitter verwendet:

- das Gauß-Krüger-Gitter und
- das UTM-Gitter.

## Gauß-Krüger-Gitter

In deutschen Karten ist das Gauß-Krüger-Gitter weit verbreitet. Seine Mittelmeridiane liegen auf 3°, 6°, 9°, 12°, 15° usw. Der Meridianstreifen dehnt sich 1° 30' in Ost- sowie in Westrichtung des Mittelmeridians aus, hat also eine Breitenausdehnung von 3°.



Im Meridianstreifensystem nach Gauß-Krüger werden die Koordinatenwerte als **Rechtswert (= R)** und **Hochwert (= H)** bezeichnet, z. B. lauten Gauß-Krüger-Koordinatenangaben:

$$R = 3551 \quad H = 5383$$

Beim **Rechtswert** ist die erste Ziffer (hier: 3) eine Ordnungsnummer. Diese ergibt sich aus dem Längengrad des Mittelmeridians dividiert durch 3. Somit ist die Ordnungsnummer für den 9°-Mittelmeridian 3, für den 12°-Mittelmeridian entsprechend 4. Die folgenden drei Ziffern sind Kilometerangaben. Sie beschreiben den Abstand des Rechtswertes in einem Meridianstreifen zum Mittelmeridian. Dieser erhält, um beim Berechnen der westlich des Mittelmeridians gelegenen Rechtswerte negative Vorzeichen zu vermeiden, konstant den Wert 500 km. Liegen nun Rechtswerte im Meridianstreifen westlich des Mittelmeridians, wird die entsprechende Kilometeranzahl von den 500 km subtrahiert, bei Rechtswerten östlich des Mittelmeridians wird diese addiert. In unserem Beispiel liegt der Rechtswert 51 km ostwärts des Mittelmeridians. Alle Punkte, die 51 km westwärts des 9°-Meridians liegen, haben den Rechtswert <sup>34</sup>49.

Der **Hochwert** beschreibt den Abstand zum Äquator in Kilometern. Der Wert <sup>53</sup>83 entspricht also im Meridianstreifen einem Äquatorabstand von 5383 km.

Das Gauß-Krüger-Gitter hat nur regionale Bedeutung. Ein weltweit einheitliches System ist das UTM-Gitter.

## UTM-Gitter

Heutzutage wird topographischen Karten das UTM-Gitter zugrunde gelegt. In der zivil-militärischen Ausgabe der TK50 finden Sie im Kartenrand nur noch UTM-Koordinaten eingetragen. Beim UTM-Gitter ist der Abbildungs-zylinder um den Faktor 0,9996 kleiner als beim Gauß-Krüger-Gitter. Dadurch schneidet der Zylinder das Ellipsoid in zwei parallelen Schnittkreisen. Das ermöglicht eine Ausweitung der Meridianstreifen auf 6°, ohne allzu große Verzerrungen in der Abbildung zu verursachen. Beispielsweise entspricht im Bereich des Mittelmeridians eine Entfernung von 1000 m in der Natur einer Entfernung von 999,60 m in der Abbildung.

Das weltweite UTM-System hat 60 Meridianstreifen, so genannte Zonen. Zone 1 beginnt beim Mittelmeridian 177° westliche Länge. Deutschland liegt in den Zonen 32 und 33 mit den Mittelmeridianen 9° bzw. 15° östliche Länge.

Was bei Gauß-Krüger der Rechtswert ist, heißt bei UTM **Ostwert/East (= E)**. Auch hier erhält jeder Mittelmeridian den Wert 500 km. An Stelle der Ordnungsnummer für den Mittelmeridian (siehe Gauß-Krüger) steht bei UTM die Zone. Für Zone 32 bedeutet der Ostwert <sup>473</sup>: 27 km westlich vom 9°-Mittelmeridian. <sup>721</sup> heißt: 221 km östlich vom 9°-Mittelmeridian.

Die vierstellige Zahl für den Hochwert, bei UTM als **Nordwert/North (= N)** bezeichnet, gibt wie bei Gauß-Krüger den Abstand vom Äquator in Kilometern an. <sup>5546</sup> entspricht im Meridianstreifen also einem Äquatorabstand von 5546 km. Eine vollständige UTM-Koordinate in Metern ausgedrückt lautet:

$$\text{Zone 32 E}=473 \quad \text{N}=5546 \quad \text{721}$$

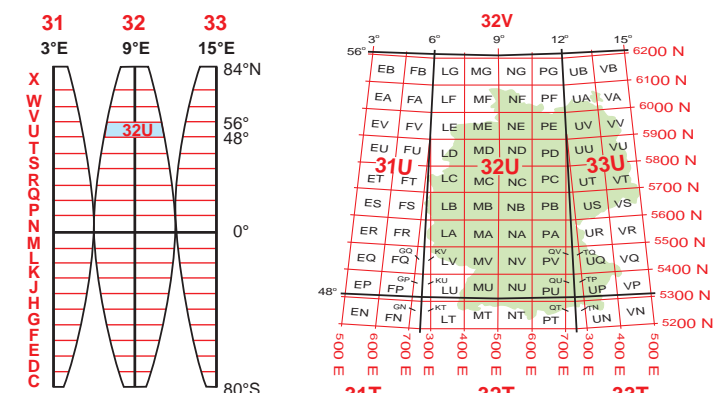
## UTM-Meldegitter (UTM-Reference-System [UTMREF])

Auf GPS-Empfängern als **MGRS** bezeichnet

Für weltweite militärische Positionsangaben sowie bei Rettungsdiensten wird das UTM-Gitter mit seinen 60 Zonen in Nord-Süd-Richtung weiter unterteilt in das UTM-Meldegitter. Die entstandenen Querstreifen werden auch als **Bänder** bezeichnet. Sie liegen zwischen 80° Süd und 84° Nord und werden mit den Buchstaben C bis X (ohne O und I) bezeichnet. Jedes Band ist 8° breit. Ein Bandabschnitt innerhalb eines Meridianstreifens (einer Zone) wird als **Zonenfeld** bezeichnet. Ausnahme ist das nördlichste (X), es ist 12° breit. Deutschland liegt in den Zonenfeldern 31U, 32T, 32U, 33T und 33U.

Die Polkappen werden gesondert abgebildet mit den Zonenfeldern A und B am Südpol und Y und Z am Nordpol.

Um eine noch weitere Unterteilung des Gitters zu erzielen, wird jede Zone östlich und westlich des Mittelmeridians sowie nördlich und südlich des Äquators in **100-km-Quadrate** eingeteilt. Dabei entstehen Restfelder an den Grenzmeridianen. Sowohl Quadrate als auch Restfelder werden mit Buchstabenpaaren bezeichnet. Das Alphabet wiederholt sich in West-Ost-Richtung nach 3 Meridianstreifen und in Süd-Nord-Richtung nach 2000 km.



Aufteilung des UTM-Koordinatensystems in Zonen, Bänder und Zonenfelder mit 100-km-Quadraten

Eine UTM-Koordinate in der **Zone 32 E=438 438 m N=5403 029 m** liegt im Zonenfeld 32U und im 100-km-Quadrat MV. Durch die Angabe des 100-km-Quadrats erübrigen sich im Ostwert die erste „4“ und im Nordwert die „54“. Die UTM-Meldung als Positionsangabe mit einer Genauigkeit von 100 m lautet in der Zusammensetzung aus Zonenfeld, 100-km-Quadrat, Ostwert und Nordwert:

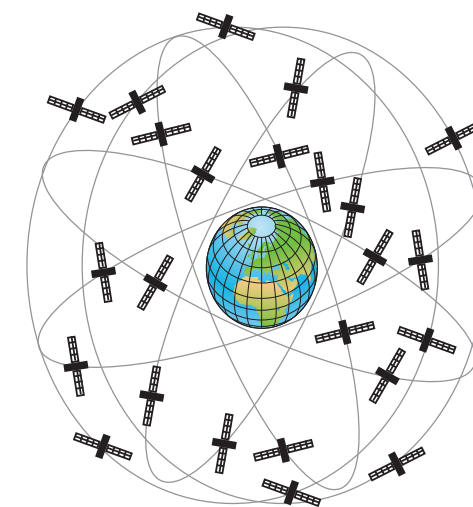
$$32UMV384030 \quad (\text{die Angaben werden ohne Leerzeichen geschrieben}).$$

Beachten Sie: In Baden-Württemberg weichen Gauß-Krüger-Werte von UTM-Werten im Rechtswert (Ostwert) zwischen 30 m und 120 m und im Hochwert (Nordwert) zwischen 1660 m und 1770 m ab.

## Wie funktioniert GPS?

### System

GPS steht für „**Global Positioning System**“ (= weltweite Standortbestimmung). Die Funktionsweise ist folgende: Navigationsatelliten in Erdumlaufbahnen senden ihre Bahndaten und die genaue Uhrzeit. Aus den Signallaufzeiten von mehreren Satelliten berechnet der GPS-Empfänger seinen Standort in Lage und Höhe auf der Erde. Dies geschieht laufend, z. B. einmal in der Sekunde. Dabei beträgt die Genauigkeit, die abhängig von Anzahl, Position und Signalstärke der empfangenen Satelliten ist, ca. 15 m. Neue Geräte berücksichtigen bereits die Differenzen zwischen Ellipsoid und Geoid (siehe *Ist die Erde rund?*).



Beim amerikanischen NAVSTAR GPS umlaufen 24 Satelliten die Erde in ca. 20.000 km Höhe. Dabei befinden sich von jedem Punkt der Erde aus gesehen mindestens vier Satelliten über dem Horizont. Zu diesen vier Satelliten wird die Entfernung berechnet, sodass eine 3-dimensionale Positionsbestimmung erfolgen kann.

GPS ist genauer und vielseitiger als alle bisher verfügbaren Orientierungshilfen (z. B. Kompass) und arbeitet unabhängig von Landmarken, Wetter, Lichtverhältnissen, Missweisungen und Ablenkung (Probleme gibt es allenfalls in Häuserschluchten und dichten Wäldern). Dennoch braucht man Karten mit eindeutig bezeichnetem Gradnetz oder Gitter.

### Geräte

Die leichtesten batteriebetriebenen GPS-Handgeräte wiegen um die 150 g und haben etwa Handy-Größe. Einige Geräte sind mit PC-Schnittstelle ausgestattet und/oder können Karten direkt auf dem Display anzeigen.



www.garmin.com