

Heft 1/2015

Inhalt	Seite
Vogt, J. Gersprenz oder Mergbach?	2
Böttner, D., Heckmann, B., und Müller, Th. Zur Genauigkeit von Höhenübertragungen mit GNSS-Verfahren	10
Heckmann, B. Zum 350. Todestag von Pierre de Fermat (1607 - 1665)	29
Kurzbeiträge und Veranstaltungsberichte	
Tag des Grenzsteins 2015 im Forsthaus Willrode	34
400 Jahre geodätische Triangulation	38
Studienreise einer Delegation aus der Russischen Föderation nach Hessen	40
„Vive la joie - es lebe die Freude“	42
Buchbesprechungen	45
Bücherschau	48
Mitteilungen aus den Landesvereinen	
LV Hessen	50
LV Thüringen	58
Zu guter Letzt	62

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

wenn Sie eine Frage an den DVW-Landesverein Hessen oder Thüringen haben, stehen Ihnen gerne als **Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner** zur Verfügung:

für den Landesverein Hessen e.V.:

Dipl.-Ing. Mario **Friebl** (Vorsitzender)
c/o Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation
Schaperstraße 16, 65195 Wiesbaden
Tel.: 0611 535-5574
E-Mail: hessen@dvw.de

Dipl.-Ing. Anja **Fletling** (Schriftführerin)
Mozartstraße 31
34246 Vellmar
Tel.: 0561 826645
E-Mail: hessen@dvw.de

Dipl.-Ing. Bernhard **Heckmann**
(Schriftleiter DVW-Mitteilungen)
c/o Hessisches Landesamt für
Bodenmanagement und Geoinformation
Schaperstraße 16, 65195 Wiesbaden
Tel.: 0611 535-5345
E-Mail: hessen@dvw.de

Dipl.-Ing. Susann **Müller** (stellv. Vorsitzende)
c/o NRM Netzdienste Rhein-Main GmbH
Theodor-Heuss-Allee 110
60486 Frankfurt am Main
Tel.: 069 213-26238
E-Mail: su.mueller@nrm-netzdienste.de

Dipl.-Ing. (FH) Christian **Sommerlad** (Schatzmeister)
c/o Städtisches Vermessungsamt
Kurt-Schumacher-Straße 10
60311 Frankfurt am Main
Tel.: 069 212-36774
E-Mail: christian.sommerlad@stadt-frankfurt.de

Dipl.-Ing. Rolf **Seeger** (Berater)
Öffentlich bestellter Vermessungsingenieur
Feldscheidenstraße 64, 60435 Frankfurt am Main
Tel.: 069 954342-0, Fax: 069 95434211
E-Mail: seeger@seegerundkollegen.de

für den Landesverein Thüringen e.V.:

Dipl.-Ing. Dirk **Mesch** (Vorsitzender)
c/o Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Katasterbereich Gotha
Schloßberg 1, 99867 Gotha
Tel.: 03621 353-109, Fax: 03621 353123
E-Mail: vorsitzender@dvw-thueringen.de

Dipl.-Ing. Robert **Krägenbring** (Schriftführer)
c/o Thüringer Ministerium für Infrastruktur
und Landwirtschaft
Werner-Seelenbinder-Straße 8, 99096 Erfurt
Tel.: 0361 37-91353
E-Mail: schriftfuehrer@dvw-thueringen.de

Dipl.-Ing. Michael **Osterhold**
(Schriftleiter Thüringen)
Papiermühlenweg 17, 99089 Erfurt
Tel.: 0361 2118974
E-Mail: schriftleiter@dvw-thueringen.de

Dipl.-Ing. Claus **Rodig** (stellv. Vorsitzender)
c/o Thüringer Ministerium für Infrastruktur
und Landwirtschaft
Hallesche Straße 16, 99085 Erfurt
Tel.: 0361 37-99772, Fax: 0361 3799898
E-Mail: vorsitzender2@dvw-thueringen.de

Dipl.-Ing. (FH) Katharina **Koch** (Schatzmeisterin)
c/o Thüringer Landgesellschaft mbH
Weimarische Straße 29 b, 99099 Erfurt
Tel.: 0361 4413-172, Fax: 0361 4413299
E-Mail: schatzmeister@dvw-thueringen.de

Dipl.-Ing. Uwe **Eberhard** (Beisitzer)
Öffentlich bestellter Vermessungsingenieur
Apothekergasse 7, 98646 Hildburghausen
Tel.: 03685 4051-0, Fax: 03685 405121
E-Mail: bdvi@dvw-thueringen.de



Hessen und Thüringen

Heft 1

66. Jahrgang 2015 (Hessen)
ISSN 0949-7900
26. Jahrgang 2015 (Thüringen)

MITTEILUNGEN DER DVW-LANDESVEREINE HESSEN E.V. UND THÜRINGEN E.V.
im Auftrag des Deutschen Vereins für Vermessungswesen, DVW Hessen,
Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e.V.,
herausgegeben von Dipl.-Ing. Bernhard Heckmann.
Das Mitteilungsblatt erscheint in der Regel zweimal jährlich (Auflage 1.000).

Geschäftsstelle DVW Hessen: Postfach 2240, 65012 Wiesbaden, ☎ 0561 826645
Konto des DVW-LV Hessen e.V.: Nassauische Sparkasse Wiesbaden,
IBAN: DE25 5105 0015 0131 0246 06, BIC: NASSDE55XXX (Konto Nr. 131 024 606, BLZ 510 500 15)

Verantwortlich im Sinne des Presserechts

für den fachtechnischen Inhalt:

Dipl.-Ing. B. Heckmann, Wiesbaden, E-Mail: hessen@dvw.de

für Vereins- und Kurznachrichten:

Dipl.-Ing. S. Müller, Schöneck (für Hessen), E-Mail: su.mueller@nrm-netzdienste.de

Dipl.-Ing. M. Osterhold, Erfurt (für Thüringen), E-Mail: schriftleiter@dvw-thueringen.de

Druck: Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation, Schaperstraße 16, 65195 Wiesbaden

Die Schriftleitung setzt das Einverständnis der Autorinnen und Autoren zu etwaigen Kürzungen und redaktionellen Änderungen voraus.
Die mit Namen versehenen Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Schriftleitung wieder. Abdruck ist nur mit Zustimmung der Schriftleitung gestattet.

Der Bezug ist für Mitglieder kostenfrei. Einzelhefte können zum Preis von 4 EUR (inklusive Versandkosten) beim DVW Hessen bezogen werden.

So finden Sie uns im Internet:

DVW - Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e.V.
(DVW Bund, mit 13 Landesvereinen als Mitglieder)

DVW Bund: <http://www.dvw.de>
(mit einem Link zu den Landesvereinen)

DVW Hessen: <http://www.dvwhessen.de>
DVW Thüringen: <http://www.dvw-thueringen.de>

Gersprenz oder Mergbach?

oder:

Provinzposse über die Benennung eines kleinen Bachs, der auf der Neunkircher Höhe entspringt und dann seinen Weg durch den Odenwald nimmt. Und unterwegs seinen Namen wechselt...

von Dipl.-Ing. Jürgen Vogt, Heppenheim

1 Einleitung

Normalerweise beschäftigt sich ein Amt für Bodenmanagement (AfB) im Bereich Liegenschaftskataster mit der Führung und Fortführung der amtlichen Liegenschaftsdaten.

Das ist nicht immer eine „prickelnde“ Angelegenheit, vor allem wenn man sich mit Eigentümern über Grenzverläufe oder über die Notwendigkeit der Einmessung von älteren Gebäuden herumplagt. Oder wenn man sich mit Übernahmehindernissen bei beigebrachten Vermessungsschriften beschäftigt. Aber so ab und an gibt es doch ein paar „Schmankerln“, die den Büroalltag auflockern. Darüber soll hier berichtet werden.

2 Die Namensforschung beginnt

Angefangen hat die Angelegenheit mit den Nachforschungen eines Hobby-Heimatkundlers im Jahr 2012, weil er sich wunderte, dass das Flösschen Gersprenz in seinem Heimatort Reichelsheim (Odenwald) eben nicht so, sondern Mergbach genannt wurde. Er wollte der Sache auf den Grund gehen und begann in Archiven und im Internet danach zu suchen. Er versuchte dabei hauptsächlich Informationen aus alten Karten oder anderen Darstellungen zu erhalten. Eine Karte war z.B. die älteste bekannte Flusslaufkarte Deutschlands (Hydrographia Germanicae, 1712). Darin taucht allerdings der Name Mergbach nicht auf. Er befragte unter anderem auch Einwohner von Reichelsheim nach dem „richtigen“ Namen des Baches, erhielt dabei aber keine wirklich eindeutigen Antworten.

Nach einiger Zeit hatte er genügend Material gesammelt und veröffentlichte seine Ergebnisse (wer möchte, kann hier nachschauen: <http://www.oberes-gersprenztal.de/contents/de/Broschuere-Schwinn.pdf>). Er hatte demnach herausgefunden, dass die Gersprenz zwei Quellbäche mit eigenen, unterschiedlich lautenden Namen hat, den Osterbach (der ist hier in dieser Geschichte mit seinem Namen unstrittig) und den Mergbach, und dass somit folgerichtig der Mergbach bachaufwärts bis hinauf zur Quelle genau so heißen müsse. Gewissermaßen so, wie bei Fulda und Werra, die sich zur Weser vereinigen.

In der Folgezeit organisierte er mit seiner Ortsgruppe des Odenwaldklubs die Renovierung der Quelfassung des Bächleins auf der Neunkircher Höhe und hängte sogar in einem offiziellen Termin am 29.09.2013, veranstaltet von Odenwaldklub, dem Geo-Naturpark Bergstraße-Odenwald und der Gemeinde Modautal neue Schilder im Quellbereich auf (siehe Bild 1).

Die Gersprenzquelle wurde so zur Mergbachquelle. Damit schien die Namensforschung beendet und Quelle und Bach hatten nunmehr ihren vermeintlich „richtigen“ Namen.



Bild 1: Enthüllung des neuen Schildes an der Gersprenz-Quelle am 29.09.2013 (Foto: Kirsten Sundermann)

3 Namensänderung im Liegenschaftskataster

Diese eigentlich eigenmächtige Namenskorrektur wurde dann von ihm und einem Mitstreiter 2013 diversen Stellen (Regierungspräsidium (RP), Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG), Untere Wasserbehörde, Wasserverband Oberes Gersprenztal u.a.) mitgeteilt mit der Aufforderung, die amtlichen Unterlagen entsprechend anzupassen. Damit kam die Angelegenheit auch zum AfB Heppenheim.

Unser Mitarbeiter, der sich der Sache annahm, prüfte die Unterlagen, recherchierte im Katasterarchiv und kam zum Ergebnis, dass die vorgelegten Unterlagen schlüssig zu sein schienen. Also wurde in der Gemarkung Winterkasten, in der die Quelle gelegen ist, in ALKIS (Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem) die dort für den Bach geführte Namens- und Lagebezeichnung „Gersprenz“ in „Mergbach“ umbenannt und die Katasterunterlagen entsprechend fortgeführt. In den weiteren Gemarkungen entlang des Gewässerlaufes, in Gumpen, Klein-Gumpen und Reichelsheim führten wir bereits den Namen Mergbach im Liegenschaftskataster. Das hatte allerdings seine ursächliche Grundlage in Flurneuordnungsverfahren, die in den genannten Gemarkungen durchgeführt worden waren und in denen das AfB Heppenheim als Flurbereinigungsbehörde in enger Abstimmung mit der Gemeinde Reichelsheim, den Teilnehmergemeinschaften und der Unteren Wasserbehörde den Namen des Gewässers auf „Mergbach“ festgelegt hatte.

4 Die Gegenseite wird aktiv

Die nachfolgende Ruhe war trügerisch. Denn jetzt kam die Gegenseite ins Spiel. Weitere Heimatforscher, Mitglieder einer anderen Ortsgruppe des Odenwaldklubs, wollten und konnten sich mit der Umbenennung des Quellbaches von Gersprenz in Mergbach nicht abfinden und begannen ihrerseits nachzuforschen.

Die Gegenseite wurde ebenfalls in Archiven fündig: Es gibt zum einen eine Schrift „Statistik und Topographie des Großherzogthums Hessen“ aus dem Jahr 1824 von J. A. Demian, wo es im Abschnitt Flüsse heißt:

„Die Gersprenz, oder Gersprinz, welche im Odenwalde auf dem Neunkircher Berg entspringt, durch die Vereinigung vieler anderer Quellen und Nebenbäche bei dem Dörfchen Gersprinz zu einem beträchtlichen Bache wird,...“

In einer weiteren Schrift „Statistik und Topographie des Landrathsbezirks Reinheim im Großherzogthum Hessen“ aus dem Jahr 1828 von dem Großherzoglichen Geometer Georg J. W. Wagner heißt es im Abschnitt Gewässer:

„Die Gersprenz. Entsteht hinter den drei Marksteinen auf der Neunkircher Höhe aus einer kleinen Quelle, nimmt ihren Lauf südöstlich, verlässt unweit Winterkasten (Bezirk Erbach) den Bezirk Reinheim, fließt an Winterkasten vorüber, dann nördlich zwischen Groß- und Klein-Gumpen (Bezirk Erbach) durch, dreht sich bei Reichelsheim, fließt östlich nach Bockenrod,...“

Und um die Namensverwirrung noch komplett zu machen, fanden sie eine Schrift „Die malerischen und romantischen Stellen der Bergstraße, des Odenwaldes und der Neckargegenden“ von Albert Ludwig Grimm, erschienen 1840, in denen der Osterbach der Quellbach der Gersprenz ist! Das wiederum würde zu der Darstellung in der oben erwähnten Flusslaufkarte von 1712 passen...

Außerdem wurde versucht, über eine Namensauslegung mithilfe mittelalterlicher Begriffe z.B. für „sumpfiges Gelände“ oder „schnell fließender Bach“ eine Herleitung des richtigen Bachnamens nachzuweisen.

Selbst wissenschaftlich vollkommen wertlose Quellen wie Google Maps (siehe Bild 2) wurden als Beweis herangezogen. Dort tauchen allerdings beide Namen auf!

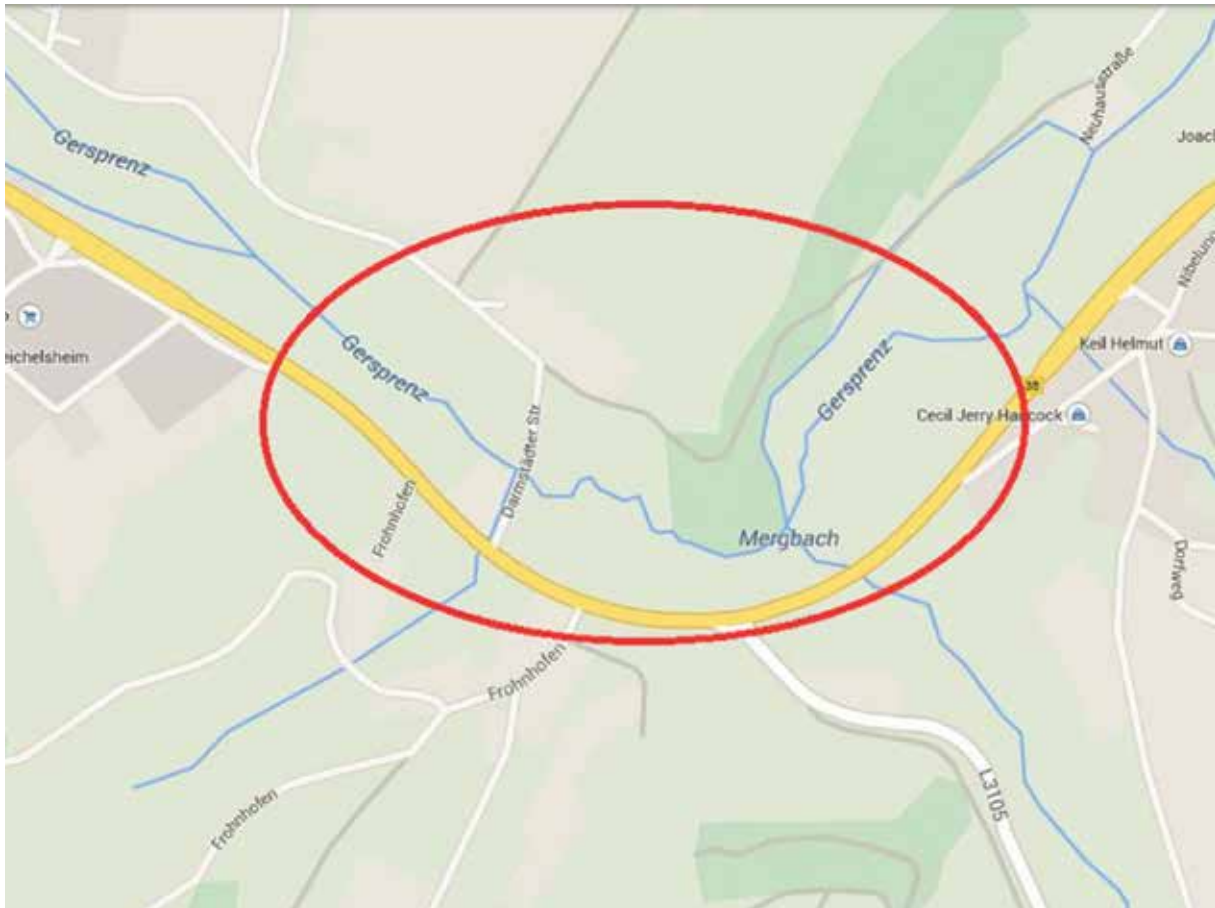


Bild 2: Gersprenz und Mergbach in Google Maps (Quelle: Google Maps)

Wieder wurden, jetzt von dieser Seite, alle möglichen amtlichen Stellen angeschrieben und eine Rücknahme der Umbenennung verlangt.

Auch wir wurden mit dieser neuen „Beweislage“, sogar Besuchen auf unserem Stand auf dem Hessestag in Bensheim 2014 ausführlich konfrontiert, verbunden mit der Aufforderung, den Namen Mergbach sofort wieder in Gersprenz zurück zu ändern. Und auch die Gersprenzquelle müsse wieder so heißen. Wir seien doch schließlich für die Benennung von Gewässern zuständig.

5 Neue Recherche im Amt für Bodenmanagement

Da uns das mittlerweile doch merkwürdig vorkam, begannen wir erneut zu recherchieren. Nach einigen Anfragen bei Ministerien, Oberen Landesbehörden und beim RP bekamen wir die Antwort, dass es in Hessen keine amtliche Stelle gibt, die per Gesetz für die Namensgebung eines Gewässers zuständig ist. Dazu in Auszügen die eindeutige Antwort des RP Darmstadt vom 30.06.2014, welche an die „Kombattanten“ gerichtet war:

„Meines Wissens gibt es in ganz Deutschland keine Dienststelle, die einem Gewässer einen „offiziellen“ Namen geben könnte, an den sich alle anderen Dienststellen halten müssten.“

Vielmehr werden Gewässernamen seit jeher nach örtlicher Namensgebung und historischen Quellen benannt. Das bringt es mit sich, dass ein und dasselbe Gewässer auch einmal unterschiedlich genannt wird, je nachdem, auf welche Quellen sich der Namensnutzer bzw. die Dienststelle bezieht.

So scheint es auch mit dem Quellgewässer der Gersprenz zu sein. Die einen Leute benutzen den Namen Gersprenz, die anderen Leute benutzen den Namen Mergbach und auch in historischen Quellen heißt es mal so und mal so.

Keiner der benutzten Namen ist falsch und es gibt auch niemanden, der irgendjemandem verbieten könnte, den einen oder den anderen Namen zu benutzen. Rechtliche Konsequenzen sind mit der Namensnutzung jedenfalls nicht verbunden, so dass es im Ergebnis keine Rolle spielt, wer aus welchem Grund welchen Namen benutzt.“

Unsere Überlegung ging diesbezüglich mittlerweile ebenfalls dahin, dass es auch gar nicht notwendig ist, dass eine „amtliche“ Stelle ein Gewässer „benennen“ muss, denn alle Gewässer haben historisch bedingt bereits einen Namen.

Und woher kommt dieser? Wie haben unsere Vorväter, die Kartografen und Geometer denn die Namen der Gewässer festgelegt, die sie dann in den alten Karten und Urvermessungen dargestellt haben? Die Kartografen haben, wenn Sie tatsächlich vor Ort waren, die dort lebende Bevölkerung befragt und die Antworten notiert, andere haben Wegebeschreibungen in ein Kartenbild umgesetzt oder von Kollegen im wahrsten Sinn des Wortes „abgekupfert“. Bei den Urvermessungen des Liegenschaftskatasters wurden die Namen der Gewässer, der Gewanne, der Straßenbezeichnungen etc. erfragt oder von der Gemeinde benannt.

Wie sollten wir aber jetzt aus dieser misslichen Lage zwischen zwei – unversöhnlichen – Lagern von Heimatforschern herauskommen? Egal, welche Namensgebung wir wählen würden, bekämen wir es mit einer Seite zu tun, die damit nicht einverstanden wäre.

6 Die Entscheidung

Wir unternahmen folgendes:

Der Verfasser wusste zufällig, dass wir im Archiv des AfB doch noch weitere alte Unterlagen haben, die unser Mitarbeiter bei seinen ersten Nachprüfungen nicht herangezogen hatte. Wir hatten vor vielen Jahren nach der Einführung von ALB und ALK (Automatisiertes Liegenschaftsbuch und Automatisierte Liegenschaftskarte, den Vorläufersystemen von ALKIS) die danach nicht mehr gültigen früheren analogen Katasterunterlagen an das Staatsarchiv abgegeben. Aber genau für die jetzt betroffene Gemarkung Winterkasten hatten wir für Ausbildungszwecke die alten Gemarkungs- und Flurgrenzbeschreibungen, Parzellenkarte, topographisches Güterverzeichnis, Flurbuch, letzte analoge Flurkarte etc. aufgehoben. Die Gemarkung Winterkasten ist nämlich eine absolute Besonderheit in den alten Katastergrundlagen, sie ist eine sog. flurvermessene Gemarkung (keine Ur-Parzellenvermessung, nur Flurgrenzen). Erst in den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts sind die Flurkarten und das Flurbuch durch Luftbilddauswertung entstanden. Das alles näher zu beschreiben würde jedoch einen eigenen Artikel bedeuten und würde das eigentliche Thema hier sprengen.

Diese Unterlagen waren beim Umzug des Amtes in die neuen Räumlichkeiten in Heppenheim 2012 zunächst im Archiv „an anderer Stelle“ abgelegt worden. Hierin war eindeutig ein Flurstück mit der Lagebezeichnung „Gersprenz“ verzeichnet (siehe Bilder 3 und 4).

Weiterhin wählten wir zu unserer Absicherung die gleiche Methodik wie unsere Katastervorgänger und baten den Ortsvorsteher von Winterkasten um Mithilfe. Er sollte die alten Winterkastener Bürger nach dem Namen des Baches befragen. Dieser Bitte ist er dankenswerter Weise nachgekommen mit dem Ergebnis: Ausnahmslos wurde der Bach „Gersprenz“ genannt.



Bild 3: Luftbildkarte von Winterkasten, entstanden 1949-1952; Quelle: Katasterarchiv AfB Heppenheim

Flur															
Fortführung, Jahr	Flurstück Nr.	Flurkarte	Nr. des Liegenschaftsbuchs Nr. des Gebäudebuchs	Lage	Abchnitt	Nutzungsart	Fläche			Klasse		Wertzahlen			Er m
										Moorland					
							ha	a	qm	Bestand	Entlastung	Bestand	Entlastung	Bestand	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1965 105	82	8506, 8507 8507, 8508	48 82/22	zu Gutsgründung		Wa	44	12							
	46	(118) 7 (109)	8 12-17 (112) 19 (136)			Gr	2	69							
	83	85 07	126	zu Gutsgründung		Gr (Gr. Grund)	13	91	LI	6	3	46	44	61	
	84		113	Lindenfurter Weg 1		Hf	2	24							
	85		113	zu Gutsgründung		G	48		Hsg.						
	86		113	zu Gutsgründung		NF	8	38							
	87		113	zu Lindenfurter Weg 1		Hf	1	84							
	88		113			Hf	1	67							

Bild 4: Auszug aus Flurbuch von Winterkasten, ab 1954; Quelle: Katasterarchiv AfB Heppenheim

Zu guter Letzt bekamen wir noch unerwartet Schützenhilfe von der Unteren Denkmalschutzbehörde des Kreises Bergstraße.

Die erste Gruppe von Heimatforschern hatte in ihrem Eifer übersehen, dass die Quelle auf der Neunkircher Höhe ein offizielles Naturdenkmal ist. Und für die Klassifizierung und Namensgebung als Denkmal gibt es eine gesetzlich dazu befugte Stelle! Und genau diese wies jetzt die Fraktion der „Umbenener“ an, den alten Zustand vor Ort (incl. der Beschilderung) wiederherzustellen, da nicht beabsichtigt sei, den 1952 per Verfügung festgelegten Namen als Naturdenkmal „Gersprenzquelle“ zu ändern!

Damit war für das AfB Heppenheim die Sachlage für die Gemarkung Winterkasten eindeutig: Der Bach heißt dort „Gersprenz“ und muss zukünftig im Liegenschaftskataster wieder so geführt werden!

Diese Entscheidung wurde allen daran Beteiligten mit Schreiben vom 26.11.2014 mit ausführlicher Begründung und Beweisführung mitgeteilt und in Winterkasten der Name „Mergbach“ wieder in „Gersprenz“ zurück geändert.



Bild 5: Der Bachverlauf Gersprenz – Mergbach – Gersprenz zwischen Quelle und Pfaffen-Beerfurth (Grundlage: Topographische Karte 1 : 25.000, © HVBG 2015)

7 Reaktionen

Erneut war das selbstverständlich Thema in der Lokalpresse (siehe auch:

<http://www.morgenweb.de/region/bergstrasser-anzeiger/lautertal/grosser-streit-um-einen-kleinen-bach-1.2017158>).

Unsere Entscheidung veranlasste sogar die Staatsministerin für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Frau Priska Hinz, zu einem Schreiben an den Odenwaldklub, Ortsgruppe Reichelsheim, womit sie aber – ganz Politikerin – die Sache auch nicht wirklich beendete (Auszug):

„Wie Sie erkennen können, kann es in der von Ihnen vorgetragenen strittigen Angelegenheit keine endgültige Klarheit geben, da verschiedene Betrachtungsweisen und der Bezug auf mehrere Quellen möglich sind. Vor diesem Hintergrund empfehle ich eine Einigung auf örtlicher Ebene unter Einbeziehung des gewässerunterhaltungspflichtigen Wasserverbandes Gersprenzgebiet und seiner Mitglieder.“



Aber bisher ist dennoch größtenteils Ruhe eingekehrt...

Die Schilder an der Gersprenzquelle wurden auf den alten Stand gebracht, lediglich die Gemeinde Reichelsheim wollte die neue Situation immer noch nicht akzeptieren und fühlte sich genötigt, an dem Zusammenfluss von „Mergbach“ und „Osterbach“ ein Schild mit folgendem – eigentlich fehlerhaften – Inhalt anzubringen (siehe Bild 6):

Bild 6: Das neue Schild an der Einmündung des Osterbachs in die Gersprenz (Foto: Karl-Heinz Bayer)

8 Schlussbemerkung

Im Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem ATKIS heißt der Bach übrigens jetzt durchgehend Gersprenz mit dem "Zweitnamen" Mergbach. Wenn das keine salomonische Lösung ist ...

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Jürgen Vogt
 Amt für Bodenmanagement Heppenheim
 Odenwaldstraße 6
 64646 Heppenheim

(Manuskript: Februar 2015)

Zur Genauigkeit von Höhenübertragungen mit GNSS-Verfahren

von Dipl.-Ing. (FH) Darcy Böttner, Dipl.-Ing. Bernhard Heckmann und
Ing. (grad.) Theodor Müller, Wiesbaden

1 Einleitung

Der amtliche geodätische Raumbezug wird in Hessen vorwiegend über den Satellitenpositionierungsdienst **SAP_{OS}**® bereitgestellt. Während die Lagekomponente dabei mit hoher Qualität bestimmt werden kann, gibt es bei der Höhenkomponente verschiedene Faktoren, die den Fehlerhaushalt negativ beeinflussen. Hierzu gehören auf antennentechnischer Seite die Unsicherheiten der absoluten Kalibrierung sowie die sog. „Nahfeld-Effekte“, die sich bei Antennenwechseln sowie beim Aufbau derselben Antenne in verschiedenen Antennenhöhen als „scheinbare Höhenänderungen“ bemerkbar machen können.

Da im Hessischen Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) diesbezüglich noch keine eigenen Erfahrungen quantitativer Art vorliegen, es andererseits wichtig ist zu wissen, welches Genauigkeitspotenzial bei Höhenbestimmungen mittels GNSS-Verfahren und dem vorhandenen Equipment überhaupt erreichbar ist, wurde 2011 ein praktischer Test durchgeführt. Dabei wurden über insgesamt 7 Wochen Langzeitbeobachtungen mit GNSS-Empfängern auf zwei höhenmäßig sehr genau bestimmten Punkten unter verschiedenartigen Antennenkonstellationen vorgenommen. Das dabei entstandene umfangreiche Beobachtungsmaterial wurde inzwischen gründlich ausgewertet und analysiert. Dabei ergaben sich einige bemerkenswerte Ergebnisse, über die nachfolgend berichtet wird.

2 Konzeption des Antennentests

2.1 Allgemeines

Hessen verfügt über 13 **SAP_{OS}**®-Referenzstationen, von denen sich eine auf dem Dach des HLBG in Wiesbaden befindet. Im Abstand von wenigen Metern zu dieser **SAP_{OS}**®-Station, nachfolgend mit S bezeichnet, befinden sich zwei fest installierte Vermessungspunkte (Pfeiler, nachfolgend mit P bezeichnet und Rohr, nachfolgend mit R bezeichnet, siehe Abbildungen 1 bis 4), auf denen mit relativ geringem logistischem Aufwand GNSS-Langzeitmessungen durchgeführt und aufgezeichnet werden können. Im 2. Quartal 2011 ergab sich die Möglichkeit, dort zwei baugleiche und absolut kalibrierte GNSS-Antennen vom Typ Trimble Zephyr Geodetic 2 über 7 Wochen (GPS-Wochen 1633 – 1639, d.h. vom 24. April bis 11. Juni 2011) aufzubauen. Beide GNSS-Antennen waren zuvor auf den früheren **SAP_{OS}**®-Stationen in Weilburg (Antenne A1) und Gießen (Antenne A2) installiert, ihre Spezifikationen sind nachfolgend angegeben (Tabelle 1).

Antenne	Seriennummer	IGS-Bezeichnung	Ehemaliger Standort
A1	30 260 426	TRM55971.00TZGD	Weilburg
A2	30 607 444	TRM57971.00TZGD	Gießen

Tab. 1: Antennenspezifikationen

Wesentliches Ziel des Tests war die Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen den Punkten R und P durch Basislinienauswertung aus GNSS-Langzeitmessungen bei verschiedenen Antennenkonstellationen, die in Abschnitt 2.3 noch detailliert beschrieben werden. Bei der Auswertung waren zudem folgende Ansätze zu betrachten:

- Die Berechnung kurzer Basislinien über die nahegelegene Wiesbadener **SAP_{OS}**®-Station S.
- Die Berechnung langer Basislinien über die 114 km entfernte **SAP_{OS}**®-Station Fulda 2.

Mit dem Ansatz b) soll die Höhenübertragung über große Entfernungen simuliert werden.

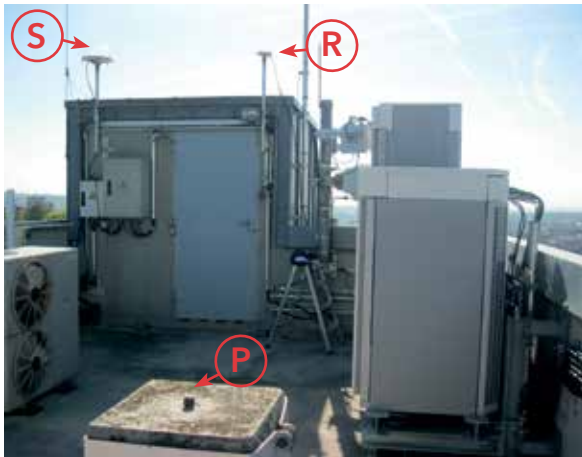


Abb. 1: Die Vermessungspunkte P, R und S auf dem Dach des HLBG aus nordwestlicher Richtung



Abb. 2: Der Vermessungspfeiler P aus südöstlicher Richtung



Abb. 3: Trimble Zephyr Geodetic 2 GNSS-Antenne auf der SAPOS®-Referenzstation Wiesbaden (S)

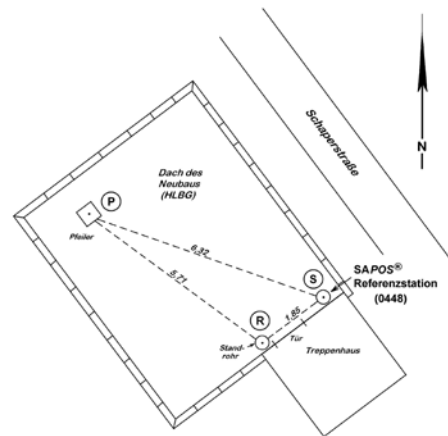


Abb. 4: Lageskizze der drei Vermessungspunkte P, R und S (nicht maßstäblich)

Der Höhenunterschied der Antennenreferenzpunkte (ARP) auf den Stationen R und P wurde nivellistisch mit hoher Genauigkeit bestimmt; er kann angesichts des geringen Punktabstandes von weniger als 6 m gleichermaßen als ellipsoidischer Höhenunterschied betrachtet werden, der sich aus den GNSS-Messungen ermitteln lässt (siehe Tabelle 2).

	Höhenunterschied R - P
Höhe Rohr (R) – Höhe Pfeiler (P)	+ 1,8053 m

Tab. 2: Sollhöhenunterschied zwischen R und P

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Höhe der SAPOS®-Station Wiesbaden (S) im Test nicht als weiterer Vergleichswert genutzt wurde, sondern dass S nur mittelbar zur Basislinienberechnung diene. Dabei ist zu erwähnen, dass der ARP im Punkt S etwa 15 cm niedriger liegt als im Punkt R (siehe auch Abbildung 1), was bei der späteren Berechnung des sog. Multipath-Index (MPI) auf diesen Punkten zu durchaus deutlichen Unterschieden führt (siehe Abschnitt 4).

2.2 Antennenkalibrierungen

Die beiden Antennen A1 und A2 wurden vor dem Test erneut absolut kalibriert, und zwar erstmalig in der Bonner Antennenmesskammer (AMK). Bei der absoluten Kalibrierung wird die geometrische Exzentrizität des elektronisch definierten Phasenzentrums der Antenne gegenüber dem physisch definierten ARP ermittelt. Diese Exzentrizität ist sowohl von der Elevation als auch vom Azimut der empfangenen GNSS-Signale – d.h. vom Stand der jeweiligen Satelliten – abhängig. Für den nachfolgenden Test standen somit mehrere verschiedene individuelle Kalibrierwerte zur Verfügung, die auch in der späteren Auswertung berücksichtigt wurden. Dies sind im Einzelnen (siehe auch Tabelle 3):

- a) Absolute Kalibrierung (GPS) aus dem Jahr 2007; relative Feldmessung mit automatischer Antennendrehung durch Dreheinrichtung DRB2 an der TU Dresden, absolute Kalibrierwerte aus Roboter-Kalibrierung der Firma Geo++ (Garbsen) für die Referenzantenne Trimble Choke Ring ohne Dome.
- b) Absolute Kalibrierung (GPS) aus dem Jahr 2008 für die GNSS-Kampagne der AdV; roboter-basierte Feldkalibrierung durchgeführt in Berlin.
- c) Absolute Kalibrierung (GPS) aus dem Frühjahr 2011, durchgeführt in der Bonner Antennenmesskammer (AMK) in 3 Varianten:
 - c1) Absolute Kalibrierung ohne Unterbauten vom 04.04.2011
 - c2) Absolute Kalibrierung mit Nordrichtungsadapter vom 24.03.2011
 - c3) Absolute Kalibrierung mit Nordrichtungsadapter und Unterbau vom 04.04.2011

Kalibrierungsart	Antenne A1	Antenne A2
a	x	
b		x
c1	x	
c2	x	x
c3	x	

Tab. 3: Individuelle Antennenkalibrierungen

Die bei der Kalibrierung ermittelten horizontalen und vertikalen Komponenten des Phasenzentrumsoffsets sind grundsätzlich nicht isoliert zu betrachten. Die vollständige Beschreibung des Antennenmodells erfolgt durch den Vektor des Phasenzentrumsoffsets (Phase Center Offset – PCO) zuzüglich der Phasenzentrumsvariationen (Phase Center Variation – PCV) ([4] Görres 2010). Um dennoch einen groben Eindruck zu vermitteln, welche Unterschiede bei den verschiedenen Kalibrierungsarten auftreten können, sind in nachstehender Tabelle 4 beispielhaft die vertikalen Phasenzentrumsoffsets beider Antennen für L1 und L2 angegeben.

Antenne	Vertikale Phasenzentrumsoffsets der Kalibrierungen für L1 und L2 [mm]									
	a		b		c1		c2		c3	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
A1	68,32	64,24			69,51	64,27	69,25	63,52	69,48	63,32
A2			66,30	59,49			69,23	64,17		

Tab. 4: Vertikale Phasenzentrumsoffsets bei verschiedenen Kalibrierungsverfahren und -umgebungen

Es ist durchaus bemerkenswert, dass die vertikalen Phasenoffsets bei der Antenne A2 zwischen den Kalibrierungsarten b und c2 in L1 fast 3 mm auseinanderliegen und in L2 um nahezu 5 mm differieren. Dagegen bewegen sich die Abweichungen bei der Antenne A1 bei den Kalibrierungsarten c1 bis c3 für L1 innerhalb von 0,3 mm und für L2 innerhalb von 1 mm. Die Abweichungen zur Kalibrierungsart a erreichen hier 1,2 mm in L1 und 0,9 mm in L2. Bei diesen Betrachtungen darf allerdings nicht außer Acht gelassen werden, dass sich die Kalibrierparameter einer Antenne im Laufe der Zeit ggf. verändern könnten. Immerhin haben die Kalibrierungen a und b vier bzw. drei Jahre vor den AMK-Kalibrierungen (c1 bis c3) stattgefunden. Bei den späteren Auswertungen soll jedenfalls auch geprüft werden, ob sich in den Ergebnissen entsprechende Effekte wiederfinden oder nicht.

2.3 Variationen im Antennenaufbau

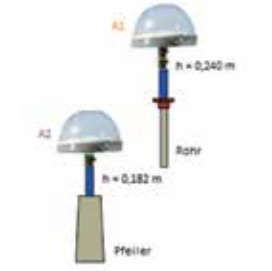
Auf den Punkten P und R wurden die Antennen im wöchentlichen Wechsel in verschiedenen Höhen aufgebaut. Außerdem wurden die Antennen A1 und A2 zwischen der 2. und 3. Testwoche (GPS-Wochen 1634 und 1635) getauscht, wobei die Aufbauhöhen selbst nicht verändert wurden. Dies entspricht gerätetechnisch dem Prinzip einer „Messung in 2 Lagen“, weshalb die Ergebnisse der GPS-Wochen 1634 und 1635 unmittelbar verglichen und auf systematische Unterschiede hin betrachtet werden sollen.

Die Höhenvariationen in den Testwochen 1635 bis 1639 haben vorrangig den Zweck, für die Antennen A1 und A2 auf den Punkten P und R unterschiedliche Nahfeld-Verhältnisse zu simulieren. Aus der Vergangenheit lagen Indizien vor, dass derartige Nahfeld-Veränderungen auch scheinbare Höhenänderungen von 10 mm oder mehr hervorrufen können. Insofern sind die Ergebnisse aus den verschiedenen Antennenaufbauten auch in dieser Hinsicht zu prüfen.

Für jede Antennenkonstellation wurden die Basislinien als Wochenlösung berechnet. Die nachfolgenden Tabellen 5 und 6 charakterisieren die sieben verschiedenen Aufbauvarianten der Antennen über die sieben Messungswochen hinweg.

Aufbau	GPS-Woche	Pfeiler			Rohr		
		Antenne	Antennenhöhe	Bemerkung	Antenne	Antennenhöhe	Bemerkung
1	1633	A1	0,002	direkt auf Vermarkung+ Unterlegscheibe	A2	0,000	direkt auf Vermarkung
2	1634	A1	0,062	Nordrichtungsadapter+ Unterlegscheibe	A2	0,060	Nordrichtungsadapter
Antennentausch							
3	1635	A2	0,062	Nordrichtungsadapter+ Unterlegscheibe	A1	0,060	Nordrichtungsadapter
4	1636	A2	0,122	2mal Nordrichtungsadapter+ Unterlegscheibe	A1	0,300	Nordrichtungsadapter+ 2mal Verlängerungsstab
5	1637	A2	0,182	Verlängerungsstab+ Nordrichtungsadapter+ Unterlegscheibe	A1	0,240	2mal Nordrichtungsadapter+ Verlängerungsstab auf Mannesmannrohrmarker
6	1638	A2	0,242	Verlängerungsstab+ 2mal Nordrichtungsadapter+ Unterlegscheibe	A1	0,180	Nordrichtungsadapter+ Verlängerungsstab auf Mannesmannrohrmarker
7	1639	A2	0,302	2mal Verlängerungsstab+ Nordrichtungsadapter+ Unterlegscheibe	A1	0,060	Nordrichtungsadapter auf Mannesmannrohrmarker

Tab. 5: Aufbauvarianten der Antennen

		Antennentausch ohne Änderung der Aufbauhöhen	
Aufbau 1 (GPS-Woche 1633)	Aufbau 2 (GPS-Woche 1634)		Aufbau 3 (GPS-Woche 1635)
			
Aufbau 4 (GPS-Woche 1636)	Aufbau 5 (GPS-Woche 1637)	Aufbau 6 (GPS-Woche 1638)	Aufbau 7 (GPS-Woche 1639)

Tab. 6: Grafische Darstellung der 7 Aufbauvarianten der Antennen

3 Koordinatenberechnung

Wie in Abschnitt 2.1 bereits angedeutet, wurden zwei Auswertestrategien verfolgt. Zum einen wurden die Koordinaten von P und R mithilfe der SA^{POS}®-Station Wiesbaden (S) aus kurzen Basislinien berechnet ($S - R = 1,85 \text{ m}$, $S - P = 6,32 \text{ m}$). Dabei kamen das Berechnungsmodul „Wal“ in der Version 2.3a von WaSoft sowie die Software Leica Geo Office 8.3 und 8.4 zum Einsatz. Die Basislinien und die Koordinaten wurden mittels der L1- und der L2-Lösung aus GPS-Signalen berechnet. Die L1-Frequenz beträgt 1575,42 MHz (Wellenlänge ca. 19 cm) und die L2-Frequenz 1227,60 MHz (Wellenlänge ca. 24,4 cm). Die Signale der GLONASS-Satelliten wurden bei diesem Test nicht ausgewertet. Die auf die jeweilige Woche bezogene ellipsoidische Höhe entstand durch die Mittelbildung aus den Tageslösungen. Die Ergebnisse werden in Abschnitt 5.1 ausführlich dargestellt.

Das Hauptaugenmerk lag auf dem zweiten Ansatz, bei dem die Höhenübertragung über große Entfernungen simuliert werden soll. Hier erfolgte die Berechnung der Basislinien in Anlehnung an die Vorgehensweise beim SA^{POS}®-Koordinatenmonitoring, nämlich zwischen der SA^{POS}®-Station Fulda 2 und den zu betrachtenden Punkten in Wiesbaden (P und R). Die Länge beider Basislinien beträgt ca. 114 km.

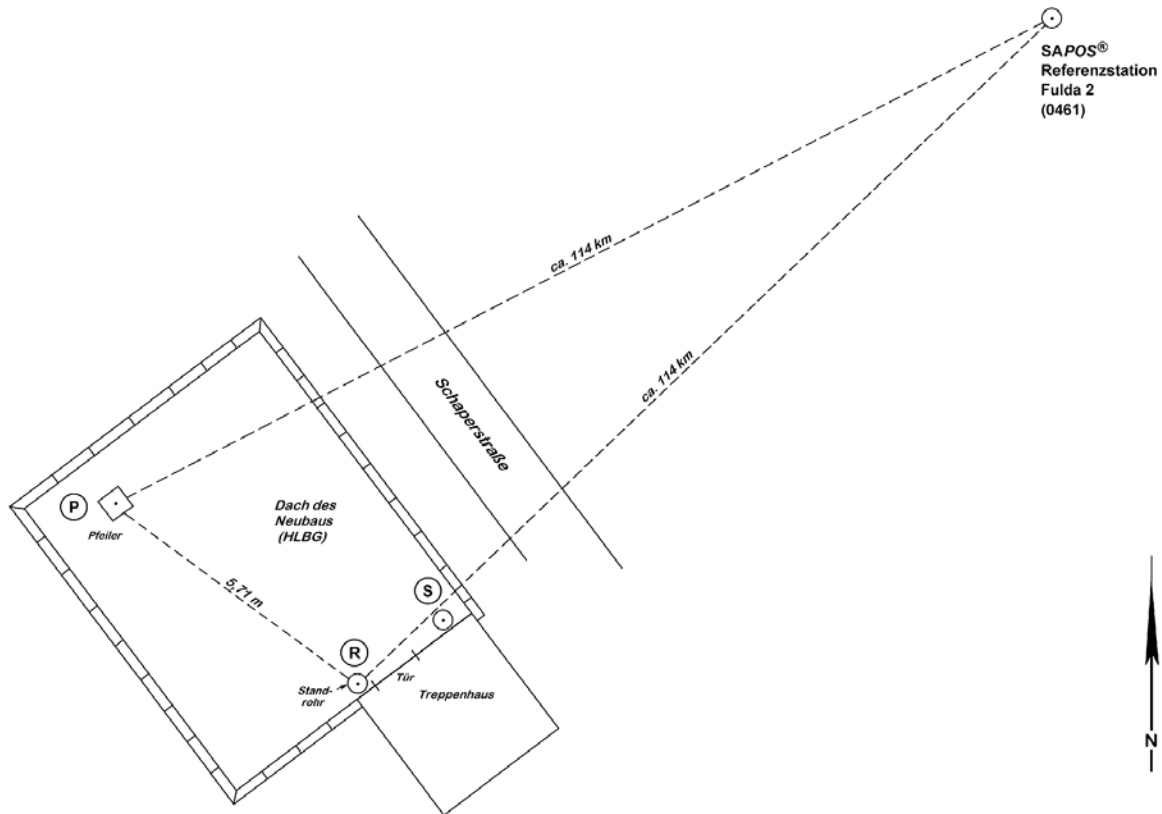


Abb. 5: Prinzipskizze für die Auswertung der langen Basislinien

Als Auswertesoftware wurde die Bernese GPS-Software Version 5.0 Release 29-11-2007 eingesetzt. Folgende Schritte wurden dabei abgearbeitet:

- Die Berechnung der Tageslösungen erfolgte unter Verwendung von finalen Werten für Orbits, Erdrotationsparameter und Ionosphäre (keine Berücksichtigung ozeanischer Auflasteffekte) im ITRF2008, wobei die DREF-Online-Stationen Erlangen, Euskirchen, Göttingen, Karlsruhe und Kloppenheim als Anschlusspunkte mit minimalem mittleren Fehler in die Berechnung eingehen.
- Die Ambiguitäten der Basislinien wurden in zwei Schritten, zunächst unter Auswertung der Wide-Lane Linearkombination mit anschließender Auswertung der Narrow-Lane gelöst. Typischerweise werden etwa 90% der Wide-Lane-Ambiguitäten und etwa 80% der Narrow-Lane Ambiguitäten gefixt.
- Die Berechnungen erfolgten mit verschiedenen individuellen absoluten Antennenkalibrierungen (siehe Tabelle 3), bei der insgesamt 15 Lösungsvarianten A – O entstanden (siehe Tabelle 7).
- Die Wochenlösung entstand aus dem Zusammenschluss der Normalgleichungen der Tageslösungen.
- Der Übergang nach ETRS89/DREF91 erfolgte durch Transformation vom ITRF2008 mit 7 Transformationsparametern im sogenannten Einschnitt-Verfahren gemäß dem AdV-Standardverfahren beim SAPOS®-Koordinatenmonitoring (siehe [3] AdV 2008 mit späterer Ergänzung bezüglich ITRF2008).

Auch bei diesen Berechnungen blieben die GLONASS-Satelliten unberücksichtigt. Die Ergebnisse werden daher im Folgenden als GPS-Höhenunterschiede bezeichnet und in Abschnitt 5.2 ausführlich dargestellt.

Aufbau	GPS-Woche	Variante	Pfeiler				Rohr					
			Antenne	Antennenkalibrierung			Antennen- höhe	Antenne	Antennenkalibrierung			Antennen- höhe
				a)	b)	c)			a)	b)	c)	
1	1633	A	A1	•			0,002	A2		•		0,000
		B	A1			• (c1)	0,002	A2		•		0,000
2	1634	C	A1	•			0,062	A2		•		0,060
		D	A1			• (c2)	0,062	A2			• (c2)	0,060
Antennentausch												
3	1635	E	A2		•		0,062	A1	•			0,060
		F	A2			• (c2)	0,062	A1			• (c2)	0,060
4	1636	G	A2		•		0,122	A1	•			0,300
		H	A2			• (c2)	0,122	A1			• (c2)	0,300
5	1637	I	A2		•		0,182	A1	•			0,240
		J	A2			• (c2)	0,182	A1			• (c2)	0,240
6	1638	K	A2		•		0,242	A1	•			0,180
		L	A2			• (c2)	0,242	A1			• (c2)	0,180
7	1639	M	A2		•		0,302	A1	•			0,060
		N	A2			• (c2)	0,302	A1			• (c2)	0,060
		O	A2			• (c2)	0,302	A1			• (c3)	0,060

Tab. 7: Berechnungsvarianten (A – O) in Abhängigkeit der Aufbauvarianten (1 – 7 bzw. 1633 – 1639) und der unterschiedlichen Arten der Antennenkalibrierung (a – c, siehe Abschnitt 2.2)

4 Mehrwege-Effekte (Multipath)

Auswirkungen auf die präzise Bestimmung der Koordinaten haben insbesondere die langperiodisch wirkenden Einflüsse durch das Antennenphasenzentrum und durch Mehrwegeeffekte ([1] Wanninger u.a. 2006). Das Antennenphasenzentrum wird durch die individuelle absolute Antennenkalibrierung berücksichtigt, die bereits in Abschnitt 2.2 näher beschrieben wurde. Die Mehrwege-Effekte (Multipath) entstehen, wenn die Satellitensignale nicht nur unmittelbar am Antennenphasenzentrum eintreffen, sondern auch zuvor an Flächen in der näheren Umgebung der Antenne reflektiert worden sind. Die relevante Kenngröße wird als „Multipath-Index (MPI)“ bezeichnet, für deren Werte folgende Kategorien gebräuchlich sind:

- 0 – 19: Die Station liefert Daten von guter Qualität
- 20 – 39: Die Station liefert im Allgemeinen Daten von guter Qualität
- > 40: Die Station liefert Daten von eingeschränkter Qualität
- >> 40: Andere Ursachen überlagern Multipath.

Der MPI wurde mit der Software WaSoft/Multipath für die zu betrachtenden Punkte P und R in einem Netz mit den drei weiteren **SAP^{POS}**-Stationen Darmstadt, Kloppenheim und Wächtersbach für jede Woche mit den jeweiligen Antennenhöhen berechnet. Routinemäßig wird wöchentlich die **SAP^{POS}**-Station Wiesbaden in diesem Netz ausgewertet, weshalb auch für den Punkt S der MPI ermittelt wurde. Diese Ergebnisse sind in der Grafik (Abbildung 6) als blauer Balken dargestellt.

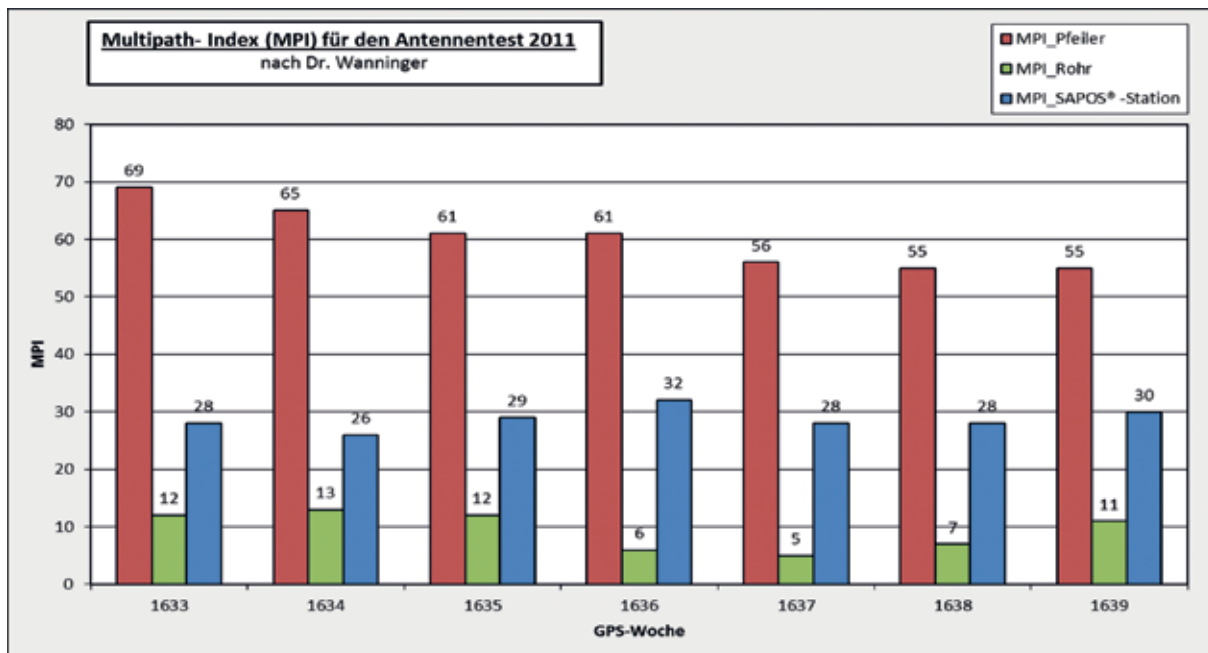


Abb. 6: Multipath-Indizes für die 3 Vermessungspunkte Pfeiler (P), Rohr (R) und SAPOS®-Station (S)

Die MPI-Mittelwerte im Messungszeitraum des Antennentests und die dazugehörigen Standardabweichungen liegen für den Pfeiler (P) bei 60 ± 3.0 , für das Rohr (R) bei 9 ± 0.8 und für die SAPOS®-Station (S) bei 29 ± 1.5 .

Anhand der berechneten MPI-Werte wird ersichtlich, dass die Messungen auf dem Pfeiler P lediglich Daten von eingeschränkter Qualität liefern, da die Werte deutlich über 40 liegen. Dies ist durch dessen niedrige Lage begründet, weshalb P dem Einfluss durch reflektierende Oberflächen am stärksten ausgesetzt ist (siehe Abbildungen 1 und 2); P liegt ca. 1,80 m unterhalb des Rohres R und ca. 1,65 m unterhalb der SAPOS®-Station S. Weiterhin ist nicht auszuschließen, dass Signalbeugungseinflüsse beteiligt sind. Diese werden durch die Software zwar auch erfasst, lassen sich aber nicht von Mehrwegeeinflüssen trennen. In den Abbildungen 1 und 2 ist außerdem zu erkennen, dass ober- und auch unterhalb des Antennenhorizonts mehrere Reflektoren vorhanden sind. Die größten Störeinflüsse sind vermutlich durch die beiden Mobilfunkmasten, die Kühlanlagen und die Blechumrandung der Mauerbrüstung verursacht.

Gut erkennbar ist, dass der MPI auf Pfeiler P und Rohr R mit zunehmender Antennenhöhe leicht abnimmt. Die Lage des Rohres und der SAPOS®-Station ist gegenüber dem niedrigeren Pfeiler wesentlich günstiger, da hier oberhalb der Antennenhorizonte keine wesentlichen Reflektoren vorhanden sind. Der nächste augenscheinliche Reflektor für diese beiden Punkte (R und S) ist das Blechdach des HLBG-Treppenhauses, welches unterhalb der Antennen liegt. Dennoch unterscheiden sich die MPI-Werte trotz ähnlicher Lage recht deutlich. Die besseren Werte werden dabei für R ermittelt, welches ca. 15 cm höher liegt als die SAPOS®-Station S. Offenbar bewirken schon kleine Höhenänderungen große Verbesserungen in der empfangenen Datenqualität. Nach der derzeit gebräuchlichen Kategorisierung sind die aufgezeichneten Daten beim Rohr von guter Qualität und bei der SAPOS®-Station im Allgemeinen gut. Je höher der Antennenaufbau auf P und R ist, desto geringer ist auch der MPI-Wert. Beim Rohr sind zudem folgende Tendenzen ersichtlich:

- MPI > 10 bei Antennenhöhen bis 6 cm
- MPI < 10 ab einer Antennenhöhe von 18 cm.

In S variiert der MPI über die gesamte Testdauer zwischen 26 und 32, ohne dass hier eine Höhenänderung erfolgt ist. Offenbar sind Schwankungen im MPI von $\pm 10\%$ nicht ungewöhnlich.

Die MPI-Werte sind summarisch gesehen in den GPS-Wochen 1637 bis 1639 am günstigsten. Daher sollen die Ergebnisse dieser 3 Wochen bei der Beurteilung besonders gewichtet werden.

5 Ergebnisse

5.1 Höhenunterschied zwischen Rohr und Pfeiler aus kurzen Basislinien

a) Höhenunterschied ermittelt durch Auswertung der GPS-L1-Frequenz (L1-Lösung)

Der erste Vergleich erfolgt mit den aus kurzen Basislinien mit der L1-Frequenz berechneten Höhenunterschieden, da bei dieser Auswertung die höchste Genauigkeit zu erwarten ist und die verbleibenden Differenzen insofern weitgehend die Restfehler der Höhenkalibrierung widerspiegeln dürften. Die verschiedenen Antennenkalibrierungen wurden gemäß Tabelle 7 in die Berechnung eingeführt. Zusätzlich wurde bei der L1-Lösung in der GPS-Woche 1633 die Kalibrierartenkombination A1-c1 / A2-c2 ausgewertet. Die erhaltenen Abweichungen sind in Abbildung 7 grafisch dargestellt.

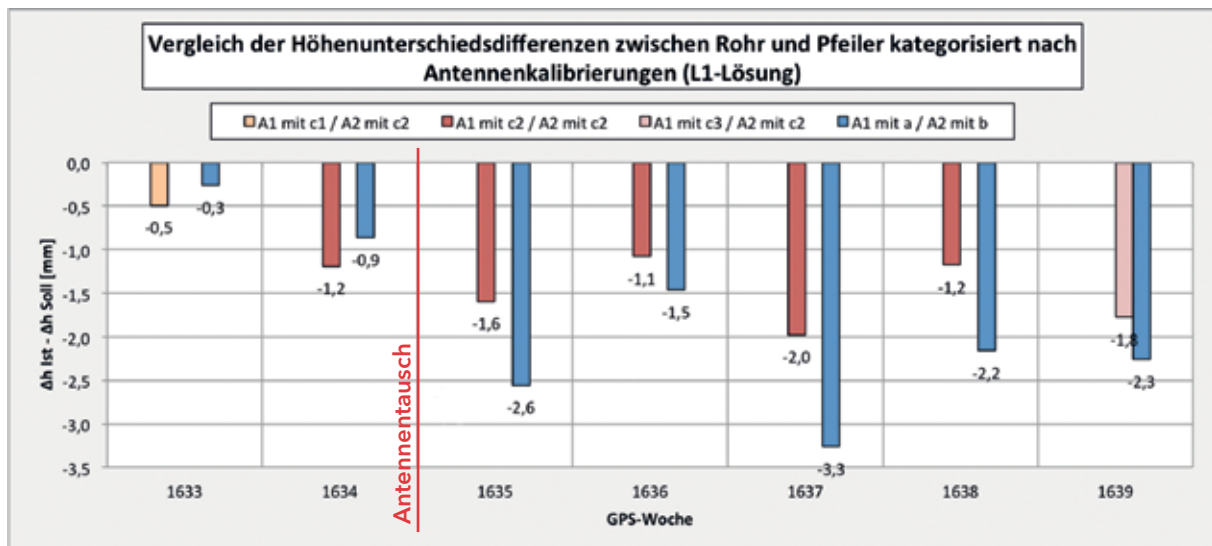


Abb. 7: Abweichungen der GPS-Höhendifferenzen (Ist) zum nivellierten Höhenunterschied (Soll) bei der L1-Lösung

Abbildung 7 zeigt zunächst sehr deutlich, dass der aus GPS-Messungen mit der L1-Lösung ermittelte Höhenunterschied stets kleiner ist als der Soll-Höhenunterschied. Die Abweichungen streuen zwischen $-0,3$ mm und $-3,3$ mm. Schaut man sich die Abweichungen in Abhängigkeit von den Antennenkonstellationen und Kalibrierungsarten etwas näher an, so stellt man zudem folgendes fest:

Die Ergebnisse, die bei Verwendung der gleichartigen AMK-Kalibrierung c2 erhalten werden (braune Balken), streuen lediglich zwischen $-1,1$ mm und $-2,0$ mm. Die mittlere Abweichung aus der 2. und 3. Testwoche (vor und nach dem Antennentausch) beträgt $-1,4$ mm und repräsentiert gleichzeitig die mittlere systematische Abweichung über alle Testwochen sehr gut. Die gesonderte Betrachtung der Testwochen 1637 bis 1639 mit den günstigsten MPI-Verhältnissen ergibt eine geringfügig andere Abweichung von $-1,6$ mm, die aber auch noch im ursprünglichen Rahmen liegt.

Betrachtet man dagegen die Ergebnisse mit der Feld- bzw. Roboter-Kalibrierung (blaue Balken), dann streuen die Ergebnisse deutlich stärker. Vor dem Antennentausch liegen die Abweichungen zwischen $-0,3$ und $-0,9$ mm, der dazugehörige Median „blau-vor“ beträgt $-0,6$ mm. Nach dem Tausch betragen die Abweichungen zwischen $-1,5$ mm und $-3,3$ mm, der entsprechende Median „blau-nach“ beträgt $-2,4$ mm und für die MPI-günstigen GPS-Wochen 1637 bis 1639 $-2,7$ mm. Hier ändert sich also auch die Systematik der Abweichung signifikant um etwa 2 mm. Bei der Auswertung mit „misch-kalibrierten“ Antennen (a und b) treten die restlichen Kalibrierunsicherheiten in der Höhe also stärker zutage als bei der einheitlichen Kalibrierung (c2). Der Mittelwert der „blauen Mediane“ vor und nach dem Antennentausch beträgt $-1,6$ mm; er stimmt sehr gut mit den Werten überein, die bei der Auswertung mit der AMK-Kalibrierung c2 ermittelt worden sind. Offenbar kann man die Ergebnisse der Höhen-differenzbestimmung durch eine zweimalige Messung mit getauschten Antennen (d.h. mit dem klassischen Verfahren der „Messung in zwei Lagen“) sehr weitgehend von restlichen Fehleranteilen in den individuellen absoluten Kalibrierungsverfahren befreien.

Als Endergebnis der L1-Auswertung kurzer Basislinien lässt sich feststellen, dass der GPS-Höhenunterschied unabhängig von den verwendeten Kalibrierungsarten gleichermaßen bzw. systematisch um 1,6 mm zu klein ermittelt wurde. Des Weiteren deutet die sehr gute Übereinstimmung des „blauen“ Gesamtergebnisses (welches auf der älteren Mischkalibrierung A1-a von 2007 / A2-b von 2008 beruht) mit dem „braunen“ Gesamtergebnis (welches auf der neuen einheitlichen Kalibrierung A1-c2 / A2-c2 von 2011 basiert) darauf hin, dass sich für die GPS-L1-Frequenz die Position der Antennen-Phasenzentren gegenüber den Antennenreferenzpunkten (ARP) im Laufe der Jahre nicht merklich geändert hat.

Die in der GPS-Woche 1633 zusätzlich ausgewertete Kalibrierarten-Kombination A1-c1 / A2-c2 (oranger Balken) weicht vom c2/c2-Median ($-1,4$ mm) um 0,9 mm ab. Das scheint angesichts der anderen Ergebnisse bereits eine auffällige Differenz zwischen den Kalibrierarten c1 und c2 zu sein. Da aber in der Testwoche 1633 die Antenne in P am niedrigsten aufgebaut war und dieser Punkt zudem den höchsten MPI-Wert mit 69 aufwies (vgl. Tabelle 5), sollte diese Abweichung nicht überbewertet werden. Betrachtet man außerdem noch die in der GPS-Woche 1639 zusätzlich berechnete Kalibrierarten-Kombination A1-c3 / A2-c2 (rosa Balken), so stimmt dieser Wert sogar auf 0,2 mm mit dem c2/c2-Median der GPS-Wochen 1637 und 1638 überein. Hier ist also für L1 kein nennenswerter Unterschied zwischen den Kalibrierarten c2 und c3 festzustellen.

Die Ergebnisse in den fünf GPS-Wochen 1635 bis 1639 nach dem Antennentausch, die durch unterschiedliche Antennenhöhen charakterisiert sind, streuen in den jeweils gleichartigen Kategorien (braune und blaue Balken in Abbildung 7) um weniger als 2 mm. Es sind also keinerlei Anzeichen für scheinbare Höhengsprünge durch ein geändertes Antennen-Nahfeld erkennbar. Insofern braucht diesem zunächst befürchteten Effekt bei der Beurteilung der weiteren Ergebnisse keine weitere Beachtung mehr geschenkt zu werden.

Der ungünstige Einfluss von Multipath kann zumindest für die erste Testwoche (GPS-Woche 1633) mit den niedrigsten Antennen-Aufbauten nicht ausgeschlossen werden. Dagegen sind bei den folgenden Testwochen (GPS-Wochen 1634 bis 1639) im ermittelten Höhenunterschied keine diesbezüglichen Anzeichen erkennbar – die hier festgestellten Streuungen weisen eine zufällige Charakteristik auf.

Die Gesamtschau über 7 Wochen zeigt, dass die Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen P und R mit der vorzugsweise zu verwendenden einheitlichen Kalibrierungsart A1-c2 / A2-c2 (siehe Abbildung 7, braune Balken) zwar noch eine mittlere systematische Restabweichung von 1,6 mm aufweist, aber jede einzelne Wochenlösung nicht mehr als 0,5 mm zu diesem Wert streut. Das heißt zum einen, dass man mit einer Woche Beobachtungsdauer ein Ergebnis erhält, das innerhalb von 1 mm reproduzierbar ist. Zum zweiten liegt es nahe, die systematische Abweichung von 1,6 mm bei der Auswertung der Frequenz L1 als eine Art „Additionskonstante“ für die Höhenbestimmung mittels des Antennenpaares A1 / A2 zu interpretieren. Nach Anbringung dieser Korrektur würde man den Höhenunterschied aus jeder Wochenlösung innerhalb von $\pm 0,5$ mm richtig erhalten. Sollte diese einfache Sichtweise bzw. Deutung allerdings nicht gerechtfertigt sein, so verbleibt dennoch als minimale Erkenntnis, dass eine

GPS-gestützte Höhenbestimmung mit dem eingesetzten Antennen-Equipment des Typs Trimble Zephyr Geodetic 2 innerhalb von 2 mm möglich ist. Die Restabweichung von max. 2 mm wäre dann als geräte- und kalibriertechnische Unsicherheit aufzufassen. In diesem Fall wäre es aber durchaus denkbar, dass bei höherwertigeren Dorne-Margolin-Choke-Ring-Antennen diese Rest-Unsicherheit nochmals deutlich geringer ist.

b) Höhenunterschied ermittelt durch Auswertung der GPS-L2-Frequenz (L2-Lösung)

Analog zu den Ergebnissen der L1-Lösung in Abschnitt 5.1.a) werden die Ergebnisse der L2-Lösung nun in Abbildung 8 grafisch dargestellt.

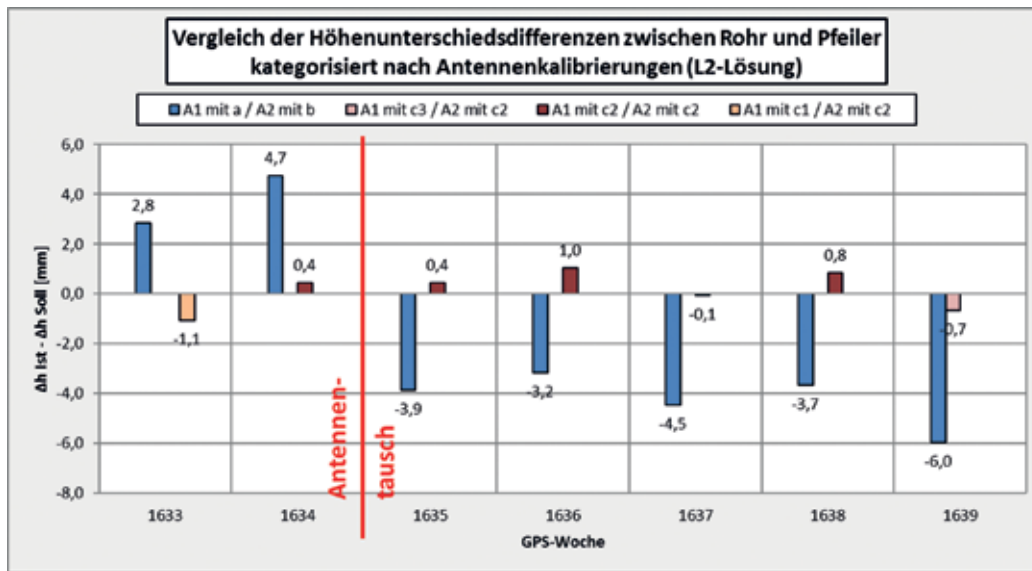


Abb. 8: Abweichungen der GPS-Höhendifferenzen (Ist) vom nivellierten Höhenunterschied (Soll) bei der L2-Lösung

Bei den Differenzen in den „mischkalibrierten“ Auswertungen (A1-a / A2-b, blaue Balken) fällt sofort der Antennentausch ins Auge, da das Vorzeichen wechselt. Zudem ändern sich die Beträge der Abweichungen zum Soll-Höhenunterschied viel deutlicher als bei der L1-Lösung, sie streuen nun zwischen + 5 mm und – 6 mm. Vor dem Antennentausch liegt der Median bei + 3,8 mm, nach dem Antennentausch bei – 4,6 mm (für die MPI-günstigen Wochen 1637 bis 1639 bei – 4,8 mm). Der gemittelte Wert beider Mediane ergibt sich zu – 0,4 mm. Rechnet man aus allen „blauen“ Wochenergebnissen einen konstanten Anteil von – 4,2 mm vor dem Antennentausch und + 4,2 mm nach dem Antennentausch heraus (was vereinfacht der Mittelung der Ergebnisse aus 2 Lagen entspricht), so streuen die verbleibenden Abweichungen nur noch zwischen – 1,8 mm und + 1,0 mm.

Bei der Verwendung einheitlich kalibrierter Antennen (c2, braune Balken) fällt der Antennentausch dagegen nicht auf. Die in den GPS-Wochen 1634 und 1635 erhaltene Abweichung von + 0,4 mm gibt auch als Median die Restsystematik über die gesamte Testdauer zutreffend wieder. Die Abweichungen der einzelnen Wochenergebnisse streuen um diesen Median zwischen – 0,5 mm und + 0,6 mm.

Im Gegensatz zur L1-Lösung unterscheiden sich die Mediane zwischen den „blauen“ Wochenergebnissen (– 0,4 mm) und den „braunen“ Wochenergebnissen (+ 0,4 mm) deutlicher voneinander, sind aber im Mittel gleich Null. Beide Beträge liegen zudem innerhalb der Kalibrierunsicherheit der Höhenkomponente (vgl. z.B. [1] Wanninger 2006) und sind insofern nicht signifikant.

Unter dieser Prämisse liegen die Ergebnisse, die mit der einheitlichen (optimalen) Kalibrierarten-Kombination A1-c2 / A2-c2 erhalten wurden (siehe Abbildung 8, braune Balken), allesamt innerhalb von ± 1 mm zum Sollwert.

Die Auswertung der zusätzlichen Kalibrierarten-Kombination A1-c1 / A2-c2 in der GPS-Woche 1633 (oranger Balken) zeigt zum c2/c2-Median (+ 0,4 mm) eine auffällige Abweichung von 1,5 mm. Auch die Ergebnisse der zusätzlichen Kalibrierart-Kombination A1-c3 / A2-c2 in der GPS-Woche 1639 (rosa Balken) weichen vom c2/c2-Median (+ 0,4 mm) um 1,1 mm in dieselbe Richtung ab. Möglicherweise gibt es bei L2 doch einen systematischen Unterschied zwischen der c2-Kalibrierung und der c1- bzw. der c3-Kalibrierung, der auf die veränderten Unterbauten der Antenne bei der Kalibrierung zurückzuführen wäre. Angesichts von nur zwei Vergleichswochen sollen allerdings keine weiteren Deutungsversuche unternommen werden.

Die gesonderte Betrachtung der Ergebnisse der MPI-günstigen GPS-Wochen 1637 bis 1639 verändert das Gesamtbild sowohl bei der L1-Lösung als auch bei der L2-Lösung um nicht mehr als 0,3 mm. Diese Größenordnung kann vernachlässigt werden, weshalb in den weiteren Untersuchungen auf diese Differenzierung verzichtet wird.

c) Vergleich der Ergebnisse mehrerer Kalibrierarten

Für die GPS-Woche 1638, die recht günstige MPI-Werte aufwies (vgl. Abschnitt 4 Abbildung 6), wurden für L1 und L2 zusätzlich die Kalibrierarten-Kombinationen A1-c2 / A2-b und A1-a / A2-c2 ausgewertet. Die Vergleiche zu den bisherigen Ergebnissen (siehe Abbildungen 7 und 8) sind in den nachfolgenden Abbildungen 9 und 10 grafisch dargestellt.

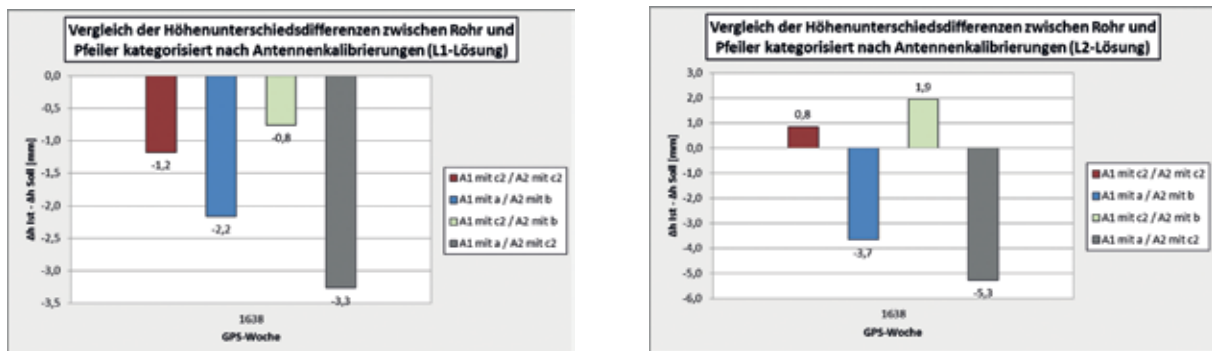


Abb. 9 und 10: Vergleich verschiedener Kalibrierarten-Kombinationen in der GPS-Woche 1638 für L1 und L2

In beiden Abbildungen fällt auf, dass das Ergebnis der gemischten Kalibrierung A1-c2 / A2-b (hellgrüne Balken) dem Ergebnis der einheitlichen c2-Kalibrierung (braune Balken) am nächsten kommt. Für L1 beträgt die Abweichung lediglich 0,2 mm und für L2 1,1 mm.

Dagegen weicht das Ergebnis der anderen gemischten Kalibrierung A1-a / A2-c2 (graue Balken) von der einheitlichen c2-Kalibrierung wesentlich deutlicher ab. Bei L1 beträgt die Differenz 2,1 mm und bei L2 sogar 6,1 mm. Damit sind die Abweichungen in beiden Fällen noch größer als beim bisherigen Vergleich der einheitlichen c2-Kalibrierung mit der gemischten Kalibrierung A1-a / A2-b (blaue Balken).

Die Kalibrierungsarten b (Roboter-Kalibrierung) und c2 (AMK-Kalibrierung) passen bezüglich der Höhenkomponente offenbar recht gut zueinander. Dagegen weist die Kalibrierungsart a (relative Feldkalibrierung) zu den Kalibrierungsarten b und c2 in der Höhe deutliche Differenzen von mehreren Millimetern auf, was im besonderen Maße auf die Frequenz L2 zutrifft. Auf weitere (quantitative) Analysen soll jedoch an dieser Stelle verzichtet werden.

5.2 Höhenunterschied aus langen Basislinien

Als drittes wurde die Höhenübertragung auf der Grundlage langer Basislinien (ionosphärenfreie Linearkombination mit Troposphärenschätzung, auch als L3 (L0)+T-Lösung bezeichnet) gerechnet. Dieser Ansatz ist an das operationelle SAPOS®-Koordinatenmonitoring angelehnt ([3] AdV 2008) und wurde mit der Bernese GPS-Software 5.0 ausgewertet. Die Troposphärenschätzung zwischen den benachbarten Punkten P (Pfeiler) und R (Rohr) wurde dabei bewusst nicht korreliert. Damit wurde die Höhenübertragung von Wiesbaden zur SAPOS®-Station Fulda 2 und wieder zurück simuliert, wobei die Basislinien zwischen Wiesbaden und Fulda 2 etwa 114 km lang sind. Nach dem in Abschnitt 3 beschriebenen Verfahren wurden zunächst die ellipsoidischen Höhen des Pfeilers (P) und des Rohres (R) in Abhängigkeit von Fulda 2 berechnet. Anschließend wurde durch Differenzbildung der Höhenunterschied ermittelt und mit dem Sollwert (siehe Tabelle 2) verglichen.

a) Ellipsoidische Höhe des Pfeilers P

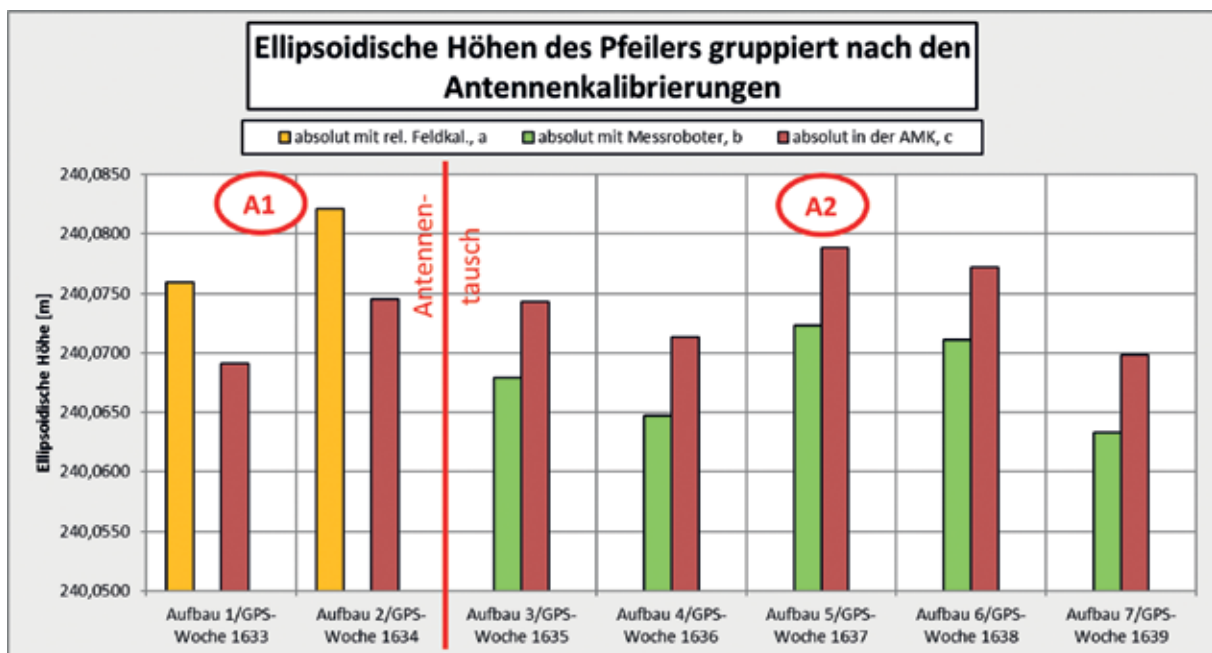


Abb. 11: Ellipsoidische Höhen des Pfeilers berechnet mit der L3(L0)+T-Lösung

Die Höhenbestimmungen unter Verwendung der Kalibrierarten a für die Antenne A1 (vor dem Antennentausch – gelbe Balken) und b für die Antenne A2 (nach dem Antennentausch – grüne Balken) liefern für den Pfeiler P mit 240,0821 m bzw. 240,0679 m signifikant unterschiedliche Ergebnisse. Arbeitet man dagegen mit der Kammerkalibrierung c2 (braune Balken), so ist durch den Antennenwechsel keine systematische Änderung in den Höhen erkennbar. Diese Phänomene konnten bereits aufgrund der in Abschnitt 5.1 vorgestellten Ergebnisse aus kurzen Basislinien erwartet werden.

Im Mittel ergibt sich die ellipsoidische Höhe des Pfeilers P aus den 7 Wochenergebnissen mit einheitlicher Kammerkalibrierung c2 zu 240,0736 m, wobei die Einzelergebnisse hiervon nicht mehr als +/- 5 mm abweichen. Zum Vergleich wird auch der Mittelwert aus den Ergebnissen der Kalibrierarten a und b vor und nach dem Antennentausch gebildet, der 240,0750 m ergibt und somit lediglich um 1,4 mm anders ausfällt.

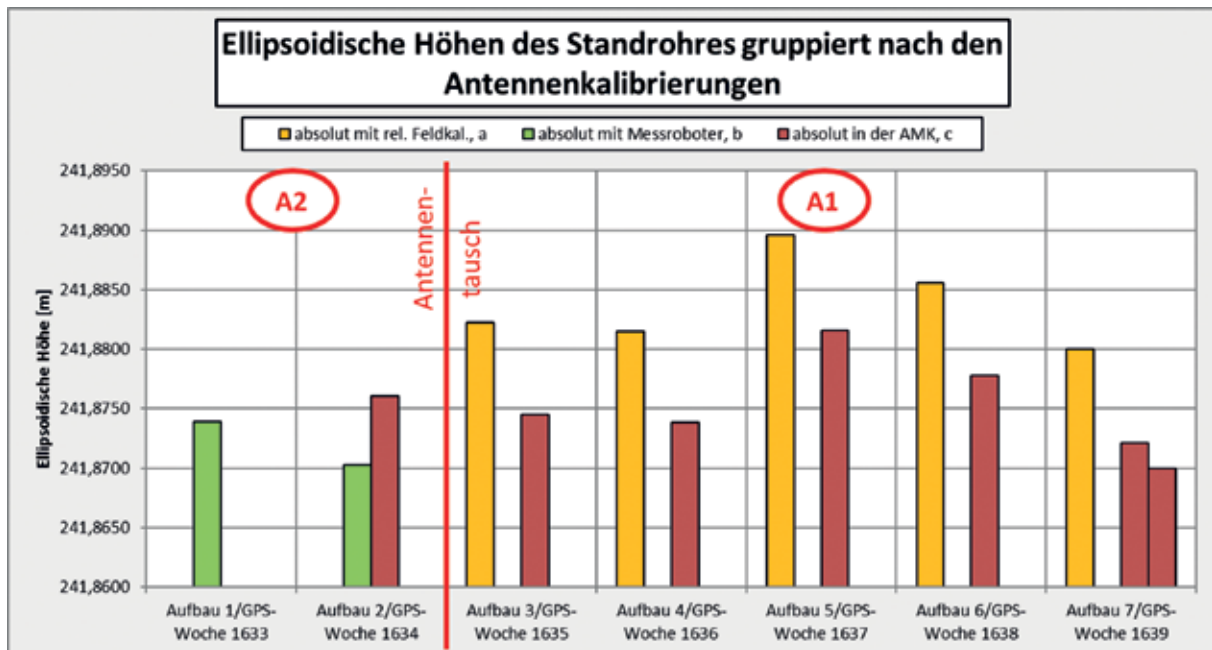


Abb. 12: Ellipsoidische Höhen des Rohres berechnet mit der L3(L0)+T-Lösung

b) Ellipsoidische Höhe des Rohres R

Auf dem Rohr R sind bei der Höhenbestimmung mit langen Basislinien ähnliche Abweichungen zwischen den benutzten Antennenkalibrierungen festzustellen wie auf dem Pfeiler P. Die Höhenbestimmungen unter Verwendung der Kalibrierarten b für die Antenne A2 (vor dem Antennentausch – grüne Balken) und a für die Antenne A1 (nach dem Antennentausch – gelbe Balken) liefern für das Rohr R mit 241,8703 m bzw. 241,8822 m wiederum signifikant unterschiedliche Ergebnisse. Bei Verwendung der Kammerkalibrierung c2 (braune Balken) tritt der Antennenwechsel nicht in Erscheinung, sodass die Ergebnisse über die 6 gerechneten Wochen (1634 - 1639) gemittelt werden können. Dabei ergibt sich die ellipsoidische Höhe des Rohres R zu 241,8760 m, wobei die Einzelergebnisse hiervon nicht mehr als ± 6 mm abweichen. Mittelt man zum Vergleich die Ergebnisse der Kalibrierarten a und b vor und nach dem Antennentausch, so erhält man die Höhe des Rohres zu 241,8763 m, was vom Gesamtergebnis der c2-Kalibrierung lediglich um 0,3 mm abweicht.

c) Höhenunterschied zwischen Rohr (R) und Pfeiler (P)

Aus den zuvor ermittelten ellipsoidischen Höhen von P und R werden nun die dazugehörigen Höhenunterschiede wöchentlich betrachtet.

In Abbildung 13 sind die Abweichungen der Ist-Höhenunterschiede zum Sollwert zwischen Pfeiler und Rohr nach den verschiedenen Aufbau- und Kalibrierungsvarianten dargestellt. Bei der Nutzung der einheitlichen Kalibrierungsart c2 aus der Antennenmesskammer (braune Balken) bewegen sich die Abweichungen zum Sollhöhenunterschied im Bereich von $-2,5$ mm bis $-5,1$ mm. Der Antennenwechsel zwischen den GPS-Wochen 1634 und 1635 ist bei der Verwendung dieser Kalibrierung nicht spürbar. An dieser Stelle wird eine mittlere Höhenabweichung von $-4,4$ mm ausgewiesen, die innerhalb des vorgenannten Intervalls liegt und vom Median über die GPS-Wochen 1634 – 1639 ($-3,8$ mm) nur geringfügig abweicht.

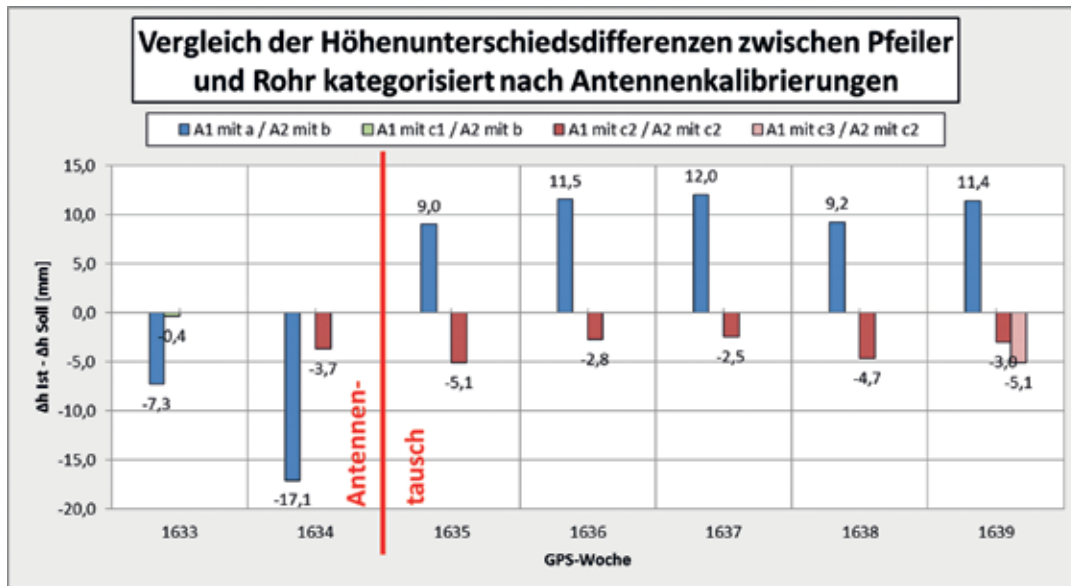


Abb. 13: Abweichungen der GPS-Höhendifferenzen (Ist) vom nivellierten Höhenunterschied (Soll) bei der L3(L0)+T-Lösung

Ein anderes Bild ergibt sich, wenn die Absolutkalibrierungen in den Varianten a (relative Feldkalibrierung) und b (Roboter-Kalibrierung) für die jeweiligen Antennen verwendet werden. Hier wird der Antennentausch sehr deutlich durch den Vorzeichenwechsel in den Abweichungen sichtbar (blaue Balken). Während vor dem Antennentausch die Abweichungen zum Soll-Höhenunterschied noch zwischen $-7,3$ mm und $-17,1$ mm (Median $-12,2$ mm) lagen, betrugen sie nach dem Antennentausch zwischen $+9,0$ mm und $+12,0$ mm (Median $+10,5$ mm). Die Mediane differieren hier also um fast 23 mm. Mittelt man die Mediane vor und nach dem Antennentausch nach dem Prinzip der „Messung in 2 Lagen“, dann weicht das Resultat lediglich 0,8 mm vom Sollwert ab. Jede einzelne Wochenlösung liegt dabei innerhalb von ± 5 mm zum dazugehörigen Median.

An dieser Stelle lassen sich die bisher gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse bereits wie folgt werten:

Bei der Auswertung langer Basislinien konnte der Höhenunterschied bei jeder Wochenlösung innerhalb von ± 5 mm zum Sollwert bestimmt werden, auch wenn die beteiligten Basislinien jeweils 114 km lang waren. Das ist ein durchaus erfreuliches Ergebnis. Auch die in Abschnitt 5.1 gewonnenen Erkenntnisse bezüglich der Verwendung unterschiedlicher Antennen-Kalibrierungsarten wurden nochmals bestätigt. Bei gleicher Kalibrierungsart sind mögliche Restfehler der Höhenkalibrierung nicht durch einen Antennentausch, der dem Prinzip „Messung in 2 Lagen“ entspricht, zu eliminieren. Die in Abschnitt 5.1 festgestellten verbliebenen Abweichungen betrugen für L1 jedoch lediglich $-1,5$ mm und für L2 lediglich $+0,4$ mm. Für die Linearkombination aus L1 und L2 kann als wirksame Restabweichung der Mittelwert $-0,5$ mm angenommen werden, der innerhalb der Kalibrierunsicherheit in der Höhenkomponente liegt und außer Acht gelassen werden kann.

Arbeitet man dagegen mit Antennen, die auf unterschiedliche Art absolut kalibriert worden sind, so muss man mit unterschiedlichen systematischen Restfehlern bei der Höhenkalibrierung rechnen. Diese kann man in klassischer Weise durch den Antennentausch (also nach dem Prinzip einer „Messung in 2 Lagen“) sehr weitgehend eliminieren. Danach ließ sich der Höhenunterschied aus einer kompletten Messwoche innerhalb von 5 mm genau bestimmen.

Für die GPS-Woche 1633 wurde zusätzlich die gemischte Kalibrierung A1-c1 / A2-b ausgewertet. Aus Abschnitt 5.1 Unterabschnitt c konnte als Ergebnis mitgenommen werden, dass die Kalibrierungsart b (Roboterkalibrierung) gut zur Kalibrierungsart c (AMK) passt. Insofern war zu erwarten, dass dieses Ergebnis (hellgrüner Balken in Abbildung 13 mit $-0,4$ mm) recht nahe an den Resultaten liegt, die mit

der einheitlichen Kalibrierungsart c2 erreicht wurden (braune Balken in Abbildung 13). Tatsächlich streuen die betreffenden Werte in den Folgewochen zwischen – 2,5 mm bis – 5,1 mm, womit das besagte Ergebnis aus der GPS-Woche 1633 innerhalb von 5 mm übereinstimmt.

Noch nicht betrachtet wurde, welchen Einfluss die Troposphärenmodelle bei der GNSS-gestützten Höhenübertragung über lange Basislinien haben. Dieser Aspekt soll im nachfolgenden Abschnitt näher untersucht werden.

d) Zusätzliche Betrachtung der troposphärischen Refraktion

Die troposphärische Laufzeitverzögerung der GNSS-Code- und Phasensignale bildet wahrscheinlich den größten genauigkeitslimitierenden Faktor bei geodätischen GNSS-Anwendungen ([2] Dach u.a. 2007). Aufgrund der troposphärischen Refraktion bewegt sich der Zenit Path Delay (ZPD) in der Größenordnung von 2,3 m (oder etwa 8 ns) für eine Station auf Meeresniveau und Standardatmosphärenbedingungen.

Ein absoluter Fehler in den troposphärischen Zenitkorrekturen von 10 cm führt zu einem Maßstabsfehler von ca. 0,05 ppm, ein relativer Fehler der Zenitkorrektur von 1 cm verursacht fast ausschließlich einen Höhenfehler von ca. 3 cm (nach [6] Drescher 2013):

$$d(\text{Höhe}) \approx 3 \cdot d(\Delta \text{ZPD})$$

Um die Messungen entsprechend zu korrigieren, verwendet man im Regelfall Standardatmosphärenparameter und –modelle. Die Modelle unterscheiden zwischen vertikaler Trockenkomponente und vertikaler Feuchtkomponente sowie sog. Mapping-Funktionen, die den Übergang vom Zenit auf beliebige Elevationswinkel erlauben ([5] Bauer 2011).

Beim vorliegenden Test wurden – wie bereits in den Abschnitten 3 und 5.2 erwähnt – die die Troposphäre beschreibenden ZPD-Parameter aus den Beobachtungen geschätzt, da dies bei langen Basislinien zwingend erforderlich ist.

Das Intervall der ZPD-Parameter-Schätzung betrug im Auswerteprozess mit der Bernese GPS Software eine Stunde. Da durch die räumliche Nähe der beiden Vermessungspunkte (Pfeiler P und Rohr R) gleiche troposphärische Bedingungen anzunehmen sind, werden im weiteren Verlauf nur die Unterschiede zwischen den unabhängig geschätzten ZPD-Parametern in P und R betrachtet.

Der Tabelle 8 kann man entnehmen, dass die Mittelwerte der Berechnungsvarianten mit der einheitlichen Kalibrierungsart c aus der Antennenmesskammer den gleichen troposphärischen Bedingungen auf beiden Vermessungspunkten sehr nahe kommen. Betrachtet man die Mittelwerte der Differenzen der ZPD-Parameter bei den Kalibrierungsarten a und b (siehe Tabelle 9), fallen diese höher aus. Gemäß o.a. Näherungsformel sind dadurch auch entsprechend größere Auswirkungen auf den Fehleranteil im Höhenunterschied zu erwarten.

In den folgenden beiden Tabellen wurde der Fehler auf den Höhenunterschied nach der o.a. Näherungsformel bestimmt. Aufgrund der geringen Differenzen zwischen den ZPD-Werten mit Kalibrierungen aus der Messkammer (siehe Tabelle 8 - der Maximalwert beträgt 1,1 mm in der GPS-Woche 1637), wirken sich diese nur im unteren Millimeter-Bereich auf den Fehler im Höhenunterschied aus. Allerdings erkennt man auch, dass in der GPS-Woche 1635 die exakte Wiedergabe der troposphärischen Verhältnisse ($\Delta \text{ZPD} = 0,0 \text{ mm}$) nicht zur (erhofften) geringsten Abweichung vom Sollhöhenunterschied führt, sondern laut Abbildung 11 sogar im Gegenteil mit 5,1 mm die größte Differenz aufweist.

GPS- Woche	Δ ZPD [mm] Wochenmittelwert			Fehler Δh [mm]
	Pfeiler A1-c1/ Rohr A2-b	Pfeiler A1-c2/ Rohr A2-c2	Pfeiler A2-c2/ Rohr A1-c2	
1633	-0,4			-1,2
1634		-0,2		-0,6
1635			0,0	0,0
1636			0,6	1,8
1637			1,1	3,3
1638			0,4	1,2
1639			0,5	1,5

Tab. 8: Auswirkungen der relativen ZPD-Werte auf den Fehler im Höhenunterschied mit einheitlicher Kalibrierungsart

GPS- Woche	Δ ZPD [mm] Wochenmittelwert		Fehler Δh [mm]
	Pfeiler A1-a/Rohr A2-b	Pfeiler A2-b/Rohr A1-a	
1633	-1,2		-3,6
1634	-2,8		-8,4
1635		2,5	7,5
1636		3,3	9,9
1637		3,9	11,7
1638		3,0	9,0
1639		3,4	10,2

Tab. 9: Auswirkungen der relativen ZPD-Werte auf den Fehler im Höhenunterschied mit unterschiedlicher Kalibrierungsart

Tabelle 9 zeigt, dass bei der Troposphärenschätzung mit unterschiedlichen Kalibrierungen die Fehlerinflüsse im Höhenunterschied (Fehler Δh) sehr ähnliche Werte aufweisen wie die tatsächlichen Abweichungen der Wochenlösungen vom Sollhöhenunterschied (siehe Abbildung 13). Allgemein gilt, dass die größeren Differenzen der ZPD-Werte bei unterschiedlichen Kalibrierungen auch zu einer größeren Abweichung vom Sollhöhenunterschied führen. Doch wie in Abschnitt 5.2 c bereits gezeigt wurde, lässt sich dieser Effekt durch Antennentausch und Mittelbildung recht weitgehend kompensieren.

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der Praxistest zur Ermittlung des Genauigkeitspotenzials einer Höhenübertragung mittels GNSS-gestützten Vermessungsverfahren hat gezeigt, dass mit entsprechendem Messaufwand (1 Woche Messdauer) selbst über größere Entfernungen hinweg Genauigkeiten von 2 – 5 mm erreicht werden können. Eine wichtige Einflussgröße besteht in einer einheitlichen absoluten Kalibrierung der simultan eingesetzten Antennen. Verwendet man GNSS-Antennen, die mit demselben Verfahren absolut kalibriert wurden, so können die geringsten Restfehler erwartet werden. Nichtsdestotrotz wies das im Test einge-

setzte Antennenpaar vom Typ Trimble Zephyr Geodetic 2 bei der Auswertung der kurzen Basislinien mit der GPS-L1-Frequenz noch eine kleine Restsystematik von 1,5 mm auf. Dies scheint der Grenzbereich zu sein, der auch bei einer sehr langen Messdauer nicht mehr verkleinert werden kann.

Verwendet man dagegen Antennen, die nach unterschiedlichen Verfahren absolut kalibriert worden sind, so muss man bei der Höhenübertragung mit größeren Restsystematiken rechnen. Allerdings hat der Test sehr deutlich gezeigt, dass man diese Einflüsse durch eine Zweitmessung mit getauschten Antennen und anschließende Mittelbildung der Ergebnisse weitgehend eliminieren kann. Hier ist das klassische geodätische Prinzip einer „Messung in 2 Lagen“ offenbar gut dazu geeignet, systematische Restfehler wirksam zu reduzieren.

Die Simulation einer Höhenübertragung über große Entfernungen (100 km) lieferte ebenfalls befriedigende Ergebnisse. Mit der verwendeten Ausrüstung und einer Langzeitmessung über 1 Woche konnte bei einheitlicher Antennenkalibrierung eine Genauigkeit von 5 mm erreicht werden. Verwendet man dagegen Antennen, die nach verschiedenen Verfahren absolut kalibriert wurden, so muss man zwingend eine Zweitmessung mit getauschten Antennen vornehmen und die Ergebnisse „aus 2 Lagen“ mitteilen. Auch in diesem Fall erreicht man für den ellipsoidischen Höhenunterschied eine Genauigkeit von 5 mm oder besser.

Durch die unterschiedlichen Antennenhöhen konnten direkt keine Auswirkungen auf die Qualität der Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Höhenunterschied abgeleitet werden. Ein höherer Antennenaufbau in P und R führte allerdings zu einem geringeren Multipath-Index (MPI), wodurch die Qualität der empfangenen Signale verbessert wird. Da aber in den Wochen mit höheren MPI-Werten keine negativen Einflüsse in den Ergebnissen erkennbar waren, sind jene wahrscheinlich kurzperiodischer Natur und durch die 7 x 24 Stunden Beobachtungszeit ausreichend kompensiert.

Wichtig scheint die Erkenntnis zu sein, dass bei unterschiedlichen absoluten Kalibrierverfahren dennoch systematische Unterschiede in der Höhenkomponente verbleiben, die beim eingesetzten Equipment Beträge von +/- 7 mm erreicht haben. Dies ist im Hinblick auf eine genaue Bereitstellung von Höhen über die SAPOS®-Dienste ein bedenklich hoher Wert, da er sich bei einem Antennenwechsel aufaddieren und somit eine Größenordnung von rund 15 mm erreichen kann. Insofern muss der absoluten Kalibrierung von GNSS-Antennen auf den SAPOS®-Stationen weiterhin größte Beachtung gewidmet werden. Ein einheitliches Kalibrierverfahren für alle Antennen verspricht die besten Ergebnisse, da dann verbliebene Restsystematiken in der Höhenkomponente nahezu gleich erwartet werden können.

Ob sich die Kalibrierparameter mit zunehmendem Alter der Antenne verändern, konnte in unserem Test nicht nachgewiesen werden. Zwischen der ersten und letzten Kalibrierung lagen allerdings auch nur 4 Jahre Zeitabstand.

Abschließend muss aber nochmals darauf hingewiesen werden, dass es sich lediglich um einen Praxistest mit „Bordmitteln des HLBG“ (d.h. mit einem befristet verfügbaren Equipment in einer nicht optimalen Umgebung mit tlw. hohen MPI-Werten sowie mit vorhandenen Auswerteprogrammen) gehandelt hat, der keine hochwissenschaftlichen Ansprüche erfüllen kann. Die Durchführung und Auswertung mussten neben dem regulären SAPOS®-Betrieb erfolgen. Es konnten auch nicht alle möglichen Varianten aus dem umfangreichen Datenmaterial ausgewertet werden, was sicherlich wünschenswert gewesen wäre. Dennoch erscheinen uns die erhaltenen Ergebnisse auch für GNSS-Anwender außerhalb der HVBG hinreichend interessant. Es würde sich u.E. lohnen, wenn sich die Wissenschaft dem Fehlerhaushalt bei GNSS-gestützten Höhenübertragungen einschließlich der individuellen absoluten Antennenkalibrierung nochmals gesondert annimmt. Betreiber und Nutzer des SAPOS® wären sehr dankbar, wenn die Höhenbestimmung über diese amtlichen Positionierungsdienste weiter verbessert werden kann.

Literaturnachweis

- [1] Wanninger, L., Rost, Ch., Hartlieb, G., Köhr, M.:
Zur Problematik des Antennenwechsels auf GNSS-Referenzstationen,
zfv - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 4/2006 S. 171-175.
- [2] Dach, R., Hugentobler, U., Fridez, P., Meindl, M.:
User manual of the Bernese GPS Software 5.0. Astronomisches Institut der Universität Bern, 2007.
- [3] AdV: Abschlussbericht der Projektgruppe SA^{POS}[®]-Koordinatenmonitoring vom 16.12.2008
(interner Bericht).
- [4] Görres, B.: Ist das GNSS-Antennenproblem gelöst?
zfv - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 4/2010 S. 256-267.
- [5] Bauer, M.: Vermessung und Ortung mit Satelliten –
Globale Navigationssatellitensysteme (GNSS) und andere satellitengestützte Navigationssysteme
6. Auflage, Wichmann Verlag, 2011.
- [6] Drescher, R.: Präzise und echtzeitnahe Positionierung in einem Mixmode-GPS-Netz mit großen
Höhenunterschieden (Dissertation).
Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie der Technischen Universität Darmstadt, 2013.

Anschriften der Verfasser:

Darcy Böttner
Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation
Schaperstraße 16
65195 Wiesbaden
E-Mail: darcy.boettner@hvbh.hessen.de

Bernhard Heckmann
Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation
Schaperstraße 16
65195 Wiesbaden
E-Mail: bernhard.heckmann@hvbh.hessen.de

Theodor Müller
Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation
Schaperstraße 16
65195 Wiesbaden
E-Mail: theodor.mueller@hvbh.hessen.de

(Manuskript: Oktober 2014 / Mai 2015)

Zum 350. Todestag von Pierre de Fermat (1607 – 1665)

von Dipl.-Ing. Bernhard Heckmann, Niedernhausen

1 Einleitung

Am 12. Januar 2015 jährte sich der Todestag des berühmten französischen Mathematikers Pierre de Fermat zum 350. Male. Er wurde wahrscheinlich im November 1607 in der südwestfranzösischen Stadt Beaumont de Lomagne geboren. Die frühere Angabe, dass er bereits am 20. August 1601 geboren sei (siehe z.B. [3] Singh 2001), wurde durch neuere Recherchen widerlegt. Gestorben ist Fermat am 12. Januar 1665 in Castres, wo er zunächst in der Kapelle der Jakobiner beigesetzt wurde. Noch im selben Jahr überführten seine Söhne die sterblichen Überreste ihres Vaters in die Familiengrabstätte in der Kirche des Augustinerklosters in Toulouse. Diese Grabstätte wurde während der französischen Revolution zerstört. Das steinerne Epitaph Pierre de Fermats, welches sein ältester Sohn Clément-Samuel 1665 anfertigen ließ, ist allerdings erhalten geblieben. Es befindet sich im Fundus dieses ehemaligen Klosters, das heute ein Kunstmuseum ist. Die letzte Textzeile darauf lautet übersetzt: „Er verschied am 12. Januar 1665 im Alter von 57 Jahren“, womit auch das o.g. vermutete Geburtsdatum bestätigt wird. Nachfolgend ist Fermat auf dem allgemein bekannten Kupferstich von Francois de Poilly dem Älteren dargestellt (aus [4] Wikipedia).



Fermat beschäftigte sich, wie die meisten Wissenschaftler seiner Zeit, nicht hauptberuflich mit der Mathematik. Er war in erster Linie ein vielbeschäftigter und engagierter Richter am „Parlement de Toulouse“. So beschränkte sich sein mathematischer Einfluss im Wesentlichen auf seine Briefwechsel mit vielen bedeutenden Gelehrten seiner Zeit, u.a. mit René Descartes, Christiaan Huygens und Blaise Pascal. Andere Korrespondenzen, z.B. mit Galileo Galilei und Evangelista Torricelli, liefen indirekt über den Abt Marin Mersenne (nach dem die Mersenne-Primzahlen benannt sind) oder über seinen Jugendfreund Pierre de Carcavi.

Fermat wird, da er seiner mathematischen Leidenschaft nur aus privatem Interesse nachging, heute auch als „Fürst der Amateurs“ titulierte. Er weigerte sich zudem beharrlich, seine mathematischen Beweise zu veröffentlichen und gab sich mit dem schlichten Vergnügen zufrieden, in aller Ruhe neue mathematische Sätze zu postulieren (vgl. [3] Singh 2001).

Nach Fermats Tod bestand daher die Gefahr, dass seine Entdeckungen für immer verloren gehen könnten. Glücklicherweise hat sein ältester Sohn Clément-Samuel erkannt, dass die Liebhaberei seines Vaters von enormer Bedeutung war, weshalb er dessen mathematischen Nachlass gründlich aufarbeitete und 1670 veröffentlichte. Darunter fand sich eine ganze Reihe von mathematischen Sätzen, allerdings ohne nähere Erklärung oder nur mit Andeutungen des zugrundeliegenden Beweises versehen. Fermat lieferte gerade genug verlockende Einblicke in seine logischen Gedankengänge, um die Mathematiker davon zu überzeugen, dass er tatsächlich Beweise hatte, doch deren Ausarbeitung blieb als Herausforderung den späteren Kollegen überlassen. Zu den 1670 publizierten Teilen gehörte auch die von Pierre de Fermat kommentierte Ausgabe der „Arithmetik des Diophantos von Alexandria“, auf die in Abschnitt 3 nochmals kurz eingegangen wird.

2 Fermats Entdeckungen im Überblick

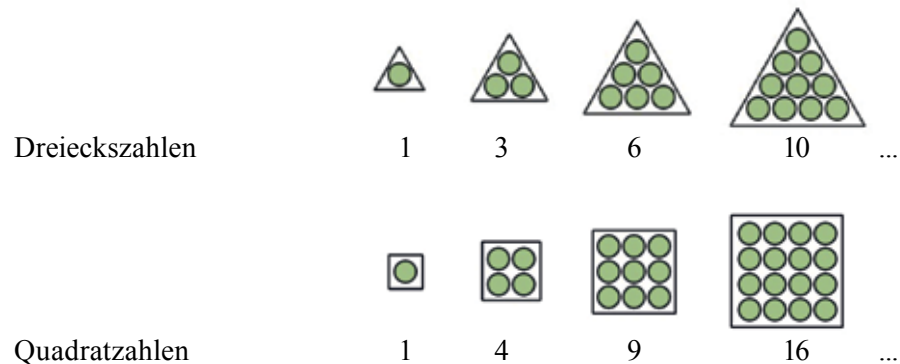
Fermat gilt heute als der bedeutendste Mathematiker der ersten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts, nicht zuletzt, weil er die moderne Zahlentheorie begründet hat. Er schuf mit Blaise Pascal die Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie (u.a. angeregt durch die Frage „Glück und Pech beim Würfelspiel“ eines französischen Adligen), entdeckte vor René Descartes (auf dessen Name heute die Bezeichnung „kartesische Koordinaten“ beruht) die Koordinatenmethode (das mathematische Handwerkszeug der Geodäten), wandte die Variationsrechnung praktisch an und forschte bereits auf dem Gebiet der Infinitesimalrechnung, die Newton und Leibniz später vollendeten. Sein Name ist heute mit vielen Begriffen verbunden, die überwiegend in der Mathematik und in der Zahlentheorie verwendet werden. Nachfolgend ist eine kleine Auswahl aufgelistet und kurz erläutert (aus [2] Conway/Guy 1997, [3] Singh 2001 und [4] Wikipedia):

- a) Das Fermat'sche Prinzip, das auch in der Geodäsie wohlbekannt ist. Darunter versteht man in der Physik den kürzesten Weg bzw. die schnellste Ankunft für den geometrisch-optischen Strahlenverlauf des Lichtes durch verschiedene optische Medien, z.B. Luft, Glas und Wasser. Der Lichtweg kann dabei gebrochen, gespiegelt oder (wie bei inhomogenen Medien wie der Atmosphäre) gekrümmt sein. Aus dem Fermat'schen Prinzip lassen sich das Gesetz der geradlinigen Ausbreitung im optisch homogenen Medium, das Bragg'sche Reflexionsgesetz, das Snellius'sche Brechungsgesetz und das Gesetz zur Umkehrbarkeit des Strahlenganges herleiten.
- b) Die Fermat'schen Zahlen F_n . Sie entstehen aus der Gleichung $F_n = 2^{2^n} + 1$ mit $n \geq 0$. Fermat vermutete, dass alle Fermatzahlen Primzahlen sind. Der berühmte Schweizer Mathematiker Leonhard Euler (* 15. April 1707, † 18. September 1783, u.a. bekannt durch die Eulersche Zahl $e = 2,718\ 281\ 828\ 459 \dots$, der Basis des natürlichen Logarithmus) wies 1732 nach, dass dies für die 6. Fermatzahl ($n = 5$) nicht mehr zutrifft, da sie durch 641 teilbar ist. Man kennt außer den ersten fünf keine weitere Fermat'sche Primzahl und vermutet, dass es auch keine weitere gibt.
- c) Der Fermat'sche Zwei-Quadrate-Satz, nach dem eine ungerade Primzahl p die Summe zweier Quadratzahlen (a^2 und b^2) ist, wenn die Bedingung $p = a^2 + b^2 = 4n + 1$ erfüllt ist. Als Beispiele seien hier angeführt: Für $n = 1$ ist $p = 5 = 1^2 + 2^2$. Für $n = 3$ ist $p = 13 = 2^2 + 3^2$. Für $n = 4$ ist $p = 17 = 1^2 + 4^2$.
- d) Nach Fermat lassen sich die Primzahlen p in zwei Arten einteilen: Die erste Art erfüllt die Bedingung $p = 4n + 1$ (mit n als natürliche Zahl), die zweite Art die Bedingung $p = 4n - 1$. Die 13 gehört der ersten Art an ($n = 3$), die 19 der zweiten Art ($n = 5$). Die erste Art lässt sich nach dem Fermat'schen Zwei-Quadrate-Satz (siehe c) immer als Summe zweier Quadratzahlen darstellen, die zweite Art dagegen nicht. Der Beweis dafür gelang wiederum Leonhard Euler im Jahr 1749.
- e) Der Kleine Fermat'sche Satz – ein Lehrsatz der Zahlentheorie für Primzahlen, der Folgendes besagt: Ist eine Primzahl p kein Teiler einer natürlichen Zahl n , so ist n^{p-1} immer um 1 größer als ein ganzes Vielfaches von p . Hierzu zwei Beispiele zur Veranschaulichung:

$p = 3$ und $n = 7$:	$7^2 = 49$	$49 - 1 = 48$ ist Vielfaches von 3
$p = 5$ und $n = 16$:	$16^4 = 65.536$	$65.536 - 1 = 65.535$ ist Vielfaches von 5

Aus dem „Kleinen Fermat“ ist auch der Fermat'sche Primzahltest abgeleitet. Dieser funktioniert allerdings nicht absolut. Es gibt sog. „Pseudoprimzahlen“, die den Fermat'schen Test zwar erfüllen, aber dennoch keine Primzahlen sind.
- f) Der Große Fermat'sche Satz (auch als „Fermats letzter Satz“ bekannt). Hierauf wird in Abschnitt 3 noch näher eingegangen.

- g) Der Fermat'sche Polygonzählensatz ist ein mathematischer Satz aus der Zahlentheorie. Er besagt, dass jede natürliche Zahl als Summe von höchstens n n -Eckszahlen (Polygonalzahlen) darstellbar ist. Eine Polygonalzahl ist eine Zahl, zu der es ein regelmäßiges Vieleck (gleichseitiges Dreieck, Quadrat usw.) gibt, das sich mit einer entsprechenden Zahl an Steinen legen lässt. Nachfolgende Skizzen sollen dies näher veranschaulichen:



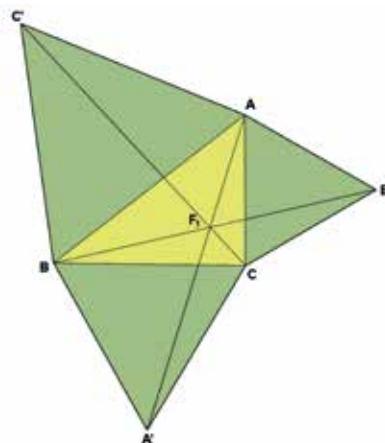
Die Polygonalzahlen folgen einem einfachen Bildungsgesetz, sie geben die fortlaufenden Summen der arithmetischen Folgen (beginnend mit 1) mit verschiedenen Zahlenabständen $d = 1, 2, 3, 4$ usw. an. Zwei Beispiele seien zum näheren Verständnis aufgeführt:

1. Dreieckszahlen ($d = 1$): Die arithmetische Folge lautet $1, 2, 3, 4, 5, \dots, n$. Die fortlaufenden Summen ergeben folgende Werte: $1, 3 (= 1 + 2), 6 (= 1 + 2 + 3), 10 (= 1 + 2 + 3 + 4), 15 \dots$

2. Quadratzahlen ($d = 2$): Die arithmetische Folge lautet jetzt: $1, 3, 5, 7, 9, \dots, 2n-1$. Die fortlaufenden Summen ergeben nun folgende Werte: $1, 4, 9, 16, 25, \dots$ d.h. die allseits bekannten Quadratzahlen. Auf diesem mathematischen Zusammenhang beruhte übrigens das Verfahren zum Wurzelziehen auf der mechanischen Brunsviga-Rechenmaschine.

Die weiteren Polygonalzahlen für n -Ecke ergeben sich entsprechend. Für Fünfecke ist $d = 3$, für Sechsecke ist $d = 4$, für ein n -Eck ist $d = n - 2$.

- h) Die beiden Fermat-Punkte eines Dreiecks (A-B-C). Der erste Fermatpunkt entsteht, indem man zunächst auf jede Dreiecksseite ein gleichseitiges Dreieck nach außen konstruiert (siehe nachfolgende Skizze). Die äußeren Punkte der gleichseitigen Dreiecke (A' , B' und C') verbindet man anschließend mit den jeweils gegenüber liegenden Ecken des ursprünglichen Dreiecks (A, B und C). Die drei Verbindungslinien schneiden sich in einem Punkt, dem ersten Fermatpunkt (F_1). Der zweite Fermatpunkt (F_2) entsteht analog, nur müssen die gleichseitigen Dreiecke zu Beginn nach innen konstruiert werden.



Soweit dieser kurze Überblick, es folgen nun einige Ausführungen zum „Großen Fermat'schen Satz“.

3 Fermats letzter Satz

Die größte Bekanntheit dürfte Fermat durch seinen „Großen Fermat’schen Satz“ erlangt haben, dessen unabhängiger Beweis anerkanntermaßen erst 1994/1995, also mehr als 300 Jahre nach seiner Postulierung, durch den britischen Mathematiker Andrew Wiles gelang. Die damit verbundene Geschichte wurde durch den bekannten Wissenschaftsautor Simon Singh im Buch „Fermats letzter Satz“ sehr spannend und mitreißend dargestellt ([3] Singh 2001). Der Große Fermat’sche Satz besagt:

Die diophantische Gleichung

$$a^n + b^n = c^n$$

hat für positive ganze Zahlen a, b, c und n mit $n > 2$ keine Lösung.

„Diophantische Gleichung“ bedeutet eine Polynomfunktion mit ganzzahligen Koeffizienten, in der ausschließlich ganzzahlige Lösungen gesucht werden. Der Name geht auf den griechischen Mathematiker Diophantos von Alexandria zurück, der wahrscheinlich um 250 nach Chr. gelebt hat und die bereits erwähnte „Arithmetika“ verfasst hatte.

Für $n = 1$ hat diese Gleichung ($a + b = c$) unendlich viele Lösungsmöglichkeiten.

Für $n = 2$ ($a^2 + b^2 = c^2$) stellen die bekannten pythagoräischen Zahlentripel (z.B. 3, 4, 5 oder 5, 12, 13 oder 8, 15, 17 oder jedes Vielfache davon) die ebenfalls im mathematischen Sinne unendliche Lösungsmenge dar.

Zwischen 1637 und 1643 hat Fermat seine berühmte Behauptung aufgestellt, dass es keine derartigen Zahlentripel für $n > 2$ gibt. Dies geht aus einer Randnotiz in seinem Exemplar der „Arithmetika des Diophantos von Alexandria“ hervor, die in ihrer deutschen Übersetzung wie folgt lautet:

„Es ist jedoch nicht möglich, einen Kubus (c^3) in 2 Kuben (a^3 und b^3), oder ein Biquadrat (c^4) in 2 Biquadrate (a^4 und b^4) und allgemein eine Potenz, höher als die zweite, in 2 Potenzen mit ebendenselben Exponenten zu zerlegen ($c^n = a^n + b^n$). Ich habe hierfür einen wahrhaft wunderbaren Beweis entdeckt, doch ist dieser Rand hier zu schmal, um ihn zu fassen.“

Da Fermats Handexemplar der „Arithmetika“ erst nach seinem Tod von seinem Sohn Clément-Samuel im Nachlass seines Vaters gefunden wurde und seine Randnotizen nicht datiert waren, lässt sich ein genaues Datum nicht feststellen. Es ist aber plausibel anzunehmen, dass Fermat zumindest den Fall $n = 4$ und vielleicht auch den Fall $n = 3$ gelöst hatte, bevor er sich zu seiner ebenso berühmten wie „leicht-sinnigen“ Bemerkung verlocken ließ. Daher ist als Entstehungsjahr eher 1641 als 1637 wahrscheinlich. Bekannt wurde dieser Satz jedenfalls erst nach seinem Tod durch die Publikation im Jahre 1670.

Dass Fermat einen Beweis für den Spezialfall $n = 4$ gefunden hatte, von dem er vielleicht glaubte, ihn verallgemeinern zu können, ist offenkundig, denn dieser Spezialfall ist eine leichte Folgerung aus dem von ihm explizit bewiesenen Satz: „Der Flächeninhalt eines pythagoräischen Dreiecks kann keine Quadratzahl sein“, den er inklusive Beweis an den Rand seiner Handausgabe der „Arithmetika“ geschrieben hat. Fermat besaß zudem die Mittel, den Fall $n = 3$ zu beweisen.

In ihrer Allgemeinheit blieb die Aussage bis Mitte der 1990er Jahre eines der berühmtesten ungelösten Probleme der Mathematik – Fermats Randnotiz „Ich habe hierfür einen wahrhaft wunderbaren Beweis entdeckt, doch ist dieser Rand hier zu schmal, um ihn zu fassen.“ hatte zuvor Generationen von Mathematikern den Schlaf geraubt. Erst im Herbst 1994 gelang es dem britischen Mathematiker Andrew Wiles, die Fermat’sche Vermutung zu beweisen ([3] Singh 2001). Sie wurde im Mai 1995 mit einem Beitrag von Richard Taylor publiziert. Daher wird dieser auch als Satz von Fermat/Wiles oder Satz von Wiles und Taylor bezeichnet.

Unsere geschätzte Leserschaft soll aber auch daran erinnert werden, dass Herr Dr. Helmut Sander aus Kassel bereits im Januar 1994 – also vor Andrew Wiles (!) – sein Manuskript „Ein vollständiger Kurzbeweis zum Fermat-Theorem“ verfasst hatte, welches im Heft 1/1994 der DVW-Mitteilungen Hessen/Thüringen veröffentlicht worden ist ([1] Sander 1994). Darin wurde „Fermat’s letzter Satz“ völlig andersartig bewiesen, auf ganzen vier Seiten. Bis heute hat die Schriftleitung der DVW-Mitteilungen Hessen / Thüringen keinerlei Rückäußerung erhalten, dass der damalige Kurzbeweis von Dr. Helmut Sander nicht korrekt geführt worden wäre ...

4 Schlussbemerkung

Pierre de Fermat hat als „Fürst der Amateure“ die Mathematik im 17. Jahrhundert stark beeinflusst. Nach der Aufarbeitung und Publikation seines mathematischen Nachlasses durch seinen Sohn wurden sehr viele mathematische Impulse gesetzt, von denen auch die Geodäsie profitiert hat. Seine zurückhaltende Art der Dokumentation seiner Beweise hat dazu geführt, dass sich nach Fermat noch viele namhafte Mathematiker mit seinen Behauptungen auseinander setzen mussten, bis der Beweis auch lückenlos geführt wurde. Zu den bekanntesten gehören Leonhard Euler und Carl-Friedrich Gauß. Ungeachtet dessen ist der Name Fermat in vielen mathematischen Begriffen bis heute erhalten geblieben und erinnert somit nachhaltig an dessen fruchtbares Wirken.

Quellenangaben

[1] Helmut Sander: Ein vollständiger Kurzbeweis zum Fermat-Theorem
DVW-Mitteilungen Hessen/Thüringen, Heft 1/1994, S. 18-21.

[2] John H. Conway und Richard K. Guy: Zahlenzauber
Birkhäuser-Verlag 1997. ISBN 978-3-7643-5244-8.

[3] Simon Singh: Fermats letzter Satz
6. Auflage März 2001. Deutscher Taschenbuchverlag GmbH & Co. KG, München. www.dtv.de.
Druck und Bindung: C. H. Beck’sche Buchdruckerei, Nördlingen. ISBN 3-423-33052-X.

[4] Wikipedia, die freie Enzyklopädie, zu Pierre de Fermat: www.wikipedia.org (zuletzt besucht am 30. Mai 2015).

Anschrift des Verfassers:

Bernhard Heckmann
Am Schäfersberg 81
65527 Niedernhausen
E-Mail: B-P.Heckmann@online.de

(Manuskript: Mai 2015)

Tag des Grenzsteins 2015 im Forsthaus Willrode

Das Forstamt Erfurt-Willrode und der Förderverein Forsthaus Willrode luden am 22. Februar 2015 gemeinsam mit dem Thüringer Landesverein des Deutschen Vereins für Vermessungswesen zu einem offenen Forsthaussonntag und zum „Tag des Grenzsteins“ in das historische Forsthaus am Stadtrand von Erfurt ein. Anders als im Jahr 2013 gab es diesmal keinen Wintereinbruch, dafür aber eine kleine Umleitung von ca. 15 km; Strafe für diejenigen, die alle Hinweise in den Medien ignorierten und über Egstedt zum Forsthaus wollten. Zumindest landschaftlich war die Umleitung über Werningsleben, Riechheim und Hohenfelden allerdings sehr ansprechend. Schließlich fanden ungefähr 30 Interessierte den Weg nach Willrode. Wie im Jahr 2013 waren ein Vortrag zum Thema „Grenzsteine“ sowie im Anschluss ein kleiner Treff im Lapidarium und eine Gemarkungswanderung geplant.

Nach einer kurzen Begrüßung durch die Schatzmeisterin des Landesvereins Thüringen, Frau Koch, übernahm Herr Ulrich Rüger das Wort. Als ehemaliger Leiter des Katasteramtes in Neuhaus am Rennweg ist seine Verbundenheit zu Grenzsteinen kein Wunder. Im Vortrag stellte er die verschiedenen Schwerpunkte seiner Arbeiten vor. Das Team um Herrn Rüger beschäftigt sich neben dem Pläncknerschen Rennsteig (Thüringer Rennsteig) auch mit Grenzsteinen am Grenzweg Saarpfahl/Siegmundsburg bis Blessberg, an der ehemaligen innerdeutschen Grenze (Thüringen/Bayern) sowie an der Grenze Sachsen/Böhmen.



Bild 1: Ulrich Rüger am Beginn seines Vortrags zur Thüringisch-Bayerischen Grenze

Doch heute sollte es um die Grenzen und Steine an der thüringisch-bayerischen Grenze gehen. Um diesen Geheimnissen auf die Spur zu kommen, wurden Kontakte zu den Landesvermessungsbehörden beider Freistaaten, zu Staatsarchiven (z.B. in Bamberg – welches die meisten Unterlagen besitzt), zu Vereinen, Privatpersonen, Museen und den dortigen Städten und Gemeinden gesucht und gepflegt. Besonders erwähnt wurde das Polizeiarchiv in Ludwigsstadt, welches besonders viele Nachweise über die sogenannte „Unrechtsgrenze“ führt. Dort wurden z.B. sämtliche Grenzbefestigungsmaßnahmen und auch erfolgte Fluchtversuche dokumentiert, die heute eine gute Quelle zur Erforschung der ehemaligen innerdeutschen Grenze bilden.

Die erste nachgewiesene Grenzbeschreibung wurde im Jahr 1071 im südlichen Bereich des Benediktinerklosters Saalfeld erwähnt. In diesem Jahr übereignete Erzbischof Anno II. den Stift an die Benediktinermönche aus den Reformabteien St. Michael auf dem Sieberg. Natürliche Gegebenheiten wie Bergrücken, Gewässer und Waldgebiete bildeten im Mittelalter die Grenzen¹. Da es immer wieder zu Streitigkeiten an solchen Grenzen kam, wurde es erforderlich, diese genauer festzulegen. Dabei ging es u.a. um Rechte bei Jagd, Holz, Weiden und Bergbau. Die Grenzen wurden mit Grenzsteinen markiert (Versteinung) und sollten dadurch unverrückbar festgelegt sein. Die Fürsten demonstrierten mit diesen Grenzsteinen, z.B. am „Schönwappenweg“, ihre Macht und ließen ihre Wappen in die Steine gravieren. Aber auch markierte Bäume dienten zur Kennzeichnung des Grenzverlaufes. Später erhielten die Grenzsteine fortlaufende Nummern, die noch bis heute ihre Gültigkeit haben. Auf einer Strecke von etwa zwei Kilometern Länge befinden sich auf diesem Teilstück des Rennsteigs wappengeschmückte Grenzsteine aus den verschiedenen Jahrhunderten. Diese schönen Grenzsteine veranlassten die Gründer des Rennsteigvereins am Ende des 19. Jahrhunderts den Weg so zu benennen².

In den folgenden Jahrhunderten gab es immer wieder Erwähnungen von Besitzübertragungen, Schiedssprüchen und Schlichtungen. Im Jahr 1417 erfolgte z.B. ein Schiedsspruch zwischen dem Bamberger Bischof und dem Landgrafen von Thüringen und Markgrafen zu Meißen. Dabei gab es auch den ersten Nachweis einer Versteinung der Grenze.

Kartographisch interessant wurde es im 16. Jahrhundert, als der Atlas vom Patrizier Paul Pfinzing d. Ä. entstand. Dabei handelt es sich um ein aufwendig koloriertes Kartenwerk. Es besteht aus 29 handgezeichneten und vier gedruckten Blättern aus der Zeit von 1588 bis 1598. Die meisten Darstellungen stammen von Pfinzing selbst, der sich u.a. der Landvermessung verschrieben hatte. Im Atlas befinden sich neben den Karten des Amts Neumarkt/Oberpfalz auch solche vom Thüringer Wald³.

Herr Rüger zeigte auch die ersten geometrischen Risse aus dem Jahr 1599 des Amtes Teuschnitz von Peter Zweidler, in denen die in den folgenden Jahren erfolgten Versteinungen grafisch dargestellt sind. Im Bereich der Zollerhebung zwischen den Kleinstaaten wurden besonders an Passstraßen die „Geleitsteine“ errichtet. Ein schönes Beispiel ist der Coburger Geleitstein aus dem Jahr 1720. Das Geleit war im Mittelalter ein finanziell ertragreiches königliches Hoheitsrecht. Meist gelangten diese Hoheitsrechte mit der Zeit in den Besitz der Landesherren. Im Mittelalter gab es sogar einen Geleitzwang, d.h. die Reisenden waren gezwungen, bestimmte Straßen zu benutzen, wobei jeweils beim Übergang von einem Gebiet in das benachbarte in einem bestimmten Ort das Geleit gewechselt und somit ein Zoll fällig wurde. Geleitsfreiheit gab es nur in wenigen Ausnahmefällen, z.B. für Kaufleute, die einen neu gegründeten Markt besuchen wollten.

Als ein Ergebnis des Reichsdeputationshauptschlusses erfolgte im Jahr 1803 ein Tauschvertrag zwischen dem Königreich Preußen und Chur-Bayern für einige Ländereien und Reichsstädte. Dies hatte zur Folge, dass sämtliche jetzt zu setzenden Grenzsteine die Bezeichnung KB für Königreich Bayern erhielten. In den darauf folgenden Jahren kam es zur Entwicklung des Katasters in diesem Bereich. So

¹ Wikipedia

² Tourist-Information Ludwigsstadt

³ Wikipedia

wurden im Zeitraum ab 1845 die ersten Register über erfolgte Abmarkungen in den Amtsbezirken erstellt. Diese beinhalteten u.a. den Zeitraum der Versteinung und die Art der Abmarkungen. Im Bereich der thüringisch-bayerischen Grenze gab es ab diesem Zeitraum jährlich stattfindende Grenzbegehungen und/oder -bereitungen, die der Instandhaltung der vormals festgestellten Grenze dienten. Mit Gründung des Deutschen Kaiserreiches 1871 wurde zum großen Teil die Kleinstaaterie abgeschafft, das hieß aber auch, dass viele der Grenzsteine überflüssig wurden und somit entfernt wurden. 1935 wurde z.B. am „Schönwappenweg“ der letzte Grenzstein gesetzt.

Nach Kriegsende 1945 und dem Ende des Dritten Reiches entstand die innerdeutsche Grenze zwischen der BRD und der DDR. Seit dem Jahr 1952 verschärfte die DDR auf ihrer Grenzseite die Abriegelung. Diese Grenze war durch viele Unrechtstaten geprägt, wie z.B. den Abbruch von Gehöften, Zwangsumsiedlungen etc. Herr Rüger veranschaulichte diese Taten durch Bilddokumente z.B. aus dem Raum Rottenbach in der Gemeinde Judenbach. Hier befand sich die Staatsgrenze in der Mitte des Flusses Tettau. Weitere Dokumente liegen aus Christiansgrün vor. Besonders in Erinnerung ist der Abriss des Anwesens Pürzel geblieben, da hier im Anschluss die Familie Pürzel getrennt wurde. Einem Familienmitglied gelang die Flucht nach Bayern nicht mehr, da es den Abriss der Gebäude noch verhindern wollte. Trotz allem gab es aber auch gemeinsame Grenzvermessungen (beschlossen im Jahr 1972), deren Bearbeitung durch Vermesser beider Seiten sehr unbürokratisch vonstattenging. Herr Rüger erwähnte insbesondere die sehr gute Zusammenarbeit der Messtrupps. Dabei wurde jeder Grenzabschnitt, je nach Länge, nochmals in sogenannte Grenzzüge aufgeteilt. Die von Herrn Rüger untersuchten Grenzzüge in Thüringen liefen unter der Nummerierung 50a - 55a. Historische Grenzsteine wurden vielfach durch Granitsteine ersetzt. Dabei kam es auch zur Doppelvermarkung. Die Steine auf Seiten der BRD enthielten aber nicht den Schriftzug „DDR“, da diese nicht als eigenständiger Staat anerkannt war. Im Bereich südwestlich von Lehesten ergab die Neuvermessung der innerdeutschen Grenze (am „Schönwappenweg“) in den Jahren 1973 und 1976, dass die Grenze an dieser Stelle schon mit Grenzsteinen markiert war, so dass es lediglich einer Überprüfung und teilweisen Erneuerung oder Ergänzung dieser Markierung bedurfte. Der Grenzverlauf wurde nicht geändert und die aufgefundenen alten Grenzsteine, insbesondere die alten Wappensteine, behielten ihre Grenzpunktfunktion. Die vonseiten der BRD erfolgte Dokumentation der Grenzsteine fand bis in die 80iger Jahre statt, dabei wurden die Wappensteine saniert. Mit dem Mauerfall von 1989 wurden die Grenzanlagen abgerissen und beseitigt. Das Team um Herrn Rüger kümmert sich auch heute noch um die Aktualisierung der Erfassung der Grenzsteine an der ehemaligen innerdeutschen Grenze. Wer zum Rennsteig und den dort vorhandenen Grenzsteinen noch weitere Informationen wünscht, kann sich gerne auf der Internetseite www.rennsteig-rueger.de umschaauen.

Nach diesen vielen Informationen zum Thema Grenzsteine nutzten die Gäste die Möglichkeit, sich im Lapidarium des Forsthauses Willrode mit den dort ausgestellten Steinen vertraut zu machen. Vereinsmitglied Thomas Werneburg erläuterte die Anlage und ging dabei auch auf die Untervermarkungen ein. Verschiedene Exemplare solcher Untervermarkungen zeigte er den Anwesenden. Auf der sich anschließenden kurzen Gemarkungswanderung wurde u.a. das Flurbereinigungsverfahren Erfurt-West erläutert. Hier wurden im Rahmen der Feststellung der Verfahrensgrenze Gemarkungssteine als Grenzpunkte aufgefunden. Diese Steine begrenzen heute Flurstücke, Fluren und Gemarkungen; früher trennten sie jedoch zwei Herzogtümer. Zugleich treffen hier auch zwei Jagdbezirke aufeinander. Leider ließen das Wetter und der Zustand der Wege keine weitergehende Wanderung zu.

Diana Leischner vom Forsthaus Willrode erläuterte auf dem Rückweg zum Forsthaus die forstwirtschaftlichen Aspekte. Sie verdeutlichte die Unterschiede von Niederwald, Hochwald und Mittelwald. Im Mittelalter wurden die Waldbereiche (Steiger und Willrode) von der Stadt Erfurt als einzige nahegelegene Energiequelle genutzt. Die Wälder dienten der Beibringung von Holz zum Verfeuern (Niederwald). Bauholz für die damals erblühende Stadt musste aber aus dem Thüringer Wald (Hochwald) geholt werden. Beide Arten von Wald unterscheiden sich in der Dauer des Wachstums, die für die Bäume zur Verfügung steht. Fragen zum Entstehen von Monokulturen wurden ebenso beantwortet wie das Zeigen einzelner Baumarten, die in den Wäldern von Willrode stehen. Anschließend erklärte Frau

Leischner für die Interessierten die Entstehung des Forsthauses (Gutshof des Neuwerksklosters Erfurt, Jagdschloss) und seiner Umgebung.



Bild 2: Thomas Werneburg erläutert den Besuchern Grenzsteine und Flurbereinigung in der Örtlichkeit

Nach all diesen Informationen hatten sich die Beteiligten ihre Wildrostbratwurst oder den Wildschweinbraten mit Klößen in der Backstube redlich verdient. Ein Dank zum Schluss an all diejenigen, die zum Gelingen dieser Veranstaltung beigetragen haben.

Katharina Koch, Erfurt

400 Jahre geodätische Triangulation

In diesem Jahr soll aus besonderem Anlass an Snellius, den Begründer des geodätischen Triangulationsverfahrens, erinnert werden.

Snellius hieß eigentlich Willebrord Snell van Royen (auch: Willebrord van Roijen Snell). Er wurde am 13. Juni 1580 in Leiden (auch: Leyden, damals Spanische Niederlande) geboren und starb dort am 30. Oktober 1626 an einer Kolik.

Snellius führte 1614/1615, also vor genau 400 Jahren, eine systematische Dreiecksvermessung zwischen Bergen op Zoom und Alkmaar in den Niederlanden durch (siehe Abbildung auf Seite 39). Damit etabliert er die Triangulation als ketten- oder flächenförmiges Verfahren der geodätischen Punktbestimmung.

Ziel dieser Triangulation war eine neue Bestimmung des Erdumfangs, womit dieses klassische Problem der Erdmessung auch in Europa aufgegriffen wurde. Snellius vermaß in einem astronomisch orientierten Netz aus 33 Dreiecken den Abstand zwischen Alkmaar im Norden (Breite $52^{\circ} 38'$) und Bergen op Zoom im Süden (Breite $51^{\circ} 30'$), die in etwa auf dem gleichen Längengrad lagen. In der Nähe von Leiden bestimmte er mit Holzplatten eine Basislinie, deren Länge er durch ein Vergrößerungsnetz auf die Dreiecksseite Leiden (Rathaus) – Den Hague (Jacobstoren) übertrug. Für die Winkelmessung benutzte Snellius einen Kupferquadranten.

Über dieses Dreiecksnetz, das er mit Formeln der ebenen Trigonometrie auswertete, ermittelte er die Entfernung zwischen Alkmaar und Bergen op Zoom. Diese projizierte er dann auf den Meridian durch Leiden (siehe Abbildung auf Seite 39, rote Linie) und erhielt aus der astronomisch bestimmten Breiten-differenz beider Endpunkte für 1° Breitenunterschied eine Meridianbogenlänge von 107,3 km. Durch dieses Verfahren gelang ihm mit einem Ergebnis von 38.640 km eine ziemlich genaue Bestimmung des Erdumfangs.

Snellius veröffentlichte seine Arbeiten und Ergebnisse 1617 in Leiden unter dem Titel „Eratosthenes Batavus (Holländischer Eratosthenes) - de terrae ambitus vera quantitate“. Der Bezug auf den berühmten Eratosthenes, auf den die erste Bestimmung des Erdumfangs um 230 v.Chr. zurückgeht, zeigt, dass ihm die große Bedeutung seines Unternehmens durchaus bewusst gewesen ist. Es ist gleichzeitig die erste dokumentierte geodätische Triangulation, die nunmehr ihren 400. Jahrestag begeht.

Das Triangulationsprinzip des Snellius hat sich danach über 300 Jahre lang bewährt. Es wurde in dieser langen Zeit permanent verfeinert und weiterentwickelt, blieb aber in seinen Grundlagen unverändert. Die Ablösung des Triangulationsverfahrens gelang erst ab ca. 1950 mit der Entwicklung der elektronischen Entfernungsmessung, die den Aufbau von Trilaterationsnetzen und kombinierten Richtungs- und Streckennetzen ermöglichte. Inzwischen ist auch dieses Verfahren durch die räumlichen satellitengestützten Vermessungsverfahren zurückgedrängt worden.

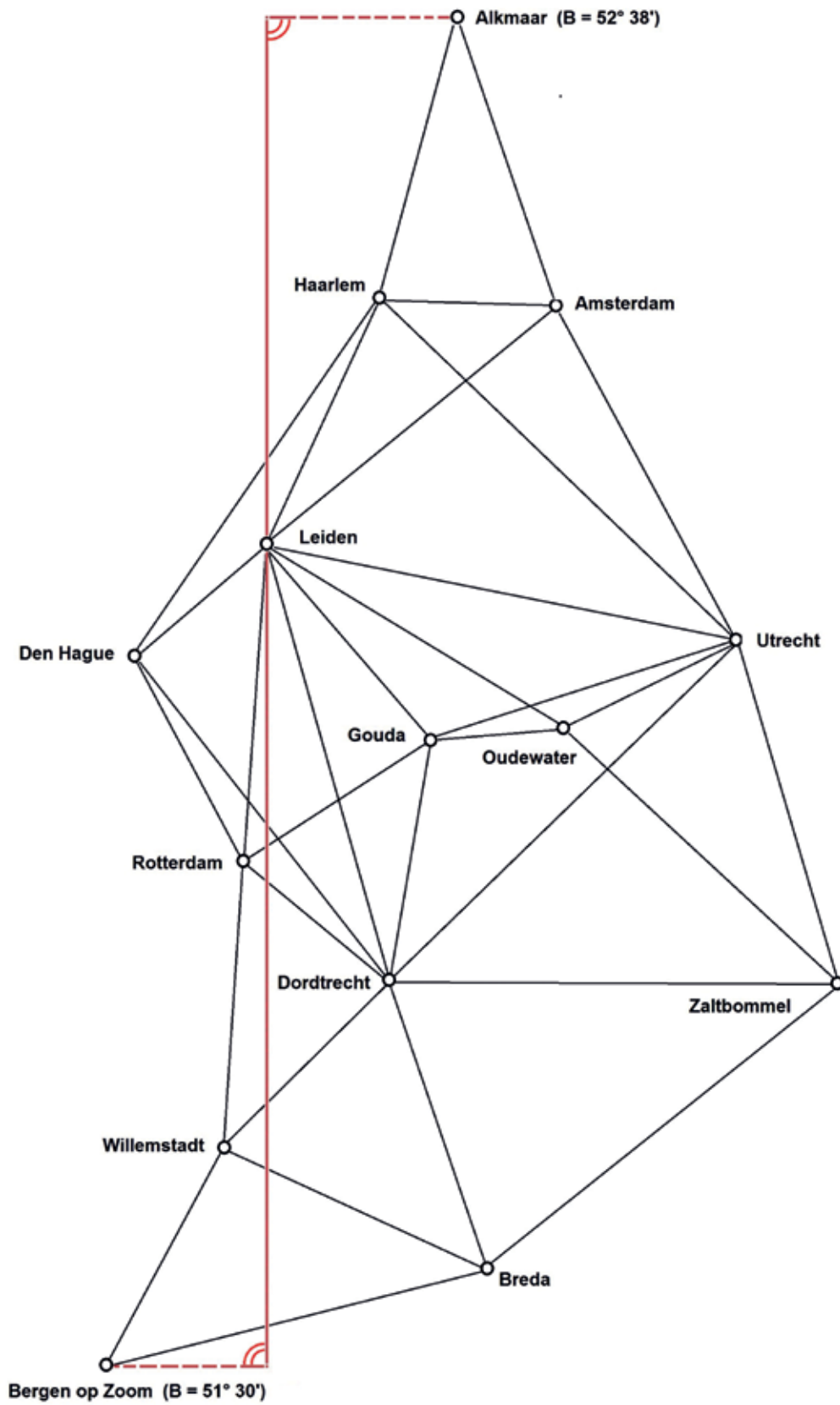
Quellen

[1] Volker Bialas: Erdgestalt, Kosmologie und Weltanschauung
Verlag Konrad Wittwer KG, Stuttgart 1982, ISBN 3-87919-133-6 kart.

[2] Wolfgang Torge: Geschichte der Geodäsie in Deutschland
2. Auflage 2009. Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, Berlin. ISBN 978-3-11-020719-4.

[3] Wikipedia, die freie Enzyklopädie, zu Willebrord van Roijen Snell: www.wikipedia.org (zuletzt besucht am 30. Mai 2015)

Bernhard Heckmann, Niedernhausen



Das Triangulationsnetz von Snellius aus 1614 / 1615

Bericht über die Studienreise einer Delegation aus der Russischen Föderation nach Hessen zu Themen der Immobilienbewertung und -finanzierung, Raumplanung, Städtebaurecht und Geodaten

Vom 01.05.2015 bis zum 09.05.2015 war auf Einladung von Prof. Dr. Fabian Thiel / Frankfurt University of Applied Sciences (Fb1, Studiengang Geoinformation und Kommunaltechnik) eine Gruppe von Immobilienbewertern, Geodäten und Stadtplanern aus verschiedenen Städten der Russischen Föderation in Frankfurt am Main zu Gast. Delegationsleiter war Prof. Dr. Nikolai Volovich, Direktor der Firma „Institut Otsenki“, einer privaten Immobilienbewertungsfirma mit zahlreichen Filialen in der Russischen Föderation. Zusätzlich nahmen auch die Vize-Ministerin des (föderalen) Ministeriums für Wohnungsbau und Stadtplanung, Frau Natalia Antipina, sowie zwei Abteilungsleiterinnen des Stadtplanungsamtes Moskau an der Studienreise teil. Die Programmkoordination und Betreuung der Delegation oblag Herrn Prof. Dr. Fabian Thiel.

Am 04.05.2015 erhielt die Gruppe zunächst beim Regionalverband FrankfurtRheinMain von Frau Dipl.-Ing. Sabine Richter einen umfassenden Überblick über das Planungssystem in Deutschland in Bezug auf Raumplanung und Fachplanung, mit besonderem Fokus auf die gemeinsame Regionalplanung Frankfurt-Rhein Main. Weitere Themen waren aktuelle Planungserfordernisse und Herausforderungen wie beispielsweise das „Flächensparen“ (angestrebt sind 2,5 ha pro Tag in Hessen) und die Windenergie. Am Nachmittag gaben Herr Dipl.-Ing. Michael Debus und Frau Dipl.-Ing. Christine Helbach von dem Gutachterausschuss für Immobilienwerte (GAA) für den Bereich der Stadt Frankfurt/Main einen wie stets souveränen und tief gehenden Einblick in Aufbau und Funktionsweise des GAA, in die jüngste Entwicklung des Frankfurter Immobilienmarktes sowie hinsichtlich der Auswirkung von Fluglärm auf die Grundstückswerte.

Am 05.05.2015 hatte die Gruppe in den Räumlichkeiten der Frankfurt University of Applied Sciences einen hochkarätigen Referenten zu den Themengebieten Haftung des Immobiliengutachters, Übersicht über die ImmoWertV sowie zur Grundstücksbewertung im Besonderen Städtebaurecht (Ausgleichs- und Entschädigungsleistungen im Sanierungsrecht) zu Gast: Herrn Prof. Dipl.-Ing. Wolfgang Kleiber. Am Nachmittag gab Frau Dipl.-Ing. Petra Dietrich (Leiterin Immobilienbewertung der Bremer Kreditbank AG, Filiale Frankfurt) einen Einblick in die Immobilienbewertung aus Sicht einer international agierenden Bank. Insbesondere ging Frau Dietrich auf die Beleihungswerte im Rahmen des bankinternen Risikomanagements und auf die Bewertung „kritischer“ Darlehen (sog. non-performing loans) ein. Der Mittwoch, 06.05.2015, stand im Zeichen des Hessischen Landesamtes für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG). Bei diesem Termin gaben die Referenten Dipl.-Ing. Uwe Mattler, Dipl.-Ing. Michael Sterz und M.Sc.(GIS) Dipl.-Ing. (FH) Karsten Spilker einen ausführlichen Überblick zu Aufbau und Aufgaben des HLBG, zum Geoportal Hessen und zu Geodaten online, zum Liegenschaftskataster und Immobilienpreiskalkulator (IPK). Zahlreiche Nachfragen der fachlich sehr interessierten und aufgeweckten Delegation sorgten dafür, dass der anvisierte Zeitrahmen für den Besuch um ein Mehrfaches überschritten wurde (dies galt im Übrigen für fast alle Stationen dieser Studienreise).



Besuch des HLBG (linkes Bild) und Gruppenfoto mit Prof. em. Dr. Hartmut Dieterich (rechtes Bild)

Am Donnerstag, 07.05.2015, referierte der zweite prominente externe Gast: Prof. em. Dr. Hartmut Dieterich hatte sich auf die Reise von Schleswig-Holstein nach Frankfurt gemacht. Für mich persönlich war das Wiedersehen mit Herrn Dieterich, den ich fachlich und menschlich sehr schätze und von dem ich viel gelernt habe, ein echter Höhepunkt. Herr Dieterich trug zu dem Komplex Enteignung und Enteignungsentschädigung – dies war für die Gäste aus der Russischen Föderation von besonderem Interesse – sowie zu städtebaulichen Verträgen vor und gab zudem einen „Schnellkurs“ in Sachen Baulandumlegung.

Den letzten Tag der Studienreise, 08.05.2015, beschloss Herr Baudirektor Werner Buch, Stadtplanungsamt Frankfurt (Abteilung Äußere Stadt), mit einem fachkundigen und wohltuend ironischen Einblick in die Feinheiten des Planungs- und Städtebaurechts in Deutschland. Er fokussierte hierbei auf die Planungshierarchie und präsentierte die Entwicklung des Riedbergs als Raumbeispiel für eine städtebauliche Entwicklungsmaßnahme. Die Bilanz dieser m. E. nach originellen und anregenden Studienreise kann sich sehen lassen. Die Gäste waren durchweg gut vorbereitet und interessiert. Möglicherweise konnte hier der Grundstein für eine Zusammenarbeit und einen weiterführenden Austausch gelegt werden.

Prof. Dr. Fabian Thiel, Frankfurt am Main
Frankfurt University of Applied Sciences (FRA-UAS)
Fb1 – Architektur, Bauingenieurwesen und Geomatik
Studiengang Geoinformation und Kommunaltechnik

„Vive la joie – es lebe die Freude“

Am Pfingstsonntag, dem 23. Mai 2015, ist in dem im äußersten Südwesten der Landeshauptstadt Erfurt gelegenen Schloss Molsdorf die Ausstellung "Graf von Gotters „Erdenwinkel“ – eine geodätische Spurensuche in Molsdorf und Umgebung" eröffnet worden. Etwa 50 Interessierte – Geodäten und „Fachfremde“ – hatten sich um 10 Uhr im von der Stiftung Thüringer Schlösser und Gärten als „Schloss des Jahres 2015“ ausgezeichneten spätbarocken Gebäude eingefunden.



Bild 1: Das Auditorium im historischen Ambiente des Schlosses Molsdorf

Dirk Mesch, Vorsitzender des DVW Thüringen, eröffnete die Ausstellung und übergab anschließend das Wort an Herrn Professor Kai Uwe Schierz, Direktor der Kunstmuseen Erfurt. Dieser bereicherte die Gäste mit vielen Informationen zu Gustav Adolph Graf von Gotter, dessen Berufung hauptsächlich die eines Diplomaten mit vielen Verbindungen in die höfischen Kreise war. Als ehemals Bürgerlicher gelang Graf von Gotter der Aufstieg zum Reichsfreiherrn und später auch zum Reichsgrafen. 1734 erwarb er Schloss Molsdorf für ca. 35.000 Taler und ließ seinem Wunsch nach einem eigenem „Sabinum“ freien Lauf. Dem römischen Dichter Horaz folgend, dessen in seinen Werken oft erwähntes Landhaus diesen Namen trug, wollte er sich einen Ruhesitz schaffen – weit weg von dem Parkett der Diplomaten. Am Hauptportal findet man noch heute den Spruch von Horaz, der dieser Ausstellung den Namen gab:

„HICCE TERRARUM MIHI PRAETER OMNES ANGULUS RIDET“

Dieser ERDENWINKEL lacht mir vor allen (anderen) zu.

Der Bogen zum Berufsbild des Geodäten spannte sich mit den ersten Flurplänen aus dem Jahr 1722, welche heute im Staatsarchiv in Gotha liegen. Diese dienten als Grundlage für den Notarvertrag. Weitere Vermessungen folgten, da es immer wieder zu Rechtsstreitigkeiten kam. Gotter selbst unternahm bereits erste Schritte einer Flurbereinigung. Nach dem Erwerb des Gutes Dietendorf versuchte er meh-

rere Flurstücke von Molsdorf mit denen von Dietendorf zu vereinigen. Aber er scheiterte an den Bauern von Molsdorf, so dass er später das Gut Dietendorf wieder verkaufen musste. Herr Professor Schierz verwies auf die in der Sonderausstellung ausliegenden historischen Karten sowie die Pläne der Flurbereinigung, die einen guten Vergleich zwischen dem Siedlungsraum von damals und heute zulassen.



Bild 2: Professor Kai-Uwe Schierz (2.v.l.) erläutert unter anderem den Herren Dirk Mesch (links), Mathias Geßner und Uwe Köhler (4. und 5.v.l.) Leben und Wirken des Grafen von Gotter

Herr Uwe Köhler, Präsident des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation, ging bei seiner Begrüßung der Anwesenden kurz auf die Eigentumsentwicklung im Bereich von Molsdorf ein. Anhand von historischen Rissen, u.a. aus dem Jahr 1906, ist es möglich, sich die ursprüngliche Form des Parks vor Augen zu führen. So ist in den vorliegenden Luftbildaufnahmen von 2011 zu erkennen, wie der Ehrenhof im Rahmen der Dorferneuerung wieder hergestellt wurde.

Der Leiter des Amtes für Landentwicklung und Flurneuordnung Gotha, Mathias Geßner, betonte in seiner Ansprache die Auswirkung der Flurbereinigung als aktive Landentwicklung durch Bodenordnung im Gebiet von Molsdorf. Gerade bei der Landentwicklung komme es auf die vermittelnde Rolle der Geodäten an. Das im Jahr 1997 angeordnete Flurbereinigungsverfahren hat auch auf das Schloss Auswirkungen gehabt. Im Rahmen der Flurbereinigung wurden Ausbaumaßnahmen in Höhe von ca. 600.000 Euro vorgenommen. Nach Abschluss des Wegebbaus befindet man sich zurzeit in der Phase des Planwunschtermins. Dieser dient der Umsetzung der Zuteilungswünsche der Beteiligten des Verfahrens und bedarf der unterstützenden Rolle der Sachbearbeiter, egal ob Geodät oder Agraringenieur, denn hierbei soll eine zweckmäßige Neueinteilung des Grundbesitzes erreicht werden.

Im Anschluss ging es zur Sonderausstellung in das Turmzimmer. Auf dem Weg dorthin kann Molsdorf in historischen topografischen Karten betrachtet werden, z.B. der Müfflingschen Eilaufnahme von 1820-1823. Es bestand auch die Gelegenheit, sich eine denkbare Uniform des Freiherrn von Müffling am lebenden Beispiel anzuschauen. Neben Katasterunterlagen des 19. und 20. Jahrhunderts werden

auch alte Vermessungsinstrumente gezeigt. Weiterhin sind anhand von Luftbildern die Auswirkungen der Kollektivierung der Landwirtschaft zu sehen. Ein Plakat aus dem Jahr 1945 verdeutlicht diese anschaulich.



Bild 3: Blick in die Ausstellung mit vielen historischen Vermessungsgeräten

Es war eine sehr gelungene Eröffnung der Ausstellung, die noch bis zum 14. Juni 2015 in Molsdorf besichtigt werden kann und die einmal in ganz anderem Rahmen die Ergebnisse von geodätischen Arbeiten der Öffentlichkeit nahebringt.

Katharina Koch, Erfurt

Buchbesprechungen

Rixner, F. / Biedermann, R. / Steger, S. (Hrsg.)

Systematischer Praxiskommentar BauGB/BauNVO

2., aktualisierte Auflage 2014, 1.744 Seiten, Hardcover, Preis 128,00 EUR.
Bundesanzeiger Verlag Köln. www.bundesanzeiger-verlag.de. ISBN 978-3-8462-0058-2

Wenn an einem einheitlichen Kommentar mehr als 30 Fachautoren unterschiedlichster Disziplinen beteiligt sind, besteht stets die Gefahr der Uneinheitlichkeit, der mangelnden Harmonisierung des sprachlichen Stils, vielleicht aber auch ein – aus wissenschaftlicher Sicht zu begrüßender – Widerspruch der Meinungen der Bearbeiter. Interessenten an dieser 2. Auflage des Praxiskommentars zum Baugesetzbuch (BauGB) und zur Baunutzungsverordnung (BauNVO) können aber beruhigt sein. Durch die konsequente Konzentration auf die wesentlichen Tatbestandselemente, Bedingungen, Fallstricke und Rechtsfolgen der BauGB-, BauNVO-, und ImmoWertV-Normen (ImmoWertV = Immobilienwertermittlungsverordnung) ist diese Publikation in der Tat ein Praxiskommentar im besten Wortsinne. Eine derart geschickte Kombination von Baurecht und Immobilienbewertung in einer einheitlichen, gesetzssystematischen Kommentierung wie hier gibt es in vergleichbarer Form und Qualität nicht auf dem Publikationsmarkt.

Die Co-Autoren, eine interessante Mischung aus Juristen, Architekten und Stadtplanern, haben sich der Mühe der Aktualisierung und Strukturierung der unübersichtlichen Rechtsprechung unterzogen (wie gesagt, ohne die Fußnoten dabei zu überfrachten) und sind auch der durch die Voraufgabe eingeübten Praxis treu geblieben, „Checklisten“ und zielführende Praxishinweise einzubinden. Dem Vorwort von Lutz Heese kann ich mich vorbehaltlos anschließen, dass man gespannt sein darf, wann sich der Gesetzgeber an eine große Reform des BauGB und insbesondere der kaum mehr zeitgemäßen BauNVO wagt, um Probleme zu bewältigen, die das Zusammenleben der Menschen in den Agglomerationen mit sich bringt und die die unterschiedlichen Bedürfnisse der Beteiligten in Gemengelagen widerspiegeln. Bis es aber soweit ist, haben die in (Stadt-)Verwaltungen, Planungsbüros und auch Grundstücksbewertungsunternehmen tätigen Fachleute mit diesem klaren, wohlthuend strukturierten, gut verständlichen Kommentar einen guten Steuermann durch die Untiefen des Städtebaurechts zur Hand.

In der Planungspraxis ist das Buch fast ohne Einschränkung gut verwendbar, auch wenn man sich zu der einen oder anderen insbesondere jüngst novellierten Vorschrift etwas ausführlichere, tiefer dringende, möglicherweise auch kontroverse Erläuterungen gewünscht hätte. Zu nennen wäre beispielsweise die sehr dürftige Kommentierung der um § 1a Abs. 2 Satz 4 BauGB erweiterten Bodenschutzklausel (S. 38 f.), die – gleichsam durch die Hintertür – den Grundsatz der „Innenentwicklung“ einführt und erstmals ausdrücklich Brachflächen, Gebäudeleerstand, Baulücken und andere Nachverdichtungsmöglichkeiten nennt. Eine Checkliste dazu fehlt leider. Sehr gut gelungen und auch in Lehrveranstaltungen einsetzbar sind die integrierten grafischen Fallbeispiele und Ablaufdiagramme. Sie stellen eine vorbildliche Verschneidung von Städtebaurecht, Planzeichenverordnung (PlanZV) und planungskartografischen Visualisierungen dar (Beispiel: §§ 30 ff. BauGB sowie die §§ 39-44 BauGB zum Planungsschadensrecht). Der von Novelle zu Novelle voluminösere § 35 BauGB wird anschaulich und handhabbar erklärt. Die Baulandumlegung wird durch Kartenmaterial und Berechnungsbeispiele verständlich (S. 637 ff.).

Fraglos ein „Highlight“ des Kommentars sind die innerhalb der §§ 192 ff. BauGB integrierten Kommentierungen zur Grundstückswertermittlung der Co-Autoren Adam/Rixner/Kaiser (S. 1272-1353).

Hier wird auf die Regelungen der ImmoWertV aus meiner Sicht derart erschöpfend Bezug genommen, dass es jenseits des vorliegenden Kommentars eigentlich keiner weiteren (Basis-)Publikationen zur Wertermittlung für denjenigen bedarf, der sich rasch, fachkundig und zugleich kritisch über die Rechtsgrundlagen und Verfahren der Immobilienbewertung informieren möchte. Knappe und fachkundige Erläuterungen zur fundamentalen Bedeutung der BauNVO beschließen das Werk (S. 1473-1694). Ich habe diesem Kommentar jedenfalls einen ortsfesten Platz in meinem Bücherschrank zugewiesen und ziehe ihn gerne zu Rate.

Prof. Dr. Fabian Thiel, Frankfurt University of Applied Sciences (FRA-UAS)

Aust, M. / Jacobs, R. / Pasternak, D.

Enteignungsentschädigung

Reihe de Gruyter Praxishandbuch

7., aktualisierte Auflage 2014, 526 Seiten, Hardcover. Preis 129,95 EUR.
Verlag Walter de Gruyter, Berlin. www.degruyter.com ISBN 978-3-11-027751-7

Obwohl ausweislich des Vorworts das mittlerweile in der 7. Auflage erschienene Praxishandbuch zur „Enteignungsentschädigung“ von Aust/Jacobs/Pasternak den Zweck verfolgt, eine fachliche Grundlage für eine gütliche Einigung mit dem von einer Enteignung Betroffenen zu schaffen, bleibt das Thema Enteignung umstritten, gleichsam „vermint“ und auch unter Fachleuten unbeliebt. Die Enteignung ist – gerade heute angesichts der Anforderungen wie Flächenbereitstellungen im Allgemeinwohl, etwa für Anlagen Erneuerbarer Energien – allerdings keineswegs ein „Rechtsfossil“. Dies belegen die vielfältigen Gegenstände der Enteignung, welche die vorliegende Publikation systematisch alphabetisch abhandelt, beginnend mit der Entschädigung von Altenteilrechten (A) und endend mit der Zugehörigkeit eines Grundstücks zum Gewerbebetrieb (Z). Als sehr relevant sind etwa die Ausführungen zur Validierung der Entschädigung einschließlich der richtigen Zinsberechnung (S. 101-106), zum Entschädigungsprozess (S. 125-134) sowie zum Zeitpunkt für die Ermittlung des Zustandes des Enteignungsgegenstandes, also die wertermittlungstechnische Qualitätsbestimmung (S. 425-431), anzusehen.

Basis der gesamten Publikation von Aust et al. ist daher als Ausgangspunkt der Betrachtung die Eigentumsgewährleistung nach Artikel 14 Grundgesetz (GG). Eigentum im Sinne des GG können nur Rechte und daraus erwachsende Rechtspositionen wie schuldrechtliche Ansprüche oder dingliche bzw. alle vermögenswerten Rechte sein (S. 273). Es handelt sich bei der Enteignung – sie ist nach herrschender Meinung ein Instrument der hoheitlichen Güterbeschaffung – um eine auch sprachlich wenig gelungene, im Grunde verkorkste Vorschrift. Aust/Jacobs/Pasternak belegen, dass sich die verfassungsrechtlich-dogmatischen Aspekte der Enteignungsentschädigung in ruhigem Fahrwasser bewegen. Die Höhe der Entschädigung indessen ist für die (Planungs-)Praxis von ganz erheblicher Relevanz. Auch verfassungsgeschichtlich erwies sich die Frage nach der angemessenen Entschädigungshöhe als kontrovers. Als gesichert gilt heute, dass die Rechtswegklausel in Art. 14 Abs. 3 GG, der zufolge die Entscheidung über die Höhe der Entschädigung den Zivilgerichten obliegt (S. 362-379), weitaus wichtiger ist als die Umschreibung der Entschädigungshöhe im Grundgesetz (ob „volle“ oder „angemessene“ Entschädigung etc.).

Die Entschädigung ist somit bei der Enteignung Dreh- und Angelpunkt und der Schlüssel zum Enteignungserfolg. Die öffentlichen Planungsträger vermuten m.E. nach zu Unrecht unkalkulierbare (Entschädigungs-)Risiken. Denn im bekannten Hamburger Deichurteil hat das Bundesverfassungsgericht dem einfachen Gesetzgeber erlaubt, eine geringere Entschädigung als den vollen Ausgleich zu leisten (S. 333). Als wichtig erscheint außerdem der erneut ins Gedächtnis gerufene Hinweis, dass die Enteignungsentschädigung kein Schadensersatz ist (S. 101).

Dieses Praxishandbuch gibt den Enteignungsanwendern sinnvolle Hinweise zur Risikosteuerung. Beachtlich ist das Argument, das bereits in den 1970er Jahren vorgebracht wurde, dass nämlich durch gesteuerte Baulandenteignung unter Entschädigung nach der bisher zulässigen Nutzung – vgl. die instruktiven Ausführungen zur Bodenwertermittlung auf den Seiten 75-80 – die in Boom-Regionen aktuell zu beobachtende Aufblähung der Marktwerte zumindest gebremst werden könnte (S. 298-309). Ein umfänglicher Anhang, der u.a. Rechtsvorschriften und Richtlinien für die Entschädigung von gemeinschaftlichen Jagdbezirken sowie die Ziergehölzhinweise – die nach wie vor mit der WertV arbeiten – enthält, beschließt diese gehaltvolle Publikation. Wer enteignungsgeschichtlich interessiert ist, findet im umfassenden Literaturverzeichnis zahlreiche Referenzen aus den 1950er und 1960er Jahren, die dem einen oder anderen in Vergessenheit geraten sein mögen, die für das Verständnis von Bodenpolitik als Eigentumsausgestaltung und Eigentumsemanzipation mittels Enteignung aber bis zum heutigen Tage prägend sind.

Prof. Dr. Fabian Thiel, Frankfurt University of Applied Sciences (FRA-UAS)

Eine Randnotiz des Schriftleiters zum Mitteilungsheft 2/2014

Im Mitteilungsheft 2/2014 hatte ich unter der Rubrik „Zu guter Letzt“ (S. 71) ein geodätisches Alphabet aus dem 1904 erschienenen „Landmesser-Liederbuch“ abgedruckt. Zum Buchstaben V gab es darin die folgende Zeile zu lesen:

Den Vega brauche mit Bedacht, Visier aufs Bierglas nur bei Nacht.

Möglicherweise ist unserer (jüngeren) Leserschaft nicht bekannt, was mit dem „Vega“ gemeint ist. Daher möchte ich an dieser Stelle noch eine kurze Erläuterung geben (Quelle: www.wikipedia.org/).

Beim „Vega“ handelt es sich um ein früheres logarithmisch-trigonometrisches Handbuch, das auf Georg Freiherr von Vega (auch: Jurij Vega) zurückgeht. Vega war slowenischer Mathematiker und kaiserlicher Offizier, der am 23. März 1754 geboren wurde und am 26. September 1802 gestorben ist. Die Erstausgabe des Vega mit 7-stelligen Logarithmen stammt aus dem Jahr 1793 und wurde in Leipzig gedruckt. Die Tafeln waren ursprünglich zur Verwendung in der Artillerie erstellt worden.

Die Neuausgabe wurde von Dr. Carl Bremiker (geb. am 23. Februar 1804, gestorben am 26. März 1877) bearbeitet und ab der 75. Auflage von 1856 als „Vega-Bremiker“ herausgegeben. Dr. Carl Bremiker war übrigens am Geodätischen Institut in Potsdam beschäftigt und hat u.a. an der Mitteleuropäischen Gradmessung (1867 – 1876) mitgewirkt.

Der „Vega-Bremiker“ beinhaltet die Logarithmen der Zahlen 1 – 100.000 sowie die Logarithmen der Winkelfunktionen Sinus und Tangens in einer hohen Auflösung von 1“. Dieses enge Tafelintervall war für exakte Berechnungen sehr wertvoll und trug damals wesentlich zum allgemeinen Aufschwung der Ingenieurwissenschaften bei. Wegen ihrer vielgerühmten Genauigkeit und Zuverlässigkeit stellten diese Tafeln bis etwa 1970 die in Europa meistbenutzte logarithmische Rechenhilfe dar. Erst in den 1970er Jahren wurden sie durch die langsam aufkommenden elektronischen Taschenrechner nach und nach verdrängt.

In Slowenien wird noch heute alljährlich in einem Wettbewerb der Vega-Preis an junge Mathematiker vergeben.

Bernhard Heckmann, Niedernhausen

Bücherschau

zusammengestellt von Dipl.-Ing. Bernhard Heckmann, Niedernhausen

Die Schriftleitung hat in den vergangenen Monaten Informationen über verschiedene Neuerscheinungen erhalten, die nachfolgend zusammengestellt sind. Interessanterweise häufen sich dabei Publikationen aus dem Themenbereich „Historische Kartografie“.

Jerry Brotton

Die Geschichte der Welt in 12 Karten

Deutsche Erstausgabe 2014. 720 Seiten, gebunden mit Schutzumschlag. 15,5 x 22,7 cm, durchgehend farbige Abbildungen. Preis: 39,99 EUR. C. Bertelsmann Verlag München. ISBN 978-3-570-01107-2.

2000 Jahre Weltgeschichte anhand der berühmtesten Weltkarten.

Für einen Augenblick die Welt im Blick haben, alles sehen, alles begreifen, scheinbar losgelöst von aller Erdschwere. Seit Jahrhunderten versuchen sich Menschen ein umfassendes Bild von der Erde zu machen. Sie zeichnen Weltkarten – nicht nur, um sich zu orientieren und ihre Kenntnisse zu ordnen; immer fließen ihre Vorstellungen, ihr Selbstverständnis, ihre Überzeugungen in diese Karten ein. Jerry Brotton zeigt, dass Karten nichts weniger sind als nüchterne wissenschaftliche Zeugnisse. Sie sind vielmehr subjektiv, voller Geschichten und Ideen; sie sind untrennbar verbunden mit Macht, Herrschaft und mit dem Erfindungsgeist ihrer Zeit; sie erzählen von Schicksalen und Visionen. Ganz gleich, ob jene Weltkarte aus dem 14. Jahrhundert, die aus christlicher Sicht Jerusalem ins Zentrum stellt, ob der erste globale Blick des Portugiesen Ribeiro oder ob das moderne Google-Abbild der Erde – bis heute ist keine Weltkarte völlig objektiv oder endgültig. Aber auch heute prägen sie unsere Vorstellung von der Erde.

Eckhard Jäger

Die Insel Rügen auf alten Karten

Vier Jahrhunderte Kartografiegeschichte 1532 - 1885

Neuerscheinung 2014. 255 Seiten mit 152 teils farbigen Abbildungen. 24,5 x 30,4 cm. Preis: 42,95 EUR. Husum Druck- und Verlagsgesellschaft. ISBN 978-3-89876-740-8.

Von der ältesten, anonymen Handzeichnung aus der Zeit vor 1532 bis zur exakten „Generalstabskarte“ der Preußischen Landesaufnahme aus dem Jahr 1885 reichen die hier dokumentierten kartografischen Darstellungen der Insel Rügen. Über 170 Land- und Seekarten aus dem 16. bis 19. Jahrhundert hat Eckhard Jäger bei seiner Recherche zur möglichst vollständigen Erfassung der gedruckten Karten Rügens aufgespürt. Ein Überblick über die Geschichte Rügens und die Entwicklungslinien der kartografischen Darstellung der Insel sowie Vorpommerns dient dem besseren Verständnis der Hintergründe kartografischen Schaffens. Die Dokumentation behandelt darüber hinaus Entstehung und Verbreitung der Karten, Plattenzustände, Varianten und Nachstiche. Damit macht sie die Rügen-Karten der historischen und geografischen Forschung zugänglich und gibt Fachleuten, Sammlern und Antiquaren eine Datierungshilfe an die Hand.

Simon Garfield

Karten !

Ein Buch über Entdecker, geniale Kartographen und Berge, die es nie gab

1. Auflage 2014. 520 Seiten, gebunden mit Schutzumschlag, Format 14,5 x 21,7 cm.
Preis: 29,95 EUR. Konrad Theiss Verlag, Darmstadt. ISBN 978-3-8062-2847-2.

Die besonderen Geschichten hinter den Karten.

Es war einmal, da drehte sich alles um die Erde – so dachten die Menschen, bis die Astronomen sie eines Besseren belehrten. Jerusalem stand damals im Zentrum jeder Karte, oder Youzhou, wenn wir in China gelebt hätten. Und heute stehen wir selbst, ganz individuell im Zentrum unserer eigenen Welt. Auf unseren Navigationsgeräten misst sich jede Entfernung von dem Punkt an, an dem wir gerade stehen. Und wenn wir reisen, wird unsere genaue Position erfasst, ob wir es wollen oder nicht! Wie konnte es nur so weit kommen?

Mit einem Blick in die Geschichte gibt Simon Garfield die Antwort – anekdotenreich, persönlich und unglaublich unterhaltsam. Von den alten Griechen bis zu Google Maps erzählt das Buch die Geschichte der Kartografie. Dabei hat es immer die menschliche Seite hinter den Karten im Blick. So erfahren wir, warum Amerika nach dem Falschen benannt wurde, wie der größte kartografische Schatz Britanniens dazu verwendet wurde, ein undichtes Dach zu reparieren, oder auch weshalb Computerspiele die Zukunft der Kartografie sein könnten.

Axel Bojanowski

Die Erde hat ein Leck

und andere rätselhafte Phänomene unseres Planeten

Neuerscheinung 2014. Paperback, Klappbroschur, 192 Seiten. Preis: 16,99 EUR.
Deutsche Verlags-Anstalt München, DVA Sachbuch. ISBN 978-3-421-04619-2.

Von Erdbeben auf Speed, Nacht-Tornados und atmenden Riesenbergen.

Wie schon beim erfolgreichen Vorgänger „Nach zwei Tagen Regen folgt Montag“ versteht es Axel Bojanowski auch in diesem Buch, unglaubliche, mysteriöse, haarsträubende und spannende Rätsel der Erde auf der Höhe der aktuellen Forschung zu erzählen. Warum etwa kippt die Erde? Steht ein Erdbebensturm bevor? Wo schießen Feuerraketen aus dem Boden? Und sind Biowetter-Vorhersagen wirklich Unsinn? Präzise, unterhaltsam und verständlich erzählt der Autor von den großen Fragen der Geowissenschaft und der Klimaforschung – mit wunderbarem Gespür für die schrägen Details.

Ein weiterer Hinweis zum Autor:

Im Spiegel-Online-Artikel vom 7. Mai 2015 mit dem Titel „GPS-Messungen: Deutschland kippt“ geht Axel Bojanowski aktuell auf die postglazialen Effekte der fennoskandischen Landhebung ein. Anhand von GPS-Daten des schwedischen Landesvermessungsamtes von Stationen aus ganz Nordeuropa wird im nördlichen Deutschland eine von Nordwesten nach Südosten verlaufende höhenstabile Achse identifiziert, wo die Landhebung in eine Senkungsbewegung übergeht. Dieses großräumige Phänomen zeigt sich übrigens auch in den Ergebnissen des AdV-Projektes „Wiederholungsmessungen im DHHN“, die demnächst veröffentlicht werden sollen.



Kurznachrichten und Mitteilungen aus den Landesvereinen

Hessen und Thüringen

DVW Hessen-Mitteilungen, 66. Jahrgang 2015 (Hessen)
DVW Thüringen-Mitteilungen, 26. Jahrgang 2015 (Thüringen)

Aus dem Landesverein Hessen e.V.
 (mitgeteilt von Dipl.-Ing. Susann Müller)

1. Fachtagung 2015 in Großen-Buseck

Am 14. April 2015 fand die diesjährige Fachtagung des DVW Hessen im Kulturzentrum Schlosspark in Großen-Buseck statt. Insgesamt nahmen ca. 170 Personen an der diesjährigen Fachtagung teil.



Die Eröffnung der Fachtagung erfolgte durch den Vorsitzenden des DVW Hessen, Herrn Dipl.-Ing. Mario Friehl (rechtes Bild).





Grußworte überbrachten Bürgermeister Erhard Reinl von der Gemeinde Buseck, Landrätin Anita Schneider vom Landkreis Gießen, Ministerialdirigent Werner Müller vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung sowie Eberhard Ziem vom DVW Bund.

Den ersten Fachvortrag hielt Dr.-Ing. Cord-Hinrich Jahn, Ltd. Vermessungsdirektor im Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, zum Thema „Wiederholungsmessungen im DHHN und Verknüpfung mit dem 3D-Bezugsrahmen ETRS89/DREF91 – der Schritt zum integrierten geodätischen Raumbezug“.

Dr. agr. Uwe Richter, Dezernat Bodenmanagement im Hessischen Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation, stellte in seinem Vortrag einen aktuellen Ansatz zur Berücksichtigung der Boden-erosion in hessischen Flurneuordnungsverfahren vor.

Den letzten Part übernahm Prof. Dr.-Ing. Jörg Klonowski von der Hochschule Mainz, Fachbereich Technik – Geoinformation & Vermessung – und berichtete eindrucksvoll von der Datenerfassung mit UAVs (Unmanned Aerial Vehicles oder Minihelikopter).

Alle drei Fachvorträge vermitteln der zahlreichen Zuhörerschaft sehr interessante Einblicke in aktuelle Themenfelder und wurden mit großer Aufmerksamkeit verfolgt.

2. Mitgliederversammlung 2015 in Großen-Buseck

Im Anschluss an die Fachtagung in Großen-Buseck fand am 14. April 2015 die 66. Ordentliche Mitgliederversammlung des DVW Hessen statt. An der Sitzung nahmen 33 Mitglieder teil.

Aus dem Geschäftsbericht des Vorsitzenden Mario Friehl sind folgende Inhalte zu nennen:

Im Berichtszeitraum fanden vier Vorstandssitzungen (am 15. Mai 2014, 4. September 2014, 27. November 2014 und 21. Januar 2015) sowie am 24. Februar 2015 die Sitzung des Vorstandsrates statt. Der Vorstand bearbeitete im vergangenen Jahr im Wesentlichen folgende Themen: Vorbereitung der Fachtagung in Großen-Buseck, Vergabe des Harbert-Buchpreises, Freisprechungsfeier der Geomatiker(innen) mit Auszeichnung der Prüfungsbesten, Gedenkstätten, Satzung des DVW Hessen, neuer Web-Auftritt des DVW Hessen, Nachwuchsförderung – GeKo meets Business, Pixi-Heft „Ich hab eine Freundin, die ist Geodätin“, Vorsitz DVW-Bezirksgruppe Darmstadt, Seminarbetreuung, Mitteilungshefte DVW Hessen und Thüringen sowie Mitgliederstatistik, Neubesetzung der Arbeitskreise und Mitgliederbefragung.

Herr Friehl dankte besonders den Herren Alfred Heger und Lothar Dude-Georg, die den Vorstand intensiv bei der Vorbereitung der Fachtagung in Großen-Buseck unterstützt und damit wesentlich zum Erfolg der Veranstaltung beigetragen haben. Beide Herren erhielten zum Dank ein Präsent.



v.l.n.r.: Lothar Dude-Georg, Mario Friehl und Alfred Heger

Schatzmeister Christian Sommerlad berichtete über den Haushaltsabschluss 2014. Anschließend bestätigten die Kassenprüfer Kai Steuernagel und Laura Kirsch die ordnungsgemäße Kassenführung (Kassenprüfung am 05.02.2015) und dankten Herrn Sommerlad für die geleistete Arbeit. Danach erfolgte die Entlastung des Vorstandes für die Geschäftsführung 2014. Der durch den Schatzmeister vorgelegte Haushaltsvoranschlag 2015 wurde ohne Änderungen durch die Mitgliederversammlung beschlossen.

Als nächster Tagesordnungspunkt stand die Wahl des / der Vorsitzenden des DVW Hessen auf der Agenda. Die Mitgliederversammlung wählt in offener Abstimmung einstimmig ohne Enthaltungen und ohne Gegenstimmen Herrn Dipl.-Ing. Mario Friehl zum Vorsitzenden für die Amtsperiode 01.01.2016 bis 31.12.2019. Herr Friehl nimmt die Wahl an und bedankt sich für das ihm entgegengebrachte Vertrauen.

Anschließend wurde die Wahl der Schatzmeisterin / des Schatzmeisters vorgenommen. Die Mitgliederversammlung wählt in offener Abstimmung einstimmig ohne Enthaltungen und ohne Gegenstimmen Herrn Dipl.-Ing. (FH) Christian Sommerlad zum Schatzmeister für die Amtsperiode 01.01.2016 bis 31.12.2019. Herr Sommerlad nimmt die Wahl an.

Der DVW Hessen hat das Ziel, die jährlichen Fachtagungen und Mitgliederversammlungen über Hessen verteilt stattfinden zu lassen. Vor dem Hintergrund der Austragungsorte der Fachtagungen in den vergangenen Jahren (2012 in Künzell, 2013 in Bad Vilbel-Dortelweil, 2014 in Idstein und 2015 in Großen-Buseck) sowie der für 2017 in Thüringen geplanten gemeinsamen Fachtagung von DVW Hessen und DVW Thüringen schlägt der Vorstand in Abstimmung mit dem Vorstandsrat vor, die Fachtagung 2016 in Mörfelden auszurichten. Als Termin ist Dienstag, der 12. April 2016 vorgesehen. Ein Vor-Ort-Organisator steht noch nicht fest.

3. Harbert-Buchpreis

Der DVW Hessen durfte im April 2015 wieder die beste Absolventin der Fachhochschule Frankfurt/Main (Frankfurt University of Applied Sciences – FRA UAS) aus dem Bereich Geodäsie/Geoinformation/Landmanagement mit dem Harbert-Buchpreis auszeichnen. Der Preis wurde im Rahmen des Open House des Fachbereiches Geoinformation und Kommunaltechnik am 17.04.2015 durch Frau Susann Müller (stellv. Vorsitzende) an Frau Selina Patelas überreicht.



v.l.n.r.: Prof. Dr.-Ing. Cornelia Eschelbach, Selina Patelas, Susann Müller

Der DVW Hessen gratuliert zu dem erfolgreichen Abschluss des Studiums und wünscht Frau Patelas auf dem weiteren beruflichen Weg viel Glück und Erfolg.

4. DVW-Seminar am 9. November 2015 in Frankfurt am Main

Der DVW-Arbeitskreis 5 "Landmanagement" und der DVW Hessen e.V. veranstalten gemeinsam am 9. November 2015 in Frankfurt am Main das 146. DVW-Seminar

Berücksichtigung der ökologischen Landwirtschaft in der Flurbereinigung

Es handelt sich um die Wiederholung des 143. DVW-Seminars vom 23. März 2015.

Seminarinhalt: Die Begriffe ökologische Landwirtschaft, biologische Landwirtschaft oder Ökolandbau bezeichnen die Herstellung von Nahrungsmitteln und anderen landwirtschaftlichen Erzeugnissen auf der Grundlage möglichst naturschonender Produktionsmethoden unter Berücksichtigung von Erkenntnissen der Ökologie und des Umweltschutzes. Die ökologische Landwirtschaft verzichtet u. a. auf den Einsatz bestimmter Pflanzenschutzmittel, Mineraldünger und Gentechnik. Kriterien hierfür sind in der EG-Öko-Verordnung angegeben. Die verschiedenen ökologischen Anbauverbände (z.B. Bioland, Biopark, Demeter, Ecoland, Gäa, Naturland) haben eigene Kriterien, die i.d.R. weiter als die in der EG-Öko-Verordnung angegebenen Kriterien gehen. Sofern es Veränderungen bei den Bewirtschaftungsflächen der ökologisch wirtschaftenden Betriebe gibt, sind dabei verschiedene Kriterien zu beachten, damit die Anerkennung nicht gefährdet wird und die Produkte weiter als ökologische Produkte nach den EU-Bestimmungen und ggf. den Regelungen der ökologischen Anbauverbände vermarktet werden können. Diese Restriktionen sind auch bei Flächenveränderungen im Rahmen einer Flurbereinigung zu beachten. Sofern dies nicht berücksichtigt wird, kann dies in der Flurbereinigung zu hohen Entschädigungsforderungen führen. In diesem Seminar werden konkrete Hinweise und Lösungsansätze vorgestellt, wie die ökologisch wirtschaftenden Betriebe in Flurbereinigungsverfahren berücksichtigt werden können, damit einerseits die Ziele der Flurbereinigung und die Arrondierung der Betriebe bestmöglich erfolgt und andererseits keine Entschädigungsforderungen durch die Betriebe entstehen können.

Zielgruppe: Das Seminar richtet sich insbesondere an Planer von Flurbereinigungsverfahren. Der Inhalt ist aber auch für Betriebsberater für die ökologische Landwirtschaft von Interesse.

Tagungsort: Behördenzentrum Frankfurt am Main, Gebäude/Bauteil A 2 – Arbeitsgerichte (Eingang gegenüber Finanzamt III (roter Briefkasten)), Untergeschoss 1, Räume U1.50 a - c Gutleutstraße 130, 60327 Frankfurt am Main

Seminarkosten:	Mitglied DVW, VDV, BDVI:	100 EUR
	Nichtmitglied:	130 EUR
	Mitglied DVW, VDV, BDVI in Ausbildung:	50 EUR
	Nichtmitglied in Ausbildung :	65 EUR

Mindestteilnehmerzahl: 30

Anmeldeschluss: 15. Oktober 2015

Seminarleitung und weitere Informationen: Dipl.-Ing. Martin Schumann
c/o Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion Trier
Willy-Brandt-Platz 3, 54290 Trier
Tel: 0651 / 9494-507
E-Mail: martin.schumann@add.rlp.de

Organisation und Anmeldung: Dipl.-Ing. Claudia Vogel (Seminarbetreuerin DVW Hessen)
c/o Vermessungsamt Stadt Offenbach
Berliner Straße 60, 63065 Offenbach am Main
Tel.: 069 / 8065-2638, Fax: 069 / 8065-2981
E-Mail: claudia.vogel@offenbach.de oder c.vogel@unitybox.de

5. Nachruf auf Prof. Dr.-Ing. Erich Hektor

Am 29.03.2015 ist Herr Prof. Dr. Erich Hektor hochbetagt im 94. Lebensjahr in Aachen verstorben. Geboren wurde er am 22.05.1921 in Hofgeismar. Sein Abitur legte er 1939 in Bad Hersfeld ab. Gleich darauf folgten der damals obligatorische Arbeitsdienst sowie die dann bis zum Ende des Zweiten Weltkrieges andauernde Militärzeit, die er aber im Sommer 1943 für ein kurzes Trimester an der Universität Jena unterbrechen konnte. Nach seiner Entlassung aus amerikanischer Kriegsgefangenschaft studierte

er ab März 1946 Geodäsie in Bonn und bestand dort im Frühjahr 1949 die Diplom-Prüfung.

Seine danach aufgenommene Assistentenzeit setzte er nach einem halben Jahr aus, um in Hessen seine Referendarausbildung zu absolvieren. Im Anschluss an die 1952 abgelegte Große Staatsprüfung kehrte er nach Bonn zurück und promovierte dort 1955 mit einer Arbeit über die Verzeichnung bei der optischen Verzerrung.

Seine weitere berufliche Verwendung fand er jedoch zunächst wieder in Hessen, anfangs am Katasteramt in Groß-Gerau und dann beim Hessischen Landesvermessungsamt in Wiesbaden, wo er nicht nur das Rechenzentrum aufbaute, sondern auch mit eigenen Programmsystemen weithin auf sich aufmerksam machte. 1967 wurde er dort als Ausbildungsleiter zum hochgeschätzten Ansprechpartner und Berater der Vermessungsreferendare des Landes und veranlasste deren Einbindung in die damals immer noch recht neue Automation, wenngleich er ab diesem Zeitpunkt seine Zuständigkeit für das Rechenzentrum gegen eine Tätigkeit als Aufsichtsdezernent eintauschte.

Als er zum 01.09.1968 zum ordentlichen Professor an der RWTH Aachen ernannt wurde (und somit erneut das Bundesland wechselte), gehörten die Datenverarbeitung und Ausbildungsfragen natürlich weiter zu den von ihm als bedeutsam angesehenen Themenbereichen. Neben der von ihm nach seiner Promotion aber auch nicht aus dem Auge verlorenen Photogrammetrie befasste er sich jedoch bald zusätzlich mit Fragen zur Modernisierung des Liegenschaftskatasters und stellte damit Weichen für die Entwicklung der heutigen Basisinformationssysteme.

Trotz seiner mit seinem neuen Wirkungsfeld verbundenen Verpflichtungen fühlte er sich aber mit den früheren Kollegen des Hessischen Landesvermessungsamtes und „seinen“ bald längst im vollen Berufsleben stehenden Referendaren aus dieser Zeit verbunden. So versäumte er es auch im hohen Alter nicht, bei einer Begegnung mit dem einen oder anderen von diesen Grüße nach Wiesbaden mitzugeben.

(Gerhard Brüggemann, Wiesbaden)

6. Mitgliederentwicklung im DVW Hessen (Stand 31.12.2014)

Bezirksgruppe	Ehrenmitglieder	Langjährige Mitglieder	Fördernde Mitglieder	Mitglieder in Ausbildung	Mitglieder im Ruhestand	Ordentliche Mitglieder	Summe	Vorjahr	Differenz zum Vorjahr
Darmstadt	1	2	1	4	14	95	117	124	-7
Frankfurt	2	11	4	6	26	136	185	184	1
Fulda/Lauterbach		1			8	20	29	28	1
Gießen/Marburg		3			8	29	40	44	-4
Kassel		3			12	37	52	54	-2
Limburg/Wiesbaden	5	9	3	1	27	67	112	115	-3
Stand 31.12.2014	8	29	8	11	95	384	535	549	-14

Aus dem Landesverein Thüringen e.V.
mitgeteilt von Dipl.-Ing. Michael Osterhold, Erfurt

11. Treffen der Thüringer Landesvorsitzenden von DGfK, VDV, BDVI und DVW

Am 10. März 2015 fand ein Sondierungsgespräch statt, an dem die Vorsitzenden Frau Ellen Seidel für die DGfK, Herr Gerald Heilwagen für den VDV, Herr Torsten Hentschel für den BDVI und Herr Dirk Mesch für den DVW teilnahmen. Intention des Gesprächs war es, gemeinsame Ziele und Möglichkeiten einer künftigen Zusammenarbeit zu eruieren. In dem sehr konstruktiven und partnerschaftlich geführten Gespräch wurden Kooperationen insbesondere bei folgenden Themen vereinbart:

1. Nachwuchsgewinnung

Die Gewinnung von Nachwuchs für die Ausbildungsberufe, für Geodäsie, Geoinformatik oder vergleichbare Studienrichtungen sowie die Vereine und Verbände wird als besonders wichtig und drängend angesehen. Die Gesprächspartner haben sich darauf verständigt, sich dieses Themas gemeinsam anzunehmen.

Der Mangel an Nachwuchs ist ein akutes und längerfristiges Problem, das sicher mehrere unterschiedliche und einander ergänzende Aktionen erfordert. Für die Sammlung von Ideen und möglichen Wegen soll ein Workshop mit Vertretern der Vereine, einem Fachlehrer der Berufsschule und einem Vertreter des TLVermGeo einberufen werden.

Der DVW und der BdVI bieten Unterstützung bei der Ausgestaltung von feierlichen Zeugnisübergaben nach Ausbildungsabschluss an die Geomatiker sowie bei der Ausrichtung von Messeständen bei Berufsmessen an.

2. Angebote für die Mitglieder

Es wurde vereinbart, dass den Mitgliedern künftig vermehrt Veranstaltungen vereinsübergreifend angeboten werden sollen. Dies könnten beispielsweise gemeinsame Fortbildungsveranstaltungen oder Exkursionen sein. Die Angebote der Vereine sollten diesbezüglich aufeinander abgestimmt sein. Als erste konkrete aus dem Gespräch resultierende Aktion soll im November 2015 eine Tagesfahrt zur Ausstellung „Weltvermesser – Das Goldene Zeitalter der Kartographie“ in Lemgo durchgeführt werden.

Der DVW plant einmal jährlich federführend eine Fortbildungsveranstaltung unter Beteiligung der anderen Vereine zu organisieren. Ferner wird das „Wiederaufleben“ des Geodätischen Kolloquiums unter Federführung von Prof. Wiedemann (FH Erfurt) und mit Unterstützung der Verbände angestrebt.

3. Information und Kommunikation

Die Information und Kommunikation zwischen den Vereinen über allgemein interessierende, fachliche oder fachübergreifende Themen soll ausgebaut werden.

Durch ein gemeinschaftliches Auftreten gegenüber Gesellschaft und Politik sollen der hohe Nutzen und die Zukunftsfähigkeit von Geodäsie, Geoinformation, Landmanagement sowie Wertermittlung und Kartografie unterstrichen werden.

(Dirk Mesch, Gotha)

12. Schriftleiter des DVW Thüringen berufen

Im Rahmen seiner ersten Sitzung unter Leitung des neuen Vorsitzenden Dirk Mesch hat der Vorstand des DVW Thüringen am 16. Februar 2015 einen Beschluss über die Berufung eines Schriftleiters und damit die Komplettierung des erweiterten Vorstands gefasst. Schon vor dem Ablauf seiner Wahlperiode als Landesvorsitzender hatte sich Michael Osterhold bereit erklärt, diese Tätigkeit, die er bereits seit dem Tod von Herrn Dr. Hoffmeister im Dezember 2012 kommissarisch mit übernommen hatte, weiterzuführen.

Der Schriftleiter gehört dem erweiterten Landesvorstand an und hat in diesem beratende Stimme. Seine Aufgabe ist die Zuständigkeit für Mitteilungen und Beiträge in der „zfv - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement“ und den „DVW-Mitteilungen Hessen – Thüringen“ jeweils in enger Zusammenarbeit mit den Herausgebern.

Nicht alle möglichen Themen kann der Schriftleiter selbst erkennen, nicht alle Beiträge selber verfassen. Er freut sich daher immer über Anregungen oder Beiträge aus dem Kreis der Vereinsmitglieder, um die Vereinsarbeit durch interessante Mitteilungen zu bereichern. Eine Kontaktaufnahme oder Zusendung ist über die Daten auf der Innenseite des vorderen Umschlagblattes dieses Heftes möglich.

13. DVW-Mitglied Mario Poßner verstorben

Anfang des Jahres erreichte den Landesverein Thüringen die traurige Nachricht, dass unser Vereinsmitglied Mario Poßner am 8. Januar 2015, einen Tag vor seinem 52. Geburtstag, viel zu früh verstorben ist. Herr Poßner war als Vermessungsfacharbeiter in der Thüringer Kataster- und Vermessungsverwaltung seit vielen Jahren im Katasterbereich Pößneck und seinen Vorgängereinrichtungen beschäftigt, sein Tätigkeitsfeld als Sachbearbeiter im Dezernatsbereich Datenführung umfasste zuletzt die Prüfung und Übernahme von eigenen und beigebrachten Vermessungsschriften.

Im DVW-Thüringen gehörte Mario Poßner zwar nicht zu den „Männern der ersten Stunde“, er trat aber bereits am 1. März 1991 und damit nur wenige Monate nach der Gründung dem Landesverein bei.

Die Vereinsmitglieder des DVW werden Herrn Poßner stets ein ehrendes Gedenken bewahren.

Mick Cory zum Generalsekretär und Exekutivdirektor von EuroGeographics ernannt

Zum 1. Juni 2015 wurde Mick Cory, derzeit Direktor von Land and Property Services von Nordirland, zum neuen Generalsekretär und Exekutivdirektor von EuroGeographics ernannt. Er folgt damit auf Dave Lovell, der EuroGeographics seit 2007 leitete. Die Amtsübergabe wird anlässlich der Generalversammlung von EuroGeographics in Belgrad im Jahre 2015 erfolgen.

Cory hatte eine Reihe von Führungspositionen inne und bringt Erfahrung und Kompetenz in Vermessung ebenso wie bei der Entwicklung und Umsetzung von politischen Maßnahmen sowie der Bereitstellung von Geodateninfrastrukturen und Organisationsentwicklung mit. Er hat ein gründliches Verständnis der INSPIRE-Richtlinie, nachdem er den Aufbau der nordirischen Geoinformations-Strategie geleitet hat. Er war ferner Mitarbeiter der Open Data User Group, die auch die Regierung des Vereinigten Königreichs über Fragen der Optimierung des wirtschaftlichen und sozialen Nutzens durch eine Freigabe öffentlicher Daten beraten hat. 2005 bis 2012 vertrat Cory Nordirland beim Organisationskomitee der Olympischen Spiele in London und zeichnete verantwortlich für die Aktivitäten der Olympischen und Paralympischen Spiele, einschließlich des Fackellaufs, in Irland.

Cory betonte, dass die Mitgliedsverwaltungen von EuroGeographics, also die nationalen Vermessungs- und Katasterverwaltungen, eine einzigartige Aufgabe in Europa erfüllen: die Bereitstellung erstklassiger, aktueller und qualitativ hochwertiger Geodaten. Er bedauerte, dass die politischen Entscheidungsträger noch immer nicht vollständig die Bedeutung dieser Daten zu schätzen wissen, und bekräftigte, dazu beitragen zu wollen, dass das volle Potenzial der Geodaten der Mitgliedsorganisationen von EuroGeographics noch besser erschlossen werden kann, nicht zuletzt durch das „European Location Framework“ (ELF).



Ingrid Vanden Berghe, Präsidentin von EuroGeographics, mit Mick Cory, neuernannter Generalsekretär und Exekutivdirektor von EuroGeographics (Foto: EuroGeographics)

Zu guter Letzt – 100 Jahre allgemeine Relativitätstheorie

Die allgemeine Relativitätstheorie wurde von Albert Einstein erstmals am 25. November 1915 in Berlin der Preußischen Akademie der Wissenschaften vorgetragen. Sie beinhaltet unter anderem ein völlig neues Verständnis der Schwerkraft (Gravitation) und deutet sie als „geometrische Eigenschaft der durch Massen gekrümmten vierdimensionalen Raumzeit“. Die allgemeine Relativitätstheorie beruhte auf damals äußerst revolutionären Gedanken, weshalb es nach ihrer Publikation noch viele Jahre dauerte, bis sie endlich die ihr gebührende wissenschaftliche Anerkennung erfuhr.

Der Normalbürger versteht unter der Gravitation aber weiterhin die Kraft, die von einer Masse auf eine andere Masse wirkt und die im gesamten Universum vorhanden ist. Wir nehmen sie im täglichen Leben als Schwerkraft wahr, die uns und andere Gegenstände am Erdboden hält oder dorthin fallen lässt. Die dazugehörigen Gesetzmäßigkeiten hatte Isaac Newton bereits Ende des 17. Jahrhunderts in seiner klassischen Mechanik beschrieben, die auch in der Schule im Physikunterricht gelehrt wird.

Die wissenschaftliche Streitfrage zu Beginn des 20. Jahrhunderts war, wie diese Gravitationskraft eigentlich wirkt. Viele waren der Ansicht, dass sie ohne zeitliche Verzögerung wirkt, andere meinten, ihre Wirkung breite sich mit Lichtgeschwindigkeit aus. Einstein war – in Konsequenz zu seiner 1905 entwickelten „Speziellen Relativitätstheorie“ – der Meinung, dass sich nichts, also auch nicht die Gravitationswirkung, schneller ausbreiten könne als das Licht. Aber alles Grübeln half nichts. An einem Herbsttag im Jahre 1907 hatte er dann die entscheidende Idee (Zitat Einstein):

„Ich saß auf meinem Stuhl im Patentamt in Bern (Anmerkung: Einstein war dort vor seiner wissenschaftlichen Karriere als „kleiner Prüfbeamter“ von 1902 bis 1909 beschäftigt, zunächst als technischer Experte 3. Klasse, ab 1906 als technischer Experte 2. Klasse). Plötzlich hatte ich einen Einfall: Wenn sich eine Person im freien Fall befindet, wird sie ihr eigenes Gewicht nicht spüren. Ich war verblüfft. Dieses einfache Gedankenexperiment machte auf mich einen tiefen Eindruck. Es führte mich zu einer Theorie der Gravitation.“

Und Einstein denkt sofort weiter: Wenn jemand in einem geschlossenen Kasten steckt, z.B. in der Kabine eines Aufzugs, und einen Apfel zu Boden fallen lässt, gibt es dafür zwei physikalische Erklärungsmöglichkeiten: Entweder der Kasten steht auf dem Erdboden – oder er befindet sich im Weltraum und wird gleichmäßig mit etwa $9,81 \text{ m/s}^2$ (das entspricht dem mittleren Schwerewert auf der Erdoberfläche) „nach oben“ beschleunigt. Solange die Person nicht nach draußen schauen kann, hat sie keine Möglichkeit festzustellen, welche der beiden Erklärungen stimmt. Im ersten Fall hat der Apfel eine „schwere Masse“, die von der Gravitation der Erde stammt. Im zweiten Fall besitzt der Apfel eine „träge Masse“, die sich der Beschleunigung widersetzt. Nun sagt Einstein, dass es gar keinen Unterschied zwischen schwerer und träger Masse gibt. Mit dieser einfachen These und mit weiteren Gedankenexperimenten entwickelt er bis 1915 die „Allgemeine Relativitätstheorie“, deren Effekte heutzutage eine wichtige Rolle spielen, z.B. das gravitationsabhängige Gangverhalten von Uhren in der Satellitengeodäsie.

Soweit diese kleine Reminiszenz zum 100-jährigen Jubiläum der Allgemeinen Relativitätstheorie. Doch was soll uns Einsteins Geistesblitz am besagten Herbsttag 1907 im Patentamt in Bern eigentlich noch lehren?

„Da sieht man wieder einmal, wie wichtig es für die Menschheit ist, dass ein Beamter dasitzt und nachdenkt, statt seine Arbeit zu machen.“ (Zitat Peter Lutz)

Quelle: Peter Lutz
Einstein verstehen lernen
© AOL-Verlag, Lichtenau. 5. Auflage 2007.
ISBN 3-89312-069-6, Bestell-Nr. F 069
(zu finden auf S. 29/30 im Abschnitt „Ein patentierter Beamter“)

mitgeteilt von Bernhard Heckmann, Niedernhausen

