



---

## **Ein neues bundeseinheitliches Bezugssystem: *ETRS89***

Wie Ihnen bekannt ist, wird das neue Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem **ALKIS gleichzeitig mit dem Lagebezug ETRS89/UTM in Nordrhein-Westfalen** eingeführt (Näheres entnehmen Sie bitte meiner homepage [www.vermessung-behr.de](http://www.vermessung-behr.de)).

Ich halte es für wichtig, Sie auf die damit **neu entstehenden Probleme für Ihre tägliche Arbeit** hinzuweisen.

Nachfolgend habe ich daher versucht, Ihnen die Problematik näher zu bringen. Ich hoffe, etwas „Licht“ in Koordinatensysteme, Abbildungen etc. gebracht zu haben.

Ich verstehe es auch gerade als Öffentlich bestellter Vermessungsingenieur als meine Aufgabe, Sie darauf hin zu weisen, **vorsichtig und verantwortungsvoll mit Daten und Koordinaten umzugehen**, die Sie beispielsweise als **ALK-Daten oder Liegenschaftskarten** von den Katasterbehörden erhalten.

Nach wie vor und **nach Einführung des neuen Bezugssystems** umso mehr sind **örtlich gemessene Daten bei Planungsgrundlagen und den daraus abzuleitenden Entscheidungen unserer Meinung nach heute unerlässlich**.

Ich würde mich freuen, wenn ich Ihnen helfen konnte und Sie in Zukunft weiter mit dem Ihnen bekannten Engagement bei Ihren Aufgaben unterstützen kann.

*Gern stehe ich Ihnen zu einem persönlichen Gespräch jederzeit zur Verfügung.*

## **Die Auswirkungen des neuen Bezugssystems ETRS89 in der Praxis**

**Geodaten bilden die Grundlage für wirtschaftliche, wissenschaftliche und administrative Überlegungen und Entscheidungsprozesse.**

**Das Geoinformationswesen wird neu strukturiert.** Ein Teil dieser multidisziplinär angelegten Neustrukturierung ist die Umstellung der Geodatenbestände auf ein neues Lagebezugssystem mit dem Ziel der Schaffung eines grenzüberschreitenden globalen Informationssystems.

Die Europäische Union hat mit dem Erlass der Richtlinie „Infrastructure for Spatial Information in the European Community (**INSPIRE**)“ am 15. Mai 2007 diese Neustrukturierung des Geoinformationswesens beschlossen, die innerhalb von zwei Jahren von den Mitgliedsstaaten durch ein INSPIRE-Gesetz umgesetzt werden mussten, um eine **europaeinheitliche Geodateninfrastruktur** aufzubauen.

Über die INSPIRE-Richtlinien werden fachliche und technische Einzelheiten für die Bereitstellung von Geodaten definiert.

Die Daten aus den unterschiedlichen Fachdisziplinen müssen dazu in einen einheitlichen Raumbezug überführt werden, um die ganzen Potentiale eines globalen Informationssystems ausnutzen zu können.

**ETRS89 repräsentiert diesen einheitlichen Raumbezug.**



---

## Koordinatenreferenzsystem

Koordinaten sind Zahlen, die Positionen angeben. Zum fachgerechten Umgang mit Koordinaten benötigt man neben den Koordinatenwerten noch zusätzliche Informationen, damit es nicht zu Verwechslungen und damit u.U. zu wirtschaftlichen Schäden kommt.

Die ISO 19111 (Geoinformation – Raumbezug durch Koordinaten) legt fest, welche beschreibenden Angaben beim Austausch von Koordinaten unbedingt zu übermitteln sind und bezeichnet diese als Bezugssystem der Koordinaten, das sogenannte Koordinatenreferenzsystem(CRS).

Das Koordinatenreferenzsystem besteht immer genau aus einem geodätischen Bezugssystem und einem Koordinatensystem.

### **Koordinatenreferenzsystem = geodätisches Bezugssystem + Koordinatensystem**

Das **Geodätische Bezugssystem** – im Sprachgebrauch der ISO 19111 als **geodätisches Datum** bezeichnet – ist der **physikalische Bestandteil** des Koordinatenreferenzsystems (z.B. ETRS89, RD/83, 42/83).

Das **Koordinatensystem** hingegen ist der **mathematische Bestandteil** des Koordinatenreferenzsystems, der Code, mit dem Punktpositionen Zahlenwerte zugeordnet werden (z.B. 3GK, 6GK, UTM, Lat-Lon, X-Y-Z).

Koordinaten sind nur eindeutig, wenn das Koordinatenreferenzsystem vollständig angegeben ist. Dies wird anhand der folgenden Graphik und Tabellen verdeutlicht.

Koordinaten eines Punktes bei gleichbleibendem Koordinatensystem (hier ellipsoidische Koordinaten) aber unterschiedlichen Bezugssystemen:

RD/83	51° 10' 21,51233"	13° 29' 34,24888"
42/83	51° 10' 18,45991"	13° 29' 34,52416"
ETRS89	51° 10' 17,01250"	13° 29' 28,00674"

*HINWEIS:* Die sich ergebenden Koordinatendifferenzen gelten streng genommen nur für diesen Punkt

Koordinaten eines Punktes bei gleichbleibendem Bezugssystem (hier RD/83) aber unterschiedlichen Koordinatensystemen:

6GK3	5671789,780	3394609,919
3GK4	5671769,373	4604389,747
3GK5	5671789,780	5394609,919
Lat-Lon	51° 10' 21,51233"	13° 29' 34,24888"

*HINWEIS:* Die sich ergebenden Koordinatendifferenzen gelten streng genommen nur für diesen Punkt



---

## Geodätische Bezugssysteme

Ein **geodätisches Bezugssystem** wird zunächst durch eine Reihe von Festlegungen theoretisch definiert, z.B. das zu verwendende **Bezugsellipsoid** sowie bestimmte anzuwendende physikalische Größen und Formeln. Die Bezugssystemdefinition wird anschließend durch Festpunkte und deren Koordinaten, den sogenannten Referenzrahmen, realisiert.

Damit wird das Bezugssystem für Vermessungen nutzbar.

**Bezugssystem = Definition/Konvention + Referenzrahmen**

Das geodätische Datum eines Bezugssystems ist die sich aus den Koordinaten der Punkte des Bezugsrahmens ergebende Lagerung des zugrunde liegenden dreidimensionalen Koordinatensystems gegenüber dem dreidimensional-kartesischen Koordinatensystem des übergeordneten globalen, geozentrischen, terrestrischen Referenzsystems.

## ETRS89

Das European Terrestrial Reference System 1989 (**ETRS89**) ist ein **dreidimensionales geodätisches Bezugssystem**, das aus dem globalen Referenzsystem ITRS (International Terrestrial Reference System) abgeleitet ist.

Die Systemdefinition des ITRS enthält ein im Massemittelpunkt der Erde gelagertes, mit der Erde fest verbundenes dreidimensional-kartesisches Koordinatensystem (ECEF-Koordinatensystem) und den Verweis auf das globale Referenzellipsoid des GRS80 (Geodetic Reference System 1980).

Das ITRS wird vom Internationalen Erdrotationsdienst durch den periodisch berechneten ITRF (International Terrestrial Reference Frame) mittels hochgenauer Messungen global verteilter Beobachtungsstationen realisiert.

Aufgrund der Bewegungen der Kontinentalplatten verändern sich die Koordinaten von Festpunkten im ITRS. Das ETRS89 ist auf dem stabilen Teil der eurasischen Kontinentalplatte festgelegt und durch die Festsetzung der Koordinaten der europäischen Punkte des ITRF89 mit ihren auf die Epoche 01.01.1989 (1989.0) reduzierten Koordinaten (ETRF89) definiert.

Das ETRS89 ist deshalb gegenüber Bewegungen zwischen den Kontinentalplatten invariant und eignet sich daher als Basis für eine einheitliche europäische geodätische Infrastruktur.



## **Koordinatensysteme**

Innerhalb eines geodätischen Bezugssystems gibt es mehrere Möglichkeiten, die Position eines Punktes durch Koordinatenwerte anzugeben. Koordinatensysteme sind die dazu verwendeten Codesysteme.

Hauptsächlich sind folgende Koordinatensysteme in Gebrauch:

zweidimensional:

- Gauß-Krüger-Koordinaten im 3°-Streifensystem (3GK)
- UTM-Koordinaten
- ellipsoidische Koordinaten

dreidimensional:

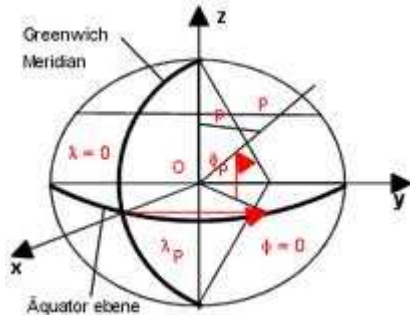
- ellipsoidische Koordinaten
- kartesische Koordinaten
- 2D-Koordinaten in Kombination mit einer physikalisch definierten Gebrauchshöhe oder einer ellipsoidischen Höhe

**In der täglichen Vermessungspraxis wird zumeist mit ebenen (in die Ebene projizierten) Koordinaten gearbeitet, die auch Lagekoordinaten genannt werden.** Die Koordinatensystemdefinition beinhaltet in diesem Fall eine Projektionsmethode und entsprechende Parameter.



## Die Problematik dreidimensionaler Koordinatensysteme in der Praxis

### Geografische Koordinaten:



Geografische Koordinaten werden angegeben mit der geografischen Länge ( $\lambda$ ) und der geografischen Breite ( $\varphi$ ) in Grad ( $^\circ$ ), Minuten ( $60'$ ) und Sekunden ( $60''$ ).

Die **Kugel** stellt die Erde als einfaches Modell dar, bei genauer Betrachtung ist die **Erde** aber an den Polen **leicht abgeplattet** und die Erdachse ist dadurch um ca. 40 km verkürzt. Grund dafür sind die Rotationskräfte der Erdumdrehung.

Diese Form der Erde wird als **Rotationsellipsoid** bezeichnet.

Geophysikalisch betrachtet ist die Erde ein **Geoid**. Bildlich gesehen setzt sich dabei die ruhende Meeresoberfläche im Bereich der Kontinente unterirdisch fort. Diese gleichmäßige Oberfläche erhält jedoch durch die unterschiedliche Massenverteilung im Erdinneren leichte „Dellen“. Die Höhenangaben in den topografischen Karten beziehen sich auf diese Geoidform.

**ETRS89**, aber auch schon das alte DHDN90-System, **besteht aus dreidimensionalen Koordinaten**, die für den Anwender (Planer, Architekten etc.) wenig geeignet sind.

**Die Praktiker benötigen ebene Darstellungen, die in eine Zeichnung projizierte Maße beinhalten.** Dies erreicht man nur durch Projektionen, im alten System durch die Gauß-Krüger-Projektion, **in ETRS89 wird dies durch UTM-Projektion erreicht.**

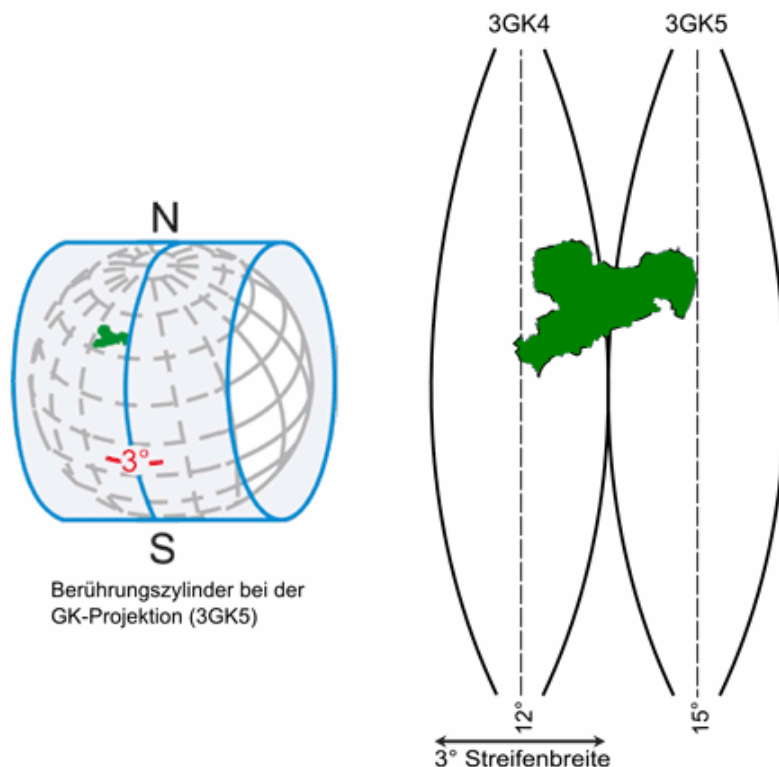


## Koordinatensysteme

### 3°-Gauß-Krüger-Koordinatensystem

Beim heute in Deutschland gebräuchlichen 3°-Gauß-Krüger-Koordinatensystem (3GK) werden ausgehend vom Nullmeridian, der durch die Sternwarte Greenwich bei London festgelegt ist, 3° breite Abbildungsstreifen verwendet.

Der Abbildungszyylinder ist demnach ein Berührungszylinder, der am Mittelmeridian anliegt.



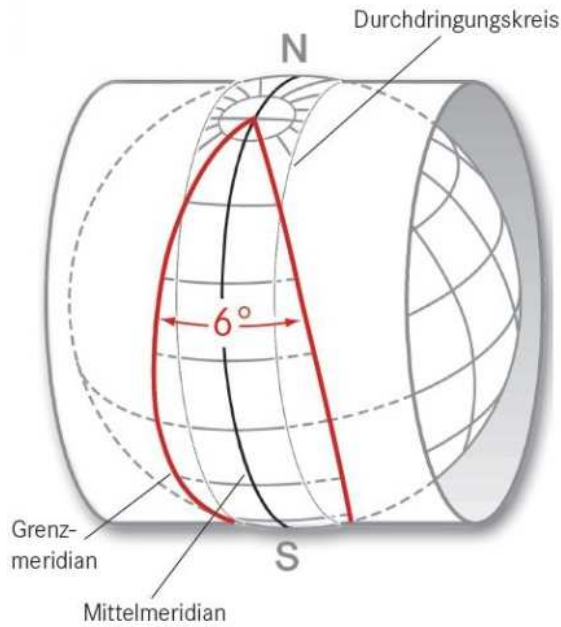
### Berührungszylinder und Abbildungsstreifen bei Gauß-Krüger-Koordinaten

Der **x-Wert** wird als **Hochwert** bezeichnet. Der **Äquator** bildet die **y-Achse** des Koordinatensystems. Der **y-Wert** wird als **Rechtswert** bezeichnet.

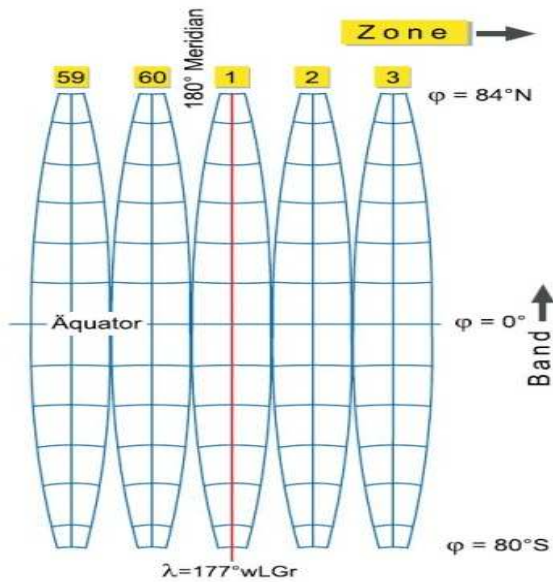
Der Rechtswert wird nach Osten positiv gezählt. Dem Schnittpunkt der y-Achse mit dem Mittelmeridian wird jeweils der Rechtswert 500000 m zugewiesen, um negative Rechtswerte zu vermeiden. Zur Streifenkennzeichnung wird dem Rechtswert die Kennziffer 4, wenn der Punkt im vierten Meridianstreifen koordiniert ist, oder die Kennziffer 5, wenn der Punkt im fünften Meridianstreifen koordiniert ist, vorangestellt. Die nach Norden positive Zählung des Hochwertes beginnt am Äquator mit 0.



### Die UTM-Projektion in ETRS89:



Schematische Darstellung der querachsigen Schnittzylinder-Abbildung mit Meridianstreifen von  $6^\circ$  Ausdehnung.



Meridianstreifen-Schema der UTM-Abbildung



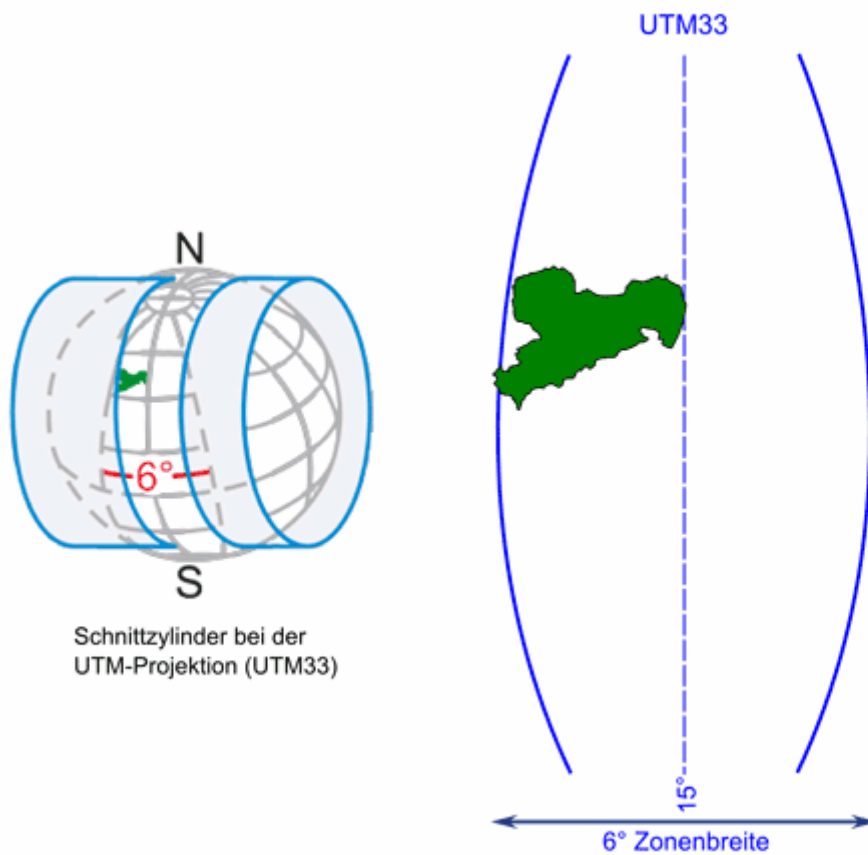
## UTM-Koordinatensystem

Beim UTM-Koordinatensystem werden **6° breite Abbildungszonen** verwendet. Die Zählung der Zonen beginnt am Meridian 177° westlicher Länge.

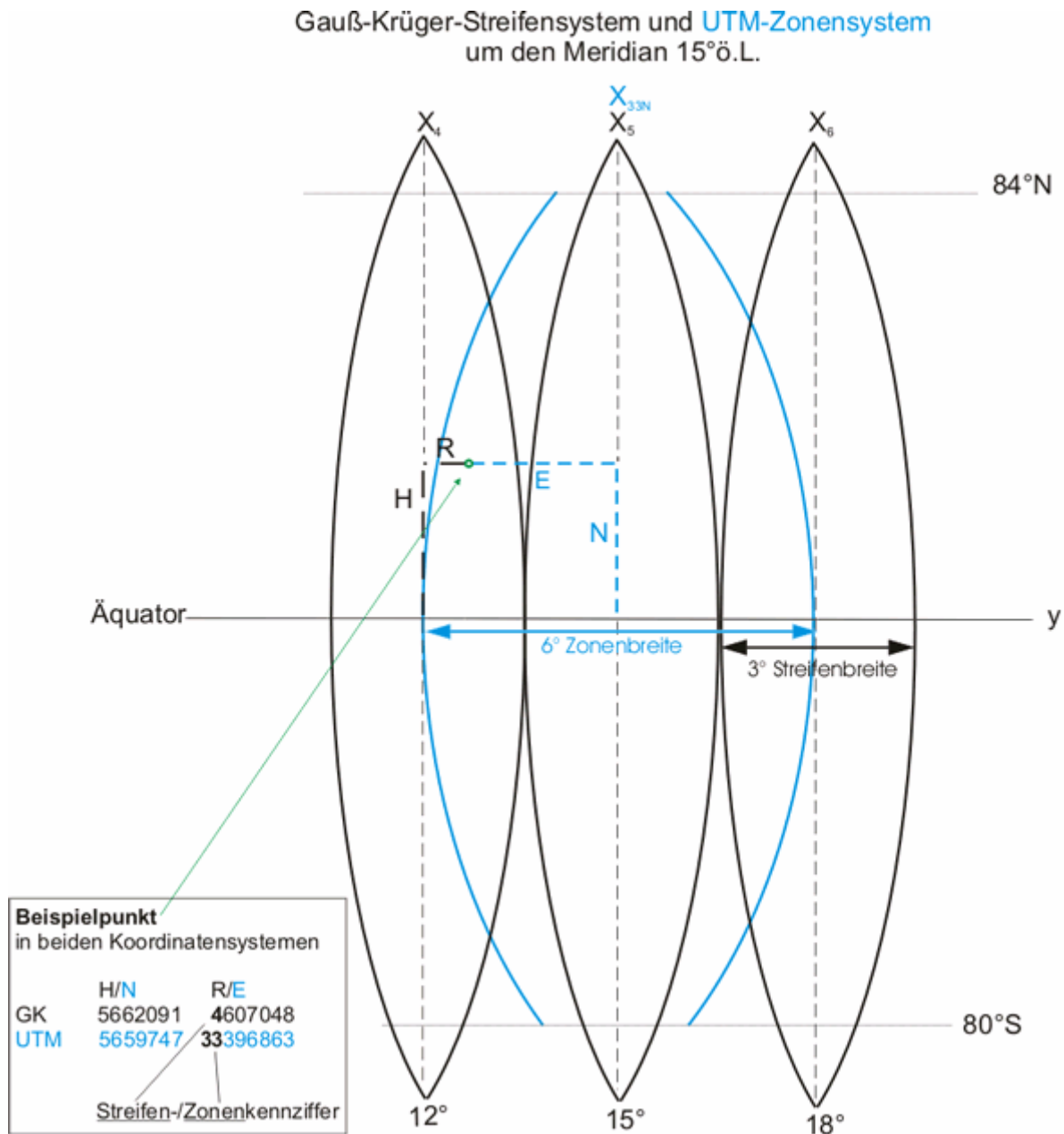
Der **Mittelmeridian** der jeweiligen Zone bildet die **x-Achse** des Koordinatensystems.

Er wird im Gegensatz zum **Gauß-Krüger-Koordinatensystem** mit dem Maßstabsfaktor **0,9996** abgebildet.

Der Abbildungszylinder ist demnach ein **Schnittzylinder**.







In der **täglichen Vermessungspraxis** wird zumeist mit **ebenen** (in die Ebene projizierten) **Koordinaten** gearbeitet, die auch **Lagekoordinaten** genannt werden.

Die Koordinatensystemdefinition beinhaltet in diesem Fall eine Projektionsmethode und entsprechende Parameter.

Das 3GK- und das UTM-Koordinatensystem verwenden z.B. beide die querachsige Zylinderprojektion (Transversale Mercator Projektion), welche Winkeltreue gewährt.



**Aufgrund der unterschiedlichen Maßstabsfaktoren, mit denen der jeweilige Mittelmeridian abgebildet wird, unterscheiden sich jedoch Gauß-Krüger-Koordinaten von im selben geodätischen Bezugssystem vorliegenden UTM-Koordinaten, selbst bei identischem Bezugsmeridian, erheblich.**

## **Umstellung in ETRS89**

Es ist eine komplexe Aufgabe: die Umstellung der Geodatenbestände auf das neue Lagebezugssystem ETRS89 mit der UTM-Abbildung.

Meistens liegen die alten Daten im Lagebezugssystem DHDN90 (Deutsches Hauptdreiecksnetz 1990) in der Gauß Krüger Projektion vor.

Eine **fachgerechte geodätische Transformation**, auf die nicht näher eingegangen werden soll, liefert einen *bestmöglichen Übergang*.

**Die schlechten Daten im alten System bleiben auch nach einer Transformation schlechte Daten im ETRS89/UTM.**

Was war das alte System? Wir reden vom DHDN90/Gauß Krüger Lagebezugssystem. Es war ein System, dessen Anfänge auf die Mitte des 19. Jahrhunderts zurückgehen. Ein System, das die Franzosen mit ihrer Landstriangulation begannen und das von Preußen soweit fortgeführt wurde, bis das erste landesweite Lagebezugssystem geschaffen war. (Erinnern wir uns an den letzten 10-DM Schein, mit Gauß auf einer Seite und dem Hauptdreiecksnetz unten rechts.)

Diese Pioniere der Geodäsie schafften es, bis heute gültige Grundlagen der Landesvermessung zu erstellen. Eine wahrlich bewundernswerte, großartige Leistung. Dabei waren die technischen Möglichkeiten von damals in keinster Weise mit den heutigen Möglichkeiten vergleichbar.

Auch die Neuvermessungen der letzten Jahrzehnte mit genaueren Messgeräten konnten nie ein vollständig spannungsfreies Netz schaffen.

Bis zum heutigen Tage haben wir mit dem DHDN90/Gauß Krüger ein teilweise **inhomogenes Lagebezugssystem** und dazu noch ein lokales, auf Deutschland bezogenes Landessystem.

**Keine Projektion** aber **erreicht**, dass **die unförmige Gestalt der Erde eindeutig und verzerrungsfrei** abgebildet werden kann, es kann bestenfalls eine bestmögliche Abbildung erreicht werden.



Wichtig ist jedoch festzuhalten:

**Egal auf welche Art die Transformation in das ETRS89 erfolgt, sie bringt einen Genauigkeitsverlust!**

*Der wesentliche Unterschied zum alten System:*

**ETRS89 ist ein globales, homogenes, spannungsfreies Lagebezugssystem!**

Das ETRS89 Lagebezugssystem basiert auf einem geozentrischen Koordinatensystem, dessen Nullpunkt im Geozentrum, dem Massenmittelpunkt des Erdkörpers liegt. Seine hohe Genauigkeit und überregionale Anwendung wurde erst durch die Satellitengeodäsie möglich, sie war der Wegbereiter des neuen ETRS89.

**ETRS89: Warum gerade dieser Raumbezug**

Immer schon stellt sich Geodäten die Frage, **wie man die Erde am besten abbilden kann.**

Es gab viele Antworten auf diese Frage, **keine war bisher eindeutig, universal.** So gibt es immer noch eine **Vielzahl von historischen lokalen oder regionalen Koordinatensystemen** und Abbildungsvorschriften. **Alle haben einen entscheidenden Nachteil:** Sie sind **nicht kompatibel zueinander** und enden mindestens schon in Deutschland an Ländergrenzen, mindestens aber an Staatsgrenzen!

Daher wurde **ETRS89** geschaffen: ein **globales, europaweit gültiges Bezugssystem.**

Die unförmige Figur der Erde (Geoid) und ihre geometrische Repräsentanz werden am besten mit einem fest definierten Bezugskörper (Ellipsoid) des WGS84/ETRS89 dargestellt.

Die Universale transversale Mercatorprojektion (**UTM Abbildung**) wurde als Kartenprojektion eingeführt.

Das Satellitenortungsverfahren (GPS) mit seiner operationellen und standardisierten Nutzung ist ein weiterer Grund für die Einführung des ETRS89 als überregionales Lagebezugssystem. Die Bereitstellung von globalen Satellitennavigationssystemen, sog. GNSS-Systemen (global navigation satellite system), ermöglicht es uns heute mit geeigneten Empfängern direkt Koordinaten im ETRS89 zu erzeugen. GNSS-Systeme sind heute das US-amerikanische NAV-Star GPS, das russische GLONASS und irgendwann einmal das europäische GALILEO.



In Verbindung mit einem lokalen Satellitenpositionierungsdienst stellen GNSS-Systeme heute den geodätischen Raumbezug zur Verfügung. Damit sind **physische Repräsentanzen/Realisierung amtlicher Festpunktfelder**, wie z.B. TP's, weitestgehend **durch ein neues, satellitengestütztes, „virtuelles“ Festpunktnetz ersetzt** worden.

### **Worauf der Anwender zu achten hat:**

**In einer UTM-Zone treten je nach Abstand des Projektionsgebietes zu dem Zentralmeridian** (geografische Länge) **unterschiedliche Abbildungsmaßstäbe** auf, **die nicht vernachlässigt werden dürfen**. Unsere Messinstrumente können diesen variablen Abbildungsmaßstab berücksichtigen, wir nennen sie „geometrische Reduktionen“. Auch nehmen wir an unseren Meßwerten - über die zur Verfügung stehende Software - meteorologische und instrumentelle Korrekturen vor.

Mit all diesen von uns angebrachten Reduktionen ermitteln wir Koordinaten, die sich auf die **Bezugsfläche** des ETRS89 beziehen.

Die Bezugsfläche von globalen Koordinatensystemen (Ellipsoide) approximieren die Form der Erde (Geoid) am besten, alle Koordinaten beziehen sich somit auf eine eindeutig beschreibende, geometrische Figur.

Das ETRS89 wird auf dem Ellipsoid GRS80 (geodetic refernce system 1980) abgebildet.

### ***Was bedeutet dies für den Anwender?***

#### **Umgang mit Streckenverzerrungen**

**Bei UTM-Koordinaten** im Gegensatz zu 3GK-Koordinaten **treten auch negative Streckenverzerrungen auf und die maximalen Absolutbeträge sind höher**. Dies ist einerseits dem Umstand geschuldet, dass hier die Meridianstreifen doppelt so breit sind wie bei 3GK, zum anderen wirkt sich die Verkürzung des Bezugsmeridians um den Faktor 0,9996 aus. Zusätzlich treten sowohl bei UTM als auch bei 3GK Streckenverzerrungen wegen der Höhe des Messhorizontes über dem jeweiligen Bezugsellipsoid auf.

Die UTM-Abbildung **dehnt Bereiche** zwischen den Durchdringungskreisen und Grenzmeridianen und **staucht Bereiche** zwischen Mittelmeridian und den Durchdringungskreisen. Der Mittelmeridian weist eine Verkürzungsfaktor von 0,9996 auf, d.h. die Stauchung des Mittelmeridians beträgt demnach in der Natur etwa 40 cm/km, **an den Rändern treten die größten Verzerrungen auf**.



Das führt letztendlich dazu, dass **im ETRS89 noch mehr als im alten System**, dort wurden 3°-Streifen anstelle der jetzigen 6°-Streifen angewandt, die **Abbildungsverzerrungen nicht mehr vernachlässigt werden dürfen**.

Messen wir zum Beispiel eine Strecke, die auf einer Geländehöhe von 45m NHN liegt, **muß diese Strecke angepasst werden, um sie in einem CAD-System anwenden zu können**.

**Zuerst muss die gemessene Strecke auf die Bezugsfläche** (in unserem Beispiel – 45 m zuzüglich der sog. Geoidundulation) **reduziert werden**, danach muss der **ortsabhängige Abbildungsmaßstab angebracht werden und erst dann endlich kann die Strecke in das CAD-System eingebracht werden**. Es ist schon eine komplizierte Vorgehensweise, sie offenbart den wirklich einzigen Nachteil des ETRS89/UTM.

**Sollen Geometriedaten in CAD-Systemen bearbeitet, gilt natürlich das gleiche Vorgehen, in umgekehrter Reihenfolge**.

So werden **heute alle Daten häufig durcheinander gerührt**, es werden die Maße aus Architektenplänen **ohne Berücksichtigung der Reduktionen** in ETRS89/UTM-Pläne eingearbeitet oder umgekehrt.

Das **Ergebnis** sind u.a.: **falsche Absteckungsdaten**, die zu groben Fehlern führen, **falsche Grundlagen für Planungsarbeiten**.

Letztendlich führt es zu **inkonsistentem Datenmaterial**.

**Es ist nicht mehr möglich nachzuverfolgen, wie, wann und was eingearbeitet wurde**.

## **Die Konsequenz der Einführung von ETRS89/UTM für den Praktiker**

kann nur sein, **in einem einheitlichen Workflow unter Beachtung der erforderlichen Reduktionen**

- **die Messdaten zu ermitteln,**
- **den Grundlagenplan danach zu erarbeiten,**
- **in diesen Grundlagenplan die Planung einzuarbeiten und**
- **letztendlich nach diesen Daten die Absteckung der Projekte in der Örtlichkeit durchzuführen.**

***Die tatsächlich örtlich gemessenen Daten sollten Grundlage und Bestandteil Ihrer Planungsunterlagen sein!***

***Ersparen Sie sich die mit Sicherheit auftretenden gravierenden und finanziell schwerwiegenden Fehler bei anderem Vorgehen!***



## Öffentlich bestellter Vermessungsingenieur Dipl.-Ing. Hans R. Behr

Aachener Straße 6, 46483 Wesel

Tel: 0281 – 1 64 54 16; Fax: 0281 – 1 64 54 31; Email: behr@vermessung-behr.de

---

### Quellen:

- Erlass der Richtlinie „Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)“ vom 15. Mai 2007,
- Veröffentlichungen der ADV (Arbeitsgemeinschaften der deutschen Vermessungsverwaltungen),
- Veröffentlichungen der Landesvermessungsämter.