

Praktische topographische Ausbildung an der Leibniz Universität Hannover im Wandel der Zeit

Ingo Kruse, Tobias Dahinden, Dieter Heidorn, Frank Thiemann; Hannover

Seit 1957 werden Studierende der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover topographisch ausgebildet. Dabei erlernen sie in einer zweiwöchigen Vermessungsübung die Geländeansprache, die Geländeaufnahme und die Darstellung der Ergebnisse in Karten. Die Ausbildung veränderte sich seit 1957, bedingt durch die Entwicklung der Aufnahmegeräte und von Software. Am Anfang erfolgte die Geländeaufnahme mit Reduktionstachymetern, und die Kartierung und die Interpolation der Höhenlinien wurden manuell durchgeführt. Ab etwa 1980 wurden die Messungen mit elektronischen Tachymetern durchgeführt. Neben der Entwicklung auf der Instrumentenseite erfolgte die Entwicklung von Software. So wurde das Topographische Auswertesystem Hannover (TASH) am Institut für Kartographie und Geoinformatik entwickelt. Parallel dazu hielt die digitale Auswertung Einzug in die Übung. Die Karte erstellen die Studierenden mit der GIS-Software ArcGis.

1 Allgemeines

Seit dem Bestehen des Instituts für Kartographie und Geoinformatik – IKG (ab 1957 Abteilung Topographie und Kartographie am Geodätischen Institut der Technische Hochschule Hannover; ab 1963 Lehrstuhl für Topographie und Kartographie; ab 1982 Institut für Kartographie) werden die Studierenden der Geodäsie und Geoinformatik des 2. Semesters (früher 4. Semester) topographisch ausgebildet; seit 2002 nehmen auch Studierende der Geographie und Informatik, die Kartographie und Geoinformatik vertiefen, an der Übung teil. Nach der theoretischen Ausbildung in Vorlesungen folgt eine zweiwöchige Geländeaufnahme mit deren 3D-Modellierung und das Erstellen einer Karte. Die Studierenden erlernen in den zwei Wochen den Umgang mit den Vermessungsgeräten, die Geländeansprache, Geländeaufnahme und die Auswertung der Vermessungsergebnisse bis hin zur fertigen Karte.

Der Einsatz der Vermessungsgeräte hing von der Entwicklung der Instrumente ab. So kamen von Anfang bis in die 80er-Jahre Reduktionstachymeter zum Einsatz, anschließend bis heute elektronische Tachymeter. Ebenso änderte sich die Auswertung im Laufe der Zeit mit der Entwicklung mit der Hard- und Software. Bis in die 80er-Jahre erfolgte die Auswertung manuell, anschließend wurde die Auswertung in mehreren Schritten auf eine automatische Auswertung umgestellt.

2 Ziel der Ausbildung

Durch die Ausbildung sollen Studierende in die Lage versetzt werden, eine Karte von einem Gebiet zu fertigen, von dem bisher nichts vorliegt. Dazu gehört die Geländeansprache, d. h. die Identifikation und Aufnahmen von 3D-Strukturen, die zur Wiedergabe des Geländes mit einem Höhenlinienbild in der Karte erforderlich sind. Besonders die morphologischen Objekte, Bruchkanten, Gerippllinien, Aussparungsflächen und markante Punkte in Kessel und auf Kuppen sind zu erfassen. Befinden sich im Gelände weitere topographische Objekte wie z. B. Wege, Mauern, Gebäude o. ä. sind diese ebenfalls in der Karte darzustellen. Zum Erreichen dieser Ziele werden die aktuellsten Instrumente eingesetzt. Ebenso wird das Führen von Vermessungsrissen erforderlich, um die Auswertung der morphologischen und topographischen Gegebenheiten des Geländes sichtbar zu machen. Gleichfalls erlernen die Studierenden den Umgang mit Auswerteprogrammen zur Berechnung der dreidimensionalen Koordinaten und einem digitalen Geländemodell. Am Ende der Übung liegt die Karte im Rohentwurf vor.

3 Auswahl der Aufnahmeobjekte

Seit Beginn dieser topographischen Ausbildung arbeitet das IKG mit dem Niedersächsischen Landesamt für Denkmalpflege (NLD) (Heine, Hesse, Thiemann, 2004) zusammen. Als Übungsobjekte werden abgegangene Burgen und Wallanlagen gewählt. Die Ergebnisse der Übung gibt das IKG an das NLD weiter. Seit Beginn dieser Zusammenarbeit sind 83 Objekte vermessen und in Karten dargestellt worden. Eine Übersicht (Abb. 1) zeigt, welche Burgen bisher durch das IKG aufgenommen worden sind. Der Vorteil dieser Zusammenarbeit besteht darin, dass jedes Jahr ein neues Objekt gewählt werden kann und die Studierenden in ihrer Übung ein Ergebnis erzeugen, das beim NLD zur Burgenforschung weitere Verwendung findet.

Die Aufnahmeobjekte befinden sich in Niedersachsen oft an schlecht zugänglichen Stellen. Das bedeutet auch, dass die Burgen mehr oder weniger stark bewaldet sind. Diese Bewaldung schließt eine photogrammetrische Auswertung aus. Ebenso liefert eine Befliegung mit einem Laserscanner stark eingeschränkte Ergebnisse. Es sind dabei die Wege, Mauern und Wälle schwer zu erkennen. Deshalb wird die topographische Aufnahme mit Tachymetern durchgeführt, wobei die morphologischen und topographischen Elemente objektweise erfasst werden. Das Ziel ist eine fertige Karte im Maßstab 1:1 000.

4 Vorbereitung zur Aufnahme

Der Schwerpunkt der Ausbildung liegt in der Aufnahme des Geländes, speziell in der topographischen und morphologischen Ansprache des Geländes. Zur Vermessung des gesamten Übungsobjektes sind Aufnahmestandpunkte im Gelände notwendig. Es würde die zweiwöchige Übungszeit sprengen, müssten die Studierenden das Aufnahmenetz in dieser Zeit selber legen. Deshalb wird das Netz im Zuge einer Vorerkundung innerhalb einer Woche von Mitarbeitern des IKG gelegt. Abbildung 2 zeigt als Beispiel das Aufnahmenetz von der Übung im Jahr 2009. In diesem Fall wurden an der Asseburg im Landkreis Wolfenbüttel 89 Standpunkte gelegt, die während der Übung als Stand- und Anschlusspunkte zur Verfügung standen. Das Netz wurde mit einem elektronischen Tachymeter gemessen und die Koordinaten mit einer Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen mit vom IKG entwickelten Programmen berechnet.

Damit die Aufnahmepunkte während der Übung leicht zu finden sind, werden die Punkte mit Pflöcken vermarkt und die Punktnummer an nahestehenden Bäumen geschrieben.

Jeder Student bekommt die Aufgabe ein Gebiet von ca. 240 qm um mindestens zwei Standpunkte herum aufzunehmen. Dieses Gebiet wird anschließend für sich ausgewertet. Die Einzelergebnisse fügen die Studierenden am Ende zu einem Gesamtergebnis zusammen.

5 Manuelle Auswertung

5.1 Geländeaufnahme mit Reduktionstachymetern

Bis ca. 1980 standen dem Institut ausschließlich Reduktionstachymeter der Firma Wild und Zeiss (Abb. 3) zur Verfügung.

Zur Messung wurde das Tachymeter auf einem koordinaten- und höhenmäßig bekannten Punkt positioniert und zu einem Anschlusspunkt die Ausgangsrichtung bestimmt. Alle neuen Geländepunkte wurden durch polares Anhängen erfasst. Die Streckenmessung erfolgte durch Ablesen eines Abschnittes auf einer Tachymeterlatte (Abb. 3). Durch den Einsatz der Reduktionstachymeter erhielt man die horizontale Entfernung. Die Horizontalrichtung und die horizontale Entfernung sowie die Punktnummer wurden in einem Feldbuch festgehalten. Zusätzlich führten die Studierenden einen Vermessungsriß.

Im Innendienst wurden die Punkte auf Karton mit einem Winkeltransporteur im Maßstab 1:1 000 kartiert. Jeder aufgenommene Punkt wurde mit Winkel und Strecke polar kartiert und zu jedem Punkt wurde die gemessene Höhe geschrieben. In der so entstandenen Punktwolke wurden die topographischen und morphologischen Objekte eingetragen und manuell das Höhenlinienbild interpoliert. Bei dieser Interpolation entwickelte sich das Höhenlinienbild stückweise voran. Die Schwierigkeit lag in der Interpretation der eigenen Aufnahme, da die Punkte je nach der morphologischer Gegebenheit des Geländes sehr eng zusammenliegen konnten. Bei der

Interpolation zeigte sich, ob genügend Punkte oder ob zu viele Punkte aufgenommen wurden. Der Bearbeiter musste sich bei dieser Interpolation immer wieder in sein Gebiet hineindenken. Für das Eintragen der topographischen und morphologischen Objekte dienten die Punktnummern im Vermessungsriß, ohne den keine vernünftige Auswertung möglich wäre.

Abbildung 4 zeigt das Ergebnis einer manuellen Interpolation. Mit diesem Resultat erfolgte anschließend ein Feldvergleich um sicher zu gehen, dass der Studierende sein Gebiet auch einwandfrei erfasst hatte. Somit entstanden einzelne Inselkartierungen.

Nach dem Feldvergleich erfolgte die Übernahme in die Gesamtkarte, die auf einer Astralonfolie als Bleientwurf entstand. Bei der Übernahme der einzelnen Inseln musste die Randanpassung an die Nachbargebiete, die bereits in der Karte enthalten waren, sorgfältig durchgeführt werden. Es waren drei Gruppen eingeteilt, sodass drei Bleientwürfe entstanden. Die Weiterverarbeitung zur Gesamtkarte erfolgte im Institut durch einen Kartographen.

5.2 Erstellung von Druckvorlagen

Auch die Erstellung der Druckvorlagen erfolgte durch einen Kartographen des Instituts. In einer Übung zur Reprotechnik nahmen die Studierenden am Werdegang teil.

Der Arbeitsgang ist aus der Abbildung 5 ersichtlich. Es wurden drei Vorlagen für die Druckplatten erzeugt, und zwar für die Offsetdruckplatte Schwarz, die Offsetdruckplatte Braun und die Offsetdruckplatte Grün. Die Schwarzplatte enthielt den Kartenrahmen mit Koordinatenangaben, die Maßstabsangabe, die archäologischen Signaturen und beschreibenden Text. Alle Texte wurden mit dem Fotosatzgerät Diatype gesetzt. Die Grünplatte enthielt alle grünen Signaturen der Bäume. Zur Erzeugung der Braunplatte musste zunächst das Vermessungsergebnis mittels Gravurring auf einer Polyesterfolie graviert werden (Abb. 6). Über ein Passlochsystem wurde gewährleistet, dass die Höhenlinien aller Gruppen nahtlos aneinander passten und die Höhenlinien fortlaufend graviert werden konnten.

Im Offsetdruck entstand die endgültige Karte mit archäologischer Fachschale, z. B. die historischen Schraffen in den Gräben und Wällen, der aufgenommenen Burg. Alle Originale wurden im Maßstab 1:1 000 kartiert. Abbildung 7 zeigt die endgültige Karte der Burg Holte.

6 Digitale Auswertung

6.1 Geländeaufnahme mit elektronischen Tachymetern

Ab den 70er-Jahren wurden elektronische Tachymeter entwickelt. 1971 erwarb das Institut ein RegElta14 der Firma Zeiss, 1980 ein Elta 2 der Firma Zeiss. Zudem wurden ein Di10 der Firma Wild und ein GTS4 der Firma Topcon beschafft. Aktuell sind die Instrumente S10 und C30 der Firma Zeiss im Einsatz (Abb. 8).

Ab 1980 wurden diese Geräte zur Geländeaufnahme eingesetzt. Die Auswertesoftware und ein Schlüsselzahlenkatalog zur Objektkennzeichnung wurden am Institut entwickelt. Bei der Messung ist es wichtig, dass unterschiedliche Reflektorhöhen sowie mögliche Punktexzentrizitäten leicht und schnell am Instrument eingestellt werden können, damit der Messungsablauf nicht von den Einstellmöglichkeiten am Instrument diktiert wird.

Die originären Messungselemente (Horizontalrichtung, Zenitdistanz und Schrägstrecke) werden am Gerät gespeichert. Die Daten werden im Feld auf einem Laptop überspielt und können anschließend im Feldbüro weiter verarbeitet werden.

6.2 Berechnung der Koordinaten und Höhen

Zunächst wird eine formale und logische Prüfung der Vermessungsergebnisse durchgeführt. Das beinhaltet hauptsächlich, ob der Schlüsselzahlenkatalog korrekt angewendet wurde. Etwaige Fehler korrigiert der Benutzer mit einem Texteditor und berechnet anschließend mit einem weiteren Programm die Koordinaten und Höhen aller Polarpunkte. Bei der Messung im Felde sind die Anschlusspunkte, also die vorgegebenen Punkte des ausgeglichenen Standpunktnetzes, zum Schluss einer jeden Messung als Kontrollpunkte zur Netzkontrolle und zur Kontrolle der Aufnahme wieder anzuzielen. Das Programm berechnet die Koordinaten und Höhen neu und gibt die

Differenzen zu den Festpunkten aus. Liegen die Differenzen in einem vorgegebenen Rahmen, gilt die Aufnahme als korrekt.

Die so gewonnenen dreidimensionalen Koordinaten der Punkte bilden die Grundlage für die weitere Aufnahme. Bis in die 90er-Jahre hinein erzeugten die Studierenden per Programm einen Punktauftrag auf Papier und entwickelten das Höhenlinienbild manuell, wie unter 5.1 beschrieben. Das hatte den didaktischen Vorteil, dass die Studierenden sich noch einmal in das Gelände vertieft hinein arbeiten mussten.

6.3 Automatische Auswertung mit Hilfe eines Digitalen Geländemodells

Im Laufe der Jahre wurde das Höhenlinienprogramm TASH (Topographisches Auswerte System Hannover) entwickelt (Kruse, 1979). Dieses System berechnet aus der Punktwolke unter Berücksichtigung von Bruchkanten, Gerippllinien, Aussparungsflächen und markanten Punkten mittels digitalem Geländemodell (DGM) ein Höhenlinienbild (Abb. 9) und weitere Folgeprodukte wie z.B. 3D-Darstellungen. Seit 1993 kommt dieses System zum Einsatz, und die Studierenden müssen nicht mehr das Höhenlinienbild selbst entwickeln.

Nach wie vor führt der Truppführer einen Vermessungsriß. Nach der Koordinatenberechnung digitalisiert der Studierende die topographischen und morphologischen Objekte anhand des Vermessungsrißes im Dateneditor des Systems TASH (Abb. 10).

Anschließend führt das Programm eine Dreiecksvermaschung nach der bedingten Delaunay-Methode durch (Buziek, 1990; Buziek, Grünreich, Kruse, 1992). Aus den Dreiecken wird ein Gitter berechnet. Die Höhen der Gitterpunkte ergeben sich aus der Interpolation auf der schrägen Ebene in den Dreiecken. Nach der Berechnung der Höhenlinien liegt die Auswertung des Truppführers vor. Abbildung 11 zeigt ein Beispiel von der topographischen Schlussvermessungsübung 2008.

Mit diesem Zwischenergebnis wird ein Feldvergleich durchgeführt. Damit wird sichergestellt, dass das Gelände vom Studierenden topographisch und morphologisch richtig angesprochen wurde. Erkannte Fehler können sofort durch Nachmessungen beseitigt werden.

Jedes abgenommene Zwischenergebnis wird mit Hilfe des Dateneditors zu der Gesamtdarstellung addiert (Abb. 12). Dabei wird nicht das fertige Höhenlinienbild benutzt, sondern die gemessenen Punkte und die topographischen und morphologischen Objekte werden im TASH-Dateneditor zu einer Gesamtpunktwolke zusammengefügt. Im Dateneditor besteht die Möglichkeit, ausgewählte Standpunktbereiche anzuzeigen, so dass nachvollziehbar ist, wer welches Gebiet gemessen hat. Das endgültige Ergebnis aus allen Einzelauswertungen wird mit TASH aus der gesamten Datenbasis berechnet. Abb. 13 zeigt das Resultat der Schlussübung 2007.

Über eine Schnittstelle in TASH können Shapefiles zur weiteren Verwendung in GIS-Software erzeugt werden (siehe Abb. 9, TASH-Konzept). In ArcGis wird nach dem Einlesen der Shapefiles das Gebiet zur Karte weiter verarbeitet (siehe 6.4).

Die digitale Auswertung bietet Vorteile gegenüber der manuellen Aufnahme und Auswertung. Schon bei der Aufnahme treten keine Schreibfehler bei Winkel und Strecken auf, da die Messwerte automatisch registriert werden. Weiterhin ist die Verarbeitungskette ohne manuelle Eingriffe, so dass es insgesamt fehlerfreier und schneller geht.

Der Vorteil in der digitalen Auswertung besteht zudem darin, dass weitere Anwendungen möglich sind. So lassen sich aus diesem Datenbestand auch dreidimensionale Ansichten (Abb. 14) erzeugen. Manche Benutzer lesen sich leichter in 3D-Ansichten als in Höhenlinienbildern ein. Sie können das Gelände besser interpretieren. Ebenso lassen sich bei Bedarf Profile aus den Daten extrahieren.

6.4 Weiterverarbeitung zur Karte

Die in TASH erfassten Objektarten werden zusammen mit der Geometrie als Shapefiles gespeichert. Werden diese in ein GIS geladen, kann die Geometrie anhand der Objektart eingefärbt werden. Dazu bietet sich die Möglichkeit an, einen bestimmten Stil, wie die Objekte eingefärbt sind, zu speichern und bei einer nächsten Karte wieder zu verwenden.

Anschließend müssen die Höhenkurven und Wege beschriftet sowie die Kartenrandangaben hinzugefügt werden. Das Kartennetz und der Maßstab können als dynamische Objekte eingefügt werden. Das bedeutet, dass sie sich automatisch anpassen, wenn die Karte verschoben oder

skaliert wird. Von der so bearbeiteten Karte wird auf einem Tintenstrahldrucker ein Probedruck erstellt. Dieser wird zum Feldvergleich herangezogen. Dabei werden alle Objekte in der Karte nochmals kontrolliert und allenfalls angepasst. Die überarbeitete Karte wird ebenfalls auf einem Tintenstrahldrucker reproduziert. Für das endgültige Ergebnis wird hochwertiges Papier verwendet.

6.5 Erfassung mit terrestrischem Laserscanner

Ziel der Geländeübung ist das Erlernen der topographischen Geländeformen und ihre Ansprache im Gelände, sowie deren Messung und Auswertung. Daher soll primär diese selektive Messung der erforderlichen Daten geübt werden. Dennoch lernen die Studierenden im Rahmen ihrer Übung mit dem terrestrischen Laserscanning ein weiteres Messverfahren kennen. Primär wird es eingesetzt, um Burgruinen oder Mauerreste aufzunehmen. Auch wenn diese Daten nicht für die topographische Aufnahme des Geländes genutzt werden (aufgrund der üblicherweise sehr dichten Bewaldung und des Unterholzes) lernen die Studierenden zum einen das Messsystem und zum anderen die mit der Messung und Auswertung verbundenen Arbeitsschritte kennen (Abb. 15). So können sie anhand des direkten Vergleichs der Aufnahmeprinzipien und der erfassten Daten anschaulich die Vor- und Nachteile erlernen und verstehen.

7 Fazit und Ausblick

Die Studierenden an der Leibniz Universität erhalten eine umfassende topographische Ausbildung. Sie erlernen die Geländeansprache, den Umgang mit modernen Vermessungsgeräten und modernen Programmen bis hin zur vollautomatischen Auswertung. Innerhalb der zweiwöchigen Übung erstellen sie mit dem Geoinformationssystem ArcGis eine fertige Karte.

Das IKG versucht den Ablauf der Schlussvermessungsübung ständig an die neuesten technischen Möglichkeiten anzupassen, damit die Studierenden immer eine zeitgemäße Ausbildung bekommen. So werden zur Zeit Überlegungen angestellt, die Übung bei der Aufnahme mit modernen Laptops zu erweitern. Dabei muss jeder gemessene Punkt sofort auf dem Laptop gespeichert werden und das Dreiecksnetz fortlaufend mit der Messung neu gebildet werden. Auch müssen online die Höhenlinien entwickelt werden. So kann der Benutzer bereits bei der Aufnahme entscheiden, ob genügend Punkte gemessen worden sind oder ob das Dreiecksnetz weiter verdichtet werden muss, um die Topographie des Geländes geometrisch und morphologisch richtig darzustellen.

Literatur:

- Heine, Hans-Wilhelm, Hesse, Stefan, Thiemann, Frank (2004): Burgvermessung – das Beispiel Brackenburg bei Meensen (Ldkr. Göttingen). In: Archäologie | Land | Niedersachsen ALN, 2004, S. 565-567.
- Kruse, I. (1979): Ein System zur EDV-unterstützten Herstellung topographischer Grundkarten. In: Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen (NaKa Verm), Reihe I, 1979, Heft 79, S. 85-107.
- Buziek, G.: (1990): Neuere Untersuchungen zur Dreiecksvermaschung. In: Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen (NaKaVerm) Reihe I, Heft Nr. 105, 1990.
- Buziek, G., Grüreich, D., Kruse, I. (1992) : Digitale Landschaftsmodellierung Stand und Entwicklung der digitalen Landschaftsmodellierung mit dem Topographischen Auswertesystem der Universität Hannover (TASH). In: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, Heft 2/92 S. 84-88.

Über die Verfasser: Dr.-Ing. Tobias Dahinden und Dipl.-Ing. Frank Thiemann sind Wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Kartographie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover. E-Mail: Tobias.Dahinden@ikg.uni-hannover.de Frank.Thiemann@ikg.uni-hannover.de ■ Dipl.-Ing. Dieter Heidorn und Dipl.-Ing. Ingo Kruse sind ehemalige Mitarbeiter des Instituts. E-Mail: Dieter.Heidorn@mx.de Kruse@htp-tel.de

Abbildungsunterschriften:

Abb. 1: Aufnahmeorte historischer Burganlagen seit 1956

Abb. 2: Punktübersicht Schlussübung Asseburg (2009)

Abb. 3: Messung mit Tachymeter und Latte

Abb. 4: manueller Entwurf der Höhenlinien

Abb. 5: Erzeugung der Druckplatten

Abb. 6: Gravur der Höhenlinien

Abb. 7: Burg Holte mit archäologischer Fachschale (1995)

Abb. 8: Messung mit C30 der Firma Zeiss

Abb. 9: Konzept des Programm Systems TASH

Abb. 10: Überarbeitung der Geländestrukturen im Feldbüro mit Dateneditor

Abb. 11: Höhenlinien aus einer automatischen Auswertung der Messdaten

Abb. 12: Aufnahmemosaik der Schnippenburg (1992)

Abb. 13: Ergebnis des Höhenlinienbildes aus TASH, Bramburg (2007)

Abb. 14: 3D – Ansicht Bramburg, Schlussübung 2007

Abb. 15: Laserscan von Mauerresten an der Asseburg (2009)