

GPS-/GNSS-Praktikum – Eine studierendenzentrierte und kompetenzorientierte Lehrveranstaltung im Wandel der Zeit

Michael Mayer¹ und Kurt Seitz²

¹ Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften, KIT

² Geodätisches Institut (GIK), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

1 Einleitung

Mit dem Bologna-Prozess (Bologna Working Group, 2005) sind einige der signifikantesten Veränderungen des Hochschulwesens verknüpft. Insbesondere ist darin die Kompetenzorientierung des Studiums (HRK, 2012) begründet. Individuelle Kompetenzen zeigen sich basierend auf Wissen, Fertigkeiten, Haltungen, Emotionen, Werten und Motivation in Situationen, in denen auf komplexe Anforderungen angemessen reagiert wird (OECD, 2003). Eine Bologna-konforme Kompetenzaneignung fokussiert zudem auf die künftige Beschäftigungsfähigkeit von Absolvent*innen (Schaper, 2012) und bereitet auf weiterqualifizierendes bzw. lebenslanges Lernen vor. Zudem koppelt der mit Bologna verknüpfte Paradigmenwechsel in Lehrgrundsätze wie z. B. Studierendenzentrierung (Jonassen, 1999) rück, wodurch Studierende ins Zentrum des Lernprozesses rücken und ihre Unterschiedlichkeiten Berücksichtigung in der Lehre finden.

Dieser Beitrag eröffnet Einblicke in die historische und die aktuelle Ausgestaltung der Lehrveranstaltung "GNSS-Praktikum" sowie der Vorläufer-Lehrveranstaltungen, die aufzeigen, wie für die universitären Karlsruher Geodäsie-Studiengänge schon vor Beginn des Bologna-

Tab. 11: Übersicht über die Kooperationspartner und Orte der GPS-/GNSS-Praktika.

Jahr	Kooperationspartner	Ort	Betreuer
SG II WS93/94	ÖbvI Büro Perlwitz	Am Runden Plom (Ettlingen)	Seitz, Heck
HVÜ III 1994	LVA-Karlsruhe	St. Georgen	Seitz
SG II WS94/95	ÖbvI Büro Perlwitz	Ettlingen/Oberweier	Seitz, Heck
HVÜ III 1995	LVA-Karlsruhe	Tennenbronn	Seitz
HVÜ III 1996	LVA-Karlsruhe	Buchenberg/Furtwangen	Seitz, Kuhn
HVÜ III 1997	LVA-Karlsruhe	Burladingen/Tailfingen	Seitz, Kuhn
1998	LVA-Karlsruhe	Turmberg/Waldbronn	Seitz, Kuhn
SG I, MG II SS98	ÖbvI Büro Perlwitz	Neumalsch B3/L608	Seitz, Kuhn
1999	WSV-Mainz	Lauterbourg/Weil a. R.	Seitz, Maier
2000	Stadt Mannheim	Friesenheimer Insel	Seitz, Mayer, Maier
2001	Stadt Mannheim	Friesenheimer Insel	Seitz, Mayer, Maier
2002	LVA-BW	Karlsruhe	Mayer, Seitz
2003	LV Gravimetrie	Turmberg/Karlsruhe	Mayer, Seitz
2004	LVA-BW	Karlsruhe und Umgebung	Mayer, Seitz, C. Schmitt
2005	Stadt Mannheim	Friesenheimer Insel	Mayer, Seitz, Snilil
2006	LVA-BW	Karlsruhe und Umgebung	Mayer, Seitz, Benner
2007	Stadt Mannheim	Friesenheimer Insel	Mayer, Seitz, Dierks
2008	LVA-BW	Karlsruhe und Umgebung	Mayer, Knöpfler, Seitz
2009	LRA Breisgau/ Hochschwarzwald	Staufen i. Brsg.	Mayer, Knöpfler, Schenk
2010	LRA Breisgau/ Hochschwarzwald	Staufen i. Brsg.	Mayer, Knöpfler, Schenk
2011	KIT/Geophysik	Engen	Knöpfler, Mayer
2012	Stadt Mannheim	Friesenheimer Insel	Knöpfler, Mayer
2013	Stadt Mannheim	Friesenheimer Insel	Knöpfler, Mayer
2014	Stadt Landau	Landau	Knöpfler, Mayer
2015	Stadt Heidelberg	Heidelberg	Mayer
2016	LGL-BW (Ref. 51)	Dobel/Karlsruhe	Mayer
2017		KIT-Campus	Mayer
2018		KIT-Campus	Sumaya

Prozesses dessen Anforderungen Selbstverpflichtung und intrinsisch motiviertes Arbeitsparadigma darstellten. Gleichzeitig können durch die rückblickende akzentuierte Betrachtung der kontinuierlichen Anpassung des Lehr-Lern-Systems des GPS-/GNSS-Praktikums geodätische Entwicklungen sichtbar gemacht werden.

2 Curriculare Einbindung

Das Geodätische Institut des KIT (Karlsruher Institut für Technologie) greift sowohl in der Forschung als auch in der Lehre stets neue, innovative Strömungen auf und lebt damit die

Tab. 12: Übersicht über die Zielsetzungen der GPS-/GNSS-Praktika.

Jahr	Zielsetzung
SG II WS93/94	Straßenschlussvermessung
HVÜ III 1994	Aufdeckung von Netzspannungen
SG II WS94/95	Straßenschlussvermessung
HVÜ III 1995	Aufdeckung von Netzspannungen
HVÜ III 1996	Pilotprojekt: Integration von GPS-Höhen in das amtliche Höhenfestpunktfeld
HVÜ III 1997	Integration von GPS-Höhen in das amtliche Höhenfestpunktfeld
1998	Aufdeckung von Netzspannungen
SG I, MG II SS98	Straßenschlussvermessung
1999	Einmessung von Standpunkten für mobile GPS-Referenzstationen für den Oberrheinausbau
2000	Nullmessung Monitoringnetz
2001	1. Wiederholungsmessung (WHM) Monitoringnetz
2002	Einschaltung der Permanentstation KARL in BWRef94
2003	3D-Koordinierung der Gravimetermesspunkte des GIK
2004	Kontrollmessung eines BWREF-Teilnetzes
2005	2. WHM Monitoringnetz
2006	Kontrollmessung eines BWREF-Teilnetzes
2007	3. WHM Monitoringnetz
2008	Teilbeobachtung des DHHN 1. Ordnung, Einbindung von Geodätischen Grundnetzpunkten und SAPOS [®] -Stationen
2009	Etablierung eines interdisziplinären Monitoringnetzwerks: Einmessung von InSAR-Corner-Reflektoren und Nullmessung eines GPS-Netzes
2010	Wiederholungsmessung Monitoringnetzwerk
2011	Festpunktfeldverdichtung als Grundlage für Schweremessungen
2012	4. WHM Monitoringnetz
2013	5. WHM Monitoringnetz
2014	Vergleichende Studie zum Monitoring von Geothermie-Anlagen
2015	Zur effizienten Brückenüberwachung mit GNSS
2016	Untersuchung zur Auswirkung einer geänderten Referenzstationsgeometrie auf die SAPOS [®] -Servicebereiche
2017	Weiterführung der BSc-Arbeit "Zur zuverlässigen und wirtschaftlichen NRTK-basierten Positionsbestimmung für Energieversorger"
2018	Zum Potenzial von absoluten GNSS-Einfrequenzmessungen im Kontext von Multifrequenz- und differenziellen Messkonzepten

Einheit von Forschung und Lehre (PEBA/KIT, 2014). Die Lehre im Rahmen des GPS-/GNSS-Praktikums belegt dies prototypisch sowohl durch die frühe Etablierung von Lehrveranstaltungsinhalten mit GPS-Fokus Anfang der 1990er Jahre als auch durch die kontinuierliche Validierung und Anpassung bspw. der trainierten Mess- und Auswertekonzepte. Im Folgenden werden die ersten Schritte der Einführung satellitengeodätischer Praktika (Abschnitt 2.1) sowie die aktuelle Ausgestaltung (Abschnitt 2.2) beschrieben.

2.1 Genesis des GPS-/GNSS-Praktikums

Die erste kommerziell verfügbare GPS-Ausrüstung (WILD/MAGNAVOX) wurde vom GIK Ende der 1980er Jahre beschafft und in der Lehre während der HVÜ3 eingesetzt, zunächst geschah dies zur Bestimmung von Raumstrecken über lange Distanzen im Vergleich zur EDM. Freilich oblagen damals noch die Bedienung dieser neuen Technologie und die gesamte Auswertung der gesammelten Daten den Betreuern.

Mit zunehmender Anzahl an verfügbaren GPS-Satelliten und handlicheren Ausrüstungen wurde das GPS-Verfahren auch zur Netzmessung als Teil der HVÜ3 etabliert. Gleichzeitig wurde am GIK auch die erforderliche Auswertesoftware zur Integration von GPS-Messungen in das Landessystem entwickelt (Illner und Jäger, 1993, 1995). Dies stellt einen starken Beleg dafür dar, wie sich am GIK Forschung und Lehre gegenseitig bereichern.

Das Thema "GPS" wurde in dieser Phase in die entsprechenden Lehrveranstaltungen aufgenommen. Hierzu wurden auch z. B. in "Satellitengeodäsie II" (SGII), einer Lehrveranstaltung für die G-Vertiefer im Diplomstudiengang, ab dem Wintersemester 1993/94 GPS-Messungen und -Auswertungen vorgenommen (siehe Tab. 11). Bereits wenige Jahre später wurden diese Inhalte vom Vertiefenfach in das Grundstudium ("Satellitengeodäsie I" (SGI) und "Mathematische Geodäsie" (MGII)) integriert.

Bei der HVÜ3 wurden zunehmend die aufkommenden neuen GPS-Messtechniken (z. B. stop-and-go, rapid-static) erprobt. Im Jahre 1994 wurde im Rahmen der HVÜ3 in Zusammenarbeit mit dem Landesvermessungsamt (LVA) das erste größere GPS-Projekt durchgeführt. Es hatte die Aufdeckung von Netzspannungen im Landesnetz als Zielsetzung (vgl. Tab. 12). Dafür wurde eine der zwei HVÜ3-Wochen reserviert. Dreimal wurde in der Umgebung von Furtwangen (siehe Tab. 11) ein solches GPS-Projekt durchgeführt, bis im Sommersemester 1998 die eigenständige Lehrveranstaltung "GPS-Praktikum" aus der HVÜ3 ausgekoppelt wurde.

Von Anfang an war es den Verantwortlichen für das GPS-Praktikum wichtig, eine Aufgabenstellung in Kooperation mit Vermessungsbüros, -behörden und -ämter zu organisieren. Hieraus resultieren interessante, praxisrelevante und motivierende Fragestellungen. Darüber hinaus verstetigen sich die wichtigen Kontakte in die Vermessungspraxis; dies ist dem GIK stets ein wichtiges Anliegen.

Wie den Tabellen 11 und 12 zu entnehmen ist, kann das GPS-/GNSS-Praktikum in diesem Jahr auf eine 20-jährige Tradition zurückschauen.

Tab. 13: Ablaufplan GNSS-Praktikum 2016.



beispielhafter Ablauf des GPS-/GNSS-Praktikum, dessen Vorbereitung häufig viele Monate vor dem ersten Hörsaal-Kontakt mit den Studierenden beginnt, ist in Tab. 13 dargestellt; es ist der Ablaufplan für das GNSS-Praktikum des Jahres 2016, das in Kooperation mit dem Referat 51 des Landesamts für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL) durchgeführt wurde.

Das GPS-/GNSS-Praktikum zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass in jedem Jahr eine neue und aktuelle Fragestellung bearbeitet wurde, die zudem hohen Praxisbezug aufwies (vgl. Tab. 12). Dies konnte insbesondere durch vertrauensvolle und partnerschaftliche Kooperationen sichergestellt werden, die über viele Jahre gepflegt und ausgeweitet wurden (vgl. Tab. 11). Gleichzeitig konnten Studierende hierdurch Kompetenz und Wirksamkeit erleben,

hatten Raum zur selbstbestimmten Ausgestaltung, wodurch Autonomie erlebt werden konnte, und waren zudem sozial eingebunden bzw. zugehörig. Diese, die Motivation betreffenden, positiven Aspekte (Deci und Ryan, 1993) sowie die Relevanz des Auftrags, mit dem die Studierenden i. d. R. von externen Auftraggebern betraut wurden, ermöglichten großartige Lern- und Lehrerfahrungen, bei denen die Betreuenden durch angepasste Rollenausgestaltung im Lernprozess insbesondere Rahmenbedingungen sicherstellten und die Studierenden individuell und partnerschaftlich begleiteten. In der Lehrveranstaltung "GPS-/GNSS-Praktikum" wird damit der sog. "Shift from Teaching to Learning" (Behrend, 1998) vollzogen, was Kompetenzorientierung und Studierendenzentrierung in einem anwendungsbezogenen, berufsfeldrelevanten Projektrahmen sicherstellt. In vielen Fällen wurden zudem praxisrelevante Forschungsfragen bearbeitet und so forschungsorientiertes Lernen (PEBA/KIT, 2014) ermöglicht.

3 Mess- und Auswertedesign

Während in den frühen Jahren des GPS-Praktikums – unter aktivem SA (Zumberge und Gendt, 2001) – insbesondere aufgrund von geringer Verfügbarkeit der GPS-Satelliten zielfdienliche Ergebnisse (z. B. mm-Genauigkeit) nur basierend auf umfassenden Planungen, langzeitstatischen, Signalabrisse minimierenden Messkonzepten und zeitintensiven Post-Processing-Auswertekonzepten sichergestellt werden konnten, fokussiert das GNSS-Praktikum heute verstärkt auf Echtzeitverfahren basierend auf Vernetzungsdiensten kontinuierlich betriebener Referenzstationen (z. B. *SAPOS*[®]; Riecken und Kurtenbach (2017)). Dieser Trend wurde erstmals sichtbar, als im Jahr 1997 die ersten beiden Baden-Württembergischen GPS-Referenzstationen in Betrieb genommen wurden. Es handelte sich dabei um die GPS-Permanentstation KARL (Messdach GIK) und die Station 0384 Stuttgart auf dem LGL-Dienstgebäude in Stuttgart (persönliche Kommunikation mit H-G. Dick, LGL). Darauf aufbauend wurden im Jahr 2003 (Dick und Derenbach, 2003; *SAPOS*[®]-BW, 2018) vernetzte *SAPOS*[®]-Produkte verfügbar.

Aktuelle GNSS-Datenverarbeitungen profitieren zudem von schnelleren Feldrechnern sowie mächtigen Verarbeitungsalgorithmen. Dies wurde im GNSS-Praktikum häufig genutzt, um Studierenden im Rahmen der Datenauswertung die Bearbeitung von individuellen Fragestellungen zu ermöglichen (z. B. Einfluss des minimalen Elevationswinkels, Einfluss des Operator Noise) und dadurch Theorie und Praxis verbindende Einblicke in die Variabilität der Ergebnisse (z. B. Koordinaten) zu gewinnen. Bei der Auswertung der gesammelten Daten kamen

und kommen aktuelle, marktrelevante kommerzielle Produkte zum Einsatz (z. B. Leica-SKI, Trimble GP-Survey, Leica-LGO).

Das Arbeitsparadigma, aktuelle Innovationen stets zeitnah in das GNSS-Praktikum zu integrieren, wurde in den letzten Jahren dazu genutzt, Studierende im Rahmen von Feldstudien mit dem großen Potenzial von absolutem PPP (Precise Point Positioning; Li u. a. (2015)) vergleichend zu konventionellen differenziellen Auswertekonzepten vertraut zu machen. Hier werden in Zukunft Einfrequenz- und PPP-RTK-Konzepte das GNSS-Praktikum thematisch erweitern.

Neben der Planung und der Umsetzung des Messkonzepts sowie der anschließenden Auswertung der GNSS-Daten kommt im GNSS-Praktikum der fundierten Analyse der Ergebnisse und deren Integration in bestehende Festpunktfelder eine zentrale Rolle zu. Während früher kaum 3D-Festpunkte verfügbar waren, die durch ausreichend genaue Lage- und Höheninformation zur Lagerung der Ingenieurnetze des GNSS-Praktikums beitragen konnten, leisten heute Geodätische Grundnetzpunkte oder virtuelle Referenzstationen umfassende Arbeitserleichterung (Feldmann-Westendorff u. a., 2016), wodurch bspw. umfangreiche nivellistische Höhenübertragungen zur Etablierung des kombinierten Lage- und Höhenbezugs weniger häufig notwendig werden. Zur Weiterverarbeitung der mit kommerziellen Softwareprodukten erzielten Sessionlösungen wurden am GIK eigene Programme mit höchstem statistischen Standard entwickelt und implementiert. Die Integration von GPS-Höhen in Landesnetze wurde bspw. von Illner (1995), Illner und Jäger (1995) und Jäger (1998) publiziert. Das Softwarepaket NETZ2D sowie das Konzept zur Integration von GPS in Verdichtungsnetze sind in (Oppen und Jäger, 1991; Illner und Jäger, 1993) dargelegt. Die Abb. 154 verdeutlicht graphisch den nachstehend beschriebenen Auswerteablauf:

- Zunächst wurden die binären Dateien aus LEICA/TRIMBLE in ASCII-Dateien zur Weiterverarbeitung in *travar* konvertiert. Die Ausgabedateien aus *skisetra* bzw. *trisetra* enthielten für jede Session 3D-Koordinaten (*.crd) und die zugehörige Kovarianzmatrix (*.cov).
- Die 3D- (*.crd) und (*.cov) wurden sodann mit *travar* nach Lage und Höhe aufgetrennt.
- Anschließend erfolgte der Sessionzusammenschluss nach Lage und Höhe mit *netz2d* bzw. *heidi1d*. Die freie Netzausgleichung hatte das Ziel, Messfehler zu entdecken und das nach der GPS-Auswertung zu optimistische Genauigkeitsniveau mittels Varianzkomponentenschätzung anzupassen. Anpassungsfaktoren von 3 - 10 waren dabei üblich (siehe Abb. 155).
- Abschließend erfolgte die Integration der kontrollierten Sessions in das Landesnetz. Hierbei wurden die stochastischen Anschlusspunkte statistisch kontrolliert (siehe Abb. 156).

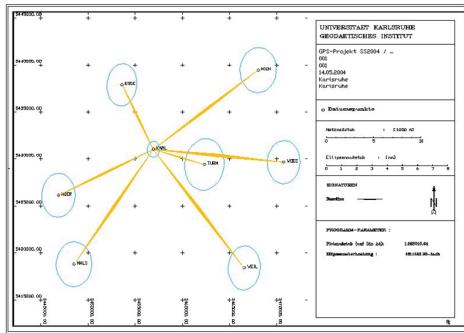


Abb. 155: Kontrollmessung eines BWREF-Teilnetzes für das LGL. Netzbild der freien Netzausgleichung. Fehlerellipsen weisen charakteristische Nord-Süd-Ausrichtung auf. Als Referenzstation wurde die Permanentstation KARL/GIK verwendet (2004).

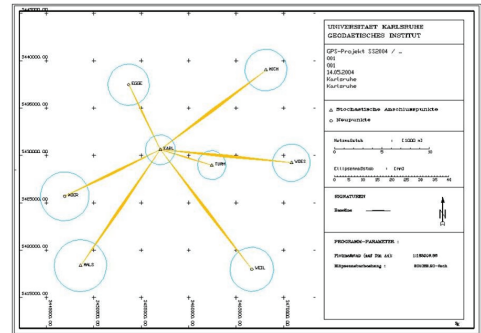


Abb. 156: Kontrollmessung eines BWREF-Teilnetzes für das LGL. Netzbild des stochastischen Netzanschlusses. Fehlerellipsen sind isotrop. Als Referenzstation wurde die Permanentstation KARL/GIK verwendet (2004).

In Kooperation mit COS Geoinformatik & Systemhaus wurde aus diesen sequenziell anzuwendenden Programmen, die zudem auch terrestrische Beobachtungen verarbeiten konnten, das kommerzielle, erfolgreiche und weitverbreitete Produkt NetzCG mit Bedienoberfläche entwickelt (Vetter, 2010), das weit verbreitet ist: NetzCG.

Auch in der Vorbereitung von Studierenden auf die BSc-Abschlussarbeit nimmt das GNSS-Praktikum eine wichtige Rolle ein, da eine umfangreiche Fragestellung – begleitet durch Betreuende – selbstständig bearbeitet wird. Gleichzeitig bietet das GNSS-Praktikum MSc-Studierenden die Möglichkeit, ihre im Studium erworbenen fachbezogenen und personalen Kompetenzen (z. B. Sozial-, Führungs-, Kommunikationskompetenz) durch hilfswissenschaftliche Tätigkeiten zu trainieren, zu verbessern und zu vertiefen (Mayer u. a., 2018).

4 Impressionen

Konkretisierende Einblicke in die sehr praxisnahen Elemente des GPS-/GNSS-Praktikums geben im Folgenden ohne Anspruch auf Vollständigkeit ausgewählte Dokumente. Die Bildunterschriften der Abb. 157 - 166 ermöglichen dabei u. a. die zeithistorische Zuordnung.



Abb. 157: Die Vorbereitung der GNSS-Empfänger umfasst die Kontrolle des internen Speichers und insbesondere die Konfiguration der Sessionparameter (Epochendauer, minimale Elevation). Oft waren knapp 10 Ausrüstungen im Einsatz (2012).



Abb. 158: Die präzise Bestimmung der Antennenhöhe stellt bei statischen GNSS-Messungen einen bedeutsamen Einflussfaktor dar, insbesondere wenn ein ausreichend langer Maßstab fehlt (2004).



Abb. 159: Situativ unterschiedliche Wahrnehmungen belegen die Realitätsnähe des GNSS-Praktikums 2013 auf der Friesenheimer Insel in Mannheim.



Abb. 160: NRTK GNSS-Messung im Jahr 2009 mit Topcon- und Leica-Ausrüstungen zur Einmessung des Fundaments eines InSAR-Corner-Reflektors. Der parallele Einsatz von zwei unterschiedlichen NRTK-Ausrüstungen unter gleichzeitiger Nutzung verschiedener Vernetzungsdienste (z. B. SAPOS[®], AXIONET) ermöglicht erhöhte Zuverlässigkeit und wissenschaftliche Studien.



Abb. 161: Wenn GNSS-Messungen im Juni durchgeführt werden sollen, können winterliche Witterungsbedingungen durchaus die Projekterkundung erschweren (Dez. 2009).



Abb. 162: Statische GPS-Messung auf dem Belchen im Jahr 2009 mit einem Trimble 4000SSI-Empfänger. Zur Sicherstellung der Stromversorgung wurden Autobatterien genutzt.

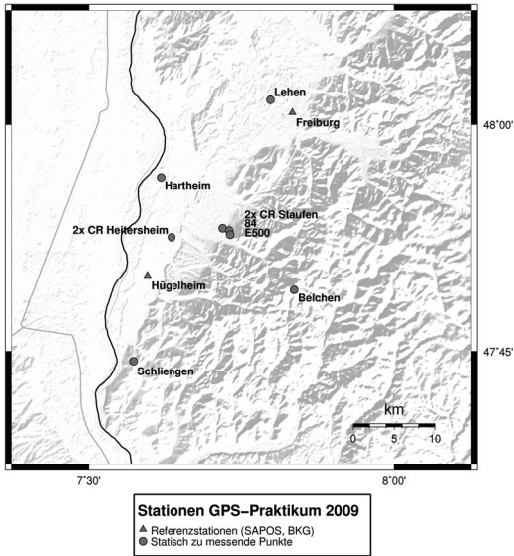


Abb. 163: Bei räumlich umfangreichen Messgebieten (z. B. Staufen i. Brsg. und Umgebung, 2009) kommt der Logistikplanung eine sehr große Bedeutung zu. Gleichzeitig können vorhandene GNSS-Permanentstationen einbezogen werden.



Abb. 164: GNSS-Punkterkundung für Echtzeitmessungen im belebten Stadtzentrum von Karlsruhe (2008).



Abb. 165: Während der Messkampagne im Jahr 2016 konnten die Untersuchungen des Einflusses einer weniger dichten SAPOS[®]-Vernetzung auch von extremen Wetterereignissen profitieren (Messlokation: Dobel).

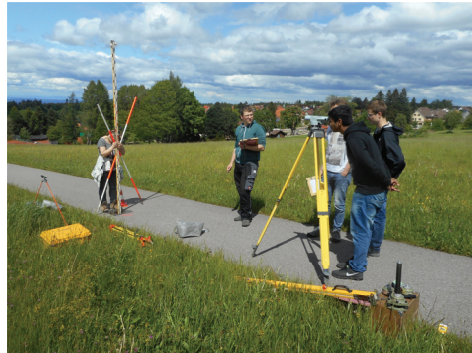


Abb. 166: Trotz moderner satellitengeodätischer Messtechnik sind grundlegende geodätische Fachkompetenzen (z. B. nivellitische Antennenhöhenbestimmung) bedeutsam (2016; Messlokation: Dobel).

5 Abschluss

Im Rahmen dieses Beitrags wurde die Entwicklung der aktuellen Lehrveranstaltung "GNSS-Praktikum" und ihrer Vorgänger dargestellt. Der kontinuierliche Veränderungsprozess dieser Lehrveranstaltung steht dabei stellvertretend für alle Lehrveranstaltungen der universitären Karlsruher Geodäsie-Studiengänge. Aktuell stellt das GNSS-Praktikum eine Querschnittslehreveranstaltung dar, in der sich Studierende insbesondere basierend auf Kompetenzen der Mathematischen und Physikalischen Geodäsie, der Vermessungskunde sowie der Geodätischen Datenanalyse satellitengeodätische Kompetenzen aneignen können, die wiederum auf den Lehrveranstaltungen "Positionsbestimmung mit GNSS" des zweiten BSc-Semesters und "Satellitengeodäsie" des fünften BSc-Semesters aufbauen. Dies geschieht in einem interdisziplinären Kontext, da bspw. häufig geodynamische Fragestellungen bearbeitet werden und zudem Studierende der Geophysik diese Lehrveranstaltung regelmäßig im Schwerpunktfach (Geophysik/KIT, 2018) belegen. Über die genannten fachlichen Kompetenzen hinaus zielt das GNSS-Praktikum in großem Maße ab auf die Handlungskompetenz der Studierenden, die als die Bereitschaft und Befähigung verstanden wird, sich z. B. in beruflichen und gesellschaftlichen Situationen zielführend zu verhalten (KMK, 2017). Das Trainingsangebot für Handlungskompetenzen kann im GNSS-Praktikum insbesondere deshalb sichergestellt werden, da Projektpartner spannende Fragestellungen an uns herantragen oder bereit sind, neue Fragestellungen mit uns gemeinsam zu entwickeln und diese partnerschaftlich zu begleiten.

Dank

An dieser Stelle bedanken wir uns sehr gerne bei

- allen Organisationen und Partnern, die sich bereit erklärt haben, unseren Studierenden eine praxisnahe und bedeutsame Aufgabe zu stellen;
- allen Organisationen und Partnern, die uns aktiv z. B. durch Messfahrzeuge oder Personal unterstützt haben;
- Geräteherstellern für das zur Verfügung stellen von Hard- und Software;
- Betreibern von Referenzdiensten;
- allen Studierenden (inkl. Wissenschaftlichen Hilfskräften), die mit großem Einsatz die Projekte erfolgreich mitgestaltet haben und sich an Messkampagnen beteiligt haben, die häufig an Wochenenden oder Brückentagen durchgeführt wurden;
- und abschließend bei allen ehemaligen GIKler*innen, die aktiv zum Gelingen der Lehrveranstaltung beigetragen haben.

Literatur

- Behrend, B. (1998): How to Support and Practise the Shift from Teaching to Learning through Academic Staff Development Programmes – Examples and Perspectives. In: *Higher Education in Europe*. Bd. 13. Bucharest: NESCO-CEPES.
- Bologna Working Group (2005): A framework for qualifications of the European higher education area. In: *Report on Qualifications Frameworks*. Danish Ministry of Science, Technology and Innovation. Copenhagen: Bologna Working Group.
- SAPoS[®]-BW (2018): Wichtige Ereignisse in der Historie von SAPoS[®]-Baden-Württemberg. URL: <http://www.sapos-bw.de/meilensteine.php> (besucht am 20.09.2018).
- Deci, E. und Ryan, R. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik* 39:223–228.
- Dick, H.-G. und Derenbach, H. (2003): Ein Festpunktfeld wird aktiv – Aufbau und Betrieb von SAPoS[®] in Baden-Württemberg. In: *Mitteilungen, DVW Baden-Württemberg e.V. Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*. Bd. 50. 2.
- Feldmann-Westendorff, U., Liebsch, G., Sacher, M., Müller, J., Jahn, C.-H., Klein, W., Liebig, A. und Westphal, K. (2016): Das Projekt zur Erneuerung des DHHN: Ein Meilenstein zur Realisierung des integrierten Raumbezugs in Deutschland. *Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (ZfV)* 141(5):354–376. DOI: 10.12902/zfv-0140-2016.
- Geophysik/KIT (2018): Modulhandbuch Bachelor-Studiengang Geophysik. SPO 2015, Stand: Sommersemester 2018. URL: https://www.gpi.kit.edu/img/Stud_Bachelor/MHB_BScGph_SS18.pdf (besucht am 20.09.2018).
- GUG/KIT (2018): Modulhandbuch Bachelor-Studiengang Geodäsie und Geoinformatik. Version 2, SPO Version: 2015. URL: http://gug.bgu.kit.edu/downloads/GuG_Bachelor_Modulhandbuch_Mai_2018_Vers_2.pdf (besucht am 20.09.2018).
- HRK (2012): Kompetenzorientierung im Studium – Vom Konzept zur Praxis. Projekt nexus – Konzepte und gute Praxis für Studium und Lehre. nexus Impulse für die Praxis. Hochschulrektorenkonferenz Projekt nexus, Bonn.

- Illner, M. (1995): GPS-Integration nach Lage und Höhe. In: GPS-Leistungsbilanz '94. Beiträge zum 34. DVW-Seminar, 5.-7.10.1994 am Geodätischen Institut der Universität Karlsruhe (TH). Schriftenreihe des DVW im Verlag Konrad Wittwer, S. 349–365.
- Illner, M. und Jäger, R. (1993): Ein Konzept zur Integration von GPS in Verdichtungsnetze – Modellbildung und Ableitung von zugehörigen Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsmaßen. *Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV)* 118(11):552–574.
- Illner, M. und Jäger, R. (1995): Integration von GPS-Höhen ins Landesnetze – Konzept und Realisierung im Programm HEIDI. *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten* 102(1):1–17.
- Illner, M., Mayer, M. und Breunig, M. (2018): Die universitäre Geodäsieausbildung in Karlsruhe – Historie, Gegenwart und Zukunft. In: *Festschrift zur 150-Jahr-Feier des Geodätischen Instituts*. Bd. 2018-2. Karlsruhe (KIT Scientific Publishing): Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik, 275–290.
- Jäger, R. (1998): Ein Konzept zur selektiven Höhenbestimmung für SAPOS[®]. In: Beitrag zum 1. SAPOS[®]-Symposium, 11./12. Mai 1998, Hamburg. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.), Amt für Geoinformation und Vermessung, Hamburg, S. 131–142.
- Jonassen, D. (1999): Designing constructivist learning environments. In: *Instructional-Design theories and models. A new paradigm of instructional theory*. Hrsg. von C. Reigeluth. Bd. 2. Routledge, New York, London, S. 215–239.
- KMK (2017): Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. Sekretariat der Kultusministerkonferenz Referat Berufliche Bildung, Weiterbildung und Sport. URL: http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2011/2011_09_23_GEP-Handreichung.pdf (besucht am 20.09.2018).
- Li, X., Ge, M., Dai, X., Ren, X., Fritsche, M., Wickert, J. und Schuh, H. (2015): Accuracy and reliability of multi-GNSS real-time precise positioning: GPS, GLONASS, BeiDou, and Galileo. *Journal of Geodesy* 89(6):607–635. DOI: 10.1007/s00190-015-0802-8.
- Mayer, M., Haberkorn, C., Mann, S. und Wild-Pfeiffer, F. (2018): Kompetent in den höheren vermessungstechnischen Verwaltungsdienst – Ein akzentuierter Rückblick auf die wissenschaftliche Ausbildung am KIT. In: *(Schw)Ehre, wem (Schw)Ehre gebührt – Festschrift zur Verabschiedung von Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Bernhard Heck*. Hrsg. von A. Heck, K. Seitz, T. Grombein, M. Mayer, J.-M. Stövhase, H. Sumaya, M. Wampach, M. Westerhaus, L. Dalheimer und P. Senger. Karlsruher Institut für Technologie: Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik, S. 195–202. DOI: 10.5445/KSP/1000080236.
- OECD (2003): Definition and selection of competencies: theoretical and conceptual foundations (DeSeCo). Summary of the final report „Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society“.
- Oppen, S. und Jäger, R. (1991): Das Softwarepaket NETZ2D. In: DVW Sonderheft "GPS und Integration von GPS in bestehende Netze", DVW-Landesverein Baden-Württemberg, Stuttgart, S. 190–209.
- PEBA/KIT (2014): Leitfaden: Forschungsorientierte Lehre – Begriffsverständnis und Umsetzungsmöglichkeiten am KIT. Personalentwicklung und Berufliche Ausbildung, Karlsruher Institut für Technologie. URL: https://www.ipek.kit.edu/downloads/Forschungsorientierte_Lehre.pdf (besucht am 20.09.2018).
- Riecken, J. und Kurtenbach, E. (2017): Der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung – SAPOS[®]. *Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (ZfV)* 142(5):293–300. DOI: 10.12902/zfv-0180-2017.
- Schaper, N. (2012): Fachgutachten zur Kompetenzorientierung in Studium und Lehre. HRK-Fachgutachten ausgearbeitet für die HRK von Niclas Schaper unter Mitwirkung von Oliver Reis und Johannes Wildt sowie Eva Horvath und Elena Bender. HRK-Projekt nexus. URL: https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-02-Publikationen/fachgutachten_kompetenzorientierung.pdf.
- Vetter, M. (2010): Softwareentwicklung zur Ausgleichsrechnung und Deformationsanalyse am Geodätischen Institut Karlsruhe. Hrsg. von K. Zippelt. *Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik / Karlsruher Institut für Technologie*, vol. 2010,3. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, S. 279–290. ISBN: 978-3-86644-576-5. DOI: 10.5445/KSP/1000020074.
- Zumberge, J. und Gendt, G. (2001): The demise of selective availability and implications for the international GPS service. 26(6-8):637–644. DOI: 10.1016/S1464-1895(01)00113-2.