



UTM-Abbildung und UTM-Koordinaten

■ Zur Darstellung der Erdoberfläche durch die Universale Transversale Mercator-Abbildung (UTM-Abbildung) werden Meridianstreifen in einer Ausdehnung von $\Delta\lambda=6^\circ$ auf einen Zylinder abgebildet. Für jeden Meridianstreifen wird ein eigener, querachsiger (transversaler) Schnittzylinder verwendet. Die Abbildung ist winkeltreu. Zur Verebnung lässt sich der Zylindermantel entrollen.

■ Durch die Verwendung eines Schnittzyliners werden in der Verebnung Flächenverzerrungen gering gehalten. Die längentreuen Durchdringungskreise liegen 180 km vom jeweiligen Mittelmeridian entfernt. Die Mittelmeridiane werden geringfügig verkürzt (gestaucht) abgebildet.

■ Die UTM-Abbildung

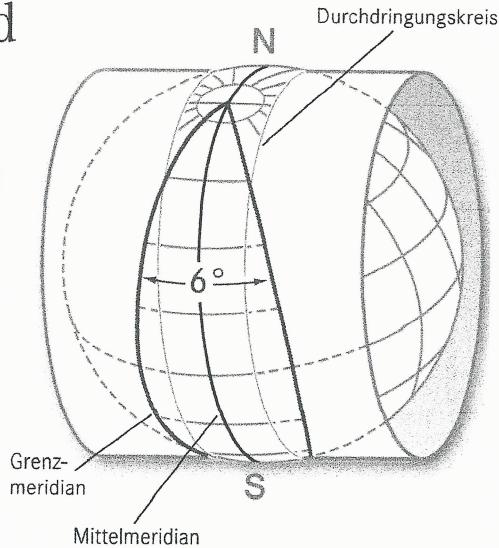
DEHNT Bereiche zwischen den Durchdringungskreisen und Grenzmeridianen und

STAUCHT Bereiche zwischen Mittelmeridian und den Durchdringungskreisen. Der Mittelmeridian weist einen Verkürzungsfaktor von 0,9996 auf.

$$1000 \text{ m} \times 0,9996 = 999,6 \text{ m}$$

Die Stauchung des Mittelmeridians beträgt demnach in der Natur etwa 40 cm/km.

■ Für das UTM-Abbildungssystem bildet das Erdellipsoid des Geodetic Reference System von 1980 (GRS80-Ellipsoid) den Bezugskörper. Dieses global angepasste Ellipsoid entspricht unter kartografischen Gesichtspunkten dem Erdellipsoid des World Geodetic System von



Schematische Darstellung der querachsigen Schnittzyliner-Abbildung mit Meridianstreifen von 6° Ausdehnung.

1984 (WGS84-Ellipsoid). Frühere UTM-Abbildungen beziehen sich noch auf das Erdellipsoid von Hayford.

■ Die Abbildung eines Meridianstreifens erstreckt sich zwischen 84° nördlicher Breite und 80° südlicher Breite; die beiden Polkappen werden durch die UPS-Abbildung (Universal Polar Stereographic) dargestellt.

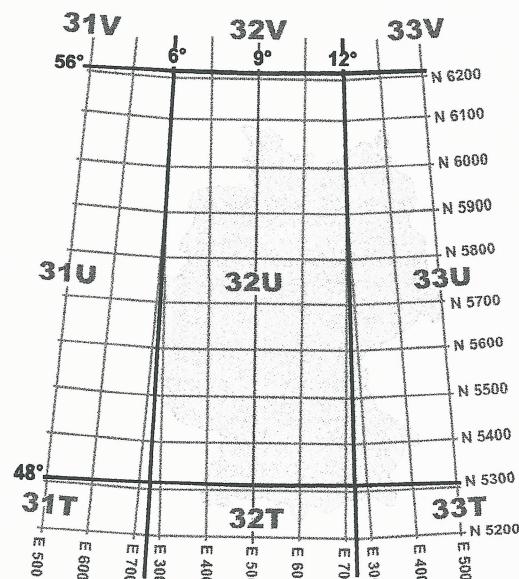
■ 60 Meridianstreifen ($360^\circ : 6^\circ = 60$) bilden die gesamte Erde ab. Der 1. Meridianstreifen liegt zwischen $\lambda = 180^\circ$ (Datumsgrenze) und $\lambda = 174^\circ$ westl. Länge von Greenwich. Die Zählweise erstreckt sich nach Osten. Damit liegt der 60. Meridianstreifen zwischen $\lambda = 174^\circ$ östl. Länge von Greenwich und $\lambda = 180^\circ$.

Der Mittelmeridian des 1. Meridianstreifens liegt auf $\lambda = 177^\circ$ westlicher Länge von Greenwich.

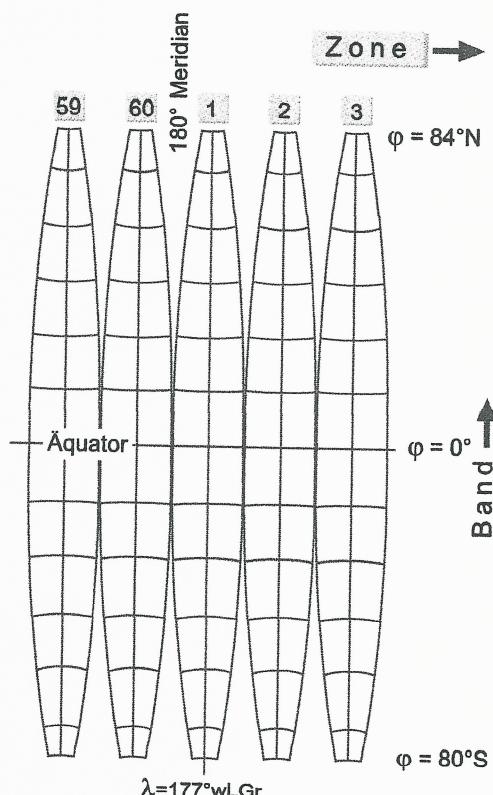
- Jeder Meridianstreifen (=Zone) wird durch Breitenkreise in Abständen von $\Delta\varphi = 8^\circ$ unterteilt. Damit entstehen in jeder Zone sog. Breitenbänder mit $\varphi = 8^\circ$ (Ausnahme: nördlichstes Band $\varphi = 12^\circ$).
- Die Breitenbänder werden von Süden ($\varphi = 80^\circ\text{S}$) nach Norden ($\varphi = 84^\circ\text{N}$) mit Buchstaben C bis X bezeichnet. Die Buchstaben I und O werden ausgelassen.
- Daraus ergeben sich Bereiche von $6^\circ \times 8^\circ$, die Zonenfelder genannt werden. Die Bezeichnung erfolgt mit einer Zahl für die Zone und einem Buchstaben für das Breitenband. München liegt beispielsweise im Zonenfeld 32 U.



Koordinaten im UTM-Abbildungssystem



UTM-Koordinaten und Zonenfelder für Deutschland



Meridianstreifen-Schema der UTM-Abbildung

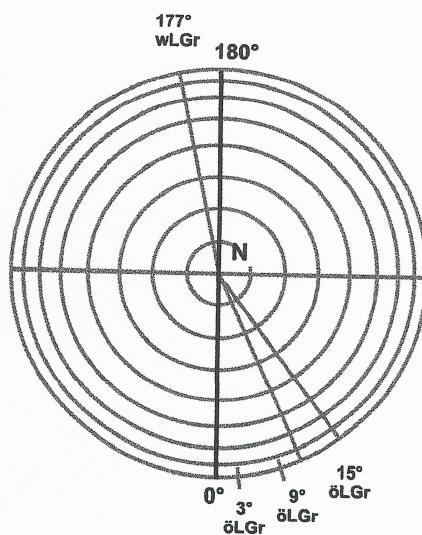
- In der ebenen Abbildung der Karte werden die zweidimensionalen, rechtwinkligen Koordinaten mit Rechtswerten E (East) und Hochwerten N (North) angegeben. Den Bezug stellen der jeweilige Mittelmeridian und der Äquator dar.
- Im rechtwinkligen UTM-Koordinatensystem entspricht die Abbildung des jeweiligen Mittelmeridiens der senkrechten Achse. Um negative Rechtswerte zu vermeiden erhält jede senkrechte Achse den Rechtswert 500 000 m. Rechtswerte westlich des Mittelmeridiens liegen unter E 500 000 m, Werte östlich des Mittelmeridiens liegen über E 500 000 m.
- Der jeweilige Bezugspunkt für die Hochwerte ist der Schnitt der senkrechten Achse mit der Abbildung des Äquators. Für Hochwerte der Nordhalbkugel besitzt dieser Schnittpunkt den Wert 0 m, für Hochwerte der Südhalbkugel den Wert 10 Mio. m.

Beispiel: Interpretation der Koordinaten:

*Stadt Mühldorf a.Inn in Oberbayern,
Koordinate der Innbrücke (Mitte): Zone 33U,
Rechtswert 316,5 km. Hochwert 5345,8 km*

⇒ Längenunterschied $\Delta\lambda = 32 \times 6^\circ = 192^\circ$
 ⇒ Mittlerer Meridian der Zone 33 = 15° Meridian
 $(177^\circ\text{wLGr} - 192^\circ = 15^\circ\text{öLGr})$.

Der Mittelmeridian der 33. Zone ist der 15° Meridan östl. Länge von Greenwich. Die Entfernung des **Rechtswertes** zum Bild des Mittelmeridians beträgt **183,5 km** ($500\text{ km} - 316,5\text{ km}$). Der **Hochwert** hat zum Bild des Äquators einen Abstand von **5345,8 km**.



Hilfsschema zur Ermittlung des Mittelmeridians für die 3.3. Zone

Beispiel: Interpretation des Meldegitters:

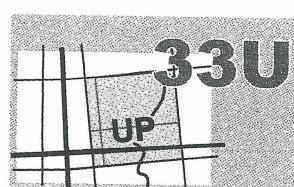
*Stadt Mühldorf a.Inn in Oberbayern,
Meldegitter-Koordinate der Innbrücke (Mitte):
Zone 33U,
Gitterquadrat UP,
Rechtswert 16,5 km (E),
Hochwert 45,8 km (N)*

Meldegitter im UTM-Abbildungssystem

31V		32V		33V	
56°		6°	9°	12°	
EB	FB	LG	MG	NG	PG
EA	FA	LF	MF	NF	PF
EV	FV	LE	ME	NE	PE
EU	FU	LD	MD	ND	PD
31U		32U		33U	
ET	FT	LC	MC	NC	PC
ES	F8	LB	MB	NB	PB
ER	FR	LA	MA	NA	PA
EQ	FQ	LV	MV	NV	PV
EP	FP	KU	LU	MU	NU
48°		50°		52°	
EN	FN	GN	KT	LT	MT
E 500	E 600	E 700	E 300	E 400	E 500
T					
32T		33T			
EN	UN	IN	VH		
E 300	E 400	E 500			

100 km x 100 km Meldegitter im UTM-System für Deutschland

- Jede der 60 Meridianzonen ist (unabhängig von den Zonenfeldern) mit einem Gitter von 100 km Maschenweite eingeteilt. Die Gitterlinien sind dabei parallel zum jeweiligen Mittelmeridiane, bzw. dem Äquator. Die Figuren an den Rändern der Zonen sind Teile eines 100 km x 100 km Gitterfeldes.
 - Die Gitterfelder werden durch je zwei Buchstaben gekennzeichnet. Die Kombination setzt sich aus einem Buchstaben für den senkrechten 100 km-Abschnitt und aus einem Buchstaben für den waagrechten 100 km-Abschnitt zusammen.
 - Die Buchstaben I und O werden nicht verwendet. Durch Angabe des jeweiligen Zonenfeldes in Verbindung mit dem Gitterfeld und des entsprechenden Rechtswerts (E) und Hochwerts (N) – innerhalb eines Gitterfeldes – ist der Einsatz als universelles, internationales Meldegitter möglich.



Gitterquadrat UP
in der Zone 33U

Umrechnung cm auf Karte in Längenminute

Wie viele cm auf der Karte entsprechen 1' (60“) Länge?

Schritt 1

Länge eines Längenrades im Raum Passau: 74,3 km
 $\rightarrow \cos(48) * 111 = 74,3$

Schritt 2

Länge einer Längenminute: 1,24 km
 $\rightarrow 74,3 : 60 = 1,24$

Schritt 3

Bei einem Maßstab von 1:25.000 entsprechen 1,24 km wieviel cm?

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ cm} & = & 25.000 \text{ cm} \\ x \text{ cm} & = & 124.000 \text{ cm (1 Längenminute)} \end{array}$$

$$x = 124.000 * 1 / 25.000 = 4,96 \text{ (in etwa 5 cm)}$$

Einer Längenminute entspricht auf der Karte eine Strecke von etwa 5 cm

Umrechnung „cm auf Karte“ in Breitenminute

Wie viele cm auf der Karte entsprechen 1' (60") Breite?

Schritt 1

Abstand eines Breitengrades immer: 111 km

Schritt 2

Länge einer Breitenminute immer: 1,85 km
 $\rightarrow 111 : 60 = 1,85$

Schritt 3

Bei einem Maßstab von 1:25.000 entsprechen 1,85 km wieviel cm?

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ cm} & = & 25.000 \text{ cm} \\ x \text{ cm} & = & 185.000 \text{ cm (1 Breitenminute)} \end{array}$$

$$x = 185.000 * 1 / 25.000 = 7,4$$

Einer Breitenminute entspricht auf der Karte eine Strecke von etwa 7,4 cm

Beispiel Turm in Ries NEUE Kartenausgabe 2007

Vervollständige nun die Koordinatenangabe

13°26' ?" östl. Länge, 48°35' ?" nördl. Breite

zur Berechnung der Längensekunden:

ab 26' am Kartenrahmen den Abstand zum Lot auf den Turm messen:

Abstand von 26' bis zu abgetragenem Punkt = 2,8 cm

$$x'' = (60'' * 2,8 \text{ cm}) / 5 \text{ cm} = 33,6''$$

Meßwert

Eine Längenminute
beim gegebenen
Kartenmaßstab

Ableitung:

$$5\text{cm} = 60\text{sec}''$$

$$2,8\text{cm} = x \text{ sec}''$$

$$x \text{ sec}'' = (2,8\text{cm} * 60\text{sec}'') / * 5\text{cm}$$

13°26' 33,6'' östl. Länge, 48°35' ?" nördl. Breite

Die Gauß-Krüger-Abbildung (GK-Abbildung)

Aufgabe:

Geodätische Koordinaten (B , L) der Landesvermessung sind auf die gekrümmte Oberfläche eines Ellipsoides bezogen und eignen sich daher nicht für die praktische Vermessung und die Darstellung von Punkten in Karten. Daher ist eine Verebnung durchzuführen. Die winkeltreue GK-Abbildung wird seit vielen Jahren erfolgreich zu diesem Zweck im amtlichen Vermessungswesen genutzt.

Entstehung:

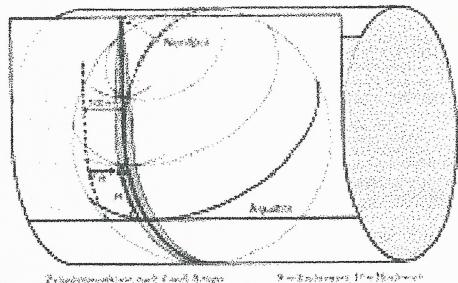
Carl Friedrich Gauß führte die konforme Querzylinerabbildung in der hannoverschen Landesvermessung ein. Die Überarbeitung der Gaußschen Koordinaten durch L. Krüger im Jahre 1912 mündete 1927 schließlich in der Einführung des Gauß-Krüger-Meridianstreifensystems im Bereich der ehemaligen preußischen Landesaufnahme. International ist die Bezeichnung Transversale Mercatorprojektion gebräuchlich. Die überwiegende Anzahl von Gebrauchscoordinaten (z.B. länderspezifische Festpunkte, Kataster, Topographie...) ist in Deutschland im GK-Koordinatensystem bestimmt. Die Ablösung durch ETRS89/UTM ist vorgesehen, die Umstellung wird sich aber über einen langen Zeitraum erstrecken.

Definition:

Die Abbildungsgleichungen des GK-Koordinatensystems sind mit denen der Mercatorabbildung (Hochzylinderprojektion) nicht identisch. Die Koordinatenlinien von ellipsoidischer Breite und Länge werden nicht als Geraden, sondern als gekrümmte Linien in der Ebene abgebildet. Die Längenverzerrung wächst daher mit zunehmendem Abstand von der Berührungsline zwischen Ellipsoid und Projektionsfläche. Großräumige Vermessungen erfordern die Anbringung von Reduktionen, sowohl an Richtungen als auch an Strecken, zur Reduktion der Messungen in die Ebene.

Die Abszissenachse (Hochwert) ist das Bild des Berührungsmeridians, der als Haupt- oder Grundmeridian bezeichnet wird. Der Abszissenanfangspunkt ist der Schnittpunkt der Abszissenachse mit dem Bild des Äquators. Die Ordinaten (Rechtswerte) werden nach Osten positiv gezählt. Die Abbildung des Ellipsoiden in die Ebene kann nur durch mathematische Reihenentwicklungen dargestellt werden und nicht graphisch erfolgen.

Um die Verzerrungen zu minimieren, wird die Erdoberfläche in 3° breite Meridianstreifen zerlegt. Die jeweiligen Hauptmeridiane liegen dabei bei 3° , 6° , 9° ... östlich des Nullmeridians (Greenwich) und werden längentreu in die Ebene abgebildet. Damit keine negativen Rechtswerte entstehen, werden die Rechtswerte am Mittelmeridian statt 0 auf 500 000 m festgelegt. Die erste Ziffer der Rechtswerte bezeichnet, als Kennziffer definiert, das jeweilige Meridianstreifensystem ($3^\circ = 1$, $6^\circ = 2$, $9^\circ = 3$ usw.). Die Zählung der Hochwerte beginnt am Bild des Äquators bei 0 m.



Gauß Krüger Abbildung

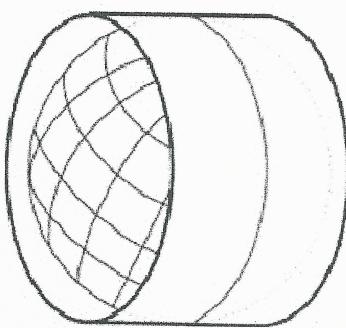
Was unterscheidet die Gauß-Krüger-Abbildung von der UTM-Abbildung?

Sowohl die Gauß-Krüger- als auch die UTM-Abbildung sind konforme, d. h. winkeltreue Abbildungen mit einem transversal gelagerten Projektionszylinder. Während dieser bei der Gauß-Krüger-Abbildung am Mittelmeridian anliegt, ist er bei der UTM-Abbildung als Schnittzylinder ausgeprägt. Dabei ergeben sich zwei Durchdringungskreise in etwa 180 km Entfernung zum Mittelmeridian, die längentreu abgebildet werden. Der Mittelmeridian wird mit dem Verjüngungsfaktor 0,9996 projiziert. Neben diesen Durchdringungskreisen werden alle Strecken abhängig von der Entfernung zum Mittelmeridian verzerrt abgebildet. Die Längenverzerrung zwischen Realität und Abbildung beträgt am Mittelmeridian demnach -40 cm/km und am Rand bis zu 15 cm/km.

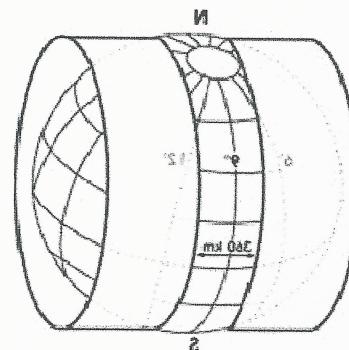
Die UTM-Abbildung wird auf beiden Seiten des Mittelmeridians auf je 3° (6°-Streifensystem) und auf 80° nördliche bzw. südliche Breite begrenzt.

Die UTM-Koordinaten werden mit East (E) und North (N) bezeichnet. Der Nordwert ergibt sich als Abstand vom Äquator in Metern. Der Ostwert ermittelt sich aus dem Abstand zum Mittelmeridian plus der Additionskonstanten von 500 km (zur Vermeidung negativer Werte) sowie einer zweistelligen Kennung für den abgebildeten Streifen, Zone genannt. Die Zonen werden entgegen dem Uhrzeigersinn gezählt, beginnend bei eins für den Abbildungsstreifen mit dem Mittelmeridian 177° westlicher Länge.

Die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale gibt die folgende Tabelle im Überblick wieder:



Gauß-Krüger-Abbildung (Bessel-Ellipsoid)



UTM-Abbildung (GRS80-Ellipsoid)

Ellipsoid	Bessel-Ellipsoid	GRS80-Ellipsoid
Ausdehnung der Abbildungssysteme	3°-Meridianstreifensystem	6°-Zonesystem
Max. Längenverzerrung am Rand	1,00012 (12 cm/km)	1,00015 (15 cm/km)
Längenverzerrung des Mittelmeridians	1 (0 cm/km)	0,9996 (-40 cm/km)
Abbildungseigenschaften	längentreue Abbildung des Hauptmeridians	2 längentreue Parameterlinien, verkürzte Abbildung des Mittelmeridians
Bezeichnung der Koordinaten	Rechtswert und Hochwert	Ostwert (Easting) und Nordwert (Northing)
Einheit der Koordinaten	Meter	Meter
Versetzung des Mittelmeridians	500.000 m	500.000 m