



Blieben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Gerold Noack

Geodäsie für Bauingenieure und Architekten

Grundlagen und Praxiswissen

Mit 238 Bildern, 17 Tabellen und 100 Prüfungsaufgaben

HANSER

Autor:

Prof. Dr.-Ing. Gerold Noack

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg
Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen, Stadtplanung
Fachbereich Bauinformatik, Geodäsie und GIS



Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt geprüft und getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor(en, Herausgeber) und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht. Ebenso wenig übernehmen Autor(en, Herausgeber) und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) – auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2019 Carl Hanser Verlag München

Internet: www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Dipl.- Ing. Natalia Silakova-Herzberg

Herstellung: Anne Kurth

Umschlagrealisation: Stephan Rönigk

Satz: Kösel Media GmbH, Krugzell

Druck und Bindung: Hubert & Co. GmbH & Co. KG BuchPartner, Göttingen

Printed in Germany

Print-ISBN 978-3-446-44666-3

E-Book-ISBN 978-3-446-45438-5

Inhalt

1	Vorwort	9
1	Bauvermessung im Gesamtgefüge der Geodäsie	11
1.1	Geodätisches Grundverständnis	11
1.2	Geodäsie, Ingenieurgeodäsie, Bauvermessung	15
1.3	Prüfungsaufgaben	19
2	Vermessungsaufgaben bei der Errichtung baulicher Anlagen	20
2.1	Typische Vermessungsaufgaben auf Baugrundstücken	20
2.2	Geodätische Entstehungsgeschichte eines Baugrundstücks	23
2.3	Weitere gemeinsame Grundbegriffe der Architekten, Bau- und Vermessungsingenieure	31
2.4	Prüfungsaufgaben	37
3	Lage-, Höhen-, Schwerebezugssysteme, SAPOS	38
3.1	Koordinatensysteme der Lage	39
3.2	Höhenbezugssysteme	46
3.3	Schwerebezugssystem	48
3.4	GNSS, SAPOS	50
3.4.1	GNSS und GPS	51
3.4.2	SAPOS	53
3.4.3	Weitere Grundbegriffe zu GNSS	53
3.5	Einheitlicher integrierter Raumbezug 2016	55
3.6	Prüfungsaufgaben	55

4	Liegenschaftskataster und Geoinformationssysteme	57
4.1	Grundbegriffe des Liegenschaftskatasters	57
4.2	Geodaten, Geoinformationssystem, Geodateninfrastruktur	64
4.2.1	Geodaten	64
4.2.2	Geoinformationssystem (GIS)	65
4.2.3	Geodateninfrastruktur (GDI) – INSPIRE	75
4.3	Prüfungsaufgaben	78
5	Maße, Berechnungen und Genauigkeit	79
5.1	Maße, Maßeinheiten	79
5.2	Erste geodätische Grundaufgabe	81
5.3	Zweite geodätische Grundaufgabe	82
5.4	Polares Anhängen	84
5.5	Höhe und Höhenfußpunkt	84
5.6	Kleinpunkte	86
5.7	Bogenschnitt	87
5.8	Geradenschnitt	88
5.9	Vorwärtsschnitt	90
5.10	Rückwärtsschnitt	91
5.11	Polygonzug	93
5.12	Koordinatentransformation	97
5.13	Genauigkeitsmaße	99
5.14	Prüfungsaufgaben	104
6	Nivellement	108
6.1	Geometrisches Nivellement	109
6.2	Nivellierprüfung	112
6.3	Geometrisches Liniennivellement	114
6.4	Sonstige geometrische Nivellements	117
6.5	Prüfungsaufgaben	118
7	Richtungs- und Winkelmessung	120
7.1	Theodolite und Zubehör	121
7.2	Winkelmessung	124
7.3	Prüfungsaufgaben	131

8	Streckenbestimmung	132
8.1	Mechanische Distanzmessung	132
8.2	Optische Distanzmessung	136
8.3	Elektrooptische Distanzmessung	137
8.4	Prüfungsaufgaben	141
9	Trigonometrische Höhenbestimmung	143
9.1	Vertikalwinkel und Gefällmesser	143
9.2	Trigonometrisches Nivellement	146
9.3	Turmhöhenbestimmung	150
9.4	Prüfungsaufgaben	152
10	Tachymetrie und Laserscanning	153
10.1	Tachymeter und Tachymetrie	153
10.2	Laserscanning	160
10.3	Prüfungsaufgaben	165
11	Lage- und Höhenaufnahmeverfahren	166
11.1	Vorüberlegungen	166
11.2	Einbindeverfahren	168
11.3	Orthogonalaufnahme	169
11.4	Polaraufnahme	170
11.5	Freie Standpunktwahl	171
11.6	Tachymetrische Geländeaufnahme	172
11.7	Terrestrisches Laserscanning	175
11.8	Sonstige 3D-Aufnahmeverfahren	176
11.9	Prüfungsaufgaben	181
12	Absteckungen	182
12.1	Tunnel von Samos und andere Grundlagen	183
12.2	Höhenabsteckung	185
12.3	Geradenabsteckung	186
12.4	Absteckung rechter Winkel	191
12.5	Gebäudeabsteckung	192
12.6	Kreisbogenabsteckung	194

12.7	Klothoidenabsteckung	204
12.8	Alignment und Lotung	208
12.9	Baumaschinensteuerung	213
12.10	Prüfungsaufgaben	215
13	Überwachungsmessungen	219
13.1	Baukontrollmessung	219
13.2	Deformationsmessung	221
13.3	Verfahren der Baukontroll- und Überwachungsmessungen	226
13.4	Prüfungsaufgaben	232
14	Flächen- und Volumenbestimmung	233
14.1	Flächenbestimmung	233
14.2	Flächenteilung	238
14.3	Volumenbestimmung	240
14.4	Prüfungsaufgaben	243
15	Weiterführende Themen	246
15.1	„Alltagsgeodäsie“ und Sonstiges	246
15.2	Vertiefungsthemen zur Ingenieurgeodäsie	247
15.3	Building Information Modeling (BIM)	248
15.4	Vielfalt der Messplattformen, Instrumente und Verfahren	250
16	Weiterführende Literatur	253
	Sachwortverzeichnis	257

Vorwort

Messen ist ein entscheidender Weg zum Verstehen dieser Welt. Messen nimmt uns die Angst vor dem Unbekannten.

Grund und Boden sind das wichtigste, wertvollste und nicht vermehrbare Wirtschaftsgut der Menschheit, die Basis unserer Wertschöpfungskette. Deutschland „verbraucht“ täglich eine fast 100 Fußballfelder große Fläche an Natur, Land und Forsten, um sie in Siedlungs-, Industrie-, Tagebau- und Verkehrsfläche zu verwandeln. Ist das Raubbau? Hier treffen sich die Bauingenieure, Architekten, Stadtplaner und Geodäten in ihrer täglichen Arbeit und gemeinsamen Verantwortung, das begrenzte Wirtschaftsgut – den Grund und Boden – zu gestalten und zu verwalten. Geodatenmanagement wird daher immer bedeutender in allen Verwaltungs-, Wirtschafts-, Wissenschafts- und alltäglichen Lebensbereichen. Neben der Atmosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre, Lithosphäre und Kryosphäre sprechen wir längst von der *Anthroposphäre* – der Menschensphäre – auf unserer Erde. Über zwei Drittel der Urlandschaft der Erde sind schon abgeholzt, umgepflanzt, weggebaggert und zersiedelt. Die Menschen könnten sich aufgrund ihrer Anzahl inzwischen auf der Landfläche der Erde in Rufweite aufstellen. In einem Raster von 150 Metern Abstand zueinander füllen sie unseren gesamten Globus in alle Richtungen, über alle Wälder, Wüsten, Gebirge und Klimazonen hinweg. Wir leben nach dem kurzen letzten geochronologischen Nacheiszeitalter, dem Holozän, jetzt in der Epoche des *Anthropozän* – das Erdzeitalter der Menschen, die als Haupteinflussfaktoren die gesamte Umwelt auf der Erde formen.

Vermessungstechnische Leistungen sind ein unverzichtbarer Baustein im eng verflochtenen Gefüge des Planens, Bauens, Nachweises und Nutzens baulicher Anlagen. Vermessungsleistungen werden erbracht vor, während und nach der Planung baulicher und sonstiger Anlagen sowie vor, während und nach der Errichtung, der Betreuung, der Umnutzung bis hin zum Abriss der Anlagen.

Vermessungsleistungen werden nicht nur von Geodäten der verschiedensten Institutionen oder von Öffentlich bestellten Vermessungsingenieuren (ÖbVI) erbracht, sondern Bauingenieure und Architekten sollten auch einzelne Vermessungsaufgaben selbst lösen können und in vielen Aufgabenfeldern der Ingenieur- und Katastervermessung kompetente Partner der Geodäten sein.

Im vorliegenden Lehrbuch zum Grundlagenstudium im Bauingenieurwesen und der Architektur werden vielfältige Vermessungsaufgaben, Vermessungsinstrumente, Berechnungsverfahren und rechtliche Grundlagen mit Beispielen vorgestellt. Die meisten Inhalte sind den aktuellen Lehrveranstaltungen an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg entnommen, gewachsen aus mehreren Jahren Vermessungspra-

xis und vielen Jahren Lehrerfahrung im Grundlagenstudium der Bauingenieur- und Architekturstudenten.

Aufgrund des geringeren Studienumfangs werden nicht mehr alle ingenieurgeodätischen Themen des Bauingenieurwesens und der Architektur bereits im Bachelorstudium abgedeckt. Technische Feinheiten zu geodätischen Instrumenten sind weggelassen. Deren Entwicklung mit Ideen Tausender kluger Köpfe verläuft zudem wesentlich schneller, als das Buch eines Einzelnen geschrieben werden kann.

Die Logik des Buches führt von den elementaren Grundlagen der Ingenieurgeodäsie über die Entstehung und Behandlung des Baugrundstücks zu einzelnen ingenieurgeodätischen Messverfahren bis hin zu den Absteckungen auf der Baustelle. Das Buch ist wesentlich kürzer gefasst, aber umfangreicher als das Vorlesungsskript.

Zum einen sind Themen nur schlagwortartig in einer Gruppe von Fachbegriffen zusammengefasst, kurz definiert und als Basis für ein zwingend notwendiges weiterführendes Studieren gedacht. Der Umgang mit diesen Begrifflichkeiten ist für eine schnelle Verständigung zwischen Vermessungsingenieuren, Bauingenieuren und Architekten im Bauprozess unerlässlich. Zum anderen sind Teilaspekte einzelner Vermessungsepisoden sehr detailliert beschrieben oder exemplarisch abgebildet und bis zu den praktischen Handgriffen der Vermessungstätigkeit aufgelöst. Diese Handgriffe und geometrischen Grundzusammenhänge der möglichen Messungsanordnungen sind als die Schnittstelle vom universitären Studium zum praktischen Verstehen des Messens anzusehen. Dadurch wirken einige Kapitel scheinbar inkonsistent aufgebaut.

Bedeutende Themen wie Geoinformationssysteme (GIS) oder die Ingenieurgeodäsie im Prozess des Building Information Modeling (BIM) sind mit dem Verweis auf Lehrreihen im Masterstudium zurückgestellt.

Das breite Feld der Digitalisierung und Modellierung begleitet die Geodäsie in der Wissenschaft, Verwaltung und Praxis seit Jahrzehnten kontinuierlich im Schrittmaß der Informations- und Kommunikationstechnik. Aktuelle Anwendungen sind unter der weiterführenden Literatur und sonstigen Quellen erwähnt. Auf die genaue Behandlung von Themen und Technologien mit einem jährlichen Verfallsdatum wurde verzichtet. Dafür sind noch einmal Themen dabei, die im praktischen Vermessungsalltag inzwischen eine untergeordnete Rolle spielen, aber für das geometrische Grundverständnis geodätischer Aufgaben gerade für künftige Bauingenieure und Architekten den Zugang zur Ingenieurgeodäsie erleichtern.

Aus dem breiten Spektrum heutiger geodätischer Wissenschaften sollen dem künftig praktizierenden Bauingenieur und Planer Kenntnisse zu praktischen ingenieurgeodätischen Lösungen vor, während und nach der Planung, dem Errichten und Betreiben baulicher Anlagen nahegebracht werden.

Irgendwann wird der erfolgreiche Absolvent irgendwo im Arbeitsalltag im realen Gelände auf einem Grundstück mitten auf einer Baustelle im vielstimmigen Getriebe der Maschinen, Bauleute und Materialberge stehen und den richtigen Bezugspunkt für seine Überlegungen finden müssen, um sich und den Kollegen Fragen zur Bauvermessung zu beantworten. Vielleicht stammt einmal der Koordinatenursprung seiner Lösung bewusst oder unbewusst aus dem vorliegenden Lehrbuch.

1

Bauvermessung im Gesamtgefüge der Geodäsie

„Denn was man messen kann, das existiert auch.“ So lautet der Ansatz des deutschen Physikers Max Planck (1858 – 1947) zum physikalischen Grundverständnis der Welt. Zum Verständnis unserer Erde als Ganzes war es ein langer Weg des Denkens und Messens, wie die folgenden Ausführungen kurz skizzieren sollen.

■ 1.1 Geodätisches Grundverständnis

Der Naturphilosoph Thales von Milet (624 – ca. 547 v. Chr.) war sich sicher, dass die Bewegung der Gestirne von Naturgesetzen geleitet wird.

Der griechische Philosoph Pythagoras (569 – 497 v. Chr.) lehrte, dass die Erde eine Kugel sein muss, ohne es sicher wissen zu können. Die Pythagoreer glaubten, unsere reale Welt ist in ihrer innersten Struktur mathematisch.

Die Philosophen Platon (427 – 347 v. Chr.) – Schüler von Sokrates (469 – 399 v. Chr.) – und Aristoteles (384 – 322 v. Chr.) beeinflussten noch weit über das Mittelalter hinaus das christliche und islamische Denken von der kugelförmigen Erde, die von Sonne, Mond und Sternen umkreist wird.

Der Astronom Hipparchos (190 – 120 v. Chr.) meinte: Die Erde umkreist die Sonne. Er teilte die Erde als Kugel ein in 360 Längengrade und in Breitengrade – so wie wir sie heute kennen.

Der griechische Mathematiker Claudius Ptolemäus (ca. 100 – 160 n. Chr.) untersuchte die Möglichkeiten der Projektion der Kugel in eine Fläche zur Abbildung der Erdoberfläche in Karten. Seine umfassende geografische Erdbeschreibung aller bekannten Orte seiner Zeit mit der Schätzung des Erdumfangs auf 30 000 km wurde für Jahrhunderte zum Standardwerk.

Der belgische Geograf Gerhard Mercator (1512 – 1594) entwickelte Kartenprojektionen für seine umfangreichen Kartenzeichnungen. Noch heute wird seine Zylinderprojektion („Mercator-Projektion“) angewandt. Ein Bild des griechischen Gottes Atlas mit der Erde auf seinem Rücken zierte seine Kartensammlungen. Seitdem sprechen wir vom „Atlas“.

Eratosthenes, ein griechischer Universalgelehrter, hat vor über 2000 Jahren nicht nur die Frage nach der Gesamtgröße unserer Erde gestellt, sondern am Tage des senkrechten Son-

nenstandes in Syene, dem heutigen Assuan, einen Winkel α anhand der Schattenlänge in Alexandria und die Nord-Süd-Strecke b zwischen beiden Orten gemessen, die Verhältnisse der Bögen und Winkel berechnet und einen Erdumfang U von etwa 40 000 km bestimmt (Bild 1.1).

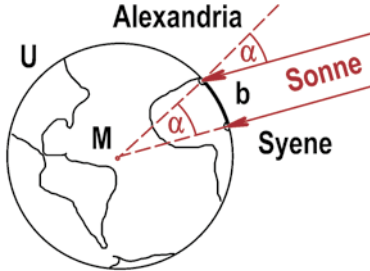


Bild 1.1 Eratosthenes bestimmte den Erdumfang

1500 Jahre später wollte Kolumbus diese Erdengröße nicht recht glauben und kam viel zu schnell in „Indien“ an. Lange vor Pythagoras vermaßen die Menschen Ländereien in Mesopotamien und die Felder im alten Ägypten nach der Nilschwemme. Als Werkzeuge bedienten sie sich dabei der Geometrie, Mathematik und des technischen Messzeugs. Der Ursprung von Geometrie liegt in der Landschaft der ersten sesshaft gewordenen Menschen. „Geometrie“ bezeichnet rein begrifflich die „Erde messen“. Geodäten sind zu allen Zeiten „Geometer“ genannt worden. Mit der Geschichte im Hintergrund sagen Vermesser: „Geodäsie ist die Mutter der Mathematik.“ Seit Gauß sind Geodäten in der Hinsicht bescheidener. Carl Friedrich Gauß (1777 - 1855) hatte als großer Geodät das Königreich Hannover vermessen, aber als noch größerer Mathematiker die Geodäsie mit Differenzialgeometrie und Fehlerlehre bzw. mathematischer Statistik vorangetrieben. Geometrische Grundkenntnisse sind bis heute die unerlässliche Voraussetzung zur Lösung geodätischer Problemstellungen.

Geodätische Messungen und daraus abgeleitete Tatsachen liefern uns das räumliche Weltbild einschließlich seiner Dynamik – dazu einige Beispiele:

- Der Äquator und alles auf ihm rast mit 460 Metern pro Sekunde um die Erdachse – so schnell wie ein Kampffjet. Die Erde fliegt mit 30 Kilometern pro Sekunde um die Sonne – das sind 0,1 Promille der Lichtgeschwindigkeit. Eine Erdrotation wird in 100 Jahren 0,016 Sekunden langsamer sein. Irgendwann kommt der 30-Stunden-Tag.
- Der „Mt. Everest“ ist allen bekannt, aber nicht, dass George Everest über 10 Jahre lang die große Vermessung Indiens leitete.
- Wenn Sonnenuhren auf der Erde genau funktionieren, gehen unsere technischen Uhren entsprechend der Zeitgleichung jährlich bis 16 Minuten nach oder 14 Minuten vor.
- Am Nordpol sind wir am schwersten – wir werden mit 9,83 Metern pro Sekunde zum Quadrat angezogen. Dagegen macht uns der 6768 Meter hohe Gipfel des Huascaran 7 Promille leichter. Obwohl – am weitesten entfernt vom Erdmittelpunkt ist die Spitze des 6268 Meter hohen Chimborazo. Er ist ca. 2000 Meter weiter vom Mittelpunkt der Erde entfernt als der Gipfel des Mount Everest.

- Vorsicht beim Kanalbau! Das Ufer des Toten Meeres liegt 430 Meter unter dem Meeresspiegel der Weltmeere.
- Mond und Sonne schaukeln mit Ebbe und Flut unsere Meere. Wir auf der „festen“ Erde werden ebenfalls täglich zweimal bis zu 30 Zentimeter angehoben und wieder zurückgestellt. Wäre die gesamte Erdoberfläche eine von Gezeiten, Luftdruck, Temperaturen und Strömungen ungestörte Meeresoberfläche, gäbe es gegenüber der idealen Figur eines Rotationsellipsoids trotzdem Berge und Dellen mit bis zu 100 Metern Höhe bzw. Tiefe durch die Variationen des Schwerefeldes, durch die ungleiche Verteilung verschieden dichter Massen im Erdinneren.
- Die letzte Eiszeit ist noch nicht vorbei. Nordeuropa hebt sich noch immer nach der Eisentlastung. Diese postglaziale Landhebung beträgt bis zu einem Zentimeter pro Jahr.
- Die Luftmassen eines Hochdruckgebietes dellen die Erdoberfläche um ein bis zwei Zentimeter ein.
- Der Pol wandert täglich 10 bis 20 Zentimeter.
- Wenn wir uns so geschickt zwischen zwei Kontinentalplattenränder stellen, dass die ausgestreckten Arme beide Kontinente berühren (praktisch möglich auf Island), werden die Spitzen der Fingernägel nie mehr von der Wand weichen. Sie wachsen so schnell, wie die Kontinentalplatten auseinanderdriften können.
- Die neueste Strontium-Gitter-Atomuhr geht in 15 Milliarden Jahren weniger als eine Sekunde vor oder nach. Wenn die Uhr 2 Zentimeter hochgehoben wird, ist gemäß der Schwereänderung eine Gangänderung nach der Relativitätstheorie von Albert Einstein bereits heute messbar. Übernehmen bald Quanten, Relativität und Atomphysik unsere alltäglichen Vermessungsaufgaben? Wie viel *relativistische Geodäsie* haben wir? In der Satellitengeodäsie sind die Erkenntnisse Einsteins zur Kalibrierung der Atomuhren längst eingebaut. Aber müssen wir bald nie mehr nivellieren? Erste wissenschaftliche Versuchsmessungen zum „Chronometrischen Nivellement“ verliefen bereits erfolgreich.

Geodäten sind die Notare der Geobasisdaten für alle Erdenpassagiere. Fast alle Informationen lassen sich an Koordinaten festmachen. Bestes Beispiel ist der Straßenatlas: Viele Menschen vertrauen ihrem GPS so sehr, dass sie ohne Georeferenzierung nicht mehr in ihr Auto einsteigen. Und das nicht ohne Grund, wenn wir das extreme Beispiel des riesigen, vom Menschen „gestalteten“ Raumes ohne einen Quadratmeter Naturrest betrachten (Bild 1.2 bis Bild 1.4).

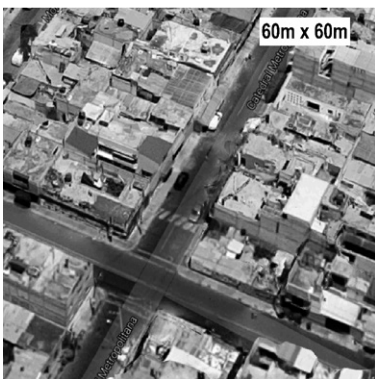


Bild 1.2 „Menschensphäre“, 2- bis 3-geschossige Häuser für ca. 200 Einwohner

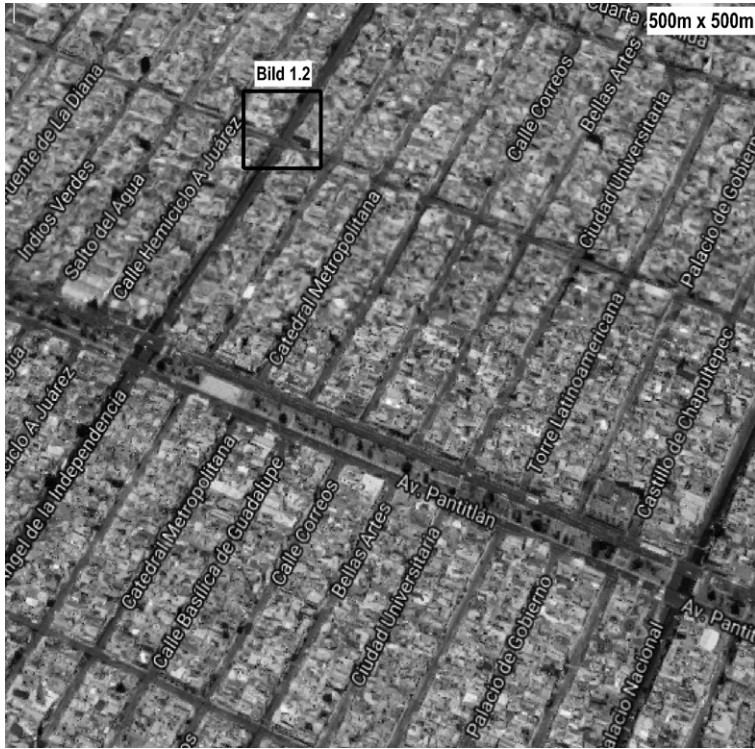


Bild 1.3 „Menschensphäre“ für 12 000 Einwohner

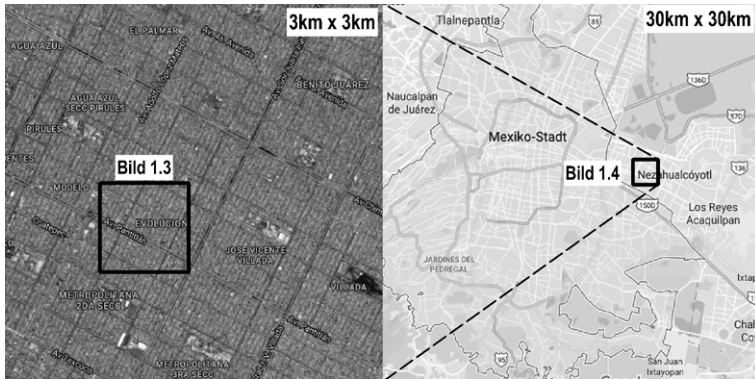


Bild 1.4 Anthroposphäre mit über 200 000 Menschen aus Nezhualcóyotl (Mexiko-City)

■ 1.2 Geodäsie, Ingenieurgeodäsie, Bauvermessung

Die Realisierung des einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezugs im amtlichen Vermessungswesen in Deutschland hat seit der Einführung im Dezember 2016 eine neue Qualität für alle vermessungsbasierten Leistungen eingeläutet. Die ganzheitliche Betrachtungen von Lage, Höhe, Schwere und die Position im 3D-Raum sind durch genauere Messungen, Zusammenführung der geometrischen und physikalischen Komponenten und ein neues Qualitätsmanagement von höherem Wert für die Bürger, die Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft.

Geodäsie

Geodäsie – „Erde teilen“ im Sinne des „Landzuteilens“, mit hoher Wertschätzung derjenigen, die es ausführen, ist als Begriff seit über 2000 Jahren bekannt. Geodäsie ist nach Friedrich Robert Helmert (1843 – 1917) seit 1880 die Wissenschaft von der Ausmessung und Abbildung der Erdoberfläche; von der Bestimmung der Form, Größe und Schwere der Erde und ihre Beschreibung in Karten, Plänen und Verzeichnissen.

Die geodätische Wissenschaft erhebt sich über drei Grundpfeilern:

- Geometrie und Kinematik der Erdoberfläche
- Orientierung und Rotation der Erde im Raum
- Schwereverteilung

Sie bilden die Basis für die Schaffung des Referenzrahmens.

Grundlegende Fachgebiete wie die Physikalische Geodäsie, die Satellitengeodäsie, die Fernerkundung, die geodätische Messtechnik, die Ingenieurgeodäsie und das Landmanagement bereiten den Weg für zahlreiche Anwendungen in nahezu allen gesellschaftlichen Bereichen (Bild 1.5).

Die Geodäsie fügt sich vom Großen ins Kleine. Das ITRS (International Terrestrial Reference System) setzt den globalen Rahmen des Koordinatenbezugs. Das ETRS (Europäisches Terrestrisches Referenzsystem) bildet darin Europa ab. Deutschland hängt das DREF (Deutsche Referenzsystem) hinein. Und (zum Beispiel Brandenburg) ordnet sein BRAREF (Brandenburgisches Referenzsystem) dem DREF unter.

Geodäsie ist überall, denn Koordinaten sind überall!

Die Hauptaufgaben der geodätischen Wissenschaft sind die Herstellung, Messung, Modellierung, Bereitstellung, Laufendhaltung und Weiterentwicklung nationaler *Referenzsysteme* der Lage, Höhe und Schwere im System europäischer und globaler Bezugssysteme. Referenzsysteme bilden die Basis aller georeferenzierten Informationssysteme. Darauf aufbauend versorgen Geodäsie und Kartografie als zentrale Geodienstleister die Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft und Bürger mit digitalen und analogen topografisch-kartografischen Informationen in Form der Geobasisdaten und Kartenwerke verschiedener Maßstäbe als Keimzelle der Geodateninfrastruktur des Landes.

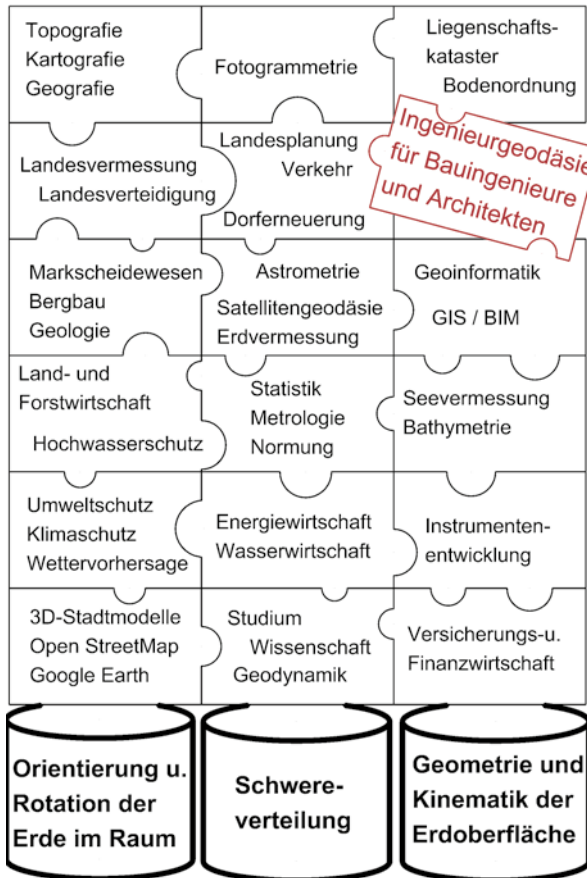


Bild 1.5 Grundpfeiler und Schwerpunkte der Geodäsie

Architekten und Bauingenieure bewegen sich bei ihrer praktischen Vermessungstätigkeit auf dem Feld der Ingenieurvermessung. Zu den Aufgaben der *Ingenieurvermessung (Ingenieurgeodäsie)* zählen alle Vermessungstechnologien und Auswertemethoden, die keine amtlichen Vermessungen oder topografischen Landesvermessungen sind.

Architekten und Bauingenieure gelangen mit ihren Aufgaben neben der Ingenieurgeodäsie zunehmend in die Randbereiche anderer Vermessungsgebiete – wie Katastervermessung, Bodenordnung, Kartografie, Fotogrammetrie, *Satellitengeodäsie*, *Bathymetrie* (hydrografische Vermessung), *Markscheidewesen* (bergmännische Vermessung) bis hin zur *Meeresgeodäsie*. Daraus erwächst der Anspruch der Architekten und Bauingenieure, das praktische Messen kennenzulernen, um vermessungstechnisches Wissen für vielschichtige Kooperationen mit Geodäten und Geomatikern zu erlangen.

Geodäten, Geomatiker und/oder Öffentlich bestellte Vermessungsingenieure (ÖbVI) lösen Vermessungsaufgaben für Bauingenieure, Architekten, Gutachter, Bürger und Kommunen in Form von:

- Grundlagenmessungen (Lage-, Höhenfestpunkte, topografische Aufnahmen, ...)
- Katastermessungen bei Teilungen, Grenzfeststellungen, Gebäudeeinmessungen

- Erstellung allgemeiner Planungsunterlagen: Lage- und Höhenpläne, Flächennutzungs- und Bebauungspläne
- Vermessungen für Objekte des Hoch-, Tief-, Industrie- und Verkehrsbaus vor, während und nach den Baumaßnahmen: Absteckungen, Einmessungen, Bestandspläne, Deformations- und Überwachungsmessungen
- Geodatenmanagement, Geodateninformationssysteme
- Einrichtung, Auswertung, Führung von Fachkatastern wie Leitungs-, Deponie-, Grünflächen-, Baumkataster
- *Georeferenzierung* verschiedenster analoger und digitaler Bestandsunterlagen: Trinkwasser-, Abwasser-, Strom-, Gas-, Kabel-, Leitungsnetzpläne (Der Datensatz wird „verortet“, er bekommt einen Raumbezug.)
- Grundstückswertermittlung für Verkehrswertgutachten bebauter und unbebauter Grundstücke
- Bodenordnung in Bodenordnungsverfahren und Baulandumlegungen

Verschiedene Interessengruppen verlangen nach zum Teil sehr unterschiedlichen Vermessungsleistungen:

1. Grundstückseigentümer/-erwerber benötigen:

- Teilungsmessung
- Gebäudeeinmessung
- Pläne zur Regelung von Grunddienstbarkeiten
- Wohnraumvermessung
- Liegenschaftsbewertung
- Beratung/Gutachten

2. Bauherren wollen:

- Lagepläne/Amtliche Lagepläne
- Liegenschafts-/Baurechtsberatungen
- Gebäudegrob- und -feinabsteckungen
- Gebäudeeinmessungen
- Kontroll- und Überwachungsmessungen

3. Baufirmen brauchen:

- baubegleitende Absteckungen
- Bestandspläne
- Flächen- und Volumenbestimmungen

4. Ver- und Entsorgungsfirmen interessieren:

- Trassierungen, Absteckungen
- Geoinformationssysteme (GIS) zu den Bestandsplänen

5. Architekten/Objektplaner benötigen:

- Bebauungspläne
- Lage- und Höhenpläne
- Längs- und Querprofile

- Risse, Schnitte, Ansichten, Nachbarbebauungspläne
 - maßgebende Flächenbestimmungen, Rauminhalte
6. Gemeinden und Katasterbehörden leiten:
- Digitalisierungsprojekte, GIS
 - Automatisierungsvorhaben, Datenaustausch, Georeferenzierung
 - Liegenschaftskataster
 - Flächennutzungs- und Bauungspläne
 - Vermessung städtischer Bauvorhaben und Liegenschaften
7. Straßenbauverwaltungen beauftragen:
- Grunderwerbspläne
 - Trassierungen
 - Entwurfs- und Schlussvermessungen
8. Flurneunordnungsbehörden binden die Vermessung für:
- Bodenordnung
 - Flurbereinigung

Architekten und Bauingenieure können einen Teil dieser Vermessungsleistungen selbst erbringen. Einige der oben genannten Aufgabenfelder gehen allerdings über die Ingenieurgeodäsie hinaus. Diesen großen Teil der Leistungen müssen sie beauftragen können. Bauvermessung ist nicht gleich Ingenieurgeodäsie, obwohl die Vermessung für bauliche Anlagen (Bauvermessung) mit der Aufnahme, Planung, Absteckung, Überwachung, Dokumentation und Begutachtung von baulichen Anlagen aller Art das Hauptanwendungsgebiet der Ingenieurgeodäsie ist.

Am Ende bleibt für das praktische Messen die Erkenntnis, dass die vier Vermessungstechnologien Satellitenmesssystem (GNSS, Bild 1.6 oben links), Tachymetrie (Tachymeter im Bild 1.6 oben rechts), Laserscannen (Bild 1.6 unten links) und Fotogrammetrie (hier im Bild mit der Messplattform einer Drohne, Bild 1.6 unten rechts) im Alltag dominieren.

Die klassischen Einzelmessungen der Strecken – ob mit Messband oder Laser –, die Messung einzelner Winkel – ob mit Theodolit oder Rechtwinkelinstrument –, die Bestimmung von Höhenunterschieden mit dem Nivellier – das Loten und Fluchten – geraten immer mehr in den Schatten der genannten vier Technologien, bleiben aber noch lange Zeit ein Bestandteil ingenieurgeodätischer Arbeit.



Bild 1.6 Vier Basistechniken dominieren die ingenieurgeodätische Praxis

■ 1.3 Prüfungsaufgaben

1. Womit befasst sich die Geodäsie im Allgemeinen? Was sind ihre wissenschaftlichen Grundaufgaben?
2. Nennen Sie Beispiele unseres Weltbildes, die auf geodätischer Messung basieren!
3. Wie hat Eratosthenes den Erdumfang bestimmt?
4. Wie wird der Geodät für Baufirmen, Architekten, Bauherren und Grundstückseigentümer tätig?
5. Nennen Sie Basistechnologien und andere Messmethoden heutiger Ingenieurgeodäsie!

2

Vermessungsaufgaben bei der Errichtung baulicher Anlagen

Auf Grundstücken mit baulichen Anlagen und zur Errichtung baulicher Anlagen sind sehr vielfältige Vermessungsaufgaben zu lösen. Sie erstrecken sich durch den gesamten Entwurfs-, Planungs-, Bau-, Nutzungs- und Umnutzungsprozess. Die Aufgaben gehören in verschiedene rechtliche, technische und Auftragsfelder im „Lebenszyklus“ eines Objektes.

■ 2.1 Typische Vermessungsaufgaben auf Baugrundstücken

In den meisten Fällen der alltäglichen Praxis zur Errichtung baulicher Anlagen sind nur einige der folgenden grundsätzlichen geodätischen Leistungen auf Baugrundstücken zu erbringen. Nach eingehender Beratung und Absprache mit dem Vermessungsingenieur werden die erforderlichen Vermessungsaufgaben letztlich von den Grundstückseigentümern, Bauherren, Architekten, Baufirmen, Baubehörden oder Gutachtern in Auftrag gegeben. Die typischen Vermessungen dienen der Grenzfeststellung, Grenzherstellung, Zerlegungsmessung und Grundstücksteilung, dem Lageplan und digitalen Geländemodell, allgemeinen GIS-Daten, dem Amtlichen Lageplan und der Erkundung und Vermarkung von Lage- und Höhenfestpunkten für das Baugebiet. Unmittelbar an der baulichen Anlage gibt es die Gebäudeeinmessung mit der Einmessungsbescheinigung, die katastermäßige Gebäudeeinmessung, Baukontrollmessungen und Überwachungsmessungen – eventuell für Gutachten. Die Grobabsteckung für Rodungen, Planierungen oder den Baugrubenaushub könnte ausgeführt werden. Der Absteckplan ist zu erarbeiten. Erstabsteckung, Feinabsteckung, baubegleitende Absteckungen, Absteckung von Wegen und anderen Außenanlagen sowie die Einmessung unterirdischer Leitungen, Bestandspläne und Schlussvermessung mit Außenanlagen (Parkplätze, Baumpflanzungen, Zufahren, Spielplätze, Müllplätze entsprechend der Bauauflagen) gehören zum Vermessungsspektrum auf Baustellen. Flächen- und Volumenbestimmungen zur Geländemodellierung, Massenauftrags- oder -abtragsberechnungen können gefordert sein (Bild 2.1). Das detaillierte 3D-Gebäudeaufmaß für das Geoinformationssystem, für das Building Information Modeling (BIM – Gebäudedatenmodellierung) oder für das Facility-Management können baubegleitend bzw. abschließend zu realisieren sein.



Bild 2.1 Vermessungsaufgaben für bauliche Anlagen

Der herkömmliche Datenfluss der raumbezogenen Daten des Vermessungsingenieurs verläuft beginnend vom

- Messen,
- Berechnen,
- Koordinaten Bestimmen und
- Transformieren über das
- Verwalten,
- Aktualisieren und mit
- Zusatzinformationen Veredeln/Verknüpfen der Daten bis hin zum
- Bereitstellen und Bewerten der Ergebnisse und Informationen in Plänen, 3D-Modellen, Tabellen und Gutachten.

Mit dem *BIM* (siehe Kapitel 15) können im Idealfall alle Informationen aus geodätischen Vermessungen, den Entwurfsmodellen, Planungen und Informationen zu Baustoffen, Kosten, Abläufen anderer am Bau beteiligten Gewerke vom ersten Gedanken über das Bauwerk bis zur letzten Koordinatenkontrolle mit allen zwischendurch auftretenden Kollisionen und Protokollen der Kommunikation in einer Datenbank zusammengeführt werden (Bild 2.2).

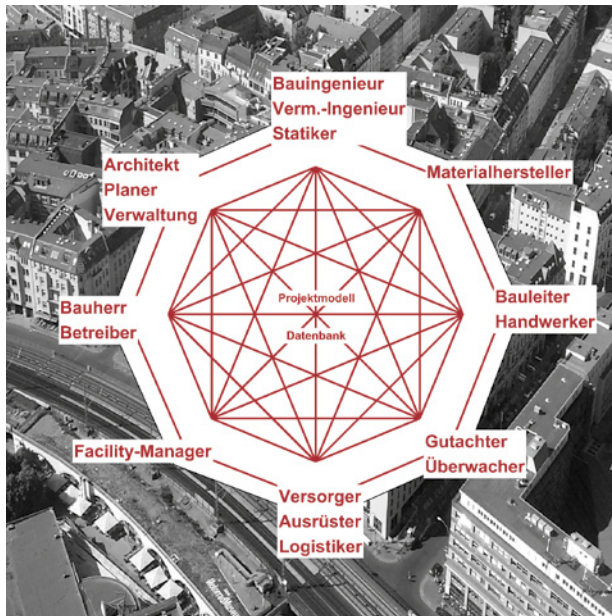


Bild 2.2 BIM-Knoten des Datenaustausches im Modellraum

Die grundlegenden Vermessungsaufträge für 1, 3, 4, 8, 10, 13, 16 in Bild 2.1 sind nahezu bei jedem Bauprojekt vom Grundstückseigentümer, dem Bauherren oder dem Baubetrieb auszulösen. Auf Basis der *Honorarordnung für Architekten und Ingenieure* (HOAI) gibt es Entwurfsvermessungen, Bauvermessungen und sonstige Vermessungsleistungen. Zu den *Entwurfsvermessungen* zählen die Lage- und Höhenpläne, zur Bauvermessung die Absteckungen, Kontrollen und Bestandsdokumentationen.

Die Aufgaben 2, 3, 5, 6, 10, 16 (Bild 2.1) werden ausschließlich von Öffentlich bestellten Vermessungsingenieuren (ÖbVI) oder behördlichen Vermessungsstellen bearbeitet. Die Angebote geodätischer Leistungen eines ÖbVI umfassen ein noch breiteres Spektrum. An erster Stelle steht fast immer eine grundlegende Beratung.

Zu den genannten Grundstücksvermessungen mit dem Ziel Lageplan/Amtlicher Lageplan, Grenzfeststellung, Zerlegung/Teilung, Gebäudeeinmessung, Baulasten/Dienstbarkeiten kommen die Ingenieurvermessungen Grobabsteckung, Feinabsteckung, baubegleitende Absteckung, Bestandspläne, Leitungskataster, Trassierungen, Längs- und Querprofile, Wohn- und Gewerbeflächenbestimmungen hinzu.

Zusätzliche Schwerpunkte der Arbeit in ÖbVI-Büros können sein:

- Bodenordnung
- Wertermittlung
- Geoinformationssysteme

Die Bodenordnung umfasst die Flurbereinigung, Umlegung sowie Fragen zur Bauleitplanung und zum Städtebaurecht. Zu den Aufgaben der Wertermittlung zählen vor allem Verkehrswertgutachten. Bei der Arbeit mit Geoinformationen für Geoinformationssysteme (GIS) deckt der ÖbVI alle vier Grundleistungen ab:

- Datenerfassung
- Datenanalyse
- Datenhaltung
- Datenbereitstellung

Das Vermessungswesen unterliegt analog dem Bauwesen der Gesetzgebung der einzelnen Bundesländer. Die elementaren rechtlichen Rahmenbedingungen setzen die Bauvorlagenverordnung und die Bauordnung der Länder sowie das Vermessungs- und Liegenschaftsgesetz der Länder. Für die Ingenieurvermessung kommen hinzu: Vorschriften für Spezialbauwerke – Türme, Tunnel, Brücken, Stau Mauern und Kraftwerke – und die Vorschriften der Leitungsbetreiber über die Einmesspflicht.

■ 2.2 Geodätische Entstehungsgeschichte eines Baugrundstücks

Wie sollte aus geodätischer Sicht die Vorbereitung eines Baugrundstücks (mit einer Zerlegung bzw. Teilung) ablaufen, noch bevor ein Architekt aktiv wird?

Der Grundstückseigentümer hat durch den Blick in den Bebauungsplan des Stadtplanungsatlas oder nach § 35 des Baugesetzbuches die Zulässigkeit der Bebaubarkeit seines Grundstücks von der zuständigen Baubehörde bestätigt bekommen. Eine Erschließung ist gesichert, eine Straße führt zum Grundstück oder eine Zuwegung kann geschaffen werden. Strom, Wasser, Abwasser, Gas und Telekommunikation sind anschließbar, so ist es von den einzelnen Versorgungsfirmen zu erfahren. Die Auszüge aus seinem *Grundbuch*, die der Eigentümer vom zuständigen Grundbuchamt des Amtsgerichts erhielt, bestätigen, dass sein Grundstück frei von *Dienstbarkeiten* bzw. *Grunddienstbarkeiten* und finanziellen Belastungen ist. Das *Grundstück* darf im Fallbeispiel eventuell sogar in zweiter Reihe bebaut werden. Der Eigentümer hat mit oder ohne einen Grundstücksmakler einen Käufer für einen abzutrennenden Teil seines Grundstücks gefunden und muss einen Notar zur Abwicklung der Rechtsgeschäfte beauftragen (Bild 2.3). Dazu hat sich der Eigentümer einen Flurkartenausschnitt seines Grundstücks beim Kataster- bzw. Vermessungsamt verschafft.

Unabhängig vom Fortschritt der Verkaufsbemühungen beauftragt der Eigentümer mit dem Flurkartenauszug in der Hand und dem Teilungswunsch im Kopf einen *ÖbVI* oder eine zuständige Vermessungsbehörde mit den ersten vorbereitenden Vermessungen.

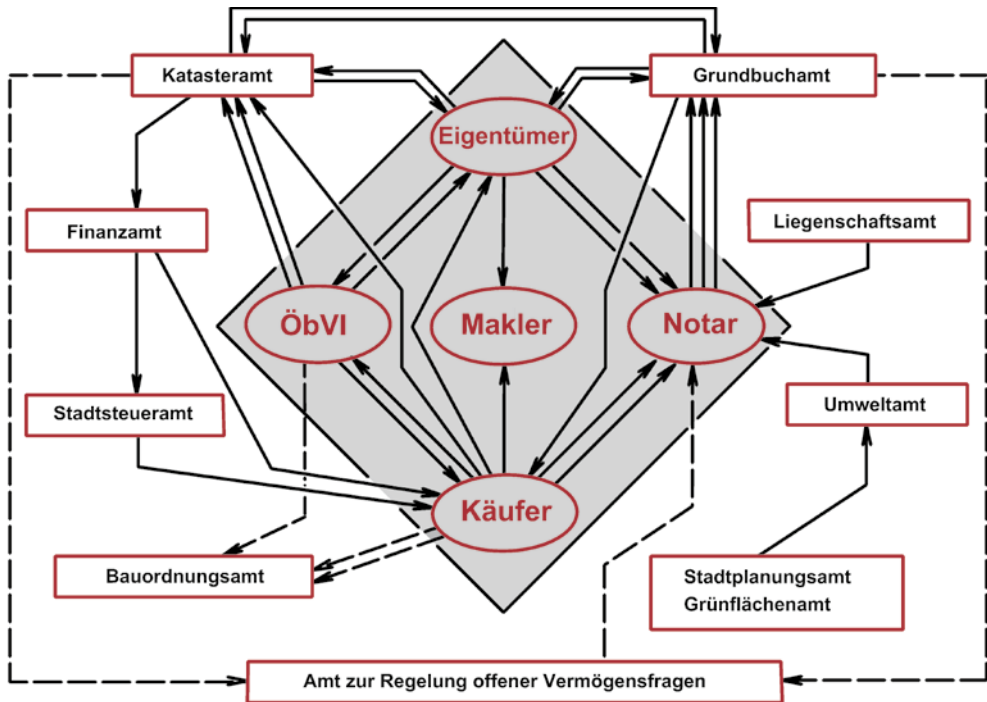


Bild 2.3 Handlungsschema eines Grundstückserwerbs: Die Amts- und Fachbereichsstrukturen variieren je nach Bundesland oder Kommune, die Pfeile zeigen die Richtung der Kommunikations-, Handlungs- und Leistungswege

Teil 1 einer Vermessungsgeschichte

Erste Messungen können *Grenzvermessungen* verschiedenster Art sein. Im vorliegenden Fall ist im technischen Sinn eine *Zerlegung* bzw. im Rechtssinn eine *Teilung* des Grundstücks vorzunehmen. Wenn der Käufer bereits bekannt und beteiligt ist, kann er gleichzeitig den Lageplan bzw. *Amtlichen Lageplan* zur gezielten Planungsvorbereitung für die spätere Bauvorlage beauftragen. Der ÖbVI beantragt anschließend alle erforderlichen Unterlagen bei der kommunalen Vermessungsverwaltung und bekommt die Unterlagen gemeinhin online ausgehändigt. Dazu zählen die Übersichtskarten und Risse der Lage- und Höhenfestpunkte in der Nähe des Grundstücks, die zugehörigen Verzeichnisse der Koordinaten, die Angaben zu den Eigentümern einschließlich aller Grundstücksnachbarn, zahlreiche Risse zur Entstehung des Grundstücks und der Nachbargrundstücke mit einer Vielzahl vorangegangener Vermessungsangaben, Punktnummern, Maßen und Kontrollmaßen sowie Koordinatenverzeichnisse der Grenzpunkte.

Erst jetzt kann der Vermessungsingenieur den Eigentümer und eventuell betroffene Nachbarn über den örtlich erforderlichen Vermessungstermin informieren und seine Messungen im Gelände planen. Der Zugang zu Grundstücken ist durch die Eigentümer zu gewährleisten.

Der Geodät und sein Messgehilfe beladen den Messtransporter mit folgenden Instrumenten (Bild 2.4 rechts):

- *Tachymeter*, einschließlich Reserveakku, Stative, DreifüÙe, Tachymeterstab, Reflektoren, Zieltafeln, Absteckprismen (Bild 2.4 links), Feldrechner mit geladenem Akku
- Instrument für das *Global Navigation Satellite System (GNSS)*, Satellitenempfänger, Akku, Stativ, zugehöriger Feldrechner mit Datenkommunikation zur Referenzstation, Verbindungskabel
- *Nivellier*, Stativ, Nivellierlatte, Lattenuntersatz („Frosch“ genannt). Bei der Nutzung eines Digitalnivelliers darf der volle Akku nicht vergessen werden.



Bild 2.4 Reflektorprismen-Vielfalt und Blick auf die Messbusausstattung

Folgendes vermessungstechnisches Zubehör gehört in das Fahrzeug:

- Messband, Zollstock, Lattenrichter, Prismen, Laser-Disto, Fluchtstäbe, Fluchtstangenstative, Feldbuchrahmen, optisches Lot oder Laserlot (mit Akku)
- Schnurlot, Zählnadeln, zusätzliche Stative und DreifüÙe

Für alle Fälle sollte Vermarkungsmaterial im Messbus liegen:

- Grenzsteine, Rohre mit Kunststoffkappen, Grenznägel oder sonstige *Grenzzeichen* (Bild 2.5 und Bild 2.6)
- Untervermarkung (Flaschen, Lochstein, Tonkegel, Plastikkegel, Magnetkörper)
- Pfähle, Stahlnägel, Messpunktmarken, selbstklebende Reflexzielmarken, Meterriss-Plaketten, Vermessungsplaketten
- Markierspray, Signierkreide

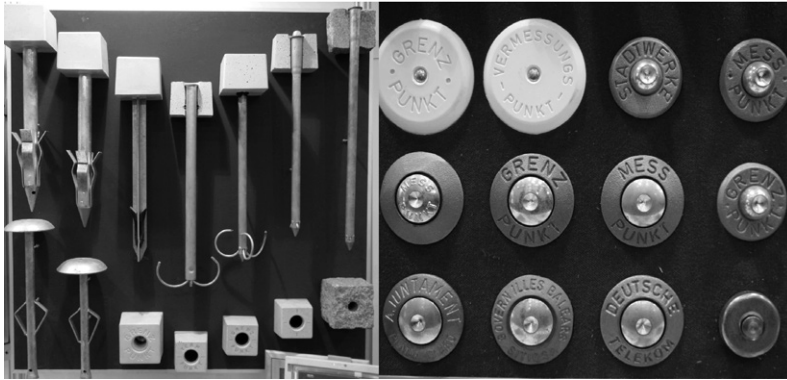


Bild 2.5 Abmarkungsmaterial für Grenz- und andere Messpunkte



Bild 2.6 Rohrvermarkungen, Höhenbolzen und Festpunktnägel

Ansonsten gehören in die Messtasche oder Fahrzeugregale:

- Funkgeräte, Smartphones (Aufladen der Akkus nicht vergessen) zur Kommunikation zwischen Standpunkt und Zielpunkt, zwischen Messgebiet und Büro, Schreibzeug, Taschenrechner, Lineal, Dreikant-Maßstab
- Bohrmaschine, Bohrer und Akku, Spaten, Doppelspaten, Spitzhacke, Hammer, Fäustel, Vorschlaghammer, Axt, Säge, Eisensäge, Astschere, Zange, Bodenstampfer, Brechstange, Stechstab (Grenzsteinsucher), Markierstab, Kanaldeckelhaken und Kleinwerkzeug

Weiteres Zubehör sollte das Messfahrzeug oder Tagesgepäck des Geodäten enthalten:

- Warntafeln, Absperrkegel, Absperrband
- Warnwesten, Gummistiefel, Handschuhe, Schutzhelm, Warnschutz-Regenjacke, Warnschutz-Fleecejacke
- Feldschirm, Regenschutzfolien

Koordinatenverzeichnisse und vorhandene Teilkarten zum Messauftrag werden möglichst am Vortag in den Feldrechner oder gleich in den Speicher des Messinstrumentes Tachymeter überspielt. Die Mappe aller Auftragsunterlagen wird vom Messtruppführer kontrolliert.