

Bauvermessung

Grundvorlesung im
BA-Studiengang

Bauingenieurwesen

Prof. Dr.-Ing. H.-J. Przybilla

Quellen: Resnik/Bill: Vermessungskunde für den Planungs-, Bau- und Umweltbereich
Witte/Schmidt: Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen

- Für Daten mit Raumbezug ist ein einheitliches Bezugssystem Voraussetzung!!!

Im Laufe der Geschichte wurde die Erde:

- zuerst als Ebene,
- dann als Kugel und (seit der Newtonschen Mechanik)
- als Rotationsellipsoid betrachtet,

→ also immer als eine möglichst einfache Fläche

Sonstige Ersatzflächen für die Erdoberfläche



- **Kugel:** Ersatzfläche für kleinere Länder
- **Ebene:** Ersatzfläche für Messgebiete
10 km * 10 km

Rotationsellipsoid

Erddimensionen nach		Große Halbachse a	Kleine Halbachse b	Abplattung $\frac{a-b}{a}$
Bessel	1841	6377397 m	6356079 m	1 : 299,15
Hayford	1924	6378388 m	6356912 m	1 : 297
Krassowskij	1944	6378245 m	6356863 m	1 : 298,3
IUGG*	1967	6378160 m	6356775 m	1 : 298,25
IUGG*	1980	6378137 m	6356752 m	1 : 298,257
*Dimensionen aus Satellitenbeobachtungen abgeleitet				

Internationale Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG)

Koordinatensysteme auf der Kugel und dem Ellipsoid



- Geographische Koordinaten
- 3D-Koordinatensystem WGS 84 (World Geodetic System)
- European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89)

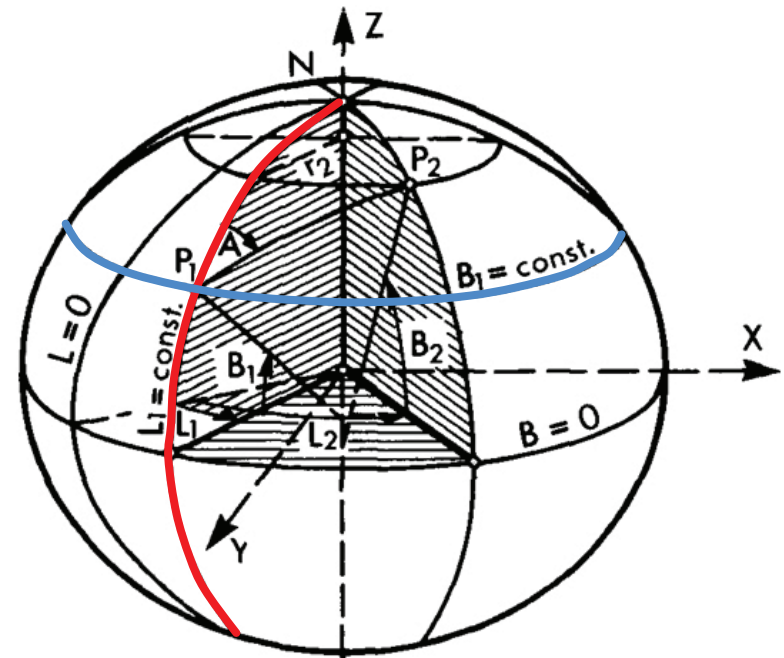
Geographische Koordinaten

Geographische Koordinaten sind als Winkel definiert. Sie werden bezeichnet mit:

	Kugel	Ellipsoid
Geographische Länge	λ	L
Geographische Breite	φ	B

Geographische Koordinaten

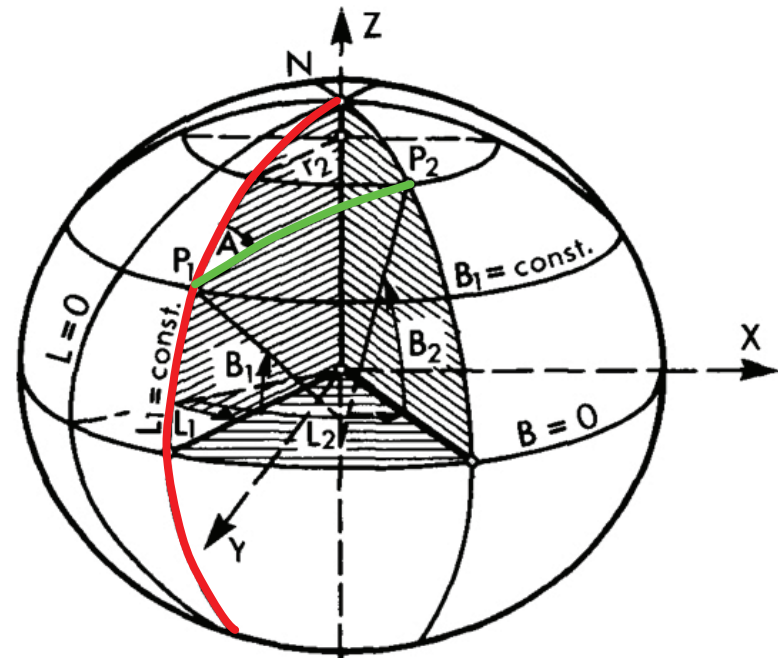
- Die **geographische Länge** eines Punktes P ist der Winkel zwischen der Ebene durch einen Nullmeridian (z.B. Greenwich) und der Meridianebene im Punkt P .
- Die **geographische Breite** stellt den Winkel dar, den die in P errichteten Flächennormale mit der Äquatorebene bildet.



Geographische Koordinaten

- Der Winkel zwischen einer **Oberflächenkurve** und dem **Meridian** in einem Punkt P wird als **Azimut A** bezeichnet und von der Nordrichtung des Meridians im Uhrzeigersinn gezählt.

Das Azimut wird ebenfalls zum System der geographischen Koordinaten gerechnet.



European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89)



- Das ETRS89 und das World Geodetic System 1984 (WGS84) stimmen auf 1-2m überein.
- ETRS89 ist das Basissystem für die deutsche Katasterverwaltung.

Konforme Abbildung des Erdellipsoids in die Ebene durch Gauß-Krüger Meridianstreifen



Soll im Bereich eines ganzen Landes ein einheitliches ebenes Koordinatensystem verwendet werden,

so ist das einfache ebene Koordinatensystem, bei dem keine Korrekturen angebracht wurden,

wegen der mit wachsendem Abstand vom Berührungspunkt rasch zunehmenden Abbildungsverzerrungen ungeeignet.



Konforme Abbildung des Erdellipsoids in die Ebene durch Gauß-Krüger Meridianstreifen

- Zwischen 1820 und 1830 entwickelte C.F. Gauß im Zuge der Hannoverschen Landesvermessung durchgeführten Gradmessungen eine mathematische (unechte) Abbildung, bei der die **Winkel in möglichst geringem Maße verzerrt werden** und daher das Abbild dem Urbild möglichst ähnlich ist.

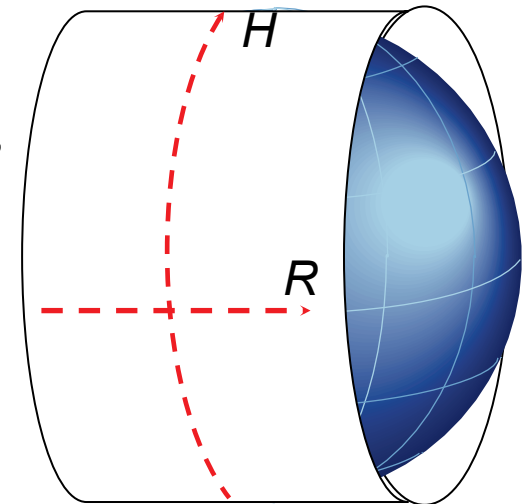


Konforme Abbildung des Erdellipsoids in die Ebene durch Gauß-Krüger Meridianstreifen

- Ähnlichkeit lässt sich nicht im Ganzen, sondern nur im Differentiellen, "in den kleinsten Teilen", erreichen.
- Diese **Gaußsche konforme Abbildung** kann als eine ellipsoidische **transversale Mercatorprojektion** angesehen und näherungsweise geometrisch als **Zylinderprojektion** gedeutet werden.

Konforme Abbildung des Erdellipsoids in die Ebene durch Gauß-Krüger Meridianstreifen

- Der **Zylinder in transversaler Lage** berührt das Erdellipsoid im Hauptmeridian, der nach der Abwicklung des Zylindermantels in der Ebene längentreu (Maßstab 1:1) abgebildet wird.
- Das Bild des Äquators senkrecht zum Hauptmeridian ist die zweite Hauptachse des Koordinatensystems.
- Die ellipsoidischen Ordinaten y stehen lotrecht auf dem Hauptmeridian, konvergieren aber untereinander mit zunehmender Bogenlänge zum Querpol Q.



Konforme Abbildung des Erdellipsoids in die Ebene durch Gauß-Krüger Meridianstreifen



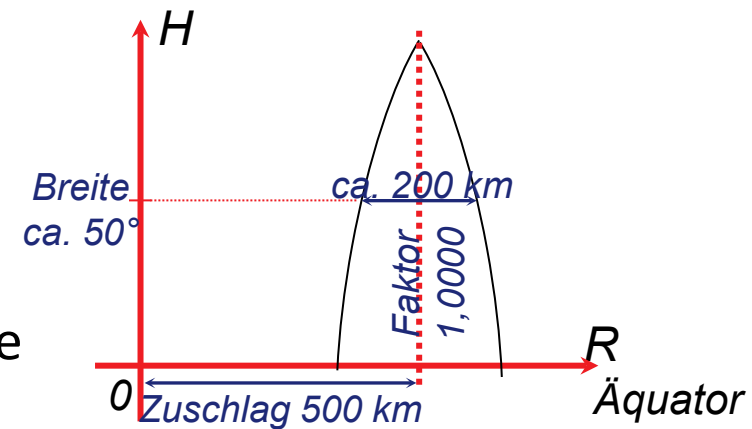
Das Abbildungsverfahren von Gauß wurde von L. Krüger 1912 vervollständigt und zusammenfassend dargestellt.

Daher spricht man in Deutschland vom **Gauß-Krüger Koordinatensystem.**

Gauß-Krüger Koordinatensystem



- Beschränkung der Gaußschen Systeme in Deutschland auf **3° breite Meridianstreifen** um die mit wachsendem Abstand vom Hauptmeridian größer werdenden Längen- und Flächenverzerrungen in annehmbaren Grenzen zu halten.
- Zur Bezugsfläche wurde das **Erdellipsoid von Bessel** erklärt.
- Als **Haupt- oder Mittelmeridiane** wurden die ohne Rest durch 3 teilbaren Meridiane östlich von Greenwich gewählt, z.B. liegt Nordrhein-Westfalen im 2. und 3. Streifen mit den Mittelmeridianen bei 6° und 9° .



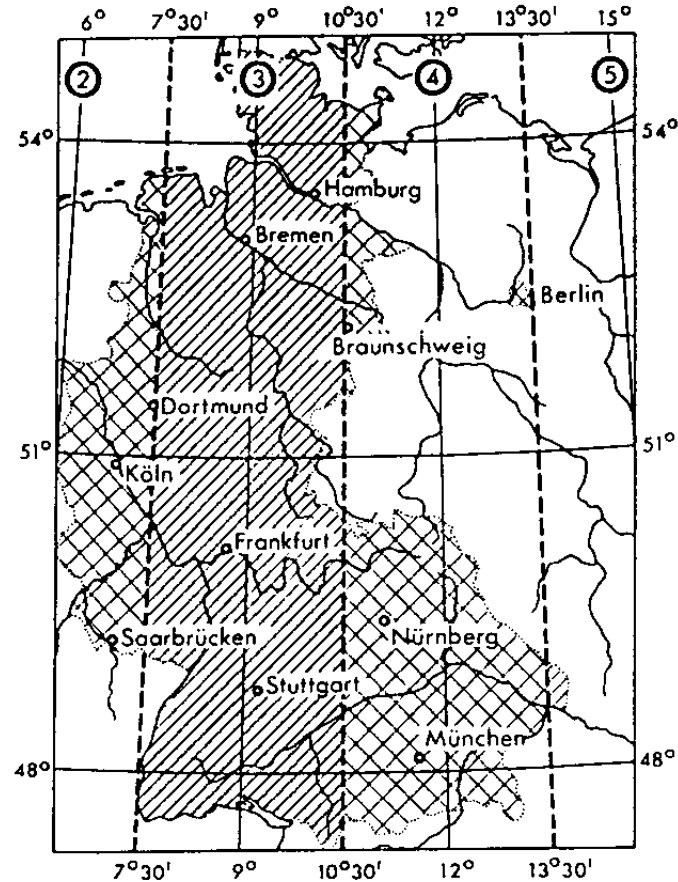
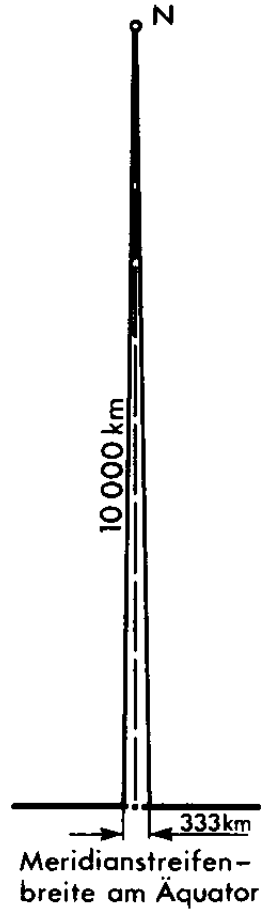
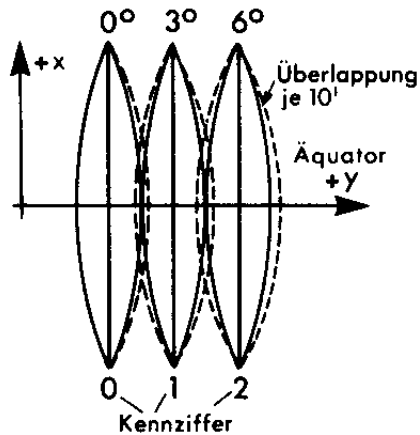
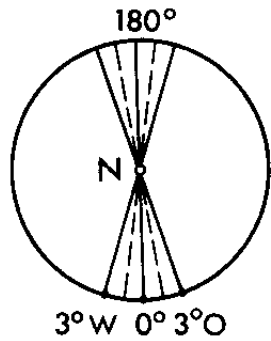


- **Nullpunkt** der nach Norden positiv zählenden und längentreu abgebildeten Abszissen (**Hochwerte x**) ist der Schnitt des Hauptmeridians mit dem Äquator.
- Die Ordinaten (**Rechtswerte y**) zählen vom Hauptmeridian nach Osten positiv.

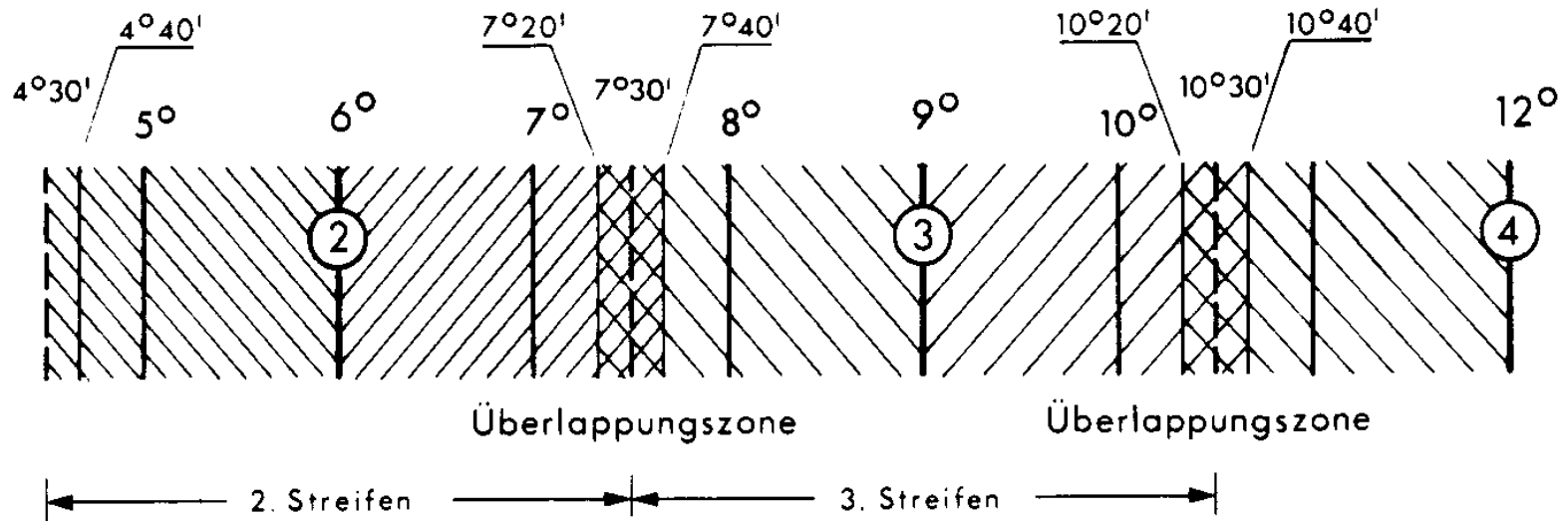
Gauß-Krüger Koordinatensystem

- Zur Vermeidung negativer Werte nach Westen erhält der Hauptmeridian den Rechtswert 500000 m zugeordnet. Außerdem erhält der Rechtswert eine Kennziffer (1, 2, 3,...), die den Meridianstreifen anzeigt.
- Im Bereich einer **Überlappungszone** von 10' beiderseits der *Grenzmeridiane* ($7^{\circ}30'$, $10^{\circ}30'$, usw.) werden nach Bedarf die Lagefestpunkte in beiden Systemen koordiniert. In diesem Bereich beträgt die Längenverzerrung etwa 1,000123.

Gauß-Krüger Koordinatensystem



Gauß-Krüger Koordinatensystem



Gauß-Krüger Koordinatensystem



Beispiel: Ellipsoidisch geographische Koordinaten und ebene rechtwinklige Gauß-Krüger Koordinaten der Turmspitze des Aachener Doms (in der Nähe des Hauptmeridians im 2. Streifen).

Ellipsoidisch geographische Koordinaten	Ebene rechtwinklige Gauß-Krüger Koordinaten
$L = 6^\circ 05' 03'',2318$	$y = 2\,505\,940,53 \text{ m}$
$B = 50^\circ 46' 33'',5262$	$x = 5\,626\,590,37 \text{ m}$

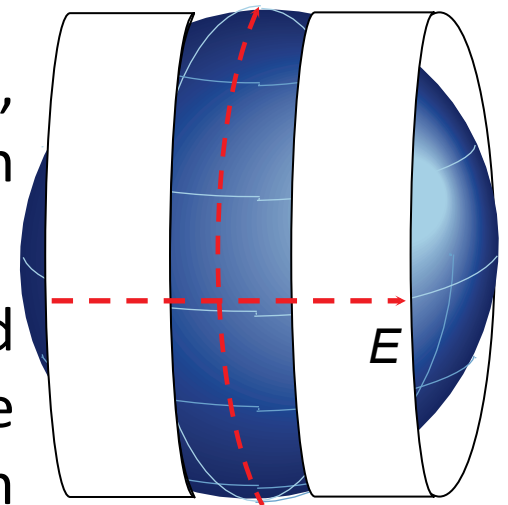
Gauß-Krüger Koordinatensystem



Beispiel: Ebene Gauß-Krüger Koordinaten der Turmspitze der Reinoldikirche in Dortmund
(in der Überlappungszone des 2. und 3. Meridianstreifens).

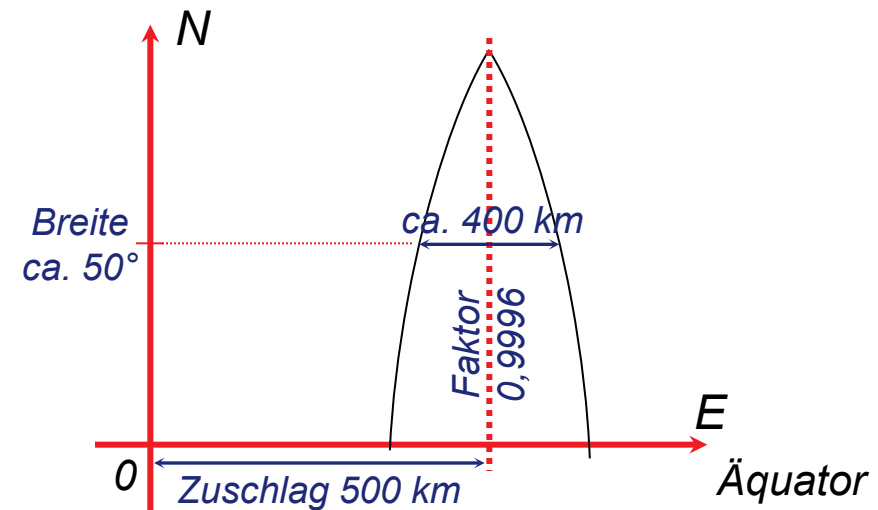
2. Meridianstreifen	3. Meridianstreifen
$y = 2\,601\,891,55 \text{ m}$	$y = 3\,393\,673,97 \text{ m}$
$x = 5\,709\,933,07 \text{ m}$	$x = 5\,710\,023,97 \text{ m}$

- Das **Universale-Transversale-Mercator-System** (UTM-System) ist in seinem Aufbau dem Gauß-Krüger System ähnlich.
- Es unterscheidet sich hauptsächlich dadurch, dass es (in Europa) auf dem Internationalen Erdellipsoid nach Hayford beruht,
- die Meridianstreifen 6° Breite besitzen und nicht der Mittelmeridian, sondern 2 parallele Schnittkurven im Abstand von etwa 180 km beiderseits des Mittelmeridians längentreu abgebildet werden.



Das UTM - System

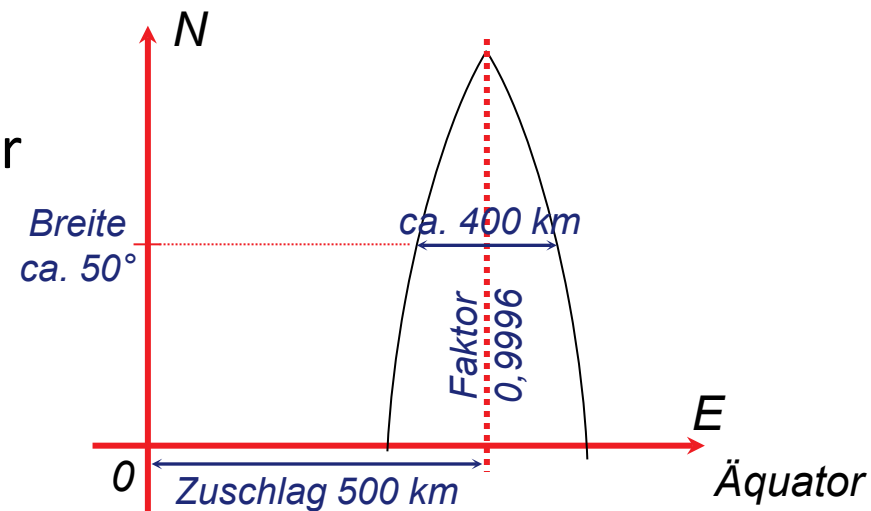
- Der Bereich zwischen den beiden Schnittkurven wird bei der Abbildung verkleinert (bis zum Verjüngungsfaktor 0,9996 beim Mittelmeridian),
- der Außenbereich wird bis zum Faktor 1,00015 am Grenzmeridian (für $\varphi \approx 50^\circ$) anwachsend vergrößert.



Das UTM - System



- Die Zählung der Streifen, hier Zonen genannt, beginnt beim Mittelmeridian 177° westl. Länge mit der Kennziffer 1
- sie geht von West nach Ost bis zur Kennziffer 60 für den Mittelmeridian 177° östlicher Länge.
- Die Bundesrepublik Deutschland wird größtenteils überdeckt von der Zone 9° östlicher Länge mit der Nummer 32.



Das UTM - System



Geographische Koordinaten

Gauß-Krüger Koordinaten

Punkt	L (° ' ")	B (° ' ")	Rechtswerte R (m)	Hochwerte H (m)
Aachen	6 05 03	50 46 33	2 505 936	5 626 574
Rostock	12 05 57	54 04 18	4 506 492	5 994 003
Oldenburg	8 13 03	53 09 36	3 447 666	5 892 105

Geographische Koordinaten

UTM- Koordinaten

Punkt	L (° ' ")	E (° ' ")	E (m)	N (m)
Aachen	6 05 03	50 46 33	32 294 382	5 628 815
Rostock	12 05 57	54 04 18	33 310 075	5 995 350
Oldenburg	8 13 03	53 09 36	32 447 616	5 890 189