
Kompass

Grundlagen für die Orientierung mit Karte und Kompass

Wolfgang Dusek, PhD - 20. September 2024



Vorwort

Outdoor-Aktivitäten aller Art sind beliebter denn je. Der moderne Mensch jeden Alters möchte Zeit in freier, oft sogar unberührter Natur verbringen. Spazieren, Wanderungen, Bergsteigen, Skifahren, Langlaufen, Mountainbiken, Kanuing, Rafting und vieles mehr sind begehrte Outdoor-Aktivitäten sowohl für jüngere als auch für ältere Menschen. Da kann es schon einmal vorkommen, dass dabei die eigene Leistungsfähigkeit, die Wetterlage, die zur Verfügung stehende Tageszeit oder ähnliches falsch eingeschätzt wird. In Kombination mit unzureichender Ausrüstung kann man sich rasch in einer Notsituation befinden wo man auf fremde Hilfe angewiesen ist. Für die Einsatzorganisationen ergibt sich so gut wie immer ein flächenmäßig großes Suchgebiet welches für die einzelnen Suchmannschaften in bewältigbare Sektoren unterteilt wird. Es muss also nicht nur die Einsatzleitung über präzise Kenntnisse der Navigation und Orientierung verfügen, sondern jeder Hundeführer und Helfer welcher an der Suche beteiligt ist sollte Karte, Kompass und gegebenenfalls GPS beherrschen. Wenn eine gesuchte Person aufgefunden wird dann muss eventuell rasch eine Bergung durchgeführt werden. Andere Rettungsorganisationen könnten erforderlich werden. Es müssen also im Bedarfsfall unterschiedliche Organisationen über den genauen Standort des Geschehens informiert werden.

Die folgenden Seiten sollen das nötige Grundlagenwissen der Arbeit mit Karte, Kompass und/oder GPS vermitteln und des Weiteren sicherstellen, dass nach einem Einsatz die beteiligten Einsatzorganisationen nicht genötigt sind Ihre eigenen Hundeführer und Helfer zu suchen. Die Methoden der Navigation mit Karte, Kompass und/oder GPS sind einfach und für jeden mit etwas Übung leicht erlernbar. Trotzdem sollte man sich der Mühe unterziehen sich ein paar theoretische Grundkenntnisse anzueignen.

Die Karte

Eduard Imhof, ein Schweizer Kartograph bezeichnete Landkarten als Zitat: *..verkleinerte, vereinfachte, inhaltlich ergänzte und erläuterte Grundrissbilder der Erdoberfläche oder von Teilen der Erdoberfläche* Ende Zitat [4].

Wikipedia beschreibt eine Karte, auch Kartografie, als analoges oder digitales Medium zur meist eingeebneten, verkleinerten und generalisierten Darstellung der Erdoberfläche welche üblicherweise als topografische Karten (z.B. Landkarten) oder thematische Karten (z.B. Straßenkarten) verfügbar sind [5]. Heute erscheint es uns selbstverständlich Karten in unterschiedlichster Ausführung verfügbar zu haben, sind diese doch leicht und unkompliziert erhältlich. Eine regionale Straßenkarte zum Beispiel kann man an fast jeder Tankstelle erwerben. Trotzdem sind heute verfügbare Karten das Produkt eines sehr langen Entwicklungsprozesses (Landvermessung, Satelliten u.ä.). Relativ genaue Karten sehr kleiner Regionen oder Städte gibt es wohl schon seit sehr langer Zeit, die ganze Welt präzise darzustellen ist allerdings eine Leistung unterschiedlicher Wissenschaften der Neuzeit. Auch die Lesbarkeit von Karten wurde in eine allgemein übliche Form gebracht, so ist zum Beispiel eine im Urlaub besorgte Straßenkarte eines anderen Landes jederzeit von uns lesbar geworden. Natürlich sind auch dafür gewisse Grundkenntnisse erforderlich, dennoch hat vermutlich schon jeder einmal eine Adresse, eine Straßenverbindung und ähnliches in einer Straßenkarte erfolgreich gesucht.

In der heutigen Zeit ist alles einfacher und besser geworden, so scheint es jedenfalls. Hervorragende GPS-Navigationsgeräte sind zu einem leistbaren Preis erhältlich, wozu also noch Landkarten lesen können – eine Frage die sich viele Menschen oft stellen. Eine App am Smartphone ersetzt doch jeden Kompass – möglicherweise eine neuzeitliche Fehleinschätzung. Die Überforderung der meisten Menschen, welche sich alleinig auf die Technik verlassen beginnt meisten im Einstellmenü der erworbenen Geräte. Stellen Sie das richtige Kartenformat ein (UTM, Gauß-Krüger, MGRS u.v.m.)? Inklinaton, Deviation, Deklination, Missweisung, Einnorden, Marschzahl, magnetischer Norden, geometrischer Norden.....???

Folgend soll nun versucht werden sich Schritt für Schritt die notwendigen Grundkenntnisse zu erwerben.

Von der Erdoberfläche zur Karte

Unsere Erde entspricht keiner exakten Kugel sondern ähnelt auf Grund seiner Umdrehung um die eigene Achse und der daraus resultierenden Zentrifugalkraft einem Ellipsoid [6]. Das Geodetic Reference System 1980 (GRS80) ist ein Erdmodell (geodätisches Referenzellipsoid von 1980) mit einem Äquatorumfang von 40.075,017 km und einem Polarumfang von 40.007,863 km. Der Äquatorumfang ist folglich 0,17% größer als der Polarumfang [7].



Abbildung 1. Landhalbkugel [1]

Die Kunst der Kartografie besteht nun in seiner Hauptaufgabe darin, die nahezu kugelförmige Erdoberfläche detailgenau auf eine Karte, also eine ebene Fläche zu übertragen. Der wesentlichste erste Schritt besteht also nun darin die Erde, beziehungsweise deren Oberfläche genauestens zu Vermessen. Des Weiteren muss in einem zweiten Schritt die gesamte Erdoberfläche mit einem virtuellen und die gesamte Erdoberfläche umspannenden Koordinatensystem versehen werden (Abbildung 1 und Abbildung 2). Damit ist es möglich die Lage jedes markanten Punktes der Erdoberfläche genau zu bestimmen. Nun muss noch,

drittens, ein Gitternetz entwickelt werden um die im erdumspannenden Koordinatensystem erfassten Punkte auf eine ebene Karte zu übertragen. Letztlich muss noch ein entsprechend geeignetes Verkleinerungssystem entwickelt werden um die nötigen Details in der Karte klar darzustellen. Zuzüglich zu natürlich vorhandenen markanten Stellen der Erdoberfläche, zum Beispiel Berggipfel, Flussmündungen, Seen und vieles mehr, benötigt es Beobachtungspunkte der Landvermessung. Diese Beobachtungspunkte, man nennt sie Trigonometrische Punkte (TP) oder Triangulationspunkte (Trigonometrie), sind Punkte eines Dreiecknetzes der Landvermessung und bilden mit den Koordinaten die Grundlage der Kartografie [8]. All diese Punkte werden folglich in das Kartennetz übertragen und mit weiteren Details von Luftaufnahmen oder örtlichen Messungen sinnvoll ergänzt. Sinnvollerweise finden auch bestimmte Reduktionen statt, in einer Straßenkarte sind zum Beispiel die Verkehrswege deutlich erkennbar und selbstverständlich nicht in der maßstabgetreuen Breite dargestellt dafür andere Details deutlich vereinfacht dargestellt oder ganz weg gelassen. Eine

Straßenkarte ist eine so genannte „Thematische Karte“. Weitere Beispiele sind Klima-, Politische-, Vegetations-, Wetterkarten oder ähnliches. Darüber hinaus gibt es noch die Hauptkategorie der Topografischen Karten. Topografische Karten bilden möglichst genau und sinnvoll reduziert die geographische Landschaft ab wie zum Beispiel Wanderkarten.

Das geografische Koordinatensystem der Erde

Das Koordinatensystem der Erde ist ein über die Erdkugel gelegtes Netz. Die Erde dreht sich um die eigene Achse (Erdachse). Daraus ergeben sich zwei Pole (Nordpol oben, Südpol unten), diese sind dort wo eine gedachte Verlängerung der Erdachse die Oberfläche der Erde durchstößt [9]. Waagrecht zur Erdachse und in der Mitte der beiden Pole befindet sich die Äquatorebene (Abbildung 2).

Breitengrade

Legt man nun vom Erdmittelpunkt ausgehend zum Äquator an der nördlichen Halbkugel bei jedem Grad parallel zum Äquator einen weiteren Kreis um die Erdkugel, dann ergeben sich die in Grad gemessenen Breitenkreise (Breitengrade), also nördlich 90 Breitengrade und südlich 90 Breitengrade. Vor der Angabe der Breitengrade, gemessen in Grad(°), Bogenminuten (′) und Bogensekunden (″) steht also der Buchstabe N für Nord und S für Süd (Abbildung 2).

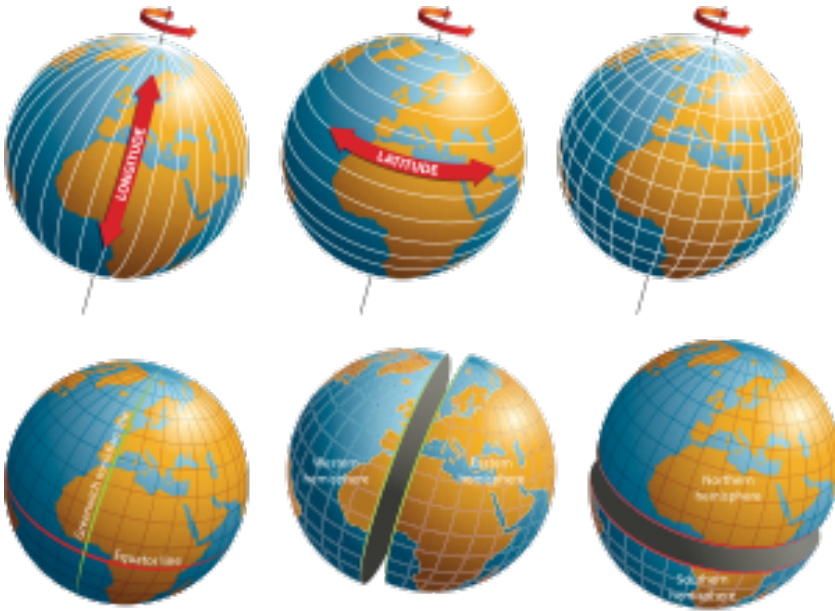


Abbildung 2. Die Abbildung zeigt die beiden Pole, den Äquator sowie Längen- und Breitengrade des Koordinatensystems [2].

Längengrade

Legt man einen Großkreis um die Erdoberfläche welche senkrecht den Äquator und alle Breitengrade tangiert erhält man die Längengrade. Ein halber Längengrad, also die kürzeste Verbindung von Pol zu Pol bilden einen Meridian. Als Nullmeridian wurde willkürlich, entsprechend der damaligen herrschenden Seemacht England, jener Meridian gewählt auf welchem die Sternwarte von Greenwich in London liegt. Vom Nullmeridian werden wieder in Grad 180 Meridiane in östliche (E = East) und 180 Meridiane in westliche (W = West) Richtung festgelegt. Am Meridian 180° befindet sich die Datumsgrenze (Abbildung 2). Mit dem geografischen Koordinatensystem lässt sich also jeder Punkt dieser Erde exakt bestimmen und zwischen zwei so festgelegten Koordinaten eine Verbindung (Weg) herstellen.

Beispiel eines Punktes x:

N 45° 25' 55''

E 05° 11' 22''

Die Übertragung der geografischen Koordinaten in ein Kartennetz

Die Erdoberfläche ist mit dem geografischen Koordinatensystem mit einem virtuellen Gitternetz überzogen mit welchem sich jeder Punkt dieser Erde präzise festlegen lässt. Nun gilt es diese auf der kugelflächigen Erde festgelegten Koordinaten in ein ebenes Kartenmodell zu übertragen. Leider ist es unmöglich einen Kartenentwurf zu realisieren bei welchem die übertragenen Parameter gleichzeitig längentreu, flächentreu und winkeltreu sind.

Die Mercator-Projektion

Die nach dem Kartografen Gerhard Mercator benannte Projektion (1569) ermöglicht eine winkeltreue Darstellung der Erdoberfläche in Kartenformat [10]. Dabei darf man sich die Erdkugel mit dem Erdmittelpunkt als Projektionszentrum vorstellen. Die Erdkugel wird nun von einem virtuellen Zylinder entlang des Äquators umgeben. Die plane Höhe des Zylinders ist gleich der Strecke von Pol zu Pol (Abbildung 3 A). Überträgt man nun die Hauptbreiten- und Hauptlängengrade auf den Zylinder und schneidet man den Zylinder beim 180° Längengrad auf erhält man eine Weltkarte welche winkeltreu aber keinesfalls flächen- oder richtungstreu ist (Abbildung 4 A). Eine Karte nach der Mercator-Projektion zeigt eine sichtbare Flächenverzerrung. Alle Darstellungen in Äquatornähe erscheint verkleinert, alle Landdarstellungen in der Nähe der Pole dafür unnatürlich vergrößert (Abbildung 4 A). Anhang 1 zeigt in acht Bildern, YouTube-Video [11], die Problemstellung der Übertragung einer Kugeloberfläche auf eine ebene Fläche und die damit verbundenen Verzerrungen der polarnahen Zonen.

Die Transversale Mercator-Projektion und deren Weiterentwicklung

J.H. Lambert entwickelte 1772 die Mercator-Projektion weiter. Der Abbildungszyylinder wird für die so genannte Transversale Mercator-Projektion um 90° zur Erdachse gedreht [12]. Die Zylinderachse steht nun in gleicher Richtung wie der Äquator und durchstößt die Weltkugel nicht mehr am Nord- und Südpol (Abbildung 3 A) sondern dort wo der Meridian bei 90° E und 90°W den Äquator tangiert (Abbildung 3 B). Schneidet man nun den Zylinder rückseitig am Äquator entlang, dann erhält man eine Transversale Mercator-Weltkarte (Abbildung 4 B) mit deutlich anderen Verzerrungen gegenüber Abbildung 4 A.

Abb. A

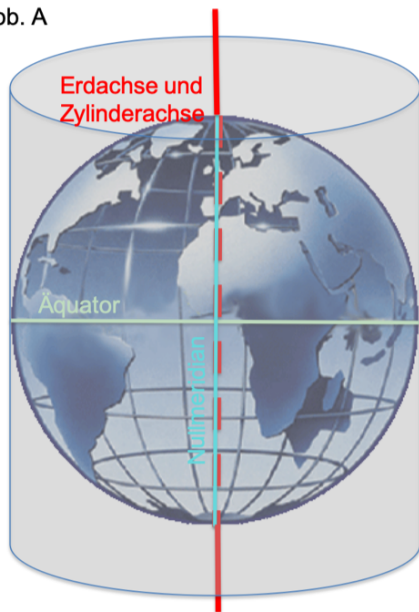


Abb. B

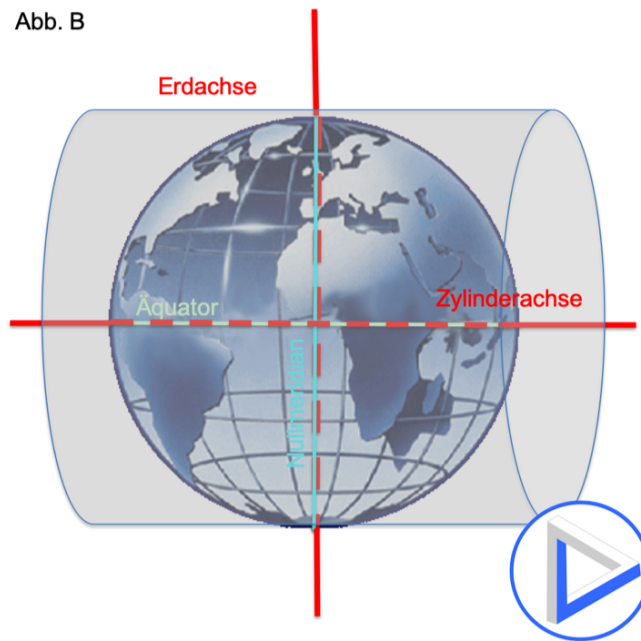


Abbildung 3. Abbildung 3A zeigt das Prinzip der normalen Mercator-Projektion, 3B das Prinzip der transversalen Mercator-Projektion [13].

Abbildung 4. Eine Weltkarte basierend auf einen Kartenentwurf der normalen Mercator-Projektion sowie eine Weltkarte nach einem Kartenentwurf der Transversalen Mercator-Projektion [14] befindet sich unter folgenden Link: <https://de.wikipedia.org/wiki/Mercator-Projektion>

Einerseits waren die Kartenentwürfe nach Mercator, Lambert und einigen Anderen durch ihre winkeltreue Abbildung ein erheblicher Gewinn für die Navigation in der Seefahrt oder für militärische Zwecke. Zum Anderen ist aber für jeden erkennbar, dass eine längentreue oder flächentreue Abbildung keinesfalls gegeben ist.

Geodätische Gitter

Das geografische Gitter ist, wie bereits vorher beschrieben wurde, ein Kartennetz bei welchem die Übertragung der Längen- und Breitengrade der Erdoberfläche auf eine Karte eingeebnet dargestellt wird. Das geografische Gitter bildet also Dreiecke, Trapeze und Quadrate mit teils gekrümmten Linien mit erheblichen Längen- und Flächenverzerrungen auf eine Karte ab [15].

Bei einem geodätischen Gitter werden durch Linien gleich große Quadrate gebildet. Diese Quadrate werden nun als Koordinatensystem benutzt [16]. Die bekanntesten und meist angewandten geodätischen Gitter sind das Gauß-Krüger-Koordinatensystem und das Universale-Transversal-Mercator System (UTM).

Gauß-Krüger-Koordinatensystem

Carl Friedrich Gauß, geboren am 30 April 1777 in Braunschweig war ein besonders begabter Mathematiker, Astronom und Landvermesser. Gauß entwickelte etwa um 1825 ein komplexes geodätisches Netzsystem bei welchem eine erheblich bessere Längentreue und Flächentreue bei beinahe gleichbleibender Winkeltreue gegeben war [17].

Johann Heinrich Louis Krüger, am 21. September 1857 in Elze geboren bearbeitete das Gauß-System weiter und veröffentlichte 1912 eine Arbeit mit dem Titel „Konforme Abbildung des Erdellipsoids in der Ebene“ [18]. Diese Veröffentlichung war die Grundlage für das im Jahre 1923 eingeführte Gauß-Krüger-Koordinatensystem [19]. Das geodätische Gitter des Gauß-Krüger-Koordinatensystems wird aus jeweils drei Grad breitem Meridianstreifen gebildet. Dabei werden die Meridiane 0° , 3° , 6° und so weiter als Mittelmeridian jedes Meridianstreifens benutzt und davon $1,5^\circ$ westlich und $1,5^\circ$ östlich befindet sich die Begrenzung des Meridianstreifens. Daraus folgen 120 Meridianstreifen welche jeweils drei Grad breit sind ($360^\circ:3=120$) und mit Kennziffern von 0 bis 119 ausgewiesen sind (Tabelle 1). Jeder Meridianstreifen wird nun auf einen Zylinder winkeltreu übertragen. Die Achse dieses Zylindermantels liegt in der Äquatorebene und der Radius dieses Zylinders entspricht dem Radius des jeweiligen Mittelmeridians bezogen auf dessen Referenzellipsoides (Bessel- oder Krassowski-Ellipsoid)[19]. Es ergibt sich dem zufolge eine Berührung des Zylindermantels entlang des jeweiligen Mittelmeridians auf welchen sich der Meridianstreifen bezieht. Der Koordinaten-Ausgangspunkt ergibt sich vom Schnittpunkt des Mittelmeridian und des Äquators als Rechtswert (östlich) und Hochwert (nördlich) [9, 19]. Abbildung 5 zeigt das Gauß-Krüger-Koordinatensystem über Deutschland.

Tabelle 1:

Mittelmeridian	westlich					östlich			
Längengrad	...	9°	6°	3°	0°	3°	6°	9°	...

Kennziffer	...	117	118	119	0	1	2	3	...
------------	-----	-----	-----	-----	---	---	---	---	-----

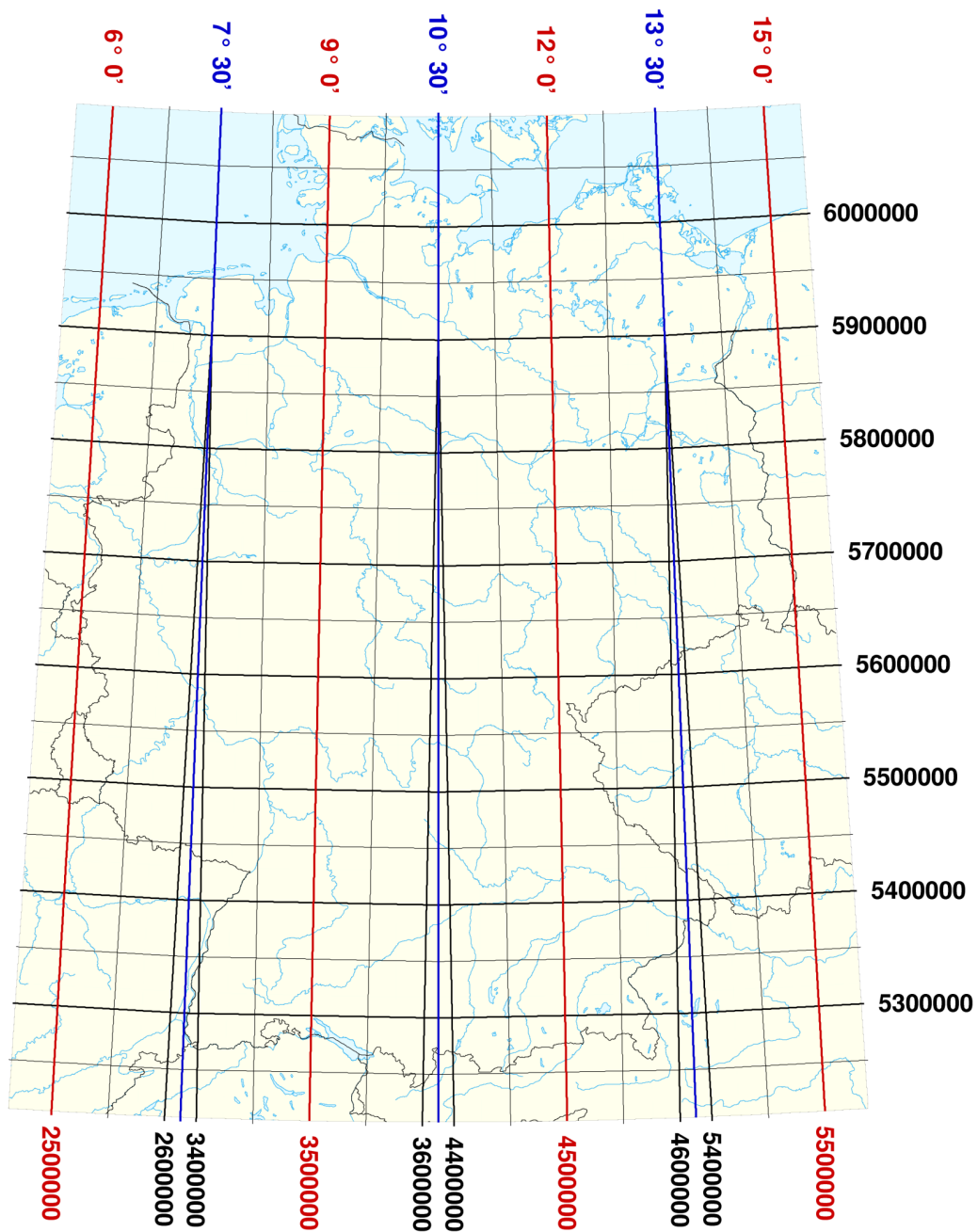


Abbildung 5. Gauß-Krüger-Koordinatensystem über Deutschland [20].

UTM-Koordinatensystem (UTM)

UTM ist in unseren geografischen Bereichen das meist angewendete Karten-Gitternetz und soll folgend etwas genauer erklärt werden. UTM benutzt 6° breite Meridianstreifen und bezieht seine Koordinaten auf das World Geodetic System 1984 (WGS84) bzw. das Geodätische Referenzsystem 1980 (GRS80). UTM benutzt eine veränderte, modifizierte transversale Mercator Projektion. Bei UTM berührt der Zylindermantel die Erdoberfläche entlang des Hauptmeridians nicht sondern er durchdringt die Erdoberfläche (Abbildung 6). Die Erdoberfläche ragt also aus dem Zylindermantel heraus und damit verkürzten sich an den beiden Zonengrenzen die Meridiane gegenüber dem Mittelmeridian um den Maßstabsfaktor 0,9996. Wegen der 6° breiten Meridianstreifen würden die Längen- und Winkelverzerrungen an den Rändern gegenüber dem Gauß-Krüger Gitter zunehmen. Mit der modifizierten transversalen Mercator Projektion wird wieder eine ausreichende Praxisgenauigkeit erreicht [21].

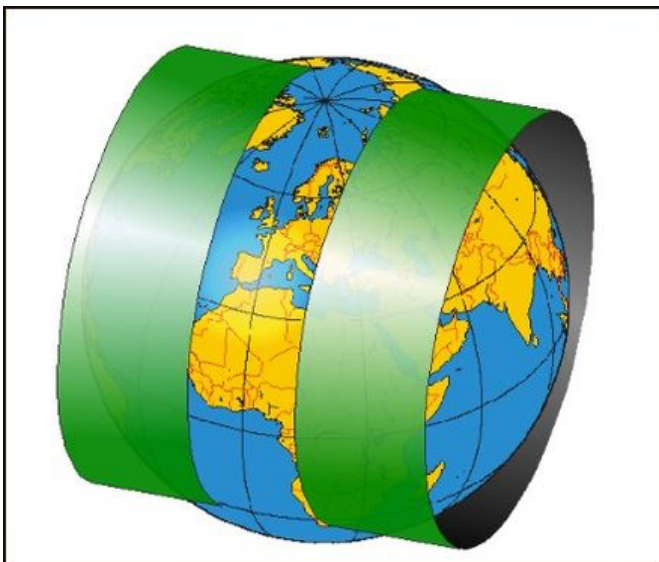


Abbildung 6. UTM-Zylinderprojektion, Streifenbreite überhöht (sie beträgt lediglich 360 km) [22].

Die Aufteilung der UTM-Zonenfelder Zonen (vertikal)

Es werden, beginnend bei Längengrad 180° West bis zum Längengrad 180° Ost, 60 jeweils 6° breite Zonen eingeteilt und von 1 bis 60 durch nummeriert. In der Mitte befindet sich der Mittelmeridian (Abbildung 7). Aus Anhang 2 kann entnommen werden, dass

Zone 1 folglich von 180° West bis 174° West reicht, der Mittelmeridian befindet sich auf 177° West [21].

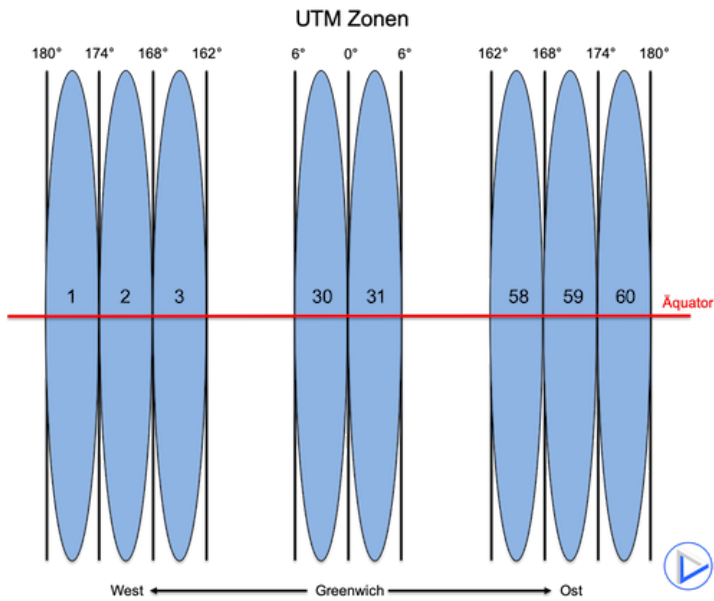


Abbildung 7. Einteilung in jeweils 6° breite UTM-Zonen 1 – 60 [23].

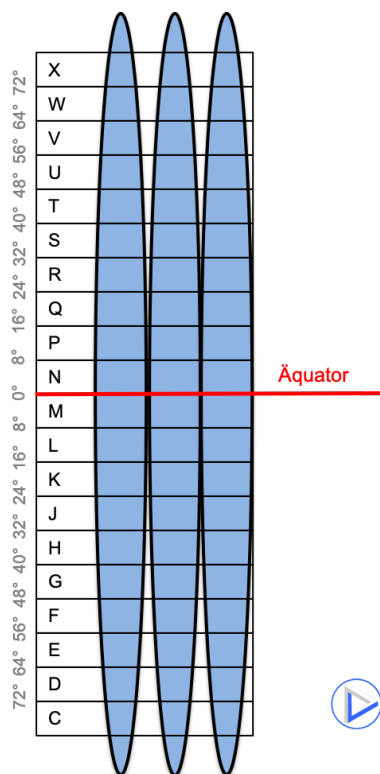


Abbildung 8. Einteilung in UTM – Breitenzonen im Abstand von 8° [23]

Breitenzonen (horizontal)

Beginnend bei Breitengrad 80° Süd bis zum Breitengrad 84° Nord werden im Abstand von 8° Breitenzonen gebildet und beginnend mit dem Buchstaben C (südlichste) bis X (nördlichste) bezeichnet, dabei werden wegen der möglichen Verwechslung mit der Ziffer 1 und 0 die Buchstaben I und O ausgelassen [21] (Abbildung 8).

Zonenfelder

Die Zonenfelder werden also mit der Nummer der Zone und mit dem Buchstaben der Breitenzone benannt. Österreich befindet sich mit unseren Hauptsuchgebiet Niederösterreich in Zone 33U und teilweise in Zone 33T sowie Vorarlberg und Tirol in Zone 32T. Deutschland größtenteils in Zone 32U und 33U (Abbildung 9, Anhang) [24].



Abbildung 9. UTM-Zonen Österreich [25].

UTM Koordinaten

Der Äquator bildet bei dem UTM-Koordinatensystem die X-Achse und der jeweilige Mittelmeridian die Y-Achse. Damit es westlich des Mittelmeridians zu keinen negativen Werten kommt wird der X-Wert auf 500.000 m gesetzt und als Ostwert bezeichnet. Der Ostwert ist demnach immer sechsstellig und liegt zwischen 100.000 und 899.999 Metern. Südlich des Äquators sollen auch keine negativen Werte entstehen, daher wird der Y-Wert auf 10.000.000 m gesetzt und als Nordwert bezeichnet. Rechtswert und Nordwert sind immer mehrdeutig, eine vollständige und eindeutige UTM-Koordinatenangabe muss also immer mit der jeweiligen Zonenbezeichnung angegeben werden.

Beispiel:

Der Josefsteg befindet sich in den Nationalpark Donau-Auen, Lobau und hat die geografischen Koordinaten $N48^{\circ}11'5203$, $E16^{\circ}28'9938$. Die UTM-Koordinaten notieren sich 33U 610245 5338362 (Abbildung 10).

angegeben, weil das gezeigte Bild von der Bildschirmgröße sowie vom Druckformat abhängig ist. Stattdessen wird am Bildrand ein Referenzmaß gezeigt.

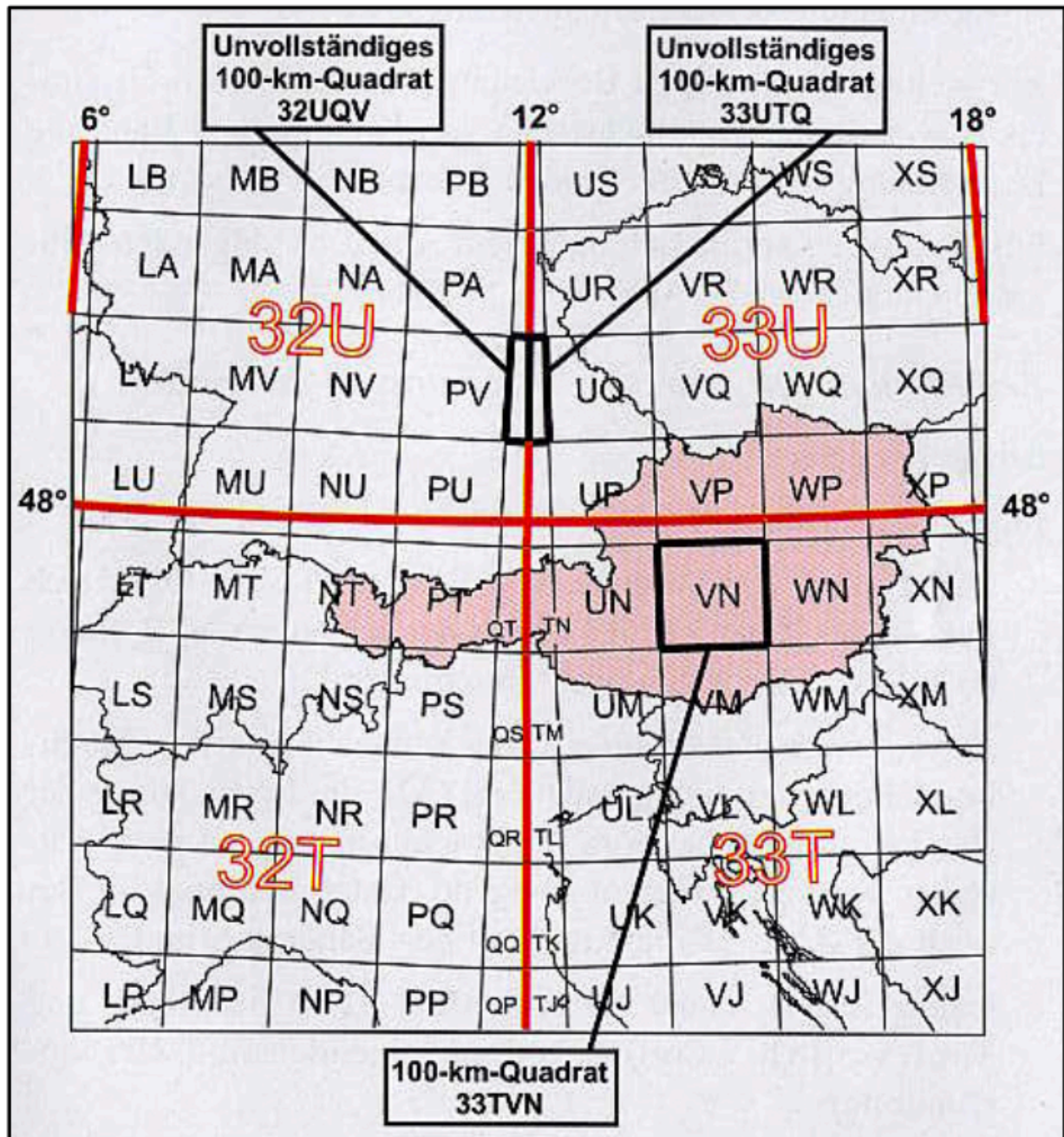


Abbildung 12. UTM Zonenfelder 32U, 33U, 32T und 33T mit den jeweiligen Planquadraten mit der Seitenlänge von 100 km [23].

Daraus ergibt sich für die üblichen Kartenformate im Maßstab 1:25.000, welche eine ausreichende Vergrößerung im Outdoor-Bereich (Wandern) bieten und für Such- und Bergeteams meist zur Anwendung kommen, ein Kartengitter mit dem sich leicht

anwendbare und metergenaue Positionsdaten erarbeiten lassen. In Abbildung 13 ist ein Ausschnitt aus dem GPS-Programm Garmin BaseCamp gezeigt welcher die Lobau im Bereich der Panozzalacke abbildet. In der linken unteren Ecke des Bildrandes ist ein Referenzmaß von 300 Meter zeigt. Des Weiteren ist bei den Hilfslinien abzulesen, dass der Abstand der Hilfslinien 500 Meter beträgt. Mit dem gelben Ring wurde ein Marterl markiert, die exakte Position des Marterls im MGRS ergibt wie folgt:

33U **XP** **10345** **38345**

UTM	100 km	Ostwert		Nordwert	
Am Kartenrand oder bei Gitterlinie angegeben		Senkrecht e	Vom Netzteiler	Waagrecht e	Vom Netzteiler
2 Zahlen 1 Buchstabe	2 Buchstaben	2 Zahlen	Metergena u 3 Zahlen	2 Zahlen	Metergena u 3 Zahlen
Immer fünfstellig		Je nach Maßstab		Je nach Maßstab	



Abbildung 13. Lobau zwischen Panozzalacke und Dechantlacke mit Gitterraster im Abstand von 500 Meter [29]

Diese Position lässt sich auch aus der Karte messen oder schätzen. Unterteilt man, wie in Abbildung 13 dargestellt, das eine Quadrat (Seitenlänge von 500 Meter) in dem sich das auszulesende Objekt befindet in weitere Hundertmeter-Quadrate (orange strichlierte Linien) und ermittelt nun von der linken (westlichen) unteren (südlichen) Ecke ausgehend die Entfernung und addiert diese zum Ostwert und Nordwert dazu. Für Karten mit einem entsprechenden Maßstab gibt es dazu passende Planzeiger, dass sind spezielle Anzeigehilfen mit welchem der Positionswert innerhalb des dazugehörigen Quadrates bestimmt wird und in gleicher Weise zu den am Kartenrand ausgewiesenen Ostwert und Nordwert der unteren linken Ecke des Quadrates dazu addiert werden.

Einflüsse der Messgenauigkeit bei der Messung mit dem Kompass

Bei der Navigation mit dem Magnetkompass sollte man Kenntnis über einige mögliche Ursachen für Messabweichungen haben. Der etwa 5000° C heiße metallische Erdkern und die Erdrotation führen dazu, dass die Erde einem riesigen Magnet entspricht. Die Kompassnadel des Magnetkompasses richtet sich nach dem Erdmagnetfeld aus. Die magnetische Achse weicht von der Rotationsachse der Erde etwa 11° ab. Folgend werden die einzelnen Ursachen für Fehlmessungen kurz beschrieben.

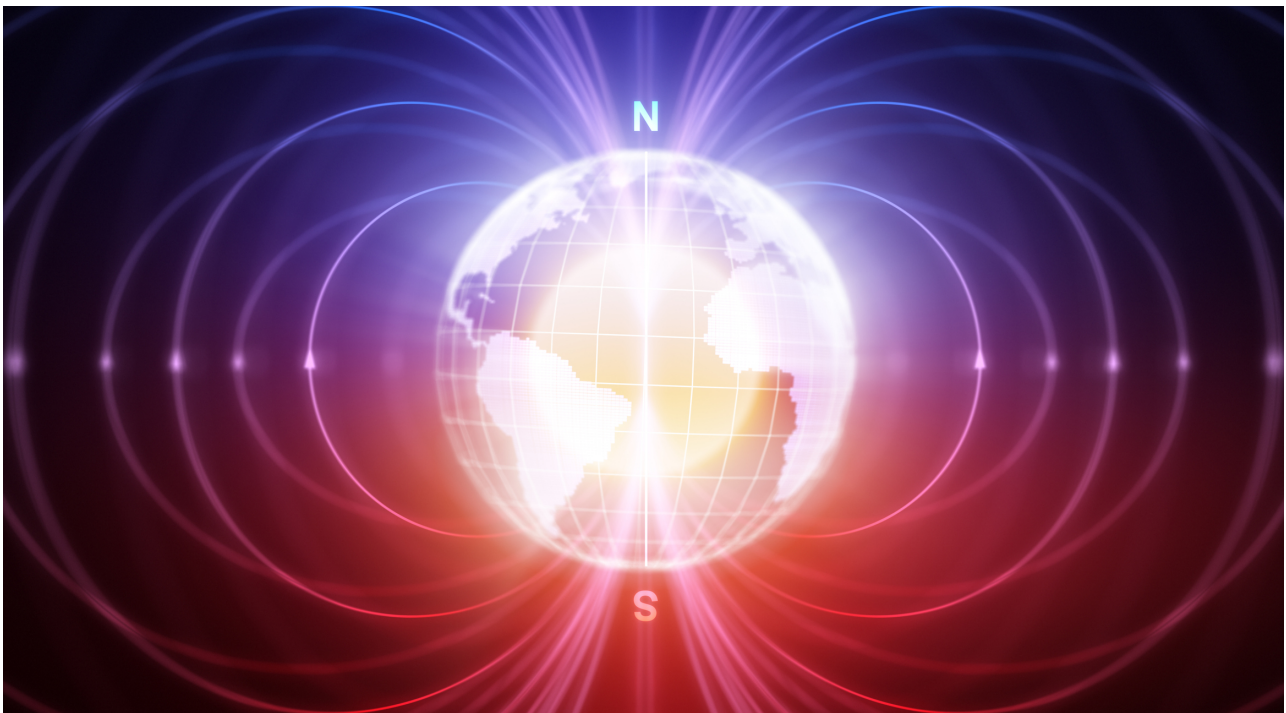


Abbildung 14. Magnetfeld der Erde

Deklination

Die Rotationsachse (Erdachse) ist die Verbindung zwischen geographischen Nord- und Südpol. Der magnetische Südpol (Nordhemisphäre) sowie der magnetische Nordpol (Südhemisphäre) liegen nicht statisch an den geographischen Polen sondern weichen von diesen erheblich ab (Abbildung 14). Daraus folgt eine dynamische Abweichung der magnetischen Achse von der geographischen Achse der Erde. Des Weiteren ergibt sich ein unsymmetrisches Magnetfeld entlang der Erdoberfläche welches zusätzlich bedingt durch die unterschiedliche Dichte der Erdmasse und der Erdoberfläche beeinflusst wird (Berge, Meer etc.). Die Strömungsrichtung des Magnetfeldes wird mittels Feldlinien dargestellt und diese Feldlinien verlaufen nicht parallel zu den Meridianen (Abbildung 15). Der Verlauf der Feldlinien entspricht der Ausrichtung der Kompassnadel.

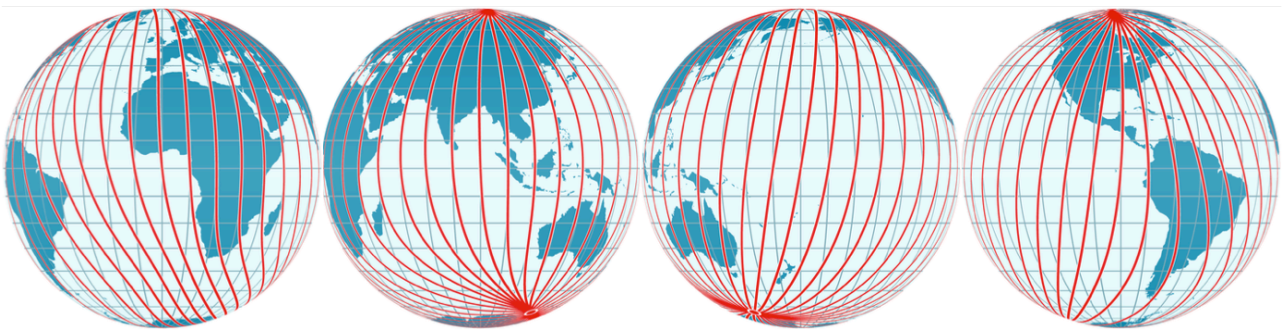


Abbildung 15. Darstellung der Deklination mittels Feldlinien [31].

Deviation

Unter Deviation versteht man eine zusätzliche Missweisung die aufgrund zusätzlicher Störfelder entsteht. Ferromagnetische Gegenstände entsprechender Größe wie Auto, Stahlschiff, Eisenbahn, Schlüsselbund, Armbanduhr und dergleichen mehr können das Magnetfeld beeinflussen und somit zu einer geänderten Ausrichtung der Kompassnadel führen. Die einfachste Vermeidung einer Deviation bei der Kompassmessung in freier Umgebung ist also ein entsprechender Abstand zu Fahrzeugen sowie zu vorhandenen Gepäck und die Benutzung geeigneter Armbanduhren [32].

Inklination

Idealerweise sollte die Kompassnadel exakt horizontal zur Erdoberfläche ausgerichtet sein. Der Verlauf des Magnetfeldes der Erde, dargestellt durch die Feldlinien,

zeigt einen Verlauf welcher in der Nähe des Äquators annähernd parallel zur Erdoberfläche verläuft. Der Winkel zur Erdoberfläche, also die Inklination, wird immer stärker je näher man sich den beiden magnetischen Polen der Erde nähert (Abbildung 16). Dieser Tatsache folgert, dass auch die magnetische Nadel des Kompasses diesen Winkel einnimmt und im extremen Fall Richtung Erdoberfläche zeigt beziehungsweise an der Gehäuseunterseite des Kompasses aufliegt. Die Inklination wird bei den meisten Erzeugern von Kompassen mit einem entsprechenden Gegengewicht ausgeglichen. Ein inklinationskompensierter Kompass für Mitteleuropa kann aber dem zufolge nicht in der Südhemisphäre benutzt werden. Namhafte Kompass-Hersteller sind dazu übergegangen die Erde in fünf Zonen mit unterschiedlicher Kompensation der Inklination einzuteilen [33]. Beispiel: Ein Kompass für Mitteleuropa kann in Australien nicht benutzt werden!

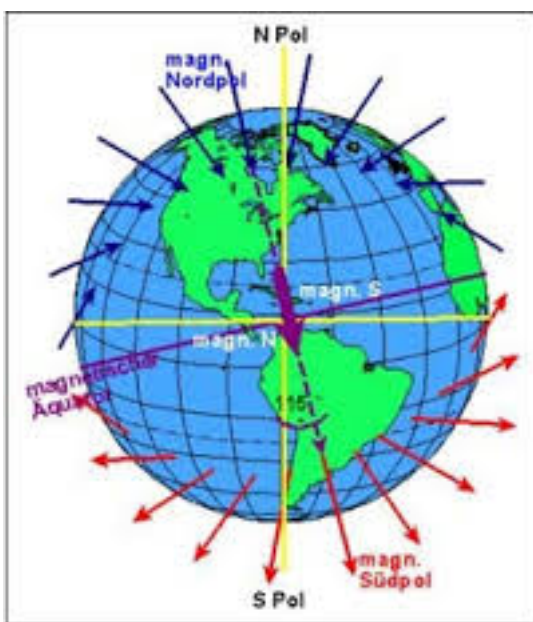


Abbildung 16. Neigung der Feldlinien zur Erdoberfläche [34].

Der Kompass

Trotz der weiten Verbreitung unterschiedlicher Positionsbestimmungssystemen wie GPS oder GLONASS erfreut sich der Kompass größter Beliebtheit für Outdoor-Aktivitäten unterschiedlichster Art. Hauptgrund ist die funktionale Verlässlichkeit des Kompasses, er funktioniert unabhängig von Stromquellen, muss keinen Kontakt zu Satelliten haben, ist wetterunabhängig und funktioniert unabhängig von der Tageszeit. Die höchste Verbreitung finden Kompass mit Peileinrichtung, auch Bussole genannt. Recta ist eine der bekanntesten Kompass-Marken in Europa, das Modell Recta TP6 ist

zum Beispiel Bestandteil der Ausstattung beim Schweizer Militär. In 5 sind die 10 wesentlichsten Teile eines Peilkompasses angeführt welche nun näher beschrieben werden soll.

Kompassspiegel (Abbildung 17/1)

Bei den meisten Herstellern ist der Spiegel des Peilkompasses ausklappbar im Kompassgehäuse integriert. Um eventuelle Parallaxenfehler bei der Ablesung zu vermeiden sollte der Kompass beim Anpeilen eines markanten Punktes der Landschaft in der gestreckten Hand vor das „Zielauge“ gehalten werden. Die Ablesung erfolgt dann über den Kompassspiegel. Zusätzlich kann der Kompassspiegel bei Sonnenschein, so wie jeder andere Spiegel auch, als reflektierende Signalhilfe benutzt werden. Der Kompassspiegel ist meist nicht aus Glas sondern aus einem nicht magnetischen und hochglanz poliertem Metall. Damit der Spiegel gegen mechanische Belastung besser geschützt wird und nicht zerkratzt ist er, so er nicht benutzt wird, eingeklappt oder in das Schutzgehäuse eingezogen.

Kompassgehäuse (Abbildung 17/2)

Als Kompassgehäuse wird jener Teil des Kompasses bezeichnet in welchem sich die Kompassnadel befindet. Dieses Gehäuse darf keinesfalls magnetisch sein. Bei den meisten Herstellern ist es aus robustem Kunststoff gefertigt. Damit sich die Kompassnadel ruhiger verhält, rascher eine ablesbare Position einnimmt und das Nadellager reibungsfreier am Lagerdorn aufsitzt ist das Kompassgehäuse mit einem entsprechenden Öl gefüllt. Des Weiteren verhindert die Ölfüllung ein eventuelles kondensieren von eingedrungener Feuchtigkeit und damit auch ein festfrieren der Kompassnadel. Meistens ist das Kompassgehäuse seitlich mit einer Anlegekante und unterschiedlichen Messhilfen ausgestaltet.

Kordel (Abbildung 17/3)

Die Kordel am Schutzgehäuse dient in erster Linie dazu den Kompass bequem am Körper zu tragen. Idealerweise wird dabei die Kordel um den Hals gelegt, der Kompass ist dann leicht zu fassen und rasch vor dem Auge in die richtige Position zu bringen. Dabei sollte die Länge der Kordel so bestimmt sein, dass der Kompass mit nahezu

gestreckter Hand vor dem Auge gehalten werden kann. Bei allen Menschen welche bereits eine Lesebrille benutzen sollte die Kordellänge mit der Schärfentiefe der Brille korrelieren. Wird der Kompass am Körper getragen, also mit der Kordel um den Hals, ist des Weiteren gewährleistet, dass sich keine weiteren metallischen Gegenstände in direkter Nähe des Kompasses befinden. In einem Rucksack befinden sich meistens andere metallische Ausrüstungsgegenstände welche die Funktion des Kompasses beeinträchtigen könnten (Messer und ähnliches).

Nordzeigende Seite der Kompassnadel (Abbildung 17/4)

Die nach Nord zeigende Hälfte der Kompassnadel ist fast immer mit roter Farbe markiert. Zusätzlich befindet sich am Zeigerende eine fluoreszierende Markierung welche die Ablesung bei Dunkelheit erleichtert.

Kompassnadellager (Abbildung 17/5)

Um den Reibungswiderstand so gering wie möglich zu halten ist das Nadellager aus Rubin gefertigt. Dieses Rubinlager sitzt auf einem hochpolierten Dorn auf. Der Lagerdorn ist aus unmagnetischem Metall gefertigt. Die Ölfüllung im Kompassgehäuse sorgt für einen ruhigen Lauf der Kompassnadel.

Südzeigende Seite der Kompassnadel (Abbildung 17/6)

Die nach Süd zeigende Hälfte der Kompassnadel ist so gut wie immer neutral gehalten. Bei Kompassen für die Nordhemisphäre befindet sich ein genau berechnetes Gegengewicht zum Ausgleich der Inklination. Für die Benutzung für die Südhemisphäre gibt es eigene Kompassse.

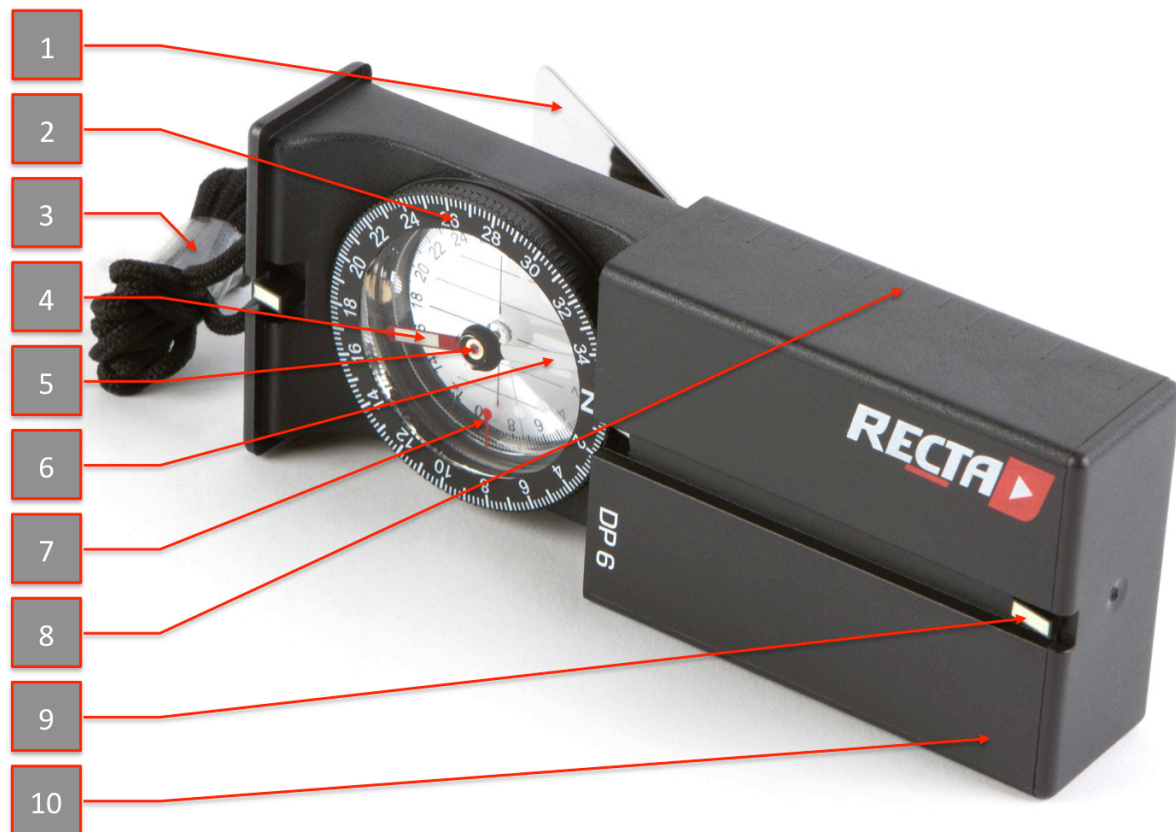


Abbildung 17. Recta Kompass TP6.

Navigation mit Kompass und Karte

Nachdem nun der Aufbau von Karte und Kompass bekannt ist soll nun die Arbeit mit dem Kompass und der Karte beschrieben werden. Bewegt man sich in unbekannter Landschaft dann sollte zur Orientierung so oft als möglich die Umgebung mit der vorhandenen Karte abgeglichen werden. Es soll überprüft werden ob markante Punkte der Landschaft wie zum Beispiel gesichtete Berggipfel, Flüsse, Schutzhütten, Straßen, Weggabelungen, Dörfer, Kirchen und vieles mehr mit der vorhandenen Karte übereinstimmen. Zu diesem Zweck ist es meist notwendig die Karte zur besseren Prüfung in die richtige Position zu bringen.

Zum Einnorden der Karte bedient man sich entweder den Linienmarkierungen, welche am Boden des durchsichtigen Kompassgehäuses angebracht sind oder man benutzt die Anlegekante des Kompasses. Um die Anlegekante zu benutzen muss das Kompassgehäuse so gedreht werden, dass sich die Nordmarkierung in Visierrichtung befindet (Abbildung 18). Nun wird der Kompass auf die Karte gelegt so dass die Anlegekante mit einer der vertikalen Gitterlinien oder die Linienmarkierungen am Kompassboden mit den Gitterlinien einander parallel sind. Im linken Teil der Abbildung 19 ist zu sehen, dass die Linienmarkierungen am Kompassboden mit den Gitterlinien der Karte einander parallel sind. Weiters ist erkennbar, dass die Anlegekante des Kompassgehäuses mit der vertikalen Gitterlinie der Karte übereinstimmt. Im rechten Teil der Abbildung wurde die Karte samt Kompass so lange gedreht bis der Zeiger exakt über der Nordmarkierung liegt. Die Karte ist nun eingenordet. Das bedeutet, dass die vor einem liegende Karte besser mit der Landschaft verglichen werden kann.



Abbildung 18. Die Nordmarkierung zeigt in Visierrichtung, am Kompassboden sind die Linienmarkierungen erkennbar.



Abbildung 19. Der linke Teil der Abbildung zeigt, dass die Linienmarkierungen am Kompassboden mit den Gitterlinien der Karte einander parallel sind. Weiters ist erkennbar, dass die Anlegekante des Kompassgehäuses mit der vertikalen Gitterlinie der Karte übereinstimmt. Im rechten Teil der Abbildung wurde die Karte samt Kompass so lange gedreht bis der Kompasszeiger exakt über der Nordmarkierung liegt.

Mit der eingeordneten Karte lassen sich nun entweder markante Punkte in der Landschaft leichter und besser mit der Karte vergleichen oder man kann auch versuchen markante Punkte der Karte, wie zum Beispiel eingezeichnete Flüsse, Wege, Kirchen, Aussichtspunkte oder ähnliches in der Landschaft zu suchen. Befindet man sich in tiefer gelegenen Örtlichkeiten dann sucht man eher nach höher gelegenen markanten Punkten in der Landschaft, an höher gelegenen Örtlichkeiten kann man sich an allen erkennbaren markanten Punkten der Landschaft orientieren.

Die Marschzahl

Das Einnorden einer Karte ist natürlich nur ein Teilbereich der Orientierung im Gelände. Für die Bewegung im Gelände ist es aber auch wesentlich die Richtung in die

man sich bewegen möchte zu kennen und ständig zu überprüfen. Die Ermittlung der so bezeichneten Marschzahl kann auf zwei unterschiedliche Arten erfolgen.

Ermitteln der Marschzahl von der Karte in das Gelände

Kennt man seinen Ausgangspunkt beziehungsweise seinen Standort im Gelände und auf der Karte dann sollte man diesen in der Karte markieren. Kennt man in der Karte auch den Zielpunkt zu welchen man sich bewegen möchte, dann zieht man mit dem Bleistift eine Verbindungslinie (Abbildung 20, linkes Bild). Dann legt man den Kompass mit der Anlegekante und in der richtigen Richtung an diese Verbindungslinie. Die Kordel des Kompasses zeigt in Richtung Standort und die Visiereinrichtung zeigt in Richtung des Zieles. Danach wird das Kompassgehäuse so gedreht, dass die am Kompassboden befindlichen Linienmarkierungen parallel zu den Gitterlinien ausgerichtet sind. Die Nordmarkierung des Kompasses zeigt Richtung Norden der Karte. Auf der Visiermarkierung ist nun die Marschzahl abzulesen (Abbildung 20).



Abbildung 20. Das linke Bild der Abbildung zeigt den Standort (Kreuzmarkierung) und das Ziel (Dreiecksmarkierung) mit seiner Verbindungsgeraden. Das rechte Bild der Abbildung zeigt den mit der Anlegekante parallel zur Verbindungsgeraden angelegten Kompass. Danach wurde das Kompassgehäuse gedreht bis die Hilfslinien mit den Gitterlinien einander parallel sind und die Nordmarkierung nach Kartennord zeigt. Es ist die Marschzahl 18° ablesbar.

Bewegt man sich nun Richtung Ziel und muss eventuell unwegsames Gelände durchwandern oder die Sicht auf das Ziel ist zum Beispiel wegen eines Waldes, Dunkelheit, Nebel oder ähnliches nicht mehr gegeben dann wird mittels Kompass und der ermittelten und eingestellten Marschzahl die Richtung kontrolliert. Dazu wird der Kompass mit der Kordel um den Hals getragen und mit fast gestreckter Hand waagrecht vor dem Zielauge positioniert (Abbildung 21).



Abbildung 21. Visieren mit dem Kompass.

Nun dreht man sich langsam und beobachtet gleichzeitig über den ausgeklappten Kompassspiegel bis die Nordseite der Kompassnadel mit der Nordmarkierung am Kompassboden übereinstimmt. Dann kann über die Visiereinrichtung ein näher gelegener sichtbarer Punkt im Gelände gesucht werden auf welchen man sich danach zu bewegt. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt bis das wirkliche Ziel wieder zu sehen ist oder das Ziel erreicht hat (Abbildung 22).



Abbildung 22. Die Kompassnadel liegt mit der Nordmarkierung über der Nordmarkierung des Kompassgehäuses und die Visiereinrichtung des Kompasses ist nun auf 18° eingestellt.

Ermitteln der Marschzahl vom Gelände in die Karte

Diese Technik wird meist dann angewandt wenn einem die weitere Umgebung oder ein markanter Punkt im Gelände bekannt ist oder aus der Karte herauszulesen ist aber der genaue Standpunkt an dem man sich gerade befindet unbekannt ist. Hierbei wird in gleicher Weise wie vorher beschreiben zuerst der markante Punkt im Gelände anvisiert. In dieser Position verbleibend wird nun das Kompassgehäuse gedreht, die Beobachtung erfolgt wieder über den ausgeklappten Kompassspiegel, bis die Nordmarkierung am Gehäuseboden mit der Nordseite der Kompassnadel übereinstimmt. Danach kann die Marschzahl abgelesen werden.

Standortbestimmung

Wenn der genaue Standort bestimmt werden muss dann muss man von mindesten zwei, aber besser drei Markanten Punkten der Landschaft die Marschzahl ermitteln und

in die Karte übertragen. An einem ausgedachten Szenario soll diese Prozedur erläutert werden. Wir befinden uns nach einer längeren Wanderung in einer Notlage und möchten unseren Standort einer Rettungsorganisation bekannt geben. Von unserem Standpunkt aus und der eingeordneten Karte lässt sich nordwestlich ein Bauernhof erkennen, die Ermittlung der Marschzahl ist 298° . Weiter nördlich ist eine Straße zu sehen welche über einen Bach führt, ermittelt wurden 242° . Nordöstlich ist die Kirche von Großdorf zu sehen, 68° . Nachdem diese Daten evaluiert und notiert wurden können sie in die Karte übertragen werden. Am Kompass wird nun die erste Marschzahl von 298° eingestellt und wie in Abbildung 23 dargestellt mit der Anlegekante (Visierrichtung) bei dem Kartensymbol für den Bauernhof angelegt. Der gesamte Kompass wird nun so lange gedreht bis die Markierungen am Kompassboden mit den Gitterlinien der Karte parallel sind. Danach wird eine Linie gezogen.



Abbildung 23. Übertragung der Marschzahl in die Karte.

In gleicher Weise verfahren mit Marschzahl 2 und 3. In Abbildung 24 linkes Bild ist die Übertragung der zweiten Marschzahl von 242° , im rechten Bild die dritte Marschzahl von 68° . Nach dem Übertrag aller Marschzahlen ergibt sich ein mehr oder weniger genauer Schnittpunkt beziehungsweise ein so bezeichnetes Fehlerdreieck (Abbildung 24). Dieses Fehlerdreieck stellt nun das Gebiet auf der Karte dar in welchen man sich befindet und kann nun für die Durchgabe an einem Rettungsdienst ausgelesen werden.

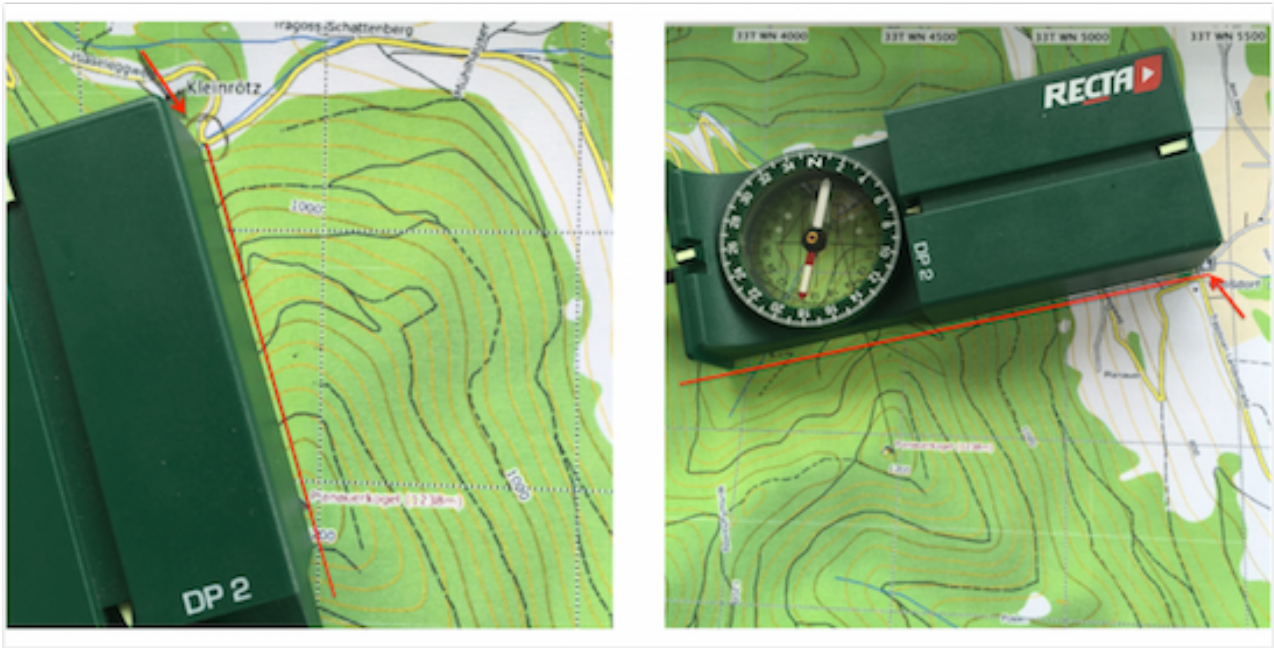


Abbildung 24. Im linken Bild ist die Übertragung der zweiten Marschzahl von 242° dargestellt und im rechten Bild die Übertragung der dritten Marschzahl von 68° .

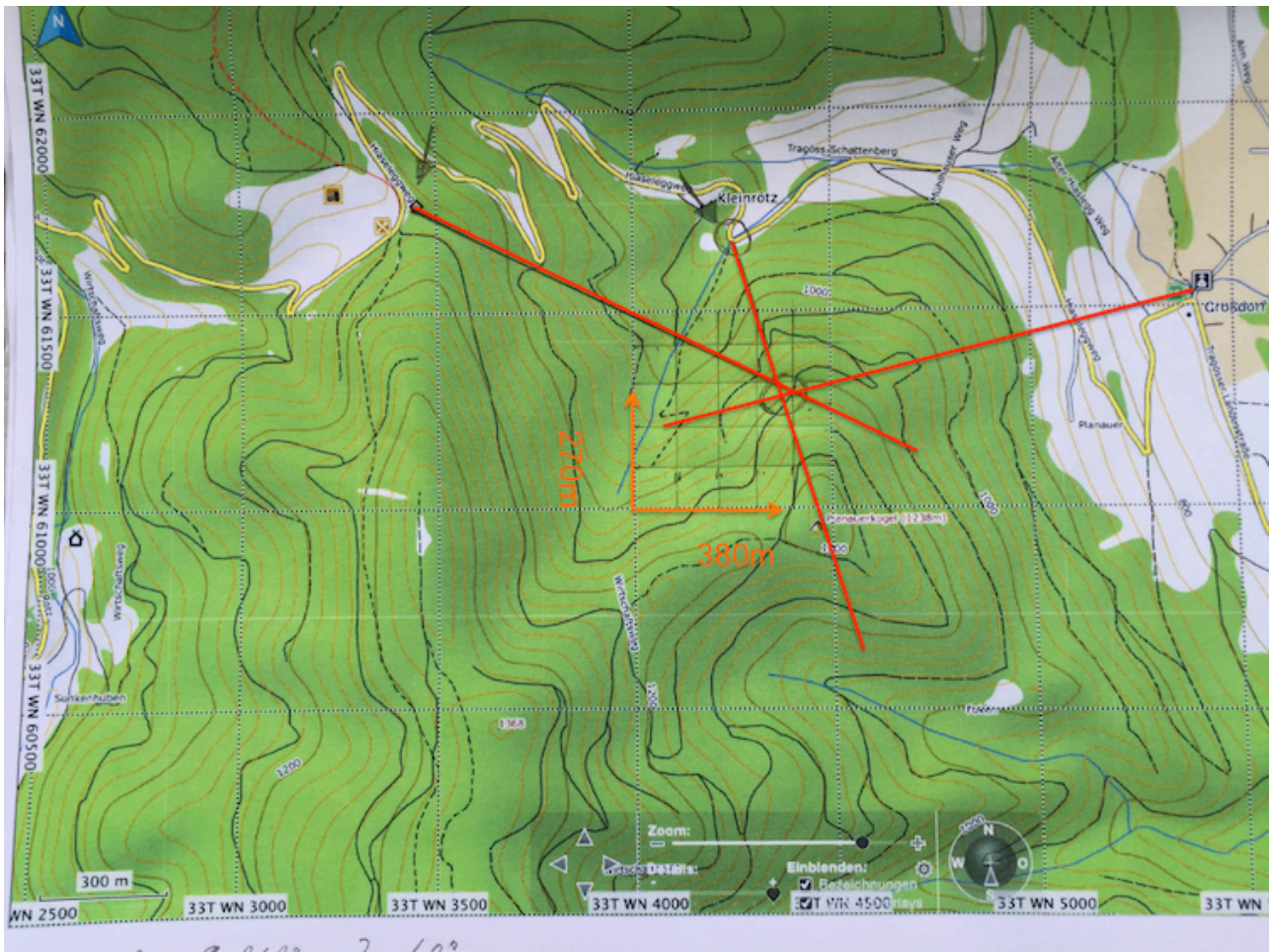


Abbildung 25. Nach Übertrag der drei Marschzahlen ergibt sich bei Verlängerung der Linien ein Schnittpunkt oder Fehlerdreieck. Die Position dieses Fehlerdreieckes ist das Positionsgebiet in dem man sich befindet.

Wie am Kartenrand zu erkennen ist befinden wir uns im UTM-Zonenfeld 33T, im 100km Quadrat WN, Ostwert 04000 zuzüglich 380 Meter Standort, Nordwert 61000 zuzüglich 270 Meter Standort. Daraus ergeben sich die MGRS Koordinaten:
33T WN 04380 61270

Referenzen

1. iStock Lizenz: Wolfgang Dusek
2. iStock Lizenz: Wolfgang Dusek
3. Klug, J. *ÖRHB - Bundes-WebSite Bundespressereferent*. 2015; Available from: <https://http://www.oerhb.at>.
4. Imhof, E., *Gelände und Karte*. 1958: Eugen Rentsch Verlag Erlenbach-Zürich.
5. Wikipedia. *Karte (Kartografie)*. 2015 25.Juni 2015; Available from: https://de.wikipedia.org/wiki/Karte_%28Kartografie%29.
6. Wikipedia. *Die Erde, Erdoberfläche*. 2015; Available from: <https://de.wikipedia.org/wiki/Erde>.
7. Wikipedia. *Geodätisches Referenzsystem 1980*. 2015; Available from: https://de.wikipedia.org/wiki/Geod%C3%A4tisches_Referenzsystem_1980.
8. Wikipedia. *Trigonometrischer Punkt*. 2015; Available from: https://de.wikipedia.org/wiki/Trigonometrischer_Punkt.
9. Kummer, R., *Outdoor: Karte Kompass GPS*. Outdoor Basiswissen für draußen. Vol. 12. . 2014: Conrad Stein Verlag GmbH. 128.
10. Wikipedia. *Gerhard Mercator*. 2015; Available from: https://de.wikipedia.org/wiki/Gerhard_Mercator.
11. youtube, G.n. *Mercator Projection*. 2013; Available from: <https://http://www.youtube.com/watch?v=CPQZ7NcQ6YQ>.
12. Wikipedia. *Johann Heinrich Lambert*. 2015; Available from: https://de.wikipedia.org/wiki/Johann_Heinrich_Lambert.
13. Schirmer, D. and W. Dusek, *Weltkugel; Normale und transversale Mercator-Projektion*, in *Basic Pic: Weltkugel; weiter bearbeitet mit PowerPoint*. 2015, Australien Buisiness Contacts.
14. Wikipedia, *Mercator Projektion*. 2015, Wikipedia.
15. Wikipedia. *Geographisches Gitter*. 2013; Available from: https://de.wikipedia.org/wiki/Geographisches_Gitter.
16. Wikipedia. *Geodätisches Gitter*. 2013; Available from: https://de.wikipedia.org/wiki/Geod%C3%A4tisches_Gitter.
17. Wikipedia. *Carl Friedrich Gauß*. 2015; Available from: https://de.wikipedia.org/wiki/Carl_Friedrich_Gau%C3%9F.
18. Wikipedia. *Johann Heinrich Louis Krüger*. 2015; Available from: https://de.wikipedia.org/wiki/Johann_Heinrich_Louis_Kr%C3%BCger.
19. Wikipedia. *Gauß-Krüger-Koordinatensystem*. 2015; Available from: <https://de.wikipedia.org/wiki/Gau%C3%9F-Kr%C3%BCger-Koordinatensystem>.
20. BerndH, *Gauß-Krüger-Raster Deutchland*, in *Generic Mapping Tools (psbasemap, psxy), Python, GIMP*. 2009, Wikipedia.

21. Wikipedia. *UTM-Koordinatensystem*. 2015; Available from: <https://de.wikipedia.org/wiki/UTM-Koordinatensystem>.
22. Wikipedia and S. Kühn, *UTM Zonen* 2006, Wikipedia.
23. Hauser, M., *Ausbildungsunterlage Kartenkunde*. Feuerwehr, Landesfeuerwehrverband Burgenland, 2014. 1: p. 14.
24. Wikipedia, *UTM-Zylinderprojektion*. 2005, Wikipedia.
25. Wikipedia. *UTM-Zonen Europa*. 2015; Available from: <https://de.wikipedia.org/wiki/UTM-Koordinatensystem#/media/File:LA2-Europe-UTM-zones.png>.
26. GarminBaseCamp, *Josefsteg, Lobau*. 2015.
27. Donau-Auen, P.N. *Josefsteg*. 2015; Available from: <http://www.panoramio.com/photo/74486801>.
28. Wikipedia, *Military Grid Reference System*. Wikipedia, 2016.
29. GarminBaseCamp, *Lobau*. 2015.
30. iStock Lizenz: Dusek
31. Wikipedia, *Missweisung: Deklination*. 2015.
32. Götsch, E., *Luftfahrzeugtechnik*. Vol. 4. 2008: Motorbuch, Stuttgart.
33. Linke, W., *Orientierung mit Karte, Kompass, GPS*. Vol. 15. 2011: Delius Bielefeld.
34. Reigber, C. *Science for Kids*. 2004; Available from: <http://sfk.gfz-potsdam.de/deutsch/mfield.htm>.
35. Wikipedia, *UTM-Zones*. 2015, Wikipedia.