Information und Beratung

Weitere Informationen zu Lage-, Höhen- und Schwerewerten und graphischen Daten (Festpunktbilder, Festpunktbeschreibungen), zu technischen Einzelheiten, Abgabebedingungen sowie konkreten Kosten für den Bezug erteilt das:

Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern
Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen
Lübecker Straße 289
19059 Schwerin

Tel.: 0385 4801-3421, -3422 Raumbezugsdaten
0385 4801-3101 Detailinformationen zu Bezugssystemen
Fax.: 0385 4801-3092
E-Mail.: Raumbezug@laiv-mv.de
Internet: http://www.lverma-mv.de
www.laiv-mv.de

Das Landesamt für innere Verwaltung (LAiV) informiert mit einer Faltblatt-Serie über das Geoinformations-, Vermessungs- und Katasterwesen. Zu folgenden Themen sind bisher Faltblätter erschienen, die kostenlos beim LAiV erhältlich sind:

- Basisinformationssystem des Liegenschaftskatasters
  ALB Automatisiertes Liegenschaftsbuch
- Basisinformationssystem des Liegenschaftskatasters
  ALK Automatisierte Liegenschaftskarte
- Geoinformationen Landesvermessung
  ATKIS® Digitale Landschaftsmodelle
  Digitale Geländemodelle
- Geodätischer Raumbezug
  Lehrpfad Geodätische Vermarkungen
- SA*POS*® Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung
- Kalibrierung elektrooptischer Distanzmessgeräte (EDM)
  Landeskalibriereinrichtung Mecklenburg-Vorpommern
- Merkblatt über die Bedeutung und Erhaltung der Festpunkte
- Topographische Landeskartenwerke
  Neue Topographische Karten
  1:10 000 (DTK10), 1:25 000 (DTK25), 1:50 000 (DTK50)
- Topographische Landeskartenwerke
  Topographische Karten 1:10 000 (DTK10)
  Zeichenerklärung
- Topographische Karten
  KENNEN LERNEN, VERSTEHEN, NUTZEN
- Musterblatt und Zeichenerklärung für die Karte des Deutschen Reiches 1:100 000
- Historische topographische Karten

Herausgeber:
© Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern
Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen
Lübecker Straße 289
19059 Schwerin
Tel.: 0385 4801-0

Druck:
Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern

Stand: Oktober 2008

Höhenbezugssysteme

Ein Höhenbezugssystem wird durch eine Höhenbezugsfläche (Geoid, Niveauellipsoid, Quasigeoid) und ihren Abstand von einem fundamentalen Höhenfestpunkt (z. B. Normalhöhenpunkt) festgelegt.

Das Bezugssystem wird durch örtlich vermarkte Höhenfestpunkte (HFP) realisiert. Dazu gehören neben den Nivellementpunkten (NivP) des amtlichen Nachweises auch sonstige Höhenfestpunkte (SHP).

Das **amtliche Höhenbezugssystem** in Mecklenburg-Vorpommern wird durch die Nivellementnetze 1. bis 4. Ordnung realisiert. Es werden NHN-Höhen (NHN = Normalhöhennull), bezogen auf den Pegel Amsterdam, berechnet.

Als Höhe, auch Kote, eines Punktes wird der Abstand von einer Bezugsfläche bezeichnet. Neben den NHN-Höhen sind noch NN-Höhen (NN = Normalnull, alte Bundesländer) und HN-Höhen (HN = Höhennull, neue Bundesländer) gebräuchlich.

NN-Höhen gehen von einer durch den Normalnullpunkt (Pegel Amsterdam) verlaufenden Bezugsfläche aus. Ab 1912 wird die normalorthometrische Reduktion angebracht, die die Änderung der Schwere infolge der Erdabplattung berücksichtigt. Man spricht daher von normalorthometrischen Höhen.

NHN- bzw. HN-Höhen sind Normalhöhen und beziehen sich auf ein Quasigeoid. Bei ihrer Berechnung wird neben der normalorthometrischen Reduktion auch der Einfluss tatsächlich gemessener Oberflächenschwerewerte berücksichtigt.

Das Quasigeoid als Bezugsfläche entsteht durch Abtragen der Normalhöhen von der Erdoberfläche nach unten. Es fällt im Meeresbereich mit dem Geoid zusammen.

Das Geoid als Bezugsfläche für geopotenzielle Koten ist die Niveaufläche des von verschiedenen Einflüssen befreiten Erdschwerefeldes in Höhe des mittleren Meeresniveaus.

Moderne Nivellementnetze werden in geopotenziellen Koten ausgeglichen, wobei diese Koten als Potenzialdifferenz zwischen dem Geoid und der Erdoberfläche aus gemessenen Schwerewerten und Höhenunterschieden berechnet werden.

Die geopotenziellen Koten sind Grundlage zur Ableitung folgender Höhenarten:

Normalhöhe (H_N)
Quotient aus geopotenzieller Kote und mittlerer Normalschwere, die hypothesenfrei berechnet werden kann.
Die Normalhöhen ermöglichen bei Kenntnis der Quasigeoidundulation eine exakte Überführung in ellipsoidische Höhen, die bei satellitengestützten Verfahren ermittelt werden, und umgekehrt.

Orthometrische Höhe (H_O)
Quotient aus geopotenzieller Kote und mittlerem Schwerewert entlang der Lotlinie. Dieser Schwerewert ist nicht messbar, so dass Hypothesen getroffen werden müssen.

Dynamische Höhe (H_D)
Quotient aus geopotenzieller Kote und Schwerewert, der für alle Punkte eines Höhensystems konstant ist.
Dieses System wird in der Landesvermessung nicht genutzt, da die Schwerereduktionen hohe Beträge erreichen würden.

Weitere Höhenarten sind:

Normalorthometrische Höhe (H)
Abstand eines Punktes von Normalnull (NN). Dabei ergibt sich die NN-Fläche durch Abtragen der NN-Höhe nach unten.
NN-Höhen sind Näherungswerte für orthometrische Höhen.

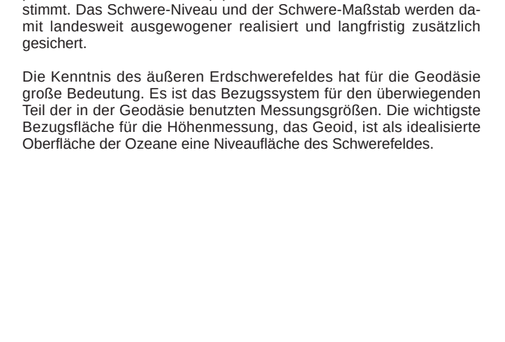
Ellipsoidische Höhe (H_E)
Länge der Ellipsoidnormalen zwischen einem Punkt der Erdoberfläche und dem Referenzellipsoid (z. B. GRS80).

Die dem Abschnitt Höhenbezugssysteme nachgestellte Tabelle gibt einen Überblick über die Höhenbezugssysteme in Mecklenburg-Vorpommern.

Amtliches geodätisches Bezugssystem der Höhe in MV ist seit 2005 das System des Deutschen Haupthöhennetzes 1992 (DHHN 92).
Neben den Höhen des amtlichen Höhenbezugssystems liegen für eine geringe Anzahl von Höhenpunkten im Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen auch NN-Höhen vor. In den alten Bundesländern werden teilweise noch NN-Höhen als amtliche Höhen ausgewiesen (z. B. DHHN 85). In einzelnen Institutionen sind Höhen im System 1912 (DHHN12) noch heute im Gebrauch.

Die Differenz zwischen den in der Tabelle genannten Systemen bewegt sich in Mecklenburg-Vorpommern in folgendem Bereich:

Höhen über Pegel Amsterdam minus **Höhen über Pegel Kronstadt**
(NN-Höhen, NHN-Höhen) (HN-Höhen)
≈ + 14 ... + 16 cm



Überblick über die Höhenbezugssysteme im Land Mecklenburg-Vorpommern

Höhenbezugssystem (Bezeichnung der Höhen)	Bezugspunkt	Bemerkungen
„Altes System“ (NN-Höhen im alten System)	Normalhöhenpunkt Berliner Sternwarte 1879 (Pegel Amsterdam)	ohne Nivellementreduktion
DHHN 12 (NN-Höhen im System 1912)	Normalhöhenpunkt Hoppegarten (bei Berlin) (Pegel Amsterdam)	mit normalorthometrischer Reduktion
SNN 56 (HN 56)	Normalhöhenpunkt Hoppegarten (Pegel Kronstadt)	Teil des Einheitlichen Nivellementnetzes Osteuropas Berechnung von Normalhöhen
SNN 76 (HN 76)	Normalhöhenpunkt Hoppegarten (Pegel Kronstadt)	Wiederholungsnivellement der DDR Berechnung von Normalhöhen bis 2005 amtliches Höhenbezugssystem in MV
DHHN 92 (NHN)	REUN/UELN-Punkt Kirche Wallenhorst (bei Osnabrück) (Pegel Amsterdam)	gemeinsame Ausgleichung von SNN 76, DHHN 85 (alte Bundesländer) und Verbindungsmessungen in geopotentiellen Koten, Berechnung von Normalhöhen **amtliches Höhenbezugssystem in MV**

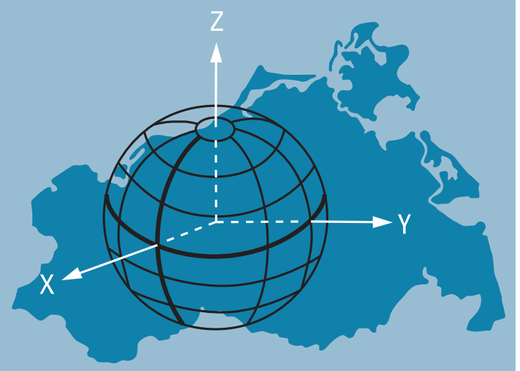
HN	Höhennull	DHHN	Deutsches Haupthöhennetz
NHN	Normalhöhennull	REUN/UELN	Vereinigtes Europäisches Nivellement-Netz
NN	Normalnull	SNN	Staatliches Nivellementnetz (der DDR)

Überblick über die Schwerebezugssysteme im Land Mecklenburg-Vorpommern

Schwerebezugssystem	Grundlegende Realisierungen (Schwerenetze)	Bemerkungen
Potsdamer Schwerebezugssystem	Staatliches Gravimetrisches Netz 1. Ordnung (SGN 1. O.) der DDR mit der Gravimetereichlinie Stralsund-Fichtelberg	internationales Schwerebezugssystem (1909 bis 1971), basiert auf der Absolutbestimmung des Schwerewertes für den Fundamentalpunkt Potsdam (g = 981 274 ± 3 mGal), (Kühnen und Furtwängler)
System 71	SGN I. O. (überführt/berechnet aus dem Potsdamer System)	bis 2005 amtliches Schwerebezugssystem in MV, abgeleitet vom IGSN 71
International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN 71)	Deutsches Schweregrundnetz 1976 Deutsches Hauptschwerenetz 1982 Deutsches Schweregrundnetz 1994 **Deutsches Hauptschwerenetz 1996 (DHSN 96)**	internationales Schwerebezugssystem (seit 1971), Differenz zum Potsdamer Schwerebezugssystem: g(IGSN 71) minus g(Potsdam) = - 14,01 mGal, (wurde in den osteuropäischen Ländern als System 71 eingeführt) **amtliches Schwerebezugssystem in MV**

Geobasisdaten Landesvermessung

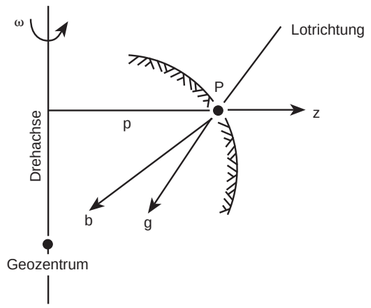
Lage-, Höhen- und Schwerebezugssysteme



Mecklenburg Vorpommern
Geoinformation, Vermessungs-und Katasterwesen

Schwerebezugssysteme

Die Schwere ist der Betrag der Fallbeschleunigung im Erdschwerefeld. Sie setzt sich aus der Gravitation (Massenanziehung der Erde und anderer Himmelskörper) und der Zentrifugalbeschleunigung der Erdrotation zusammen.



b = Gravitation
z = Zentrifugalbeschleunigung
g = Schwerebeschleunigung
ω = Winkelgeschwindigkeit
p = senkrechter Abstand von P zur Drehachse

Ein Schwerebezugssystem ist definiert durch die Schwerewerte einer Anzahl genau vermessener Punkte. Aus diesen lassen sich das Schwerebezugsniveau und der Schweremaßstab ableiten.
Zur Einrichtung eines solchen Schwerebezugssystems wird ein Schwerenetz gemessen. Es besteht aus der Gesamtheit der Schwerefestpunkte (SFP), auf denen die Schwere g (bezeichnet auch als Schwerebeschleunigung oder Fallbeschleunigung) beobachtet wird.

Ein Schwerenetz muss mindestens eine absolute Schwerebestimmung zur Festlegung des Schwereniveaus enthalten. Der Schweremaßstab wird durch mindestens eine Eichstrecke möglichst großer Schweredifferenz eingeführt. Diese kann durch das Verfahren der absoluten Schweremessung auf zwei oder mehreren SFP bestimmt werden (früher auch durch relative Pendelmessungen).
Die Schweredifferenzen zwischen den einzelnen SFP werden durch relative Schweremessungen (Gravimetermessungen) bestimmt.

Die Maßeinheit der Schwere ist im SI-System mit m/s² definiert. In der Geodäsie (ebenso Geophysik) wird als Einheit „Gal“ (in Anlehnung an den italienischen Wissenschaftler Galileo Galilei) verwendet.
Es besteht die Beziehung 1 Gal=10^{-2} m/s². Als Gebrauchseinheiten kommen üblicherweise mGal (10^{-5} m/s²) und µGal (10^{-8} m/s²) zur Anwendung.

Das bis 2005 maßgebende Schwerebezugssystem in MV war das System 71. Der Bezugspunkt für das System 71 ist der Fundamentalpunkt Potsdam.
Die Realisierung des Bezugssystems in Mecklenburg-Vorpommern erfolgte durch den Landesanteil der Staatlichen Gravimetrischen Netze 1. bis 4. Ordnung (SGN 1. bis 4. O.).

Amtliches geodätisches Bezugssystem der Schwere in MV ist seit 2005 das System des Deutschen Hauptschwerenetzes 1996 (DHSN 96).

Das DHSN 96 besteht im Wesentlichen aus den Messungen zum Deutschen Hauptschwerenetz 1982 (DHSN 82) der alten Bundesländer und den Messungen in den neuen Bundesländern, die an das Deutsche Schweregrundnetz 1994 (DSGN 94) angeschlossen wurden. Unter Berücksichtigung des DSGN 94 gelten die berechneten Schwerewerte als Werte im internationalen Schwerebezugssystem des IGSN 71.

Das DHSN 96 umfasst die in die Berechnung eingeführten Schwerefestpunkte des Deutschen Schweregrundnetzes 1994 (DSGN 94). Das Bezugsniveau und der Maßstab sind durch absolute Messungen der Schwerebeschleunigung auf den Punkten des DSGN 94 festgelegt. In Mecklenburg-Vorpommern sind dieses die Punkte Rostock und Pasewalk. In den kommenden Jahren sollen auf weiteren Punkten Absolutschweremessungen ausgeführt werden.

Das Hauptschwerenetz Mecklenburg-Vorpommerns wurde durch das Schwerenetz 2. Ordnung verdichtet.

Im Zuge der Bearbeitung des DHSN 96 wurde für Mecklenburg-Vorpommern ein Schwerehauptpunkt in Schwerin vermarkt und bestimmt. Das Schwere-Niveau und der Schwere-Maßstab werden damit landesweit ausgewogener realisiert und langfristig zusätzlich gesichert.

Die Kenntnis des äußeren Erdschwerefeldes hat für die Geodäsie große Bedeutung. Es ist das Bezugssystem für den überwiegenden Teil der in der Geodäsie benutzten Messungsgrößen. Die wichtigste Bezugsfläche für die Höhenmessung, das Geoid, ist als idealisierte Oberfläche der Ozeane eine Niveaufläche des Schwerefeldes.

Aufgaben wie die Schaffung moderner Höhensysteme und Geoidbestimmungen werden damit bearbeitet. Dazu sind Genauigkeitsanforderungen an die Realisierung der Schwerebezugssysteme von bis zu ± 1-10 µGal erforderlich. Des weiteren werden u. a. Aufgaben der Geophysik wie die Lagerstättenforschung unterstützt.
Die Schwere ist eine Funktion des Ortes. Sie unterliegt auch zeitlichen Veränderungen. Die wesentlichen äußeren Einflüsse und deren Einflussgrößen sind im folgenden am Schwerewert von Schwerin dargestellt.

Schwerewert in Schwerin

konstant	zeitabhängig

g = 9,813 832 21 [m/s²]

- Figur der Erde, Zentrifugalbeschleunigung
- Massenanomalien
- Gezeiten
- Luftdruck, Meeresbewegungen, Grundwasser, Bodenfeuchte

Von historischer Bedeutung ist das Potsdamer Schwerebezugssystem. Es wurde abgelöst durch das International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN 71).

Die Tabelle „Überblick über die Schwerebezugssysteme“ zeigt Schwerebezugssysteme in Mecklenburg-Vorpommern.

GLOSSAR
Höhen- und Schwerebezugssysteme

Niveaufläche der Schwere

- Fläche konstanten Schwerepotenzials (W=const.), bezeichnet auch als Äquipotenzial- oder Geopotenzialfläche
- Die im mittleren Meeresniveau liegende Niveaufläche (W_0=const.) heißt **Geoid.**

Nivellementreduktion

- Werte zur Umrechnung von Höhenunterschieden in ein entsprechendes Höhensystem
  - Normalorthometrische Reduktion NOR
  - Orthometrische Reduktion OR
  - Normalhöhenreduktion NR
  - Dynamische Reduktion DR

Schwereanomalie Δg

- Differenz zwischen dem aus Messungen abgeleiteten Oberflächenschwerewert g und dem zugehörigen Wert der normalen Schwerebeschleunigung (Normalschwere γ)
- Um beide Größen vergleichbar zu machen, sind in Abhängigkeit von der zu berechnenden Anomalienart Schwerereduktionen δg an der Normalschwere γ oder am Oberflächenschwerewert g des Punktes anzubringen (z. B. Freiluftanomalie Δg_F, Bougueranomalie Δg_B).

Schweremessung

- absolute Schweremessung:
  Bestimmung der Schwere durch Messung physikalischer Grundgrößen (Längen- und Zeitmessung, Freifall-, Freiwurf- oder Pendelmethode)
- relative Schweremessung:
  Bestimmung des Schwereunterschieds zweier Punkte mit Hilfe je einer Strecken- oder Zeitmessung (z. B. Gravimeter- oder Pendelmethode)

Schwerewert g

- für einen Punkt bestimmter, von verschiedenen Einflüssen (z.B. Erdgezeiten, Luftdruckschwankungen) befreiter Wert der Schwere
- Schwerediffernz: Differenz der Schwerewerte zwischen zwei Punkten

Undulation (N und ζ)

- Geoidundulation N (bezeichnet auch als Geoidhöhe):
  auf einen Punkt bezogener Abstand zwischen dem Referenzellipsoid und dem Geoid → $N = H_E - H_O$
- Quasigeoidundulation ζ (bezeichnet auch als Höhenanomalie):
  auf einen Punkt bezogener Abstand zwischen dem Referenzellipsoid und dem Quasigeoid → $\zeta = H_E - H_N$

Bezugssysteme

In Mecklenburg-Vorpommern (MV) werden durch die Landesvermessung einheitliche geodätische Bezugssysteme geschaffen und zu ihrer Realisierung Festpunkte eingerichtet, nachgewiesen und erhalten. Ein geodätisches Bezugssystem ist ein grundlegendes Bestimmungssystem zur Festlegung der räumlichen Position der Lage, der Höhe oder der Schwere von Punkten. Dementsprechend existieren folgende geodätische Bezugssysteme:

- **Lagebezugssystem,**
- **Höhenbezugssystem,**
- **Schwerebezugssystem.**

Die Gesamtheit der im jeweiligen Bezugssystem bestimmten Festpunkte bildet ein Festpunktfeld. Dieses besteht in der Regel aus Netzen, die hierarchisch in Ordnungen gegliedert sind. Festpunktdaten werden in Übersichten, Beschreibungen und Verzeichnissen geführt und bereitgestellt.

Zur Erleichterung der Nutzung der Festpunktdaten werden in diesem Faltblatt im jeweiligen **Glossar** die wesentlichen Begriffe und Zusammenhänge aufgeführt und erläutert.

Lagebezugssysteme

Ein Lagebezugssystem ist ein System von Lagekoordinaten, das durch einen mathematischen Bezugskörper oder eine -fläche (Rotations- bzw. Referenzellipsoid, Kugel, Ebene) und ein **Geodätisches Datum** oder einen Ausgangspunkt definiert wird.
Es wird durch satellitengestützte Referenznetze und in der Örtlichkeit vermarkte Lagefestpunkte realisiert. Die Lage der Punkte wird durch zwei- bzw. dreidimensionale **Koordinaten** definiert. Ein Objekt wird durch seine Vermessung mathematisch auf das betreffende System bezogen.

Amtliches geodätisches Lagebezugssystem in Mecklenburg-Vorpommern ist seit 2005 das European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS 89). Vorschrift zur Abbildung des Bezugssystems in die Kartenebene ist die Universale Transversale Mercator-Abbildung (UTM). Die auf dem Landesgebiet liegenden Referenzstationspunkte des Satellitenpositionierungsdienstes der deutschen Landesvermessung SA*POS*® (RSP), die geodätischen Grundnetzpunkte (GGP), die Benutzungsfestpunkte (BFP), die Trigonometrischen Punkte (TP) 1. bis 4. Ordnung und die sonstigen Lagefestpunkte realisieren gegenwärtig das amtliche Lagebezugssystem. Andere Lagebezugssysteme werden durch **Transformation** der zum amtlichen Lagebezugssystem gehörenden Koordinaten oder durch andere Netze (z. B. ED 50 durch das Zentraleuropäische Netz) verwirklicht. Sie sind teilweise speziellen Anwendungen zugeordnet (z. B. ED 50 - militärische Aufgaben, WGS 84 - Satellitenvermessung).
Das ETRS 89 und das WGS 84 stimmen genauer als 1 m überein.

Im nachfolgenden Überblick sind in groben Zeitabschnitten die Lagebezugssysteme Mecklenburg-Vorpommerns wiedergegeben.

Überblick über die Lagebezugssysteme im Land Mecklenburg-Vorpommern

Lagebezugssystem - Basissystem - (Referenzellipsoid)	Lagebezugssystem - abgeleitete Systeme - (Referenzellipsoid)	Bemerkungen *Kartenwerke*
Historische Lagebezugssysteme 1840 bis 1930		
Preußische Landesaufnahme (Müffling) (Bessel)		Preußen 1842 - 1866 Nullmeridian Ferro Preußen 1866 - 1924 ΔL = - 17° 40'
	Preußisches Katastersystem Greifswald - Nikolaikirche ca. 1865 (Bessel)	Raum Vorpommern: Nikolaikirche, Turm, Knopf y=0 x=0
	Preußisches Katastersystem Bungsberg - Elisabethturm 1869 (Bessel)	Grenzgebiet zu Schleswig-Holstein: Elisabethturm, Fahnenstange y=0 x=0
Mecklenburgisches System 1882 (Bessel)		1. Berechnung, 1912 verworfen: Schweriner Schloss, Hauptturm
Mecklenburgisches System 1912 (Bessel)		2. Berechnung: y = 0 x = 0
	Deutsches Einheitssystem (Bessel)	1926 abgeleitet aus dem Mecklenburgischen System 1912
Lagebezugssysteme 1930 bis 1950		
Bessel 1841 (Bessel)	*Messtischblatt*	Datum Rauenberg; legales Meter
Lagebezugssysteme 1950 bis 1990 (DDR)		
	lokale Systeme (Bessel)	vor Einführung KREIS/63
S42/63 - 3° (Krassowski)		Datum Pulkowo; internationales Meter
	S42/63 - 6° (Krassowski)	*TK10 (AS), TK25 (AS), TK50 (AS), TK100 (AS) [Ausgaben vor 1983]*
	System 1965 (Krassowski)	*Seekarten*
	System Küste (modifiziert)	*Seekarten*
	KREIS/63 (Krassowski)	
	S40/63 (Bessel)	*TK10 (AV), TK25 (AV), TK50 (AV), TK100 (AV) [Ausgaben vor 1983]*
S42/83 - 3° (Krassowski)		bis 2005 amtliches Lagebezugssystem in MV
	S42/83 - 6° (Krassowski)	*TK10 (AS), TK25 (AS), TK50 (AS), TK100 (AS)*
	KREIS/83 (Krassowski)	
	S40/83 (Bessel)	*TK10 (AV), TK25 (AV), TK50 (AV), TK100 (AV)*
Lagebezugssysteme ab 1991		
	RD/83 (Bessel)	*TK10 (AS) Koordinatengitter angerissen; TK25, TK50, TK100, TÜK200*
ETRS 89 (GRS80)		**amtliches Lagebezugssystem in MV** *DTK10, DTK25, DTK50, DTK100*
Sonstige Lagebezugssysteme		
ED 50 (Hayford/International)		*M745 1:50 000, M648 1: 100 000*
WGS 72 (WGS72)		globales ellipsoidisches System
WGS 84 (WGS84)		globales ellipsoidisches System

GLOSSAR
Lagebezugssysteme

Maßeinheiten

- 1 mecklb. Rute = 4,656 031 m_{leg} = 16 Fuß = 192 Zoll
- 1 pomm. Rute = 4,672 933 m_{leg} = 16 Fuß = 192 Zoll
- 1 preuß. Rute = 3,766 242 m_{leg} = 12 Fuß = 144 Zoll
- TOISE 1 TOISE = 1,949 062 339 m
- legales Meter 1 m_{leg} = 1,000 013 355 m
- internationales Meter 1 m

Beispiele (Referenzellipsoid):
Müffling preuß. Rute, später TOISE
Bessel TOISE, später legales Meter
GRS80 internationales Meter

Meridianstreifen, Zonen

- ohne Preußische Katastersysteme KREIS/63, KREIS/83
- 6° S42/63-6°, S42/83-6°, ED 50, ETRS 89
- 3° Mecklenburgisches System 1912 S42/63-3°, S42/83-3°, Bessel 1841

Projektionen, Abbildungen

- Universale Transversale Mercator-Abbildung
  - ED 50
  - ETRS 89

  gaußsche konforme (winkeltreue) Abbildung; querachsiger Schnittzylinder; Reduktionsfaktor = 0,9996

- Gauß-Krüger-Abbildung
  - Krassowski 1940
  - Bessel 1841
  - S42/63-3°, S42/83-3°
  - aus diesen abgeleitete Systeme

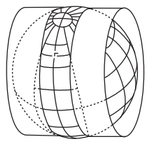
  gaußsche konforme Abbildung; querachsiger Berührungszylinder;

- konforme (Gauß-Lambertsche-) Kegelprojektion
  - Mecklenburgisches System 1882
  - Mecklenburgisches System 1912

  Kegelmantel berührt im Normalparallel bei 53° 45' n. B.; Abstand Normalparallel zum Nullpunkt der ebenen Koordinaten Δx = 13 919,812 m_{leg} ; Mittelmeridian L_0 = 0° (Schweriner Schloss, Hauptturm); Verjüngungsfaktor m' verringert den absoluten Betrag der Verebnung der Strecken (jeweils 31' nördlich bzw. südlich des Normalparallels ist m' = 1)

Eine Abbildung (Projektion) ist kein Lagebezugssystem!
Bei der Anforderung von Koordinaten ist statt der Angabe „Gauß-Krüger" bzw. „UTM" das Lagebezugssystem (z. B. RD/83, S42/83-3°, S42/83-6°, ED 50, ETRS 89) und ggf. das Datenformat E N H (y x H, B L H_E, X Y Z) anzugeben.

Querachsiger Schnittzylinder (UTM-Abbildung)



Radien und Halbachsen

- *Radius der Soldnerschen Bildkugel* des Bayerischen Soldnersystems München, Frauenkirche, Nordturm, Knopf — R = 6388172 m_{leg}
- *Radius der Gaußschen Schmiegkugel* des Preußischen Katastersystems Greifswald, Nikolaikirche, Knopf — R = 6383950 m_{leg}
- *Radius der Gaußschen Schmiegkugel* des Preußischen Katastersystems Bungsberg, Elisabethturm, Fahnenstange — R = 6384031 m_{leg}
- *Radius des Normalparallels* des Mecklenburgischen Systems 1912 — R = 4686283 m_{leg}

  Kegelmantel berührt das Referenzellipsoid im Parallelkreis mit der nördlichen Breite B = 53° 45' (Radius des abgerollten Kegelmantels).

- *Halbachsen und Abplattung folgender Referenzellipsoide*

Referenzellipsoid		große Halbachse a	kleine Halbachse b	Abplattung α 1 / α = a / (a-b)
LAPLACE	1802	6376614,4	6355776,5	306
MÜFFLING	1821	6376938	6356367,232	310
BESSEL	1841	6377397,155	6356078,963	299,1528
HAYFORD		6378388	6356911,946	297
INTERNATIONAL		6378388	6356911,946	297
KRASSOWSKI		6378245	6356863,019	298,3
WGS72		6378135	6356750,520	298,26
GRS80		6378137	6356752,314	298,25722
WGS84		6378137	6356752,314	298,25722

Die Halbachsen der Referenzellipsoide Laplace 1802, Müffling 1821 und Bessel 1841 sind in legalem Meter, die Halbachsen aller anderen Referenzellipsoide in internationalem Meter angegeben.

Die Referenzellipsoide Hayford / International bzw. GRS80 / WGS84 sind in den Parametern (a, b und α) identisch.

Referenzellipsoid

- mathematische Bezugsfläche des Lagebezugssystems
- globales ellipsoidisches System:
  Die Wahl der Parameter erfolgt so, daß sich das Referenzellipsoid der Erdfigur insgesamt bestmöglich anpasst.
  Ellipsoidmittelpunkt = Massenmittelpunkt der Erde;
  Ellipsoidachsen und Achsen des Erdkörpers sind parallel.
  Das System besitzt ein *absolutes Datum* (X_0, Y_0, Z_0 = 0).
  Beispiele: WGS72, WGS84, GRS80
- bestanschließendes ellipsoidisches System:
  Das Ellipsoid passt sich in der betrachteten Region der physikalischen Erdoberfläche am besten an.
  Das *Geodätische Datum* mit seinen Parametern stellt die Beziehung zwischen dem lokalen Ellipsoid und dem globalen geodätischen Bezugssystem her.
  Beispiele: Bessel, Hayford, Krassowski

Transformationen mit Ellipsoidübergang

- 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 7- oder 9-Parameter-Transformationen
- Transformation der Koordinaten eines Lagebezugssystems in ein anderes Lagebezugssystem unter Beibehaltung des Datenformats (y, x oder B, L oder X, Y, Z)
- Sind Start- und Zielsystem Koordinaten des Gauß-Krüger-Systems oder UTM-Systems, müssen sie sich auf den gleichen Mittelmeridian beziehen.
- Zur Transformation werden identische Punkte in beiden Lagebezugssystemen benötigt. Bei Nutzung bereits berechneter Parameter müssen die beiden Lagebezugssysteme und die Algorithmen des verwendeten Transformationsprogramms bekannt sein.

Transformationsparameter mit Schwerpunkt

- Koordinaten der Schwerpunkte:
  altes System sya sxa
  neues System syn sxn
- Parameter: a1 a2 a3 a4

  Translationen y =syn-sya x=sxn-sxa
  Maßstab my=$\sqrt{(a2^2+a4^2)}$ mx=$\sqrt{(a1^2+a3^2)}$
  Rotationen RY=arctan(a2/a4)ρ RX=arctan(a1/a3)ρ

- Anwendung bei 2-, 4- und 6-Parameter-Transformationen
  ρ=206 264,806 247"

Transformationsparameter ohne Schwerpunkt

- Translationen
  - X Verschiebung in Richtung der x-Achse
  - Y Verschiebung in Richtung der y-Achse
  - Z Verschiebung in Richtung der z-Achse
- Maßstab (Skalierung)
  - m (Sonderfall: mx, my, mz)
- Rotationen
  - x Drehung um die x-Achse
  - y Drehung um die y-Achse
  - z Drehung um die z-Achse

Statt X Y Z m x y z sind auch u v w m ε φ ω oder T1 T2 T3 M R1 R2 R3 als Bezeichnungen möglich.

- Anwendung bei 2- bis 7-Parameter-Transformationen

Transformation mit dynamischer Auswahl der Stützpunkte

Das Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen nutzt für eine Vielzahl aktueller Transformationsproblemstellungen das für die Bearbeitung einer großen Anzahl von Datensätzen (mehrere Millionen je Datei möglich) im eigenen Auftrag erstellte Programm TRAFO.

TRAFO umfasst derzeit die folgenden Leistungsspezifikationen:

- Transformationen zwischen den
  Koordinaten: S42/83 ⇔ ETRS 89 und RD/83 ⇔ ETRS 89
  Höhen: HN76 ⇔ NHN und NHN ⇔ H_E (GRS80)
- Berechnung der Parameter (Lage, Höhe) für jeden Datensatz
- Restklaffenverteilung nach der Methode der multiquadratischen Interpolation (optional)
- eineindeutige Umkehrung der Berechnungen
- automatische Erkennung der Datenformate (y x E N B L)
- optionale Vorgaben zu abweichenden Datenformaten in den Ein- und Ausgabedateien
- schnittstellenspezifische optionale Vorgaben
- automatische bzw. nutzerdefinierte Zuordnung der Transformationsergebnisse zu Streifen bzw. Zonen
- umfangreiche Plausibilitätsprüfungen der Eingabedateien
- Batchfähigkeit
- vorhandene Schnittstellen:
  ASCII, CSV, DAF, DBF, DXF, EDBS (P/G), DAVID (P/G), SHP, SQD

Bestandteile des Programms:

- Programm: TRAFO.EXE
- Bibliotheken: TPLIB_S42, TPLIB_RD
  mit 1 300 Stützpunkten (Lage)
  mit 13 350 Stützpunkten (Undulationen)
  mit 9 060 Stützpunkten (Höhenanpassung)
- Dokumentation: Programmbeschreibung

Eckdaten des Programms TRAFO

- Einsatzgebiet: Bundesland Mecklenburg-Vorpommern
- Zielstellung: Umstellung der amtlichen Lage- und Höhenbezugssysteme
- Nutzer: Vermessungsstellen, Ingenieurbüros, sonstige Einrichtungen mit vermessungstechnischen Aufgaben

GLOSSAR
Lagebezugssysteme

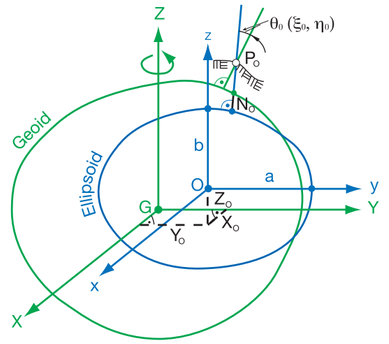
Datenformate der Lagebezugssysteme

E N H ebene Koordinaten, Höhe (optional)
y x H ebene Koordinaten, Höhe (optional)
B L H_E geodätische Koordinaten, ellipsoidische Höhe (optional)
X Y Z geozentrische Koordinaten

Geodätisches Datum, Parameter:

- große Halbachse des Referenzellipsoids
- Abplattung oder kleine Halbachse des Referenzellipsoids
- Lage des Ellipsoidmittelpunktes gegenüber dem Geozentrum
- astronomische Breite und Länge eines Zentralpunktes
- ellipsoidische Höhe des Zentralpunktes
- ellipsoidisches Azimut im Zentralpunkt
- Maßstab der metrischen Daten
- Lotabweichung für Breite und Länge
- geozentrische Gravitationskonstante
- Winkelgeschwindigkeit
- weitere geophysikalische Parameter

Beispiele:
Datum Pulkowo (Krassowski)
Datum Rauenberg (Bessel)
Europäisches Datum 1950 (ED 50)



G Geozentrum (Schwerpunkt der Erde)
X Y Z Achsen des geozentrischen Globalsystems
O Ellipsoidmittelpunkt
x y z Achsen des Referenzellipsoids
a b Halbachsen des Referenzellipsoids
X_0 Y_0 Z_0 Translationen (Geozentrum - Ellipsoidmittelpunkt)
$\Theta_0(\xi_0, \eta_0)$ Lotabweichung mit den Lotabweichungskomponenten in Breite und Länge
N_0 Geoidundulation (siehe auch Höhenbezugssysteme)
P_0 Zentralpunkt (Fundamentalpunkt)

Koordinaten

- Bessel 1841
  - Gauß-Krüger-Abbildung (MV in Streifen 4 und 5)
  - werden auch als Bessel (Rauenberg)- oder RfL-(Reichsamt für Landesaufnahme) Koordinaten bezeichnet
  - Verwendung bei Vorliegen von Daten gleichen Ursprungs (Katastervermessung)
- ED 50
  - UTM-Abbildung (MV in Zone 32 und 33)
  - Anwendung im Bereich der Bundeswehr bis zum Jahr 2000
- ETRS 89
  - **amtliches Lagebezugssystem in MV**
  - UTM-Abbildung (MV in Zone 32 und 33)
  - 6° breite Zonen
  - Koordinatengitter der DTK10, DTK25, DTK50 und DTK100
- RD/83
  - Gauß-Krüger-Abbildung (MV in Streifen 4 und 5)
  - Verwendung bei großflächiger Arbeit mit Besselkoordinaten
  - Übergang zu S42/83-3° klaffungsfrei
- S40/83
  - Gauß-Krüger-Abbildung (MV in Streifen 4 und 5)
  - Verwendung bei Vorliegen von Daten gleichen Ursprungs (Bereich Geologie, Erdöl, Erdgas)
  - allgemein nicht mehr in Benutzung!
- S42/83-3°
  - Gauß-Krüger-Abbildung (MV in Streifen 4 und 5)
  - Referenzellipsoid Krassowski
  - 3°-Meridianstreifensystem
- S42/83-6°
  - Gauß-Krüger-Abbildung (MV in Streifen 2 und 3)
  - Benutzung nur noch bei Verwendung entsprechender topographischer Karten
  - 6°-Meridianstreifensystem
- KREIS/63- und KREIS/83-Koordinaten
  - Nullpunkt: TP 2. Ordnung
  - Nullpunktkoordinaten: y = 200 000 m, x = 50 000 m
  - Ausdehnung: politischer Kreis (DDR)
  - Beispiel: 0207/83
    02 Bezirk Schwerin
    07 Kreis Parchim
    83 Jahr der Realisierung

Umformungen ohne Ellipsoidübergang

- Umformung ebener Koordinaten von Mittelmeridian A auf Mittelmeridian B bei gleichzeitiger Änderung der Meridianstreifenbreite
- ebene Koordinaten in Breite, Länge (B, L) umformen und umgekehrt
- Breite, Länge, ellipsoidische Höhe (B, L, H_E) in geozentrische Koordinaten (X, Y, Z) umformen und umgekehrt
- Es werden die Parameter für das Referenzellipsoid benötigt (große und kleine Halbachse oder große Halbachse und Abplattung).

Unterschiede zwischen den Preußischen Katastersystemen und den Soldnersystemen

Bezug	Preußisches Katastersystem	Soldnersystem
• Referenzellipsoid	Bessel (1841)	Laplace (1802)
• Bildkugel	Gaußsche Schmiegkugel	Soldnersche Bildkugel
• Kugelradius	$R_G = \sqrt{(M_0 N_0)}$	$R_S = N_0$
• positive y-Achse nach	Osten	Westen
• positive x-Achse nach	Norden	Norden

M_0 Meridiankrümmungshalbmesser im Zentralpunkt P_0
N_0 Querkrümmungshalbmesser im Zentralpunkt P_0

Verebnung (Reduktion)

- Reduktion der Richtungen erfolgt wegen Abbildungsverzerrung.
- Die Verebnung der Strecken erfolgt in zwei Schritten:
  1. Reduktion auf den Bezugshorizont
  2. Reduktion wegen Abbildungsverzerrung.

Vorzeichen

Koordinaten werden ohne Vorzeichen angegeben. Eine Ausnahme bilden die Koordinaten der historischen Lagebezugssysteme:
- Mecklenburgisches System 1912
  positive y-Achse nach Westen
  positive x-Achse nach Süden
- Preußische Katastersysteme
  positive y-Achse nach Osten
  positive x-Achse nach Norden

Negative y-Koordinaten sind teilweise durch die dekadische Ergänzung (y' = 100 000 + y) ersetzt.

Zonen eines UTM-Systems

- Das UTM-System wird in Zonen von 6° Breite eingeteilt.
- Zone 1 zählt von 180° bis 174° westlicher Länge.
- Zone 32 zählt von 6° bis 12° und 33 von 12° bis 18° östlicher Länge.