

# Die Hauptvermessungsübungen (1868 - 2018)

**Dieter Möller, Udo Maier, Manfred Juretzko, Martin Vetter  
und Michael Illner**

## **1 Messtisch und Bussolenzüge (1868 - 1968)**

Dieter Möller<sup>1</sup>

Mit dem Begriff "Hauptvermessungsübungen" (HVÜ) verbindet sich nicht nur bei den ehemaligen Studenten der Geodäsie, sondern auch bei vielen Bauingenieuren, die in Karlsruhe studiert haben, der Gedanke an Furtwangen im Schwarzwald; eine kleine Stadt – 150 km vom Hochschulort entfernt – die auch außerhalb Badens durch ihr historisches Uhrenmuseum bekannt ist. Gerade für die Bauingenieure sind wohl diese Übungen eine bleibende Erinnerung an die Vermessungskunde; denn die Frage, ob die "HVÜ" noch immer in Furtwangen stattfindet, wird uns sehr oft gestellt, sei es auf einer Großbaustelle in Mannheim, bei einer Besprechung in Bremerhaven oder bei einem Zusammentreffen in Afrika. Im gleichen Atemzug werden dann einige – meist fröhliche – Reminiszenzen aus der Übungszeit zum Besten gegeben, und eine gute Zusammenarbeit ist schon fast garantiert. Womit eigentlich nachträglich noch einmal ein voller Übungserfolg zu bestätigen wäre.

Größere zusammenhängende Vermessungsübungen wurden bereits vor der Gründung des Geodätischen Instituts in der Umgebung von Karlsruhe durchgeführt, und auch Professor Jordan ließ in den ersten Jahren seit 1868 im Raume Karlsruhe mit dem Messtisch kleinere Gebiete im Maßstab 1:1000 aufnehmen. Doch bereits 1872 wurde das Messgebiet aus der Stadtnähe in die Gegend von Kirchzarten, 1878 nach Ottenhöfen im Schwarzwald verlegt und

---

<sup>1</sup> Überarbeiteter Beitrag aus der Festschrift zur 125-Jahr-Feier des Geodätischen Instituts aus dem Jahr 1993



Abb. 138: Teilnehmer der HVÜ 1900.

Messtisch- und Zahlentachymetrie geübt. Diese Gebiete sind in den Maßstäben 1:1500 und 1:2500 bearbeitet worden, und Prof. Jordan hat einen Teil der Übungsergebnisse zu Genauigkeitsuntersuchungen vorhandener amtlicher Karten verwendet. Weitere Übungsaufgaben sind vom Großherzoglichen Topographischen Bureau für die badische topographische Karte 1:25000 mitbenutzt worden.

Auch das Messgelände um Ottenhöfen scheint nicht ganz ideal gewesen zu sein, denn 1892 wurden erstmalig – wie in einer alten Furtwanger Zeitung nachzulesen ist – die Vermessungsübungen unter der Leitung von Professor Haid in der Umgebung von Furtwangen abgehalten. Für diese "größere geodätische Exkursion" bewilligte das Kultusministerium versuchsweise einen außerordentlichen Zuschuss in Höhe von 360.- Mark.

Dieser Versuch muss wohl als geglückt bezeichnet werden, denn die Zuschüsse wurden weiter bewilligt, und bereits 1902 feierten die Studenten mit einem Fackelzug ihren verehrten Lehrer Prof. Haid und die 10. HVÜ am gleichen Ort (Abb. 138). Die örtliche Polizeimacht war angewiesen, alle Augen zuzudrücken. Die weiteren Übungen konnten bis 1913 in Furtwangen reibungslos durchgeführt werden, während 1914 die Arbeiten vorzeitig "am 31. Juli gegen 17 Uhr wegen Erklärung des Kriegszustandes" beendet wurden.

Schon 1919 waren die Studenten unter Leitung von Professor Näbauer wieder in Furtwangen, mussten jedoch in den Jahren 1920 bis 1923 aus finanziellen Gründen ihre Übungen in der Nähe von Karlsruhe auf der Gemarkung Berghausen im Pfinztal abhalten (siehe Abb. 139). Danach wurde bis 1939 Furtwangen jedes Jahr erneut Universitätsstadt auf Zeit, und nur einmal musste der Herr Bürgermeister der Stadt schriftlich um ernstliche Ermahnung allzu übermüti-



Abb. 139: Berghausen 1921.

ger Studenten bitten, da die Nachtruhe der Marktplatzanwohner trotz der Bemühungen des Polizeibeamten zu sehr gestört worden war. Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang noch die durch Prof. Näbauer 1925 veranlasste Ergänzung eines Landeserlasses "die Handhabung der Feldpolizei betreffend". Danach durften nun auch "Lehr- und Hilfskräfte des Geodätischen Instituts der Technischen Hochschule Karlsruhe und Studierende der Geodäsie (Vermessungskunde)" auf solchem Gelände Forschungs- und Studienarbeiten vornehmen, dessen Betreten nach Reichsstrafgesetzbuch, Polizeistrafgesetzbuch und Feldpolizeiverordnung allgemein verboten war.

Nach dem Zweiten Weltkrieg konnten die ersten Hauptvermessungsübungen 1947 und 1948 im Raume Karlsruhe organisiert werden. 1949 gelang es Professor Schlötzer und Professor Merkel mit Erlaubnis der amerikanischen und der französischen Militärregierungen und nach Überwindung vieler anderer Schwierigkeiten, die Übungen wieder in Furtwangen durchzuführen. Zeitungsartikel unter der Überschrift "Die Studenten sind wieder da" galten keinesfalls als Warnung für die Bevölkerung, sondern drückten die Freude darüber aus, dass eine alte Tradition fortgesetzt wurde. So konnte dann 1959 auf Einladung von Professor Lichte das Geodätische Institut zusammen mit den Vertretern des Landes, der Stadtverwaltung und der Bevölkerung im Kreise der Studenten ein doppeltes Jubiläum feiern. In diesem Jahr wurde die 50. Furtwanger HVÜ abgehalten und außerdem war Prof. Merkel genau vor 50 Jahren als junger hoffnungsvoller Student von Triberg über Schönwald mit Sack und Pack für 14 Tage nach Furtwangen gewandert, um zum ersten Male an einer solchen Übung teilzunehmen, die

er später lange Jahre mit viel Mühe und Liebe vorbildlich organisierte und betreute und deren Leitung er nun letztmalig übernommen hatte.

Selbstverständlich hat sich der Charakter der Hauptvermessungsübungen im Laufe der Zeit geändert, da jedoch der Aufbau und die Art der ersten Furtwängener Übung für lange Zeit maßgebend war, soll hier etwas näher auf dieselbe eingegangen werden. Der Zweck der Übungen war 1892 – wie auch heute noch für die HVÜ B (Bauingenieure) und die HVÜ I (Geodäten) – die Herstellung einer topographischen Karte des Messgeländes. Als Grundlage für die Aufnahme standen Trigonometrische Punkte des vorhandenen Dreiecksnetzes der badischen Landesvermessung und die durch trigonometrische Höhenmessung festgelegte und auf Mittelmeerhöhe bezogene Höhe des Knopfes der Kirchturmspitze in Furtwangen zur Verfügung. Durch Richtungsbeobachtungen mit Mikroskoptheodoliten (Schätzung der Doppelsekunden an zwei Kreisstellen) und einfache Dreiecksberechnung mit Mittelbildung wurden weitere Trigonometrische Punkte, die nach – sicher besonders tüchtigen – Studenten benannt worden waren, im badischen Soldner-System festgelegt. Die Höhenbestimmung der Trigonometrischen Punkte erfolgte durch Nivellement oder gegenseitige trigonometrischer Höhenmessung im Anschluss an die ebenfalls trigonometrisch festgelegte Höhenmarke an der Kirche. Das Festpunktnetz war anschließend durch Polygonzüge mit Höhenübertragung nach Lage und Höhe zu verdichten. Zur eigentlichen topographischen Geländeaufnahme wurden Tachymeterzüge und Bussolenzüge gemessen und auf den Festpunkten tachymetrische Einzelaufnahmen und Messtischaufnahmen mit der Kippregel ausgeführt. Dabei hatte jeweils eine Studentengruppe eine "Section" von  $500\text{ m} \times 500\text{ m}$  zu bearbeiten und im folgenden Winter die topographische Karte im Maßstab 1:1500 zu zeichnen. Während der ersten Übung in Furtwangen sind in zwei Wochen drei Sectionen aufgenommen worden. Die Berechnungsunterlagen und Originalkartierungen haben – wie auch die meisten damals eingesetzten Instrumente – alle Kriegs- und Nachkriegswirren überstanden und werden heute noch im Geodätischen Institut aufbewahrt.

Bis zum Ersten Weltkrieg wurden alle Übungen in der skizzierten Art durchgeführt, wobei maximal 59 Studenten an einer HVÜ teilnahmen, und zwar neben Geodäten und Bauingenieuren auch Architekten und ein Förster.

Die erste Nachkriegs-HVÜ im Jahre 1919 brachte als Änderung – die bis 1961 in Furtwangen beibehalten wurde – die Aufnahme eines Gebietes von  $750\text{ m} \times 750\text{ m}$  im Maßstab 1:2500. Merkel hat diese – mit nur 13 Studenten durchgeführte und damit gut überwachte – Aufnahme zu Genauigkeitsuntersuchungen der amtlichen topographischen Karte 1:25000 herangezogen.

Über 100 Studenten haben erstmalig 1921 an einer HVÜ teilgenommen, nachdem diese Übungen auch für die Bauingenieure Pflicht geworden waren.

Im Jahre 1922 wurde neben der topographischen Geländeaufnahme (nun HVÜ I) eine Katasteraufnahme nach den amtlichen badischen Vorschriften als HVÜ II eingeführt, wobei jede Gruppe ein Handrissgebiet sowohl nach dem Orthogonalverfahren wie nach dem Polarverfahren mit einem Zeiss-Boßhardt-Reduktionstachymeter aufzunehmen hatte.

Nachdem 1920 die erste Nivellementslinie der Landesvermessung bis Furtwangen beobachtet worden war, wurden ab 1925 auch für die Übungen alle Höhen über NN im alten System berechnet. Ein Vergleich zwischen den alten Höhen und den Höhen über NN ergab über eine Reihe identischer Punkte eine mittlere Differenz von  $-2,25\text{m}$ , die im Rahmen der Genauigkeit des amtlichen trigonometrischen Höhennetzes gut mit den Angaben nach Knäble (Höhenänderung des alten Bezugspunktes Straßburger Münster  $-2,02\text{m}$  und im südlichen Landesteil etwa  $-2,30\text{m}$ ) übereinstimmte.

Eine Erweiterung der HVÜ erfolgte 1928 durch die Einführung der terrestrischen Photogrammetrie, und ab 1934 wurden auch barometrische Höhenmessungen im Rahmen dieser Übungen durchgeführt. Aus einem zusammenfassenden Bericht von Prof. Schlötzer über die Übungen 1937 geht hervor, dass damals bereits die Hauptvermessungsübungen voll den Richtlinien von 1938 im Rahmen der neuen Studienordnung für Studierende des Vermessungswesens entsprachen.

Die ersten Furtwängener Nachkriegsübungen fanden 1949 nur für Geodäten statt, da die Unterbringung der Teilnehmer recht schwierig war und für alle Studenten die Hoover-Speisung im Übungsort ausgegeben werden musste. Ab 1950 durften auch wieder Bauingenieure mit nach Furtwangen, und erst ab 1956 wurde die Teilnahme an der HVÜ für Bauingenieure wieder obligatorisch.

Während bis 1954 Geodäten und Bauingenieure in gemischten Gruppen arbeiteten, wurden seit 1955 die Geodäten der HVÜ I in eigenen, intensiver betreuten Gruppen zusammengefasst, und ab 1961 nimmt jede Geodätengruppe auch ihr eigenes Gebiet von etwa  $400\text{ m} \times 400\text{ m}$  selbständig auf. Zugunsten einer selbständigeren Arbeitsweise der Studenten wird seit 1962 auch bei den Bauingenieuren (HVÜ B) auf ein gemeinsames Arbeitsgebiet verzichtet, und jede Gruppe hat ein eigenes Gebiet von ca.  $250\text{ m} \times 300\text{ m}$  aufzunehmen. Eine weitere wesentliche Neuerung ist die Einführung einer HVÜ III für Geodäten im selben Jahr. Im Rahmen dieser Übungen sollen die Studenten besonders die Handhabung moderner elektromagnetischer Streckenmessgeräte kennenlernen.

Seit 1963 werden die photogrammetrischen Übungen nicht mehr bei Furtwangen, sondern am – für terrestrische Photogrammetrie besser geeigneten – Kaiserstuhl durch das Institut für Photogrammetrie und Topographie unter Leitung von Prof. Schwidewsky durchgeführt.

In den letzten Jahren hat sich die im Folgenden aufgezeigte Organisation der Hauptvermessungsübungen eingespielt und gut bewährt. Jeweils am Ende des Sommersemesters werden alle Übungen innerhalb von 3 Wochen in der Umgebung von Furtwangen unter Leitung der Professoren Lichte, Draheim und Kuntz abgehalten.

Die HVÜ III der Geodäten im 6. Semester hat folgende Aufgaben durchzuführen:

- Signalisierung der für die eigenen Übungen sowie für die HVÜ I und HVÜ B erforderlichen trigonometrischen Alt- und Neupunkte durch Dreibocksignale, die – wohl schon von Prof. Näbauer eingeführt – die gleichzeitige Verwendung als Stand- und Zielpunkt gestatten.
- Triangulation einschließlich trigonometrischer Höhenmessung der Neupunkte für die anderen Hauptvermessungsübungen und zweier Basisvergrößerungsnetze mit Punktverlegungen.
- Messung von Feinpolygonzügen mit 2 m-Basislatten durch steiles, dicht bewaldetes Gelände zur weiteren trigonometrischen Punktbestimmung, ebenfalls mit trigonometrischer Höhenübertragung.
- Berechnung vorläufiger Koordinaten der Neupunkte und der Punkte der Basisvergrößerungsnetze im Gauss-Krüger-System und Berechnung der Höhen über NN.
- Messung der Basisvergrößerungsnetze mit Geodimeterfeinmessung zur Bestimmung der ca. 1 km langen Basis und Winkelmessung mit Wild T 3.
- Elektrooptische Nachtmessungen und elektronische Messungen mit 10 cm, 3 cm und 8 mm Wellenlänge der langen Diagonalen (ca. 5 km).
- Messungen außerhalb des eigentlichen Arbeitsgebietes von größeren Strecken nach demselben Verfahren mit dem Fernziel, endgültige Gauß-Krüger-Koordinaten für das Messgebiet zu bestimmen.
- Barometrische Höhenmessungen nach verschiedenen Verfahren auf einer Vergleichsstrecke mit rund 1.000 m Höhenunterschied zwischen Waldkirch und dem Kandelgipfel.
- Die endgültige Auswertung aller Messungsergebnisse erfolgt im Wintersemester.

Die HVÜ II der Geodäten des 4. Semesters beginnt gleichzeitig mit der HVÜ III und dauert zwei Wochen. In der dritten Woche nehmen die Studenten des 6. Semesters an den schon erwähnten Übungen am Kaiserstuhl teil.

- Die HVÜ II hat im Anschluss an vorgegebene trigonometrische Punkte zunächst ein Polygonnetz mit Reduktionstachymetern mit horizontaler Latte zu messen.
- Pro Gruppe mit 4 bis 6 Studenten wird dann ein Gebiet von ca. 200 m × 200 m mit 20 bis 25 Grundstücken, entsprechend der amtlichen badischen Anweisung, polar und orthogonal aufgenommen.
- Die Berechnungen werden bis zur Koordinatenbestimmung aller Grenzpunkte im badischen Soldner-System in Furtwangen ausgeführt, sodass sichergestellt wird, dass alle Aufnahmen innerhalb der amtlichen Fehlergrenzen bleiben.
- Im anschließenden Wintersemester werden die Vergleiche der verschiedenen Verfahren durchgeführt, außerdem die Katasterpläne und die Grundstücksflächen numerisch und halbgraphisch berechnet.

Die HVÜ I der Geodäten des 2. Semesters beginnt eine Woche nach den Übungen III und II und dauert 2 Wochen.

- Die Gruppen mit 5 bis 6 Studenten haben nach einer Triangulation unter Verwendung der bereits aufgebauten Signale und einfacher Auswertung durch Berechnung von Vorwärts- und Rückwärtseinschnitten einen Polygonzug in ihrem jeweiligen Messgebiet mit 5 m-Latten und Minutentheodolit zu messen.
- Ferner sind trigonometrische Höhenmessungen und Nivellements zur Höhenbestimmung der trigonometrischen Punkte und der Polygonpunkte durchzuführen.
- Die topographische Geländeaufnahme erfolgt durch Tachymeterzüge mit Reduktionsdistanzmessern und Bussolenzüge sowie als Einzelpunktaufnahme unter Verwendung der Reichenbach'schen Distanzfäden.
- Abschließend sind Kontrollzüge zu messen, deren Höhenangaben zur Bestimmung der mittleren Höhenfehler der im Maßstab 1:2500 im Winter auszuarbeitenden Karten dienen.

Da die Anzahl der Bauingenieurstudenten bis auf 200 pro Semester anstieg, ist die HVÜ B in den letzten Jahren auf eine Woche reduziert worden, sodass in der zweiten und dritten Woche der Gesamtübungszeit jeweils ein Kurs für Bauingenieure abgehalten werden kann.

- Jede Gruppe hat – ähnlich wie bei der HVÜ I – durch Polygonzugmessung, Nivellement, Tachymeterzug und tachymetrische Einzelaufnahmen das Gelände so zu erfassen, sodass im folgenden Wintersemester ein eigener Höhenschichtplan im Maßstab 1:1000 kartiert werden kann.
- Um diese Ausarbeitung sicherzustellen, müssen noch in Furtwangen alle Züge sowie Nivellements berechnet werden und ggf. Nachmessungen erfolgen.

Damit ergibt sich eine harte Arbeitswoche für die Studenten. Trotzdem wird auch in den letzten Jahren in Furtwangen nicht nur gemessen und gerechnet; denn die nahegelegene Linachsperr lockt zu einer abendlichen Badefahrt und einem nächtlichen Lagerfeuer. Das nahe Ende einer HVÜ kündigt häufig ein Fußballspiel zwischen dem 6. Semester der Geodäten und den Institutsangehörigen an, wobei letztere seit Jahren von einem knappen Sieg träumen und erstere von einem zweistelligen Ergebnis; bis jetzt – leider – beide Seiten vergeblich.

Abschließend muss an dieser Stelle noch erwähnt werden, dass bei allem guten Willen des Instituts, eine alte Tradition zu bewahren, es besonders dem großzügigen Entgegenkommen der Stadtverwaltung von Furtwangen, des Don-Bosco-Heimes und des Studentenheimes der Ingenieurschule sowie der Bevölkerung in und um Furtwangen zu verdanken ist, dass in diesem Jahr die 59. Furtwangener HVÜ stattfinden konnte, an welcher der 4.444ste Student teilnahm.

## 2 Die EDM Ära (1968 - 1993)

Udo Maier<sup>2</sup>

Die Hauptvermessungsübungen bilden nach wie vor einen wichtigen Schwerpunkt bei der Ausbildung der Geodäten; denn nirgendwo sonst lassen sich praktische vermessungstechnische Kenntnisse besser vermitteln als bei solchen Intensivkursen, wo die Studenten an einem größeren zusammenhängenden Projekt arbeiten und die Ergebnisse ihrer Bemühungen in kürzester Zeit zu Gesicht bekommen und beurteilen können.

Die Aufteilung der einzelnen Hauptvermessungsübungen wurde auch in den vergangenen 25 Jahren gemäß Tabelle 9 beibehalten.

Hinzu kommt für das 4. Semester eine einwöchige Übung zur Photointerpretation mit Feldvergleich und terrestrischer Photogrammetrie. Diese Übung findet in der Woche vor den Furtwanger Hauptvermessungsübungen am Kaiserstuhl statt.

Solange für die Bauingenieure die Teilnahme an den Hauptvermessungsübungen B, die nur eine Woche dauern, Pflicht war, d. h. von 1956 bis 1965, wurden diese in zwei einwöchigen Kursen nacheinander abgehalten. Seit 1966 ist die Teilnahme wieder freiwillig, und es genügt ein einwöchiger Kurs. In den letzten Jahren ist jedoch das Interesse so stark angestiegen, dass aus logistischen Gründen (Geräte, Quartiere u. a.) die Teilnehmerzahl auf 60 begrenzt werden musste.

Die Aufgabe der HVÜ I besteht nach wie vor in der Aufnahme und Darstellung (1:2500) eines 300 m × 400 m großen Gebietes je Gruppe. Gegenüber früher haben sich aber die Mess- und Rechenhilfsmittel geändert: Statt mit 5 m-Latten werden die Polygonseiten heute mit 2 m-Basislatte, die Detailpunkte teils mit Reduktionstachymetern (z. B. Wild PDS), teils mit elektronischen Tachymetern gemessen. Die Messergebnisse werden mit Taschenrechnern und Formularen ausgewertet.

Bei der HVÜ II wurde die Aufgabenstellung in den letzten Jahren etwas erweitert. Zu Beginn werden nach Katasterunterlagen Grenzen wiederhergestellt. Sodann wird innerhalb der wiederhergestellten Grenzen ein Bebauungsplan entworfen, wobei auch eine Zuteilungsberechnung nach vorgegebenen Flächenansprüchen durchgeführt wird. Seit 1991 kommt hierbei auch CAD-Software zum Einsatz. Dieser Entwurf wird in die Örtlichkeit übertragen und mit Pflöcken vermarktet. Die anschließende Aufnahme erfolgt mit dem Linear- und dem Polarverfahren.

---

<sup>2</sup> Überarbeiteter Beitrag aus der Festschrift zur 125-Jahr-Feier des Geodätischen Instituts aus dem Jahr 1993

**Tab. 9:** Aufteilung der einzelnen Hauptvermessungsübungen.

<b>HVÜ</b>	<b>Semester</b>
HVÜ I	für Geodäten des 2. Semesters, topographische Geländeaufnahme, (2 Wochen)
HVÜ II	für Geodäten des 4. Semesters, Katasteraufnahme, (2 Wochen)
HVÜ III	für Geodäten des 6. Semesters, Landesvermessung und Ingenieurvermessung, (3, seit 1972 2 Wochen)
HVÜ B	für Bauingenieur-Studenten des 2. Semesters, topographische Geländeaufnahme, (1 Woche, Teilnahme freiwillig)

Im Laufe der Jahre haben hierbei auch elektronische Tachymeter mehr und mehr Eingang gefunden. Für die Weiterverarbeitung der elektronisch registrierten Messdaten mit PCs wird z. Z. Software an unserem Institut entwickelt.

Bedingt durch die stürmische Entwicklung in der Gerätetechnik und den Messverfahren hat die HVÜ III gegenüber den anderen Hauptvermessungsübungen die weitestgehenden Veränderungen erfahren. Über viele Jahre lag der Schwerpunkt der HVÜ III bei der elektronischen Messung langer Strecken. Die hierbei verwendeten Geräte geben einen Eindruck von

**Tab. 10:** Langstreckengeräte.

<b>Gerätename</b>	<b>Einsatzzeitraum</b>
Tellurometer MRA 2	1962 - 1985
Geodimeter NASM 4 B	1962 - 1965
Geodimeter 6	1966 - 1968
Tellurometer MRA 4	1968 - 1982
Wild Distomat DI 50	1966 - 1985
Geodimeter 8	1969 - 1985
Tellurometer CA 1000	1973 - 1987
SIAL MD 60	1981 - 1991
Rangemaster 3 A	seit 1981

der instrumentellen Entwicklung in dieser Zeit. Im Einzelnen kamen die in der Tabelle 10 aufgelisteten Langstreckengeräte zum Einsatz.

Eines der ursprünglichen Ziele beim Einsatz dieser Geräte war eine Verdichtung des Hauptdreiecksnetzes, um für das Übungsgebiet in Furtwangen Gauss-Krüger-Koordinaten für den Institutsgebrauch zu erhalten, denn das alte badische Soldner-Netz erwies sich wegen seiner Spannungen als ungeeignet für unsere Vermessungsübungen.

Dieses Ziel wurde 1974 erreicht: In einer Diplomarbeit wurden alle bis dahin verfügbaren und brauchbaren Messungen in einer Ausgleichung zusammengefasst, und es entstanden die "System-74-Koordinaten". Um 1981 war die amtliche Netzverdichtung der Landesvermessung so weit vorangeschritten, dass ein Vergleich zwischen unseren "System-74-Koordinaten" und den amtlichen endgültigen Gauss-Krüger-Koordinaten möglich wurde. Dabei ergaben sich Differenzen von maximal 11 cm.

Die elektronischen Streckenmessungen im Landesdreiecksnetz des südlichen Schwarzwaldes werden bis heute weiter durchgeführt. Seit 1988 tritt zu den herkömmlichen Messverfahren das "Global Positioning System" (GPS) als neues großräumiges Messverfahren hinzu. Mit Wild-Magnavox-Satellitenempfängern WM 101 bzw. 102 wurden Punktbestimmungen parallel zu den terrestrischen Messungen durchgeführt.

Die Basisvergrößerung im Bregtal wurde bis 1971 beibehalten. Danach diente eine Dreieckskette längs des Bregtals als Übungsobjekt. Die Richtungen wurden mit Sekundentheodoliten, die Strecken mit den neu aufkommenden Nahbereichs-Distanzmessern wie z. B. Tellurometer MA 100 gemessen. Wegen der fortschreitenden Wohnbebauung an den Hängen des Bregtals im Stadtgebiet von Furtwangen wurde es immer schwieriger, diese Übung durchzuführen. Wir haben daher 1984 diese Übung in das Neuweg-Tal, einige Kilometer nordwestlich von Furtwangen, verlegt. Dort bestimmen einzelne Bauernhöfe mit Weideflächen das Landschaftsbild, und wir können so unsere Übung ohne große Behinderung durchführen.

Die Beschaffung des Präzisions-Distanzmessers Mekometer ME 3000 war für uns der Anlass, im Jahr 1974 auch Elemente einer Staumauer-Überwachungsmessung in das Übungsprogramm einzubeziehen. Als Objekt bot sich die Linachssperre an: Sie ist von Furtwangen aus gut zu erreichen, auch sind von der Landesvermessung dort bereits Beobachtungspfeiler vorhanden. Die Richtungen wurden mit Wild T 3, später mit Kern DKM 3, die Strecken mit dem Mekometer ME 3000, seit 1988 mit dem moderneren Mekometer ME 5000 und die Höhen mit dem Feinnivellier Zeiss Jena Ni 002 gemessen. Beim Vergleich der Ausgleichungsergebnisse über die Jahre hinweg ergab sich nebenbei, dass einer der Pfeiler sich jedes Jahr um etwa einen

Millimeter talabwärts bewegt, eine Beobachtung, die uns auch vom Landesvermessungsamt bestätigt wurde.

Die "Barometrische Höhenmessung", die bis 1975 an der Straße zwischen Waldkirch und dem Kandelgipfel durchgeführt wurde, ist inzwischen aus dem HVÜ-III-Übungsprogramm herausgenommen und wird im Rahmen der Vermessungsübungen 8 an der Straße von Sasbach zur Hornisgrinde im Nordschwarzwald durchgeführt.

Für die Auswertung des Messmaterials der HVÜ III war früher eine eigene Lehrveranstaltung im folgenden Wintersemester eingeplant. Dank der modernen Computertechnik ist es in den letzten Jahren möglich geworden einen immer größer werdenden Teil der Auswertearbeit mit umfangreicher am Institut entwickelter Software bereits in Furtwangen zu erledigen. Dies hat den Vorteil, dass man schnell einen Einblick in die Qualität des Messmaterials bekommt und dass z. B. grobe Fehler rechtzeitig aufgedeckt und durch Nachmessung behoben werden können.

Die Hauptvermessungsübungen I, II und B standen bis 1978 unter der Leitung von Prof. Lichte die 1979 von Prof. Ir. van Mierlo übernommen wurde. Prof. Kuntz leitete die HVÜ III bis 1990. Seit 1991 leitet Prof. Schmitt diese Übung.

Nicht nur Karlsruher, sondern auch Berliner Geodäsiestudenten hatten in den letzten drei Jahren Gelegenheit, die Vorzüge des Schwarzwaldes kennenzulernen: 1990 und 1991 nahmen einige Berliner Studenten an unserer HVÜ III teil, und 1992 entschloss sich das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der TU Berlin, eigene Hauptvermessungsübungen mit damals 13 Studenten in Furtwangen abzuhalten.

Im Jahr 1992 waren einhundert Jahre vergangen, seit unter Prof. Haid erstmals Hauptvermessungsübungen in Furtwangen stattfanden. Aus diesem Anlass erhielt die Stadt Furtwangen im Rahmen einer Feierstunde die Verdienstmedaille der Universität Karlsruhe aus der Hand von Prof. Draheim, Geodät und ehemaliger Rektor der Universität, überreicht.

Neben dem Fachlichen darf natürlich auch die gesellige Seite nicht zu kurz kommen. Gegen Ende der Hauptvermessungsübungen findet nach wie vor das traditionelle Fußballspiel zwischen dem 6. Semester und einer Institutsmannschaft statt, bei dem letztere vor einigen Jahren sogar einen zweistelligen Sieg erringen konnte. Ansonsten sind meistens die Studenten die Gewinner. Anschließend treffen sich alle HVÜ-Teilnehmer zu einem gemütlichen Beisammensein, bei geeignetem Wetter im Freien an einem Grillfeuer, ein Abend, an den man sich später gerne zurück erinnert.

### 3 Die digitale Ära (1993 - 2018)

Michael Illner, Manfred Juretzko und Martin Vetter

Nach wie vor sind die Hauptvermessungsübungen ein fester und zentraler Bestandteil des Geodäsiestudiums am Geodätischen Institut in Karlsruhe, auch wenn sich hier einiges gewandelt hat: Der Übergang vom Diplomstudium hin zu konsekutiven Bachelor- und Masterstudiengängen im Jahre 2008 ist an anderer Stelle in dieser Festschrift beschrieben (siehe Beitrag „Die universitäre Geodäsieausbildung in Karlsruhe – Historie, Gegenwart und Zukunft“ in dieser Festschrift). Auch die Neubesetzungen der zuständigen Lehrstühle mit teilweise elementaren Änderungen in deren inhaltlichen Ausrichtungen (siehe Beitrag „Das Geodätische Institut (1993 - 2018)“ in dieser Festschrift) haben den Fortbestand der Übungen nie in Frage gestellt. Die Übungen wurden auf hohem Niveau immer wieder aktuell gehalten. Dies wurde 2016 durch die Verleihung des Fakultätslehrpreises der Fakultät Bau-Geo-Umwelt im Rahmen der KIT-Jahresfeier gewürdigt.

Seit 1993 ist das Messgebiet der HVÜ I und II beim ehemaligen Caritasheim und heutigen Freizeithaus "Schlempen", welches in rund 1.000 m Höhe auf dem Bergrücken zwischen Furtwangen und St. Georgen liegt. Die Studierenden finden hier ideale Bedingungen für ihre Übungen und haben gleichzeitig sehr gute und preiswerte Übernachtungsmöglichkeiten. Die Bauern, auf deren Grundstücken die Übungen stattfinden, unterstützen seit Jahren diese traditionsreiche Lehrveranstaltung uneigennützig. Ihnen sowie allen Pächtern, Jägern und Forstverantwortlichen soll an dieser Stelle recht herzlich für ihr Entgegenkommen gedankt sein. Auch die Studierenden, die an der früheren HVÜ III und jetzigen Übung zum Fach "Schätztheorie und projektbezogene Datenverarbeitung" teilnehmen, wohnen auf dem "Schlempen" und fahren täglich zu ihrem Einsatzort an der Linachsperre.

Instrumentell und besonders in der Weiterverarbeitung der Daten hat sich in den vergangenen 25 Jahren sehr viel weiterentwickelt. Deshalb ist dieser zeitliche Abschnitt der Hauptvermessungsübungen auch mit dem Titel "Die digitale Ära" überschrieben. Im Folgenden werden die letzten 25 Jahre aller drei Hauptvermessungsübungen von deren Hauptverantwortlichen vorgestellt.

### 3.1 Die Hauptvermessungsübungen I (HVÜ I)

Manfred Juretzko

Seit den Ursprüngen im Jahre 1892 ist der Zweck der HVÜ I, die Herstellung einer topographischen Karte, erhalten geblieben. Zu jeder Zeit wurden dafür die jeweilig aktuellen Verfahren und Vermessungsinstrumente eingesetzt. Aktuell bearbeiten die Studierenden diese Aufgabe in 3 bis 5 Gruppen von jeweils 3 bis 5 Personen pro Gruppe (siehe Abb. 140).

Aufbauend auf den Kompetenzen, die sich die Studierenden in den ersten beiden Semestern in den Vorlesungen und Übungen zur Vermessungskunde, CAD und GNSS erarbeitet haben, führen sie weitgehend selbständig alle Arbeitsschritte zur Erstellung einer Karte im Maßstab 1:2500 durch. Dabei verdichten sie ein vorgegebenes, nach Lage und Höhe getrenntes Festpunktfeld mit Hilfe von Polygonzügen und geometrischen Nivellements. Die Aufnahme der Objektpunkte erfolgt von den Polygonpunkten aus oder durch freie Stationierung mit Hilfe von registrierenden Totalstationen (Leica TPS1200), die über eine graphische Anzeige verfügen. Ergänzt wird die tachymetrische Aufnahme durch eine lokale Base-Rover-GNSS-Aufnahme mit dem System Leica GPS1200, die in das im Gauß-Krüger-System vorliegende Festpunktfeld transformiert wird. Die Aufbereitung der Messdaten anhand von Feldskizzen erfolgt mit dem Programm AutoCAD (siehe Abb. 141).

Somit fungiert die HVÜ I als "Dreh- und Angelpunkt" in der ersten Phase des Studiums: In zahlreichen Fächern der ersten beiden Semester dient sie als Motivation für den zu vermittelnden Stoff. In späteren Semestern kann auf die HVÜ I verwiesen werden, um anhand von Beispielen weitere Lehrinhalte darauf aufzubauen.

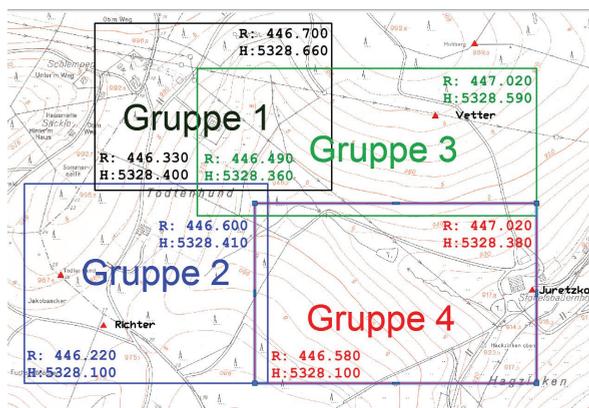


Abb. 140: Gebietsaufteilung der HVÜ I.

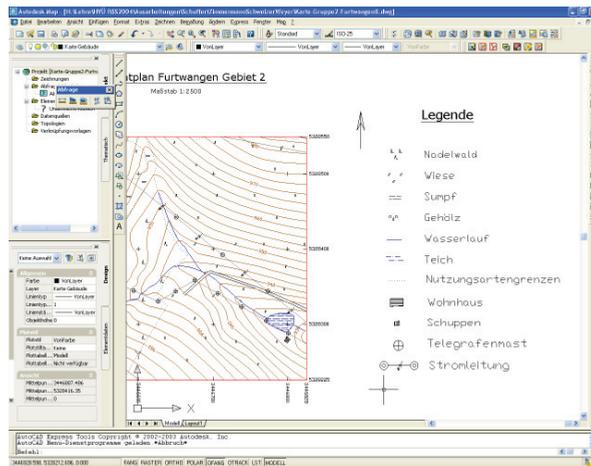


Abb. 141: Bearbeitung der Aufnahme mit AutoCAD.

## 3.2 Die Hauptvermessungsübungen II (HVÜ II)

Martin Vetter

Im Kern enthält die HVÜ II wie bisher eine Aufgabenstellung der Katastervermessung: In einem vorgegebenen Gebiet werden nach den Vorschriften der Katastervermessung die Grenzen zunächst im ursprünglichen Soldner-System hergestellt und anschließend nach ETRS89/UTM (bis 2007 nach DHDN/Gauß-Krüger) umgestellt. Im Anschluss daran werden die vorgegebenen Grundstücke im Rahmen einer Baulandumlegung neu aufgeteilt, Straßen und andere öffentliche Grundstücke werden ausgewiesen und in die Örtlichkeit übertragen.

Dabei hat die HVÜ II immer die aktuellen Entwicklungen sowohl bei der Technik als auch bei den amtlichen Vorgaben umgesetzt. Bereits 1991 wurden von den Studierenden PCs eingesetzt, um ein gruppenübergreifendes Polygonnetz durch strenge Ausgleichung auszuwerten. Die Einteilung des Bebauungsplans erfolgt seither auch über CAD (AutoCAD). Messtechnisch kommen registrierende Ingenieurtachymeter zum Einsatz, die entsprechend der technischen Entwicklung auch teilweise motorisiert sind. Ab 1999 konnten die Studierenden GNSS (Leica System 530) mit einer lokalen Referenzstation für die Aufnahme der Grenzpunkte einsetzen. Seit 2007 ist auch auf dem Schlempen ein (leider immer noch) rudimentärer Mobilfunkempfang möglich und gestattet die Verwendung des präzisen Echtzeitpositionierungsdienstes SAPOS<sup>®</sup> der Landesvermessung, wenn auch nur sehr eingeschränkt. Gleichzeitig bot es sich 2007 an, als Zielsystem für die Umstellung auf ETRS89/UTM überzugehen, obwohl dies erst 2017 als amtliches System in der Praxis in Baden-Württemberg eingeführt wurde.

Die Möglichkeit, Studierende in einer zweiwöchigen Übung weitgehend selbständig eine komplexe Aufgabe bearbeiten zu lassen, ist eine große Bereicherung des Studiums. Durch die technische Entwicklung hat sich aber der Zeitbedarf für die Bearbeitung der ursprünglichen Aufgabenstellung immer weiter reduziert. Der Wegfall der manuellen Rissführung und der analogen Datenhaltung zugunsten einer rein digitalen Datenhaltung und Kartenerstellung über CAD (Abb. 142) sowie bessere und schnellere Instrumente ermöglichten es, die HVÜ II mit neuen Inhalten zu ergänzen. Seit 2015 ist eine GIS-Komponente in die Übung integriert. Die Studierenden sammeln dabei im Vorfeld öffentlich zugängliche Informationen wie beispielsweise die Lage von Biotopen und berücksichtigen diese zusammen mit selbst erfassten Daten, wie z. B. Freileitungstrassen, bei der Einteilung ihres Bebauungsplans. Die Daten aller Gruppen werden danach in einem Geoserver zusammengeführt und können mit einem Auskunftssystem über das Internet abgerufen werden (Abb. 143). Insgesamt hat sich die HVÜ II auch dahin entwickelt, dass die Gruppen zwar unterschiedliche Gebiete bearbeiten, am Ende der Übung aber gruppenübergreifend ein "Gesamtkunstwerk" entsteht. Dies beginnt bei der gemeinsamen Planung, Messung und Auswertung des Grundlagentznetzes über die gruppenübergreifende Planung des Bebauungsplans bis zum Bereitstellen der Daten im Auskunftssystem. Dies erfordert die Entwicklung und Einhaltung von Standards durch die Gruppen selbst, ohne die eine gemeinsame Datenhaltung nicht möglich ist.



Abb. 142: Digitale Katasterkarte aller Gruppen.

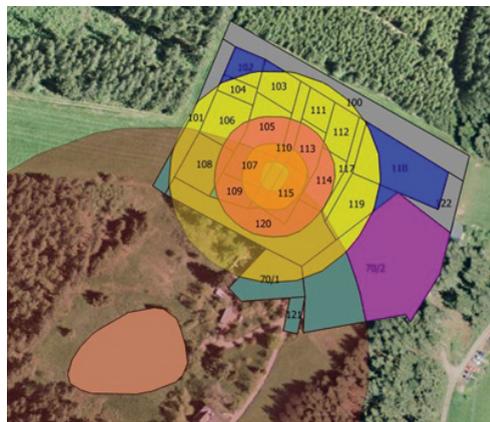


Abb. 143: GIS-Abfrage einiger Flurstücke mit verschiedenen Einflussfaktoren.

### 3.3 Die Hauptvermessungsübungen III (HVÜ III)

Michael Illner

Wie an anderer Stelle der Festschrift erwähnt war die seit 1962 bestehende HVÜ III stark von der gerätetechnischen Entwicklung beeinflusst, was sich auch unmittelbar auf den Inhalt und die von den Studierenden zu bearbeitende Aufgabenstellung auswirkte. So wurden 1992 für die Messungen im Landesdreiecksnetz letztmals Mikrowellenentfernungsmesser (Sial MD 60) eingesetzt, und auch die Messungen mit dem elektrooptischen Entfernungsmesser Rangemaster 3A (Keuffel & Esser) wurden letztlich zu Gunsten des Einsatzes von GPS aufgegeben.

### 3.4 GPS-/GNSS-Technologie

Die moderne GPS-Technologie wurde von 1988 bis 1991 zunächst im Landesnetz parallel zur Entfernungsmessung eingesetzt. Danach wurde die rapid-static Beobachtungstechnik von GPS im 1984 angelegten Neuwegnetz parallel zur herkömmlichen dreidimensionalen tachymetrischen Punktbestimmung genutzt (siehe Abb. 144). Zeitgleich wurde die Netzausgleichskomponente in der HVÜ III zur sachgerechten Auswertung der dreidimensionalen Messverfahren verstärkt. In den Jahren 1994 - 1997 wurden im Rahmen der HVÜ III und in Kooperation mit dem Landesvermessungsamt Baden-Württemberg – dem heutigen LGL – spezielle GPS-Projekte zur Untersuchung von Schwachstellen in dem damaligen Landesdreiecksnetz durchgeführt. 1998 wurde die immer mehr an Bedeutung gewinnende GPS-Komponente aus der HVÜ III ausgelagert. Seit dieser Zeit ist in den Studienplänen (Diplom-, Bachelorstudiengang) das einwöchige GPS-Praktikum als eigenständige Lehrveranstaltung verankert, wodurch der rasanten Entwicklung der GPS-Technologie sowie deren Einzug in die Vermessungspraxis Rechnung getragen wurde. Siehe hierzu den Beitrag „GPS-/GNSS-Praktikum – Eine studierendenzentrierte und kompetenzorientierte Lehrveranstaltung im Wandel der Zeit“ S. 317ff in dieser Festschrift. Ab dieser Zeit wurde GPS/GNSS nur noch als Hilfsmittel zum raschen Auffinden der unterirdischen Vermarkung für die Punkte des Neuwegnetzes eingesetzt. Durch den Wegfall der zeitintensiven GPS-Übungskomponente wurde die Dauer der HVÜ III konsequenterweise ab dem Jahr 1998 auf die Dauer von einer Woche verkürzt.

### 3.5 Ingenieurnetz Neuwegtal

Das bereits erwähnte Neuwegnetz diente in der HVÜ III als klassisches Ingenieurnetz, das von den Studierenden mit einer angestrebten Genauigkeit von 2 mm (mittlerer 2D-Punktlagefehler) zu bestimmen war. Mit einem Planungstool der am Geodätischen Institut in Zusammenarbeit mit der Fa. COS Geoinformatik GbR entwickelten Ausgleichungssoftware **NetzCG** führten die Studierenden vor Ort eine den praktischen Messungen vorgeschaltete Netzplanungsberechnung durch (siehe Abb. 145), deren zentrales Ergebnis ein zu realisierender Beobachtungsplan war. Damit wurde festgelegt, welche Messungen im Netz mit welcher Genauigkeit auszuführen waren, um die geforderten Maße hinsichtlich Genauigkeit und Zuverlässigkeit einzuhalten. Natürlich waren hierbei auch wirtschaftliche Gesichtspunkte zu beachten.

Das im Neuwegnetz eingesetzte Instrumentarium änderte sich durch die rasant fortschreitende technologische Weiterentwicklung fast jährlich. Es variierte von optisch-mechanischen Sekundentheodoliten (z. B. Kern DKM-2 A) mit aufsetzbaren Infrarot-Kurzstrecken-Entfernungsmessgeräten (Kern DM 503) über die ersten "Totalstationen" (HP 3820, AGA Geodimeter 142, Sokkisha Set 3C) bis hin zu dem zuletzt verwendeten motorisierten Tachymeter Leica TCRA 1201 mit automatisierter Zielerfassung (ATR).

### 3.6 Prüfstrecke Katzensteig

Von 1977 bis 2000 unterhielt das Geodätische Institut im Rahmen der HVÜ III im Katzensteigtal eine eigens angelegte EDM-Prüfstrecke, um für die im Einsatz befindlichen elektronischen Entfernungsmesser durch Messung und Auswertung von Teilstrecken in allen Kombinationen deren Gerätekonstanten zu ermitteln bzw. zu überprüfen. Danach wurde die Konstantenbestimmung in die in Karlsruhe veranstalteten Vermessungsübungen verlagert.



Abb. 144: GPS-Messungen im Neuwegnetz.



Abb. 145: Netzplanung Neuwegnetz.

### 3.7 Staumauerüberwachung Linachtalsperre

Im Zusammenhang mit der Entwicklung und Beschaffung des Präzisionsdistanzmessers Mekometer ME 3000 wurden im Jahre 1974 erstmals auch Überwachungsmessungen an der Linachtalstaumauer (Abb. 146) durchgeführt. Diese beschränkten sich wegen des hohen Aufwands zunächst auf die Beobachtung des vier Punkte umfassenden Pfeilernetzes sowie die Bestimmung eines Objektpunktes an der Staumauer (ab 1976 auf drei Objektpunkte erweitert). Die hochgenauen Schrägstrecken, die in der Auswertung noch meteorologisch und geometrisch zu reduzieren waren, lieferte der Distanzmesser ME 3000, die Richtungen wurden mit dem Wild T3 bzw. dem DKM 3 beobachtet. Auf Abbildung 147 ist Prof. Kuntz als Beobachter zu sehen. Die für die Reduktion erforderlichen Höhen in Millimetergenauigkeit wurden über Feinnivellement bestimmt. 1978 wurde das Pfeilernetz um einen Zentralpunkt auf fünf Punkte erweitert. Die Stabilität aller Pfeiler war in jeder Messepoche über Pfeilerkontrollnivellement nachzuweisen. 1988 wurde der Entfernungsmesser durch das neu erworbene Mekometer ME 5000 abgelöst. Parallel zum Feinnivellement wurden ab 1987 die Höhen der Punkte zusätzlich über das am Institut entwickelte Verfahren der gleichzeitig-gegenseitigen Zenitdistanzmessungen (GGZ) abgeleitet, dessen Genauigkeit durchaus mit dem des aufwändigen Feinnivellements konkurrieren konnte. Aufgrund einer weiter fortschreiten-



Abb. 146: Linachtalsperre.

den Entwicklung auf dem Gerätesektor konnte mit dem Leica TCA 2003 im Jahr 2002 zum ersten Mal ein Präzisionstachymeter mit hochgenauem Streckenmessteil und automatisierter Zielerfassung (ATR) angeschafft und zur Staudammüberwachung eingesetzt werden. Die Messdauer verkürzte sich rapide, und der Aufwand zur meteorologischen und geometrischen Reduktion verringerte sich ebenfalls. In diese Entwicklung fügten sich dann im Jahr 2010 der Präzisionstachymeter Leica TS 30 und 2015 die Multistation TS 50 mit Videofunktionalität und Photogrammetrieoption ein. Letztere ist in der Abbildung 148 zu sehen. Da nun für die durchzuführenden Überwachungsmessungen weniger Zeit benötigt wurde, war es möglich eine weitere Beobachtungskomponente in die Übung zu integrieren, die optische Lotung zu zwei Punkten der Mauerkrone mit dem Wild ZL bzw. dem Kern OL.

Aus dieser kurzen Schilderung ist ersichtlich, dass die HVÜ III stets davon geprägt war, die Studierenden bei der Übung mit dem aktuell modernsten Instrumentarium sowie den zugehörigen Auswertetechniken vertraut zu machen. Durch Einsatz auch konkurrierender Beobachtungstechniken (z. B. Feinnivellement-GGZ) lernten die Studierenden die Vorzüge aber auch die Nachteile der Verfahren kennen und konnten somit deren sinnvollen Einsatz aus eigener Erfahrung besser beurteilen.

Wegen nicht durchgeführter Sanierungsmaßnahmen musste 1988 der Stausee der Linachtalsperre abgelassen werden, und das Bauwerk war immer mehr dem Verfall preisgegeben. Im Jahr 2003 traf die Gemeinde Vöhrenbach als Betreiber der Talsperre den Beschluss zur Sanierung des Bauwerks, und im Jahr 2005 konnte mit der beschlossenen Generalsanierung begonnen werden, die 2007 ihren erfolgreichen Abschluss fand. In diesem Zusammenhang wurde das Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL) sowie das Geodätische Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) in die Erarbeitung eines neuen



**Abb. 147:** Distanzmesser Kern ME 3000.



**Abb. 148:** Präzisionstachymeter Leica TS 50.

geodätischen Überwachungskonzeptes für die Linachtalstaumauer eingebunden. Ziel war es, ein der modernen Beobachtungstechnik angepasstes Deformationsnetz zu entwerfen, das Aussagen über die Stabilität der Staumauer im Sinne statistisch fundierter Deformationsanalysen ermöglicht. Die Genauigkeitsanforderung für die geodätische Punktbestimmung in Lage und Höhe lag hierbei im Submillimeterbereich. Es bot sich die Gelegenheit, die geplanten Überwachungsmessungen an der Staumauer und deren Auswertung im Rahmen der HVÜ III zukünftig als Projektarbeit von Studierenden des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik durchführen zu lassen und die Ergebnisse der Stadt Vöhrenbach zur Übernahme in die amtlichen Unterlagen zu überlassen. Dies erfolgte erstmals 2008 und wurde fortgeführt bis ins Jahr 2010, in dem die HVÜ III offiziell letztmals stattfand. Der Grund hierfür lag in einer weitreichenden Studienplanreform, die durch den Bologna Prozess angestoßen war. Die Diplomstudiengänge mussten in Baden-Württemberg komplett aufgegeben werden. Stattdessen wurden zum Wintersemester 2008/09 die gestuften Bachelor-, Masterstudiengänge eingeführt, in denen die Durchführung einer HVÜ III nicht mehr vorgesehen war. Im Sommer 2000 fand auch letztmals die freiwillige Hauptvermessungsübung für Bauingenieure (HVÜ B) statt. Der zeitgleich in Kraft tretende neue Studienplan der Bauingenieure sah wichtige Prüfungen im Zeitfenster der Übung vor, was zum Aus für die zuvor sehr beliebte Veranstaltung führte.

### **3.8 Schätztheorie und projektbezogene Datenverarbeitung (Projektübung Linachtalsperre)**

Michael Illner

Bei der Konzeption des Masterstudiengangs Geodäsie und Geoinformatik waren sich die Verantwortlichen einig, in die Aufbauveranstaltung "Schätztheorie und projektbezogene Datenverarbeitung" mit (2V+3Ü) und 6 LP neben Vorlesungen und Übungen auch die Bearbeitung eines umfangreicheren Projektes zu integrieren. Ziel ist es, die in der Lehrveranstaltung vermittelten Konzepte und Methoden der Schätztheorie und der Deformationsanalyse auf das Projekt Staumauerüberwachung zu übertragen und zielführend anzuwenden. Im Jahr 2012 wurde die Projektübung im Rahmen des Masterstudiengangs erstmalig an der Linachtalsperre durchgeführt und so die Komponente Staudammüberwachung der HVÜ III inhaltlich weitergeführt.

### **3.9 Verknüpfung verschiedener Methoden als Kern der Veranstaltung**

Die geodätische Überwachung der Linachtalsperre erfordert die Verknüpfung einer klassischen Aufgabe der praktischen Ingenieurgeodäsie mit den modernen Auswertekonzepten der Schätztheorie – insbesondere mit der statistisch fundierten Deformationsanalyse.

Die Projektbearbeitung erfolgt in verschiedenen Phasen:

- Am Anfang steht eine Planung, wie das durch die Behörden vorgegebene Überwachungskonzept in die Praxis umzusetzen ist. Hierbei analysieren die Studierenden, welche geodätischen Messmethoden und welches Messinstrumentarium zu wählen sind, um den gestellten Anforderungen hinsichtlich Genauigkeit und Zuverlässigkeit gerecht zu werden.
- Vor Ort führen die Studierenden dann in kleinen Gruppen die entsprechenden Messungen selbstständig durch. Hierbei ist Teamarbeit gefordert und durch eine gruppenübergreifende Kommunikation zu gewährleisten, dass am Ende der Übung vor Ort alle zur Auswertung und Analyse der Daten notwendigen Elemente auch erfasst wurden.
- Das Prozessieren der erfassten Daten bis hin zur Bereitstellung und Visualisierung der endgültigen Auswerteergebnisse sowie deren Analyse und Bewertung schließen das Projekt ab.

### **3.10 Praktische Tätigkeit vor Ort**

Vor Ort arbeiten die Studierenden in kleinen Gruppen mit geodätischem Instrumentarium höchster Präzision. Die Lage der im Deformationsnetz integrierten Stabil- und Objektpunkte wird von den Studierenden mit Präzisionstachymetern bestimmt, die auch eine georeferenzierte photogrammetrische Erfassung des Objektes erlauben. Somit lernen die Studierenden Vor- und Nachteile unterschiedlicher Methoden hinsichtlich Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit kennen und zu bewerten.

Zur Bestimmung des Höhenverhaltens der Punkte führen die Studierenden zum ersten Mal ein Präzisionsnivelement eigenständig durch. Die Stabilität der in der Deformationsanalyse als Referenzpunkte verwendeten Pfeiler wird von den Studierenden durch Pfeilerkontrollnivelements geprüft und analysiert. Alle vor Ort erzeugten Daten werden digital erfasst und bilden die Grundlage für den sich anschließenden Auswerteprozess.

### 3.11 Auswertung

Ziel des Auswerteprozesses ist, Aussagen bezüglich des Bewegungsverhaltens der Staumauer der Linachtalsperre in Lage und Höhe abzuleiten. Dabei ist die Bewegung der Staumauer durch eine umfangreiche Analyse der Messdaten zu quantifizieren und statistische Kennzahlen zur Qualitätsbeurteilung der abgeleiteten Bewegungsvektoren anzugeben. Diese für die Standsicherheit des Bauwerkes sensible Fragestellung erfordert in allen Stufen der Projektbearbeitung sorgfältiges und zuverlässiges Arbeiten. Das Bewusstsein, dass die Projektdaten Eingang in die amtlichen Überwachungsunterlagen finden, fördert die Motivation der Studierenden zusätzlich und sensibilisiert hinsichtlich der sicherheitsrelevanten Bedeutung der Aufgabenstellung.

Um das Bewegungsverhalten der Staumauer zu beschreiben, werden statistische Verfahren der geodätischen Deformationsanalyse herangezogen, deren Grundlagen in der zugehörigen Vorlesung gelegt werden. Hierzu werden die Auswertergebnisse der aktuellen Epoche relativ zur unmittelbar vorangegangenen Epoche (Zeitbasis 1 Jahr) sowie relativ zur Nullmessung, die den gesamten Überwachungszeitraum seit 2007 umfasst, analysiert. Dabei werden die wissenschaftlichen Softwarepakete **NetzCG** sowie **Codeka2D** eingesetzt, welche die Studierenden in ihrem Studium bereits kennengelernt und angewandt haben (vgl. Abb. 149 und 150).

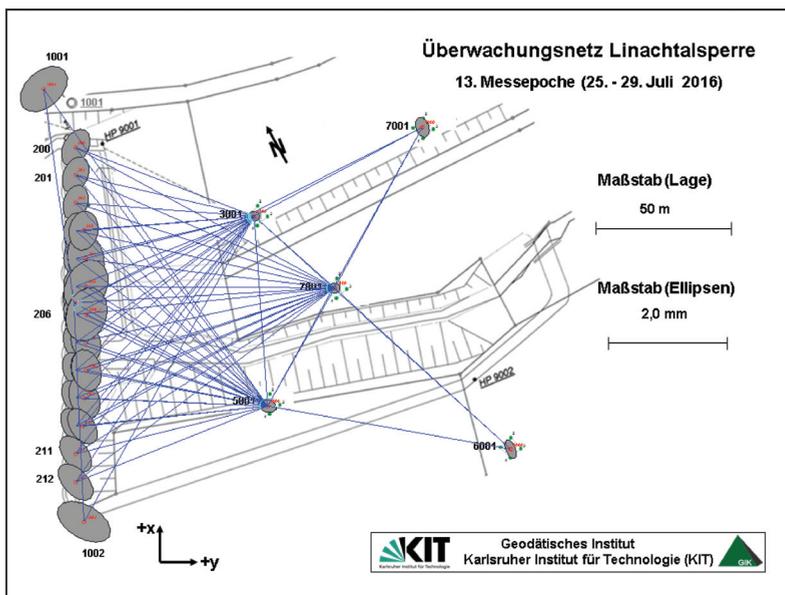


Abb. 149: Ergebnis der geodätischen Netzausgleichung.

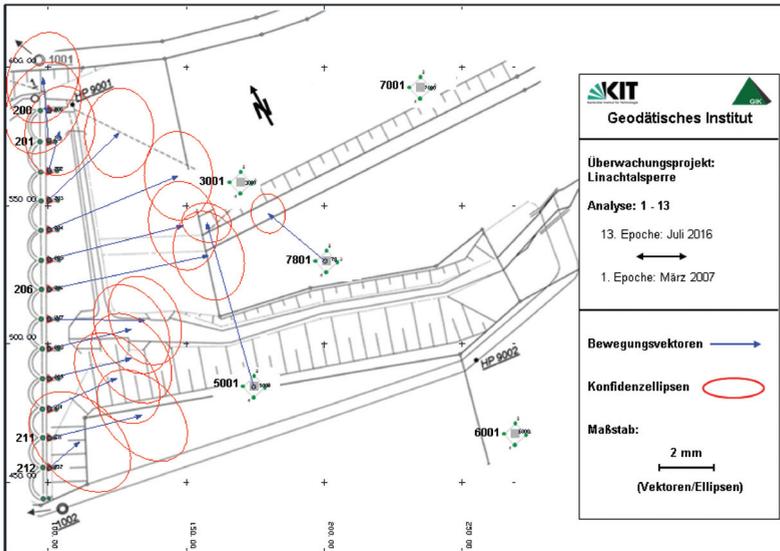


Abb. 150: Epochenvergleich 2016 - 2007.

Insgesamt ist das Projekt so konzipiert, dass es Aspekte der praktischen Ingenieurgeodäsie mit modernen Methoden der Schätztheorie und Datenanalyse verknüpft. Die Studierenden erfassen alle Messdaten eigenständig und werten diese nach wissenschaftlichen Methoden aus. Dadurch lernen sie alle Stufen der Bearbeitung eines geodätischen Überwachungsprojektes kennen. Die von ihnen erarbeiteten Ergebnisse werden an den Betreiber der Talsperre weitergegeben und sind Bestandteil der amtlichen Überwachungsunterlagen. Insofern dient die Arbeit der Studierenden nicht reinen Übungszwecken, sondern hat durch deren Weiterverwendung einen echten Mehrwert.

### 3.12 Jubiläum 125-Jahre Hauptvermessungsübungen

Am Donnerstag, 27. Juli 2017, konnte das 125-jährige Jubiläum der seit 1892 – mit kurzen Unterbrechungen infolge der Kriegsjahre – stattfindenden Hauptvermessungsübungen begangen werden. Bei laufendem Übungsprogramm fanden Veranstaltungen zur Feier des Jubiläums statt. Vormittags wurde im Rathaussaal der Stadt Vöhrenbach (Abb. 151) u. a. mit Vertretern von Hochschulen, Behörden, des freien Berufes und der Berufsverbände über die fachlichen Inhalte der drei Projektarbeiten sowie über Ausbildungsfragen allgemein diskutiert.



**Abb. 151:** Rathaussaal Vöhrenbach.



**Abb. 152:** Festzelt "Auf dem Schlempen".

Am Nachmittag bestand Gelegenheit, die Projekte vor Ort zu besuchen und sich unmittelbar einen Eindruck von der Arbeit der Studierenden zu verschaffen.

Am Abend klang die Veranstaltung bei einem gemütlichen Beisammensein von Studierenden, Dozenten, Ehemaligen und weiteren Gästen "Auf dem Schlempen" in einem Festzelt aus (siehe Abb. 152), wo für ausreichend Grillgut und kalte Getränke gesorgt war.