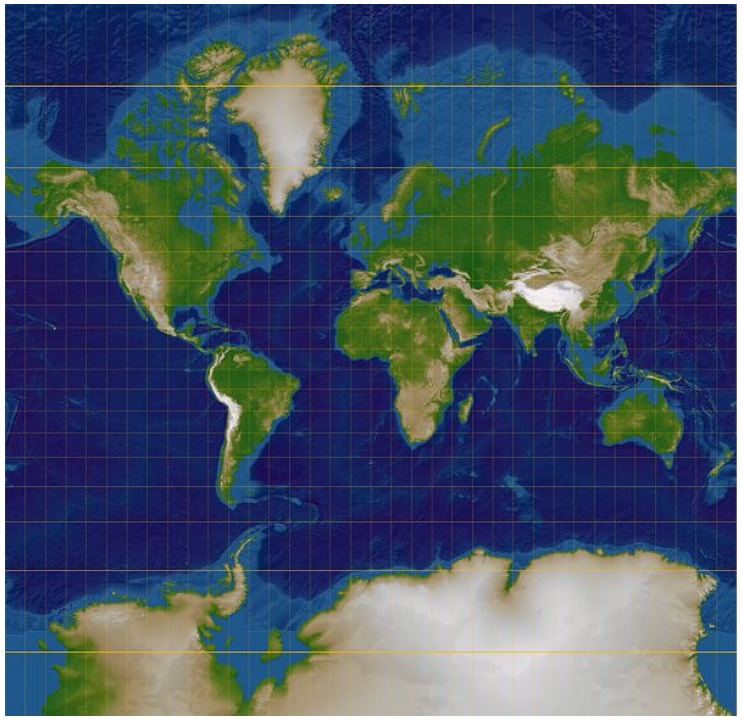
Geodätische Koordinatensysteme



Originalabbildung · Rohwedder (2006)

1. **Begriffe verstehen · den Bezug festlegen**
2. **Projektionen in 3D vergleichen und erklären**
3. **Breite / Länge ↔ Gauß–Krüger ↔ UTM umrechnen**

Leitfrage: Wie beschreiben wir denselben Ort eindeutig — auf der Erde und in der Karte?

Unser Lernweg: erst die Begriffe, dann die Karte

01

Begriffe klären

Koordinaten · Datum · Erdmodell

02

Positionen beschreiben

Winkel · XYZ · Bezug · Höhe

03

Projektionen verstehen

Ebene · Kegel · Zylinder in 3D

04

Hin und zurück rechnen

Geodätisch ↔ Gauß–Krüger ↔ UTM

Sechs 3D-Ansichten und ein Rechner: Koordinaten · Bezug · Höhe · Projektionsfamilien · GK / UTM · Morphing

Am Ende: Koordinaten erklären, Projektionen vergleichen und Daten passend zusammenführen.

Koordinaten: Zahlen bekommen eine räumliche Bedeutung

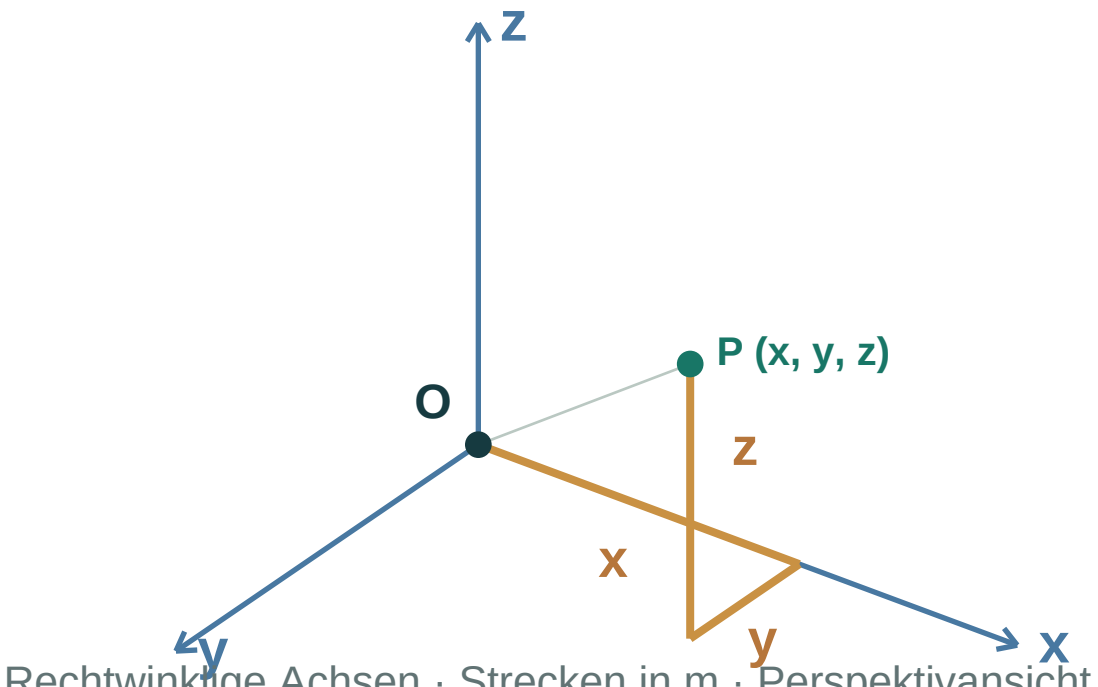
1. **Geodäsie · Erde und räumliche Positionen vermessen und beschreiben.**

2. **Koordinaten · geordnete Zahlen zur Beschreibung einer Position.**

3. **Koordinatensystem · Regeln für Achsen, Reihenfolge und Einheiten.**

Eine Position wird durch Zahlen UND die Regeln ihrer Bedeutung beschrieben.

Kartesisch: ein Ursprung und rechtwinklige Achsen



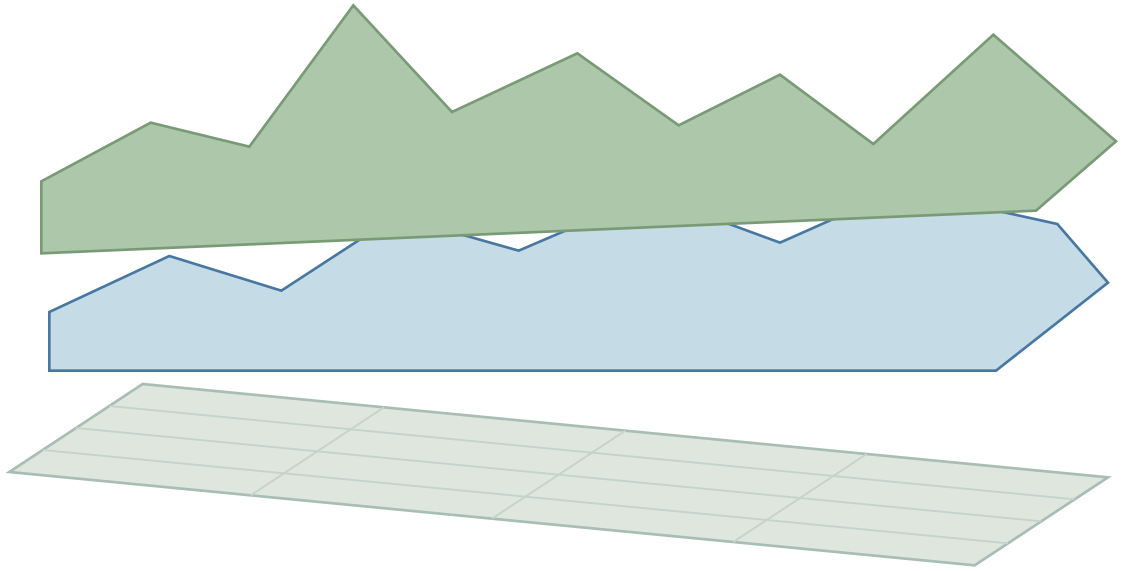
Rechtwinklige Achsen · Strecken in m · Perspektivansicht

1. **O · gemeinsamer Ursprung der Achsen**
2. **x, y, z · gerichtete Strecken in drei senkrechten Richtungen**
3. **Vorzeichen und Einheit gehören zu jeder Koordinate**

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Kartesisch beschreibt die Achsenordnung; der Ursprung kann unterschiedlich gewählt sein.

Drei Flächen: Gelände, Ellipsoid und Geoid

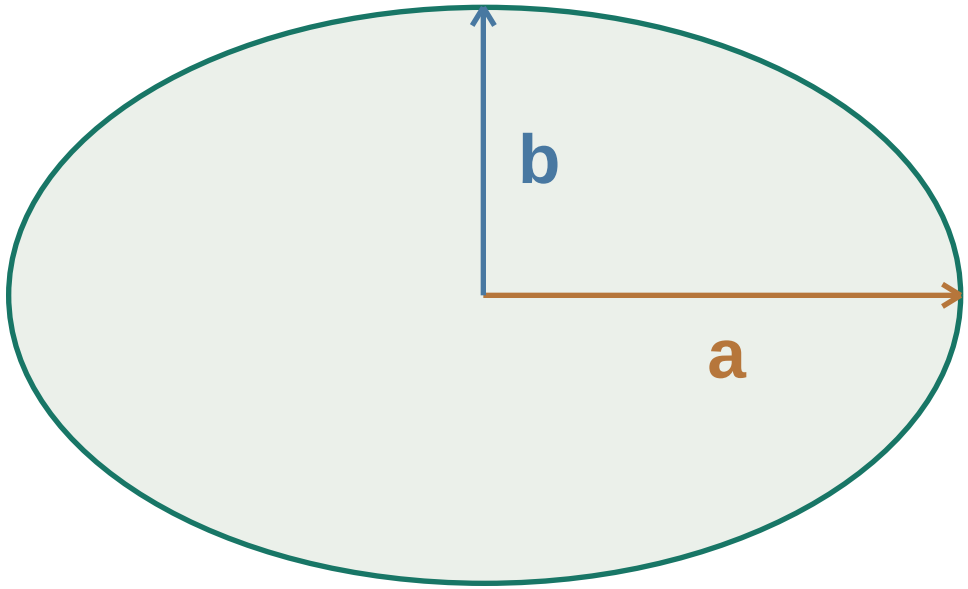


Abstände bewusst überhöht

1. **Gelände · sichtbare Oberfläche**
2. **Geoid · Schwerefeld-Bezugsfläche**
3. **Ellipsoid · glatte Rechenfläche**

Die glatte Rechenfläche und die physikalische Höhenreferenz ergänzen sich.

Ellipsoid: das geometrische Modell der Erde

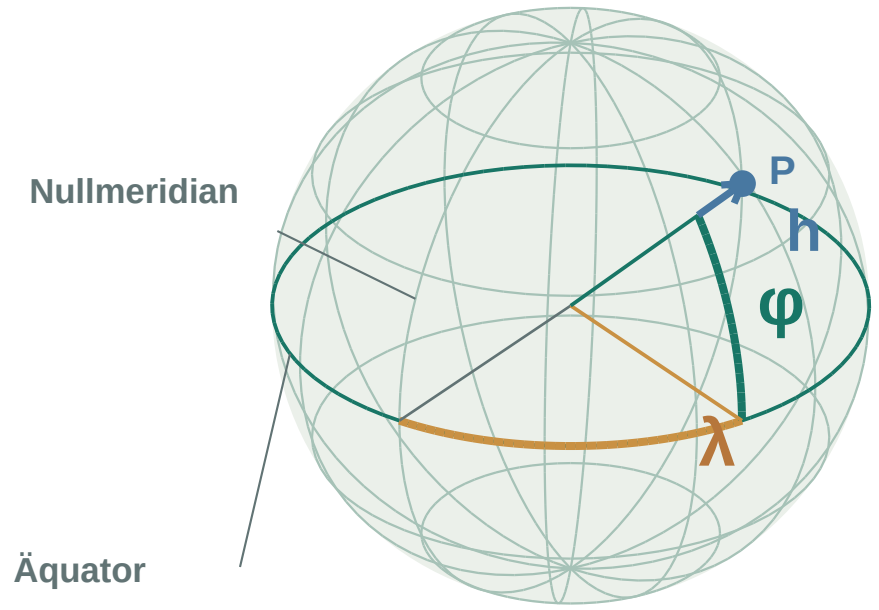


$$f = (a - b) / a$$

1. **a · grosse Halbachse**
2. **b · kleine Halbachse**
3. **WGS84: a = 6 378 137 m**

Abplattung: f = (a − b) / a. Die Erde ist nur leicht abgeplattet.

Geodätische Koordinaten: Breite, Länge und Höhe



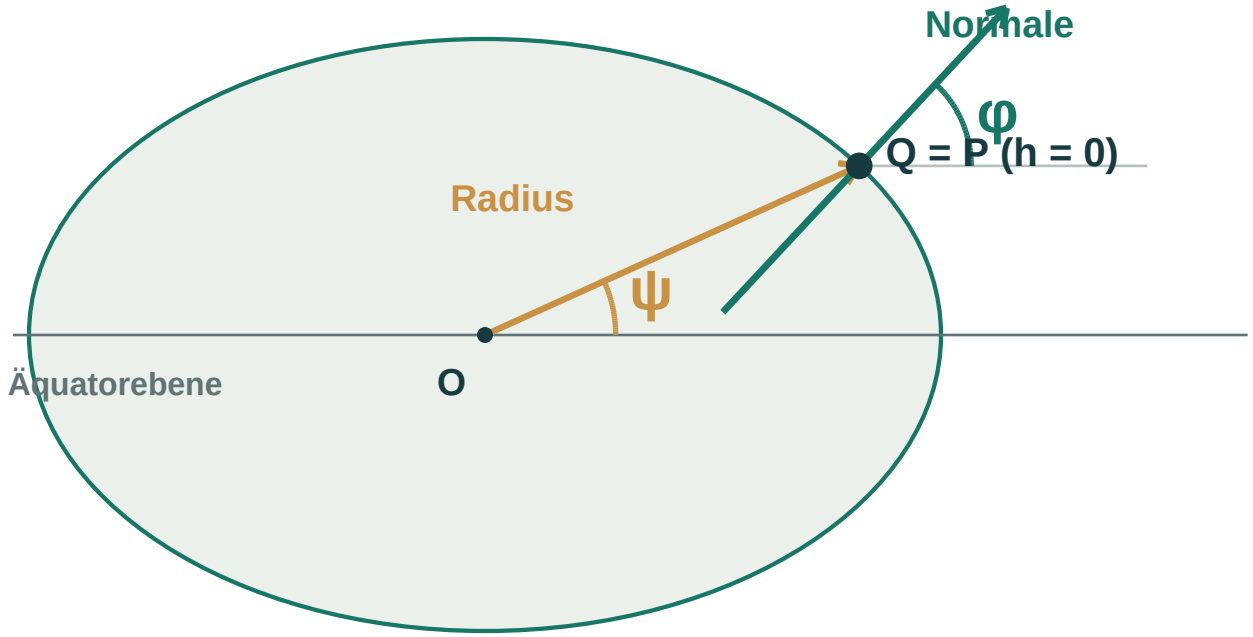
Kugel als Übersicht · genaue Normale: nächste Folie

1. **φ · Breite: Winkel der Ellipsoidnormalen zur Äquatorebene**
2. **λ · Länge: Winkel vom Nullmeridian zum Punktmeridian**
3. **h · Höhe: Abstand vom Ellipsoid entlang der Normalen**

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Breite und Länge sind Winkel; die Höhe ist eine Strecke.

Normale und Radius: weshalb die genaue Definition zählt



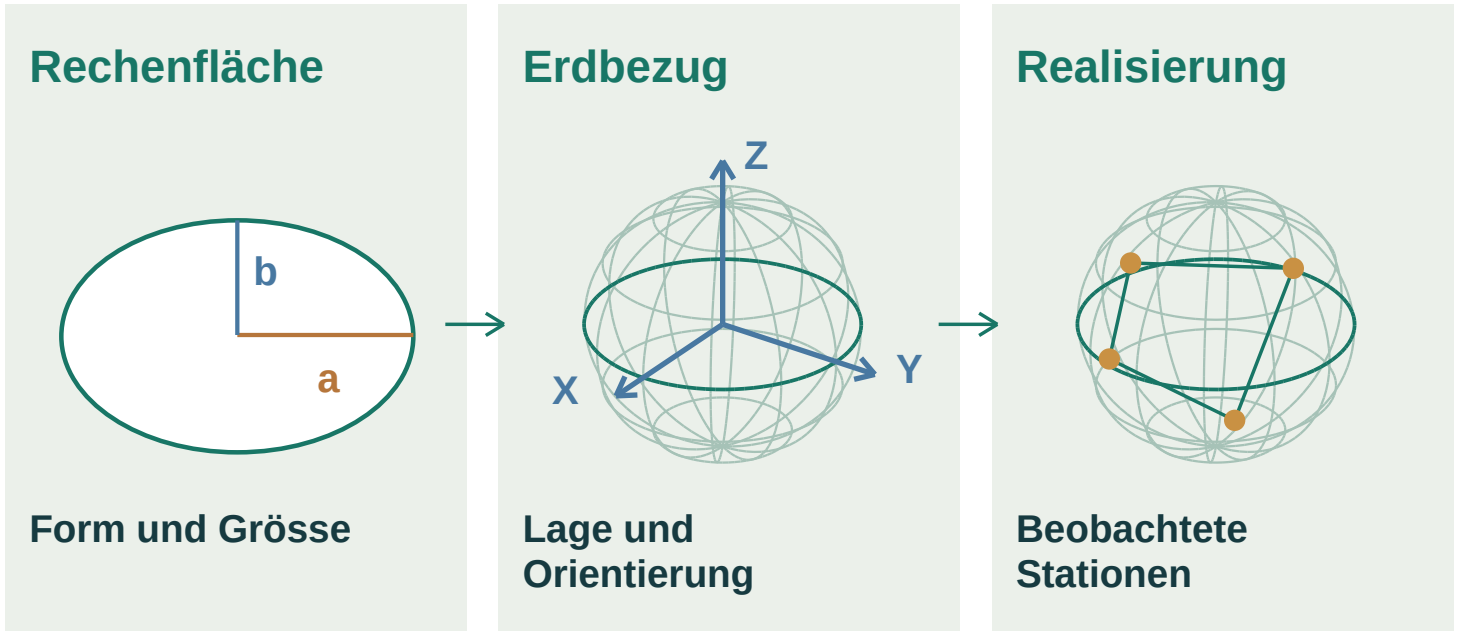
Abplattung verstärkt · f ≈ 0,35 · reines Erklärbild

1. **φ · Winkel der Ellipsoidnormalen**
2. **ψ · Winkel des Radius zum Erdzentrum**
3. **h · Abstand entlang der Normalen**

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Geodätische Breite folgt der Normalen; geozentrische Breite folgt dem Radius.

Geodätisches Datum: der Bezug unserer Zahlen zur Erde



Der Bezug macht Koordinaten an der Erde verortbar.

1. **Ellipsoid · Form und Grösse der Rechenfläche**
2. **Datum · festgelegter räumlicher Bezug zur Erde**
3. **Referenzrahmen · durch Stationen und Koordinaten nutzbar**

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Das Datum verankert die Koordinaten räumlich; hier ist kein Kalenderdatum gemeint.

CRS: Koordinatenregeln und Erdbezug gehören zusammen

1. **CRS · Coordinate Reference System: Koordinatenreferenzsystem.**

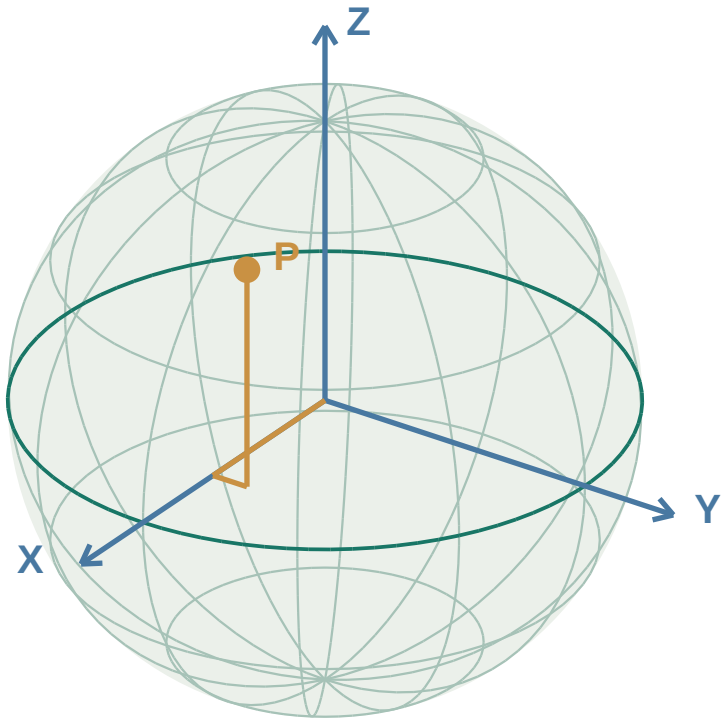
2. **Verbindet Koordinatensystem und Datum: Zahlen werden räumlich eindeutig.**

3. **Bei Karten zusätzlich: Projektion und Parameter; bei Bedarf Höhenbezug und Epoche.**

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Eine vollständige Ortsangabe nennt Koordinatenart, Bezug und Einheiten.

Geozentrisch-kartesisch: XYZ mit Ursprung im Erdzentrum

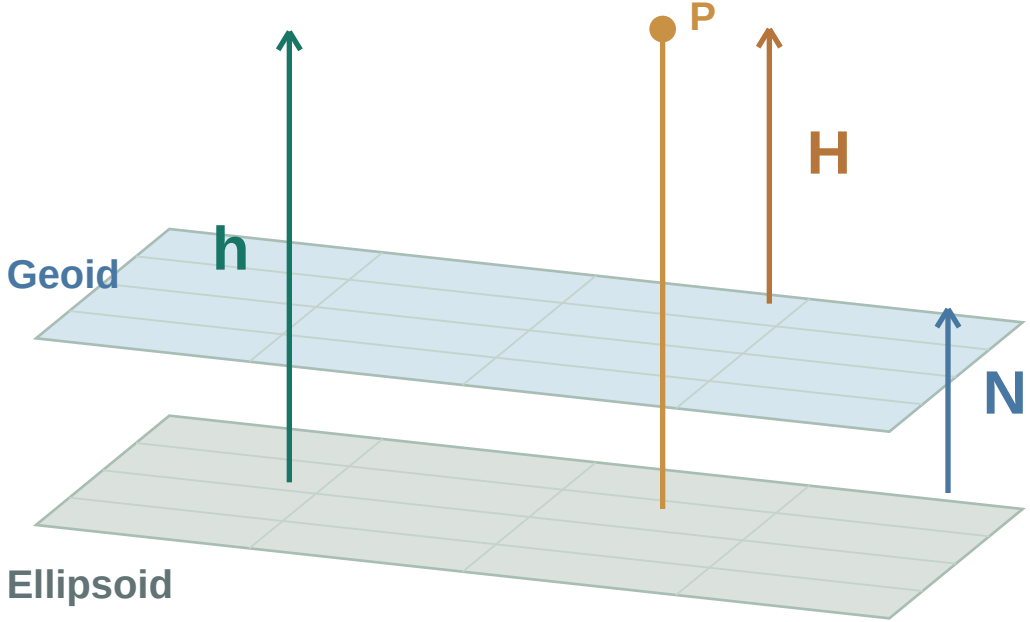


Die Ansicht drehen ≠ den Punkt verschieben

1. **X · Äquator / 0° Länge**
2. **Y · Äquator / 90° Ost**
3. **Z · Richtung Nordpol**

ECEF bedeutet Earth-Centred, Earth-Fixed: erdzentriert und erdfest.

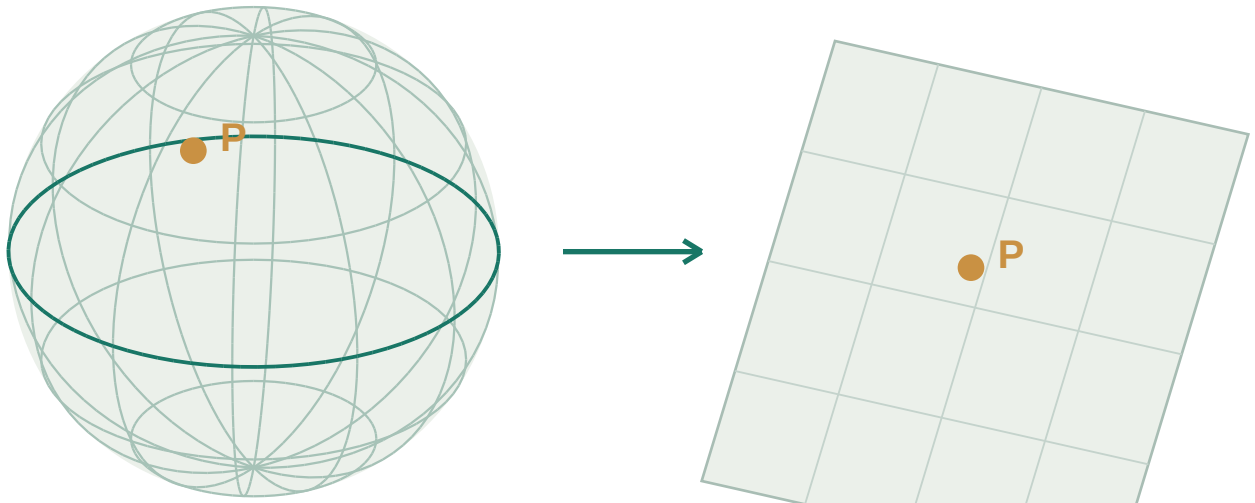
Höhe: erst die Bezugsfläche, dann die Zahl



1. **h · ellipsoidische Höhe**
2. **H · orthometrische Höhe**
3. **N · Geoidundulation**

Anschaulich gilt h ≈ H + N: dieselbe Lage, unterschiedliche Höhenbezüge.

Kartennetzentwurf: vom Gradnetz zur ebenen Karte



$(\varphi, \lambda) \rightarrow (x, y)$

1. **Eingabe · Breite φ und Länge λ**
2. **Abbildung · das Gradnetz wird zur ebenen Karte**
3. **Ausgabe · ebene Kartenkoordinaten x und y**

Ein Kartennetzentwurf legt fest, wie das Gradnetz in die Kartenebene gelangt.

Unser Glossar im Zusammenhang: vier Koordinatenarten

Geodätisch / ellipsoidisch

φ, λ, h

Breite zur Normalen · Länge · Höhe

Geozentrisch / sphärisch

ψ, λ, r

Breite zum Radius · Länge · Radius

Geozentrisch / kartesisch

X, Y, Z

Drei gerichtete Strecken vom Erdzentrum

Projiziert / eben

E, N

Ost- und Nordwert · Höhe separat

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Koordinatenart, Referenz und Einheit sind verschiedene Angaben.

Winkel lesen: Grad, Minuten, Sekunden und Bogenmass

1. **1° = 60′ · 1′ = 60″ · Gradzeichen benennen die Winkeleinheit.**
2. **Dezimalgrad: d + m/60 + s/3600; Vorzeichen bzw. Himmelsrichtung mitlesen.**
3. **Bogenmass: Winkel in Grad × π/180; diese Einheit benötigen die Formeln.**

49° 29′ 13,6″ N = 49,487111…° N. Es ist derselbe Winkel.

Die Umrechnung lässt sich in drei Bausteinen lesen

$$X = (\nu + h)\cos\varphi\cos\lambda$$
$$Y = (\nu + h)\cos\varphi\sin\lambda$$
$$Z = [\nu(1 - e^2) + h]\sin\varphi$$
$$\nu = a / \sqrt{(1 - e^2\sin^2\varphi)}$$

ν: Krümmungsradius · $e^2 = f(2 - f)$: Formparameter
φ, λ: Winkel in rad · h: Höhe in m · Kugel: $e^2 = 0$

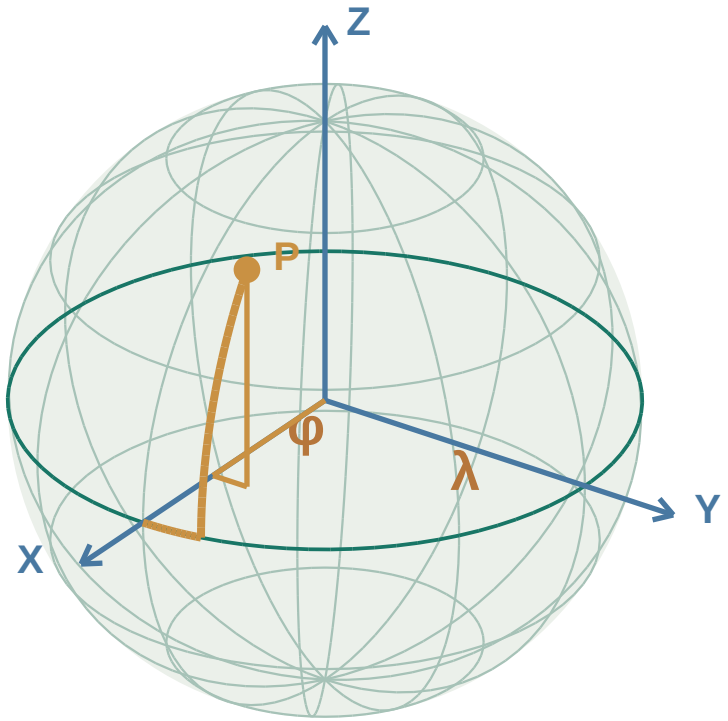
Kontrollfall: $\varphi = \lambda = h = 0 \rightarrow (a, 0, 0)$

1. **Breite φ bestimmt den Anteil nach oben**
2. **Länge λ teilt den horizontalen Anteil**
3. **h hebt den Punkt entlang der Normalen an**

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Die Formeln ändern die Beschreibung des Punktes — nicht seinen Ort.

3D-Versuch: von den Winkeln zu den XYZ-Strecken



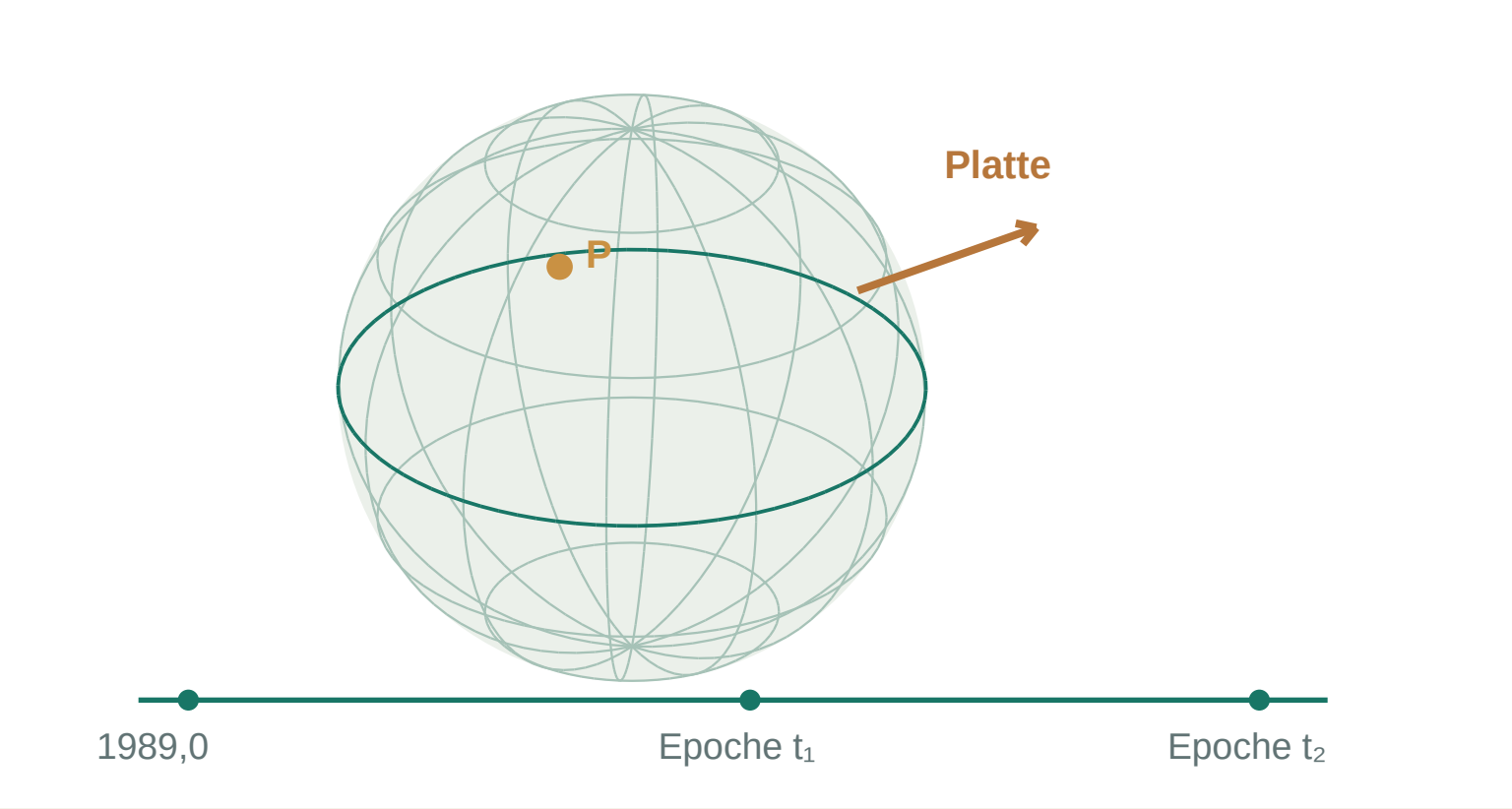
Die Ansicht drehen ≠ den Punkt verschieben

1. **Start · Ort und Ellipsoid**
2. **Mitte · Winkel und Normalenhöhe**
3. **Ende · drei räumliche Komponenten**

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Aha: Unterschiedliche Koordinaten können genau denselben Punkt beschreiben.

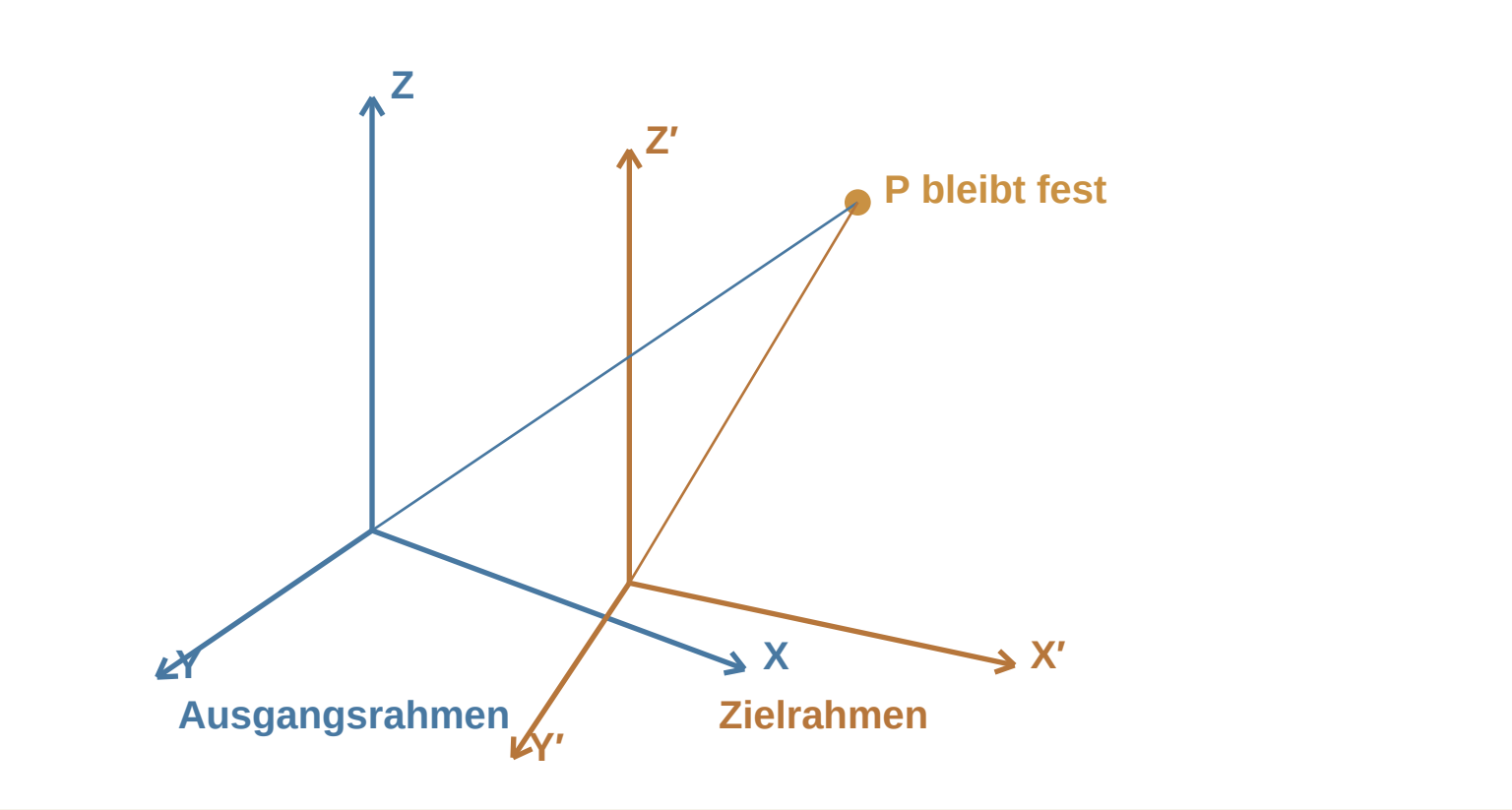
WGS84 und ETRS89: globaler und europäischer Bezug



1. **WGS84 · globaler Bezug und Realisierungen**
2. **ETRS89 · an die stabile eurasische Platte gebunden**
3. **Epoche · Zeitpunkt einer präzisen Koordinate**

Für präzise Vergleiche gehören Rahmen und Zeitpunkt zusammen.

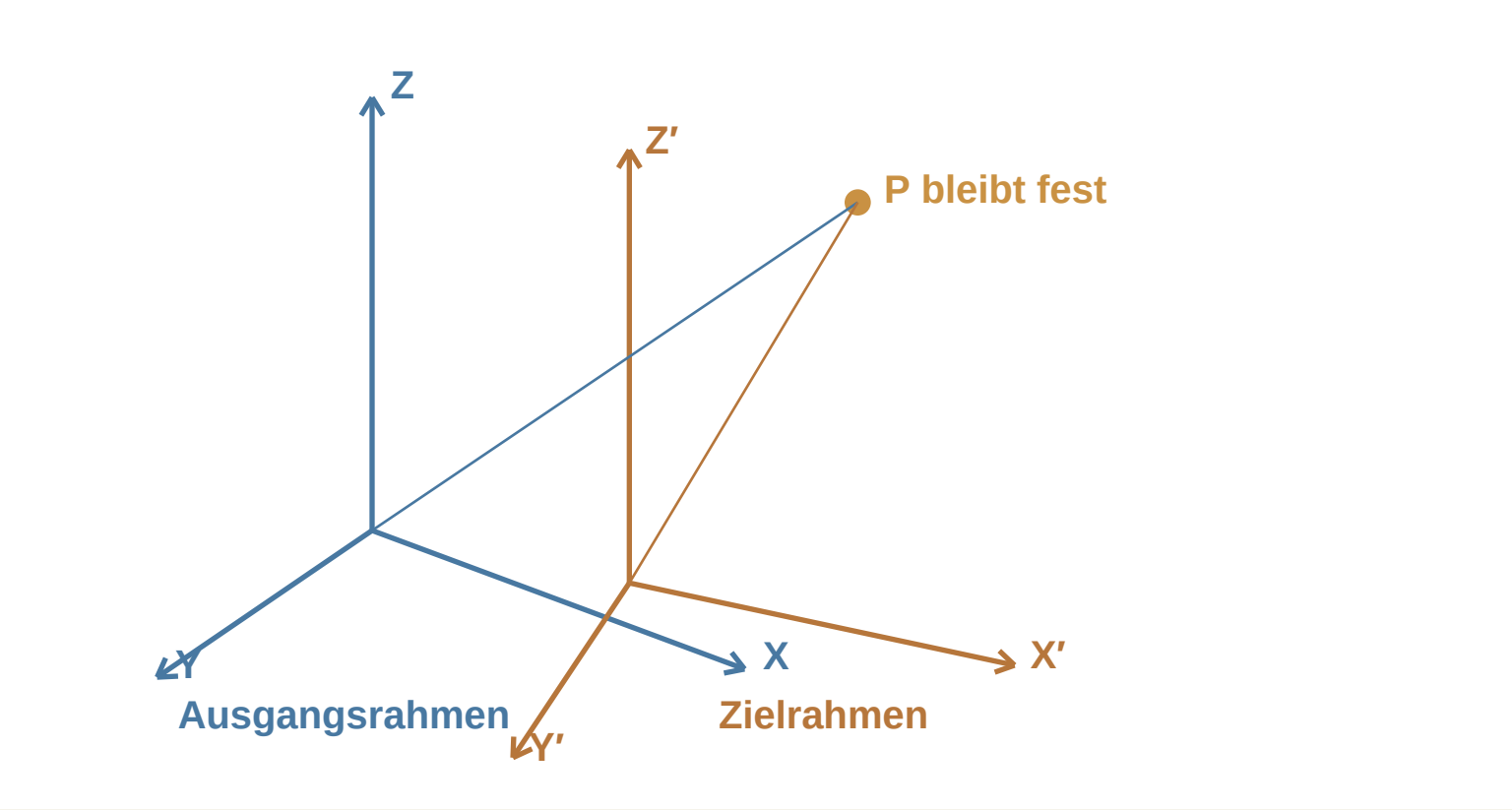
Ein fester Punkt, zwei Rahmen



1. **1 · Ursprung verschieben**
2. **2 · Achsen drehen**
3. **3 · Einheit / Massstab ändern**

P bleibt fest. Seine Koordinaten werden im jeweils aktuellen Rahmen abgelesen.

3D-Versuch: die Zahlen folgen dem Rahmen

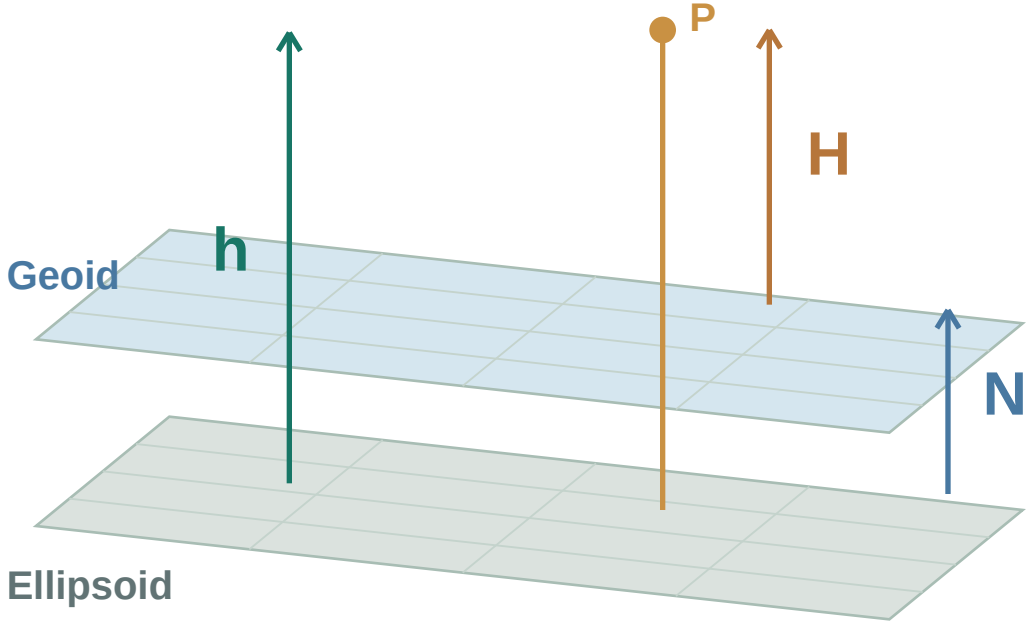


1. **0 % · die Rahmen stimmen überein**
2. **Zwischenstand · der Zielrahmen verändert sich**
3. **100 % · P im neuen Rahmen ablesen**

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Die Animation verschiebt das Bezugssystem; P und seine Umgebung bleiben fest.

3D-Versuch: ein Punkt, zwei Höhenangaben



1. **P bleibt am selben Ort**
2. **h bleibt fest**
3. **H verändert sich mit dem Modellwert N**

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Ein anderer Höhenbezug kann einen anderen Zahlenwert für denselben Punkt liefern.

Deutschland und Schweiz: die amtliche Höhenart mitlesen

Deutschland

DHHN2016

Normalhöhen
Quasigeoid / ζ

Schweiz

LHN95

Orthometrische Höhen
Geoid / N

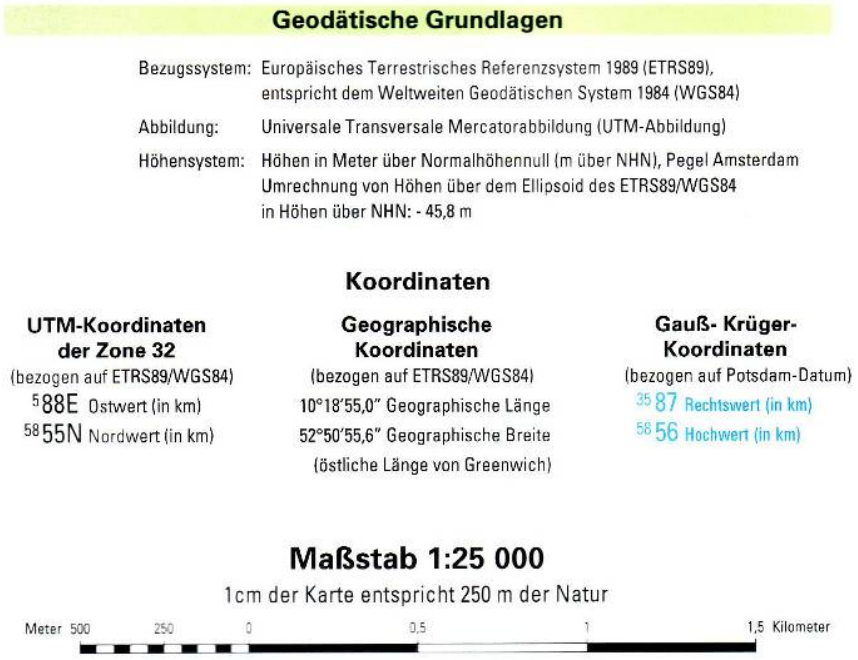
Schweiz

LN02

Eigener Höhenrahmen
Passender Übergang

Höhenart und Höhenrahmen stehen in den Metadaten neben dem Zahlenwert.

Der Kartenrand benennt den Bezug der Zahlen



Geodätische Grundlagen

Bezugssystem: Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989 (ETRS89), entspricht dem Weltweiten Geodätischen System 1984 (WGS84)

Abbildung: Universale Transversale Mercatorabbildung (UTM-Abbildung)

Höhensystem: Höhen in Meter über Normalhöhennull (m über NHN), Pegel Amsterdam
Umrechnung von Höhen über dem Ellipsoid des ETRS89/WGS84
in Höhen über NHN: - 45,8 m

Koordinaten

UTM-Koordinaten der Zone 32
(bezogen auf ETRS89/WGS84)
$^{5}88E$ Ostwert (in km)
$^{58}55N$ Nordwert (in km)

Geographische Koordinaten
(bezogen auf ETRS89/WGS84)
10°18'55,0" Geographische Länge
52°50'55,6" Geographische Breite
(östliche Länge von Greenwich)

Gauß- Krüger-Koordinaten
(bezogen auf Potsdam-Datum)
$^{35}87$ Rechtswert (in km)
$^{58}56$ Hochwert (in km)

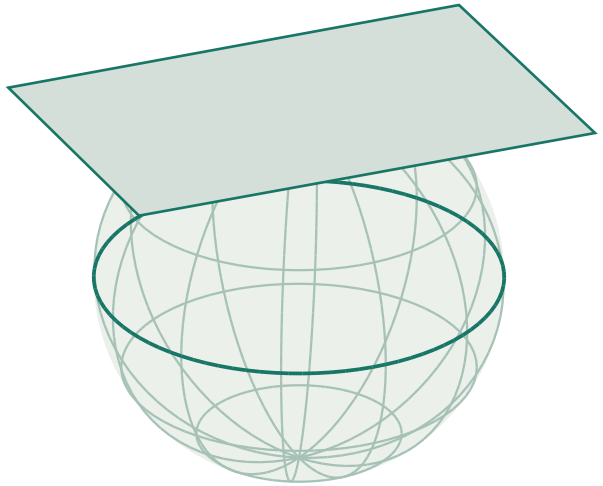
Maßstab 1:25 000
1cm der Karte entspricht 250 m der Natur
Meter 500 250 0 0,5 1 1,5 Kilometer

Originalfolie 9 · TLVermGeo (2016). Örtliches Kartenrandbeispiel; Präzisierungen rechts.

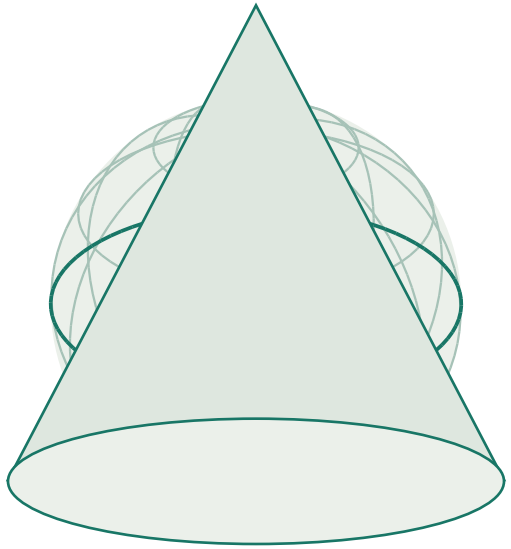
1. **Kartenrand · Bezug, Projektion und Höhe**
2. **Referenzrahmen · ETRS89 / WGS84**
3. **–45,8 m · örtlicher Modellwert dieses Beispiels**

Kartenrand lesen: Koordinatenart, Bezug, Höhe und Massstab gehören zusammen.

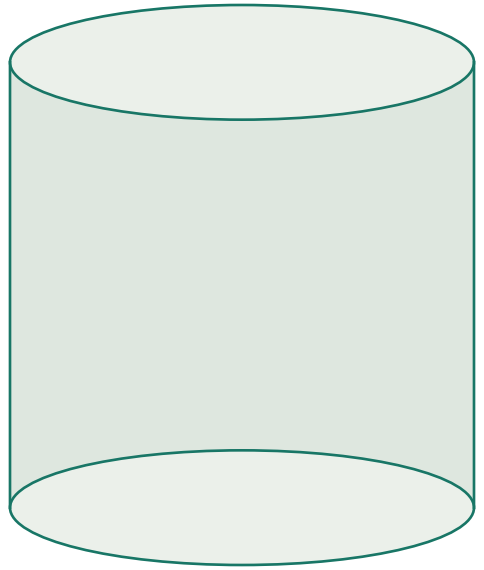
Ebene, Kegel und Zylinder ordnen die Entwürfe



Azimutal



Konisch

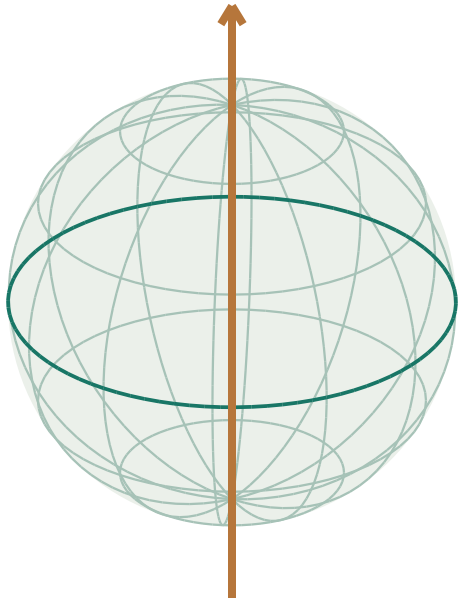


Zylindrisch

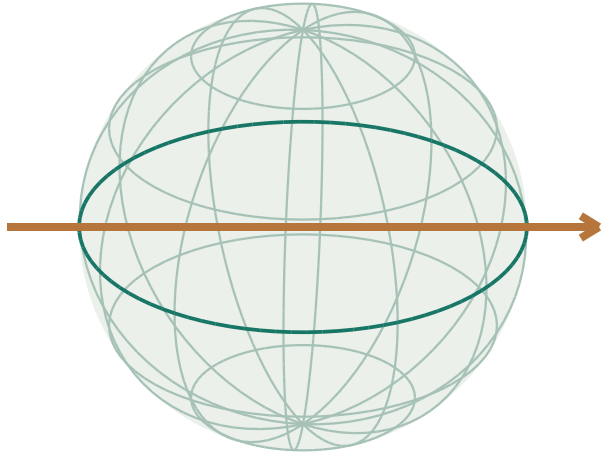
3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Die geometrischen Trägerflächen helfen beim Einordnen; die Formel bestimmt die Abbildung.

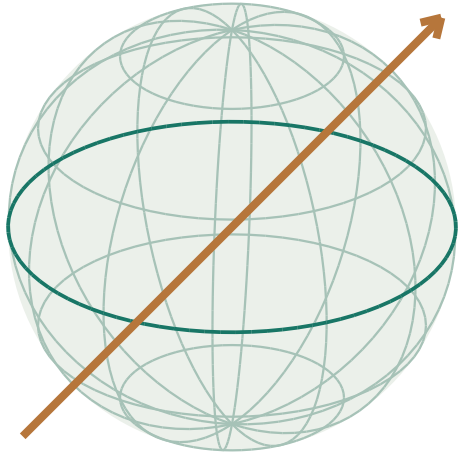
Normal, transversal und schief: die Lage der Abbildung zählt



Normal



Transversal



Schief

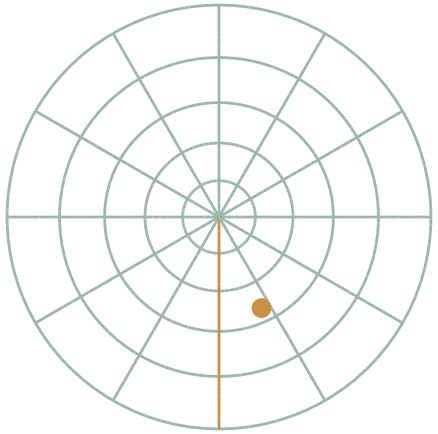
3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Die Orientierung legt fest, wo die Abbildung besonders günstig angepasst ist.

Drei Familien: konkrete Entwürfe statt nur Trägerflächen

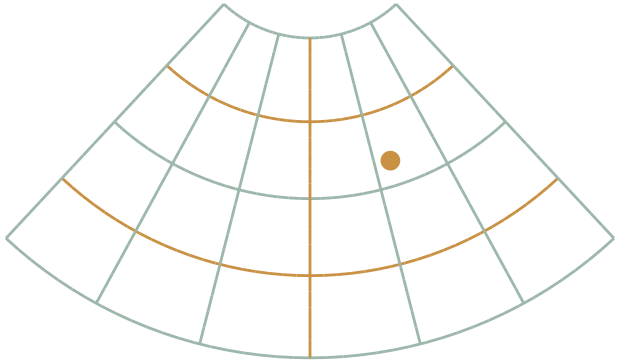
Stereografisch

Azimutal · polare Lage



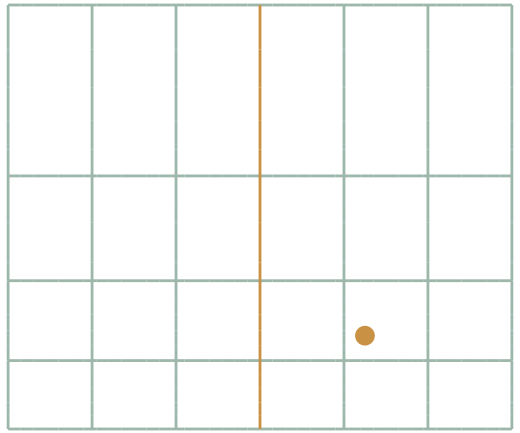
Lambert konform

Konisch · 30° / 60°



Mercator

Zylindrisch · normale Lage



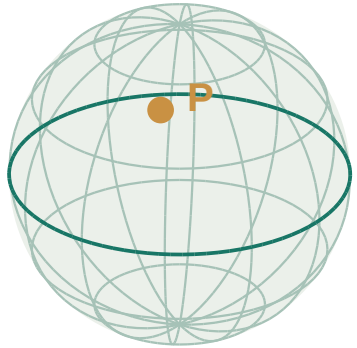
Berechnete Kugel-Gradnetze · jedes Bild separat eingepasst

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Alle drei Beispiele sind lokal winkeltreu; ihre günstigen Kartenbereiche unterscheiden sich.

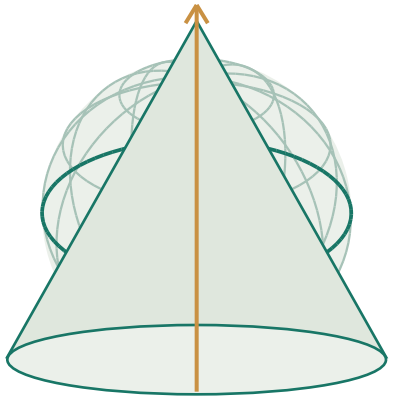
3D-Versuch: vier Schritte vom Globus zur Karte

1 · Globus



Derselbe Punkt P

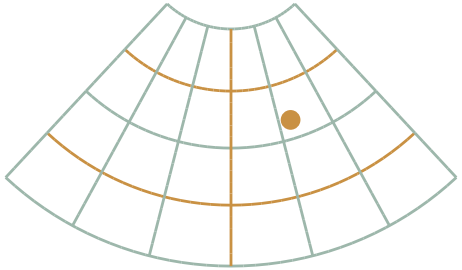
2 · Orientierung



Achse und Lage wählen

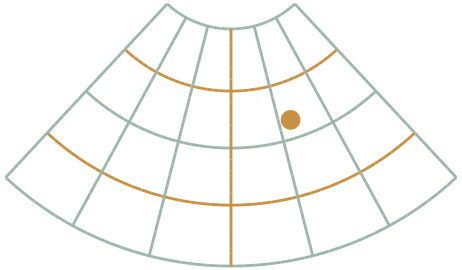
3 · Abbildung

$(\varphi, \lambda) \rightarrow (x, y)$



Koordinaten berechnen

4 · Karte



Gradnetz und P lesen

Bewegte Zwischenformen erklären den Weg; die Endkarte wird berechnet.

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Die Karte wird berechnet. Die räumlichen Zwischenformen veranschaulichen den Übergang.

Drei Treueeigenschaften beantworten drei verschiedene Fragen

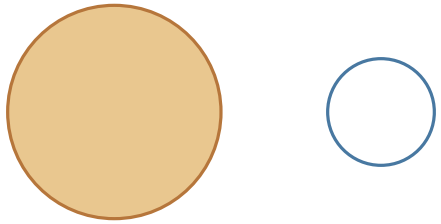
Flächentreu

Gold: Kartenbild · Blau: Ausgangskreis



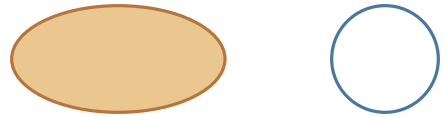
Fläche bleibt gleich

Winkeltreu



Lokale Winkel bleiben gleich

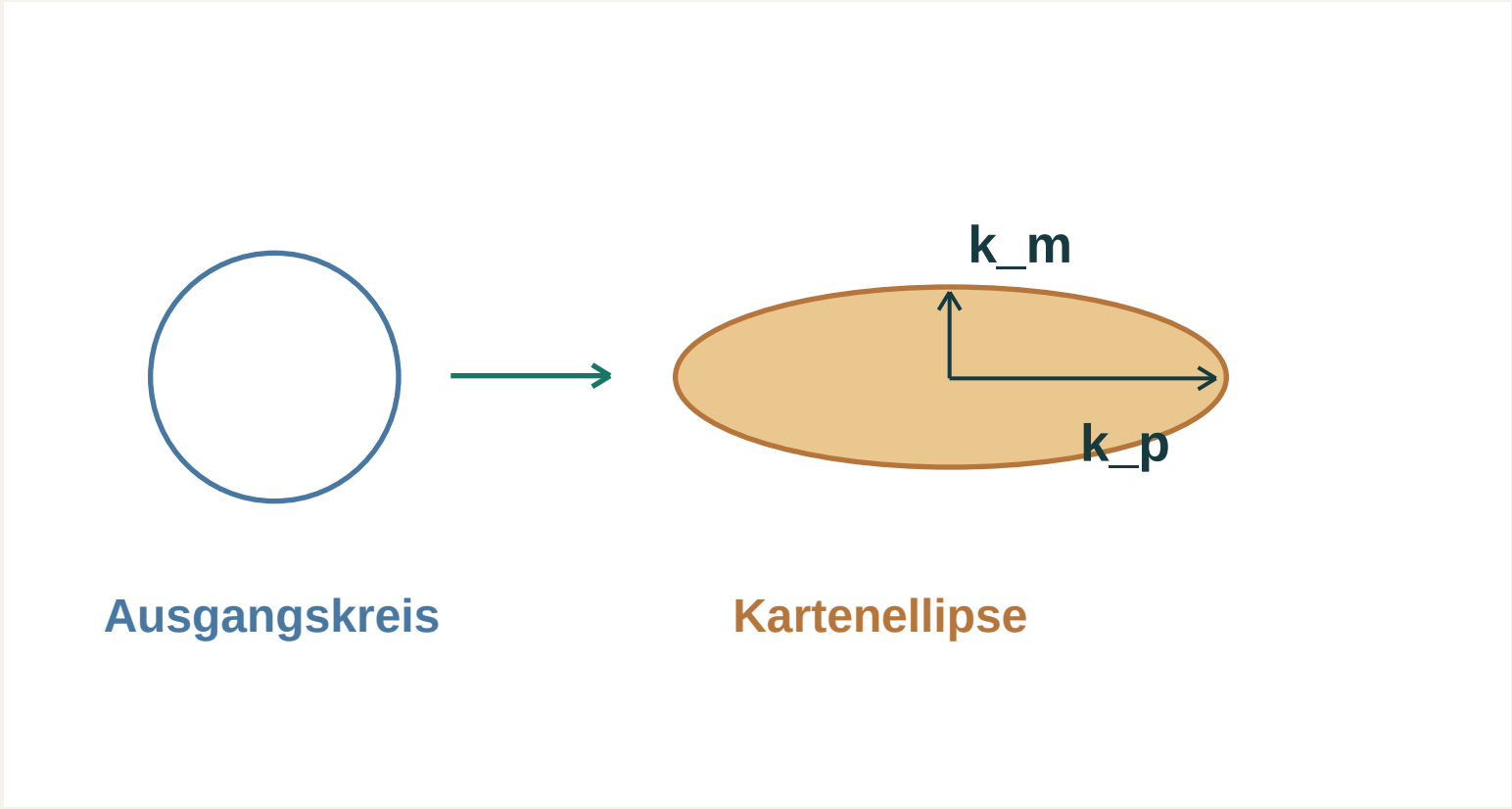
Meridianlängentreu



Meridionale Strecken bleiben gleich

Längentreue braucht eine benannte Richtung oder Strecke; sie gilt nicht automatisch überall.

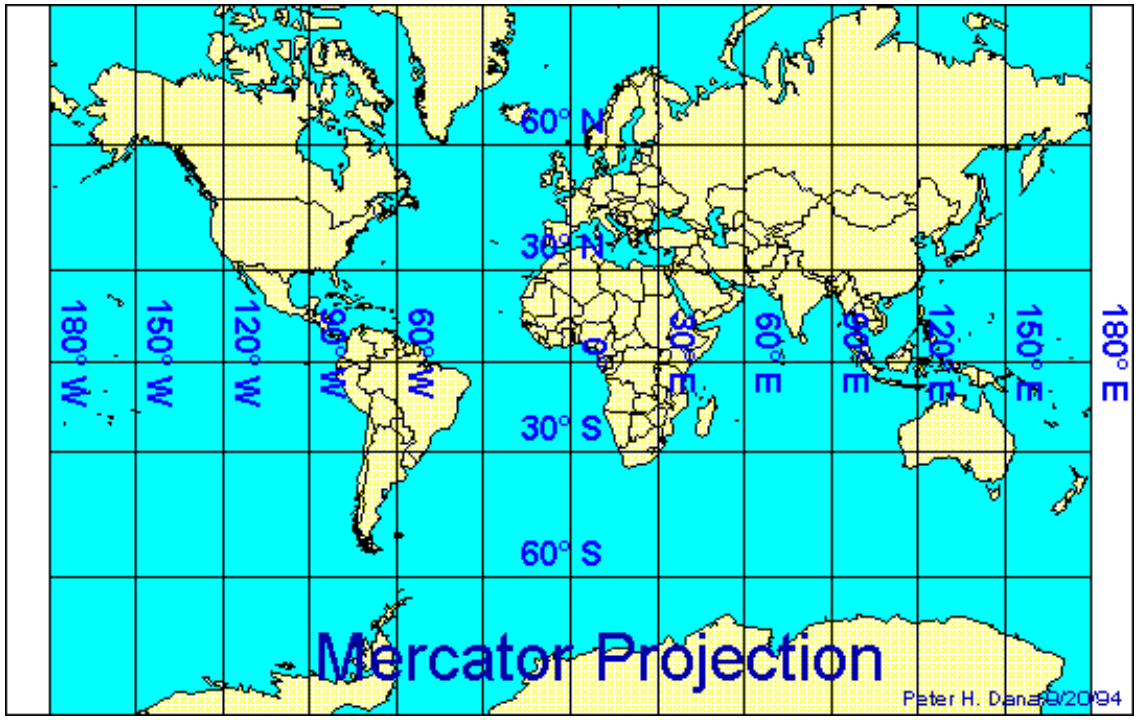
Tissot zeigt Verzerrung als veränderten Kreis



1. **Ausgang · kleiner Kreis auf der Kugel**
2. **Karte · Kreis oder Ellipse**
3. **Fläche · Produkt der lokalen Massstäbe**

Form und Fläche eines kleinen Kreises machen lokale Verzerrung unmittelbar sichtbar.

Das Gradnetz macht die Abbildung lesbar

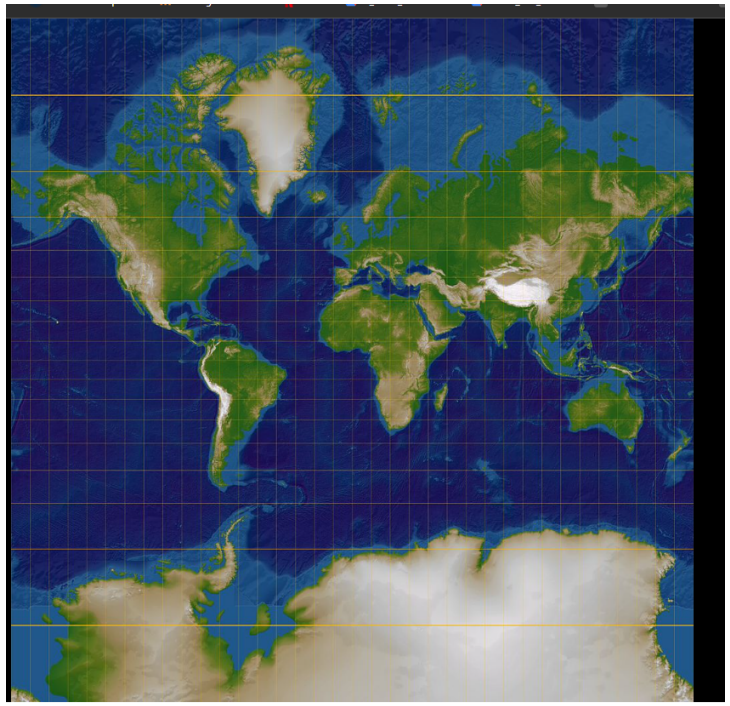


Originalabbildung · Peter H. Dana (1994), im Original: EPA (2024)

1. **Meridiane · Linien gleicher Länge**
2. **Breitenkreise · Linien gleicher Breite**
3. **Mercator · gleiche lokale Streckung in beide Richtungen**

Ein regelmässiges Kartengitter bedeutet nicht überall denselben Massstab.

Mercator verbindet Weltkarte und lokale Winkeltreue



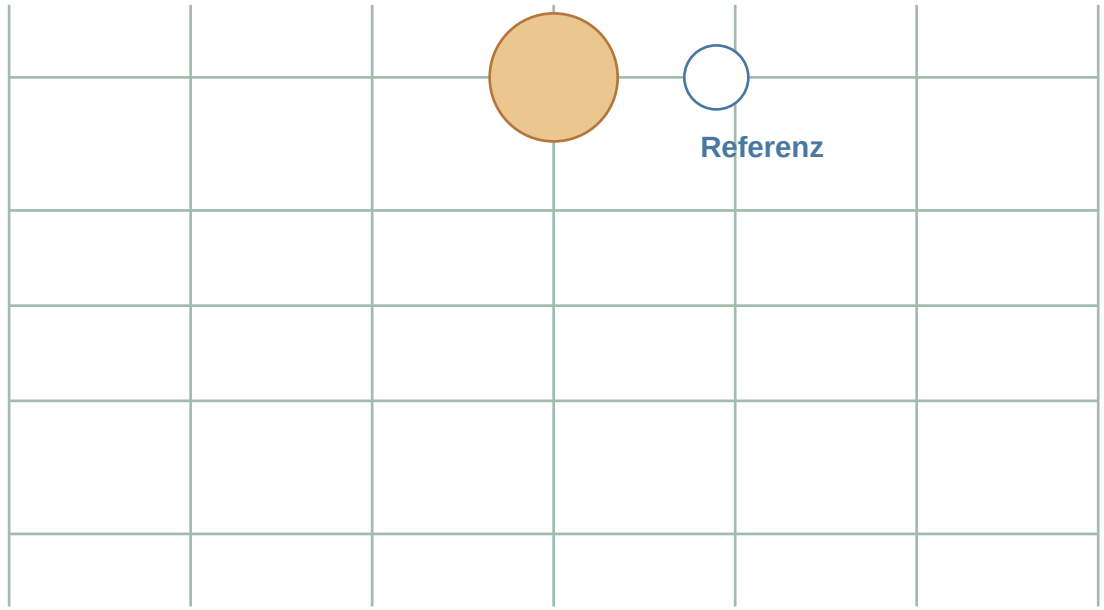


Originalabbildung · Rohwedder (2006), laut Original; Wikipedia (2024), Mercatorstatue, laut Original

1. **Gerardus Mercator · 1512–1594**
2. **Normale Mercatorkarte · Meridiane parallel**
3. **Winkeltreu · lokale Richtungswinkel bleiben erhalten**

Mercators Abbildungsprinzip führt über die transversale Form zu Gauß–Krüger und UTM.

Mercator: gleiche lokale Streckung in beiden Richtungen



$$x = R\,\lambda \qquad y = R \ln \tan(\pi/4 + \varphi/2)$$

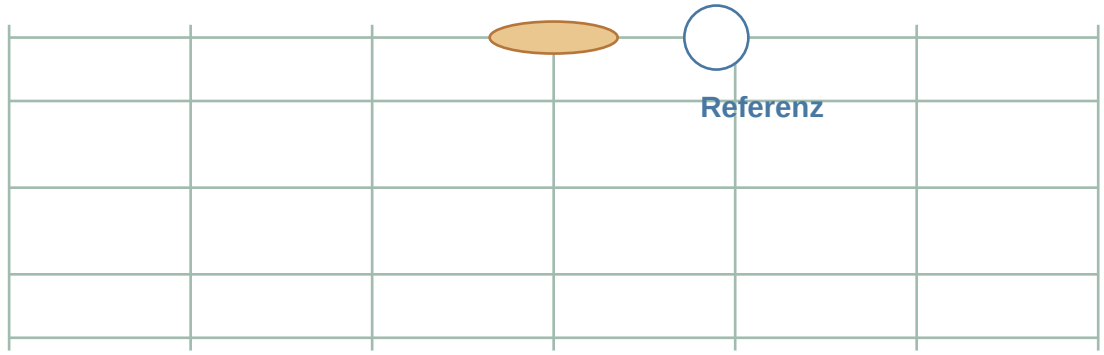
$$k_p = k_m = 1 / \cos \varphi$$

R: Radius · λ, φ im Bogenmass · Standardbreite 0°

1. **Normalzylindrisch · Kugelmodell**
2. $x = R\,\lambda$
3. $y = R \ln \tan(\pi/4 + \varphi/2)$

Mercator ist winkeltreu: $k_p = k_m$. Die Fläche darf sich dabei ändern.

Lambert-Zylinder: breiter und niedriger — die Fläche bleibt



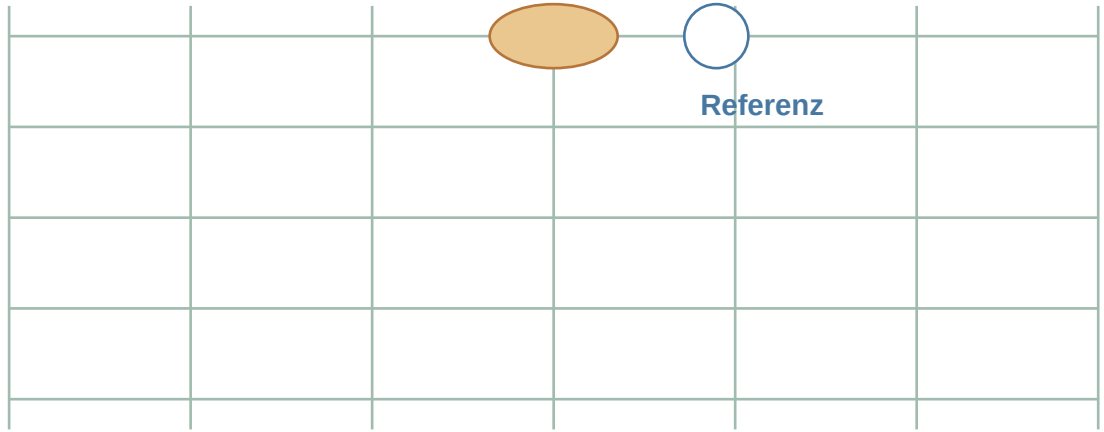
x = R λ y = R sin φ
k_p = 1 / cos φ k_m = cos φ

R: Radius · λ, φ im Bogenmass · Standardbreite 0°

1. **Normalzylindrisch · Kugelmodell**
2. **x = R λ**
3. **y = R sin φ**

Lambert zylindrisch flächentreu: k_p × k_m = 1.

Plate Carrée: meridionale Längen bleiben erhalten



x = R λ y = R φ
k_p = 1 / cos φ k_m = 1

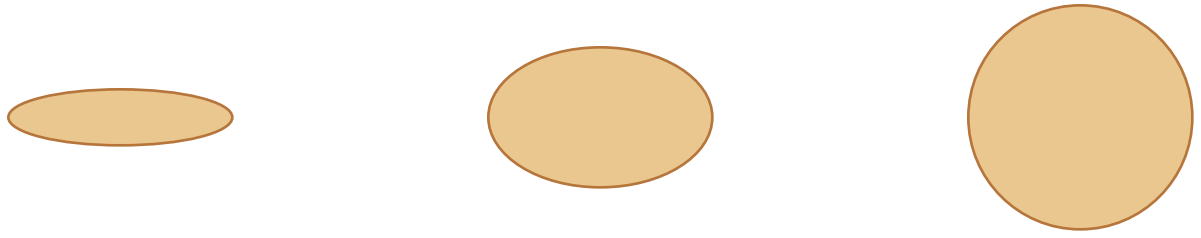
R: Radius · λ, φ im Bogenmass · Standardbreite 0°

1. **Normalzylindrisch · Standardbreite 0°**
2. **x = R λ**
3. **y = R φ**

Längentreu entlang der Meridiane; andere Richtungen werden gesondert beurteilt.

Morphing: die Zwischenform ist selbst eine definierte Abbildung

$$y(t) = (1 - t)\, y_A + t\, y_B$$
$$k_m(t) = (1 - t)\, k_{m,A} + t\, k_{m,B}$$
$$0 \le t \le 1 \cdot x \text{ bleibt } R\ \lambda$$



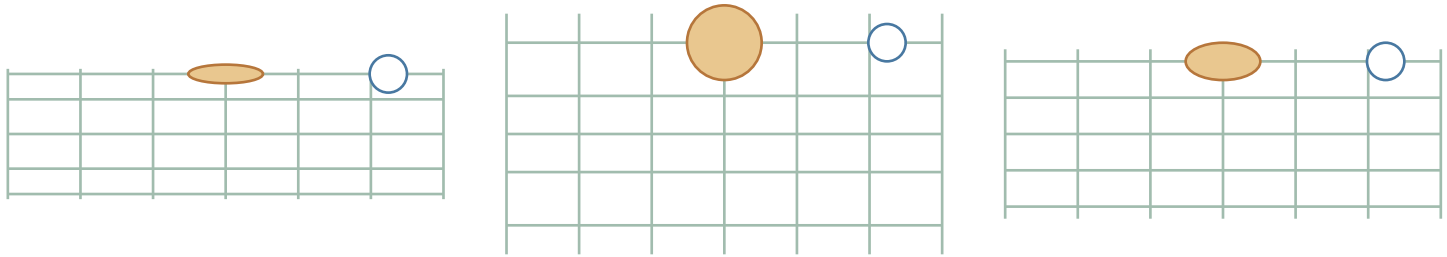
t = 0 t = 0,5 t = 1

1. t = 0 · Ausgangsprojektion
2. 0 < t < 1 · gewichtete Zwischenform
3. t = 1 · Zielprojektion

Die Endpunkte besitzen ihre Treueeigenschaft; Zwischenformen werden separat geprüft.

3D-Versuch: flächentreu → winkeltreu → meridianlängentreu

Gold: Kartenbild · Blau: Ausgangskreis



Lambert **Mercator** **Plate Carrée**

0 % → 25 % → 50 % → 75 % → 100 %

1. **Lambert · die Fläche bleibt**
2. **Mercator · der kleine Kreis bleibt rund**
3. **Plate Carrée · die meridionale Länge bleibt**

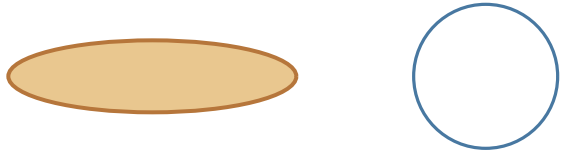
3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Wir lesen bei jedem Halt die Formel, die Form und den aktuellen Massstab gemeinsam.

Bei 60° Breite wird der Unterschied sofort sichtbar

Flächentreu

Gold: Kartenbild · Blau: Ausgangskreis

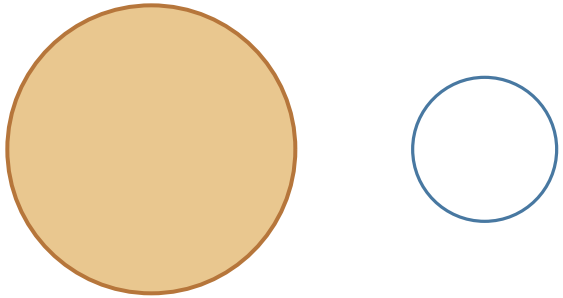


2 × 0,5 = 1

k_p × k_m = A

Prüfort: 60° Breite

Winkeltreu

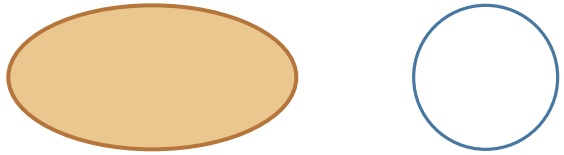


2 × 2 = 4

k_p × k_m = A

Prüfort: 60° Breite

Meridianlängentreu



2 × 1 = 2

k_p × k_m = A

Prüfort: 60° Breite

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

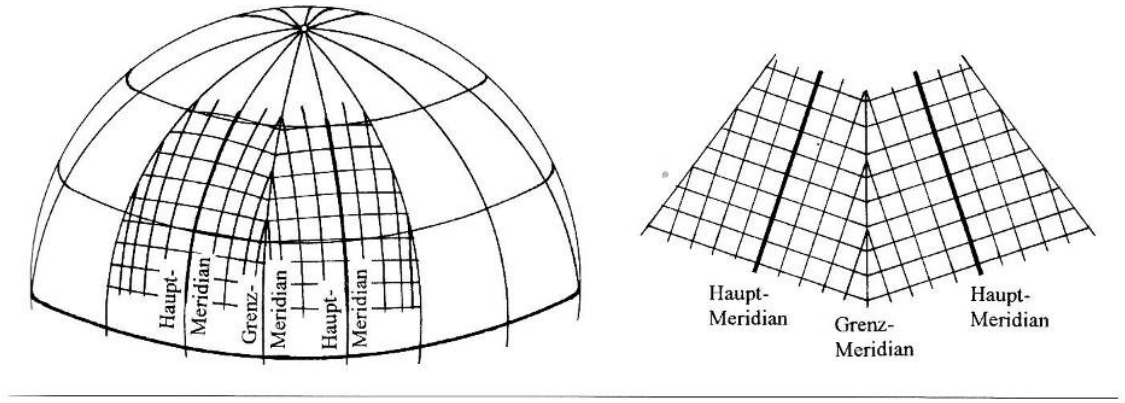
Gleicher Ort, gleicher Ausgangskreis — drei unterschiedliche Aussagen.

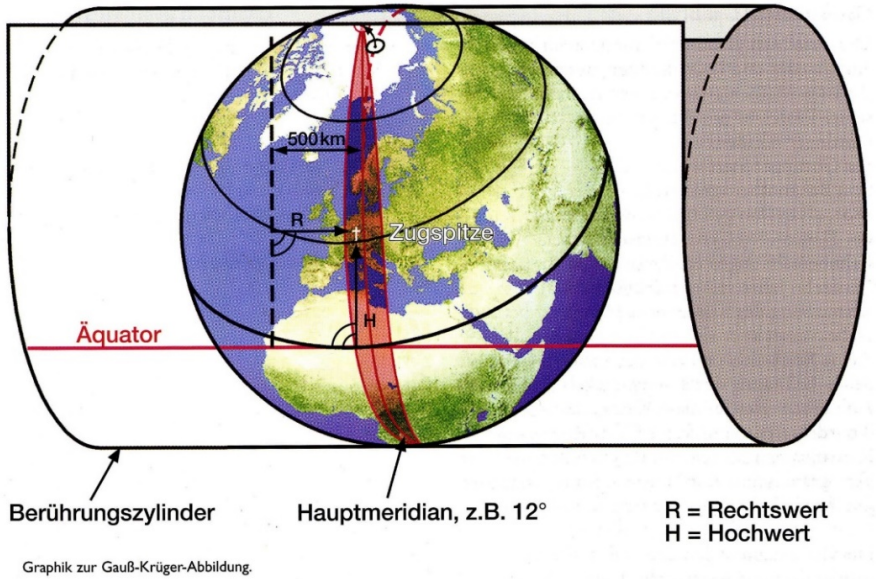
Die Fragestellung entscheidet über die Projektion

Flächenstatistik	→	**Flächentreuer Entwurf**
Lokale Richtungen	→	**Winkeltreuer Entwurf**
Bestimmte Strecken	→	**Passende längentreue Eigenschaft**

Aufgabe, Gebiet und Fehleranforderung werden gemeinsam festgelegt.

Vom Meridianstreifen zum ebenen Gitter





Graphik zur Gauß-Krüger-Abbildung.

Mittelmeridian · zentrale Bezugslinie

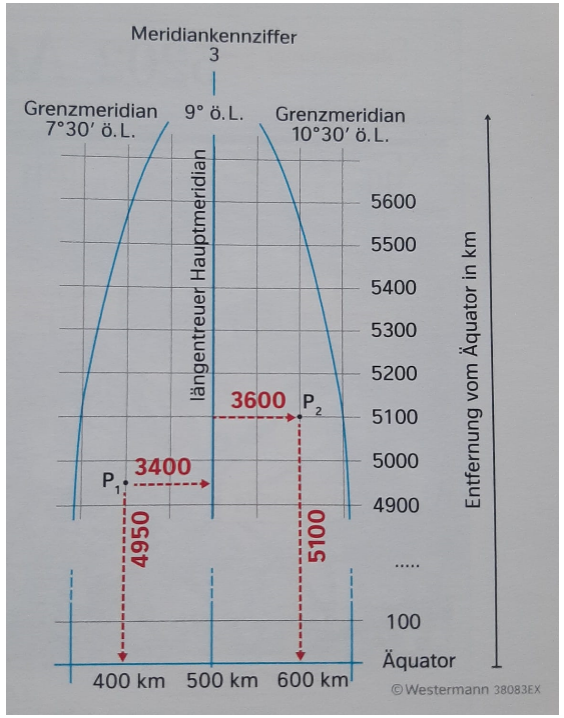
Ost / West · Abstand zur Mittellinie

Winkeltreu · Massstab ortsabhängig

Originalfolien 17–18 · Kohlstock (2004), Hinrichs (2008). Zylinder als geometrisches Denkmodell.

Schmale Streifen begrenzen die Verzerrung; jeder Streifen braucht seine Kennung.

Gauß–Krüger: Streifen, Rechtswert und Hochwert



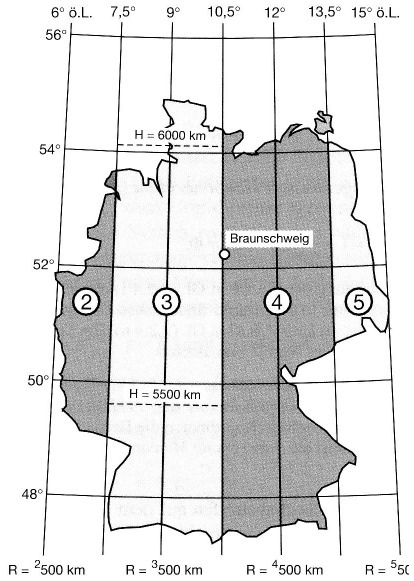
Originalabbildung · Dickmann (2018), S.105; Bildvermerk Westermann

1. **3 | 400 000 m · Streifen 3, westlich der Mittellinie**
2. **3 | 600 000 m · Streifen 3, östlich der Mittellinie**
3. **Hochwert · eigene Gitterkoordinate nach Norden**

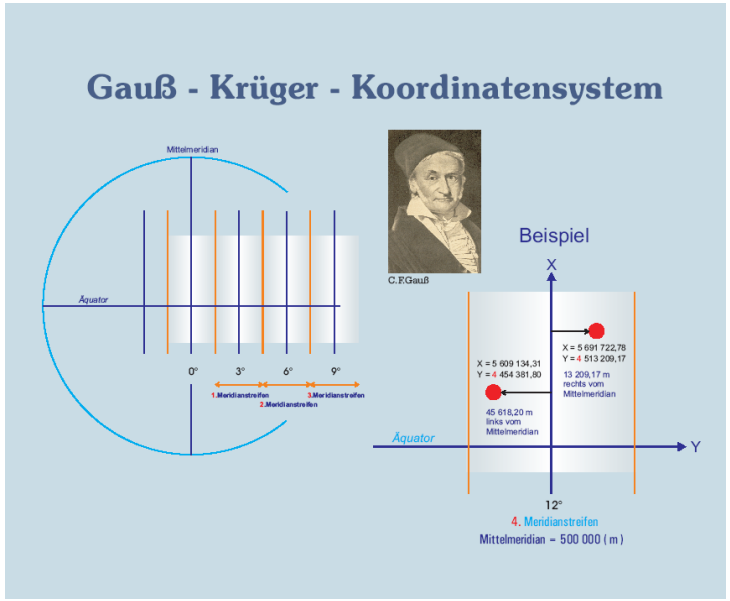
3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Streifen 3: 500 000 m auf der Mittellinie; 400 000 m westlich, 600 000 m östlich.

Deutschland in 3°-Streifen: jede Zone hat ihre Mittellinie



3° Streifenbreite · typische deutsche GK-Einteilung



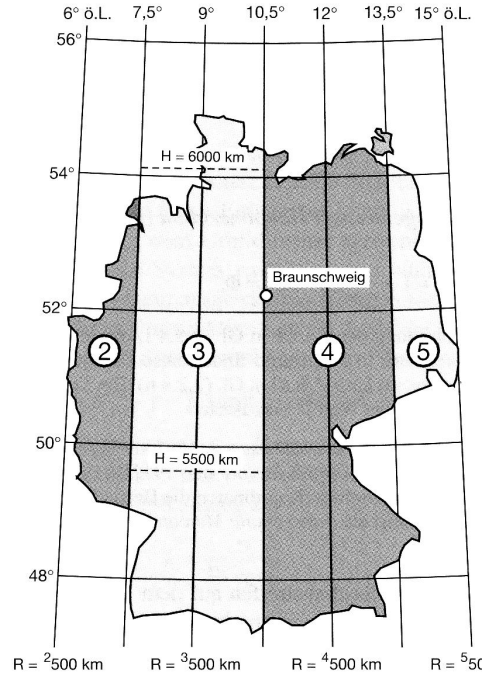
6°, 9°, 12°, 15° · Mittelmeridiane

2, 3, 4, 5 · zugehörige Kennziffern

Originalabbildung · Hake, Grünreich & Meng (2002), S.76–77; Originalfolie 19; dortige Sammelquelle Dickmann (2018), S.105

Die Streifenkennziffer gehört zur Interpretation des Rechtswerts.

Aha: Die gleiche Turmspitze hat zwei GK-Koordinatenpaare



Originalfolie 21 · Hake et al. (2002)

Streifen 3

R = 3 603 820,13 m
H = 5 793 801,08 m

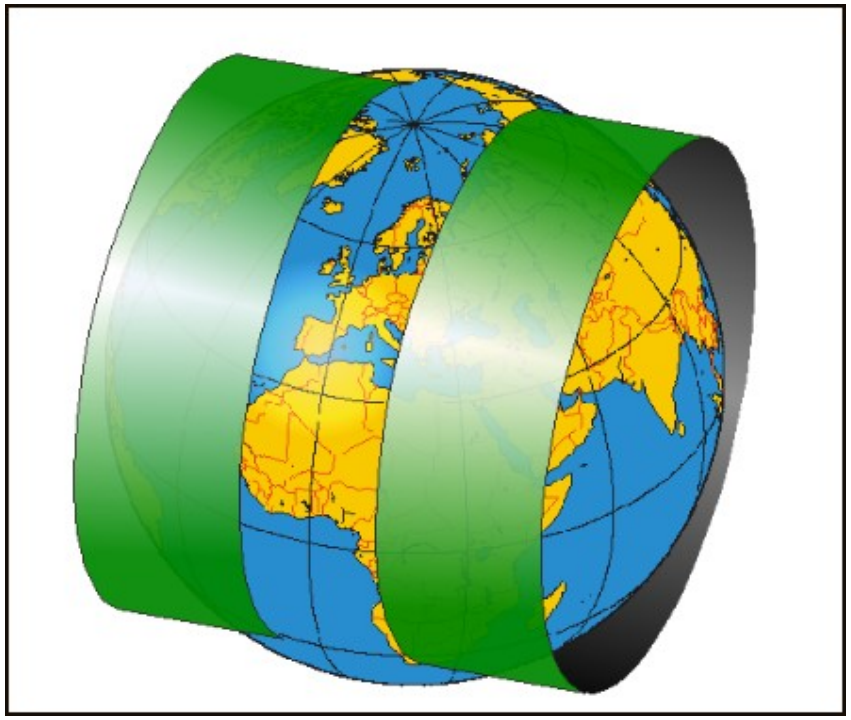
Streifen 4

R = 4 399 055,56 m
H = 5 793 741,52 m

Beispiel: Turmspitze der Andreaskirche

Der Ort bleibt gleich. Streifenwahl und Gitterdarstellung ändern seine Zahlen.

UTM: Der Schnittzylinder veranschaulicht die Massstabswahl



Originalabbildung · Schüttler (2022)

1. **Transversal · Ausrichtung auf einen Mittelmeridian**
2. **k_0 = 0,9996 · definierter zentraler Massstab**
3. **6° · reguläre Breite einer UTM-Zone**

Der Zylinder erklärt die Idee; die UTM-Formel legt Koordinaten und Massstäbe fest.

UTM: Universal Transverse Mercator



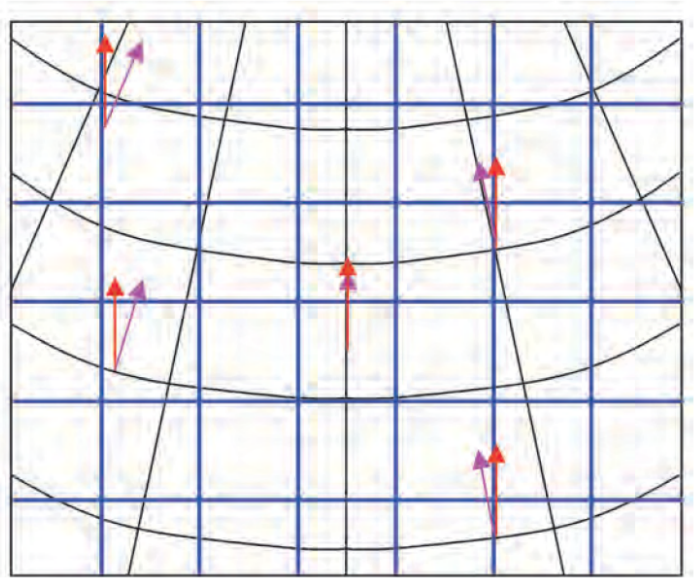
$k_0 = 0{,}9996$ am Mittelmeridian

1. **Zone · regulär 6° breit; Zone 32: Mittelmeridian 9° Ost**
2. **Easting E · 500 000 m auf dem Mittelmeridian**
3. **Northing N · Nordwert; Hemisphäre und Bezug mitlesen**

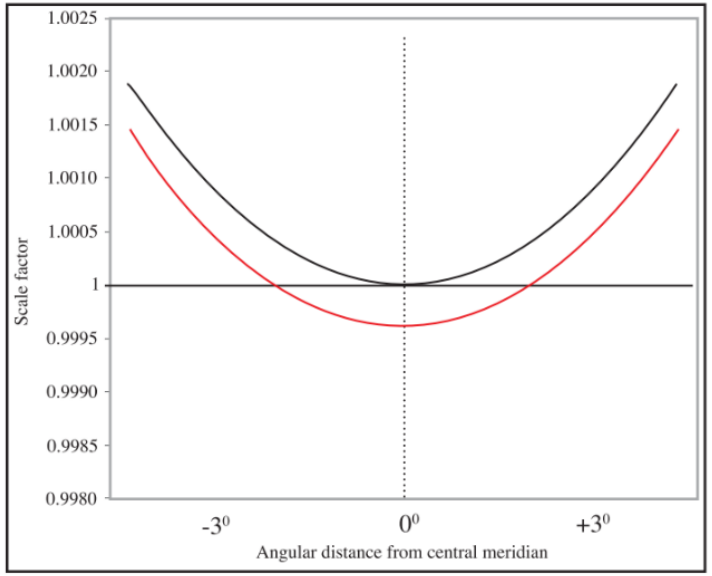
3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

UTM ist eine Familie von Koordinatenreferenzsystemen; die Zone gehört zur Angabe.

Gitternord und Massstab: zwei unterschiedliche Wirkungen



Meridiankonvergenz · Winkel zwischen Gitternord und geografisch Nord



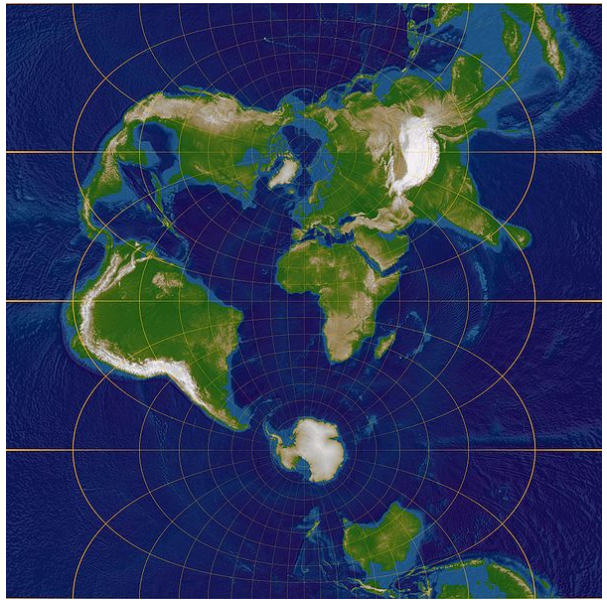
Massstabsfaktor k · Gitterstrecke / entsprechende Ellipsoidstrecke

UTM · k_0 = 0,9996 am Mittelmeridian

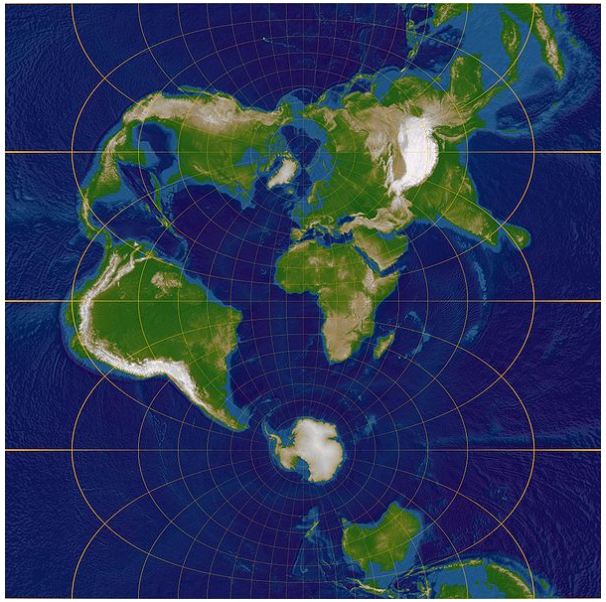
Originalabbildung · Iliffe & Lott (2008), S.56f.; Iliffe & Lott (2008), S.56f.

Winkeltreue, Nordrichtung und Längenmassstab beantworten unterschiedliche Fragen.

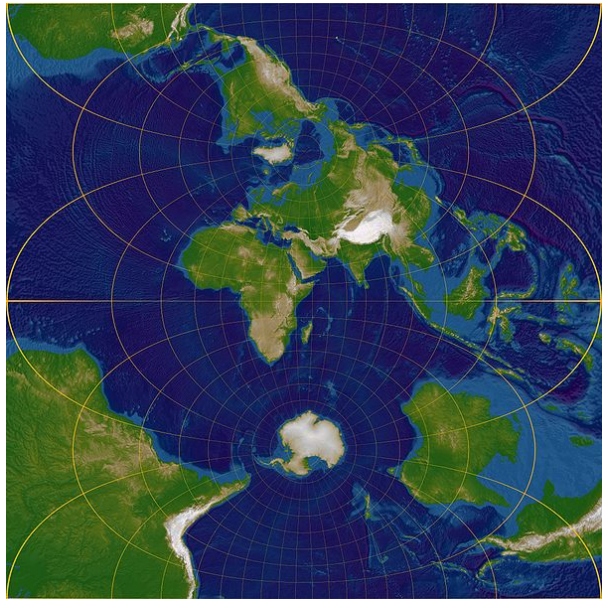
Transversale Weltbilder zeigen die Ausrichtung der Abbildung



Kontinente · feste Merkmale zum Vergleichen



Gradnetz · Ausrichtung der Abbildung erkennen

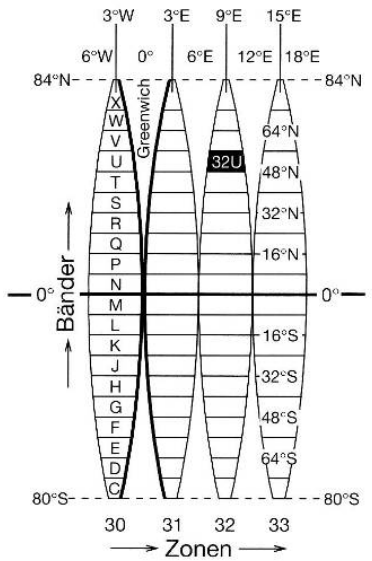


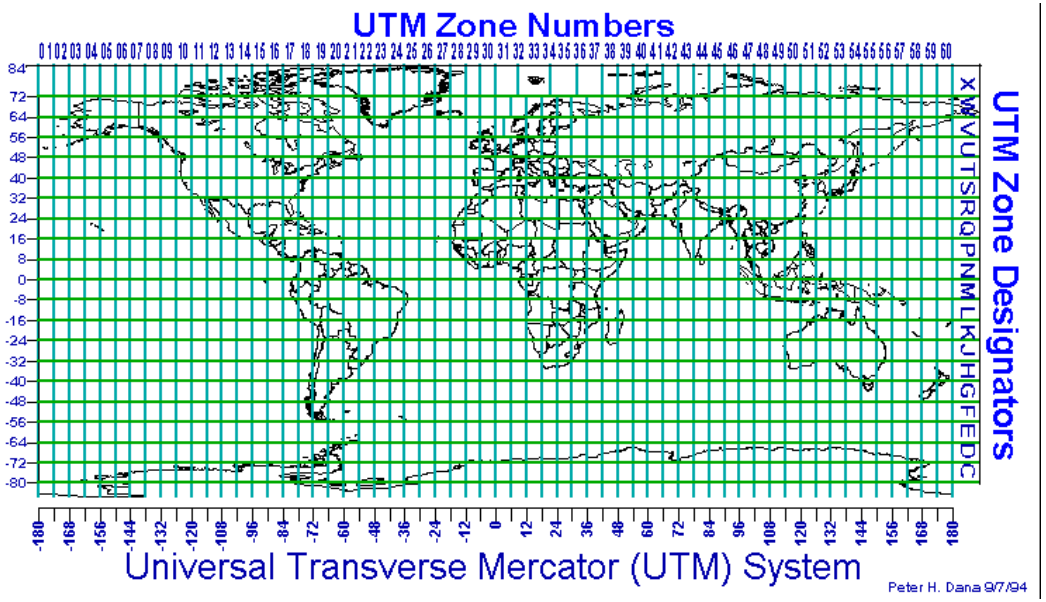
UTM in der Praxis · innerhalb einer definierten Zone

Originalabbildung · Rohwedder (2024), laut Original; Rohwedder (2024), laut Original; Rohwedder (2024), laut Original

Diese Weltbilder veranschaulichen die Abbildung; UTM wird zonenweise angewendet.

UTM-Zone, Breitenband und Hemisphäre unterscheiden



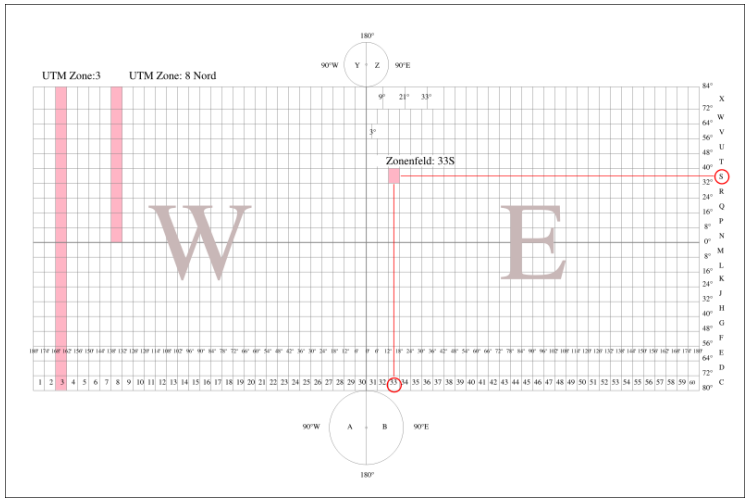


32 · UTM-Zone **Nordhalbkugel · Hemisphäre** **U · Breitenband einer Gitterreferenz**

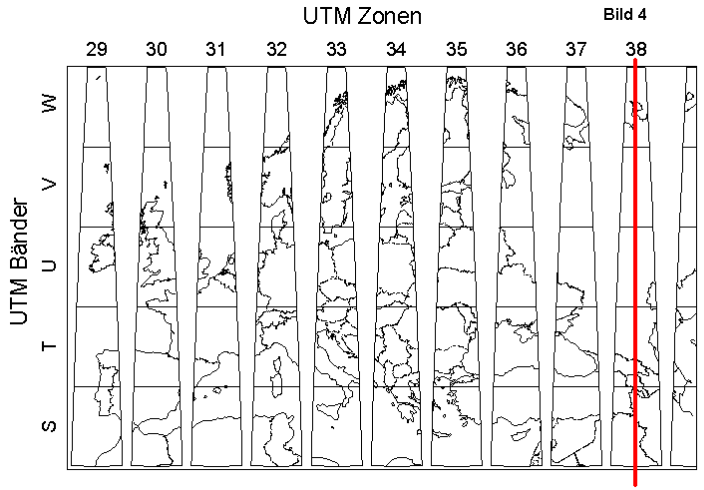
Originalabbildung · Hake, Grünreich & Meng (2002), S.78; Bildvermerk Peter H. Dana (1994); im Original Antonio et al. (2019)

Eine eindeutige Angabe vermeidet die Verwechslung von Hemisphäre und Bandbuchstabe.

Vom globalen Gitter nach Europa



Zone · Nord-Süd-Streifen mit Nummer



Band · West-Ost-Bereich mit Buchstabe

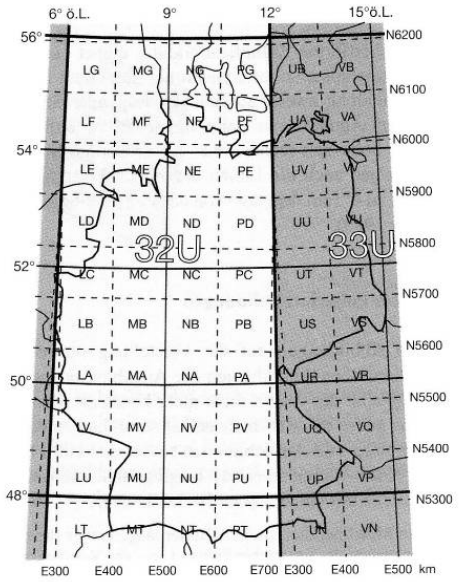


Europa · typische Kombinationen wie 32U

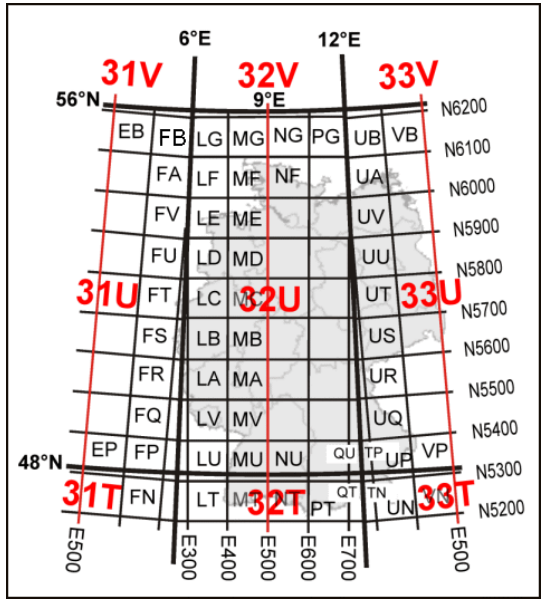
Originalabbildung · Rohwedder (2024), laut Original; Explorer Magazin (2008); Rohwedder (2024), laut Original

Nummer und Buchstabe haben unterschiedliche räumliche Aufgaben.

UTM und MGRS: dieselbe Karte, andere Adressierung



UTM · Zone, Hemisphäre, E und N in Metern



MGRS · Military Grid Reference System

MGRS ergänzt 100-km-Gitterfeld und lokale Ziffern

Originalabbildung · Hake, Grünreich & Meng (2002), S.78; Rohwedder (2024), laut Original

Die Buchstaben im 100-km-Gitter sind eine Adressierung, keine neue Projektion.

Ein Punkt: aus Breite und Länge werden zwei Gitterangaben

Jena: φ = 50,930000° · λ = 11,590000°

Gauß–Krüger · Streifen 4

R = 4 471 175,72 m

H = 5 644 378,46 m

$\lambda_0 = 12° \cdot k_0 = 1 \cdot 3°$-Streifen

UTM · Zone 32 Nord

E = 681 999,89 m

N = 5 645 235,33 m

$\lambda_0 = 9° \cdot k_0 = 0{,}9996 \cdot 6°$-Zone

Gemeinsamer Bezug ETRS89 / GRS80 · GK-Lehrgitter · Rückprüfung im Rechner

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Der Punkt bleibt fest. Unterschiedliche Gitterparameter erzeugen unterschiedliche Meterwerte.

Gauß–Krüger → Winkel → UTM: den Rückweg mitprüfen

Gauß–Krüger 4 → geografisch → UTM 32 Nord

01 · GK-Eingabepaar

R = 4 471 175,72 m

H = 5 644 378,46 m

02 · Rückwärts abbilden

φ = 50,930000°

λ = 11,590000°

03 · UTM berechnen

E = 681 999,89 m

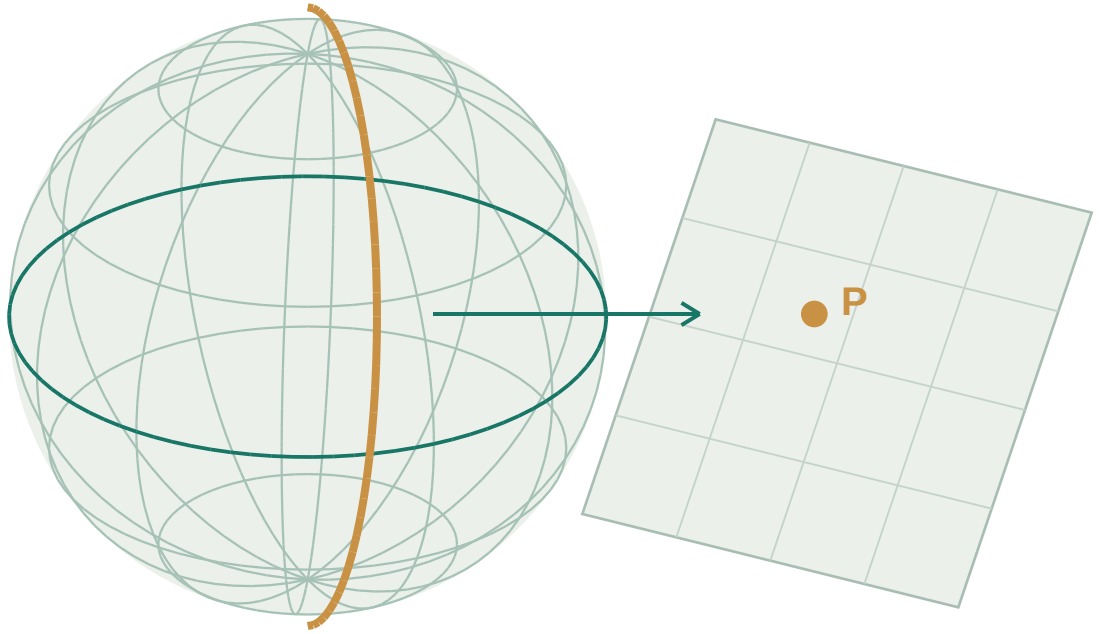
N = 5 645 235,33 m

Gemeinsamer Bezug ETRS89 / GRS80 · GK-Lehrgitter · Rückprüfung im Rechner

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Die Brücke zwischen den Gittern ist die geodätische Lage im selben Bezug.

3D-Versuch: Gauß–Krüger und UTM sauber vergleichen



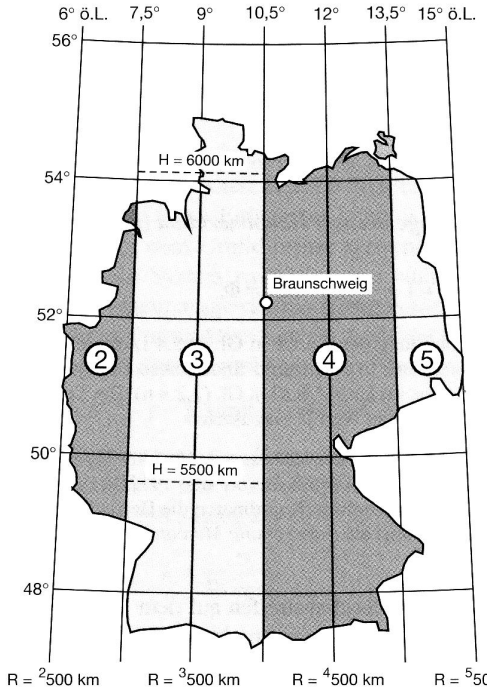
Mittelmeridian → zentrale Gitterlinie

1. **Gleicher Punkt · gleiches GRS80-Ellipsoid**
2. **Andere Streifenbreite und Mittellinie**
3. **Andere Gitterwerte · gleiche Lage**

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Im Labor isolieren wir die Projektion; eine amtliche Datumstransformation ist ein eigener Schritt.

Jena: ein Ort in zwei verschiedenen Streifen



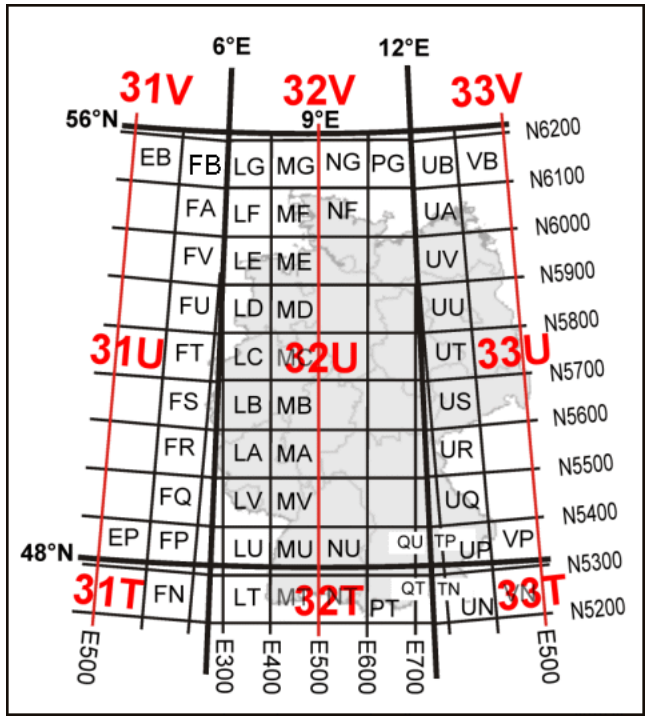
Originalabbildung · Hake, Grünreich & Meng (2002), S.76–77

1. **Jena · etwa 50,93° N / 11,59° E**
2. **UTM 32 · Mittelmeridian 9° Ost**
3. **GK 4 · Mittelmeridian 12° Ost**

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Jena liegt östlich der UTM-Mittellinie und westlich der GK-Mittellinie.

Mannheim: eine vollständige Koordinatenangabe lesen



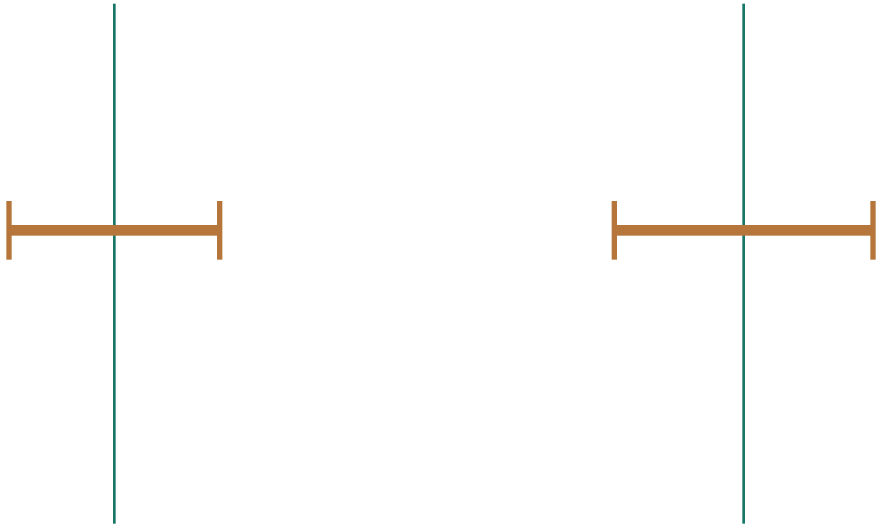
Originalabbildung · Rohwedder (2024), laut Original

1. **WGS84 · Zone 32 · Nordhalbkugel**
2. **E ≈ 461 344 m**
3. **N ≈ 5 481 745 m**

3D-Erklärung / Berechnung öffnen →

Paradeplatz Mannheim: Zone und Bezug machen die Meterwerte eindeutig.

Gitterstrecke, Bodenstrecke und Genauigkeit auseinanderhalten



Gleiche Ausgangsstrecke → örtlich anderer Gittermassstab

1. **Gitterstrecke · in der Kartenebene**
2. **Bodenstrecke · am Messort**
3. **Massstab · Projektion und Höhenreduktion**

Viele Nachkommastellen zeigen Rechenpräzision; Messgenauigkeit braucht eine eigene Bewertung.

Umrechnung, Transformation und Projektion klar trennen

φ, λ, h	→ Umrechnung →	X, Y, Z
Bezug A	→ Transformation →	Bezug B
Geografisch	→ Projektion →	E, N + Zone

Erst Metadaten lesen, dann rechnen, danach mit bekannten Punkten kontrollieren.

Gauß–Krüger und UTM: Gemeinsamkeit und Unterschiede

Merkmal	Gauß–Krüger (typisch DE)	UTM (regulär)
Abbildung	Transversal, winkeltreu	Transversal, winkeltreu
Streifen / Zone	3°	6°
Zentraler Massstab	$k_0 = 1$	$k_0 = 0{,}9996$
Falscher Ostwert	500 000 m	500 000 m
Zusatzangabe	Streifen, Datum, Höhe	Zone, Hemisphäre, Datum, Höhe

Projektion vergleichen heisst Parameter vergleichen — den geodätischen Bezug zusätzlich prüfen.

Ein Ort. Ein klarer Bezug. Eine passende Darstellung.

Koordinaten mit Bezug und Einheiten vollständig lesen.

Projektionsfamilie, Orientierung und Treue getrennt erklären.

Geografisch ↔ Gauß–Krüger ↔ UTM umrechnen und rückprüfen.

Weiterführendes Lernmaterial →

Ein Ort bleibt derselbe, auch wenn seine Koordinaten und sein Kartenbild wechseln.