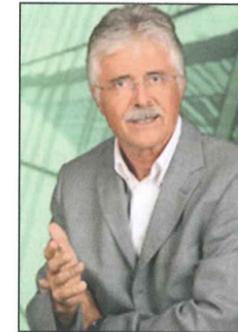


Gerhard Mercator (1512 – 1594) – Ein Streifzug durch das Vermessungswesen

Gerhard Mercator (1512 – 1594)

Von Dietrich Kollenprat, Klagenfurt

Mit 28 Abbildungen



Dipl.-Ing.
Dietrich Kollenprat

Kurzfassung

Gerhard De Kremer, besser bekannt unter seinem latinisierten Namen Mercator, gilt als Begründer der Zylinderprojektion und damit auch als Vater des österreichischen Kartenwerks, das für die Abbildung des österreichischen Grundstückskatasters die transversale Zylinderprojektion verwendet. Der für die Abbildung verwendete Zylinder berührt die Erdkugel entlang eines Großkreises vom Nord zum Südpol. Dieser Zylinder wird jeweils um 3° weiter gerückt und definiert die Meridianstreifen M28, M31

und M34 östlich von Ferro. Der Bezugspunkt Ferro, auf den Kanarischen Inseln (Hiero), liegt (gerundet) 17° 40' westlich des Nullmeridians Greenwich in London.

Diese Projektionsart wird auch Gauss-Krüger-Projektion genannt. Am Bezugsmeridian ist die Projektion verzerrungsfrei. Um die Verzerrungen auch an den Randbereichen klein zu halten, sind die Breiten der Projektionsbereiche auf 3° beschränkt.

Abstract

Gerhard De Kremer, better known by his latinized name Mercator, is considered the founder of the cylindrical projection, and thus also as the father of the Austrian map series, the figure for the Austrian Land Cadastre uses the transverse cylindrical projection. Used for the mapping cylinder touches the globe along a great circle from the North to the South Pole. This cylinder is moved by 3° and further defines the meridian M28, M31 and M34 east of Ferro. The reference point of Ferro, in the Canary Islands (Hiero), is (rounded) 17° 40' west of meridian Greenwich, London.

This projection is also called Gauss-Krüger projection. On the reference meridian projection is free of distortion. To keep the distortion low also at the edge regions, the widths of the projection areas are limited to 3°.

1. Allgemeines

Gerhard Mercator, eigentlich Gerhard De Kremer, wurde am 5. März 1512 in Rupelmonde, in der Grafschaft Flandern, geboren. Er starb am 2. Dezember 1594, im Alter von 82 Jahren, in Duisburg (s. Abb. 1). Er war ein großartiger Mathematiker und begründete als Kartograph die Zylinderprojektion, die in vielen Ländern, so auch in Österreich, als transversale Zylinderprojektion zur Abbildung des Österreichischen Katasters in Verwendung steht.

2. Das Berufsleben Mercators

Ab 1530 studierte Mercator an der Universität Löwen, wo er 1932 zum Magister artium promovierte und widmete sich anschließend dem Studium der Theologie, Philosophie und Mathematik mit deren praktischen Anwendungen bezüglich der Erfassung und Abbildung der Erde mit Instrumenten (s. Abb. 2) und

in Form von Karten und Globen. Die erste Karte „Amplissima Terrae Sanctae descriptio ad utriusque Testamenti intelligentiam“ schuf er im Jahr 1537. Die erste Weltkarte entstand 1538. Im Jahr 1541 schuf Mercator seinen ersten Globus, der in großer Stückzahl verkauft wurde. 1551 entwarf er den ersten kompletären Himmelsglobus.

1551 wurde Mercator an die neue Universität Duisburg als Professor für Kosmographie berufen. Von 1559 bis 1562 war er Professor für Mathematik und Kosmographie am Akademischen Gymnasium in Duisburg. Seine große Weltkarte „Nova et aucta orbis terrae descriptio ad usum navigantium“ entstand 1569 und verlieh ihm Weltruhm, denn die von Mercator entwickelte winkeltreue Projektion hat bis heute im Vermessungswesen, in der See- und Luftfahrt Gültigkeit.

Neben seinem Wirken als Mathematiker und Kartograph ist auch auf sein bedeutsames Schaffen auf dem Gebiet der Theologie und Philosophie hinzuweisen (s. Abb. 3).

Viele seiner Werke sind heute im Kultur- und Stadthistorischen Museum der Stadt Duisburg zu besichtigen.

Gerhard De Mercator war verheiratet mit Barbe Schellekens und hatte mit ihr sechs Kinder.

3. Etwas Theorie – Wissenswertes zu Kartenprojektionen¹

Kartenprojektionen versuchen die Oberfläche der Erde oder einen Teil davon auf einer ebenen Fläche abzubilden. Aufgrund der Krümmung der Erde ist diese Verebnung nur mit Einschränkungen möglich. Zum Verständnis: Auch die Schale eines Balls oder einer Orange lässt sich nicht einfach flach auf einem Tisch ausbreiten. Die Oberfläche einer Kugel wird immer auf irgendeine Art auf eine Ebene projiziert um sie abbilden zu können.

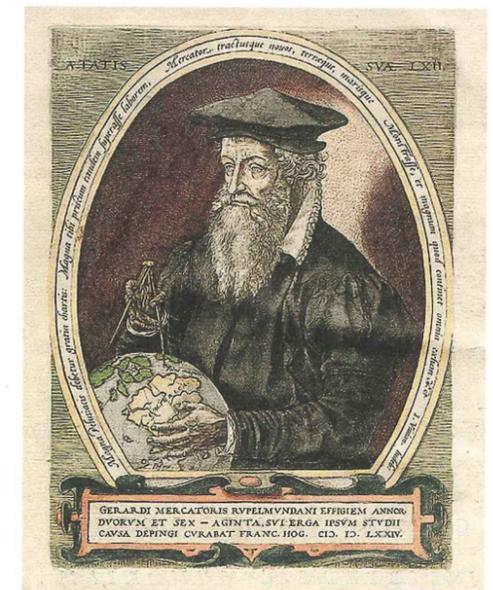


Abb. 1.: Kupferstich von Frans Hogenberg, 1574

¹ Quelle: kowoma.de

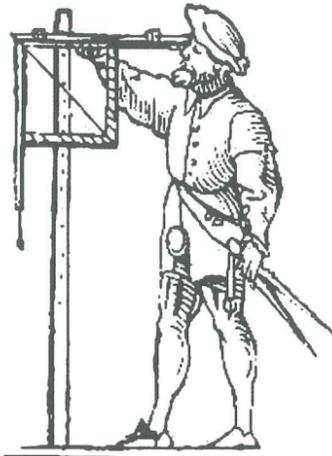


Abb. 2.: Historischer Landvermesser



Abb. 3.: Gerardus Mercator, Brüssel, Grand Sablon

Durch diesen Abbildungsprozess kommt es zu Verfälschungen der Konformität, der Entfernungen, der Richtung und/oder des Maßstabs. Manche Projektionen minimieren einige dieser Fehler auf Kosten anderer. Andere versuchen alle diese Eigenschaften nur mäßig zu verfälschen. Dies wird natürlich umso gravierender, je größer das Gebiet ist, über das sich die Karte erstreckt. Nachfolgend werden einige Eigenschaften aufgezählt, die Karten haben können. Man muss sich aber bewusst sein, dass bestenfalls ein Globus alle diese Eigenschaften zugleich haben kann.

3.1. Gleichförmig (konform)

Man bezeichnet eine Kartenprojektion als gleichförmig, wenn der Maßstab an jedem Punkt der Karte in jeder Richtung identisch ist. Der Maßstab kann dann allerdings nicht überall der gleiche sein. Meridiane (Längengrade) und Parallele zum Äquator (Breitengrade) schneiden sich in rechten Winkeln. Formen bleiben auf gleichförmigen Karten lokal erhalten. Eine Karte kann nicht gleichzeitig formtreu und flächentreu sein.

3.2. Entfernungstreu (äquidistant)

Eine Karte wird als äquidistant bezeichnet, wenn sie Entfernungen vom Zentrum der Karte genauso wiedergibt, wie alle anderen Entfernungen auf der Karte. Unter äquidistant wird manchmal auch verstanden, wenn die Abstände im Netz der Längen- und Breitengrade auf der Karte gleich sind.

3.3. Richtungstreu

Eine Karte ist richtungstreu, wenn die Azimute (Winkel von einem Punkt auf einer Linie zu einem anderen Punkt) in allen Richtungen korrekt wiedergegeben werden. Eine Mercatorkarte ist richtungstreu.

3.4. Maßstabstreu

Eine Karte ist maßstabstreu, wenn das Verhältnis zwischen einer Entfernung auf der Karte und der gleichen Entfernung auf der Erde überall auf der Karte das Gleiche ist.

3.5. Flächentreu

Eine Karte ist flächentreu, wenn sie Flächen so darstellt, dass alle Flächen auf der Karte das gleiche Verhältnis zu den Flächen auf der Erde haben, die sie darstellen. Zur Flächentreue sei folgendes interessantes Beispiel gezeigt: Afrika hat als einer der größten Kontinente (zweitgrößter nach Asien) eine Fläche von 29 800 000 km², Grönland als größte Insel der Erde nur 2 175 600 km² (also eine Fläche die um das 13,7-fache kleiner ist). Auf einer Karte in Mercator Projektion sieht Grönland ebenso groß aus wie Afrika.

4. Zylinderprojektionen

Alle zylindrischen Projektionen kommen dadurch zustande, dass eine Kugelfläche auf einen Zylinder projiziert wird. Bei der tangentialen Zylinderprojektion berührt der Zylinder die Kugel an einem Großkreis (z.B. Äquator, Meridian). Die Projektion entsteht dadurch, dass eine Lichtquelle im Zentrum der Erdkugel die Kontinente auf der Zylinderoberfläche abbildet. Diese Projektion wird häufig (leider fälschlich) als Mercatorprojektion bezeichnet. Man muss bei der Mercatorprojektion dafür sorgen, dass der Maßstab in Nord-Süd-Richtung an jedem Punkt der gleiche ist wie in Ost-West-Richtung. Der Maßstab ändert sich bei der Mercator-Projektion also zwar vom Äquator her nach oben und unten kontinuierlich, ist aber für jeden Punkt in Horizontal- und Vertikalrichtung gleich. Dadurch ist die Mercatorprojektion keine physikalisch nachvollziehbare Projektion mehr, sondern nur mathematisch zu erzeugen. Von Edward Wright, der die Mercatorprojektion 30 Jahre nach Mercator (1599) nochmals veröffentlicht hat, gibt es wohl folgende Erklärung, wie man sich die Projektion vorzustellen hat: Man stellt sich die Erde als Luftballon vor und steckt diesen Luftballon in einen Glaszylinder, so dass der Äquator genau die Wand berührt. Jetzt pumpt man den Ballon auf. Die Bereiche weiter zu den Polen müssen stärker aufgepumpt werden, um die Zylinderwand zu berühren und somit verändert sich dort der Maßstab kontinuierlich und in beide Richtungen.

Wie die Mercator-Karte konstruiert wird, verdeutlicht nachfolgende Grafik. Zur Verdeutlichung werden auf einer Kugel zwei Kreise eingezeichnet. Der erste Kreis bei 0°, also am Äquator, der zweite Kreis bei 60°. Wickelt man nun die Kugeloberfläche ab, so entstehen Zweiecke, die sich am Äquator berühren und nach oben hin immer weiter auseinanderlaufen. Skaliert man nun die Flächen so, dass keine Lücken mehr vorhanden sind, was für eine Karte durchaus nützlich ist, sieht man, dass der obere Kreis verzerrt wurde. Durch die Dehnung in x-Richtung wurde daraus eine Ellipse. Im letzten Schritt wird die Karte nun so gedehnt, dass alle Kreise wieder Kreise sind. Damit nehmen die Abstände zwischen den Breitengraden nach Norden und Süden hin zu (s. Abb. 4). Diese starke Verzerrung führt auch dazu, dass Mercatorkarten nur bis 60° oder 70° Nord oder Süd reichen, die Polbereiche können so nicht dargestellt werden.

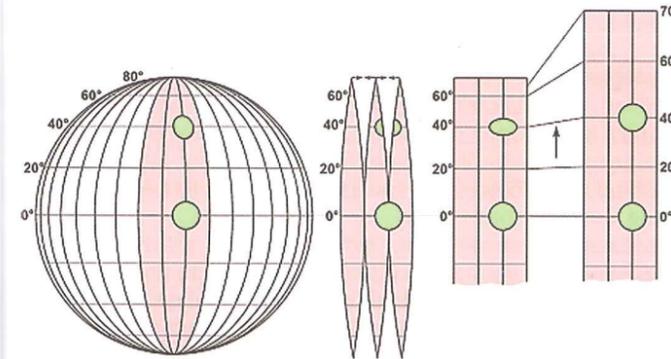


Abb. 4.: Prinzipialskizze der Mercatorprojektion

Gerhard Kremer stellte die nach ihm benannte Projektion 1569 das erste Mal in Duisburg vor. Der große Vorteil der Mercatorprojektion ist, dass sie richtungstreu bzw. winkeltreu ist (s. Abb. 5), Loxodrome (Kursgleichen; Linien mit konstanter Richtung) werden immer als Geraden wiedergegeben. Großkreise hingegen werden (mit Ausnahme des Äquators) als gekrümmte Linien wiedergegeben. Ein entscheidender Nachteil der Mercatorprojektion ist die extrem starke Größenverzerrung zu den Polen hin. Ähnlich der Mercatorprojektion ist die äquidistante zylindrische Projektion. Hier wird die Projektion mathematisch so korrigiert, dass die Abstände der Breitengrade gleich sind. Diese Projektion ist daher auch unter dem Namen „Plate Carée“ bekannt (s. Abb. 6). Die Projektion ist beispielsweise an der Wand der NASA Mission Control (Apollo Missionen; s. Abb. 7) zu sehen. In dieser Projektion werden die Gebiete Nahe den Polen nur in Ost-West-Richtung gedehnt und sind damit weniger verzerrt als bei der Mercator-Projektion.

Alle Meridiane (Längengrade) und Breitengrade sind gerade Linien. Eine weitere Variante der Zylinderprojektionen ist, dass der Zylinder die Kugel nicht in einem Großkreis sondern in zwei Kleinkreisen schneidet, der Radius des Zylinders also kleiner ist, als der der Kugel.

Für eine Zylinderprojektion muss der Zylinder die Kugel nicht am Äquator berühren. Es sind auch schiefwinklige Projektionen möglich. Wird der Zylinder gegenüber der Kugel um 90° gedreht, so gelangt man zur transversalen Zylinderprojektion (s. Abb. 8). Diese Projektionsart wird auch Gauss-Krüger-Projektion genannt. Viele bekannte Koordinatensysteme für Karten (Grids) verwenden diese Projektion. So das UTM-System, Gauß-Krüger (German Grid), British Grid, Irish Grid, Finnish Grid, Swedish Grid, Taiwan Grid und auch das Österreichische Landessystem. Für die Verwendung dieser Projektion auf Karten wird nicht von einer Lichtquelle in der Kugelmittle ausgehend alles projiziert, sondern ein jeweils nur wenige Grad breiter schmaler Streifen (in Österreich 3°). Die Meridiane, an denen sich Kugel und Zylinder berühren, nennt man Bezugsmeridiane (in Österreich M28, M31, M34 östlich von Ferro). Jeder der Streifen besitzt einen Bezugsmeridian, an dem die Projektion verzerrungsfrei ist. Dadurch, dass die Streifen nur sehr schmal sind, lassen sich die Verzerrungen minimieren.

Neben der Zylinderprojektion sind auch die Azimutale und die Kegelprojektion in Verwendung.

5. Etwas zum Sprachgebrauch der Berufsbezeichnung

Es ist über 20 Jahre her, da hat der frühere Chef der Hamburger Vermessungsverwaltung, Erster Baudirektor Dipl.-Ing. Harry PahI, eine Philippika geritten gegen die oberflächliche Verwendung der Bezeichnung des „Vermessers“ für unseren Berufs-

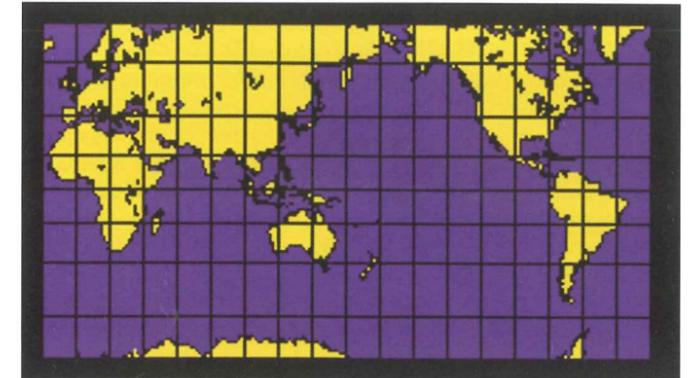


Abb. 5.: Mercator Projektion

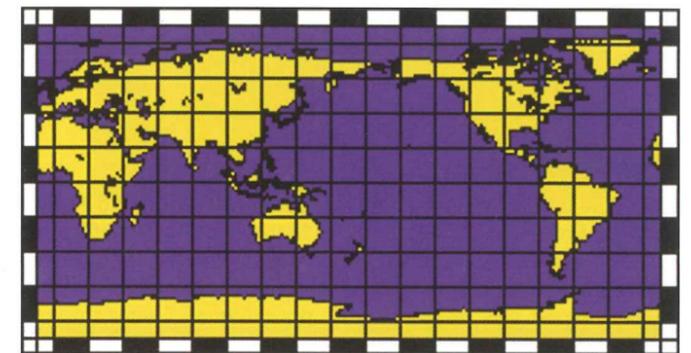


Abb. 6.: Plate Carée Projektion



Abb. 7.: NASA control center

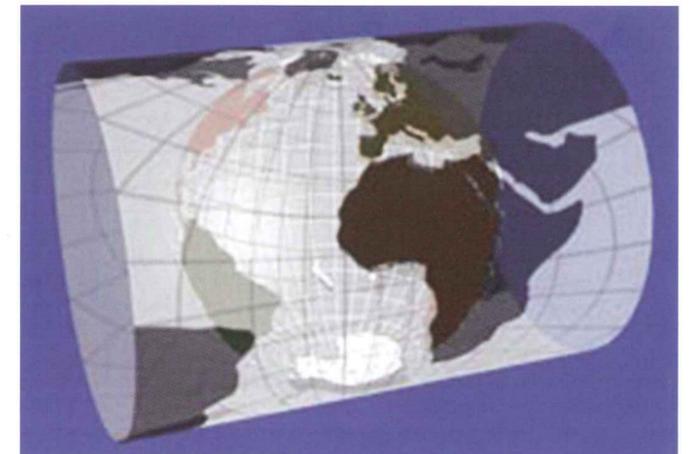


Abb. 8.: Transversale Zylinderprojektion

stand, an die wir hier gerne wieder erinnern (Zitat, Förderkreis Vermessungstechnisches Museum e. V., Dortmund):

„Wenn Geodäten die Darstellung ihrer durch Informations- und Bildverarbeitung entscheidend veränderten Wirkungsfelder auch heute immer noch sehr vernachlässigen, dann muss jeder einzelne als Persönlichkeit etwas dagegen tun. Wenn aber Geodäten – und ihnen nachplappernd andere Berufsgruppen – von „Vermessern“ sprechen, dann ist das schlichtes Unvermögen zur Einschätzung von Wert und Wirkung eines Wortes. Ich bekenne mich jederzeit gerne zum Landmesser, Geometer, Vermessungstechniker, Vermessungsingenieur oder umfassend zum Geodäten, aber: Vermesser ... dieser Begriff ist sprachlich unrichtig, vom Inhalt unnötig und daher so schnell und so radikal wie möglich zu tilgen! Es ist schon verwirrend genug, wenn das Verb „vermessen“ zwar für unsere vornehmliche Tätigkeit steht (stand...), in der reflexiven Form sowohl eine fehlerhafte Vermessung (sich vermessen) als auch eine anmaßende Haltung (sich zu viel zutrauen) beschreiben kann. Hilfsweise sollte man es als Adverb benutzen, um vermessen (kühn, dreist) genug zu sein, der eingerissenen Sprachverfälschung für die Bezeichnung eines Berufsstandes entgegenzutreten.“

6. Was ist Geodäsie²

Geodäsie ist die Wissenschaft von der Vermessung und Aufteilung der Erde – in Flächen, Punkte, Markierungen. Damit wir als Bewohner wissen, wo unser Haus steht, wie weit es bis nach China und wie groß Grönland ist – und noch vieles mehr.

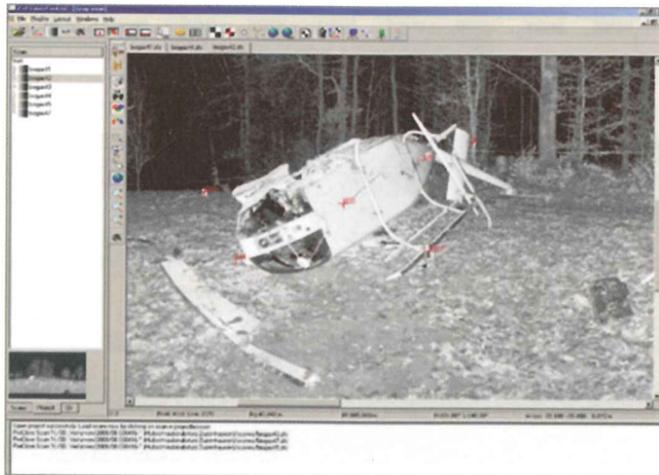


Abb. 9.: Unfallfoto

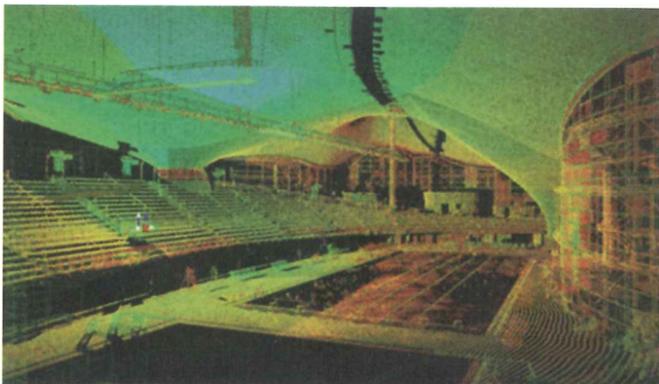


Abb. 10.: Laserscan-Aufnahme

² Quelle: www.arbeitsplatz-erde.de

Geodäten sind Wissenschaftler, die unsere Erde und das irdische Weltall erkunden, vermessen und anschließend grafisch darstellen. Aus ihren Daten entstehen Stadtpläne, Land- und Seekarten, 3D-Visualisierungen und ganze Navigationssysteme. Google Maps, OpenStreetMap und 3D-Modelle – all das basiert auf der Arbeit von Geodäten. Routenplaner im Internet, Geocaching mit GPS oder das Navigationssystem fürs Auto – wären ohne Geodäten undenkbar.

Geodäten helfen mit, Katastrophen wie Überschwemmungen, Erdbeben oder Tsunamis vorherzusagen und so größere Schäden zu vermeiden. Sie arbeiten nach Verbrechen an Tatorten, wenn die Spuren der Täter ausgewertet werden müssen. Und sie sind daran beteiligt, durch Crashtests die Sicherheit von Fahrzeugen zu überprüfen.

Das sind nur einige der spannenden Aufgaben, für die Geodäten gebraucht werden. Das könnte ein Beruf für dich sein? Dann erfährst du auf diesen Seiten, wie du ein Geodät werden kannst, was du dafür für Voraussetzungen brauchst und welche spannenden Projekte anschließend weltweit auf dich warten!

7. Aus Praxis und Alltag

7.1. Laserscanning

Tatort-Rekonstruktion mit modernen Vermessungsgeräten

Laserscanner sind aus der modernen Tatort-Rekonstruktion nicht mehr wegzudenken (s. Abb. 9). Die Technologie aus Hollywoodserien wie „CSI Miami“ entspricht weitgehend dem heutigen kriminalistischen Alltag (Quelle aus <http://www.arbeitsplatz-erde.de/>).

Das Bundeskriminalamt und praktisch alle Landeskriminalämter in Deutschland setzen heute schon routinemäßig Laserscanner zur Rekonstruktion von Gewaltverbrechen und Verkehrsunfällen ein. Seit vielen Jahrzehnten werden Tatorte mit technisch-wissenschaftlichen Methoden erfasst und dokumentiert. Das Hauptziel ist nahe liegend: eine möglichst lückenlose und hypothesenfreie Rekonstruktion des Tathergangs. Zur Erfassung der Geometrie wurden früher primitive Werkzeuge wie Zollstöcke und Messbänder genutzt. Heute kommen die modernsten Messsysteme des Geodäten auch in der Kriminalistik zum Einsatz: Tachymeter, GNSS-Empfänger, Digitalkameras und vor allem terrestrische Laserscanner. Letztere bieten den großen Vorteil der schnellen und sehr detaillierten Erfassung komplexer Tatortszenen. Besonders wichtig dabei ist, dass das gesamte Verfahren berührungslos arbeitet und somit der Tatort selbst unverändert bleibt.

Vermessungsspezialisten der Landeskriminalämter rekonstruieren im Anschluss an die Datenerfassung den Tathergang am Computer. So sind z.B. bei Schusswaffendelikten die Orte von großer Bedeutung, von denen aus die Schüsse abgegeben wurden. Endergebnisse sind CAD-Zeichnungen, perspektivisch-korrekte Ansichten oder 3D-Animationen, welche der Staatsanwaltschaft und dem Richter als wichtiges Beweismaterial zur Verfügung gestellt werden.

7.2. Nahbereichsphotogrammetrie

Müssen Gebäude, Kunstbauten, Felswände, Maschinen, Skulpturen und andere dreidimensionale Objekte geplant, berechnet oder dokumentiert werden, spielen die Geodäten eine tragende Rolle. Ihre 3D-Messverfahren sind unter anderem die Grundlage für Baubestandsaufnahmen (s. Abb. 10), Fassadenpläne und den Denkmalschutz.

Die Nahbereichsphotogrammetrie befasst sich mit Objekten in einem Größenbereich von wenigen Zentimetern bis zu rund 100 Metern. Es werden beliebige Aufnahmepositionen verwendet, wie sie entstehen, wenn man ein Objekt mit einer Hand-

kamera aus mehreren Richtungen fotografiert. Häufig kommen auch Hebebühnen oder Teleskopmasten zum Einsatz, um die Objekte möglichst lückenlos zu dokumentieren. In der Regel benutzt man dazu heute hochauflösende Digitalkameras.

Das Fachgebiet der Nahbereichsphotogrammetrie hat in den letzten Jahren durch den zunehmenden Einsatz der digitalen Bildaufnahme- und Verarbeitungstechnik an Bedeutung gewonnen und sich vor allem im industriellen Umfeld zu einem anerkannten und leistungsfähigen 3D-Messverfahren entwickelt. Die in vielen Teilen automatisierte Auswertung digitaler Messbilder erlaubt, häufig in Kombination mit CAD-Techniken, die wirtschaftliche und genaue Erfassung beliebiger dreidimensionaler Objekte.

Die häufigsten Anwendungsfelder der Nahbereichsphotogrammetrie sind die industrielle Messtechnik, Medizin und Biomechanik sowie die Unfallaufnahme. In der Architektur und Archäologie nutzt man die Nahbereichsphotogrammetrie für die Bauaufnahme, also zur Dokumentation von Objekten als Grundlage von Umbauten und denkmalpflegerischen Maßnahmen. Ein wichtiges Nebenprodukt der Nahbereichsphotogrammetrie sind entzerrte Fotografien. Das sind Fotografien von nahezu ebenen Objekten wie Gebäudefassaden, die so auf eine Fläche projiziert werden, dass die Abstände im Bild über einen einfachen Maßstab in metrische Längen und Abstände umgerechnet werden können.

In jüngster Zeit hat auch die moderne Kinematographie Techniken aus der Photogrammetrie übernommen. Im Film Fight Club wurden mit dieser Technik interessante Kamerafahrten ermöglicht.

7.3. Überwachungsmessungen

Damit alles in seiner Form bleibt

Hochhäuser, Brückenbauwerke, Stauanlagen, Türme, Verkehrsanlagen, Maschinen- und Industrieanlagen teilen ebenso wie Hänge, Gletscher oder auch die Erdkruste ein gemeinsames Merkmal: Sie unterliegen im Laufe der Zeit Verschiebungen und Verformungen, die zu einem massiven Sicherheitsrisiko werden können (z.B. Schiefer Turm in Pisa, s. Abb. 11).

Werden Beurteilungen zur Funktions- oder Standsicherheit eines Ingenieurbauwerkes oder eines natürlichen Objektes gefordert, sind geodätische Überwachungsmessungen unerlässlich. Bevor eine Staumauer gänzlich versagt, zeigen sich kleinste geometrische Veränderungen. Diese aufzudecken und zu interpretieren ist das Ziel von Überwachungsmessungen, denn nur so können rechtzeitig Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Die hierbei zur Auswertung zur Verfügung stehenden Methoden, Messtechniken und Modelle sind vielfältig und orientieren sich am jeweiligen Messobjekt. Wird beispielsweise periodisch die Standsicherheit von Brücken überprüft, messen und beurteilen Geodäten die Aus- und Wechselwirkungen von Verkehrslast, Temperaturänderungen sowie wechselnden Wasserständen – falls die Brücke im Wasser steht.

7.4. Tunnelbau

Von zwei Seiten auf einen Punkt zielen

Tunnelbauten sind aus dem heutigen Verkehrs- und Transportwesen nicht mehr wegzudenken. Allgegenwärtig und vielfältig (Bergtunnel, Meerestunnel, Städtetunnel, Bergbautunnel) gehören einige von ihnen zu den imposantesten Bauwerken der Moderne.

Der Tunnelbau ist ein interdisziplinäres Bauvorhaben. Er verlangt neben dem Einsatz von Bauingenieuren, Geologen, Ökologen, Städtebauern etc. vor allem auch die Beteiligung von Vermessungsingenieuren (s. Abb. 12). Ihre Aufgabe besteht darin, eine

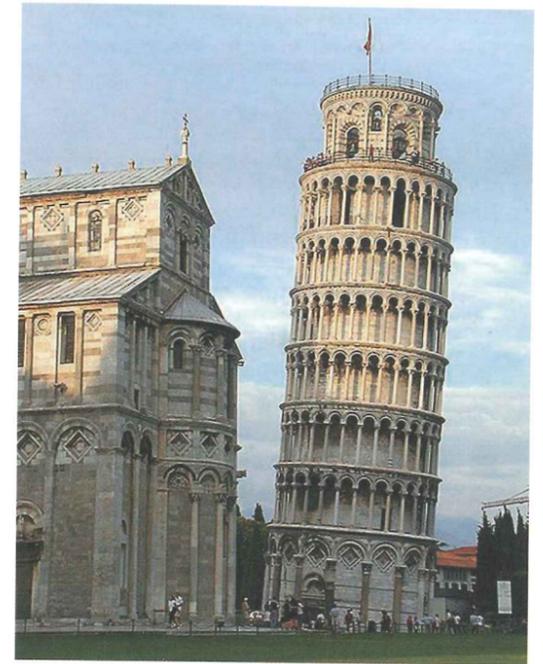


Abb. 11.: Bauwerksüberwachung, Deformationsmessung

am Reißbrett geplante Streckenführung genau auf die spätere unterirdische Tunnelführung zu übertragen. Sie bedienen sich dabei modernster Vermessungstechniken und visualisieren und verwalten die gewonnenen Daten in Geoinformationssystemen. Aktuellstes und prominentestes Projekt ist in Europa der St. Gotthard Tunnel, der mit 57 km der längste Eisenbahntunnel der Welt werden wird. In Österreich ist der Koralmtunnel zu nennen, der immerhin eine Länge von 32,5 km haben wird.



Abb. 12.: Tunnelvermessungen, Vortrieb und Lichttraumkontrolle

Die Vermessungsingenieure haben zunächst oberirdische Koordinatenfixpunkte geschaffen, um anhand dieser dreidimensionale Koordinaten unter der Erdoberfläche zu bestimmen. Somit ist eine genaue Ausrichtung der Tunnelbohrmaschinen möglich. Da die Strecke aufgrund ihrer besonderen geologischen und geographischen Beschaffenheit nicht ganz gerade verlaufen kann, muss die Vortriebsrichtung der Tunnelbohrmaschinen im Abstand weniger Meter ständig neu berechnet werden und der Laserstrahl, der die ermittelte Vortriebsrichtung sichtbar macht, neu eingestellt bzw. ausgerichtet werden. Jede dieser aktuellen

Neuberechnungen orientiert sich an der jeweils letzten Position der Tunnelbohrmaschine.

7.5. Forensik

Den Tätern auf die Spur kommen

Moderne 3D-Vermessungs- und Dokumentationsverfahren haben vor allem in der Schweiz in den letzten Jahren im Bereich Rechtsmedizin und Polizei Einzug in die forensische Arbeit gehalten und gewinnen mehr und mehr an Bedeutung. Digitale Photogrammetrie, Streifenlichttopometrie und Laserscanning dienen der Sicherstellung von Beweismaterial, im Sinne einer digitalen Asservierung, und sie liefern als Ergebnis 3D-Datensätze, die Grundlage für anschließende forensische Abklärungen und Rekonstruktionen sind (s. Abb. 13 und 14).



Abb. 13.: Digitale Rekonstruktion aus Foto- und/oder Laseraufnahmen

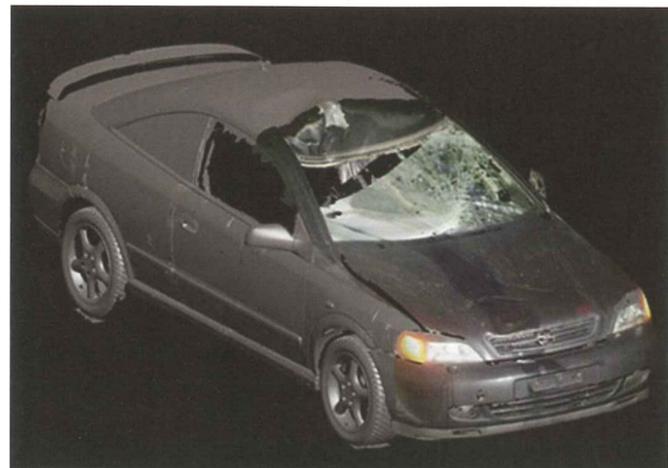


Abb. 14.: Digitale Rekonstruktion aus Foto- und/oder Laseraufnahmen

Die Rechtsmedizin hat die Aufgabe, medizinische Befunde von Lebenden und Verstorbenen für die Organe der Rechtspflege wissenschaftlich und verständlich zu dokumentieren, zu analysieren und zu erläutern. Die forensische Molekulargenetik (DNA) und forensische Chemie/Toxikologie haben dabei den Schritt zum Einsatz von High-Tech-Methoden bereits vollzogen. Im Zentrum für Forensische Bildgebung und Virtopsy (www.virtopsy.com) am Institut für Rechtsmedizin der Universität Bern wird, unter der Leitung von Prof. Dr.med. M. Thali, in einem

Team von Rechtsmedizinern, Radiologen, Vermessungsingenieuren und Informatikern die Anwendung moderner Techniken für die Dokumentation von forensischen Befunden und für Analysen im Rahmen einer virtuellen Autopsie mit minimal-invasiven Eingriffen erforscht. Für die Dokumentation der Befunde des Körperinneren werden die bildgebenden Verfahren Computertomographie (MSCT) und Magnetresonanztomographie (MRI) eingesetzt. Für die Erfassung der Körperoberfläche mit allen äußeren Befunden sowie für die Digitalisierung mutmaßlicher Tatinstrumente kommt das hochpräzise optische 3D-Oberflächenscanning zum Einsatz.

Mit Hilfe der erhobenen digitalen 3D-Daten des Körperinneren und der Körperoberfläche werden forensische Rekonstruktionen durchgeführt. Unter Einbezug aller erhobenen Daten sind so maßstäbliche 3D-Rekonstruktionen von Unfall- oder Tathergängen möglich.

Die Digitalisierung von Körperoberflächen und die 3D-Rekonstruktion von Unfall- und Tathergängen sind am Institut für Rechtsmedizin in Bern zu einem bedeutenden Arbeitsbereich geworden, der noch hohes Entwicklungspotenzial bietet. Der Einsatz moderner Messmethoden wie Oberflächen- und Laserscanning verbessert die Analysemöglichkeiten eines Forensikers. So werden die Methoden für immer wieder neue Aufgaben eingesetzt, beispielsweise die Gesichtserkennung, den Formspurenvergleich und die Blutspurenanalyse.

Jenseits der klassischen Tätigkeitsbereiche in der Geodäsie – wie Landesvermessung, Ingenieurvermessung oder Geoinformationssysteme – eröffnen sich für Vermessungsingenieure, Geomatiker oder Geoinformatiker in der Forensik spannende, interessante und vielseitige Aufgabenfelder.

7.6. Klima und Umwelt

Was passiert wo, wenn es weiter wärmer wird? Was, wenn sich eine Kontinentalplatte weiter auf eine andere schiebt? Wie ändern sich unsere Lebensbedingungen, wenn wir so weiter machen – oder etwas ändern? Geodäten geben messbare Antworten.

7.7. Geodynamik

„Und sie bewegt sich doch“

Diesen Satz soll der Mathematiker, Astronom und Physiker Galileo Galilei 1633 geäußert haben, weil er der Überzeugung war, dass das System Erde dynamisch sei. Weil Kräfte auf die Erde wirken, ist unser Lebensraum ständigen Veränderungen unterworfen (s. Abb. 15). Die Beobachtung dieser Kräfte und ihrer Auswirkungen fasziniert und beschäftigt Laien und Forscher seit Jahrhunderten und ist heute inhaltlicher Schwerpunkt vieler geodätischer Teildisziplinen.

Der Planet Erde bewegt sich im Sonnensystem um die Sonne. Wie wir heute wissen, hatte Galileo Galilei mit seiner Aussage Recht. Die Erde steht unter dem ständigen variablen Einfluss äußerer und von innen wirkender Kräfte. Dabei sind die feste Erde, die Lufthülle der Erde und die Hydrosphäre – also das Wasser – Teile des komplexen Systems Erde und verhalten sich zueinander in ständiger Wechselwirkung. Die genaue und kontinuierliche Erfassung der wirkenden Kräfte durch Messgrößen wie Schwerebeschleunigung oder Positionsänderungen und die Erstellung von Modellen (z.B. Plattentektonik) ist notwendig, um die Funktionsweise des Systems Erde zu verstehen. Dabei spielen im Weltraum (z.B. Schwerfeldmissionen) und auf der Erdoberfläche (z.B. Pegel, GPS-Stationen) befindliche geodätische Sensoren wichtige Rollen. Die Geodäsie beschäftigt sich insbesondere damit, verbesserte Sensoren zu entwickeln, vorhandene Daten auszuwerten und zu analysieren sowie die Analyseergebnisse interdisziplinär zu interpretieren.

7.8. Katastrophenschutz

Planen für den Notfall

Die dynamische Lebendigkeit und Verletzlichkeit unseres Lebensraums Erde wird uns in dramatischer Form bei Naturkatastrophen wie Vulkanausbrüchen, Jahrhundertstürmen, Hochwassern, Erdbeben oder Tsunamis vor Augen geführt. Die Geodäsie leistet wichtige Beiträge im Rahmen eines vorausschauenden Katastrophenmanagements.

Die Erde ist stetigen Veränderungen unterworfen; manche davon (wie der Klimawandel) vollziehen sich langsam, andere abrupt (z.B. Erdbeben). Verursachen solche Veränderungen hohe Verluste an Menschenleben, Sachwerten oder Umweltgütern sprechen wir von Katastrophen. Die Geodäsie trägt in dem interdisziplinären und transnationalen Arbeitsfeld des Katastrophenschutzes gemeinsam mit Ingenieuren anderer Disziplinen (z.B. aus dem Bauwesen) sowie Geo-, Kommunikations- und Wirtschaftswissenschaftlern zu Risikoanalysen bei. Basierend auf der zuverlässigen, genauen und eindeutigen Erfassung und Darstellung der raumbezogenen Einheitsgrößen kann ein im Ernstfall gut funktionierendes Krisenmanagement entwickelt und kommuniziert und gleichzeitig auch präventiv gearbeitet werden. Wichtige Arbeiten zur erfolgreichen und nachhaltigen Erhaltung unseres Lebensraums Erde sind die Entwicklung und Umsetzung von Frühwarnsystemen, die Durchführung von Nachhaltigkeitsanalysen oder die Erstellung von koordinierten und robusten Notfallplänen.

7.9. Sonne oder Regen?

Das GPS als Wettersensor

Die Positionsbestimmung mit globalen Satellitennavigationssystemen wie dem amerikanischen GPS ist aus unserem Alltag nicht mehr weg zu denken (s. Abb. 16). Das russische GLO-NASS und das im Entstehen befindliche europäische GALILEIO komplettieren die in Europa nutzbaren GNS-Systeme. Da die GPS-Signale auf ihrem Weg von den in 20.000 Kilometern Höhe fliegenden Satelliten zu uns auf die Erde auch die Erdatmosphäre durchqueren, nutzt eine innovative geodätische Disziplin diese Signale, um Wettervorhersagen zuverlässiger und schneller zu machen.

Wie wird das Wetter? Wird es Regen geben? Diese Fragen beschäftigen uns oft, wenn wir beispielsweise Freizeitaktivitäten planen. Wir informieren uns dann anhand der Prognosen von Wetterdiensten, die oft den Tatsachen entsprechen – aber manchmal eben auch nicht. Dieses Defizit kann mittels GPS-Beobachtungen verringert werden. Da Wetterprognosen von realen Messdaten wie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft gestützt werden, beeinflusst die räumliche und zeitliche Auflösung der Messsensoren die Qualität der Vorhersagen.

Permanent operierende GPS-Empfangsstationen sind heutzutage weit verbreitet. Prognosen rechnen mit ca. 10.000 Stationen für das Jahr 2012, die mit einer zeitlichen Auflösung von mindestens einer Sekunde Signale von globalen Satellitennavigationssystemen automatisch registrieren. Dies stellt – auch für die Wettervorhersage – ein sehr großes Potenzial dar, da aus jeder GPS-Beobachtung der Einfluss der Erdatmosphäre auf die Laufzeit und die Richtung des Signals bestimmbar ist, wodurch wiederum Aussagen und Modelle der physikalischen Eigenschaften der Erdatmosphäre abgeleitet werden können.

7.10. Wann kommt die Flut?

Geodäsie und Hochwasserschutz

Klimatische Einflüsse sowie die zunehmende Nutzung von gewässernahen Bereichen machen nachhaltigen Hochwasserschutz immer wichtiger (s. Abb. 17). Die Geodäsie trägt dazu bei, den Lebensraum Erde zu sichern und die Folgen von Hochwasser zu minimieren.

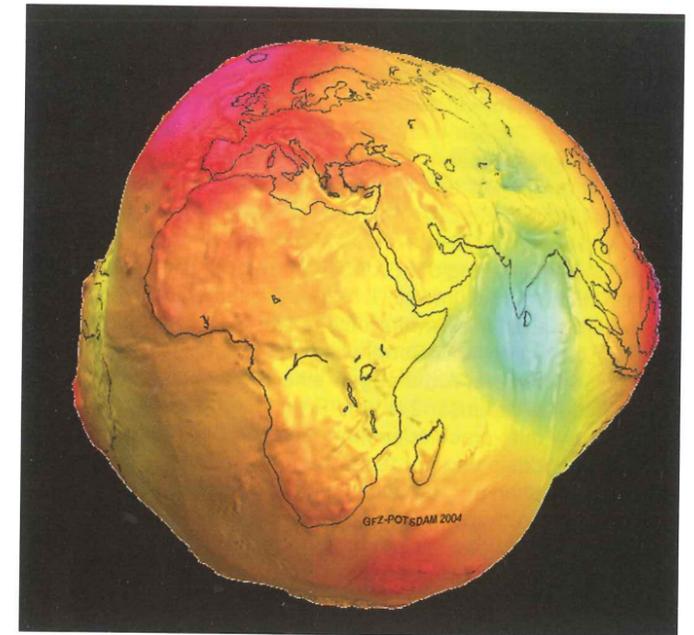


Abb. 15.: Geoidmodellierung mittels Satellitenbahnstörungen



Abb. 16.: GPS-Messstation



Abb. 17.: Erstellung von 3D-Geländemodellen kombiniert mit Hochwasserabflussmodellen

Aus naturwissenschaftlicher Sicht stellen Hochwasser und Überflutungen, die z.B. durch lang anhaltenden oder starken Regen entstehen, mit all ihren Begleiterscheinungen (z.B. Hangrutschungen) im Ablauf der Erdgeschichte eine natürliche Regelmäßigkeit dar. Fragen nach dem Wo und Wann des Auftretens solcher Ereignisse waren schon immer schwer zu beantworten. Rasche Änderungen des Klimas sowie die natürliche Entwicklung von Fließgewässern machen die Prognosen ebenso unsicher wie die Eingriffe des Menschen in den Naturhaushalt, z.B. durch die Versiegelung der Erdoberfläche oder die Umwandlung von Grünland in Ackerland. Das gemeinsame Erforschen des Wasserkreislaufs mit Unterstützung von Hydrologen, Meteorologen, Geologen und Geophysikern stellt für Risikoabschätzungen und sichere Vorhersagen eine wichtige Grundlage dar. Gleichzeitig ist es unser Ziel, die Erde – insbesondere die Erdoberfläche – mit verschiedensten geodätischen Techniken (z.B. Satellitengeodäsie und Fernerkundung) detailreich und kontinuierlich zu erfassen und darzustellen, um statistisch zuverlässige und aussagekräftige Modelle zu generieren, die sowohl einen bestmöglichen Hochwasserschutz garantieren können als auch die Erstellung von Notfallplänen stützen.

7.11. Hydrographie

In die Tiefe gehen – Vermessung unter Wasser

Wie viele Geheimnisse – seien es Berge unter Wasser, Riffe, wandernde Sanddünen, Schiffs- und Flugzeugwracks und andere Unterwasserhindernisse – sind noch in dem dunklen Blau des Meeres verborgen? Die Hydrographie hat die Vermessung und die Kartierung der Welt unter Wasser zur Aufgabe.

Eine der wichtigsten Lebensgrundlagen ist das Wasser: Die Erde ist zu über 70 Prozent von Ozeanen überdeckt. Und doch sind Meeres-, See- und Flussgrund deutlich lückenhafter erfasst als beispielsweise die Oberfläche des Mondes oder des Mars. Von



Abb. 18.: Hydrographische Vermessung kombiniert mit Überwachungsanforderungen



Abb. 19.: Pipelinevermessung, Trassierung – Bau – Bestand

enormer Wichtigkeit sind diese Informationen nicht nur für die Schifffahrt, die den weltweit größten Teil des Warentransports über Meere und Flüsse abwickelt.

Schiffsunfälle (z.B. Costa Concordia, s. Abb. 18) können einen immensen, irreversiblen Schaden an Natur und Umwelt, an Leib und Leben anrichten. Die Erfassung, die Vermessung des Bodens unter der Wasseroberfläche ist die wichtigste Grundlage für eine sichere Navigation der Schiffe. Früher wurden Seekarten wie Staatsgeheimnisse behandelt, heute kann sie jeder kaufen oder in geringer Auflösung in Google Earth betrachten.

Die Vermessung erfolgt mit hoch spezialisierten und teuren Instrumenten (meist präzise Echolote in Verbindung mit Satelliten-Positionierungsverfahren und inertialen Messverfahren) auf Booten mit wenigen Metern Länge auf Flüssen und Seen, und auf Schiffen bis etwa 100 Meter Länge auf Ozeanen und im Eismeer. Die daraus abgeleiteten Seekarten werden elektronisch oder gedruckt zur Verfügung gestellt.

Oder nehmen wir zum Beispiel die Windparks auf der Nord- und Ostsee. Hydrographische Vermessungen bilden die Grundlage für die Planungen: Wo ist der Untergrund am besten geeignet? Hierfür werden Instrumente verwendet, die mit akustischen Signalen in den Boden eindringen können um die Beschaffenheit und Strukturen unter dem Seegrund zu bestimmen. Wracks im Untergrund, Unterseekabel, archäologische Relikte? Auch Störungen im Erdmagnetfeld können erfasst werden, die Aufschluss darüber geben, ob sich dort etwas Metallisches verbirgt.

Die Ergebnisse der Vermessungen bilden die Basis für Projekte in Schifffahrt, Küstenschutz, Pipelines, Windkraftanlagen- und Brückenbau, aber auch zur Ressourcengewinnung aus dem Meer. Ein spannendes Arbeitsfeld, in dem es einen großen Bedarf an Nachwuchs gibt. In vielen Fällen bietet sich für „Globetrotter“ die Möglichkeit, sich auf allen Weltmeeren zu tummeln und internationale Projekte zu organisieren und zu leiten. Lokal gebundene Hydrographen gehen den Geheimnissen der Flüsse und Seen auf den Grund oder organisieren die Vermessungen vom Land aus und erstellen die Karten.

7.12. Aus der Grube in die Dose

Stromerzeugung

Fernsehen, Spaghetti kochen, Telefonieren und im Internet surfen haben eins gemeinsam: Für all das benötigen wir Strom. Der kommt aus der Steckdose, klar. Aber wie kommt er dort hinein? Die für unsere Energieversorgung wichtigsten Rohstoffe sind Steinkohle, Braunkohle, Uran, Erdöl und Erdgas (s. Abb. 19). Alle diese Rohstoffe sind vorhanden. Aber immer mehr dieser Energierohstoffe werden aus fremden Ländern importiert. Hierfür gibt es mehrere Gründe. So übersteigt z.B. der Verbrauch von Erdöl und Erdgas die eigene Förderung und im Fall der Steinkohle ist die ausländische Förderung billiger als die im eigenen Land.

Die Rohstoffe werden im Bergbau gesucht, erschlossen, gewonnen und für die Weiterverarbeitung, z.B. für die Stromerzeugung, aufbereitet: Kohle, Öl und Erdgas, weiterhin Erze, Salze, Steine und Erden der verschiedensten Art. Bevor Lagerstätten wirtschaftlich und sicher erschlossen und ausgebeutet werden können, sind umfangreiche Erkundungen und Gutachten nötig. Feste Stoffe werden je nach Art der Lagerstätte im Tage- oder Untertagebau gewonnen, flüssige und gasförmige werden durch Bohrungen erschlossen und gefördert. Hierfür werden aufwändige technische Anlagen errichtet und eingesetzt, deren Organisation, Betrieb und Überwachung Hauptaufgaben der Bergingenieure und -ingenieurinnen sind. Auch der Umweltschutz, das Erstellen von Gutachten und die Planung von Untertage- deponien gehören zu ihren Aufgaben.

Das Markscheidewesen beschäftigt sich mit dem Vermessen und Berechnen des Vorrats an Lagerstätten, dem Darstellen von Grubenräumen und Tagebauen sowie dem Erfassen von Schäden an der Erdoberfläche, die durch den Abbau unter Tage entstehen. Markscheider sind dementsprechend auf den Bergbau spezialisierte Vermessungsingenieure.

7.13. Radarinterferometrie

Sicherheit aus dem Weltall

Im Juli 1998 geschah das Grubenunglück in Lassing in der Steiermark, im Juli 2009 riss ein gewaltiger Erdbeben im ehemaligen Braunkohleabbaugebiet Nachterstedt in Sachsen-Anhalt ganze Häuser in einen See. Mit Hilfe von Geodäten soll die Gefahr solcher Katastrophen künftig frühzeitig erkannt werden.

Unter dem Begriff Radarinterferometrie versteht man ein Fernerkundungsverfahren, mit welchem Veränderungen der Erdoberfläche über lange Zeiträume festgestellt werden (s. Abb. 20). Dafür stattet man Satelliten mit Radarsensoren aus, die kurze Signale auf die Erde senden. Beim Auftritt auf die Erde werden diese Radarpulse reflektiert und von der Antenne empfangen, die sie aufzeichnet und so eine Abbildung der Erdoberfläche schafft. So können sogar Bodensenkungen von wenigen Millimetern in einer Bergbauregion ermittelt werden. Das ist wichtig, um Absenkungen ganzer Stadtteile durch Bergbau, Baumaßnahmen oder Grundwasserentnahme frühzeitig erkennen und die Bevölkerung warnen zu können. Dies gilt auch für Gebiete, die durch Erdbeben und Vulkanausbrüche gefährdet sind.

Auch in der Landwirtschaft soll dieses Verfahren in Zukunft verwendet werden. Radar-Satelliten und Daten aus dem Erdreich unter den Feldern sollen Bestimmungen zu Biomasse, Feuchtigkeit und Wuchshöhe von Pflanzen liefern und könnten so für ertragreiche Ernten sorgen.

7.14. Mit der Kraft der Sonne

Solarenergie für den Klimaschutz

„Wir müssen auf unseren Planeten aufpassen.“ Ein Satz, der mit zunehmenden Diskussionen um den Klimawandel immer lauter wird. Warum also nicht mit Hilfe von Dachflächen den privaten Strombedarf decken? Das gibt es schon für Gebäude, aber noch nicht für Autos. Richtig, aber nicht überall.

Anlässlich der Intergeo 2008 in Bremen wurde erstmals der „GIS Best Practice Award“ vergeben. Er zeichnet Projekte aus Geoinformation, Umwelt- und Klimaschutz aus. Die Wahl fiel auf das Forschungsprojekt Sun Area, das eine vollautomatische Berechnung und Darstellung zur Ermittlung des solaren Energiepotenzials von Städten bzw. Regionen entwickelte. Das Prinzip ist einfach: Durch die Anwendung Geografischer Informationssysteme (GIS) werden mit Hilfe von hochauflösenden flugzeuggetragenen Laserscannerdaten alle Dachflächen, die für die Gewinnung von Solarenergie optimal geeignet sind, ermittelt. Während des Fluges misst der Laser die Entfernung zu allen Objekten an der Oberfläche zum Erdboden. Dabei sind der höchste Punkt (first pulse) z.B. eines Hausdaches und der tiefste Punkt auf dem Erdboden (last pulse) entscheidend. Gleichzeitig wird das ausgesandte Signal über eine Laufzeitmessung in Koordinaten übertragen.

Heutige Laserscanner führen bis zu 100.000 Entfernungsmessungen in der Sekunde aus und erzeugen so digitale Höhenmodelle mit einer Abweichung von nur 0,5 Meter. Dieses Vorgehen bezeichnet man als Airborne-Laserverfahren. Laut Sun Area sind in Mitteleuropa ca. 20 Prozent der Dachflächen für die Nutzung solarer Energie geeignet (s. Abb. 21). Diese 20 Prozent würden für den Bedarf an privatem Strom ausreichen!

Für die Berechnung der Einstrahlungsenergie auf den Dachflächen wird der Globalstrahlungswert des Wetterdienstes (ZAMG) herangezogen, der für jeden beliebigen Ort die mittlere monatliche Tagessumme der Sonnenstrahlung berechnet.

Als erste Stadt, die an der Entwicklung des Projektes maßgeblich beteiligt war, veranlasste Osnabrück 2005 eine Bemessung per Laserbefliegung mit einer Aufnahmedichte von vier Punkten pro Quadratmeter. Osnabrück war Ende 2007 die erste deutsche Stadt, die ein Flächen deckendes Solarpotenzial-Dachkataster hatte. Die Einwohner können nun im Internet nachschauen, ob und wie sich ihr Dach für die Energiegewinnung eignet. Andere Städte wollen dem Beispiel Osnabrücks folgen.

Mit Sun Area ist es gelungen, ein Solarpotenzial vollautomatisch für große Gebiete zu erfassen. Das Projekt hat somit Möglichkeiten aufgezeigt, wie ein wichtiger Beitrag für den Klimaschutz geleistet werden kann.

7.15. Grund und Boden

Jeder hat schon Geodäten gesehen. Autofahrer bremsen, weil sie an (auffällige) Radarkontrollen glauben. Kinder bleiben stehen und wollen von ihren Müttern auch eine grellbunte Sicherheitsweste haben. Aber was machen wir da überhaupt?



Abb. 20.: Fernerkundungsverfahren zur Erfassung von Erdoberflächenänderungen



Abb. 21.: Solarzellenanlage

7.16. Wertermittlung

Mein Haus, mein Land, mein Garten – Immobilienmanagement und Grundstückswertermittlung

Grundstücke, Gebäude, Immobilien: Alles hat seinen Wert. Längst werden Immobilien auch global gehandelt – und entsprechend wichtig sind präzise Wertermittlungen. Auch hier bringen Geodäten ihr Wissen ein.

Insbesondere heimische Immobilien gelten als sehr wertbeständig, die Nachfrage ist gut. Allerdings muss der abstrakte Begriff „Wert“ mit Inhalt gefüllt werden. Gesucht sind nachvollziehbare Zahlen und eindeutige Daten. Um Käufern und Verkäufern eine möglichst genaue Grundlage zu bieten, wird häufig das Wissen von Sachverständigen hinzugezogen. Sie bringen die erforderliche Transparenz auf den Immobilienmarkt. Vor allem Ingenieure in Gutachterausschüssen für Grundstückswerte sind mit ihrem Fachwissen in Experten-Gremien aus den Bereichen Bau, Bewertung und Planung vertreten. Hier werden aus verschiedensten Daten genaue Werte errechnet. So spielt die Lage eines Grundstücks ebenso eine Rolle wie seine Nutzung oder auch die vorhandene Infrastruktur. Erst aus unzähligen Einzeldaten (so genannten „Geodaten“) ergibt sich ein Gesamtbild.

7.17. Liegenschaftsvermessungen

Grundstücke und ihre Grenzen

Vielerorts trifft man Vermessungstrupps mit Messinstrumenten auf gelben Stativen und rot-weißen Stäben. Fast jeder ist neugierig und fragt sich: Was gibt es gerade an dieser Stelle zu vermessen? Vor allem dann, wenn keine Großbaustelle in Sicht ist. Hier handelt es sich um den Bereich des Vermessungswesens, der für die Sicherung des Eigentums an Grund und Boden einen besonderen Stellenwert einnimmt und bei dem man am ehesten Kontakt mit der Vermessung bekommt: die Liegenschaftsvermessung (s. Abb. 22).

Liegenschaften – was sind das? Im Wesentlichen geht es um Grundstücke und Gebäude, also Immobilien. Aber warum werden sie vermessen? Unsere Welt verändert sich ständig. Es werden überall neue Gebäude errichtet oder baulich verändert oder es entstehen neue Baugebiete. Jemand, der ein Grundstück kauft, möchte wissen, wie weit sich sein Eigentum erstreckt. Wenn eine Grundstückseinfriedung (Mauer, Zaun) errichtet werden soll, muss die genaue Lage der Grenze erkennbar sein. Was aber macht der Eigentümer, wenn die Grenzsteine schief stehen oder fehlen oder gar vermutet wird, sie stünden nicht an



Abb. 22.: Bebauungsplan

der richtigen Stelle? Wie kann man den Streit zwischen zwei Grundstücksnachbarn über den genauen Verlauf der gemeinsamen Grenze lösen? Was ist zu tun, wenn jemand einen Teil seines Grundstücks verkaufen möchte?

Immer dann, wenn sich der Gebäudebestand verändert, wenn bei einer Grundstücksteilung neue Grenzen gebildet oder Unklarheiten über bestehende Grundstücksgrenzen beseitigt werden sollen, sind Vermessungsingenieure und ihre Mitarbeiter vor Ort. Bei Grenzvermessungen werden die Grenzen genauso, wie sie in einem öffentlichen Register – dem Grundstückskataster (DKM) – nachgewiesen sind, in die Örtlichkeit übertragen. Damit die Grenzen auch in Zukunft erkennbar sind, werden die Grenzpunkte mit Grenzmarken, Grenzsteinen oder anderen nachhaltig erkennbaren Markierungen gekennzeichnet. Ingenieurkonsulenten aus dem Vermessungswesen (IKV) als vom Staat beliehene Freiberufler oder Vermessungsbehörden (VA, Land, Kommune, ABB) führen diese Arbeiten als unabhängige Sachverständige durch und tragen somit wesentlich zum Erhalt des Grenzfriedens bei. Neu errichtete oder baulich veränderte Gebäude müssen ebenfalls eingemessen werden (s. BANU). Mit moderner Messtechnik werden Gebäudeecken und Grenzmarken hochgenau bestimmt. Vielerorts kommen dabei auch GPS-Empfänger zum Einsatz, die ähnlich wie ein Navigationsgerät Satellitensignale zur Positionsbestimmung nutzen, jedoch um ein Vielfaches genauer sind. Neben dem technischen Teil der eigentlichen Vermessung sind aber auch umfangreiche Rechtsfragen zu beachten vom Nachbarrecht über Bauplanungs- und Bauordnungsrecht bis zum Grundstücksrecht des Bürgerlichen Gesetzbuches (ABGB) und der Grundbuchordnung. Sowohl Grenz- als auch Gebäudevermessungen werden in die Digitale Katastermappe (DKM) übernommen. Erst durch diese Dokumentation und Archivierung ist eine aktuelle und nachhaltig gesicherte Auskunft über die Lage und Ausdehnung der Liegenschaften möglich.

Dies ist die Basis für gesichertes Eigentum an Grund und Boden, für Grundstücksgeschäfte und Beleihungsmöglichkeiten sowie für Planungs- und Verwaltungsaufgaben.

7.18. Landentwicklung/Flurneuordnung

Ländlicher Raum hat Zukunft

Unsere ländlichen Räume unterliegen permanenten Veränderungen. Demographischer Wandel, Ausbau der technischen Infrastruktur und Schutz der Natur- und Kulturlandschaften sind aktuelle und kontrovers diskutierte Themen. Als Vermittler zwischen den unterschiedlichen Interessen sind Geodäten als Landentwicklungsspezialisten stark gefragt.

Landwirtschaft, Naturschutz, Gemeinden, Forstwirtschaft, Verkehrsinfrastruktur, Wasserwirtschaft – eine Vielzahl von Akteuren prägt die ländlichen Räume (s. Abb. 23). Zweierlei ist ihnen gemeinsam: Flächenbeanspruchung und Eingriffe in die bestehenden Eigentumsstrukturen. Mit ihrer Kenntnis der Instrumente der integrierten ländlichen Entwicklung und insbesondere der Bodenordnungsverfahren nach dem Flurbereinigungsgesetz stehen den Geodäten Lösungsmöglichkeiten zum Interessenausgleich zur Verfügung.

Dabei ist das bottom-up-Prinzip oberstes Gebot. Dieses kommt z.B. in einem Flurbereinigungsverfahren durch den Zusammenschluss der Grundstückseigentümer zu einer Teilnehmergeinschaft mit weitreichenden Mitwirkungsrechten und -pflichten zum Ausdruck. Die behördliche Leitung liegt bei den Flurbereinigungsbehörden. In vielen Bundesländern haben sich die Teilnehmergeinschaften zu Verbänden zusammengeschlossen. Landgesellschaften oder Ingenieurbüros unterstützen die Behörden bei ihrer Arbeit. An all diesen Stellen werden Geodäten benötigt. Diese sind ausgewiesene Bodenordnungsspezialisten, sind aber aufgrund der engen Verzahnung der Instrumente der

Landentwicklung auch in anderen Bereichen wie der Dorferneuerung und -entwicklung oder dem Regionalmanagement gefragte Fachleute.

Das Besondere an den Verfahren nach dem Flurbereinigungsgesetz ist, dass Planung, Ausführung und Eigentumsregelung in einer Hand vereint sind. Zunächst wird ein Wege- und Gewässerplan mit landschaftspflegerischem Begleitplan aufgestellt, der es ermöglicht – je nach dem Zweck des Verfahrens – gestalterisch tätig zu sein. Anschließend wird über den Flurbereinigungsplan das Grundeigentum neu geordnet, was enge Kontakte zu allen Beteiligten vor Ort erfordert. Durch diese Bandbreite erwerben die hier tätigen Geodäten auch erhebliche Kenntnisse in anderen Fachgebieten wie Agrarwirtschaft, Landespflanze, Melioration und Tiefbau.

7.19. Standortplanung

Leben und Arbeiten sinnvoll miteinander verknüpfen

Landwirtschaft braucht fruchtbare Böden, Industrie den Zugang zu Rohstoffen, Dienstleister suchen Kundennähe und alle wollen erstklassige Internetanbindungen. Gleichzeitig sind die Ansprüche ans Wohnen äußerst vielfältig. Die Standortplanung versucht, alles unter einen Hut zu bringen (s. Abb. 24).

Gerade in Produktion und Dienstleistung wächst die Komplexität. Hier geht es um so vielfältige Faktoren wie die zur Verfügung stehende und benötigte Fläche, Wegebeziehungen zu den Zulieferern und die Nähe zu den Absatzmärkten, vor allem dort, wo es um verderbliche Waren geht. Zwar profitieren auch Dienstleister theoretisch von der Nähe zu ihren Kunden (ein auf Banken spezialisierter IT-Dienstleister plant meist sich dort niederzulassen, wo er auf zahlreiche Banken stößt), noch wichtiger aber sind heute qualifiziertes Personal, gute Verkehrsverbindungen und gute „weiche Standortfaktoren“ wie das Wohnungs-, Freizeit- und Kulturangebot einer Stadt oder einer Region.

Geodäten übernehmen mit der Unterstützung bei Standort-suche und -wahl wichtige Aufgaben, indem sie durch verschiedenste GIS-basierte Methoden den jeweils optimalen Standort – oder Alternativen – ermitteln. Ein anderes wichtiges Anliegen ist die Netzoptimierung – ganz gleich, ob es sich um Versorgungs-, Verkehrsnetze oder Datenautobahnen handelt. Und auch in der Verkehrs- und Mobilitätsplanung übernehmen sie eine ganze Reihe von Aufgaben.

7.20. Demografischer Wandel

Die dynamische Gesellschaft als Herausforderung

Wir werden „weniger, älter und bunter“ – und das hat viele Folgen. An manchen Orten können aufgrund mangelnder Einwohner Schulen und Krankenhäuser nicht mehr betrieben werden. Immer weniger Menschen müssen eine immer teurere technische Infrastruktur finanzieren. Geodäten helfen, Lösungen zu finden.

Weniger Kinder werden geboren und ganze Regionen verlieren große Teile der Bevölkerung, weil die Menschen vor Ort keine Arbeit finden. Das sind nur zwei Gründe für den demografischen Wandel. So sorgt die umfassende und moderne medizinische Betreuung für eine immer höhere Lebenserwartung. Eine sehr gute schulische und berufliche Ausbildung, ein Studium, die starke Individualisierung sowie der gesellschaftlich anerkannte Wunsch nach Selbstverwirklichung konkurrieren mit der klassischen Familiengründung. Daher müssen in Zukunft immer weniger Berufstätige für ein kostenintensiveres Renten- und Gesundheitssystem aufkommen. Gleiches gilt für die aus Steuermitteln finanzierte technische Infrastruktur. Der demografische Wandel wirkt sich vor allem negativ auf die soziale Infrastruktur in vielen ländlichen Gebieten aus. Schulen, Krankenhäuser, kulturelle

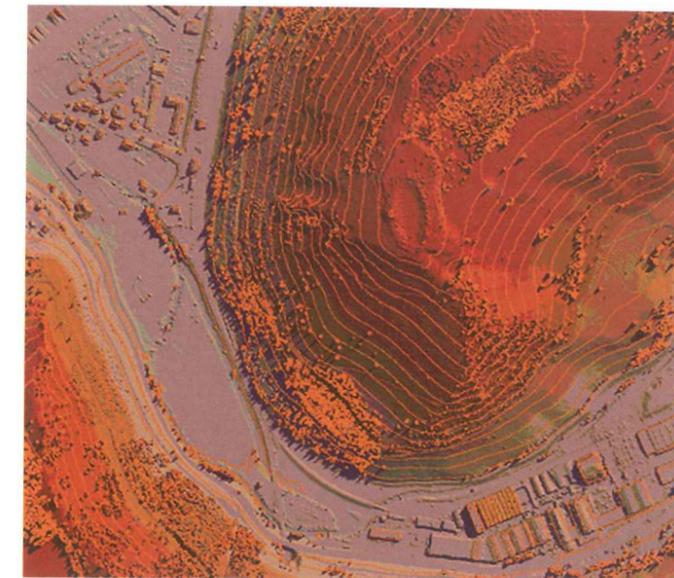


Abb. 23.: Bodenneuordnung und Flurbereinigung



Abb. 24.: Standortoptimierung, Routenplanung

Einrichtungen u.v.m. werden geschlossen, da sie sich an Einwohnerzahlen orientierten, von denen heute keine Rede mehr sein kann. Besonders dramatisch ist für diese Regionen, dass vor allem die jungen Menschen – auf der Suche nach Arbeitsplätzen – abwandern.

An Konzeptionen und Anpassungsstrategien, die diese Folgen zumindest abschwächen und die Daseinsvorsorge für die meisten Menschen weiterhin garantieren zu können, arbeiten maßgeblich auch Geodäten und Geoinformatiker. Sie entwickeln zum Beispiel Verkehrsinfrastruktur- und Mobilitätskonzepte und analysieren die Wohnumfelder, um sie attraktiver zu machen. Der Bedarf an Gesundheits-, Schul-, Sport- und Freizeitversorgung, öffentlicher Verwaltung und Einzelhandel wird ermittelt und es werden Konzepte erstellt, die etwa eine Zusammenarbeit mit Nachbargemeinden fördert. Außerdem sind Geodäten als Wirtschaftsförderer oder im Regionalmarketing tätig, um mit der Entwicklung von Regionalmarken oder mit aktiver Tourismusförderung die vorhandenen Potenziale zu stärken.

7.21. Navigation und Mobilität

Früher meinte der Fahrlehrer nur „Bei der nächsten Gelegenheit rechts ab“. Das genügt heute keinem mehr. Sackgassen, neue Kreisel, Abfahrten, Gebäude – ein modernes Navi weiß einfach alles. Aber nur durch die Geodäten ...

7.22. Google Earth und Google Maps

In einer Stunde durch Europa

Europa in fünf Tagen zu durchreisen, ist das Ziel mancher Touristen. Aber es geht sogar noch schneller: in einer Stunde – mit Google Earth. Beides kann man sicher hinterfragen, aber wer hätte vor zehn Jahren gedacht, dass Bilder der Erde in solcher Qualität jedem im Internet zur Verfügung stehen? Mit Google Earth wird jeder zum Fachmann für Geodäsie. Bleibt nur die Frage: Was bedeutet eigentlich 53° 33' 23" N und 13° 14' 41" E? Warum stellt eigentlich eine Text-Suchmaschine wie Google Luft- und Satellitenbilder und Karten ins Internet (s. Abb. 25), völlig kostenfrei und frei von Werbung? Die Idee stammt von einer kleinen Firma, die von Google 2004 gekauft wurde. Google Earth hat eine enorme weltweite Detailauflösung, auch wenn sie in Wüsten und der Antarktis geringer ist als in Großstädten wie New York, Berlin oder Wien. Sogar die Meeresoberfläche oder der Mond lassen sich betrachten. Ganz gleich wo man in Österreich wohnt, hier kann jeder sein Haus finden. Sucht ihr nach bestimmten Orten, Städten, Adressen, einer Hochschule, einer Firma oder dem nächsten Café? Bei Google Earth werdet ihr sie leicht und schnell finden. Ihr könnt sie markieren und euren Freunden senden. Der Download und die Benutzung sind einfach. Zur Navigation werden Steuerelemente benutzt. Besonders nützlich sind so genannte Overlays, das sind Metadaten wie Markierungen zu Hintergrundinformationen, Icons, Detailfotos und 360°-Panoramabilder oder Links.



Abb. 25.: Google-earth, Stadtansicht

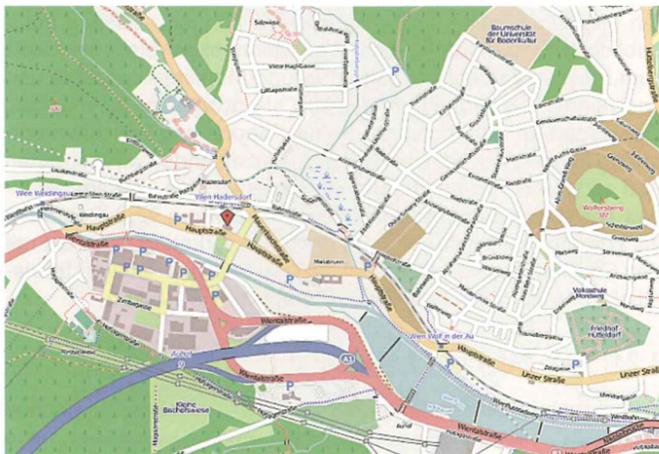


Abb. 26.: Kartenausschnitt aus OSM

Beispielsweise verweist das Overlay „Globales Denken“ auf Orte, die von Umweltkatastrophen getroffen worden oder von solchen bedroht sind. Gebiete, denen wir unsere besondere Aufmerksamkeit widmen sollten, sind mit Landmarks fixiert. Es ist unmöglich, den gesamten Funktionsumfang von Google Earth in wenigen Absätzen zu beschreiben. Hier findet man auch einen Flugsimulator, Google Sky, Sonnenstandsfunktionen und 3D-Ansichten von Gebäuden und einzelnen Städten.

Für Google Street View fahren zurzeit viele PKW mit Kameras durch die Städte, um ganze Straßenzüge im Web abzubilden. Mit ein wenig Übung könnt ihr das auch: Zeichnet mit Sketch-Up ein dreidimensionales Gebäude und stellt es in Google Earth ein. Das ist das Wesen des Web 2.0! Der Unterschied zwischen Google Earth und Google Maps liegt in der Darstellung der Rauminformation als Satellitenbilder oder als Karten. Alle Daten sind frei verfügbar, aber nicht frei nutzbar. Ein ähnlicher Service wie Google Earth ist zum Beispiel Nasa World Wind, Open Street Map oder Bing Maps.

Und 53° 33' 23" N und 13° 14' 41" E? Das sind die geographischen Koordinaten in der Einheit Grad. Ganz unten auf dem Fenster von Google Earth könnt ihr die Firmen finden, die die Urheberrechte an den Bildern der Fernerkundung besitzen, dazu die aktuelle Sichthöhe und das Aufnahmedatum.

Sind jetzt noch Fragen offen? Dann erfahrt ihr alles weitere in einer Vorlesung der Geodäsie oder Geoinformatik!

7.23. OpenStreetMap

Von wegen Datenschutz – Daten für alle

Wikipedia kennt jeder. Jeder kann und soll mitmachen, das ist die Philosophie von Web 2.0. Warum aber das Wissen auf das Medium Text beschränken? Wir erfassen die Erde und machen unsere eigenen Karten – das ist OpenStreetMap (OSM).

Im Gegensatz zu anderen ähnlichen Diensten wie Google Earth können die Daten bei OpenStreetMap frei eingesetzt und beliebig weiterverarbeitet werden. Das Projekt OpenStreetMap (s. Abb. 26) will die Abhängigkeit von den Anbietern kommerzieller Daten beenden. Die meisten Mitglieder der OSM-Community sammeln Daten mit ihrem GPS-Gerät und stellen sie in OSM ein. Andere digitalisierte Karten, stellen zusätzliche Daten zur Verfügung oder programmieren an der Datenbank, an den Editoren oder an der kartographischen Software. Wiederum andere decken Fehler auf und korrigieren diese. Jeder wird ein Teil der Community. Damit man nicht nur allein Daten sammelt, trifft man sich hin und wieder auf einem „Mapping Weekend“.

Alle Mitglieder können die Daten als Rohdaten oder als On- oder Offline-Karten in der Grafik von OpenStreetMap nutzen. Mit den Rohdaten kann man seine eigenen Karten produzieren und auch verkaufen. Dazu muss man nur die freie Lizenz, ähnlich der GPL (General Public License) anerkennen.

Bei OSM machen nicht nur unterschiedlich motivierte Einzelpersonen mit. Auch Behörden wie Landesvermessungsabteilungen sind dabei und stellen eigene Daten in Form von Orthofotos (entzerrte Luftbilder), ALS od.ä. bereit. Yahoo unterstützt OSM finanziell und nutzt OpenStreetMap, um die Fotos von Flickr zu verorten.

7.24. 3D-Stadtmodelle

Stadtplan + Höhenangabe = 3D-Stadtmodell?

Große Pläne und Karten bei Wind und Wetter auseinanderfallen war früher, heute navigiert man bequem auf mobilen Geräten in virtuellen 3D-Stadtmodellen (s. Abb. 27). Toll, aber ist das wirklich besser? 3D-Stadtmodelle erfüllen andere Zwecke als Karten – und man kann sich in ihnen auch nicht verlaufen.

Das menschliche Auge ist durch seine Sehgewohnheiten im Fernsehen, Kino oder bei Computerspielen verwöhnt. Fiktive animierte Welten sollen deshalb so real wie möglich erscheinen. Zweidimensionale Karten sind den Nutzern meist zu abstrakt. Schließlich fällt es nicht jedem leicht, die Welt auf ihr Abbild in Form von Punkten, Linien und Flächen zu reduzieren oder sogar durch Signaturen, Schrift und Diagramme zu ergänzen.

3D-Stadtmodelle erzeugen auf dem Monitor oder dem Handy ein virtuelles Bild der urbanen Umgebung. Die ersten Städte in der Welt, die sich fast vollständig in 3D präsentierten, waren Berlin, Dresden und Hamburg. Modern ist, was gefällt – jetzt wollen es alle anderen auch. Um solch ein 3D-Stadtmodell zu erstellen, braucht man unterschiedlichste Daten, nicht nur geodätische, sondern auch Daten anderer Fachdisziplinen mit Raumbezug, denn die Visualisierung ist nur ein Nutzungszweck von vielen.

Digitale Geländemodelle, 3D-Gebäudedaten, Informationen über Verkehrswege, Vegetation und vieles mehr liefern die Datenbasis für die 3D-Stadtmodelle. Diese werden für die Stadtplanung, den Katastrophenschutz und natürlich für die Navigation benötigt. Je nach Zweck und Aufgabe liegen sie in fünf unterschiedlichen Stufen der Detaillierung (Level of Detail, LoD) vor. Die niedrigste Stufe (LoD 0) beinhaltet das digitale Geländemodell, das auf ein Satelliten- oder Luftbild oder eine Karte drapiert ist. Die höchste Stufe (LoD 4) stellt ein detailliertes Gebäudemodell mit Innenräumen dar.

Es gibt verschiedene Software zur Erstellung von 3D-Stadtmodellen, zum einen die aus der Geoinformatik, und zum anderen jene aus dem Bereich der Computergrafik sowie die Adaptionen aus anderen Bereichen, z.B. den Game-Engines. Dazu existieren verschiedene Datenformate, mittlerweile auch ein Datenaustauschformat und ein internationaler Standard. Dieser Standard, genannt CityGML, wurde von Geodäten für die OGC (Open Geospatial Consortium) erarbeitet.

7.25. Stau-Umfahrung

Per Handy aus dem Stau

Wenn der Verkehr auf der Straße zum Stehen kommt, liegen die Nerven vieler Autofahrer blank. Moderne Navigationsmöglichkeiten können helfen, Staus zu umfahren oder gar nicht erst entstehen zu lassen (s. Abb. 28).

Um der dadurch ständig zunehmenden Verkehrsdichte Herr zu werden, sind Informationen über die Verteilung der Autofahrer im Straßennetz von größter Bedeutung. Und je genauer diese Informationen sind, desto umfassendere Möglichkeiten gibt es, den Verkehr entsprechend zu steuern: zum einen können Staus gezielt umfahren oder gar vermieden werden, zum anderen könnte man die allgegenwärtige Verfügbarkeit der Fahrzeuge besser nutzen. Ersteres ist schon Wirklichkeit geworden. Mittels Handyortung können Navigationdienstleister feststellen, ob sich die Handynutzer (in ihren Autos) auf den Straßen bewegen, ob sie stehen oder sich nur stockend fortbewegen. Letzteres wäre ein Hinweis für einen Stau und kann direkt in Navigationsanweisungen integriert werden.

Wie Zukunftsmusik klingt es hingegen, den privaten Verkehr quasi als öffentliches Verkehrsmittel nutzen zu können – im Sinne einer Online-Mitfahrzentrale: Fahranbieter und mögliche Mitfahrer können über lokale Kommunikation ihrer Handys zusammenfinden und prüfen, ob sie ein gemeinsames Fahrziel haben. Ist dies der Fall, kommt ein Vertrag zustande, von dem anschließend beide profitieren.

Grundlegende Voraussetzung für diese Anwendungen sind genaue Positionierungs- und Kommunikationsmöglichkeiten, genaue Kartendaten, intelligente Software sowie begeisterte Menschen, die diese neuen Anwendungen entwickeln!



Abb. 27.: 3D-Stadtmodell



Abb. 28.: KFZ-Navi mit GPS-Empfänger

8. Schlusswort

Die Ingenieurbereiche des Vermessungswesens und der Geoinformatik haben sich seit Gerhard Mercator, insbesondere durch die neuen Möglichkeiten der EDV und moderner Messinstrumente, in den letzten Jahrzehnten erheblich weiterentwickelt, was durch die Beispiele unter Punkt 7 dokumentiert werden sollte.

Für die Nutzung der zur Verfügung gestandenen Quellen, insbesondere der Internetadresse Arbeitsplatz-Erde.de, sei an dieser Stelle besonders gedankt.

Dipl.-Ing. Dietrich Kollenprat

Zivilingenieur,
Gerichtlich beeideter Sachverständiger
Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen
Rizzistraße 14
9020 Klagenfurt