

1 Allgemeine Grundlagen

1.1 Einführung

Als Vermessungskunde oder Geodäsie ($\gamma\eta = \text{Erde}$, $\delta\alpha\iota\omega = \text{ich teile}$) bezeichnet man die Lehre von der Ausmessung der Erdoberfläche mit ihren Veränderungen und ihrer Darstellung in Verzeichnissen, Karten und Plänen. Sie lässt sich in drei Hauptarbeitsgebiete unterteilen.

Aufgabe der *Erdmessung*, die auch als astronomische und physikalische Geodäsie bezeichnet wird, ist die Bestimmung und Darstellung der Erdfigur einschließlich des äußeren Schwerfeldes in einem zeitabhängigen Raum, also die Schaffung eines für die gesamte Erde gültigen Bezugssystems für Lage, Höhe und Gravitation. Auf der Grundlage der durch die Erdmessung bereitgestellten geometrischen und physikalischen Erdmodellparameter befasst sich die *Landesvermessung* mit der Bestimmung von Lage-, Höhen- und Schwerefestpunkten zur Erfassung der Oberfläche eines Landes sowie der Herstellung und Laufendhaltung topographischer Karten. Bei der Erd- und Landesvermessung müssen die Krümmungsverhältnisse der Erde berücksichtigt werden.

Demgegenüber reicht bei der *Detailvermessung* im Allgemeinen als Bezugsfläche die Horizontalebene aus, da sie meist nur in relativ geringer räumlicher Ausdehnung durchgeführt wird. Ausgehend von den Festpunkten der Landesvermessung werden hierbei durch „Katastervermessungen“ die Lage der Grenzen, die Flächengröße und die Nutzungsart von Grundstücken mit den Gebäuden (Liegenschaften) zur Herstellung und Laufendhaltung von Karten und Verzeichnissen über die Eigentumsverhältnisse an Grund und Boden ermittelt. Durch „topographische“ oder „photogrammetrische Vermessungen“ lässt sich das Gelände mit seinen Formen und den auf ihm befindlichen Gegenständen (Gewässer, Wege, Gebäude, Bodenbewachsung u. a.) für die kartographische Darstellung erfassen. „Ingenieurvermessungen“ schließlich werden bei der Absteckung, Errichtung und Überwachung von Bauwerken und Maschinen ausgeführt. Hauptsächlich auf diese Verfahren der Detailvermessung wird im späteren Verlauf ausführlich eingegangen.

Zwischen den Hauptarbeitsgebieten bestehen enge Wechselwirkungen. Die Aufgabengebiete der technisch-praktischen Detailvermessung werden als „Vermessungswesen“ bezeichnet, wobei unter dem Begriff „Vermessung“ die Summe aller notwendigen Messungen bei einer einzelnen Messaufgabe verstanden werden soll.

Man unterscheidet: Horizontal- bzw. Lagemessung,
Vertikal- bzw. Höhenmessung,
kombinierte Horizontal- und Vertikalmessung.

Für die Ausführung einer Vermessung lassen sich drei Arbeitsprinzipien angeben:

1) Ordnungs- und Nachbarschaftsprinzip:

Meist gilt für die Organisation einer Vermessung als Ordnungsprinzip „die Arbeit vom Großen ins Kleine“, d. h., nachgeordnete Vermessungen werden in ein vorhandenes Netz eingepasst. Das Nachbarschaftsprinzip fordert, dass nahe beieinanderliegende, benachbarte Vermessungspunkte von den gleichen Anschlusspunkten aus anzumessen

und zu bestimmen sind. Die moderne Instrumenten- und Computerentwicklung hat dazu geführt, dass sich einerseits Vermessungspunkte mit hoher und gleicher Genauigkeit bestimmen sowie andererseits auch umfangreiche Netze von Messungslinien „in einem Guss“ berechnen lassen. Sowohl das Ordnungs- als auch das Nachbarschaftsprinzip verlieren hier ihre frühere Allgemeingültigkeit.

2) Zuverlässigkeitsprinzip (Kontrollprinzip):

Jedes Mess- oder Rechenergebnis ist durch unabhängige Kontrollen zu sichern, um eine hohe Verlässlichkeit der geodätischen Aussage zu gewährleisten. Bei der Auswertung mithilfe von ausgetesteten Computerprogrammen muss jedoch nicht die Berechnung, sondern nur die Dateneingabe überprüft werden.

3) Wirtschaftlichkeitsprinzip:

Den beiden konträren Faktoren Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit wird durch folgende, dem Messzweck angepasste Genauigkeitsschranke entsprochen: „So genau wie möglich, aber nicht genauer als erforderlich.“

Auf der Grundlage der messtechnischen Erfassung der einzelnen Objekte und ihrer Beschreibung in Koordinatensystemen erfolgt die Speicherung und Aufbereitung der Messdaten und Informationen entweder numerisch in Verzeichnissen und Datenbanken oder grafisch in Plänen und Karten. Als Plan bezeichnet man eine Karte, die einfacher gestaltet ist und entweder der Übersicht dienen soll (z. B. Stadtplan) oder für Planungszwecke mit besonderen Inhalten, gesetzlichen Vorschriften und Texten versehen ist (z. B. Lageplan, Bebauungsplan). Das Vermessungswesen begnügt sich aber nicht mit der Bestandsaufnahme des Grund und Bodens, sondern wirkt auch bei der Bewertung und bei Verfahren zur Bodenordnung mit.

Die Bedeutung des Vermessungswesens für das Bauwesen sei im Folgenden beispielhaft anhand der Vermessungsaufgaben bei der Herstellung von Bauvorhaben angezeigt:

- Bereitstellung von Planungsunterlagen und Durchführung von Bestandsaufnahmen;
- Mitwirkung bei der Planung, Prüfung auf Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen des Planungs- und Bodenordnungsrechts; Erarbeitung von Absteckungsberechnungen und -plänen;
- Durchführung von Katastervermessungen zur Schaffung der eigentumsrechtlichen Voraussetzungen;
- Absteckung = Übertragung des Bauentwurfs in die Natur; Massenermittlung; Baukontrolle;
- Schlussvermessung zur Fortführung des Katasters;
- Evtl. Bauwerksüberwachung zur Feststellung von Deformationen (Rechtzeitiges Erkennen von Schäden; Schutz vor Katastrophen z. B. bei Staumauern).

1.2 Erdmessung

1.2.1 Vorstellungen über die Gestalt der Erde

Auf die Frage nach der Form der Erdgestalt liegt es nahe, als Antwort eine geometrische Fläche anzugeben. 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. Das bedeutet natürlich nicht, dass sich der Mensch der Unregelmäßigkeiten der Erdoberfläche nicht bewusst war. Ein Blick auf die umliegende Landschaft mit ihren Bergen, Hügeln und Tälern genügt, um sich davon zu überzeugen, dass die Erde keine exakte Ebene sein kann. Man meinte aber, dass eine idealisierte horizontale Fläche, wie die ruhende Meeresoberfläche, eine Ebene, eine Kugel oder ein Rotationsellipsoid bilden müsse. Das von den Griechen übernommene Gefühl für die mathematische Vollkommenheit der Welt führte vielfach unbewusst zu einer solchen Annahme.

$$\begin{aligned}\widehat{\alpha} &= \frac{1}{50} \text{ rad} \\ U &= \frac{S}{\alpha} \approx 39\,700 \text{ km} \\ R &= \frac{U}{2\pi} \approx 6\,300 \text{ km}\end{aligned}$$

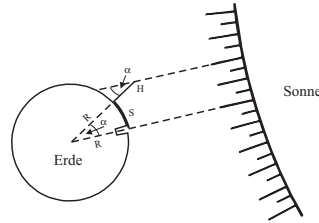


Abbildung 1.2-1: Erdradius nach Eratosthenes

Dass die Erde in erster Näherung eine Kugel ist, erkannte schon Eratosthenes. Er stellte bereits um etwa 220 v. Chr. den Umfang der Erde fest, wobei er folgendermaßen vorging: Er erfuhr von Reisenden, dass zur Zeit der Sommersonnenwende in Syene, dem heutigen Assuan, die Gegenstände keinen Schatten warfen. Angeblich soll sich die Sonne zu diesem Zeitpunkt in einem Brunnen gespiegelt haben. Also musste Syene am Wendekreis liegen. Er stellte (wahrscheinlich mit einem „Skiotheron“ (Schattenfänger¹) oder aufgrund des Schattens einer Säule) fest, dass zur gleichen Zeit in Alexandria die Sonne um 1/50 des Vollkreises vom Zenit abwich. Eratosthenes dachte, dass in beiden Orten zur gleichen Zeit Mittag wäre (tatsächlicher Zeitunterschied 12 min). Deshalb schloss er, dass die Strecke Syene – Alexandria genau in Meridianrichtung verlief und daher 1/50 des Erdumfangs betragen würde. Der Erdumfang errechnet sich daher zu $50 \cdot S$. Mit $S = 5\,000$ Stadien ergeben sich 250 000 Stadien, die nach der Umrechnung in das metrische System (1 Eratosthenische Stadien = 158,75 m) zu einem Wert von ca. 39 700 km führen. Das entspricht einem Erdradius von 6 300 km.

Nach Lelgemann soll Eratosthenes wohl bekannt gewesen sein, dass Alexandria und Syene nicht auf dem gleichen Meridian liegen. Die 5 000 Stadien sollen aus der Hypothenuse und der Kathete eines rechtwinkligen Dreiecks errechnet worden sein ($50\,000 = \sqrt{5\,300^2 - 1\,900^2}$).

1.2.2 Definition von Ersatzflächen für die Erdoberfläche

1.2.2.1 Physikalisch-dynamische Ersatzfläche

Um die Ergebnisse einer Vermessung darstellen zu können, bedarf es geeigneter Bezugsflächen, die man zweckmäßigerweise so festlegt, dass die Begriffe „horizontal“ und „vertikal“ in ihrer Bedeutung erhalten bleiben. Da man die Vertikalachsen der Vermessungsinstrumente mithilfe von Libellen lotrecht, also in Richtung der Schwerkraft ausrichtet, benötigt man eine mit dem Schwerkraftfeld der Erde verbundene Bezugsfläche.

Bereits im 18. Jahrhundert stellte man fest, dass Abweichungen zwischen Messung und ellipsoidischer Theorie auftraten, die nicht allein durch Messungenauigkeiten zu erklären

¹ Astro-geodätisches Messinstrument zur Breitenbestimmung mithilfe des Schattenwurfs der Sonne.

waren. Darüber hinaus ergab sich als einfache Folgerung der Newtonschen Potenzialtheorie, dass wegen der Anziehungskraft der Berge u. dgl. die Oberfläche eines Rotationsellipsoides gar nicht streng horizontal, d. h. überall senkrecht zur Lotrichtung sein kann. Trotzdem hielt man am Ellipsoid als „idealer“ Erdgestalt fest.

Da eine rein geometrisch festgelegte Erdfigur nicht mehr ausreichte, definierte Gauß daher eine Fläche, die überall auf der Lotrichtung senkrecht steht. Es handelt sich bei dieser Definition nicht um eine geometrisch einfache Gestalt für die Erdoberfläche, wohl aber um eine Funktion, die durch eine äußerst einfache Gleichung definiert ist:

$$W(x, y, z) = W_0 = \text{const.},$$

worin W das Potenzial der Schwerkraft als Funktion der räumlichen Koordinaten x, y, z bedeutet, das einer Konstanten W_0 gleichgesetzt wird. Für diese Niveaufäche des Erdschwerefeldes wurde von Listing in Anlehnung an das griechische Wort für die Erde der Begriff „*Geoid*“ eingeführt.

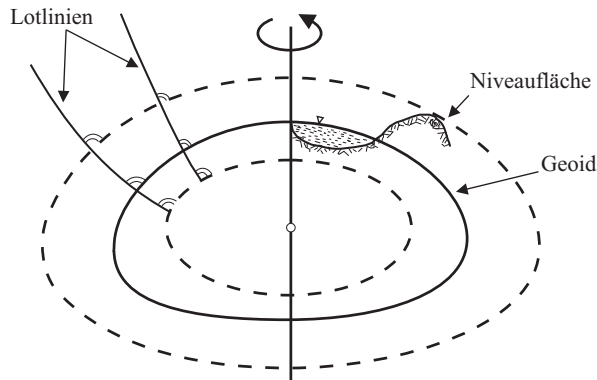


Abbildung 1.2-2: Lotlinien und Niveaufächchen

Damit ist das Geoid die Niveaufäche, auf der das Lot in allen Punkten senkrecht steht (Abb. 1.2-2 und 1.2-3). Wir können sie uns als die unter den Kontinenten fortgesetzte ruhende Meeresoberfläche vorstellen. Da diese aber infolge der Massenverteilung im Erdinnern gewisse Unregelmäßigkeiten aufweist, ist das Geoid keine regelmäßige Fläche. Es eignet sich daher nicht als Bezugsfläche für Lagefestlegungen. Jedoch wird das Geoid als Bezugsfläche für Schwere- oder Höhenmessungen verwendet (Kap. 1.3.2 und 1.3.3).

1.2.2.2 Mathematisch-geometrische Ersatzfläche

Bei Lagemessungen reicht eine dem Geoid angenäherte mathematisch-geometrische Ersatzfläche aus. Je nach Ausdehnung des darzustellenden Gebiets benutzt man ein Rotationsellipsoid, eine Kugel oder eine Ebene.

1) Rotationsellipsoid:

- Ein *mittleres Erdellipsoid*, bei dem die Rotationsachse identisch mit der Erdachse ist, ersetzt die Erde als Ganzes. Die Zahlenwerte in Abbildung 1.2-4 entsprechen

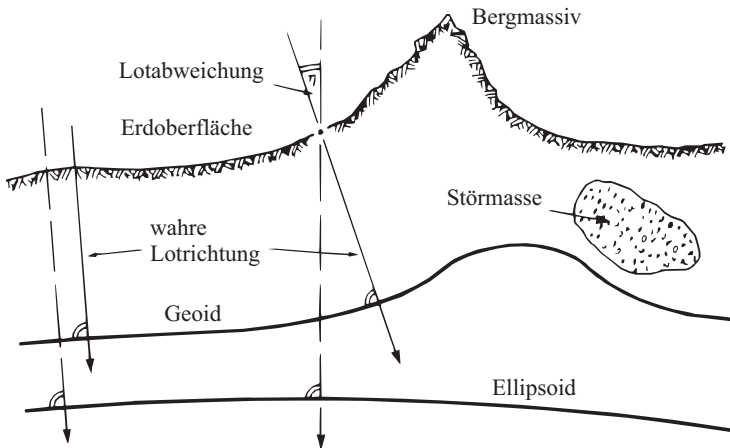


Abbildung 1.2-3: Geoid und Ellipsoid als Ersatzflächen für die Erdoberfläche

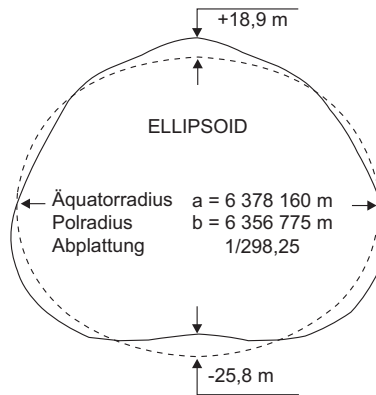


Abbildung 1.2-4: Mittleres Erdellipsoid

dem von der „Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG)“ 1967 angegebenen *Internationalen Geodätischen Bezugssystem 1967*. Gestrichelte Linie = mittleres Erdellipsoid; durchgezogene Linie = globales Geoid (Meridianausschnitt).²

- Die Abweichungen des Geoids von dem in der Tabelle 1.2-1 zuletzt aufgeführten Ellipsoid betragen max. 100 m. Angesichts der geringen Unterschiede zwischen Geoid und mittlerem Erdellipsoid benutzt man für Lagemessungen ein Umdre-

²Beim Geodetic Reference System 1980 (GRS80) und dem World Geodetic System 1984 (WGS84) in Tabelle 1.2-1 sind die Werte für die Halbachse a , die geozentrische Gravitätskonstante GM und die mittlere Erdrotationsgeschwindigkeit ω identisch. Minimale Differenzen zeigen sich bei den weiteren Dimensionen, weil beim GRS80 der dynamische Formfaktor J_2 nur auf sechs signifikante Ziffern definiert wurde und beim WGS84 der normalisierte Kugelfunktionskoeffizient $\bar{C}_{2,0} = -J_2/\sqrt{5}$ mit acht signifikanten Ziffern festgelegt ist. Beispielsweise ist die Halbachse b beim WGS84 um ca. 0,1 mm größer als beim GRS80.

Tabelle 1.2-1: Dimensionen von Erdellipsoiden (3. Dezimalstelle gerundet)

Erdellipsoid		Große Halbachse a		Kleine Halbachse b		Abplattung $(a - b)/a$
Bessel	1841	6 377 397,155	m	6 356 078,963	m	1 : 299,153
Hayford (Internat.)	1924	6 378 388	m	6 356 912,946	m	1 : 297
Krassowskij	1944	6 378 245	m	6 356 863,019	m	1 : 298,3
Internat. System 1967	1967	6 378 160	m	6 356 774,516	m	1 : 298,247
GRS80	1980	6 378 137	m	6 356 752,314	m	1 : 298,257
WGS84	1984	6 378 137	m	6 356 752,314	m	1 : 298,257
Die Dimensionen der unteren drei Ellipsoide sind aus Satellitenbeobachtungen abgeleitet.						

hungsellipsoid als Bezugsfläche, damit man auf einer mathematisch einfachen Fläche rechnen kann.

- Ein *lokal bestanschließendes Ellipsoid*, bei dem die Rotationsachse parallel zur Erdachse ist, ersetzt ein begrenztes Stück der Geoidoberfläche.

2) *Kugel*: Ersatzfläche für kleinere Länder

3) *Ebene*: Ersatzfläche für Messgebiete 10 km · 10 km

1.3 Landesvermessung

Die Landesvermessung umfasst vornehmlich den Aufbau und die Erhaltung des Vermessungspunktfeldes (Lage-, Höhen- und Schwerefestpunktfeld). Dazu werden Vermessungspunkte (VP) bestimmt, vermarktet und in amtlichen Nachweisen geführt. Das Vermessungspunktfeld bildet die geodätische Grundlage für das Liegenschaftskataster und die topographischen Landeskartenwerke sowie für technische und wissenschaftliche Zwecke.

Seit einigen Jahren werden GNSS-Satellitenempfänger (GNSS=Global Navigation Satellite Systems) dauerhaft an festen Standorten betrieben, die als Referenzstationen bezeichnet werden und grundsätzlich die bisherigen Lagefestpunktfelder substituieren können. In Deutschland ist dieses das Staatsgebiet umfassende Netz (Abb. 8.4-1) von ungefähr 260 Referenzstationen miteinander verknüpft und wird SAPOS[®]-Referenzstationsnetz (SAtellitenPOSitionierungsdienst der deutschen Landesvermessung) genannt (Kap. 8.4). Derartige Referenzstationsnetze gibt es in vielen Ländern, wie z. B. in der Schweiz unter der Bezeichnung SWI-POS.

1.3.1 Lagefestpunktfeld

Zur Lagevermessung eines größeren Teiles der Erdoberfläche, z. B. eines Landes, wurde bzw. wird, falls die Laufendhaltung von permanenten Referenzstationen zu aufwendig ist, das gesamte Gebiet mit einem Netz von Festpunkten überzogen, die so angeordnet werden, dass die Verbindungslinien benachbarter Punkte Dreiecke bilden.

Festpunktbestimmung durch Triangulation und Trilateration (vor Einführung von GPS)

Durch eine entsprechende Aneinanderreihung von Dreiecken konnten Dreiecksketten festgelegt werden, die durch Dreiecksnetze ausgefüllt und mit anderen Ketten und Netzen so verknüpft wurden, dass sie die Fläche eines Landes überdeckten und in ihrer Gesamtheit das Hauptdreiecksnetz oder das Netz der Dreiecke 1. Ordnung mit Seitenlängen von 30 bis 70 km ergaben. (Abb. 1.3-1). Die Festpunkte werden „Trigonometrische Punkte 1. Ordnung“ oder abgekürzt „TP (1)“ genannt. Als Standorte mussten Berge, Anhöhen, Turmspitzen u. Ä. gewählt werden, um gegenseitige Sichtbarkeit zu erreichen. Mit Theodoliten höchster Genauigkeit bestimmte man nach dem Verfahren der *Triangulation* (lat. tres = drei, angulus = Winkel) in aufwendigen Messkampagnen, häufig auch von eigens gebauten, hölzernen bzw. stählernen Vermessungstürmen aus, die Winkel und damit die Form der Dreiecke. Dabei war zu beachten, dass die Winkelsumme in den Dreiecken 1. Ordnung 200 gon plus dem sphärischen Exzess, das ist die Differenz zwischen der Summe der Innenwinkel eines sphärischen und eines ebenen Dreiecks, betragen musste.

Zur Ermittlung der Länge der Dreiecksseiten (Dreiecksmaßstab) wurden in Abständen von etwa 200 km über das gesamte Netz verteilte Grundlinien (Basen) von 3 bis 10 km Länge mit hoher Genauigkeit ($1 : 10^6$) direkt gemessen. Zur Längenbestimmung für die nächstgelegene Dreiecksseite im Netz 1. Ordnung wurde der Maßstab der Basis durch Ausmessen aller Winkel von aneinander angehängten Dreiecken, die in aufeinanderfolgender Reihenfolge stets größer wurde, und durch Berechnen der Seitenlängen nach dem Sinussatz von Dreieck zu Dreieck übertragen (*Basisvergrößerungsnetz*). In Abbildung 1.3-2 ist das Basisvergrößerungsnetz Bonn dargestellt, mit dem aus der Länge der Basis „Bonn N – Bonn S“ (2,5 km) die Länge der Dreiecksseite 1. Ordnung „Birkhof – Löwenburg“ (30,3 km) abgeleitet wurde.

Durch schrittweise Verdichtung in drei Stufen durch die Trigonometrischen Punkte 2. Ordnung (Punktabstand von 10 bis 20 km) bis 4. Ordnung (Punktabstand von 1 bis 2 km) erreichte man einen Punktabstand von 1 bis 3 km. Die Vermarkung erfolgte durch TP-Pfeiler. Zur weiteren Verdichtung wurden Polygonzüge gelegt (Kap. 6.3).

In Deutschland wurde als Bezugsfläche das Erdellipsoid von Bessel (Tab. 1.2-1) und als *Zentralpunkt* der in der Nähe der Berliner Sternwarte gelegene TP 1. Ordnung „Rauenberg“ gewählt. Als Zentralpunkt (Fundamentalpunkt) bezeichnet man den Ausgangspunkt einer Landestriangulation, für den durch astronomische Messungen die geographischen Koordinaten (Kap. 1.4) bestimmt wurden. Ebenfalls durch astronomische Beobachtung ergab sich das Azimut *A* einer vom Zentralpunkt ausgehenden Dreiecksseite, d. h. der Winkel zwischen der geographischen Nordrichtung und der Dreiecksseite. Dadurch war die Orientierung des gesamten Netzes festgelegt und es konnten ausgehend vom Zentralpunkt die Koordinaten aller Trigonometrischen Punkte berechnet werden. Der Netzteil in den neuen Ländern der Bundesrepublik Deutschland wurde auf das Erdellipsoid von Krassowskij (Tab. 1.2-1) mit der Sternwarte Pulkovo bei St. Petersburg als Zentralpunkt bezogen.

Mit dem Aufkommen der elektronischen Distanzmesser wurde zur Punktbestimmung in der Landesvermessung mehr und mehr das Verfahren der *Trilateration* (lat. latus = Seite), d. h. der direkten Messung der Distanzen zwischen den Trigonometrischen Punkten, angewandt.

Festpunktbestimmung durch GNSS

Die bisher genannten Verfahren der Triangulation, der Trilateration und deren kombinierte Anwendung zur Bestimmung von Festpunkten wurden inzwischen durch das *Satelliten-navigationsystem NAVSTAR-GPS* (NAVigation System with Time And Ranging – Global

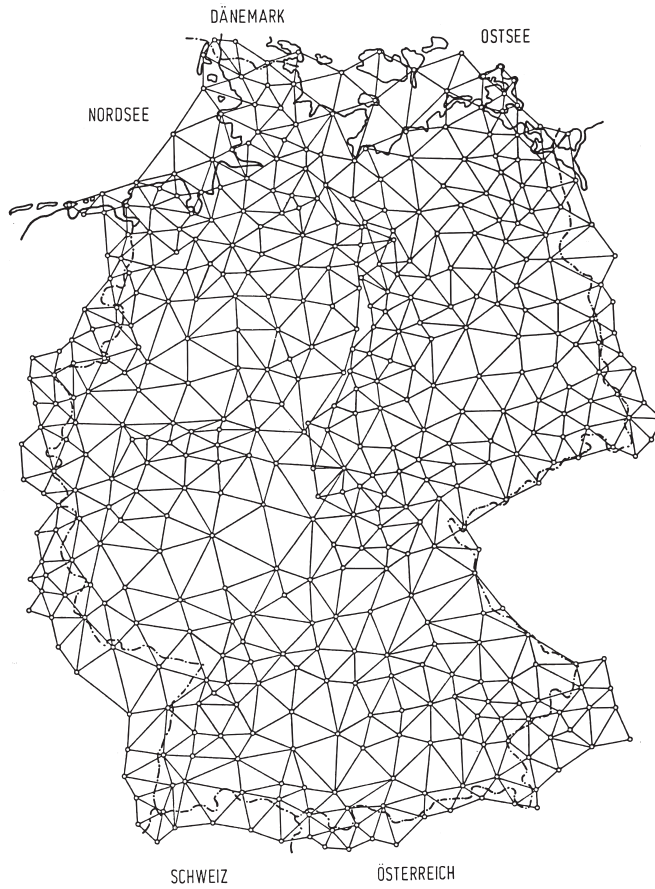


Abbildung 1.3-1: Deutsches Hauptdreiecksnetz

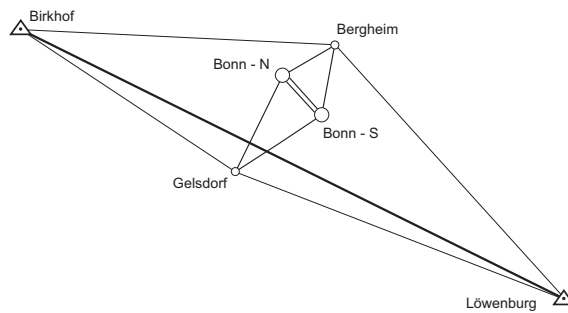


Abbildung 1.3-2: Basisvergrößerungsnetz Bonn

Positioning System) abgelöst.³ Da es neben dem GPS noch weitere Satellitennavigationssysteme gibt, wird üblicherweise die Bezeichnung *GNSS* (Global Navigation Satellite Systems) für derartige Systeme benutzt. Die Anwendung dieser Verfahren weisen den Vorteil auf, dass diese zu hohen Genauigkeiten führen, die nahezu unabhängig vom Abstand der zu bestimmenden Punkte sind. Außerdem sind keine Sichtverbindungen zwischen den Punkten erforderlich, wodurch sich Vermessungstürme und Signalbauten gänzlich erübrigen. Durch den flächendeckenden Aufbau permanenter GNSS-Referenzstationen wird der Raumbezug (Lage und Höhe) durch den Satellitenpositionierungsdienst *SAPOS*[®] in Echtzeit bereitgestellt. Der Aufbau des GNSS-Systems und die verschiedenen Mess- und Auswerteverfahren werden in Kapitel 8 vorgestellt.

1.3.2 Höhenfestpunktfeld

Idealerweise sollten sich alle Höhenmessungen auf das *Geoid* beziehen, einer Niveaufläche in Höhe des mittleren Meeresspiegels, auf der alle Lotrichtungen senkrecht stehen. Da diese Fläche jedoch nur schwer realisierbar ist, wurde im Jahre 1879 durch ein Nivellement vom Nullpunkt des Amsterdamer Pegels nach Berlin die Höhe einer Strichmarke an der Berliner Sternwarte bestimmt. Dieser Punkt wurde zum *Normalhöhenpunkt* erklärt. Als Bezugsfläche für alle Höhenmessungen definierte man in Deutschland diejenige Niveaufläche der Erde, die 37 m unterhalb des Normalhöhenpunktes verläuft. Diese Bezugsfläche wird mit *Normalnull* (NN) bezeichnet. Sie ist dem Geoid nur relativ grob angenähert und unterscheidet sich von ihm u. a. durch ihre per Definition festgelegte Höhe. Als 1912 die Berliner Sternwarte abgerissen wurde, verlegte man den Normalhöhenpunkt in ein geologisch sicheres Gebiet 40 km östlich von Berlin nach Hoppegarten, wodurch sich an der Definition der Bezugsfläche NN nichts geändert hat.

Ausgehend vom Normalhöhenpunkt ist Deutschland mit einem maschenartig angeordneten Netz von *Nivellementpunkten* (NivP) überdeckt worden, deren Höhen durch geometrisches Nivellement bestimmt sind. Die NivP sind Höhenfestpunkte; sie bilden in ihrer Gesamtheit das NivP-Feld (Tab. 1.3-1).

Tabelle 1.3-1: Gliederung des Nivellementpunktfeldes (NivP-Feld)

Niv.-Netz	Kurzbezeichnung für die Niv.-Punkte	Durchmesser der Maschen [km]
1. Ordnung	NivP (1)	30 – 50
2. Ordnung	NivP (2)	15 – 20
3. Ordnung	NivP (3)	2 – 10

Die Höhe eines Punktes in diesem Deutschen Haupthöhensystem 1912 (DHHN12) ist definiert als sein lotrechter Abstand über Normalnull, z. B. 156,137 m über NN. Die Vermarkung eines Höhenpunktes erfolgt hauptsächlich durch *Höhenbolzen*, die entweder senkrecht, meist jedoch waagerecht in feste, gut gegründete Mauern- oder Bauwerksfundamente bzw. im unbebauten Gelände in Fels oder Steinpfeiler eingebracht werden (Abb. 1.3-3). Die höchste Stelle des Bolzens markiert die Punkthöhe. Dort ist bei Anschlussnivellements die Nivel-

³Das europäische System *Galileo* und das russische *GLONASS* (GLObal NAVigation Satellite System) sind ähnlich konzipiert.